N° d'ordre :

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE

MEMOIRE

Présentée pour obtenir le Grade de

MASTER

Filière : Chimie
Spécialité : chimie de l'environnement

Par

Mr :BEN BELKACEM Mazigh **Mr BELAID Med ACHOUR**

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE REGENERATION DES MEMBRANES ET DES FILTRES A LAINE D'UNE STATION DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER

Soutenu le 10 Décembret 2013 , devant le jury composé de :

Mr	SAHKI Rachid	MAA - UMMTO	Président
Mr	DELLAH Mohamed	MAA - UMMTO	Encadreur
Mr	KADOUCHE Slimane	MCB - UMMTO	Examinateur

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier notre promoteur de cette thèse, Mr Dellah pour nous 'avoir guidé, encouragé, conseillé, et en me faisant l'honneur de nous déléguer plusieurs responsabilités dont nous 'espérons avoir été à la hauteur. De même pour les travailleurs des différents laboratoires pour leurs aides.

Nos vifs remerciements vont aussi particulièrement aux Messieurs les membres de jury pour nous 'avoir fait l'honneur d'examiner et juger notre travail.

Nous remercierons de plus tout le personnel de la station de dessalement de la ville de Tigzirt pour leurs précieuses aides en particulier Madame Graradji et Mr Tallache le responsable de la station.

Pour leurs encouragements et leur assistance aussi bien matérielle que morale qui nous 'a permis de faire cette thèse dans de bonnes conditions, je remercie chaudement, mes parents et le reste de la famille, ainsi que toute es personnes ayant porté aide de prés ou de loin.

Mes meilleurs remerciements vont aux enseignants de l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou qui ont contribué à notre formation.

Dédicaces

À celle qui m'a appris que la patience est la clé du succès et de la Victoire.

À ma mère

À celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la science et la volonté forgent les grands esprits

À mon père

À ceux qui m'ont toujours soutenu et encouragé psychologiquement

À mes chers :

Frères ;

Nassim, Idir et youva .

Sœurs ;

Samia,Samira et Lamia.

A tous mes Amies en particuliers :

Amour Samir, Iamranen

Lyes, Bozidi Kamel,

Bellali Sofiane, amrani

Amar, Ameziane youcef et

Belaid Mohd Achour.

MAZIGH.

Dédicaces

*« À la mémoire de **Ma Chère Mère** que grâce a elle que je suis la aujourd'hui que dieu la bénis de son vaste paradis et la garde toujours dans notre cœur. »*

*« À **Mon Père** qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la science et la volonté forgent les grands esprits.»*

.

*« À ma chère famille : **Ma Grand Mère, Mes Frères et Mes Sœurs** qui m'ont toujours soutenu pour atteindre ce statue. »*

« A tous mes Amies de proche et de loin qui ont été toujours là avec moi pour m'encouragé durant mon cursus universitaire. »

« A la fin, à celle qui ma brisé le cœur durant tous mon cursus universitaire. »

Med ACHOUR.

Sommair

Introduction.....1
Chapitre I : Généralités sur le dessalement de l'eau de mer.....2
I.1 Introduction.....2
I.2 Composition et salinité de l'eau de mer.....2
I.3 Composition chimique de l'eau de mer.....3
I.4 Dessalement de l'eau de mer.....4
I.4.1 Définition.....4
I.5 Description des différents procédés de dessalement.....5
I.5.1 Le procédé membranaire.....5
I.5.1.1 Le principe de l'osmose inverse.....5
I.5.2 Le dessalement dans le monde.....6
I.5.3 Le dessalement en Algérie.....7

Chapitre II : l'eau potable
II.1 L'eau potable
II.2.1 Introduction
II.2.2 La composition de l'eau
II.2.3 Caractéristiques et propriétés d'une eau potable
II.1.3.1 Paramètres organoleptiques
II.1.3.2 Paramètres physico-chimiques
II.1.3.3 Caractéristiques microbiologiques
II.1.4 Les normes de potabilités
II.1.5 L'eau en Algérie
II.1.5.1 L'approvisionnement en eau potable en Algérie
II.1.5.2 Effort de l'Algérie dans la mobilisation des ressources
II.2 La reminéralisation
II.2.1 Introduction
II.2.2 Définition de la reminéralisation
II.2.3 Technologies de la reminéralisation
II.2.3.1 La reminéralisation chimique
II.2.3.2 Reminéralisation par mélange aux minerais d'une eau de source
II.2.3.3 Reminéralisation par dissolution des minerais naturels dans l'eau dessalée
Chapitre III : La station de dessalemen

III.1 Situation géographique.....23
III.2 Présentation de la station de dessalement de Tigzirt.....23
III.3 Présentation de l'installation.....24
III.4 Description du procédé de dessalement par osmose inverse.....25
III.4.1 Prise d'eau de mer.....26
III.4.2 Décantation.....27
III.4.3 Dosage de l'acide chlorhydrique.....28
III.4.4 Filtration duelle.....28
III.4.5 Dosage du bisulfite de sodium.....29
III.4.6 Filtre d'affinement et de sécurité.....30
III.4.7 Pompage à haute pression et turbine de récupération de l'énergie.....31
III.4.8 Système de membranes d'osmose inverse.....31
III.4.9 système d'équilibre osmotique.....31
III.4.10 Equipement de nettoyage chimique.....32
III.4.11 Réservoir tampon et pompage de refoulement.....33
III.4.12 Neutralisation de l'eau traité.....33
III.4.13 Chloration de l'eau traité.....33
III.4.14 Armoire de commande.....35

Chapitre IV : Partie expérimentale.....36
IV.1 Méthode de travail.....36
IV.2 Résultats et discution.....40

Conclusion.....49

Références bibliographiques

Introduction

L'eau couvre la proportion la plus grande de la surface de la planète de terre. Cette matière est une source vitale, elle est significativement incluse dans les activités quotidienne de l'homme dites eaux usées et eau potable, mais seule une infime partie est directement utilisable par la biosphère, et notamment l'homme. En effet, l'eau douce des cours d'eau et des nappes phréatiques souterraines constitue 1 % du volume d'eau douce et 0.01 % de toute l'eau sur terre.

Les besoins, eaux, sont de plus en plus importants, L'évolution que connaît l'environnement urbain et industriel pose, dans de nombreux pays, le problème de l'eau. Le prélèvement global de l'eau, nos besoins en eau ne cesseront de croître alors que les réserves en eau de bonne qualité diminuent. Ceci implique de ménager la ressource, en limitant les rejets de pollution dans le milieu naturel mais aussi produisant une eau propre à la consommation. C'est dans cette logique que les stations de dessalement des eaux s'inscrivent puisqu'elles permettent de produire de l'eau potable à partir de l'eau de mer ou d'eaux saumâtres grâce à des techniques Particulières adoptées dans plusieurs pays a travers le monde. Le dessalement de l'eau de mer est parfois présenté comme la solution miracle aux problèmes de rareté de l'eau potable autrement dit: '' La mer à boire ''.

Egalement l'Algérie a lancé ses dernières années, un programme ambitieux d'installations des stations de dessalement a fin de couvrir les besoins en eau qui s'accentuent par l'explosion démographique, le développement industriel et agricole ainsi que la sécheresse. Dans cette initiative, la station de l'eau de mer de la ville de Tigzirt s'est lancée pour fournir de l'eau potable pour la population de la région a fin de combler le déficit.

Parmi les différentes techniques de dessalement d'eau, certain sont plus adaptés a un environnement donnée qu'un autre. Le procédé membranaire d'osmose inverse est actuellement le procédé membranaire le plus concurrents, de fait qu'il fournie une eau quantitativement satisfaisante a la population d'une part, et d'autre part il couvre le déficit en eau douce provenant des autres ressources.

La technologie membranaire est devenue une véritable technologie de séparation lors de la dernière décennie. La force principale de la technologie membranaire est le fait que cela fonctionne sans ajout de produits chimiques, avec une consommation d'énergie relativement faible et une conduction de procès facile et bien arrangée.

Le choix du type de système membranaire est dépend d'un grand nombre de paramètres, tels que : les coûts, les risques de colmatages des membranes, la densité, et le nettoyage nécessaire. Les membranes ne sont jamais utilisées sous la forme d'une grande surface plane, car cette surface importante a souvent pour conséquence des coûts d'investissement importants.

La principale difficulté pour l'utilisateur d'une technologie nouvelle est d'acquérir rapidement l'information nécessaire au choix et à la mise en ouvre du procédé adapté à ses besoins.

Dans ce contexte s'inscrit notre travail qui s'appuie sur le choix de la membrane selon : sa géométrie et sa configuration, Le matériau membranaire (nature, hydrophobicité), La structure de la membrane (taille des pores, distribution de tailles des pores, épaisseur, porosité), Les conditions opératoires (température, pression de vide en DMV), la nature du liquide à traiter (tension superficielle) d'une façon à atteindre le meilleur rendement et la haute performance d'un procédé membranaire.

