



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement

Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana

Faculté des Sciences de la Nature et de la vie et des Sciences de la Terre

Département des Sciences biologiques



Mémoire de fin d'études

en vue de l'obtention du diplôme de Master en :

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité: Hydrobiologie Appliquée

THEME :

Evaluation de l'impact des rejets en mer de produits chimiques complexant utilisés dans le dessalement de l'eau sur la production primaire.

Présenté par :

- Abdallah Mahdjoubi Zahida
- Abdeslam Ihssen

Soutenu en 2020 devant la commission de jury composée de :

Nom de juriste	Grade	Université	Profession
M. Handjar H	Maître de conférences B	U. D. B. K. M.	Président
Mme.Laama	Maître-Assistant B	U. D. B. K. M.	Examineur
Mme Chouchan K	Maître de conférences B	U. D. B. K. M.	Promotrice

2019 /2020

Dédicace

Ames trèschersparents,auxquels nous dois tout le respect et l'immense considération pour leurs sacrifices, soutien moral et matériel pour leurs encouragements continues.

Ma chère mère, mon cœur défunt, j'aurais aimé que tu sois à mes côtés

تغمدہا ہلا سبجانہ وتعالی برحمتہ وأسکنہا فسوح جزاتہ،

***Mon Père** qui n'a cessé de veiller à mon bien-être et m'encourager, qui même s'il ne l'aurait jamais lu en entier, l'aurait raconté à sa manière à tout le monde, fier de sa petite fille.*

A qui je lui souhaite beaucoup de santé.

Chaque membre de ma famille

A mes chères sœurs

A mes chers frères

A ma binôme ihssane

A mes nièces et mes neveux

Ce travail est également dédié à mes collègues d'études et toute la promotion d'hydrobiologie appliquée

« 2019-2020 ».

Zahida.

Dédicace

*Le grand merci pour le Dieu Ma chère maman, qui n'a pas cessée de
et prier pour moi et qui représente pour moi la source de l'amour et la
tendresse.*

*Mon cher papa, qui a toujours cru en moi et mis tous ces efforts pour mon
éducation bien être et ma réussite*

A mon cher frère Mohammed, et mon petite sœur Fatima

A mon binômes : zahida

A mes proches ami (es) : Lamia, Mohamed, Marawa, Soumia

A mon fiancé Abdellah

*A toutes les familles abdesselam Et pour toute la
promotion master 2020*

« Que Dieu vous protège »

Abdesselam ihssane.

Remerciements

Nous remercions le bon Dieu, le tout puissant de nos avoir accordé santé et courage pour accomplir ce travail.

Nous exprimons nos sincères et chaleureux remerciements à notre promotrice Mme Chouchane. K, pour le temps et l'attention qu'elle a bien voulu consacrer au bon déroulement de notre travail.

Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos plus sincères remerciements à notre Co-promotrice Mme Aheddad. A, pour sa compréhension, sa grande contribution, sa disponibilité et ses précieux conseils et orientations.

Nos remerciements sont également exprimés aux membres de jury Mme Handjer H et Mme Laama C. A examinatrice d'avoir accepté de juger notre travail.

Nos plus vifs remerciements vont aussi à tous nos familles et amis. Enfin nous tenons à remercier également tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

TABLE DES MATIERES

N°	TITRE	Page
	INTRODUCTION GENERALE	A-B
Chapitre1 : étude générale sur le dessalement de l'eau de mer		
1	Définition de l'eau	04
2	Définition de l'eau de mer	04
2-1	Composition de l'eau de mer	04
2-2	Les caractéristique physique – chimique de l'eau de mer	05
2-2-1	caractéristique chimique	05
2-2-2	caractéristique physique	05
3	Définition de dessalement	06
3-1	Les principes de l'eau de mer	06
3-2	Captation de l'eau de mer	06
3-2-1	Le prétraitement	07
4	Différents procédés de dessalement de l'eau de mer	09
4-1	Les procédés par distillation :	09
4-2	Distillation à simple effet	09
4-3	distillation à multiples effets (Med)	10
4-4	Distillation avec compresseur de vapeur	11
4-5	distillation à détente étagée(MSF)	12
5	Les procédés membranaires :	13
5-1	L'osmose inverse	13
5-2	L'électrodialyse	14
5-3	L'ajustement du pH	15
5-4	La chloration	15
6	Problèmes techniques rencontrés en dessalement	16
6-1	Entartrage	16
6-2	Corrosion	16
6-3	Colmatage	16
7	Dessalement en Algérie	17
8	Le coût de dessalement	19
9	Conclusion	
CHAPITRE II : l'impact des rejets en mer sur la production primaire		
1	origine et type des émission et rejets	23
1-1	Émissions atmosphériques	23
1-2	Rejets chimiques	24
1-3	Produits de la corrosion	25
1-4	Agents antitartre	29
1.5	Agents antimousse	29

TABLE DES MATIERES

1.6	Agents antimousse	30
2	Impact sur l'environnement	30
3	Impacts liés aux rejets	31
4	Impacts liés à la salinité	31
5	Effets des rejets de produits chimiques	32
5-1	Effets dus aux produits de la corrosion	33
5-2	Effets dus aux additifs antitartre	33
5-3	Effets des additifs antisalissures	33
5-4	Effets des additifs antimousse	34
CHAPITRE III : Etude d'un cas (Station de dessalement de Ténès)		
1	Cadre d'étude	36
2	Introduction	36
3	Présentation de la commune de Ténès	36
3-1	Situation géographique de Ténès	36
4	Cadre climatique	36
4-1	Situation géographique et la topographie de la station de dessalement	37
5	Présentation de l'unité de dessalement de l'eau de mer (Ténès)	37
5-1	La captation de l'eau de mer	39
5-2	Le prétraitement	40
5-2-1	Prétraitement chimique	40
5-2-2	Prétraitement physique	40
5-2-3	Post-traitement	43
6	Matériels et méthodes	43
6-1	Prélèvement	43
6-2	Méthodes analytiques	44
6-2-1	Analyses physiques	44
6-2-2	Analyses chimiques	45
7	Interprétations et discussion des résultats	46
8	Principe d'analyse	46
Conclusion générale		50
Références bibliographiques		53

LISTE DES FIGURES ET LISTE DES TABLEAUX

Liste des figures :

N°	Figure	Page
01	Schéma générale d'une inhalation de dessalement	06
02	Schéma général des différents procédés de dessalement	09
03	Distillation à simple effet	10
04	Distillation à effet multiple (MED)	11
05	Distillation avec compresseur de vapeur	12
06	Distillation à détente étagées (MSF)	13
07	principe des phénomènes d'osmose et d'osmose inverse	14
08	le fonctionnement de procédé l'électrodialyse	15
09	les différentes stations de dessalement en Algérie	19
10	Vue générale de la station de dessalement de Ténès	37
11	La situation de la station de dessalement de l'eau de mer Chleff /Ténès / Mainis (D.H.W.C ,2008)	37
12	Tuyaux de captage de l'eau de mer	39
13	Filtres à sables	41
14	Filtres à cartouches	41
15	Un rack dans le système d'Osмосe Inverse	42
16	Système de récupération d'énergie	43
17	Le point de prélèvement de l'eau de mer	44
18	Appareil multi-paramètre	44
19	Turbidimètre de la station de Ténès	44

II Liste des tableaux :

N°	Tableau	Page
01	principaux sels dissous pour une eau de mer	04
02	Avantages et inconvénients des membranes organiques	17
03	Grandes stations de dessalement de l'eau de mer en Algérie Oran Bou Sfer Bou Sfer 5 000 33 330	18
04	Méthode permettant d'évaluer l'énergie destinée à une usine de dessalement, avec les apports thermiques par kg d'eau produite, pour des usines types, Wade et Fletcher, 1995	23
05	Indicateurs de durabilité pour une usine MSF à production simple	24
06	Indicateurs de durabilité pour une usine OI avec une source locale d'énergie électrique	24
07	Résumé des phases de pré-(a) et post-(b) traitement au cours de la production d'eau potable par dessalement (Mickley et al., 1993) (39)	25
08	Grille d'impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement. (PNUE, 2001)	30

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES ABREVIATIONS :

Symbole	Définitions
ADE	Algérienne des eaux
Al	Alcalinité
E	Impact de degré élevé
ED	Electrodialyse
F	de degré faible
Km²	Kilomètre au carré
M	de degré moyen
MED	Multi-Effet-Distillation (distillation à effet multiple)
MSF	Multi Stage Flash
M/s	Millimeter par second
m³/j	Mètre cube par jour
OI	Osmose Inverse
Ppm	Partie par million
ppt	Partie par trillion
Ph	potentiel d'hydrogéné
RO	Reverse Osmoses
S	Salinité
T	Température (°C)

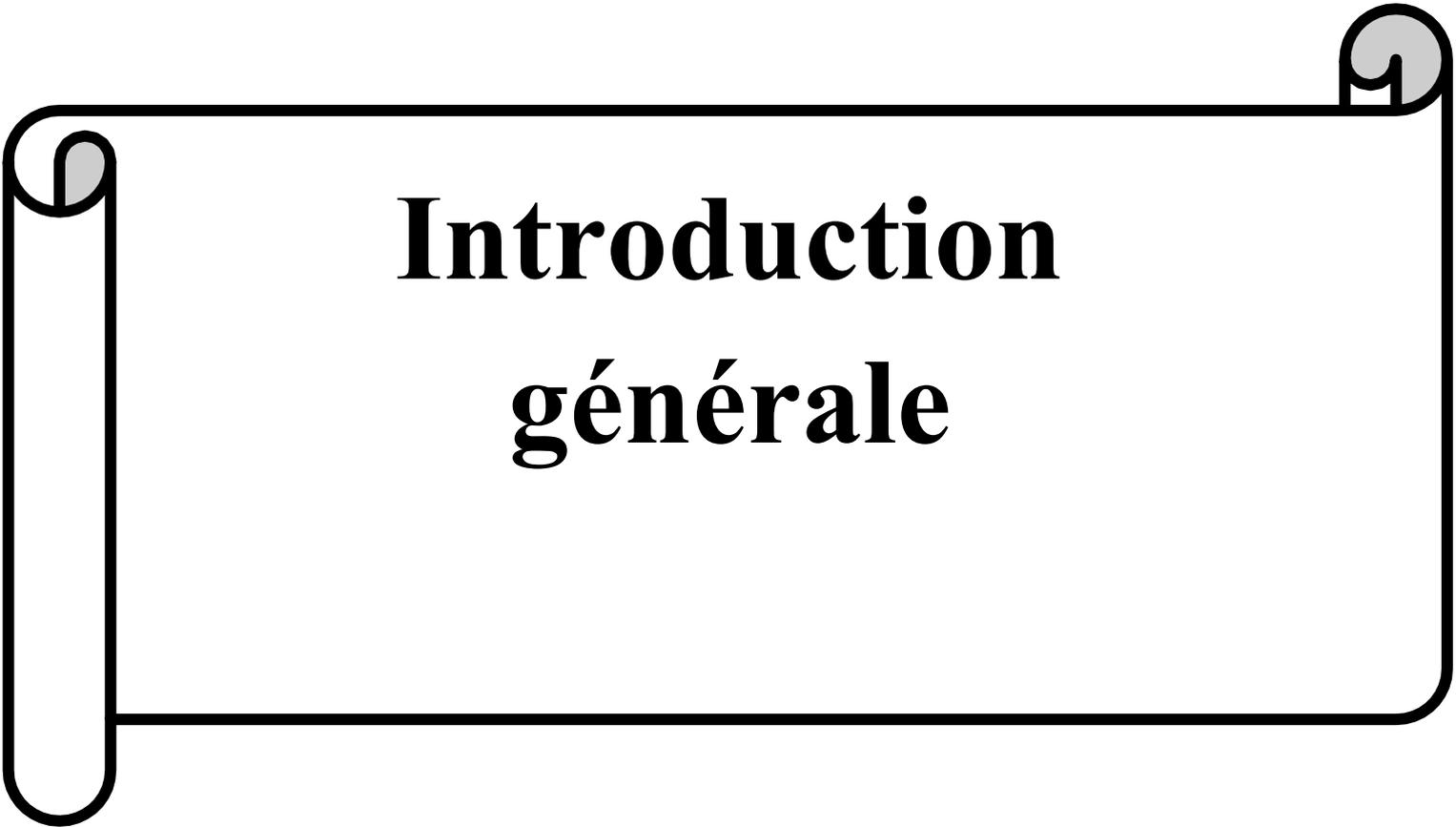
L'augmentation de la population et l'insuffisance des ressources en eau douce dans de nombreux pays du monde posera un problème de pénurie de l'eau potable, de ce fait le dessalement de l'eau de mer est la solution adéquate de cette problématique. On a effectué des analyses physico-chimique et organoleptique de l'eau de mer de la station de Ténès, de l'eau dessalée pour essayer d'expliquer l'influence de ces différents paramètres sur l'environnement et aussi jusqu'à quel degré ils peuvent influencer sur les problèmes environnementaux. A la suite des analyses physico-chimiques, on constate qu'il y a diminution significative de la concentration de certains éléments de l'eau traitée, à savoir la salinité, ce qui peut être expliqué fort probablement par l'efficacité du procédé de traitement par l'osmose inverse, en même temps, on enregistre une grande baisse des minéraux tels, le magnésium et la dureté totale. Concernant l'eau rejetée (saumâtre et des produits chimiques complexants), on remarque qu'il y a une augmentation importante de la salinité, la conductivité, ainsi les chlorures.

Abstract:

The increase in population and the shortage of freshwater resources in many countries of the world will pose a problem of shortage of drinking water, therefore sea water desalination is the adequate solution to this problem. Physical-chemical and organoleptic analyses of sea water from the Ténès plant and desalinated water have been carried out to try to explain the influence of these different parameters on the environment and also to what extent they can influence environmental problems. Following the physico-chemical analyses, it is observed that there is a significant decrease in the concentration of certain elements of the treated water, namely salinity, which can be explained most probably by the efficiency of the treatment process by Reverse Osmosis, at the same time, there is a great decrease in minerals such as magnesium and total hardness. Concerning the water discharged (brackish and complexing chemical products), we notice that there is a significant increase of salinity, conductivity and chlorides.

ملخص:

إن زيادة عدد السكان وعدم كفاية موارد المياه العذبة في العديد من دول العالم تشكل مشكلة نقص مياه الشرب، وبالتالي فإن تحلية مياه البحر هي الحل المناسب لهذه المشكلة. تم إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية والحسية لمياه البحر من محطة Ténès، والمياه المحلاة لمحاولة شرح تأثير هذه العوامل المختلفة على البيئة وأيضا إلى أي درجة يمكن أن تؤثر على التضاريس البيئية، بعد التحليلات الفيزيائية والكيميائية، لوحظ وجود انخفاض كبير في تركيز عناصر معينة من المياه المعالجة، وهي الملحوظة، والتي يمكن تفسيرها على الأرجح بكفاءة عملية المعالجة بالتناضح العكسي، في الوقت نفسه، هناك انخفاض كبير في المعادن مثل المغنيسيوم والصلابة الكلية بالترتيب للمياه المرشوشة (المواد الكيميائية قليلة الملح والمعدنية)، لاحظ أن هناك زيادة كبيرة في الملح والوصول وكذلك الكلوريدات.



**Introduction
générale**

Introduction générale

L'eau et l'environnement apparaissent comme deux grands problèmes étroitement liés à l'évolution de l'humanité à l'approche du XXI^e siècle. Il n'y a pas de vie sans eau, c'est une vérité.

Mais, ceci n'implique pas que l'inverse est vrai, il peut y avoir de l'eau sans vie. L'eau est le moteur de la vie, l'élément indispensable à fixer en un lieu toute une population. L'eau est très inégalement répartie, plus d'un tiers des terres de la planète sont désertiques soumises à des déficits en eau toute l'année, ou d'une façon saisonnière. Pour faire face à cette pénurie d'eau, l'homme cherche à "adoucir" l'eau salée pour pallier en certains pays les difficultés de pompage, de captage ou d'extraction de l'eau douce. Jusqu'à ce jour les procédés de dessalement en grande masse d'eau de mer se présentent comme un moyen industriel fiable de production d'eau auquel ont eu recours de nombreux pays.

Toutefois, l'Algérie a lancé ces dernières années, un programme ambitieux d'installations de stations de dessalement pour faire face à des problèmes d'alimentation en eau qui s'accroissent par l'explosion démographique, le développement industriel et agricole ainsi que la sécheresse. Dans ce cadre, la station de dessalement d'eau de mer au niveau de la ville de Ténès fournit de l'eau pure pour combler le déficit en eau potable de la zone côtière.

