

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'aménagement du littoral.



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'ETUDES
UNIVERSITAIRE APPLIQUEES (D.E.U.A) EN SCIENCES DE LA MER**

Sujet :

Maîtrise des techniques de dessalement de l'eau de mer

Organisme d'accueil : station de dessalement de Bou-Ismaïl (w.Tipaza)

Préparé par :

-BELALIA HADJER

-BOUCHAOUR KARIMA

Encadré par :

M^r k.BELHASNAT

Session : juillet 2011

Remerciement

Nous remercions « Allah » le tout puissant de nous avoir donné le courage, la force et la volonté pour réaliser se mémoire.

Au terme de ce travail réalisé au niveau de la station de dessalement de l'eau de mer de Bou-Ismaïl, au laboratoire centrale de l'ADE de l'unité de TIPAZA.

Nous remercions Madame HATTAK H. chimiste de la station, Monsieur le chef de centre de Bou-Ismaïl et Monsieur FEKHRA, le directeur des laboratoires de l'ADE de TIPAZA.

Nous remercions M^r BELHASNET.K ; notre promoteur, pour avoir accepté de nous encadrer.

En fin tous ceux qui ont participés a la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire qui est l'aboutissement de toutes ces années
d'études :

A mes parents, qui m'ont soutenu tout au long de mes
études

A toutes mes sœurs, surtout Malek.

A tous mes amis et collègues.

A tous les autres membres de ma famille, surtout la famille
Ouazene, et la famille Boumad.

Hadjer

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mon père

A mes frères

A mes sœurs

A tous mes amis

Karima.

Liste des abréviations

O-I : Osmose Inverse

MES: Matières En Suspension

Ppm: Partie Par Maillon

Q:débit

TAC: Titre Alcalimétrique Complet

TH : dureté totale

UV: Ultra Violet

ADE: Algérienne Des Eaux

TDS: Taux Des Sels dissouts

V: Volume

NTU: Néphélogétrie turbidité unité

SMBS: Méta bisulfate de sodium

Cl resd: chlore résiduel.

Liste des Figures

Figure 1 : pourcentage des sels présents dans l'eau de mer (1L ou 1kg d'eau).....	05
Figure 2 : le principe d'osmose naturelle et d'osmose inverse.....	10
Figure 3 : la pression osmotique d'osmose inverse.....	11
Figure 4. Carte de Bou-Ismaïl.....	23
Figure 5 : conduite d'alimentation en eau de mer.....	25
Figure 6 : la crépine.....	26
Figure 7 : l'injection des produits chimiques dans le tuyau de mélangeur.....	27
Figure 8 : le décanteur lamellaire.....	27
Figure 9 : les lames de décanteur.....	28
Figure 10 : les six (06) filtres à sable.....	31
Figure 11 : l'appareille d'ultra violet	32
Figure 12 : l'installation de la micro filtration.....	33
Figure 13 : pompe de haute pression.....	34
Figure 14 : l'installation d'osmose inverse.....	35
Figure 15 : les membranes des modules d'osmose inverse.....	35
Figure 16 : l'installation de nettoyage des membranes d'osmose inverse.....	37
Figure 17 : les pompes de refoulement.....	38
Figure 18 : poste de préparation des produits chimiques.....	39

Liste des Tableaux

Tableau 1. Composition chimique de l'eau de mer.....	02
Tableau2. Valeurs moyennes de salinité des mers.....	03
Tableau 3. Les stations de dessalement d'eau de mer en Algérie.....	07
Tableau 4. Conversion de débits spécifiques.....	16
Tableau 5. Consommation des réactifs de correction de pH (neutralisation)	17
Tableau 6. Évaluation de l'énergie destinée à des usines de dessalement.....	21
Tableau 7. Produits chimiques de traitement d'eau brute.	29
Tableau 8. Caractéristiques techniques des filtres à sable.	30
Tableau 9. Les produits chimiques injectés après le filtre à sable.	31
Tableau 10. Caractéristiques techniques des filtres bougies.	33
Tableau 11 caractéristiques techniques des tubes de pression pour les membranes.....	34
Tableau 12. Caractéristiques techniques des membranes.	34
Tableau 13. Les produits de nettoyage des membranes d'osmose inverse.	36
Tableau 14. Les produits chimiques injectés dans l'eau traitée.	40
Tableau 15. Les résultats d'analyse de l'eau brute.....	44
Tableau 16. les résultats d'analyse de l'eau traitée (par osmose inverse).....	45
Tableau 17. Résultats des analyses de la minéralisation (de l'eau dessalée).....	48

Sommaire

Introduction	01
---------------------------	-----------

Partie théorique :

Chapitre I : propriétés de l'eau de mer

I.1 Eau de mer	02
I.2 Composition de l'eau de mer.....	02
I.3 Caractéristiques physico-chimique.....	04

Chapitre II : les principales technologies du dessalement

II.1 Problématique de l'eau potable sur la planète.....	06
II.2 Historique du dessalement	06
II.3 Dessalement en Algérie.....	06
II.4 Procédés de dessalement	08
II.4.1 Procédés de distillation	08
II.4.2 Les procédés membranaires	09
II.4.2.1 Osmose inverse.....	09
II.4.2.2 Electrodialyse	11
II.5 Généralités sur les Membranes.....	12
II.6 Etapes de dessalement.....	12
II.6.1 Poste de prétraitement.....	12
II.6.1.1 Prétraitement physique.....	12
II.6.1.2 Prétraitement chimique.....	14
II.6.2 Poste d'osmose inverse.....	16

II.6.2.1 Les caractères principale.....	16
II. 6.2.2 Constitution d'un système d'osmose inverse.....	17
II.6.2.3 Fonctionnement d'un poste d'osmose inverse.....	17
II.6.3 Poste traitement	17
II.6.3.1 Neutralisation	17
II.6.3.2 Réminéralisation.....	18
II.6.3.3 La désinfection	18
II.6.3.4 L'aération	18
Chapitre III : Les impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement	
III.1 Composition de la saumure.....	19
III.2 Impact du dessalement sur l'environnement	19
III.2.1 Impacts positifs.....	20
III.2.1.1 Conservation des ressources d'eau souterraines.....	20
III.2.1.2 Fourniture de l'eau de bonne qualité	20
III.2.1.3 Sources fiables à long terme de l'eau.....	20
III.2.2 Impacts négatifs.....	20
III.2.2.1 Impacts indirect sur l'environnement du a la nécessité d'augmenter la production d'électricité par l'unité de dessalement	21
III.2.2.2 Impacts sur l'environnement marin en raison de renvoyer la saumures concentrée a la mer.....	21
III.2.2.3 Impact de bruit.....	22
III.2.2.4 Impact sur l'environnement en raison de différents produits chimiques utilisés.	22

Partie pratique :

Chapitre IV : présentation de lieu d'études et les étapes de dessalement.

IV.1. Présentation de la commune de BOU ISMAIL.....	23
IV.2. Présentation de la station de dessalement de Bou-Ismaïl.	23
IV.3 Etapes de dessalement de l'eau de mer.....	25
IV.3.1 Prise d'eau de mer.....	25
IV.3.2. Crépine.....	25
IV.3.3. Pompe d'aspiration des de mer.....	26
IV.3.4 Le mélangeur statique.....	26
IV.3.5 Le décanteur lamellaire.	27
IV.3.6 Le réservoir des eaux brutes.....	29
IV.3.7 Les pompes de transfert.....	30
IV.3.8. Filtre à sable.....	30
IV .3.9 L'appareil d'ultra violet (U.V).....	32
IV .3.10 Les micro filtres.....	32
IV .3.11 L'installation de dessalement.....	33
IV.3.12 Le réservoir de l'eau traitée.....	37
IV.3.13 : Les pompes de refoulement.....	38
IV.3.14 Poste de dosage.....	38
IV.4 Importance des sels minéraux.....	40

Chapitre V : Matériels et Méthodes.

V.1.Analyses.....	41
V.2 Echantillonnage.	41
V.2.1 Matériel de prélèvement.....	41
V.2.2 Mode de prélèvement.....	41
V.2-3 – Le transport.....	42

V.2-4 – Les principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau.....	42
V.2-5 – Méthodes d'analyses utilisées.....	42
V. 2-5-1- Volumétrie.....	42
V.2-5-2 Spectrophotométrie d'absorption moléculaire.....	43
Chapitre VI : Résultats et Interprétation	
VI.1 Les résultats d'analyse de l'eau brute.....	44
VI. 2 Les résultats d'analyse de l'eau traitée.....	45
VI.3 Les résultats d'analyse de la minéralisation globale.....	48
Conclusion	51
Bibliographies	
Annexes	

Partie théorique

Introduction

Introduction

L'eau est abondante sur la terre mais seulement 0,07% de la ressource totale est considérée comme « douce », le reste étant inutilisable puisqu'elle se trouve sous forme d'eau de mer de glace donc difficilement exploitable. Aussi dix pays seulement se partagent les 60% de ces réservoirs en eau douce, le reste du monde se trouve en pénurie chronique de cette ressource indispensable et plus particulièrement les pays d'Afrique et du moyen Orient, l'explosion démographique et l'utilisation abusive de cette denrée rare aggrave encore plus situation.

L'Algérie faisant partie de cet ensemble, cherche désespérément la solution à ce problème crucial pour y faire face la solution la plus adéquate semble être l'exploitation des eaux non conventionnelles spécialement les eaux de mer. A l'avantage de posséder 1622 Km de littoral.

Pour assurer certaine sécurité en eau potable, une des techniques les plus prometteuses est le dessalement de l'eau de mer, qui peut s'opérer selon différents procédés tel que la distillation, l'électrodialyse, la congélation et le plus utilisé c'est l'osmose inverse. Cette dernière pose plusieurs problèmes dont celui de la minéralisation globale de l'eau dessalée.

Dans cette ordre d'idée ,l'étude qui va suivre a pour objectif de déterminer la qualité de l'eau douce produite a partir d'une eau de mer au niveau de la station de dessalement de BOUISMAIL aussi des analyses physico chimique au niveau de la station et l'ADE de Tipaza.

Pour ce faire, notre travail s'organise autour de deux parties essentielles :

- ✓ La première concernant une étude théorique : nous décrivons les propriétés de l'eau de mer, les principales technologies du dessalement et les impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement.
- ✓ La seconde partie s'intéressant à la partie pratique qui consiste à suivre les étapes de dessalement, et a teste la qualité d'eau produite (analyses physico-chimique de l'eau de mer brute et l'eau dessalée).

Chapitre I :

Les propriétés de l'eau de mer

1.1. Eau de mer :

L'eau de mer est l'eau salée des mers et des océans de la terre. Ceux-ci occupent un volume estimé à 1340 million de km^3 , ce qui présente 96,4% de la capacité des grands réservoirs d'eau à la surface de la terre. Ceux n'incluent pas les eaux souterraines (aquifères), dont 85% en volume sont salées à différents degrés [1].

1.2. Composition de l'eau de mer :

La composition varie d'une saison à une autre et d'une région à une autre.

Ce tableau présente la composition chimique de l'eau de mer :

Tableau (1) : composition chimique de l'eau de mer [1]

Élément	Eau de mer standard (mg.L^{-1})	Eau méditerranéenne (mg.L^{-1})
Salinité totale	35000	38000
Sodium (Na^+)	11049	13200
Magnésium (Mg^{++})	1318	1440
Calcium (Ca^{++})	422	428
Potassium (K^+)	408	480
Sulfate (SO_4^-)	2750	18670
Chlorure (Cl^-)	19497	19250
Bicarbonate (HCO_3^-)	108	157
Nitrite (NO_2^-)	0,002	0,008
Bromure (Br^-)	67	58
Fluore (F^-)	1,3	0,9
Iode (I^-)	0,06	0,08
Plomb (Pb)	<0,001	<0,001
pH	7,5-8,5	7,5-8,5

– **Matière organique :**

La matière organique naturel est responsable de la coloration des eaux. Elle est constituée d'un ensemble de complexe et hétérogène de structures organiques, de masses moléculaires et de groupement chimique différents.

Ces matières sont d'origines animale ou végétale. L'eau de mer peut contenir des cellules, des œufs ainsi que des organismes animaux vivants et des substances végétales [2].

– **Salinité :**

La salinité de l'eau de mer change d'une eau à une autre selon leur situation géographique, la salinité (S%) est définie conventionnellement comme la masse en grammes des composés solides séchés à poids constant à 480c° obtenu à partir de 1kg d'eau de mer, il est supposé que la matière organique a été oxydée. On remarque que la salinité varie entre les mers et les océans aussi que dans une même mer la salinité diffère d'un endroit à un autre [2].

Tableau (2) : valeurs moyennes de salinité des mers [2]

MER	SALINITE (mg/l)
Mer baltique	7000
Mer caspienne	13500
Mer noire	20000
Mer adriatique	25000
Mer méditerranée	39000
Golfe arabe	43000
Mer rouge	43000
Mer morte	270000

- Le taux de salinité d'un océan n'est cependant pas stable. L'apport constant en minéraux doit être naturellement contrôlé par des éléments régulateurs. Les principaux régulateurs sont les micro-organismes marins (qui consomment des sels minéraux). Ils limitent ainsi la concentration moyenne des mers et des océans qui varient entre 30 et 38gr/l. dans certaines régions, les grandes périodes des sécheresses (évaporation importante) ainsi que les saisons de fortes pluies causent en surface des écarts sensible de salinité [2].

– **Métaux lourds :**

Dans les écosystèmes aquatiques naturels, les métaux lourds sont de concentration faible ; généralement de l'ordre du nano gramme ou du microgramme par litre. Ils se trouvent dans les sédiments ou en suspension sous une forme complexe. Les métaux lourds entrant dans la composition de l'eau de mer : Mercure, calcium, plomb, argent, zinc...etc.

Le taux de toxicité dépend de la forme chimique dans laquelle ils se trouvent. Ils ne sont pas dégradables par les bactéries [2].

I.3 Caractéristique physico-chimique :

- **Caractéristiques physiques :**

- **Température :**

La température est un paramètre très important qui influence la composition des eaux marines. Le domaine des températures océaniques s'étend de -2°C , (température de congélation de l'eau de mer) et plus de 30°C . La température moyenne de l'océan est de 4°C alors que celle des eaux profondes de la méditerranée est de 13°C . Celle de la mer rouge atteint les $21,5^{\circ}\text{C}$. La température de l'eau de mer peut varier de quelques degrés sur les côtes. Sous l'influence des courants polaires, jusqu'à 35°C autour de la péninsule arabique [3].