L'objectif de notre travail est basé sur l'étude des membranes utilisées lors de dessalement, suivants :

- L'affinité de la membrane vis-à-vis de différents solvants.
- Les performances atteintes.
- . L'encrassement de la membrane, ainsi la détermination de la nature et de la structure des éléments qui colmatent la membrane.
- Le choix des agents de nettoyage

I.1 Introduction

La surface totale de la terre est recouverte de 72% d'eau (Le magazine de la chronique scientifique N°4, Juillet-Août 2005). L'eau de mer représente 97,41% des eaux sur la terre [Bulletin international de l'eau et de l'environnement N°22, Mars 1999.]. Paradoxalement, les réserves d'eau douce, ne représentent que 2,5 % de la surface restante. De cette proportion, seul 0.07 % est directement accessible (le reste est sous forme de glace [PELLETIER Frédéric – CAUATZ Aurélien IUT chimie 2005-2006.]).

On estime que 2,5 milliards de personnes pourraient souffrir du manque d'eau à l'horizon 2050 [Viviane RENAUDIN, Novembre 2003.], compte-tenu de l'évolution des besoins constamment croissants de la société, liés à l'évolution démographique et aux divers autres besoins (consommation domestique, industrie, agro-alimentaire…), il ya nécessité d'optimiser l'utilisation de cette ressource, telle que l'option de dessalement de l'eau de mer.

I.2 Composition et salinité de l'eau de mer

La mer est une source étendue d'eau brute qui peut être traitée pour obtenir une eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs salinités. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33 à 37 g/l (Maurel, 2006). La concentration des sels dissous pour une salinité moyenne de 35 g/l est représentée dans le tableau I.1 (Desjardins, 1997).

Tableau I.1 : Composition moyenne de l'eau de mer (35g/l)

Sels	**Concentrations**
NaCl	27,2 g/l
$MgCl_2$	3,8 g/l
$MgSo_4$	1,7 g/l
$CaSo_4$	1,26 g/l
K_2So_4	0,86 g/l

Le tableau I.2 ci-dessous, illustre la variation de la salinité dans le cas des mers fermées ou peu ouvertes. L'eau de mer est un milieu légèrement basique avec un PH moyen variant entre 7,5 et 8,4 (Maurel, 2006).

Tableau I.2 : Salinité des mers fermées ou peu ouvertes

Mer	**Concentration (g/l)**
Mer Méditerranée	36 à 39
Mer Rouge	~40
Mer Baltique	7
Mer Caspienne	13
Mer Morte	270
Golfe arabo-persique	40 à 70
Mer Noire	20

I.3 Composition chimique de l'eau de mer

Généralement, les sels présents dans l'eau se trouvent sous frome de cations et anions. Le tableau I.3 présente les principaux ions que l'on retrouve dans l'eau de mer (Desjardins, 1997).

Tableau I.3 : Composition chimique de l'eau de mer

Type d'ions		Salinité (g/l)	Quantité totale de matières en solution (%)
Anions	Chlorures	18,98	55,04
	Sulfates	2,65	7,68
	Bicarbonates	0,140	0,41
	Bromures	0,065	0,19
	Fluorures	0,0013	0,00
	Acide borique	0,0260	0,07
Cations	Sodium	10,56	30,61
	Magnésium	1,27	3,69
	Calcium	0,40	1,16
	Potassium	0,38	1,10
	Strontium	0,013	0,04

I.4 Dessalement de l'eau de mer

I.4.1 Définition

Le dessalement de l'eau (également appelé dessalage) est un processus qui permet de retirer le sel de l'eau salée ou saumâtre afin de la rendre potable après traitement. La technique de déminéralisation consiste à séparer les sels dissous dans l'eau et à éliminer l'excès des ions en solution causant une minéralisation excessive. L'élimination peut être obtenue grâce a des procédés variées de traitement des éléments constituant la solution saline, dont les plus répandus sont les sulfates, les chlorures et divers ions halogènes (Morvan, 2006).

Une installation de dessalement peut être schématiquement subdivisée en 04 postes (Figure n°1).

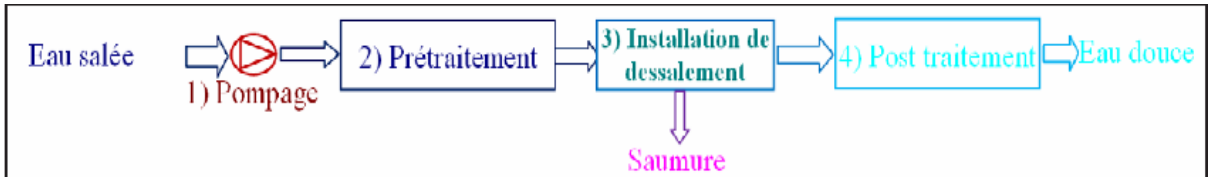


Figure n°1 : *Schéma générale d'une installation de dessalement (Maurel, 2006)*

I.5 Description des différents procédés de dessalement

De nos jours, c'est possible de dessaler l'eau de mer afin de la rendre consommable. De même, de nombreux systèmes ont connu des développements remarquables au sein de cette industrie.

En fait, la totalité des installations actuellement en service fait appel à deux grandes familles de procédés, les procédés thermique, basant sur l'évaporation et les procédés membranaires, appliquant le principe de l'osmose inverse. Ce dernier est de plus en plus mis en œuvre, que ce soit pour des petites, moyennes ou très grandes capacités de production (> 300 000 m^3/j) (Memotec, 2006).

I.5.1 Le procédé membranaire

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 dissous au moyen de membranes sélectives. De tels procédés sont à priori séduisants puisqu'ils doivent pouvoir fonctionner à la température ambiante et qu'ils n'impliquent pas un changement de phase. Deux procédés utilisant de telles membranes sont actuellement commercialisés, qui sont l'électrodialyse et l'osmose inverse (Maurel, 2006).

I.1.1.1 Le principe de l'osmose inverse

L'osmose est basée sur le principe fondamental de l'équilibre. Lorsque deux liquides contenant différentes concentrations de solides dissous sont mis en contact, ceux-ci se mélangent jusqu'à uniformisation des concentrations. Lorsque ces deux liquides sont séparés par une membrane semi-perméable (laquelle laisse passer les liquides tandis que les solides restent dans leur compartiment), le liquide contenant la plus faible concentration de solides dissous va traverser la membrane pour aller dans le liquide contenant la plus forte concentration de solides dissous (Binnie, 2002).

Après un temps donné, le niveau de l'eau sera plus élevé d'un coté de la membrane. La différence de hauteur est appelée pression osmotique.

En appliquant une pression supérieure à la pression osmotique, l'effet inverse se produit. Les liquides sont refoulés au travers de la membrane, laissant les solides dissous derrière.

Pour purifier l'eau à l'aide de membrane d'osmose inverse, l'effet d'osmose naturel doit être inversé, la figure n° 2 illustre ce phénomène. Afin de forcer l'eau de la solution de

l'eau de mer (concentration en sel élevée) à aller dans la solution douce (concentration en sels basse), l'eau doit être pressurisée a une pression d'opération supérieure à la pression osmotique.

Ce procédé est actuellement le plus utilisé notamment en Algérie, c'est le procédé utilisé à l'unité de dessalement de l'eau de mer de la ville de Tigzirt.

