

Abdelhamid ibn Badis University of Mostaganem

Faculty of Nature and Life Sciences

Department of agronomy



جامعة عبد الحميد بن باديس

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم العلوم الفلاحية

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Agronomie

Spécialité : Aménagement Hydro-Agricole

Présenté par :

Bahraoui Wassim

Thème :

**Stratégies de dessalement des eaux de mer dans la wilaya de
Mostaganem**

Soutenu devant la composition du jury :

Qualité	Nom et Prénom	Grade	Structure de rattachement
Présidente	M ^{lle} Hamadi A	MAA	Université de Mostaganem
Encadreur	M. Benfetta H.N. E	Professeur	Université de Mostaganem
Examineur	M. Tayeb Cherif A	MAA	Université de Mostaganem

Année Universitaire : 2023 /2024

Remerciements

Merci tout D'abord à Allah, Tout puissant qui m'a donné la santé pour entreprendre ce travail.

*J'exprime mon immense gratitude et mon grand respect à **Professeur Benfetta Hassan Noureddine**, correcteur infatigable, rigoureux dans le travail, toujours disponible et conseillé, je n'aurais guère assez de mots pour lui transmettre toute ma reconnaissance.*

*Mes vifs remerciements vont à **M^{lle} Hamadi A** qui me fait l'honneur de présider le jury de ma soutenance.*

*Je remercie également **Monsieur Tayeb Cherif A** qui ont accepté d'examiner mon travail.*

*Mes vifs remerciements vont à **Monsieur Goulmen. A** : Directeur de la station de dessalement de Mostaganem, pour les informations précieuses qu'ils ont fournies. D'avoir mis à notre disposition les données et les documents nécessaires à notre projet.*

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à toute ma famille :

A mes chers parents : Bahraoui Ali et T.K, à qui je dois énormément, que Dieu le tout puissant les protègent.

A mes grands-parents maternels, que Dieu les protège.

A mes grands-parents paternels, que Dieu les protège.

A mes frères : Djaoued, Abdelhakim.

A mes tantes et mes oncles.

BAHRAOUI WASSIM

Table des matières

Pages

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale

Partie 1. Recherches bibliographique

Chapitre 1. Généralités sur le dessalement de l'eau de mer

1.1. Introduction.....	4
1.2. Caractéristiques des eaux marines et saumâtres.....	4
1.2.1. les eaux marines.....	4
1.2.2. les eaux saumâtres	4
1.3. Les principales technologies de dessalement des eaux	4
1.3.1. L'osmose inverse.....	5
1.3.1.1.Principe de l'osmose inverse.....	5
1.3.1.2. Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse	6
1.3.2. l'électrodialyse.....	7
1.4. Les procédés de distillation.....	8
1.4.1. Le procédé de distillation à détente étagées (Multi-Stage Flash distillation MSF).....	9
1.4.2. Le procédé de distillation à multiples effets (Multi-Effet distillation MED).....	10
1.4.2.1. Technologies d'évaporateurs multiples.....	10
1.5. Les nouvelles techniques de dessalement des eaux de mer.....	11
1.6. Conclusion	14

Chapitre 2. Unité de dessalement de Mostaganem

2.1. Introduction	16
2.2. Stations de dessalement en Algérie	16
2.3. Description de la station de MOSTAGANEM	16
2.3.1. Présentation de l'unité de dessalement de l'eau de mer (Sonachter Mostaganem...)	17
2.3.1.1. Situation géographique de Mostaganem.....	18
2.3.1.2. Cadre climatique	18
2.3.1.3. Situation géographique et la topographie de la station de dessalement.....	19
2.4. Les services de la station.....	19
2.4.1. Tours et tuyauterie de captage.....	19
2.4.2. Description et fonctionnement normal des installations des procédés	20
2.4.2.1.Traitement Chimique	20
2.4.2.2. Sous système de filtration	23
2.4.2.3. Système de microfiltration.....	23
2.4.2.4. Filtre à cartouche (micro-filtres)	23
2.4.2.5. Système l'osmose inverse.....	25
2.4.2.6. Pompe à haute pression (HP)	25
2.4.2.7. Systèmes de membranes d'osmose inverse.....	25
2.4.2.8. La membrane	26
2.4.2.9. Système de Pompe Booster et Récupérateur d'Énergie	27
2.4.2.10. Nettoyage chimique.....	29
2.4.2.10.1. Lavage chimique.....	29
2.4.2.10.2. Les procédures de nettoyage chimique et de désinfection des membranes	30

2.4.2.10.3. Procédures de protection des membranes en cas d'arrêt de la production	31
2.4.2.10.4. Les solutions de nettoyage.....	31
2.4.2.10.5. Procédures de désinfections	32
2.4.2.10.6. Les différentes étapes d'un nettoyage chimique	32
2.4.2.11. Système de ré minéralisation et conditionnement de l'eau osmotique	33
2.4.2.11.1. Reminéralisations	33
2.4.2.11.2. Rejet de saumure et produits chimiques	35
2.5. Conclusion.....	35
Partie 2. Matériels et méthodes	
1. Introduction	37
2. Analyse physico-chimique.....	37
2.1. Mesure de la température	37
2.2. Mesure du pH.....	38
2.3. Mesure de la turbidité	38
2.4. Mesure de la conductivité	39
2.5. Détermination de la dureté de l'eau.....	40
Partie 3. Résultats et discussions	
1. Résultats de l'eau produite	42
1.1.La température	4242
1.2. Le pH	423
1.3. La turbidité.....	43
1.4. La conductivité	43
1.5. la dureté de l'eau.....	44
2. Interprétation des résultats.....	465
2.1. La température.....	45
2.2. Le pH.....	46
2.3. La turbidité.....	46
2.4. La conductivité.....	46
3.3. Conclusion.....	46
Conclusion generale.....	47
Références bibliographiques	50
Annexes	

Liste des figures

Figure 1. Osmose et osmose inverse.....	6
Figure 2. Eléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse.....	7
Figure 3. Procédé d'électrodialyse	8
Figure 4. Principe de fonctionnement d'un système par détentes successives (MSF) à 3 étages	10
Figure 5. Principe du procédé à compression mécanique de vapeur (MVC)	12
Figure 6. Schéma d'un thermocompresseur de vapeur (Source : Spirax. Sarco).....	13
Figure 7. Desalination by <i>Solar</i> powered membrane distillation systems	14
Figure 8. Vue générale sur Station de dessalement de l'eau de mer Unité de Mostaganem. (Manuel D'exploitation Mostaganem 02/02/2011).	17
Figure 9. Présentation de l'unité de dessalement de l'eau de mer Sonachter Mostaganem (Google maps).....	18
Figure 10. Le captage et pompage de l'eau de mer (Photo de captage et pompage de l'eau de mer, Bahraoui, 08 /05/2024... ..	20
Figure 11. Filtration de première étape (Photo de la première étape de filtration ,Bahraoui, 08 /05/2024).	22
Figure 12. Filtration de deuxième étape (Photo de la deuxième étape de filtration, Bahraoui, 08 /05/2024).....	23
Figure 13. Filtres à cartouches (Photo prise au niveau de la station de dessalement de Mostaganem 2019).....	24
Figure 14. Bâtiment d'osmose inverse (Photo d'osmose inverse ,Bahraoui, 09 /05/2024... ..	26
Figure 15. Schéma de membrane (Photo de la membrane, Bahraoui, 09 /05/2024).....	27
Figure 16. Système de ERI.....	28
Figure 17. Pompe Booster	29
Figure 18. Silos de dosage de CO ₂ (Photo de la silos de carbon dioxide, Bahraoui, 10 /05/2024).....	34
Figure 19. Silos de NaClO (Photo de la silos de hypochlorite de sodium, Bahraoui, 10 /05/2024).....	34

Figure 20. pH-mètre de la station de Mostaganem (Photo de pHmètre ,Bahraoui,11 /05/2024)	39
Figure 21. Turbidimètre de la station de Mostaganem (Photo de Turbidimètre,Bahraoui,11 /05/2024)...	40
Figure 22. Conductivimètre de la station de Mostaganem (Photo de Conductivimètre,Bahraoui,11 /05/2024).	41
Figure 23. Comparaison de Température de l'eau produite avec la valeur admissible(Manuel D'exploitation Mostaganem 02/02/2011).....	42
Figure 24. Comparaison de pH de l'eau produite avec la valeur admissible(Manuel D'exploitation Mostaganem 02/02/2011)	43
Figure 25. Comparaison de conductivité de l'eau produite avec la valeur admissible (Manuel D'exploitation Mostaganem 02/02/2011)	44
Figure 26. Comparaison de calcium de l'eau produite avec la valeur admissible (Manuel D'exploitation Mostaganem 02/02/2011).....	44
Figure 27. Comparaison de Magnésium de l'eau produite avec la valeur admissible (Manuel D'exploitation Mostaganem 02/02/2011).....	45

Liste des tableaux

Tableau 1. Les normes de potabilité de l’OMS	37
Tableau 2. Les résultats d’analyses de l’eau produite (Manuel D’exploitation Mostaganem 02/02/2011)..	42
Tableau 3 . Les résultats d’analyses de l’eau de mer (brute) (EB) et l’eau de rejet (ER) .(Manuel D’exploitation Mostaganem 02/02/2011)..	45

Liste des abréviations

ANIREF : Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière

ED : Electrodialyse

EDTA : Ethyle Diamine Tétra Acétique

MRE : Ministère des Ressources en Eau

Mm/an : Millimètre par an

MTD : Mesure de la matière totale dissoute

MSF: Multi Stage Flash

NaClO: hypochlorite de sodium

O&M : Opération et Mainteniens

OI: Osmoses Inverse

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONM : Office National de Météorologique

UTE O&M MTM : Union Temporaire des Entreprises Opération &Maintenance
Mostaganem

WWF : Fond mondial pour la nature

TDS : Solides Totaux Dissous

TSS : Total des matières solides en suspension

Introduction générale

Introduction générale

Le dessalement de l'eau de mer est une technologie qui permet de convertir l'eau de mer en eau potable en utilisant des procédés chimiques ou physiques pour éliminer les ions minéraux et les impuretés, en Algérie, le dessalement est une solution importante pour répondre à la demande croissante en eau potable, en particulier dans les régions côtières où les ressources en eau douce sont limitées. **(Bengueddache, 2003)**

L'Algérie a connu un développement rapide des stations de dessalement d'eau de mer depuis le début des années 2000, avec la construction de plusieurs nouvelles unités sur le littoral, actuellement, le pays compte 23 stations de dessalement réparties sur 14 wilayas côtières, fournissant 18% de l'eau consommée dans le pays et alimentant 6 millions de personnes **(Bengueddache, 2003)**.

Le gouvernement algérien a mis en place une stratégie à long terme pour développer le dessalement de l'eau de mer, avec l'objectif d'atteindre 60% d'eau potable issue du dessalement d'ici 2030, pour atteindre cet objectif, il est prévu de construire six nouvelles stations de dessalement supplémentaires **(Bengueddache, 2003)**.

Cependant, le dessalement pose également des défis environnementaux et techniques, notamment en termes de rejet des saumures et de coûts de fonctionnement, il est donc essentiel de prendre en compte ces aspects lors de la planification et de la mise en œuvre de ces projets.

En résumé, le dessalement de l'eau de mer est une technologie importante pour répondre à la demande en eau potable en Algérie, mais elle nécessite une planification soignée et une gestion efficace pour minimiser les impacts environnementaux et économiques **(Bengueddache, 2003)**.

L'objectif de ce travail est une prospection du procédé de dessalement dans la station de Sonachter (Wilaya de Mostaganem). Aussi de savoir l'évolution de la qualité de l'eau brute par un ensemble des analyses physiques effectuées au niveau de laboratoire de qualité de la station de Mostaganem et l'influence de la qualité des rejets sur l'environnement.

Partie 1

Recherches

bibliographiques

CHAPITRE 1

Généralités sur le dessalement des eaux de mer

1.1. Introduction

Le dessalement de l'eau de mer est un processus essentiel pour répondre à la demande croissante en eau douce, en particulier dans les régions arides, ce procédé qui permet d'obtenir de l'eau potable à partir d'eau de mer, est devenu une solution essentielle pour pallier les pénuries d'eau.

1.2. Caractéristiques des eaux marines et saumâtres

1.2.1. Les eaux marines

L'eau de mer, présente dans les mers et les océans de la Terre, est caractérisée par sa teneur en sels dissous, tels que les ions halogénures comme le chlorure et les ions alcalins comme le sodium. En moyenne, on trouve entre 30 et 40 g de sels dissous par kilogramme d'eau de mer, ce qui la distingue de l'eau douce contenant moins de 1 g de sels par kilogramme.

