

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES

FACULTE DE SCIENCES DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT DU GENIE DES PROCEDES



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme

De **MASTER** en Science et génie de l'environnement

Option : Génie de l'environnement

Thème

Étude du dessalement par Multi-Stage Flash (MSF) au niveau
de la centrale thermique de cap- djinet, problèmes et impacts sur
l'environnement

Soutenu le 30/06/2018

par :

Morsli Ahlam
Boukhelif Sihem

Jury de soutenance :

N.Sahmoune
H.Baloul
F.Boumechhour

Pr.
MAA
MCB

UMBB
UMBB
UMBB

Président
Examineur
Promotrice

Année Universitaire : 2017 – 2018



REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU, notre Créateur pour nous avoir donné la force et la patience pour accomplir ce travail.

Nous adressons nos vifs remerciements à notre professeur M^d. Boumechehoure, pour nous avoir diligentées tout au long de ce parcours, pour sa compréhension, sa patience, sa compétence, et ces remarques qui nous ont été précieuses.

Nous remercions tous les ingénieurs et opérateurs de la centrale thermique du Cap-Djinet en particulier notre encadreur M^R. Hafid Khaled et M^R Mechakoue Karim et M^R. DJEBEL Rachid et M^R Amraoui M^{ed} Siad

Nous présentons nos chaleureux remerciements aux enseignants du département Génie e de l' environnement, pour leurs aides et orientations durant notre formation.

Nos derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l' aboutissement de ce travail.



Dédicaces



*J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail
À ceux qui m'ont encouragé dans la vie et qui m'ont donné
l'amour, La lumière de mes yeux, mes très chers parents :*

*Ma mère Fatma et mon père Sadek
que DIEU me les garde et les protège.*

À ma belle mer Fatiha et mon deuxième père Hossin

À me marie Siad que DIEU me les protège

À tous mes frères : Imad et Nail

Med said et Fatch et Aymen

À mes chères sœurs Khadidja et Dihia

À toute la famille : Morli et Aroussi et Saada.

À mon binôme Siham

À tous les amis que j'ai eu la chance d'avoir. Surtout Soumai

À tous ceux que j'aime.



Dédicaces

*Je ne peux pas commencer sans évoquer le nom du dieu le tous
Puissant qui m'a donnée la santé, le courage et la force à travers mes*

Années d'étude.

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

Ames très chers parents ;

A mon marie Imed qui m'a donné le courage

A toute la famille Boukhlif et Boudjait ;

A mon binôme Ahlam ;

A tous mes amis ;

A toute le groupe MGEV -16

A tous ceux qui m'ont encouragé dans ma vie

Sihem



Sommaire

Remerciement

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale..... 1

Présentation de la centrale thermique de cap djinet

1. Présentation de la centrale thermique de cap djinet	02
2. Historique	02
3. Plan de masse	03
4. Organigramme.....	04
5. Caractéristiques technique de la centrale	05
5.1. Combustible	05
5.2. Générateur de vapeur	05
5.3. Turbine à vapeur	05
5.4. Alternateur	05
5.5. Eau de réfrigération.....	05
5.6. Post d'eau	05
6. Auxiliaires communs aux quatre tranches.....	05
6.1. Système de traitement des eaux	05
6.2. Evacuation d'énergie	06
6.3. Commande et contrôle	06
6.4. Système de surveillance, d'alarme et d'analyse	06
7. Principe de fonctionnement.....	07
8. Centrale de type turbine à vapeur(RDJ) Conclusion	07

Chapitre 1 : généralité sur l'eau de mer

Introduction	15
--------------------	----

I Définition de l'eau	15
I.1 La classification des eaux	15
I.1.1.Eaux Naturelles	15
I.1.1.1. Eaux souterraines	15
I.1.1.2Eaux de surface	16
I.1.1.3. Eaux de Consommation	17
I.1.1.4. Eaux Industrielles.....	17
I.1.1.5. Eaux Usées.....	17
I.1.1.6. Eaux résiduaires urbaines	18
I.1.1.7Eaux résiduaires industrielles (ERI)	18
I.2. Caractéristique des eaux de mer	19
I.2 .1.Qualité de l'eau de mer	19
I.2 .3. Salinité	19
I.2 .3.Température	19
I.2.4. pH des eaux de mer.....	19
I.3.Composition de l'eau de mer	20
I.4.Le Problème de l'eau en Algérie	21
I.4.1. Faiblesse des ressources en eau	21
I .5. Les actions engagées	22
I.6. Le dessalement en Algérie	23
I.7. Le dessalement d'eau de mer	23
I.8.Historique et constat de l'expérience algérienne	26
I.9.Aboutissement du dessalement dans le pays	27

Chapitre 2 : Les principales technologies de dessalement des eaux

I.1.Introduction	30
I.2 Procédé de distillation	31
I.2.1 Distillation à simple effet.....	31

I.2.2 Distillation à multiples effets	32
I.2.3 Distillation par détente successives (Multi stage Flash, MSF)	33
I.2.3.1.Le procédé de distillation à détente étagées a cycle direct (Muli stage flash, MSF)	33
I.2.3.2 Procédé Flash à recirculation	34
I.2.4 Distillation par compression de vapeur.....	34
I.3 Les procédés membranaires	35
I.3.1 Osmose inverse	35
II.3.1.1.Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse.....	36
II.3.1.2.Membranes d'osmose inverse	37
I.3.2.L'électrodialyse.....	38
I.3.2.1.Principe	38
I.3.2.2.Les membranes d'électrodialyse.....	38
I.4. Autres procédés de dessalement	39
I.4.1.Congélation.....	39
I.4.2. Distillation solaire	39
I.4.3. L'Echange ionique (EI).....	40
I.5. Choix de procédés de dessalement	40
II. Dysfonctionnement de l'installation MSF.....	41

Chapitre 3 : Impacts des usines de dessalement

I.1. introduction	44
I.2.Origine et type de rejets	44
I.2.1 Rejet gazeux et pollution atmosphérique.....	44
I.2.2. Rejets liquides	44
I.2.2.1 Produit chimiques	44
I.2.2.2 La saumure concentrée	46
I.3 Impacts sur l'environnement.....	46
I.3.1 Effets des produits de la corrosion	48
I.3.2 Effet des adjuvants	48
I.3.3Effets de la chaleur	49
I.3.4 Consommation d'eau de mer	49

I.4. Impacts marins éco toxicologiques des unités de dessalement des eaux de mer	49
I.4.1 L'impact de dessalement sur l'environnement	50
I.4.1.1.La pollution de la saumure.....	50
I.4.1.2Dispersion des sels concentrés	50
I.4.2.3Composition de la saumure.....	51
I.4.2L'impacts Négatives de dessalement	51
I.4.3.impact sur l'environnement marin en raison de renvoyer la saumure concentrée à la mer	51
I.4.4Impact sur l'environnement marin en raison de différents produits chimiques Utilisés.....	52
I.4.5Impacts de salinité.....	55
I.4.5.1étudier des moyens de réduire la concentration en sels ou une valorisation de saumure	56
I.4.6Gestion de la saumure des usines de dessalement	56

Chapitre 4 : Protocoles expérimentaux .

I Introduction	58
I.1 prélèvement des échantillons.	58
I.2. Produits et matériels.....	60
I.3.Méthodes d'analyse	62
I.4. Protocoles expérimentaux	62
I.4.1.Les analyse des physico chimique	62

Chapitre 5 : Résultats de l'analyse des eaux

I. Contrôle de l'efficacité du procédé de dessalement	68
I.1 Caractéristiques de l'eau de mer	68
I. 1.2 Caractéristiques de l'eau dessalée.....	69
I.1.3 Caractéristiques de l'eau déminéralisée.....	70
I.2 Contrôle de l'impact sur l'environnement	74
I.2.1 Caractéristiques de rejet liquide au niveau de dessalement	74
I.2.2 Caractéristiques de rejet liquide au niveau de dessalement après dilution	75

I.3. Contrôle de la corrosion et érosion des équipements.....	77
I.3.1 Contrôle d'unité de dessalement.....	78
I.4. Contrôle chimique du circuit eau vapeur.....	79
Conclusion générale.....	80

Liste de figures

Présentation de la centrale

Figure 1 : Plan de masse de la centrale

Figure 2 : organigramme de centrale

Figure 3 : Principales transformation d'énergie

Figure 4 : schéma du cycle eau vapeur

Figure 5 : schéma synoptique d'une tranche thermique

Chapitre 1

Figure I.1 : l'eau souterraine

Figure I.2 : situation géographiques des stations de dessalement

Chapitre 2

Figure I.1 : les divers procédés de dessalement

Figure I.2 : Schéma général d'une installation de dessalement

Figure I.3 : Distillation à simple effet

Figure I.4 : Distillation à multiples effets

Figure I.5 : Principe de fonctionnement d'un système par détente successive (MSF) à 3 étages

Figure I.6 : Cellule unitaire MSF

Figure I.7 : principe de distillation à compression de vapeur

Figure I.8 : principe de l'osmose et de l'osmose inverse

Figure I.9 : Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Figure I.10 : modules d'osmose inverse à enroulement spiral

Figure I.11 : modules à fibre creuses

Figure I.12 : principe du dessalement par électrodialyse

Figure I.13 : procédé de dessalement solaire plan

Chapitre 3

Figure I.1 : rejet gazeux de centrale de cap Djanet

Figure I.2 : Rejet de l'usine de dessalement d'eau de mer

Figure I.3 : Décharge sous marin de la saumure proche de la plage de Maspalomas

Figure I.4 : Herbier de posidonies de Méditerranée (*Posidoniaoceanica*).