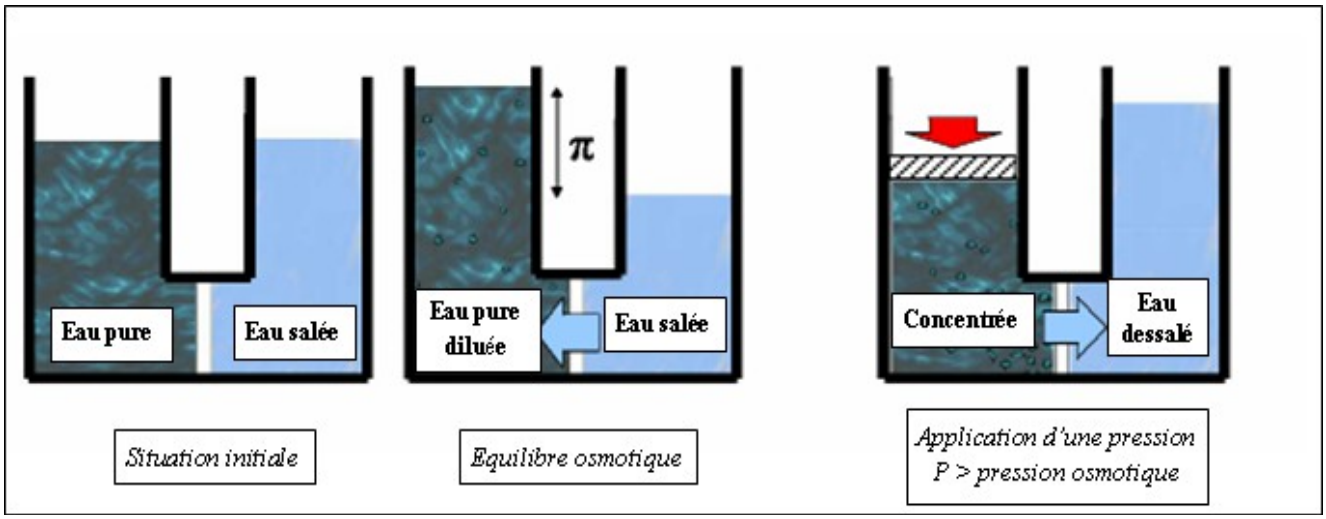


Figure n°2 : *Schéma du principe de l'osmose inverse (Memotec, 2006)*

I.5.2 Le dessalement dans le monde

La nécessité de recourir au dessalement de l'eau de mer est de plus en plus sollicitée dans le monde et l'adaptation de cette technique par de nombreux pays est en croissance continue. La production mondiale d'eau douce à partir d'eaux saumâtres ou salées dépasse 25 $\times 10^6$ m^3/j. Les principaux pays qui ont adoptés cette technique pour la production de l'eau douce sont : l'Arabie Saoudite (25 %), les États-Unis (15 %), les Émirats Arabes Unis (10 %) et le Koweït (5 %) en admettant une consommation moyenne de 250 L/j par habitant (Patrick, 2003).

Notamment, en Méditerranée les besoins en eau à présent et dans le futur s'amplifient d'une manière alarmante. Le dessalement est depuis longtemps une source importante d'eau dans certaines parties de la Méditerranée. Les usines de dessalement se trouvent dans les régions ayant un climat chaud, une pluviométrie relativement faible et imprévisible et où les ressources en eau ne peuvent répondre aux demandes de pointe de la période touristique (Athènes, 2001).

I.5.3 Le dessalement en Algérie

À l'instar des autres pays méditerranéens, l'Algérie, est confrontée davantage à d'énormes problèmes en matière de politique de l'eau. La surcharge du littoral, les disparités entre zones rurales et urbaines, les périodes de sécheresse et l'accroissement de la pollution sont autant de facteurs qui déstabilisent l'équilibre déjà précaire de l'alimentation en eau. L'Algérie dispose de ressources en eau très limitées particulièrement au nord ou vivent les trois quarts de la population.

La crise de ressources hydriques qui a menacé ces dernières années l'alimentation en eau potable la population dans diverses régions du pays a accentué l'intérêt de l'Algérie au dessalement. Le projet dessalement d'eau de mer fait partie d'un programme d'urgence décidé par le gouvernement pour pallier durablement au déficit en ces ressources. Engendré par la situation de sécheresse qu'a connue le pays pendant les années quatre-vingt dix (MRE, 2003)

Les installations de dessalement d'eau de mer entamé en 2002, font partie d'un projet d'alimentation en eau potable de la région côtière algérienne. A cet effet, la réalisation du projet va se traduire par la production du 57500 m^3/j répartis comme suit:

- Wilaya d'Alger : 12 stations pour un volume journalier de 30.000m^3.
- Wilaya de Boumérdes : 01 station pour un volume journalier de 5000m^3.
- Wilaya de Tipaza : 01 station pour un volume journalier de 5000m^3.
- Wilaya de Skikda : 04 stations pour un volume journalier de 10.000m^3.
- Wilaya de Tlemcen : 02 stations pour un volume journalier de 5000m^3.
- Wilaya de Tizi-Ouzou : 01 station pour un volume de 2500m^3.

Le marché est signé entre l'Algérienne des eaux (ADE), d'une part, et :

1) L'entreprise nationale Hydro-traitement le 11/05/2002.

2) L'entreprise allemande Linde-Kca le 11/05/2002 (Bessnasse, 2006).

II.1 L'eau potable

II.2.1 Introduction

Dans la vie quotidienne, notre existence est strictement liée à l'eau sous toutes ses formes lesquelles sont diverses. Nous citerons les eaux des lacs et rivières, les eaux de sources, les eaux souterraines et les eaux de mer…etc. Toutes ces eaux diffèrent les unes des autres de par leurs compositions physico-chimiques et biologiques. Dans ses activités diverses, l'homme utilise le plus souvent l'eau pour :

- La consommation : L'eau potable
- L'agriculture : les eaux d'irrigation
- L'industrie : les eaux industrielles

L'eau destinée à la consommation humaine, en plus de la régularité de sa provision, doit répondre aux normes standards de point de vu qualité physico-chimique et biologique (Les cahiers techniques du stage T 22, ADE).

La qualité d'une eau de consommation repose sur l'étude des éléments minéraux dissous (qualité physico-chimiques), et le dénombrement de la charge bactérienne se développant dans l'eau (qualité microbiologique).

II.2.2 La composition de l'eau

Généralement, L'eau n'est pas pure chimiquement quelle que soit sa source et son origine ; que ce soit de l'eau de mer, l'eau de rivière, l'eau minérale out l'eau de robinet. En effet, l'eau est un solvant, et au cours de son cycle naturel (ruissellement, infiltration …) elle dissout de nombreuses substances. Essentiellement ces substances qu'on désigne souvent sous le nom des sels minéraux.

Tous les organismes vivant ont besoin des sels minéraux, qui sont nécessaires au maintien de la vie et de la santé, ces principaux minéraux se présentent en quantités infimes (quelques mg/l), qui sont : Calcium, phosphore, magnésium, sodium, potassium, le chlore et le soufre.

Parmi ces substances il ya des oligo-éléments qui sont infiniment utiles et que l'on trouve en très petites quantités: fer, cuivre, iode, cobalt, zinc, fluor, aluminium, bore,

molybdène, sélénium, cadmium…etc. Le fer et le fluor sont sans doute les plus connus respectivement pour leurs actions contre l'anémie et les caries (Aroua, 1981). Le tableau II.1 illustre quelques oligo-éléments et leur action sur la santé humaine.

Tableau II.1 : Oligo-éléments et leurs actions sur la santé humaine

Oligo-éléments	**Actions**
Fluor	Action contre les caries.
Bore	Action sur la structure osseuse.
Chrome	Participe à la gestion des glucides et des lipides.
Cobalt	Composant de la vitamine B12.
Cuivre	Intervient dans le fonctionnement des enzymes, la synthèse de protéines et la formation de globules rouges.
Fer	L'un des éléments essentiels de l'hémoglobine (sang).
Iode	Composante des hormones de la glande thyroïde.
Lithium	Influence l'équilibre nerveux.
Manganèse	Indispensable pour l'action de certains enzymes, il améliore la glycémie.
Molybdène	Constituant de certains enzymes.
Selenium	Protection des radicaux libres, neutralise l'oxydation cellulaire.
Silicium	Agit sur la structure osseuse.
Strontium	Intervient dans la formation osseuse.
Vanadium	Activateur de la croissance.
Zinc	Présent dans de nombreux enzymes, il intervient dans la synthèse des protéines.

II.2.3 Caractéristiques et propriétés d'une eau potable

Une eau destinée à la consommation humaine est considérée comme potable si elle répond à des exigences de qualité bien définies à l'égard de ses caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques qui ne doivent pas porter atteinte à la santé du consommateur. On distingue les paramètres suivants qui caractérisent une eau potable :

II.1.3.1 Paramètres organoleptiques

Une eau de consommation doit être limpide, fraiche, exempte de couleur ainsi que d'odeur et de saveur désagréables (Dupont, 1986).

a) La couleur

La couleur de l'eau est due aux différents éléments qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdal. Une eau colorée n'est pas agréable pour l'usage domestique et en particulier pour la boisson, car elle provoque toujours un doute sur la potabilité.

b) Le gout et la saveur

C'est un critère d'appréciation gustative de la qualité de l'eau. Une eau potable de bonne qualité a un bon gout et ne présente pas l'odeur. La saveur dépend essentiellement de la qualité et la nature des corps dissous. Toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition.

A l'état naturel, une concentration de la minéralisation, introduit un gout plus ou moins accentué dans l'eau, si par exemple l'eau renferme une grande quantité de chlore, elle aura une saveur saumâtre, si elle contient de forte quantité de sels de magnésium l'eau aura un gout amer, les mauvais gouts de l'eau ne sont pas graves du point de vue de l'hygiène, mais ils sont désagréables pour l'emploi de cette eau comme boisson.

c) L'odeur

Les odeurs résultent de la présence des substances volatiles dans l'eau qui peuvent être minérales ou organiques en solution telle que (NH_3, H_2S) (Rejsek, 2002). L'odeur de l'eau signifie généralement un indice de fermentation microbienne et un signe de pollution (Rodier et *al*, 2005).

d) Turbidité

C'est la réduction de la transparence d'un liquide est due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée dans les eaux, par la présence de matières en suspension fines comme les argiles, les limons, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (Rejsek, 2002).

