

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
**Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement
du Littoral**



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER**

OPTION : Environnement Marin

Thème :

**Suivi des solides dissous au voisinage de la station de
dessalement de Fouka marine.**

Présenté par :

- ❖ NAFAI Asma
- ❖ RAMDANE Nawel

Soutenu le 26/06/2016 devant le jury suivant :

Mme Bachari Houma F.	Professeur	Présidente
Mr Hamdi B.	Professeur	Promoteur
Mme Adem A.	Doctorante	Co-promotrice
Mr Kada M.	Doctorant	Examineur
Mme Lahmar N.	Doctorante	Examinatrice

Promotion 2016

“On croit connaître son environnement, pourtant parfois il suffit qu'un détail change et vous ne vous doutez pas que c'est toute votre vie qui va y passer. Et ça, on ne le voit jamais venir.”

Gilles Legardinier, 2011

Remerciements

Nous voulons exprimer par ces quelques lignes nos remerciements envers tous ceux qui par leur présence, leur soutien et leurs conseils, nous ont permis d'accomplir ce travail.

Non plus sincères remerciements à Mr Hamdi Boualem pour nous avoir encadré, pour son soutien moral et sa preuve de compréhension, ce qui nous a donné la force et le courage d'accomplir ce projet de fin d'étude.

Nous tenons aussi à remercier Mlle Adem Amina qui nous a fait l'honneur d'être notre co-promotrice et qui nous a suivi tout au long de ce travail.

Nos plus vifs remerciements aux responsables membres du jury, pour nous avoir accordé de leur temps précieux, pour commenter, discuter et juger notre travail.

Nous exprimons notre gratitude aux personnes qui nous ont apporté leurs soutiens au cours de nos recherches, nous citerons en particulier : Mr Tarmoul Fateh, Mr Zerrouki Mohamed sans qui on n'aurait pu faire tout cela, on ne les remerciera jamais assez, ainsi que nos collègues de la promotion environnement.

À ces remerciements nous associons l'expression de notre profonde reconnaissance à nos parents, nos sœurs, nos proches, et nos amis pour leur encouragement et leur soutien moral permanent et nous leur dédions ce travail.

Nous tenons d'autre part à remercier toutes les personnes ayant contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce mémoire.

Enfin nous ne pouvons achever ce mémoire sans exprimer notre gratitude à tous les professeurs de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, pour leur dévouement et leur assistance tout au long de nos études universitaires.

Merci.

Sommaire :

Liste des abréviations.....	I
Liste des tableaux.....	II
Liste des figures.....	III
Introduction générale.....	13

Chapitre 1 :

1. Généralités.....	16
1.1 Historique.....	16
1.2 Définition dessalement.....	16
1.3 Les étapes de dessalement de l'eau de mer.....	16
1.3.1 Une prise d'eau de mer avec une pompe et une filtration grossière.....	17
1.3.2 Un prétraitement.....	17
1.3.3 Le procédé de dessalement.....	17
1.3.4 Le post-traitement ou minéralisation.....	17
1.4 Les procédés de dessalement.....	17
1.4.1 Le procédé thermique : La distillation.....	17
1.4.1.1 Distillation à simple effet.....	18
1.4.1.2 Distillation à multiples effets(MED).....	18
1.4.1.3 Distillation avec compression de vapeur (VC).....	19
1.4.1.4 Procédé de distillation par détente successives (MSF).....	19
1.4.2. Les procédés membranaires.....	20
1.4.2.1 Electrodialyse.....	20
1.4.2.2 Osmose inverse.....	20
1.4.3 Autres procédés de dessalement.....	23
1.4.3.1 Congélation.....	23
1.4.3.2 Humidification ou distillation solaire.....	23
1.5 Dessalement en Algérie.....	23
1.6 Les paramètres de suivi.....	25
1.6.1 Température.....	25
1.6.2 La salinité.....	26
1.6.3 Potentiel d'hydrogène (pH).....	27
1.6.4 Oxygène dissous.....	28
1.6.5 Les matières en suspension.....	28
1.6.6 Le total des solides dissous (TDS).....	29

Chapitre 2 :

2. Présentation de la zone d'étude.....	32
2.1 Présentation de la station de dessalement de « Fouka ».....	32
2.2 Localisation de la station de dessalement de « Fouka ».....	32

2.3	Caractéristiques hydrodynamiques des eaux de mer.....	33
2.3.1	Les vents.....	33
2.3.2	Pluviométrie.....	33
2.3.3	Les marées.....	33
2.3.4	Les courants de dérive littorale.....	34
2.3.5	La houle.....	34
2.4	Les caractéristiques d'eau de mer au voisinage de la station.....	34
2.5	Les étapes du dessalement suivi dans la station de dessalement de « Fouka».....	35
2.5.1	Prise d'eau de mer.....	35
2.5.2	Station de pompage d'eau de mer.....	36
2.5.3	Système de prétraitement et filtration.....	36
2.5.4	Système d'osmose inverse et réservoir de lavage des filtres	37
2.5.5	Traitement des effluents.....	38
2.5.6	Système de reminéralisation et de production de CO ₂	39
2.5.7	Station de pompage d'eau traitée.....	39
2.5.8	Sous station électrique de 60 Kv	40
2.5.9	Réseau de distribution externe	40

Chapitre 3 :

3.	Matériel et Méthodes.....	42
3.1	Conditions météorologiques.....	42
3.2	Choix et localisation des stations de prélèvement.....	42
3.3	Prélèvement d'eau de mer	44
3.4	Analyses et modes opératoire.....	44
3.4.1	Mesure des paramètres physico-chimiques.....	44
3.4.2	Mesure de la TDS.....	45
3.4.2.1	Principe.....	45
3.4.2.2	Appareillage et matériel en verre.....	45
3.4.2.3	Réactifs.....	45
3.4.2.4	Mode opératoire.....	45
3.4.2.5	Calculs et expression des résultats.....	47
3.4.3	Mesure de la matière en suspension.....	47
3.4.3.1	Principe.....	47
3.4.3.2	Mode opératoire.....	47
3.4.3.3	Calcul et expression des résultats.....	48

Chapitre 4 :

4. Résultats et discussions	50
4.1 Introduction.....	50
4.2 Résultats des paramètres mesurés.....	50
4.2.1 Température.....	51
4.2.2 salinité.....	52
4.2.3 Oxygène dissous.....	53
4.2.4 Total des solides dissous (TDS)	55
4.2.5 Matière en suspension (MES)	59
5. Conclusion générale.....	61
6. Références bibliographiques.....	64
7. Annexe.....	69

Liste des abréviations :

AEC: Algerian Energy Company.

AEP: Alimentation en eau potable.

C : Conductivité.

GPS : Global position system.

HP : Haute pression.

LEM : Laboratoire d'études maritimes.

MAO: Mostaganem-Arzew-Oran.

MED : Distillation à multiples effets.

MES : Matières en suspension.

MSF : Distillation par détente successive.

OD : Oxygène dissous.

pH : Potentiel d'hydrogène.

Ppm : Partie par million.

S : Salinité.

T : Température.

TDS : Total des solides dissous.

Tu : Turbidité.

UNEP : Programme des nations unies pour l'environnement.

VC : Distillation avec compression de vapeur.

ZCOA : Zone côtière ouest Alger.

Liste de figures :

Chapitre 1 :

Figure 1 : Schéma général d'une installation de dessalement.

Figure 2: Procédé de dessalement par simple effet.

Figure 3 : Procédé de dessalement à multiples effets.

Figure 4: Procédé de dessalement par compression de vapeur.

Figure 5: procédé de dessalement multi-flash.

Figure 6 : Procédé de dessalement par électrodialyse.

Figure 7: Principe du phénomène d'osmose.

Figure 8: Principe du phénomène d'osmose inverse.

Figure 9 : Fonctionnement d'une usine à osmose inverse.

Chapitre 2 :

Figure 10: Plan de situation de la ville de Fouka.

Figure 11 : Photo aérienne de la station de dessalement Fouka.

Figure 12 : Vue générale sur la station.

Figure 13: Tête de prise d'eau.

Figure 14: Station de pompage d'eau de mer.

Figure 15: Système de prétraitement et de filtration.

Figure 16 : Système d'osmose inverse et réservoir de lavage des filtres.

Figure 17 : Réservoir de traitement des effluents.

Figure 18: Système de reminéralisations et de production de CO₂.

Figure 19: Station de pompage d'eau traitée.

Chapitre 3 :

Figure 20: Image satellitaire de la station de Fouka et positionnement des stations échantillonnées.

Figure 21: Bouteille de prélèvement NISKIN.

Figure 22 : Dispositif de l'appareil de filtration sur membrane.

Figure 23: Creusets en porcelaine.

Figure 24: Creusets en porcelaine contenant les matières dissoutes.

Chapitre 4 :

Figure 25 : Les variations de la température des eaux de surface de la station de Fouka (Saison hivernale).

Figure 26 : Les variations de la température des eaux de surface de la station de Fouka (Saison printanière).

Figure 27 : Les variations de la salinité au près de la station de dessalement de Fouka (Saison hivernale).

Figure 28 : Les variations de la salinité au près de la station de dessalement de Fouka (Saison printanière).

Figure 29 : Variations des concentrations d'oxygène dissous au près de a station de Fouka (Saison hivernale).

Figure 30 : Variations des concentrations d'oxygène dissous au près de a station de Fouka (Saison hivernale).

Figure 31 : Distribution horizontale de la teneur en oxygène dissous (mg/l) dans les eaux de surface.

Figure 32 : Distribution horizontale de la teneur en oxygène dissous (mg/l) dans les eaux de fond.

Figure 33 : Variations des teneurs en TDS dans les eaux au près de la station de fouka (Saison hivernale).

Figure 34 : Variations des teneurs en TDS au près de la station de dessalement de Fouka (Saison printanière).

Figure 35 : Distribution horizontale de la charge Total des solides dissous TDS (g/l) dans les eaux de surface.

Figure 36 : Distribution horizontale de la charge Total des solides dissous TDS (g/l) dans les eaux de fond.

Figure 37 : Schéma préalable de l'hydrodynamisme dans la zone d'étude.

Figure 38 : Variations des teneurs en TDS dans les eaux au près de la station de dessalement de Fouka (Saison hivernale).

Figure 39 : Variations des teneurs en TDS au près de la station de dessalement de Fouka (Saison printanière).

Figure 40 : Variations des teneurs en MES auprès de la station de dessalement de Fouka. (Saison printanière).

Liste des tableaux :

Chapitre 1 :

Tableau1: Programme national de dessalement d'eau de mer en Algérie.

Tableau2: Les principaux composants d'une eau de mer.

Chapitre 2 :

Tableau 3 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer-Fouka.

Chapitre 3 :

Tableau 4 : Coordonnées géographiques et profondeurs des stations échantillonnées.

Chapitre 4 :

Tableau 5 : Résultats obtenus des paramètres étudiés. (1^{ère} analyse).

Tableau 6 : Résultats obtenus des paramètres étudiés (2^{ème} analyse).

Tableau 7 : Tableau comparatif des valeurs de TDS observées dans l'eau de mer brute de quelques stations de dessalement dans le littoral Algérien.

Annexes :

Tableau 8 : Détail des résultats obtenus et paramètres mesurés lors de la première analyse.

Tableau 9 : Détail des résultats obtenus et paramètres mesurés lors de la deuxième analyse.

Introduction générale

Introduction :

L'eau est indispensable pour la vie mais sa disponibilité n'est pas assurée partout, la pénurie d'eau se pose et se posera dans de nombreux pays.

Pourtant les réserves d'eau sur le globe terrestre sont immenses mais la majeure partie de ces réserves (97,5 %) est sous forme d'eaux salines ou saumâtres.

Les ressources en eau douce sont très inégalement réparties et ne représentent qu'environ 2,5 % du volume d'eau existant sur la Terre. Or, les besoins en eau douce sont de plus en plus importants et la majeure partie des zones consommatrices se trouve proche des rivages océaniques.

Face à l'accroissement de la population, la multiplication des sécheresses et l'épuisement des ressources en eau douce, de nombreux états se sont tournés vers le dessalement de l'eau.

Cette technique qui permet de retirer le sel de l'eau salée ou saumâtre pour la rendre potable ou l'utiliser pour l'irrigation, connaît aujourd'hui un regain d'intérêt sur toute la planète. En effet, le dessalement de l'eau s'impose de plus en plus comme une solution, notamment dans les pays où les populations sont concentrées sur les côtes.

Cette ressource alternative représente donc un enjeu stratégique susceptible d'apporter des réponses aux besoins en eau à court et à long terme, et permet d'augmenter les ressources en eau douce, de fournir une solution en cas de sécheresse et de faire face aux situations de pénuries et de crises. (Antoine F, 2005)

Ce procédé qui existe depuis fort longtemps est appliqué dans des pays dits « riches en pétrole », comme l'Arabie Saoudite, le Koweït, le Qatar, et l'Algérie,...etc.

Il faut en outre préciser que les techniques utilisées pour le dessalement de l'eau sont très consommatrices en énergie, même si la tendance est à la baisse, notamment grâce au développement de l'osmose inverse et d'autres technologies innovantes, cette énergie essentiellement fournie par des combustibles fossiles présente pour l'environnement l'inconvénient d'émettre des polluants atmosphériques, notamment du dioxyde de carbone (CO₂), des oxydes de soufre et d'azote. À ceux-là, viennent s'ajouter les particules solides déversées en mer issues des rejets des usines de dessalement chargés en sel, et contenant souvent des produits chimiques, sans omettre de citer la température potentiellement élevée de ces eaux.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude, celle-ci a pour objectif d'étudier la qualité de l'eau au voisinage d'une station de dessalement d'eau de mer ; cas de la station de Fouka marine utilisant la technique de l'osmose inverse avec une capacité de production de l'ordre de 200.000 m³/j.

Notre étude se propose également à la demande du directeur de la station, et de fournir des éléments de réponse quant à la baisse du rendement de la station en question.

De ce fait, l'analyse serait essentiellement basée sur la mesure des solides totaux dissous (TDS), qui pourraient en effet influencer le rendement de l'unité.

Ainsi, il a été convenu de faire un suivi du total des solides dissous (TDS) pour la saison hivernale et printanière. L'étude sera bien évidemment accompagnée d'une analyse des paramètres physico-chimiques et des indicateurs de pollution, ces éléments seront utiles pour l'interprétation des résultats et l'identification des problèmes de rendement aux quels est confrontée la station de dessalement de Fouka marine.

Nous tenterons aussi d'apprécier et d'évaluer dans la mesure du possible les impacts environnementaux du dessalement sur l'écosystème marin.

Le présent document se veut donc de répondre à la question suivante :

- À quoi est due la baisse du rendement de la station de dessalement de Fouka marine ?

À cet effet, ce mémoire s'articule outre l'introduction et la conclusion sous forme de quatre chapitres :

- Chapitre I : consacré aux généralités ;
- Chapitre II : consacré à la présentation de la zone d'étude ;
- Chapitre III : qui décrit les méthodes, le matériel ainsi que les étapes de prélèvement et d'analyses ;
- Chapitre IV : où sont présentés les principaux résultats.

Chapitre 1

Généralités

1. Généralités :

1.1 Historique :

La production industrielle d'eau potable par dessalement a débuté dans les années 1950 (UNEP, 2008). En 2007, elle atteignait 47 millions de mètres cubes par jour dans le monde, soit environ 8% de la production totale d'eau potable ou encore 0,45 % de la consommation d'eau douce journalière sur notre planète.

Cette industrie connaît depuis, une très forte croissance dans le monde de l'ordre de 15% par an. On estime qu'en 2016, la production globale d'eau potable par désalinisation (eau de mer ou eau saumâtre) dépassera 38 milliards de m³/an, soit une production deux fois plus élevée qu'en 2008. (Elimelech et Phillip, 2011)

Dans le bassin méditerranéen, les demandes en eau douce ne cessent de s'accroître. Le dessalement s'affirme comme étant une des solutions incontournables avec le recyclage des eaux usées. Ainsi, en 2008, la méditerranée représentait environ un quart du dessalement mondial.

Aujourd'hui, les petites installations locales font place à de grosses unités de production plus rentables et mieux équipées. Plus de 16 000 centrales de dessalement produisent de l'eau dans 150 pays : longtemps cantonnées aux riches pays du golfe Persique, les usines colonisent désormais d'autres zones côtières, de la Californie à l'Espagne, des Caraïbes au Sud-est asiatique. (Lattemann Sabine, 2008). L'Arabie Saoudite reste cependant le plus gros producteur. (Elimelech et Phillip, 2011)

1.2 Définition dessalement :

Le dessalement s'appelle dessalage. Il consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute, qui peut être de l'eau de mer ou une eau saumâtre d'origine continentale. (Dunglas, 2014)

1.3 Les étapes de dessalement de l'eau de mer :

Quel que soit le procédé adopté, chaque usine fonctionne selon le même schéma

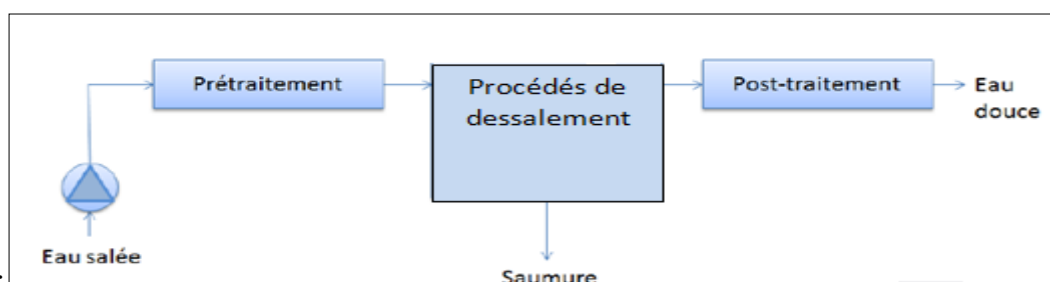


Figure 01 : Schéma général d'une installation de dessalement. (Maurel, 2006)

1.3.1 Une prise d'eau de mer avec une pompe et une filtration grossière:

Peut s'effectuer soit par prise directe, soit par puits côtiers. Ce dernier système permet d'obtenir une eau non turbide, ce qui soulage les prétraitements.

