

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



UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID – TLEMCEN
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
ET DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MEMOIRE DE MASTER

Pour l'obtention du Diplôme de Master en Biologie
Option : Science des aliments

Thème

**Qualité des eaux de la station de dessalement de
l'eau de mer de Souk Tlata - Bab Al Assa**

Présenté par : M^{elle} ARRAS Ilham

Soutenu le : 17/06/2014 devant le jury composé de :

Président	Mr. LAZZOUNI H. M.A.	Maître de conférences Univ-TLEMCEN
Examinatrice	M ^{lle} GHANEMI F. Z.	Maître assistant Univ-TLEMCEN
Promoteur	Mr. TABET HELAL M.A.	Maître assistant Univ-TLEMCEN

ANNEE UNIVERSITAIRE
2013 - 2014

DEDICACES

C'est grâce à la volonté divine d Allah notre Dieu tout puissant et bienveillant que j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie à :

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour,

A mes deux frères Mohamed et Samir et à mes sœurs Naïma et Farida et Aida.

A tout les autres membres de ma famille ainsi que tous mes amis et collègues.

A tous mes enseignants pour leurs efforts et conseils,

A tous les membres de la station de dessalement d'eau de mer de Souk Tlata,

A tous ceux qui me sont chers et ceux qui ont contribué à ma formation.

REMERCIEMENTS

En préambule à ce travail, je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et leur soutien et qui ont contribué directement ou indirectement à l'élaboration de ce mémoire.

Mes premiers remerciements s'adressent à **ALLAH** le tout Puissant, qui m'a donné la volonté et la patience pour finir mes études et réaliser ce mémoire, sans oublier mes très chers parents qui m'ont aidé et m'ont fourni tous les moyens pour poursuivre mon chemin.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadreur M. **TABET HELAL M. A.**, d'avoir accepté de diriger ce travail. Je le remercie des efforts qu'il a ménagé pour l'aboutissement de ce travail.

Mes remerciements s'adressent également aux membres de jury :

- M. **LAZOUNI H. A.**, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider ce jury ;
- M^{lle} **GHANEMI F.Z**, pour avoir accepté d'examiner ce travail ;

Je remercie tous les enseignants qui ont fait de leur mieux et donné le meilleur d'eux même pour assurer ma bonne formation.

Je remercie également M^{lle} **BENAHMED M.** pour son aide et ses remarques qui me permettront de clarifier plusieurs points important dans ce mémoire.

Mes vifs remerciements s'adressent aussi aux personnels de la station de dessalement d'eau de mer de Souk Tlata, surtout : M. **EDDIE YONG**, **ASHRAF M.** et **DEKKALI B.**

Enfin, un grand merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'achèvement de ce modeste travail.

Résumé

Le présent travail consiste à étudier la qualité des eaux de la station de dessalement de Souk Tlata qui utilise le processus d'osmose inverse.

Différents échantillons d'eau ont été prélevés et analysés tout le long du procédé de fabrication pour montrer l'évolution qualitative de l'eau, de la mer au consommateur. Ils concernent (ceux-ci concernent) l'eau brute, l'eau filtrée, l'eau dessalée et l'eau traitée.

Les analyses physico-chimiques montrent que l'eau traitée a une dureté moyenne (eau douce) mais une concentration en bore assez élevée (1.075 mg/L).

L'étude bactériologique révèle l'absence totale des germes pathogènes provoquant des nuisances sur la santé du consommateur.

On peut dire que l'eau traitée (eau potable) destinée à la consommation humaine respecte les valeurs établies par contrat entre l'Algérie et la société produisant l'eau dessalée.

Mots clés : Eau – Dessalement – Qualité – Analyses - Osmose inverse – Souk Tlata

Abstract

The present work is to study the quality of the waters of the Souk Tlata desalination plant which uses there reverse osmosis process.

Different water samples were collected and analyzed throughout the manufacturing process to show the qualitative evolution of water from the sea to the consumer. They concern the raw water, filtered water, desalinated water and treated water.

Physico-chemical analyses show that treated water has an average hardness (soft water) but a fairly high concentration of boron (1.075 mg/L).

Bacteriological study reveals the absence of pathogenic germs causing pollution on the health of the consumer.

We could say that treated water (drinking water) intended for human consumption complies with the values established by contract between the Algeria and the company producing desalinated water.

Key words: Water – Desalination – Quality – Analysis – Reverse osmosis – Souk Tlata.

المخلص:

يقتضي هذا البحث دراسة نوعية لمياه محطة تحلية مياه البحر "سوق الثلاثاء" عن طريق التناضح العكسي.

عدة عينات أخذت للمعايرة في كل مراحل التصفية من اجل اظهار نوعية المياه من البحر الى المستهلك. وذلك يتعلق بالمياه الخام، المياه المصفاة، المياه المحلاة و المياه المعالجة.

النتائج الفزوكيميائية تبين أن المياه المعالجة متوسطة الصلابة (المياه العذبة) مع ارتفاع في تركيز البورون (1.075 مغ/ل).

وتكشف الدراسة الميكروبيولوجية عدم وجود الجراثيم المضرة بصحة المستهلك.

نستطيع القول أن المياه المعالجة الموجهة للاستهلاك البشري مطابقة للقيم التي أنشئت بموجب عقد بين الجزائر و الشركة المنتجة للمياه المحلاة.

الكلمات المفتاحية : الماء - محطة تحلية المياه - الجودة - المعايرة - التناضح العكسي - سوق الثلاثاء.

TABLE DES MATIERES

Dédicaces

Remerciement

Résumé

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Liste des cartes

Liste des abréviations

Introduction générale..... 1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Introduction3

II. Le cycle de l'eau.....3

III. Les eau saumâtres.....4

IV. L'eau de mer.....4

V. Généralités sur le dessalement.....5

V.1. la prise d'eau de mer6

V.2. le prétraitement.....6

V.3. Installations du dessalement.....8

V.3.1. Procédés de distillation.....8

V.3.1.1. Distillation à simple effet.....8

V.3.1.2. Distillation à multiples effets.....9

V.3.1.3. Procédé de distillation par détentes successives (MSF).....10

V.3.1.4. Distillation par compression de vapeur.....11

V.3.2. Procédés Membranaires.....11

V.3.2.1. Electrodialyse.....11

V.3.2.2. Osmose inverse.....12

V.3.3. Schéma général d'une installation d'osmose inverse.....15

V.3.3.1.	Membranes d'osmose inverse.....	15
V.3.3.2.	Modules d'osmose inverse.....	17
V.3.3.3.	les pompes haute pression Hp.....	19
V.3.3.4.	Récupération d'énergie.....	19
V.3.4.	le colmatage de membrane et leur nettoyage.....	19
V.4.	Le post traitement.....	20
V.4.1.	L'ajustement du pH.....	20
V.4.2.	la chloration.....	20
VI.	L'eau potable et norme de potabilité.....	21
VII.	Conclusion.....	21

Chapitre II : Description de la station de dessalement de Souk Tlata

I.	Introduction.....	22
II.	Situation géographique.....	22
III.	Présentation de la station de dessalement de Souk Tlata.....	24
IV.	Description du procédé de la station.....	24
IV.1.	Prise d'eau de mer.....	26
IV.2.	La chloration.....	26
IV.3.	La filtration mécanique.....	26
IV.4.	Station de pompage d'eau de mer.....	26
IV.5.	Dosage de métabisulfite de sodium (SMBS).....	27
IV.6.	Le système d'ultrafiltration.....	27
IV.6.1.	Le système de rétrolavage (Backwash).....	28
IV.6.2.	Le nettoyage en place (CIP).....	29
IV.6.3.	Réservoir d'eau filtrée.....	30
IV.7.	Le stade d'osmose inverse (RO).....	30
IV.7.1.	Système de dosage anticalcaire.....	30
IV.7.2.	Station de pompage de RO.....	30
IV.7.3.	Le système d'osmose inverse.....	31
IV.7.4.	Système de récupération d'énergie.....	32
IV.7.5.	Le système de nettoyage en place (CIP).....	33
IV.8.	Le stade de post- traitement.....	33
IV.8.1.	Le dosage du chlore.....	34

IV.8.2. Dosage de dioxyde de carbone et de la chaux.....	34
IV.9. Réservoir de stockage d'eau filtrée.....	36
IV.10. Station de pompage de l'eau traitée.....	36
IV. Réservoir de neutralisation.....	36
V. Conclusion.....	36

Chapitre III : Matériels et méthodes

I. Introduction.....	38
II. Echantillonnage et mode de prélèvement.....	38
III. Analyses organoleptiques.....	39
III.1. Couleur de l'eau.....	39
III.2. Odeur de l'eau.....	39
III.3. Goût et saveur de l'eau.....	39
III.4. Turbidité de l'eau.....	40
IV. Analyses physico-chimiques.....	40
IV.1. Température	42
IV.2. Le potentiel hydrogène.....	42
IV.3. Alcalinité et Alcalinité totale, TAC et TA.....	43
IV.4. La dureté totale TH.....	43
IV.5. Conductivité électrique EC.....	44
IV.6. Total de solides dissouts (TDS).....	45
IV.7. Total de solides en suspension (TSS).....	45
IV.8. Chlore libre Cl ₂	46
IV.9. Les sels minéraux dissous.....	47
IV.9.1. Les cations.....	49
IV.9.1.1. L'ion Calcium Ca ²⁺	49
IV.9.1.2. L'ion Magnésium Mg ²⁺	49
IV.9.1.3. L'ion Potassium K ⁺	50
IV.9.1.4. L'ion Sodium Na ⁺	50
IV.9.2. Les anions.....	50
IV.9.2.1. L'ion Bromate BrO ₃ ⁻	51
IV.9.2.2. L'ion Chlorure Cl ⁻	51

IV.9.2.3.	Les nitrates (NO ₃ ⁻) et les nitrites (NO ₂ ⁻).....	51
IV.9.2.4.	L'ion Sulfate SO ₄ ²⁻	52
IV.10.	Indice de saturation ou indice de Langelier LSI.....	52
IV.11.	Le bore.....	53
V.	Analyses bactériologiques.....	54
V.1.	Les coliformes.....	54
V.2.	<i>Escherichia coli</i>	55
V.3.	Les streptocoques.....	57
VI.	Conclusion.....	59

Chapitre IV : Interprétation des résultats

I.	Introduction.....	60
II.	Eau de mer.....	64
II.1.	Variation des paramètres organoleptiques.....	64
II.2.	Variation des paramètres physico-chimiques.....	64
II.2.1.	Température.....	64
II.2.2.	Potentiel d'hydrogène.....	64
II.2.3.	Conductivité électrique.....	64
II.2.4.	Totale de solides dissouts.....	65
II.2.5.	Totale de solides en suspension.....	65
II.2.7.	Bore.....	65
II.2.7.	Les ions majeurs.....	65
III.	L'eau filtrée.....	65
III.1.	La turbidité.....	65
III.2.	Totale de solides en suspension.....	65
IV.	L'eau du perméat.....	66
IV.1.	Variation des paramètres organoleptiques.....	66
IV.2.	Variation des paramètres physico-chimiques.....	66
IV.2.1.	Température.....	66
IV.2.2.	Potentiel d'hydrogène.....	66
IV.2.3.	Conductivité électrique.....	66
IV.2.4.	Total de solides dissouts.....	67

IV.2.5.	Les ions majeurs.....	67
IV.2.5.1.	Chlorure.....	67
IV.2.5.2.	Sulfate.....	67
IV.2.5.3.	Les nitrates et les nitrites.....	67
IV.2.5.4.	Bromate.....	67
IV.2.5.5.	Sodium.....	68
IV.2.5.6.	Potassium.....	68
IV.2.5.7.	Magnésium.....	68
IV.2.5.8.	Calcium.....	68
IV.2.6.	Dureté totale (TH°).....	69
IV.2.7.	Alcalinité totale et Bicarbonates.....	69
IV.2.8.	Indice de saturation (LSI).....	69
IV.2.9.	Bore.....	69
V.	Eau traitée.....	70
V.1.	Variation des paramètres organoleptiques.....	70
V.1.1.	Couleur.....	70
V.1.2.	Odeur	70
V.1.3.	Goût.....	70
V.1.4.	Turbidité.....	70
V.2.	Variation des paramètres physico-chimiques.....	71
V.2.1.	Température.....	71
V.2.2.	Potentiel d'hydrogène.....	71
V.2.3.	Conductivité électrique.....	71
V.2.4.	Totale de solides dissouts.....	71
V.2.5.	Chlore libre.....	71
V.2.6.	Alcalinité totale, Bicarbonates et carbonates.....	72
V.2.7.	Dureté totale (TH°), Calcium et Magnésium.....	72
V.2.8.	Indice de Langelier.....	73
V.3.	Interprétation des résultats bactériologiques.....	73
V.3.1.	Coliformes totaux et fécaux.....	73
V.3.2.	Streptocoques fécaux.....	73
	Conclusion.....	74
	Conclusion générale.....	75

Liste des tableaux

Tableau 01 : Composition chimique de l'eau de mer.

Tableau 02: Les spécifications de module d'osmose inverse.

Tableau 03 : Paramètres mesurés et méthodes d'analyses, de mesures et de calculs utilisés.

Tableau 04 : Classification de l'eau en fonction du titre hydrotimétrique.

Tableau 05 : Les caractéristiques de la Chromatographie Metrohm Compact IC 881 pro Cation.

Tableau 06 : les caractéristiques de la Chromatographie Metrohm Compact IC 881 pro Anion.

Tableau 07 : Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la station pour le 07/02/2014.

Tableau 08 : Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la station pour le 08/02/2014.

Tableau 09 : Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la station pour le 15/02/2014.

Tableau 10 : Résultats des analyses microbiologiques.

Tableau 11 : Les solutions standards des cations.

Tableau 12 : Les solutions standards des anions.

Tableau 13 : Les solutions standards du bore.

Tableau 14: Les normes de la qualité de l'eau potable, OMS, mises à jour en 2006.

Tableau 15: Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (Journal Officiel de la république algérienne, Mars 2011).

Tableau 16 : Normes d'eau de mer (norme du contrat).

Tableau 17: Normes d'eau traitée (norme du contrat).

Tableau 18 : Tableau de NPP (nombre le plus probable).

Figure 22 : Recherche et dénombrement des coliformes et d'*E.coli* présumés.

Figure 23 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.

Figure 24 : Courbe d'étalonnage de Sodium.

Figure 25 : Courbe d'étalonnage de potassium.

Figure 26 : Courbe d'étalonnage de Calcium.

Figure 27 : Courbe d'étalonnage de Magnésium.

Figure 28 : Courbe d'étalonnage de Bromate.

Figure 29 : Courbe d'étalonnage de Chlorure.

Figure 30 : Courbe d'étalonnage de Nitrate.

Figure 31 : Courbe d'étalonnage de Nitrite.

Figure 32 : Courbe d'étalonnage de Sulfate.

Liste des Photos

Photo 01 : Station de dessalement de Souk Tlata.

Photo 02 : Représentation d'un train de cartouches d'ultrafiltration.

Photo 03 : Halle des trains d'osmose inverse.

Photo 04 : Site de stockage et de préparation du CO₂.

Photo 05 : Site de stockage et de préparation de la chaux.

Photo 06 : Turbidimètre

Photo 07: pH mètre HACH.

Photo 08: Conductivimètre HACH.

Photo 09: Spectromètre HACH.

Photo 10 : Colorimètre HACH.

Photo 11 : La chromatographie ionique.

Liste des abréviations

RO : Osmose inverse

UF : Ultrafiltration

SDI: Silt Density Index

ERS: Système de récupération d'énergie

SMBS : Métabisulfite de sodium

STPP: Sodium Tri Poly Phosphate

CIP : Nettoyage en place

LSI : Indice de Saturation de Langelier

CI : chromatographie ionique

Meq/L: Milliéquivalent par litre

Pt/Co : Platine-Cobalt

NTU: Unité de Turbidité Néphélométrique

pH: Potentiel d'hydrogène

ppm: Partie par million

ppb : Partie par billion

°F: Degré Français

°C: Degré Celsius

TA: Titre alcalimétrique

TAC: Titre alcalimétrique complet

TH: Titre hydrotimétrique

EC: Conductivité électrique

TDS: Total de solides dissouts

TSS: Total de solides en suspension

S: Siemens

OMS: Organisation Mondial de Santé

ADE: Algérienne des eaux

AEC: Algerian Energy Company

NPP: Nombre plus probable

BCPL: Bouillons Lactose au Pourpe de Bromocrésol

EVA : Ethyle Violet et Azide de sodium

UFC : Unité Formant une Colonie

*Introduction
générale*

Bien que l'eau recouvre plus de 70% de notre planète, seuls 2.5% sont constitués d'eau douce parmi lesquels uniquement 0.3% correspondent à des ressources facilement accessibles et renouvelables comme les lacs et les rivières, le reste étant principalement concentré dans les glaciers. De plus, l'eau est répartie dans le monde de façon très inégale. (Bessiere, 2005)

Les pays de pourtour méditerranéen doivent faire face à des pressions croissantes sur leurs ressources en eau. Les besoins en eau douce, notamment en eau potable, vont en augmentant. Les pays arides se trouvent déjà dans une situation de rareté, avec risque d'aggravation vers la pénurie. L'augmentation des besoins est liée à la croissance démographique, mais aussi au développement économique (industrie), et très largement dominée par le domaine agricole. (Boyé, 2008). Pour satisfaire la demande en eau douce dans des régions où les réserves sont insuffisantes, plusieurs pays ont fait appel au dessalement de l'eau de mer. (Mandri, 2011)

Aujourd'hui, plus de 17 000 unités de dessalement dans le monde produisent environ 60 millions de m³/j (Salomon, 2012), alors que la capacité mondiale de production en eau potable est de l'ordre de 500 millions de m³/j. En méditerranée, la production des usines de dessalement s'élève à 10 million de m³/j. (Blinda, 2010)

L'Algérie est un pays semi-aride, voir même aride (200 mm à 400 mm de pluie par an) et les ressources en eau sont faibles, irrégulières, et localisées dans la bande côtière. Les ressources superficielles ont subi durant les deux dernières décennies des effets négatifs de la sécheresse, de la pollution et de la mauvaise gestion. La demande en eau douce, croît chaque année de 2 à 3%, tandis que les ressources naturelles restent invariables. (Zouini, 2009)

L'Algérie, qui dispose de 1200 km de côtes, a mis en œuvre l'alternative du dessalement d'eau de mer (trois quarts) ou d'eau saumâtre (un quart) pour alimenter en eau potable des villes et localités du littoral, et jusqu'à 60 km aux alentours. Elle compte en 2013 neuf grandes stations de dessalement en exploitation à même de produire jusqu'à 1.4 millions de m³ d'eau dessalée par jour (Mozas *et al.*, 2013). La station d'El-Mactaa soit l'une des plus grandes unités de dessalement par osmose inverse, a une capacité de 500 000 m³/j.

Pour pallier aux besoins en eau potable, la station de dessalement de Souk Tlata a été implantée dans le Nord-Ouest algérien au niveau de la Wilaya de Tlemcen afin de desservir en eau potable les habitants des communes avoisinantes. Cette station, d'une capacité de

Introduction générale

200 000 m³/j d'eau potable est produite par la technique d'Ultrafiltration (UF) et d'osmose inverse (RO).

L'objectif de ce travail consiste à faire un suivi de la qualité physico-chimique des eaux prélevées au niveau de la station, représentant l'eau de mer, l'eau filtrée, l'eau osmosée (le perméat) et celle de l'eau traitée avant la distribution.

Le travail se présente en deux parties principales :

La première partie est relative à l'étude bibliographique qui présente tout d'abord une généralité sur le dessalement, les différents procédés de dessalement, le colmatage des membranes d'osmose inverse et leur nettoyage.

La seconde partie présente l'étude expérimentale sur la qualité des eaux physico-chimique pour chaque étape au niveau de la station, subdivisée en:

- Matériels et méthodes
- Résultats et interprétations.

Et en fin on a achevé ce travail par une conclusion.

Chapitre I :
Synthèse
bibliographique

I. Introduction

L'eau est une denrée indispensable pour l'existence de l'humanité et son développement socio-économique. Elle recouvre les trois quarts de la terre, mais seul 0.3% de l'eau peut être utilisé directement pour les besoins de l'être humain. (Année internationale de l'eau douce, 2003)

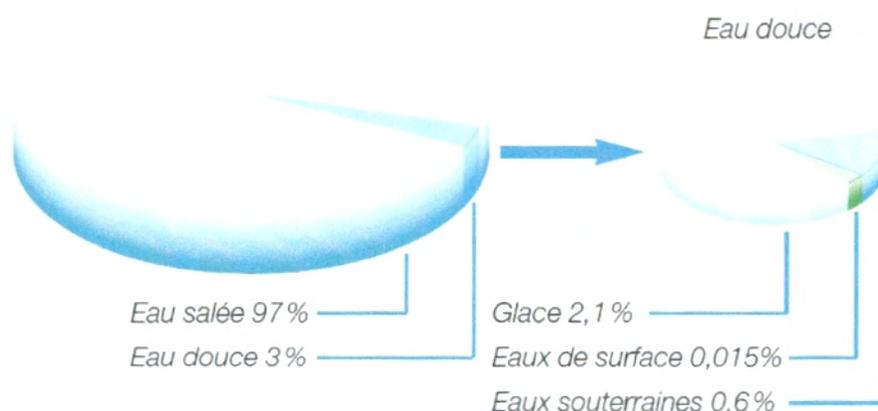


Figure 01 : Répartition de l'eau dans la planète.