La densité de l'eau de mer à la surface est d'environ 1,025 g/ml, soit 2,5 % plus élevée que celle de l'eau douce (1 g/ml), en raison de la présence de sel et de l'électrostriction (**Dorsey, 1940**).

1.2.2. Les eaux saumâtres

Les eaux saumâtres sont des eaux dont la teneur en sel est inférieure à celle de l'eau de mer. Elles se situent entre les eaux douces et l'eau salée des mers et des océans, ces eaux présentent une concentration totale de sel dissous généralement plus faible que celle de l'eau de mer, elles sont étudiées dans le cadre de divers domaines tels que le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. (**Maurel, 2006**)

1.3. Les principales technologies de dessalement des eaux

Les technologies actuelles de dessalement des eaux se divisent en deux catégories en fonction du principe appliqué :

- ❖ Les procédés thermiques impliquant un changement de phases tels que la congélation et la distillation.
- ❖ Les procédés basés sur des membranes comme l'osmose inverse et l'électrodialyse.

La distillation et l'osmose inverse, parmi ces techniques, sont reconnues pour leurs performances dans le dessalement de l'eau de mer et sont largement utilisées sur le marché mondial du dessalement. En revanche, d'autres méthodes n'ont pas connu un développement significatif en raison des défis liés à la consommation d'énergie et aux investissements importants qu'elles nécessitent. Peu importe le procédé de séparation sel-eau envisagé, toutes les installations de dessalement suivent quatre étapes :

- Prélèvement d'eau de mer avec pompage et filtration grossière,
- Prétraitement incluant une filtration plus fine, l'ajout de biocides et d'antitartres,
- Processus de dessalement proprement dit,
- Post-traitement éventuel incluant une possible reminéralisation de l'eau produite.

À la fin de ces étapes, l'eau de mer est rendue potable ou utilisable industriellement, avec une concentration en sels inférieure à 0,5 g par litre (**Maurel, 2001**).

1.3.1. L'osmose inverse

L'osmose inverse est un processus de séparation de l'eau et des sels dissous à travers des membranes semi-perméables sous l'effet de la pression (entre 54 et 80 bars pour le traitement de l'eau de mer), ce procédé se déroule à température ambiante et ne nécessite pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées permettent le passage des molécules d'eau tout en bloquant les particules, les sels dissous et les molécules organiques de taille inférieure à 10^{-7} mm. L'énergie requise pour l'osmose inverse provient principalement de l'électricité consommée par les pompes haute pression. La concentration en sels de l'eau issue de l'osmose inverse est généralement d'environ 0,5 g/L (**Maurel, 2001**).

1.3.1.1. Principe de l'osmose inverse

L'osmose est le transfert de solvant (généralement de l'eau) à travers une membrane semi-perméable sous l'effet d'un gradient de concentration. Dans un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant des solutions de concentrations différentes, l'osmose entraîne un flux d'eau de la solution diluée vers la solution concentrée.

En appliquant une pression sur la solution concentrée pour contrer ce flux d'eau, le transfert d'eau par osmose diminue, à un certain point la pression appliquée équilibre le flux d'eau, appelée pression osmotique, surtout lorsque la solution diluée est de l'eau pure (**Maurel, 2001**).

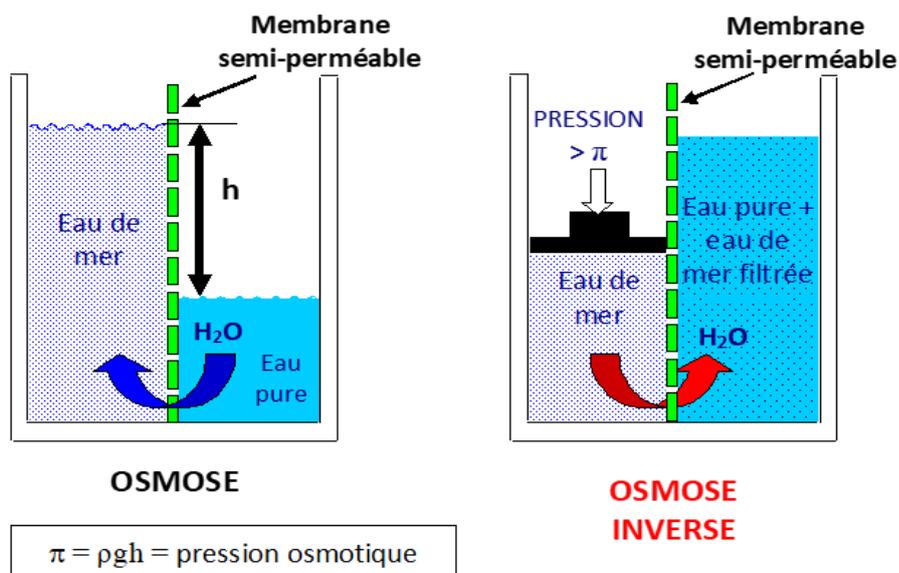


Figure 1. Osmose et osmose inverse

1.3.1.2. Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Le dessalement par osmose inverse exige un prétraitement minutieux de l'eau de mer pour empêcher l'accumulation de particules en suspension sur les membranes, ce qui entraînerait rapidement une baisse des débits produits. Il est essentiel de retenir toutes les particules de taille supérieure à 10 à 50 μm , selon le type de module d'osmose inverse, en passant par une préfiltration grossière et une filtration sur sable pour éliminer les plus grosses particules en suspension. Ensuite, un traitement biocide et une acidification sont nécessaires pour prévenir la croissance de microorganismes sur la membrane et éviter la précipitation de carbonates. Une filtration sur cartouches est ensuite effectuée pour retenir les particules de quelques dizaines de μm qui n'ont pas été retenues par le filtre à sable. La pompe haute pression est utilisée pour injecter l'eau de mer dans le module d'osmose inverse où se trouvent les membranes (**Renaudin, 2003**).

Un autre phénomène important lors de l'osmose inverse est la polarisation de concentration de la membrane. Avec le temps, la concentration de la solution salée augmente car la plupart des molécules sont retenues d'un côté de la membrane, ce qui augmente la pression osmotique près de la couche limite, augmentant ainsi le risque de précipitation des composés peu solubles. Pour maintenir un rendement constant, une pression plus élevée doit être appliquée. Pour contrer ce phénomène, la membrane du côté de la solution salée est balayée par un flux d'eau continu pour éviter la précipitation. Une partie de l'eau non filtrée sert à nettoyer la membrane, similaire à une filtration tangentielle, l'eau non filtrée est appelée retentât, tandis que l'eau qui a traversé la membrane est appelée : (Perméat). Pour réduire la consommation d'énergie, une turbine peut être placée sur le circuit

du retentât pour récupérer une partie de l'énergie contenue dans ce fluide sous haute pression. (Renaudin, 2003).

Les éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse sont schématisés sur la (fig. 2).

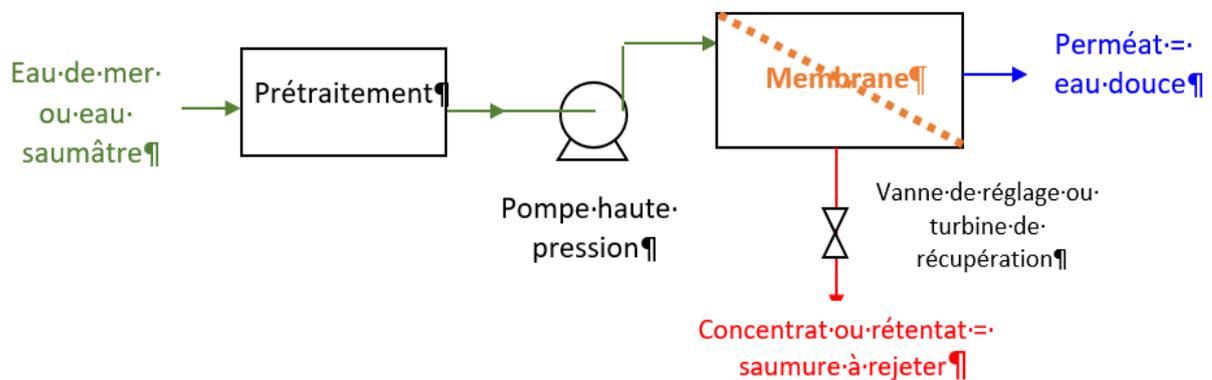


Figure 2. Eléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

1.3.2. L'électrodialyse

L'électrodialyse (ED) est un autre processus basé sur des membranes, mais ses applications industrielles sont très limitées. Dans ce procédé, les ions chargés électriquement du sel sont séparés par des membranes d'échange ionique sélectives, laissant l'eau à faible salinité en produit. Cela génère un courant de saumure fortement concentré de l'autre côté de la membrane. En appliquant un courant électrique, les ions sont déplacés vers les électrodes. Ce système est rentable pour les faibles concentrations en sel, et l'énergie requise dépend de cette concentration. Il fonctionne par condensation sur une surface plus froide que le point de rosée, produisant de l'eau pure, le coût énergétique est nul avec un système passif ou faible avec un système actif. Il est utilisé pour de petites unités (Dunglas, 2014).

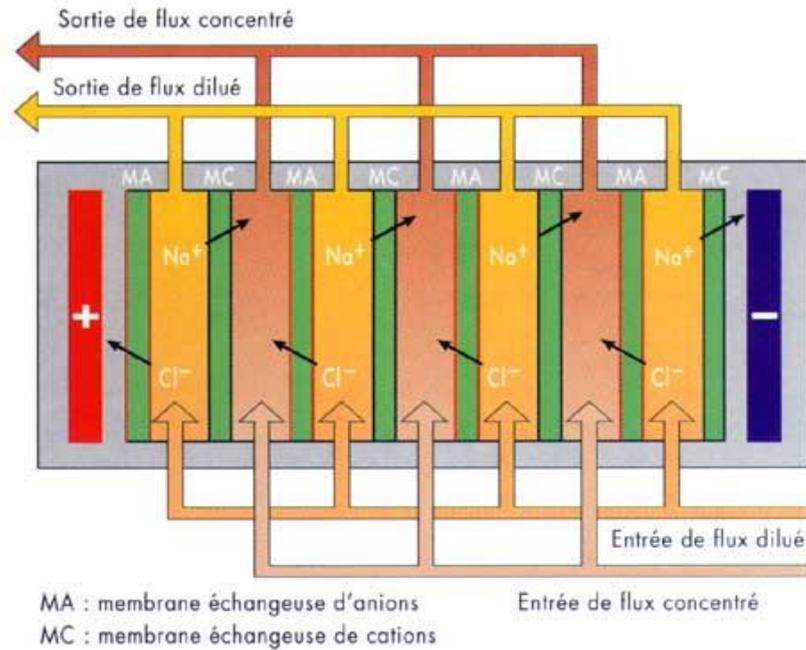


Figure 3. Procédé d'électrodialyse

Les ions d'un sel dissous dans l'eau, tel que le chlorure de sodium par exemple, se déplacent sous l'effet d'un champ électrique généré par deux électrodes immergées dans le liquide. Les ions positifs ou cations (comme Na⁺) sont attirés par l'électrode négative (ou cathode), tandis que les ions négatifs (Cl⁻) sont attirés par l'électrode positive. Dans le processus d'électrodialyse, des membranes filtrantes sont alternativement intercalées, soit imperméables aux anions et perméables aux cations, soit imperméables aux cations et perméables aux anions, cela crée une série de compartiments à forte concentration en sels et d'autres à faible concentration (**Pnue-unep 2001**).

1.4. Les procédés de distillation

C'est la première méthode historiquement employée pour le dessalement de l'eau, probablement en raison de sa simplicité. Elle implique l'évaporation de l'eau salée à l'aide de la chaleur générée par une chaudière ou simplement par l'énergie solaire. Pendant ce processus, les sels et autres composés dissous se déposent pendant que la vapeur d'eau s'élève, cette vapeur est ensuite condensée pour obtenir de l'eau douce. Bien que cette technique produise une eau très pure, elle présente l'inconvénient de consommer une quantité significative d'énergie (15 kWh/m³ d'eau traitée), ce qui la rend coûteuse. Son intérêt actuel réside dans son association avec la production d'électricité (cogénération). Malgré sa large utilisation dans le golfe Persique, elle est progressivement remplacée par l'osmose inverse (**Lecom ,2014**).