1.3.2 Un prétraitement:

- Chloration : Bloque la prolifération des organismes vivants. Evite l'obstruction des conduites.
- Filtration : Protège les pompes et assure le bon fonctionnement des pulvérisateurs.
- Antitartre : La distillation favorise précipitation du carbonate de calcium qui se dépose sur la paroi des échangeurs et réduit le transfert de chaleur.

1.3.3 Le procédé de dessalement :

- Soit les procédés de distillation : L'eau de mer chauffée produit de la vapeur d'eau qu'il suffit de condenser pour obtenir de l'eau pure.
- Soit des procédés membranaires : L'eau et les sels dissous sont séparés au moyen de membranes sélectives.

1.3.4 Le post-traitement ou minéralisation:

Permet de rendre l'eau potable en effectuant une correction de la corrosivité à l'aide d'un traitement qui consiste à ajouter du Ca(OH)_2 ou du CaCO_3 , puis une désinfection finale, bien que certains procédés (osmose inverse) retiennent tous les microorganismes, et il est nécessaire d'assurer une désinfection à la sortie de l'usine.

1.4 Les procédés de dessalement :

Plusieurs techniques ont été et sont actuellement utilisées dans les usines du monde entier afin de purifier l'eau de mer.

Cependant, deux procédés s'imposent sur le marché et sont employés afin de séparer les sels dissous de l'eau : un procédé thermique faisant intervenir l'évaporation et un procédé membranaire appliquant le principe de l'osmose inverse.

1.4.1 Le procédé thermique : La distillation

Elle consiste à faire évaporer l'eau, contenant le sel, grâce à la chaleur produite par une chaudière ou plus simplement par le soleil. Par ce processus, les sels ainsi que les autres composés dissous se déposent tandis que la vapeur d'eau s'élève. Cette dernière est ensuite recondensée afin d'obtenir de l'eau douce.

Cette technique a l'avantage de produire une eau très pure, mais consomme énormément d'énergie (15kWh/m³ d'eau traitée) et donc présente un coût très élevé.

1.4.1.1 Distillation à simple effet :

Le principe de ce procédé est de reproduire le cycle naturel de l'eau. Dans une enceinte fermée, un serpentín de réchauffage porte à ébullition l'eau de mer. La vapeur produite se condense au contact d'un deuxième serpentín alimenté par de l'eau de mer froide. Un groupe électropompe soutire l'eau condensée, un deuxième, l'eau de mer concentrée. (Tata Ducru, 2009)

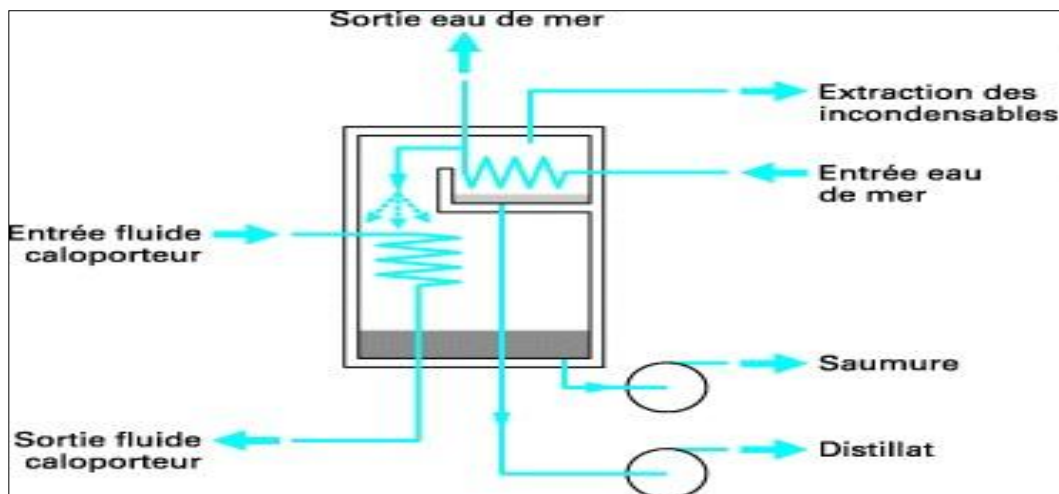


Figure 02 : Procédé de dessalement par simple effet. (Danis, 2003)

1.4.1.2 Distillation à multiples effets (MED) :

Ce procédé consiste en une simple association en série de compartiments évaporateur et condenseur. Cette disposition permet de réduire les pertes thermiques. De plus, ce procédé permet d'optimiser la récupération de la chaleur latente de condensation de l'eau. (Hamdi Boualem, 2015)

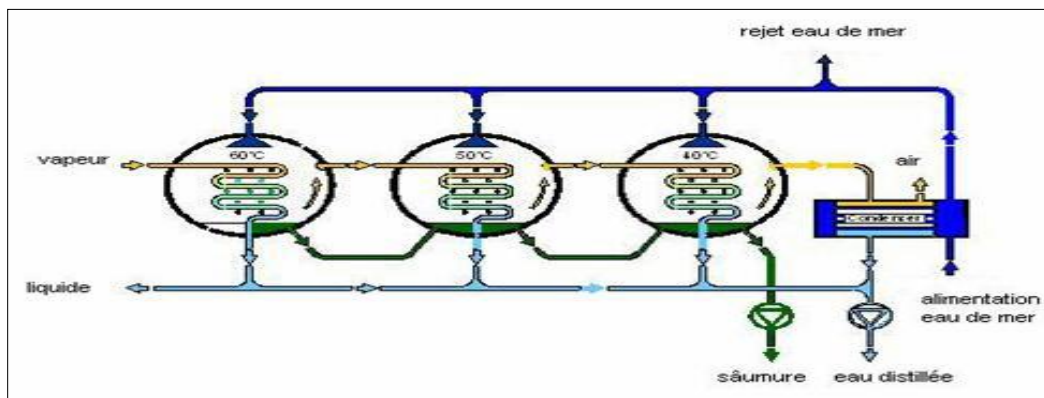


Figure 03 : Procédé de dessalement à multiples effets. (Mahmoudi and al. 2008)

1.4.1.3 Distillation avec compression de vapeur (VC) :

Consiste à une revalorisation de la vapeur d'eau du dernier effet par compression grâce à un compresseur mécanique ou via un éjecteur, on parle alors de thermo-compression. La compression par éjecteur nécessite par ailleurs une vapeur motrice. (Samaké, 2013)

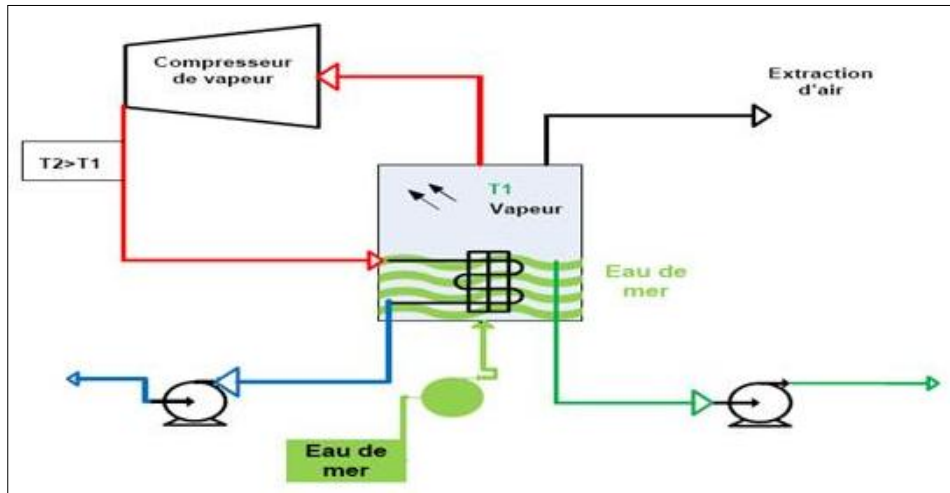


Figure 04 : Procédé de dessalement par compression de vapeur. (Alaoui, 2008)

1.4.1.4 Procédé de distillation par détentes successives (MSF) :

L'eau de mer est chauffée à 120°C dans des conduits puis envoyée dans un container à faible pression. Elle est alors immédiatement transformée en vapeur par détente appelée Flash.

La vapeur résultante va entrer au contact des premiers conduits dans lesquels passe l'eau de mer. Ces conduits, froids, vont alors provoquer la condensation de cette vapeur qui est alors récupérée à l'état aqueux. (Hamdi Boualem, 2015)

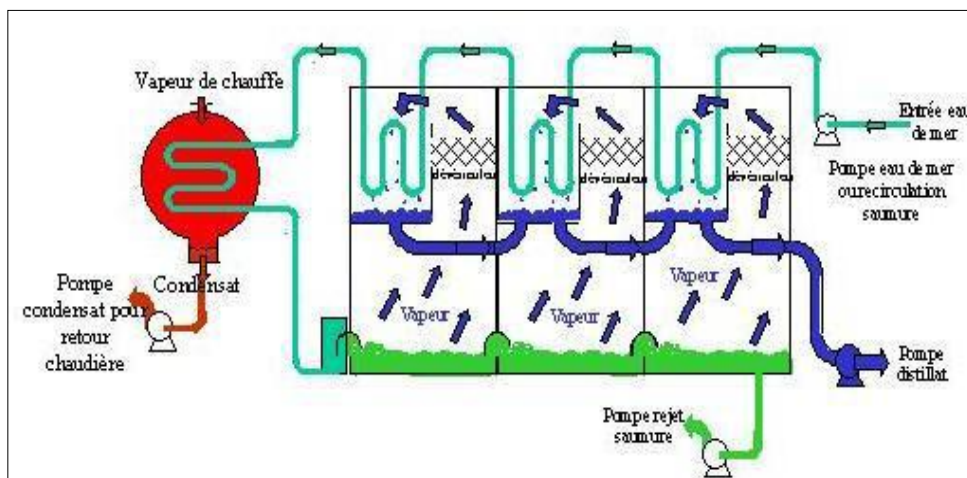


Figure 05 : Principe de fonctionnement d'un système par détentes successives. (Mahmoudi and al. 2008)

1.4.2. Les procédés membranaires :

1.4.2.1 Electrolyse :

L'extraction des ions se fait par migration des ions à travers des membranes sélectives (anioniques ou cationiques) sous l'action d'un champ électrique. Ainsi seuls les anions peuvent traverser une membrane anionique et seuls les cations peuvent traverser une membrane cationique. En plaçant plusieurs membranes en parallèle laissant passer alternativement les ions positifs et les ions négatifs, on peut éliminer certains ions de l'eau. Dans certains compartiments il y a concentration des ions et dans d'autres les ions sont éliminés. Les particules qui ne portent pas de charge électrique ne sont pas éliminées. (Hamdi Boualem, 2015)

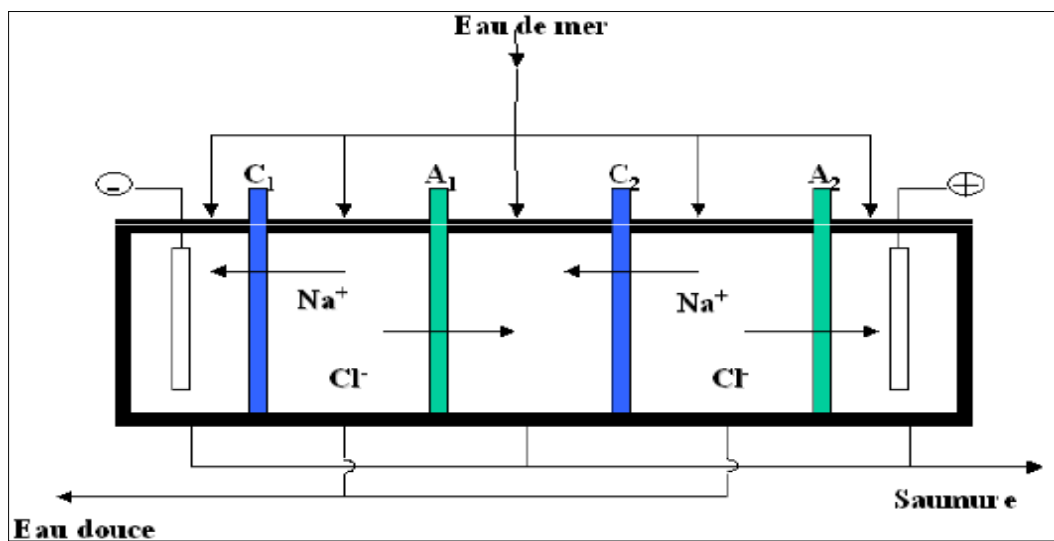


Figure 06 : Procédé de dessalement par électrodialyse. (Maurel, 2006)

1.4.2.2 Osmose inverse :

L'osmose correspond à la relation entre un soluté (le sel) et le liquide (l'eau) dans lequel il est dissout. La pression osmotique est la pression exercée par la solution (le liquide + le soluté) sur les différentes parois avec lesquelles elle est en contact.

Dans le cas d'un système avec une membrane semi-perméable, le liquide de la solution la moins concentrée (ici l'eau pure) vient diluer la solution la plus concentrée (eau salée) afin d'atteindre un état d'équilibre dit équilibre osmotique, soit, une concentration en sel égale de part et d'autre de la membrane (Voir figure 07).

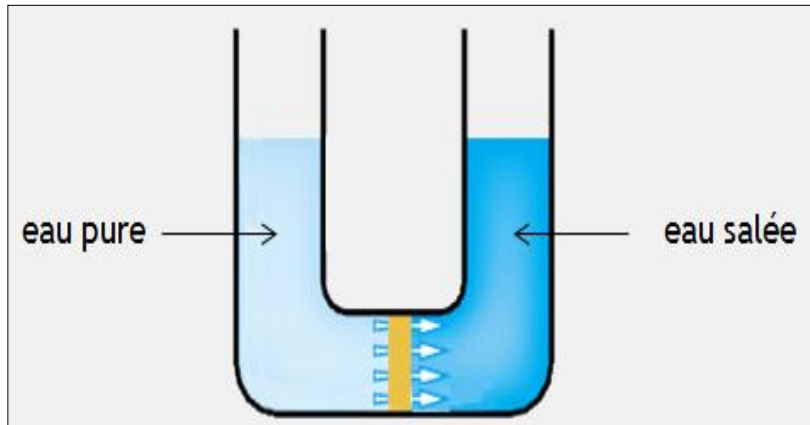


Figure 07 : Principe du phénomène d'osmose.
(L'eau pure va naturellement vers l'eau salée)

Dans l'osmose inverse, l'action du piston vient contrer cet équilibre. Lorsque la pression exercée par le piston sur l'eau salée est suffisante (c'est à dire supérieure à la pression osmotique), celle-ci a tendance à migrer à travers la membrane semi-imperméable : cette dernière retient les sels grâce à la petitesse de ses trous.

C'est ainsi que l'on produit de l'eau douce grâce à ce procédé qui en appliquant une pression, l'eau salée est contrainte d'aller vers l'eau pure : le sel est retenu par la membrane semi-perméable et l'eau est dessalée.

Ce phénomène est illustré par le schéma ci-dessous:

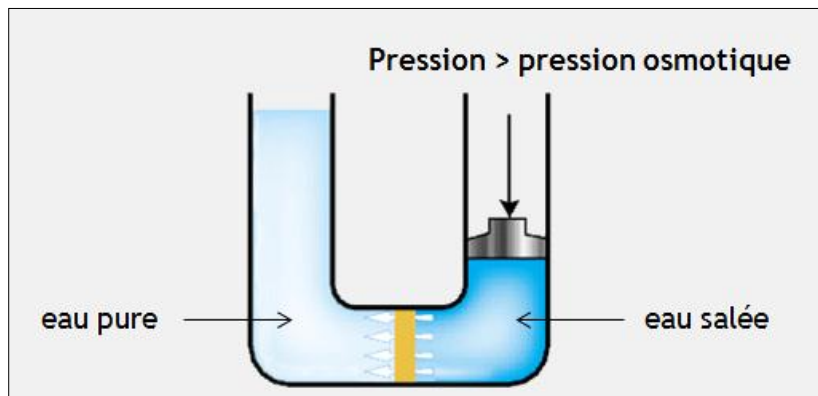


Figure 08 : Principe du phénomène d'osmose inverse.

Le procédé de l'osmose inverse est de plus en plus répandu, car il consomme tout d'abord beaucoup moins d'énergie que la distillation, il permet de produire de grandes quantités d'eau potable ; donc d'alimenter un grand nombre de personnes. Enfin, la diminution du coût des membranes et l'amélioration des rendements des pompes et moteurs sont deux autres points positifs.

L'osmose inverse gagne donc régulièrement des parts de marché et deviendra dominant à l'avenir. La majorité des usines construites dans les 20 dernières années ainsi que les futurs projets sont basées sur l'utilisation de cette technique : en 1990, elle représentait 40% des installations dans le monde contre environ 55% en 2008 et 70% en 2020. (Latteman Sabine, 2008)

L'Algérie a un plan important de développement, l'usine d'El Magtaa près d'Oran en est l'exemple, avec une capacité de 500 000 m³ /jour elle est l'une des plus grandes installations d'osmose inverse du monde.