II. Le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau est lié aux mouvements de l'humidité dans l'atmosphère. L'énergie apportée par le rayonnement du soleil provoque l'évaporation de grandes quantités d'eau des océans, des lacs et zones humides. Les végétaux rejettent également une quantité importante de vapeur d'eau. L'air humide, plus léger que l'air sec, s'élève et se refroidit dans l'atmosphère. La vapeur d'eau se condense alors sous forme de nuages et retombe sous forme de pluie ou de neige. (Gillis, 2001)

L'eau qui tombe sur les terres s'évapore à nouveau pour plus des deux tiers. Le reste s'accumule dans les neiges et les calottes glaciaires, s'écoule vers la mer via les rivières ou s'infiltre dans le sol et forme les nappes d'eau souterraine. (Gillis, 2001)

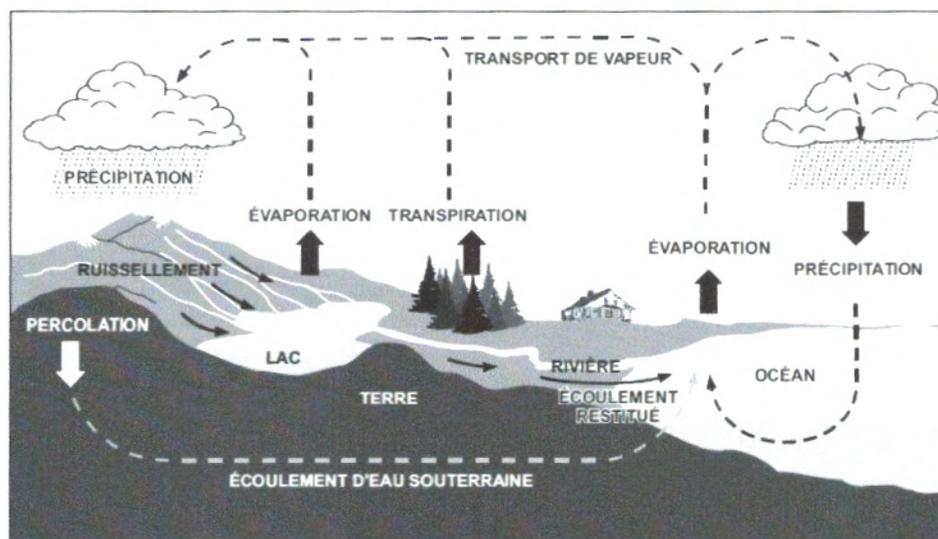


Figure 02 : Cycle de l'eau (Eldon, 2001)

III. Les eaux saumâtres

On appelle eau saumâtre une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. Les eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels en traversant les sols. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés. Les principaux sels dissouts sont le CaCO_3 , le CaSO_4 , le MgCO_3 et le NaCl . (Tata-Ducru, 2009)

IV. L'eau de mer

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). (Tableau 01)

La salinité moyenne de l'eau de mer est de l'ordre de 35g/L, cependant cette valeur varie fortement selon les régions et la saison : Mer baltique : 7g/L, Mer méditerranée : 36 à 39 g/L, Golf persique : 40 à 70 g/L, Mer morte : 27g/L. (Maurel, 2006)

Tableau 01 : composition chimique de l'eau de mer. (Maurel, 2006)

		Eau de mer standard		Eau méditerrané	
		ppm	%	ppm	%
Salinité totale		35000		39000	
Cations	Sodium	10760	30.7	11970	30.7
	Magnésium	1294	3.7	1440	3.7
	Calcium	412	1.2	450	1.2
	potassium	387	1.1	440	1.1
	Total cations	12853		14300	
Anions	Chlorures	19353	55.3	21570	55.3
	Sulfates	2712	7.7	2990	7.7
	Bicarbonates	142	0.4	153	0.4
	bromures	67	0.2	75	0.2
	Total anions	22274		24788	

V. Généralité sur le dessalement

Le dessalement est en très forte croissance dans le monde, avec une capacité installée qui augmente en moyenne de 10% par an. (Boyé, 2009)

Le dessalement est une technique adoptée par l'industrie de l'eau. C'est un processus qui consiste à extraire de l'eau douce à l'eau de mer. (Rerolle, 2010)

L'installation de dessalement peut être schématiquement subdivisée en 4 postes (Figure 03) :

- une prise d'eau de mer ;
- un poste de prétraitement ;
- l'installation de dessalement proprement dite ;
- un poste de traitement. (Maurel, 2006)

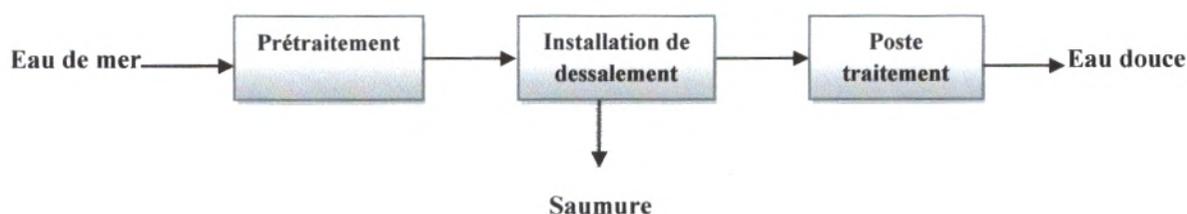


Figure 03 : Schéma général d'une installation de dessalement

V.1. La prise d'eau de mer

La prise d'eau de mer doit permettre d'obtenir à l'entrée de l'usine de dessalement une eau de meilleure qualité possible, en particulier du point de vue matières en suspension. Deux technologies peuvent être utilisées :

- **Les forages côtiers :** soient verticaux soient sous forme de galeries horizontales permettant d'obtenir une eau des très bonnes qualités et relativement stable.
- **La prise d'eau de surface :** peut être faite en pleine mer. Dans le cas idéal, le captage doit être effectué en zone profonde, éloigné de la côte, protégée des pollutions et des forts courants et ne pas être sous l'influence de rejets. (Maurel, 2006)

V.2. Le prétraitement

Le prétraitement inclut toutes les étapes nécessaires en amont de l'osmoseur. L'objectif des divers moyens mis en œuvre dans le prétraitement de l'eau de mer est de retenir les particules en suspension. Ceci est réalisable par les procédés de la sédimentation (particules solides) et de la décantation (particules liquides) et /ou par la mise en place d'un système de filtration. Cette dernière s'opère par le passage de l'eau à travers un tamis métallique ou une matière poreuse. (Cambre Syndicale de la recherche, 1993)

On distingue les types de filtration suivants :

- La filtration directe par des filtres à sable
- La filtration directe au moyen des filtres à anthracite
- La microfiltration avec des filtres à cartouches
- L'ultrafiltration avec des modules d'UF.

La performance de membrane d'UF à l'échelle pilote a été évaluée pour le prétraitement d'eau de mer. La membrane ne paraît pas sensible à la salinité élevée de l'eau de mer. (Tansakul, 2009)

- **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 μm .

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. (Tansakul, 2009)

Le prétraitement de l'eau brute est destiné à réduire le SDI (silt density index), il devient alors une étape importante pour un bon fonctionnement des membranes d'osmose inverse. (Gaid et al, 2006)

Le SDI : est un paramètre indicateur du potentiel de « fouling » des membranes. Il dépend de la nature et de l'origine de l'eau brute. Les fournisseurs de membranes recommandent un SDI inférieur à 3 en amont des membranes d'osmose inverse mais acceptent des valeurs épisodiques de 5. (Gaid et al, 2006)

Le principe de ce test consiste à déterminer l'encrassement d'un filtre en acétate de cellulose de 47 mm de diamètre et présentant une taille de pores de 0.45 μm après 15 minutes de filtration frontale de la suspension à traiter. La pression est maintenue constante à 2.1 bars.

$$\text{SDI}_{15} = \frac{1 - \frac{t_1}{t_2}}{15} \cdot 100$$

Où t_1 est le temps nécessaire pour filtrer les premiers 500 ml de solution, et t_2 le temps nécessaire pour filtrer 500 ml de solution à compter de 15 min du début de la filtration. (Bessiere, 2005)

V.3. Installations de dessalement

Plusieurs méthodes permettent la séparation de l'eau de mer en une eau douce contenant une faible concentration des sels dissouts, et une solution concentrée en sels. La figure 04 présente les principales techniques. (Mandri, 2011)

En fait, la totalité des installations actuellement en service fait appel à deux grandes familles de procédés : les procédés par évaporation et les procédés de séparation par membranes qui sont plus récents. (Maurel, 2006)

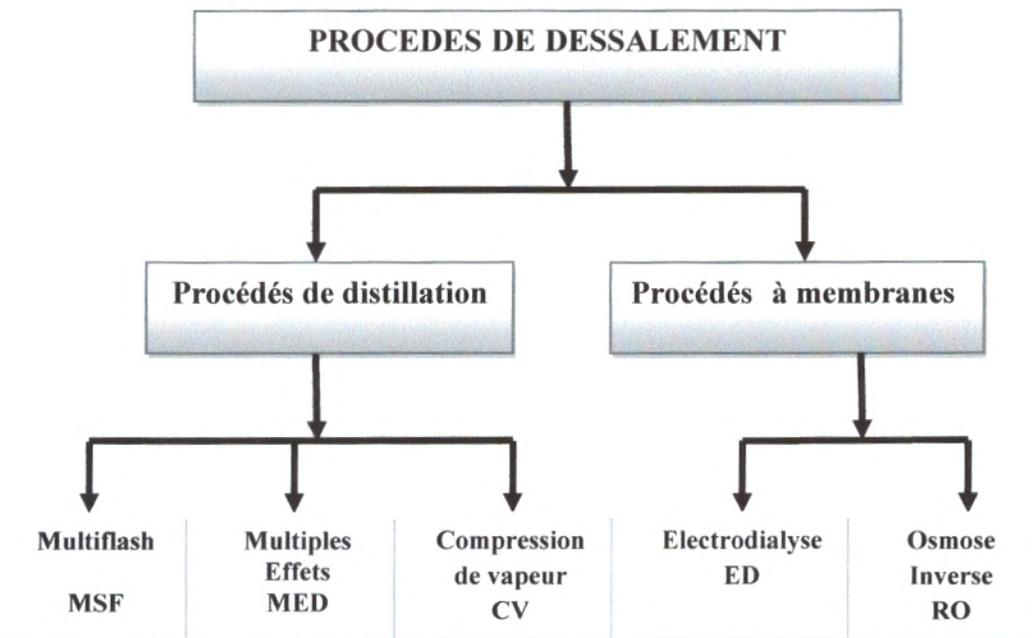


Figure 04 : Principaux procédés de dessalement (Danis, 2003)

V.3.1. 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. (Mandri, 2011)

V.3.1.1. Distillation à simple effet

Son principe est simple (Figure 05). Il reproduit le cycle naturel de l'eau :

- Dans une enceinte fermée, un serpentin de réchauffage porte à ébullition l'eau de mer ;

- La vapeur produite se condense au contact d'un deuxième serpentin alimenté par l'eau de mer froide (une pompe évacue les gaz incondensables).
- Un groupe électropompe soutire l'eau condensée ; un deuxième l'eau de mer concentrée ou saumure. (Danis, 2003)

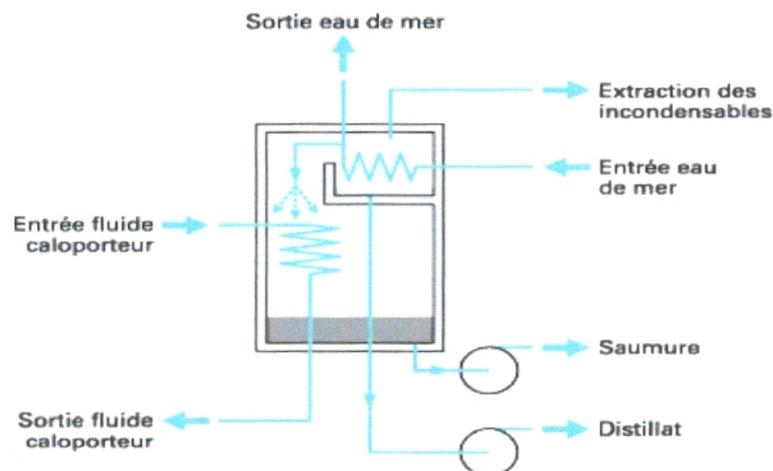


Figure 05 : Distillateur simple effet (Tata-Ducru, 2009)

V.3.1.2. Distillation à multiples effets

Une installation de distillation à effet multiple est constituée par juxtaposition de plusieurs cellules fonctionnant selon le principe de l'effet simple (Danis, 2003). On peut donc utiliser la chaleur de condensation de la vapeur produite dans la première chambre d'évaporation pour faire fonctionner le faisceau de chauffe de la seconde chambre à pression et température plus faibles, et ainsi de suite. (Maurel, 2006)

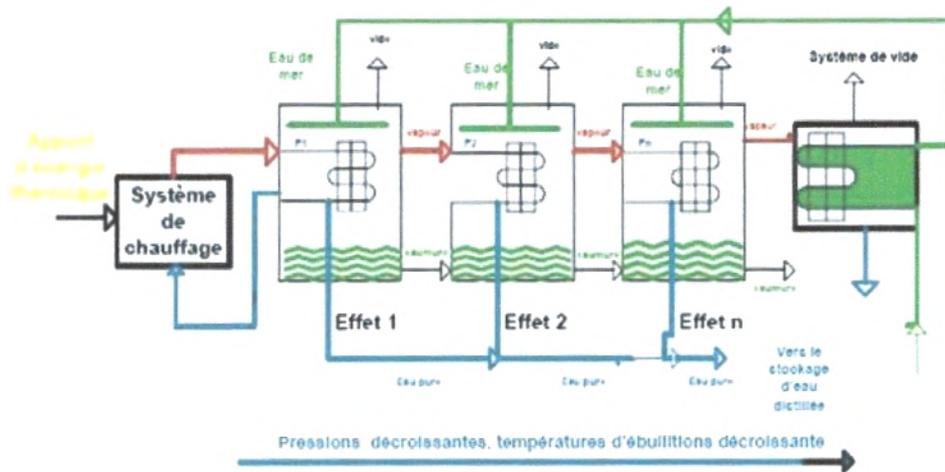


Figure 06 : Distillation à multiple effets (Viviane, 2003)

V.3.1.3. Procédé de distillation par détentes successives (MSF)

Ce procédé dit flash consiste à maintenir l'eau sous pression pendant toute la durée du chauffage ; lorsqu'elle atteint une température de l'ordre de 120 °C, elle est introduite dans une enceinte (ou étage) où règne une pression réduite. Il en résulte une vaporisation partielle instantanée par détente appelée flash. Une fraction de l'eau s'évapore (Figure 07) pour se condenser sur les tubes du condenseur placé en haut de l'enceinte et l'eau liquide est recueillie en dessous des tubes. (Tahri et al, 2008)

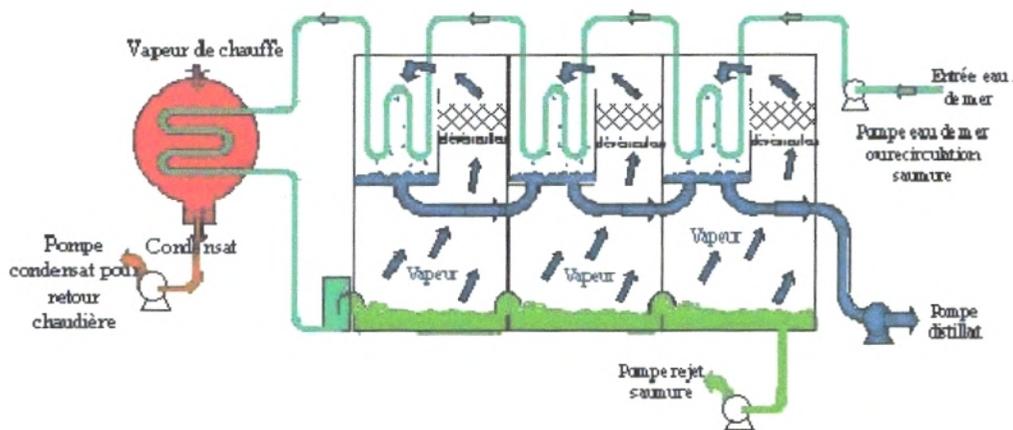


Figure 07 : Distillation par détentes successives (Tahri et al, 2008)

V.3.1.4. Distillation par compression de vapeur

Dans ce procédé, l'eau à dessaler est portée à ébullition dans une enceinte isolée thermiquement. La vapeur produite est aspirée par un compresseur qui élève sa température de saturation. Cette vapeur traverse ensuite un faisceau tubulaire et se condense en provoquant l'ébullition de l'eau salée. (Tata-Ducru, 2009)

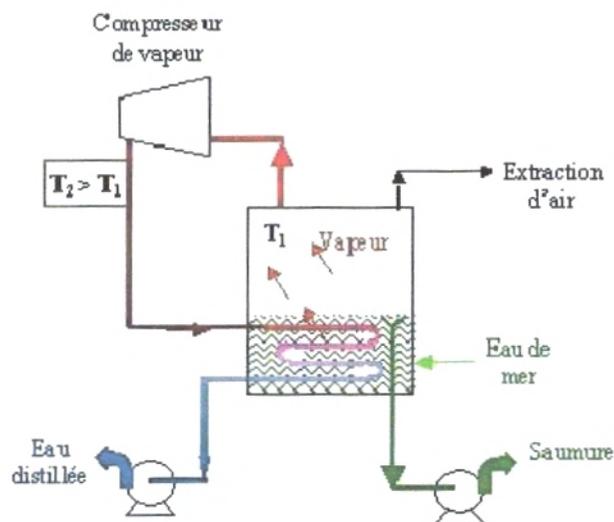


Figure 08 : Distillation par compression de vapeur (Viviane, 2003)

V.3.2. Procédés membranaires

Au lieu d'extraire par évaporation l'eau douce de l'eau de mer, on peut envisager une séparation de l'eau et des sels dissouts au moyen de membranes sélectives. Deux procédés utilisant de telles membranes sont actuellement commercialisés : ce sont l'électrodialyse et l'osmose inverse.

V.3.2.1. Electrolyse

L'électrodialyse est une technique électro membranaire qui permet le transfert des ions à travers des membranes à perméabilité sélective. Le but de l'opération est d'extraire les sels d'une solution, d'où on l'obtient alors, d'un côté une solution saumure très concentrée et de l'autre une solution dessalée (Figure 09). (Tahri et al, 2008)

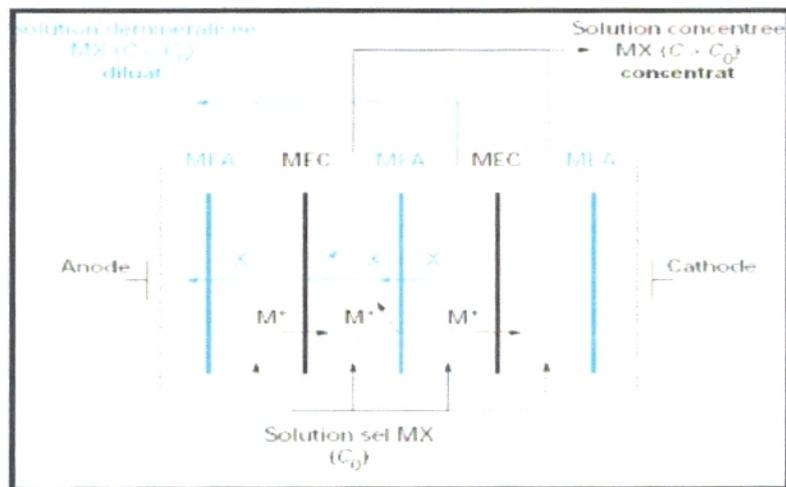


Figure 09 : Principe d'Electrodialyse (Tata- Ducru, 2003)

Sous l'effet d'un courant électrique appliqué dans les bacs externes, les cations sont attirés vers l'électrode négative et les anions vers l'électrode positive. En raison de la sélectivité des membranes, les ions cationiques peuvent uniquement traverser les membranes cathodiques et les ions anioniques, traversent les membranes anioniques. On obtient de l'eau douce dans deux des quatre compartiments. (Tahri et al, 2008)

V.3.2.2. Osmose inverse

Il existe différentes techniques de filtration de l'eau (filtration conventionnelle, microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, osmose inverse) selon le domaine d'utilisation. Ces techniques se différencient principalement par la taille des particules qu'elles arrêtent (Figure 10). Le cas extrême est l'osmose inverse qui arrête tout les solutés contenus dans l'eau mais laisse passer le solvant. (Tata-Ducru, 2009)

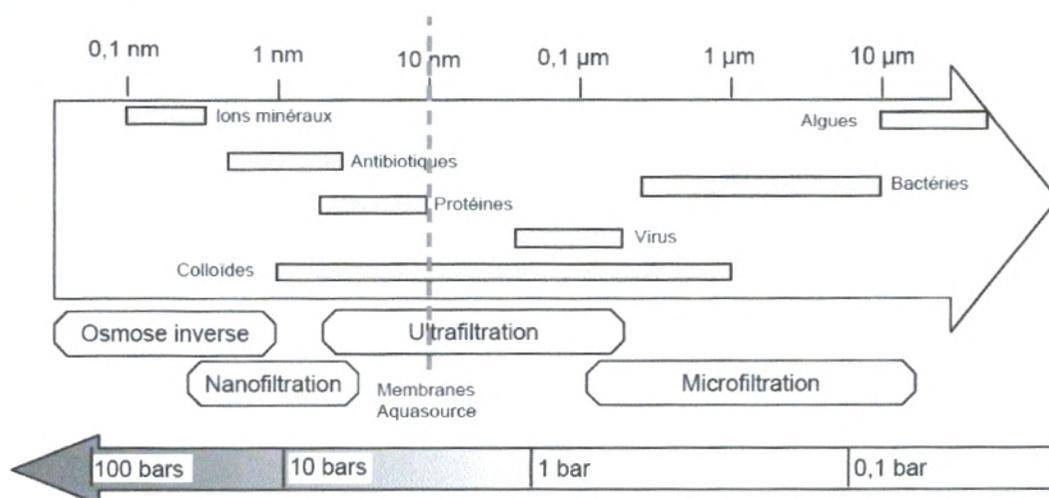


Figure 10: Rétention des différents types de solutés selon le procédé membranaire – pression d'utilisation (Bessiere, 2005)

L'osmose est un processus naturel dans lequel les molécules de l'eau migrent à travers une membrane semi-perméable depuis une solution de basse concentration vers une solution de plus haute concentration. (Nisan, 2007)

Le phénomène d'osmose va se traduire par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux de l'eau va s'annuler. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique.