1.4.1. Le procédé de distillation à détentés étagées (Multi-Stage Flash distillation MSF)

Le procédé Flash implique le maintien de l'eau sous pression pendant le chauffage, lorsque l'eau atteint environ 120 °C, elle est introduite dans une enceinte à pression réduite, provoquant une vaporisation instantanée par détente, appelée Flash. Une partie de l'eau s'évapore, se condense sur les tubes condenseurs en haut de l'enceinte, et l'eau liquide est recueillie dans des réceptacles en dessous. L'eau de mer chaude se refroidit pour fournir la chaleur de vaporisation, et l'ébullition cesse lorsque l'eau de mer atteint la température correspondant à la pression de l'étage. Ce phénomène de Flash se répète dans plusieurs étages avec des pressions de plus en plus réduites, parfois jusqu'à 40 étages dans une unité MSF industrielle. Pour chauffer l'eau de mer à 120 °C, elle circule à travers les tubes des condenseurs des différents étages, commençant par le dernier étage pour être préchauffée en récupérant la chaleur de condensation de la vapeur d'eau, elle est ensuite portée à 120 °C grâce à de la vapeur produite par une chaudière ou une centrale électrique, pendant le Flash, des gouttelettes d'eau salée peuvent être entraînées avec la vapeur et sont séparées par un dévésiculateur pour éviter l'entartrage. Le principal avantage du procédé MSF est que l'évaporation de l'eau de mer ne se produit pas autour des tubes de chauffe, réduisant ainsi les risques d'entartrage, l'énergie principalement requise est thermique pour la chaudière, qui peut être économique en récupérant de la vapeur basse pression d'une turbine de centrale électrique, de plus de l'énergie électrique est nécessaire pour les pompes de circulation de l'eau de mer. Cependant, le procédé MSF manque de flexibilité opérationnelle et est adapté aux grandes capacités de dessalement, produisant plusieurs centaines de milliers de mètres cubes d'eau dessalée par jour (Renaudin, 2003).

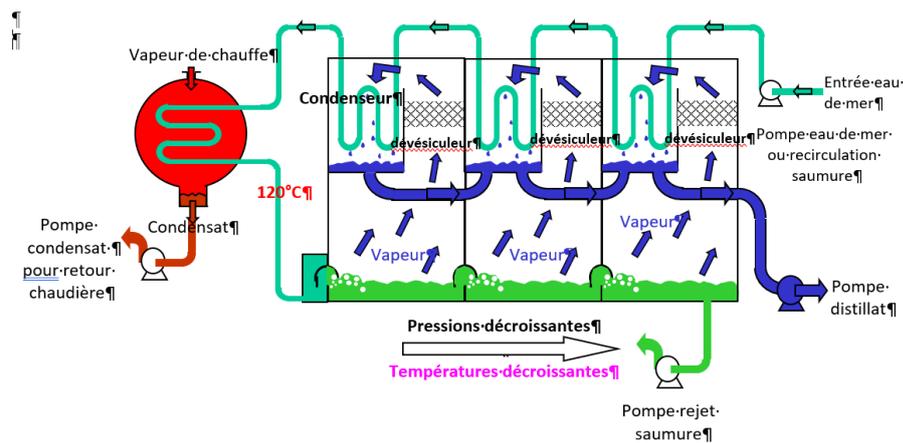


Figure 4. Principe de fonctionnement d'un système par détentés successives (MSF) à 3 étages

1.4.2. Le procédé de distillation à multiples effets (Multi-Effet distillation MED)

Ce procédé dérive du principe d'évaporation, à plus faible pression, d'une partie de l'eau de mer préalablement préchauffée à une température comprise entre 70 et 80 °C.

L'évaporation de l'eau s'effectue sur une surface qui échange de l'eau avec l'atmosphère, contrairement au processus qui s'ensuit qui est facilité par les étapes successives de dilatation. La chaleur transférée au travers de cette surface est apportée soit par une vapeur produite par une chaudière, soit par une eau chaude provenant d'un récupérateur de chaleur. La vapeur ainsi produite dans le 1er effet est condensée pour produire de l'eau douce dans le 2ème effet où règne une pression inférieure, ainsi la chaleur de condensation qu'elle cède permet d'évaporer une partie de l'eau de mer contenue dans le 2^{ème} effet et ainsi de suite (fig. 4). Ainsi seule l'énergie nécessaire à l'évaporation dans le premier effet est d'origine externe. La multiplication du nombre d'effets permet donc de réduire la consommation spécifique (énergie/m³ d'eau douce produite) (**Renaudin, 2003**).

1.4.2.1. Technologies d'évaporateurs multiples

a) La compression de vapeur (MVC, TVC)

La distillation par compression de vapeur est également utilisée pour la production d'eau avec un minimum de dépense énergétique, il est généralement associé au processus à effets multiples, et le nombre d'effets peut être réduit à un seul. Le concept est similaire à celui des pompes à chaleur, le fluide utilisé dans le procédé est désormais de l'eau contrairement à une pompe à chaleur, le circuit fluidique de la thermosphère est ouvert au lieu d'être scellé.

La compression peut être réalisée avec un compresseur mécanique (Mechanical Vapor Compression, MVC) ou un compresseur thermique (Thermal Vapor Compression, TVC) (**Philippe, 2016**).

b) Compression mécanique de vapeur (MVC)

Eau de mer lyophilisée et préchauffée (point A). La figure 5 est vaporisée à 55 degrés avec une pression réduite à 160 millibars (mbar) (A→B). La vapeur n'est que marginalement sous pression à 200 mbar (B → C). La température à laquelle l'eau est complètement saturée est alors de 60 degrés. Cette vapeur est ensuite condensée (C → D), mais la chaleur latente de condensation à 60 degrés est utilisée dans l'évaporateur/condenseur pour évaporer l'eau de l'océan à 55 degrés (**Philippe, 2016**).

L'eau pure, liquide (D), peut alors être extraite ainsi que la saumure correspondant à la fraction d'eau de mer non évaporée. Comme ces deux fluides sont extraits à 55 et à 60 degrés, ils sont utilisés

pour préchauffer l'eau de mer introduite dans le système en dehors du réchauffage initial nécessaire pour démarrer l'installation. La principale consommation d'énergie est l'énergie électrique du compresseur celle-ci est minimisée du fait que l'écart de température est faible le taux de compression correspondant est donc aussi très faible là encore, la limite est économique car plus l'écart de température est petit (mais toujours limité par les irréversibilités) plus la surface d'échange nécessaire pour évaporer et condenser sera grande (Philippe, 2016).

L'eau pure, liquide (D), peut alors être extraite ainsi que la saumure correspondant à la fraction d'eau de mer non évaporée. Comme ces deux fluides sont extraits à 55 et à 60 degrés, ils sont utilisés pour préchauffer l'eau de mer introduite dans le système. En dehors du réchauffage initial nécessaire pour démarrer l'installation, la principale consommation d'énergie est l'énergie électrique du compresseur, celle-ci est minimisée du fait que l'écart de température est faible. En conséquence, la diminution de compression associée est également minime. Encore une fois, la limite est économique car plus la différence de température entre les surfaces est petite (mais toujours limitée par des propriétés réversibles), plus la quantité de surface nécessaire pour s'évaporer et se condenser est grande (Philippe, 2016).

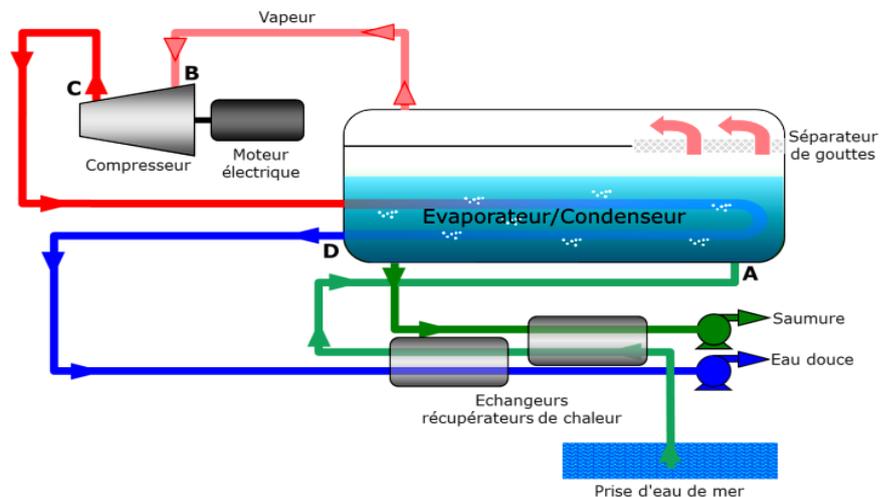


Figure 5. Principe du procédé à compression mécanique de vapeur (MVC)

c) Thermo -compression de vapeur

En raison de la croissance constante de la taille des usines de dessalement, la compression mécanique s'est avérée rapidement inappropriée pour les grandes installations en raison des limitations techniques et économiques associées au compresseur bien que l'efficacité diminue considérablement lorsque le taux de compression augmente, la thermocompression a rapidement été

privilegiée en raison de son investissement et de son coût de maintenance extrêmement faibles (Philippe, 2016).

Le principe est d'utiliser une tuyère dans laquelle, par accélération dans un injecteur et un col, de la vapeur haute pression aspire de la vapeur basse pression pour obtenir de la vapeur à pression moyenne. La compression s'opère entre la vapeur à basse pression aspirée et le mélange à pression moyenne qui est restitué. La seule source d'énergie étant la vapeur haute pression, c'est bien un procédé « thermique » de compression (Philippe, 2016).

Les performances sont caractérisées par le débit de vapeur motrice à haute pression nécessaire pour entrainer la vapeur à basse pression (consommation de vapeur par unité de vapeur aspirée) ou bien par le taux d'entraînement (débit entraîné par unité de vapeur motrice) (Philippe, 2016).

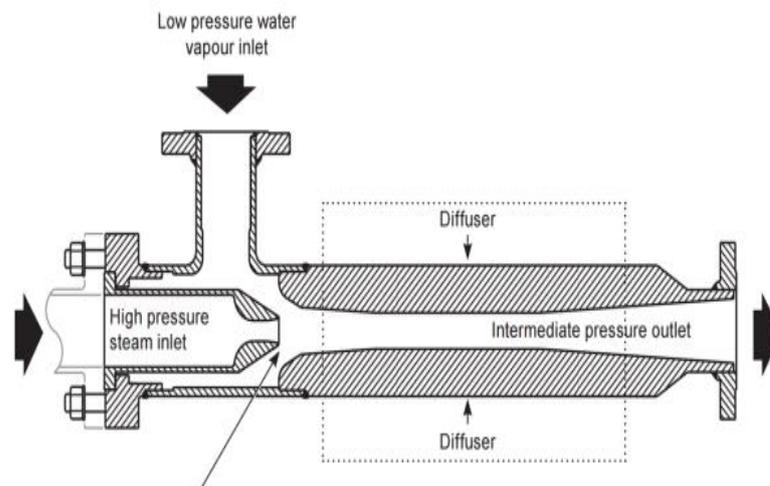


Figure 6. Schéma d'une thermo compresseur de vapeur (Source : Spirax. Sarco)

La thermo-compression est généralement associée au procédé à multiple-effet. La ré-compression de la vapeur peut être réalisée entre le dernier et le premier effet, ce qui entraîne un taux de compression maximal mais un rendement de compression relativement faible, conduisant à une consommation élevée de vapeur haute pression. Cependant, cette ré-compression peut également se faire entre un étage intermédiaire et le premier effet, offrant un rendement plus élevé et une consommation de vapeur plus modérée (Philippe, 2016).

1.5. Les nouvelles techniques de dessalement des eaux de mer

La distillation membranaire (MD) est un procédé hybride membrane-évaporation qui a été d'intérêt pour le dessalement, MD nécessite deux types d'énergie, à savoir la chaleur à basse

température et l'électricité. Les capteurs solaires et les panneaux photovoltaïques sont des technologies matures qui pourraient être couplées au processus MD. L'intérêt d'utiliser des systèmes de distillation à membrane à énergie solaire (SPMD) pour le dessalement augmente dans le monde entier en raison des caractéristiques attrayantes de MD, des unités de la DGBS à petite échelle, adaptées pour fournir de l'eau aux besoins humains dans des régions éloignées où les infrastructures d'eau et d'électricité font actuellement défaut, ont été mises au point et testées par un certain nombre de chercheurs. La combinaison de l'énergie solaire et du DM s'est avérée techniquement réalisable cependant, le coût de l'eau produite est relativement élevé par rapport à celui du procédé commercial PV-RO (Desal, 2012).