Pour la sécurité de l'eau de boisson, il faut une turbidité inférieure à 5 NTU (Unité néphélométrie de turbidité). Elle est mesurée par un turbidimètre (Rodier, 1996).

II.1.3.2 Paramètres physico-chimiques

a) Température

Pour une eau de boisson, le facteur le plus apprécie est la température. Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du PH. Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes (Rodier, 1996).

b) Le PH

Le PH est un paramètre d'appréciation de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau donc il est très important dans la détermination de l'équilibre calco-carbonique. Le PH dépend de l'origine des eaux et de la nature géologique des terrains traversés. Il n'a pas signification hygiénique, mais il présente une notion très important, Pour la détermination de l'agressivité de l'eau (Kettab, 1992).

c) La conductivité

La conductivité est un indice de l'abondance des ions dans l'eau. La mesure de la conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration de l'eau en sels dissous. Elle constitue un critère d'appréciation de la minéralisation globale d'une eau (tableau II.2), elle dépend de la température de l'eau, de la concentration et la nature des ions mobiles dissous dans cette eau (Rejsek, 2002).

Tableau II.2 : Relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau

Conductivité (µs/cm)	**Appréciation de la minéralisation**
Conductivité < 100	Minéralisation très faible
100 < conductivité < 2 00	Minéralisation faible
200 < conductivité < 333	Minéralisation moyenne accentuée
333 < conductivité < 666	Minéralisation moyenne
666 < conductivité < 1000	Minéralisation importante
Conductivité > 1000	Minéralisation excessive

d) La salinité

La salinité mesure la concentration d'une eau en sels dissous (chlorures de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de magnésium, etc.) au travers la conductivité électrique de cette eau. Selon Maurela (2006), La salinité d'une eau correspond à la teneur globale en cations et en anions, il s'exprime en mg/l. Les eaux de mer sont caractérisées par une salinité très importante.

e) La minéralisation globale

Elle donne des renseignements sur la concentration des éléments minéraux présents dans l'eau :

1- Le calcium Ca^{2+}

C'est un métal alcalino-terreux extrêmement répondu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme de carbonates, c'est un composant majeur de la dureté, il existe surtout à l'état de bicarbonates(HCO_3).

2- Le magnésium Mg^{2+}

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté d'une eau. A partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, donne un gout désagréable à l'eau. Comme le calcium, c'est un élément indispensable pour la croissance. Il joue le rôle d'élément plastique dans l'os et dynamique dans les systèmes enzymatiques et hormonaux.il est présent dans l'eau souvent à de forte concentration (Rodier, 1996).

3- La dureté

La dureté d'une eau ou le titre hydrotimétrique est une mesure globale de la concentration en sels dissous de l'eau en calcium et en magnésium, en excès, elle provient essentiellement du lessivage des roches sédimentaires et des sols.

La dureté entraine l'entartrage; des difficultés à cuisson et une consommation excessive du savon (Desjardins, 1990).

4- L'alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonate et hydroxydes.

- le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et carbonates alcalins caustique.
- Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates (Rodier, 1996).

5- le potassium

La teneur en potassium dans l'eau naturelle est relativement constante, ne dépasse pas habituellement les 10 à 15 mg/l (Rodier et al, 2005).

Cependant, certains rejets industriels, en particulier des mines de potasse et d'usine d'engrais peuvent entrainer dans l'eau des quantités de potassium relativement importantes.

6- Les chlorures

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations variables, leur présences en quantité excessive dans l'eau la rend corrosive pour les réseaux de distributions et nocive pour les êtres humains et les plantes (Rodier et al, 2005).

f) Les éléments indésirables

Les principaux éléments indésirables affectant la qualité de l'eau potable sont les suivants :

1- Aluminium (Al^{3+})

L'aluminium est très répandu sur la terre, il vient par ordre d'importance après l'oxygène et le silicium. Il ne présente aucun inconvénient pour l'organisme mais des concentrations importantes dans l'eau la rendre désagréable à la consommation**.** (Rodier et al, 2005).

A des concentrations supérieures à 30 µg/l en aluminium, l'eau peut être considérée comme dangereuse lorsqu'elle est utilisée pour la dialyse rénale (Vilagines, 2003).

2- Fer (Fe)

Le fer contenu dans les eaux superficielles peut avoir une origine tellurique, mais, le plus souvent, il provient de lessivage de terrain et de pollutions minières ou métallurgiques. Indépendamment d'une saveur désagréable pouvant être perçue à partir de 0,05 mg/l, le fer développe dans l'eau une turbidité rougeâtre peu engageante pour le consommateur (Rodier et *al*, 2005).

3- Manganèse (Mn^{2+})

On peut le trouver à des concentrations de l'ordre de 1 mg/l dans les eaux souterraines et à moins de 0,05 mg/l dans les eaux de surfaces. Il est responsable de la formation de couche noirâtre sur les canalisations lesquelles, lorsqu'elles se détachent donnent une couleur douteuse à l'eau (Rodier, 1996).

4- Zinc (Zn^{2+})

D'une façon générale, les eaux à pH faible ont des teneurs en zinc plus importantes. La présence de zinc dans les eaux de surface doit être rattachée à des activités industrielles. Par contre, le zinc retrouvé dans les eaux de distribution à des teneurs pouvant dépasser 1mg/l provient généralement des canalisations de laiton ou de fer galvanisé, attaquées par les eaux agressives ou riches en chlorures et sulfates (Rodier et al, 2005).

g) Eléments indicateurs de pollution

Pour le milieu aquatique la pollution désigne toute modification de son équilibre. La pollution est à l'origine des perturbations des écosystèmes aquatiques et, de la détérioration de la qualité de l'eau qui devient impropre à certains usages, comme l'alimentation humaine.

Pour détecter la pollution de l'eau potable certains éléments sont recherchés :

1- Les nitrates NO_3^-

Constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, il se trouve fréquemment dans les eaux naturelles. Ils ont pour origine une nitrification de l'azote, mais peuvent également être en liaison avec la teneur en nitrates des terrains traversés.

2- Les nitrites NO_2^-

Selon RODIER et *al* (2005), les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Leur présence est due, soit à l'oxydation partielle de l'azote ammoniacal sous l'action des bactéries nitreuses de types nitrosomonas, soit à la réduction des nitrates par les bactéries dénitrifiantes.

3- L'azote ammoniacal

Selon CARDOT (1999), le terme ammoniac désigne à la fois la forme non ionisé NH_3 et le cation ammonium (NH_4^+). Les eaux naturelles contiennent de l'azote ammoniacal, produit normal de la biodégradation incomplète de la matière organique, cependant sa teneur devrait être relativement faible, puisque l'ammonium est oxydé graduellement en nitrites (NO_2^-) puis en nitrates (NO_3^-) suivant les réactions :

La nitration : $NH_4^+ + O_2 \longrightarrow NO_2^- + 4H^+$

Nitrosomonas

La nitratation : $2\ NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2\ NO_3^-$

L'ammoniac favorise le développement des bactéries dans les réseaux de distribution d'eau potable, sa présence est un signe de pollution par les eaux usées et d'autres rejets.

4- Les sulfates

Les eaux naturelles contiennent toujours des sulfates à des concentrations variables. Leur présence a diverses origines; elle peut résulter de la dissolution des sulfates de calcium (gypse) ou de la matière organique d'origine animale. A des concentrations élevées les sulfates provoquent des troubles gastro-intestinaux.

5- Les phosphates PO_4^{-3}

Leur présence dans les eaux naturelles peut provenir, en plus de la dégradation de la matière organique, de la nature des terrains traversés.

h) Les éléments toxiques

Les principaux éléments toxiques affectant la qualité de l'eau potable sont, le plomb (Pb) et le mercure (Hg); vu leur effets néfastes pour l'organisme humain, ces éléments ne doivent pas être présent dans l'eau destinée a la consommation.

1- Le plomb

Il est présent dans les eaux naturelles à des concentrations faibles, mais sa teneur augmente lorsque les eaux d'alimentations agressives s'séjournent dans des canalisations en plomb (Vilagines, 2003).

2- Le mercure

Il s'agit de la couleur, de l'odeur et de la turbidité. Ils n'ont pas de signification sanitaire, mais leur dégradation peut indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distributions (FCE, 2003).

En générale, l'eau d'alimentation et l'eau de mer, ont des teneurs inférieure à 0,1 µg/l de mercure total, cependant ces eaux sont plus exposées aux rejets d'effluents

industriels contenant du mercure (industrie des matières plastiques avec catalyseur en mercure).

II.1.3.3 Caractéristiques microbiologiques

Une eau d'alimentation ne doit renfermer aucun germe pathogène. On ne peut déclarer une eau comme potable que lorsque les tests microbiologiques sont négatifs, c'est-à-dire qu'il ya aucun danger sur la santé humaine. Un ensemble de micro-organismes peuvent se développer dans l'eau, ils sont d'origine diverses, la présence de germes fécaux dans l'eau peut suspecter la présence de germes pathogènes d'où le risque sur la santé humaine. Les germes test à rechercher sont les suivant :

- Coliformes et *Escherichia Coli ;*
- Entérocoques fécaux, Streptocoques fécaux ;
- Colstridium et Sulféto- réductuers.

