



République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Akli Mohand Oulhadj

BOUIRA



Institut de technologies

Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme

De licence professionnalisant en :

Génie chimique

THÈME:

**ETUDE LA STATION DE DESSALEMENT
DE LA VILLE DE MOSTAGANEM**

Réalisé par :

FERHAT Nadjat

Tuteur de l'Institut :

KARABAGLI Abderrahmane

Maitre conférence A

Tuteur de l'entreprise :

MOUSSAOUI Hassiba

Unité de dessalement de Mostaganem

Soutenu devant le Jury :

- Pr.DJAIDJA

- Mme.DAIRI Nassima

Année: 2017 / 2018

REMERCIEMENTS

Avant tout, j'exprime mes remerciements au bon Dieu, le tout puissant, qui nous m'a donné la santé, la force et le courage pour accomplir ce modeste travail.

*J'adresse également ma profonde gratitude et à toute ma reconnaissance à mon encadreur, Monsieur **KARABAGLI**, professeur à l'université de Bouira.*

*Je tiens aussi à remercier Madame **MOUSSAOUI Hassiba**, responsable du laboratoire de contrôle de la qualité et Monsieur **GOULMANE Abderrazak**, directeur de production à l'usine de dessalement de Mostaganem pour leur accueil chaleureux et la confiance qu'ils m'ont accordé ainsi qu'à Monsieur **KHSIRE Fodil**.*

Je saisis aussi, cette opportunité pour remercier l'ensemble des enseignants de l'Institut de Technologie, qui ont contribué à notre formation et à toutes les personnes qui de près ou de loin, aidé à la réalisation de ce travail et aux membres du jury pour la lecture et les critiques de ce rapport.

Sommaire

Introduction	1
CHAPITRE I : GENERALITES	
I- Généralités.....	3
I.1 Techniques de dessalement.....	4
I.1.1 Distillation	4
I.1.2 Osmose inverse.....	5
I.1.3 L'électrodialyse.....	6
CHAPITRE II : UNITE DE DESSALEMENT DE MOSTAGANEM	
II -Unité de dessalement de Mostaganem.....	9
II.1 Stations de dessalement en Algérie	9
II.2 UNITE DE DESSALEMENT DE MOSTAGANEM.....	10
II.2.1 Description de la station de Mostaganem.....	10
II.2.2 Tours et tuyauterie de captage:.....	12
II.2.3 Description et fonctionnement normal des installations des preces:.....	13
-Système de prétraitement.....	13
-Conditionnement chimique.....	13
- Sous système de filtration:.....	15
-Système de microfiltration:.....	17
-Système l'osmose inverse:.....	17
Chassis d'osmose inverse :.....	19
-Nettoyage chimique:.....	20
-Système de ré minéralisation et conditionnement de l'eau osmotique:.....	21
-Stockage et impulsion de l'eau produit:.....	23
-Réseau de transport de l'eau d'externe:.....	24
CHAPITRE III: CONTROLE DE QUALITE	
III – CONTROLE DE QUALITE	26
III.1 Analyse physico-chimique:.....	26
1. Mesure de la température:.....	26
2. Mesure du pH:.....	26

3. Mesure la turbidité:.....	26
4. Mesure de la conductivité	27
5. Détermination de la dureté de l'eau.....	27
6. Détermination du titre d'alcalinité TA.....	28
7. Mesure de la matière totale dissoute MTD:.....	29
Mesure de la matière en état stationnaire MES:.....	31
9. Mesure de la Chlorine.....	33
1.Le pH-mètre	34
2.Le conductimètre	34
3.Le turbidimètre	34
III-2Analyse Bactériologique:.....	35
CONCLUSION	36
REFERENCES BIBLIOGRAPHI	37

Liste des Tableaux

CHAPITRE II : UNITE DE DESSALEMENT DE MOSTAGANEM

Tableau II.1 : Grandes unités de dessalement.....	9
Tableau II.2 : Petites stations (monoblocs).....	10

CHAPITRE III: CONTROLE DE QUALITE

Tableau III.3 : Résultats d'analyse d'eau obtenue par dessalement de l'eau de mer.....	29
Tableau III.4 : calcul MTD.....	31
Tableau III.5 : Valeurs de calcul.....	33

Liste des Figures

CHAPITRE I : GENERALITES

Figure I.1 : Dispositif expérimental.....	4
Figure I.2 : Procédé de l'osmose inverse dans le cadre du dessalement	5

CHAPITRE II : UNITE DE DESSALEMENT DE MOSTAGANEM

Figure II.1 : Station de dessalement de l'eau de mer Unité de Mostaganem.....	11
Figure II.2 : Schéma general de dessalement de l'eau de mer.....	12
Figure II.3 : Système de pompage de l'eau de mer.....	13
Figure II.4 : les filters.....	15
Figure II.5 : Osmose inverse.....	17
Figure II.6 : Osmose et Osmose inverse.....	18
Figure II.7 : le schéma de membrane.....	18
Figure II.8 : les membranes.....	20
Figure II.9 : ré mineralisation.....	23

CHAPITRE III: CONTROLE DE QUALITE

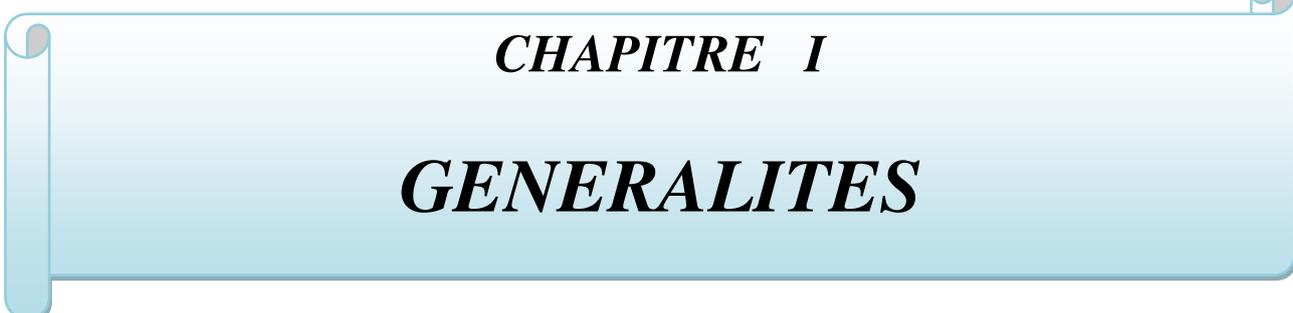
Figure III.1 : l'appareil de mesure la température et le pH mètre.....	26
Figure III.2 : l'appareille de mesure la turbidité.....	27
Figure III.3 : Appareille de mesure de la conductivité.....	27
Figure III.4 : le titrage(la durezza de l'eau).....	28
Figure III.5 : Etalonnage.....	28
Figure III.6 : Les échantillons à analyser.....	29
Figure III.7 : La cuve qui permet le séchage.....	30
Figure III.8 : les Dessiccateurs.....	30
Figure III.9 : Matière totale dissolue.....	30
Figure III.10 : La balance utilisée.....	31
Figure III.11 : Echantillon à analyser.....	32

Figure III.12 : Appareil de filtration.....	32
Figure III.13 : Membranes filtrées.....	32
Figure III.14 : poudre et l'appareil de colorimètre et DPD.....	33
Figure III.15 : les solutions tampons.....	34
Figure III.16 : la solution des étalonnages.....	34
Figure III.17 : la solution mère de formazine.....	35
Figure III.18 : les analyses bactériologie.....	35

Introduction

Aujourd'hui, dans de nombreuses régions du monde, les ressources en eau douce pour la production d'eau potable sont inexistantes ou insuffisantes vis-à-vis de la croissance démographique ou de la production industrielle. Par conséquent, des solutions telles que la réutilisation d'eau et le dessalement d'eau salée, qui représente la très grande majorité de l'eau disponible sur terre, deviennent des solutions clés, répondant en outre aux exigences du développement durable. La réutilisation d'eau est principalement utilisée afin de fournir de l'eau pour l'irrigation, ou les procédés industriels, et seulement considérée comme une méthode indirecte de production d'eau potable. En revanche, le dessalement est en passe de devenir une méthode prépondérante pour la production d'eau potable dans les zones de pénurie en eau douce. Malgré la crise économique, le marché du dessalement est un secteur en constant développement.

Les procédés de dessalement sont principalement issus de deux technologies, les procédés thermiques et les procédés membranaires. La première usine de dessalement d'eau saumâtre par osmose inverse a vu le jour à la fin des années 60 (Amjad, 1993). Les décennies suivantes ont vu le développement de nouveaux matériaux membranaires, et des membranes d'osmose inverse ont alors été utilisées pour le dessalement des eaux de mer. Aujourd'hui, plus de 15000 usines de dessalement sont en opération dans le monde, environ 50 sont des usines de dessalement par osmose inverse.