Chapitre 4

Figure I.1 : représentations des points de prélèvement

Figure I.2 : Appareil de mesure la conductivité et ph mètre

Chapitre 5

Figure I.1 : Evolutions du ph et de la température

Figure I.2 : Evolutions de la conductivité

Figure I.3 : Evolutions du ph en fonction du rejet après dilution

Figure I.4 : Evaluation de la conductivité en fonction du rejet après dilution

Figure I.5 : Evolution de la température

Liste des tableaux

Chapitre 1

Tableau I.1: Principales utilisations industrielles de l'eau et sources d'eau possibles

Tableau I.2 : concentration des éléments principaux pour une eau de mer

Tableau I.3 : concentration des différents éléments mineurs.

Tableau I.4 :

Tableau I.5 : différentes installations dans le pays.

Chapitre 2

Tableau II.1 : coûts moyens du dessalement à niveau mondial

Chapitre 3

Tableau I.1 : Grille d'impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement

Tableau I.2 : Résumé des phases de traitement au cours de la production d'eau potable par Dessalement.

Tableau I.3 : les limites de la salinité pour différents écosystèmes et espèces présentes en Méditerranée.

Chapitre 4

Tableau. 3 : Différentes méthodes d'analyse utilisées à la centrale.

Chapitre 5

Tableau I.1 : Analyses physico-chimiques de l'eau de mer.

Tableau I.1.2 : analyses physico-chimiques de l'eau dessalée

Tableau I.1.3 : analyses physico-chimiques de l'eau déminéralisée

Tableau I.2.1 : analyses physico-chimiques du rejet de saumure avant dilution.

Tableau I.2.2 : les résultats des analyses physico-chimiques du rejet de saumure

Tableau I3.1 : analyses physico-chimiques des différents échantillons de l'eau dans l'unité de dessalement

Tableau I.4 : analyses physico-chimiques des différents échantillons de l'eau dans le circuit eau vapeur.

Liste de figures

Présentation de la centrale

Figure 1 : Plan de masse de la centrale

Figure 2 : organigramme de centrale

Figure 3 : Principales transformation d'énergie

Figure 4 : schéma du cycle eau vapeur

Figure 5 : schéma synoptique d'une tranche thermique

Chapitre 1

Figure I.1 : l'eau souterraine

Figure I.2 : situation géographiques des stations de dessalement

Chapitre 2

Figure I.1 : les divers procédés de dessalement

Figure I.2 : Schéma général d'une installation de dessalement

Figure I.3 : Distillation à simple effet

Figure I.4 : Distillation à multiples effets

Figure I.5 : Principe de fonctionnement d'un système par détente successive (MSF) à 3 étages

Figure I.6 : Cellule unitaire MSF

Figure I.7 : principe de distillation à compression de vapeur

Figure I.8 : principe de l'osmose et de l'osmose inverse

Figure I.9 : Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Figure I.10 : modules d'osmose inverse à enroulement spiral

Figure I.11 : modules à fibre creuses

Figure I.12 : principe du dessalement par électrodialyse

Figure I.13 : procédé de dessalement solaire plan

Chapitre 3

Figure I.1 : rejet gazeux de centrale de cap Djanet

Figure I.2 : Rejet de l'usine de dessalement d'eau de mer

Figure I.3 : Décharge sous marin de la saumure proche de la plage de Maspalomas

Figure I.4 : Herbier de posidonies de Méditerranée (*Posidoniaoceanica*).

Chapitre 4

Figure I.1 : représentations des points de prélèvement

Figure I.2 : Appareil de mesure la conductivité et ph mètre

Chapitre 5

Figure I.1 : Evolutions du ph et de la température

Figure I.2 : Evolutions de la conductivité

Figure I.3 : Evolutions du ph en fonction du rejet après dilution

Figure I.4 : Evaluation de la conductivité en fonction du rejet après dilution

Figure I.5 : Evolution de la température

Liste d'abréviations

HP	Haute Pression
MP	Moyenne Pression
BP	Basse Pression
MSF	Multi Stage Flash
VC	Compresseur de vapeur
RO	Osmose inverse
ED	Electrodialyse
TH	Titre Hydrotimétrique
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
TA	Titre Alcalimétrique
TAF	Titre d'Acides Fortes
°F	Degré français
TSIO2	Teneur en silice
TCO2	Teneur en gaz carbonique
Cf	Cation moyennement ou faiblement acide
CF	Cation Fortement acide
Af	Anion moyennement ou faiblement basique
AF	Anion Fortement basique
 CO2 	Elimination de CO2
LM	Lits Mélangés
NTU	unité en turbidité de néphélométries
µs/cm	micro semence
ms/cm	milli semence
nm	nano mètre
Ps	point de saturation
Cd	conductivité

ملخص

معظم المياه في الأرض مالحة، لذلك لا يمكن استخدامها. إن تحلية مياه البحر تجعل من الممكن على وجه الخصوص زيادة موارد المياه العذبة المتاحة، وتوفير حل في حالة الجفاف والتغلب على حالات النقص والأزمات بينما تبقى بعض العيوب التي نتذكر منها: العواقب البيئية السلبية (إطلاقات الماء المالح، نفايات السوائل الكيميائية...).

احتياجات الكبيرة للطاقة (أثرها على المناخ).

في هذا العمل قمنا بدراسة مختلف عمليات معالجة مياه البحر (تحلية، تنقية) الموجودة في محطة توليد الطاقة الكهربائية في راس جنات، ومن ناحية أخرى أجرينا قياسات تجريبية فيزيوكيميائية.

تظهر نتائج التحاليل التي تم الحصول عليها كفاءة العمليات المستخدمة لذلك فإن المياه المنتجة ذات نوعية جيدة، ومع ذلك، فإن تأثير تصريف المياه المالحة على البيئة البحرية يخلف أضرار كبيرة

الكلمات المفتاحية: مياه البحر، تحلية المياه، الطاقة، المياه المالحة، البيئة.

Résumé

L'eau dans le globe terrestre est en majorité saline, de ce fait, elle ne peut être utilisée. Le dessalement de l'eau de mer permet notamment d'augmenter la ressource en eau douce disponible, de fournir une solution en cas de sécheresse et de faire face aux situations de pénurie et de crise. Tout en laissant plusieurs inconvénients parmi lesquels nous rappelons :

- Des conséquences environnementales négatives (rejets de saumure, effluents chimiques....).
- Des besoins énergétiques importants, (un impact climatique).

Dans ce travail nous avons étudié d'une part les différents processus de fonctionnement de traitement de l'eau de mer (dessalement msf, déminéralisation) présents dans la centrale thermique de Cap Djinet, d'autre part, des mesures expérimentales des paramètres physico-chimiques ont été effectuées sur les différentes qualités d'eau produites, et sur l'inévitable saumure déchargée au niveau des unités de dessalement vers l'environnement marin.

Les résultats des analyses obtenues montrent l'efficacité des procédés utilisés donc, l'eau produite est de bonne qualité, toutefois, la présence d'impact des rejets de saumure sur l'environnement marin

Mots clés : Eau de mer, dessalement msf, déminéralisation, énergie, saumure, environnement.

Abstract

The Most of the water in the earth is saline water in the globe is mostly saline, thus, It can not be used. The desalination of sea water allows in particular to increase the freshwater resources available to provide a solution to drought and cope with situations of difficulty and crisis. While, Still several disadvantages:

- Negative environmental consequences (brine discharges , Chemical effluents)
- Important energy needs (climate impact).

In this work we study one hand the different processes operating treatment of seawater (desalination with msf, déminéralisation) présent in the power plant of Cap Djinet., the other experimental measurements of physic-chemical were performed on the different quality of water produced and the inevitable brine discharged at desalination units to the marine environment.

Keywords : Sea water, desalination msf , demineralization, energy, brine, environment.

INTRODUCTION GENERALE

L'homme malgré les succès spectaculaires remportés par la science et la technologie dépend toujours de l'essentiel de la nature qui fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement de nos machines. A la découverte de l'énergie électrique, qui a bien changé le mode de notre vie, elle est devenu un besoin vital pour l'homme et occupe une place importante dans le domaine industriel.