- **Les usines à osmose inverse :**

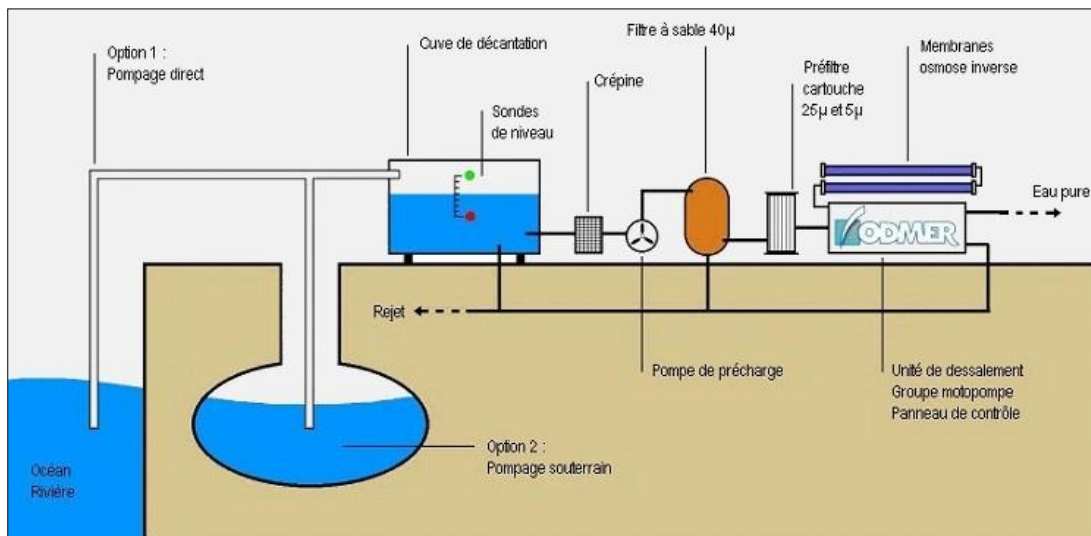


Figure 09 : Schéma général d'une installation d'osmose inverse. (Morvan, 2008)

Dans cette usine, **l'alimentation en eau** peut se faire par prise directe (option 1: pompage direct) ou par le biais de puits côtiers (option 2: pompage souterrain). Cette eau subit ensuite des **prétraitements** ayant pour objectifs de conférer à l'eau de mer les caractéristiques nécessaires au bon fonctionnement des membranes d'osmose inverse.

Il faut toutefois noter que les membranes sont périodiquement nettoyées grâce à des produits chimiques acides (pour les dépôts de carbonates) et basiques (pour les dépôts biologiques), afin d'éviter leur colmatage.

Par la suite, des pompes appliquent, sur l'eau de mer, **une pression** supérieure à 65 Bars afin de dessaler cette eau : le phénomène d'osmose inverse décrit précédemment peut alors se produire, par le biais de membranes se présentant généralement sous forme de feuilles fines configurées en spirales. La saumure (eau ultra-salée) est évacuée.

1.4.3 Autres procédés de dessalement :

D'autres procédés sont utilisés pour dessaler les eaux saumâtres ou marines. Ces procédés ne permettent pas d'obtenir le même rendement que celui de la distillation ou de l'osmose inverse, mais ils se sont avérés valables dans certaines circonstances. Nous citons à titre d'exemple :

1.4.3.1 Congélation :

Le dessalement par congélation est basé sur le changement de phase liquide-solide de l'eau de mer. Selon la thermodynamique, la glace formée à partir de l'eau de mer est pure. Elle peut être séparée de la solution concentrée, puis fondue afin d'obtenir une eau douce.

En pratique, la glace est contaminée par les sels lors de la congélation pour des raisons cinétiques, et par la saumure elle-même pendant la séparation glace-solution ; le procédé doit permettre de minimiser cette contamination. (Mandri, 2011)

1.4.3.2 Humidification ou distillation solaire :

L'utilisation de l'énergie solaire directe pour dessaler l'eau salée a été envisagée, et divers dispositifs ont été mis au point; ils reproduisent généralement une partie du cycle hydrologique naturel puisque les rayons du soleil chauffent l'eau salée avec production de vapeur d'eau (humidification).

La distillation solaire est donc un procédé simple et pouvant être appliqué de façon rustique, mais elle ne convient évidemment qu'aux régions où l'ensoleillement est suffisant.

L'eau salée dans le bac va se chauffer (d'autant plus vite que le bassin est noir) et avec l'augmentation de la température une partie de l'eau s'évapore et la vapeur d'eau se liquéfie sur la surface intérieure de la vitre transparente. Éventuellement des gouttes d'eau vont se former, couler sur la surface de la vitre et tomber dans le récupérateur situé au coin.

Il convient de nettoyer le bassin régulièrement pour éliminer le sel. (Fidali, 2007)

1.5 Dessalement en Algérie :

En Algérie, devant l'augmentation rapide des besoins en eau due à l'accroissement démographique, et l'amélioration du niveau de vie des citoyens et des nécessités de développement, il était nécessaire de réaliser sans cesse des aménagements hydrauliques permettant de mobiliser plus d'eau pour satisfaire les besoins globaux (irrigation, industries et besoin de la population).

La sécheresse qui a sévi depuis plus de deux décennies dans le pays (principalement dans la région ouest) a considérablement affecté le niveau des réserves d'eau qui a atteint un seuil critique et ne permet plus une amélioration et une distribution correcte de cette ressource vitale.

La mobilisation des eaux souterraines au Nord du pays a atteint son seuil maximal. L'augmentation des débits de pompage de ces eaux aura pour effets la surexploitation des nappes superficielles et la détérioration de la qualité des eaux. Cette situation pénalisera de ce fait tous les secteurs (population, industrie et agriculture).

Les aléas pluviométriques enregistrés notamment lors de ces dernières décennies ont malheureusement réduit l'impact attendu des investissements réalisés.

Ainsi, le recours au dessalement de l'eau de mer en Algérie constitue une solution urgente pour satisfaire l'alimentation en eau de ces villes côtières surpeuplées.

Sur décision du conseil interministériel du 12 octobre 2003, l'Algérie opte pour le dessalement. Un grand programme est lancé et l'Algerian Energy Company (AEC, créée en 2001) est chargé de sa mise en œuvre.

Pour concrétiser cette décision, plusieurs études technico-économiques ont été lancées auprès de cabinets internationaux spécialisés pour le choix des sites, des technologies à adopter pour la réalisation, le montant global estimatif d'investissement ainsi que les prix de cessions de l'eau dessalée approximatif.

À cet effet, le choix de réaliser 43 stations de dessalement d'eau de mer pour alimenter les populations des villes côtières en eau potable est une solution judicieuse. (Algérienne des eaux, 2014)

Tableau 01 : Programme national de dessalement d'eau de mer en Algérie

Projet	Mise en service	Partenaire	Débit
Hamma	En exploitation depuis 2008	En exploitation depuis 2008	200.000 m ³ /j
Ténès	Aout 2014	Befesa Espagne (51%)	200.000 m ³ /j
Magtaa	Juin 2014	Hyflux Singapour (47%) et ADE Algérie (10%)	500.000 m ³ /j
Mostaganem	Septembre 2011	Inima/Aqualia (51%)	200.000 m ³ /j
Oued Sebt	Prévue pour décembre 2016	Moyens nationaux	200.000 m ³ /j
El Taref	Prévue pour décembre 2016	Moyens nationaux	50.000 m ³ /j

Souk Tlata	Avril 2011	TDIC (Hyflux/Malakoff) (51%)	200.000 m ³ /j
Cap Djinet	Juillet 2012	Inima/Aqualia (51%)	100.000 m ³ /j
Skikda	2009	Geida (Befesa/Sadyt) Espagne (51%)	100.000 m ³ /j
Fouka	Juillet 2011	AWI (SNC Lavalin/Acciona) (51%)	200.000 m ³ /j
Beni-Saf	Juin 2010	(Cobra/Sadyt/Befesa) Espagne (51%)	200.000 m ³ /j
Honaine	Juillet 2011	Geida (Befesa/Sadyt) (51%)	200.000 m ³ /j
Arzew, Oran	2006	Black & Veatch Africa (5%)	90.0 m ³ /j

(Algerian Energy Company spa, 2014)

1.6 Les paramètres de suivi :

Les stations de dessalement en Algérie utilisent la technique de l'osmose inverse qui est une technique très répandue dans le monde. Cette méthode tend à se développer très largement car elle présente un fort intérêt en termes de coût d'investissement, de consommation d'énergie et de qualité de l'eau produite (le coût énergétique représente environ un quart du coût total).

Pour l'étude de la qualité de l'eau au voisinage de la station de dessalement de Fouka marine, qui dispose d'une production de 200.000 m³/j, on s'est aidé d'un paramètre appelé total des solides dissous qui est un indicateur global de la présence d'un large éventail de contaminants chimiques, et de quelques paramètres physico-chimiques et d'indicateurs de pollution pour appuyer les résultats.

1.6.1 Température (T) :

La température est l'un des premiers facteurs qui contrôle l'essentiel des activités biologiques et écologiques des êtres vivants (Thierry, 1987). Elle conditionne la nature des communautés aussi bien terrestres qu'aquatiques, ainsi que leurs caractères de développement. (Ramade, 2000)

Dans les océans, la température décroît de la surface vers le fond. Elle varie en fonction des autres descripteurs physico-chimiques. Dans les eaux de surface, sa variation dépend essentiellement des phénomènes climatiques. (Aminot et Chaussepied, 1983)

La température agit sur le pH, la densité, la viscosité, et sur les réactions chimiques et biochimiques. (Bremond et Perrodon, 1979). Elle affecte la solubilité des gaz dans l'eau (en particulier celle de l'oxygène et du CO₂) et peut donc menacer la survie des poissons.

Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. (Rodier, 1997)

Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement un thermomètre intégré permettant la mesure in situ de la température.

1.6.1. La salinité :

La salinité est un des paramètres essentiels de l'eau de mer, elle désigne la teneur en sels dissous. L'océan contient en moyenne 35 grammes de sel par kilogramme d'eau de mer, le chlorure de sodium (NaCl) n'est qu'un des nombreux sels composant la solution. On a décelé dans l'eau de mer 60 des 92 corps simples existant à l'état naturel.

On donne dans le tableau suivant les principaux composants d'une eau de mer de salinité 35 PSU, alcalinité totale de 2400 μmol/kg, pH = 8.1, température = 25°C.

Tableau2: Les principaux composants d'une eau de mer. (Millero, 1996)

Anions (en g/kg)		Cations (en g/kg)	
Chlore Cl ⁻	19.353	Sodium Na ⁺	10.784
Sulfate SO ₄ ⁻	2.712	Magnésium Mg ⁺⁺	1,284
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	0.107	Calcium Ca ⁺⁺	0,412
Brome Br ⁻	0,067	Potassium K ⁺	0,399
Fluor F ⁻	0.001	Strontium Sr ⁺⁺	0,007

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité). D'autres (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique).

La salinité n'est pas une grandeur directement accessible par une méthode de mesure, elle peut être exprimée de différentes manières suivant que l'on considère l'ensemble des corps ou seulement les sels dominants. (Rodier et al. 2005)

Suite à des travaux approfondis, une nouvelle définition basée sur la mesure de rapports de conductivité, a conduit à l'échelle de Salinité Pratique recommandée par l'Unesco. (Aminot et Kérouel, 2004)

La salinité pratique (symbole S), d'un échantillon d'eau de mer, est définie en fonction du rapport K de la conductivité électrique de cet échantillon d'eau de mer à 15°C et à la pression atmosphérique normale, et de celle d'une solution de chlorure de potassium dans laquelle la fraction en masse de KCl est 0,0324356, à la même température et même pression. Une valeur de K égale à 1 correspond par définition à une salinité pratique égale à 35.

La formule correspondante est :

$$S = 0,0080 - 0,1692 K^{1/2} + 25,3853 K + 14,0941 K^{3/2} - 7,0261 K^2 + 2,7081 K^{5/2}$$

Par ailleurs, dans le cas où la composition de l'eau de mer n'est pas "standard", (par exemple à proximité des fleuves) seule l'analyse chimique (séchage et pesée) donne un résultat valable. C'est le cas prêt des rejets d'une station de dessalement et de l'oued Mazafran.

1.6.3 Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH est relatif à la concentration en ion hydrogène (H^+) dans un milieu, donc à l'acidité de ce milieu. (Aminot et Kérouel, 2004) ; il permet alors de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau. (Gomella et Guerree, 1978) Il résulte de la composition ionique de l'eau, et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone. C'est à dire une modification du CO_2 , par la respiration, photosynthèse, échange air- océan. (Ramade, 2000)

Cette notion est définie par Sorensen (1909) comme le logarithme décimal de la concentration en ion H^+ :

$$pH = -\log H^+$$

L'eau de mer est moins sensible aux variations du pH grâce à l'effet tampon des sels dissous, le pH en surface est proche de 8,1 et descend à 7,7 en eau profonde. (Aminot et Chaussepied, 1983).

En l'absence d'influences externes, le pH est le reflet des équilibres entre les espèces chimiques majeures du milieu, mais il est également l'indicateur de certaines pollutions directes ou indirectes. (Aminot et Kérouel, 2004)

1.6.4 Oxygène dissous :

L'oxygène moléculaire dissous est un paramètre important du milieu car il gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques.

Bien que toujours présent dans l'eau, l'oxygène n'en est pas pour autant un élément constitutif, sa concentration est la résultante des facteurs physiques (température, échange air-mer et la salinité), chimiques (oxydation chimique) et biologiques (photosynthèse, respiration et régénération).

La teneur en oxygène dissous peut subir des variations importantes, des processus biologiques peuvent l'influencer. Ces derniers permettent soit, sa saturation dans les zones eutrophes (accroissement important du phytoplancton), une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène ou la sous-saturation de l'eau dans les zones riches en matières carbonées dégradables par des micro-organismes (oxydation de la matière organique, nitrification de l'azote ammoniacal). (Aminot et Chausse-Pied, 1983)

Dans le cas de leur absence, la concentration de l'oxygène dans l'eau de mer en contact avec l'air n'est qu'en fonction de la pression atmosphérique, la température et de la salinité de l'eau, on parle de la concentration d'équilibre ou saturation ; qui est de l'ordre de 8.8 mg/l d'O₂ à 20 °C au niveau de la mer.

1.6.5 Matières en suspension (MES) :

En plus des substances dissoutes, l'eau de mer contient des matières en suspension d'origines minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, de nature biogénique, terrigène, éolienne ou météoriques (Ivanoff, 1972). Elle peuvent donc correspondre à des sels minéraux précipités, des sédiments, des fragments minéraux, des squelettes planctoniques, ou encore des organismes vivants servant de nutriments aux organismes filtreurs tels que les moules et les bivalves. (Lefebvre et al. 1993)

La connaissance des teneurs en matière en suspension est importante pour l'étude des milieux aquatiques, celles-ci comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0.45 µm et peuvent être un indice de pollution. (Aminot et Chausse-pied, 1983). Elles sont transportées au sein de la masse d'eau qu'elle soit douce, marine ou résiduaire. (Ottmann, 1983)

Ainsi, des teneurs élevées en matières en suspension réduisent la transparence de l'eau, empêchent la pénétration de la lumière, diminuent l'oxygène dissous et limitent le développement de la vie aquatique en créant des déséquilibres entre diverses espèces. Elles peuvent parfois être responsables de l'asphyxie des poissons par colmatage des branchies. (Rodier, 1997 ; Berne et Cordonnier, 1991)

Leur présence peut aussi interférer sur la qualité d'une eau par des phénomènes d'adsorption notamment de certains éléments toxiques et de ce fait être une voie de pénétration d'éléments toxiques plus ou moins concentrés dans l'organisme.

Elles peuvent être aussi considérées comme des transporteurs importants des polluants, fertilisants, toxiques et biologiques. (Lacaze, 1996). Dans les océans, la concentration en matières en suspension est faible : elle diminue de la surface jusqu'au fond. Contrairement aux milieux côtiers et estuariens, les teneurs y sont plus importantes.

1.6.6 Total des solides dissous (TDS) :

Les solides dans l'eau se trouvent soit en solution ou en suspension, et se distinguent en faisant passer un échantillon d'eau à travers un filtre en fibre de verre.

Par définition les solides en suspension sont retenus au-dessus du filtre, et les solides dissous passent à travers le filtre avec l'eau. Quand la partie filtrée de l'échantillon d'eau est placée dans un petit récipient, puis évaporée, les solides dans l'eau restent comme résidu dans la capsule d'évaporation. Ce matériau est appelé total des solides dissous, ou TDS. (Spellman et Frank, 2008)

Les solides dissous se réfèrent à des minéraux, des sels, des métaux, des cations ou des anions dissous dans l'eau. Cela inclut tout présent dans l'eau autre que l'eau pure (H_2O) molécule et des solides en suspension (c'est à dire des particules / substances qui ne sont ni dissous ni installés dans l'eau, tels que la pâte de bois).

Certains proviennent de sources organiques telles que les feuilles, le limon, le plancton, et les déchets industriels et les eaux usées. D'autres sources proviennent de ruissellement des zones urbaines, des sels de voirie utilisés dans la rue pendant l'hiver, les engrais et les pesticides utilisés sur les pelouses et les fermes.

Ils peuvent également provenir des matériaux inorganiques tels que des roches et de l'air qui peuvent contenir du bicarbonate de calcium, de l'azote, du phosphore du fer, du soufre et d'autres minéraux. Un grand nombre de ces matériaux forment des sels, qui sont des composés qui contiennent à la fois un métal et un non-métal.

Les matières dissoutes totales sont en principe examinées uniquement pour les systèmes d'eau douce, car la salinité comprend certains des ions constitutifs de la définition des TDS. La principale application de la mesure de cette dernière réside dans l'étude de la qualité de l'eau, bien que les TDS ne sont généralement pas considérés comme un polluant primaire, ils sont utilisés comme une indication des caractéristiques esthétiques de l'eau et un indicateur global de la présence d'un large éventail de contaminants chimiques.