La production de modules MD commerciaux, fiables, à faible coût et durables mettra ce processus à la pointe des technologies de dessalement.

L'objectif de cet article est de présenter les principales caractéristiques de MD ainsi que ses principes de base. Les efforts des chercheurs dans le couplage de MD avec l'énergie solaire et leurs estimations de coûts sont également examinés (Desal, 2012).

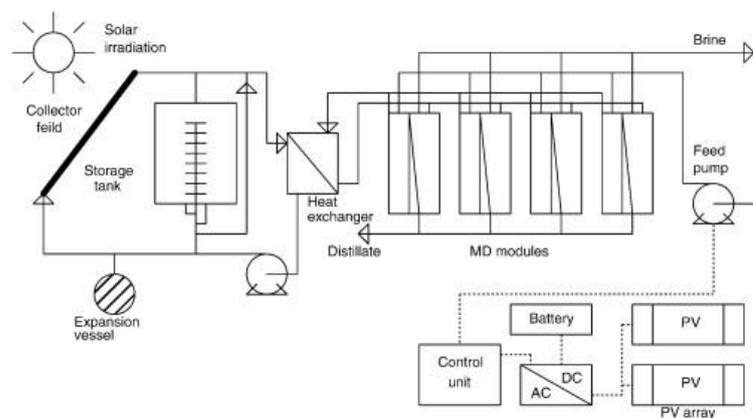


Figure 7. Desalination by Solar powered membrane distillation systems

1.6. Conclusion

Le dessalement de l'eau de mer est un moyen efficace de lutter contre le stress hydrique dans des régions littorales arides. C'est une solution à fort potentiel puisque 40 % de la population mondiale réside à moins de 100 km de la mer, et 25 % à moins de 25 km. Le dessalement est également un moyen adapté pour fournir de l'eau potable dans des zones où les ressources naturelles subissent un effet de salinisation : rivières, estuaires, eaux saumâtres intérieures ou souterraines, etc.

Le recours au dessalement de l'eau de mer constitue une solution urgente pour satisfaire l'alimentation en eau des villes côtières surpeuplées.

Ces dernières années la consommation en eau est toujours croissante, pour pallier à cette demande en ressources hydriques engendrée par la situation de sécheresse répétée qu'a connue le monde pendant les dix dernières années. Le choix de réaliser des stations de dessalement d'eau de mer pour alimenter les populations des villes côtières en eau potable est une solution judicieuse.

CHAPITRE 2

Unité de dessalement de Mostaganem

2.1. Introduction

Dans le cadre de la stratégie de la réalisation de stations de dessalement de l'eau de mer à travers le pays, afin de sécuriser la production des ressources en eau et réduire la dépendance aux barrages et aux eaux souterraines, la wilaya de Mostaganem, ville côtière emblématique de l'Algérie, bénéficie d'un nouvel investissement majeur dans son infrastructure.

2.2. Stations de dessalement en Algérie

D'ici fin 2024, le taux d'eau dessalée par rapport aux besoins en eau potable en Algérie passera à 42 % avec la mise en service de cinq nouvelles stations de dessalement de l'eau de mer en cours de réalisation (**MRE ,2023**).

Ces cinq nouvelles stations seront situées à Fouka 2 (Tipaza), Cap Djinet (Boumerdès), Cap Blanc (Oran), Koudiet Draouche (El Tarf) et Tighremt (Béjaïa) (**MRE ,2023**).

La station de Tighremt, d'une capacité de 300 000 m³/jour, sera livrée en décembre 2024. Les autres stations devraient également être opérationnelles avant la fin de 2024 (**MRE ,2023**).

Au total, l'Algérie comptera 23 stations de dessalement d'eau de mer réparties sur 14 wilayas côtières, fournissant 18% de l'eau consommée dans le pays et alimentant 6 millions de personnes (**MRE ,2023**).

D'ici 2030, le gouvernement vise à porter le taux d'eau potable issue du dessalement à 60% des besoins nationaux avec la construction de 6 autres nouvelles stations (**MRE, 2023**).

2.3. Description de la station de Mostaganem

Ces dernières années, l'Algérie a initié un programme ambitieux de construction de stations de dessalement pour répondre aux défis croissants d'approvisionnement en eau, amplifiés par l'augmentation de la population, le développement industriel et agricole, ainsi que la sécheresse. Dans ce contexte, la station de dessalement de l'eau de mer à Mostaganem fournit de l'eau pour pallier le manque d'eau potable dans la région côtière (**Manuel d'exploitation Mostaganem 02/02/2011**).



Figure 8. Vue générale sur Station de dessalement de l'eau de mer Unité de Mostaganem (Manuel d'exploitation Mostaganem 02/02/2011).

2.1. Présentation de l'unité de dessalement de l'eau de mer (Sonachter Mostaganem)

L'usine de dessalement de Mostaganem, sise à Plage de Cheliff (Mostaganem), a une capacité de production d'eau potable de 200.000 m³ /jour. L'usine est conçue pour fournir 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 qui garantit (3,40kwh /m³). **GS Inima** et **aqualia** sont des sociétés espagnoles spécialisées dans les 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. Le projet de station de dessalement de L'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 (**Manuel d'exploitation Mostaganem 02/02/2011**).

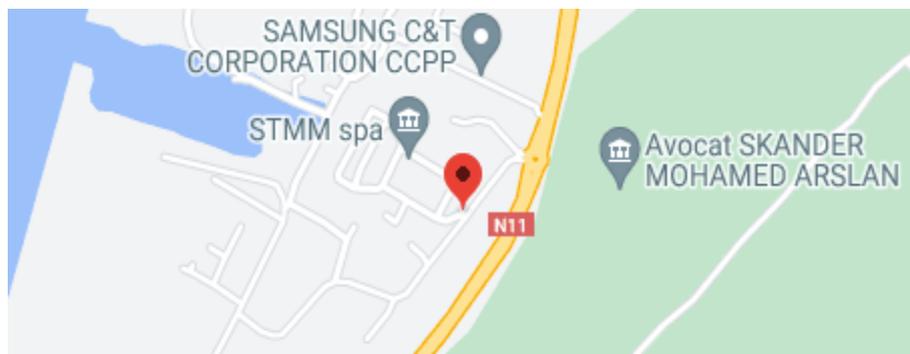


Figure 9. Localisation l'unité de dessalement de l'eau de mer Sonachter Mostaganem

(Google maps)

2.3.1.1. Situation géographique de Mostaganem

La wilaya de Mostaganem est située au nord de l'Algérie. Elle s'étend sur une superficie de 2 269 Km² et est distante de 365 Km de la capitale Alger et de 80 Km la ville d'Oran.

La wilaya de Mostaganem est limitée :

- Au nord, par la mer Méditerranée
- A l'est, par la wilaya de Chlef
- Au sud-est, par la wilaya de Relizane
- A l'ouest, par la wilaya d'Oran
- Au sud-ouest, par la wilaya de Mascara (ANIREF ,2021)

2.3.1.2. Cadre climatique

L'aspect climatique est un facteur important à considérer pour un projet de dessalement des eaux de mer, car il intervient dans le fonctionnement du procédé de dessalement d'une part et d'autre part sur le choix du site.

Le climat de Mostaganem se caractérise par une température douce, la faiblesse des écarts thermiques et l'alternance quasi quotidienne des brises de mer et de terre.

➤ **La précipitation :** La côte de la wilaya est soumise à des averses importantes, particulièrement dans la région Ouest du massif entre 700 et 1200 mm par année

➤ **La température :** les températures dans les zones côtières varient de 5 à 15 °C en hiver, et de 25 à 30°C en été.

➤ **Le vent :** Les vents dominants à travers les saisons de l'année sont généralement ceux du Nord-ouest et Ouest, les vents du Nord-Ouest dominant pendant

l'automne et ceux de l'Ouest pendant l'hiver, les vents du Nord et du Nord-est ont une force non négligeable au printemps et l'été.

➤ **L'humidité (%)** : le taux d'humidité relative de l'air dans la région varie entre 69% et 79% (ONM.1995/2005).

2.3.1.3. Situation géographique et la topographie de la station de dessalement

La situation géographique et la topographie de la station de dessalement de Mostaganem en Algérie sont des éléments clés à considérer pour comprendre son environnement, selon les sources, la station de dessalement de Mostaganem se trouve dans la région méditerranéenne de l'Algérie. La topographie de la région est caractérisée par des particularités géomorphologiques et des données physiques de base, telles que la pédologie, l'hydrologie, et les ressources en eau de surface. Cette localisation géographique spécifique influence directement les conditions hydrologiques et environnementales de la station de dessalement, jouant un rôle crucial dans sa fonctionnalité et son impact sur la région côtière. (ANIREF ,2021)

2.4. Les services de la station

La station de dessalement **UTE Mostaganem O&M MTM** est composée des services suivants :

- L'administration
- Département HSE
- 01 laboratoire
- Département opération : 01 salle de contrôle
- Département maintenance (Département mécanique _ Département instrumentation et contrôle _ Département d'électricité)

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

2.4.1 Tours et tuyauterie de captage

❖ La première étape se déroule au niveau de la "tour de captage d'eau de mer", où deux émissaires de captage de 1800 mm de diamètre sont installés à une profondeur de 16 m sur une longueur de 2,5 km, permettant un écoulement gravitaire vers le réservoir d'eau de mer.

❖ Ensuite, cette eau est pompée à l'aide de neuf pompes centrifuges horizontales, dont une en réserve, à un débit de 9000 m³/h (**MANUEL D'exploitation Mostaganem, 02/02/2011**).

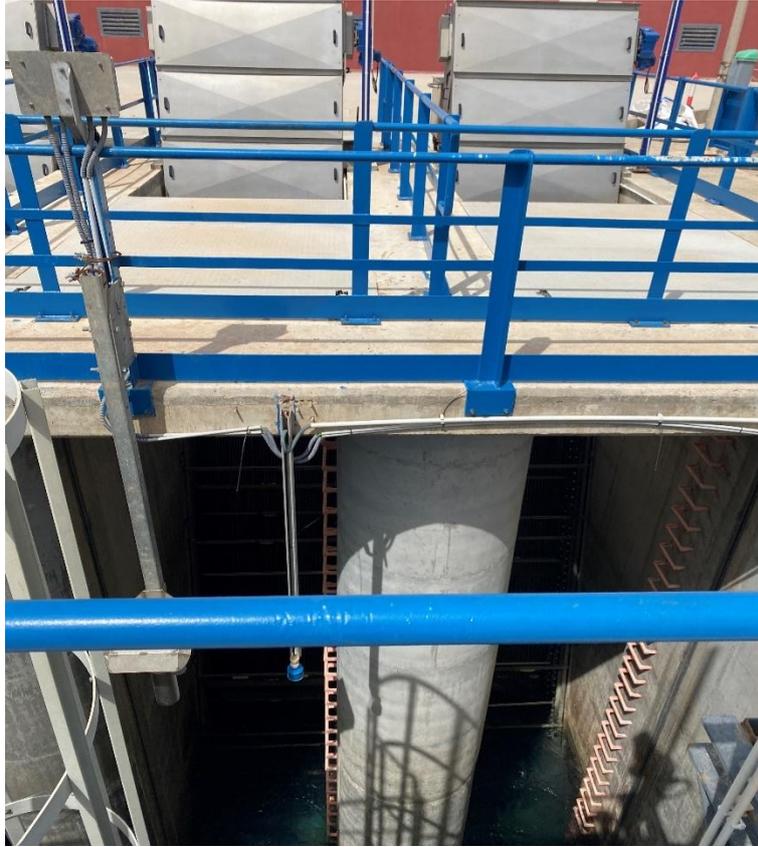


Figure10. Le captage et pompage de l'eau de mer

(Photo de captage et pompage de l'eau de mer, Bahraoui, 08 /05/2024)

2.4.2. Description et fonctionnement normal des installations des procédés

Le processus de dessalement d'eau de mer comporte quatre étapes principales

- La captation de l'eau de mer
- La filtration
- Microfiltration
- L'osmose inverse
- L'eau produite

2.4.2.1. Traitement Chimique

a. Désinfection

❖ La désinfection de l'eau brute est réalisée par chloration à l'aide d'hypochlorite de sodium, dosé dans l'émissaire sous-marin et dans la chambre d'aspiration des pompes. L'hypochlorite de sodium est produit sur place par électrolyse.