- **pH :**

La variation du pH peut être due à une modification de la concentration des formes ionisées et non ionisées. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique et dépend des facteurs multiples dont l'origine de l'eau. Le pH moyen de l'eau varie entre 7,5 et 8,4[3]

- **La turbidité :**

La turbidité se définit comme étant l'aspect trouble de l'eau ; c'est le contraire de la limpidité. La turbidité de l'eau provient de la combinaison de diverses matières en suspension tel que les limons, l'argile, la matière organique et inorganique en fines particules. L'eau de mer est un milieu vivant qui véhicule d'une part des matières minérales et d'autre part des organismes vivants souvent des microorganismes [3].

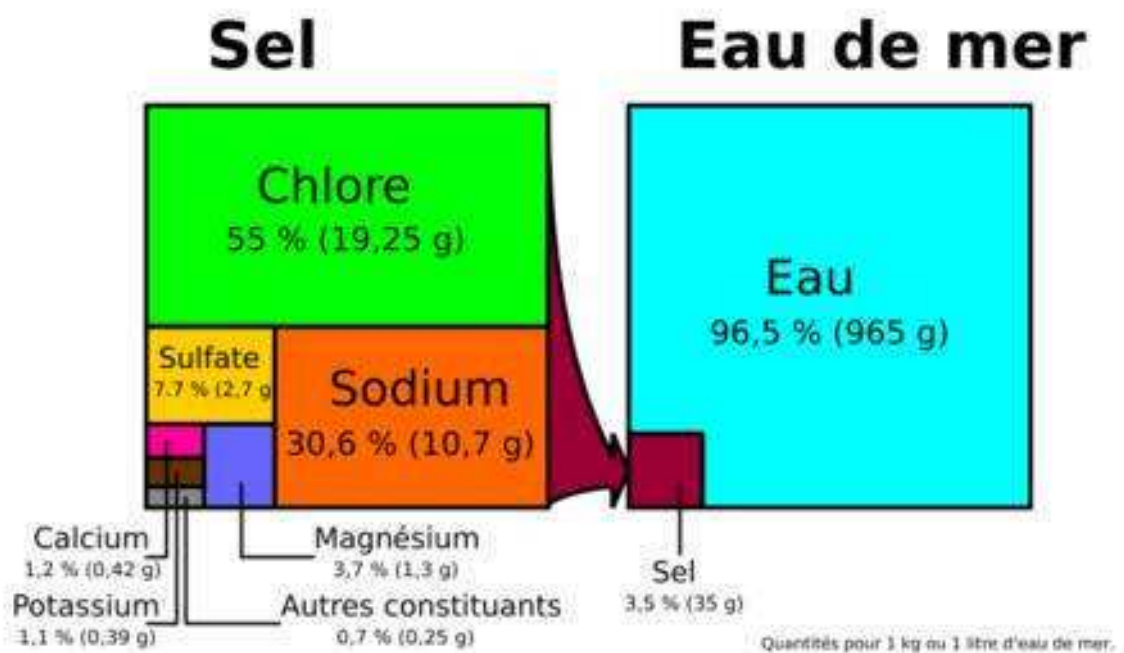
- **Caractéristique chimique :**

- **La conductivité :**

La masse totale des sels dissout dans 1kg d'eau de mer varie d'une eau à une autre. La conductivité étant une grandeur directement mesurée au même titre que la température, la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouve sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité est tributaire de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température est élevée [2].

– **Minéralisation globale :**

La minéralisation globale est un des paramètres les plus importants de l'eau de mer, et désigne la teneur en sels dissous. L'eau de mer est comme une solution de onze constituants majeurs dans de l'eau pure, à savoir, par ordre décroissant d'importance, le chlore, le sodium, le magnésium, le sulfate, le calcium, le potassium, le bicarbonate, le brome, l'acide borique, le carbonate et le fluor. Les deux principaux sels sont Na^+ et Cl^- , qui en s'associant forment le chlorure de sodium ou « sels marin », que l'on extrait dans les marais salants pour obtenir du sel alimentaire [4].



Figures 1: pourcentage des sels présents dans l'eau de mer (1L ou 1kg d'eau) [5].

Chapitre II :

Les principales technologies du dessalement

II-1 Problématiques de l'eau potable sur la planète :

L'eau est une des ressources les plus importantes de la planète. Par contre, l'alimentation en eau peut être limitée en quantité et/ou en qualité, l'importance de la limitation du point de vue qualitatif est illustrée par le fait que 97% de l'eau de la terre est contenue dans des océans et a une teneur en sels d'approximativement 3500 mg/l ce qui limite énormément de cette immense quantité d'eau comme source d'eau potable. Il est en effet très coûteux de produire de l'eau potable à partir d'eau salée. Il y a 2% de l'eau de la terre qui se trouve sous forme de glace et dans les glaciers, tandis que 0.3% se trouve dans l'atmosphère.

Les rivières et les lacs correspondent à seulement 0.1% de la quantité de l'eau totale.

Les nappes d'eau souterraines représentent seulement 0.6% de l'eau de la terre. De plus, environ la moitié de l'eau souterraine est localisée à des profondeurs plus grandes que 800 m.

Il existe quand même $5 \cdot 10^{15} \text{ m}^3$ d'eau douce dans les rivières, lacs et nappes phréatiques peu profondes, ces eaux étant très importantes pour les besoins de plus de 6 milliards d'habitants de la planète. Ces eaux, quand elles ne sont trop polluées, peuvent en effet être traitées par des moyens conventionnels pour produire de l'eau potable [6].

II.2 Historique de dessalement :

Dessaler l'eau de mer n'est pas une idée récente. Depuis des temps très anciens, on avait constaté que si l'on portait à ébullition de l'eau saline on obtenait, par condensation de la vapeur, de l'eau déminéralisée.

Les efforts de recherches dans le dessalement initiés par les États-Unis à partir des années 1950, et suivis par de nombreux pays principalement la France et le Japon. Cette technologie a fait ses preuves. Dès l'année 2000, 13600 unités de dessalement, fonctionnant avec plus de 26 millions de $\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$.

II.3 Dessalement en Algérie :

À la suite d'une sécheresse chronique vécue par l'Algérie depuis plus de deux décennies à la demande en eau croissante, les pouvoirs publics ont décidé de s'orienter vers une politique de mobilisation des ressources en eau non conventionnelles, à savoir le dessalement d'eau de mer afin de pouvoir compenser le déficit en eau enregistré.

C'est ainsi que les recours au dessalement d'eau de mer comme solution alternative s'avèrent de plus en plus nécessaires [7].

Ce tableau présente les stations de dessalement d'eau de mer en Algérie.

Tableau (03) : les stations de dessalement d'eau de mer en Algérie.

Numéro	Localisation	Capacité m ³ /j
01	Hamma	200000
02	Kahrama	90000
03	Skikda	100000
04	Béni-saf	150000
05	SoukTelta	100000
06	Mostaganem	100000
07	Zeralda	100000
08	Cap Djnet	100000
09	Jijel	50000

- **Les problématiques de l'eau en Algérie :**

- Climat aride et semi aride.
- Demande croissante : domestique, industrielle et agricole.
- Faible capacité de stockage.
- Réseaux de distribution vétustes.
- Pollution (industrielle et domestique)
- Législations et normes.
- sécheresse.

- **Avantage du dessalement en Algérie :**

- Un littoral de 1622km.
- La population actuelle concernée est de 30 millions d'habitants.
- La ressource, eau de mer pratiquement non polluante et inépuisable ;
- La population ainsi que les industries grande consommatrices d'eau se trouvent à proximité de la mer, ce qui réduit d'avantage les prix de revient du m³ d'eau ;
- Le domaine de dessalement d'eau de mer a connu ces dernières années une avancée technologique remarquable grâce au développement des différents procédés ;

- La disponibilité de l'eau de la ressource énergétique ou la combinaison de sa production ;
- Le coût du m^3 d'eau dessalée est en nette régression alors que le coût du m^3 d'eau conventionnelle est en nette progression (grands transferts).

II.4 Procédés de dessalement:

II.4.1 Procédé de distillation :

Dans les procédés de distillation il s'agit de chauffer l'eau de mer pour en vaporiser une partie. La vapeur ainsi produite ne contient pas de sels, il suffit alors de condenser cette vapeur pour obtenir de l'eau douce liquide. Il s'agit en fait d'accélérer le cycle naturel de l'eau. En effet l'eau s'évapore naturellement des océans, la vapeur s'accumule dans les nuages puis l'eau douce retombe sur terre par les précipitations. Ce principe de dessalement très simple est utilisé depuis des temps très anciens [8].

Ce procédé présente des points forts. Les procédés de distillation ne nécessitent pas un prétraitement sophistiqué de l'eau de mer [8].

Les performances et les coûts pratiquement indépendants de la salinité de l'eau de mer à traiter l'inconvénient majeur des procédés de distillation est leur consommation énergétique importante liée à la chaleur [8].

Les procédés de distillation qui peuvent être utilisés sont les suivants :

- **Distillation à simple ou multiple effet** : processus d'évaporation, basés sur le cycle de la chaleur latente en produisant un ruisseau d'eau, habituellement utilisé en combinaison avec les centrales électriques.
- **Distillation par détente successives appelée aussi multi flash ou flash** : processus d'évaporation, en combinaison avec des centrales électriques. Le système inclut une série de compartiments. L'écoulement d'eau chaude dans un compartiment avec une basse pression résulte l'évaporation d'une partie de l'eau.
- **Distillation par compression de vapeur** : processus d'évaporation, basé selon le principe d'une pompe à chaleur. Cycle répété de condensation et d'évaporation.

Procède de congélation :

Le dessalement des eaux de mer par congélation est particulièrement intéressant dans les régions où la température (T°) de l'eau est souvent inférieure à 0°C car dans ces conditions on peut aménager les bassins à ciel ouvert lorsque la température est suffisamment basse on remplit ces bassins sur hauteur de 1 à 5m. Lorsque la couche de glace atteint une épaisseur de 1 à 15m on enlève la saumure et on recueille la glace qui ne reste plus à laver et faire fondre.

À première vue il semble que la congélation soit plus économique que la distillation, toute fois l'avantage énergétique de la congélation ne nécessite pas une analyse approfondie [9].

II-4-2 Procèdes membranaire :

En utilisant ces capacités mais différemment dans chaque cas, deux procédés de dessalement à membrane ont été développés et sont actuellement disponibles au marché. L'électrodialyse (ED) est un processus qui emploie le potentiel électrique pour déplacer les sels sélectivement par une membrane. L'eau produite est sortie comme eau douce. L'osmose inverse (OI) est un processus à pression conduit, la pression étant employée pour la séparation en permettant à l'eau douce de se déplacer à travers une membrane, et les sels se déposent dans la solution de saumure [10].

II-4-2-1 L'osmose inverse :

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau des sels dissous au moyen des membranes semi-perméables sous l'action de la pression (54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer). Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques de 10^{-7} mm de taille [11].

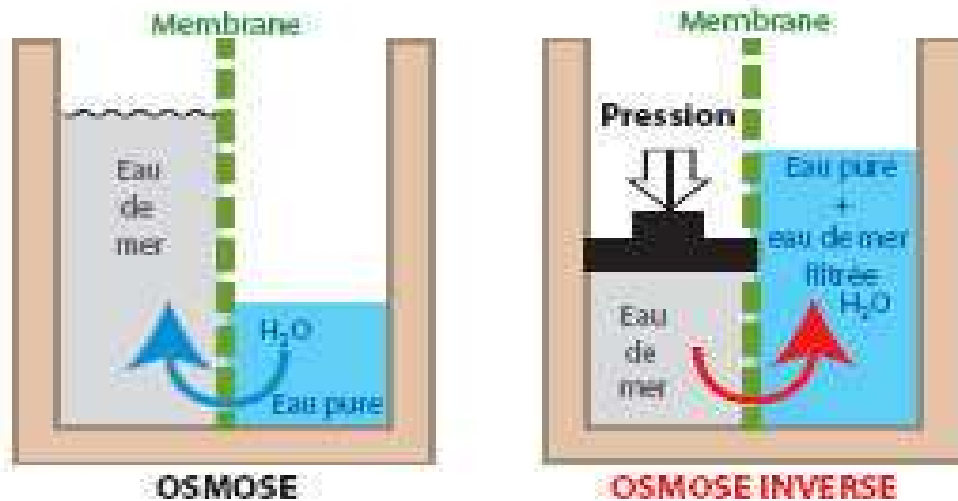


Figure 2 : le principe d'osmose naturelle et d'osmose inverse [12]

On a appelé osmose le transfert de solvant (eau dans la plus part des cas) à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration soit un système à deux compartiments séparé par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentration différentes.

Le phénomène d'osmose va se traduire par un écoulement d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrés si on essay d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer, il arriva un moment ou la pression appliquée sera telle que le flux d'eau s'annulera, pour simplifier nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure et la pression équilibre est appelée pression osmotique.

✓ La pression osmotique [13]

La pression osmotique peut être calculée en assimilant le comportement des molécules gazeuses. Dans le cas d'une solution diluée. On peut appliquer la loi des gaz parfait :

$$V = nRT$$

n = nombre de moles de soluté

v = volume de la solution

R = constante des gaz parfaite

T = température absolue. En C°

La loi de VANTHOFF exprime que la pression osmotique exercée par soluté est égale à la pression que ce corps aurait exercée dans le même volume

V= et a la même température

T= si soluté est dissocié en fois supérieure.

La pression osmotique d'une solution est directement proportionnelle à la concentration en soluté

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

π =pression osmotique en bar

I= nombre d'ions dissocié dans le cas de l'électrolyte

R= constante des gaz parfait (0.082 bar.Mol.K)

T=température absolue en °C

C= concentration molaire en mol/l.