II.1.2 Les normes de potabilités

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé des consommateurs.

Les valeurs des différentes paramètres de qualité des eaux sont, à titre de recommandation, sous forme de valeurs guides ou niveau guides (NG) qui correspond à la concentration à la quelle l'eau ne présente pas de risque sensible pour la santé du consommateur et conserve ses qualités organoleptiques.

Ces recommandations concernent un grand nombre de paramètres mais n'ont pas de caractères contraignants; ainsi chaque pays pourra se servir de ces recommandations pour mettre en place sa propre législation tel que le cas de l'Algérie (Annexe II) (Rejsek, 2002).

L'Organisation Mondiale de la Santé ou OMS, a instauré quelques lignes directrices concernant la qualité requise pour que l'eau soit dite potable (Annexe III). Ces lignes directrices sont les références internationales qui garantissent une eau saine et donc potable.

II.1.3 L'eau en Algérie

Ces dernières années, comme tous les pays hydro-sensibles, l'Algérie a confronté un stress hydrique chronique sans précédent notamment en (2002-2003). Les aléas climatiques persistants, ainsi qu'une forte croissance de la population dans les grands centres urbains ont largement contribué à l'actuelle carence de ressources mobilisables pour les besoins élémentaires du pays. Les politiques publiques de ces dernières années ne cessent de rattraper les déficits, qu'ils s'agissent des retards enregistrés dans les programmes de construction des infrastructures de mobilisation de réseaux de distributions ou des canalisations d'assainissements et de stations d'épuration (Saidi, 1997 ; MRE, 2005).

II.1.5.1 L'approvisionnement en eau potable en Algérie

L'Algérie est un pays semi-aride, dont la pluviométrie moyenne annuelle varie de 200 à 400mm, les ressources en eau sont faibles, irrégulières et principalement localisées dans le nord du pays. L'apport total des précipitations serait de l'ordre de 100 milliards de m^3 d'eau par année, dont 12 milliards de m^3 en écoulement superficiels, seuls 6 milliards de m^3 sont mobilisables en tenant compte des sites favorables techniquement (Kettab, 2001).

II.1.5.2 Effort de l'Algérie dans la mobilisation des ressources

Afin de faire face au problème de la pénurie d'eau, le gouvernement Algérien a mis en place un programme d'urgence basé sur une nouvelle stratégie favorable à la diversification des ressources en eau potable pour améliorer la couverture des besoins en ressources hydriques que ce soit pour l'usage domestique ainsi qu'industriel et surmonter les conditions climatiques défavorables (MRE, 2003).

Parmi les principaux projets réalisés et en cours de réalisation sont :

- Renforcement des infrastructures hydriques (constructions de nouveaux barrages et stations de traitements)
- Renouvellement et extension des réseaux de distribution d'eau d'une région à l'autre
- Réutilisation des eaux usées épurées
- Dessalement de l'eau de mer
- Déminéralisation des eaux saumâtres (souterraines et superficielles) et leur reminéralisation augmentent d'une façon considérable les ressources en eau potable.

II.2 La reminéralisation

II.2.1 Introduction

L'eau produite par les usines de dessalement appelée perméat est caractérisée par une teneur faible en minéraux, dureté, alcalinité, et pH. Par conséquent, l'eau dessalée doit être conditionnée et reminéralisée avant sa distribution pour l'usage. Les principaux objectifs types de reminéralisation sont : (1) assurer la protection du système de distribution de l'eau contre la Corrosion; (2) ajouter les minerais essentiels requis pour satisfaire les besoins diététiques humains et pour faciliter d'autres utilisations potentielles de l'eau dessalée telles que l'irrigation.

II.2.2 Définition de la reminéralisation

Des produits chimiques contenant le calcium, tels que la chaux, la calcite, l'hypochlorite de calcium ou le calcium et le magnésium tels que la dolomite sont typiquement ajoutés à l'eau dessalée dans un dosage de 60 à 120 mg/l (comme CaCO3) pour la commande et le contrôle de corrosion du système de distribution de l'eau ainsi que la protection de la santé publique.

Ces produits chimiques produisent le carbonate de calcium ou une combinaison de carbonate de calcium et de magnésium dans l'eau dessalée qui, se précipitent en quantités proportionnées sur la surface intérieure de pipe de distribution pour former le film protecteur qui sert de barrière physique empêchant la corrosion (Nikolay, 2011).

II.2.1 Technologies de la reminéralisation

La reminéralisation de l'eau dessalée est typiquement accomplie par trois groupes principaux de technologies, qui sont : reminéralisation chimique, mélange de l'eau dessalée au une eau de source riche en minerais, et par dissolution des minerais naturels.

II.2.3.1 La reminéralisation chimique

Processus qui sont basés sur l'addition directe des produits chimiques contenant du calcium ou du magnésium.

a) Addition du calcium

La plupart des eaux de mer et saumâtres dans les usines de dessalement de l'eau ajoutent aujourd'hui typiquement seulement le calcium à l'eau dessalée sous forme de chaux, car cette dernière est aisément disponible comme produit commercial, et moins chère à l'emploie pour réaliser le même niveau cible de la dureté totale de l'eau par rapport à celle employé avec des sels de magnésium. La reminéralisation en calcium est nécessaire parce que le magnésium seul ne peut pas assurer la protection proportionnée vis-à-vis de la corrosion.

La reminéralisation en utilisant la chaux et l'anhydride carbonique est donnée par la réaction chimique présentée ci-dessous :

$$2CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \qquad (1)$$

b) Addition de Magnésium

Tandis qu'il est acceptable que la dureté totale soit ajoutée seulement comme dureté de calcium afin de protéger le système de distribution de l'eau contre la corrosion. Néanmoins, une telle eau assure peu la protection sanitaire humaine, et peu de valeur agricole. Par conséquent, l'ajout de magnésium à l'eau dessalée permet d'améliorer la qualité de l'eau obtenue. Par conséquent, quelques pays, tels que l'Israël, est actuellement pratique et projette pour l'addition de magnésium à l'eau dessalée. Actuellement, aux usines de dessalement, le magnésium est supplémentaire comme produit disponible dans le commerce de catégorie comestible le sulfate de magnésium ou chlorure de magnésium.

II.2.3.2 Reminéralisation par mélange aux minerais d'une eau de source

Cette technique de reminéralisation est réalisée par le mélange de l'eau dessalée à une partie de l'eau de source utilisée pour le dessalement, ou avec d'autres sources d'eau douce. Cette pratique est fréquemment employée dans les usines de dessalement des eaux saumâtres par l'osmose inverse et les usines thermiques de dessalement; ainsi le mélange de l'eau saumâtre de bas-salinité et de l'eau dessalée est une pratique courante. De plus, cette méthode est acceptable seulement quand l'eau de source est de haute qualité, et est traitée

préalablement convenablement pour des soucis microbiens et chimiques, et quand le mélange répond à toutes les normes applicables de qualité de l'eau.

II.2.3.3 Reminéralisation par dissolution des minerais naturels dans l'eau dessalée

a) Addition de calcium

La pierre à chaux (calcite) est un minerai naturel composée essentiellement de carbonate de calcium ($CaCO_3$). Le traitement de l'eau par ajout de calcite laisse dissoudre cette source de calcium et la réaction à de l'anhydride carbonique permet d'ajuster la dureté de calcium et l'alcalinité de bicarbonate à l'eau dessalée. La reminéralisation en utilisant la calcite et l'anhydride carbonique est donnée par la réaction chimique suivante:

$$CO_2 + CaCO_3 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \qquad (2)$$

La comparaison des équations (1) et (2) précédentes indique que la reminéralisation employant la calcite exige deux fois moins d'anhydride carbonique, le coût de chaux est habituellement plus de deux fois plus élevé que celui de la calcite. Par conséquent, l'utilisation de la calcite est habituellement plus rentable par rapport à l'application de la chaux pour la reminéralisation.

b) Addition de dolomite

La dolomite [$CaMg(CO_3)_2$] est un minerai naturel qui contient le carbonate de calcium et de magnésium. La circulation l'eau dessalée à travers un conjoncteur de dolomite permet d'ajouter les deux minerais en question, le calcium et le magnésium à l'eau obtenue. Dans la nature, le minerai de roche de dolomite est souvent non-homogène et il est intercalé avec de la pierre à chaux. Par conséquent, il est plus difficile de prévoir la qualité exacte de l'eau produite.