La consommation en électricité de notre pays à augmenter d'où la nécessité d'assurer une meilleure adaptation entre la demande et l'offre en énergie.

Les centrales thermiques à vapeur sont des centrales qui demandent d'énormes quantités d'eau, on les trouve près d'une rivière ou d'un lac.

Dans notre pays, il y'a un manque de ces ressources, c'est pour répondre à ces besoins en eau que la centrale Ras-Djanet a été construite près de la mer.

L'eau utilisé dans cette centrale est l'eau de mer qui nécessite un traitement, sachant qu'elle est par sa structure corrosive, elle contient les ions chlorures, l'hydrogène sulfuré et les composés ammoniacaux.

L'objectif de ce traitement est de diminuer totalement ces particules en fonction de l'usage prévu pour l'eau.

Ce traitement passe par une filtration mécanique, dessalement et déminéralisation.

Une centrale électrique est un site industriel qui produit de l'électricité en grande quantité, elle transforme des sources d'énergie naturelle en énergie électrique, afin d'alimenter les consommateurs en électricité.

Dans la centrale électrique de cap-djinet la production d'énergie électrique est produite en transformant l'énergie calorifique d'un combustible en énergie mécanique qui à son tour est transformée en énergie électrique.

L'élément central de cette transformation est l'eau, portée à haute pression et à haute température, qui cède son énergie au groupe turbo-alternateur producteur de l'électricité.

Malheureusement, cette transformation engendre des impacts environnementaux qui touchent l'écosystème marin et l'atmosphère.

L'objectif de notre travail est l'étude du dessalement par Multi-Stage Flash (MSF) au niveau de la centrale thermique de cap- djinet en relevant les problèmes liés à ce process et ses impacts sur l'environnement.

1. Présentation de la centrale thermique de CAP-DJINET :

Introduction :

La centrale thermique de CAP-DJINET est une centrale de production d'électricité, située au bord de la mer à l'est d'Alger, près de la ville de Boumerdes. Elle occupe une superficie de **35** hectares, Le choix de ce site est fait sur la base des critères suivant :

- Proximité des consommateurs importante, situés notamment dans la zone industrielle Rouïba_ Reghaia.
- Possibilité d'extension.
- Conditions du sous-sol favorable, ne nécessite pas de fondation profondes
- Proximité de l'eau de mer qui constitue la source d'eau de la centrale.

Le centrale thermoélectrique de centrale de CAP-DJINET, dont la construction a été décidée en vue de renforcer l'alimentation en énergie électrique de pays, est composée de quatre groupes mono bloque d'une puissance unitaire de **168 Méga watts** (borne alternateur) totalisant une capacité installée de **672 Méga watts** (borne usine).

Les quatre groupes alternateurs sont alimentés par quatre chaudières à haute pression d'environ **160 Bars** et de **530m^{3/h}** de débit .En ce qui concerne l'investissement globale de la centrale, celui-ci s'élève à deux mille cinq millions de dinars (**2500000 000 DA**) [1].

2. Historique

La réalisation du projet s'est faite sur la base d'un découpage en plusieurs lots ayant fait l'objet de contrat avec autant d'opérateurs différents, la « SONELGAZ » assurant la coordination des interventions. les objectifs de cette politique sont, d'une part, la promotion au maximum de l'intégration des moyens nationaux de réalisation, d'autre part une plus grande maîtrise par « SONELGAZ » du processus de réalisation , en vue d'une meilleure prise en charge des problèmes d'exploitation de la centrale l'exploitation et la maintenance de la centrale sont assurées par un effectif d'environ 260 agents .

Les principaux contrats de réalisation de cette centrale ont été signés en **1980**, les travaux de terrassement ont démarré en **Mars 1981** et début du montage de la centrale est effectué le **17Juin 1986**. La mise en service des quatre groupes s'est effectuée comme suit :

- **Groupe 1** : couplage sur réseau le **17 Juin 1986**.
- **Groupe 2** : couplage sur réseau le **17Septembre 1986**.
- **Groupe 3** : couplage sur réseau le **29 Novembre 1986**.
- **Groupe 4** : couplage sur réseau le **21 Février 1987** [1]

3. Plan de masse de la centrale

Il est présenté dans la figure ci-après :

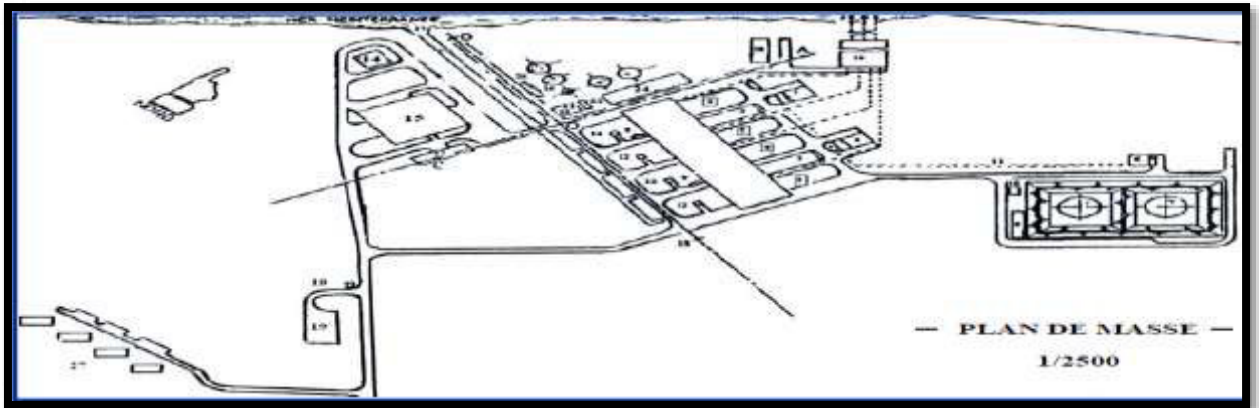


Figure 1 : Plan de masse de la centrale [1]

La légende :

1. Salle des machines	15. atelier magazine
2. Chaudière	16. station de pompage
3. Locaux des auxiliaires électriques	17. canal et rejet d'eau mer
4. Locaux des auxiliaires mécaniques	18. poste de garde
5. Tour de prise d'eau de mer	19. parking
6. Station de détente de gaz	20. station de chloration
7. Réservoir stockage fuel	21. préparation d'eau potable
8. Station pompage et dépotage fuel	22. déminéralisation
9. Station de production H ₂	23. fosse de neutralisation
10. Poste d'incendie à mousse	24. dessalement d'eau de mer
11. Rack à tuyauterie	25. station des pompes d'incendie
12. Air des transformateurs	26. pompes d'eau déminéralisée
13. Bâtiment administrative	27. logements d'exploitation
14. cantine	