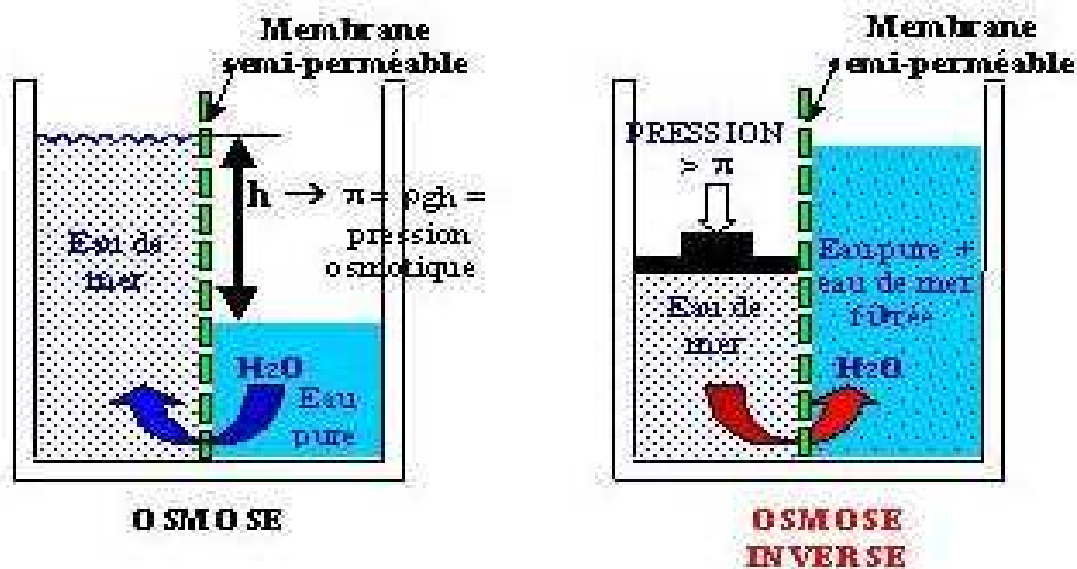


Figure 3 : la pression osmotique d'osmose inverse [12]

II-4-2-2 Electrodialyse :

Transfert d'ions sous l'influence d'un courant électrique continu à travers une membrane perméable aux ions imperméables au solvant.

Le procédé l'électrodialyse consiste à éliminer les sels dissous dans l'eau saumâtre par migration a travers des membranes sélectives sous l'action d'un champ électrique.

Avec seulement 1% des réserves mondiales en eau douce renouvelable, les pays de la moyenne orient, Maghreb et Afrique du nord ne sont pas du stress hydriques.

Représentant 5% de population terrestre, ils sont aujourd'hui confrontés a des besoins accrus en eau du fait de croissance de leur population, de l'exode rurale, de l'augmentation du tourisme, des usages agricoles et industriels accroissant ; de ces faits la pression sur une ressource maigre [14].

II-5 Généralités sur les membranes [15]

Une membrane peut être définie comme étant une couche mince de matière, permettant l'arrêt ou le passage sélectif de substances dissoutes ou non, sous l'action d'une force motrice de transfert. Les critères de séparation des particules, des molécules et/ou des ions peuvent être :

- La dimension et la forme ;
- La nature chimique ;
- L'état physique ;
- La charge électrique, etc.

II-6 Etapes de dessalement de l'eau de mer :

II-6-1 Poste de prétraitement :

- ✓ Entartrage par précipitation de certains sels dans les zones « concentrât ».
- ✓ Colmatage par les matières en suspension (MES),
- ✓ Encrassement (biofouling) par des matières biologiques (zooplancton, bactéries...etc.).

II-6-1-1 Prétraitement physique

a. Filtration mécanique :

Pour une alimentation par prise directe en mer il convient d'éliminer toutes les matières grossières avant qu'elles ne pénètrent dans le système. Pour ce faire, la conduite de prise en mer doit être équipée d'une crépine.

Pour soulager les prétraitements, il peu être réduit l'apport en matières en suspension en installant des filtres mécaniques fonctionnant sous-pression et à lavage automatique [8].

b. Clarification :

Pour éliminer ces particules, nous avons à recours aux procédés de coagulation/floculation.

✓ Coagulation :

Le but principal de la coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération [9].

Les coagulants sont des produits capables de neutraliser les charges des colloïdes présents dans l'eau. Le type de coagulant et la dose ont une influence sur[9]:

- ✓ La bonne ou la mauvaise qualité de l'eau clarifiée,
- ✓ Le bon ou mauvais fonctionnement de la floculation et de la filtration,
- ✓ Le coût d'exploitation.

Coagulants utilisés

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

✓ Floculation :

Après la distillation par coagulation, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers.

La floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules, lesquels sont provoqués par la différence de vitesse entre ces particules. Cette différence de vitesse peut être imputable au mouvement Brownien des particules (floculation péricinétique), et au déplacement d'une partie du fluide (floculation orthocinétique)[9].

c. Décantation [16]

La décantation est le procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines de traitement des eaux (superficielles ou de mer) et d'épuration. Ce procédé a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure celle de l'eau. Selon la teneur en solides de la nature des particules (densité et forme), on distingue quatre types de décantation :

- La décantation des particules discrètes,
- La décantation des particules flocculants,
- La décantation freinée,
- La décantation en compression de boue.

d. Filtration :

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en les faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'accumulent, il faut donc nettoyer le milieu de façon continue ou de façon intermittente. La filtration, habituellement procédé suivant les traitements de coagulation floculation et décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la turbidité et de certains goûts et odeurs [17].

e. Microfiltration :

La microfiltration consiste à éliminer d'un fluide les espèces dans les dimensions sont comprises entre 0,05 à 10 μ m. Les espèces sous la forme de solutés ou de particules sont retenues à la surface de la membrane par effet d'exclusion.

Les membranes les plus utilisées sont poreuses en polyamides (meilleure stabilité chimique, thermique et résistance mécanique), ou encore inorganique (en oxyde métallique ou céramique) [18].

II-6-1-2 Prétraitement chimique :

Le but essentiel des prétraitements chimiques est de protéger efficacement les membranes contre :

- Le colmatage par les matières biologiques ;
- L'entartrage par précipitation et dépôt de sels ;
- Leur dégradation.

L'injection des produits biocides (produits chlorés ou non) et/ou de produit biostatique (bisulfate de sodium) limitera l'activité biologique de l'eau. L'acidification réduira les risques d'entartrage du au carbonate de calcium. L'injection d'un séquestrant empêchera également la précipitation du carbonate de sodium, mais aussi celle des autres sels liés aux sulfates. Du fait de l'injection éventuelle de produit chlorés, qui pourraient dégrader les membranes, il est nécessaire d'éliminer toutes les traces résiduelles d'oxydants en injectant un produit décolorant (bisulfate de sodium)[17].

a. Acidification et injection de séquestrant :

Le but de cette étape est d'éviter la précipitation des sels normalement dissous dans la zone alimentaire/concentration des éléments d'OI, si leur concentration dépasse leur produit de solubilité. Mais il peut apparaître des précipitations ponctuelles même si le produit de solubilité n'a pas été atteint en prenant en considération le système membranaire complet, car à certains endroits la valeur du facteur de conversion peut être très élevée, comme par exemple dans les irrégularités de la surface des membranes.

C'est pour cette raison qu'une marge de sécurité doit être prise. Ainsi, il est à envisager toujours un conditionnement chimique de l'eau d'alimentation pour que la concentration des sels concernés soit au maximum égale à 70% de leur solubilité maximales [17].

Pour conditionner chimiquement l'eau pour éviter les phénomènes d'entartrage, il est utilisé :

- ✓ Soit un acide (acide sulfurique, acide chlorhydrique) qui empêchera la précipitation du carbonate de calcium.
- ✓ Soit un séquestrant, pour les autres sels (sulfate de calcium, sulfate de strontium...etc.).
- ✓ Soit une combinaison de deux produits.

b. Désinfection :

Le but de la désinfection est d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau, afin d'empêcher le développement de maladies hydrique. Le principe de la désinfection est de mettre en contacte un désinfectant à une certaine concentration pendant un certains temps avec une eau supposée contaminer. Cette définition fait apparaître trois notions importantes : les désinfectants, le temps de contacte et la concentration en désinfectant.

Les trois principaux désinfectants utilisés en eau potable sont les suivants : le chlore, l'ozone et le rayonnement par l'ultra violet [19].

II-6-2-Poste d'osmose inverse :

II-6-2-1 Les caractères principaux d'une osmose inverse sont :

a. Taux de conversion [20]

C'est la fraction d'un débit de liquide qui traverse la membrane :

Q_p : Débit de la solution à traiter (débit à l'entrée).

Q_0 : Débit de la partie qui passe à travers la membrane ou perméat (débit de la sortie).

b. Sélectivité [20]

La sélectivité d'une membrane est définie par le taux de rétention ou le taux de rejet de l'espèce (sels, macromolécule, particule) que la membrane est censée retenir :

$$TR = (C_{i0} - C_{ip}) / C_{i0} = 1 - (C_{ip} / C_{i0})$$

C_0 : Concentration de l'espèce à retenir dans la solution

C_p : Concentration de la même espèce dans le perméat.

c. Débit spécifique : (destiné du flux volumique) [20]

Pour une sélectivité donnée, le débit par unité de surface (destiné du flux volumique) doit être le plus élevé possible de façon à minimiser la surface de membrane à mettre en œuvre d'où la réduction de l'investissement.

Le débit spécifique s'exprime le plus souvent en $l \cdot h^{-1} \cdot m^{-2}$. La conversion en unités SI ($m^3 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ou $m \cdot s^{-1}$) ainsi qu'en d'autres unités est donnée par le tableau 3.

Tableau 4. Conversion de débits spécifiques [13]

	$m^3 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$	$cm^3 \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}$	$gal \cdot ft^{-2} \cdot jour^{-1}$	$l \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$	$l \cdot m^{-2} \cdot jour^{-1}$
$m^3 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$	1	$3,6 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^6$	$8,6 \cdot 10^7$
$cm^3 \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	1	5,9	10	240
$gal \cdot ft^{-2} \cdot jour^{-1}$	$4,7 \cdot 10^{-7}$	$1,7 \cdot 10^{-1}$	1	1,7	41
$l \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,1	0,59	1	24
$l \cdot m^{-2} \cdot jour^{-1}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-2}$	1

II 6-2-2 Conversion d'un système d'osmose inverse :

Constitué principalement de:

- une pompe de mise à pression du liquide à fin de lui donner la pression efficace de production qui doit être supérieure a la pression osmotique des modules ;
- Un module d'osmose inverse contenant la membrane ;
- Une vanne placée sur la canalisation rejet pour maintenir la pression de rejet à l'intérieure du module qui peut être dans certains cas par une turbine de récupération d'énergie.
- Une ou plusieurs cuves de stockage ainsi que tous les appareils de mesure nécessaire (pression, débits, température, etc.)[20].

II-6-2-3 Fonctionnement d'un poste d'osmose inverse :

Le fonctionnement d'une telle installation peut se faire selon divers procédés :

- Procédé discontinu ou batch ;
- Procédé continu à recyclage ;
- Procédé continu.

Dans le cas du dessalement de l'eau de mer ou des eaux saumâtres, seul le procédé continu est utilisé [13].

II-6-3 Poste traitement :**II-6-3-1 Neutralisation :**

Elle se présente sous forme de grains calibré de diverses granulométrie et est composé de carbonate de calcium et de magnésium ; sa structure spéciale lui confère une solubilité rapide et constante, toujours proportionnelle a la qualité de CO_2 neutraliser.

Un mètre cube de « neutralité » permet de traiter, suivant la tenure en CO_2 , de 3 à 10 m^3 d'eau par heure [20].

Tableau 5. Consommation des réactifs de correction de pH (neutralisation)

Réactifs	Consommation de produit pure par 1g de CO_2 agressif
Chaux	0,84g de Ca $(OH)_2$
Soude	0,91 de NaOH
Carbonate de sodium	2,4g Na_2CO_3

Dans certains cas particuliers, on peut se passer de réactif chimique en faisant réagir les unes sur les autres, deux ou plusieurs eaux de caractères opposés :

- Eau agressive et eau incrustantes ;
- Effluents acide et effluents alcalins.

On peut aussi inclure dans cette catégorie le cas où on fait alterner des eaux acides et des eaux alcalines sur des résines carboxyliques [14].

II 6. 3.2 Reminéralisation :

Ce traitement s'applique quand il y a lieu de donner à une eau trop douce une certaine teneur en bicarbonate de calcium, c'est-à-dire un titre alcalimétrique complet (TAC) et une dureté totale (TH) calcique suffisant pour qu'elle soit apte à être bue et capable de déposer une couche protectrice carbonatée sur une conduite de fonte ou d'acier non revêtue [14].

II 6-3-3 La désinfection :

Bien que le perméat soit d'une qualité bactériologique excellente, il est nécessaire de le désinfecter avant distribution, pour protéger l'eau contre toute pollution ultérieure lors de son stockage et de sa distribution.

La désinfection permet également :

- De pallier à toute fuite au niveau des membranes, qui pourraient apporter des éléments indésirables (bactéries, Virus) ;
- D'oxyder les polluants pouvant être apportés par l'injection des solutions de produit de poste traitements.

La désinfection est assurée par l'injection de chlore sous forme d'hypochlorite de sodium ou d'une solution d'hypochlorite de calcium [21].

II-6-3-4 L'aération :

Le perméat pouvant présenter un déficit en oxygène, surtout s'il est employé du bisulfite de sodium. Il est donc nécessaire de l'aérer en ménageant une ou plusieurs chutes d'eau (hauteur totale de chute pour atteindre la saturation est de 1,2m). Cette chute peut s'effectuer à l'entrée du bassin de stockage de l'eau à distribuer [21].

- La chloration de l'eau devra s'effectuer en aval de cette chute, afin de ne pas détruire le chlore [21]

Chapitre III :

Les impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement

Les impacts des plus importants sur l'environnement sont des caractéristiques du processus du dessalement -détermination de la composition chimique de la saumure produite-

III-1 Composition de la saumure :

La saumure est un sous produit du dessalement inévitable, qui est déchargée, généralement, dans l'environnement marin [22].