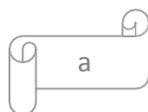
L'Algérie parmi les pays qui utilisent la technique de dessalement des eaux de mer, elle a développé un programme ambitieux dans ce domaine en mettant en place, en premier lieu, 23 stations « Monobloc », réparties sur un littoral qui s'étend sur plus de 1200 Km de long.

Suite à cette expérience, 14 grandes stations avec une capacité totale de 1.940.000 m³/j ont été réalisées entre 2003 et 2011. Notons que la plus grande station a été mise en service en Avril 2015 avec une capacité de 500.000 m³/j, il s'agit de la station de Magtaâ (wilaya d'Oran). Selon les experts, la production d'eau par dessalement de l'eau de mer en Algérie, passe de 500.000 m³/j en 2008, 1.1 million m³/j en 2009 et 2.26 million m³/j en 2011 à 2.580.000 en 2020. [1]

Il y a des exemples sur le même travail antérieurs réalisés sur cette thématique en Algérie et dans le monde :

- **Contribution à l'étude des impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement : cas du littoral de Boumerdes . univ-boumerdes.**
- **Etude paramétrique du procédé de dessalement de l'eau de mer par congélation sur paroi froide , université Claude Bernard Lyon 1**

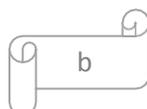
L'objectif de ce travail est d'étudier l'impact des rejets de la station de dessalement de Ténès (wilaya de Chlef) .le mémoire comporte de trois chapitres :

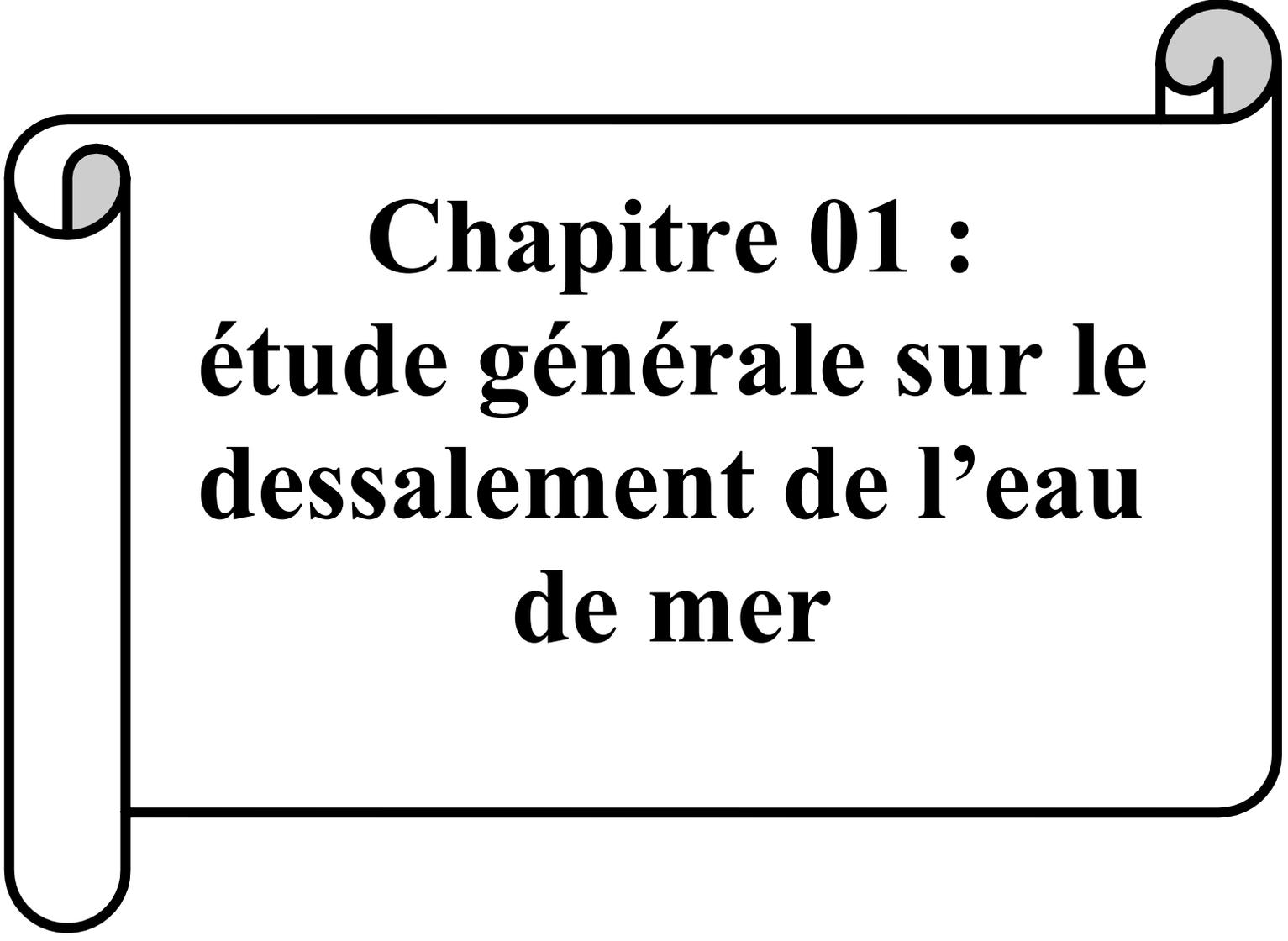


Introduction générale

- Le premier chapitre : étude générale sur le dessalement de l'eau de mer Le premier chapitre présente les caractéristique physique _chimique de l'eau de mer les installations des procédés de dessalement utilisés en Algérie.
- Le deuxième chapitre : l'impacte des rejets en mer sur la production Primaire Cette partie traite les impacts de la station de dessalement sur l'environnement, et les principaux effets du rejets .
- Le troisième chapitre : Etude d'un cas (Station de dessalement de Ténès) Ce chapitre débute par la description générale de la station de Ténès (wilaya de Chlef); elle se poursuit par les principales techniques de dessalement, les prélèvements, les modes appliqués pour les analyses, et finalement l'interprétation et la discussion sur les résultats obtenus.

Nous terminerons ce mémoire par une conclusion générale



A decorative border resembling a scroll, with a thick black line and rounded corners. The top-left and top-right corners feature a grey scroll-like element. The text is centered within the scroll.

Chapitre 01 :
étude générale sur le
dessalement de l'eau
de mer

Chapitre 1 : étude générale sur le dessalement de l'eau de mer :**Définition de l'eau :**

Une molécule d'eau est constituée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène qui peuvent facilement céder leur électron pour se charger positivement.

L'eau se trouve sous trois états : solide, liquide ou gazeux. Une eau potable est une eau propre à l'alimentation, donc dépourvue de tous éléments nocifs. Elle doit être : limpide, incolore, fraîche. Ces qualités sont facilement détectées par nos sens. [1]

Définition de l'eau de mer :

L'eau de mer est une solution complexe qui contient tous les éléments

indispensables à la vie (calcium, silicium, carbone, azote, phosphore, oligo-éléments), des matières organiques (teneur comprise entre 0.5 et 2mg) et, naturellement à l'état dissous, les gaz présents dans l'atmosphère. L'eau de mer est faiblement alcaline. Son pH étant compris entre 7,5 et 8,4. [2]

Composition de l'eau de mer :

L'eau de mer est composée d'eau et de sels ainsi que de diverses substances en faible quantité. L'eau de mer est considérée comme une solution de constituants majeurs qui sont par ordre décroissant d'importance, le chlorure, l'ion sodium, le sulfate, l'ion magnésium, l'ion calcium, l'ion potassium, et le fluorure, le bromure, l'acide borique, le carbonate et le fluorure.

Les deux principaux sels sont Na^+ et Cl^- qui en

s'associant forment le chlorure de sodium principal constituant du sel marin, que l'on extrait dans les marais pour obtenir du sel alimentaire.

Les gaz dissous comprennent principalement : 64% d'azote, 34% d'oxygène, 1,8% de dioxyde de carbone) soit 60 fois de ce gaz dans l'atmosphère terrestre [3]

Tableau 1 : principaux sels dissous pour une eau de mer

Anions	g/kg	Cations	g/kg
Chlorure	19.325	sodium	10.784
Sulfate	2.712	magnésium	1.284
Hydrogénocarbonate	0.108	calcium	0.412
Bromure	0.067	potassium	0.399
Carbonate	0.015	strontium	0.008

Les caractéristique physique – chimique de l'eau de mer :**2-2-1 Caractéristique chimique :****la salinité :**

La salinité mesure la concentration en sels dissous, elle exprime en g/l. Du fait que les quantités de sels dissous sont souvent très inférieures au gramme, l'unité communément utilisée est le mg/l ou encore le p.p. chez les Anglo –on notera que cette dernière unité n'est pas strictement équivalente puisqu'elle exprime des mg/kg.

Les salinités les plus basses se rencontrent au voisinage des pôles. La quantité de sels dissous augmente au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'équateur. Elle dépasse 50g/l dans certaines zones, telles que la côte est de l'Arabie saoudite ou la chaleur est élevée –les hauts fonds favorisent l'évaporation.

Quelques valeurs moyennes de la salinité de l'eau de mer :

- Mer atlantique : 35 g/l
- Mer méditerranée : 38g/l
- Mer rouge : 40 g/l
- Mer persique : 50g/l et plus [4]

l'alcalinité :

L'alcalinité mesure la concentration d'ions de bicarbonate, de carbonate et d'hydroxyde, elle exprime en tant que concentration équivalente de carbonate de calcium [5]

2-2-2 caractéristique physique :**Température :**

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profonde. [6]

la masse volumique :

La masse volumique varie avec la température et la pression, elle passe par un maximum à environ 4 °C. Cette propriété entraîne diverses conséquences, aussi bien dans la nature que dans les stations de traitement. L'eau est considérée comme un fluide incompressible. Mais, en fait, c'est un fluide légèrement élastique. (7)

ph :

le pH de l'eau mesure la concentration des protons H⁺ contenus dans l'eau. Il résumela stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates [8]

3. Définition de dessalement :

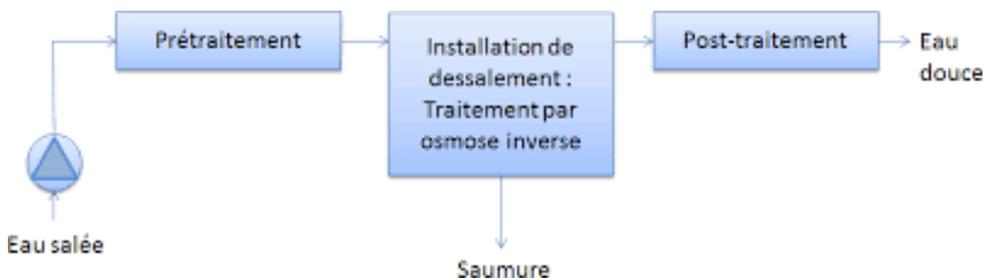
Le dessalement de l'eau (également appelé dessalage ou désalinisation) est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce (potable) à partir d'une eau saumâtre ou salée (eau de mer notamment). Ce qu'il faut retenir, c'est qu'il est plus simple et plus économique de rechercher des sources d'eau douce à traiter (eaux de surface, telles que lac et rivière, ou eau souterraine), que de dessaler l'eau de mer. Cependant, dans de nombreuses régions du monde, comme l'Algérie, les sources d'eau douce sont rares. On se tourne donc vers le dessalement d'eau de mer.(9)

Schéma général d'une installation de dessalement :

Une installation de dessalement peut être schématiquement subdivisée en 4 postes

- Une prise d'eau de mer,
- Un poste de prétraitement
- L'installation de traitement proprement dite;
- Un post-traitement (10)

Figure 1 : Schéma générale d'une inhalation de dessalement



Les principes de l'eau de mer :

Captation de l'eau de mer :

Il s'agit de pomper l'eau de mer vers l'usine de dessalement, afin que cette eau soit de bonne qualité Ainsi deux types de technologie sont utilisés dans cette étape :

- Les forages côtiers : soit verticaux soit sous forme de galerie horizontale permettant d'obtenir une eau de très bonne qualité et relativement stables.

- La prise d'eau de surface : peut être fait en pleine mer. dans les cas idéal, le captage doit être effectué en zone profonde, éloigné de la cote protégé des pollutions et des forts courants.(11)

Le prétraitement :

Le prétraitement de l'eau de mer avant osmose inverse est absolument nécessaire car les membranes sont très sensibles au colmatage et une bonne qualité de l'eau en entrée des modules d'osmose inverse est indispensable pour assurer des performances stables de ce procédé sur le long terme.

Les procédés de prétraitement peuvent être divisés en deux catégories : les prétraitements physico-chimiques et les prétraitements chimiques.

- Les prétraitements physico-chimiques : incluent les pré filtres mécaniques, la clarification, la décantation, la filtration et la microfiltration.
- Le prétraitement chimique : consiste en l'addition d'inhibiteurs d'entartrage, de désinfectants, acidification, injection de séquestrant et coagulation- floculation [12].

- **Prétraitements physico-chimiques :**

- A. **Filtration mécanique :**

Pour une alimentation par prise directe en mer, il convient d'éliminer toutes les matières grossières avant qu'elles ne pénètrent dans le système. Pour ce faire, la conduite de prise en mer doit être équipée d'une crépine. Pour ne pas avoir à nettoyer manuellement les crépines, il est préférable de choisir des crépines à fentes, obtenues par enroulement d'un fil de section triangulaire, dont l'angle est orienté vers l'intérieur de la crépine, dans le sens de la filtration, ce qui les rend peu sensibles au colmatage.

- B. **Coagulation-floculation :**

La coagulation permet de favoriser l'agglomération des colloïdes en diminuant les forces de répulsion électrostatique (liées aux charges superficielles). La floculation consiste à agglomérer ces particules en micro floes puis en floes plus volumineux décantables. Les substances les plus couramment utilisées sont :

- pour la coagulation : la chaux, l'alun, le sulfate ferrique et le chlorure ferrique,
- pour la floculation : les polymères organiques à longues chaînes de masse molaire élevée (13).

- C. **Filtration :** La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en les faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension

ainsi retenus par le milieu poreux s'accumulent, il faut donc nettoyer le milieu de façon continue ou de façon intermittente. La filtration, habituellement précédé suivant les traitements de coagulation-floculation et décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la turbidité et de certains goûts et odeurs (14).

D. Microfiltration :

La microfiltration consiste à éliminer d'un fluide les espèces dont les dimensions sont comprises entre 0,05 à 10 μm . Les espèces sous la forme de solutés ou de particules sont retenues à la surface de la membrane par effet d'exclusion. Les membranes les plus utilisées sont poreuses en polyamides ou polypropylène, ou encore inorganiques (en oxyde métallique ou céramique). La pression transmembranaire varie environ de 0,05 à 3 bars. La microfiltration se prête non seulement à la séparation solide-liquide mais aussi liquide-liquide des émulsions d'huile dans l'eau (15).

• Prétraitement chimique :

Les prétraitements chimiques de l'eau d'alimentation du système d'OI ont pour but essentiel de protéger efficacement les membranes contre l'entartrage et le colmatage respectivement par précipitation et dépôts de sels et les matières biologiques.

A. Acidification et injection de séquestrant :

L'acidification et l'injection de séquestrant (c'est un produit qui retient dans un milieu une substance fermée) ont pour but d'éviter la précipitation des sels normalement dissous dans la zone alimentaire/concentration des éléments d'OI, Si leur concentration dépasse leur produit de solubilité. Mais il peut apparaître des précipitations ponctuelles même si le produit de solubilité n'a pas été atteint en prenant en considération le système membranaire complet, car à certains endroits la valeur du facteur de conversion peut être très élevée, comme par exemple dans les irrégularités de la surface des membranes.