CHAPITRE 1
GENERALITES

I-GENERALITES

La production d'eau potable par dessalement a débuté dans les années 1950. Le dessalement de l'eau (également appelé dessalage ou désalinisation) est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce (potable) à partir d'une eau saumâtre ou salée (eau de mer notamment). Malgré le nom, il s'agit rarement de retirer les sels de l'eau, mais plutôt, à l'inverse, d'extraire de l'eau douce. Très généralement, il est plus simple et plus économique de rechercher des sources d'eau douce à traiter (eaux de surface, telles que lac et rivière, ou eau souterraine), que de dessaler l'eau de mer. Cependant, dans de nombreuses régions du monde, les sources d'eau douce sont inexistantes ou deviennent insuffisantes au regard de la croissance démographique ou de la production industrielle. Les avantages de l'utilisation d'eau de mer pour la production d'eau potable peuvent être évoqués par rapport aux eaux de rivières par la moindre consommation de produits chimiques, une faible production de boues cependant le dessalement d'eau de mer présente également des inconvénients à savoir une consommation d'énergie élevée un coût d'opération du procédé élevé, un volume d'eau produite insuffisant comparé au volume d'eau de mer prélevé, la dégradation de l'environnement marin due à l'extraction risque de dégâts en fonds marins au niveau de la faune et la flore et au rejet d'eau avec une quantité de sels très élevée. Le dessalement de l'eau de mer est un enjeu important pour l'avenir des régions arides. Il est possible de résoudre les problèmes de manque d'eau potable dans de nombreux pays. Dans le cas d'une utilisation pour la consommation humaine, le dessalement d'eau de mer est une technique aujourd'hui fiable et moins onéreuse que la technique dite de recyclage des eaux usées. Il devient même rentable dans des pays développés ne manquant généralement pas d'eau, dans certaines situations spécifiques (par exemple des îles touristiques) [1].

De ce fait, cette activité est en très forte croissance. La capacité installée chaque année augmente en moyenne de plus de 10 % par an. Les techniques dites thermiques (par évaporation) représentaient il y a encore quelques années la principale technique employée, mais l'osmose inverse, du fait d'une fiabilité accrue et de sa faible consommation électrique (4 à 5 kWh/m³), permet des coûts très bas, ce qui lui donne aujourd'hui 50 % de la part de marché. Comme par exemple la technologie de dessalement de l'eau de mer est surtout utilisée au Moyen-Orient (Émirats arabes unis juste après l'Arabie Saoudite) [1].

I-1 TECHNIQUES DE DESSALEMENT

I.1.1 La distillation

La **distillation** est une technique de séparation et de purification de substances chimiques liquides. La distillation de l'eau se base sur le principe de changement de phase d'eau liquide – vapeur. Cette technique provient de l'Antiquité avec les Grecs au IV^{ème} siècle avant J-C qui avaient déjà essayé de dessaler l'eau de mer grâce au procédé décrit par Aristote. Ce n'est qu'au XIX^{ème} siècle qu'apparut le premier procédé industriel capable de distiller de l'eau de mer. L'Espagne conçoit sa première usine de dessalement par distillation en 1964 aux Canaries [2].

Pour cela on chauffe l'eau salée jusqu'à la température laquelle convient pour vaporiser l'eau. On évapore l'eau pour séparer deux substances dans un mélange homogène (eau et sel, pour obtenir à la fin l'eau buvable). Lors de l'échauffement les substances se vaporisent successivement, et la vapeur obtenue est liquéfiée pour donner le distillat. Le distillat n'est pas un produit pur : il contient une certaine proportion des autres composés du mélange initial. Il faut dès lors répéter l'opération d'évaporation-condensation avec le distillat afin de concentrer davantage le composé le plus volatil. Pour ne pas répéter l'opération, et séparer proprement les composants du mélange en une seule passe, on utilise une colonne de distillation et ce procédé se nomme distillation fractionnée ou rectification. L'avantage de ce chauffage à haute température est l'élimination de toutes les impuretés et microbes de la solution d'eau de mer. Par contre le principal inconvénient reste le prix de ce procédé qui est assez cher. En effet, cette technique utilise énormément d'énergie pour chauffer l'eau, avec du gaz ou du pétrole, puis la refroidir. Le prix de l'eau augmente sans cesse. Le procédé n'est pas très écologique puisqu'il rejette beaucoup plus de CO₂, gaz à effet de serre, que les autres techniques de dessalement. Les centrales thermiques reliées aux usines de dessalement par distillation utilisent des énergies fossiles traditionnelles [2].

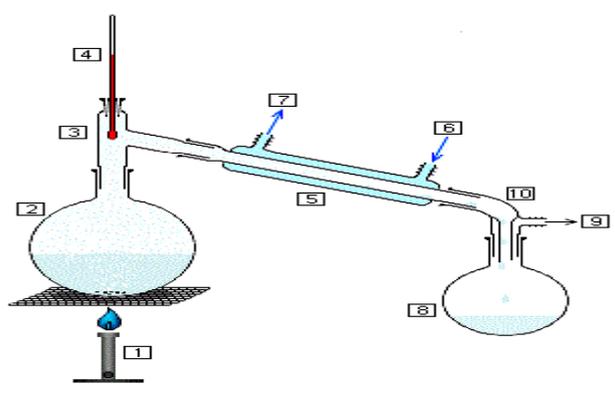


Figure I.1 : Dispositif expérimental

Sur ce montage, l'eau de mer contenue en 2 est chauffée au moyen d'un bec bunsen (en 1). L'eau se transforme alors en vapeur et passe en 3, où sa température est évaluée à l'aide d'un thermomètre (en 4). La vapeur passe ensuite en 5 dans la colonne réfrigérante (alimentée en eau froide par 6 et 7). Elle est alors condensée et redevient donc liquide. Ainsi en 8 on obtient de l'eau pure et parfaitement potable [2].

I.1.2 L'osmose inverse

L'osmose inverse est un procédé membranaire c'est à dire un procédé de séparation. En effet, l'osmose inverse repose sur le principe de la séparation de l'eau et du sel. Pour ce procédé on fait appel à une membrane semi-perméable qui va laisser passer les molécules d'eau (le solvant) et non celle du sel (le soluté). En effet, ce filtrage très fin ne laisse passer que les molécules d'eau. Pour effectuer ce procédé on applique une pression sur la solution concentrée en sel, la quantité d'eau transférée par osmose diminue. Puis lorsque la pression est suffisante, le flux de transfert va s'annuler (on peut définir ainsi la pression osmotique). Une augmentation de pression au-delà de cette valeur va se traduire par un flux d'eau inversé de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est l'osmose inverse. Ainsi, lorsque l'eau de mer est poussée grâce à une forte pression entre 50 et 80 bars à travers une membrane, le sel et les impuretés sont piégés par la membrane et seules, les molécules d'eau peuvent la traverser, fournissant de l'eau douce. Le diamètre des pores des membranes d'osmose inverse sont très petits leur ordre est du millième de micromètre [3].

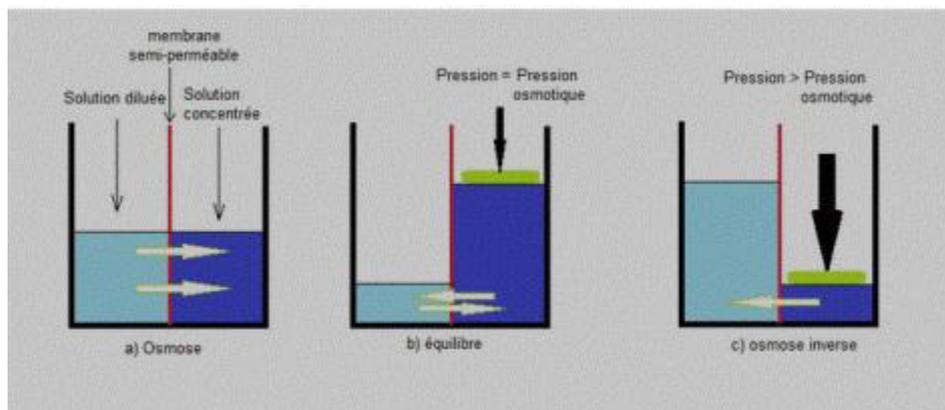


Figure I.2: Procédé de l'osmose inverse dans le cadre du dessalement.

Étape A, Osmose

Le niveau est identique dans les deux compartiments séparés par la membrane semi-perméable : L'eau circule de la gauche vers la droite.

Étape B, Equilibre

Durant cette étape, une différence de niveau s'établit, c'est la pression osmotique π . C'est une différence de pression de part et d'autre de la membrane. Il faut savoir que la pression osmotique varie selon la concentration du liquide.

Étape C, Osmose inverse

Ici, on va appliquer une pression $P > \pi$, l'eau circulera en sens inverse c'est à dire de la droite vers la gauche et les sels présent dans la solution concentrée vont rester bloquer dans leur compartiment car ils sont trop gros pour passer a travers la membrane. L'osmose inverse est une méthode qui tend à se développer très largement dans le futur, car elle présente un intérêt en termes de coût d'énergie. Elle consomme 3 fois moins d'énergie que la distillation. En effet, pour traiter un mètre cube d'eau de mer on à besoin de 4 a 5 kW/h avec l'osmose inverse contre 15kw/h pour la distillation. De plus, grâce à des innovations, les consommations de l'osmose inverse tendront à baisser régulièrement dans le futur. Effectivement, des membranes plus fines sont en cours de création, elles réduiraient considérablement la pression nécessaire à la désalinisation. Enfin la diminution en cours du coût des membranes et l'amélioration des rendements des pompes et des moteurs sont d'autres points positifs valorisant ainsi l'osmose inverse. Pour finir l'osmose inverse gagne régulièrement des parts du marché et devient dominante, en 2020 il faut savoir que 70% de la majorité des usines construites seront fondés sur le principe de l'osmose inverse [3].