4. Organigramme.

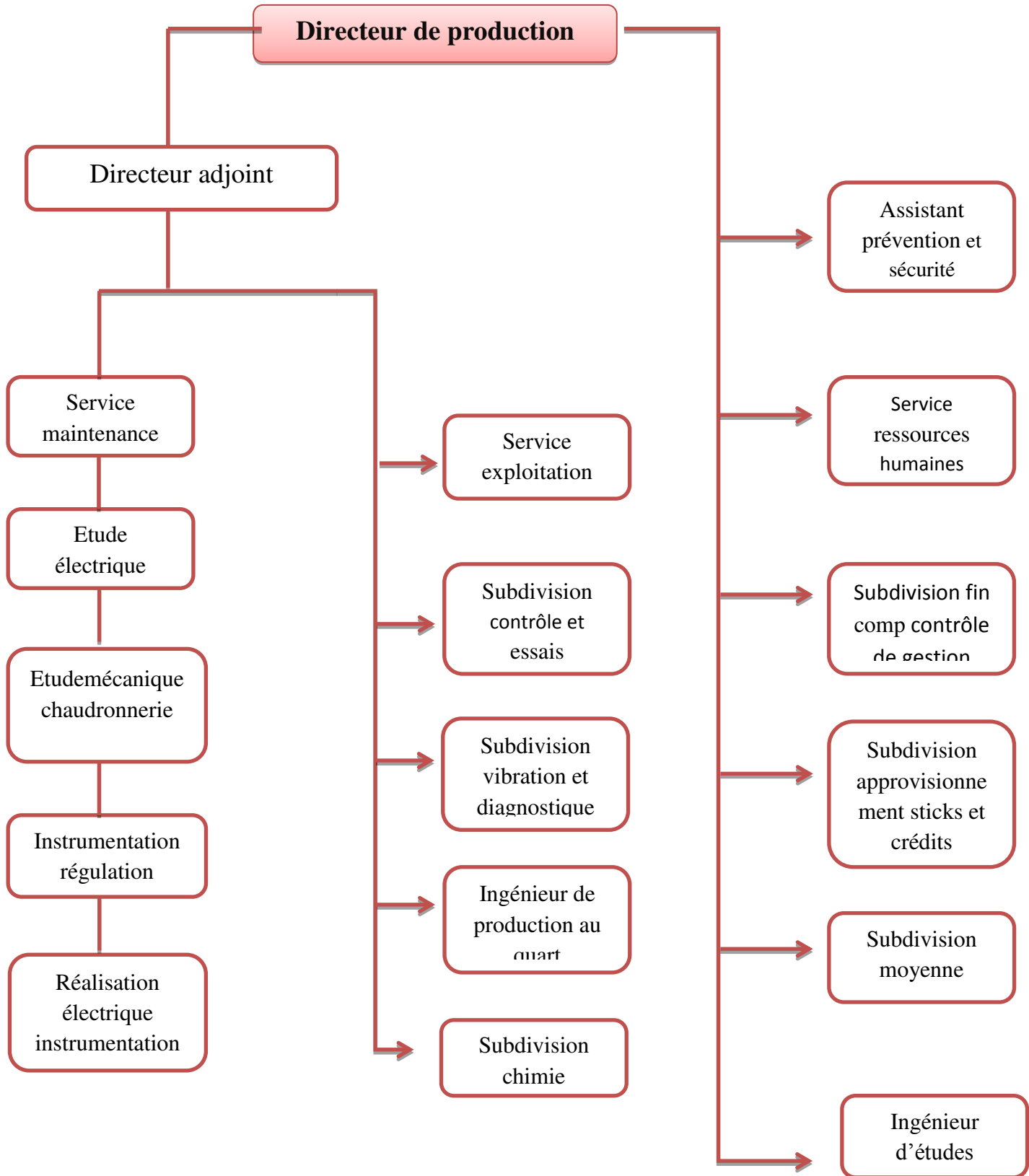


Figure 2 : organigramme de centrale [1]

5. Caractéristiques technique de la centrale

5.1. Combustible

Le combustible principal utilisé dans les chaudières est le Gaz naturel de **HASSI-R'MEL**, acheminé par gazoduc. Un débit de **16000 m³/h** de gaz est nécessaire pour assurer la pleine charge des quatre groupes. En cas d'indisponibilité, le secteur est assuré par du fuel (huile domestique) à l'aide d'un dispositif d'alimentation composé de deux réservoirs de **10000 m³** pour chacun.

5.2. Générateur de vapeur

Il a pour rôle de transformer l'eau à haute pression pour alimenter le groupe turbo-alternateur. Il est de type pressurisé à circulation naturelle (circulation naturelle de l'eau et de la vapeur, l'eau qui arrive par gravité vers les tubes écrans, sera vaporisée sous l'effet de la combustion, et la vapeur produite, sera acheminée vers la partie supérieure du ballon chaudière par différence de densité avec l'eau).

5.3. Turbine à vapeur

C'est l'élément le plus cher et le plus essentiel dans la centrale. Elle se compose de trois corps : haute pression **HP**, moyenne pression **MP**, et basse pression **BP**, qui sont liés avec un seul arbre. La turbine transforme l'énergie thermique contenue dans la vapeur provenant de la chaudière en mouvement de rotation de l'arbre, le travail mécanique obtenu sert à entraîner l'alternateur.

5.4. Alternateur

Est un générateur d'électricité lié directement avec l'arbre de la turbine, sert à transformer l'énergie mécanique produite par la turbine en énergie électrique.

5.5. Eau de réfrigération

La prise d'eau se situe en mer à 900 m de la station de pompage et de filtration, après traversée du condenseur, l'eau de réfrigération est rejetée vers le canal de rejet qui aboutit à la mer.

5.6. Post d'eau

Est l'ensemble des équipements qui préchauffe l'eau et le transfert du condenseur jusqu'à la chaudière en passant par la bache alimentaire (dégazeur)

6. Auxiliaires communs aux quatre tranches

6.1. Système de traitement des eaux

a) Station de dessalement

Elle a pour le rôle production de l'eau dessalée à partir de l'eau de mer pour alimenter la chaudière. la centrale a quatre unités de dessalement de débit de **500 m³/h** chacune, assurent la production d'eau pour les appoints au cycle thermique. ces unités sont de type multi flash l'eau dessalée est stockée dans deux réservoirs de **2700 m³** chacun avant d'être déminéralisée. (conductibilité <**30 µs/cm**).

b) station de déminéralisation

c) Deux chaînes de déminéralisation à lit mélangés de 40 m³/h chacune, parachèvent le traitement de l'eau avant son utilisation dans le circuit eau-vapeur. Le stockage d'eau déminéralisé se fait dans deux réservoirs de **1500m³** chacun (Conductibilité <**0.1µs /cm**).

d) Station d'électrochloration

La chloration de l'eau de mer permet de préserver les équipements traversés par l'eau de mer contre la prolifération d'organismes marins. Elle se fait par injection d'hypochlorite de sodium. la production de ce dernière en est assurée par une station d'électro-chloration (par électrolyse de l'eau de mer) d'une capacité de **150kg /h** de chlore actif.

e) Station de production d'hydrogène

L'électrolyseur bipolaire sert à la production d'hydrogène et d'oxygène de grande pureté, l'hydrogène produit sert au refroidissement des quatre alternateurs de la centrale. Sous une pression de 3bars, en circuit fermé, l'hydrogène étant lui-même refroidi à l'eau d'extraction.

6.2. Evacuation d'énergie

L'énergie électrique produite est évacuée par l'intermédiaire d'une ligne de **225 Kv**, sur le poste Alger –est (Boudouaou).

6.3. Commande et contrôle

La centrale se caractérise par un degré élevé d'automatisation et de centralisation des commandes. On dénombre une quarantaine de chaînes de régulation par groupe de production qui permet un pilotage automatique du groupe.

6.4. Système de surveillance, d'alarme et d'analyse

Pour permettre une bonne conduite du groupe de production, des paramètres d'exploitation (température, pression, niveau, vibration, etc.) des différents équipements du groupe, sont indiqués, enregistrés en permanence en salle de commande et signalés en cas de dépassement de seuil.

Pour une meilleure analyse en cas d'incendie un consigneur d'état est installé. Il permet d'enregistrer les alarmes dans un ordre chronologique.

7. Principe de fonctionnement

Il est basé sur la transformation d'énergie chimique contenue dans un combustible, en énergie électrique en passant par l'intermédiaire de l'énergie thermique et mécanique. Cette transformation s'opère dans divers appareils en utilisant les propriétés physiques de l'eau sous ses diverses formes liquides et vapeur.

En gros, on a trois transformations principales [2].

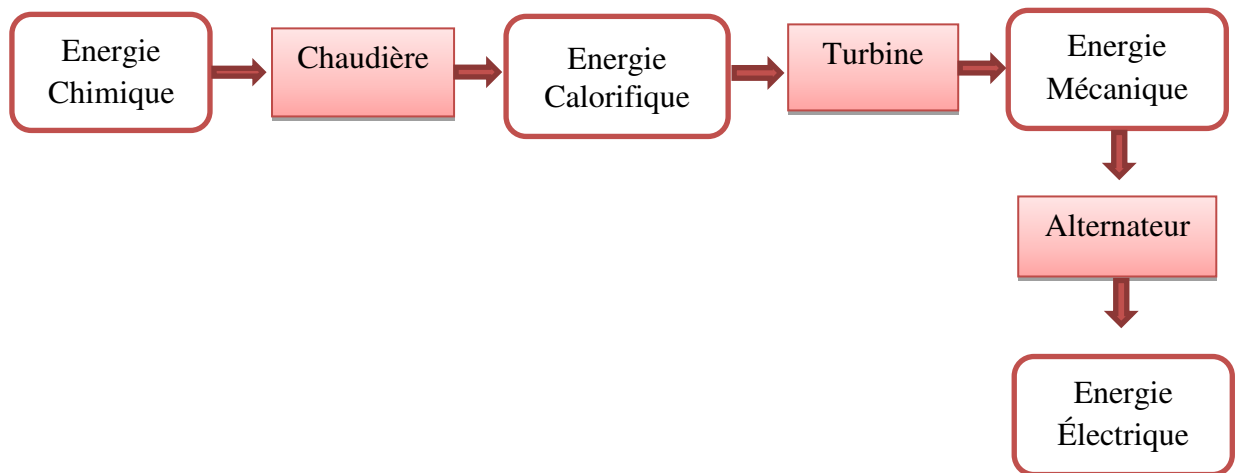


Figure 3: Principales transformation d'énergie [3].

8- Centrale de type turbine à vapeur(RDJ)

La centrale se trouve en bord de mer(15), vu le besoin important d'une grande quantité d'eau pour le refroidissement de la vapeur dans les condenseurs (8), en plus de l'eau déminéralisée nécessaire à la production de vapeur qui sera l'élément moteur des turbines pour l'entraînement des alternateurs qui produiront l'énergie électrique nécessaire à la consommation sur le réseau national. L'eau déminéralisée est produite à partir de l'eau de mer dessalée par 4 unités de dessalement de type multi flash(11,12).