❖ Ce processus électrolytique implique le passage d'un courant électrique à travers l'eau de mer, générant des bulles d'hydrogène et de chlore. Ces bulles de chlore réagissent avec l'hydroxyde de sodium, un sous-produit de l'électrolyse, pour former de l'hypochlorite de sodium. (**Manuel d'exploitation Mostaganem ,02/02/2011**)

b. Coagulation - Flocculation

Les pompes d'eau de mer sont utilisées pour mélanger le coagulant (chlorure ferrique FeCl_3) dans une plage de pH entre 5,5 et 8,3. La coagulation et la flocculation sont appliquées lorsque l'eau de mer présente une turbidité élevée. La croissance des microparticules se produit entre les pompes et les filtres à sable, où un flocculant (poly-électrolyte) est dosé avant l'entrée de l'eau dans les filtres à sable pour faciliter la croissance des particules et favoriser la décantation ultérieure. Les microparticules formées lors du processus de coagulation-flocculation sont retenues dans les filtres à sable et éliminées lors du nettoyage des filtres conformément aux procédures de filtration (**Manuel d'exploitation Mostaganem, 02/02/2011**).

c. Dosage de métabisulfite

Le métabisulfite de sodium est utilisé pour éliminer le chlore résiduel de l'eau de mer avant son passage dans les membranes d'osmose inverse, prévenant ainsi leur détérioration par oxydation, l'injection de la solution de $\text{Na}_2\text{O}_5\text{S}_2$ se fait à l'aide d'un équipement comprenant deux réservoirs d'accumulation-dissolution, une pompe doseuse par ligne, et une réserve.

d. Dosage d'inhibiteur anti-scalant

Pour prévenir la précipitation des sels dans les membranes, un inhibiteur est dosé pour empêcher la formation de cristaux, maintenir les ions dispersés, et dépasser la limite de solubilité de ces sels.

2.4.2.2. Sous système de filtration

C'est un traitement destiné à éliminer fondamentalement les éléments solides, les algues et la matière organique. Le système de prétraitement comprend deux sous-systèmes : Sous-système de filtration et sous-système de microfiltration. L'usine est équipée avec deux étapes de filtration, une première étape avec des filtres mixtes à sable - anthracite et une seconde étape avec des filtres à sable (**Manuel d'exploitation Mostaganem , 02/02/2011**).

a. Filtration de première étape

L'usine est équipée de deux lignes de filtration de première étape avec douze (12) filtres horizontaux à pression chacune, travaillant à une vitesse de 8,45 m/h/et à une vitesse maximale de 9,46 m/h. Lorsque l'un des filtres soit en lavage, sa quantité d'eaux filtrées est divisée par les autres filtres. Chaque filtre a une surface moyenne de filtration de 91,39 m² et un diamètre de 4,00 m d'une longueur totale de 24,04 m.



Figure 11. Filtration de première étape

(Photo de la première étape de filtration, Bahraoui, 08 /05/2024)

b. Filtration de deuxième étape

Ils existent 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'une des batteries est dans le nettoyage l'autre prend le relais. Chaque filtre a une surface filtrante moyenne de 90,04 m² et leurs dimensions et caractéristiques sont les mêmes que celles des filtres à sable de la première étape (**Manuel d'exploitation Mostaganem, 02/02/2011**).



Figure 12. Filtration deuxième étape

(Photo de la deuxième étape de filtration, Bahraoui, 08 /05/2024)

2.4.2.3. Système de microfiltration

2.4.2.4. Filtre à cartouche (micro-filtres)

La fonction du système de microfiltration est de protéger le système d'osmose inverse empêchant ainsi le pompage à haute pression, la microfiltration ne permet de passer que des particules de taille inférieure à 5 microns. Le système de microfiltration consiste à deux lignes équipées avec neuf filtres chacune. Chaque filtre est muni 365 cartouches de 1250 mm de longueur. Le débit unitaire par cartouche est de 2,85 m³/h, lorsque les neuf seront en activité il atteindra celui de 3,2 m³/h. Les cartouches sont logées dans une carasse en PREV. Les cartouches sont fabriqués en polypropylène de 1250 mm de longueur (**Manuel d'exploitation Mostaganem, 02/02/2011**).



Figure 13. Filtres à cartouches

(Photo prise au niveau de la station de dessalement de Mostaganem2019)

Deux produits chimiques sont injectés à l'entrée des micro-filtres pour améliorer la qualité de l'eau traitée :

Anti-scalant : Ce produit chimique est utilisé pour éviter la précipitation de sels incrustants qui peuvent causer un colmatage rapide des membranes et réduire le débit d'eau traitée. L'anti-scalant est destiné à prévenir la formation de précipités qui pourraient endommager les membranes.

Réducteur de chlore (Bisulfite de sodium) : Ce produit chimique est injecté pour éviter que le chlore contenu dans l'eau ne cause de l'oxydation et de la détérioration des membranes. Le bisulfite de sodium est utilisé pour réduire le chlore en présence d'oxygène, protégeant ainsi les membranes des dommages causés par l'oxydation.

Après l'injection de ces produits chimiques, des instruments de mesure sont utilisés pour contrôler la qualité de l'eau d'alimentation des membranes. Ces instruments mesurent le pH, la température, la pression et le potentiel redox (indication sur la présence de chlore) pour garantir que l'eau est apte à être traitée par les membranes (**Manuel d'exploitation Mostaganem, 02/02/2011**).

2. 4.2.5. Système d'osmose inverse

Le système d'osmose inverse est le cœur de l'usine et sa fonction est réduire la teneur en sels de l'eau micro-filtrée. L'osmose inverse est un procédé de purification de l'eau inspiré du phénomène chimique appelé l'osmose en inverse. Pour mettre 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.

L'eau micro filtrée arrive au système de pompage de haute pression puis envoyée vers les membranes d'osmose inverse (**Manuel d'exploitation Mostaganem, 02/02/2011**).

2.4.2.6. Pompe à haute pression (HP)

Avant d'entrer dans les membranes d'OI, l'eau prétraitée arrive au système de pompage de haute pression généralement 2,5 bars. Les pompes se trouvant dans notre cas sont en nombre de 9 dont 8 sont fonctionnelles et une de secours, en fournissant une pression totale de l'ordre de 62 bars.

2.4.2.7. Systèmes de membranes d'osmose inverse

L'installation se compose de huit unités, chaque unité est répartie en deux châssis. Chacun de ses derniers comporte 152 tubes de pressions. Les tubes de pression sont disposés pour avoir un taux de conversion de 45%, Dans chaque tube sont placées 7 membranes spirales en polyamide aromatique avec un diamètre de 200 mm (**Manuel d'exploitation Mostaganem, 02/02/2011**).



Figure 14. Bâtiment d'osmose inverse

(Photo d'osmose inverse, Bahraoui, 08 /05/2024)

2.4.2.8. La membrane

La membrane semi-perméable est une structure multicouche qui autorise uniquement le passage des molécules d'eau, renforçant ainsi le processus de purification de l'eau de mer. Composée d'une couche de support d'environ 50 μm d'épaisseur et d'une couche barrière extrêmement fine d'environ 0,2 μm , cette membrane filtre efficacement l'eau de mer en ne laissant passer que les molécules d'eau, bloquant les sels présents dans l'eau, qui sont de l'ordre de 10⁻⁷ mm (**Manuel d'exploitation Mostaganem , 02/02/2011**).



Figure 15. La photo de membrane.

(Photo de la membrane, Bahraoui,09 /05/2024)

Cette technologie de filtration à travers des membranes semi-perméables permet une désinfection plus approfondie de l'eau de mer en effet, en laissant uniquement les molécules d'eau passer, cette membrane élimine les particules en suspension et les micro-organismes, assurant ainsi une production d'eau potable de haute qualité (**Manuel d'exploitation Mostaganem, 02/02/2011**).

2.4.2.9. Système de Pompe Booster et Récupérateur d'Énergie

A. Présentation du système

La récupération de l'énergie de la saumure à la sortie des membranes est réalisée au moyen des chambres hyperbariques. Cette opération est faite au niveau du système PX-220 (pressure Echanger) de la marque ERI, avec 97 % d'énergie récupérer de rejet de la saumure.

Les rejets des membranes est dirigées vers le PX, qui transfère la pression du rejet à l'eau de mer, et la renvoie vers les membranes. Le PX fournit l'eau prétraitée par l'énergie du concentrât qu'il reçoit (**Manuel d'exploitation Mostaganem, 02/02/2011**).



Figure 16. Système de ERI

B. Pompes Booster

Chaque unité d'osmose inverse contient une pompe HP et deux châssis de membranes d'osmose inverse et deux pompes BOOSTER qui sont reliées à la pompe HP par le même axe de rotation. La pompe Booster sert uniquement à compenser les pertes de charges provoquées par les membranes et les PX. Le concentrât actionne la pompe BOOSTER pour aider la pompe à haute pression (**Manuel d'exploitation Mostaganem, 02/02/2011**).



Figure 17. Pompe Booster

2.4.2.10. Nettoyage chimique

2.4.2.10.1. Lavage chimique

Les membranes d'osmose inverse s'encrassent progressivement au fil de leur utilisation, réduisant ainsi le débit de production. Cet encrassement peut être causé par des matières colloïdales, de petites précipitations, etc. Afin de maintenir ces encrassements sous contrôle et de restituer une partie des propriétés perdues des membranes, il est nécessaire de les laver périodiquement (**Manuel d'exploitation Mostaganem, 02/02/2011**).

Un lavage est obligatoire dans les cas suivants :

- La perte de pression des membranes augmente 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 en moyenne une fois tous les six mois (**MANUEL D'exploitation Mostaganem, 02/02/2011**).

2.4.2.10.2. Les procédures de nettoyage chimique et de désinfection des membranes

Un nettoyage chimique est nécessaire dans les cas suivants :

- Le débit normalisé a baissé de 10%
- Les sels dissous totaux normalisés ont augmenté de 10%
- La perte de charge entre le circuit d'alimentation et le circuit concentrat a augmenté de 15% par rapport à la valeur initiale
- Le processus de nettoyage se déroule en deux étapes :
- Recirculation de la solution de nettoyage pendant 30 minutes
- Trempage pendant environ 2 heures

Quelques précautions sont à prendre :

- La température de l'eau doit être limitée à 25°C maximum
- Après désinfection, les corps de pression sont rincés à l'eau perméat jusqu'à élimination complète du désinfectant
- Le nettoyage chimique permet de restaurer les performances des membranes encrassées lorsque le rinçage physique n'est plus suffisant
- . Il est généralement nécessaire tous les 6 mois en moyenne, selon la qualité de l'eau

Une large gamme de produits chimiques spécifiques est disponible pour le nettoyage des membranes d'osmose inverse :

- Produits acides et basiques pour éliminer les dépôts organiques et minéraux
- Antitartres pour prévenir l'entartrage
- Réducteurs de chlore pour protéger les membranes de l'oxydation
- Le choix des produits et des dosages doit être fait avec l'aide d'experts pour une efficacité optimale et une durée de vie prolongée des membranes

Le système de nettoyage est conçu pour pouvoir laver les tuyaux d'un châssis complet à chaque fois, afin de diminuer les opérations de nettoyage. Il se compose :

- D'un réservoir de 80 m³ de capacité où se prépare la solution de nettoyage

- De résistances pour chauffer la solution si nécessaire
- D'interrupteurs de niveau, d'un thermomètre et d'un transmetteur de température
- D'un système d'agitation avec des éjecteurs et des pompes de refoulement de 31 m³/h de débit unitaire

Le nettoyage régulier des membranes est essentiel pour maintenir leurs performances, prolonger leur durée de vie et assurer une production d'eau de qualité. Les produits chimiques de nettoyage spécialement conçus pour les membranes d'osmose inverse permettent d'éliminer efficacement l'encrassement et l'entartrage (**Document de la station. UTE Mostaganem O&M MTM**).

2.4.2.10.3. Procédures de protection des membranes en cas d'arrêt de la production

A. Procédure pour les séjours inférieurs à 7 jours :

- arrêter de produire.
- Rincer le système avec un perméat sans oxydant pendant 30 minutes.
- Si la température de l'eau est supérieure à 20°C, l'opération doit être répétée tous les deux jours.

B. Procédure de prolongation du temps d'arrêt :

- Arrêter de produire
- Rincer le système avec un perméat sans oxydant pendant environ 30 minutes.
- Vidangez l'eau de chasse dans les égouts.
- Toutes les vannes isolant le système doivent être fermées lorsque le système est rempli de solution.
- Répétez ce processus chaque mois.
- Pour redémarrer le système, le perméat résultant doit être évacué vers le drain pendant au moins une heure.