I.1.3 L'électrodialyse

Cette méthode repose, elle aussi, sur une séparation sels-eau en faisant appel à une membrane semi-perméable mais le principe physique utilisé est différent. L'électrodialyse désigne le transfert des ions à travers une membrane qui leur est perméable, sous l'effet d'un champ électrique [2].

Ainsi, les ions d'un sel dissous dans l'eau, (Na^+ et Cl^- , pour l'eau de mer) peuvent se déplacer sous l'action d'un champ électrique créé par deux électrodes trempant dans le liquide. Les ions positifs ou cations (Na^+) sont attirés par l'électrode négative (ou cathode) tandis que les ions négatifs (Cl^-) sont attirés par l'électrode positive..Dans l'électrodialyse, on intercale alternativement des membranes filtrantes soit imperméables aux anions et perméables aux cations, soit imperméables aux cations et perméables aux anions. On obtient ainsi une série de compartiments à forte concentration de sels et d'autres à faible concentration [2].

L'électrodialyse est bien adaptée aux eaux saumâtres dont la salinité est assez faible, inférieure à celle de l'eau de mer. C'est une technique assez peu consommatrice en énergie mais elle ne convient qu'à la faible préparation de liquide [2].

CHAPITRE II
UNITE DE DESSALEMENT DE MOSTAGANEM

II-UNITE DE DESSALEMENT DE MOSTAGANEM

L'Algérie a construit 13 usines de dessalement en 2011 un peu partout sur son territoire et projette de construire 43 usines pour 2019, dont la plus grande usine de dessalement d'eau de mer au monde (utilisant la méthode de l'osmose inverse).

II.1 STATIONS DE DESSALEMENT EN ALGERIE

Le tableau 1 et 2 ci-dessous reflète une idée sur le nombre et l'échéancier des stations de dessalement :

Tableau II.1 : Grandes unités de dessalement

N°	Localisation	Capacité m3/j	Population à servir	Echéancier prévisionnel
01	Kahrama (Arzew)	90 000	540 000	En Exploitation
02	Hamma (Alger)	200 000	L'Algérois	En Exploitation
03	Skikda	100 000	666 660	En Exploitation
04	BeniSaf) A.Temouchent	200 000	1 333 320	En Exploitation
05	Mostaganem	200 000	1 333 320	En Exploitation
06	Douaouda (Alger Ouest)	120 000	666 660	En Exploitation
07	Cap Djenet (Alger Est)	100 000	666 660	En Exploitation
08	Souk Tleta (Tlemcen)	200 000	1 333 320	En Exploitation
09	Honaine (Tlemcen)	200 000	1 333 320	En Exploitation
10	Mactaa (Oran)	500 000	1 333 320	En exploitation
11	El Tarf	50 000	-	-
12	Ténès	200 000	999 990	-
13	Oued Sebt (Tipaza)	100 000	-	-

Tableau II.2 : Petites station (monoblocs)

Wilaya	Site	Commune	Capacité m3/j	Population à servir
Alger	Champ de tir	Zéralda	5 000	33 330
Alger	Palm Beach	Staoueli	2 500	16 660
Alger	La Fontaine	Ain Benian	5 000	33 330
Tlemcen	Ghazaouet	Ghazaouet	5 000	33 330
Tipasa	Bou Ismail	Bou Ismail	5 000	33 330
Skikda	L.BenMhidi	L.BenMhidi	7 000	47 000
Tizi –Ouzou	Tigzirt	Tigzirt	2 500	16 660
Oran	Bou Sfer	Bou Sfer	5 000	33 330
Oran	Les Dunes	Ain Turk	2X2 500	33 330
Ain-Temouchent	Bou Zdjer	Bou Zdjer	5 000	33 330
Ain-Temouchent	Chatt el Ward	Bou Zdjer	5 000	33 330
Boumerdes	Corso	Corso	5 000	33 330

Dans ce contexte notre rapport a porté sur l'étude de la station de dessalement de la ville de Mostaganem

II.2 UNITE DE DESSALEMENT DE MOSTAGANEM

II.2.1- Description de la station de Mostaganem

L'usine de dessalement de Mostaganem, sise à plage de Cheliff (Mostaganem), a une capacité de production d'eau potable de 200.000m³/j. L'usine de dessalement de Mostaganem

est conçue pour fournir l'eau potable satisfaisant les exigences de qualité conformément aux prescriptions exigées et enfin avoir une consommation spécifique d'énergie électrique inférieure à la consommation spécifique d'énergie électrique garantie (3.40 kWh/m³). **GS INIMA** et **AQUALIA** sont des sociétés espagnoles spécialisées dans des activités associées au traitement de l'eau avancée. En partenariat avec l'Union Temporaire des Entreprises **Opération & Maintenance Mostaganem UTE O&M MTM**, ils ont créé une station de dessalement des eaux en 2005 qui se trouve à **Sonachter** dans la ville de Mostaganem. Son exploitation fut en 2010 [1].



Figure II.1: Station de dessalement de l'eau de mer Unité de Mostaganem

Le projet de station de dessalement d'eau de mer de Mostaganem fait partie du large programme de construction d'usines de dessalement entrepris par le gouvernement algérien pour fournir à l'Algérie une ressource en eau potable et permettre à la nappe phréatique de se renouveler. Le procédé de traitement d'eau de cette station comprend :

- Un système de captage et pompage d'eau de mer.
- Un système de prétraitement de l'eau de mer par filtration et microfiltration.
- Un système déminéralisation de l'eau microfiltration par osmose inverse.
- Un système de reminéralisations et conditionnement de l'eau déminéralisé.
- Un système de pompage de l'eau reminéralisé (eau commercialisable) vers le réseau de distribution.
- Un système d'évacuation de saumure et sous-produits.

Le processus de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse (Unité de Mostaganem) est représenté par la figure 4. Les données (énergie, eau brute, produits chimiques,...) varient en fonction du régime de travail, du mécanisme ainsi que des dimensions de l'usine. Le fonctionnement de l'usine est automatisé, grâce à un ordinateur et plusieurs Automates [1].

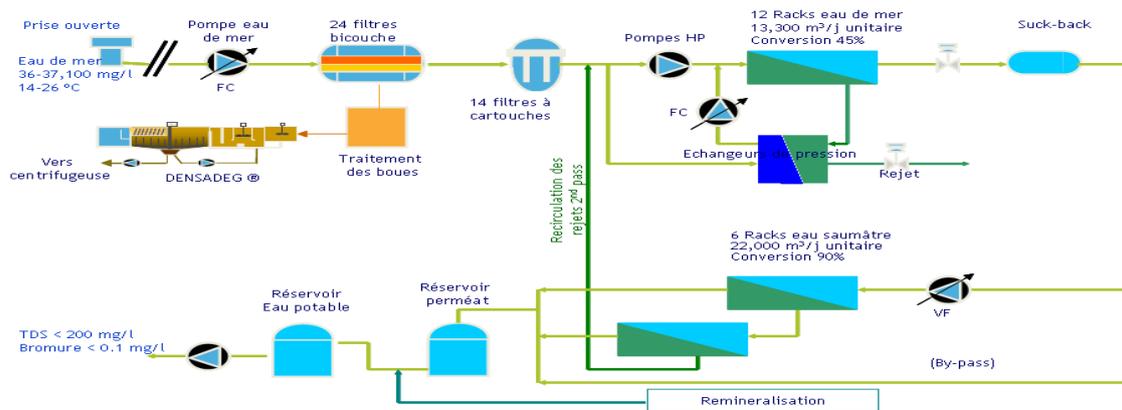


Figure II.2: Schéma général de dessalement de l'eau de mer.

II.2.2 Tours et tuyauterie de captage

Le captage de l'eau de mer se fait à travers de deux tours de prise connectées au réservoir de pompage d'eau de mer par deux tuyauteries en polyéthylène d'haute densité de 1.800 mm de diamètre ou l'eau doit circuler à une vitesse d'environ 1 m/s. Les tours de prise sont submergées à une distance de la cote d'environ 2500m et 16,5m de profondeur. L'aspiration des pompes d'eau de mer sera normalement plus haute que le niveau d'eau du réservoir de captage. Le système d'amorçage des pompes d'eau de mer a pour objet extraire l'air des conductions d'aspiration des pompes d'eau de mer. Le système pour amorçage des pompes d'eau de mer composé de deux groupes à vide équipés avec deux pompes de 4kw chaque un. Le démarrage et l'arrêt des pompes sont commandés par un détecteur du vide installé dans le réservoir du groupe. Le détecteur du vide placé dans le linge de raccordement aux pompes de captage fait un signal d'amorçage des pompes nécessaires pour son démarrage. Normalement le système d'amorçage sera à l'arrêt et les vannes seront fermées. Le système ne peut pas amorcer qu'une pompe à la fois. Le système de pompage d'eau de mer a pour objet fournir au prétraitement de l'eau de mer en quantité et à la pression nécessaire pour produire la quantité d'eau potable désirée. Les pompes de captage de l'eau de mer ont été conçues pour pomper un débit de 2380m³/h à une pression de 67 bars. Néanmoins ces pompes sont équipées avec des variateurs de fréquence pour permettre le changement du point de travail pour maintenir une pression au niveau de l'aspiration des pompes d'haute pression. L'aspiration des pompes de haute pression préalable à l'osmose est maintenue à une pression de 2.5 bars grâce à des échangeurs de fréquence. Dans le procès d'impulsion des pompes sont placées des vannes de retenue et vannes de papillon motorisées, d'entre elles

deux unités pour les pompes de secours et raccordées à chaque une de ligne de prétraitement. Les pompes de secours et raccordées à chaque une de ligne de prétraitement [4].