✓ **Fonctionnement du cycle eau vapeur.**

La vapeur ayant traversé la turbine (corps HP, MP, BP)(2,3,4) se retrouve en fin de parcours dans le condenseur(8) situé en dessous du corps BP(4) ; cette vapeur va se répandre sur les 15.000 tubes en titane(9) disposés transversalement dans le condenseur à l'intérieur desquels circule l'eau de mer qui va servir de source froide pour la condensation de la vapeur. Cela produira le condensat principal qui va être récupéré dans le puits du condenseur(10) d'où aspirent les 2 pompes d'extraction(13) (une en service et une en standby). La pompe en service va refouler ce condensat dans le circuit basse pression (circuit d'eau d'extraction) et acheminera l'eau jusqu'à la bêche alimentaire où elle subira un dégazage physique. Le niveau dans le condenseur sera réglé par la soupape régulatrice(14). Lors de son passage dans le circuit d'eau d'extraction, l'eau va être graduellement réchauffée en passant à travers les réfrigérants alternateurs, le condenseur des buées, les éjecteurs de vapeur ainsi que le poste de réchauffage basse pression composé des réchauffeurs BP1, BP2, BP3(17). Cette eau aura alors une température d'environ 110°C.

Ensuite elle sera admise à la bêche alimentaire(18) à travers le dégazeur pour y subir un dégazage (élimination de l'O₂) et un autre réchauffage par mélange. L'eau dégazée et réchauffée à environ 140°C dans la bêche alimentaire va être reprise par les pompes alimentaires au nombre de trois(19) (deux en service et une en réserve) pour alimenter la chaudière ou générateur de vapeur(29) en passant par les réchauffeurs haute pression HP5 et HP6(20) qui élèveront sa température à 240°C avant son admission dans la chaudière (eau d'alimentation).

L'eau d'alimentation passera à travers la soupape alimentaire(21) (vanne de réglage niveau ballon chaudière) pour entrer dans la chaudière au niveau de l'économiseur(22) qui va encore l'élever en température à environ 300°C avant son entrée dans le ballon chaudière(24). L'eau d'alimentation parvenue au ballon va occuper la partie inférieure et son niveau sera réglé à 50%. Cette eau va ensuite descendre par les colonnes d'alimentation(23) pour rejoindre le collecteur inférieur qui alimentera les tubes vaporisateurs ou tubes écrans(25) qui sont directement exposés aux flammes des huit brûleurs(26) disposés sur une des quatre faces du foyer chaudière. La vapeur produite dans ces tubes (écrans/vaporisateurs) va s'élever vers le collecteur supérieur par différence de densité entre l'eau et la vapeur (la vapeur étant plus légère que l'eau). Cette chaudière est dite chaudière à circulation naturelle(29). La vapeur saturée sortira du collecteur supérieur des tubes écrans vaporisateur pour être acheminée vers la partie supérieure du ballon chaudière. Le ballon chaudière(24) servira donc de réserve d'eau et de vapeur saturée pour l'alimentation des turbines en vapeur surchauffée HP. La pression de

la vapeur réglée dans le ballon sera de 160 bars. Cette vapeur humide (contenant des gouttelettes d'eau) devra être séchée avant son admission dans la turbine corps HP turbine(2). Elle sortira donc du ballon et passera à travers les surchauffeurs N°1,2 et 3(27) pour être séchée et deviendra alors vapeur vive ou vapeur sèche. Cette vapeur sortira de la chaudière avec une pression de 160 b et une température de 540°C. Elle se dirigera alors vers la turbine corps HP(2) ou elle subira une détente pour en ressortir sous forme de vapeur moyenne pression à une température avoisinant celle de vapeur saturée. Pour cette raison elle sera réintroduite dans la chaudière pour passer à travers les resurchauffeurs N° 1 et 2(28) où elle sera resurchauffée.

Nota : les trois surchauffeurs(27), les deux resurchauffeurs(28), ainsi que l'économiseur(22) sont disposés au-dessus du foyer chaudière. C'est donc la chaleur contenue dans les gaz de combustion qui servira à sécher et à resurchauffer la vapeur motrice de la turbine.

La vapeur resurchauffée ressortira de la chaudière avec une pression moyenne variant entre 20 et 30 bar selon la charge du groupe (puissance active bornes alternateur en MW) à une température de 540°C et alimentera le corps MP(3) de la turbine où elle subira une autre détente pour en ressortir avec une basse pression et température, et se dirigera directement vers le corps BP(4) de la turbine où elle subira sa dernière détente avant de se retrouver dans le condenseur du groupe(8). Le condenseur est un élément qui se trouve sous vide (vide réalisé au moyen des éjecteurs de vapeurs au nombre de quatre « 2 de service et 2 de démarrage »). La vapeur ayant rejoint le condenseur va se retrouver en contact avec la surface d'échange des tubes en titane qui sont la source froide dans lesquels circule l'eau de mer qui provient du refoulement des pompes de circulation(15) au nombre de deux se trouvant à la station de pompage. Cette eau de mer qui servira au refroidissement (condensation) de la vapeur va être refoulée de la sortie du condenseur vers le canal de rejet(16) pour retourner vers la mer. La vapeur au contact des tubes froids va se condenser et sera récupérée à l'état liquide dans le puits du condenseur(10). Ce liquide constituera le condensat principal qui sera de nouveau aspiré par la pompe d'extraction en service et renvoyé pour refaire le même circuit dans le cycle eau / vapeur. Il y a lieu de signaler qu'il existe des pertes (fuites d'eau et de vapeur) ce qui va se traduire par une baisse de niveau du condenseur qui doit être réglé à un niveau stable de 900mm. Ces pertes seront compensées par des appoints d'eau déminée qui se feront automatiquement à partir de la bêche tampon(12) se trouvant à proximité du condenseur. Cette bêche sera elle même alimentée par la station de déminéralisation(11). L'eau déminéralisée utilisée dans le cycle eau/vapeur pour produire de la vapeur est à l'origine de l'eau de mer prise au niveau de la station de pompage pour passer dans quatre unités de dessalement

d'eau de mer(11)qui produiront 500m³/jour chacune. Cette eau dessalée sera stockée dans 2 bâches (2x2700m³) qui alimenteront la station de déminéralisation ou il existe 2 filtres à lits mélange produisant chacun 40m³/ h d'eau déminéralisée stockée dans 2 réservoirs de 1500m³chacun.

L'eau déminéralisée va être envoyée jusqu'aux bâches hautes (2x40m³) ; une pour l'alimentation des bâches tampon des groupes 1 et 2 et l'autre pour les groupes 3 et4.

A partir des bâches tampon(12) de chaque groupe se fera le remplissage des condenseurs(8) et les appoints nécessaires pour compenser les pertes dans le circuit/vapeur.

La production d'électricité n'est qu'une résultante de différentes transformations successives de l'énergie chimique contenue dans le gaz naturel provenant des puits de Hassi R'mel :

Energie chimique (gaz) \rightleftharpoons Energie thermique (combustion, chaudière)
Energie thermique (chaudière) \rightleftharpoons Energie mécanique (turbine)
Energie mécanique (turbine) \rightleftharpoons Energie électrique (alternateur)

L'énergie chimique contenue dans le gaz naturel sera transformée en énergie thermique après la combustion du mélange air/gaz dans les 8 brûleurs(26) de la chaudière(29). La chaleur engendrée par cette combustion va être cédée à l'eau qui circule dans les tubes vaporisateurs ou tubes écrans(25). Cette chaleur (énergie calorifique) sera véhiculée par l'eau et la vapeur jusqu'à la turbine(2,3,4) où elle se transformera en énergie mécanique (mouvement de rotation de l'arbre tournant à 3000 tr / min) équivalent à une fréquence de 50Hz.

Le rotor de l'alternateur va donc être entraîné par la rotation de l'arbre turbine cela produira alors une énergie électrique à la sortie des trois phases alternateur(5). La puissance active développée aux bornes de l'alternateur(BA) ou charge active de base sera de 176 MW. La tension de sortie alternateur est de 15,5Kv et un ampérage variant jusqu'à 8000A par phase à une fréquence de 50Hz.

L'énergie électrique fournie par l'alternateur va être évacuée à travers le disjoncteur alternateur (BBC) ou disjoncteur groupe pour ensuite aller vers le transformateur principal qui élèvera la tension de 15,5KV à 220KV. Après le transformateur principal TP, l'énergie fournie transitera à travers le disjoncteur ligne (poste blindé SF6) pour alimenter le réseau 220KV au niveau des postes Alger Est et Si Mustapha.