Une augmentation de la pression au-delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique, c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est le phénomène d'osmose inverse. (Maurel, 2006)

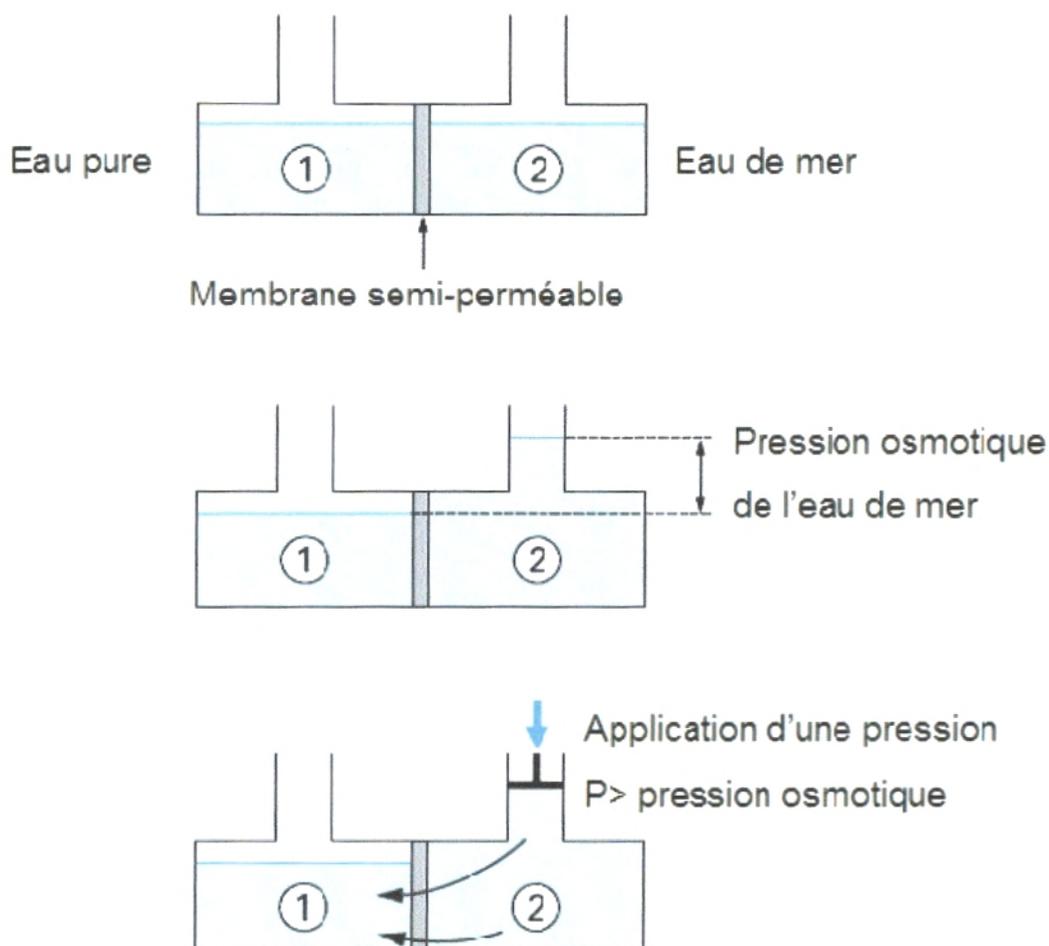


Figure 11 : Mise en évidence de l'osmose inverse. (Mandri, 2011)

La pression osmotique peut être calculée par la loi de Van't Hoff qui exprime que la pression osmotique exercée par un soluté est égale à la pression que ce corps aurait exercée dans l'état gazeux parfait dans le même volume (V) et à la même température (T). Si le soluté est dissocié en i ions, la pression osmotique sera i fois supérieure. (Tansakul, 2009)

La pression osmotique d'une solution est proportionnelle à la concentration en solutés :

$$\pi = i . C . R . T$$

Avec : π Pression osmotique (bar)

i Nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte

C Concentration molaire (mol. L^{-1})

R Constante des gaz parfaits ($0.082 \text{ L}\cdot\text{bar}\cdot\text{mol}^{-1}\text{K}^{-1}$)

T Température absolue (K)

V.3.3. Schéma général d'une installation d'osmose inverse

Les principaux constituants d'une installation d'osmose inverse sont les suivants (Figure 12) :

- La membrane proprement dite
- Le module
- La pompe haute pression
- Le système de récupération d'énergie.

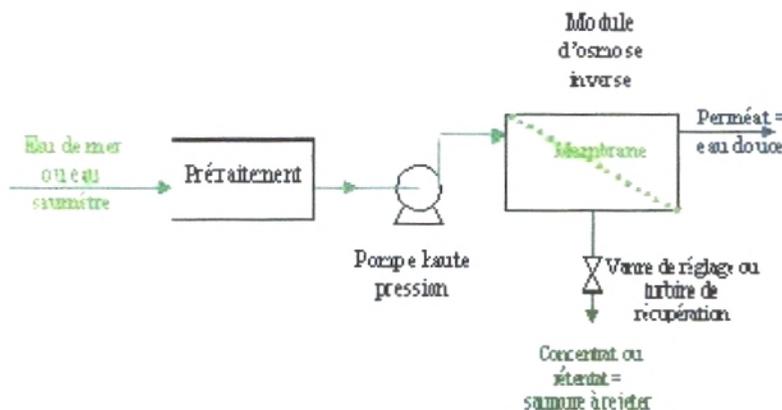


Figure 12 : Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

V.3.3.1. Membranes d'osmose inverse

Par définition, la membrane est une barrière permselective qui va réduire le transfert d'un soluté par rapport à un autre. (Bacchin, 2005) Les membranes d'osmose inverse permettent d'éliminer les ions divalents et monovalents tels que le chlorure de sodium. Le taux de rejet de sels peut être supérieur à 99% dans certaines conditions. (Tansakul, 2009) Les membranes utilisées sont asymétriques (plusieurs couches d'épaisseur différente) et composites (plusieurs matériaux différents). Les premières membranes d'osmose inverse étaient constituées d'acétate de cellulose asymétrique.

Aujourd'hui, la majorité des membranes d'osmose inverse ont une couche active constituée de polyamide aromatique déposé sur un support polysulfone sur polyester, présentant une meilleure tenue mécanique, chimique et thermique et générant des densités de flux plus élevées. Elles sont donc en général composées de 3 couches (Figure 13) :

- La base (100 μm), formée d'un matériau inerte type textile tissé ou non (ex : polyester téréphtalique), assure la résistance physique du film. Elle est trop grossière pour permettre le dépôt en couche mince de la partie active.
- Le support (50 μm) est une membrane d'ultrafiltration aux pores plus fins, calibrés (ex : polysulfone). Il assure la résistance mécanique de l'ensemble.
- La couche active superficielle (0.1 à 0.2 μm) permet la séparation des espèces. Elle est déposée sur le support. Le polymère le plus employé est polyamide aromatique. Il est traité différemment selon les fabricants et les modèles employés. (SAGANE, 2008)

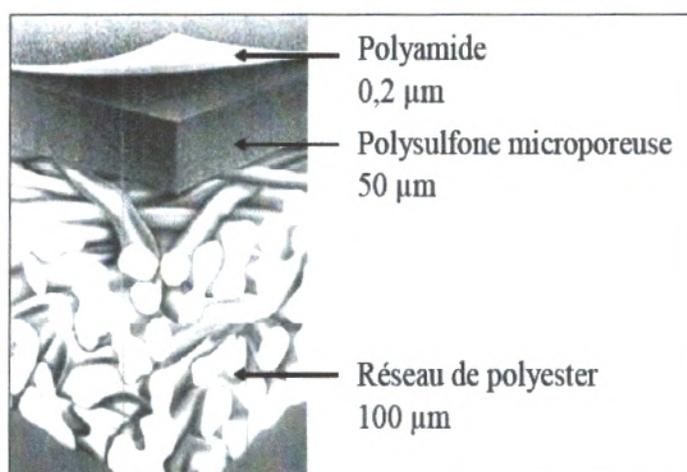


Figure 13 : Structure des membranes d'osmose inverse en polyamide (Maurel, 2006)

L'écoulement du fluide sur la membrane est continu et tangentiel comme cela explicité sur la figure 14. L'objectif de l'écoulement tangentiel est d'éviter l'accumulation continue sur la membrane des espèces (particules, molécules, ions) retenues par cette dernière. (Maurel, 2006)

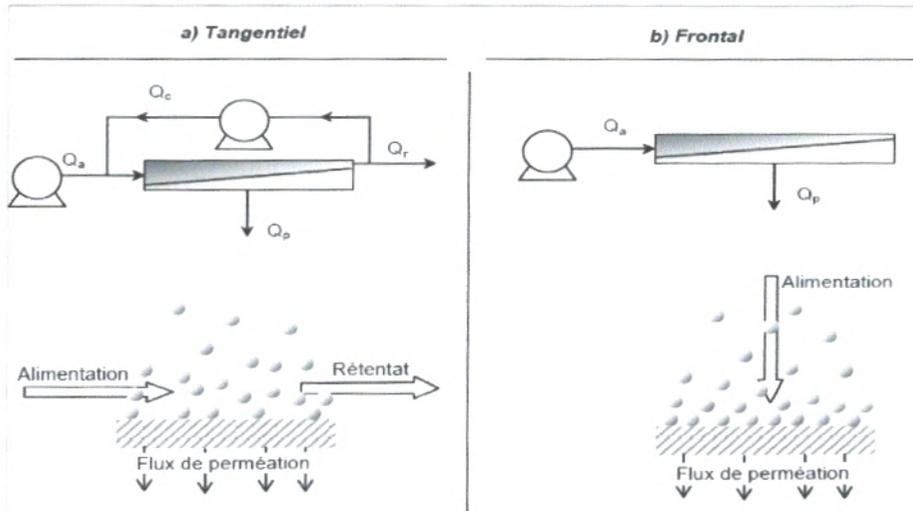


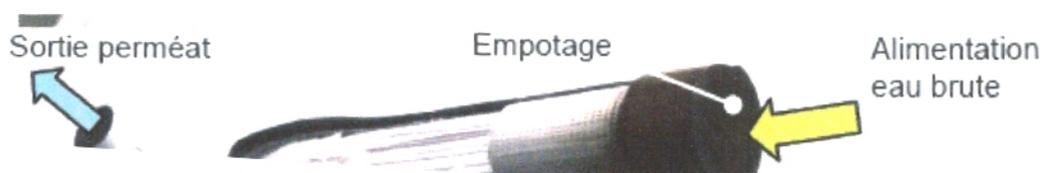
Figure 14 : Principe de fonctionnement de la filtration tangentielle (Bessiere, 2005)

V.3.3.2. Modules d'osmose inverse

Les membranes sont intégrées dans des modules qui leur tiennent lieu de support mécanique. Ils doivent tenir aux fortes pressions mises en jeu dans le procédé et être conçus de manière à minimiser la perte de charge, la polarisation de concentration et l'encrassement.

Les modules utilisés dans les procédés membranaires sont de type plans, tubulaires, spiralés ou à fibres creuses. (Sagne, 2008)

- **Les modules plans** : cette configuration dérivée des filtres-presses est constitués d'un empilement de membranes sous forme de feuilles. (Bessiere, 2005)
- **Les modules tubulaires** : ils comportent une ou plusieurs membranes inorganiques de forme tubulaire, ayant des diamètres internes entre 6 et 25 mm. Plusieurs tubes individuels peuvent être placés dans un manchon en PCV ou en acier inoxydable. (Bessiere, 2005).
- **Les modules fibres creuses** : ils contiennent plusieurs milliers de fibres dont le diamètre est de l'ordre de mm. Les faisceaux obtenus sont encollés aux extrémités de façon à assurer l'étanchéité entre les compartiments eau traitée (perméat) et l'alimentation en eau brute (Figure 15). (Bessiere, 2005). En osmose inverse, le perméat circule à l'intérieur des fibres et est collecté aux extrémités, rassemblées d'un même côté. (Sagne, 2008)



Chapitre II :

Etude du

milieu

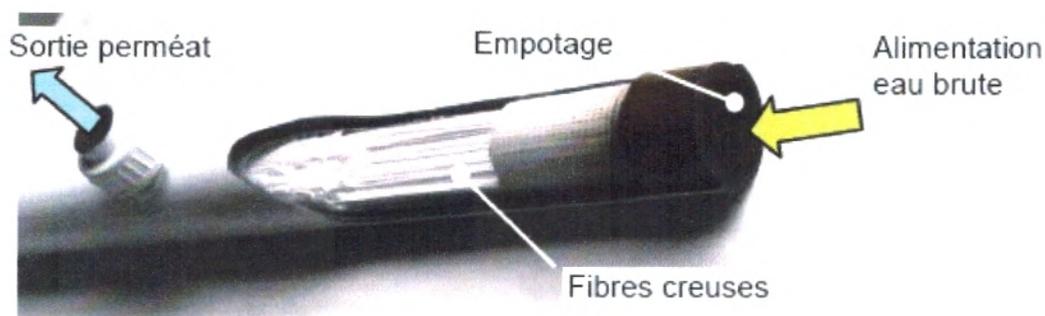
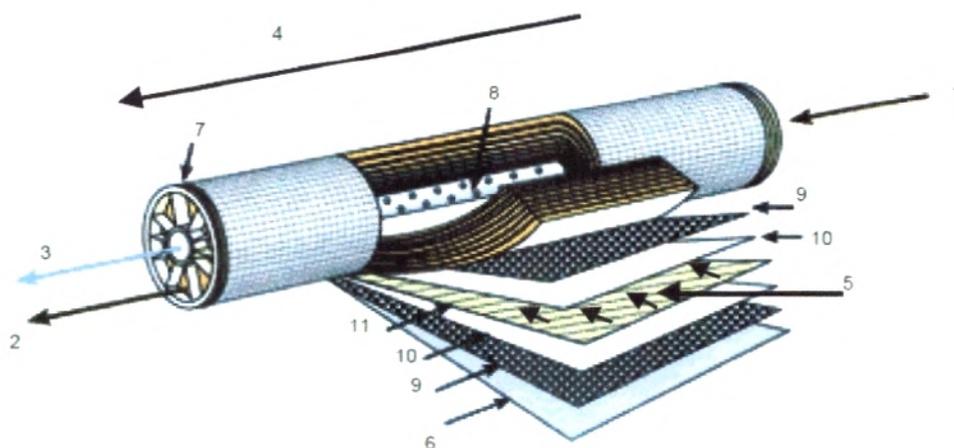


Figure 15: coupe d'un module fibre creuse

- **Les modules spiralés :** sont des cylindres multicouches constitués d'une superposition de feuillets de membranes enroulés autour d'un tube percé qui collecte le perméat. Ce dernier s'écoule selon un chemin spiralé vers le tube central tandis que le rétentat circule le long de l'axe dans les canaux formés par les feuillets de membranes. (Sagne, 2008)



- 1 Entrée d'eau
- 2 Sortie de concentrat
- 3 Sortie de perméat
- 4 Sens d'écoulement de l'eau brute
- 5 Sens d'écoulement du perméat
- 6 Matériau de protection
- 7 Joint d'étanchéité entre module et enveloppe
- 8 Perforations collectant le perméat
- 9 Espaceur
- 10 Membrane
- 11 Collecteur de perméat

Figure 16 : Structure interne d'une membrane à spirale. (Berland, 2002)

Ces modules sont de différents diamètres et longueurs (valeurs exprimées en pouces). Le diamètre est de 2, 5, 4 ou 8 pouces et la longueur de 14 ou 40 pouces en général. (Sagne, 2008)

V.3.3.3. Les pompes haute pression HP

Les pompes « haute pression » d'osmose inverse sont dimensionnées pour tenir compte de l'augmentation des pertes de charges dues en particulier au colmatage des membranes. Le réglage de la pression et du débit se fait souvent au moyen d'une vanne de réglage placée au refoulement du groupe électropompe. (Maurel, 2006)

V.3.3.4. Récupération d'énergie

Le principe de ce système est de récupérer l'énergie de la saumure dans une turbine hydraulique montée sur le même arbre que la pompe haute pression. (Maurel, 2006)

V.3.4. Le colmatage de membrane et leur nettoyage

Le frein principal au développement des procédés membranaires réside dans l'altération des capacités de production des membranes : le colmatage, qui découle de l'accumulation de matière à la surface des membranes. Quand un système fonctionne à pression transmembranaire constante, le colmatage se traduit par une diminution du flux de perméation dans le temps. Lors d'opérations menées à flux constant, la conséquence directe est une augmentation de pression. (Bessiere, 2005)

Le phénomène de colmatage peut être classifié en 4 catégories suivant :

- La précipitation des composés inorganiques sur la membrane (l'entartrage) : les dépôts de tartre rencontrés le plus fréquemment dans le dessalement comportent du carbonate de calcium (CaCO_3), du sulfate de calcium ($\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$), de l'hydroxyde de magnésium ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) et des dépôts de silice (SiO_2 , CaSiO_3 , MgSiO_3 ,...)
- La formation du dépôt par des particules ou des matières organiques sur la membrane, le colmatage par dépôt peut être de deux natures différentes :
 - Le colmatage colloïdal (des argiles de silicate d'aluminium, et des colloïdes de fer.)
 - Le colmatage par la matière organique (les substances humiques).
- La formation du biofilm (le bio colmatage) : par les micro-organismes.
- L'adsorption dans la membrane.

Pour récupérer les performances de la membrane, elle doit être périodiquement nettoyée. Le type de produit de nettoyage dépend largement du type de membranes et de la nature du colmatage. (Tansakul, 2009)

Les différentes techniques de nettoyage sont :

- **Le nettoyage mécanique**, un nettoyage partiel, mais rapide. Son principe consiste à décoller et retirer la matière accumulée sur la membrane par des forces mécaniques.
- **Le nettoyage chimique**, qui implique un arrêt de production périodique, génère des coûts en solutions de lavages et en traitement des effluents. Il se compose d'une séquence de lavages acide et basique, ainsi que de rinçage.
- **Le nettoyage enzymatique**, qui constitue une alternative aux traitements chimiques. Il peut être appliqué dans les cas de membranes sensibles aux réactifs chimiques, au pH ou à la température élevée. (Arzate A., 2008)

V.4. Le post traitement

En général, l'étape de post-traitement comporte deux phase principales ; l'ajustement du pH et la chloration.

V.4.1. L'ajustement du pH

L'eau produite par un des procédés de dessalement est agressive, son pH est inférieur au pH de saturation. Subséquemment, la correction de pH se fait à l'aide d'une solution alcaline. A ce jour, il existe deux technologies, les saturateurs de chaux et les lits de calcite. (Freixa C. M., 2009)

V.4.2. La chloration

Il est nécessaire d'assurer une étape de désinfection pour éviter toute contamination et développement biologique. Dans ce contexte, il existe de nombreuses méthodes de désinfection de l'eau, mais la plus utilisée est la chloration par l'utilisation d'une solution d'hypochlorite de sodium.

La chloration permet de détruire les organismes pathogènes présents dans l'eau et protéger l'eau contre de nouvelles contaminations ultérieures au cours de son transport ou de son stockage. (Douma et al, 2010)

VI. 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. (Ontario, 2006)

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. (C.I.EAU, 2003)

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 II).

VII. Conclusion

Le dessalement des eaux de mer ou des eaux saumâtres constitue une des réponses possibles pour s'adapter à la pénurie croissante des ressources en eau. Il est généralement reconnu, dans la plupart des cercles internationaux traitant des problèmes de l'eau, que le dessalement de l'eau de mer pourrait être une solution non conventionnelle, attrayante et économique contribuant à un développement durable des pays concernés, et ce, pour plusieurs raisons :

- Les immenses réserves d'eau de mer disponibles ;
- La chute notable du coût de dessalement ;
- Le fait que le dessalement apporte une solution aux besoins divers : usages domestiques et industriels, usage agricoles, traitement des eaux.

I. Introduction

L'usine de dessalement de Souk Tlata fait partie, avec les usines de dessalement retenues (Hamma, Skikda, Beni Saf, Arzew, Cap Djinet, Tipaza et Mostaganem) du programme algérien d'investissement des grandes usines de dessalement.