Figure II.3: Système de pompage de l'eau de mer

II.2.3 Description et fonctionnement normal des installations des procès

Système de prétraitement

Le Système de prétraitement comprend 3 sous-systèmes à savoir un sous-système de conditionnement chimique, un sous-système de filtration, un sous-système de microfiltration.

-Conditionnement chimique

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

*** Dosage d'hypochlorite de sodium**

Il s'agit d'un système de dosage pour la désinfection de l'eau de mer qui se compose de 3 réservoirs de 60.000 l chaque un et un skid de dosage 2+1 pompes à membrane chargées du dosage de hypochlorite de dans les tours de captage et dans le réservoir de captage .la détermination de la dose d'hypochlorite de sodium nécessaire doit être faite par analyse de l'eau de mer en laboratoire [1].

*** Dosage de permanganate de potassium**

Il s'agit d'un système de dosage pour l'oxydation et la désinfection de l'eau de mer. Normalement l'emploi d'hypochlorite est plus efficace, mais il y a quelques éléments pouvant apparaitre dans les tours de captage et /ou les tuyauteries de prise, comme quelque types de mules, qui dans certaines étapes de développement peuvent éventuellement développer une résistance à l'attaque de l'hypochlorite de sodium. Dans ce cas le permanganate peut s'avérer plus efficace. Le système est composé de 2 cuvettes de traitement de 1.000 L chacune et d'un skid de dosage 1+1 pompes à membrane chargées du dosage du permanganate de potassium dans les tours de captage. Chacune des cuvettes de traitement est

équipée d'un agitateur pour améliorer la répartition du produit solide et de l'eau de dilution [4].

*** Dosage d'acide sulfurique**

L'efficacité du procès de coagulation-floculation décrit ci-dessous est normalement plus élevée pour une valeur du pH bas. La fonction du système de dosage d'acide sulfurique est de réduire le pH de l'eau de mer pour optimiser le rendement de ces procédés. Le système est composé de 2 réservoirs de 60.000L. La dose d'acide sulfurique nécessaire sera déterminée par analyse en laboratoire du pH de l'eau de mer du réservoir de captage et/ou en mesurant l'efficacité des systèmes de coagulation-floculation -filtration avec le mesureur automatique de placé à l'aval de la microfiltration [1].

*** Dosage de coagulant chlorure ferrique**

Il s'agit d'un système de dosage qui vise la coagulation de l'eau brute préalablement à l'étape de filtration. Il se compose de 2 réservoirs de 40.000L chacun et d'un skid de dosage composé de pompes à membrane chargées du dosage du chlorure ferrique à l'entrée de chacune des étapes de filtration et pour chaque ligne. La dose de chlorure ferrique nécessaire sera déterminée en laboratoire ou indirectement mesurant l'efficacité du système de filtration avec le mesureur automatique de placé à l'aval de la microfiltration [4].

*** Dosage de poly électrolyte**

Le système de dosage de floculant dans l'eau brute est composé de 2 réservoirs de traitement de 2.500L chacun et d'un skid de dosage composé de pompes à membrane pour le dosage de floculant par injection dans le mélangeur statique à l'entrée de chaque étape de filtration. Chaque réservoir de traitement est équipé d'un agitateur pour améliorer la répartition du produit solide et de l'eau de dilution. La dose de poly-électrolyte nécessaire sera déterminée en laboratoire ou indirectement mesurant l'efficacité du système de filtration avec le mesureur automatique de placé à l'aval de la microfiltration [4].

*** Dosage de soude caustique**

L'élimination de certains ions par le système d'osmose inverse, comme le bore, est plus efficace pour des valeurs de pH élevés. La fonction du système de dosage de soude caustique est d'augmenter le pH de l'eau micro-filtrée. Le système est composé d'un réservoir de 40.000L et d'un skid de dosage composé de pompes à membrane chargées de soude caustique par injection dans les mélangeurs statiques à la sortie des filtres à cartouches. La dose de la

soude caustique nécessaire sera déterminée avec le pH mètre situé à l'aval du système de microfiltration [1].

*** Dosage de méta bisulfite de sodium**

A l'entrée aux membranes nous avons 2 réservoirs de traitement de 10.000L et d'un skid de dosage composé de pompes à membrane chargées de méta bisulfite de sodium par injection dans le mélangeur statique à la sortie des filtres à cartouches. Les réservoirs de traitement sont munis d'une agitation pour améliorer la répartition du produit solide et de l'eau de dilution. La dose de bisulfite de sodium sera déterminée avec le mesureur de la teneur en chlore de l'eau de mer placé à l'aval de pompage de l'eau de mer [6].

*** Dosage de dispersant**

Il s'agit d'un système de dosage pour inhiber le tartre dans le procès d'osmose inverse qui s'applique à l'eau à l'entrée des membranes. Il est composé de 2 réservoirs de traitement de 2.500 L chacun et d'un skid de dosage composé de pompes à membrane chargée d'un agent dispersant par injection dans le mélangeur statique à la sortie des filtres à cartouches. Les réservoirs de traitement sont munis d'un agitateur pour améliorer la répartition du produit solide et de l'eau de dilution [6].

- Sous système de filtration

La fonction du sous système de filtration est d'éliminer les flocons formés par les systèmes de coagulation-floculation et les particules en suspension de l'eau de mer pour protéger et améliorer la performance du système d'osmose inverse. L'anthracite est une seconde étape avec des filtres à sable (figure6). Pour optimiser la durabilité des membranes d'osmose et des cartouches des micro-filtres, il est recommandé de vérifier la SDI en aval du système de filtration et en amont du système de microfiltration. Si la valeur de SDI recommandée est atteinte à la sortie de la première étape de filtration, la deuxième pourra être by passé [1].



Figure II.4 : les filtres

L'usine est équipée avec deux lignes de filtration de première étape avec douze (12) filtres horizontaux à pression chacune, travaillant à une vitesse de 8.45m/h et à une vitesse maximale de 9.46m/h lorsque l'une des filtres soit en lavage. Chaque filtre a une surface moyenne de filtration de 91,39m² et un diamètre de 4 m d'une longueur totale 24,04 m. Le nettoyage des filtres se fait avec de l'air et de la saumure provenant du processus d'osmose. Les filtres horizontaux sont fermés avec fondes semi-elliptique, du genre KORBBÖGEN. La distribution de l'eau à filtre sera réalisée à l'aide d'un collecteur perforé afin d'atteindre une distribution homogène du débit tout au long de la surface de filtration et d'améliorer une distribution homogène de l'eau et de l'air de nettoyage. Grâce à la couche d'expansion contrôlée de la couche de filtration on atteint un contact parfait entre les grains de sable lors du nettoyage, permettant une séparation correcte des impuretés adhérentes aux grains. Par cette expansion on empêche une partie de la couche filtrante de couler pendant les opérations de nettoyage ou de drainage. L'entrée et la sortie de l'eau de mer des filtres est commandée par une vanne papillon. L'entrée et la sortie du réservoir de saumure est isolé par une vanne papillon. Ce débit est employé pour réaliser un premier remplissage du réservoir de saumure pour effectuer des **flushing** (nettoyage à l'eau) lorsqu'on ne dispose pas de saumure, car l'osmose n'a pas encore été mise en service [1].

Par contre la filtration de la deuxième étape est effectuée comme suit, il s'agit de deux batteries munies de huit (8) filtres de pression horizontale chacune, travaillant à une vitesse de 12.87 m/h avec un maximum de 15.09 m/h lorsque l'un d'eux sera dans le nettoyage. Chaque filtre a une surface filtrante moyenne de 90.04 m² et leurs dimensions et les caractéristiques sont les mêmes que celles des filtres à sable de la première étape. Le sable se compose par des grains propres et libres d'argile, de poussière et des matières organiques. Il est libre de fer et de manganèse dans des quantités ou des morphologies qui risquent de nuire la qualité de l'eau filtrée [4].

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

- une augmentation des pertes de charges du système induisant une augmentation de la consommation électrique de l'usine.

- une augmentation de la vitesse de l'eau de mer traversant le reste des filtres provoque une réduction de l'efficacité du processus de filtration. Pour cette raison les filtres doivent être lavées périodiquement dès que l'on détecte une augmentation importante du différentiel de pression ou une diminution significative du débit traversant le filtre. Le lavage des filtres sera fait pour améliorer de la spongiosité avec air et contre-lavage de la masse filtrante. Le

système de nettoyage est doublé pour permettre le nettoyage simultané des deux filtres un de chaque ligne de prétraitement. Le sous-système d'injection d'air est équipé de machines tournantes avec un débit unitaire $5,500\text{Nm}^3/\text{h}$. La vitesse de lavage sera de $60,18\text{ Nm}^3/\text{h}$. Le sous-système de contre-lavage de saumure est constitué par pompes centrifuges horizontales d'aspiration axiale, de débit unitaire $1375\text{ m}^3/\text{h}$ qu'aspire la saumure du réservoir de saumure installé en amont de l'émissaire sous-marin de rejet. La vitesse de nettoyage maximale sera de 30 m/h [1].