D'une manière générale, la concentration totale en solides dissous est la somme des cations (chargés positivement) et des anions (chargés négativement) présents dans l'eau.

- Les parties par million (ppm) est le rapport poids- poids de tout ion à l'eau.
- La Conductivité est habituellement d'environ 100 fois les cations ou anions exprimés en équivalents totaux. Le total des solides dissous (TDS) en ppm varie habituellement de 0,5 à 1,0 fois la conductivité électrique.

Il est toute fois possible de réduire la TDS par l'utilisation de filtres de carbone, ou par Osmose Inverse (taux de réduction extrêmement élevé), ou par distillation.

Chapitre 2

Présentation de la zone d'étude

2. Présentation de la zone d'étude :

2.1 Présentation de la station de dessalement de « Fouka » :

La station est mise en service en 2011 avec une capacité de production de 200.000.m³/j, assurant l'approvisionnement en eau potable des communes de Douaouda, Koléa et Fouka dans la wilaya de Tipaza et la zone côtière Ouest de la wilaya d'Alger (ZCOA).

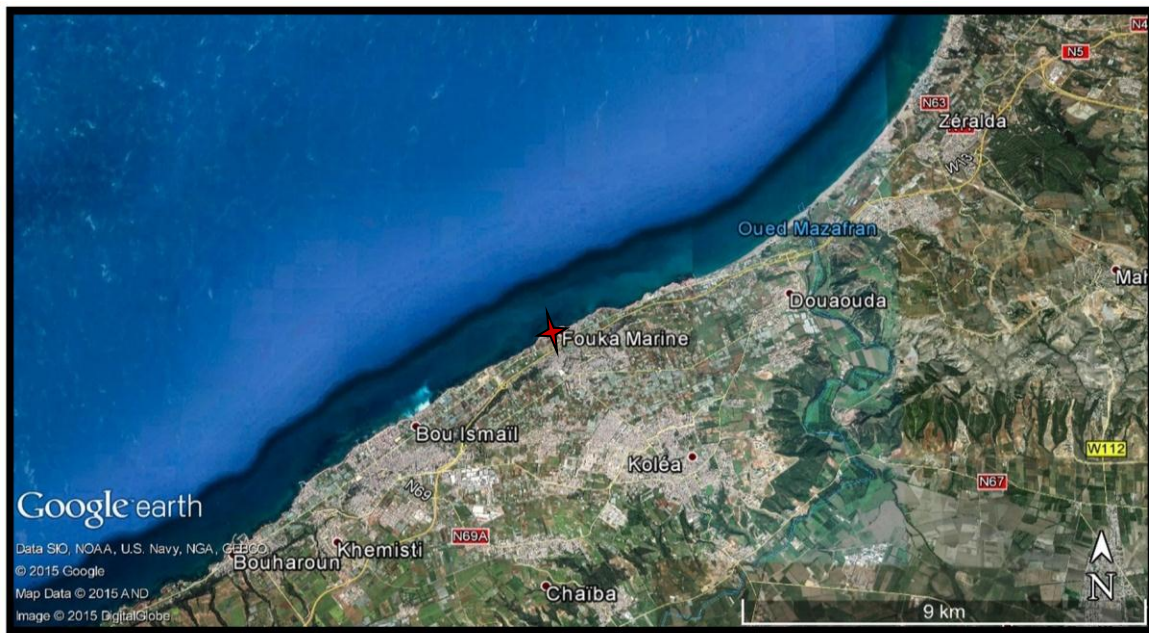


Figure 10: Carte de la zone de Fouka marine (Source : google earth pro 2015).

2.2 Localisation de la station de dessalement de « Fouka » :

L'usine de dessalement d'eau de mer de Fouka est localisée dans la Daira et Commune de FOUKA appartenant à la wilaya de Tipaza. Elle est accessible par route à la sortie de la ville de Douaouda marine et à l'entrée de Fouka, à environ 35 km à l'Ouest d'Alger. Le site considéré pour l'implantation de l'usine de dessalement offre une superficie de 4 hectares et présente une longueur de 300 m et une largeur variant de 70 à 150 m. (Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de Fouka, 2006)

Réalisée par l'entreprise « Myah Tipasa » qui représente un groupement d'entreprises constitué d'AEC (Algerian Electrical Energy) et de la canadienne « SNC Lavalin », Cette station de dessalement de l'eau de mer de Fouka a commencé à distribuer un volume de 20.000 m³ par jour aux habitants des communes de Koléa et de Fouka en attendant d'élargir la distribution aux 17 communes de la wilaya de Tipaza et d'Alger concernées par ce programme.



Figure 11 : Photo aérienne de la station de dessalement Fouka.

(Source : google earth pro 2015)

2.3 Caractéristiques hydrodynamiques des eaux de mer :

2.3.1 Les vents :

Un vent faible à modéré d'intensité moyenne de 2.67 m/s, frais et humide d'est souffle de Mai en Octobre, tandis que le vent d'Ouest souffle de Novembre en Mai apportent les pluies. Le Sirocco se manifeste 14 jours/an en moyenne pendant la période estivale juillet et Août. Les vents dominant sont de direction Nord-Ouest en hiver et Nord Est en été. (Office national météorologique)

2.3.2 Pluviométrie:

Les pluies sont très irrégulières.

- Nous avons une croissance rapide de la pluviométrie de Septembre à Janvier.
- Nous avons une diminution lente jusqu'à la Mi – Juin.
- De la Mi – Juin à Septembre les pluies sont rares.

2.3.3 Les marées :

La marée sur les côtes algériennes est relativement faible, elle est la conséquence de deux phénomènes distincts :

- L'effet barométrique (pression et vent) conduit à une variation de l'ordre de 13.2 mm : La variation annuelle moyenne de pression (de l'ordre de 4 mm) conduit à une variation moyenne du plan d'eau de 5.3 cm.
- L'effet du vent est plus important puisque la variation du niveau d'eau peut atteindre 10 à 12 cm et plus rarement 20 cm.
- Marée astronomique liée à l'action de la lune et du soleil sur la mer. (Hadouche, 2003)

2.3.4 Les courants de dérive littorale :

La dérive littorale a pour conséquence de modifier la morphologie littorale et d'alimenter la plage par des sédiments venant d'autres régions. Dans la zone d'étude, pendant la période hivernale, les houles de secteur Ouest à Nord-Ouest engendrent un courant de dérive littorale de direction Ouest Est. En période estivale, les houles de secteur Est et Nord-Est provoquent un courant de dérive littorale de direction Ouest-Est. (LEM, 2006)

2.3.5 La houle :

La zone côtière de Fouka se caractérise par :

- Les houles d'Ouest, de Nord- Est et Est sont les plus fréquemment observées.
- Les houles d'Est et d'Ouest sont sensiblement d'importance identique avec toutefois une légère prédominance du secteur Ouest.
- En été les houles d'Est prédominent.
- En hiver les houles d'Ouest prédominent. (LEM, 2006)

2.4 Les caractéristiques d'eau de mer au voisinage de la station :

Les caractéristiques de l'eau de mer faisant l'objet du dessalement sont présentées dans le (tableau n°3). Il s'agit de paramètres physico-chimiques qui caractérisent les pourtours du site d'étude mesuré par la station de Fouka mentionnés dans le rapport annuel de l'année 2014.

Tableau 3: Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer-Fouka.

Paramètres physico-chimiques	unités	La moyenne annuelle (2014)
Température	°C	19.7
Salinité	g/l	38.8
pH	-	8.54

Alcalinité	$\mu\text{mol/kg}$	2485.37
Densité	Sec-1	12.2

2.5 Les étapes du dessalement suivi dans la station de dessalement de « Fouka » :



Figure 12 : vue générale sur la station.

Les numéros présentés dans la (figure 12) correspondent à : **(1:** Prise d'eau de mer, **2:** Station de pompage d'eau de mer, **3:** Système de prétraitement et filtration, **4:** Système d'osmose inverse et réservoir de lavage des filtres, **5:** traitement des effluents, **6:** système de reminéralisation et de production de CO₂, **7:** station de pompage d'eau traitée, **8:** rejets des effluents).

2.5.1 Prise d'eau de mer :

La prise d'eau de mer se fait par 2 conduites en polyéthylène de diamètre 1600 mm. L'aspiration, marquée par deux bouées. Se fait à travers une grille située entre -13 et -9 m de profondeur, à 900 m de la cote.



Figure 13 : tête de prise d'eau.

2.5.2 Station de pompage d'eau de mer :

La station de pompage d'eau de mer relève l'eau jusqu'au système de filtration (c). Elle est constituée de 7 pompes (dont une en secours), de 230 KW refoulant 1900 m³/h à 22m.

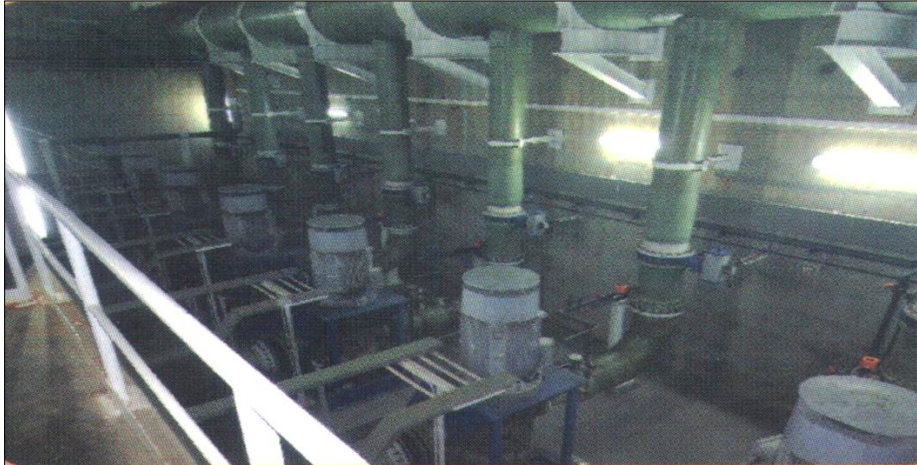


Figure 14 : la station de pompage d'eau de mer.

2.5.3 Système de prétraitement et filtration :

Le prétraitement permet d'amener l'eau à la qualité nécessaire avant son passage sur les membranes d'osmose. Il est constitué :

- D'une injection de divers réactifs, qui permettent en particulier d'agglomérer les matières en suspension de manière à ce qu'elles soient retenues sur les filtres à sable.
- D'un passage à travers des filtres (au nombre de 20) constitué d'une couche de sable et d'une couche d'anthracite (charbon).
- D'un pompage de l'eau filtré assuré par sept pompes (dont une en secours) de 450 kW refoulant 1900 m³/h à 50m
- D'une filtration fine de l'eau à travers 10 filtres à cartouche de 5 microns (Élimination des particules de plus de 5 µm).

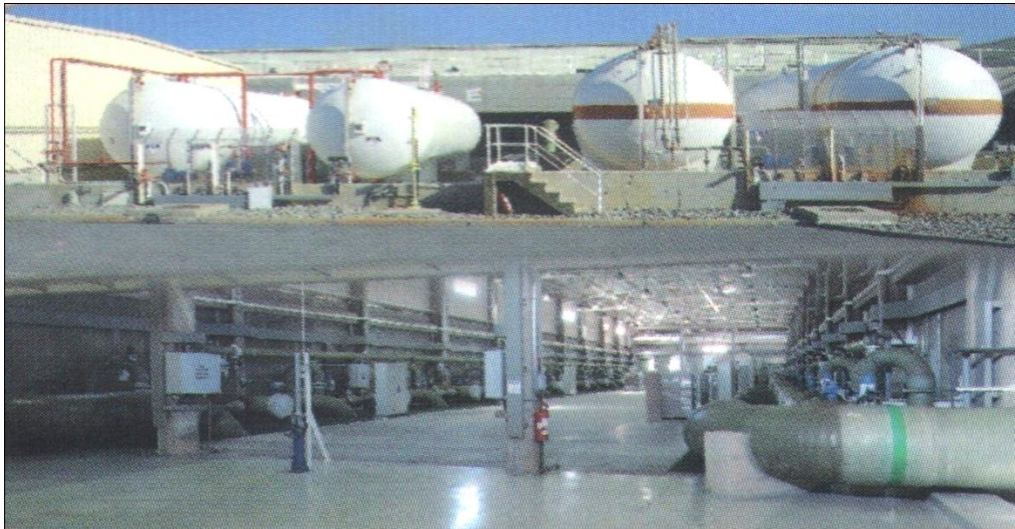


Figure 15 : système de prétraitement et de filtration.

2.5.4 Système d'osmose inverse et réservoir de lavage des filtres :

L'eau filtrée est aspirée par pompes haute pression (jusqu'à 70 bars) et refoulée à travers les membranes d'osmose.

Environ la moitié de l'eau passe à travers les membranes, débarrassée d'une grande partie de son sel (eau déminéralisée, également appelée perméat).

L'autre moitié, très concentré en sel (concentra), retourne à la mer après que son énergie (pression) a été récupérée (système ERI et pompes booster), en passant par un réservoir qui sert à alimenter le lavage de filtres à sable et par un dispositif de traitement des effluents.

Le système est constitué de 9077 membranes identiques disposées en parallèle dans 6 filtres de production d'une capacité unitaire de 20 000 m³/jour pour une production nette totale de 120.000 m³/jour. Chaque filière est composée :

- D'une pompe HP de 2 mW
- D'une pompe booster de 230 kW
- D'un dispositif de récupération d'énergie (ERI) qui récupère une partie de l'énergie nécessaire à l'osmose inverse, réduisant la consommation totale d'énergie.
- De 216 tube de pression contenant chacun 7 membranes ; l'usine dispose d'un dispositif de lavage des membranes (bac de récupération, pompes, filtre et tuyauterie).

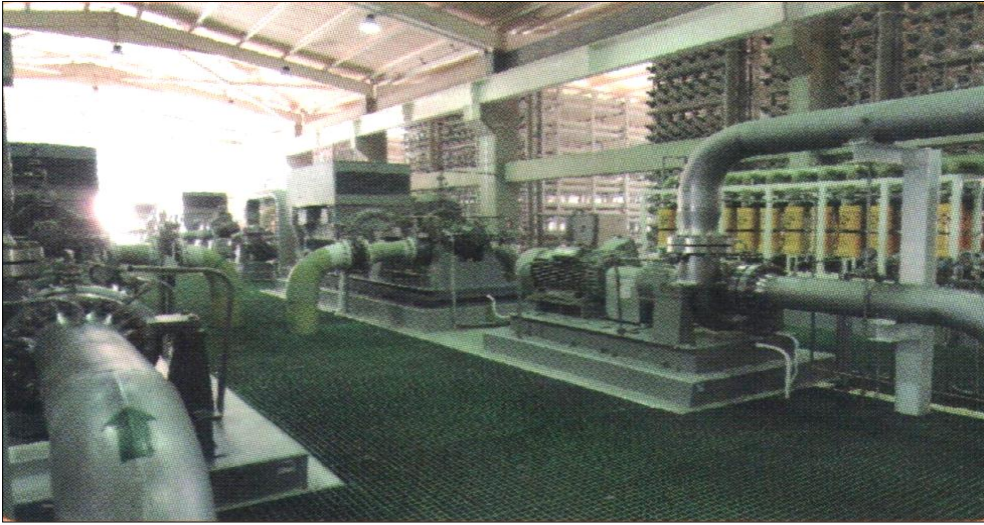


Figure 16 : le système d'osmose inverse et réservoir de lavage des filtres.

2.5.5 Traitement des effluents :

- Les rejets de procédé comprennent les eaux suivantes :
- Les concentra.
- Les eaux de décharge des saturateurs de chaux.
- Les eaux de lavage des filtres.
- Les eaux de lavage ou flushing de l'osmose inverse.

Ces eaux sont acheminées vers le réservoir de traitement (neutralisation) des effluents et, de là, vers l'émissaire constitué d'une conduite en polyéthylène de diamètre 1400 mm. Le point de rejet, à 450 m de la côte, est équipé d'un diffuseur qui permet une dilution quasi immédiate des eaux de rejet dans l'eau de mer, afin de ne pas perturber les écosystèmes.



Figure 17 : réservoir de traitement des effluents (station de dessalement Fouka)

2.5.6 Système de reminéralisation et de production de CO₂ :

L'eau déminéralisée (perméat) est une eau agressive qui doit être reminéralisée pour satisfaire aux critères de potabilité. A cette fin, l'usine est équipée d'un système de reminéralisation qui comprend une injection de CO₂ (gaz carbonique) produit in-situ à partir de gaz naturel et une injection de chaux provenant de carrières en Algérie.



Figure 18 : système de reminéralisation et de production de CO₂

2.5.7 Station de pompage d'eau traitée :

Après reminéralisation, l'eau est stockée dans un réservoir d'eau traitée de 3600 m³. Où elle subit une désinfection finale au chlore (sous forme d'eau de javel). L'eau est ensuite refoulée vers le réseau externe par sept pompes (dont une en secours) de 800 kW débitant 833 m³/h à 240 m. l'usine dispose par ailleurs d'un réseau d'eau de service, d'un réseau incendie et d'un réseau d'eau potable.



Figure 19 : Station de pompage d'eau traitée (station de dessalement-Fouka)

2.5.8 Sous station électrique de 60 kV :

L'alimentation continue électricité de l'usine est indispensable elle est assuré par deux ligne Sonelgaz de 60 kV dédiées, alimentent une station de transformation composée de deux transformateurs de 30 MVA dont la tension de sortie est 6000 v.

2.5.9 Réseau de distribution externe :

L'eau produite est acheminée par :

- Une conduite de diamètre de 900 mm en fonte ductile de longueur 5 Km au réservoir Hai Mouaz de $2 * 15000 \text{ m}^3$ pour alimenter les localités de l'est de la wilaya de TIPAZA (dont Koléa, Fouka, Douaouda,...).
- Une conduite de diamètre de 900 mm en fonte ductile de longueur 10 Km vers le réservoir Sahel de 30000 m^3 pour alimenter les localités de l'ouest de la wilaya d'Alger (dont Zeralda, Staouéli, Club des Pins,...etc.)