A noter que juste avant le transfo TP, il y a un soutirage d'une partie de l'énergie électrique produite qui ira alimenter le transformateur de soutirage TS pour transformer la tension de sortie alternateur 15,5KV en 6KV et alimenter ainsi les auxiliaires électriques du groupe. C'est une auto alimentation des auxiliaires propres au groupe qui consommeront environ

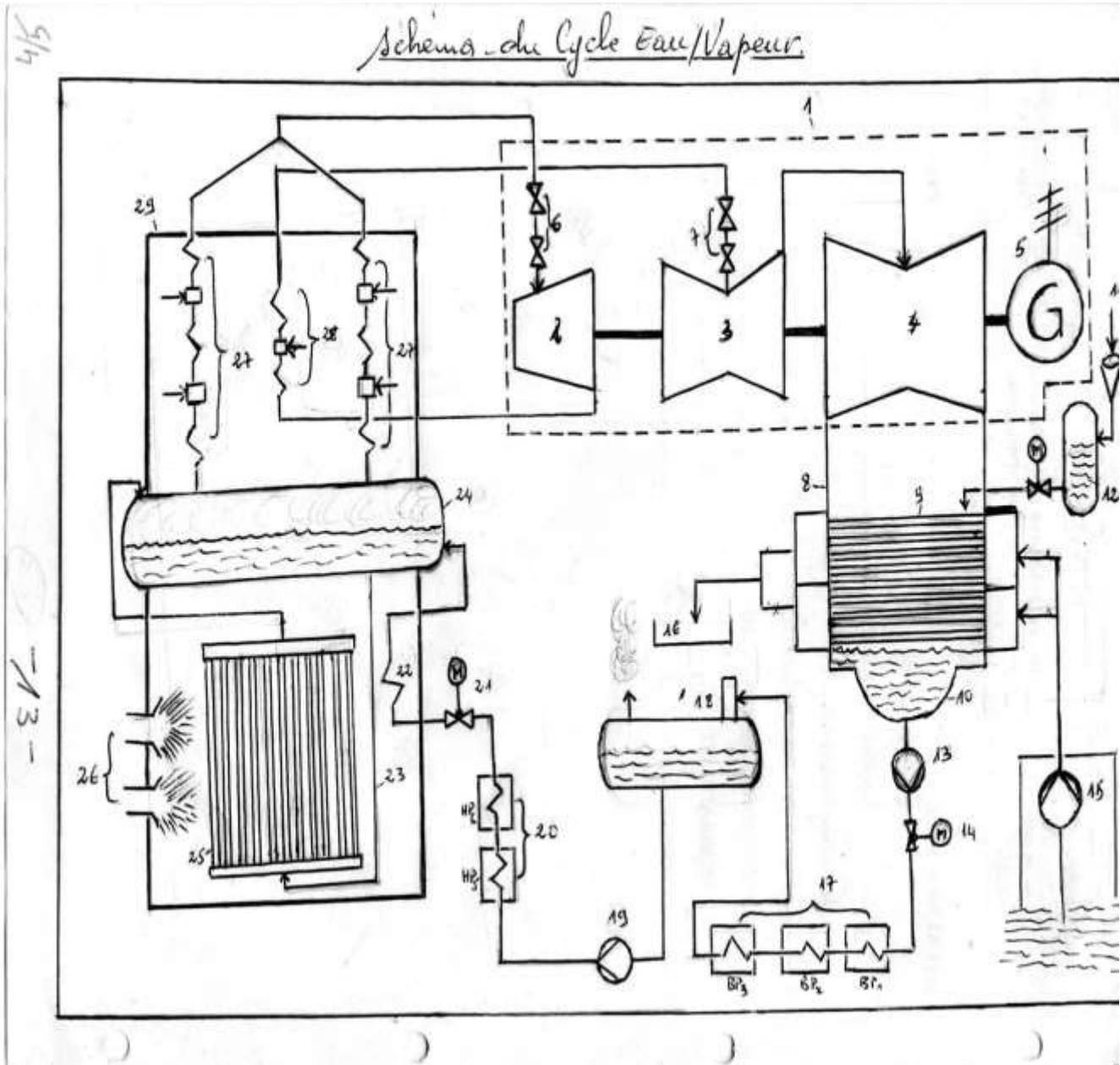
8MW par tranche. On fournira donc une puissance unitaire BU (borne usine) de 168 MW par groupe. La puissance totale fournie au réseau est de 4x168Mw.

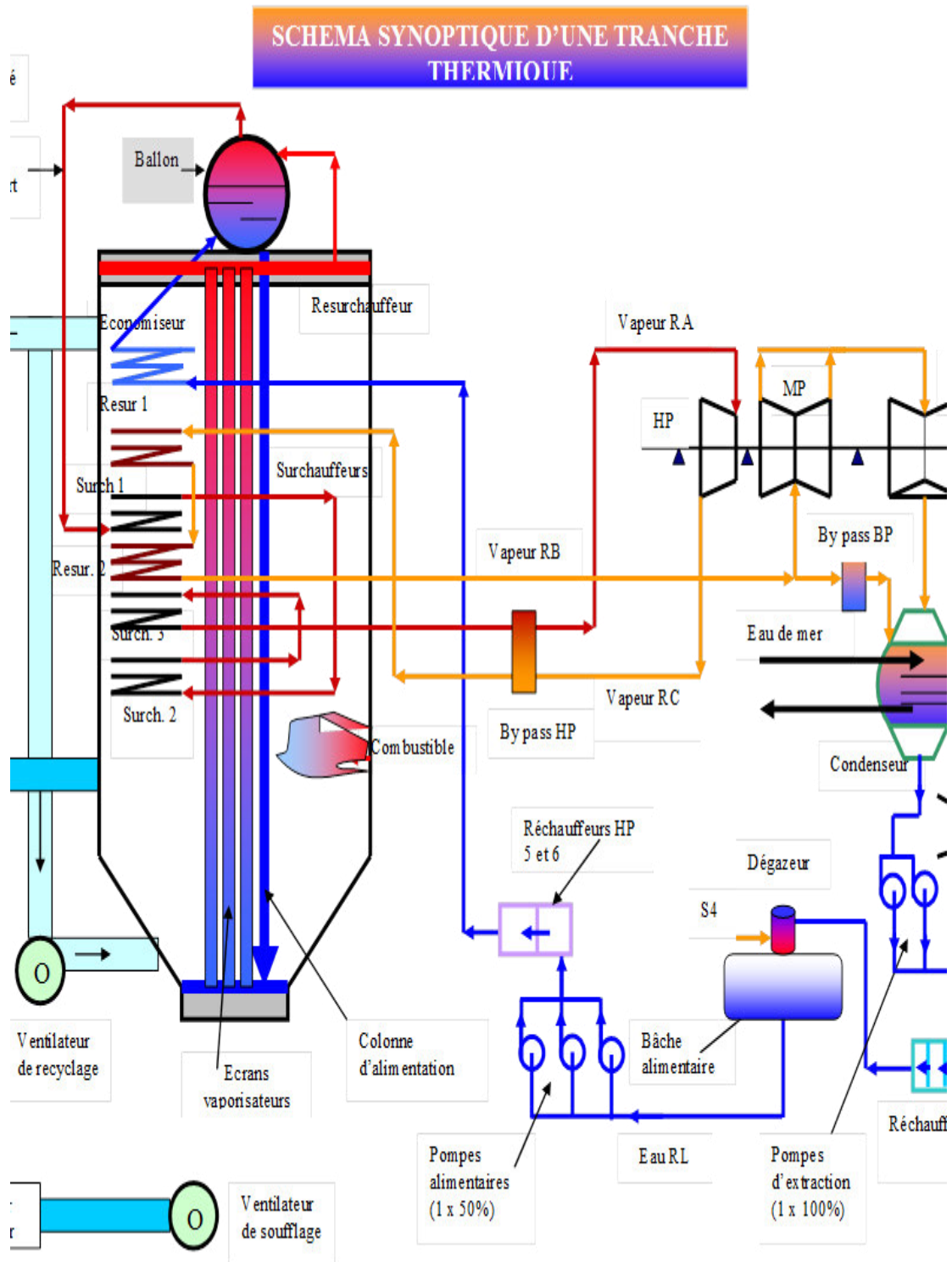
La ligne 63Kv arrive du poste de Si Mustapha au transformateur TR (transfo réseau) pour transformer la tension 63Kv en 6,3Kv et alimenter en secours les 4 jeux de barres 6Kv (BA / BB) des quatre tranches pour alimenter les auxiliaires groupe.

La puissance totale fournie au réseau est de 4x168 MW. Actuellement deux groupes let 2 débitent sur le poste 220Kv d'Alger Est, les groupes 3 et 4 débitent sur le poste 220Kv de Si Mustapha.