2.4.2.10.4. Les solutions de nettoyage

a. Solution acide : Ajouter 10 kg d'acide citrique (C₆H₈O₇) par m³ d'eau diluée dans le réservoir.

Vérifiez régulièrement le pH et s'il est inférieur à 2,5, ajoutez de l'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) pour augmenter sa valeur.

b. Solution alcaline : Ajouter de l'eau de dilution par m³ de cuve :

- Tri polyphosphate de sodium (Na₅P₃O₁₀) 10kg.
- 10kg de sodium EDTA en poudre.
- Phosphate trisodique (NaPO₄·12H₂O) 10kg.
- Le pH de la solution doit être contrôlé pour rester entre 10 et 11 par ajout d'acide chlorhydrique.

2.4.2.10.5. Procédures de désinfections

Cette procédure est nécessaire s'il existe un risque de colmatage important de la surface de la membrane avec du matériel biologique du côté du perméat.

Pour que la désinfection soit efficace on doit augmenter la pression de recirculation en laminant le débit du concentrât de qu'il a apparaisse un certain débit de perméat.

La solution stérilisante peut être préparée avec du formaldéhyde (CH₂O, formol).

Des précautions d'hygiène et de sécurité doivent être respectées, car ce produit est dangereux.

2.4.2.10.6. Les différentes étapes d'un nettoyage chimique

Étape 1 : Rinçage des corps de pression avec du perméat jusqu'à ce que la conductivité sortie du concentrât.

Étape 2 : Choisie préparation de la solution de nettoyage.

Étape 3 : Evacuation à l'égout du fluide de rinçage.

Étape 4 : Recercler la solution pendant une heure.

Étape 5 : Laisser tremper les membranes dans la solution pendant deux heures en respectant le programme suivant :

- Trempage pendant 30 minutes.
- Recirculation pendant 15 à 30 minutes et en renouvelant quatre fois le cycle remplage/recirculation.
- Vérification périodique de valeur du pH, les variations sont de l'ordre de 0.5 unité de pH.

Étape 6 : Recirculation de la solution au débit maximum toléré.

Étape 7 : Vidange des solutions usées et remplissage du bac avec perméat. Rinçage des membranes en rejetant le fluide à l'égout, jusqu'à obtention d'une conductivité de celle du perméat.

Étape 8 : Remise en service de l'osmoseur après que tous les tubes de pression du linge aient été nettoyés.

Étape 9 : Mise à l'égout du perméat jusqu'à obtention de la qualité désirée.

2.4.2.11. Système de reminéralisation et conditionnement de l'eau osmotique

2.4.2.11.1. Reminéralisations

Le système de reminéralisation est constitué de deux ensembles de lits de calcite

(Chacun est composé par 30 cellules de 14m² de surface et d'un procès 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 CO₂ à travers un séparateur 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 réminéralisation, on aura amélioré la dureté et l'alcalinité de l'eau, et il existera un résiduel de CO₂ en équilibre avec HCO₃ qui déterminera le PH de l'eau traitée (**Manuel d'exploitation Mostaganem 02/02/2011**).



Figure 18. Silos de dosage de CO₂ (Photo de silos de Carbon dioxide, Bahraoui, 10 /05/2024)



Figure 19. Silos de NaClO (Photo de silos de hypochlorite de sodum, Bahraoui, 10 /05/2024)

2.4.2.11.2. Rejet de saumure et produits chimiques

La saumure est récupérée dans un réservoir et ensuite utilisée pour lavage des filtres à sable à contre-courant, puis acheminée vers un deuxième réservoir ou elle sera évacuée par un émissaire marin pénétrant jusqu'à 1200 m dans la mer avec des diffuseurs tout au long de la conduite de d'évacuation saumure dans le but d'assurer une meilleure dilution et d'éviter les conséquences indésirables sur l'environnement (**Manuel d'exploitation Mostaganem, 02/02/2011**).

2.5. Conclusion

En raison du faible taux de pluviométrie enregistré chaque année, ce qui a fait baisser considérablement le niveau d'eau des barrages, les pouvoirs publics ont décidé de construire six stations de dessalement d'eau dans les wilayas du littoral dont Mostaganem pour assurer l'alimentation en eau potable des populations. Dans le cadre de la stratégie de la réalisation de stations de dessalement de l'eau de mer à travers le pays, afin de sécuriser la production des ressources en eau et réduire la dépendance aux barrages et aux eaux souterraines, la wilaya de Mostaganem, ville côtière emblématique de l'Algérie, bénéficie d'un nouvel investissement majeur dans son infrastructure. Il s'agit d'un projet de construction d'une station de dessalement de l'eau de mer d'une capacité de 300 000 m³ /jour. Cette nouvelle usine de dessalement vient compléter celle de la Sonachter à Mostaganem. Inaugurée en 2011 pour un volume de production de 200 000 m³/j, l'emplacement stratégique de cette nouvelle usine de dessalement a été méticuleusement choisi et validé pour assurer une efficacité optimale. Situé à proximité de la célèbre plage de Sidi l'Adjel, dans la commune de Khadra, à 72 km à l'est de la wilaya de Mostaganem, cette localisation offre non seulement un accès facile aux ressources marines, mais aussi une protection contre les risques potentiels liés à la montée du niveau de la mer.

Le projet, d'une importance capitale, après des années d'attente, vise à répondre aux besoins croissants en eau potable, non seulement pour la région du Dahra Est de Mostaganem, mais aussi pour les communes environnantes relevant de la wilaya limitrophe Relizane. Ce qui témoigne de l'engagement du gouvernement envers l'amélioration des infrastructures et du bien-être des populations.

Partie 2
Matériels et méthodes

1. Introduction

Au cours du processus de production d'eau dessalée, il est nécessaire de faire des prélèvements des échantillons de l'eau dans chaque unité de traitement pour vérifier et analyser son état et pour avoir une eau agréable au goût et à la vue.

2. Analyse physico-chimique

Les analyses physiques et chimiques sont la plus importante et la dernière étape du processus, L'étude expérimentale consiste à effectuer des prélèvements et des analyses physicochimiques de l'eau traitée après le processus de dessalement. Afin de contrôler sa qualité dont les données mesurées, L'eau potable doit répondre aux normes de l'Organisation mondiale de la santé.

Tableau 1. Les normes de potabilité de l'eau l'OMS

Paramètres physico-chimique	Unités	Normes OMS
Température	°C	< 25
pH	/	7,5 – 8,5
CE	µs /cm	180 – 1000
NH ₄ ⁺	mg/l	0,5
NO ₂	mg/l	0,2
NO ₃	mg/l	≤ 50
Ca	mg/l	200
Mg	mg/l	150
Na	g/ml	≤ 200
K	mg/l	≤ 12
Fe	mg/l	≤ 0,3
Al ⁺	mg/l	≤ 0,3
HCO ₃	mg/l	450

2.1. 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, Cette mesure de T° est effectuée sur les échantillons à l'aide d'un appareil multi paramètres (Hach, SensION7) au niveau du laboratoire

2.2. Mesure du pH

Le pH permet de mesurer l'acidité d'une solution, cette mesure est faite avec un autre appareil à sonde (HACH, sensION™+) en suivant le même mode opératoire que la conductivité (**Document de la station. UTE Mostaganem O&M MTM**).



Figure 20. Mesure du PH

(Photo de pH-mètre , Bahraoui,11 /05/2024)

2.3. Mesure de 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.

La mesure de la turbidité a été effectuée à l'aide d'un Turbidimètre (HACH, 2100P) qui est étalonné d'avance à 0,02 NTU L'échantillon sera analysé en utilisant des capsules en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies de l'eau à analyser et le résultat est affiché en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) (**Document de la station. UTE Mostaganem O&M MTM**).

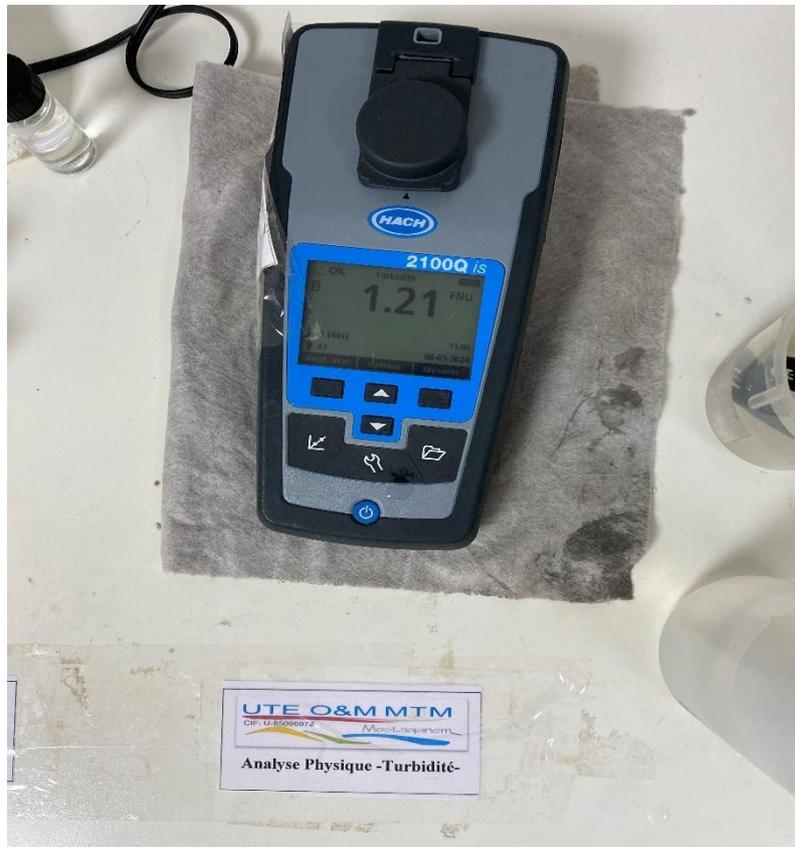


Figure 21. Turbidimètre de la station de Mostaganem

(Photo de Turbidimètre, Bahraoui, 11 /05/2024)

2.4. Mesure de la conductivité

La conductivité est une mesure de l'aptitude d'une substance à conduire le courant électrique, qui dépend directement de la présence d'ions dans la solution. Voici quelques valeurs typiques de conductivité pour différents types d'eau :

Eau ultrapure : $5,5 \times 10^{-6}$ s/m

Eau potable : 0,005 - 0,05 s/m

Eau de mer : 5 s/m



Figure 22. Conductivimètre de la station de Mostaganem

(Photo de Conductivimètre, Bahraoui,11 /05/2024)

2.5. Détermination de la dureté de l'eau

La dureté de l'eau est en fait une mesure de la concentration des ions calcium (Ca^{2+}) présents dans l'eau.

Partie 3
Résultats et discussions

1. Résultats de l'eau produite

Les résultats sont traduits par le tableau ci-dessous :

Tableau 2. Les résultats d'analyses de l'eau produite

Date	Température (°C)	pH	Conductivité $\mu\text{s/cm}$	Turbidité	Dureté Totale	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)
05-05-2024	19	8.32	489	0.48	65.5	21.6	43.5
06-05-2024	19.7	8.36	479	0.33	65	21.4	45.5
07-05-2024	19.6	8.31	486	0.28	66	21.8	45
08-05-2024	19.4	8.31	479	0.28	66	21.8	45
Normes	25	7.5 à 8.5	2800	5	65	200	150

1.1. La température

Les échantillons ont une température variée entre 19 et 19.7. La norme algérienne indique température est $<25^{\circ}\text{C}$, donc ces valeurs sont dans les normes de potabilité.