Chapitre 3

Matériel et méthodes

3. Matériel et méthodes :

3.1 Conditions météorologiques :

- Une première sortie faite sur terrain dans la baie de Bou Ismail le 07/11/2015 :
Temps ensoleillé, avec une température de l'air maximale de 23°C et minimale de 20°C. Mer calme pendant la matinée et agitée l'après midi avec une vitesse de vent moyenne de 13 Km/h.
- Une deuxième sortie sur terrain dans la baie de Bou Ismail programmée le 28/04/2016 :
Temps nuageux, avec une température de l'air maximale de 22°C et minimale de 20°C. Mer calme pendant la matinée et un peu agitée l'après midi avec une vitesse de vent moyenne de 11 Km/h.

3.2 Choix et localisation des stations de prélèvement :

La figure ci dessous montre la stratégie d'échantillonnage adoptée dans le cadre de l'analyse des paramètres suivis en face de la station de dessalement de Fouka. Ces stations ont été choisies pour couvrir les eaux adjacentes à la prise et au rejet d'eau de la station, en plus de quelques stations plus ou moins éloignées de l'impact du rejet. 11 stations ont été effectuées.

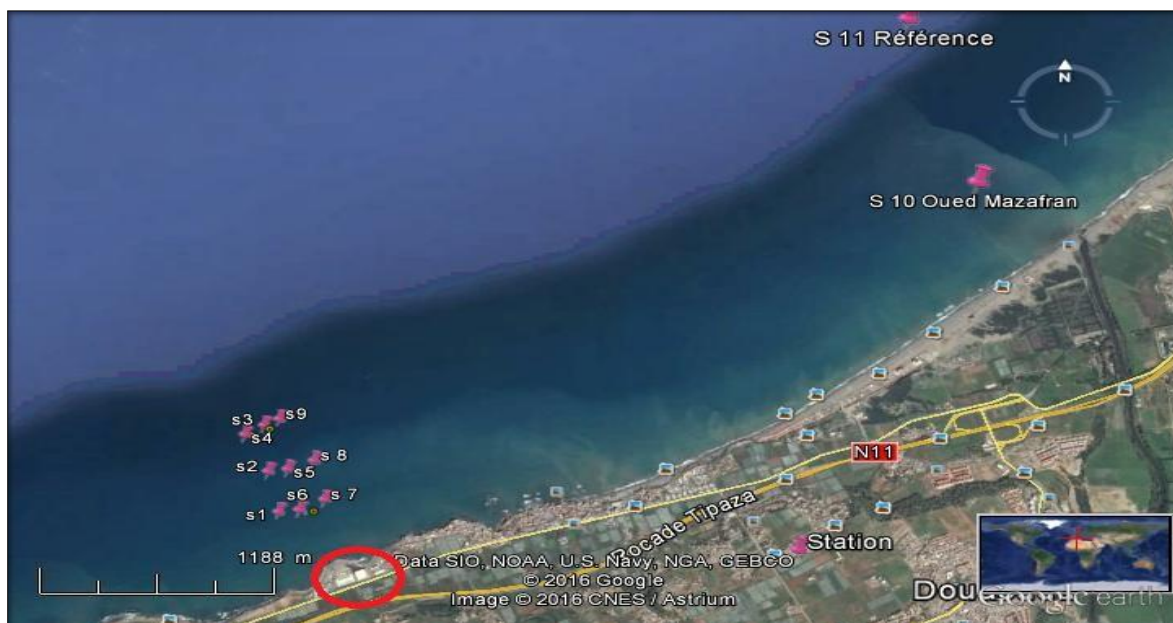


Figure 20 : Image satellitaire de la station de Fouka et le positionnement des stations échantillonnées. (Google Earth, 2016)

Tableau 4 : coordonnées géographiques et les profondeurs des stations échantillonnées.

Stations	Localisation	Profondeur (m)
S1	$\varphi : 36^{\circ} 41' 9.6''$ N	1
	$\lambda : 2^{\circ} 45' 15.16''$ E	7.3
S2	$\varphi : 36^{\circ} 41' 1.84''$ N	1
	$\lambda : 2^{\circ} 45' 20.13''$ E	11
S3	$\varphi : 36^{\circ} 40' 53.44''$ N	1
	$\lambda : 2^{\circ} 45' 22.52''$ E	14
S4	$\varphi : 36^{\circ} 41' 11.57''$ N	1
	$\lambda : 2^{\circ} 45' 19.11''$ E	13.5
S5	$\varphi : 36^{\circ} 41' 2.29''$ N	1
	$\lambda : 2^{\circ} 45' 24.15''$ E	9.7
S6	$\varphi : 36^{\circ} 40' 53.82''$ N	1
	$\lambda : 2^{\circ} 45' 26.77''$ E	8
S7	$\varphi : 36^{\circ} 41' 12.87''$ N	1
	$\lambda : 2^{\circ} 45' 22.21''$ E	6
S8	$\varphi : 36^{\circ} 41' 13.00''$ N	1
	$\lambda : 2^{\circ} 45' 26.41''$ E	11.4
S9	$\varphi : 36^{\circ} 40' 54.32''$ N	1
	$\lambda : 2^{\circ} 45' 28.79''$ E	15.5
S10	$\varphi : 36^{\circ} 42' 1.98''$ N	1
	$\lambda : 2^{\circ} 47' 48.79''$ E	7
S11	$\varphi : 36^{\circ} 42' 38.86''$ N	1
	$\lambda : 2^{\circ} 47' 35.50''$ E	25

À chaque station les coordonnées géographiques ont été relevés à l'aide d'un GPS, et les profondeurs notées sont à moins de 1m du fond.

3.3 Prélèvement d'eau de mer :

Des **échantillons** d'eau de mer ont été récoltés à chaque **station** et à **deux niveaux de profondeur**. Le positionnement exact de chaque station est relevé par un système GPS. Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'une bouteille de prélèvement NISKIN d'une capacité de 5 litres, pourvue d'un lest et d'un messenger. Une fois la bouteille de prélèvement remontée à bord, les flacons sont rincés deux fois avec l'eau de mer à analyser, puis remplis de façon à ne pas provoquer de contaminations.



Figure 21 : Bouteille de prélèvement NISKIN.

Une fois le prélèvement terminé, les échantillons doivent être conservés. L'idéal serait de les garder dans une mallette isotherme d'une température comprise entre 0 et 4°C jusqu'à leur arrivée au laboratoire dans un temps ne dépassant pas les 24 heures.

Les échantillons sont destinés à l'analyse des paramètres physico-chimiques (Température, pH, conductivité, salinité), indicateurs de pollution (MES, TDS).

3.4 Analyses et modes opératoires :

3.4.1 Mesure des paramètres physico-chimiques :

La mesure des paramètres physicochimiques a été effectuée à l'aide d'une valise multi paramètres, celle-ci contient un appareil de mesure de la température, de la salinité, et de l'oxygène dissous.

3.4.2 Mesure de la TDS :

L'analyse de résidu sec (TDS) est effectuée selon le protocole proposé par Myah Tipaza, les résultats d'analyse des TDS sont représentés dans le tableau de l'annexe 1 et 2.

3.4.2.1 Principe :

Il s'agit d'une évaporation lente par élévation de température d'un volume d'eau choisi en fonction du résidu sec attendu. Dessiccation à l'étuve à 180° C et pesée du résidu.

3.4.2.2 Appareillage et matériel en verre :

- ✓ Capsule en porcelaine :
 1. Nettoyer la capsule à l'acide chlorhydrique dilué tiède ou à l'acide nitrique dilué et tiède, puis à l'eau distillée ;
 2. Sécher pendant quelques minutes par passage à l'étuve à 180°C ;
 3. Laisser refroidir la capsule presque vide jusqu'à une température ambiante puis la placer dans un dessiccateur pendant environ 15 min et la peser ;
 - ✓ Filtre en fibres de verre conforme aux caractéristiques décrites dans la norme NF EN 872 ;
 - ✓ Balance permettant la pesée à 0,1 mg près ;
- Étuve dont la température est réglable à 180°C ± 5°C.

3.4.2.3 Réactifs :

Au cours de l'analyse, utiliser uniquement des réactifs de qualité analytique reconnue, avec de l'eau distillée ou de l'eau de pureté au moins équivalente.

- ✓ Acide chlorhydrique dilué à environ 10 % (v/v).
- ✓ Acide nitrique dilué à environ 10 % (v/v).
- ✓ Eau distillée.

3.4.2.4 Mode opératoire :

- **Préliminaires**

- ✓ Pour déterminer le résidu sec à partir des matières dissoutes, éliminer préalablement les matières en suspension présentes dans l'échantillon d'eau par filtration sur filtre en fibres de verre ;
- ✓ Le volume d'échantillon doit être tel qu'il conduise à un résidu sec d'au moins 10 mg et, de préférence y compris entre 100 mg et 200 mg ;
- ✓ Dans le cas d'analyses d'eaux chargées en matières organiques, il est nécessaire de nettoyer la capsule vide, par exemple en la chauffant à environ 500°C ;

- **Analyse**

- ✓ Placer la membrane filtrante sous le cône de filtration ;

- ✓ Vérifier le bon positionnement des robinets de la rampe de filtration. Pour **l'Eau de Mer** tourner le robinet 45 degré par rapport à la position de fermeture ;
- ✓ Vider le tuyau reliant la rampe de filtration à la fiole, en verre ;
- ✓ Vérifier que la fiole en verre est vide et que son bouchon est bien fermé ;
- ✓ Mélanger énergiquement le flacon contenant au moins 1 litre d'échantillon ;
- ✓ Remplir **rapidement** une éprouvette en verre de **500 ml** avec l'échantillon ;
- ✓ Transvaser **rapidement** le contenu de l'éprouvette dans le cône de filtration ;
- ✓ Mettre la pompe à vide en marche et arrêter celle-ci lorsque tout l'échantillon a été filtré, le filtrat ayant été récupéré dans la fiole en verre ;



Figure 22 : Dispositif de l'appareil de filtration sur membrane.

- ✓ Mélanger le filtrat contenu dans la fiole en verre, tout en prélevant rapidement 200ml à l'aide d'une fiole jaugée de 200 ml ;
- ✓ Sans attendre, verser le contenu de l'éprouvette dans le creuset en porcelaine précédemment pesé vide (**PI**) ;



Figure 23 : creusets en porcelaine.

- ✓ Introduire le creuset en porcelaine contenant les 200 ml (V) de filtrat dans une étuve qu'on allumera, sa température étant réglée à 180°C ;
- ✓ Le creuset en porcelaine restera 12 heures à l'intérieur de l'étuve (noter l'heure d'introduction du creuset) ;

- ✓ Après séchage, refroidir le creuset en porcelaine dans un dessiccateur pendant 30min ;
- ✓ Peser le creuset en porcelaine contenant les matières dissoutes, soit **P2** de sa masse.

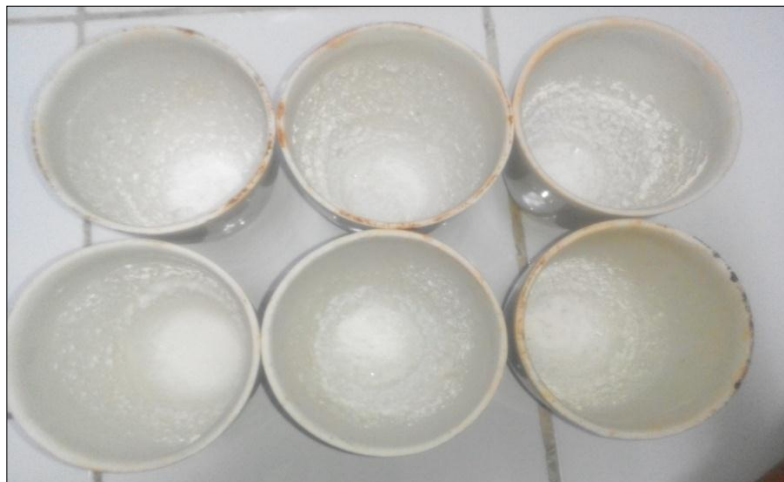


Figure 24 : creusets en porcelaine contenant les matières dissoutes.

3.4.2.5 Calculs et expression des résultats :

La concentration en résidu sec, est donnée par la formule :

$$\text{RS (TDS)} = \frac{\text{P2} - \text{P1}}{\text{V}} \times 1000$$

Où

RS : est le résidu sec à $180^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, en grammes par litre.

P2 : est la masse de la capsule et de son contenu, après chauffage à $180^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ (en grammes).

P1 : est la masse de la capsule vide (en grammes)

V : est le volume de la prise d'essai (en millilitres).

3.4.3 Mesure de la matière en suspension :

3.4.3.1 Principe :

Elle consiste à faire passer l'eau à travers une membrane filtrante, dans le but de retenir les particules dont la taille est supérieure à $0.45\mu\text{m}$.

3.4.3.2 Mode opératoire :

- Conditionnement et préparation des filtres

- ✓ Mettre les filtres de fibre de verre au four à moufle à 450°C (ne pas dépasser 500°C) pendant une heure : Ce traitement, conseillé permet de renforcer la rigidité et la solidité des membranes ;
 - ✓ Placer chaque filtre sur un support-filtre (papier d'aluminium) ; après les avoir retiré du four à moufles ;
 - ✓ Déposer les filtres dans leur boîte après les avoir trempés dans de l'eau distillée ;
 - ✓ Placer les filtres munis de leur boîte dans l'étuve à 70°C pendant 2 heures ;
 - ✓ Laisser refroidir au dessiccateur une fois retirés de l'étuve ;
 - ✓ Numéroter les boîtes à filtres (sur le pourtour) de façon indélébile ;
 - ✓ Peser chaque filtre avec sa nacelle en aluminium ;
 - ✓ Replacer aussitôt chaque filtre dans sa boîte, à l'abri de la poussière.
- **Filtration de l'eau**
 - ✓ Homogénéiser l'échantillon à analyser ;
 - ✓ Filtrer sous vide un volume à filtrer de l'échantillon de préférence supérieure à 100 ml, mesuré à l'aide d'une éprouvette graduée ;
 - ✓ Sécher les filtres, refroidir et peser une seconde fois. Son poids est noté **P2**.

3.4.3.3 Calculs et expression des résultats :

$$\text{MES (mg/l)} = \frac{(\mathbf{P2} - \mathbf{P1}) \times 1000}{\mathbf{V}}$$

Où

P1 : le poids du filtre avant filtration (mg).

P2 : le poids du filtre après la filtration (mg).

V : volume d'eau de mer filtrée (ml).

Chapitre 4

Résultats et discussions

4. Résultats et discussions :

4.1 Introduction :

Pour atteindre les objectifs assignés à la présente étude, nous avons procédé à l'analyse des échantillons d'eau prélevés au niveau de la baie de Bou Ismail.

À cet effet, nous avons effectué deux prélèvements correspondant aux dates suivantes :

- Le premier prélèvement : 07/11/2015 (saison hivernale).
- Le deuxième prélèvement : 28/04/2016 (saison printanière).

Les principaux résultats émanant de cette étude, seront donc présentés au fur et à mesure dans ce qui va suivre.

4.2 Résultats des paramètres mesurés :

Les tableaux 5 et 6 récapitulent les résultats de mesure des paramètres physicochimiques, obtenus lors des deux sorties sur terrain dans la baie de Bou Ismail, ils sont présentés sous forme de valeurs moyennes et extrêmes.

Tableau 5: Valeurs statistiques des paramètres physicochimiques lors de la 1^{ère} sortie.

Paramètres	T (c °)		S (psu)		OD (mg/l)		TDS (g/l)	
	1m	Profondeur	1m	profondeur	1m	profondeur	1m	profondeur
Moyenne	21.49	21.27	35.90	35.99	7.07	5.58	38.56	38.66
Maximum	22.4	22.2	36.30	36.80	7.37	6.49	39.66	39.52
Minimum	21	20.9	35.20	35.40	6.63	5.08	36.97	37.50
Ecart type	0.19	0.22	0.21	0.21	0.17	0.38	0.49	0.37

Tableau 6: Valeurs statistiques des paramètres physicochimiques lors de la 2^{ème} sortie.

Paramètres	T (c °)		S (psu)		MES (mg/l)		TDS (g/l)	
	1m	Profondeur	1m	profondeur	1m	profondeur	1m	profondeur
Moyenne	18.69	17.90	36.48	36.68	202.41	211.82	39.89	40.78
Maximum	19.30	18.90	36.60	37.40	494.70	478.23	41.60	42.44
Minimum	18.20	17.10	36.30	36.40	29.41	34.70	37.13	39.08
Ecart type	0.24	0.54	0.08	0.16	74.43	71.03	1.01	0.93

4.2.1 Température :

Durant la saison hivernale les valeurs de température varient entre 22.4 °C et 21°C avec une moyenne de 21.49 °C et un écart type de 0.19.