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

maximales. Pour conditionner chimiquement l'eau afin d'éviter les phénomènes d'entartrage, il est utilisé soit :

- Un acide (acide sulfurique, acide chlorhydrique) qui empêchera la précipitation du carbonate de calcium,
- Un séquestrant, pour les autres sels (sulfate de calcium, sulfate de strontium...etc.),
- Une combinaison de deux produits. (16)

B. Désinfection :

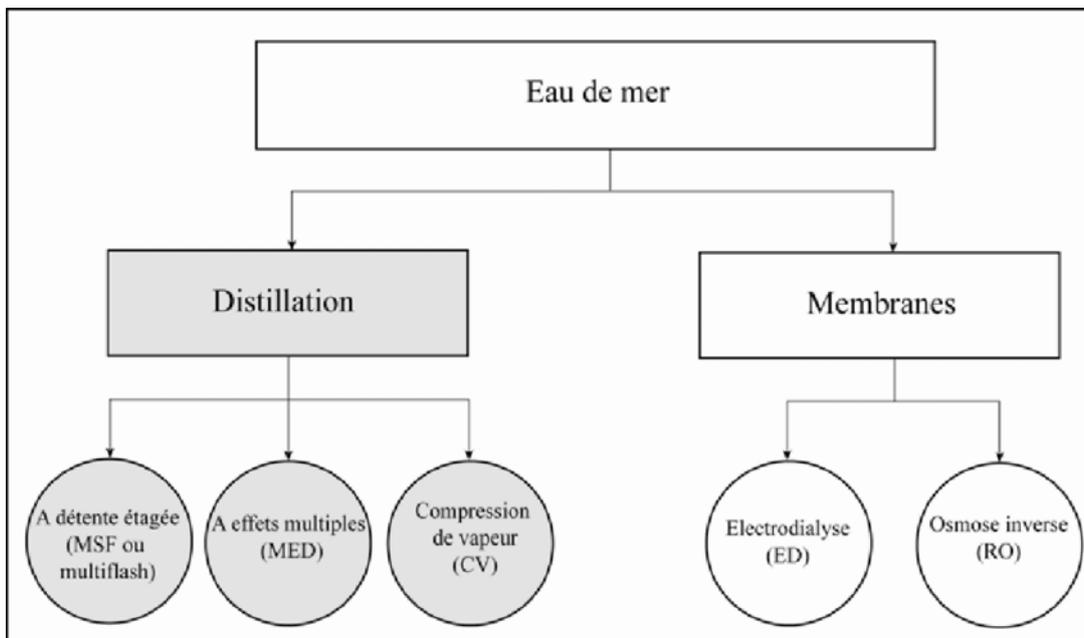
Le but de la désinfection est d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau, afin d'empêcher le développement de maladies hydriques. Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps avec une eau supposée contaminée. Cette définition fait apparaître trois notions importantes : les désinfectants, le temps de contact et la concentration en désinfectant. Les trois principaux désinfectants utilisés pour l'eau potable sont les suivants : le chlore, l'ozone et le rayonnement par l'ultraviolet.

4- Différents procédés de dessalement de l'eau de mer :

Il existe deux principaux types de procédés de dessalement : les procédés membranaires et les procédés par distillation.

A selon le principe sur lequel ils se basent :

Figure 2 : Schéma général des différents procédés de dessalement



Les procédés par distillation :

L'eau de mer chauffée émet une vapeur d'eau pure qu'il suffit de condenser pour obtenir de l'eau douce. Ce principe de dessalement très simple est utilisé depuis longtemps. On distingue essentiellement plusieurs techniques de distillation dont on cite :

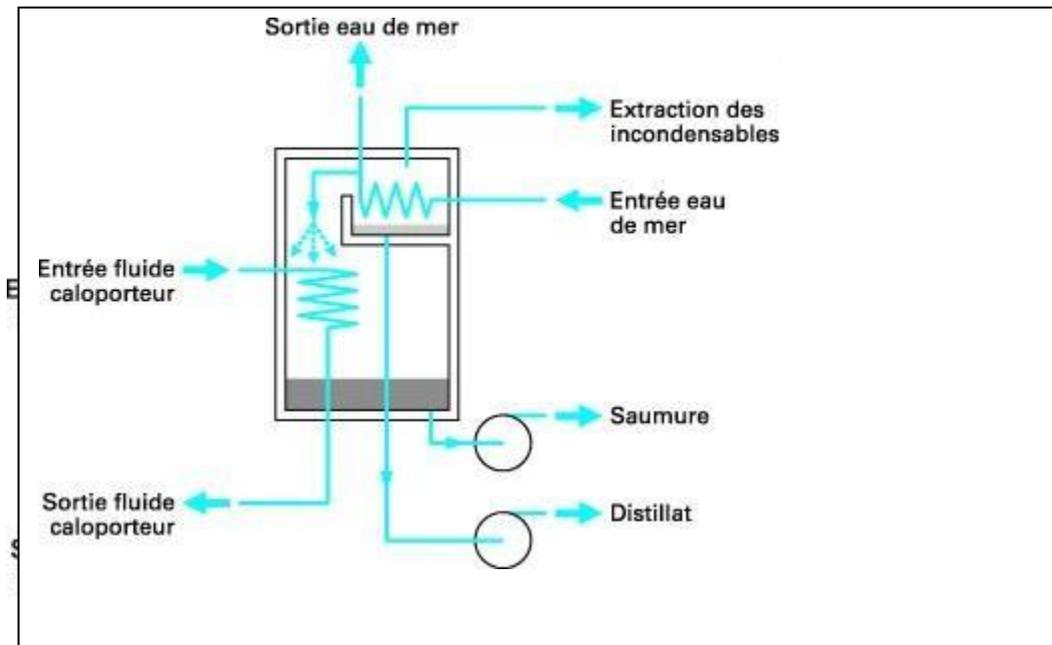
Distillation à simple effet :

Ce procédé est mis en œuvre depuis longtemps sur les navires, où les moteurs Diesel émettent une quantité significative de chaleur récupérable. Son principe est simple : il reproduit le cycle naturel de

l'eau. Dans une enceinte fermée, un serpentin de réchauffage porte à ébullition l'eau de mer (Figure II.3). La vapeur produite se condense au contact d'un deuxième serpentin alimenté par l'eau de mer froide. Un éjecteur (ou une pompe) évacue les gaz incondensables.

Un groupe électropompe soutire l'eau condensée ; un deuxième, l'eau de mer concentrée ou saumure . (17).

Figure 3 : Distillation à simple effet



distillation à multiples effets (Med) :

Ce procédé est basé sur le principe de l'évaporation, sous pression réduite, d'une partie de l'eau de mer préchauffée à une température variant entre 70 et 80°C.

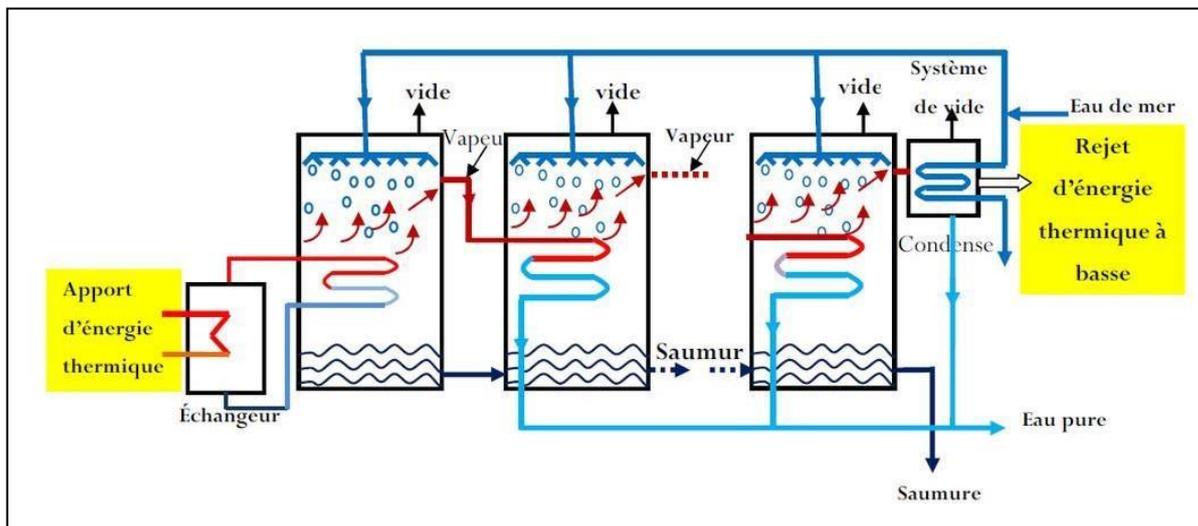
L'évaporation de l'eau a lieu sur une surface d'échange, contrairement au cas du procédé précédent, où elle est assurée par détente au sein des étages successifs. La chaleur transférée au travers de cette surface est apportée soit par une vapeur produite par une chaudière, soit par une eau chaude provenant 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 2ème effet et ainsi de suite (voir figure 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).

Plusieurs technologies d'évaporateurs multiples effets existent :

- Les évaporateurs multiples effets à tubes horizontaux arrosés sont les appareils les plus utilisés actuellement. Dans ces appareils le fluide de chauffage s'écoule dans les tubes horizontaux tandis que l'eau de mer à évaporer est arrosée de façon à s'écouler sous forme de film le plus uniforme possible sur l'extérieur des tubes. La vapeur produite dans la calandre (enceinte cylindrique qui contient le faisceau de tubes) est ensuite envoyée dans les tubes de l'effet suivant où elle cède son énergie de condensation. Ces évaporateurs présentent un très bon coefficient d'échange grâce à l'écoulement en film de l'eau de mer.

C'est la raison pour laquelle ils remplacent actuellement les plus anciens évaporateurs à faisceau de tubes noyés dans lesquels les tubes étaient plongés dans l'eau de mer. (18)

Figure 4 : Distillation à effet multiple (MED)

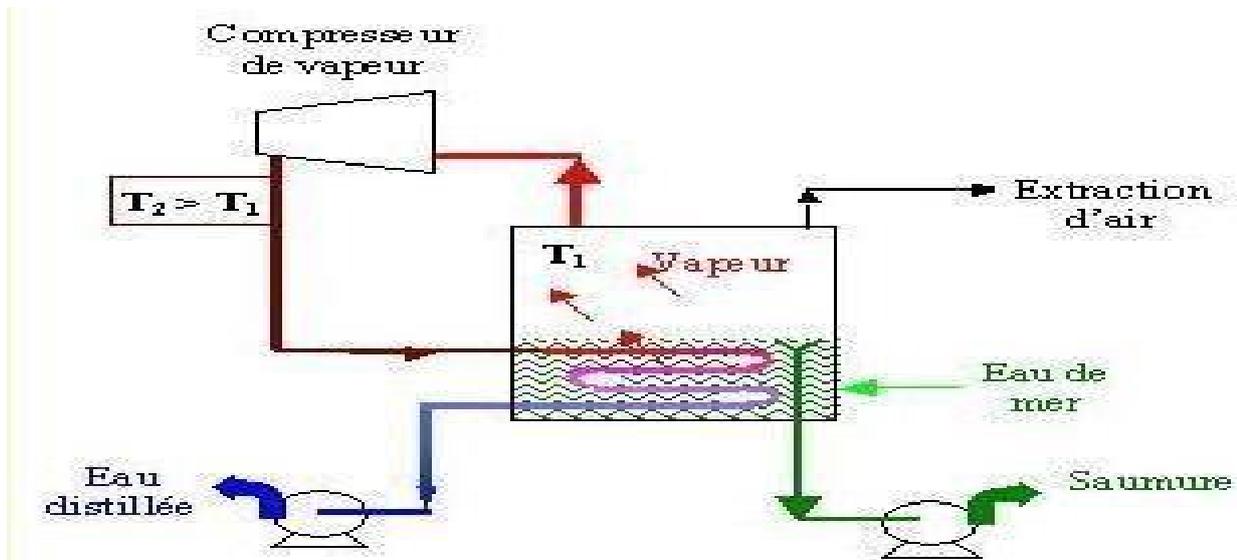


4-4 Distillation avec compresseur de vapeur :

L'eau salée arrive dans un évaporateur, ou elle se vaporise aux environs de 100°C grâce à un serpentin auxiliaire de vapeur qui est ensuite mis hors circuit (Figure 4).

La vapeur d'eau à la pression atmosphérique et vers 100°C est alors aspirée par un compresseur qui la porte à une pression relative de l'ordre de 0,2 bar, avec une surchauffe de l'ordre de seulement 6°C, la vapeur surchauffée passe ensuite dans le serpentin principal de l'évaporateur où elle se condense. Parmi les avantages de la thermo compression c'est son haut rendement, on peut retirer environ 0,8 m³ d'eau douce de 1 m³ d'eau brute. (19)

Figure5 : Distillation avec compresseur de vapeur



4-5

4-4-5 distillation à détente étagée (MSF) :

Ce procédé dit Flash consiste à maintenir l'eau sous pression pendant toute la durée du chauffage ; lorsqu'elle atteint une température de l'ordre de 120°C , elle est introduite dans une enceinte (ou étage) où règne une pression réduite. Il en résulte

une évaporation instantanée par détente appelée Flash.

Une fraction de l'eau s'évapore puis va se condenser sur les tubes condenseurs placés en haut de l'enceinte, et l'eau liquide est recueillie dans des réceptacles en dessous des tubes. C'est l'eau de mer chaude qui se refroidit pour fournir la chaleur de vaporisation, l'ébullition s'arrête quand l'eau de mer a atteint la température d'ébullition correspondant à la pression régnant dans l'étage considéré.

Le phénomène de flash est reproduit ensuite dans un deuxième étage où règne une pression encore plus faible.

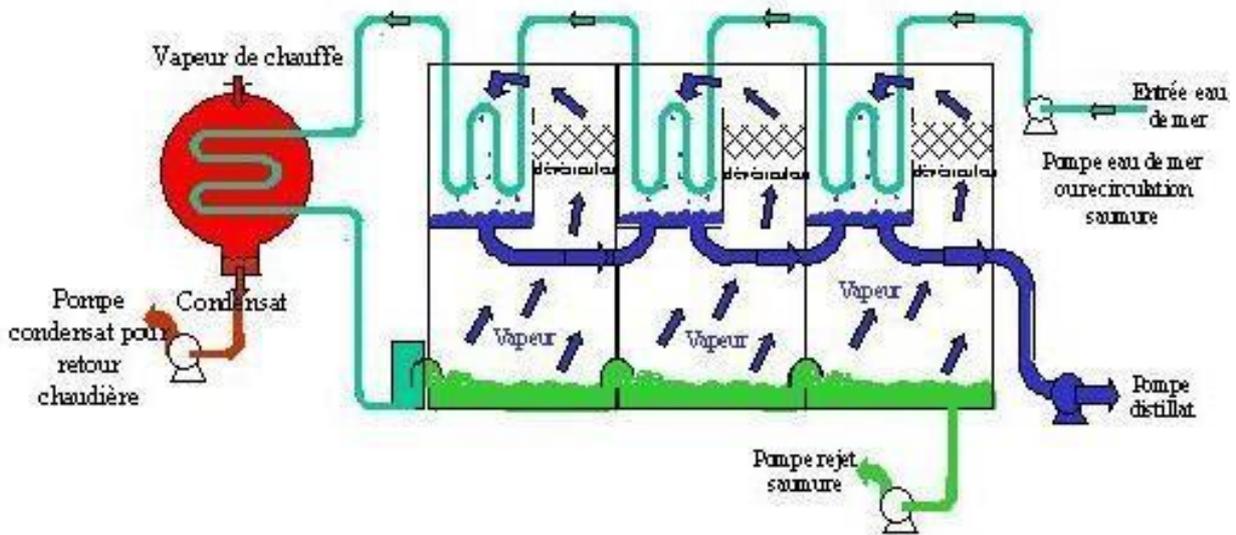
La vaporisation de l'eau est ainsi réalisée par détente successives dans une série d'étages où règnent des pressions de plus en plus réduites. On peut trouver jusqu'à 40 étages successifs dans une unité MSF industrielle.

Pour chauffer l'eau de mer jusqu'à 120°C , l'eau de mer circule d'abord dans les tubes des condenseurs des différents étages en commençant d'abord par le dernier étage où la température est la plus faible, elle est alors préchauffée en récupérant la chaleur de condensation de la vapeur d'eau. Elle est finalement portée à 120°C grâce à de la vapeur à une température supérieure à 120°C produite par une chaudière ou provenant d'une centrale de production d'électricité. On remarque lors du phénomène de flash que des gouttelettes d'eau salée peuvent être entraînées avec la vapeur, elles sont séparées grâce à un dé vésicule constitué par une sorte de grillage qui limite le passage des gouttelettes qui retombent alors au fond de l'enceinte. L'avantage principal du procédé MSF est que l'évaporation de l'eau de mer ne se produit pas autour des tubes de chauffe puisque le liquide « flashe » ceci limite les risques d'entartrage.

L'énergie requise est principalement l'énergie thermique à fournir à la chaudière, cette énergie peut être peu coûteuse si on récupère de la vapeur basse pression à la sortie d'une turbine de centrale électrique.

Il faut également fournir de l'énergie électrique pour les pompes de circulation de l'eau de mer. Le procédé MSF ne permet pas une flexibilité d'exploitation. Aucune variation de production n'est tolérée, c'est pourquoi ce procédé est surtout utilisé pour les très grandes capacités de plusieurs centaines de milliers de m³ d'eau dessalée par jour.