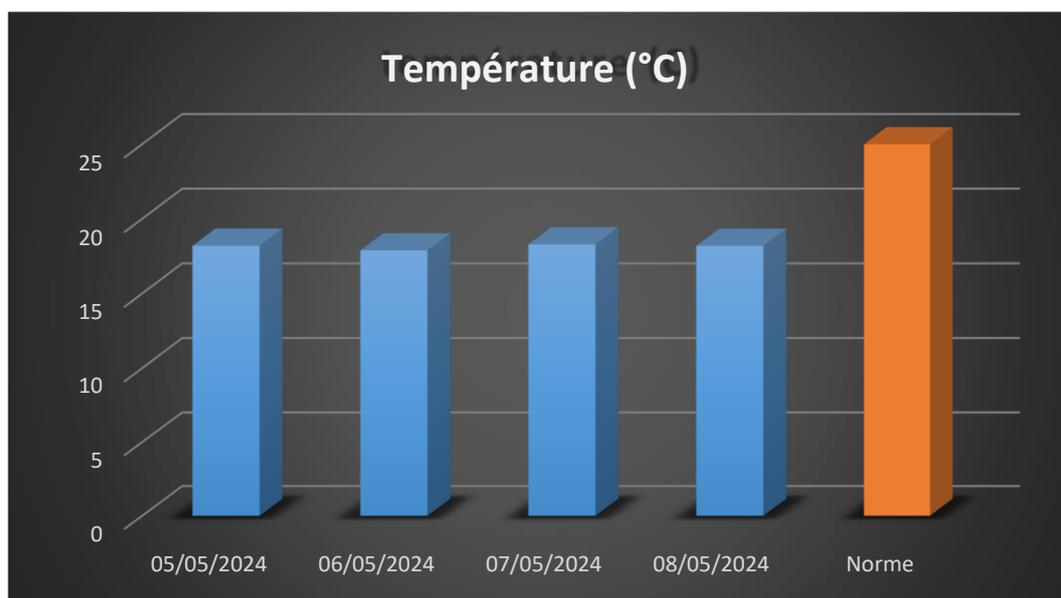


Figure 23. Comparaison de la température de l'eau produite avec la valeur admissible.

1.2. Le potentiel d'hydrogène

Les valeurs du pH des eaux traitées sont comprises entre 8.32 et 8.36 avec une valeur moyenne de 8.34. Se référant aux normes de qualité de l'eau potable, les valeurs de pH des eaux traitées sont conformes aux normes Algériennes dont les valeurs sont fixées de 6,5 à 8,5 (**Document de la station. UTE Mostaganem O&M MTM**).

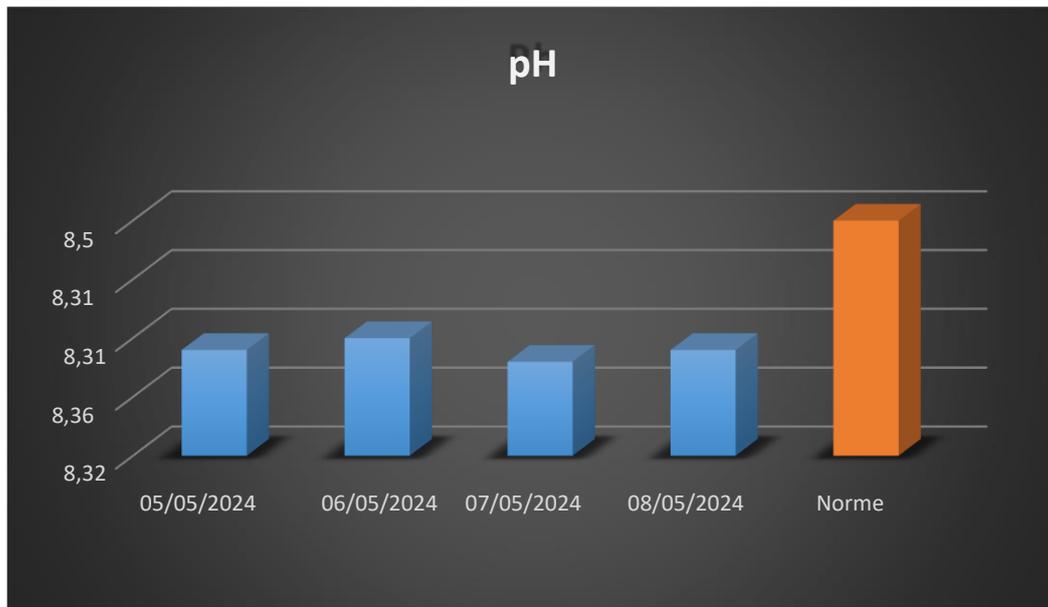


Figure 24. Comparaison de pH de l'eau produite avec la valeur admissible

1.3. La turbidité

La norme algérienne fixe une valeur de 5 NTU de la potabilité de l'eau, les échantillons analysés ont une valeur plus proche de zéro ; comprise entre 0,28 et 0,48 enregistrées s'avèrent inférieurs à la valeur maximale admissible recommandée par les normes algériennes qui est 500 mg/L. (**Document de la station. UTE Mostaganem O&M MTM**)

1.4. La conductivité électrique

Les valeurs enregistrées sont entre 479 et 489 $\mu\text{s}/\text{cm}$ avec une valeur moyenne 484 $\mu\text{s}/\text{cm}$; La valeur de conductivité électrique est conforme à la norme Algérienne, dont les concentrations maximales admissibles sont respectivement inférieurs à 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$.



Figure 25. Comparaison de la conductivité électrique de l'eau produite avec la valeur admissible.

1.5. La dureté de l'eau

a- Le calcium

L'analyse des concentrations en calcium sont comprises entre 21 et 22 mg/L en CaCO_3 . Ces valeurs sont très inférieures par rapport à la norme Algérienne qui indique 200 mg/L en CaCO_3 .

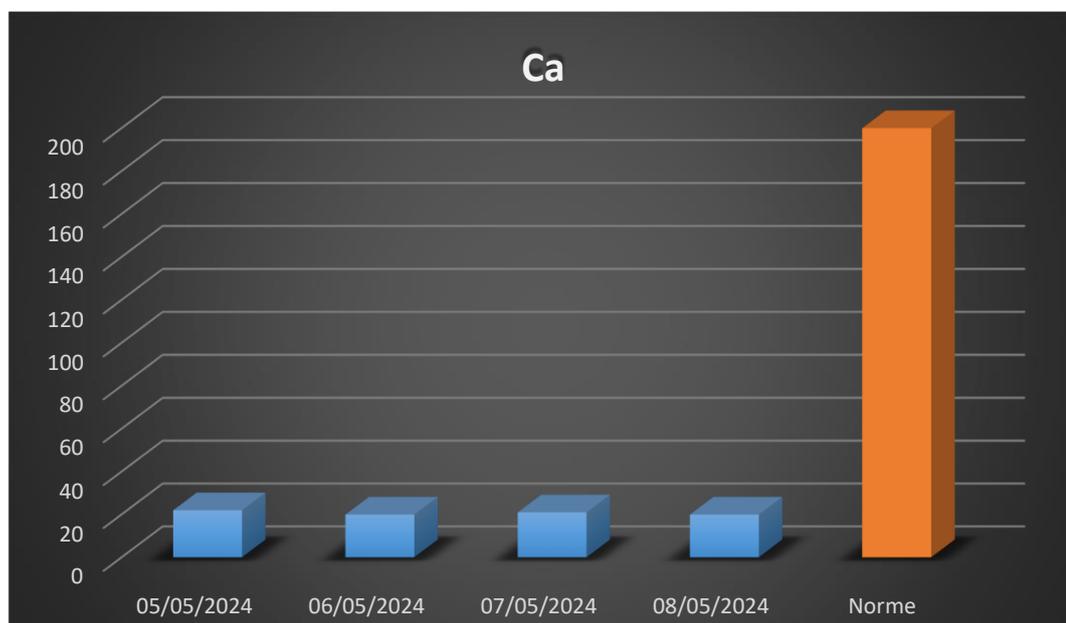


Figure 26. Comparaison du calcium dans l'eau produite avec la valeur admissible.

b- le magnésium

Les concentrations de magnésium varient entre 43.5 et 45.5 mg/L en CaCO₃ ; ces valeurs sont faibles par rapport aux normes algériennes qui indiquent 150 mg/l.

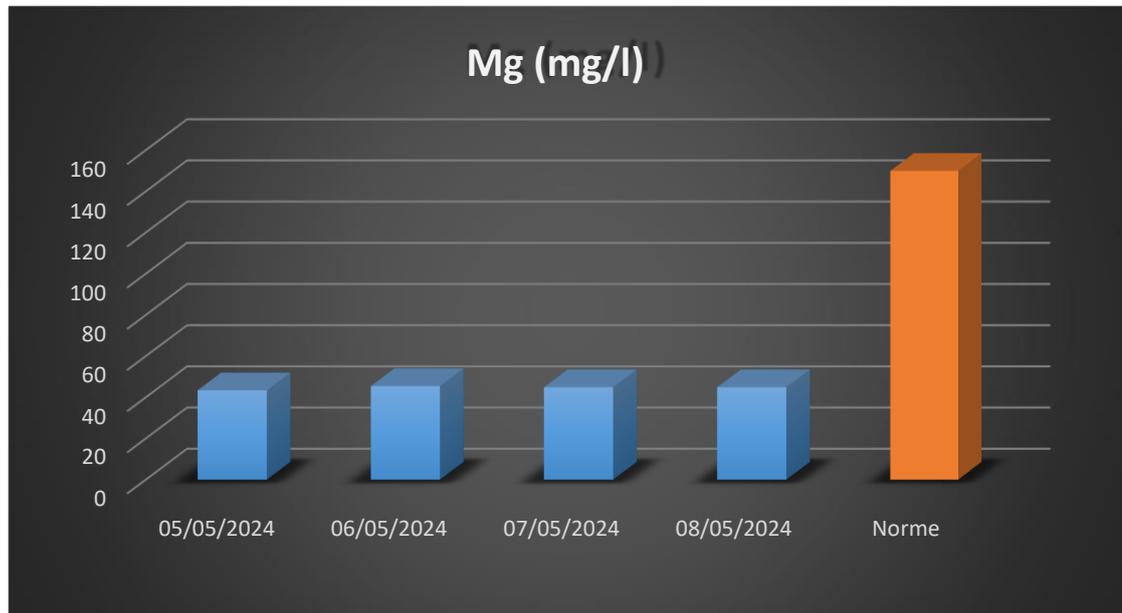


Figure 27. Comparaison du magnésium dans l'eau produite avec la valeur admissible.

Les résultats d'analyses de l'eau de mer (EB) ; l'eau de saumure (ER) sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3. Les résultats d'analyses de l'eau de mer (brute) (EB) et l'eau de rejet (ER)

Date Elément	Unité	16/5/2024		17/5/2024		18/5/2024		19/5/2024	
		EB	ER	EB	ER	EB	ER	EB	ER
pH		8,08	7,97	8,04	7,98	8,09	7,96	8,07	7,93
Température	(°C)	16,03	17	15,40	16,92	16,81	17,30	16,31	17,2
Conductivité	(µs/cm)	56720	94100	56920	94780	56230	94060	56047	94690
TDS	mg /L	39,754	69,502	39,437	69,034	39,320	68,218	39,215	68,655
Turbidité	NTU	5,36	0,32	3,71	0,22	2,45	0,27	1,71	0,24

2. Interprétation des résultats

2.1. La température

Les valeurs de T de l'eau brute sont entre 15 ,85 et 16,81 °C, et celle de l'eau de rejet sont entre 16,9 et 17,43 °C, d'après les normes (T=30 °C) valeurs sont dans les règles, on remarque une petite augmentation dans la saumure, cette augmentation est due à l'effet mécanique de la pression.

2.2. pH

Les valeurs de pH de l'eau brute sont comprises entre 8 ,04 et 8,08 par rapport à l'eau de rejet qui sont entre 7,93 et 7,98 ce qui indique qu'ils sont dans les règles (norme 6,5-8,5), il n'y a pas une variation par ce qu'il n'y avait pas une réaction chimique dans le milieu.

2.3. La turbidité

Les valeurs de la turbidité de l'eau brute sont comprises entre 1,73 et 5,33 NTU par rapport à l'eau de rejet qui est entre 0,22 et 0,28 NTU, logiquement avec la microfiltration et l'osmose inverse la turbidité avoisine une valeur faible pour l'eau de saumure.

2.4. La conductivité

Les valeurs de conductivité de l'eau de mer sont comprises entre 56050 et 56830 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) par rapport à l'eau de rejet, qui sont très élevées [94070 - 95100 $\mu\text{S}/\text{cm}$]

La conductivité est directement proportionnelle à la quantité des solides dissous dans l'eau.

3. Conclusion

La station de dessalement de l'eau de mer de SONACTER -Mostaganem, constitue l'un des projets en matière d'approvisionnement en eau potable, avec une capacité de 500.000 m³/jour.