-Système de microfiltration

La fonction du système de microfiltration est de protéger le système d'osmose inverse empêchant ainsi le pompage à haute pression. La microfiltration ne permette de passer que des particules de taille inférieure à 5 microns. Le système de microfiltration consiste à deux lignes équipées avec neuf (9) filtre chacune. Chaque filtre est muni 360 cartouches de 1250 mm de longueur. Le débit unitaire par cartouche est de $2,85\text{m}^3/\text{h}$, lorsque les neuf seront en activité il atteindra celui de $3,2\text{ m}^3/\text{h}$. Les cartouches sont logées dans une carcasse en PREV. Les cartouches sont fabriqués en polypropylène de 1250 mm de longueur [1].

Système l'osmose inverse :

Le système d'osmose inverse (figure 7) est le cœur de l'usine et sa fonction est de réduire la teneur en sels de l'eau micro-filtrée. Il comprend le système de nettoyage de membrane, le système de pompage haut pression et de récupération d'énergie et le châssis d'osmose inverse.



Figure II.5: Osmose inverse (unité de MOSTAGANEM).

-L'Osmose inverse est un procédé de purification de l'eau inspiré du phénomène chimique appelé l'Osmose. Pour mettre en place le principe de l'Osmose, on sépare 2 solutions aqueuses de concentrations différentes par une membrane semi-perméable qui ne laisse passer que l'eau pure. La solution dont la concentration est la plus basse va alors chercher à

équilibrer les concentrations des 2 solutions en faisant passer de l'eau pure (H₂O) dans le compartiment de la solution dont la concentration est la plus élevée [3].

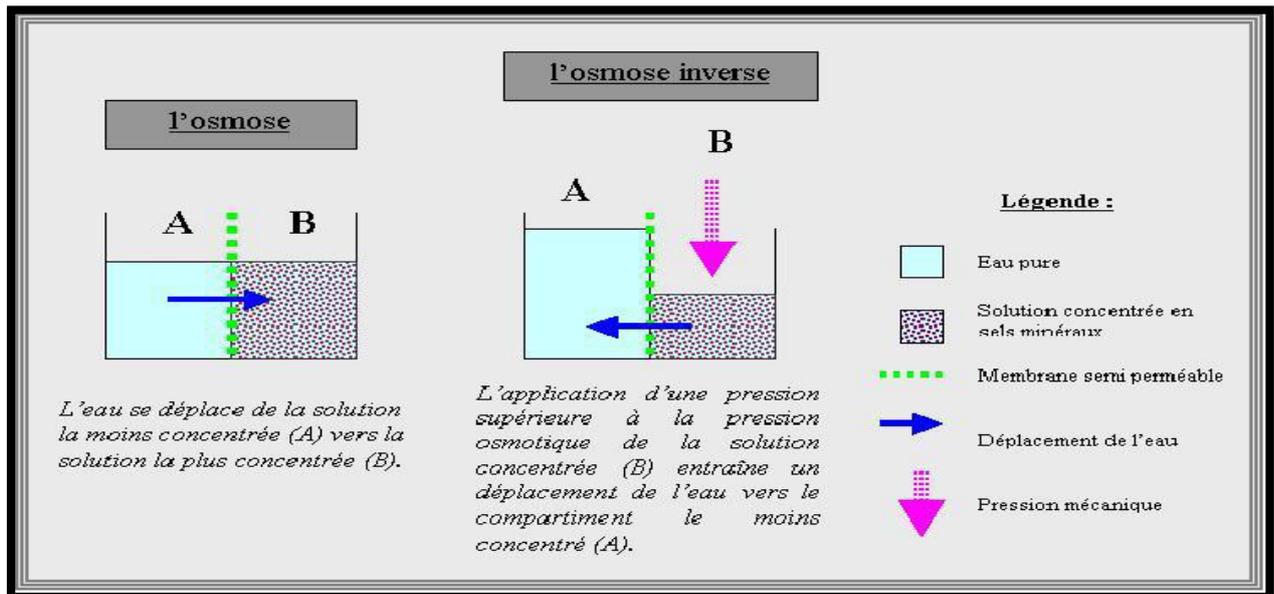


Figure II.6 : Osmose et Osmose inverse

-Pour diminuer les surfaces nécessaires à l'implantation des membranes, celle-ci sont configurées en spirale, comme l'indique (la figure 9). Les zones de circulation de l'eau d'alimentation et de reprise du perméat sont aménagées à l'aide de grilles placées entre membranes et enroulées avec elle pour former des éléments aux dimensions standardisées [3].

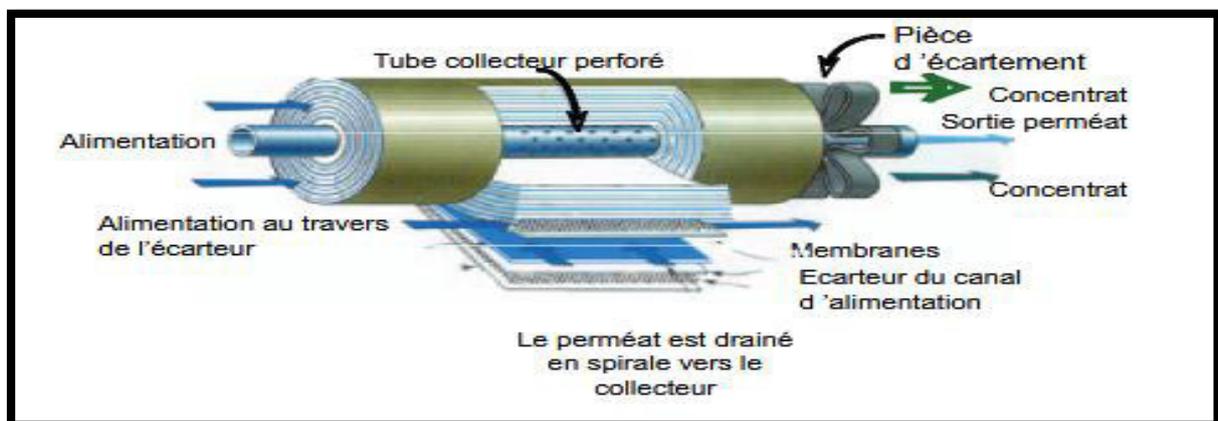


Figure II.7 : le schéma de membrane.

Système de Pompage Haut Pression, Pompe Booster et Récupérateur d'Énergie :

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

débit d'eau micro-filtrée requis sera impulsé vers les châssis par les pompes haute pression [6].

Le reste du débit d'eau micro-filtrée requis sera pressurisé jusqu'à atteindre la pression d'attaque aux membranes nécessaire avec les échangeurs de pression et des pompes Booster. Dans les chambres isobariques l'énergie hydraulique résiduelle de la saumure est transmise à l'eau micro-filtrée. Ensuite les pompes Booster augmentent la pression de l'eau de mer poussée par les ERI, jusqu'à atteindre la pression d'alimentation aux châssis requis. L'eau micro-filtrée pressurisée par les pompes d'haute pression et les pompes Booster est impulsé vers un collecteur commun qui alimente tous les châssis de membranes d'osmose inverse. Néanmoins ce collecteur est équipé d'un certain nombre de vannes permettant travailler par unités de dessalement indépendantes. Avec cette configuration l'eau micro-filtrée impulsée par chaque pompe haute pression alimente le châssis d'osmose et l'eau micro-filtrée pressurisée par chaque pompe Booster est envoyé vers les châssis auquel elle est associée. En lignes indépendantes (deux collecteurs communs). Avec cette configuration les pompes haute pression et Booster alimentées par la même ligne de prétraitement impulsent l'eau pressurisée vers le collecteur commun qu'alimentent les châssis auxquels les pompes sont associées. Avec cette configuration toutes l'eau micro-filtrée pressurisée est impulsée vers un collecteur commun unique qui alimente toutes les châssis d'osmose [1].

***Châssis d'osmose inverse**

Les membranes proposées sont de surface élevée de la marque FILMTEC. Elles sont fabriquées en polyamide aromatique et sa configuration est spirale. Les membranes sont rangées ensembles de sept unités (en série), dans un même tube de pression. De cette façon, l'eau brute pénètre axialement par un des extrémités de la carcasse traversant la membrane située en premier lieu. L'eau passe au collecteur central qui occupe l'axe géométrique de la carcasse ou elle est recueillie. L'eau de rejet arrive à la membrane suivante ou le même phénomène a eu lieu et ainsi de manière continue jusqu'au septième élément. L'eau de rejet de ce septième élément se ramasse dans l'autre extrême de la carcasse, est envoyé à l'extérieur. La conversion globale de l'ensemble avec les membranes nouvelles et travaillant aux CSR est du 45%. L'entrée dans les châssis depuis le collecteur commun est commandée par un robinet. Celle en provenance de la pompe Booster par un robinet. Les deux garantissent le mélange des débits d'entrée et de sortie aux membranes. Une vanne de retenue est placée dans l'impulsion de la pompe Booster, de manière semblable à celle placée dans l'impulsion de la pompe d'haute pression. Afin de contrôler le bon fonctionnement des châssis est placé sont placés plusieurs appareils de mesure à savoir un transmetteur électrique de pression pour mesurer la pression de travail des membranes, un transmetteur électrique de pression pour

mesure la pression de sortie des membranes, un transmetteur électrique de conductivité pour contrôler la quantité couchée de l'eau d'entrée aux membranes et de l'eau dessalée produite par les membranes, un transmetteur électrique de pression différentielle pour mesurer exactement la chute de pression des membranes et ainsi contrôler son degré d'encrassement, un ensemble de pressostats pour l'aspiration des pompes et alarmes en cas de surpression accidentelles, un ensemble de manomètres indicateur pour la vérification des différents circuits de pression et enfin un mesureur de débit électromagnétique pour la sortie de saumure [5].