Figure 6 : Distillation à détentez étagées (MSF)

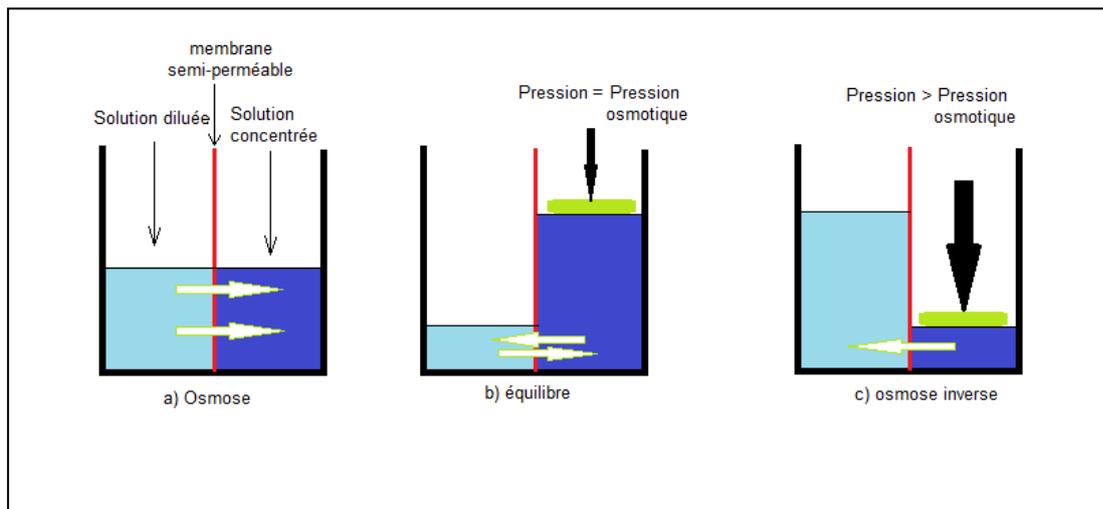


5- Les procédés membranaires :

L'osmose inverse :

Ce procédé s'inspire d'un phénomène physique naturel appelé l'osmose : lorsqu'on met en présence deux solutions de concentration différentes, séparées par une membrane, on observe un déplacement des espèces qui se fait de la solution la moins concentrée à la solution la plus concentrée (schéma a). Si on applique une pression sur la solution la plus concentrée, on observe que ce transfert diminue, et s'arrête même une fois atteinte une pression seuil appelée " pression osmotique " (schéma b). Si la pression appliquée dépasse cette pression seuil, le phénomène s'inverse, et les espèces se déplacent alors du milieu le plus concentré vers le milieu le moins concentré : ce phénomène est appelé osmose inverse (schéma c). Dans le cadre du dessalement de l'eau de mer, la solution diluée est de l'eau pure et la solution concentrée de l'eau de mer. Durant l'osmose inverse, l'eau de mer traverse la membrane séparatrice, se purifiant par les effets flash compression de congélation compression oms.

Figure 7 : principe des phénomènes d'osmose et d'osmose inverse

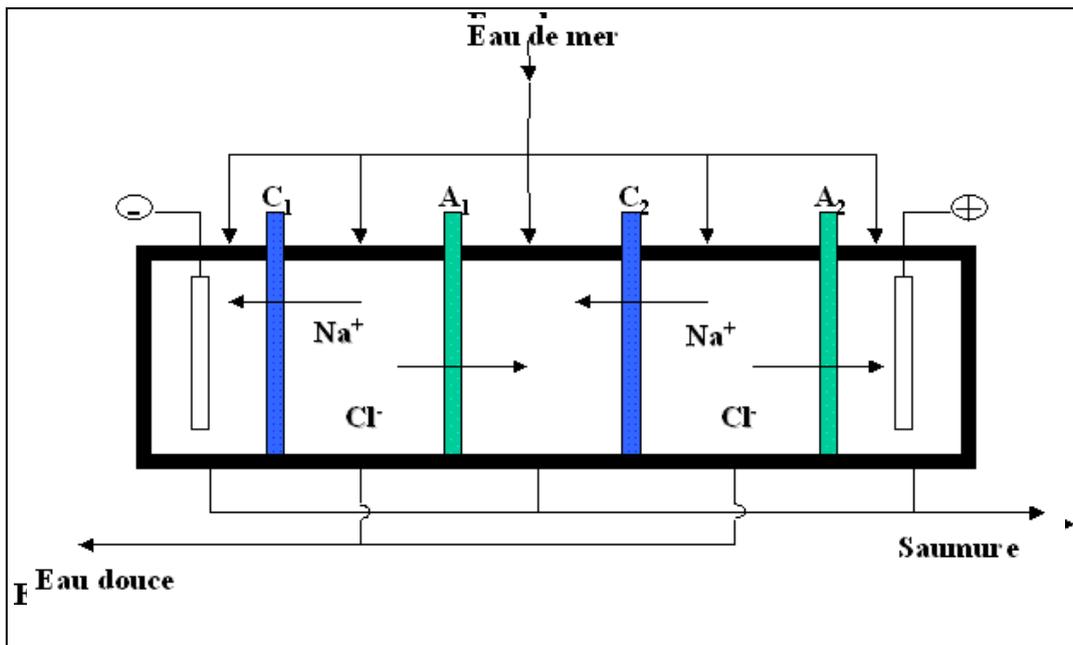


Si la technique présente les avantages d'être facilement modulable (on peut régler la taille des membranes et donc le débit d'eau à dessaler) et celui de n'utiliser que peu de produits chimiques, elle présente néanmoins le gros inconvénient de consommer beaucoup d'énergie afin d'imposer les pressions de travail. De plus il est indispensable traiter l'eau à dessaler en amont afin d'en extraire particules et micro-organismes qui pourraient se déposer sur les membranes et les endommager.

L'électrodialyse :

Le montage est constitué de plusieurs compartiments séparés par des membranes ne permettant le passage que des ions positifs (en bleu clair) ou des ions négatifs (en bleu turquoise). A chacune des deux extrémités se trouve une des bornes d'un générateur de courant. Les compartiments sont alimentés en eau de mer (solution saline avec une forte présence en ions Na^+ et Cl^-). Sous l'effet du courant, les ions positifs se dirigent vers la borne (-) du générateur et les ions négatifs vers la borne (+). Ainsi si certains compartiments se vident de leurs ions, permettant ainsi de récupérer de l'eau dessalée, d'autres se remplissent en ions, créant une solution saline très concentrées appelé saumure (cf. schéma).(20)

Figure 8 : le fonctionnement de procédé l'électrodialyse



Le post-traitement :

L'ajustement du pH :

L'eau produite par un des procédés de dessalement est agressive, son pH est inférieur au pH de saturation. Subséquemment, la correction de pH se fait à l'aide d'une solution alcaline. A ce jour, il existe deux technologies, les saturateurs de chaux et les lits de calcite.(21)

La chloration :

Il est nécessaire d'assurer une étape de désinfection pour éviter toute contamination et développement biologique. Dans ce contexte, il existe de nombreuses méthodes de désinfection de l'eau, mais la plus utilisée est la chloration par l'utilisation d'une solution d'hypochlorite de sodium. La chloration permet de détruire les organismes pathogènes présents dans l'eau et protéger l'eau contre de nouvelles contaminations ultérieures au cours de son transport ou de son stockage. Cette définition fait apparaître trois notions importantes: les désinfectants, le temps de contact et la concentration en désinfectant. Les trois principaux désinfectants utilisés en eau potable sont les suivants : le chlore, l'ozone et le rayonnement par l'ultra-violet.(22)

6- Problèmes techniques rencontrés en dessalement :

Les 3 principaux problèmes que l'on rencontre dans le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres sont :

Entartrage :

L'entartrage est un dépôt de sels minéraux qui a tendance à se former sur les surfaces d'échanges. A cause des ions présents dans les eaux salines (calcium, magnésium, bicarbonates et sulfate) Ces dépôts sont constitués principalement par du carbonate de calcium (CaCO_3), de l'hydroxyde de magnésium ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) et de sulfate de calcium (CaSO_4) etc. Par la diversité de leurs origines, les dépôts de dessalement :

- Réduction de la section de passage ;
- Dégradation des états de surface ;
- Par leur très forte adhérence, les tartres mènent à une constance de débit ;

Augmentation des pertes de charge pour un débit constant .

- Obturation des conduites du fait de la diminution de son diamètre par les dépôts de tartre.(23)

Corrosion :

La corrosion est la dégradation d'une substance, en particulier un métal ou un alliage, provoquée par l'action chimique d'un liquide ou d'un gaz sur la substance.

Le terme corrosion s'applique plus particulièrement à l'action graduelle d'agents naturels, tels que l'air ou l'eau salée sur les métaux. Les principales conséquences de la corrosion sont :

- Rupture des conduites
- Augmentation de la rugosité
- Fuites d'eau
- Pollution de l'eau produite par des agents extérieurs. (24)

Colmatage :

OuFuling Les eaux naturelles (eaux de mer ou eaux saumâtres) contiennent la plupart du temps des matières organiques en suspension qui vont avoir tendance à se déposer sur les surfaces d'échange et à les colmater. Il va en résulter une augmentation de la résistance de transfert et une diminution de la capacité de production de l'installation. Le développement de microorganismes, dans les parties des installations où les conditions physico-chimiques le permettent, peut accentuer le phénomène par suite de la formation de films biologiques sur les surfaces de transfert. Le colmatage a comme conséquences :

- Une augmentation de la perte de charge

- Une augmentation du passage de sels, le colmatage empêche la retro diffusion des sels rejetés par la membrane
- Une perte de flux.(24)

Tableau 2: Avantages et inconvénients des membranes organiques.

	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Acétate de cellulose	Perméabilité élevée Sélectivité élevée Mise en oeuvre assez aisée Adsorption des protéines faible => colmatage moindre	Sensible à la température Sensible au pH Sensible au chlore Sensible au compactage Sensible aux microorganismes
Type Polyamide	Bonne stabilité chimique, thermique et mécanique.	Grande sensibilité aux oxydants Faible perméabilité Phénomènes d'adsorption
Type Polysulfone	Bonne stabilité thermique Bonne tenue au pH Résistance au chlore	Sensible au compactage Adsorptions
Matériaux acryliques	Bonne stabilité thermique et chimique Stockage à sec possible	Faible résistance mécanique Pores de diamètres assez élevés
Matériaux fluorés	Bonne stabilité thermique et chimique	Faible perméabilité Microfiltration uniquement
Membranes composites	Bonnes caractéristiques : perméabilité et sélectivité Stabilité de pH 2 à 11 Bonne tenue en température	Mauvaise tenue au chlore

7- Dessalement en Algérie :

L'expérience algérienne en matière de dessalement des eaux est étroitement liée au développement de l'industrie et tout particulièrement de l'industrie pétrolière et sidérurgique. Le recours au dessalement en vue d'un usage destiné exclusivement à l'alimentation de la population en eau potable est quasi-inexistant. Une seule expérience a été tentée dans une situation où il n'existait aucune autre solution. Il s'agit de l'unité de déminéralisation d'OuedDjellaba dans la Wilaya de Biskra (Sud-Est Algérien). En 1964, trois petits blocs de 8 m³/h chacun ont été installés au complexe Gaz liquéfié d'Arzew (ville côtière à l'ouest du pays). Le procédé utilisé est la distillation à multiple effet. En 1969, une autre installation a vu le jour à Arzew avec une capacité de production de 4560 m³/j. Le procédé utilisé est le multi stage flash.

D'autres installations ont été mises en exploitation pour les besoins en eau de haute pureté nécessaire au processus des complexes de production (Cap Djanet à l'Est d'Alger) et l'industrie de liquéfaction (Arzew et Skikda). des Eaux (entreprise nationale) qui a amorcé la première expérience en matière de dessalement de l'eau de mer par la réalisation de 23 stations monobloc, d'une capacité totale de 57.500 m³/j, dans l-e cadre d'un programme d'urgence, dans les wilayas de Tlemcen, Oran, Tipaza, Alger, Boumerdès, Skikda et Tizi-Ouzou et 14 grandes stations d'une capacité totale de 1.940.000 m³/j sont mises en service en 2003 et 2005.

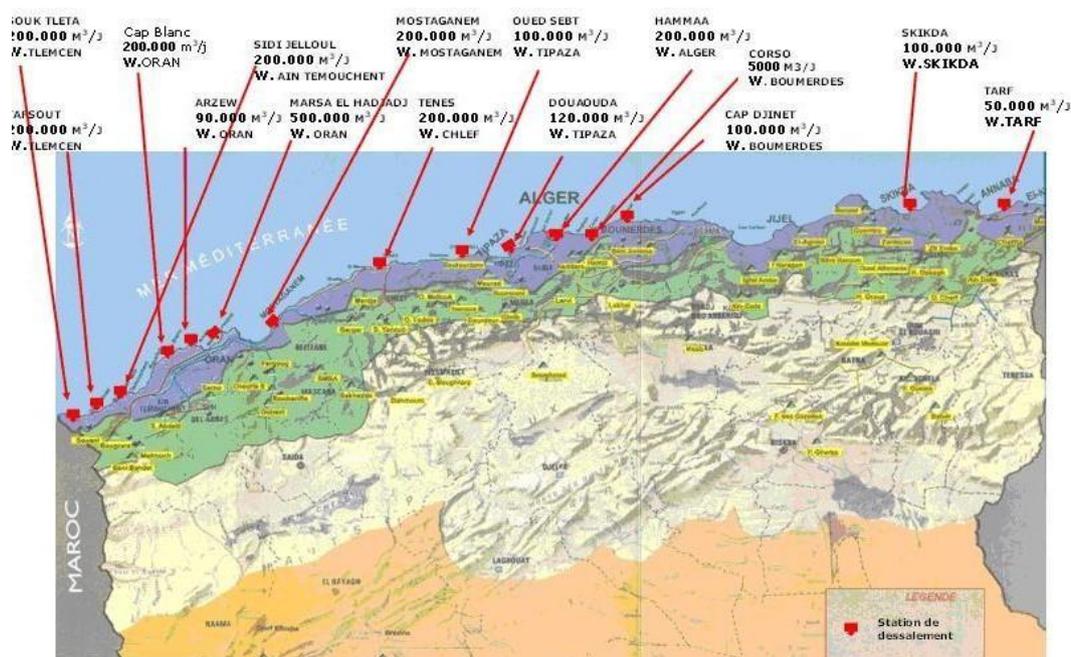
Des autres stations sont mises en service dans les années 2009, 2010 et 2011. Il s'agit notamment des stations de Skikda (100 000 m³/j), Beni Saf (200 000 m³/j), Souk Tlata et Honaine à Tlemcen (200 000 m³ /j de chacune), Mostaganem (200 000 m³/jour), Fouka et Oued Sebt à Tipaza (respectivement 120 000 m³/j et 100 000 m³/j) et Cap Djanet à Boumerdès (100 000 m³/j). Des autres stations sont, également, en cours de réalisation à la wilaya de Chleff (200 000 m³/j), El Taraf (50 000 m³/j) et la plus importante station est celle de Mactaâ, à Mostaganem, avec une capacité de production de 500 000 m³/j. La production en eau dessalée sera, selon les experts, passe de 500 000 m³/jour en 2008 à 1 100 000 m³/jour en 2009 et 2 260 000 m³/j en 2011 pour atteindre 4 m³/j en 2020. (25)

Tableau 3 : Grandes station de dessalement de l'eau de mer en Algérie Oran
BouSfer 5 000 33 330

Station de dessalement	Capacité Production (m³)	Type de procédé utilisé	Etat d'avancement
Complexe Kahrama –Arzew	90 000	MSF	En exploitation
Usine de HWD -Hamma	225 000	RO	En exploitation
Usine de ADS – Skikda	100 000	RO	Travaux en Cours
Usine BWC – Beni Saf	200 000	RO	Etude achevée
Usine dz SMD – Cap Djinet	100 000	RO	Etude achevée
Usine MT – Fouka	120 000	RO	Etude cours
Usine de MSTMM –	200 000	RO	Etude achevée

Mostaganem			
Usine MBH - Honaine	200 000	RO	Etude achevée
Usine de Souk Tlata	200 000	RO	Etude en cours
Usine d'El Tarf	50 000	RO	Etude achevée
Usine de Macta	500 000	RO	Etude en cours
Usine de Ténés	200 000	RO	Etude en cours
Usine de OudeSebt	100 000	RO	Etude en cours
TOTAL	2 258 880		

Figure 9: les différentes stations de dessalement en Algérie



8 Le coût de dessalement :

Le coût du dessalement a baissé de moitié au cours des dix dernières années, avec cependant une remontée de prix récente, conséquence de la hausse du coût des matières premières, dont l'acier inox. Au plan économique, les coûts d'investissement sont de 1000 à 1200 €/m³/j pour la distillation thermique MED, et de 900 à 1000 €/m³/j pour l'osmose inverse. Le coût de l'eau dessalée est estimé en faisant la somme des trois postes suivants : charges financières, coût de l'énergie, coûts de conduite exploitation et entretien. Le coût de l'eau saumâtre dessalée est nettement inférieur à celui

l'eau de mer dessalée. Il ressort, pour de grandes unités, à 0,2 à 0,3€/m³ en eau saumâtre contre 0,4 à 0,6€/m³ en eau de mer (Source Constructeurs, coûts vérifiés).