En plus de la concentration élevée des sels, cette eau de décharge contient de divers produits chimiques utilisés dans l'étape de prétraitement du dessalement pour augmenter la floculation [23]

- ✓ Les usines de dessalement à procédé thermique rejettent des métaux lourds en fonction des alliages présents dans la filière de production [24].
- ✓ Les dépôts de tartre se forment sur les surfaces du matériel de dessalement. La présence de tartre entraîne inmanquablement des difficultés d'exploitation[25].
- ✓ Les aditifs antitartre les plus largement utilisés semblent être des polymères, ces derniers empêchent les matières dissoutes de précipiter, décanter et former une croûte sur la surface [25].
- ✓ Dans les usines d'osmose inverse, le nettoyage des membranes peuvent engendrer des eaux potentiellement dangereuses. Les membranes doivent être nettoyées à des intervalles de trois à six mois en fonction de la qualité de l'eau d'alimentation et du fonctionnement de l'usine. Les formulations utilisées pour nettoyage des membranes sont habituellement des solutions alcalines ou acides aqueuses. Ces produits chimiques sont normalement épurés avant leur rejet dans la mer [26].

III-2 Impact du dessalement sur l'environnement :

Les impacts commencent avec la transformation de l'occupation du sol, puis continuent avec des conséquences visuelles et des nuisances sonores puis s'étendre à des émissions dans l'atmosphère et des rejets dans l'eau ainsi que des dommages potentiels pour le milieu récepteur.

Les activités de construction et d'exploitation peuvent se traduire par une série d'impacts sur les zones littorales, affectant notamment la qualité de l'air et de l'eau, le bruit, la perturbation d'écosystème important [27].

III-2-1 Impacts positifs :

III-2-1-1 Conservation des ressources d'eau souterraines [28]

- ✓ La conservation de la couche aquifère est importante, le pompage d'eau de mer au cours des périodes d'une demande maximale d'eau, de sécheresse et d'été, peut avoir comme conséquence l'infiltration d'eau de mer qui se traduit par l'approvisionnement des eaux potables.
- ✓ L'évacuation de l'eau salée dans les couches aquifères côtières est devenue un problème écologique, en particulier au développement rapide des secteurs côtiers, il est extrêmement coûteux et parfois impossible de réhabiliter les eaux souterraines une fois polluées.
- ✓ La conservation de la couche aquifère côtière est que les fertilisants du littoral dépend de l'eau douce qui s'infiltre pour donner de l'eau de bonne qualité.

III-2-1-2 Fourniture de l'eau de bonne qualité [28]

La bonne qualité de l'eau en vue de la consommation humaine constitue un élément très important pour la protection de la santé publique.

La qualité de l'eau peut seulement être améliorée en se mélangeant avec plus 40% de l'eau osmosée, mais ceci augmenterait le coût de l'eau proportionnellement.

III-2-1-3 Source fiable à long terme de l'eau [28]

Le dessalement est une source fiable de l'eau qui n'est pas soumise aux changements chimiques liés aux sources d'eau douce.

- ✓ Si la conception de l'unité est modulaire, il y'a utilisation minimale des produits chimiques dans le processus, et le rendement peut être facilement augmentées.
- ✓ Si effectué convenablement, il y'a peu d'impact sur l'environnement.

III-2-2 Impact négatif :

La plus part des impacts dérivent du positionnement des tubes d'alimentation et des décharge de saumure, il y a plusieurs aspect négatifs directs ou indirects sur l'environnement [29].

III-2-2-1 Impact indirect sur l'environnement du a la nécessité d'augmenter la production d'électricité pour l'unité de dessalement [30]

La consommation d'énergie aux usines d'osmose inverse c'est amélioré avec de nouveaux projets technologiques dans le processus (système de récupération d'énergie utilisés).

Ces usines de dessalement exigent une énergie électrique minimale produite par les usines thermiques, et pour produire l'électricité il est nécessaire de brûler des carbures par les usines thermiques, ou dispersées dans l'atmosphère qui ce produit des fumées de pollutions.

La plus part des usines de dessalement ont besoin de nouvelle infrastructure électrique, les nouvelles centrales thermiques augmentant la quantité de pollution par des émissions de gaz exceptées s'il y avait un remplacement des énergies conventionnelles pour des énergies récupérées et pour l'industrie de dessalement.

Ce tableau présente les évaluations de l'énergie destinée à des usines de dessalement avec des apports thermiques par Kg d'eau produite.

Tableau 06. Évaluation de l'énergie destinée à des usines de dessalement [31]

Centrale associée	MSF Cycle combiné	OI Cycle combiné
Consommation de chaleur du procédé de dessalement en KJ/Kg	282	-
Consommation du procédé de dessalement, en kWh/m ³	3,6	7,5
Energie de combustible pour la production d'eau, kJ/kg	149	75,0

III-2-2-2 Impact sur l'environnement marin en raison de renvoyer la saumure concentrée à la mer [31]

La saumure exerce le plus fort impact sur le milieu marin, le volume total de saumure libéré dans ce milieu détermine pour les dommages qu'il peut induire.

Les modalités et l'emplacement du rejet sont essentiels pour les impacts qui peuvent en résulter. La longueur de l'émissaire, sa distance au rivage, la profondeur de l'eau et les caractéristiques hydrodynamique (vagues, courant,...) peuvent conditionner la dispersion de la saumure et l'efficacité de la dilution au point de rejet, par voie de conséquence, l'impact potentiel sur l'environnement.

III-2-2-3 Impact de bruit [29].

Ce bruit est produit par des pompes à haute pression et par les turbines utilisées pour la récupération d'énergie, le niveau de bruit est plus de 90db donc, l'usine devrait être située loin des secteurs peuplés et être équipée de technologie acoustique appropriée pour réduire le niveau de bruit.

III-2-2-4 Impact sur l'environnement en raison de différents produits chimiques utilisée [32]

- ✓ Les usines de dessalement par distillation rejettent des métaux, ce dernier se trouve pas à l'état d'ions libre mais forment des complexes inorganique et organique qui sont absorbés sur les matières en suspension et déposent en s'accumulant dans les sédiments. Le problème ne réside pas dans la concentration effective du métal mais dans sa charge totale atteignant l'environnement. On ne peut pas atténuer les effets en diluant le rejet.
- ✓ Le chlore présente des effets étendus sur le milieu marin, il est rejeté avec la saumure, il occasionne des effets chimiques en halogéant les constituants organiques de l'eau de mer et des effets biologique.

Autre impacts [33]

- ✓ Les usines de dessalement sont situées à côté des zones côtières, loin des développements de touristes et de population. La zone exigée pour les usines de dessalement par osmose inverse est environ 10.000m² pour une production de 5.000 à 10.000m³/jour. Il y a donc un effet nuisible de vue importante sur la conception de la typologie architecturale des bâtiments utilisés à ce genre de construction. En plus, il est nécessaire d'améliorer l'infrastructure comme le transport électrique d'énergie à l'usine, les conduites d'eau d'alimentation et de produit à transporter, saumure même les décharges concentrées au déversoir, etc....
- ✓ Le brassage des déchets a pour effet bénéfique de diluer les effluents salés résultant de dessalement avant leur élimination dans le milieu marin. Autrement, la salinité augmenterait au site de rejet ce qui pourrait nuire à la faune et la flore marines, la salinité est un facteur environnemental important pour les organismes marins qui vivent dans un milieu.

Partie pratique

Chapitre IV :

Présentation de lieu d'études et les étapes de dessalement

IV.1. présentation de la commune de BOU ISMAIL:

La commune de BOU ISMAIL fait partie de la wilaya de Tipaza. Elle comporte les communes suivantes : Ain-taghourait, Bouharoun, Khemisti, Bou-Ismaïl, Fouka, Douaouda.



Figure 4 : Carte de Bou-Ismaïl.

IV.2. Présentation de la station de dessalement de Bou-Ismaïl

La station de dessalement d'eau de mer par osmose inverse « Monobloc » de la commune de BOUISMAIL ne se situe pas loin de la ville (1 Km de la route national ver DOUAOUDA), plus précisément de la cote de la mer a la direction nord-est; elle était construite par l'entreprise allemande LINDE-KCA, l'inscription de projet de cette station initie par le gouvernement comme un programme d'urgence le 23 Avril 2002 pour la raison d'augmenter la ressource en eau potable et résorbe le déficit de certaines villes costières.

Fiche technique de la station de dessalement de BOUISMAIL :**Algérienne des eaux :**

Dessalement d'eau de mer (BOU-ISMAIL).

Localisation : BOU-ISMAIL (wilaya de TIPAZA).

Autorisation de programme :

- Opération N° : ND 5.341.3.262.068.05
- Date d'inscription : 23.04.2002.
- Intitulé de l'opération : Acquisition et installation de stations « monobloc » de dessalement d'eau de mer.
- Montant de l'AP initiale : 328.980.055,6DA.
- Montant de l'AP actuelle : 375.620.691,08DA.

Entreprise de réalisation : LYND-KCA (Allemagne).

Destination du projet : le renforcement de l'APE de la ville de BOU-ISMAIL et les localités avoisinantes.

Programme d'urgence initié par le gouvernement /pour augmenter la ressource en eau et résorber le déficit de certaines villes côtières.

Caractéristiques principales du projet :

Réalisation d'une station « monobloc » de dessalement d'eau de mer de capacité $5000\text{m}^3/\text{j}$.

FICHE TECHNIQUE DE LA STATION DE DESSALEMENT D'EAU DE MER DE BOU-ISMAIL (WILAYA DE TIPAZA).

Station :

- Localisation : BOU-ISMAIL WILAYA DE TIPAZA
- Capacité : $5000\text{m}^3/\text{j}$.
- Entreprise de réalisation : LYND-KCA (Allemagne).
- Procédé de traitement : osmose inverse.
- Nombre de filière : 02.
- Débit d'entrée d'eau brute : $520\text{m}^3/\text{h}$.
- Débit de production en eau traité : $208\text{m}^3/\text{h}$.
- Production totale en eau traitée : $5000\text{m}^3/\text{j}$
- Mise en service : 06.06.2004.

Mode d'approvisionnement en eau brute :

1ere phase : puis de captage.

- Contraintes : apport en eau brute insuffisant.
- Solution : réalisation d'une prise de mer.

2ème phase : réalisation d'une prise de mer.

- La crépine posée : 6.5m de profondeur
- Conduite d'amenée d'eau brute :
- Longueur 380m
- Diamètre : 450m mPN16 PEHD.
- Les caractéristiques de la pompe d'aspiration d'eau brute.
- $Q=520\text{m}^3/\text{h}$ HMT : 20m.

IV.3 Etapes de dessalement de l'eau de mer :

IV.3.1 Prise d'eau de mer :

La conduite d'aspiration des eaux de mer en provenant de l'entrée de la station se prolongera dans la mer avec longueur de 600 m et de diamètre de 400mm ; de profondeur de 10m au point ou se trouve la crépine.

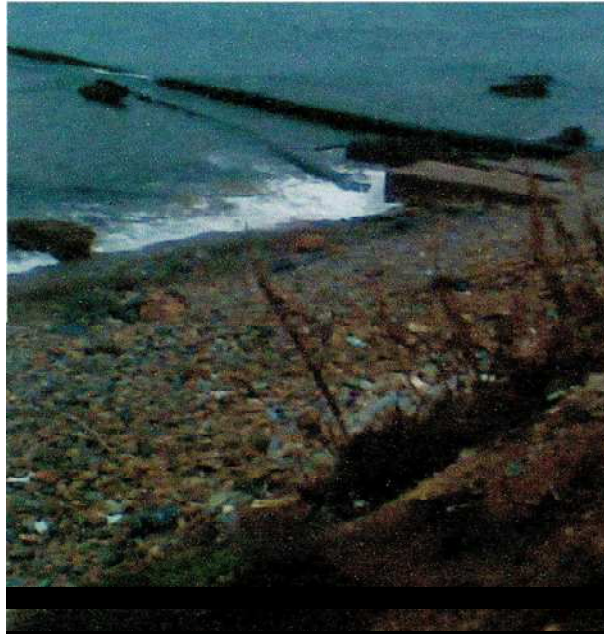


Figure 5 : conduite d'alimentation en eau de mer.

IV.3.2.Crépine :

La crépine entrave l'issue des algues et des poissons dans le but d'éviter l'entrée et l'écouleront des matières solides existant dans la mer vers la pompe d'aspiration ou dans la station.

-les dimensions de la crépine :

- Longueur 2000mm.
- Diamètre 800mm.

- Lavage de la crépine :

On ajoute l'hypochlorite de calcium dilué dans le décanteur puis il sera aspiré par la pompe vers la mer avec injection d'air comprimés pour nettoyer la crépine des algues et des moules d'une durée $\frac{1}{2}$ journée jusqu'elle devienne propre des matériaux solides (algues et moules par chloration) l'opération dite lavage a contre courant c'est-à-dire chlore + air comprimé).



Figure 6: la crépine

IV.3.3. Pompe d'aspiration des eaux de mer :

Cette pompe liée avec la crépine pour l'aspiration de l'eau de mer vers le décanteur lamellaire.

- **Les caractéristiques de la pompe :**
 - Le type de pompe : Verticale.
 - Le débit d'aspiration : $520\text{m}^3/\text{h}$.
 - La hauteur : 17 m.
 - La puissance : 34 KW.

IV.3.4 Le mélangeur statique :

Une tuyauterie de diamètre 300mm de longueur de 500 mm sous forme des ailettes (vagues) entourée dans la surface intérieure pour donner un bon mélange et une réaction chimique acceptable, à ce point d'injection est une procédure homogène des eaux de mer et les produits chimiques.



Figure 7 : l'injection des produits chimiques dans le tuyau de mélangeur.

IV.3.5 Le décanteur lamellaire :

Après la coagulation et la floculation de macro-flocs ; les eaux s'écoulent vers le bassin de décantation ; ce dernier est un procédé de séparation des matières en suspensions ; des colloïdes rassemblées en floc, les lames sont fixées en angles de 55° par rapport à l'horizontale.



Figure 8: le décanteur lamellaire

-Dimension du décanteur :

- Longueur : 800mm.
- Largeur : 11000mm.
- Hauteur : 500mm.

-dimension des lames :

- Longueur.....1250mm.
- Largeur.....1700 mm.
- Hauteur..... 2 mm.
- Nombre par rangée.....120 lames.
- Nombre totale par décanteur.....720 lames.



Figure 9 : les lames de décanteur.