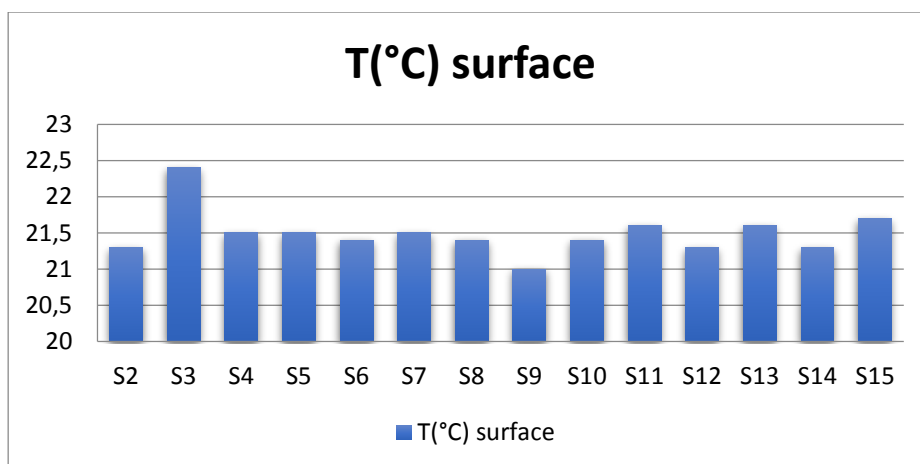


Figure 25 : les variations de la température des eaux de surface de la station de Fouka (Saison hivernale)

La température varie peu, le minimum est enregistré au niveau de la station S9, et le maximum est observé au niveau de la station S3. Le maximum est enregistré au niveau de la station 3 peut être expliquée par la proximité de ces eaux de la station de dessalement, en effet les processus de dessalement et les rejets des effluents génèrent une température élevée.

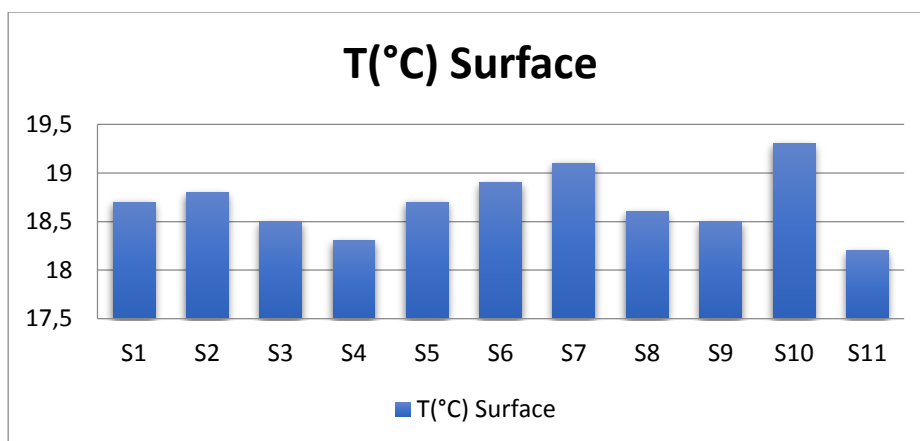


Figure26 : les variations de la température des eaux de surface de la station de Fouka (Saison printanière)

- ✓ Les valeurs de température varient entre 19.30 °C et 18.20°C avec une moyenne de 18.69 °C et un écart type de 0.24.

La température varie beaucoup par rapport à la 1^{ère} analyse, le minimum est enregistré au niveau de la station S11 qui est une station référence, et le maximum est observé au

niveau de la station S10 qui correspondent aux échantillons prélevés au voisinage du Oued Mazafran.

Les fluctuations de la température seraient dues probablement aux apports d'eaux de ruissellement de l'Oued, ainsi que les eaux potentiellement chaudes rejetées directement dans le milieu par la station de dessalement.

4.2.2 Salinité :

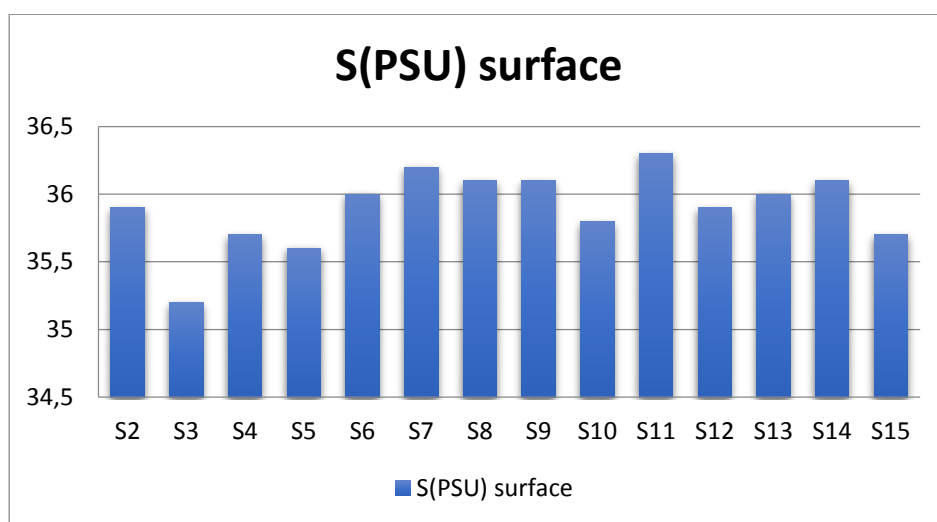


Figure 27 : les variations de la salinité auprès de la station de dessalement de Fouka. (Saison hivernale)

- ✓ Les valeurs de salinité varient entre 36.30 PSU et 35.20PSU avec une moyenne de 35.90 PSU et un écart type de 0.21.

La valeur minimale est enregistrée au niveau de la station S3, et le maximum est observé au niveau de la station S11 qui correspond à la station de référence

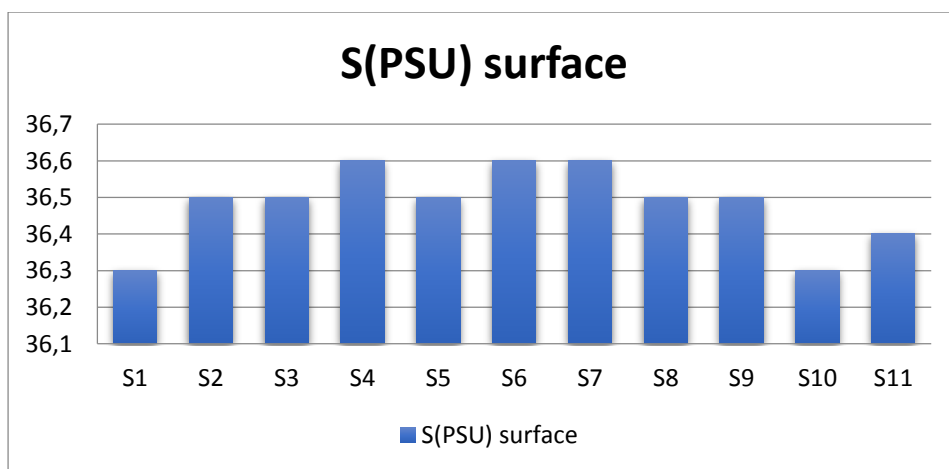


Figure 28 : les variations de la salinité auprès de la station de dessalement de Fouka. (Saison printanière)

- ✓ Les valeurs de salinité varient entre 36.30 PSU et 36.60 PSU avec une moyenne de 36.48 PSU et un écart type de 0.08.

Les valeurs de salinité varient peu, avec un minimum observé au niveau des stations S1 et S10 et le maximum est enregistré au niveau des stations suivantes : S4, S6, et S7, ces fluctuations sont certainement dues aux apports d'eau douce par Oued Mazafran à la station S10, et à la saumure en ce qui concerne les stations où le taux de la salinité est élevé.

4.2.3 Oxygène dissous :

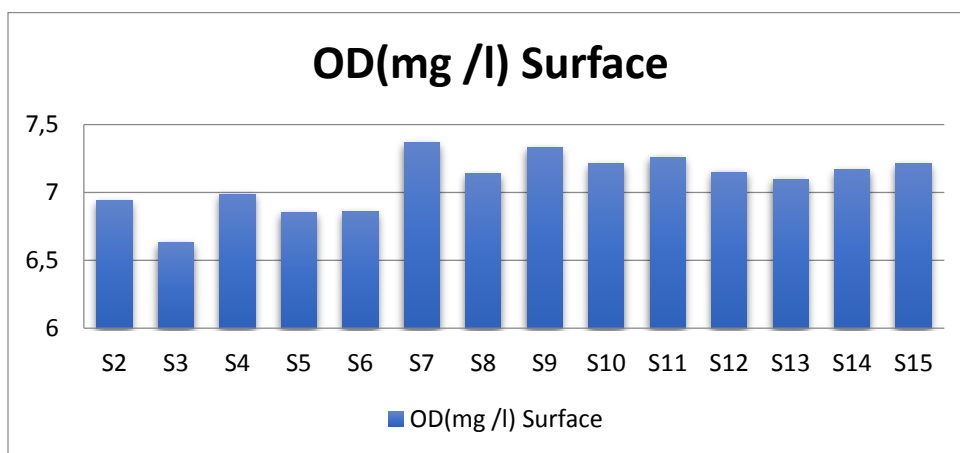


Figure 29 : Variations des concentrations d'oxygène dissous auprès de la station de Fouka (Saison hivernale)

- ✓ Les teneurs en oxygène dissous en surface varient entre 6.63 mg/l et 7.37 mg/l, avec une moyenne de 7.07 mg/l et un écart type de 0.17.

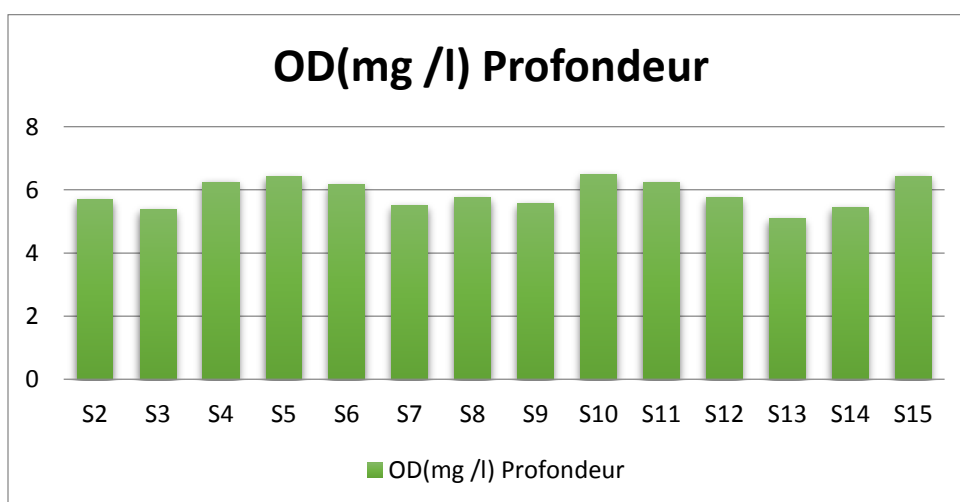


Figure 30 : Variations des concentrations d'oxygène dissous auprès de la station de Fouka. (Saison hivernale)

- ✓ Les teneurs en oxygène dissous en profondeur varient entre 5.08 mg/l et 6.49 mg/l, avec une moyenne de 5.58 mg/l et un écart type de 0.38.

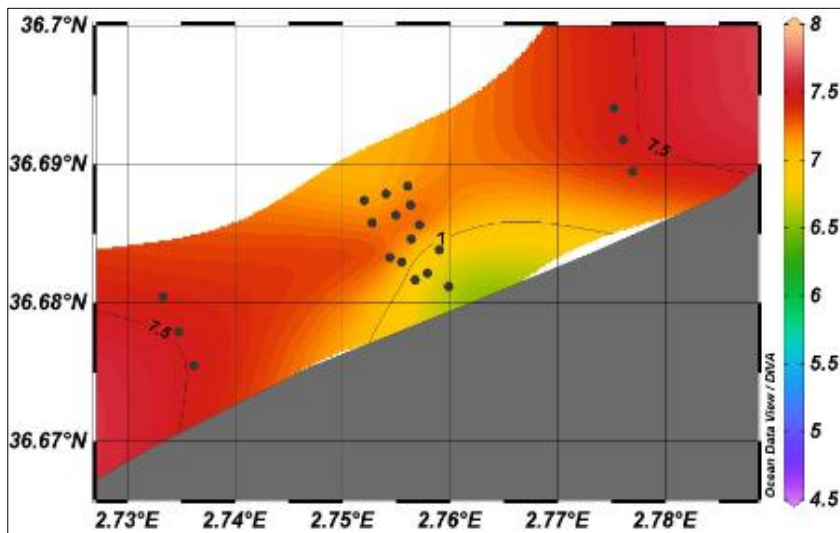


Figure 31: Distribution horizontale de la teneur en oxygène dissous (mg/l) dans les eaux de surface.

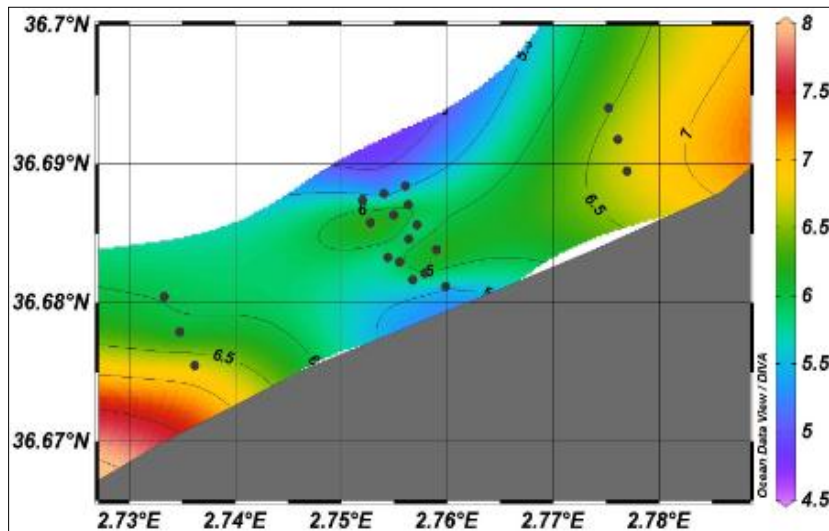


Figure 32: Distribution horizontale de la teneur en oxygène dissous (mg/l) dans les eaux de fond.

La zone d'étude présente une bonne oxygénation en surface (échange air-mer) (figure 31), sauf pour les stations proches de la prise d'eau et la jetée où on observe de faibles teneurs en oxygène, et une faible oxygénation en profondeur.

4.2.4 Total des solides dissous (TDS) :

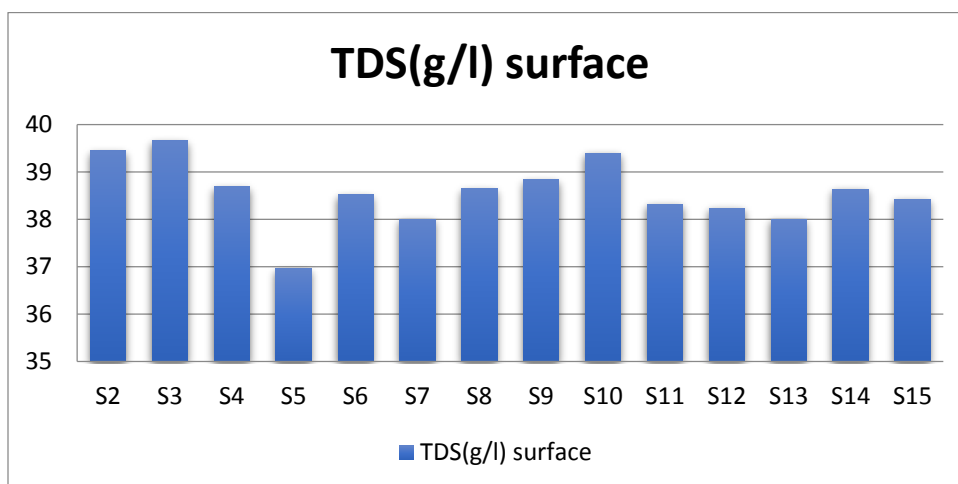


Figure 33 : Variations des teneurs en TDS dans les eaux auprès de la station de Fouka.
(Saison hivernale)

- ✓ Les teneurs du TDS en surface varient entre 39.66 g/l et 36.97g/l, avec une moyenne de 38.56 g/l et un écart type de 0.49.

Les valeurs du TDS varient considérablement, avec un minimum observé au niveau des stations S5 et le maximum est enregistré au niveau des stations suivantes : S3, S10, le maximum se traduit par les rejets de l'oued Mazafran qui apporte une quantité considérable en solides dissous ayant pour origine les eaux de ruissellement agricole dans la commune de Fouka et des eaux de lessivage et les eaux polluées par les décharges industrielles (réparation des navires au niveau de Fouka).

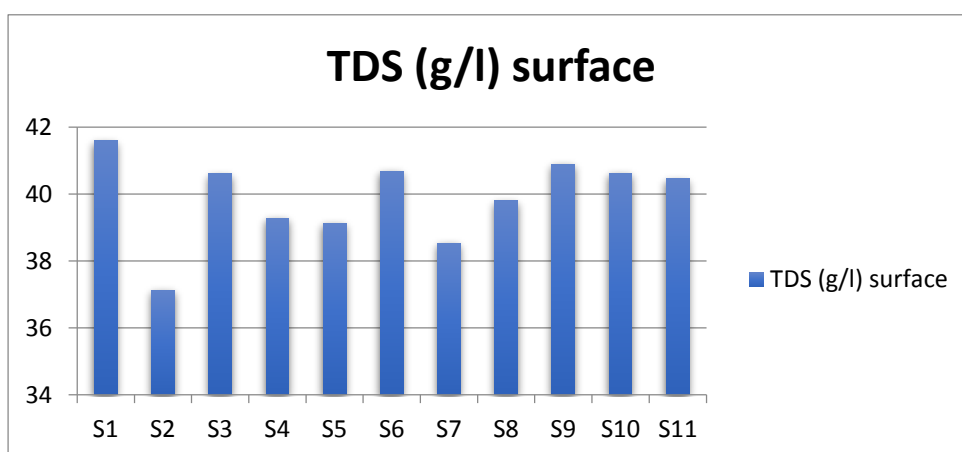


Figure 34 : Variations des teneurs en TDS auprès de la station de dessalement de Fouka.
(Saison printanière)

- ✓ Les teneurs de TDS en surface varient entre 41.60 g/l et 37.13 g/l, avec une moyenne de 39.89 g/l et un écart type de 1.01

Les variations du TDS varient considérablement avec des teneurs plus élevées en saison printanière qu'en saison hivernale.