La solubilité de la dolomite pour enrichir l'eau dessalée avec des quantités proportionnées de calcium et de magnésium nécessite la réduction du pH de cette eau au moins de 4.5 par l'addition d'acide sulfurique ou d'anhydride carbonique. Du moment que, le magnésium ne se dissout pas bien dans l'eau avec pH plus de 5.5, l'ajustement du pH au niveau cible de 8 à 8.5 nécessaire pour la protection de corrosion a souvent comme conséquence le niveau relativement bas de l'alcalinité de carbonate et du magnésium dans l'eau par rapport à la dureté de calcium.

La reminéralisation de l'eau avec la dolomite est moins faisable par rapport à l'utilisation de la pierre à chaux pour plusieurs raisons:

- Habituellement la dolomite est plus coûteuse et moins disponible que la pierre à chaux.
- La solubilité de la dolomite est plus de trois fois plus lente que la dissolution de la pierre à chaux. Ceci nécessite l'installation de conjoncteurs de dolomite de taille sensiblement plus grande et par conséquent plus coûteux.
- La dolomite est naturellement non-homogène par rapport à la pierre à chaux.

En raison des contraintes de processus énumérées ci-dessus et de la disponibilité limitée de la dolomite de catégorie alimentaire. L'application de ce minerai pour la reminéralisation de l'eau dessalée n'est pas mise en œuvre (Nikolay, 2011).

III.1 Présentation de la station de dessalement de Tigzirt :

III.1 Situation géographique de la commune de Tigzirt :

Tigzirt, est une zone côtière située à 125 Km à l'Est d'Alger, à 120 Km à l'Ouest de Bejaia et 38 Km au Nord de la wilaya de Tizi Ouzou

III.2. Présentation de la station de dessalement de l'eau de mer :

Elle se situe à la sortie Ouest de Tigzirt, éloignée de la plage TASSALAST d'environ 400 m.

Les travaux ont été lancés depuis le mois d'Avril 2003, cette station est réalisée par la société « HYDRO-TRAITEMENT» est mise en service en Août 2004, elle est réceptionnée par l'Algérienne des Eaux (ADE) en 2007.

Avec une capacité de production de 2500 m^3/jour, cette station "monobloc" permet de garantir une alimentation en eau potable de la population de la ville de Tigzirt, estimée à 16600 habitants (Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH- 2009).

Figure 1.3. *Vue générale de la station de dessalement de Tigzirt*

L'unité de dessalement de Tigzirt produit une eau osmosée refoulée vers un réservoir, où elle est mélangée avec les eaux de forage.

Cette dernière comprend une station de pompage des eaux brutes, un décanteur lamellaire avec des pompes de transfert des eaux vers l'installation, une monobloc d'osmose inverse, un laboratoire d'analyses, un poste de transformation du courant électrique, un groupe de secours, un local de stockage de produits chimiques et un logement de service.

Le procédé de production adapté au niveau de cette station conduit à des rejets liquides qui sont rejetés à la mer. Le coût global de cet ouvrage est estimé à 125 millions de dinars algériens.

III .3 . Présentation de l'installation :

III.3.1. Donnés de l'installation :

Modèle	ASTROBLOC 33V-7/SW
N° de la machine	1411
Date de fabrication	SEP 2002

Paramètres	**Valeurs nominales**	**Unité**
Débit d'entrée	232	m^3/heure
Débit de production	104	m^3/heure
Débit de saumure	128	m^3/heure
Taux de conversion	45	%
Capacité de production	2 500	m^3/jour

III.3.2. Les pompes utilisées :

L'eau brute aspiré par la pompe et refoulée dans une conduite menant vers le système de décantation. Ce dernier est composé de différents compartiments. Des pompes sont installées au fond du basin de décantation pour l'acheminement de l'eau décantée vers l'installation.

Dans la station, quatre types de pompes sont utilisées, chacune dans un but bien précis. Ces types sont : Pompe d'eau de mer, Pompe de transfert vers

l'installation, Pompe à haute pression et Pompe de lavage et de refoulement dans la perspective de produire une eau potable de meilleur qualité que l'on puisse avoir. Le tableau qui suit résume les caractéristiques les plus importants de ces dernières dont on cite : leurs Débits (m^3/h), leurs Puissances (kW), leurs Vitesses de rotation (tours/min), Marque, et HMT (m).

Pompe	**Débit (m^3/h)**	**HMT (m)**	**Vitesse de rotation (tours/min)**	**Puissance (kW)**	**Marque**	**Type**	**Pompe en marche**	**Année d'installation**
Pompe d'eau de mer	280	25	1465	25.5	RITZ	Centrifuge horizontal	1 sur 2	2009
Pompe de transfert vers l' installation	93	40	2940	18 .5	MORELLI BOMBAS	Centrifuge horizontale	2 SUR 3	2009
Pompe a haute pression	77	280	5930	15O	GRUNDFOS (ESP)	Suppresseur	2 sur 3	2004
Pompe de lavage et de refoulement	90	89.1	-	30	SIEMENS	Centrifuge à transmission verticale	1 sur 2 pour chacune	2004

III.4. Description du procédé de dessalement par osmose inverse :

Parmi les procédés membranaires, on cite et on s'intéresse à l'osmose inverse vu que la station de dessalement travaille avec cette technique de séparation membranaire.

III.4.1. Prise d'eau de mer :

La prise d'eau de mer est assurée par une pompe centrifuge avec un débit estimé à 232 m^3/h, elle est munie d'une conduite en polyéthylène à haute densité (PEHD) de diamètre intérieur de 400 mm, émergée dans la mer à une profondeur de 12 m et 500 m au large, son site et sa conception seront choisis pour éviter au mieux les zones à forte teneur en matières en suspension.

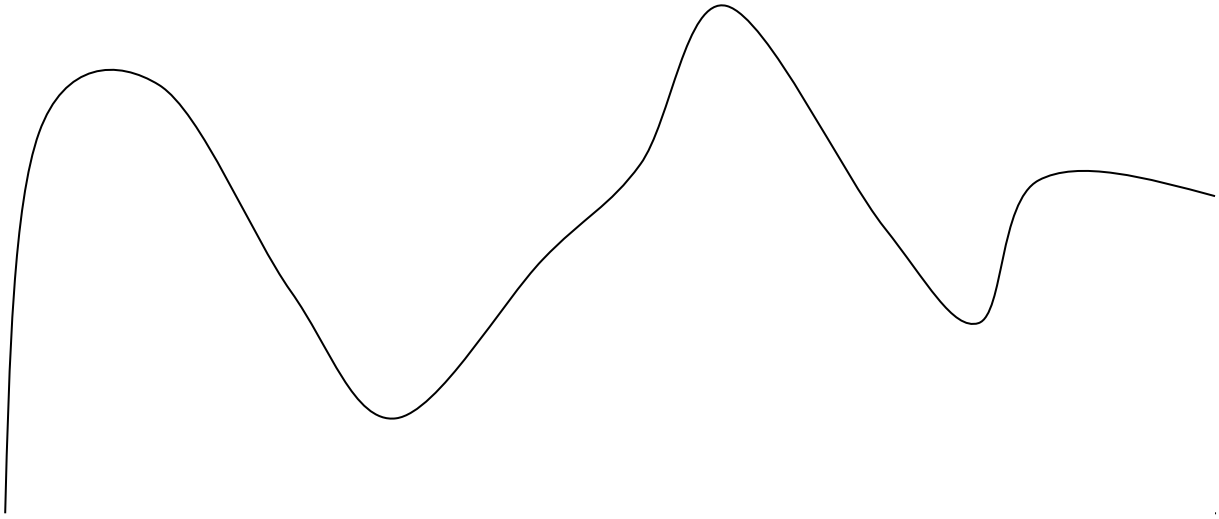


Figure Schéma illustrant la prise d'eau de mer.

Photo 1 : Prise directe d'eau de mer

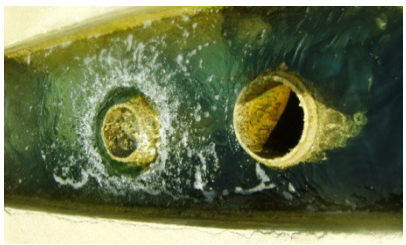
III.4.2. Décantation :

Le décanteur est de type lamellaire opérant à un débit de 232 m^3/h, il comporte 03 compartiments :

- *1er compartiment :* alimenté par deux conduites d'eau brute et muni d'une autre conduite appelée « trop plein » servant à évacuer les eaux excédentaires. Au niveau de ce bassin, les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau sont décantées et extraites périodiquement.

2eme compartiment : ce bassin communique avec le premier par le fond ce qui favorise la décantation du reste des matières en suspension. Après le passage dans le deuxième bassin les eaux ont tendance à remonter en surface pour se retrouver dans des tubes à section hexagonale. Les lamelles sont constituées de polychlorure de vinyle (PVC), inclinées de 60°, les boues sont charriées à l'encontre du courant ascendant de l'eau pour favoriser l'écoulement des particules vers le fond de l'ouvrage [Pierre BLAZY, EL-Aid JDID et Jean-Luc BERSILLON, 1999.]. A la surface du bassin, des conduites perforées sont plongées dans l'eau décantée afin de l'acheminer vers le 3ème compartiment.