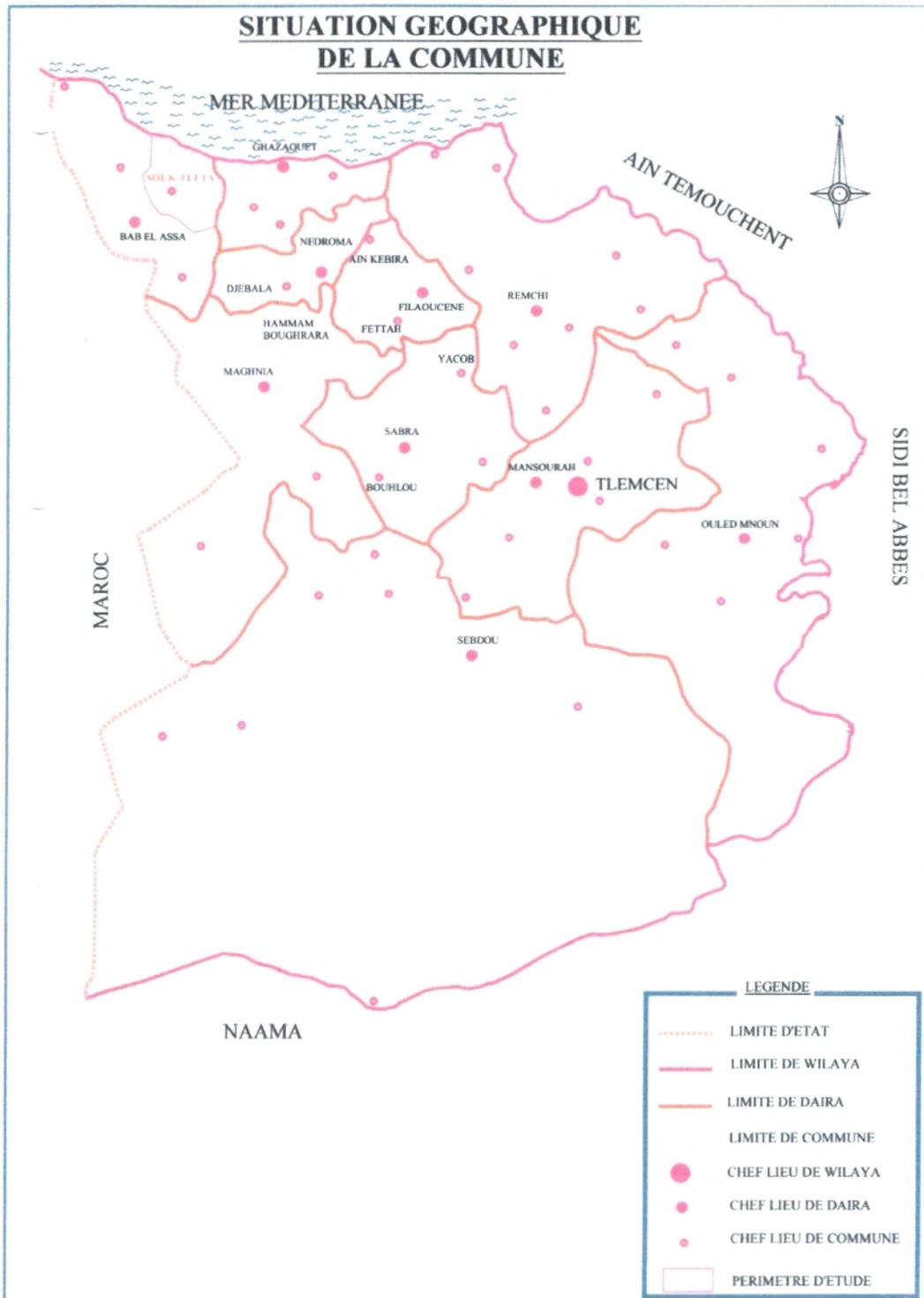
La station de dessalement d'une capacité de production de 200 000 m³/j permet actuellement de satisfaire les besoins en eau potable d'une population de plus de 300 000 habitants de 19 communes, y compris le chef-lieu de la Wilaya de Tlemcen.

II. Situation géographique

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

Elle est située à 90 Km du chef-lieu de la Wilaya. La commune de Souk Tlata 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 : par la commune de M'sirda ;
- Au Sud : par la commune de Bab El Assa.



Carte 01 : Situation géographique de la commune

III. Présentation de la station de dessalement de Souk Tlata.

Il est à rappeler que ce projet (la station de dessalement de Souk Tlata) entre dans le cadre de l'investissement commun entre l'Algérie par le biais de l'Algérien Energy Company (AEC) et le groupement MalaKoff (Malaisie) avec Hyflux (Singapour).

La station de dessalement de l'eau de mer porte l'appellation "200 MLD Sea Water Dessalination Plant", Elle est entrée en service en Avril 2011. Cette station permet la production d'eau potable par les techniques d'Ultrafiltration (UF) et d'Osmose Inverse (RO) pour le transfert à l'Algérienne des eaux (ADE).

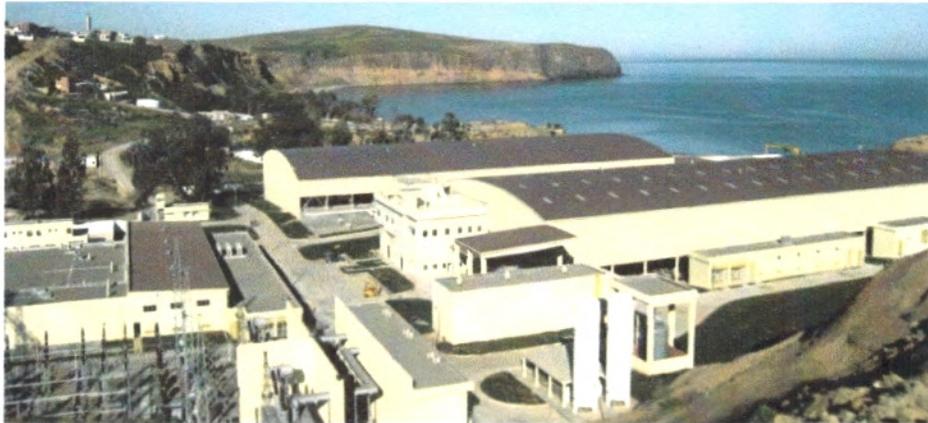


Photo 01 : Station de dessalement de Souk Tlata.

IV. Description du procédé de la station

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.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 refoulée 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.2. La chloration

L'eau de mer sera traitée avec de l'hypochlorite de sodium (10mg/L) afin d'abord de désinfecter la chambre d'arrivée et ensuite d'empêcher le développement de la faune marine, des algues et des microorganismes dans l'ouvrage de prise d'eau de mer sous-marin et dans la chambre d'aspiration des pompes.

IV.3. La filtration mécanique

La première phase du traitement consiste à faire passer l'eau de mer à 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.

Cette étape de filtration assure la protection de la station de pompage d'eau de mer et le système d'ultrafiltration.

IV.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 5300m³/h et une pression de 3.5 bars pour chaque pompe.

IV.5. Dosage avec le métabisulfite de sodium (SMBS)

La déchloration de l'eau de mer est effectuée par le métabisulfite de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) pour éviter l'oxydation des membranes d'Ultrafiltration et les membranes d'Osmose Inverse.



Le système de dosage se compose de deux réservoirs de stockage de SMBS avec mélangeurs et de deux séries de pompes doseuses

Les premières pompes de dosage (une en service et une en mode veille) injectent la solution de SMBS dans la ligne d'alimentation d'eau de mer juste avant les banques d'ultrafiltration. Ce dosage est synchronisé avec le dosage du chlore dans la chambre d'eau de mer.

Les deuxièmes pompes de dosage (une en service et une en veille) injectent la solution de SMBS dans la ligne d'eau filtrée avant le système d'osmose inverse pour enlever toutes les traces du chlore libre.

En théorie, une quantité de 1.34 mg de métabisulfite de sodium permet d'éliminer 1 mg de chlore libre.

IV.6. Système d'ultrafiltration

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

Le système d'ultrafiltration se compose de cinq banques 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 (Photo 02) est muni de 144 modules UF type Hyflux's *Kristal*TM UF, avec un flux de 50 à 70 litres/m²/h et une superficie de 70m²/module.



Photo 02 : Représentation d'un train de cartouches d'ultrafiltration.

Les membranes de type Hyflux *Kristal*TM UF (Figure 18) ont les caractéristiques suivantes :

- ✓ Le diamètre de la membrane est de 8 pouces ;
- ✓ La longueur est égale à 80 pouces ;
- ✓ Les dimensions des pores de la membrane sont de 0.015 μm et 0.020 μm .

Les membranes fonctionnent de façon que l'eau d'alimentation arrivée à la membrane s'écoule au large de la face extérieure de cette dernière et le filtrat se concentre à l'intérieur.



Figure 18 : Représentation des membranes d'ultrafiltration.

IV.6.1. 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 rétrolavage (backwash) (Figure 19).

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

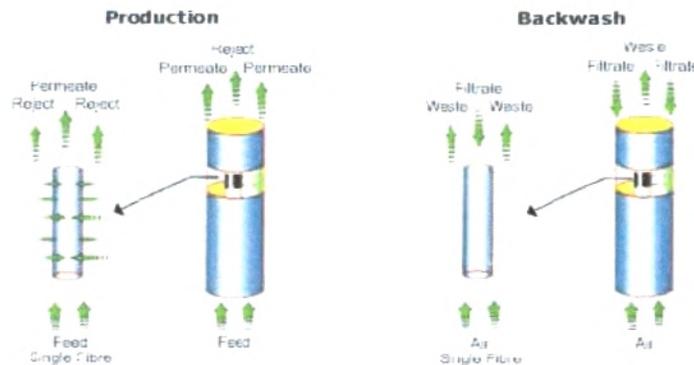


Figure 19 : Fonctionnement de la membrane de l'UF en production et en Backwash

IV.6.2. 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 .

A la fin des opérations de nettoyage, le train peut être remis en service ou mis en veille et les solutions chimiques utilisées seront dirigées vers le réservoir de neutralisation avant d'être évacuer dans la mer.

IV.6.3. Réservoir d'eau filtrée

L'eau filtrée produite par les trains d'ultrafiltration est stockée dans un réservoir en béton armé avec enduit interne en époxy pour application marine de capacité de 11000 m³. 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.7. Le stade d'osmose inverse

Au niveau de la station, le dessalement de l'eau de mer s'effectue par la technique

membranaire d'osmose inverse RO (Reverse Osmosis). La section de cette technique à l'usine

comprend les équipements suivants :

- Système de dosage anticalcaire (anti-scalant) ;
- Station de pompage de RO ;
- Le système d'osmose inverse ;
- Le système de récupération d'énergie ;
- Système de nettoyage en place (CIP).

IV.7.1. Système de dosage anticalcaire

Dans les membranes d'osmose inverse (RO), il existe une possibilité de précipitations du carbonate de calcium lors de passage de l'eau à travers les membranes laissant une concentration plus élevée de cette dernière. Pour minimiser le risque d'entartage, l'acide sulfurique est utilisé comme anticalcaire (l'acide sulfurique attaque les carbonates).

Le système de dosage se compose d'un réservoir de stockage et de deux pompes doseuses (une en service et l'autre en veille). Il fonctionne de façon que lorsque le train de RO rentre en

IV.6.3. Réservoir d'eau filtrée

L'eau filtrée produite par les trains d'ultrafiltration est stockée dans un réservoir en béton armé avec enduit interne en époxy pour application marine de capacité de 11000 m³. 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.7. Le stade d'osmose inverse

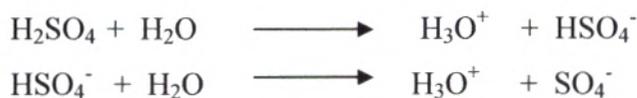
Au niveau de la station, le dessalement de l'eau de mer s'effectue par la technique membranaire d'osmose inverse RO (Reverse Osmosis). La section de cette technique à l'usine comprend les équipements suivants :

- Système de dosage anticalcaire (anti-scalant) ;
- Station de pompage de RO ;
- Le système d'osmose inverse ;
- Le système de récupération d'énergie ;
- Système de nettoyage en place (CIP).

IV.7.1. Système de dosage anticalcaire

Dans les membranes d'osmose inverse (RO), il existe une possibilité de précipitations du carbonate de calcium lors de passage de l'eau à travers les membranes laissant une concentration plus élevée de cette dernière. Pour minimiser le risque d'entartage, l'acide sulfurique est utilisé comme anticalcaire (l'acide sulfurique attaque les carbonates).

Le système de dosage se compose d'un réservoir de stockage et de deux pompes doseuses (une en service et l'autre en veille). Il fonctionne de façon que lorsque le train de RO rentre en service, la pompe démarre et commence à doser l'acide sulfurique.



IV.7.2. Station de pompage de RO

La station de pompage de RO est composée de :

- Neuf pompes centrifuges horizontales, ayant chacune une capacité de 1060 m³/h et une pression allant de 10 aux 15 bars, assurent l'alimentation des trains d'osmose inverse, dont huit sont en service et une en mode de veille.
- Sept pompes centrifuges horizontales ayant chacune une capacité de 1720 m³/h et une pression de 5 bars, assurent l'alimentation de système de récupération d'énergie (ERS), dont six sont en service et une en veille. Chaque pompe alimente le système ERS pour deux trains d'osmose inverse.

IV.7.3. Le système d'osmose inverse

Treize unités de trains de RO, sont installées dans la station de dessalement de Souk Tlata (12 trains sont en service et 01 train de secours) (Photo 03).



Photo 03 : Halle des trains d'osmose inverse.

Chaque train permet de fournir un volume maximal 16833 m³/jour avec une température variant entre 18 et 27°C.

Chaque train d'osmose inverse est équipé d'un système de récupération d'énergie isobare et d'une pompe à haute pression (HP), type centrifuge à plusieurs étages. Les pompes HP sont fabriquées en acier inoxydable et ont une capacité de 710 m³/h et une pression de 50 bars.

Le train unique se compose de 192 membranes, déposées en parallèle. Chacune de ces membranes contient 7 éléments de membrane SWRO, servant à éliminer 99.8% des sels dissouts (Tableau 02).

De la totalité des eaux alimentant les trains, seules 45 % seront converties en eau potable tandis que le reste (saumure) sera rejeté dans la mer.

I. Introduction :

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses microbiologiques et physicochimiques d'eau traitée destinée à la consommation humaine et des analyses physico-chimiques au niveau de chaque stade de la station de dessalement de Souk Tlata à savoir:

- L'eau de mer au niveau de la station de pompage de l'eau de mer après la filtration mécanique ;
- L'eau filtrée (après la filtration) ;
- Le perméat (après l'osmose inverse) ;
- Et l'eau traitée (avant la distribution).

II. Echantillonnage et mode de prélèvement :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau. (Rodier et al, 2009)

Les échantillons d'eau ont été prélevés comme suit :

- Pour les analyses physico-chimiques, on a effectué trois échantillons dans des bouteilles en plastique de 1L pour chaque stade (il y a un robinet installée au niveau de chaque stade). On ouvre le robinet et on laisse couler l'eau 3 à 5 minutes avant de faire le prélèvement pour éliminer toute impureté au niveau de la tuyauterie. On rince les bouteilles avec l'eau à analyser, puis elles sont remplies jusqu'à débordement, le bouchon sera placé de telle manière qu'il n'y ait aucune bulle d'air qui ne pénètre, ces bouteilles sont étiquetées sur lesquels on note :
 - ✚ La date et l'heure du prélèvement
 - ✚ L'origine de l'eau
 - ✚ Les données des analyseurs on-line pour chaque stade.

Les analyses sont effectuées au niveau du laboratoire de dessalement de Souk Tlata.

- Pour les analyses microbiologiques, trois prélèvements sont pris dans des flacons stérilisés en PP de 250 ml pour l'eau traitée. les échantillons sont transportés dans une

glacière à une température de 4 °C afin d'éviter la multiplication des germes dans l'eau. les analyses sont effectuées au niveau du laboratoire de TechnaLab (Tlemcen).

III. Analyses organoleptiques :

La couleur, l'odeur, la saveur et l'aspect sont des paramètres organoleptiques qui peuvent agir sur les organes sensoriels.

III.1. Couleur de l'eau :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0.45 µm. elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. (Rodier et al, 2009)

La couleur a été évaluée par des tubes à colorimètre et comparée avec une solution de référence de platine-cobalt (Pt/Co). (Annexe I.1).

III.2. Odeur de l'eau :

L'eau destinée à la consommation humaine doit être inodore. Une eau qui comporte une odeur est synonyme de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition, ce qui est trop dangereux pour la santé des consommateurs. (Cheikh, 2007)

L'odeur a été évaluée par une simple sensation dans le lieu du prélèvement.

III.3. Goût et saveur de l'eau :

Le goût peut être défini comme étant l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche, tandis que la saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs. (Rodier et al, 2009)

La saveur a été évaluée par dégustation de l'échantillon au point du prélèvement.

III.4. Turbidité de l'eau :

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc.

L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité. (Rodier et al, 2005)

La turbidité est mesurée au laboratoire de la station par la technique néphélométrique à l'aide d'un turbidimètre OAKTON T- 100 (Annexe I.2).



Photo 06 : Turbidimètre

IV. Analyses physico-chimiques

Une gamme de paramètres physiques et chimiques est mesurée (Tableau 03) pour les échantillons prélevés.

Tableau 03 : Paramètres mesurés et méthodes d'analyses, de mesures et de calculs utilisés

Paramètre	Unité	Méthode d'analyse
Température	°C	Thermométrie
pH	-	Potentiométrie (pH mètre HACH)
Alcalinité totale, TAC	mg/L CaCO ₃	Méthode titrimétrique à HCl 0,02 M
Bicarbonate	mg HCO ₃ ⁻	Calcul
Durté total TH	mg/L CaCO ₃	Méthode titrimétrique à EDTA ou calcul
Conductivité électrique EC	µS/cm - mS/cm	Conductivimètre (HACH)
Total de solides dissous TDS	mg/L	Méthode gravimétrique ou par calcul
Total de solides en suspension TSS	mg/L	Méthode gravimétrique ou par Spectromètre
Chlore libre	-	Méthode Colorimétrique
Sodium	mg/L	Chromatographie Ionique
Potassium	mg/L	Chromatographie Ionique
Calcium	mg/L	Chromatographie Ionique
Magnésium	mg/L	Chromatographie Ionique
Bromate	µg/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/LCaCO₃ = 50 meq/L = 10 °F

IV.1. Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air. (Rodier et al, 2005)

La température est mesurée par l'utilisation d'un simple thermomètre sur le site du prélèvement et au moyen d'un set permettant aussi les mesures du pH et de la conductivité au laboratoire. Elle est exprimée en degré Celsius (°C).

IV.2. Le potentiel Hydrogène

Le pH d'une eau potable est la mesure de son niveau d'acidité. Le pH se rapporte aux ions d'hydrogène présents dans l'eau et signifie « *potentiel d'hydrogène* ». (Nova Scotia, 2008)

Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. (Villers et al, 2005)

La mesure du pH est effectuée par un pH- Mètre HACH au laboratoire.



Photo 07: pH mètre HACH

IV.3. Alcalinité et Alcalinité totale, TA et TAC

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. (Nova-Scotia, 2008)

Elle est exprimée en tant que concentration équivalente de carbonate de calcium (mg/L de CaCO_3) ou en milli équivalent par litre (meq/L).

Le titre alcalimétrique (TA) mesure la teneur de l'eau en hydroxydes libres et en carbonates.

L'alcalinité totale est déterminée par la méthode titrimétrique de HCl (0.02 M) en enregistrant la variation du pH lors du dosage (Annexe I.5).

IV.4. La dureté totale TH

La dureté ou le titre hydrotimétrique (TH) de l'eau reflète la teneur en ions métalliques, notamment le calcium et le magnésium, mais également certains autres métaux comme le fer et l'aluminium. (Anctil, 2008)

En fonction de leur dureté, définie par le titre hydrométrique (TH), les eaux peuvent être classées suivant les indicateurs du tableau 04:

Tableau 04 : Classification de l'eau en fonction du titre hydrotimétrique. (Rodier et al, 2009)

TH en Degrés Français (°F)	Type de l'eau
0 à 5	Très douce
5 à 15	Douce
15 à 25	Moyennement dure
25 à 35	Dure
>35	Très dure

Remarque : 1°F correspond à la dureté d'une solution contenant 10 mg/L de carbonate de calcium CaCO_3 qui correspond également à une solution contenant 0.0001 mol/L de CaCO_3 .

Le titre hydrotimétrique est déterminé au laboratoire par deux méthodes ; celle du titrage par l'EDTA et l'autre par calcul en utilisant les concentrations de Ca^{2+} et Mg^{2+} (Annexe I.6)

IV.5. Conductivité électrique EC

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. (Rodier et al, 2005)

L'unité de conductivité est le Siemens par mètre (S/m).

$$1 \text{ S/m} = 10^4 \mu\text{S/cm} = 10^3 \text{ ms/m}$$

La relation entre la résistivité et la conductivité est la suivante :

$$\text{Résistivité } (\Omega \cdot \text{cm}) = \frac{1\ 000\ 000}{\text{Conductivité } (\mu\text{S/cm})}$$

La conductivité est en fonction de la température de l'eau. Elle est plus importante lorsque la température augmente.

Au niveau plus élevé que $2000 \mu\text{S/cm}$ le goût de l'eau devient salé et elle peut être rejetée par les consommateurs. D'effets néfastes sur la santé sont à craindre à partir d'une valeur de $3400 \mu\text{S/cm}$, surtout pour les enfants de moins d'une année et pour des individus avec des problèmes de santé cardio-vasculaires ou des reins.

Aux niveaux de points de prélèvements, des conductivimètres sont installés sur site pour la mesure directe de la conductivité.

Au laboratoire de la station, la mesure de la conductivité électrique est réalisée par un conductivimètre HACH SensION EC 7 (Annexe I.4).



Photo 08: Conductivimètre HACH

IV.6. Total de solides dissouts (TDS)

TDS, signifie total des solides dissouts et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. 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, et également des carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates. (Centre d'information sur l'eau, 2007)

Le TDS est déterminé par la méthode gravimétrique ou par calcul (Annexe I.7).

IV.7. Total de solides en suspension (TSS)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. Les matières en suspension sont exprimées en mg/L. (Villers et al, 2005)

La détermination de TSS se fait soit par méthode spectrométrique en utilisant un spectromètre HACH DR 2700 (photo 09) soit par méthode gravimétrique par filtration (Annexe I.8).

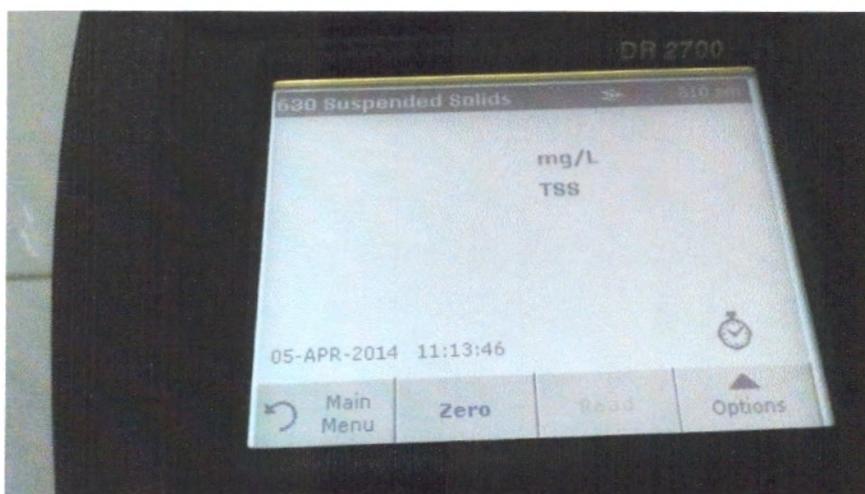


Photo 09: Spectromètre HACH

IV.8. Chlore libre Cl_2

Le chlore résiduel libre, chlore demeurant dans l'eau à la fin d'une période de contact déterminé, et qui peut réagir chimiquement et biologiquement comme acide hypochloreux ou ion hypochlorite.