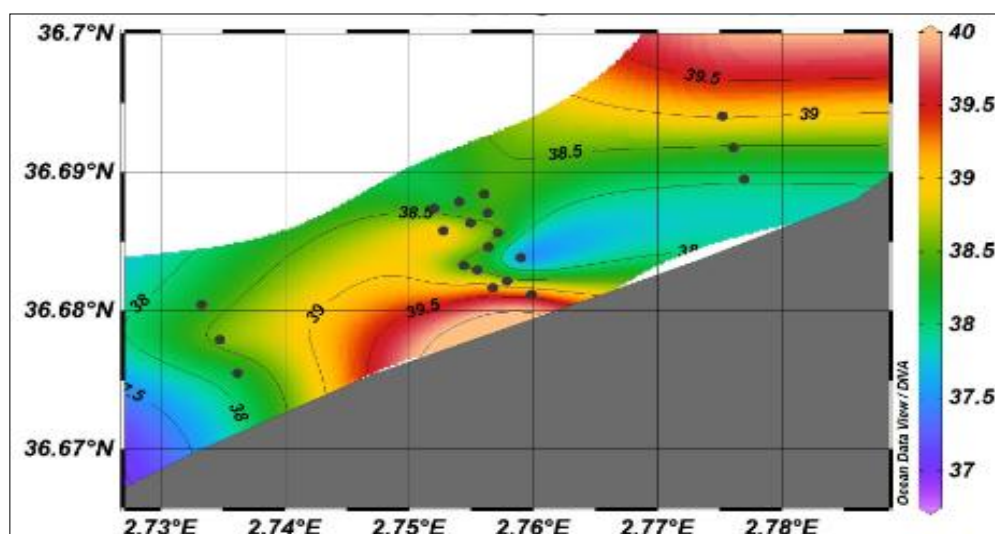


Figure 35: Distribution horizontale de la charge Total des solides dissous TDS (g/l) dans les eaux de surface.

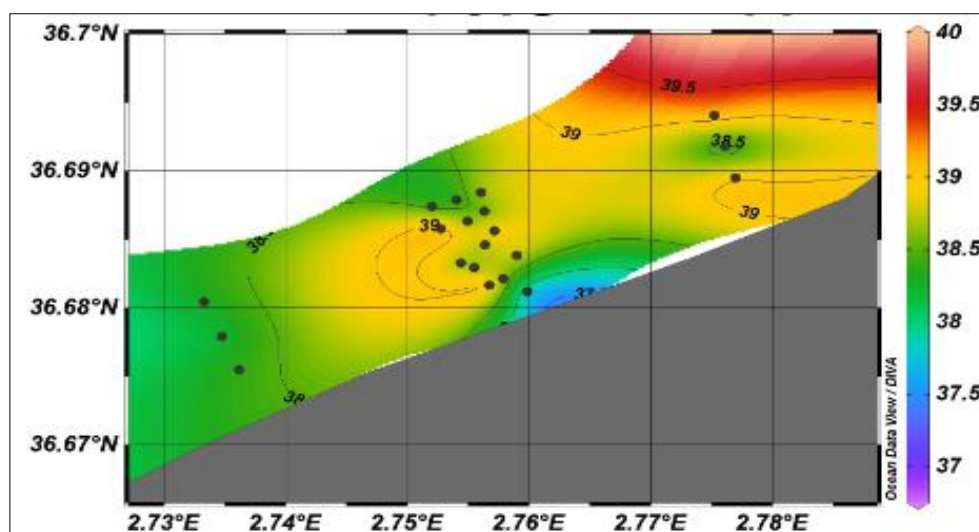


Figure 36 : Distribution horizontale de la charge du Total des solides dissous TDS (g/l) dans les eaux de fond.

La distribution du TDS en surface et au fond est très hétérogène (figure 35 et 36). au fond, les fortes valeurs sont observées dans la partie Est de la station et dans les alentours de l'oued Mazafran avec un minimum dans le point le plus proche de la station, ce même point présente en surface un maximum de la TDS. Ce qui peut être expliqué par les courants de dérive littorale qui sont dirigés d'ouest en Est en saison hivernale comme le montre la figure 37.

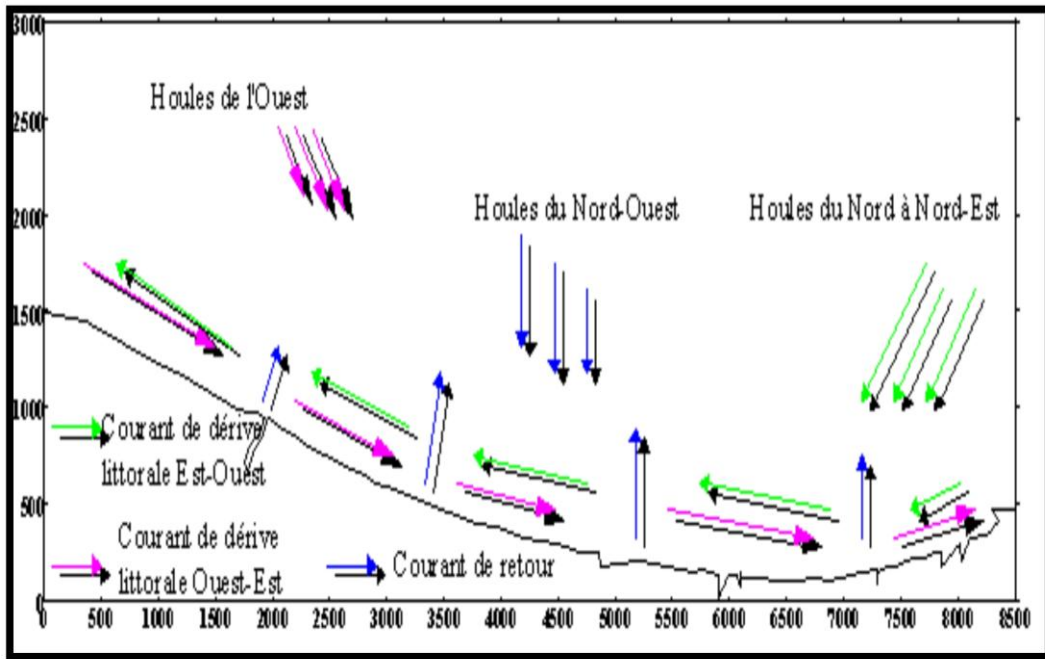


Figure 37 : Schéma préalable de l'hydrodynamisme dans la zone d'étude
(Source : LEM 2001)

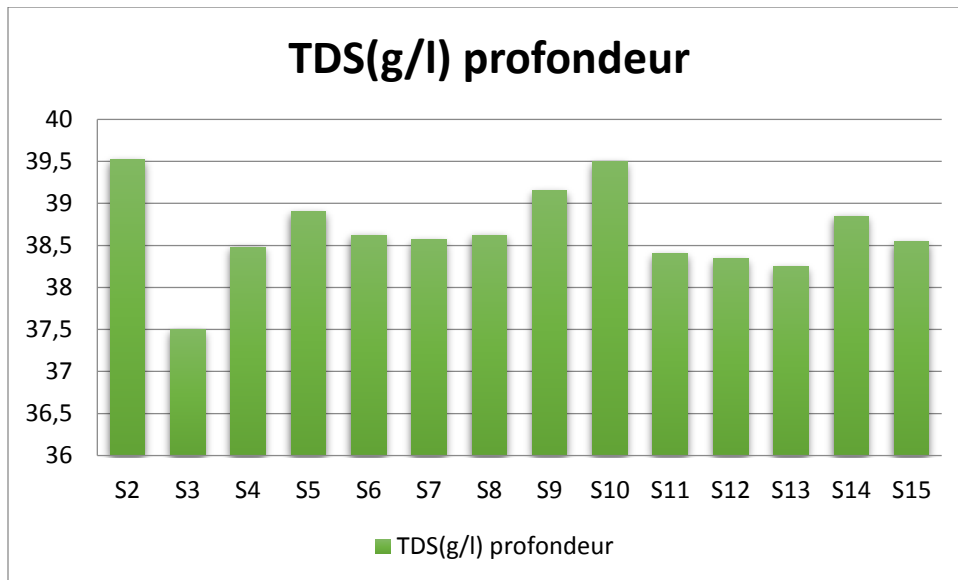


Figure 38 : Variations des teneurs en TDS auprès de la station de dessalement de Fouka.
(Saison hivernale)

- ✓ Les teneurs de TDS en surface varient entre 39.52 g/l et 37.5 g/l, avec une moyenne de 38.66 g/l et un écart type de 0.37

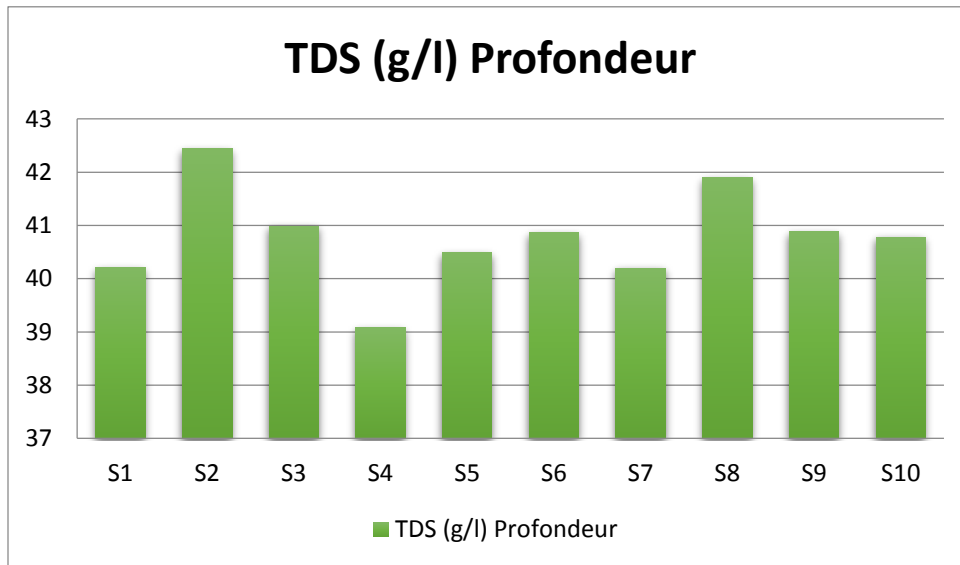


Figure 39 : Variations des teneurs en TDS auprès de la station de dessalement de Fouka (Saison printanière)

- ✓ Les teneurs de TDS en surface varient entre 42.44 g/l et 39.08 g/l, avec une moyenne de 40.78 g/l et un écart type de 0.93

Les teneurs du TDS en profondeur sont plus élevées que ceux en surface.

Tableau 7: Valeurs de TDS observées dans l'eau de mer brute de quelques stations de dessalement du littoral Algérien.

Station de dessalement	TDS (g/l)	Année	Auteur
Station de Béni Saf	36,1	2013	KHAROUBA Mohammed
Station de Souk Tleta	37,5	2013	ROUANE-HACENE
Station de Corso	36,47	2006	D. ZOUNI
Station de Fouka	38,58	2015	ENSSMAL
Station de Fouka	40,31	2016	ENSSMAL

Le tableau ci-dessus montre les moyennes du TDS en (g/l) de quelques stations de dessalement en Algérie.

4.2.5 Matières en suspension :

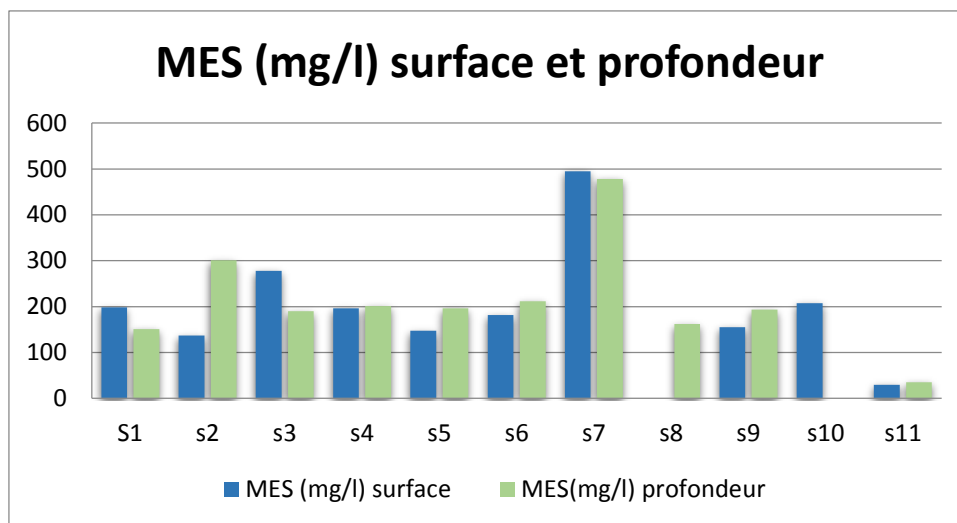


Figure 40 : Variations des teneurs en MES auprès de la station de dessalement de Fouka. (Saison printanière)

- ✓ Les teneurs en surface varient entre 29.41 mg/l et 494.7 mg/l, avec une moyenne de 202.41mg/l et un écart type de 74.43
- ✓ Les teneurs en profondeur varient entre 34.70 mg/l et 478.23 mg/l, avec une moyenne de 211.82 mg/l et un écart type de 0.37.

Les variations des matières en suspension sont assez marquées. Ces concentrations relativement élevées pourraient être dues aux rejets de la station de dessalement mais aussi différentes unités industrielles se trouvant dans la région.

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la coopération Ecole-Entreprise. Elle vise à répondre à une préoccupation de l'usine de dessalement de Fouka qui souffre d'une baisse de rendement liée selon la station à la qualité de l'eau, notamment les TDS.

Les mesures effectuées révèlent que la qualité physico-chimique des eaux est conforme aux normes, mise à part la température qui est relativement élevée au niveau des stations proches du point de rejet, et qui a tendance à diminuer en allant vers le large.

Les résultats montrent également que les eaux du site sont très chargées en MES, ces dernières proviennent principalement des apports des eaux de ruissellement ainsi que les eaux agricoles et eaux usées résidentielles qui se déversent dans l'oued Mazafran et finissent en mer. Les concentrations élevées en matières en suspension sont aussi issues de la saumure rejetée directement par la station de dessalement dans le milieu marin.

En ce qui concerne l'oxygène dissous, la zone présente une faible oxygénation, cela pourrait être dû à la dégradation de l'écosystème lors de la phase d'installation de la station de dessalement et des rejets d'eaux polluées lors de la phase d'exploitation.

Les teneurs en TDS sont plus élevées en saison **printanière** qu'en saison **hivernale**, ce qui peut être expliqué par le débit de pointe, qui correspond à la quantité maximale d'eau qui s'écoule dans une période de temps précise (cas des effluents). En effet on suppose qu'on a raté le débit de pointe lors de la première sortie (saison hivernale).

La distribution des TDS en **surface** et au **fond** est assez hétérogène. Au fond, les fortes valeurs sont observées dans la partie Est de la station et dans les alentours du point de rejet d'eau de la station, avec un minimum dans le point le plus proche de la station.

Cette hétérogénéité est sans doute liée à la présence des différentes sources de pollution dans la zone et à la forme accidentée du littoral qui conditionne indirectement la diffusion de la pollution en agissant localement sur la courantologie de la zone. Ce dernier facteur ne favorise pas l'apport des solides dissous provenant de l'oued vers la station, et contribue à les diriger vers le côté Est de la station.

Les teneurs en TDS sont donc plus au moins élevées dans la partie Est de la zone d'étude, en raison des apports des solides dissous de l'oued Mazafran, des eaux de ruissellements, des rejets industriels, ainsi que le lessivage des terres agricoles présentes dans la région.

Il est toutefois important de noter que les pipelines des prises d'eau se trouvent à proximité de ceux des rejets, ce qui d'ailleurs génère une charge en TDS relativement identique aussi bien dans les zones proches des rejets que dans celles proches des prises d'eau.

À la suite de ces observations, nous pouvons conclure que la baisse du rendement de la station de Fouka marine, n'est probablement pas due à la charge en solides dissous dans l'eau de mer brute entrante, du moment où le taux n'est pas très élevé en comparaison avec les autres stations de dessalement en Algérie.

La baisse du rendement relatif à cette station, pourrait être liée aux différents problèmes techniques que peut rencontrer une station de dessalement, voir corrosion des systèmes de tuyauteries et de pompage, colmatage des membranes par des particules colloïdales qui peuvent diminuer de manière continue la performance de la productivité.

Le dessalement d'eau de mer gourmand en énergie et à l'origine de rejets polluants, n'est donc pas une option de développement durable, même si son impact sur l'environnement n'est pas évalué avec précision et qu'il n'existe pas d'études établies à long terme.

Il ne s'agit là que d'une alternative d'adaptation au changement climatique à laquelle on ne devrait avoir recours que lorsque toutes les autres possibilités « durables » ont déjà été exploitées, en particulier l'utilisation rationnelle de l'eau et le recyclage des eaux usées qui à capacité identique s'avère nettement moins cher que le dessalement d'eau de mer, avec une consommation d'énergie deux fois moins importante, et qui devrait se limiter à la production d'eau potable pour la consommation humaine.

Le procédé de désalinisation doit par ailleurs être amélioré par le développement de nouvelles techniques de traitement utilisant moins de produits chimiques (microfiltration ou nanofiltration).

Lorsque le dessalement s'avère être l'unique solution pour alimenter les populations en eau douce, des études d'impacts précises doivent être menées sur site avant implantation de l'usine, pour éviter toute perturbation du milieu et minimiser les conséquences négatives pouvant porter atteinte aux écosystèmes marins locaux.