Ce chapitre travail a pour objectif de faire un suivi de l'évolution de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau obtenue par le dessalement de l'eau de mer en utilisant la technique d'osmose inverse. A la lumière des résultats obtenus, les eaux issues du dessalement de l'eau de mer de Sonachter présentent une qualité physico-chimique et bactériologique adéquate vis-à-vis de la réglementation de l'OMS.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le dessalement des eaux de mer et des eaux saumâtres est une solution prometteuse pour répondre à la pénurie d'eau douce dans la wilaya de Mostaganem, la disponibilité en eau douce est un défi majeur dans de nombreuses régions, et la wilaya de Mostaganem n'y échappe pas. Face à une demande croissante en eau pour la population, l'agriculture et l'industrie, il est essentiel d'explorer des solutions innovantes pour accroître la disponibilité en eau douce et garantir un approvisionnement durable. Les avancées technologiques dans le domaine du dessalement ont permis de développer différentes techniques, telles que l'osmose inverse, la distillation multi-étage à effet de serre, et l'électrodialyse. L'évaluation de ces techniques dans le contexte spécifique de la wilaya de Mostaganem révèle que l'osmose inverse est actuellement la méthode la plus couramment utilisée en raison de son efficacité et de son coût relativement abordable, cependant il est essentiel de prendre en compte les défis associés à cette technique, tels que la consommation énergétique élevée et les rejets salins, qui peuvent avoir un impact environnemental. Pour favoriser une approche durable du dessalement, il est crucial d'encourager la recherche et le développement dans le domaine il convient d'explorer de nouvelles technologies émergentes, telles que l'électrodialyse inversée et l'osmose directe, qui pourraient offrir des avantages potentiels en termes de réduction de la consommation énergétique et des rejets salins. La collaboration entre les universités, les institutions de recherche, les acteurs du secteur de l'eau et les décideurs politiques est essentielle pour promouvoir l'innovation et la mise en œuvre de solutions durables de dessalement, il est également nécessaire de poursuivre les investissements dans la recherche et le développement afin d'optimiser les techniques existantes, de développer de nouvelles approches et de réduire les coûts associés au dessalement. En conclusion, le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres représente une voie prometteuse pour accroître la disponibilité en eau douce dans la wilaya de Mostaganem.

Références bibliographiques

1. **ANIREF** (Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière) (2021).
2. **A. MAUREL, 2006** « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres », 2ème édition, TEC & doc. 286p.
3. **A. MAUREL, 2001.** Technique & Documentation .226 p.
4. **Argyris Panagopoulos, 2019.** « Desalination brine disposal methods and treatment technologies - A review », Science of The Total Environment, vol. 693, 25 novembre 2019
5. **B. Bengueddache , (2003).** Dessalement de l'eau de mer : une alternative. Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie (avec la collaboration de la banque mondiale), MRE, Janvier 2003.
6. **B.Philippe, 2016.** « LE DESSALEMENT D'EAU DE MER ET DES EAUX SAUMÂTRES (www.encyclopedie-energie.org) » le 29.11.2016
7. **Bureau d'étude National Eau et Environnement.** SPA Alger, janvier 2009
8. **Document de la station.** UTE Mostaganem O&M MTM
9. **F. Musseau, 2007.** Article, URL <http://eau.apinc.org/spip.php?article510>, Libération du 8 Aout, 2007.
10. **E. Dorsey, 1940.** Properties of Ordinary Water Substance in all of its Phases: Water-vapor, Water, and all the Ices, Reinhold Publishing, https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_de_mer
11. **J. Desal, 2012.** Article, URL <http://doi.org/10.1016/> Libération du 02 .01 2013.
12. **Dunglas ,2014.** Le dessalement de l'eau de mer Une nouvelle méthode pour accroître la ressource en eau. Membre de l'Académie d'agriculture de France Manuscrit publié en février 2014
13. **Manuel d'exploitation Mostaganem 02 .02.2011**
14. **ONM** (Office National de la Météorologie) de Dar El-Beida période (1995-2005)
15. **PNUE-UNEP, 2001.** « Dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens ; impacts sur l'environnement » Athènes, septembre 2001
16. « **Site officiel du Ministère des Ressources en Eau (MRE)** », sur mre.dz via Wikiwix (consulté le 16 octobre 2023)
17. **Vivienlecomte, 2014.** Article, URL <http://www.culturesciences.chimie.ens.fr>. 2018.011.03
18. **V. Renaudin, 2003.** « Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres » CNRS, Nancy 2003.

Annexes

. Détermination de la dureté de l'eau

❖ Matériels et réactifs

- Erlenmeyer de 100 ml ;
- Fiole jaugée de 50 ml ;
- Burette+ support ;
- Agitateur magnétique + barreau aimanté ;
- Entonnoir ;
- Pipette graduée de 5ml+pro-pipette ;
- Solution d'EDTA, 0,01N ;
- Solution Tampon pH=10 ;
- Noir d'eriochromeT ,1%.

❖ Mode d'opérateur

1. Avant tout, agiter l'échantillon doucement.
2. A l'aide d'une fiole jaugée propre de 50ml, introduite 50ml d'échantillon dans un erlenmeyer propre de 100ml ;
3. Ajouter 4 ml de tampon pH 10 à l'aide de la pipette en plastique propre ;
4. A l'aide de la spatule, ajouter un peu de noir d'erichrome 1% jusqu'à obtenir une couleur rose-violette ;
5. Mélanger le tout et commencer à verser l'EDTA goutte à goutte tout en mélangeant énergiquement jusqu'à la coloration bleu-franche ;
6. Noter le volume « V » de burette. **TH en mg/l $\text{CaCO}_3 = V \times 20$**

(Document de la station. UTE Mostaganem O&M MTM)

. Détermination du titre d'alcalinité TA

L'alcalinité est une mesure qui révèle les concentrations de bicarbonates, de carbonates et éventuellement d'hydroxydes (bases fortes) présents dans l'eau.

Cette analyse vise à déterminer par titrage l'alcalinité, fournissant ainsi des informations sur la composition en sels basiques de l'eau.

Principe : Il s'agit d'un titrage utilisant une solution acide et le point final (volume équivalent) est démontré par le changement de couleur à l'aide d'un indicateur coloré.

❖ Appareillage et réactifs

- Erlenmeyer de 250 ml

- Burette
- Echantillon d'eau produite
- Solution de H Cl à 0,2 N
- Méthyle orange à 0,04%.

❖ **Mode opératoire**

- Dans un erlenmeyer de 250 ml, prélever 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 gouttes de méthyle orange et mélanger jusqu'à l'apparition de la couleur
- Jaune-orange ;
- Titrer avec H Cl (0,2 N) jusqu'à obtenir le début d'une coloration orange ;
- Noter le volume de la burette « V ».

. Mesure de la dureté totale TH

❖ **Matériels et réactifs**

- Burette+ support
- Agitateur magnétique + barreau aimanté
- Entonnoir
- Pipette graduée de 5ml+pro-pipette
- Erlenmeyer de 100ml
- Fiole jaugée de 50 ml
- Solution d'EDTA, 0,01N
- Solution Tampon pH=10
- Noir d'eriochromeT ,1%.

❖ **Mode d'opératoire**

1. Avant tout, agiter l'échantillon doucement.
2. A l'aide d'une fiole jaugée propre de 50ml, introduire 50ml d'échantillon dans un erlenmeyer propre de 100ml.
3. Ajouter 4 ml de tampon pH 10 à l'aide de la pipette en plastique propre ;
4. A l'aide de la spatule, ajouter un peu de noir d'eriochrome 1% jusqu'à obtenir une couleur rose-violette.
5. Mélanger le tout et commencer à verser l'EDTA goutte à goutte tout en mélangeant énergiquement jusqu'à la coloration bleu-franche.
6. Noter le volume « V » de burette. **TH en mg/l $\text{CaCO}_3 = V \times 20$**

. Dosage de Calcium et de Magnésium

1. A l'aide d'une fiole jaugée propre de 50 ml, introduire 50 ml d'échantillon dans un erlenmeyer propre de 250 ml ;
2. Ajouter 4ml de NaOH 2 N à l'aide de la pipette en plastique propre ;
3. A l'aide de la spatule, ajouter un peu de murexide jusqu'à obtenir une coloration bien rose ;
4. Mélanger le tout et commencer à verser l'EDTA goutte à goutte tout en mélangeant énergiquement jusqu'à la coloration violette.
5. Noter le volume « V » de la burette et calculer la concentration en calcium à l'aide de la formule suivante :

Concentration en Calcium en mg/l = 8,016. V En cas de dilution :

En multipliant la relation par 100, on obtient :

Concentration en Calcium en mg/l = 100.8, 016.V

Concentration en Magnésium :

Magnésium (mg/l en CaCO₃) : c'est la concentration totale des ions (calcium + magnésium) en mg/l en CaCO₃ – Concentration en calcium en mg/l en CaCO₃. Mg (mg/l en CaCO₃) = [(Dureté totale /50,044) – (Ca² /20,04)].12, 156

. 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 m₁ et le bécher vide m₀.

. Mesure du TDS

Les sels dissous totaux représentent une évaluation totale des sels minéraux contenus dans l'eau (en solution)

❖ Mode opératoire

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 n'y a pas pesé du bécher vide avant l'expérience

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

$$\text{TDS} = (m_1 - m_0) \times 100$$

.Mesure de la conductivité

La mesure nécessite :

❖ Matériels et réactifs

- Un Becher.
- conductimètre
- solution d'étalonnage

❖ Mode opératoire

Après avoir étalonné le conductimètre ; mettre ensuite environ 100mL d'eau à analyser dans un bécher, dans lequel on plonge l'électrode du conductimètre pour mesurer la conductivité exprimée en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

ملخص

زيادة الكثافة السكانية ومكافحة التوزيع غير المتكافئ لمياه الشرب على كوكب الأرض وآثار الاحتفاظ بالحرارة الناجمة عن الجفاف وندرة المياه.

تم تحديد الطلب المتزايد على تحليل مياه البحر في السنوات الأخيرة والتقدم التقني الذي أدى إلى انخفاض تكاليف الاستثمار، ساهمت جميع العوامل في هذه الزيادة على مدى السنوات العشرين الماضية، عانت الجزائر من جفاف شديد ومستمر وقد أثر هذا الجفاف، الذي اتسم بنقص شديد في هطول الأمطار، على الجزائر بأكملها، ولا سيما الجزء الشمالي الغربي منها.

دراسة حالة مصنع لاختبار مياه البحر في مستغانم. تركز هذه الدراسة على عملية التحليل هذه من خلال دراسة التعرض الصوتي، ولكن أيضًا مع مراعاة الجوانب الصحية والسلامة والبيئية المتعلقة بالمياه المكتشفة

الكلمات المفتاحية: تحليه المياه، التناضح العكسي، مياه البحر، مياه الشرب.

Résumé

Dans l'augmentation de la densité de la population et la lutte contre la répartition inégale de l'eau potable sur la planète de la terre et les effets de la rétention de chaleur impliqués dans la sécheresse et la pénurie de ressources en eau.

La demande croissante d'analyse de l'eau de mer a été déterminée ces dernières années et les progrès techniques qui ont conduit à une réduction des coûts d'investissement, tous les facteurs ont contribué à cette augmentation. Au cours des vingt dernières années, l'Algérie a connu une sécheresse sévère et persistante cette sécheresse, marquée par une forte pénurie de précipitations, a affecté l'ensemble de l'Algérie et en particulier sa partie nord-ouest après avoir examiné cette conclusion, nous avons trouvé utile de mener une prospection sur l'analyse de l'eau de mer en prenant en considération l'étude de la situation d'une usine d'analyses d'eaux de mer à Mostaganem.

Cette prospection met l'accent sur ce processus d'analyse à travers l'étude de l'exposition acoustique, mais aussi en tenant compte des aspects sanitaires, de sécurité et environnementaux liés à l'eau qui est détectée.

Mots clés : Dessalement, Eau de mer, l'eau potable, Osmose Inverse

Abstract

In the increase of population density and the fight against the unequal distribution of drinking water on planet Earth and the effects of heat retention involved in drought and water scarcity.

The increasing demand for seawater analysis has been determined in recent years and the technical advances that led to a reduction in investment costs, all factors contributed to this increase over the past twenty years, Algeria has experienced a severe and persistent drought This drought, marked by a strong shortage of rainfall, affected the whole of Algeria and in particular its north western part. After examining this conclusion, we found it useful to conduct a study on the analysis of seawater taking into consideration the study of the situation of a seawater test plant in Mostaganem.

This study focuses on this analysis process through the study of acoustic exposure, but also taking into account the health, safety and environmental aspects related to the water that is detected.

Keywords: Desalination, reverse osmosis, seawater, drinking water.