Le chlore libre et les hypochlorites réagissent dans l'eau pour former de l'acide hypochloreux HOCL, qui est le produit actif dans la désinfection. (Raymond, 1997)

La réaction du chlore libre est la suivante :



Le chlore libre est mesuré par la méthode colorimétrique (Annexe I.9).



Photo 10 : Colorimètre HACH

IV.9. Les sels minéraux dissous

La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par des ions appelés couramment les ions majeurs. On distingue :

- Les cations : Sodium Na^+ , Potassium K^+ , Calcium Ca^{2+} et Magnésium Mg^{2+} .
- Les anions : Chlorures Cl^- , Sulfates SO_4^{2-} , nitrates NO_3^- , Nitrites NO_2^- et Bromate BrO_3^- .

Au niveau du laboratoire de la station de dessalement de Souk Tlata, les analyses des cations et des anions sont réalisées par Chromatographie ioniques HPLC (photo 11).



Photo 11 : Chromatographie ionique

- **Le principe :**

La chromatographie ionique (CI) trouve un domaine d'application très étendu pour l'analyse des ions dans les eaux.

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 deux 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 détecteur approprié. Ils sont identifiés par le temps mis pour parcourir la longueur de la colonne (temps de rétention).

La chromatographie ionique utilise des colonnes de séparation dont la phase stationnaire est de type échangeur d'ions. La phase stationnaire est chargée négativement dans le cas d'une colonne destinée à séparer les espèces cationiques, et elle est chargée positivement dans le cas d'une colonne destinée à séparer les espèces anionique.

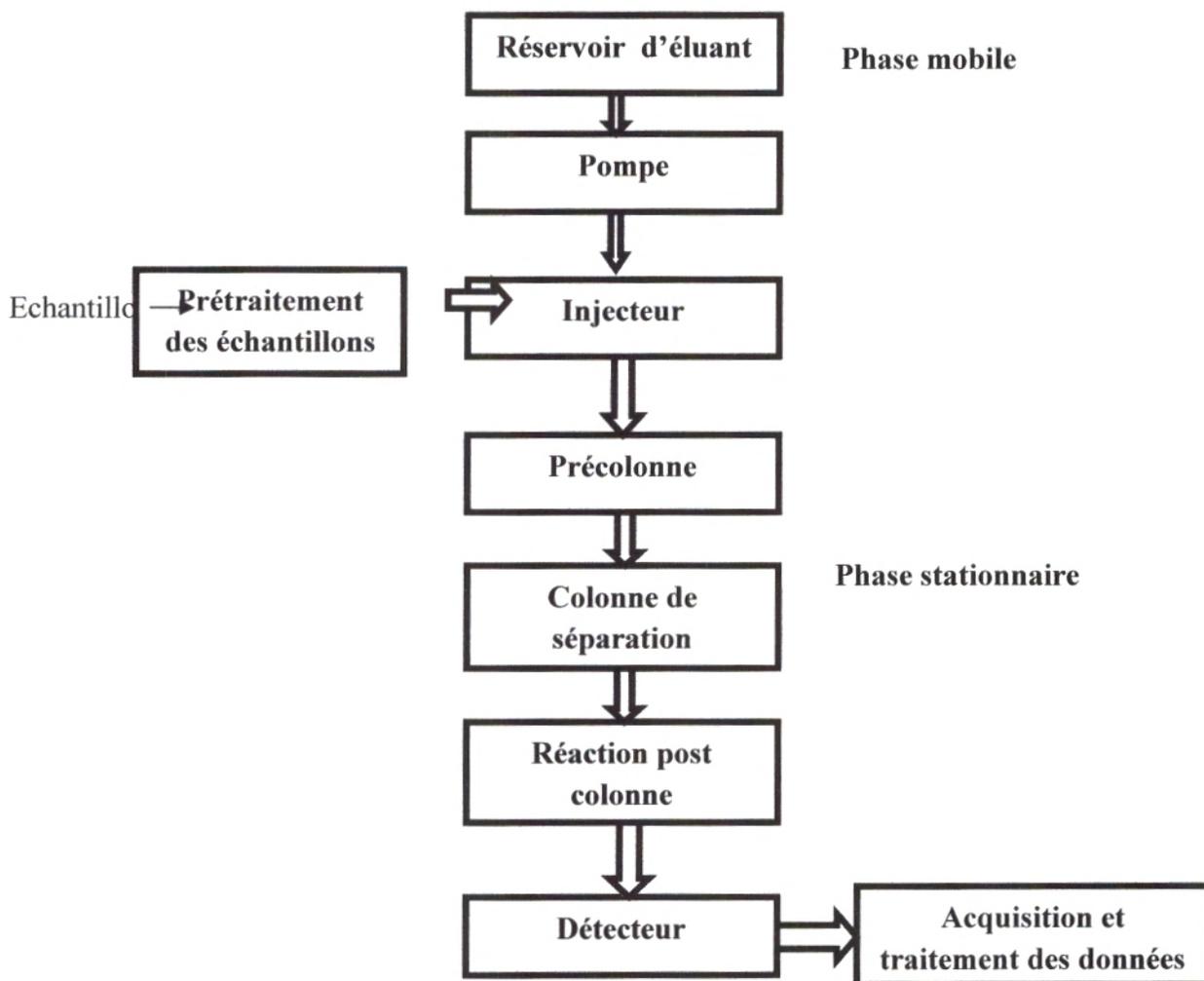


Figure 21 : Schéma général des différentes étapes de la chromatographie

IV.9.1. Les cations

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 05 : Caractéristiques de la Chromatographie Metrohm Compact IC 881 pro Cation

	les caractéristiques
Type de colonne	Metrosep C 4 - 100/4 , 0
Eluent (composition)	Acide nitrique + Acide dipicolinique
conductivité d'éluent	710 -720 $\mu\text{S/cm}$
Pression	5,9 Mpa
Débit	0,9 mL/ min
T°C de colonne	30°C
Volume d'injection	10 μL

IV.9.1.1. L'ion calcium Ca^{2+}

Origine généralement naturelle (dissolution du calcaire, du gypses) ; teneur variable de 1 à 200 mg/L en eau douce. Le calcium est le composé principal de la dureté de l'eau. (Ganjous, 1989)

Le calcium a un rôle important pour la formation des os et des dents. Il est aussi essentiel pour la contraction des muscles, ainsi que le maintien de la pression sanguine et pour la coagulation sanguine. Il est également un nutriment important pour la structure et le métabolisme des plantes. (Patel et al, 2013)

IV.9.1.2. L'ion magnésium Mg^{2+}

Le magnésium est un composant de la chlorophylle. Il est également responsable de la dureté de l'eau. Il a aussi une importance dans la formation des os et de dents, ainsi que dans la fixation de calcium sur les os. (Patel et al, 2013)

IV.9.1.3. 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. (Frank, 1984)

IV.9.1.4. 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. (Nova SCOTIA, sodium, 2008)

IV.9.2. Les anions

Les analyses des ions anioniques (Bromate, chlorures, nitrate, nitrite et sulfate) des eaux de la station sont réalisées par la Chromatographie Metrohm Compact IC 881 pro.

Tableau 06 : Caractéristiques de la Chromatographie Metrohm Compact IC 881 pro Anion

	les caractéristiques
Type de colonne	Metrosep A Supp 5 250/4,0
Eluent (composition)	$Na_2CO_3 + NaHCO_3$
Conductivité d'éluent	0,8 - 0,9 $\mu S/cm$
Pression	12,2 Mpa
Débit	0,7 mL/ min
T°C de colonne	30°C
Volume d'injection	100 μL

IV.9.2.1. L'ion Bromate BrO_3^-

Les bromates n'entrent pas dans la composition naturelle de l'eau. Dans la plupart des cas, la présence des bromates dans l'eau potable est due aux étapes de la désinfection, notamment l'ozonation (l'ion bromure est relativement facilement oxydé en ion hypobromite par l'ozone, puis, dans certaines conditions, en ion bromate) mais aussi la désinfection à l'hypochlorite de sodium (certaines solutions d'hypochlorite de sodium ou eau de javel peuvent contenir des teneurs élevées en bromate). (Rodier et al, 2009)

Le bromate est une substance qui est rapidement absorbée et éliminée par l'organisme sous forme de bromide, principalement par la voie urinaire.

La substance est détectable dans l'urine, pour les doses supérieures à 5 mg/Kg de masse corporelle. La concentration maximale est détectée environ 1 heure après ingestion.

L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) a proposé une valeur guide de 10 $\mu\text{g/L}$, valeur peu expliquée à cause des difficultés des analyses de concentration et ses effets directs sur la santé. (Baffet et al, 2007)

IV.9.2.2. L'ion chlorure Cl^-

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl).

Les chlorures sont très solubles dans l'eau, leurs éliminations sont difficiles et les méthodes classiques de traitement sont inefficaces. On signale un taux d'élimination de 87 % dans le cas dispositif de traitement basé sur l'absorption sur charbon actif granulaire et l'osmose inverse. (Aggab, 2014)

Les concentrations de chlorure dans l'eau peuvent augmenter pendant le traitement si on utilise du chlore pour la désinfection et des sels de chlore. Les eaux destinées à la consommation humaine, ont une teneur en chlorure de 500 mg/L (Normes Algérienne).

IV.9.2.3. Les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-)

Les nitrates NO_3^- et les nitrites NO_2^- sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium NH_4^+ ; présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre Nitrosomonas, puis en

nitrites par les bactéries du genre Nitrobacter. Les nitrates sont très solubles dans l'eau, leur toxicité résulte de leur réduction en nitrites. (Institut national de santé publique de Québec, 2003)

Les nitrates se transforment en nitrites dans l'estomac. Ces nitrites peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine du sang en méthémoglobine, impropre à fixer l'oxygène. Ce phénomène est à l'origine de cyanoses, notamment chez les nourrissons. La consommation d'eau chargée en nitrates ou nitrites par la femme enceinte ou le nourrisson peut constituer un risque pour le nouveau-né. (Lounnas, 2009)

IV.9.2.4. L'ion sulfate SO_4^{2-}

L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques. Pour une eau destinée à la consommation humaine, en raison du goût et de l'odeur, l'OMS recommande comme valeur limite 250 mg/L. (OMS, 2000)

IV.10. Indice de saturation ou indice de Langelier LSI

La méthode la plus simple pour le calcul de l'agressivité est la méthode de Langelier.

Cet auteur a établi un indice IS (ou LSI : Langelier Saturation Index), appelé indice de saturation ou indice de Langelier, égal à la différence entre le pH de l'eau considérée et son pHs calculé :

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pHs}$$

L'eau est agressive si LSI est négatif, elle est calcifiante si LSI est positif et elle est à l'équilibre calcocarbonique si LSI est nul. (Rodier et al, 2009)

$$\text{pHs} = -5\text{Log}(f_1) + \text{Log}(K_c/K_2) - \text{Log}\{\text{Ks(in mol/L)}\} - \text{Log}(\text{Ca}^{2+} \text{ in mol/L}) = \text{L1} + \text{L2} + \text{L3} + \text{L4}$$

$$\text{L1} = -5\text{Log}(f_1) = -5\{-0.5*[\text{Conductivity (in mS/m)/6200}]^{0.5} / (1 + \{1.4*[\text{Conductivity (in mS/m)/6200}]^{0.5}\})\}$$

$$\text{L2} = \text{Log}(K_c) - \text{Log}(K_2)$$

$$\text{Log}(\mathbf{Kc}) = (-8.481) - 522.3 * \left\{ \frac{1}{298.15} - \frac{1}{tb+273.15} \right\} 14.1 * \left(\frac{\text{Ln}(tb+273.15)}{298.15} + \frac{298.15}{tb+273.15} - 1 \right)$$

$$\text{Log}(\mathbf{K2}) = (-10.329) + 780.9 * \left(\frac{1}{298.15} - \frac{1}{tb+273.15} \right) - 15.1 * \left(\frac{\text{LN}(tb+273.15)}{298.15} + \frac{298.15}{(tb+273.15)} - 1 \right)$$

L3 = -Log Ks in mol/L), Ks - Total Alkalinity

L4 = -Log (Ca²⁺ in mol/L)

IV.11. 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 borées 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). (Memotec n°2, 2006)

L'électrodialyse n'est efficace que pour les formes ionisées du bore ; ainsi l'acide borique voit sa migration à travers des membranes limitée par celles des espèces ionisées. La nanofiltration n'étant pas efficace vis-à-vis du bore, l'osmose inverse reste donc la seule technique membranaire envisageable pour diminuer la concentration en sels dissouts totaux et le bore. L'eau de mer présentant une concentration en bore de 5 mg/L environ, c'est dans le cadre du dessalement que l'osmose inverse trouve son application principale au regard de la réduction du bore. (Memotec n°2, 2006)

Le rendement d'élimination des membranes dépend de plusieurs facteurs :

- Du pH. L'élimination du bore est d'autant meilleure que le pH est élevé ;
- De la concentration en bore, qui peut varier de 4.5 à 5 mg/L ;
- De la température de l'eau de mer, plus la température est élevée, plus la viscosité diminue, ce qui augmente le passage en sels dissous ;
- De la nature de membrane.

Le bore est analysé au laboratoire d'analyses de la station par la méthode de chromatographie ionique pour l'eau traitée et le perméat, et par la méthode à l'azométhine H par spectrométrie d'absorption moléculaire pour l'analyse de l'eau de mer et l'eau filtrée (à cause de la concentration importante des sels dans les eaux de mer et l'eau filtrée, on évite d'utiliser la chromatographie) (Annexe I.11).

V. Analyses bactériologiques

Une eau potable ne doit pas contenir d'organismes pathogènes, tout au moins en quantité susceptible de provoquer une contamination même chez les personnes les plus sensibles. (Bontoux, 1993)

Les directives et normes appropriées aux eaux d'alimentation visent à déterminer d'une manière globale la qualité bactériologique de ces eaux en tenant compte uniquement de l'indicateur fécal : *Escherichia coli*, coliformes et Streptocoques. (Bourgeois et al, 1996)

V.1. Les coliformes

Les coliformes sont utilisés depuis longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme B-galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C. (Institut national de santé publique du Québec, 2004)

- **La recherche des coliformes :**

Le dénombrement s'effectue selon la méthode du nombre le plus probable (NPP).

On ensemence un flacon de 50 ml de BCPL (Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol) à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 50 ml d'eau à analyser, puis on ensemence 5 tubes de BCPL à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser et on ensemence 5 tubes de BCPL simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser. On agite pour homogénéiser sans faire pénétrer l'air dans la cloche et on place les tubes dans une étuve à 37°C pendant 48h.

Après l'incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche.

Le nombre de coliformes totaux par 100 ml sera obtenu en comparant le nombre des tubes positifs et on se référant à la table de Mac Credy qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

V.2. *Escherichia coli*

Le genre *Escherichia* fait partie de la famille des entérobactéries et comprend cinq espèces dont une seule, l'*Escherichia coli*, est utilisée à titre d'indicateur de la qualité des eaux. (Institut national de santé publique du Québec, 2004)

Escherichia coli, c'est l'une des espèces bactériennes les plus souvent rencontrées en pathologie humaine. Certaines souches d'*E.coli* sont virulentes.

Ce sont des bacilles Gram négatif, oxydase (-), aéro-anaérobies, possédant la nitrate réductase et fermentent le glucose. Elles sont prototrophes. (Haslay, 1993)

- **La recherche des *Escherichia coli***

A partir d'un tube positif de BCPL (recherche de coliforme), on prend une goutte qu'on ensemence dans bouillon Schubert avec cloche de Durham. Puis on incube à 44°C pendant 24h.

On considère comme positifs les tubes contenant un dégagement de gaz dans la cloche et formation d'un anneau rouge après addition du réactif de Kovacs qui témoigne de la production d'indole confirmant la présence d'*Escherichia coli*.

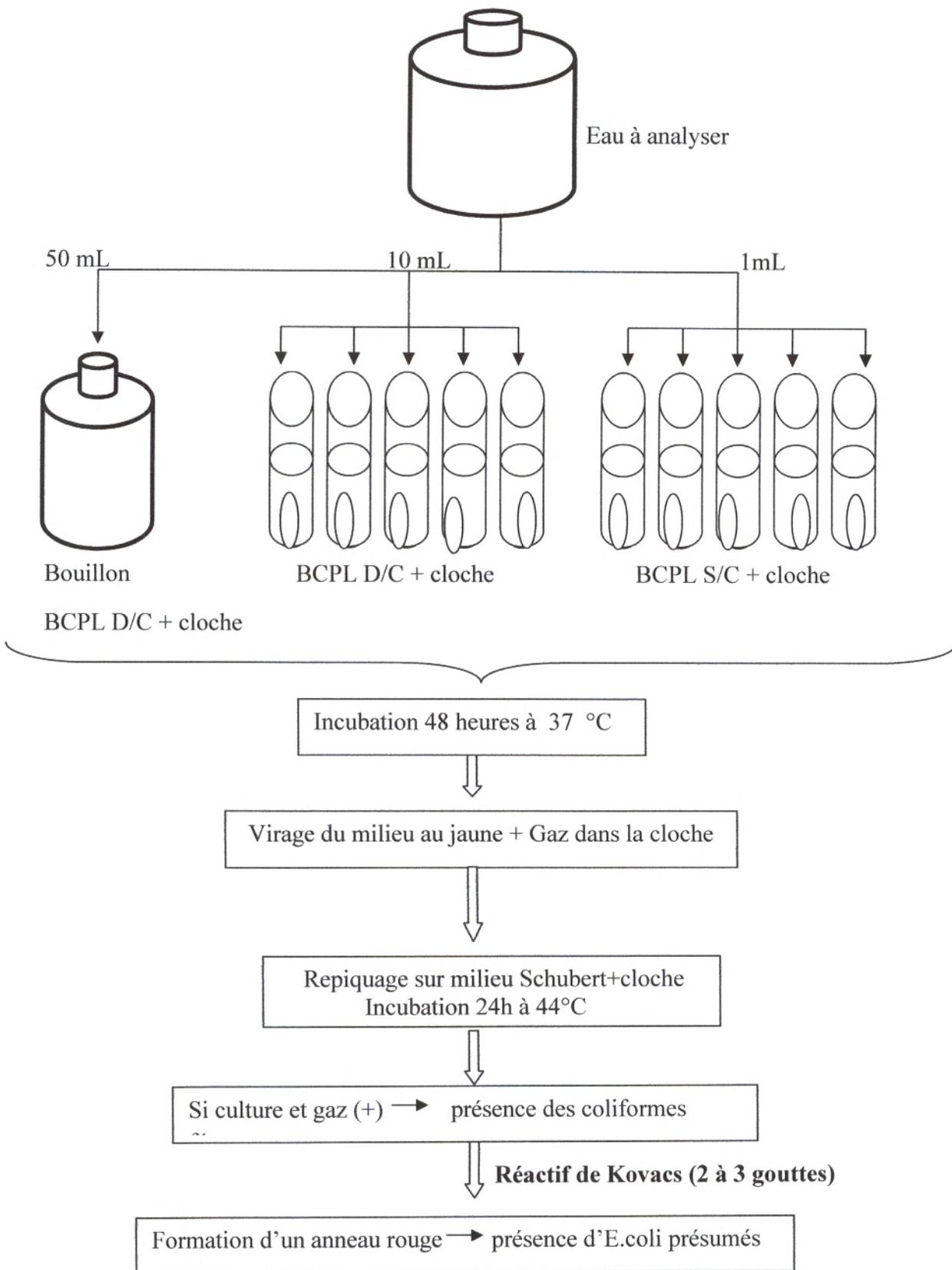


Figure 22 : Recherche et dénombrement des coliformes et d'*E.coli* présumés

V.3. Les streptocoques

Les streptocoques sont des cocci Gram positives, en chaînettes, catalase négative, ils sont caractérisés par leur appartenance au groupe sérologique D de Lancefield. Les Streptocoques fécaux sont utilisés depuis longtemps comme indicateurs de pollution fécale dans les eaux. (Bourgeois et al, 1996)

- **Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :**

A. Test présomptif :

On ensemence un flacon de 50 ml de Rothe à double concentration avec 50 ml d'eau à analyser, 5 tubes de Rothe à double concentration avec 10 ml d'eau à analyser et 5 tubes de Rothe simple concentration avec 1 ml d'eau à analyser. On agite pour homogénéiser et on place les tubes dans une étuve à 37°C pendant 48h.

Après l'incubation, les tubes présentant un trouble microbien témoignent la présence des Streptocoques fécaux.

B. Test confirmatif :

Après agitation des tubes du milieu Rothe positif, on prélève de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec une pipette Pasteur puis on les reporte dans des tubes du milieu Litsky à l'éthyle violet et azide de sodium (EVA). Puis on incube à 37°C pendant 24h.

L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence des Streptocoques fécaux.

On note le nombre de tube positif dans chaque série et on se reporte à la table de NPP pour obtenir le nombre de Streptocoques présents dans 100 ml.