Après l'homogénéisation au décanteur ce dernier qui est divisé en trois chambres :

➤ **Première chambre :**

L'eau brute entre au dessus du décanteur pour donner le temps à la coagulation et la floculation en même temps l'eau brute va en dessous de la 1^{ère} chambre et monte à la 2^{ème} chambre.

➤ **Deuxième chambre :**

Pour séparer l'eau et les floccs à travers les lames c dernier qui dépose les floccs en en appelle la boue, l'eau monte sur une plaque et transportes a la 3^{ème} chambre.

➤ **Troisième chambre :**

La boue qui est déposée sur les lames en p v c glisse et sera collecté dans poches a boue par décanteur est égalé a deux (2) poches a boue, l'extraction

de boue se fait manuellement a travers des vannes (opération dite curage de décanteur).

-**la pompe de décanteur** : les eaux du décanteur sont aspirées par une pompe d'aspiration submersible de type vertical.

-**caractéristique de la pompe de décanteur** :

- Débit 510m³/h
- Hauteur 6 m.
- La puissance 15kw.

Cette pompe est conçue pour transfert des eaux de décantation vers le réservoir des eaux brutes.

Tableau 07. Produits chimiques de traitement d'eau brute.

Produits chimiques	Utilisation	Le dosage	Le rôle
Hypochlorite de calcium Ca (Ca(OCl)_2) (poudre)	Eau brute	10l/h	Pour désinfection l'eau de mer par les microbes et les bactéries
Chlore ferrique FeC13 (liquide)	Eau brute	4 l/h	coagulation
Polymère poly Electrolyte (poudre).	Eau brute	16l/h	Floculation

IV.3.6 Le réservoir des eaux brutes :

Il est conçu pour les stockages des eaux brutes prévenant du décanteur.

- **Dimension du réservoir d'eau brute** :

Dimensionné comme suivant :

- Longueur 4000mm.
- Largeur 3000mm.
- Hauteur 7000mm.
- Capacité volumétrique 84m³

IV.3.7 Les pompes de transfert :

Trois (03) pompes servant à l'alimentation du filtre à sable en eau brute provenant du réservoir ; et une pompe de lavage des filtres à sables.

- Les caractéristiques de la pompe :

→ Le débit Q : 245 m³/h.

→ Hauteur H : 36m.

→ Puissance P : 37kw.

IV.3.8. Filtre à sable :

La filtration à travers les couches du sable et le gravier sert à écarter les matières colloïdales et en suspension de l'eau brute, le medium du filtre est rempli par l'écoulement d'eau.

Tableau 8. Caractéristiques techniques des filtres à sable.

Nombre	6	
Diamètre	2800mm	
Hauteur	3600mm	
Surface de filtration	6,15m ³ /réservoir	
Pression admissible	6bars	
Température de service	20°C	
Vitesse de filtration	12,5 m.s ⁻¹ (fonction normale) ; 15m.h ⁻¹ (5filtres en service)	
Air de rinçage à contre-courant	68 m ³ .m ⁻²	
Eau de rinçage a contre courant	25m ³ .m ⁻²	
Couche filtration (matériau)	Gravier	
Couche supérieure	Grosseur des grains	0,7-1,25 mm
	hauteur	4,3m
Couche médiane	Grosseur des grains	1,5-3,5m
	hauteur	0,2m
Couche inférieure	Grosseur des grains	3,5-5,5m
	hauteur	0,2m



Figure 10 : les six (06) filtres à sable.

-lavage des filtres :

Pour nettoyer le filtre à sable il y a quatre étapes à suivre :

- **1^{ère} étape** fermeture de la vanne a filtre sélectionné pour éviter le passage d'eau de production.
- **2^{ème} étape** faire vidange de filtre et ouvrir la vanne de lavage.
- **3^{ème} étape** envoyer a contre courant un courant d'air de bas en haut du filtre.
- **4^{ème} étape** envoyer a contre courant un courant d'eau pour rinçage de bas a en haut.

La durée de lavage est d'environ 25 à 30 minutes deux (02) fois par jour a la fin on obtient l'eau usée qui est jetée dans un bac de saumure (Linde 2004).

Note :

A fin de protégé l'appareil d'ultra violet l'injection de certaines produits chimiques est quasi obligatoire pour éliminée le chlore et réglée le pH.

Tableau n° 9 : les produits chimiques injectés après le filtre à sable.

Produit chimique	Utilisation	dosage	Le rôle
(SMBS) Méta bisulfate de sodium	Eau filtrée	5L/H	Elimination du chlore dans l'eau brute
Acide sulferique H2 So4 (liquide).	Eau filtrée	50L/H	Réglage de pH

IV .3.9 L'appareil d'ultra violet (U.V)

C'est un instrument destiné pour éliminer les microbes et les bactéries par la méthode d'injection des rayons ultra violet.



Figure 11 : l'appareille d'ultra violet

IV .3.10 Les micros filtres :

Un remplacement du filtre bougie est à prévoir lorsque la différence de pression entre l'entrée et la sortie dépasse 0.5 bar. Le contrôle s'effectue sur le manomètre installé localement les mêmes mesures sont valables pour le filtre à bougie de l'unité de nettoyage.

Avant la filtration fine il y a injection des produits chimiques qui sont les métras bisulfites de sodium pour élimination de chlore, résiduel et l'acide sulfurique pour réglage du pH ainsi l'appareil ultra violet pour élimination des microbes et des bactéries par rayonnement.



Figure 12 : l'installation de la micro filtration.

Tableau 10. Caractéristiques techniques des filtres bougies :

Nombre (réservoirs)	4
Nombre de cartouche de filtre/ carter	31
Matériau	
– Carter	ST-37
– Cartouche de filtre	Polypropylène
– Joints	Viton
Couche de protection intérieure du carter	Couleur résistant à l'eau de mer ; épaisseur de couche : 500 μ m
Degré de filtration	5 μ m
Pression maximum de services	4 bars
Perte de pression	0,3-0,4 bars
Température admissible	40°C

IV .3.11 L'installation de dessalement :

a- Les pompes à hautes pressions :

L'eau prétraitée est mise sous pression environ 73 bars au moyen d'une pompe à haute pression à travers les tubes modules des membranes de nombre de deux pompes.

-caractéristiques :

- Le débit Q : 282m³/h.
- Hauteur H : 72ml.
- Puissance P : 622kw.



Figure 13 : pompe de haute pression

b- Les modules des membranes :

Elles sont composées de deux modules (filtres) chacun contient 28 tubes de pression ; c'est-à-dire en totalité 56 tubes de pression ou chaque tube se compose de sept (07) membranes.

Tableau 11 caractéristiques techniques des tubes de pression pour les membranes.

Nombre de tube de pression	54(+2 de réserve)
Nombre de membranes par tube de pression	7
Pression normale	84 bars
Pression service	73,5 bars
Prélèvement d'échantillon	56 (sur chaque conduite de sortie de perméat)

Tableau 12 : caractéristiques techniques des membranes.

Nombre de membranes	392
Nombre de membrane par tube de pression	7
Membrane	Membrane matériau composite polyamide
Modèle	Module enroulé
Pression de service	75bars
Perte de pression max sur 7 membranes	4,2 bars
Température de service	25°C
Température maximale admissible (nettoyage)	50°C
pH autorisé (service)	2-11
pH autorisé (nettoyage)	1-12
Rendement max perméat	45%
Diminution de flux de perméat	7% par année
Perte de sel par fuite	10% par année



Figure 14 : l'installation d'osmose inverse.



Figure 15 : les membranes des modules d'osmose inverse

Lavage des membranes :

Les dépôts sur le coté concentré des membranes sont causés par les mécanismes ou substance différentes ; ex : précipitation de sels calcaire ou dépôts de substance organiques.

Il est important pour le maintient de la longévité et du flux de perméat des membranes, d'évité un blocage irréversible, et dés lors, de contrecarrer celui-ci au plus vite par un nettoyage.

En ce basent sur les valeurs d'analyse d'eau brute et sur les recommandations du fabricant des membranes, les modules a membrane sont à nettoyer au maximum 2 fois par an, celui-ci un fonctionnement correct du prétraitement et de filtration fine, et du traitement chimique.

-des signes d'un début de blocage du module à membrane et donc de la nécessité d'un nettoyage sont en réglage générale :

- diminution flux de perméat d'environ 10 à 15 %.
- augmentation de la concentration en sel des perméat d'environ 10%.
- augmentation de la perte de charge sur les membranes d'environ 10 à 15%.

Sur base de données de l'eau brute, le fabricant de membranes recommande les étapes suivantes pour le nettoyage :

- Rinçage des membranes à l'aide d'une solution alcaline de nettoyage (pH max 10).
- Rinçage des membranes à l'aide d'une solution acide de nettoyage (pH min.4).

Ces deux étapes de nettoyage doivent toujours s'effectuer consécutivement.

L'installation (pompe d'eau de puits, pompes de transfert et pompes de relevage) est mise lors service durant ce nettoyage.

A la fin du nettoyage décrit ci-dessus, il faut garder en réserve et sous forme solide les produits nécessaires suivants :

Tableau 13 : les produits de nettoyage des membranes d'osmose inverse

Solution de nettoyage	Produit	Quantité requise pour 100 I d'eau	Réglage de la valeur pH	température
1 (alcalin)	STPP (100% poudre) Na-poudre)	2032 g 256g	pH 10 avec acide sulfurique	Max. 40°C
2(acide)	Acide critique (100% poudre)	2032 g	pH 4 avec hydroxyde d'ammonium	Max. 40°C

La solution de nettoyage doit être préparée à l'aide d'eau de perméat dans le réservoir de préparation juste avant le nettoyage.

D'autres produits de nettoyage (ex. par manque de disponibilité des produits mentionnés ci-dessus, ou en cas de résultats de nettoyages insuffisants).

Ne peuvent être utilisés qu'après une recherche approfondie sur les causes et effets ou après accord du fabricant de membranes (Hydranautics GmbH).

La solution de nettoyage intégrée à l'installation se compose d'un réservoir d'une capacité d'environ 4 m³ servant à la préparation de la solution de nettoyage, d'une pompe de circulation et d'un filtre à 2 filtres bougies remplaçables. La pompe sert aussi bien à la dissolution dans l'eau par transvasée du produit de nettoyage, qu'à la circulation de la solution de nettoyage à travers les modules à membrane. La pompe est équipée d'une protection contre fonctionnement à sec d'un clapet anti-retour. Un élément de chauffage est intégré au réservoir de nettoyage pour réchauffer à environ 32 à 35 C° l'eau se trouve dans le réservoir et servant au processus de rinçage. Le serpentin de chauffe a un raccord de 18kw.



Figure 16 : l'installation de nettoyage des membranes d'osmose inverse.

IV.3.12 Le réservoir de l'eau traitée :

Il est conçu pour le stockage de l'eau traitée provenant des modules des membranes.

-les dimensions de réservoir :

Longueur : 4000mm.

Hauteur : 3000mm.

Largeur : 3600 mm.

Capacité volumétrique : 43m³.

IV.3.13 : Les pompes de refoulement :

Des pompes servant à l'alimentation des réservoirs tampons qui distribuent vers l'ADE des réseaux des citoyens, nombre de pompe est de deux pompes qui ont les caractéristiques suivantes :

Le débit Q : 209m³.

Hauteur H : 135m.

Puissance P : 110kw.



Figure 17 : les pompes de refoulement

IV.3.14 Poste de dosage :

Toutes les stations de dosage d'une station de dessalement d'eau de mer se composent en principe d'une préparation avec jauge de niveau et d'une pompe de dosage magnétique comprenant l'accessoire d'aspiration.

Les réservoirs de préparation de chlore et du méta bisulfite sont équipés d'agitateurs ainsi des autres produits chimiques soit l'acide sulfurique et chlorure ferrique ; polymère (poly-électrolyte) ; la chaux ou la soude.



Figure 18 : poste de préparation des produits chimiques.

- Dosage de chlore (hypochlorite de calcium) :

La station de dosage se compose à l'inverse des autres unités de dosage de deux réservoirs de 200 l, puisque la solution d'hypochlorite de calcium doit être remuée en alternance. Un réservoir est en service pendant que l'autre est en préparation il est prévu une pompe par section de dosage l'hypochlorite de calcium est préparé granulat à 65%.

Pour le dosage, on prépare une solution aqueuse à 5% avec de l'eau de perméat.

La chloration continue de l'eau potable s'effectue à des fins de désinfection par l'addition d'une solution de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ dans la conduite de perméat peut avant l'entrée dans le réservoir collecteur de perméat. La concentration de chlore libre (C12) devrait être de 1 à 2 mg/l.

- Réduction de CO_2 :

Afin d'éliminer le CO_2 agressif contenu dans l'eau, on utilise du marbre (la chaux en solution) contenu dans un tamis, ce qui diminue considérablement son agressivité. Il faut remplir le tamis de marbre à intervalles réguliers.

De même, le fond du réservoir d'eau pure est à nettoyer régulièrement des boues s'y déposant.

- Les produits chimiques :

Les produits chimiques injectés dans le réservoir des eaux traitées (perméat) sont situés dans le tableau suivant :

Tableau 14 : les produits chimiques injectés dans l'eau traité.

Des produits chimiques	L'utilisation	dosage	Le rôle
Chlore hypochlorite de calcium CaOCl (granulée)	Eau traitée	4 l/heure	Pour désinfection l'eau de mer par microbes et les bactéries
La chaux de lait de la chaux poudre	Eau traitée	50L/Heur	Réglage du pH 4
Eau filtrée ou bien marbre (calcite) ou bien les mélanges (eaux filtrées)	Eau traitée	Débit calcule	Reminéralisations d'eau (l'enrichissement avec les sels minéraux)

IV.4 Importance des sels minéraux :

L'eau représente en moyenne 60% du poids du corps donc un homme de 70kg contient environ 40litres d'eau. Mais la teneur en eau varie selon l'âge : 75% chez le nourrisson, 50% chez la personne âgée.

L'eau minérale naturelle est bonne pour la santé parce qu'elle a une composition particulière : elle peut être soit faiblement minéralisée soit plus au moins richement minéralisée. Certains sels minéraux et oligoéléments peuvent être parfois insuffisants dans l'alimentation : calcium, magnésium et fluor. Selon la composition, chaque eau a des indications préférentielles.