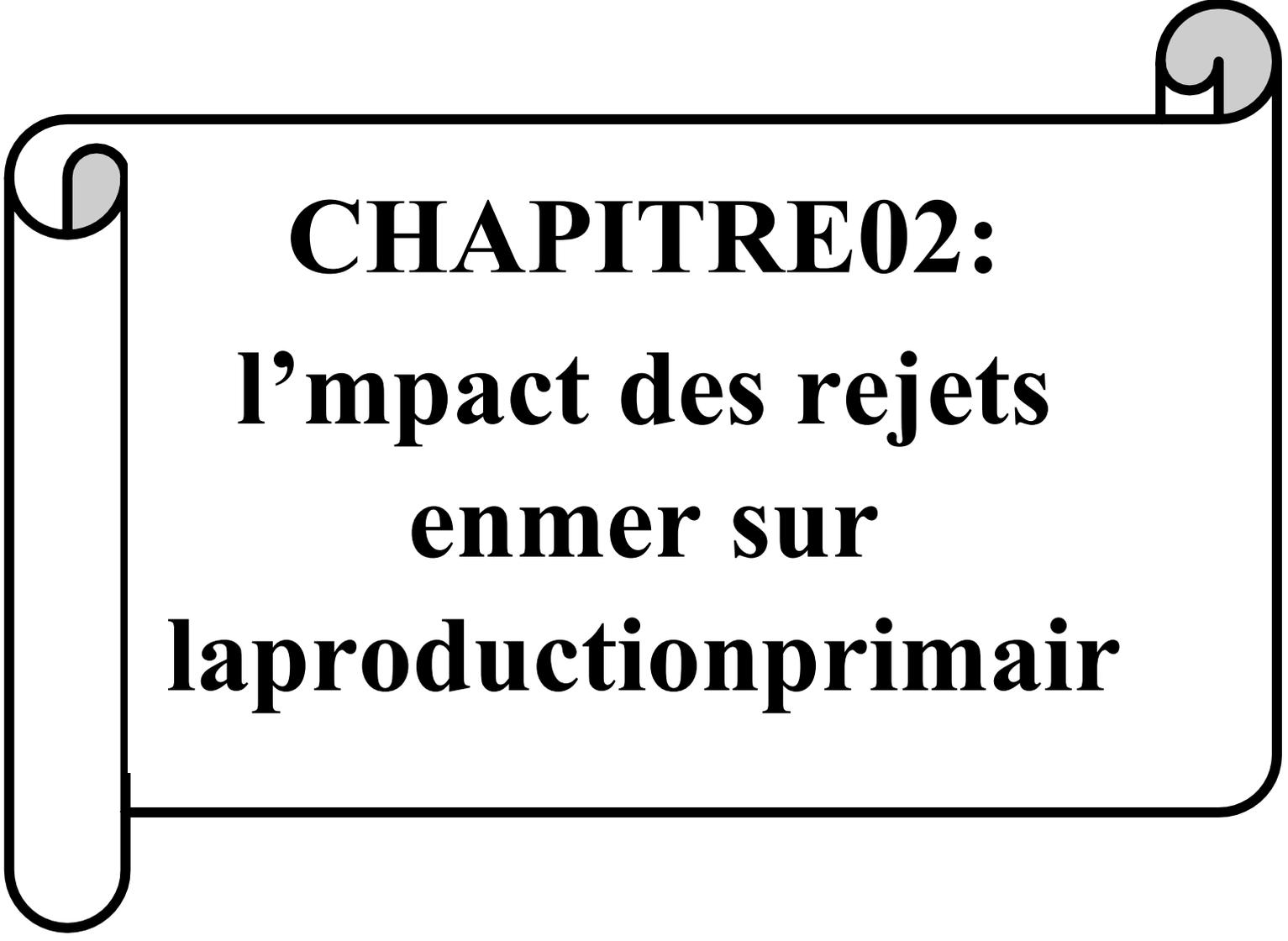
Ces chiffres sont plus élevés pour des unités plus petites, moins performantes ou anciennes, et bien sûr très sensibles au coût de l'énergie électrique qui diffère selon les pays, et qui est moins élevée dans les pétroliers et gaziers comme l'Algérie et les pays du Golfe. L'effet de taille fait le coût de l'eau douce obtenue, d'où l'intérêt de construire des installations de capacité importante, si la demande le justifie comprise entre 0,1 et 0,3 €/m³ et celui de la réutilisation des eaux usées entre 0,3 et 0,5 €/m³. L'eau dessalée pour de grandes unités coûte donc environ 2 fois plus que l'eau conventionnelle et 1,5 fois plus que l'eau réutilisée, mais avec de grandes différences selon les situations de terrain.

A capacité identique, le recyclage des eaux usées est nettement moins cher que le dessalement d'eau de mer (l'énergie dépensée est réduite au moins de moitié). (26)

Conclusion :

Le dessalement est l'une des solutions efficaces et maîtrisées techniquement, pour la mobilisation des ressources en eaux supplémentaires. L'osmose inverse a connu un développement technologique avec l'apparition des membranes en polyamides sur le marché dont la durée de vie est plus importante. Il s'agit d'une technique performante qui peut être utilisée sur une grande plage de concentration ; comparé à l'électrodialyse et à la distillation qui sont réservés à des domaines plus spécifiques.

En ce siècle, le dessalement sera un enjeu majeur partout dans le monde. Cependant, il ne faut pas négliger l'impact écologique des rejets de concentrat



CHAPITRE02:
l'impact des rejets
en mer sur
la production primaire

CHAPITRE II : l'impact des rejets en mer sur la production primaire :

1- origine et type des émission et rejets :

Émissions atmosphériques :

En général, les émissions atmosphériques des usines de dessalement consistent seulement en azote et oxygène provenant d'usines de distillation qui utilisent des procédés de désaération pour réduire la corrosion, en rejets des éjecteurs (usines MSF) ou des dégazeurs (usines OI).

En outre, la production d'énergie destinée à être utilisée dans les usines de dessalement accroît les émissions atmosphériques. Des augmentations substantielles des émissions atmosphériques peuvent également se produire si une centrale thermique ou une installation de production couplée est construite dans le cadre d'un projet de dessalement.

Une méthode permettant d'évaluer l'énergie destinée au dessalement, présentée par Wade et Fletcher (1995) (38), donne les apports thermiques ci-après (tableau 2 : pour des usines types, par kilogramme d'eau produite.

Tableau 4 : Méthode permettant d'évaluer l'énergie destinée à une usine de dessalement, avec les Apports thermiques par kg d'eau produite, pour des usines types, Wade et Fletcher, 1995

Procédé de dessalement		
Centrale associée	ISF	OI
	Cycle combiné	Cycle combiné
Consommation de chaleur du procédé de dessalement en kJ/kg	282	-
Consommation d'électricité du procédé de dessalement en kWh/m ³	3.6	7.5
Énergie de combustible pour la production d'eau .kJ/kg	149	75.0

Cette comparaison des besoins respectifs en énergie de ces procédés de dessalement montre que l'OI a une consommation

d'équivalente énergie plus réduite que la distillation MSF. Comme les émissions atmosphériques dues à un procédé de dessalement sont directement en rapport avec ses besoins respectifs en énergie, il va de soi que les émissions dues à l'OI sont moindres que celles dues à la MSF.

L'étude d'(Afghan et al, 1999) , qui porte sur des usines de dessalement des pays du Golfe a permis de calculer des indicateurs de durabilité qui ont confirmé ce qui précède, ainsi qu'il ressort des tableaux

Tableau 5 : Indicateurs de durabilité pour une usine MSF à production simple

Indicateur de ressources en combustible, kg combustible /m3	11
Indicateur environnemental pour CO2, kg CO2/m3	6
Indicateur environnemental pour SO2, kg SO2/m3	0,09
Indicateur environnemental pour NOx Kg Nox/m3	0,06

Tableau 6 : Indicateurs de durabilité pour une usine OI avec une source locale d'énergie électrique

Indicateur de ressources en combustible, kg combustible /m3	1,8
Indicateur environnemental pour CO2, kg CO2/m3	6
Indicateur environnemental pour SO2, kg SO2/m3	0,005
Indicateur environnemental pour NOx Kg Nox/m3	0,009

Rejets chimiques :

Toutes les usines de dessalement utilisent des produits chimiques pour le prétraitement de l'eau d'alimentation ainsi que le post-traitement de l'eau produite. La plupart des produits sont utilisés avant tout comme agents biocides, antitartre, antisalissure et anti mousse, et ils finissent par modifier la composition de la saumure concentrée. La présence de certains métaux, qui sont des produits de la corrosion du circuit, influent aussi sur la composition de la saumure concentrée.

Ces produits chimiques ne sont pas les mêmes pour les principaux procédés de dessalement, à savoir MSF et l'osmose inverse. Les phases de pré- et de post-traitement des procédés de production d'eau potable Les produits chimique rejetés dans le milieu marin se répartissent entre les catégorie suivantes:

Produits de la corrosion :

Les usines de dessalement à procédé thermique rejettent du cuivre, du nickel, du fer du chrome, du zinc et d'autres métaux lourds en fonction des alliages présents dans la filière de production, comme par ex. le titane (Schippers, 2000) (34). En termes de concentrations, celles du cuivre et du fer sont les plus élevées (Hoepner, 1999) (21). Par exemple, la plus faible valeur de cuivre relevée dans l'effluent de l'usine de dessalement d'Al-Khobar était de 20ppb (Oldfield, 1996) (31), contre des concentrations naturelles de base dans l'eau de mer de 0,12 ppb plus de 10 kg de cuivre seront rejetés sur le site avec les 500 000 m³ de saumure p(Kennish, 1999) et de 0,07ppb (Lääne, 1992) (24). Pour la Méditerranée, les niveaux de cuivre dans l'eau de mer couvrent une large gamme de valeurs: l'intervalle des concentrations dans les eaux du large est de 0,04-0,70 ppb, alors que pour les eaux côtières l'intervalle est de 0,01-50 ppb (UNEP, 1995) (37). Si l'on admet une valeur de 20 ppb de cuivre dans l'effluent de saumure d'une usine de dessalement ayant une capacité de 50 000 m³ par jour et un taux de conversion de l'eau de 10%, alors ar jour.(27)

Tableau 7 :Résumé des phases de pré-(a) et post-(b) traitement au cours de la production d'eau potable par dessalement (Mickley et al., 1993) (39)

(a) Phase de pré-traitement Objet produits	Objet	Produits chimiques ajoutés	Devenir des Produits
Ajustement du pH à 7	Diminue la concentration de carbonate (et la précipitation de carbonate). Protège la membrane contre	Acide (H ₂ SO ₄)	Modifie le pH de l'eau produite et de la saumure concentrée, le sulfate est retenu dans la saumure

	l'hydrolyse		concentrée
Antitartre	Prévient la formation de tartre sur les membranes	Agents chélateurs et dispersants	Les complexes formés sont retenus dans la saumure concentrée

(a) Phase de pré-Traitement	Objet	Produits chimiques ajoutés	Devenir des Produits
Coagulation-filtration	Prévient les salissures et l'encrassement des membranes	Coagulants-floculants	Les agents floculants formés se séparent par décantation et sont éliminés par filtration
Désinfection	Prévient l'encrassement biologique et l'élimine les microorganismes qui se nourrissent des matières des membranes	Chlore (ou biocides, UV)	Chlore également réparti dans le perméat et la saumure concentrée
Décoloration	Protège les membranes	Bisulfate de	Réagit avec le chlore

	sensibles au chlore	sodium ou charbon actif granulaire (CAG)	pour former du sulfate et du chlorure qui sont retenus dans la saumure concentrée
Élimination des gaz Dissous	Élimine les gaz nauséabonds, C, le radon et HS	Aération, Dégazage	
Ajustement du pH à 7	Prévient la corrosion du système de distribution, protège la flore et la faune aquatiques en cas de rejet en surface	Noah, carbonate de sodium anhydre, chaux	Accroît le niveau de sodium dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
Désinfection	Prévient la prolifération bactérienne dans le système de distribution, protège la flore et la faune aquatique si nécessaire	Chlore (ou Chlorométrie)	Le chlore est retenu dans l'eau produite et dans la saumure concentrée

Réduction du niveau de chlore	Élimine le chlore et d'autres oxydants	Bisulfite de sodium ou CAGE	Accroît les niveaux de sulfates et de chlorures dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
Oxygénation	Accroît l'oxygène dissous à un niveau concourant au développement de la flore et de la faune aquatique	Aération	Accroît l'oxygène dissous dans la saumure concentrée
Élimination d'autres formes chimiques	Diminue tous les polluants susceptibles d'être présents dans l'eau produite et dans la saumure concentrée	Est fonction des formes chimiques	

Cet aspect est très préoccupant puisque, en Méditerranée, le nombre des usines MF de dessalement d'une capacité de production de 40 000 et 50 000 m³/jour s'accroît rapidement.

Les produits de la corrosion ne sont pas si importants dans le procédé OI

Puisque celui-ci se déroule à des températures ambiantes et que les parties métalliques du système sont surtout en acier inoxydable. Ainsi, à l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre), la

concentration de cuivre que l'on a relevée dans l'eau de mer, près de l'émissaire de la saumure, était inférieure à 1 ppb (Zimmerman, 1999).

Agents antitartre :

Les dépôts de tartre se forment sur les surfaces du matériel de dessalement industriel. La présence de tartre entraîne inmanquablement des difficultés d'exploitation et/ou une perte de rendement. Dans le procédé par distillation, le tartre réduit le taux de transfert de la chaleur à travers les parois atteintes et réduit le débit de liquide dans les tuyaux.

Différentes méthodes sont appliquées pour prévenir l'entartrage dans les procédés par distillation. Les poly phosphates, qui retardent les dépôts de tartre, sont un agent antitartre précoce, peu onéreux, mais d'une efficacité restreinte et qui a pour inconvénient d'être thermolabile: il est hydrolysé en ortho phosphate à des températures supérieures à 90°C. Ces dernières années, l'utilisation de ce produit chimique a été notablement réduite. (27)

Agents anti mousse :

Les salissures («fouling») constituent un processus à phases multiples dans lequel interviennent de nombreux groupes d'organismes. Elles commencent par l'adsorption de substances polymères de l'eau non traitée sur les surfaces solides, ce qui permet la formation d'un film précurseur pour la colonisation par des bactéries.

À ce premier biofilm adhèrent des épiphytes, puis des micro algues, des protozoaires et des champignons, et enfin des débris, détritus et particules inorganiques.

Depuis longtemps, les composés de chlore sont utilisés pour désinfecter les systèmes d'apport d'eau de mer et l'usine située en amont, afin de prévenir les salissures.

Habituellement, on ajoute du chlore à raison de 2ppm. Un procédé bien conduit vise à obtenir une concentration de chlore nulle à l'émissaire.

À l'usine de Sitra (Phase I) de Bahreïn, de l'eau de Javel est ajoutée en continu pour conférer une teneur équivalant à 2 ppm de chlore. Le taux d'injection est contrôlé de manière à maintenir un niveau de chlore résiduel de 0,2 ppm à l'émissaire (Burashid, 1992)

À l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre), le niveau de chlore dans la saumure est effectivement nul. Quand l'eau de lavage à contre-courant est rejetée avec la saumure, le niveau de chlore est de 0,23 ppm.

D'autres biocides comme les sels de cuivre ont été essayés avec un succès variable et, en de nombreux sites, le rejet de cuivre dans la saumure est très inférieur à 1 mg/l. Cependant, ce niveau est

encore peu satisfaisant en raison du dommage qui peut en résulter pour l'environnement par suite de l'accumulation du métal (Morton et al, 1996)(27)

Agents anti mousse :

La mousse produite par l'eau de mer aux étages du procédé de distillation

Multiflashes imprévisible mais a tendance à poser un problème plus grave quand les séparateurs sont proches de la surface du courant de saumure, ce qui ne permet de séparer qu'un volume réduit en phase aqueuse et phase vapeur.

Les agents anti-mousse sont habituellement des polyglycols alkylés, des acides gras et des esters d'acides gras. Les agents sont tensio-actifs à l'interface eau-vapeur et empêchent la formation de mousse. On ajoute habituellement ces produits à raison de 0,1ppm, mais on observe fréquemment un surdosage. La formation de mousse est une fonction des constituants organiques de l'eau de mer qui sont principalement des produits d'excrétion et de dégradation d'algues planctoniques. Dans le cas de l'OI, il est nécessaire d'ajouter des agents anti-mousse.(28)

2 Impact sur l'environnement :

Les divers types de polluants résultant des différents procédés appliqués dans les usines de dessalement (distillation et osmose inverse). En plus de la concentration élevée des sels, la saumure déchargée contient de divers produits chimiques utilisés dans l'étape de prétraitement et de post-traitement de l'unité de dessalement.