- ***3eme compartiment :*** des pompes d'apports sont installées pour l'acheminement de l'eau décantée et l'alimentation pour la production.



1er compartiment

3eme compartiment

II.4.3. Dosage de l'acide chlorhydrique :

Le système de dosage se compose d'un réservoir de stockage de 500 litres, construit en PEHD, l'acide chlorhydrique est injecté à l'entrée des filtres à sable.

Le pH de l'eau brute est ajusté à 6,78 afin de protéger les membranes contre la précipitation des sels et la formation d'un dépôt de carbonates de calcium sur les surfaces des membranes qui entraine un colmatage de type scaling (entartrage).

⇨ Le débit d'injection : 12,5 L /heure.

Photo 2 Point d'injection de l'acide chlorhydrique

II.4.4. Filtration duelle :

Le système de filtration est composé de 03 filtres verticaux du type duel (double lit filtrant), constitués par des matériaux inertes comme l'anthracite et le silex. Chaque unité de filtration prévue pour 1/3 du débit nominal.

Le degré de filtration de ce système est de 20 µm.

Tableau Les charges de chaque filtre à sable

Lit	silex	Taille (mm)	Hauteur couche (mm)	Quantité

1er lit	silex support lourd	3-5	Couvrir le collecteur	800	Kg
2eme lit	silex support	1-2	300	1500	Kg
3eme lit	silex filtrant	0,4-0,8	500	2500	Kg
4eme lit	anthracite	0,8-1,2	400	1800	litre

Photo 3 Image des trois filtres à sable

III.4.5. Dosage du bisulfite de sodium

Le système de dosage du bisulfite de sodium se compose d'un réservoir d'emmagasinage d'une capacité de 500 litres construit en PEHD.

- **Débit d'injection : 2 L/h.**

Photo 4 Point d'injection du bisulfite de sodium

Remarque : *Les réservoirs de stockage de produits chimiques sont composés d'un interrupteur de niveau minimum, lequel déclenchera l'alarme et l'arrêt de l'installation.*

III.4.6.Filtres d'affinement et de sécurité :

Une fois l'eau de mer filtrée au niveau des filtres duels et dosée avec des produits chimiques décris antérieurement, elle est acheminée vers le système de microfiltration, afin d'éliminer toutes les particules qui peuvent rester en suspension, ayant une dimension supérieures à 5 microns.

Cette partie du processus se compose d'une carcasse de filtre d'affinement construit en polymère renforcé de fibres de verre (PRFV), chaque filtre est constitué de 33 cartouches.

Tableau : Caractéristiques des cartouches de filtration

Type de cartouche	PX – 0540
Degré de filtration	5 µm
Longueur	40 cm
Diamètre	6 cm

Photo 5 Les trois filtres de sécurité

III.4.7. Pompage à haute pression et turbine de récupération de l'énergie hydraulique du concentrât :

L'eau parfaitement conditionnée arrive au système de pompage à haute pression, ce dernier l'impulse vers les membranes d'osmose inverse. L'eau à traiter a une pression osmotique de 18 bars approximativement, la pression nécessaire pour la production est de 54 bars. 15% de l'énergie hydraulique du rejet sont récupérés par la turbine de récupération.

III.4.8. Système de membranes d'osmose inverse :

L'installation est équipée de membranes de configuration spiralée, installées en séries dans des tubes de pression à raison de sept membranes par tube, elles sont raccordées par des joints.

Ces membranes sont construites en polyamide, spécialement utilisées pour des eaux marines ayant jusqu'à une concentration de 50000 ppm, de haute efficacité, de marque HYDRANAUTICS. Le choix des membranes de haut rejet de sel a pour objet de produire une eau traitée d'une salinité totale inférieure à 400 ppm. Ces dernières ont une grande résistance

chimique et peuvent fonctionner dans une gamme de pH allant de 2 à 10, ce qui donne une grande facilité de nettoyage, acceptant une grande variété de produits chimiques de lavage.

Les membranes sont groupées sur un châssis et montées dans 33 tubes de pression de 7 unités, de diamètre de 21 cm et d'une longueur de 760 cm, fabriquées en PRFV et conçus pour une pression de travail de 70 bars. Les membranes sont du type SWC3 de 20 cm de diamètre et 100 cm de longueur.

Les principales caractéristiques sont :

- **Taux de rejet : 99.6 %**
- **Aire : 353 031,5 cm^2**

Photo 6 Membranes d'osmose inverse

1.4.9. Système d'équilibre osmotique :

Quand un arrêt accidentel de l'installation se produit, le rack de membrane dispose d'un réservoir d'eau de 4 000 litres, construit en polyester (PE), dont le montage se réalise en le mettant au-dessus des conteneurs.

Avec ce système, quand l'installation est à l'arrêt, les membranes restent remplies d'eau traitée, évitant les risques de précipitation des sels, qui auraient pu se produire si l'installation été remplie d'eau brute mais de concentration plus importante, celle-ci dépend de conversion de conception.

Photo 7 Système d'équilibre osmotique

III.4.10. Equipement de nettoyage chimique :

Avec le temps, toutes les installations souffrent d'encrassement qui dépend plus ou moins du prétraitement installé et des caractéristiques de l'eau d'alimentation.

L'équipement de lavage est constitué d'un réservoir de préparation des réactifs de 2 000 litres construit en PEHD. Ce réservoir est doté d'un agitateur électrique, d'une résistance d'échauffement, d'un thermostat de sécurité et d'interrupteurs de niveau maximum, moyen et minimum.

Tableau Caractéristiques du filtre de sécurité et de lavage

Type de cartouche	PX – 2040
Quantité	33 unités
Degré de filtration	20 µm
Longueur	40 m

III.4.11. Réservoir tampon et pompage de refoulement :

L'eau traitée est stockée dans un réservoir cylindrique vertical de 1 000 litres de capacité, construit en PRFV.

III.4.12. Neutralisation de l'eau traitée :

L'eau traitée à la sortie du réservoir d'équilibre osmotique passe par un système de neutralisation par dosage de soude (NaOH).

1.4.13. Chloration de l'eau traitée :

Pour que l'eau traitée ne soit pas contaminée au niveau du réservoir de stockage final, elle est dosée par une petite quantité de chlore moyennant une pompe doseuse dont les caractéristiques sont identiques à celles indiquées au prétraitement.

L'équipement de chloration est composé d'un réservoir de stockage de 500 litres, construit en PEHD.

- **Débit d'injection : 0,85 L/h**

Photo 8 : Réservoir tampon de stockage de l'eau traitée .

e la soude

III.4.14. Armoire de commande :

Des signaux délivrés par les différents analyseurs sont traités par l'automate sous forme des seuils « bas » et « haut » à ne pas dépasser. Le

défaut est signalé à l'exploitant qui neutralisera l'alarme après avoir recherché les causes.

IV.1. Matériels utilisés :

⟹La membrane.

⟹Le filtre.

⟹La centrifuge.

⟹Des tubes à essais.

⟹La haute.

Substances utilisées :

⟹L'acétone.

⟹L'eau distillée.

⟹L'acide sulfurique H2SO4

But de la manipulation :

Le but de notre expérience consiste a étudié la performance des membranes utilisés dans les stations de dessalement, si les membranes spirales sont le meilleur choix pour cette technique, ainsi promouvoir une solution au problème de colmatage c'est-a-dire le nettoyage des membranes a fin de les réutiliser.

Mode opératoire :

En premier temps, on coupe la membrane et le filtres en petits morceaux

a fin des les émerger dans trois solvants différents: l'acétone, l'eau distillé et l'acide sulfurique.

photo coupure de membrane photo coupure de filtre.

En suite, on met dans six béchers la membrane et dans six autres le filtre, on leurs rajoute de l'acétone en premier lieu et on les laisse dans la haute. A la moyenne de 24 heures, on enlève deux solutions : l'une de la membrane, l'autre du filtre émergé dans l'acétone et on les centrifuge.

. On récupère les solutions dans des tubes à essais, on les laisse sécher, on prélève les précipités, on va les mettre dans des tubes à essais en plastique dans la mesure des les envoyés pour des analyses de nos échantillons.

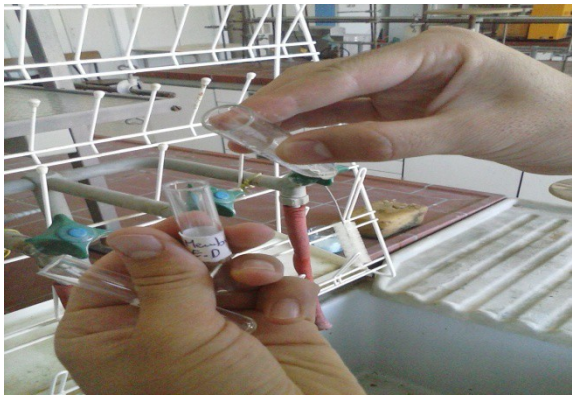


Photo centrifugation des solutions. Photo Récupérations des échantillons.