Chez le nourrisson, en cas de constipation, on peut donner un biberon d'eau minérale une fois par jour car elle contient 110mg/l de magnésium qui est laxatif.

Les sels minéraux sont indispensables à la santé et l'organisme ne peut fonctionner sans la présence d'une vingtaine d'entre eux. Ce sont des métaux ou des métalloïdes nécessaires à l'activité des cellules. Ils sont impliqués dans la formation de certains tissus, dans la synthèse hormonale, dans celles des systèmes enzymatiques, l'équilibre existant entre les cellules du corps.

Chapitre V :

Matériels et

méthodes

V.1. Analyses :

La qualité de l'eau traitée produite indique l'efficacité de poste de conditionnement a été mise en évidence grâce aux analyses suivantes :

➤ Physico-chimique :

Température, pH, conductivité, TDS, salinité, Cl₂ (résiduelle), turbidité. Pour les modes opératoires (voir Annexe A).

➤ Minéralisation globale :

Calcium (Ca⁺²), Magnésium (Mg⁺²), Potassium (k⁺), Sodium (Na⁺²), Chlorures (cl⁻) Sulfates (So₄⁻²), Bicarbonate (Hco₃⁻), Carbonate (Co₃⁻), la dureté totale (TH), Titre Alcalimétrique complet (TAC), Titre alcalimétrique (TA), pour les modes opératoires (voir Annexe B).

V.2 Echantillonnage :

Le prélèvement d'eau est une opération délicate pour laquelle le plus soin doit être apporté.

L'échantillon doit être homogène représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, il convient que le préleveur a une connaissance précise des conditions des prélèvements et de son importance pour la qualité des résultats analytiques.

V.2.1 Matériel de prélèvement :

- flacon de 300 ml en vert blanc à bouchon fermé à l'émeri, rincés avec l'eau distillée.
- solution de thiosulfate de sodium à 3%
- papier d'emballage.
- ficelle
- coton
- alcool à 70%

V.2.2 Mode de prélèvement :*** physico-chimique :**

Le prélèvement s'effectue a partir d'un robinet, ou on a laissé l'eau s'écouler pendant 10mn.

En moment du prélèvement pour l'analyse chimique les flacons seront de nouveau rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord, le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'est aucune bulle d'air et tel qu'il ne soit pas éjecte au cours du transport.

V.2-3 Le transport :

D'une façon générale, le transport se fait à une température de 4 C et à l'obscurité dans des emballages isothermes permettant d'assurer une bonne conservation.

V.2-4 Les principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :

Pour faciliter le travail de l'analyse et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il convient d'étiqueter ou de numéroter les prélèvements, chaque flacon doit être accompagné d'une fiche signalétique permettant de rassembler les renseignements utiles au laboratoire.

Chaque flacon comporte les renseignements suivants :

- 1- Origine de l'eau (nom du point d'eau et localisation précise).
- 2- Date et heure du prélèvement.
- 3- Température et pH de l'eau (analyses in situ)
- 4- Résultats de test de chlore.

V.2-5 – Méthodes d'analyses utilisées :

V. 2-5-1- Volumétrie :

a- Principe :

Les méthodes volumétriques consistant à faire réagir des quantités équivalentes de deux réactifs contenus dans des volumes bien déterminés. La réaction entre les deux réactifs doit être totale et instantanée.

L'un des réactifs est ajouté au deuxième par petites jusqu'à la consommation de ce dernier, la fin de la réaction (point d'équivalence) est indiquée par le virage d'un indicateur coloré.

A défaut d'indicateur coloré, on peut utiliser des méthodes électrochimiques pour déterminer le point d'équivalence, on trace alors une courbe en mesurant après chaque addition du second réactif la grandeur électrochimique (résistance, pH...)

Soient n_1v_1 respectivement le titre et le volume du premier réactif et n_1v_2 respectivement le titre et le volume du deuxième réactif. Au point d'équivalence on a : n_1v_2 et n_1v_1 et n_2v_2 représentent respectivement les quantités de matières utilisées du premier du deuxième réactif.

Techniques opératoires :

En général, on place dans un Erlenmeyer un volume « V » d'un réactif auquel on ajoute un indicateur coloré (ou on y place des électrodes) on y verse, à l'aide d'une burette, un seconde réactif jusqu'au changement de couleur (on trace la courbe $X=f(v)$ ou % est la grandeur électrochimique à mesure).

V.2-5-2 Spectrophotométrie d'absorption moléculaire :

➤ Principe :

Lorsqu'un faisceau lumineux de longueur d'onde donnée traverse une solution colorée, une fraction de la lumière incidente est absorbée en fonction de la concentration du composé coloré.

➤ Loi de la spectrophotométrie :

La méthode spectrophotométrie d'absorption est fondée sur la loi de **Beer Lambert** : la proportion de l'intensité de la lumière absorbée dépend de la concentration du soluté en solution

$$\text{Loi de Beer-Lambert : } \log(I_0/I) = \epsilon \cdot e \cdot I$$

I : épaisseur

E : concentration de soluté

ϵ : coefficient d'absorbance molaire ; dépend de la nature du soluté et de la longueur d'onde du rayonnement utilisé.

Le rapport $T=I_0/I$ dit transparence. La longueur $A=\log(I_0/I)$ est dite absorbance ou densité optique. Cette loi ne peut être rigoureuse que si le rayonnement utilisé est monochromatique.

On trace généralement une courbe d'étalonnage $A=f(C)$ à l'aide d'une série des solutions étalon et par rapport, on détermine la concentration de la solution à analyser.

Chapitre VI :

Résultats et

interprétations

VI.1 Les résultats d'analyses de l'eau brute :

Tableau 15 : les résultats d'analyse de l'eau brute

Date	21-03-2011	28-04-2011	03-04-2011	11-04-2011	unité
éléments					
pH	7,90	8,17	8,56	8,11	-
Conductivité	5.5400	73950	53980	54900	Us/cm
Température	19,51	20,7	21,7	22	C°
Turbidité	21,44	20	21	23,1	NTU
TDS	39131	37135	38153	37730	Mg/l
salinité	37,4	35,6	35,38	36,8	‰

Minéralisation globale

Calcium (Ca⁺²)	560	717	560	710	Mg/l
Magnésium (Mg⁺²)	1766	2120	1724	2398	Mg/l
Chlorures (Cl⁻)	18686	17750	22678	26415	Mg/l
Bicarbonates (HCO₃⁻)	180	154	169,1	154,5	Mg/l
Dureté totale (TH)	1160	1290	1150	700	F°
Titre alcalimétrique Complet (TAC)	14	10,5	12,5	//	F°

VI.3- les résultats d'analyse de la minéralisation globale :

Tableau 17 : résultats des analyse de la minéralisation (de l'eau dessalée)

Date éléments	Unité	21-03-2011	28-04-2011	03-04-2011	11-04-2011	Norme algérienne Niveau guide (NG)	Concentration seuil (CMA)
Calcium (Ca^{+2})	Mg/l	28,6	28	25	28,6	75	200
Magnésium (mg^{+2})	Mg/l	30	42,4	42,3	36,5	50	150
Chlorures (Cl^-)	Mg/l	336	385,85	311,93	366,87	200	500
Bicarbonates (HCO_3^-)	Mg/l	19	16	13,30	22	-	-
Dureté totale (TH)	°F	19	25	23	22	10	50
Titre alcalimétrique complet (TAC)	°F	6	5	7,5	1	-	-

- **Interprétations des résultats :**

- ✓ **pH :**

Le pH a une relation étroite avec les plus essentiels paramètres pour la qualité d'eau potable, tel que Cl (libre), TH, TAC, TA,...

Des pH inférieurs à 7 peuvent provoquer une corrosion sévère des tuyauteries métalliques conduisant à une augmentation des concentrations de certains éléments toxiques.

Le passage de l'eau brute dans l'unité d'osmose inverse diminue son pH (~8), cette diminution n'est pas sans conséquence sur la qualité de l'eau potable d'où la nécessité de la faire augmenter en ajoutant la chaux qui permet d'atteindre des valeurs qui tournent autour de 7,5.

La reminéralisation par l'ajout d'eau filtrée fait que le pH à la sortie a atteint des valeurs qui se situent au voisinage de 6,75.

Pour l'eau destinée à la consommation humaine la norme Algérienne fixe une valeur comprise entre 6,5 et 8,5 et donc toutes les valeurs de pH répondent à cette norme.

Les valeurs de pH sont comprises dans la fourchette (6.5 – 7.68), on note une diminution qui peut être causée par un mauvais dosage lors de sa correction

- ✓ **Température :**

La température fixée pour un dessalement se situe vers 12°C à 15°C. En pratique, elle n'a pas d'action directe sur la santé de l'homme mais des températures élevées peuvent causer des problèmes sur la qualité bactériologique de l'eau.

Les valeurs de la température varient entre (24 – 25.09) °C, la variation de la température est liée aux variations saisonnières.

- ✓ **Conductivité, TDS, Salinité :**

La conductivité est un paramètre qui est en relation directe avec la minéralisation le TDS et la salinité de l'eau.

Les valeurs de la conductivité varient de 1272 Ms/cm- 1634 Ms/cm qui sont conformes à la norme 2800 Ms/cm. Les valeurs de la salinité comprise entre (0,6 et 0,8) ‰, sont des valeurs acceptables pour une eau destinée à la consommation humaine.

Les valeurs de la conductivité sont un peu élevés c'est la cause du colmatage des filtres d'O.I (il faut les changée chaque 5ans pour assurer un bon fonctionnement).

✓ **La turbidité :**

Les valeurs de la turbidité de l'eau de mer sont autour 19,5 NTU. Après des différents traitements de clarification (coagulation – floculation, décantation et filtration) et la micro- filtration- la turbidité a beaucoup diminuée, chose nécessaire pour que cette eau ne provoque pas de colmatage et après le passage de l'eau dans l'osmoseur elle c'est réduite à des valeurs moyennes égales à 1.5 NTU à cause des fuites des membranes normalement avec la microfiltration et l'osmose inverse la turbidité avoisinera (0) mais le rajout de l'eau filtre et de chaux out fait augmenter celle-ci, aussi mais reste toujours inférieurs à la norme établie.

On note que les valeurs de la turbidité de notre eau comprennent entre (0,40 jusqu'à 4,36) NTU est conforme à la norme 5 NTU.

✓ **Chlore résiduel :**

Le chlore est l'un des réactifs le plus utilisé lors de la désinfection, en distribution, la teneur résiduelle en chlore constitue un indicateur de non contamination du réseau après le traitement, et témoin de l'efficacité de traitement bactéricide.

Il ne devrait pas dans les conditions normales d'exploitation, rester plus de 0,6 mg/l à 1 mg/l de chlore libre (HOCl, OCl⁻) dans l'eau de consommation.

Normalement après les tests de chlore libre de l'eau de perméat le chlore est toujours égale à 0mg/l à cause de la déchloration avec SMBB pour la protection des membranes contre la dégradation (l'appareil d'SMBB est en panne).

Les valeurs de chlore dans le poste de conditionnement sont toujours supérieures à 0,4 mg/l ce qui assure la protection de l'eau produite au cours de son cheminement dans le réseau d'adduction.

VI.3- les résultats d'analyse de la minéralisation globale :

Tableau 17 : résultats des analyse de la minéralisation (de l'eau dessalée)

Date éléments	Unité	21-03-2011	28-04-2011	03-04-2011	11-04-2011	Norme algérienne Niveau guide (NG)	Concentration seuil (CMA)
Calcium (Ca^{+2})	Mg/l	28,6	28	25	28,6	75	200
Magnésium (mg^{+2})	Mg/l	30	42,4	42,3	36,5	50	150
Chlorures (Cl^-)	Mg/l	336	385,85	311,93	366,87	200	500
Bicarbonates (HCO_3^-)	Mg/l	19	16	13,30	22	-	-
Dureté totale (TH)	°F	19	25	23	22	10	50
Titre alcalimétrique complet (TAC)	°F	6	5	7,5	1	-	-

- **Les interprétations des résultats :**

L'alcalinité et la dureté calcique participent à l'équilibre calco-carbonique de l'eau conjointement avec le pH est l'acide carbonique dissout ou cherche à distribuer une eau à l'équilibre pour éviter l'entartrage ou la corrosion des réseaux.

- ✓ **Calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}) et la dureté totale (TH) :**

Ca^{+2} et Mg^{2+} sont des substances minérales essentielles pour l'organisme humain ; alors en doit toujours savoir une eau riche en ces éléments. Selon « Rodier » une eau de bonne qualité doit renfermer de 100 à 140 mg/l de Ca^{2+} cette valeur est bien loin de la concentration de Ca dans notre eau traitée ce qui nous conduit à dire que la recentralisation n'est pas faite correctement.

Après la déminéralisation par la station d'osmose inverse la concentration de ces deux tous à largement diminuer présentant les valeurs suivante en Ca^{2+} , Mg^{2+} , et $\text{TH} < 5^\circ$ qui ne peut pas être distribué : risque de corrosion des réseaux pour cela il est nécessaire de la reminéralisée cette opération a été effectuée au niveau des poste de conditionnement par le rajout de lait à chaux et une certaine quantité d'eau filtré. Pour le Mg le problème ne se pose pas quand la concentration est inférieure par rapport au niveau guide. Le problème peut se poser si la concentration dépasse la norme causant un problème laxatif.

On note que même après cette opération de reminéralisation qui se fait dans la station, les valeurs de Ca^{2+} et Mg^{2+} est trop faible entre 25 à 28,6 mg/l de Ca^{2+} et 30 à 42,4mg/l de Mg^{2+} par rapport à la norme Algérienne.

- ✓ **Les chlorures :**

Des concentrations élevées de chlorures nuisissent aux ajouts de l'eau, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium, ils sont aussi susceptibles a cause d'une corrosion des canalisations et des réservoirs.

L'eau de mer contient d'importantes quantités des chlorures une moyenne du Cl^- 19559 mg/l.

Après l'osmoseur on a obtenu une eau dessaler dont la concentration a diminué et juste après le traitement de la reminéralisation les valeurs dépassent 200mg/l et se ci se qu'on avait constaté dans les résultats les valeurs de Cl^- sont comprise entre (311,93 et 385,85)

C'est la cause de l'ajout d'eau filtrée qui contient une quantité importante de Cl^- que la norme. Ces valeurs restent acceptables généralement des chlorures présente dans l'eau potable n'ont pas de conséquence toxique pour l'homme même a de forte

concentration cependant ils peuvent être préjudiciable aux personnes atteintes des maladies rénales ou cardio-vasculaire.