Une grille présentant les impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement est reproduite sur le tableau .(28)

Tableau 8 :Grille d'impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement. (PNUE, 2001)

Impact	Origine de l'impact	Degré d'impact
-Pollution thermique Réduction de l'oxygène dissous dans les eaux réceptrices, -Effets nocifs pour les espèces Thermorésistantes	- saumure chaude	M M
Salinité accrue Effets nocifs pour les espèces résistantes aux sels	- saumure concentrée	M
Désinfectants	Chlore et ses composés Réaction du chlore avec des composés	E

	organiques hydrocarbures principalement	
Métaux lourds	Corrosion du matériel de l'usine	M
Produits chimiques : - Eutrophisation des eaux réceptrices - Toxicité - Hausse du pH	-Adjonction d'agents -Anticorrosion et antitartre	E F F
-Pollution atmosphérique -Pluies acides -Effet de serre -Poussières	Utilisation de combustibles et activités d'élimination	F M M
chez les animaux aquatiques	d'excavation et de dragage	M
Bruit	-Activités de construction -Pompes et autres appareils au cours de l'exploitation de l'usine	F

E- Impact de degré élevé M- de degré moyen F- de degré faible

3 Impacts liés aux rejets :

Les scientifiques s'accordent sur le fait que les impacts des effluents issus de ces usines sont principalement dus à la forte concentration en sel et dans une moindre mesure à la présence de produits chimiques (utilisés pour le fonctionnement de l'usine) et à la température potentiellement élevée de ces eaux.

Les rejets des usines de dessalement sont soumis aux réglementations du protocole « Tellurique » de la convention de Barcelone à laquelle ont adhéré de nombreux pays européens côtiers de la méditerranée : France, Espagne, Israël, Egypte, Liban, Lybie, etc.

Cette convention prévoit des valeurs limites de rejets pour de nombreux éléments (sels, chlore, température, etc.) et l'obligation de réaliser une étude d'impact (dossier examinant les conséquences environnementales d'un projet) avant la construction de l'usine.

4 Impacts liés à la salinité :

La principale caractéristique des eaux rejetées par les usines de dessalement est sa forte salinité. On la qualifie ainsi de saumure. Pour les usines à procédé thermique, le taux de conversion de l'eau de mer en eau douce est en par des eaux de refroidissement (eau de mer classique), ce qui donne donc un effluent seulement 5% plus concentré que l'eau de mer naturelle.
fois plus concentrée .

La forte salinité des eaux de rejets est à l'origine des principaux impacts des usines de dessalement sur les écosystèmes marins. Le rejet de saumure dans la mer aboutit en effet à la formation d'un système stratifié de couches de plus en plus salées en allant vers le fond, ce qui diminue les brassages entre eau de fond et eau de surface.

Dans certains cas et en fonction des courants marins locaux, 40% de la zone environnante est recouverte de sel. Ce phénomène peut conduire à des modifications du milieu local

- Anoxie (absence d'oxygène) au niveau des fonds marins : la diminution des brassages associée à la présence d'espèces consommatrices d'oxygène peut conduire à des périodes d'anoxie du fond marin.
- Diminution de la lumière : la présence d'eau hyper salée provoque la formation d'un brouillard qui rend difficile le passage de la lumière, affectant ainsi la photosynthèse des espèces marines végétales. (29)

5-Effets des rejets de produits chimiques :

Certains des composés chimiques rejetés par les usines de dessalement peuvent avoir des conséquences sur les écosystèmes marins. Par exemple, il a été montré que les produits antitartres rejetés par les usines de dessalement étaient des éléments nutritifs qui stimulaient la productivité primaire. Ces produits peuvent donc induire une prolifération d'algues dans des milieux qui habituellement en comptent peu, comme en mer méditerranée. De même, les produits anticalcaires rejetés par ces mêmes usines auraient des effets stérilisants sur certains organismes.

Les rejets de saumure issus des usines d'osmose inverse ne contenant que des traces de certains métaux lourds, la contamination du milieu induite est généralement peu importante et donc sans effet pour la faune et la flore locale. En revanche, les quantités de métaux lourds rejetés par les usines à distillation sont plus élevées et, pouvant donc affecter les organismes situés dans la zone de rejet, car ils se retrouvent dans les matières en suspension dont se nourrissent les microorganismes planctoniques.

A partir de certains seuils de concentrations, ces matières sont toxiques voire mortelles et peuvent déstabiliser certains échelons du réseau trophique et les équilibres de l'écosystème. La saumure contient également les résidus des produits chimiques ayant servi aux prétraitements, dont certains peuvent entraîner une acidification de l'eau, affectant certains organismes et en particulier les coraux.

Le

méta bisulfite de sodium, utilisé pour la décoloration de l'eau d'alimentation ou en tant que biocide, a également un effet toxique, sur le phytoplancton notamment.

Certaines de ces substances sont, en plus, bioaccumulables, et peuvent donc se retrouver très concentrées en haut de la chaîne alimentaire, dans les poissons notamment.

Effets dus aux produits de la corrosion :

Comme on l'a déjà relevé, les usines de dessalement par distillation rejettent des métaux tels que le cuivre, le nickel, le fer, le chrome et le zinc dans le milieu marin.

Ces métaux ne se trouvent pas à l'état d'ions libres mais forment des complexes inorganiques et organiques qui sont adsorbés sur les matières en suspension et déposent en s'accumulant dans les sédiments. Comme, dans ce cas, le problème ne réside pas dans la concentration effective du métal mais dans sa charge totale atteignant l'environnement, on peut atténuer les effets en diluant le rejet.

Une étude d'impact sur l'environnement, menée à une usine de dessalement

MSF en service à Key West (Floride, USA) au cours des années 1960 et jusqu'au milieu des années 1970, a montré que les concentrations de cuivre, qui étaient souvent 5 à 10 fois plus élevées que les concentrations ambiantes, s'avéraient toxiques pour les organismes marins (California Coastal Commission, 1991) (14). De même, la contamination de sédiments par des métaux lourds a été établie à la proximité d'un site de rejet de saumure concentrée à une usine de dessalement OI d'Arabie saoudite (Sadiq, 1995).

Effets dus aux additifs antitartre :

Une action précoce contre l'entartrage est obtenue avec l'adjonction de phosphates polymères. L'ortho phosphate, produit de l'hydrolyse des poly phosphates, est un macroélément nutritif qui stimule la productivité primaire.

Dans une zone marine oligotrophe comme la mer Méditerranée, le rejet d'un macro-élément nutritif peut avoir des effets, drastiques tels que des efflorescences algales, des proliférations d'algues macroscopiques, etc.

Ces dernières années, les agents antitartre les plus largement utilisés ont été les polymères de l'acide maléique. L'utilisation de ces produits permet d'empêcher l'apparition d'effets eutrophisants. Il convient de prendre en compte le recours à l'acide sulfurique pour faciliter l'action des agents antitartre sur les membranes d'usines OI. Une étude d'impact sur l'environnement de l'effluent de l'usine de dessalement OI TIGNE à Malte (Aguis, 1988) (3) a montré que les valeurs du pH de la saumure étaient plus basses (7,3) que celles du pH de l'eau de mer ambiante (8,28).

Effets des additifs antialgues :

La chloration est un bon auxiliaire mais un mauvais maître en ce sens qu'elle est très économique et efficace mais qu'elle n'est pas correctement maîtrisée; elle donne naissance à des dérivés tels que des thiol méthanés qui sont soumis à réglementation en raison de leurs effets cancérigènes.

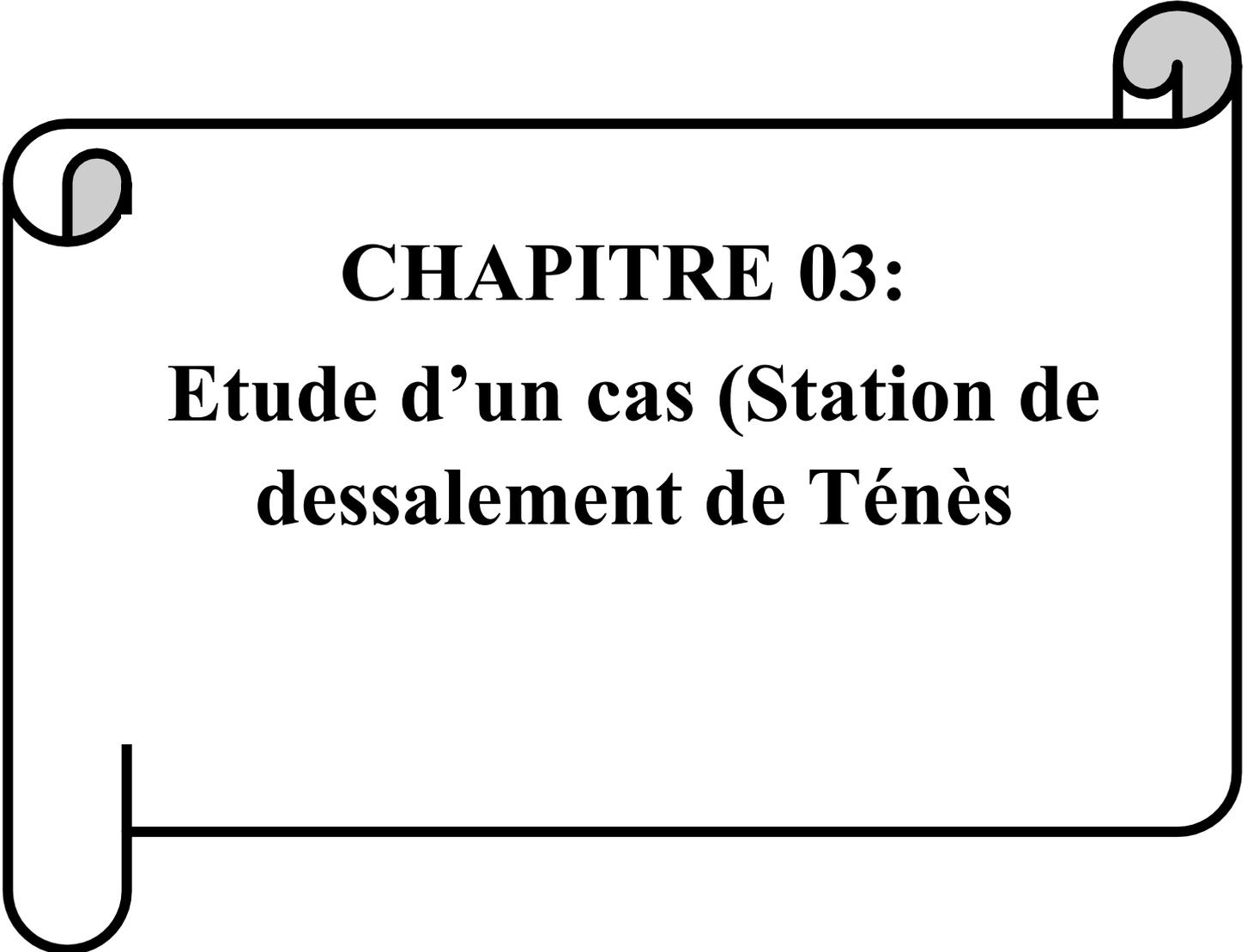
Si le chlore est un agent antisalissures à large spectre, il présente aussi des effets étendus sur le milieu marin quand il est rejeté avec la saumure. Il occasionne des effets biologiques par son action stérilisante intrinsèque et des effets chimiques en halogénés les constituants organiques de l'eau de mer (Hoepner 1999).

Effets des additifs antimousse :

Les agents antimousse sont des détergents. Les détergents ont des effets nocifs sur les organismes en altérant le système membranaire intracellulaire. Les effets sur l'écosystème marin n'ont pas été étudiés mais pourraient être négligeables. (29)

• phytoplanctons :

Le phytoplancton du grec phyto : plante et plancton: qui flotte. Plus précisément ils'agit de l'ensemble des espèces de plancton (30) végétal, c'est-à-dire des microorganismes photosynthétiques (31), capable de synthétiser sa propre substance organique à partir du gaz carbonique (CO₂) et des composés minéraux (azote, phosphates, potassium, fer, silice...) dissous dans l'eau (32) et de l'énergie lumineuse (33). La chlorophylle *a*, un des pigments chlorophylliens, est le pigment majoritaire impliqué dans ce processus. Le phytoplancton se situe le plus souvent dans la couche supérieure éclairée des masses d'eau, dite zone euphotique dont la limite inférieure correspond à la profondeur recevant 1% de la lumière incidente. (34)

A decorative border resembling a scroll, with a thick black line forming the main frame. The top-left and top-right corners are rolled up, and the bottom-left corner is also rolled up, creating a U-shape. The interior of the scroll is white.

CHAPITRE 03:
**Etude d'un cas (Station de
dessalement de Ténès**

➤ **1-Cadre d'étude :**

➤ **2-Introduction :**

Toutefois, l'Algérie a lancé ces dernières années, un programme ambitieux D'installations de stations de dessalement pour faire face à des problèmes d'alimentation en eau qui s'accroissent par l'explosion démographique, le développement industriel et agricole ainsi que la sécheresse. Dans ce cadre, la station de dessalement d'eau de mer au niveau de la ville de Ténès fournit de l'eau pure pour combler le déficit en eau potable de la zone côtière.

➤ **3- Présentation de la commune de Ténès :**

3-1 Situation géographique de Ténès

La commune de Ténès s'étend sur une superficie de 92,28 km² dont 5,70 km² en zones urbaines et 86,58 km² en zones rurales. Elle est limitée par :

- Au Nord : la mer Méditerranée ;
- Au Sud : Sidi Akkacha et Abou El-Hassen ;
- A l'Est : Oued Goussine ;
- A l'Ouest : Sidi Abderahmane.(35)

➤ **4-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. La commune de Ténès bénéficie d'un climat méditerranéen semi-aride chaud, l'influence de la méditerranée, combinée à celles des vents de terres et de mer ; se traduit par de grandes variations du taux d'humidité de l'air qui reste en moyenne assez élevée.

- La précipitation : la pluviométrie moyenne annuelle est de 414,7 mm/an .
- La température : la température est un facteur très influent sur le milieu naturel, elle favorise notamment les phénomènes d'évapotranspiration et l'érosion éolienne. La moyenne annuelle est de 18,98°C .
- Le vent : les vitesses moyennes annuelles des vents varient de 2,45 m/s à 4,4 m/s avec une moyenne annuelle de 3,4 m/s .
- L'humidité (%) : le taux d'humidité relative de l'air dans la région varie entre 69% et 79%. (35)

Situation géographique et la topographie de la station de dessalement :

Le site de l'usine de dessalement d'eau de mer de Ténès est localisé dans la wilaya de Chlef, daïra de Ténès, commune de Ténès à l'entrée Ouest de la ville de Ténès, plus précisément au lieu-dit « Mainis » à 7 Km du chef-lieu de commune.

A 52 Km à l'Est du chef-lieu de wilaya et à environ 110 Km à l'Ouest de la wilaya de Tipaza, le site est sillonné par la route nationale RN°11 en provenance de Mostaganem et en direction de Tipaza.

Le site considéré pour l'implantation de l'usine de dessalement offre une superficie des 8 hectares, il est limité par :

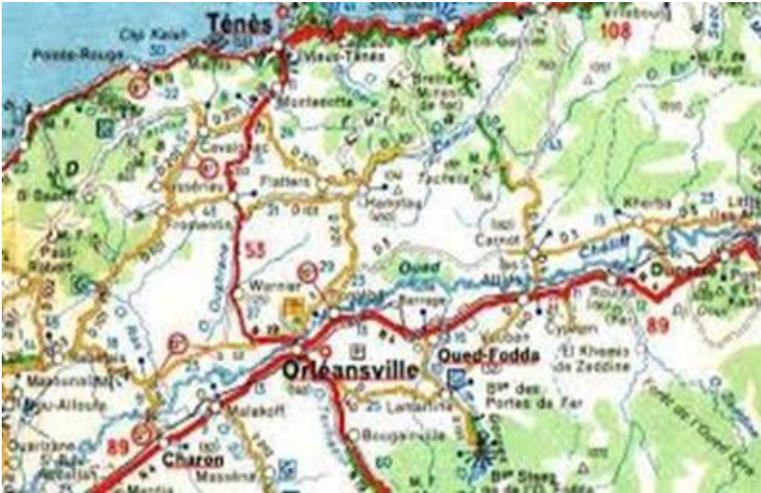
- Au Nord : par la mer Méditerranée ;
- Au Sud : par la route nationale N°11 ;
- A l'Ouest: par une petite unité de dessalement 5000 m³/j (ancienne station) ;
- A l'Est : par les habitations de Mainis.(36)

➤ 5-Présentation de l'unité de dessalement de l'eau de mer (Ténès) :

L'unité de dessalement de l'eau de mer à Ténès se situe dans la zone d'expansion touristique de Mainis, à la sortie de la ville côtière environ 6 km ouest de la ville de Ténès et 60 km de la ville de chlef, elle s'étend sur une superficie de 6100 m².