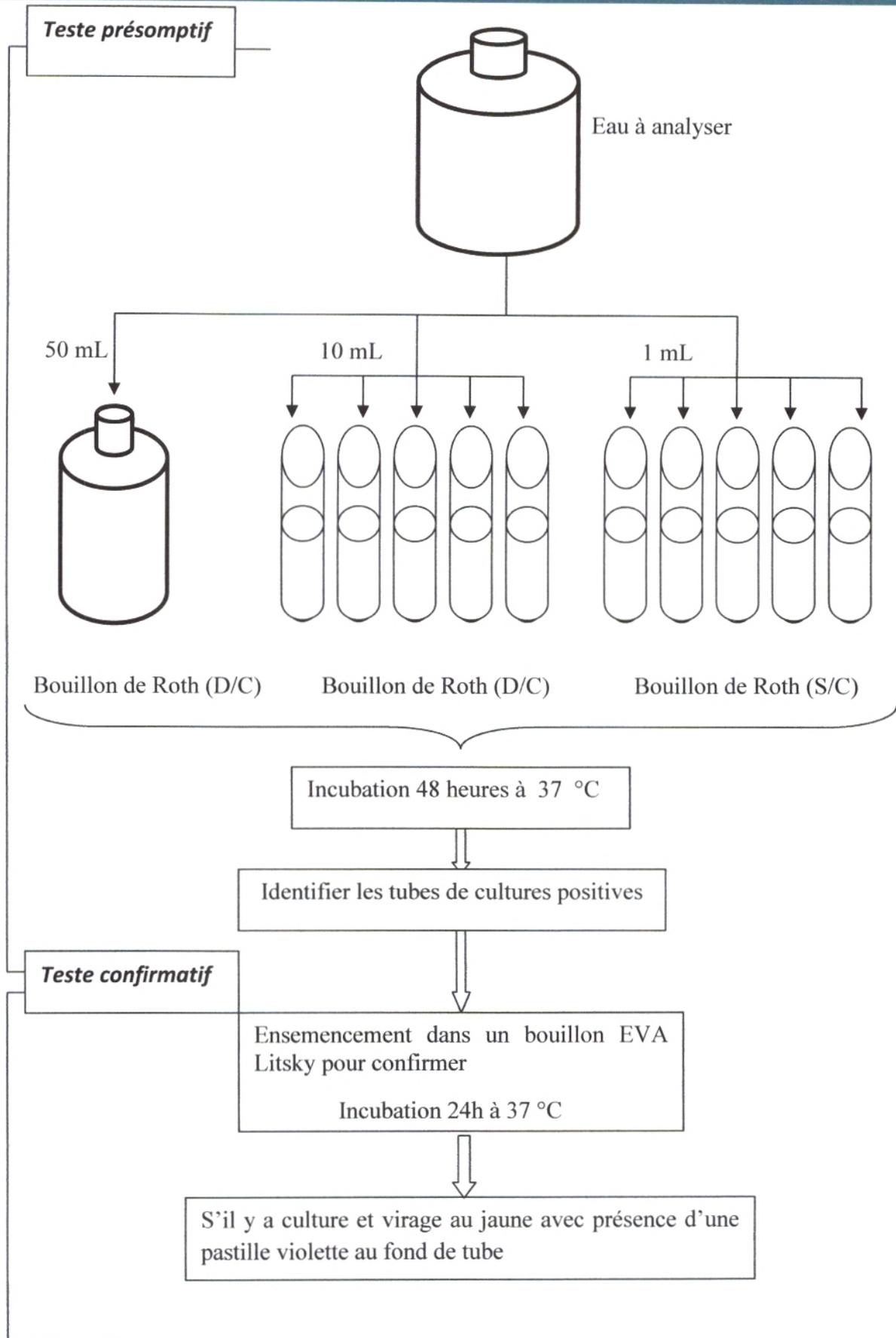


Figure 23 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

VI. Conclusion

Les analyses physico-chimiques effectuées au niveau de laboratoire de la station de dessalement de Souk Tlata, ont pour but de suivre l'évolution des paramètres physico-chimique des eaux par le procédé d'ultrafiltration et d'osmose inverse. Ce suivi permettra d'assurer le bon fonctionnement de l'usine ainsi que l'obtention d'une eau de bonne qualité.

Chapitre IV :
Interprétation
des résultats

I. Introduction

Ce chapitre est consacré à l'interprétation des résultats des analyses physico-chimique et microbiologique des prélèvements réalisés à la station de dessalement de Souk Tlata. Il traitera la qualité des eaux de la station :

- ✓ **Eaux de mer** : selon les normes du contrat entre AEC (Algerian Energy Company) ; société créée par les groupe Sonatrach et Sonalgaz, et l'investisseur Singapourienne (HYFLUX).
- ✓ **Eaux filtrées**
- ✓ **Eaux du perméat**
- ✓ **Eaux traitées** : par l'utilisation des normes de contrat, des normes de potabilité algériennes et celles de l'organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Tableau 07 : Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la station pour le 07/02/2014.

Les paramètres	Les normes du contrat	L'eau de mer 07/02/2014 10:00 h	L'eau filtrée 07/02/2014 13:00 h	Le permeal 07/02/2014 13:30 h	L'eau traitée 07/02/2014 15:30 h
Alcalinité totale mg/L CaCO ₃	50 - 80 mg/L CaCO ₃	125	126	2	62
Dureté totale mg/L CaCO ₃	> 65 mg/L CaCO ₃	7809	7711	12	82
Bore (mg/L)	< 1.3 mg/L	3,760	3,698	1,059	1,061
pH et Température	7.5 - 8.5	8,10 @ 16,7°C	8,14 @ 16,1°C	6,64 @ 18,1°C	8,30 @ 18,2°C
Totale de solides dissouts (mg/L)	150 - 550 mg/L	38184	38406	332	424
Indice de Langelier	0.0 - 0.4	-	-	-4,5	0,1
Conductivité	-	51,6 mS/cm @ 17,1°C	51,9 mS/cm @ 15,2°C	650µS/cm @ 16,1°C	832µS/cm @ 18,2°C
Calcium (mg/L)	-	453,141	450,762	0,967	28,762
Sodium (mg/L)	-	11074	11102	112,464	118,102
Potassium (mg/L)	-	385,199	382,976	4,590	4,685
Magnésium (mg/L)	-	1621,644	1599,176	2,226	2,593
Bicarbonate (mg HCO ₃ ⁻ /L)	-	152,97	153,44	2,83	75,07
Carbonate (CO ₃ ²⁻ mg/L CaCO ₃)	-	1,466	1,610	0,000	1,131
Bromate (BrO ₃ ⁻) en ppb	-	-	-	< 10	< 10
Chlorure (mg/L)	-	20273	20296	182,904	184,304
Nitrite (mg/L)	-	-	-	< 0,5	< 0,5
Nitrate (mg/L)	-	-	-	< 0,5	< 0,5
Sulfate (mg/L)	-	2111,446	2112,827	3,327	3,306
chlore libre (mg/L)	-	-	-	-	0,46
Turbidité (NTU)	-	3,12	0,19	0,09	0,1
Matière en suspension (mg/L)	-	4	0	-	-

Tableau 08 : Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la station pour le 08/02/2014.

Les paramètres	Les normes du contrat	L'eau de mer 08/02/2014 10:00 h	L'eau filtrée 08/02/2014 13:00 h	Le permeat 08/02/2014 13:30 h	L'eau traitée 08/02/2014 15:30 h
Alcalinité totale mg/l CaCO ₃	50 - 80 mg/L CaCO ₃	126	126	3	62
Dureté totale mg/L CaCO ₃	> 65 mg/L CaCO ₃	7846	7665	11	85
Bore (mg/L)	< 1.3 mg/L	3,837	3,843	1,086	1,083
pH et Température	7.5 - 8.5	8,12 @ 16,0°C	8,12 @ 16,5°C	6,73 @ 17,4°C	8,24 @ 17,4°C
Totale de solides dissouts (mg/L)	150 - 550 mg/L	38332	37962	323	420
Indice de Langelier	0.0 - 0.4	-	-	-4,4	0,0
Conductivité	-	51,8mS/cm @ 15,6°C	51,3 mS/cm @ 18,2°C	634µS/cm @ 18,1°C	823µS/cm @ 17,4°C
Calcium (mg/L)	-	455,247	447,483	0,892	30,405
Sodium (mg/L)	-	11391	11317	110,675	131,770
Potassium (mg/L)	-	385,607	380,141	4,476	5,051
Magnésium (mg/L)	-	1629,337	1590,089	2,168	2,318
Bicarbonate (mg/L HCO ₃ ⁻)	-	153,44	153,21	3,30	75,78
Carbonate (CO ₃ ²⁻ mg/L CaCO ₃)	-	1,539	1,451	0,000	0,931
Bromate (BrO ₃ ⁻) en ppb	-	-	-	< 10	< 10
Chlorure (mg/L)	-	19893	19869	197,035	213,134
Nitrite (mg/L)	-	-	-	< 0,5	< 0,5
Nitrate (mg/L)	-	-	-	< 0,5	< 0,5
Sulfate (mg/L)	-	2096,452	2101,612	2,535	3,294
chlore libre (mg/L)	-	-	-	-	0,31
Turbidité (NTU)	-	6,05	0,35	0,06	0,34
Matière en suspension (mg/L)	-	7,3	0	-	-

Tableau 09 : Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la station pour le 15/02/2014.

Les paramètres	Les normes du contrat	L'eau de mer 15/02/2014 10:00 h	L'eau filtrée 15/02/2014 13:00 h	Le permeat 15/02/2014 13:30 h	L'eau traitée 15/02/2014 15:30 h
Alcalinité totale mg/L CaCO ₃	50 - 80 mg/L CaCO ₃	125	124	3	65
Dureté totale mg/L CaCO ₃	> 65 mg/L CaCO ₃	7760	7728	11	88
Bore (mg/L)	< 1.3 mg/L	3,870	3,781	1,072	1,075
pH et Température	7.5 - 8.5	8,13 @ 15,9°C	8,13 @ 16,2°C	6,91 @ 18,3°C	8,32 @ 17,7°C
Totale de solides dissouts (mg/L)	150 - 550 mg/L	38036	37740	311	417
Indice de Langelier	0.0 - 0.4	-	-	-4,2	0,1
Conductivité	-	51,4 mS/cm @ 15,6°C	51 mS/cm @ 19,6°C	610µS/cm @ 19,5°C	818µS/cm @ 18,0°C
Calcium (mg/L)		470,381	470,010	0,900	31,671
Sodium (mg/L)	-	11368	11317	118,492	129,214
Potassium (mg/L)	-	387,137	387,996	4,389	4,888
Magnésium (mg/L)	-	1599,096	1591,523	2,158	2,210
Bicarbonate (mg/L HCO ₃ ⁻)	-	152,26	151,56	3,30	79,55
Carbonate (CO ₃ ²⁻ mg/L CaCO ₃)	-	1,635	1,296	0,000	1,226
Bromate (BrO ₃ ⁻) en ppb	-	-	-	< 10	< 10
Chlorure (mg/L)	-	20017	19961	184,037	189,440
Nitrite (mg/L)	-	-	-	< 0,5	< 0,5
Nitrate (mg/L)	-	-	-	< 0,5	< 0,5
Sulfate (mg/L)	-	2104,369	2099,967	3,130	2,997
chlore libre mg/L	-	-	-	-	0,41
Turbidité (NTU)	-	3,06	0,26	0,08	0,34
Matière en suspension (mg/L)	-	4	0	-	-

II. Eau de mer

II.1. Variation des paramètres organoleptiques

Les trois échantillons prélevés d'eau de mer sont incolores, ne présentent aucune odeur particulière à part une sensation maritime avec un goût salin.

- ❖ **La turbidité :** les valeurs de la turbidité de l'eau de mer, mesurée au niveau du laboratoire, varient entre 3 et 6 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.

II.2. Variation des paramètres physico-chimiques

II.2.1. Température

Les valeurs de la température de l'eau de mer, des échantillons prélevés, mesurée sur site sont comprises entre 19.9°C et 16.7°C. Généralement, la température de l'eau de mer est comprise entre 13°C et 25°C selon la saison.

II.2.2. Potentiel d'hydrogène

Les résultats obtenus montrent une faible variation du pH (8.10 à 8.13). Les valeurs du pH de l'eau de mer sont, en général, conformes aux normes indiquées dans le contrat (7.8 à 8.2).

II.2.3. Conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique de l'eau de mer mesurée au laboratoire sont comprises entre 51 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 51800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mais elle peut varier entre 49000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 52000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

II.2.4. Total de solides dissouts

Les valeurs de TDS de l'eau de mer varient entre 38036 mg/L et 38332 mg/L. Elles sont supérieures aux normes recommandées dans le contrat (36500 mg/L à 38 000 mg/L).

II.2.5. Totale de solides en suspension

Les valeurs de TSS de l'eau de mer varient entre 4 mg/L et 7.3 mg/L. Elles sont toutes inférieures à la limite maximale recommandée dans le contrat qui est de 8 mg/L.

II.2.6. Bore

Les valeurs de bore de l'eau de mer varient entre 3.760 mg/L et 3.870 mg/L. Elles sont inférieures à la limite maximale recommandée dans le contrat qui est de 5 mg/L.

II.2.7. Les ions majeurs

Les résultats obtenus montrent une concentration importante de chlorure (19892 mg/L à 20272 mg/L), de sodium (11074 mg/L à 11391 mg/L), de sulfate (2096 mg/L à 2111 mg/L) et même de calcium (453 mg/L à 470mg/L).

III. Eau filtrée

III.1. La turbidité

Les valeurs de la turbidité de l'eau filtrée des échantillons prélevés varient entre 0.19 NTU et 0.35 NTU. Ces valeurs sont supérieures à la concentration maximale de l'eau obtenue par l'ultrafiltration 0.1 NTU.

III.2. Total de solides en suspension

Les valeurs de TSS de l'eau filtrée sont constantes 0 mg/L.

IV. L'eau du perméat

IV.1. Variation des paramètres organoleptiques

Les analyses effectuées sur l'eau après l'osmose inverse ont indiqué que cette eau est incolore, claire et ne présente aucune odeur désagréable.

❖ La turbidité

Les valeurs de la turbidité sont faibles, elles varient entre 0.06 NTU et 0.09 NTU.

IV.2. Variation des paramètres physico-chimiques

IV.2.1. Température

Les valeurs de la température de l'eau du perméat, mesurée au niveau de laboratoire, sont comprises entre 17.4°C à 18.3°C.

IV.2.2. Potentiel d'hydrogène

Les valeurs du pH de nos échantillons varient entre 6.64 et 6.91. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes 6.5 à 9.

IV.2.3. Conductivité électrique

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution.

Nos échantillons présentent des valeurs comprises entre 610 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

IV.2.4. Total de solides dissouts

Les valeurs de TDS de l'eau du perméat sont comprises entre 311 mg/L et 332 mg/L. Ces valeurs sont conformes aux normes du contrat 150 à 550 mg/L.

IV.2.5. Les ions majeurs

IV.2.5.1. Chlorure

La teneur en chlorure pour l'eau à analyser est variée entre 182.904 mg/L et 197.035 mg/L. Les résultats obtenus sont conformes aux normes algériennes qui fixent une concentration maximale de 500 mg/L.

IV.2.5.2 Sulfate

Les concentrations de sulfate sont très faibles (2.535 mg/L à 3.327 mg/L) par rapport à la valeur guide recommandée par les normes algériennes qui est de 200 mg/L et de l'OMS qui préconise un guide de 400 mg/L.

IV.2.5.3. Les nitrates et les nitrites

Les concentrations des nitrates et des nitrites sont inférieures à 0.5 mg/L (la concentration des nitrates et des nitrites du 1^{er} 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.

IV.2.5.4. Bromate

Les concentrations de bromate sont inférieures à 10 ppb (c'est la concentration du 1^{er} standard de calibration de la chromatographie ionique anion).

De ce fait, ces concentrations en bromate sont conformes à la norme de potabilité algérienne qui recommande une valeur maximale de 10µg/L.

IV.2.5.5. Sodium

Les valeurs des concentrations en sodium du perméat sont comprises entre 110.675 mg/L et 118.492 mg/L.

Ces concentrations en sodium respectent les normes algériennes et de l'OMS puisqu'elles restent inférieures à la concentration maximale admissible qui est 200 mg/L.

IV.2.5.6. Potassium

Le potassium est un minéral essentiel qui assure plusieurs fonctions vitales dans l'organisme, un déficit de ce minéral dans l'eau de boisson peut provoquer plusieurs problèmes de santé.

La teneur en potassium pour l'eau à analyser varie entre 4.389 mg/L et 4.590 mg/L. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes qui recommandent une concentration maximale de 12 mg/L.

IV.2.5.7. Magnésium

Le magnésium est par ordre d'importance le deuxième cation contenu dans les cellules après le potassium. Il joue le rôle de stabilisateur de la membrane cellulaire en protégeant la cellule contre une rétention de sodium.

Les concentrations en magnésium pour nos échantillons varient entre 2.158 mg/L à 2.226 mg/L. Elles sont trop faibles par rapport à la valeur guide recommandée dans les normes de l'OMS qui est de 50 mg/L.

Les normes algériennes recommandent une concentration maximale de 150 mg/L.

IV.2.5.8. Calcium

L'influence du calcium de l'eau sur la santé de l'individu a été souvent discutée. Cependant, les recherches et les études statistiques ont montré qu'il n'y aurait pas de relation dose-effet avec la teneur de cet élément dans l'eau.

Après l'étape d'osmose inverse, les concentrations en calcium sont trop faibles. Les teneurs obtenues pour nos échantillons varient entre 0.892 mg/L et 0.967 mg/L.

La réglementation algérienne indique 75 mg/L de calcium comme une valeur guide et 200 mg/L de concentration maximale.

IV.2.6. Dureté totale (TH°)

Les valeurs de la dureté totale de l'eau du perméat varient entre 11 mg/L CaCO₃ et 12 mg/L CaCO₃. La dureté totale est faible à cause des concentrations faibles de calcium et magnésium.

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, la réglementation algérienne recommande une valeur maximale de 200 mg/L CaCO₃.

IV.2.7. Alcalinité totale et Bicarbonates

L'alcalinité totale de l'eau du perméat est faible. Elle varie entre 2.32 mg/L CaCO₃ et 2.71 mg/L CaCO₃.

Les valeurs des concentrations en bicarbonates de l'eau du perméat sont comprises entre 2.83 mg/L CaCO₃ et 3.3 mg/L CaCO₃.

IV.2.8. Indice de saturation (LSI)

L'indice de Langelier est une évaluation globale de la qualité de l'eau pour déterminer si cette dernière est corrosive ou provoquera une formation de tartre.

Nos échantillons présentent des teneurs négatives de LSI. Elles varient entre - 4.5 à - 4.2. Donc l'eau du perméat est corrosive.

IV.2.9. Bore

Les formes du bore naturellement présentes dans l'eau de boisson ne sont pas considérées comme nocives pour la santé, aux concentrations naturelles < 1 mg/L en moyenne mondiale.

Les analyses que nous avons réalisées ont montré que les concentrations du bore varient entre 1.059 mg/L et 1.086 mg/l. Ces valeurs sont conformes à la norme de contrat qui fixe une

concentration maximale annuelle 1.3 mg/L mais elles restent un peu élevées comparativement aux normes algériennes qui recommandent 1 mg/L de bore comme teneur maximale dans l'eau potable.

Les valeurs de concentration en bore dépassent la valeur maximale admissible recommandée par l'OMS qui est de 0.5 mg/L.

V. Eau traitée

V.1. Variations des paramètres organoleptiques :

V.1.1. Couleur

Les analyses effectuées sur l'eau traitée ont indiqué que cette eau est incolore et claire.

V.1.2. Odeur

L'eau traitée ne présente aucune odeur désagréable.

V.1.3. Goût

L'eau traitée ne présente qu'un léger goût de javel à cause de la désinfection ayant lieu durant les étapes du traitement.

V.1.4. Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau.

Nos échantillons ont présenté des turbidités variant entre 0.1 NTU et 0.34 NTU qui sont conformes aux normes algériennes qui fixent la valeur 5 NTU comme maximum.

V.2. Variations des paramètres physico-chimiques

V.2.1. Température

Les valeurs de la température de nos échantillons varient entre 17.4°C et 18.2°C. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes qui fixent la température maximale pour l'eau potable 25°C.

V.2.2. Potentiel d'hydrogène

Les valeurs de pH mesurées dans nos échantillons, se situent entre 8.24 et 8.32. 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.

V.2.3. Conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique de l'eau traitée, mesurée au laboratoire sont comprises entre 818µS/cm et 832 µS/cm.

Ces valeurs sont conformes à la norme algérienne et à celle de l'OMS dont les concentrations maximales admissibles sont respectivement 2800 µS/cm et 1400 µS/cm.

V.2.4. Total de solide dissous

Les valeurs de TDS mesurée pour l'eau traitée varient entre 417 mg/L et 424 mg/L. ces valeurs sont en accord avec la norme du contrat qui fixe la valeur de TDS entre 150 et 550 mg/L.

V.2.5. Chlore libre

Les concentrations en chlore libre mesurées au laboratoire varient entre 0.31 mg/L et 0.46 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.

Les normes algériennes fixent une valeur maximale de 5 mg/L.

V.2.6. Alcalinité totale, Bicarbonates et carbonates

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'hydrogéo-carbonates (HCO_3^-), de carbonates (CO_3^{2-}) et d'ions hydroxydes (OH^-). Dans les eaux de distribution, la concentration en OH^- est faible, l'alcalinité de l'eau est constituée par un mélange de carbonates/hydrogénocarbonates.

L'alcalinité totale de l'eau analysée varie entre 61.53 mg/L CaCO_3 et 65.21 mg/L CaCO_3 . Ces valeurs sont conformes aux valeurs limitées préconisées par le contrat qui sont de 50 et 80 mg/L CaCO_3 . Les normes algériennes fixent une valeur maximale de 500 mg/L CaCO_3 .

La variation des concentrations en bicarbonates a une allure identique à celle de la variation de l'alcalinité ; ceci est dû au fait que ces deux paramètres sont reliés par la relation :

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{61}{50} \times \text{Alcalinité totale.}$$

Les valeurs des concentrations en carbonates de l'eau traitée sont comprises entre 0.931 et 1.226 mg/L CaCO_3 .

V.2.7. Dureté totale (TH°), Calcium et Magnésium

Les valeurs de la dureté de l'eau traitée varient entre 82 mg/L CaCO_3 et 88 mg/L CaCO_3 . Ces valeurs sont supérieures à la valeur guide de 65 mg/L CaCO_3 préconisée par le contrat et elles sont conformes aux normes algériennes qui fixent une valeur maximale de 200 mg/L CaCO_3 .