✓ **TAC :**

Dans les eaux naturelles, la concentration en (OH^-) étant faible et donc négligeable l'alcalinité de l'eau est constituée des seuls (HCO_3^-) ou d'un mélange (CO_3^{2-}) et (HCO_3^-)

Généralement, l'eau doit permettre de favoriser la formation d'une couche protectrice sur la surface métallique des tuyaux (formation de $CaCO_3$) et éviter ainsi les risques de corrosion (CO_2 agressive).

L'eau de mer contient des quantités importante de bicarbonate la moyenne est de 164mg/l.

Après l'osmoseur cette dernière diminue à une valeur de 5 mg/l jusqu'à 7,5 mg/l, donc l'eau produite reste inférieure à la limite minimale.

Conclusion

Conclusion

L'eau de mer peut être utilisée comme une ressource d'eau potable après qu'elle soit dessalée. Pour cela elle doit subir une chaîne de traitement avant sa distribution aux consommateurs.

Au terme de notre étude et d'après les résultats obtenus montrant clairement que l'eau produite par osmose inverse au niveau de la station de dessalement de Bou-Ismaïl est une eau potable mais, pas suffisamment riche en sels minéraux surtout les deux éléments responsables de la dureté (TH) Ca^{+2} et Mg^{+2} . Pour cela, l'eau dessalée par osmose inverse subit un traitement de reminéralisation par l'ajout de la chaux et d'un volume d'eau brute filtrée mais le taux des sels minéraux reste toujours faible par rapport à la norme algérienne fixée. Se qui exige une deuxième reminéralisation de l'eau de dessalement en la mélangeant avec l'eau de forage (TAKTAKA), cette dernière est caractérisée par une minéralisation importante avec une prédominance des ions responsable de la dureté. Pour améliorer la minéralisation de l'eau produite par dessalement il faut injecter un volume équivalent d'eau de forage à l'eau dessalée (50% d'eau de forage + 50% de l'eau de dessalement).

La station de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse et comme toutes les stations de traitement des eaux (eaux potables et/ou eaux usées) rencontre des problèmes influençant son bon fonctionnement. Nous citons comme suit :

- Problèmes de coût
- Importante production de boues
- L'eau usée collectée dans la saumure est jetée dans la mer.
- Non respect de l'hygiène et de sécurité.

Recommandations :

- Valorisation agricole des boues
- Epuration des eaux usées avant de les jeter dans le milieu naturel.
- Il convient pour les travailleurs d'utiliser les matériels de protection tel que des casques d'atténuation sonores (limiter les sons forts des machines tel que les pompes à haute pression HP), des masques pour éviter l'inhalation des vapeurs des produits chimiques, des lunettes et des souliers de protection.

Bibliographie

- [1] Dégréement « mémento technique de l'eau » Tom 2, Paris, 2005.
- [2] J. RODIER « l'analyse de l'eau, eaux naturelle eaux résiduaire, eaux de mer » 8ème édition, DUNOD, paris 1996.
- [3] GEARD COPIN, « propriétés physique de l'eau de mer », Technique de l'ingénieur W1 170, édition 2009-Montécut.
- [4] J.P RILEY, G. SKIRROW. « chemical oceanography ». Academic Press, 1965.
- [5] Séminaire traitement des eaux: de 17 a 21 novembre ENSH BLIDA 2007.
- [6] degréement « Mémento technique de l'eau », l'avoisier-lexique technique de l'eau. Tome 2, Paris, 2005.
- [7] S.KEHAL. « Rétrospective et perspective du dessalement en Algérie », Désaliénation, Vol. 136, pp : 35-42, (2001).
- [8] Alain. MAUREL. « dessalmenet de l'eau de mer et des eaux saumates », édition technique et documentation, 2001.
- [9] Desjardins R « le traitement des eaux », édition de l'école polytechnique de Montréal, deuxième édition, 1997.
- [10] Nicos X. Tsiourtis, « desalination and the environment » ; desalination , Vol.141, pp : 223-236, (2005).
- [11] Metaiche M, « étude d'optimisation des systèmes d'osmose inverse pour le dessalement des eaux de mer sur modèle (la simulation numérique) » Thèse magistère. Ecole nationale supérieure d'hydraulique. Blida 2000.
- [12] Voileau V-J « déminéralisation par électrodialyse en présence d'un complexant application au Lactosérum ». Thèse de doctorat, Science des Agro-ressources. Institut national polytechnique de Toulouse, 1999.

- [13]Maurel A, « dessalement de l'eau de mer et les eaux saumâtres et autre procédés conventionnels d'approvisionnement en eau douce », Lavoisier Tec et Doc. France, 2006.
- [14] P.Granier et J.J.Bimbenet, « les procédés de séparations par membranes électrodialyse, osmose inverse, ultrafiltration » centre de documentation internationale des industries utilisation des produits agricoles-Mars 1967.
- [15] Dégerment, « MEMENTO TECHNIQUE DE L'EAU », Tom 01, Paris, 2005.
- [16]Akretche J, « les prétraitements par membranes en dessalement » journée de formation, Février 2004 au Gabés, Tunis.
- [17]Squires R.C. « removal of heavy metals from industrial effluent by crossflow microfiltration», Wat. Sci. Tech, 1992, 25(10), 55-67.
- [18] Hector. R.H. « supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable », Thèse de Doctorat. Institut national des Science appliquées de Toulouse, 2006.
- [19] Moustfaoui ; « dessalement d'eau de mer au niveau de la station de Bousmail », (DEUA) en science de la mer ; septembre 2010, Dely Ibrahim.
- [20] programme bilatéral de coopération Algéro-française diagnostic et formation dans le cadre des unités de dessalement d'eau de mer de l'Algérienne des eaux.
- [21]R. Einav and F.Lockiec; «environmental aspects of a desalination plant in Ashkelon»; desalination, Vol. 156, pp: 79-85, (2003).
- [22] Abu Qdais Hani.A; « environmental impacts of desalination plants on the arabien gulf », MAP San Diego Proc, Vol.3, pp: 249-260, (1999).
- [23] S.NISAN. «Dessalement de l'eau de mer par les réacteurs nucléaires ». pdf 2007.
- [24]J.Schipper; « environmental impact from desalination plant – pollution of the sea», WHO cours, desalination March 2000.

- [25]R.Ben, Hodges et al ; « desalination brine discharge mode » ; Final report, center for research in water resources, University of Texas at Austin; Aout 2006.
- [26] United nation environment program –Mediterranean Action plan MED POL, «sea water desalination in the Mediterranean: Assessment and Guideliness», Map technical Raports series No.139, UNEP/MAP, Athens, 2003.
- [27]T.G Boenman and N.TW.Klages; «Albany coast Water board»; environmental Scoping Report; IECM Report No: C84; October 2004
- [28]Rachel Einav, Kobi Hamssib, Dan Periyb, « the footprint of the desalination processes on the environment», desalination, vol. 152, pp: 141-154, (2002)
- [29]T. Bleninger, G.H. Jirka and V.Weitbrecht; «optimal discharge configuration for brine effluants from desalination plants», Proc. DME (Deutsche Meerwasser Entsalzung) –Congress, 04-06.04.2006; Berlin, 2006.
- [30]M.Argyrou; «impact of desalination plant on marine macrobenthos in the coastal desalination plants »; Desalination, Vol 155, pp: 41-47, (2000).
- [31]J. Jaime Sadhwani, Jose M. Veza, Carmelo Santana; « case studies on environmental impact of sea water Desalination», Desalination Vol.185, pp:1-8, (2005).
- [32] H.Thomas, W.Jens ; « element of environmental impact studies on coastal desalination plant»; Desalination, Vol 104, pp.11-18, (1996).
- [33]Eric Guilyardi, « quand le sel de l’océan pimente le climat», la météoologie No 33 –Mai 2001.

Annexe

Annexe : protocoles d'analyses :

A-physico-chimiques :

***Température,**

***pH,**

Conductivité,

***Turbidité,**

***Chlore libre.**

B-Minéralisation globale :

***Ca²⁺,**

***Mg²⁺**

***Cl⁻,**

***SO₄⁻²,**

***HCO₃⁻,**

***TA,**

***TAC.**

Détermination de pH

J-Radier

1-principe :

Le pH est mesuré directement à l'aide d'un pH-mètre.

2-mode opératoire :

- Mise sous tension du pH-mètre.
- Mettre l'appareil sur pH
- Introduire l'électrode dans la solution à contrôler
- Laisser la valeur indiquée se stabilisée
- Faire la lecture de pH directement sur le l'écran
- Rincer l'électrode par l'eau distillée après chaque utilisation.

3-résultat :

Lecture de pH directement sur l'écran.

Mesure de la conductivité

J-Rodier

1-principe :

La mesure de la conductivité d'eau permet d'avoir accès à la minéralisation globale de cette dernière puisqu'il existe des relations entre la tenure en sels dissous et la conductivité.

2-mesure de conductivité :

Rincer plusieurs fois la cellule de conductivité, d'abord avec l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau a examiner, faire la mesure en agitant bien la solution afin que la concentration ionique entre les électrodes soient identique prendre en même temps la température de l'échantillon.

3-résultat :

Donner la valeur de la conductivité et de minéralisation de votre échantillon.

Remarque :

Pour la salinité et TDS en utilise le même appareil.

Mesure de la turbidité

J-radier

1-Principe :

La mesure de la turbidité pure s'effectue en utilisant l'effet « tyndall » ou l'opacimétrie. L'effet Tyndall est utilisé plus spécialement pour la mesure des faibles turbidités (eau de boisson) ; l'opacité est appliquée aux eaux de fortes turbidités (eaux brute) ; quel que soit le principe utilisé, l'appareil nécessite un étalonnage.

2-Mode opératoire :

2-1 Equilibrage de l'appareil :

- Introduire dans l'appareil la solution étalon correspondant à une turbidité de 1 NTU calibré le turbidimètre pour cette valeur.
- Répète la même mesure pour une solution de turbidité de 10 et 100 NTU.

2-2 Détermination de turbidité d'un échantillon d'eau :

- Prélever 30 ml d'eau à analyser et l'introduire dans la cellule de mesure. Effectuer la lecture 2mn après l'introduction de la cuve dans l'appareil.
 - Répète l'analyse pour l'eau distillée.
- 3-expression des résultats :
- La turbidité s'exprime en NTU (céphalométrie de turbidité).

Teste de chlore libre

ADE

1- Principe :

Avant de procéder à toute analyse microbiologique ou physico-chimique, le teste de chlore est obligatoire. En présence de chlore libre, le diméthylphénylénédiamine (DPD) donne avec le chlore libre un complexe rougeâtre, l'intensité de la couleur est proportionnelle à la teneur initiale en chlore résiduel.

2- Mode opératoire :

- Dans un tube introduit un volume d'eau à analysées ;
- Ajouter immédiatement un comprimé de (DPD) ;
- Agiter rapidement jusqu'à la dissolution totale du comprimé (DPD) ;
- Effectuer la lecture avec le disque coloré (comparateur en lumière de jour) ;

3- Résultats :

Les résultats sont directement exprimés en mg/l.

Dosage du calcium/ magnésium et du calcium
Par Complexometrie
ADE

1- Principe :

Le sel Di sodique De l'acide Ethylène Diamino Tétra Acétique cristallisé avec H_2Q appelé aussi complexion ou versantes forme avec un nombre de cation des complexes dont la stabilité dépend essentiellement du pH.

2- réactifs :

3- Solution E.D.T.A

40g E.D.T.A

5g soude caustique

1g chlore de Magnésium

Dissoudre 40g E.D.T.A, ajouter les 5g Na OH puis ajuster avec de l'eau distillée Q.S.P 1000 ml.

Dissoudre à part 1g de chlorure de magnésium, ajuster avec de l'eau distillée Q.S.P 1000 ml.

Mélanger les 2 L ainsi obtenus et y ajouter 2 litres d'eau distillée ce qui donne 10litres d'E.D.T.A

Solution : Tampon ph/10 (Ca/Mg)

Le tampon pH/est constitué par des mélanges à volume égale des solutions A et B

Solution A :

Passer 67g de chlore d'ammonium préalablement séché 12 heures à l'étuve à 100°C puis refroidi au dessiccateur.

Ajouter 400ml d'ammoniaque à 28% (448ml à 25%)

Compléter 100ml par l'eau distillée.

Solution B :

Dissoudre à 2 litres d'eau distillée 1,5 kg environ de Tartrate double de sodium et de potassium appelé couramment sel de sergette. Chauffer jusqu'à dissolution totale et ajuster a 21.

Solution de soude N (Ca) :

40g de soude par litre d'eau distillée.

Indication colore :

1/ dosage du Ca/Mg :

Mélanger intimement puis broyer au mortier 100g de chlorure de sodium préalablement séché et une quantité de Noir d'Urochrome T telle qu'on obtient un mélange de coloration mauve. On décèle la fin du virage par le Noir d'Urochrome T qui vire du rose au bleu.

2/dosage du Ca :

Mélanger intimement puis broyer au mortier 100g de chlorure de sodium préalablement séché et une quantité de Patton et Reader (acide hydroxyde-2(Hydroxyde-2soulfo-Aphotique-3). On observe la fin du virage quand la couleur passe alors du rouge au bleu franc.

Annexe B :

Titre de l'E.D.T.A

- le dosage de l'E.D.T.A s'impose à chaque fois que le remplissage du flacon doseur est fait.

On prépare une solution de CaCO_3 à 1g/l (attaque de 1g de CaCO_3 par HCl dilué puis ajuster à 1 litre de l'eau distillée. Le CaCO_3 doit avoir été séché à l'étuve puis refroidi au dessiccateur). On prélève 10ml qui seront dosés en même temps que les échantillons. Cette solution contient 20ml/l de Ca^{++} .

-la PE ayant été placés dans des béchers de 50ml on y ajoute systématiquement 2ml de Tampon (Ca/Mg) et 2ml de Na OH (Ca) et une pince d'indicateur ; la solution prend une teinte rose (Ca/Mg) et rouge (Ca).