Figure10 : Vue générale de la station de dessalement de Ténès

Figure11 : La situation de la station de dessalement de l'eau de mer Chlef /Ténès / Mainis (D.H.W.C ,2008).



➤ Présentation de l'unité :

L'unité de dessalement de la ville de Ténès est créée pour éliminer la déficience en matière d'alimentation en eau potable des quartiers de la commune côtière « Maini» qui reçoit de nombreux estivants en été.

La première station de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse a été installée le 17 janvier 2007 par l'entreprise de traitement hydraulique (hydrotraitement) au niveau de la wilaya de Boumerdès (station monobloc). En Février 2007, la station a fait l'objet d'un transfert à partir de

corso wilaya de Boumerdès vers Ténès, les travaux de réalisation de projet ont pris fin le 16 juin 2007. Les premiers essais ont débuté le 15 juin 2007 avec le groupe électrogène. Le jeudi 19 juillet 2007, la station a été mise en service.

L'unité de dessalement de Ténès a pour but de produire l'eau douce pour la consommation humaine. Cette dernière comprend une station de pompage des eaux brutes, un décanteur lamellaire avec pompes de transfert des eaux, une station de dessalement, un poste de transformation, un groupe électrogène de secours, un local de stockage, un magasin, un logement de service et un laboratoire. Les capacités de l'unité sont de l'ordre de 5000 m³ par jour. Les procédés de productions conduisent à des rejets liquides d'un débit de 416 m³ par heure, qui est ensuite rejeté par des canalisations à la mer.(37)

➤ **Le processus du dessalement d'eau de mer comporte quatre étapes principales :**

- La captation de l'eau de mer
- Le prétraitement
- L'osmose inverse
- Le post-traitement.

La captation de l'eau de mer :

La première opération s'effectue au niveau de la station c'est la capture de l'eau de mer se fait directement de la mer par gravité au moyen de deux tuyauteries prenant excédentaire de 13,26%. Aux extrémités de la tuyauterie D'aspirer de l'eau a une moyenne de 8 à 10 m ils ont une longueur de 600 m tout en limitant l'entrée Et de produits flottants.(38)

Figure III. 12 :Tuyaux de captage de l'eau de mer.



Le prétraitement :

C'est la deuxième étape du processus de dessalement dont le but est d'éliminer :

- Les solides en suspension

- Les matières organiques
- Les micro-organismes

Elle comporte deux type

Prétraitement chimique :

Désinfection :

On effectue une chloration de l'eau brute moyennant dosage d'hypochlorite de sodium dans l'émissaire sous-marin et dans la chambre d'aspiration des pompes.

L'hypochlorite de sodium est fabriqué sur place électrolyse. Dans le processus d'électrolyse, l'eau de mer est traversée par une courante électrique grâce à laquelle des bulles d'hydrogène et de chlore vont être formés. Les bulles de chlores réagissent avec l'hydroxyde de sodium, un autre produit de la réaction d'électrolyse, en donnant matière à la formation d'hypochlorite de sodium.

Coagulation – Flocculation :

Pour cette étape, les pompes d'eau de mer sont utilisés comme dispositif de mélange pour le coagulant (chlorure ferrique) $FeCl_3$ qu'il possède une fourchette plus large comprise entre 5.5 et 8.3. La coagulation et la flocculation est appliquée dans le cas où l'eau de mer a une turbidité élevée.

Dosage de méta bisulfite :

L'utilisation du méta bisulfite de sodium permet d'éliminer le chlore résiduel contenu dans l'eau de mer avant son arrivée aux membranes d'osmose inverse, évitant leur détérioration par oxydation.

L'injection de la solution de $Na_2O_5S_2$ se fait par un équipement qui est composé de deux réservoirs d'accumulation-dissolution et d'une pompe doseuse par ligne, plus une réserve.

Dosage d'inhibiteur anti-scalant :

Afin d'éviter la précipitation des sels dans les membranes, on dosera un inhibiteur dont l'action est destinée à empêcher la formation des réseaux cristallines, en maintenant les ions dispersés et en permettant de dépasser limite du produit de solubilité de ces sels.

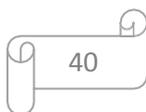
Prétraitement physique :

Filtration à sable :

Ce système élimine la plupart des particules en suspension, huile et graisses qui restent dans l'eau de mer. Ce système contient 36 filtres qui sont distribués d'une surface unitaire de $92m^2$ avec une longueur de 11,9m et un largeur de 7,9m.

L'épaisseur de la couche de sable est 1,2m et elle est supportée sur de faux fonds dotés de buses filtrantes. La vitesse de filtration sera de 5,19m/h.

Figure.13 : Filtres à sables





Filtration à cartouche :

C'est une étape une fois l'eau a reçu les dosages des réactifs appropriés et qu'elle a été filtré, elle est conduite vers le processus de microfiltration.

Au total, nous avons 22 filtres avec 290 cartouches chacune, dont 10 qui filtrent l'eau d'alimentation aux pompes de haute pression et 12 filtrant le courant d'alimentation aux récupérateurs d'énergie. Les tuyauteries et les collecteurs d'entrée et de sortie des filtres sont en polyester renforcé de verre sont d'un diamètre tel que la vitesse ne dépasse pas les 2,5m/s.

Figure 14.: Filtres à cartouches



L'osmose inverse :

Avant de l'entrée dans les membranes d'Osmose Inverse , l'eau prétraitée arrive ausystème de pompage de haute pression généralement entre 55 à 85 bar.

Le nombre des pompes est de 5 dont 4 sont fonctionnelle et une de secours, enfournissant une pression totale de l'ordre de 60 bar. Un total de 12 rack d'OI, avec une capacité nominale de production nette d'eau dessalée de 17 391m³ /j chacune.

Le facteur de conversion global a été établi à 45% .La capacité totale de productiondes 12 unités est de 208 696m³/j. Le phénomène d'osmose va se traduire par un flux d'eau dirigé de la solution diluéevers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. arrivera un moment ou la pression appliquée sera tel que le flux d'eau va s'annuler. Si pour simplifier, on suppose que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique. Une augmentation de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique), c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée ; c'est le phénomène d'osmose inverse.

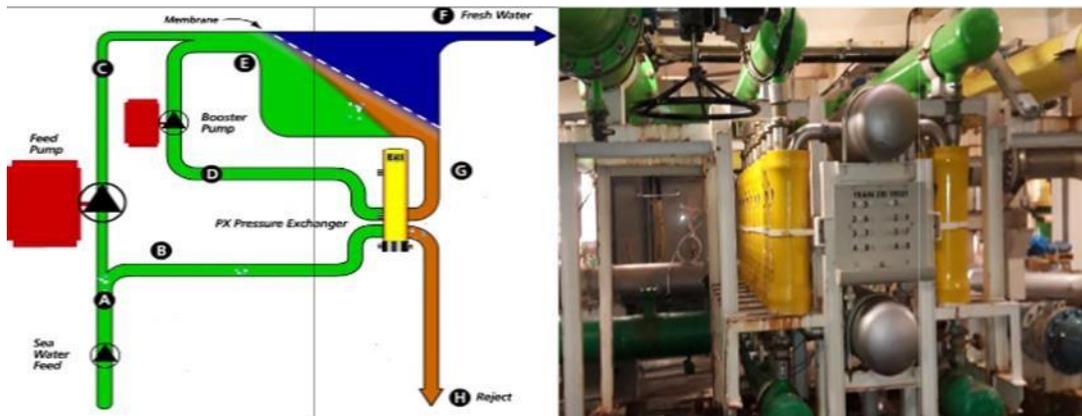
Figure.15: Un rack dans le système d'Osmose Inverse



Récupération d'énergie :

La récupération de l'énergie de la saumure à la sortie des membranes est réalisée aumoyen des chambres hyperboliques. (pressureEchanger) de la marque ERI 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.concentrât qu'il reçoit.

Figure 16 : Système de récupération d'énergie



Post-traitement :

C'est la dernière étape de traitement où se fait la déminéralisation de l'eau produite dans un réservoir de 20 000m³. La déminéralisation est réalisée avec un lait de chaux sur deux lignes indépendantes avec un apport de dioxyde carbone. Ces deux produits sont dosés dans des chambres, à l'entrée du réservoir d'eau produite et à la fin la désinfection qui se réalise avec l'hypochlorite de sodium.(39)

➤ 6-Matériels et méthodes :

L'étude expérimentale consiste à effectuer des prélèvements et des analyses physico-chimiques de l'eau traitée après le processus de dessalement.

Prélèvement :

Les prélèvements ont été réalisés durant le mois de avril 2020 au niveau de trois points de station dans des flacons en plastique :

- A l'entrée de la station (eau de mer) ;
- A la sortie de la station en deux points (eau produite, eau rejeté (saumure)).

Figure 17: Le point de prélèvement de l'eau mer.



Méthodes analytiques :

Analyses physiques

A. Mesure de PH, conductivité, TDS, et température :ces paramètres ont étémesurés par un appareil multi-paramètre de la marque MAYRON L

CAMPANY 6 PFCE au niveau de laboratoire de qualité de la station de Dessalement de Ténès.

Figure 18: Appareil multi-paramètre



B. Mesure de la turbidité :

Les mesures sont réalisées par un turbidimètre de modèle SPE TOQUANT Move100.

Figure 19: Turbidimètre de la station de Ténès.



Analyses chimiques

Matériels et réactifs

- Erlenmeyer de 100ml ;
- 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'eriochrome T ,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'er chrome 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.

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 erlenmeyerpropre 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'er chrome 1% jusqu'à obtenir une couleur rose-violette ;
5. Mélanger le tout et commencer à verser l'EDTA goutte à goutte tout en mélangeanténergiquement jusqu'à la coloration bleu-franche ;
6. Noter le volume « V » de burette.

7-Interprétations et discussion des résultats :

En raison des circonstances que l'Algérie a traversées à cause du Coronavirus, nous n'avons pas terminé notre travail, et donc nous n'avons pas obtenu les résultats réels, nous avons donc exploité les résultats des articles qui contiennent les mêmes résultats que nous voulons atteindre. L'article de JGOFS Protocole—June 1994 Mesure de Chlorophylle a et phéopigments par Analyse fluorométrique. Les mesures de la chlorophylle A ont historiquement fourni une estimation utile de la biomasse algale et sa variabilité spatiale et temporelle. La méthode fluorométrique est largement utilisée pour l'analyse quantitative de la chlorophylle a et des phaeopigments.

Cependant, les erreurs peuvent être introduites dans les résultats lorsque des chlorophylles b et / ou des chlorophylles c sont présentes. La chlorophylle b est la principale source d'erreur dans cette méthode. Bien que généralement peu abondant dans eaux de surface, la chlorophylle b peut atteindre 0,5 fois la concentration de chlorophylle a dans le maximum de chlorophylle profonde, provoquant de légères sous-estimations de la chlorophylle a concentration et surestimations drastiques des concentrations de phaeopigment. Divinyl- la chlorophylle a interfère également et est considérée comme chlorophylle a par cette méthode.

La procédure décrite ici est appropriée pour tous les niveaux de chlorophylle a concentration dans le milieu marin environnement. Les volumes de filtration doivent être modifiés pour les différents environnements. Les scientifiques qui utilisent cette méthode ou d'autres pour mesurer les pigments devraient se conscient des enjeux actuels et historiques qui entourent ces techniques et décisions appropriées sur les méthodologies spécifiques pour leur application en fonction des exigences scientifiques et contraintes de leurs programmes individuels.

8-Principe d'analyse :

Les pigments d'algues, en particulier la chlorophylle a, fluorescent dans les longueurs d'onde rouges après extraction dans l'acétone lorsqu'ils sont excités par les longueurs d'onde bleues de la lumière. Le fluorimètre excite l'échantillon extrait avec une lumière bleue large bande et la fluorescence résultante dans le rouge est détecté par un photomultiplicateur.

La fluorescence significative par phaeopigments est corrigé en acidifiant l'échantillon qui convertit la totalité de la chlorophylle a en phaeopigments. En appliquant une conversion mesurée pour la force relative de fluorescence de la chlorophylle et du phaeopigment, les deux valeurs peuvent être utilisées pour calculer à la fois les concentrations de chlorophylle a et de phaeopigment. Appareil:

- 1- Système de filtration et filtres Whatman GF / F
- 2- Azote liquide et congélateur pour le stockage et l'extraction
- 3 Tubes à centrifuger en verre pour extraction, 15 ml

4 Turner fluor mètre, équipé d'un photomultiplicateur sensible au rouge, une lampe bleue

5-60 bleu filtre et 2-64 filtre rouge. Réactifs :

1- 100% acétone

2- 90% d'acétone

3- 1,2 M HCl (100 ml de HCl dans 900 ml d'eau désionisée) Collecte et stockage des échantillons :

Des échantillons d'eau sont collectés à partir de ni skins dans des bouteilles en polyéthylène propres avec Tygon[®] tubes. Les échantillons sont immédiatement filtrés à travers des filtres GF / F de 47 mm en polycarbonate filtres en ligne (Gelman) et un vide inférieur à 100 mm Hg. Les filtres sont pliés en deux fois et emballé dans du papier d'aluminium, étiqueté et stocké dans de l'azote liquide (pour éviter formation de produits de dégradation) jusqu'à l'analyse à terre.

Alternativement, les filtres peuvent être placés immédiatement dans l'acétone pour l'extraction des pigments si l'analyse doit être effectuée à bord du navire. Dans les eaux oligotrophes, pour cette mesure couplée à des pigments déterminés par HPLC, 4 litres sont filtrés. Pour l'analyse fluorométrique seule, un volume plus petit (0,5 - 1,0 l) peut être suffisant. Dans les régions côtières, un volume de 0,1

à 0,5 l peut être suffisant. Dans ce cas, utilisez 25 Des filtres mm GF / F peuvent être appropriés. Procédure :

1 Après retrait de l'azote liquide ou du congélateur), les pigments sont extraits en plaçant les filtres dans 5,0 ml d'acétone à 100%. Pour les filtres GF / F de 47 mm, 0,8 ml d'eau conservé en ajustant la solution d'extraction finale à 86% d'acétone et l'extra-volume à 5,8 ml. Les échantillons sont recouverts de Parafilm pour réduire l'évaporation, sonique (0 ° C, lumière tamisée) et laissé extraire pendant 4 heures dans l'obscurité à -20 ° C. Après l'extraction, les échantillons sont vortexés, les filtres sont pressés vers le bas du tube avec une spatule en acier inoxydable et essoré dans une centrifugeuse pendant 5 minutes pour éliminer les débris cellulaires. Pour l'analyse fluorométrique (pas HPLC), la décantation peut remplacer la centrifugation. Protocoles JGOFS - Juin 1994 121

L'ajout de 5,0 ml d'acétone pour l'extraction des pigments est nécessaire pour compenser submerger complètement les filtres GF / F de 47 mm dans des tubes à centrifuger de 15 ml. Ce volume peut être modifié en fonction de la taille du filtre et du volume de l'extra- tube de tion.

Le fluorimètre peut se réchauffer et se stabiliser pendant 30 minutes avant utilisation.

Le fluoromètre est mis à zéro avec 90% d'acétone.

1,0 ml d'extrait de pigment est mélangé avec 4,0 ml d'acétone à 90% dans une cuvette et lire la porte appropriée pour donner une lecture entre 30 et 100. L'échantillon est alors acidi- rempli avec 2 gouttes de 1,2 M. HCl. Des dilutions supplémentaires peuvent être nécessaires pour un taux de chlorure plus élevé.

sa concentrations de rophyllle a.

Normalisation :

Pour une utilisation en laboratoire, le fluor mètre est étalonné tous les 6 mois avec un chlorophylle disponible dans le commerce un standard (Anacystisnidulans, SigmaSociété de produits chimiques). Si le fluor mètre est emmené en mer, il est recommandé que le fluor mètre soit étalonné avant et après chaque croisière.

L'étalon est dissous dans 90% d'acétone pendant au moins 2 heures et il est concentré. La lecture (A_{664}) est calculée par spectrophotométrie comme suit: où: A_{664} = absorption maximale (664 nm) A_{750} = absorbance à 750 nm pour corriger la diffusion de la lumière

E = coefficient d'extinction du chl a dans 90% d'acétone à 664 nm (87,67 L g⁻¹ cm⁻¹)

l = longueur du trajet de la cuvette (cm)

À partir de la norme, un minimum de cinq dilutions est préparé pour chaque porte.