Figure II.8 : les membranes.

Nettoyage chimique

Par son usage les membranes d'osmose inverse sont obstruées lentement diminuant ainsi le débit produit par les mêmes. L'encrassement peut être dû aux matériaux colloïdaux, aux petites précipitations, etc. Dans le but de maintenir sous contrôle ces encrassements situés aux membranes une partie des propriétés perdues, il est nécessaire les contrôler périodiquement. Le lavage doit être fait obligatoirement dans le cas où la perte de pression des membranes s'accroît de plus de 20% par rapport à la valeur initiale, le passage des sels du module dépasse 30% de la valeur initiale, le débit produit est inférieur à 15% du débit initial. La fréquence des nettoyages dépend de la nature de l'eau. Il est conseillé de laver les membranes une fois toutes les six mois, en moyenne. Ce système a été conçu pour pouvoir laver les tuyaux, d'un châssis complet à chaque fois, pour ainsi diminuer les opérations de nettoyage. Ce système se compose d'un réservoir de 80m³ de capacité où se prépare la solution pour le nettoyage, des résistances pour chauffer la solution si nécessaire, des interrupteurs de niveau, d'un thermomètre et d'un transmetteur de température. Il est équipé

aussi d'un système d'agitation constitué à son tour des éjecteurs et des pompes de refoulement avec un débit unitaire de $31\text{m}^3/\text{h}$. après la dilution des produits chimiques dans l'eau osmotique à l'aide des pompes de refoulement, l'eau est poussée par les pompes centrifuges à débit unitaire $684\text{m}^3/\text{h}$ de 60mcl. Le tube d'impulsion est équipé d'un débitmètre. Les mêmes pompes réalisent les opérations de nettoyage chimique et de **flushing**. La solution pour le nettoyage traverse deux filtres à cartouche jusqu'aux différents châssis d'osmose inverse. Le circuit de nettoyage chimique travaille à basse pression et est isolé de tous les châssis par des robinets à boisseau à commande manuelle munies des fins de cours. Ils existent 8 unités d'alimentation de la solution de nettoyage chimique pour le châssis de la ligne et 8 autres unités pour le refoulement de la solution. Pour la ligne n°2, ils existent de même 8 vannes d'alimentation et autres 8 pour le refoulement. En outre, pendant les opérations de nettoyage chimique le contact entre les échangeurs de pression et la solution chimique doit être évitée. Pour cela on installe dans le collecteur de rejet un robinet à boisseau à commande manuelle, par châssis, équipé avec des fins de course type. La sortie de l'eau depuis les châssis d'osmose inverse en provenance du rejet et du permets est refoulée au réservoir de nettoyage chimique. Il est conseillé de rejeter 10% du volume de la solution refoulée car son taux d'encrassement peut avoir augmenté. Le circuit de flushing qui fonctionne à basse pression est isolé de l'aspiration de récupérateurs de pression par une vanne papillon et séparé des pompes haute pression par une vanne papillon [1] [4].

Système de ré minéralisation et conditionnement de l'eau osmotique

A la fin du processus d'osmose inverse l'eau osmotique est reminéralisée pour diminuer l'agressivité de l'eau et atteindre les valeurs d'alcalinité, dureté, pH, indice de lange lié et MTD garanties. L'eau osmotique de chaque ligne d'osmose inverse est conduite vers le ré minéralisation à travers de collecteurs indépendant. Chaque collecteur transporte le débit de chaque ligne de production, soit : $100.000\text{m}^3/\text{jours}$. L'eau est stockée dans un réservoir de 6 m de hauteur, à un chaque cota suffisant pour permettre le passage de l'eau osmotique à travers les lits à calcite par l'effet de la gravité et atteindre ainsi le réservoir de stockage de l'eau produite. Ce réservoir est divisé en deux de manière que les lignes de production restent dépendantes jusqu'à l'entrée du réservoir d'eau potable. Le système de ré minéralisation est constitué de deux ensembles de lits de calcite (chacun est composé par 30 cellules de 14 m^2 de surface) et d'un processus de dosage de dioxyde de carbone. Dans la tuyauterie de raccordement du réservoir de l'eau osmotique avec le réservoir des couches à calcite se fait un dosage de CO_2 à travers un séparer installé dans la même tuyauterie de raccordement. L'eau rentre par le bas des cellules et est distribuée au travers des faux fonds des lits de calcite. L'anhydride carbonique dissous dans l'eau, réagit avec le carbonate calcique du lit formant le bicarbonate calcique soluble, avec lequel le pH augmentera. Une fois passée la réaction de ré

minéralisation, on aura amélioré la dureté et l'alcalinité de l'eau, et il existera un résiduel de CO_2 en équilibre avec HCO_3 qui déterminera le pH de l'eau traitée [6] [1].

***Dosage de dioxyde de carbone**

Le CO_2 sera stocké sous forme liquide, à $T= 20^\circ\text{C}$ et $p=20.5\text{kg/cm}^2$. Il sera ensuite évaporé jusqu'à sa forme gazeuse pour être enfin, introduit par des injecteurs dans la tuyauterie de sortie de la chambre d'eau osmotique. On dispose de deux réservoirs de stockage de 50.000 kg chacun. Deux panneaux pour le dosage (un par ligne de $100\,000\text{m}^3/\text{jour}$ d'eau osmotique) sont installés à proximité des points de dosage. Le réglage du dosage en dioxyde de carbone est commandé par un débitmètre massique installé dans le panneau [4].

***Lits de calcite**

Le système de ré minéralisation est équipé avec de deux lignes de lits calcite, chacune d'elle compte avec 30 cellules de 14m^2 de surface unitaire. L'eau rentre par le bas du réservoir et elle est distribuée à travers d'un faux fond de lits. Ensuite, l'eau monte depuis le bas de la couche de filtration à carbonate calcique. Dans sa montée à travers la couche se produit le rééquilibre de composition chimique. L'anhydride carbonique dissous dans l'eau réagit avec le carbonate calcique de la couche formant le bicarbonate calcique. Les réservoirs sont munis d'un silo de stockage dans leur partie supérieure et des goulottes pour guider le produit. Le dosage du produit se fait par effet de la gravité en consommant l'eau peu à peu. Le dosage se fait donc lentement sans produire des turbulences et en maintenant la hauteur de la couche de calcite et pendant le temps de contact, ce système s'alimente par lui-même à la demande de l'eau. Cependant, même si d'autres facteurs interviennent, la consommation en calcite est reliée continuellement en CO_2 . Le silo de stockage de la calcite situé dans la partie supérieure des couches permet de stocker les besoins en carbonate calcique pour plusieurs semaines. La recharge se fait à l'aide d'un pont roulant. L'eau minéralisée qui sort des réservoirs à travers de des creux latérales passe directement par gravitation au réservoir de stockage. Après le procès de ré minéralisation la dureté et l'alcalinité de l'eau se voient augmentées. Le résidu en CO_2 en équilibre avec le HCO_3 déterminera le pH de l'eau traitée. La sortie des couches de calcite est contrôlée par une vanne murale permettant l'entrée ou la sortie de l'eau reminéralisée vers la canalisation de distribution de chaque ligne. Cette canalisation est à son tour raccordée à la canalisation d'entrée de l'eau produite au réservoir par des vannes [4].

Système de recirculation du ré minéralisation

Lors de la charge en calcite de la cuve supérieure de la couche se produit une période naturelle et transitoire de déséquilibre stœchiométrique et de dilution du dosage calcite et le CO_2 contenu dans l'eau à l'entrée de la chambre. Cela a entraîné la mise en place d'un

système de recirculation de l'effluent des cellules de calcite vers l'entrée du collecteur de l'eau osmotique avant la ré minéralisation pour reprendre l'eau et la calcite en suspension. Le système est composé par des pompes submersibles et par des collecteurs des cellules et de distribution à la tête de la r é minéralisation. Ce système est commandé par un débitmètre électromagnétique [6].

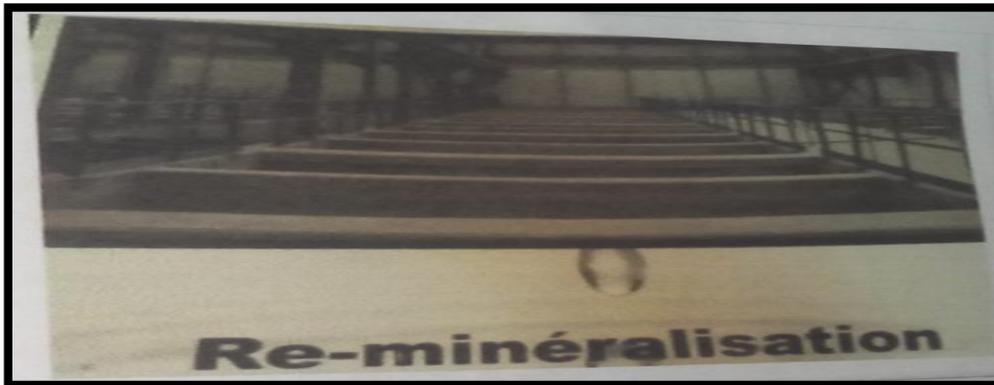


Figure II.9: ré minéralisation.