Légende schéma cycle eau-vapeur

- 1- Groupe turbo-alternateur.
- 2- Turbine corps HP (haute pression).
- 3- Turbine corps MP (moyenne pression).
- 4- Turbine corps BP (basse pression).
- 5- Alternateur.
- 6- Ensemble vanne d'arrêt/soupapes régulatrices HP.
- 7- Ensemble vanne d'arrêt/soupapes régulatrices MP.
- 8- Condenseur.
- 9- Tubes condenseur en titane (14850 tubes).
- 10- Puits du condenseur.
- 11- Station dessalement + déminéralisation.
- 12- Bâche tampon.
- 13- Pompes d'extraction.
- 14- Vanne régulatrice niveau condenseur.
- 15- Station de pompage + pompes de circulation.
- 16- Canal de rejet.
- 17- Poste de réchauffage basse pression (BP1+BP2+BP3).
- 18- Bâche alimentaire-dégazeur.
- 19- Pompes alimentaires.
- 20- Poste de réchauffage HP (HP5+HP6).
- 21- Vanne régulatrice niveau ballon chaudière (soupape alimentaire).
- 22- Economiseur.
- 23- Colonnes de descente pour alimentation des tubes écran.
- 24- Ballon chaudière.
- 25- Tubes écran/vaporisateur.
- 26- Bruleurs (N^{bre} 8).
- 27- Surchauffeurs N°1, 2, 3 +désurchauffeurs.
- 28- Resurchauffeurs N°1, 2 + désurchauffeurs.
- 29- Chaudière ou gé
- 30- nérateur de vapeur





Chapitre 1

Généralité sur les eaux

LES EAU DANS LA NATURE :

Introduction :

La mer s'étend sur 71% environ de la surface du globe. L'hémisphère sud est le principal réservoir d'eau de mer. Dans l'hémisphère nord on trouve plusieurs mers salées qui communiquent pour certaines avec l'océan (mer Méditerranée, mer Baltique, etc...). La mer est multicolore, car elle reflète les différentes teintes du ciel. En plein océan, la mer est presque toujours bleu marine. Aux abords du littoral le bleu s'éclaircit et vire quelquefois au vert à cause du plancton et des particules minérales. La Manche, peu profonde, très peuplée en micro-organismes, est verte. La Méditerranée profonde, mais pauvre en micro-organismes, est vraiment bleue. Les eaux froides polaires sont plus vertes que les eaux tropicales, car plus riches en plancton. C'est également le plancton qui rend de nuit l'eau de mer phosphorescente, lumineuse. A moins 500 mètres de profondeur, c'est le noir absolu car la lumière du soleil n'y pénètre plus.

I Définition de l'eau :

L'eau est banal, incolore, inodore et sans saveur, mais en même temps Singulière, fantasque, exceptionnelle. de valeur nutritive à peu près nulle, elle est cependant le constituant principal de tout être vivant. Lorsqu'elle gèle, Elle augmente de volume, se gonfle au lieu de diminuer comme la plupart des autres substances, elle se solidifie et flotte en milieu liquide [1].

I.1 La classification des eaux :

La classification des eaux diffère d'une référence à une autre, quelques-unes les classifient suivant l'origine ; quelques auteurs parlent même des eaux de pluies, certains autres s'intéressent à l'utilisation des eaux.

I.1.1.Eaux Naturelles :

I.1.1.1. Eaux souterraines :

Du point de vue hydrogéologique les couches aquifères se divisent en :

- **Nappes phréatiques ou alluviales:** Peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus.
- **Nappes captives :** Plus profondes que le premier et séparées de la surface par une couche imperméable, l'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures.

Quand une eau souterraine contient une concentration en certains minéraux dépassant les normes de potabilité, mais elle représente des propriétés thérapeutiques on la distribue en bouteilles avec parfois un traitement bien définit, ces eaux sont dites **eaux minérales**.



Figure I.1 : l'eau souterraine

1.1.1.2Eaux de surface :

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. Pour cela ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement.

- **Eaux des mers et océans :**

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraines et superficielles). Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile.

Les Océans couvrent 71 % de la surface de la terre et contiennent 97 % du volume d'eau de notre planète.

Le volume d'eau total est d'environ: 1,34 milliards Km³ dont 1,3 milliards Km³ est occupé par les Océans.

Les 3 % d'eau douce se répartissent entre les glaciers et les calottes polaires (2.4 %), puis dans les nappes souterraines (0.6 %). Les cours d'eau et les lacs ne représentent qu'une quantité insignifiante (environ 0.01 %). (Pourcentages du volume total d'eau sur Terre).

Seulement la moitié de l'eau contenue dans les nappes souterraines est utilisable par l'homme. Soit 0.3 % de la quantité d'eau présente sur Terre ou encore 4 000 000 Km³

- **les lacs :**

Les lacs naturels sont inégalement répartis. Le contexte hydro-géomorphologique les rend bien plus nombreux dans les anciennes zones glaciaires. Leur géographie varie aussi selon que les hommes les ont vidés ou drainés ou au contraire artificiellement aménagés, construits ou agrandis en établissant des digues et barrages. En Europe, il y a environ 500 000 lacs de plus de 1 hectare.

Les lacs constituent d'importantes réserves d'eau douce et de ressources halieutiques. L'irrigation des cultures, la pêche, le pompage d'eau potable (ou à potabilité) et l'énergie électrique, certaines formes de tourisme et d'activités sportives et nautiques sont des activités qui en dépendent et qui les affectent quantitativement et qualitativement.

1.1.1.3. Eaux de Consommation :

Ce sont les eaux destinées à la consommation domestique, elles ont connues une énorme croissance suite au développement démographique et à l'amélioration des conditions de vie des populations.

La consommation domestique en eau varie de quelques litres par jour dans les pays sans adduction publique et à faible confort ménager jusqu'à plusieurs centaines de litres dans les pays très développés.

Même si ce n'est qu'une petite quantité qui va être bue, jamais ces eaux ne sont distribuées qu'après traitement, trois facteurs déterminent le choix d'un traitement:

- **La quantité :** La source doit couvrir la demande, en toute circonstance.
- **La qualité :** La qualité de l'eau brute dont on dispose doit être compatible avec la législation en vigueur.
- **L'économie :** Le coût d'investissement et de fonctionnement du procédé de traitement relatif à chacune des ressources disponibles est déterminant lors de la prise d'une décision.

Il faut signaler que les établissements distributeurs des eaux de consommation sont responsables de la conformité de ces eaux aux normes jusqu'à leurs arrivées au consommateur.

1.1.1.4. Eaux Industrielles :

La qualité et la quantité des eaux utilisées dans l'industrie sont très variables, elles dépendent du type de l'entreprise productrice et de sa taille (voir tableau I.1).

Une eau qui va entrer dans un cycle de refroidissement d'une chaudière est moins exigeante que l'eau utilisée dans l'industrie électronique ou alimentaire.

1.1.1.5. Eaux Usées :

L'utilisation des eaux engendre un nouveau produit appelé effluent ou eau usée.

Les problèmes liés aux eaux usées sont aussi anciens que ces eaux elles même et ils s'aggravent suivant la croissance démographique, l'amélioration de la qualité de vie des populations et le développement des activités industrielles.

Les eaux usées se divisent en deux grandes catégories : les eaux résiduaires urbaines (ERU) et les eaux résiduaires industrielles (ERI).

Tableau I.1 : Principales utilisation industrielles de l'eau et sources d'eau possibles

Utilisation		Source d'eau acceptable
Eau de fabrication noble	-Pharmacie -Alimentaire -Papier blanc -Textiles -Teinturerie -Chimie	-Eau potable - Eaux de forage - Eaux de surface peu polluées
Eau déminéralisée	- Pharmacie - Chaudières - Préparation des bains divers - Rinçages en galvanoplastie - Eau ultra pure - Dessalement par osmose	-Eaux de forage - Eaux de surface peu Polluées
Eau de refroidissement en circuit semi-ouvert	-Réfrigération atmosphérique	- Eaux de surface pauvres en Cl- - Effluents après traitement tertiaire
Eau de refroidissement en circuit ouvert	- Condenseurs et échangeurs	-Eaux de surface - Eaux de mer - Effluents après Traitement
Eau de lavage de gaz ou produit de transport	- Lavage gaz métallurgique et incinération - Lavage charbon	- Eaux de surface tamisées et pré décantées - Effluents secondaires

I.1.1.6. Eaux résiduaires urbaines :

Les eaux résiduaires urbaines (ERU) regroupent les eaux ménagères, les eaux vannes et les eaux de ruissellement.

I.1.1.7Eaux résiduaires industrielles (ERI) :

Les caractéristiques des eaux usées industrielles subissent des grandes variations, elles dépendent à une multitude de paramètres type de l'industrie, production, nettoyage,..., les différentes étapes du procédé industriel, l'état des appareils,... Par ailleurs, il existe des caractéristiques communes entre les effluents de la même industrie.

I.2 CARACTÉRISTIQUE DES EAUX DE MER :

I.2 .1. Qualité de l'eau de mer :

L'eau de mer est la matière première de l'usine de dessalement.

Chacun peut observer ses changements de température, de limpidité d'un lieu ou d'un jour à l'autre ; les écarts de salinité sont moins connus.