D'autre part, il est aussi important que les pouvoirs publics appliquent de manière stricte la réglementation existante en matière de protection de l'environnement, et que les responsables des stations veillent scrupuleusement au contrôle de la qualité des produits rejetés.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

ADEM, A. (2011). *Impact des rejets des eaux usées sur le littoral Algérois, constat et diagnostic de la situation actuelle.* Mémoire d'ingénieur. Environnement marin. Alger : ENSSMAL, 115 p.

AMINOT, A., CHAUSSPIED, M. (1983). *Manuel des analyses chimiques en milieu marin.* Brest : CNEXO. 169 p.

AMINOT, A., KEROUEL, R. (2004). *Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses.* Paris : Ifremer. 220 p.

ATALLAH, A. (2014). *Procédé de dessalement et qualité physico-chimique de l'eau dessalée par la station de dessalement de l'eau de mer de Honaine.* Mémoire de master. Telemcen : Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers, 104 p.

CHENOUI, B. (2010). *Dessalement de l'eau de mer à la station de MAINIS et son impact sur l'environnement.* Mémoire de master. Environnement. Chlef : Université de Chlef, 83 p.

COPIN, G. (1996). *Chimie de l'eau de mer.* Paris : Ocp. 292 p.

DJEDDI, M. (2014). *Quarantième anniversaire de la création de l'université des sciences et des technologies Houari Boumediene forum université entreprise.* Alger : Algerian energy company spa. 23p.

DUNGLAS, J. (2014). *Le dessalement de l'eau de mer une nouvelle méthode pour accroître la ressource en eau.* France : Dumond. 63 p.

Elimelech., Phillip. (2011). *The future of seawater desalination: energy, technology and the environment* [en ligne], désignation du fascicule, [consulté le 16 Février 2016]. Disponible sur le web :

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21817042>

FIDALIS, S. (2007). *Modélisation et conception d'un distillateur pour les communautés rurales.* Mémoire de magister. Sciences énergétique. Batna : Université de Batna, 46 p.

GAUJOUS, D. (1995). *La pollution des milieux aquatiques.* Paris : Lavoisier. 220 p.

HAKMI, A. (2006). *Traitement de l'eau de source de Bousfer.* Mémoire de licence. Environnement. Oran : université des sciences et de la technologie, 74 p.

HAMDI, B. (2015). *Exemple d'infrastructures littorales : usines de dessalement d'eau de mer.* Alger : ENSSMAL. 35 p.

HAMDI, B., ZERROUKI, K., MEKKI, M. (2015). *Salinité des eaux marines au voisinage de la station de dessalement de l'eau de mer de Fouka marine « MYAH TIPAZA » : Rapport d'activité.* Document non publié. ENSSMAL.

IVANOFF, A. (1972). *Paramètres physico-chimiques des eaux de mer.* Tome 1. France : Librairie Vuibert. 208 p.

JONES, K. (1999). *Persistent organic pollutants (POP).* Londres: State of the sciences. 221 p.

LATTEMANN, S. (2008). Dossier spécial : le dessalement est-il écologique ? *La recherche.* 2149 mots, n°451, 62 p.

LACAZE, J. (1996). *La pollution des mers.* France : Hermattan.127 p.

MANDRI, Y. (2011). *Etude paramétrique du procédé de dessalement de l'eau de mer par congélation sur paroi froide.* Thèse de doctorat. Génie des procédés. France : Université Claud Bernard Lyon 1, 310 p.

MARKICH, C. (2002). *The relative importance of water and food as cadmium source to Daphnia magna Straus.* Floride : Aquatic toxicology. 154 p.

MAUREL, A. (2006). *Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres.* 2^e éd, Bordeaux : TEC et DOC. 320 p.

MOSTEFAOUI, F. (2010). *Dessalement de l'eau de mer au niveau de la station de Bousmail.* (D.E.U.A). Sciences de la mer. Alger : ENSSMAL. 64 p.

OBATON, D. (1998). *Circulation et modélisation de la Méditerranée occidentale et du Golf de Lion: synthèse des connaissances et des travaux existants.* Brest : Ifremer. 156 p.

PNUE-UNEP. (2001). *Dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens : évaluation des impacts sur l'environnement et lignes directrices proposées pour la gestion de la saumure,* Athènes : [S N].

RAMADE, F. (2000). *Dictionnaire encyclopédique des pollutions : Des polluants de l'environnement à l'homme.* Paris : Internationale science. 690 p.

RODIER. (2005). *L'analyse de l'eau : eau naturelle, eaux résiduelles, eau de mer.* Paris : Dunod. 363 p.

RODIER, J. (1997). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer.* 8^e éd. Paris: Dunod. 256 p.

ROUANE, O. (2013). *Bio surveillance de la qualité des eaux côtières du littoral occidental algérien, par le suivi des indices biologique, de la biodisponibilité et la bioaccumulation des métaux lourds (Zn, Cu, Pb et Cd) chez la moule *Mytilus galloprovincialis* et l'oursin *Paracentrotus lividus*.* Thèse de doctorat. Sciences et technologies. Oran : Université d'Oran, 208 p.

SAMAKE, O. (2013). *Analyse thermodynamique d'un multiple effet à thermo- compression alimenté par les pertes énergétiques d'un moteur diesel.* Thèse de doctorat. Génie mécanique. France : Université de Sherbrooke, 156 p.

SETITI, S., SILHADI, M. (2015). *Analyse du cycle de vie du dessalement de l'eau de mer en baie de Bou Ismail. Evaluation de la performance environnementale de la station de Fouka.* Mémoire d'ingénieur. Environnement. Alger: ENSSMAL, 97 p.

SPELLMAN., Frank, R. (2008). *The Science of water: concepts and applications.* 2^e éd. USA: CRC Press. 417 p.

TATA-DUCRU, F. (2009). *Dessalement de l'eau de mer, bilan des dernières avancées technologiques; bilan économique; analyse critique en fonction des contextes.* Montpellier : Centre de Montpellier. 210 p.

UNEP. (2008). *Desalination : Resource and Guidance Manual for Environmental Impact Assessments* [en ligne]. USA : United Nations Environment Programme. [Consulté le 17 Février 2016]. Disponible sur le web :

<http://www.unep.ch/etb/publications/AI%20guidance%202009/UNEP%20IA%20final.pdf>

Zouini, D. (2009). *Le dessalement de l'eau de mer par osmose inverse : une solution pour l'alimentation en eau des villes côtières.* 142^e éd. France : Sciences et vie. 86 p.

Annexes

Tableau 8 : Détail des résultats obtenus et paramètres mesurés lors de la première analyse.

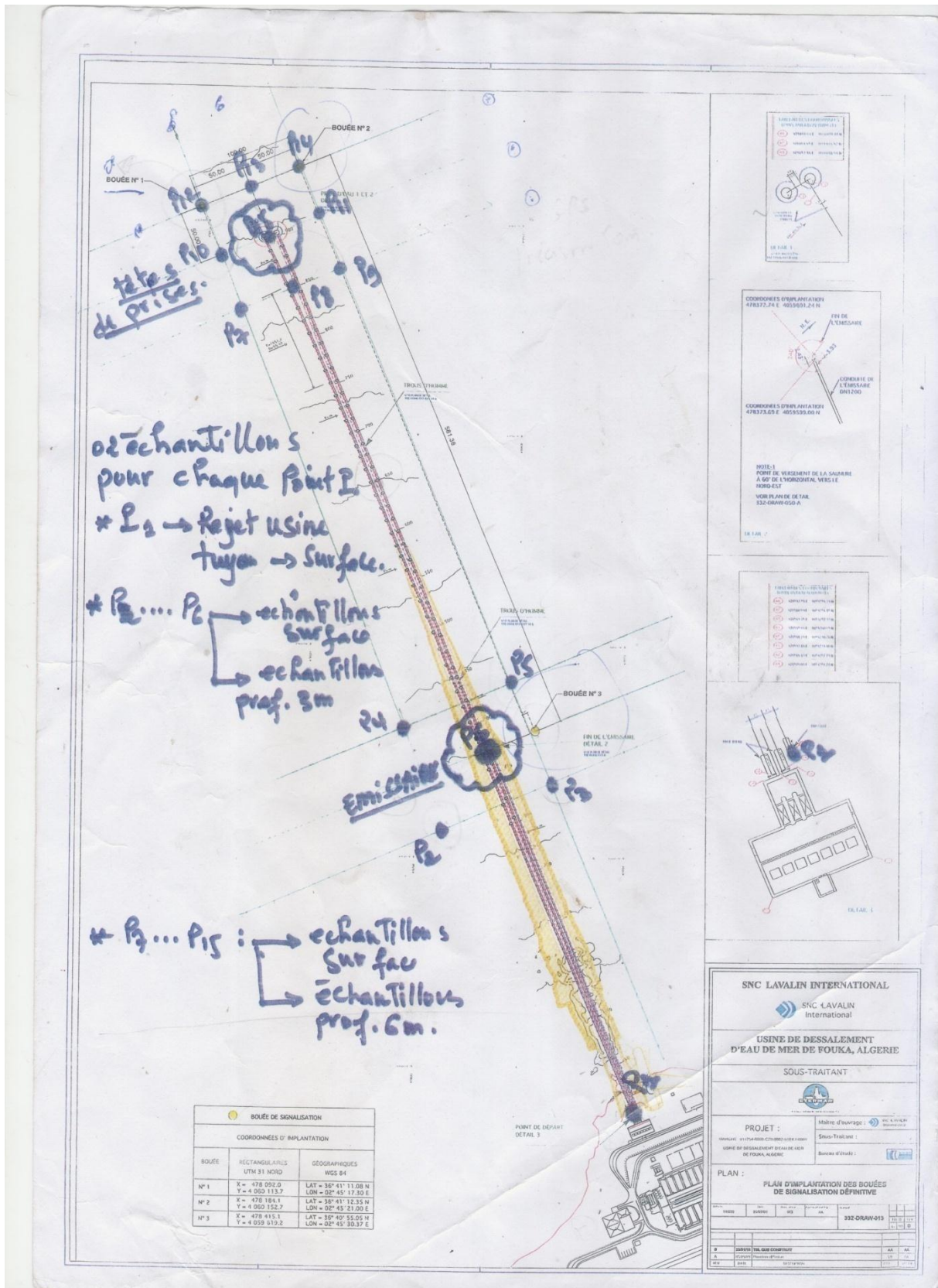
station	Longitude	Latitude	Profondeur (m)	S (PSU)	T (°C)	O2 (mg/l)	TDS (g/l)
P2	2,756717	36,681667	1	35,9	21,3	6,94	39,45
	2,756717	36,681667	7,5	35,9	21,2	5,68	39,52
P3	2,759850	36,681183	1	35,2	22,4	6,63	39,66
	2,759850	36,681183	4,5	35,4	22,2	5,37	37,50
P4	2,755517	36,682967	1	35,7	21,5	6,99	38,70
	2,755517	36,682967	9	35,9	21,2	6,25	38,48
P5	2,759000	36,683850	1	35,6	21,5	6,85	36,97
	2,759000	36,683850	8,5	35,9	21,4	6,42	38,90
P6	2,757900	36,682133	1	36	21,4	6,86	38,52
	2,757900	36,682133	8	36,8	21,4	6,16	38,62
P7	2,754417	36,683267	1	36,2	21,5	7,37	38,01
	2,754417	36,683267	10	36,1	21,1	5,5	38,57
P8	2,756350	36,684600	1	36,1	21,4	7,14	38,65
	2,756350	36,684600	11	36,1	21,2	5,75	38,62
P9	2,757167	36,685650	1	36,1	21	7,33	38,85
	2,757167	36,685650	11	36,3	20,9	5,56	39,15
P10	2,752750	36,685783	1	35,8	21,4	7,21	39,40
	2,752750	36,685783	13,5	35,8	21,3	6,49	39,50
P11	2,756333	36,687050	1	36,3	21,6	7,26	38,32
	2,756333	36,687050	13,5	36	21	6,24	38,40
P12	2,752033	36,687383	1	35,9	21,3	7,15	38,24
	2,752033	36,687383	15,9	35,9	21,2	5,75	38,34
P13	2,754050	36,687867	1	36	21,6	7,1	38,01
	2,754050	36,687867	15,6	36	21,1	5,08	38,25
P14	2,756033	36,688433	1	36,1	21,3	7,17	38,64
	2,756033	36,688433	15,4	36,1	21	5,45	38,85
P15	2,754933	36,686317	1	35,7	21,7	7,21	38,43
	2,754933	36,686317	13,5	35,6	21,6	6,43	38,55

Annexe2 :

Tableau 9 : Détail des résultats obtenus et paramètres mesurés lors de la deuxième analyse.

Stations	Localisation	Profondeur (m)	T (°C)	S (PSU)	TDS (g/l)	MES (mg/l)
S1	φ : 36° 41' 9.6'' N	1	18.7	36.3	41.60	198.23
	λ : 2° 45' 15.16'' E	7.3	18.9	36.5	40.21	150.58
S2	φ : 36° 41' 1.84'' N	1	18.8	36.5	37.13	137.05
	λ : 2° 45' 20.13'' E	11	17.6	36.5	42.44	300.58
S3	φ : 36° 40' 53.44'' N	1	18.5	36.5	40.61	277.64
	λ : 2° 45' 22.52'' E	14	17.4	36.7	40.99	190
S4	φ : 36° 41' 11.57'' N	1	18.3	36.6	39.28	195.88
	λ : 2° 45' 19.11'' E	13.5	17.4	36.7	39.08	201.17
S5	φ : 36° 41' 2.29'' N	1	18.7	36.5	39.13	147.05
	λ : 2° 45' 24.15'' E	9.7	17.9	36.6	40.49	196.47
S6	φ : 36° 40' 53.82'' N	1	18.9	36.6	40.69	181.76
	λ : 2° 45' 26.77'' E	8	18.6	37.4	40.87	211.17
S7	φ : 36° 41' 12.87'' N	1	19.1	36.6	38.53	494.70
	λ : 2° 45' 22.21'' E	6	18.6	36.6	40.20	478.23
S8	φ : 36° 41' 13.00'' N	1	18.6	36.5	39.80	-
	λ : 2° 45' 26.41'' E	11.4	17.6	36.6	41.90	161.76
S9	φ : 36° 40' 54.32'' N	1	18.5	36.5	40.89	155.29
	λ : 2° 45' 28.79'' E	15.5	17.3	36.8	40.88	193.52
S10	φ : 36° 42' 1.98'' N	1	19.3	36.3	40.62	207.05
	λ : 2° 47' 48.79'' E	7	18.5	36.4	40.78	-
S11	φ : 36° 42' 38.86'' N	1	18.2	36.4	40.47	29.41
	λ : 2° 47' 35.50'' E	25	17.1	36.7	-	34.70

Annexe 3 :



Plan : Plan d'implantation des bouées de signalisation définitive.

« Suivi des solides dissous au voisinage de la station de dessalement de Fouka »

RESUME

La station de dessalement de l'eau de mer de Fouka marine, constitue l'un des plus importants aménagements hydrauliques en matière d'approvisionnement en eau potable, avec une capacité de 200.000 m³/ jour. Ce travail a pour objectif de faire un suivi de la qualité des eaux et en particulier l'évolution des solides dissous au voisinage de cette station de dessalement de l'eau de mer. Dans ce contexte, deux sorties soit vingt six (26) prélèvements, ont été effectués au cours de la saison hivernale et printanière, de l'année 2015-2016.

A la lumière des résultats obtenus, les eaux au voisinage de la station de Fouka présentent une qualité physico-chimique conforme aux normes. Par ailleurs, les analyses chimiques révèlent des teneurs élevés en MES, et une faible oxygénation qui caractérise ce site. Tandis que les teneurs en solides dissous, présentent une hétérogénéité entre la surface et la profondeur, et une augmentation en allant de l'ouest vers l'est.

Mots clés : dessalement-eaux- qualité- physicochimique- solides dissous.

ABSTRACT

The desalination seawater of Fouka-marine is one of the largest water projects Supply of drinking water, with a capacity of 200,000 m³ / day. This work aims to monitor the water quality and especially the evolution of dissolved solids in the vicinity of the desalination plant of seawater. In this context, twenty six (26) samples were carried out during the winter and spring season, the year 2015-2016.

In the light of the results obtained, the physicochemical quality of water near the station Fouka complies with standards. Furthermore, chemical analyzes reveal high suspended solids levels, and low oxygen that characterizes this site. While the dissolved solids content, have heterogeneity between the surface and depth, and some increase in going from west to east.

Keywords: Desalination-Water-Quality- physicochemical- dissolved solids.

المخلص

تحليه مياه البحر على مستوى محطة فوكة -البحرية، هو واحد من أكبر مشاريع التزويد بالمياه الصالحة للشرب ، بسعة 200,000م³في اليوم. هذا البحث يهدف إلى متابعة تطور النوعية الفيزيوكيميائية للمياه، وخاصة تطور المواد الصلبة الذائبة في المنطقة المجاورة لهذه المحطة لتحليه مياه البحر. وفي هذا السياق، ستة وعشرون عينة(26)تماقتطاعها خلال فصل الشتاء وفصل الربيع، لعام 2015-2016.

في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها تمتاز المياه القريبة من محطة فوكة -البحرية بجودة فيزيوكيميائية تتوافق مع المعايير. لكن التحاليل الكيميائية أظهرت تقيماً عاليه نسبياً فيمياخص المواد العالقة، معانخفاض الأوكسجين الذي يميز هذا الموقع. وفي حين أن مضمون المواد الصلبة الذائبة، يتميز بعدم التجانس بين السطح والعمق، وبعض الزيادة في الانتقال من الغرب إلى الشرق.

الكلمات الرئيسية: التحلية -المياه -الجودة-الفيزيوكيميائية- المواد الصلبة الذائبة.