***Système de lavage de lits de calcite**

Le système est composé par des soufflants et par des collecteurs de PRFV qui fournissent l'air à chaque cellule du ré minéralisation. Ce système est isolé par une vanne de papillon et est utilisé pour le dé colmatage les cellules ou pour éliminer les petits contaminants du carbonate calcique [6].

*** Dosage de chlore résiduel**

Un système de chloration est prévu pour administrer une dose d'hypochlorite résidu empêchant la décontamination de l'eau commercialisable dans le réseau de transport d'eau externe. La dose maximale prévue de conception est de 1.5 ppm. A même du réservoir cylindrique verticale construit en polyester en forcé avec fibre de verre, avec une capacité de 20 000 L. pour la charge du réservoir depuis le camion-citerne est installée une pompe de transvasement de 25 m³/h. L'autonomie de stockage pour la dose moyenne est de 25 jours. On dosera moyennant trios pompes de dosage (une en réserve) de débit unitaire 60 L/h et pourvue de démarreur de manière à ce que le dosage soit proportionnelle au débit de l'eau. Le point de dosage sera à l'entrée dans le réservoir d'eau produite [6].

Stockage et impulsion de l'eau produit

Le système de stockage et impulsion de l'eau commercialisable a pour objet de pomper l'eau produite vers le réseau de distribution a travers le réseau de transport d'eau externe géré par l'Algérienne des eaux. Les systèmes d'impulsion et stockage d'eau produite est composé par un réservoir d'eau reminéralisée, un système de pompage d'eau reminéralisée et un regard de livraison [1].

Le réservoir d'eau reminéralisée a une capacité de 4 000 m³ et il est fabriqué en béton armé. Le réservoir est muni avec des capteurs de niveau, des interrupteurs de niveau et des transmetteurs de pH. L'eau commercialisable est pompée vers le réseau de distribution par des pompes assurant 1 150 m³/h à 51 M.C.E par pompe. Dans le pompage sont installés un débitmètre, des transmetteurs de pH, un analyseur de chlore, un transmetteur de conductivité et un turbidimètre [1].

Réseau de transport de l'eau d'externe

Le réseau de transport d'eau externe conduit l'eau commercialisable impulsée par le système de pompage d'eau produite de l'usine de dessalement Mostaganem. Il est composé d'une conduite de refoulement en fonte de DIN de 1400,693 m de longueur et d'un réservoir intermédiaire de 2000 m³ de capacité [1].

CHAPITRE III

CONTROLE DE QUALITE

III – CONTROLE DE QUALITE

Le contrôle de qualité de l'eau de douce obtenue par dessalement de l'eau de mer de la station de Mostaganem se fait dans un laboratoire de l'unité ou sont effectués des analyses physico-chimiques et bactériologiques.

III.1 Analyse physico-chimique

1. Mesure de la température :

Pour des raisons de qualité organoleptique, l'objectif à poursuivre consiste à maintenir l'eau potable à une température égale ou inférieure à 15°C- 20°C.

2. Mesure du pH :

Le pH permet de mesurer l'acidité d'une solution. Il est mesuré avec un pH-mètre.

La mesure de la température se fait avec combiné donnant la température et le pH mètre (figure12).



Figure III.1 : l'appareil de mesure la température et le pH mètre.

3. Mesure la turbidité

La turbidité est due à la présence dans l'eau de particules en suspension minérales ou organiques, vivantes ou détritiques. Ainsi, plus une eau est chargée en biomasse phytoplancton que ou en particules sédimentaires, plus elle est turbide.

Les conséquences de la turbidité concernent la pénétration de la lumière et des ultraviolets dans l'eau, et donc la photosynthèse et le développement des bactéries. Par ailleurs, la couleur de l'eau affecte aussi sa température et donc sa teneur en oxygène, son évaporation et sa salinité.

- Une eau claire à une turbidité inférieure à 5 NTU, au-delà de 50 NTU l'eau est trouble.



Figure III.2 : l'appareille de mesure la turbidité.

4. Mesure de la conductivité :

La conductivité est définie comme l'habilité d'une substance à conduire le courant (présence d'ions).

Conductivité typique des eaux

Eau ultra-pure $5.5 \cdot 10^{-6}$ S/m

Eau potable 0.005 – 0.05 S/m

Eau de mer 5 S/m



Figure III.3 : Appareil de mesure de la conductivité.

5. Détermination de la dureté de l'eau :

C'est en fait la détermination de la concentration des ions Ca^{2+} de l'eau

Mode opératoire

-On introduit dans un erlenmeyer 100ml d'eau à analyser, on y ajoute 8 ml de la solution tampon (PH=10), puis quelques gouttes de l'indicateur coloré .Enfin on titre cette solution avec l'EDTA de concentration 0,02N.

L'équivalence a lieu lors du virage de la couleur de la solution du rose au bleu. La concentration en Ca^{2+} est déterminée par :

$$N_1V_1=N_2V_2$$

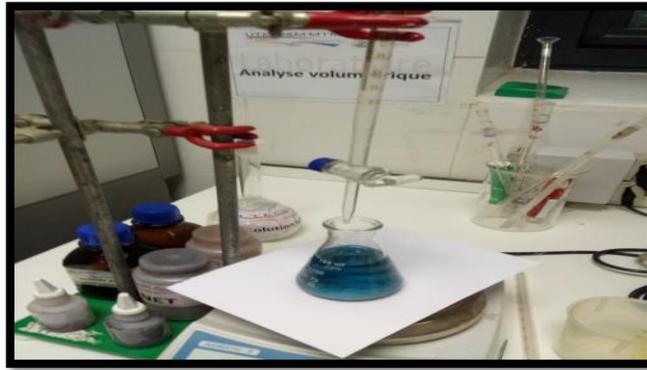


Figure III.4 : le titrage (la dureté de l'eau).

6. Détermination du titre d'alcalinité TA :

L'alcalinité de l'eau correspond à la présence de bases.

Mode opératoire :

Dans un erlenmeyer on introduit 50 ml d'échantillon d'eau à analyser, quelques gouttes d'indicateur coloré phénophtaléine puis l'indicateur mixte. On titre le mélange avec de l'acide sulfurique 0,01 N.



Figure III.5 : Etalonnage.

Des analyses de laboratoires ont été effectuées au laboratoire d'analyse de la station dont les résultats sont traduits par le tableau ci-dessous.

Tableau III.1 : Résultats d'analyse d'eau obtenue par dessalement de l'eau de mer.

	Résultat du fournisseur	Contrôle au laboratoire 1 ^{er} jour	Contrôle au laboratoire 2 ^{eme} jour	Contrôle au laboratoire 3 ^{er} jour	Contrôle au laboratoire 4 ^{eme} jour
Température (°C)	18	18.2	17.9	18.3	18.2
pH	8,38	8.39	8.40	8.38	8.39
la conductivité (µs/cm)	632	625	630	636	632
Concentration en Ca ⁺² (PPM)	0,21	0.22	0.20	0.21	0.20
Turbidité(NTU)	0,37	0.45	0.31	0.25	0.23
Dureté (mg/l)	66	65.5	65.5	66	65

Les résultats sont satisfaisants conforme aux prescriptions du fournisseur. Lorsque l'eau est transférée, plus la quantité est importante lorsque nous arrivons au fond du réservoir, plus turbidité est élevée. Et le contraire est réciproque.

7. Mesure de la matière totale dissoute MTD

Mode opératoire :

La détermination du MTD permet d'estimer le taux de salinité d'une eau. Elle consiste à prélever dans un bécher 100ml d'eau à analyser. Cette dernière est placée dans une étuve à 180°C pendant 24 heures.

Le bécher est ensuite mis dans un dessiccateur qui permet de protéger l'eau contre l'humidité, peser le contenu immédiatement

Remarque Il faut peser le bécher vide avant l'expérience.

La masse obtenue est alors la différence entre la masse du bécher remplie d'eau m_1 et le bécher vide m_0 .



Figure III.6 : Les échantillons à analyser.



Figure III.7: La cuve qui permet le séchage



Figure III.8: les Dessiccateurs.



Figure III.9 : Matière totale dissoute.



Figure III.10 : La balance utilisée.

-les méthodes de calcul MTD :

$$\text{MTD} = (m_1 - m_0) * (1000/100).$$

Exemple :

Tableau III.2 : calcule MTD

L'échantillon	m ₀ (g)	m ₁ (g)
N	43,5546	47,5411
S	45,5660	49,7706

$$\text{MTD}_N = (47.5411 - 43.5546) * (1000/100) = \mathbf{39.865 \text{ g/l}}$$

$$\text{MTD}_S = (49.7706 - 45.5660) * (1000/100) = \mathbf{42.046 \text{ g/l}}$$

8. Mesure de la matière en état stationnaire MES :

La MES permet d'estimer la teneur des matières en suspension d'une eau en utilisant des membranes.

Mode opératoire :

- Poser la membrane sur un verre de montre en utilisant une pince puis la mettre dans une étuve pendant 30min
- Placer la membrane dans un dessiccateur
- Peser la masse m₀ de la membrane
- Filtration

- La remettre dans l'étuve à 105°C pendant 1 heure
- La remettre dans un dessiccateur
- Peser la masse m_1



Figure III.11 : Echantillon à analyser



Figure III.12 : Appareil de filtration.