Les concentrations en calcium de l'eau traitée sont comprises entre 28.762 mg/L et 31.671 mg/L. Ces valeurs restent inférieures à la valeur guide recommandée par la réglementation algérienne qui est 0.75 mg/L.

Les concentrations en magnésium après traitement ne changent pas, elles sont très faibles et sont comprise entre 2.210 mg/L et 2.593 mg/L.

V.2.8. Indice de Langelier

Les analyses de l'eau traitée présente un bon équilibre chimique d'après le calcul de l'indice de saturation toujours entre 0.00 et 0.4 (normes du contrat).

V.3. Interprétation des résultats bactériologiques

Le tableau suivant montre l'absence des germes recherchés :

Tableau 04 : résultats des analyses microbiologiques

Echantillons	Eau traitée 10/02/2014	Eau traitée 17/03/2014	Eau traitée 02/04/2014
Coliformes totaux dans 100ml	Absence	Absence	Absence
E. coli dans 1ml	Absence	Absence	Absence
Streptocoques fécaux dans 100 ml	Absence	Absence	Absence

V.3.1. Coliformes totaux et fécaux

Selon la réglementation algérienne, une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas renfermer des coliformes totaux et fécaux dans 100 ml.

Les résultats des analyses de l'eau traitée confirment une absence totale des coliformes totaux et fécaux.

V.3.2. Streptocoques fécaux

La réglementation de notre pays exclue impérativement la présence des Streptocoques fécaux dans 100 ml. C'est aussi le cas de notre eau où on a constaté l'absence totale des Streptocoques fécaux.

VI. Conclusion

D'après les résultats obtenus, on remarque que les paramètres mesurés concernant l'eau de mer et l'eau traitée respectent, en général, les normes de qualité stipulées dans le contrat.

En comparant les résultats des analyses effectuées sur l'eau traitée avec les normes de potabilité algériennes et celles de l'OMS, on remarque d'une part une carence en ions calcium et magnésium, et d'autre part des concentrations en bore qui dépassent les normes sus-citées.

Conclusion

Générale

Conclusion générale

Le dessalement de l'eau de mer pour la production de l'eau potable est une solution alternative qui permet d'augmenter les ressources en eau disponible, de fournir une solution en cas de sécheresse et de lutter contre les pénuries d'eau.

Il existe plusieurs procédés de dessalement, parmi lesquels, l'osmose inverse est la technologie de séparation membranaire la plus répandue. Elle permet l'extraction de l'eau par perméation sélective à travers une membrane dense sous l'action d'un gradient de pression. Cette technologie nécessite un prétraitement pour retenir la matière en suspension dans le but de protéger les membranes contre les colmatages, et un post-traitement, après l'obtention du perméat, pour la reminéralisation des eaux de façon qu'elles soient conformes à la consommation humaine.

A partir des résultats des analyses effectuées sur les eaux étudiées on peut noter que :

- Les paramètres mesurés pour l'eau de mer respectent les normes recommandées dans le contrat avec un total de solide dissous un peu supérieur à 38 000mg/L.
La prise d'eau brute à 900 m dans la mer assure une meilleure qualité qui affirme une absence de toute contamination fécale et de pollution domestique.
- Les paramètres mesurés après la filtration, montrent que l'ultrafiltration permet d'assurer la rétention des matières en suspension avec une turbidité supérieure à 0.1 NTU ce qui affirme le colmatage de certaines membranes, et laissant passer les sels dissouts.
- D'après les résultats d'analyse de l'eau du perméat, on conclut que presque la totalité des sels dissouts sont retenus par les membranes d'osmose inverse avec un indice de Langelier négatif.
- En ce qui concerne les eaux traitées :
 - ✓ Les analyses organoleptiques établies pour cette eau ne détectent aucun gène pour la consommation humaine à part un léger goût de javel.
 - ✓ Les mesures effectuées pour le pH ainsi que celles de la conductivité électrique donnent des valeurs conformes aux normes algériennes.
 - ✓ Les concentrations des cations et des anions dans l'eau traitée sont conforme aux normes de potabilité algérienne, une attention particulière devrait être portée aux ions calcium et magnésium dont les teneurs de l'eau potable restent faibles par rapport à la valeur guide préconisée par l'OMS.

Conclusion générale

- ✓ L'indice de Langelier est positif, et conforme à la norme de potabilité préconisée par le contrat.
- ✓ La dureté moyenne engendrant l'obtention d'une eau douce.
- ✓ La teneur de bore est plus ou moins importante, elle est supérieure à la norme de potabilité algérienne qui est 1 mg/L mais elle est conforme à la norme du contrat (< 1.3 mg/L).
- ✓ Les paramètres bactériologiques présentent une absence totale des germes indicateurs de pollution fécale.

Enfin, nous avons conclu que l'eau traitée de la station de dessalement de Souk Tlata est de bonne qualité elle respecte les valeurs établies par contrat entre l'Algérie et la société productrice d'eau dessalée.

*Références
bibliographiques*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Baffet M., Eleuterio J., et al, 2007.** Production de sous-produits au cours du traitement de l'eau potable : la production de bromates lors des procédés de potabilisation de l'eau et risques sanitaires associés. SGE, Paris.
2. **Berland J., 2002 et Juery C., 2002.** Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau. Office international de l'eau, SNIDE.
3. **Blinda M., 2010.** Le dessalement de l'eau de mer : une réponse aux besoins d'eau douce en Méditerranée ? Plan bleu, France.
4. **Bontoux J., 1993.** Introduction à l'étude des eaux douces : qualité et santé, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons. 2^{ème} édition : Cebedoc.
5. **Bourgeois C. M., Mexele j., Zucca J., 1996.** Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome 01. Edition : Lavoisier Tec et Doc.
6. **Boyé H., 2008.** Eau, énergie, dessalement et changement climatique en méditerranée. Plan bleu, France.
7. **Boyé H., 2009.** Dessalement de l'eau de mer : une ressource alternative. France.
8. **C.I. EAU, 2009.** Les français et l'eau.
9. **Danis P., 2003.** Dessalement de l'eau de mer. *Doc J 2700*, France.
10. **Eldon J. Oja, 2001.** La vapeur d'eau et le cycle de l'eau, Manuel du maître. Projet Atmosphère Canada. Canada.
11. **Frank N., 1984.** Manuel de l'eau. Edition : Tec et Doc, Lavoisier.

12. **Freixa C.M., 2009.** Benchmarking International en matière de dessalement des eaux. AYESA, Espagne.
13. **Gaid K., Treal Y., 2007.** Le dessalement des eaux par osmose inverse : l'expérience de Véola Water. Science Direct, *ELSEVIER*. France.
14. **Ganjous D., 1989.** La pollution des milieux aquatiques. 2^{ème} édition : Tec et Doc.
15. **Gillis A., 2001.** Livre bleu. Belgaqua. Allemagne.
16. **Haslay G., Leclerc H., 1993.** Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition : Lavoisier Tec et Doc.
17. **Maurel A., 2006.** Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. 2^{ème} édition : Lavoisier Tec et Doc. France.
18. **Memotec n°2, 2006.** L'élimination du bore dans l'eau destinée à la consommation humaine. GLS.
19. **Mozas M., 2013 et Ghosn A., 2013.** Etat des lieux du secteur de l'eau en Algérie. Ed. Ipmed.
20. **Nova-Scotia, 2008.** Dans une goutte d'eau, pH et alcalinité. Nouvelle-Ecosse, Environnement. Canada.
21. **Nova-Scotia, 2008.** Dans une goutte d'eau, Sodium. Nouvelle-Ecosse, Environnement. Canada.
22. **Ontario, 2006.** Document d'aide technique pour les normes, directives et objectifs associés à la qualité de l'eau potable en Ontario. PIBS 4449f 01.
23. **Patel S., Romain L., Jean-Marrie T. et al, 2013.** Sampling and analysis of natural water. Université de Genève, Suisse.

24. **Raymond D., 1997.** Les traitements des eaux. 2^{ème} Ed, Presses Internationales Polytechniques, Canada.
25. **Rodier J. et coll., 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} édition : DUNOD, Paris, France.
26. **Rodier J., Legube B., Merlet N. et coll., 2009.** L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition : DUNOD, Paris, France.
27. **Salomon J., 2012.** Le dessalement de l'eau de mer est-il une voie d'avenir ? Ed. CEGOT, Université de Bordeaux, France.
28. **Tahri T., Bettahar A., Douani M. et al, 2008.** Dessalement de l'eau de mer par l'énergie solaire en vue de l'irrigation d'une serre agricole. Algérie.
29. **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.
30. **Viviane R., 2003.** Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres.
31. **Zouini D., 2009.** Le dessalement de l'eau de mer par osmose inverse : une solution pour l'alimentation en eau des villes côtières d'Algérie. Algérie.
32. **Année internationale de l'eau douce, 2003.** Préserver l'eau, préserver la vie, Département de l'agriculture et de l'environnement. Genève.
33. **Arzate A., 2008.** Procédés de séparation membranaire et leur application dans l'industrie alimentaire. Revue de Littérature, Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc. Canada.
34. **Centre d'information sur l'eau, 2007.** Guide ressources sur le thème de l'eau, France.

35. **Chambre Syndicale de la recherche et de la production du pétrole., 1993.** Circuits eaux de mer, Traitements et Matériaux. Ed, Technip. France.
36. **Institut national de santé publique du Québec, 2004.** Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Canada.
37. **Nisan S., 2007.** Dessalement nucléaire : une source alternative pour la production d'eau et d'électricité à bas coût. Centre Cadarache, Saint-Paul-lez-Durance, France.
38. **Villers J., Squilbin M., Yourassowsky C., 2005.** L'eau à Bruxelles, Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.
39. **Bacchin P., 2005.** Principes de bases de la filtration membranaire. Doctorat, Université Paul Sabatier. 2^{ème} Ecole d'Eté Franco-Maghrébine, Tunisie.
40. **Bessiere Y., 2005.** Filtration frontale sur membrane : mise en évidence du volume filtre critique pour l'Anticipation et le contrôle du colmatage. Doctorat de l'université Paul Sabatier, France.
41. **Cheikh F., 2007.** Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes communes d'arrondissement du département de Guédiawaye. Université Cheikh Anta Diop dakar, Sénégal.
42. **Mandri Y., 2011.** Etude paramétrique du procédé de dessalement de l'eau de mer par congélation sur paroi froide. Doctorat, Université Claud Bernard, Lyon. France.
43. **Sagne C., 2008.** Etude des mécanismes de transfert de molécules organiques en osmose inverse. Doctorat de l'institut des sciences et industrie du vivant et de l'environnement, Agro Paris Tech, France.
44. **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.

45. **Lounnas A., 2009.** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda. Mémoire de magister, Chimie. Université Skikda.
46. **Aggab C., 2014.** Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la station de dessalement de Souk Tlata. Mémoire d'ingénieur d'état, Hydrogéologie. Université, Tlemcen.

Annexes

I.1. Couleur de l'eau

- **Solutions et matériels utilisés**

- Echantillon à analyser
- Eau ultra-pure
- Colorimètre HACH DR/890.

- **Mode opératoire**

- 1- Dans le programme du colorimètre, choisir programme 19 (programme de la couleur) ;
- 2- Remplir une cuvette propre de 25 ml avec de l'eau ultra pure. Cette eau sera utilisée comme référence ;
- 3- Placer la cuvette de référence dans le port-cuvette du colorimètre et la couvrir avec le couvercle de l'instrument ;
- 4- Appuyer sur **ZERO**, l'écran affichera, **00 Pt/Co** (platine-cobalt) ;
- 5- Remplir une deuxième cuvette de 25 ml avec l'échantillon ;
- 6- Placer la cuvette de l'échantillon préparé dans le port-cuvette et le couvrir avec le couvercle de l'instrument ;
- 7- Appuyer sur **READ** ; le résultat s'affichera en Pt/Co.

I.2. Turbidité de l'eau

- **Mode opératoire**

En utilisant le turbidimètre, le mode opératoire est le suivant :

- 1- Bien agiter le flacon contenant l'échantillon ;
- 2- Remplir une cuve en verre de 10 ml avec l'échantillon ;
- 3- Bien nettoyer et sécher la cuve, ensuite l'agiter à nouveau avant de la placer sur l'appareil et la couvrir par un couvercle ;
- 4- Appuyer sur **READ** ; le résultat s'affichera sur l'écran de turbidimètre en NTU.

- **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- Deuxièmement, 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.

I.3. Potentiel d'hydrogène pH

- **Mode opératoire**

En utilisant le pH-mètre, la mesure s'effectue comme suit :

- 1- Verser 100 ml d'échantillon dans un bécher propre et sec ;
- 2- Allumer le pH-mètre ;
- 3- Rincer la sonde avec l'eau ultra pure et la bien sécher, puis la rincer avec de l'eau à analyser ;
- 4- Placer le bécher sur un agitateur magnétique ;
- 5- Fixer la sonde à l'aide d'un support et la tremper verticalement dans l'échantillon, le capteur doit être complètement immergé dans l'eau ;
- 6- Allumer l'agitateur et vérifier que l'échantillon soit dépourvu des bulles d'air ;
- 7- Appuyer sur **OK** pour lancer la lecture. La valeur s'affichera sur l'écran de l'appareil en quelques minutes.

- **Calibrage et vérification**

Le calibrage du pH-mètre se fait à l'aide de trois solutions 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 de 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 la bien sécher.

La sonde est trempée dans une solution standard de chlorure de potassium (KCl) de 3 M.

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.

1.4. Conductivité électrique EC

- **Mode opératoire**

En utilisant le conductimètre HACH SensION EC7, la mesure s'effectue comme suit :

- 1- Verser 100 ml d'échantillon dans un Bécher propre et sec ;
- 2- Allumer le conductivimètre ;
- 3- Rincer la sonde avec l'eau ultra pure et la bien sécher, puis la rincer avec de l'eau à analyser ;
- 4- Tremper la sonde dans le Bécher ;

5- Lancer la lecture en appuyant sur EC. La valeur s'affichera sur l'écran de l'appareil en quelques secondes.

- **Calibrage et vérification**

Le calibrage du conductivimètre se fait à l'aide de trois solutions standards à une conductivité bien déterminée (EC1 = 147 μ S/cm, EC2 = 1413 μ 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 μ S/cm ;
- 3- Ensuite, mesurer la conductivité de la seconde solution standard à EC2 =1413 μ 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 la bien sécher avant de passer à la mesure suivante.

I.5. Alcalinité Totale

Ce paramètre est déterminé par la méthode titrimétrique par l'acide chlorhydrique (HCl).

- **Solutions et matériels utilisés**

- Echantillon à analyser
- Solution HCl à 0.02 M
- Eau ultra pure
- Bécher de 500 ml
- Pipette graduée de 100 ml
- Burette graduée
- pH -mètre et agitateur magnétique.

- **Mode opératoire**

- 1- Prendre 100 ml de l'échantillon à analyser à l'aide de la pipette et les verser dans le Bécher ;
- 2- Mesurer le pH initial de l'échantillon ;

- 3- Noter le volume initial du HCl contenant dans la burette ;
- 4- Titrer l'échantillon avec le HCl en lançant au même temps l'agitateur et le pH-mètre, jusqu'à avoir un pH compris entre 4,45 et 4,55 ;
- 5- Noter le pH final de la solution après titrage et le volume final restant dans la burette.

Remarque :

Ce test se fait 2 fois pour chaque mesure et les valeurs utilisées dans la formule de mesure de l'alcalinité ce sont les moyennes entre les valeurs des 2 tests.

• **Formule de calcul**

$$\text{Alcalinité totale (mg/L CaCO}_3) = \frac{\text{Concentration de 0.02M de HCl} \times V \times 50\,000}{\text{Volume d'échantillon}}$$

Avec :

- **V** : moyenne du volume de HCl consommé $(V1 + V2)/2$ ($V1$ = volume utilisé de 1^{er} test
 $V2$ = Volume utilisé du 2^{ème} test) ;
- **Volume d'échantillon** = 100 ml.

❖ **Détermination d'hydrogénocarbonates HCO_3^-**

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

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

❖ **Détermination de carbonates CO_3^{2-}**

Les carbonates sont calculés selon la formule suivante :

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

I.6. Dureté totale TH

❖ détermination de TH par titrage l'EDTA

• Solutions et matériels utilisés

- Echantillon à analyser
- Solution d'EDTA (10 mmol/L)
- Solution de noir de mordant 11 (indicateur coloré)
- Solution tampon d'ammonium à pH=10
- Fiole d'Erlenmeyer
- Burette graduée
- 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 :

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

Avec :

- Concentration d'EDTA = 10 mmol/L ;
- Volume d'EDTA consommé en ml= V2-V1 (avec : V1 est le volume initiale d'EDTA contenant dans la burette et V2 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 Ca^{2+} et Mg^{2+} , la formule simplifiée est la suivante :

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

I.7. TDS**❖ Détermination de TDS par méthode gravimétrique****• Solution et matériels utilisés**

- Echantillon à analyser
- Pipette de 25 ml
- Dessiccateur
- Balance électronique de type DENVER TB-214
- Papier filtre de forme cyclique, de type Whatman 934-AH, d'un diamètre de 47 mm
- Capsule d'évaporation
- Entonnoir de filtration
- Bécher
- Pompe de filtration
- Minuterie
- 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 Wb.

Le calcul de TDS est réalisé par la formule suivante :

$$\text{TDS (mg/L)} = \frac{Wb + Wa}{V} \times 10^6$$

Avec :

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

❖ 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.

I.8. 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.

❖ 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 oscille 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.

I.9. Chlore libre

• Solution et matériels utilisés

- Echantillon à analyser
- Sachet de DPD pour 10 ml
- Cuvette en verre de 10 ml

- Colorimètre HACH DR 890
- Eau ultra pure.

⚠ **Remarque :**

Le DDP signifie N, N - Diéthyl-P-Phénylène diamine est une amine aromatique dont la formule chimique est $C_{10}H_{16}N_2$, utilisée comme réactif pour le dosage du chlore, du brome et de l'ozone dans l'eau via colorimétrie.

- **Mode opératoire**

- 1- Dans le programme du colorimètre, choisir Cl_2 (programme 9) ;
- 2- Appuyer sur **ENTER** ;
- 3- Remplir la cuvette propre et sèche par 10 ml d'eau à analyser ;
- 4- Insérer la cuvette dans le colorimètre et mettre le couvercle, puis appuyer sur **ZERO** pour étalonner l'appareil à 0 mg/L ;
- 5- Ouvrir la cuvette et ajouter un sachet du DPD ;
- 6- Agiter la cuvette. On aura une couleur rose qui indique la présence du chlore ;
- 7- Réinsérer la cuvette dans le colorimètre et remettre le couvercle, puis appuyer sur **READ** pour lancer la mesure ;
- 8- La valeur s'affichera sur l'écran de l'appareil en quelques secondes.

I.10. Les Ions majeurs

I.10.1. Les cations

- **Solution et matériels utilisés pour l'analyse des cations**

- Echantillon à analyser
- Solution d'étalon de Ca^{2+} à 1000 mg/L
- Solution d'étalon de Mg^{2+} à 1000 mg/L
- Solution d'étalon de k^+ à 1000 mg/L
- Solution d'étalon de Na^+ à 1000 mg/L
- Acide dipicolinic (DPA)
- Acide nitrique à 60%
- Fiole jaugée en plastique de 1000 ml
- Micropipette (100 à 1000 μ l)

- Chromatographie Ionique Metrohm Compact IC 881 pro Cation
- Balance électronique
- Seringue d'injection
- Récipient d'éluant en plastique de 2000 ml
- Eau ultra pure.

- **Préparation de solutions d'étalons des cations**

A partir des solutions mères des cations (1000 mg/L), préparer les solutions standards qui sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Les solutions standards des cations

	Standard 1 mg/L	Standard 2 mg/L	Standard 3 mg/L	Standard 4 mg/L
Sodium	1	5	10	20
Potassium	1	2.5	5	10
Calcium	1	5	10	20
Magnésium	0.25	0.5	1	2

- **Préparation d'éluant des cations**

- 1- Peser 0,117 g d'acide dipicolinic (DPA) et les dissolvent dans l'eau ultra pure dans un bécher en plastique ;
- 2- Verser le contenu du bécher dans une fiole jaugée de 1000 ml en plastique contenant 400 mL d'eau ultra pure ;
- 3- Mesurer 130 μ l d'acide nitrique à 60% en utilisant la micropipette et les verser dans la même fiole ;
- 4- Diluer le contenu de la fiole avec l'eau ultra pure jusqu'au 1000 ml. L'éluant est maintenant prêt à être utilisé ;
- 5- S'assurer que la conductivité de l'éluant soit entre 710 à 720 μ S/cm pour le bon fonctionnement de la chromatographie ionique.