- La solution étalon de Ca^{++} et les échantillons ainsi préparés sont alors traités de manière identique. L'E.D.T.A étant placé dans la burette, on verse jusqu'au virage du rose au leu on maintenant une agitation dans le bécher. On notera soigneusement le volume V_1 d'E.D.T.A nécessaire pour faire virer les échantillons.

1-calcul de la normaliser de l'E.T.D.A

10ml à 20mé/l de calcium ont été dosés par V_1 d'E.D.T.A

$$N_{\text{E.D.T.A}} \text{ me/l} = \frac{20 \times 10}{V_1} = \frac{200}{10}$$

2-teneur et calcium et magnésium des échantillons

$$X \text{ me/l Ca/Mg} = \frac{N_{\text{E.D.T.A}} \times V_2}{PE \text{ ml}}$$

3-teneur et calcium des échantillons

$$X \text{ me/l Ca/Mg} = \frac{N_{\text{E.D.T.A}} \times V_2}{PE \text{ ml}}$$

4-teneur et magnésium des échantillons

Me/l de Mg = me/l de Ca/Mg – me/l de Ca.

Dosage des chlorures
Titration au nitrate d'argent avec dichromate comme
Indicateur (Méthode de Mohr)
(Iso 9297 : 1984)

1-Objet et domaine d'application :

Cette méthode s'applique au dosage direct des chlorures à des concentrations variant entre 5 mg/l et 400 mg/l. En raison de nombreuses interférences, cette méthode n'est pas applicable à des eaux fortement polluées, à faible teneur en chlorures.

2-principe :

Réaction des ions chlorure avec des argents pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ion argent et formation du chromate d'argent brun rouge des ions chromate qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation.

3-réactif :

Nitrate d'argent : dissoudre dans de l'eau 4,791 g de nitrate d'argent (AgNO_3) séchés au préalable à 105°C et compléter à 1000ml dans une fiole jaugée.
Chromate de potassium dissoudre 10g de chromate de potassium (K_2CrO_4) dans l'eau est dilué à 1000ml.

4-mode opératoire :

A l'aide d'une pipette, introduire 100ml de l'échantillon préparé dans une fiole conique de 250ml. Ajouter 1ml d'indicateur coloré de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brun rougeâtre. Un essai à blanc est traité de la même façon.

4- expression des résultats :

La concentration en chlorure, C_{Cl} , exprimée en milligramme par litre est donnée par la formule suivante :

$$C_{\text{Cl}} = (V_s - V_b) \times C \times F / V_a$$

Où :

C_{Cl} : est la concentration en milligramme par litre de chlorure.

V_a : est le volume en ml l'échantillon pour l'essai (maximum 100ml, les dilutions doivent être prises en compte).

V_b : est le volume en ml de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de blanc.

V_s : est le volume en ml de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de l'échantillon.

C : est la concentration réelle, exprimée en moles d' AgNO_3 par litre de la solution de nitrate d'argent $C = 0,0282039 \text{ mol/l}$.

F : est la facteur de conversion $F = 35453 \text{ mg/mol}$.

Annexe B :

Détermination des sulfates (SO_4^{-2}) ADE

1- Principe :

Les ions sulfates sont précipités et pesés à l'état de sulfate de baryum.

2- Réactifs :

- Solution Mère de sulfates à 120 mg/l.
- Acide chlorhydrique à 10%.
- Chlorure de baryum stabilisé : 10g de chlorure + 20ml de tween20 : compléter à 100ml avec de l'eau distillée.

3- Mode opératoire :

- Dans les fioles introduire 39ml de l'échantillon à analyser
- Ajouter 1ml d'acide chlorhydrique à 10%
- Ajouter 5 ml de la solution chlorure de baryum stabilisé.

4- Tableau de la gamme d'étalonnage :

N° fiole	01	02	03	04	05	06	07
Solution Mère SO_4^{-2}	0ml	1ml	3 ml	5 ml	70 ml	09 ml	11 ml
Eau distillée	39 ml	38 ml	36 ml	35 ml	32 ml	30 ml	28 ml
Acide Chlorhydrique à 10%	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
Solution de chlorure de baryum	5 ml	5 ml	5 ml	5 ml	5 ml	5 ml	5 ml
Correspondance en mg/l	0Mg/l	3Mg/l	9Mg/l	15Mg/l	31Mg/l	27Mg/l	33Mg/l

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l

ALCALINITE ADE

1- Détermination de l'alcalinité :

- L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonate et hydroxyde.
- Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libre et carbonate alcalin caustique.
- Le titre alcalimétrique ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres carbonates et hydrogénocarbonate.

2- Principe :

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minérale dilué en présence d'un indicateur colore.

3- Réactif :

- Solution alcoolique de pentathlonien 0,5% :

- pH2nophthaliéne	5g.
- alcool éthylique	500ml.
- Eau distillée	500ml.

- Solution de méthylorange à 0,5%

- Méthylorange	0,5g
- Eau distillée a	100ml.

4- Mode opératoire :

A- Détermination de TA :

Prélever dans l'erlenmeyer, 100ml d'eau, a analysé. Ajouter un à deux gouttes a solution de phénophtaléine. Une coloration rose doit alors se développer dans le cas contraire le TA est nul, ce qui se produit en générale pour les eaux naturelles dont le pH est inférieure a 8,3. Verser en suite l'acide dans l'erlenmeyer a l'aide d'une burette en agitons constamment est ceci jusqu'à la coloration complète de la solution (pH 8,3).

Soit V le nombre de millilitre d'acide utiliser pour obtenir la vierge.

B- Détermination de TAC :

Utilisé l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouter 2 goutte de méthylorange et titré de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune orange (pH 4,3) s'assurer qu'une goutte d'acide en excès provoque le passage de la coloration du jaune orangé au rose orangé (pH). Soit V' le nombre de millilitre d'acide N 50 versés depuis le début du dosage.

Retrancher de ce volume 0,5 ml quantité d'acide nécessaire pour le virage de l'indicateur, qui est un peut plus faible que le pH de neutralisation exacte de hydrogénocarbonate.

Etude de l'efficacité du poste de conditionnement unité de dessalement (B-I).

Annexe B :

5- Expression des résultats :

TA :

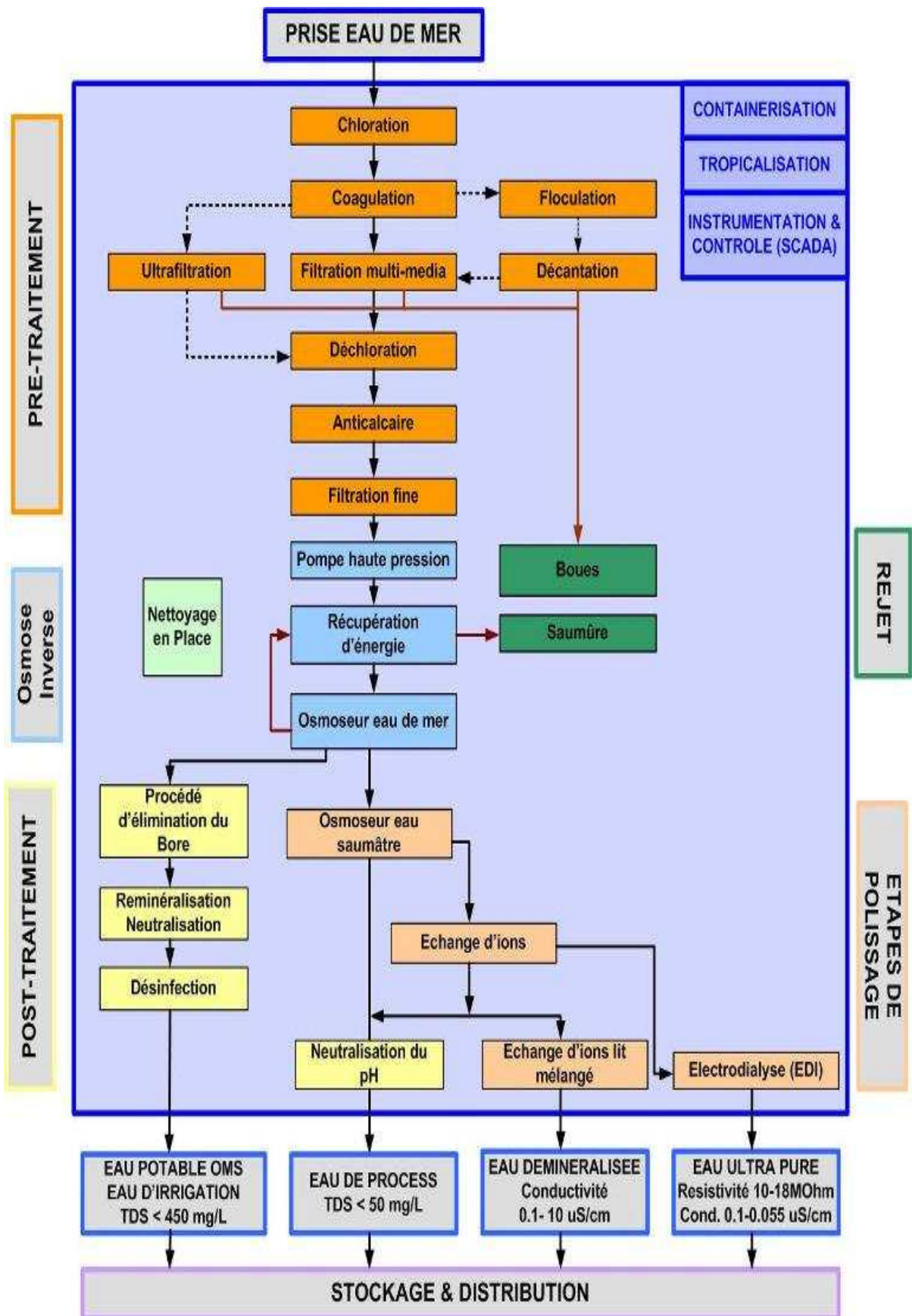
-V/5 : exemple le titre alcalimétrique en milliéquivalents par litre.

-V : exprime le titre alcalimétrique en degrés français (en effet, 1°f correspond à 10mg de carbonate de calcium (CaCO_3) ou 0,2 m/l).

TAC :

-V'-0,5/5 exemple le titre alcalimétrique complet en milliéquivalents par litre.

-V'-0,5 exprime le titre alcalimétrique complet en degrés français.



L'organisation générale d'une station de dessalement.

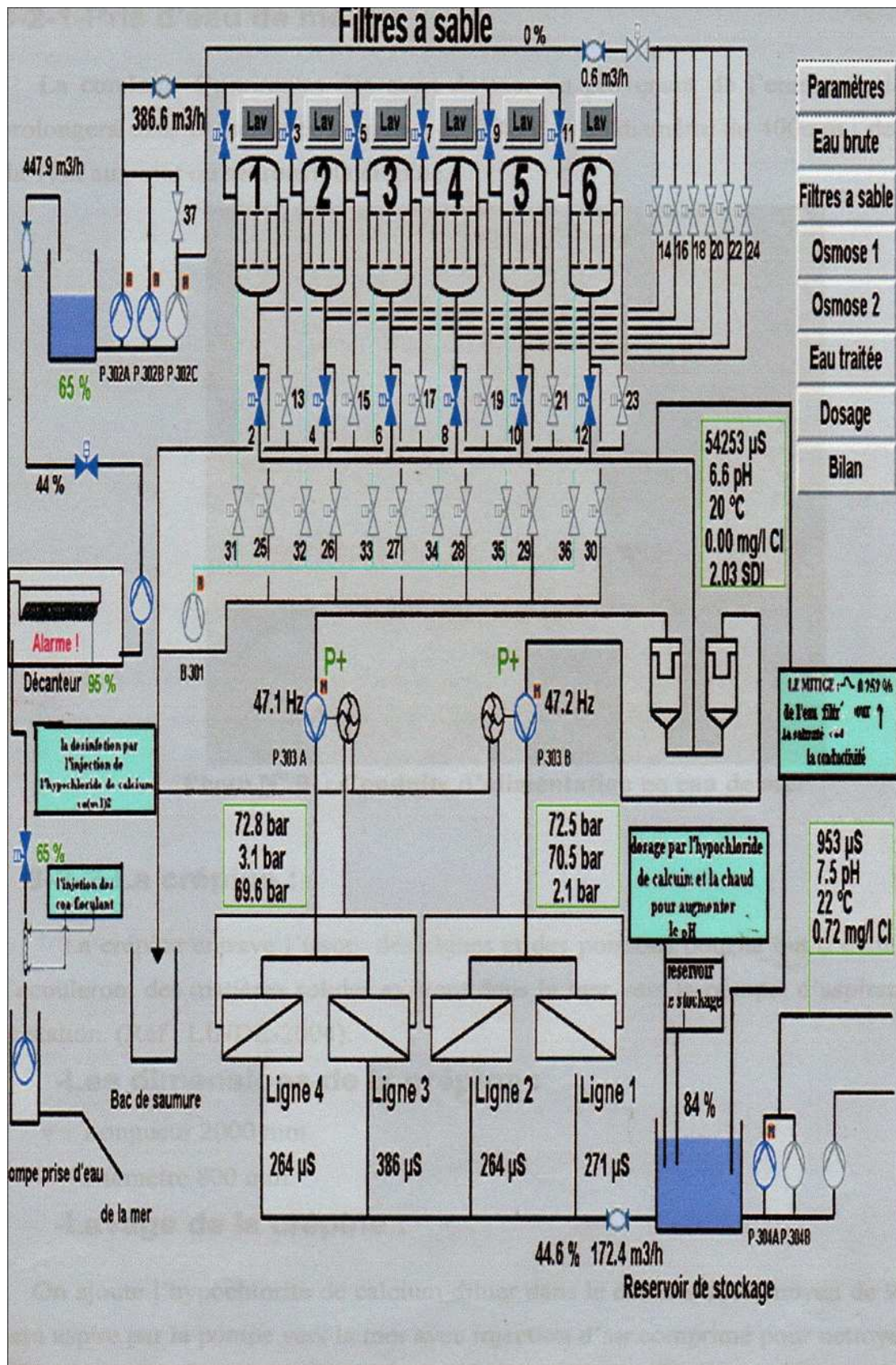


Schéma de fonctionnement des processus de dessalement a Bou-Ismaïl (de logiciel de la station).