En parallèle, on prépare 12 solutions dans 12 béchers, six ayant la membrane et six autres ayant le filtre, on leurs rajoute de l'eau distillé et on les laisses dans la haute.

A la moyenne de 24 heures, on centrifuge deux solutions de l'acétone : une de la membrane et l'autre de filtre. On prend deux solutions de l'eau distillé dont la première de la membrane et la deuxième de filtre, on les centrifuge. On récupère les 04 solutions dans des tubes a essais, on les laisse sécher, on prélève les précipités, on va les mettre dans des tubes à essais en plastique.

On prépare 12 solutions dans 12 béchers, six ayant la membrane et six autres ayant le filtre, on leurs rajoute de l'acide sulfurique et on les laisses dans la haute.

A la moyenne de 24 heures, on centrifuge deux solutions de l'acétone : une de la membrane et l'autre de filtre. On prend deux solutions de l'eau distillé dont la première de la membrane et la deuxième de filtre, on les centrifuge. De même, on va centrifuger deux solutions de l'acide sulfurique : une de la membrane et l'autre de Filtre. On récupère les 06 solutions dans des tubes a essais, on les laisse sécher, on prélève les précipités, on va les mettre dans des tubes à essais en plastique.

Chaque 24 heures, on procède a une centrifugation de deux solutions de chaque solvant, une solution de la membrane émergée dans le solvant, l'autre est celle de filtre émergé dans le même solvant. On récupère les solutions dans des tubes a essais, on les laisse sécher, on prélève les précipités, on va les mettre dans des tubes à essais en plastique.

NB : On numérote les tubes à essais en plastiques c.-à-d. nos échantillons de 1 à 6 pour les solutions a membranes, de même pour les solutions a filtres en précisant le solvants utilisés. On les envoie a la station a fin de les analyser.

Photo Les solutions de l'acétone filtre

photo les solutions de l'eau distillé filtre

Photo les solutions a centrifuger.

IV.2 Résultats et discution :

IV.2.1. Utilisation de l'acétone:

A l'œil nu nous avons constaté qu'aucune substance n'a été récupérer a partir de la membrane en utilisons l'acétone par contre pour les filtres, de la matiére verdâtre organique (Algues) a été récupérer.

Aprioris l'acétone ne peut être utilisé pour la régénération des membranes.

Par contre il est utile pour la régénération des filtres a laine.

IV.2.2. Utilisation de l'eau distillée:

A l'œil nu nous avons constaté qu'aucune substance n'a été retenue a partir de filtre a laine. Contrairement a la membrane des sels et des minéraux ont été retenues.

Aprioris l'eau distillée ne peut être utilisé pour la régénération des filtres.

Par contre il est un solvant adéquat pour la régénération des membranes

IV.2.3. Utilisation de l'acide Sulfurique :

Nous avons constaté qu'aucune substance n'a été retenue a partir de filtre a laine. Contrairement a la membrane le reste des sels et des minéraux ont été retenues.

Aprioris l'acide sulfurique ne peut être utilisé pour la régénération des filtres.

Par contre il est un solvant adéquat pour la régénération des membranes a condition qu'il subira une dilution a fin de ne pas détériorer la membrane.

En guise de conclusion, nous pouvons suggérer l'acétone pour régénérer les filtres, L'eau distillée et l'acide sulfurique pour la membrane.

Conclusion

Le processus de dessalement de l'eau de mer demeure une solution adéquate devant la demande croissante en eau potable et les faibles ressources hydriques en Algérie. Ce procédé est mis en place comme étant un processus complémentaire aux techniques classiques existantes de production de l'eau potable, afin de diversifier les ressources en eau et d'instaurer un programme de gestion optimal des ressources hydriques qui permet d'augmenter le potentiel de production ainsi que de sécuriser l'alimentation en eau dans le cas des conditions climatiques défavorables.

En guise de conclusion concernant notre travail, on peut dire que pour la régénération des filtres a laine, nous préconisons l'utilisation de l'acétone a fin d'éliminer la matière végétale retenue.

Pour ce qui est des membranes, dans un premier temps nous proposons l'utilisation de l'eau distillée pour récupérer les sels et les minéraux retenues par la membrane.

A fin d'affiner la régénération des membranes, l'utilisation de l'acide sulfurique est recommandé sauf que l'optimisation de sa concentration est nécessaire.

Recommandations:

Nous proposons aux projets futur de régénérer les membranes par l'acide sulfurique avec des concentrations allons de O,1% a 5% avec un pas de O,1% toute en utilisant la méthode dichotomie, pour une meilleur optimisation

Références bibliographiques

- **Aroua A. (1981).** Problèmes de santé liés à l'hyper minéralisation de certaines eaux en Algérie. *Séminaire sur la technologie appropriée à la déminéralisation de l'eau potable.*
- **Athenes. (2001).** Dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens, évaluation des impacts sur l'environnement et lignes directrices proposées pour la gestion de la saumure. *Programme des nations unies pour l'environnement.*
- **Bassnasse M. (2006).** Dessalement d'eau de mer : Etude de trois stations du littoral algérien. Université SAAD Dahleb (Blida). *14th International Soil Conservation Organiziation Conference.*
- **Binnie E.A. (2002).** *http://www.lenntech.fr/bibliotheque/osmose-inverse/osmose-inverse-definition*.
- **Cardot C. (1999).** Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Cours et problèmes résolus, Ed. Ellipse.
- **Degremont. (1989).** Mémento technique de l'eau. Tome I, Ed. Lavoisier - Tec et Doc, 3éme éd.
- **Degremont. (2005).** Mémento technique de l'eau. Ed. SUEZ, 10éme éd., Lavoisier, Paris.
- **Dejardins R. (1997).** Le traitement des eaux. Deuxième édition revue et enrichie.
- **Dejardins R. (1990)**. Le traitement de l'eau 2éme Ed. Ecole polytechnique de Montréal.
- **Dupont A. (1986)**. Hydraulique Urbaine : Hydrologie de traitement de l'eau. Tome I. 6éme Ed. E. Eyrolles.
- **FCE. Formation Continue en Entreprise (ADE) (2003) :** Les cahiers techniques de stage : Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation.
- **Guiraud J. P. (1998).** Microbiologie alimentaire. Edition Dunod, Paris.
- **GLS – OIE. (2005).** Programme bilatéral de coopération Algéro-Française. Diagnostic et formation dans le cadre des unités de dessalement d'eau de mer de

l4algérienne des eaux : Manuel de formation des exploitants d'usine de dessalement par le procédé d'osmose inverse. Ed. Discour 2-doc.

- **Haslay C. et Leclerr (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation. Ed. Paris
- **Kettab A. (1992).** Traitement des eaux : les eaux potables. Ed. Office des publications universitaires.
- **Les cahiers techniques du stage T 22**. Normes de qualité des eaux de consommation et responsabilité du distributeur. E.P. ADE, Zone de Tizi-Ouzou.
- **Maurel A. (2006).** Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. Ed. Tec et Doc, 2éme éd, Lavoisier, Paris.
- **MEMOTEC n° 37, (2006**). Dessalement de l'eau de mer par osmose inverse.

  http://www.extpdf.com/memotec-n-37-pdf.html#a1
- **Morvan G. (2006)**. Les techniques de potabilisation de l'eau, *dessalination, dessalement, traitement de l'eau saumâtre.*
- **Patrick D. (2003).** Dessalement de l'eau de mer. Revue *Techniques de l'ingénieur*
- **Ministère des Ressources en Eau (Algérie) (2005).** « Traitement des eaux de surface » centre de formation aux métiers de l'eau. ADE unité de Tizi-Ouzou.
- **Nikolay Voutchkov, PE, BCEE. (2011).** Remineralization of dessalinated water.
- **Rejsek M. (2002).** Analyse des eaux, aspect réglementaire et technique, série science et technique de l'environnement, Paris.
- **Rodier J. (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8éme éd. Ed. Dunod, Paris.
- **Rodier J. et *al.* (2005).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9éme éd, Ed Dunod, paris.
- **Roux M. (1987).** Analyse biologique de l'eau, Ed. Lavoisier - Tec et Doc.
- **Saidi F. (1997).** La crise de l'eau en Algérie. Ecole polytechnique de Paris, Ed. l'Harmattan INC, Montréal, Canada.

- **Vilagienes R. (2003).** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. Ed. Tec et Doc, 2éme éd, Lavoisier, Paris.
- **Yakoub B. (1996).** Le problème de l'eau en grande Kabylie, le bassin versant du Sebaou et la wilaya de Tizi-Ouzou. Edité par l'université de Tizi-Ouzou, conception photocomposition et réalisation de l'ouvrage (Top-Copy).