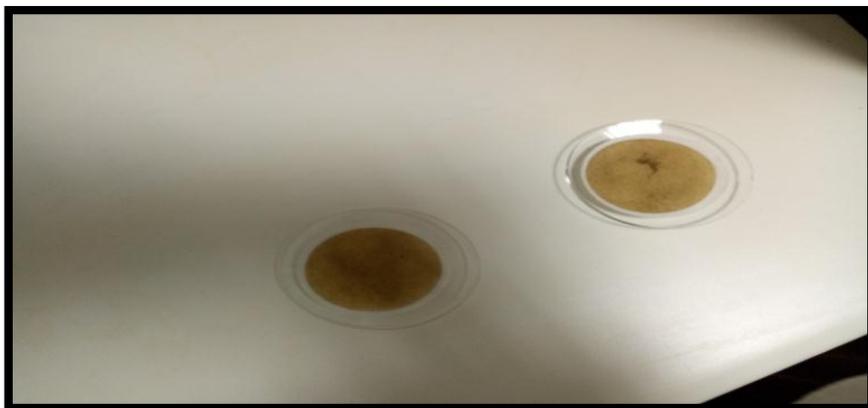


Figure III.13 : Membranes filtrées.

Exemple de calcul MES

La MES : (A partir de 9h36) (Eau de mer)

Tableau III.3: Valeurs de calcul

L'échantillon	m ₀ (g)	m ₁ (g)
N	0.9339	0.9602
S	0.8486	0.8759

La MES est obtenue par la relation suivante

$$\text{MES} = (m_1 - m_0) * (1000/100)$$

Alors :

$$\text{MES}_N = (0.9602 - 0.9339) * (1000/100) = \mathbf{0.263g/l}$$

$$\text{MES}_S = (0.8759 - 0.8486) * (1000/100) = \mathbf{0.273g/l}$$

9. Mesure de la Chlorine :

Elle se fait à l'aide d'un colorimètre ajoutant du DPD totale dans l'eau (elle est de couleur rose).



Figure III.14 : poudre et l'appareil de colorimètre et DPD.

*Les appareils de mesure après avoir longtemps servi, peuvent donner de faux résultats donc ils doivent être étalonnés pour cela nous procédons de la façon suivante

1. **Le PH-mètre :**

L'étalonnage se fait par des solutions tampons de pH=4, pH=7, pH=10.

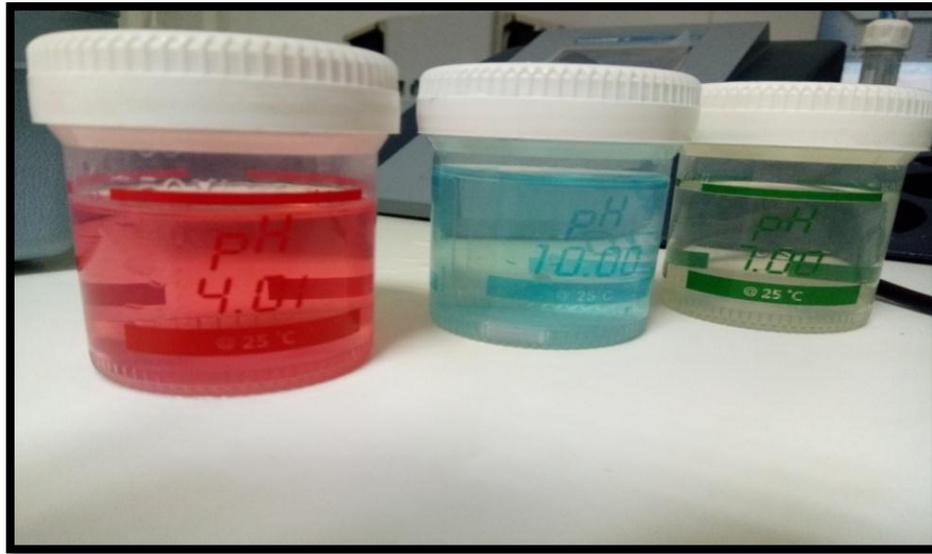


Figure III.15 : les solutions tampons.

2. **Le conductimètre :**

L'étalonnage se fait par des solutions de 1413 $\mu\text{s}/\text{cm}$.



Figure III.16 : la solution des étalonnages.

3. **Le turbidimètre :**

L'étalonnage se fait à l'aide de deux solutions, de l'eau distillé (0NTU) et par la formazine.

La formazine est une solution tampon de 20 NTU pour étalonnage du turbidimètre.

Préparation de la formazine:

On prend 2,5 ml de la solution mère de formazine puis on la met dans une fiole jaugée de 500ml, on y rajoute de l'eau distillé jusqu'au trait de jauge.

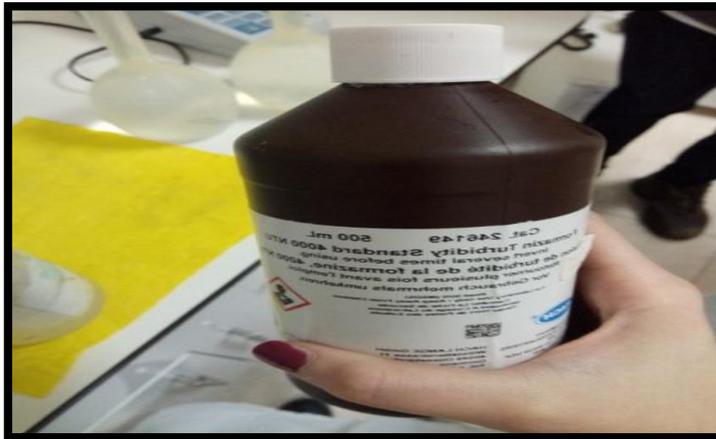


Figure III.17 : la solution mère de formazine.

III-2Analyse Bactériologique

L'analyse bactériologique de l'eau permet d'identifier le taux de contamination par les bactéries qui la rend impropre à la consommation. L'identification des coliformes fécaux, des entérocoques, et des colonies atypiques suit une méthode scientifique en laboratoire, à partir d'un échantillon de cette **eau**. Elle s'effectue dans une enceinte dite enceinte d'analyse bactériologique (figure29).

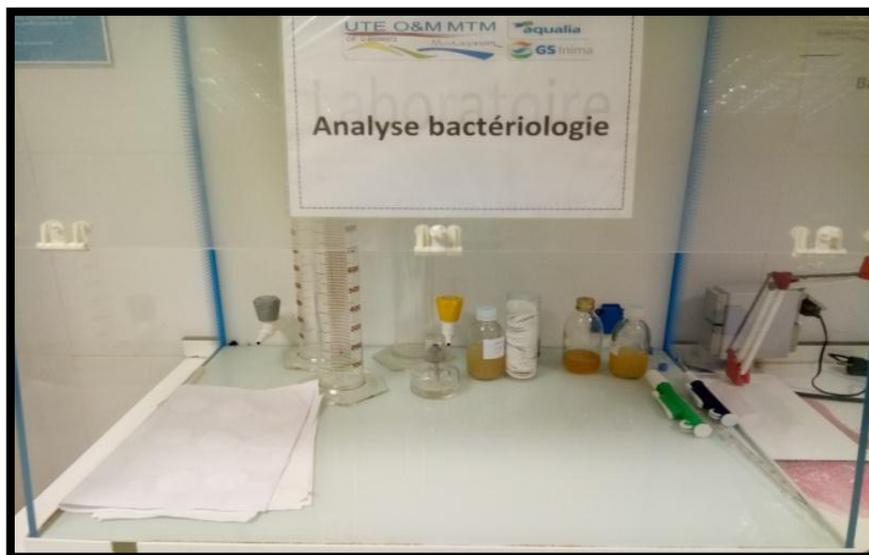


Figure III.18 : les analyses bactériologie.

CONCLUSION

Ce stage m'a beaucoup aidé à assimiler le fonctionnement d'une station dessalement de l'eau de mer et m'a éclairé sur les différentes étapes de ce procédé dite par osmose inverse. J'ai pu échanger avec plusieurs cadres et techniciens de l'entreprises qui n'ont lésiné sur aucun effort me permettant d'avoir les réponses aux différentes questions qui me préoccupaient Cette petite expérience m'a permis de sortir du monde universitaire vers le monde actif du travail.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIE

- [1] : MANUEL D'exploitation et d'entretien, « Usine de dessalement de Mostaganem » (02/02/2011).
- [2] : PDF, Dessalement eau de mer, « Dossier thématique-La Cité de la Mer-Technopole Cherbourg-Normandie » (Avril 2012).
- [3] : PDF, l'OSMOSE Inverse, « Le Dessalement de l'Eau de Mer ».
- [4] : BABADJI. Khadîdja ; et MAAMERI. Taouesse, « Mémoire Caractérisation physique-chimique et Bactériologique de l'eau potable produit à l'usine de dessalement de l'eau de mer sonacter Mostaganem »(2015-2016).
- [5] : PDF, « CONTROLE ET SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX USEES PROTOCOLE DE DETERMINATION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES »(janvier 2007).
- [6] : AMMOUR. Lamia, « Mémoire Station de dessalement Mostaganem »(2014 -2015).