Les lectures du fluor mètre sont prises avant et après l'acidification avec 2 gouttes

1,2 M de HCl.

Le facteur d'étalonnage linéaire (K_x) est calculé pour chaque porte (x) comme la pente de la lecture fluor métrique non acidifiée par rapport à la concentration de chlorophylle a calculée par spectrophotométrie. $Chl a_{A_{664} A_{750}nm}$ () -

$E l \times \dots \dots \dots 1000 \text{ mg}$

1 gramme = $\times \dots \dots \dots$

122 Protocoles JGOFS - juin 1994

Le coefficient d'acidification (F_m) est calculé en faisant la moyenne du rapport des lectures non acidifiées et acidifiées (F_o / F_a) de chlorophylle pure a.

Les échantillons sont lus en utilisant un réglage de porte qui produit une lecture cadran entre 30 et 100. Le fluor mètre est mis à zéro avec 90% d'acétone chaque fois que la porte est réglée. Le réglage est changé.

Calcul et expression des résultats :

Les concentrations de chlorophylle a et de phaeopigments dans l'échantillon sont calculées en utilisant les équations suivantes: où:

F_m = coefficient d'acidification (F_o / F_a) pour Chl a pur (généralement 2,2).

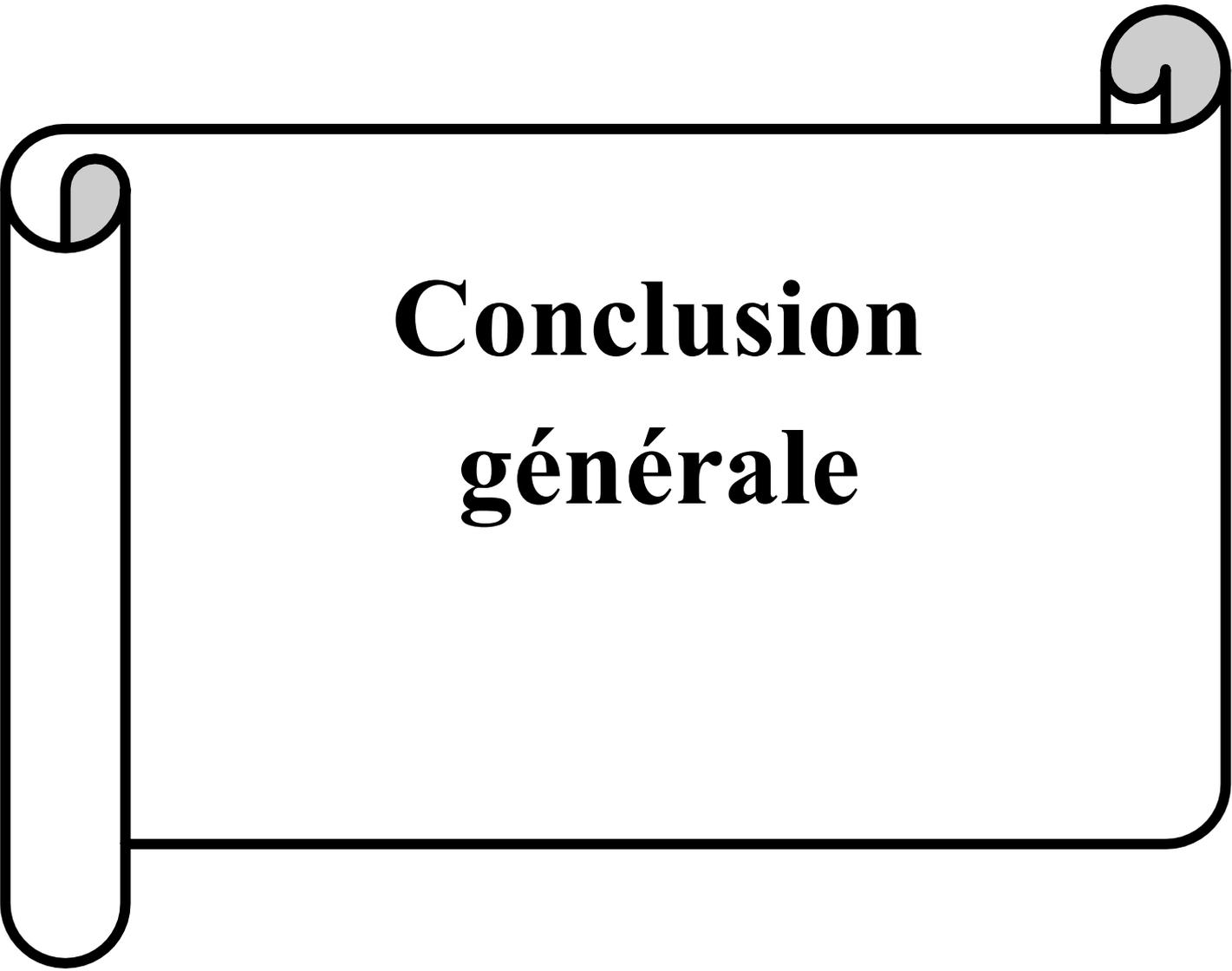
F_o = lecture avant acidification

F_a = lecture après acidification

K_x = facteur de porte issu des calculs d'étalonnage

v_{ex} = volume d'extraction

v_{filt} = volume d'échantillon



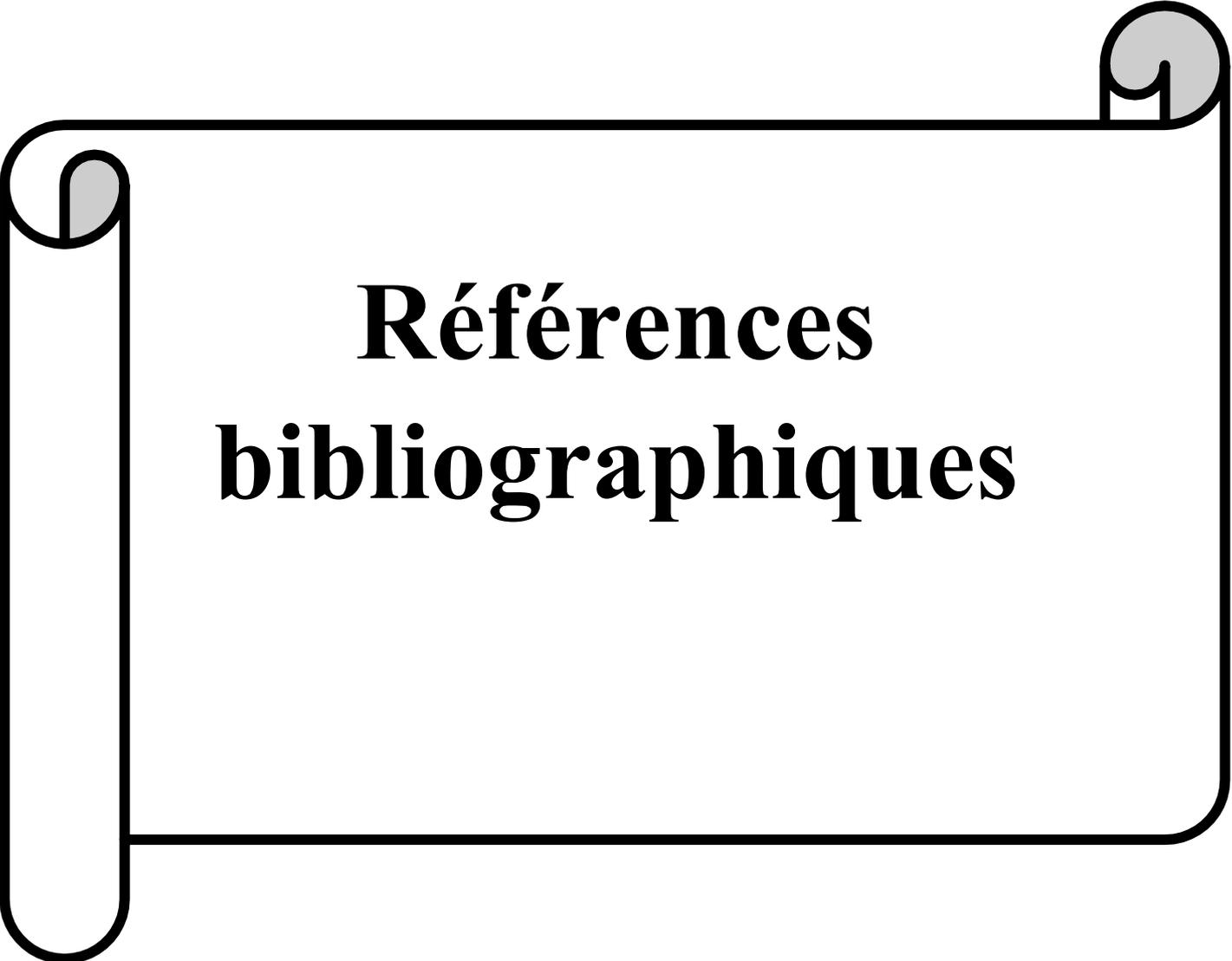
**Conclusion
générale**

Conclusion générale

Bien que le dessalement de l'eau de mer soit une industrie en développement constant dans de nombreux pays méditerranéens pour réduire le manque d'eau potable, il représente aussi une dangereuse activité qui exerce des impacts sur le milieu marin, ces impacts vont du changement de l'occupation du sol, des conséquences esthétiques et des nuisances sonores ou des rejets rejetés dans l'eau, émissions dans l'atmosphère et dommages potentiels pour le milieu récepteur. Le principal rejet c'est la saumure qui est un polluant nocif sur la vie marine. A cet effet, la protection des zones côtières est l'un des enjeux majeurs pour notre pays qui possède une façade maritime .(40)

La station de dessalement de Ténès fait partie des grandes usines de dessalement en Algérie avec une capacité de production de 200000 m³/jour. En effet, ce projet contribue à résoudre la pénurie des ressources en eau de la wilaya de Chlef et qui alimente 32 communes de la wilaya, cette station est basée sur la technique d'osmose inverse qui a connu un grand développement et présente beaucoup d'avantages, il est relativement simple (une pompe haute pression) et plus performant du point de vue énergétique, avec des filtres à sables et cartouches, outre une récupération de l'énergie du concentrât. (41)

Ce travail est destiné à apporter une contribution à l'étude des impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement. A savoir l'évolution de la qualité de l'eau brute par un ensemble des analyses physico-chimiques effectuées au niveau de laboratoire de qualité de la station de Ténès et l'influence de la qualité des rejets sur l'environnement.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. B. JACQUES .Boislève, 2010.
2. M.RAPINAT, «L'eau. Presse universitaire de France».1ere édition : 1982 ISBN2130375626.127 p, 1982.
3. W.DICKSON ANDREW et C. GOYET, «US The major ion composition of sea water,department of energy»,sept 1994
4. S .phylippe « salinité de l'eau de mer» 17 juin 2015.
5. B. MOULIN, «Le kayak et la mer». Edition le Canotier, 2004.
6. HAMED. M et al, 2012 Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques del'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar. Mémoired'Ingénieur d'état en Biologie. Université de Bechar. pp 7, 9
7. HIMMI N., FEKHAOUI M., FOUTLANE A., BOURCHIC H., EL MMAROUFY M., BENZAZZOUT T., HASNAOUI M. (2003).
8. Relazioneplanktonparametrifisicichimici in unbacinodimaturazion (lagunamistaBeniSlimane – Morocco.Rivista Di Idrobiologia. Universitadegli studi di perugia, Dipartimento di BiologiaAnimaleedEcologiaLaboratoire Di Idrobiologia “G.B. Grassi”, 110–111p HUOT A. (2010). Eau et santé. La revue Bio contact, n°200
9. J. DUNGLAS, « Le dessalement de l'eau de mer, une nouvelle méthode pour accroître laressource en eau ». Groupe eau. Académie d'agriculture de France,2014.
10. MAUREL, A., Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2eme édition, TEC&doc.286p, 2006.
11. MAUREL. A, « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres », 2èmeédition, TEC &doc. 286p, 2006.
12. TANSAKUL, C., Procédés hybrides à membranes pour le prétraitement d'eau de mer avantdessalement par osmose inverse, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 182 pages, 2009
13. Quellestechniques pour quels traitement- analyse coûts, bénéfiques, Rapport BRGM/ RP-58609-FR,Orléans, France, Juin 2010.
14. CASTAING, J. B., Procédés de traitement de l'eau de mer en conchyliculture pour la sauvegarde et le maintien de la qualité des mollusques bivalves, Thèse de doctorat, Université deNantes, septembre 2011.
15. HADJALI, Y., Impact des stations de dessalement de l'Eau demer sur le littoral cas de la stationplage El Hilel Ain Timouchent, Mémoire de fin d'études, Master, Université bouBekrbelkaidTlemcen, 91 pages, 2012.
16. RENAUDIN.V (2003). « Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres »CNRS,Nancy.

Références bibliographiques

17. DANIS, P., Dessalement de l'eau de mer, Technique de l'ingénieur, Traité génie des procédés référence ; J 2700-18, 2003.
18. RENAUDIN.V (2003). « Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres » CNRS,Nancy.
19. BECHKI, D.,Etude comparative et optimisation des procédés de distillation solaire en vue de laproduction d'eau potable dans les zones arides sahariennes, Thèse de doctorat en géniemécanique, Université Hadj Lakhdar Batna,2011.
20. RENAUDIN.V (2003). « Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres » CNRS, Nancy.
21. CHENAOUI.B (2010). « Impact du dessalement de l'eau de mer sur l'environnement casde la station de MAINIS ». WILAYA DE CHLEF.pdf.
22. DEJARDINS .R(1997). « Traitement des eaux ».Edition de l'école polytechnique deMontréal, 2ème édition revue et améliorée.
23. D. BOIXADERA, « Le dessalement d'eau de mer. BRL Ingénierie »2001.
24. Tome1. Dégrement « Mémento technique de l'eau », Lavoisier-Lexique technique de l'eau, Paris, 2005.
25. Moustiri (2011), Strategy and Indicators Water Sector in Algeria, Ministry of Water Resources, Algiers, Algeria.
26. COLLOQUE SHF, Gestion sociale et économique de l'eau, conférence grand public et professionnels, Paris, 17 et 18 octobre 2007.
27. Hoepner,T.Lattemann,S. (2003) Chemical impacts from seawater desalination plants: A case study of the
28. PNUE (2001), dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens: évaluation des impacts surl'environnement et lignes directrices proposées pour la gestion de la saumure, UNEP (DEC)/ MED WG.183/Inf.6,Athènes
29. UNEP/MAP (2003), dessalement de l'eau de mer en méditerranée évaluation et lignes directrices, MAP TechnicalReports Series No. 139, Athens.
30. Lakkis Sami .facteurs de la photosynthèse .in : LE PHYTOPLANCTON DES EAUXMARINES LIBANAISES ET DU BASSIN LEVANTIN :Biologie, Biodiversité, Biogéographie. 2ème Édition. l'Université Libanaise Beyrouth,Liban :2018 ,p304 .
31. Bachir BOUCHEKIMA, RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES POUR LE DESSALEMENT DES EAUX SAUMÂTRES A L'AIDE DU DISTILLATEUR A FILM CAPILLAIRE, UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE HOUARI BOUM
32. C. Le Guern, P. Lachassagne, Y. Noël, F. Persin.DeBuysscher ,Dessalement et recharge artificielle : synthèse technico-économique, Rapport BRGM/RP-52262-FR,2003, 80 p. EDIENE ALGER, 22 Mai 2001,p240

Références bibliographiques

33. MORSLI mebarkasoumia .impact des arrêts techniques de l'usine de dessalement de l'eau de mer sur L'entreprise et l'environnement . université d'oran ,23/06/2013,p205.
34. JWarithaJantaporn. Technologies membranaires innovantes pour la réutilisation des eaux. Génie des procédés. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 2016. Français. NNT : 2016TOU30304,p164.
35. ONM de Dar El-Beida période (1995-2005)
36. Bureau d'étude National Eau et Environnement .SPA Alger, janvier 2009.
37. (*)TAHRAOUI DOUMA. N, Département du Tronc Commun Technologie, Université HassibaBenboualiChlef, ALGER
38. Document de la station. «UTE, desalodra Ténès Opération et Mainteniens O &M »,juin 2016.
39. Document de la station. «UTE, desaborda Ténès Opération et Mainteniens O &M »,juin 2016.
40. J.RODIER, «L'analyse de l'eau « eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ». 8 ème édition. Paris. Edition : Dunod. 1382p, 2005.
41. T.A.JEFFERSON, M.A. WEBBER, «Mammifères marins du monde, centre d'expertise d'identification taxonomique ETI/FAO», 1996.