• 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⁺ :

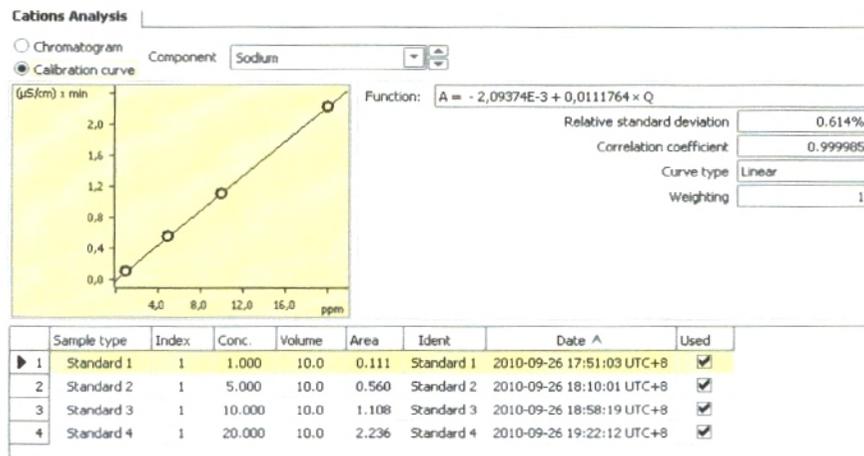


Figure 24 : Courbe d'étalonnage de Sodium

❖ Potassium K⁺ :

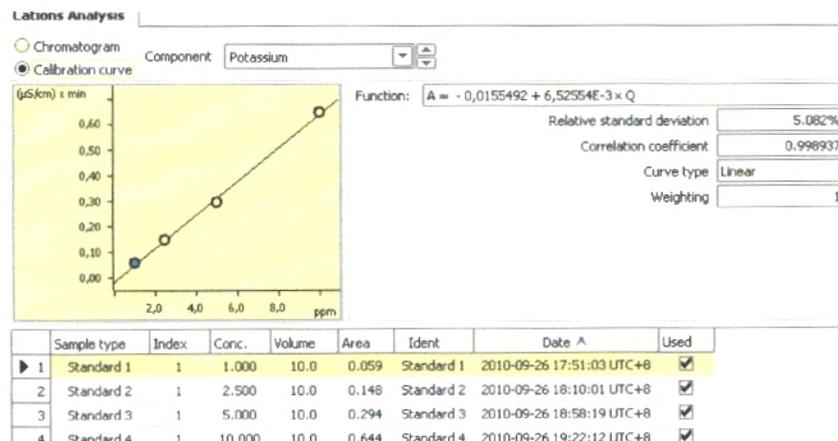


Figure 25 : Courbe d'étalonnage de potassium

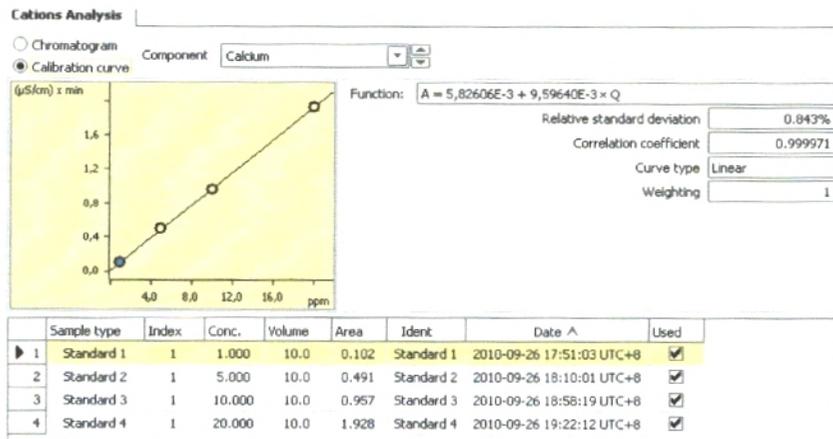
❖ Calcium Ca^{2+} :

Figure 26 : Courbe d'étalonnage de Calcium

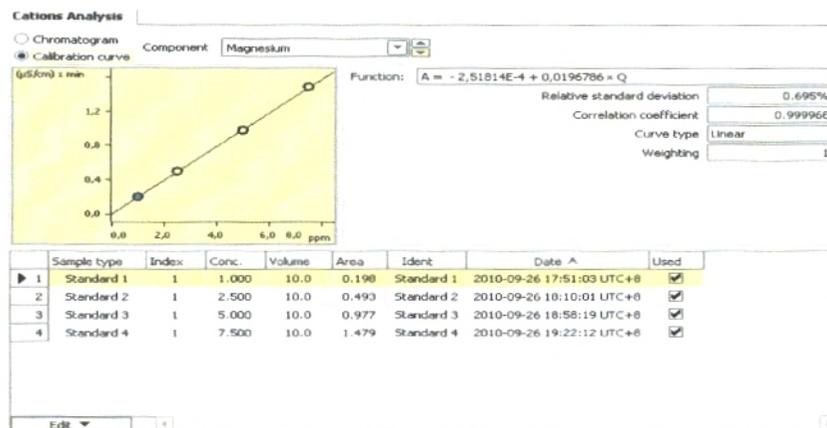
❖ Magnésium Mg^{2+} 

Figure 27 : Courbe d'étalonnage de Magnésium

• Mode opératoire

- 1- Injecter à l'aide de seringue 2 ml de l'eau à analyser dans le chromatographe et appuyer sur <<START >> ;
- 2- Le traçage de la courbe prend 17 minutes ;
- 3- Les valeurs des concentrations des cations en ppm sont obtenues par une simple lecture sur l'écran d'ordinateur.

✚ 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.

I.10.2. Les anions**• Solutions et matériels utilisés pour l'analyse des anions**

- Echantillon à analyser
- Solution étalon de Cl^- à 1000 mg/L
- Solution étalon NO_2^- à 1000 mg/L
- Solution étalon de NO_3^- 1000 mg/L
- Solution étalon de SO_4^{2-} à 1000 mg/L
- Solution étalon de BrO_3^- à 1000 mg/L
- Bicarbonate de sodium
- Carbonate de sodium
- Fiole jaugée en verre de 2000 ml
- Micropipette (100-1000 μl)
- Micropipette (1- 5 mL)
- Balanceur électronique
- Chromatographie Ionique Metrohm compact IC 881 pro Anion
- Seringue d'injection
- Récipient d'éluant en verre de 2000 ml
- Eau ultra pure.

• Préparation de solution d'étalons des anions

A partir des solutions mères des cations (1000 mg/L), préparation les solutions standards qui sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 12 : Les solutions standards des anions.

	Standard 1	Standard 2	Standard 3	Standard 4
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Bromate	0.010	0.015	0.020	0.025
Chlorure	1	5	10	20
Nitrate	0,5	1	1,5	2
Nitrite	0,5	1	1,5	2
Sulfate	0.5	1	1.5	2

• Préparation d'éluant des cations

- 1- Peser 0.168g de bicarbonates de sodium et 0,678 g de carbonates de sodium et le diluer dans l'eau ultra pure dans une fiole jaugée en verre de 2000 ml ;
- 2- Remplir le reste du volume de la fiole avec l'eau ultra pure. L'éluant est maintenant prêt à être utilisé ;
- 3- Verser l'éluant dans le récipient d'éluant de l'appareil ;
- 4- La conductivité d'éluant est 0.8 – 0.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

• 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 BrO_3^-

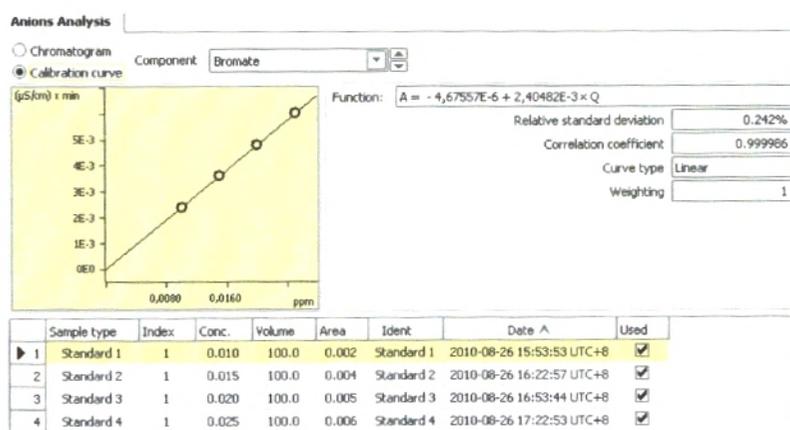


Figure 28 : Courbe d'étalonnage de Bromate

❖ Chlorure Cl⁻

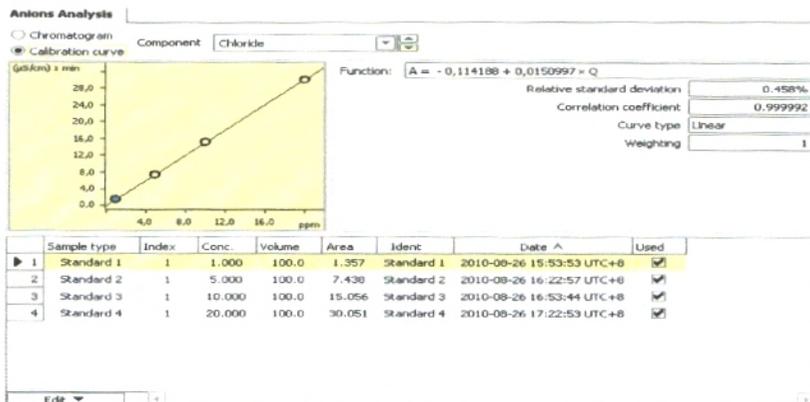


Figure 29 : Courbe d'étalonnage de Chlorure

❖ Nitrate NO₃²⁻

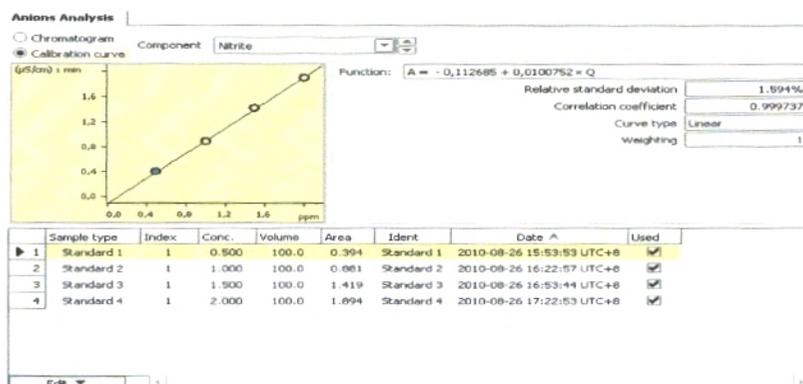


Figure 30 : Courbe d'étalonnage de Nitrate

❖ Nitrites NO₂⁻

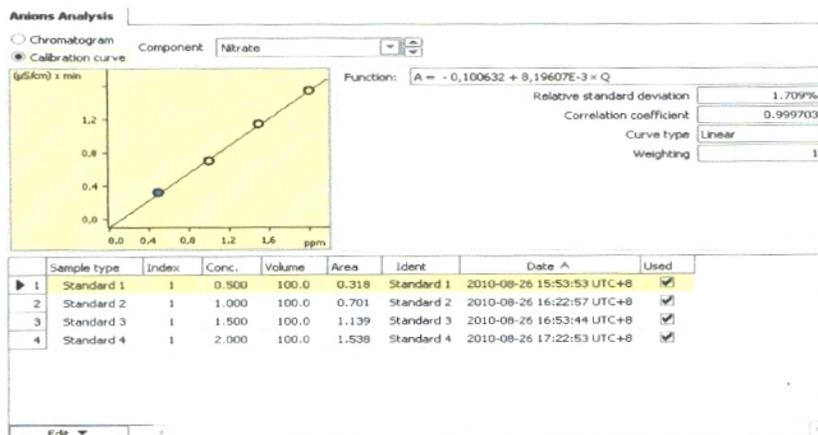


Figure 31 : Courbe d'étalonnage de Nitrite

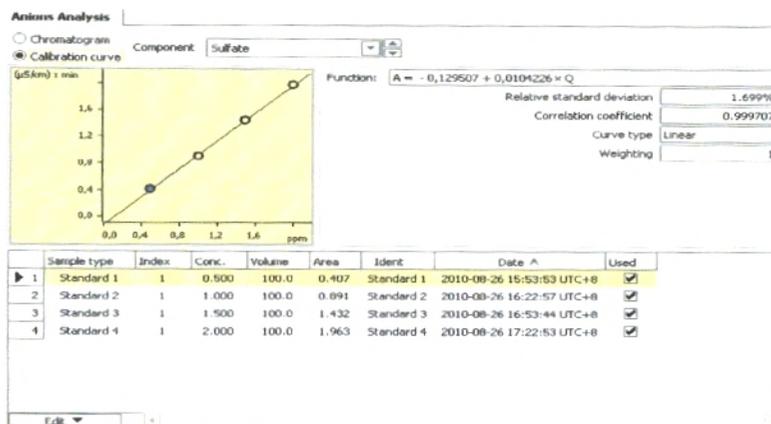
❖ Sulfates SO_4^{2-} 

Figure 32 : Courbe d'étalonnage de Sulfate

• Mode opératoire

- 1- A l'aide de seringue, injecter 2 ml de l'eau à analyser dans le chromatographe et appuyer sur <<START >> ;
- 2- Le traçage de la courbe prend 30 minutes;
- 3- Les valeurs des concentrations des anions en ppm sont obtenues par une simple lecture sur l'écran d'ordinateur.

I.11. Le bore

❖ Mesure de concentration du bore de l'eau traitée par chromatographie ionique

• Solutions et matériels utilisés

- Echantillon à analyser
- Solution étalon de bore à 1000 mg/L
- Carbonate de sodium Na_2CO_3 anhydre
- Hydroxyde de sodium NaOH à 50%
- Fiole jaugée en plastique de 1000 ml
- Micropipette (100-1000 μl)
- Chromatographie ionique Metrohm Compact IC 881 pro
- Balance électronique
- Seringue d'injection
- Récipient d'éluant en plastique de 2000 ml ;

- Eau ultra pure.

- **Préparation de solution d'étalon du bore**

A partir de la solution mère du bore (1000 mg/L), préparer les solutions standards qui sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Les solutions standards du bore.

	Standard 1	Standard 2	Standard 3	Standard 4
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Bore	0.5	1	1.5	2

- **Préparation d'éluant du bore**

- 1- Peser 0,0424 g de carbonate de sodium (Na_2CO_3) et les diluer dans 400 ml d'eau ultra pure dans une fiole de 2000 ml ;
- 2- A l'aide de micropipette, mesurer 434 μl d'hydroxyde de sodium NaOH à 50% et les rajouter dans la même fiole ;
- 3- Diluer le contenant des deux produit chimiques avec de l'eau ultra pure jusqu'au 2000 ml. L'éluant est prêt à être utilisé ;
- 4- S'assurer que la conductivité de l'éluant est entre 820 et 860 $\mu\text{S}/\text{cm}$;

- **Mode opératoire**

- 1- Etalonner le chromatographe 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;
- 4- La valeur de concentration de bore en ppm est obtenue par une simple lecture sur l'écran d'ordinateur.

❖ mesure de concentration du bore d'eau de mer par spectrométrie

• Solutions et matériels utilisés

- Echantillon à analyser
- Azomethine-H sel de Sodium $C_{17}H_{12}NNaO_8S_2$
- Acide L-Ascorbique $C_6H_8O_6$
- Acétate d'ammonium CH_3COONH_4
- Acide phosphorique H_3PO_4
- Acide citrique $C_6H_8O_7$
- EDTA (Sel disodique à l'acide éthylène diamine tétraacétique) $C_{10}H_{14}N_2Na_2H_2O$
- Acide sulfurique H_2SO_4
- Eau ultra pure
- Etuve à convection naturelle de type ED53- BINDER
- Spectromètre HACH DR2700
- PH-mètre HACH SensIONTM+ pH31
- Balance électronique
- fioles jaugées en plastique.

• Préparation de la solution réactive

-  **1^{ère} 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 100ml et remplir son volume avec de l'eau ultra pure.
-  **2^{ème} Solution tampon pH=5,9 :** Peser 250g d'acétate d'ammonium et les mélanger avec 250 ml d'eau ultra pure, rajouter 5 ml d'acide phosphorique, 1g d'acide citrique et 1g d'EDTA. Bien mélanger le contenu et puis doser avec l'acide sulfurique jusqu'au pH=5,9 (utiliser le pH-mètre).

Mixer un volume égal de 2 solutions pour obtenir une seule solution réactive.

-  **Préparation de la solution de référence :** Mélange 25 ml d'eau ultra pure avec 10 ml de la solution réactive dans une fiole jaugée en plastique.
-  **Préparation de l'échantillon à analyser :** Mélanger 25 ml 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 et d'échantillon) dans l'étuve à 30°C pendant 2 heures.

- **Mode opératoire**

- 1- Sur le programme du spectromètre, il faut choisir mesure de Bore ;
- 2- Remplir une cuvette en verre de spectromètre propre et sèche, avec 10 ml de la solution de référence ;
- 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 la solution d'échantillon à analyser ;
- 5- Insérer la cuvette dans l'appareil et appuyer sur **READ** ;
- 6- La valeur de mesure de la concentration du bore s'affichera directement sur l'écran de l'appareil en ppm.

Tableau 14: les normes de la qualité de l'eau potable, OMS, mises à jour en 2006.

Elément/substance	Symbole/formule	Lignes directrices fixées par l'OMS
pH	-	6.5 à 9.5
Couleur	-	5 Pt-Co
Turbidité	-	5 NTU
Matières solides totales	TDS	< 1000 mg/L
calcium	Ca²⁺	200 mg/L
Magnésium	Mg²⁺	50 mg/L
Sulfates	SO₄⁻	500 mg/L
Dureté	TH	200 mg/L CaCO₃
Nitrate	NO₃⁻	50 mg/L
Nitrite	NO₂⁻	3 mg/L (exposition à court terme)
Bore	B	0.2 mg/L (exposition à long terme) < 0.5 mg/L

Tableau 15: Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (Journal Officiel de la république algérienne, Mars 2011).

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/L Platine	15
	Turbidité	NTU	5
Paramètres physico-chimiques	Température	°C	25
	pH	-	6.5 - 9
	Conductivité à 20°C	µS/cm	2800
	Alcalinité	mg/L en CaCO ₃	500
	Dureté	mg/L en CaCO ₃	200
	Calcium	mg/L en CaCO ₃	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	µg/L	10
	chlore	mg/L	5
Paramètres microbiologiques	<i>Escherichia Coli</i>	n/100 mL	0
	Entérocoques	n/100 mL	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20 mL	0

Tableau 16 : Normes d'eau de mer

Paramètre	unités	minimum	maximum
Température	°C	18	27
pH	-	7.8	8.2
TDS	mg/L	36 500	38 000
TSS	mg/L	2	8
Chlorures	mg/L	19 677	20 391
Calcium	mg/L	416	429
Sulfate	mg/L	2 710	3 400
Magnésium	mg/L	1 325	1 381
Sodium	mg/L	11 631	12 384
Bicarbonate	mg/L	130	135
Bore	mg/L	4.8	8

Tableau 17: Normes d'eau traitée

paramètres	unités	minimum	maximum
pH	-	7.0	8.5
LSI	-	0	0.4
TDS	mg/L	150	500
La dureté	mg/L CaCO ₃	60	150
Alcalinité	mg/L CaCO ₃	50	80
Le bore	mg/L	/	<1.3

Tableau 18 : Tableau de NPP (nombre le plus probable)

Nombre de donnant une réaction positive			Indices N.P.P Pour 100 ml
1 Flacon de 50 ml	5 tubes de 10 ml	5 tubes de 1 ml	
0	0	1	1
0	0	2	2
0	1	0	1
0	1	1	2
0	1	2	3
0	2	0	2
0	2	1	3
0	2	2	4
0	3	0	3
0	3	1	5
0	4	0	5
1	0	0	1
1	0	1	3
1	0	2	4
1	0	3	6
1	1	0	3
1	1	1	5
1	1	2	7
1	1	3	9
1	2	0	5
1	2	1	7
1	2	2	10
1	2	3	12
1	3	0	8
1	3	1	11
1	3	2	14
1	3	3	18
1	3	4	21
1	4	0	13
1	4	1	17
1	4	2	22
1	4	3	28
1	4	4	35
1	4	5	43
1	5	0	24
1	5	1	35
1	5	2	54
1	5	3	92
1	5	4	161

Résumé

Le présent travail consiste à étudier la qualité des eaux de la station de dessalement de Souk Tlata qui utilise le processus d'osmose inverse.

Différents échantillons d'eau ont été prélevés et analysés tout le long du procédé de fabrication pour montrer l'évolution qualitative de l'eau, de la mer au consommateur. Ils concernent (ceux-ci concernent) l'eau brute, l'eau filtrée, l'eau dessalée et l'eau traitée.

Les analyses physico-chimiques montrent que l'eau traitée a une dureté moyenne (eau douce) mais une concentration en bore assez élevée (1.075 mg/L).

L'étude bactériologique révèle l'absence totale des germes pathogènes provoquant des nuisances sur la santé du consommateur.

On peut dire que l'eau traitée (eau potable) destinée à la consommation humaine respecte les valeurs établies par contrat entre l'Algérie et la société produisant l'eau dessalée.

Mots clés : Eau – Dessalement – Qualité – Analyses - Osmose inverse – Souk Tlata

Abstract

The present work is to study the quality of the waters of the Souk Tlata desalination plant which uses there reverse osmosis process.

Different water samples were collected and analyzed throughout the manufacturing process to show the qualitative evolution of water from the sea to the consumer. They concern the raw water, filtered water, desalinated water and treated water.

Physico-chemical analyses show that treated water has an average hardness (soft water) but a fairly high concentration of boron (1.075 mg/L).

Bacteriological study reveals the absence of pathogenic germs causing pollution on the health of the consumer.

We could say that treated water (drinking water) intended for human consumption complies with the values established by contract between the Algeria and the company producing desalinated water.

Key words: Water - Desalination - Quality - Analysis - Reverse osmosis - Souk Tlata.

المخلص:

يقتضي هذا البحث دراسة نوعية لمياه محطة تحلية مياه البحر "سوق الثلاثاء" عن طريق التناضح العكسي.

عدة عينات أخذت للمعايرة في كل مراحل التصفية من أجل اظهار نوعية المياه من البحر الى المستهلك. وذلك يتعلق بالمياه الخام، المياه المصفاة، المياه المحلاة و المياه المعالجة.

النتائج الفزوكيميائية تبين أن المياه المعالجة متوسطة الصلابة (المياه العذبة) مع ارتفاع في تركيز البورون (1.075 مغ/ل).

وتكشف الدراسة الميكروبيولوجية عدم وجود الجراثيم المضرة بصحة المستهلك.

نستطيع القول أن المياه المعالجة الموجهة للاستهلاك البشري مطابقة للقيم التي أنشئت بموجب عقد بين الجزائر و الشركة المنتجة للمياه المحلاة.

الكلمات المفتاحية : الماء - محطة تحلية المياه - الجودة - المعايرة - التناضح العكسي - سوق الثلاثاء.