Salinité, température et matières en suspension sont les paramètres majeurs du fonctionnement d'une unité de dessalement [2].

I.2 .3. Salinité :

La salinité mesure la concentration en sels dissous ; elle s'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 la ppm chez les Anglo-Saxons.

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 peut dépasser 50 g/L dans certaines zones.

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

- ✓ Océan Atlantique : 35 g/L ;
- ✓ Mer Méditerranée : 38 g/L ;
- ✓ Mer Rouge : 40 g/L et plus ;
- ✓ Golfe Persique : 50 g/L et plus.

En dehors du chlorure de sodium qui 2 représente 85 % de la salinité totale, on note la présence des ions bicarbonates, calcium et sulfates. Ces ions sont des sources potentielles d'entartre ment selon les conditions de température, de concentration et de pH. Or tout procédé de dessalement implique une concentration de l'eau. Il restera donc à l'opérateur le choix de la température et du pH pour limiter sinon éviter l'entartre ment des appareils [2].

I.2 .3. Température :

La température de l'eau de mer peut varier de quelques degrés sur les côtes sous influence des courants polaires jusqu'à 35 ° [2].

Une température élevée avantage la distillation, tout en observant que cet avantage est minime du fait que la capacité thermique massique de l'eau est très faible comparée à son enthalpie (sa chaleur latente) de vaporisation [2].

Pour l'osmose inverse le bénéfice est contrasté : la production des membranes d'osmose augmente de 3 % par degré Celsius. En contrepartie la qualité de l'eau produite diminue et, surtout, le vieillissement de la membrane s'accélère. L'expérience montre que l'optimum se situe autour de 25 °C [2].

I.2.4. pH des eaux de mer :

L'eau de mer est faiblement alcaline et son pH moyen est de 8 avec des variations entre 7 et 8.2. Le pH des eaux de mer décroît avec une augmentation de température [3].

I.3.Composition de l'eau de mer :

- **Les éléments principaux :**

Si la masse totale des sels dissous peut varier, le rapport des concentrations des différents éléments est stable, la concentration moyenne des sels dans l'eau de mer varie entre 35 et 39 g/l [3]

Tableau I.2 : concentration des éléments principaux pour une eau de mer de salinité de 36.047g/l [4].

Cations	(mg/L)	Anions	(mg/L)
Sodium.....	11 035	Chlorures	19 841
Magnésium	1 330	Sulfates	2 769
Calcium	418	Bicarbonates.....	146
Potassium	397	Bromures	68
Silicium	3000	Fluorures.....	1,4

- **Autre éléments minéraux :**

L'eau de mer contient de nombreux autre élément à des concentrations beaucoup plus faibles, ces éléments malgré leur faible concentration, ont une importance certaine dans des processus biologique et organiques.

Ils peuvent se trouver sous différentes formes (dissous, colloïdaux ou en suspension) [3].

Tableau I.3 : concentration des différents éléments mineurs [3].

Eléments	Concentration	Eléments	Concentration
	(mg/l)		(mg/l)
Li	17	Cu	3
Al	10	Zn	10
P	70	As	3
Ti	1	Mo	10
V	2	I	60
Mn	2	Ba	30
Fe	10	U	30
Ni	2		

- **Matières solides en suspension :**

Généralement, les matières solides sont visibles à l'œil nu, elles déterminent la turbidité de l'eau, le plus souvent la masse spécifique est supérieure à celle de l'eau les matières solides demeurent en suspension tant que l'eau est en mouvement, lorsque la vitesse de l'eau diminue et tend vers zéro, les matières solides sédimentes pour former les dépôts au fond des réservoirs et sur la génération inférieure de la canalisation [5].

- **Matières en émulsion :**

Se sont des matières insolubles qui sont présentés sous forme de fines gouttelettes réparties de façon uniforme dans l'eau, la présence de ces matières en émulsion confère à l'eau un aspect laiteux [5].

- **Matières colloïdales :**

Ce sont de très fines particules de matières solides d'origine minérale ou organique, invisible à l'œil nu en examen direct, elles sont dotées à leur surfaces de charges électriques qui se repoussent mutuellement confèrent à ces particules un mouvement permanent qui les maintiennent en suspension [5].

- **Constituant d'entartrage :**

Toutes les eaux de mer contiennent un certain nombre de sels dont la concentration varie avec les conditions climatiques et les lieux géographiques.

Quand l'eau de mer est chauffée dans une évaporation, les limites de solubilité de certains sels sont atteintes. Par conséquent, une formation de tartre se produit sur les surfaces des membranes tel que : CaCO_3 , Mg(OH)_2 , CaSO_4 , Na Cl .

I.4.LE PROBLÈME DE L'EAU EN ALGÉRIE :

C'est une perception encore peu maîtrisée, elle est due à plusieurs facteurs, essentiellement :

I.4.1.Faiblesse des ressources en eau :

a) Les ressources en eau superficielle :

Les ressources en eau sont généralement faibles et surtout extrêmement irrégulières, leur exploitation devient de plus en plus difficile dans notre pays. Leur répartition sur le territoire est inégale; elles sont également exposées à des risques de pollution de plus en plus importants et qui compromettent l'utilisation de ces eaux dans de nombreuses régions du pays.

b) Les ressources en eau souterraine :

Les eaux souterraines sont généralement faibles et localisées dans le Sahara,

Au nord, les précipitations sont irrégulières et mal distribuées géographiquement, elles augmentent d'Ouest en Est et affectent successivement les monts de Tlemcen, le versant nord de l'Ouarsenis, le massif de la grande kabyle, la petite Kabylie, le nord constantinois et le massif des Aurès [6].

c) Dégradation continue des ressources :

La dégradation des ressources en eau commence à atteindre des proportions inquiétantes dans la région tellienne, où se trouve la plus grande partie des potentialités en eau de surface. La pollution de certains barrages, tant par les eaux usées domestiques que par des rejets industriels [7].

d) Les périodes de sécheresse :

L'Algérie connaît depuis plus d'une vingtaine d'années, une sécheresse sévère et persistante. L'année 1988/89 est à classer en tant qu'année sèche. Le déficit pluviométrique est bien remarqué à l'Ouest.

De manière Générale, la sécheresse est apparue sur la majorité des pays du bassin méditerranéen depuis le début des années 80.

e) Conditions climatiques difficiles :

Le climat en Algérie est semi-aride (200mm à 500mm), d'où des ressources de plus en plus limitées et difficiles à exploiter. Il faut savoir que trois ensembles fortement contrastés climatiquement caractérisent le territoire national et qui sont :

- ✓ Le littoral et les massifs montagneux occupant environ 4% de la superficie totale. Le climat est de type méditerranéen, Les pluies pouvant atteindre 1600 mm/an sur les reliefs sont irrégulières d'une année à l'autre et inégalement réparties.
- ✓ Les hauts plateaux qui occupent environ 9% de la superficie totale, sont caractérisés par un climat semi-aride, il en résulte une faiblesse des ressources hydriques.
- ✓ Le Sahara, ensemble désertique, aride avec une pluviométrie moyenne inférieure à 100 mm/an, couvre 87% du territoire, les conditions climatiques extrêmes et les amplitudes thermiques sont très fortes [8].

f) Croissance démographique :

L'Algérie comptait environ 32.3 millions d'habitants en 2004, dont 41% établis dans le milieu rural (la population est fortement concentrée dans la zone côtière). Aujourd'hui en 2011, la population dépasse 35 millions d'habitants.

g) Pertes dans les réseaux d'irrigation :

Les pertes totales dans les réseaux d'irrigation sont estimées globalement à 40 % des Prélèvements.

Il faut apprendre à ne pas gaspiller l'eau d'un part et à produire de l'eau salubre à partir de l'eau de mer ou des sources fortement polluées d'autre part [7].

- ❖ A cet effet, le recours au dessalement d'eau de mer, en tant que solution complémentaire, atténue considérablement ces risques et participe à couvrir une partie du déficit des ces ressources.

I.5. Les actions engagées :

A fin de palier à cette situation, recourir au dessalement de l'eau de mer s'impose compte tenu que notre pays dispose d'une cote de plus de 1200 km et que les techniques de dessalement d'eau de mer ont connu des progressions technologiques fulgurantes et permanentes, ce qui a permis d'avoir une excellente qualité d'eau avec des quantités produites de plus en plus importantes. [9]

Un plan d'action consistant à lancer un premier programme de réalisation d'usines de dessalement a été confié à l'*Algerian Energy Company*, entreprise du secteur de l'énergie, dans le cadre des projets suivants : [9] (voire le tableau I.4)

Tableau I.4 :

Site	Année de mise en service	Capacité m ³ /j
Arzew	2008	89.000
Hamma	2008	200.000
Beni saf	2009	200.000
Tlemcen	2009	200.000
Skikda	2009	100.000
Mostaghanem	2009	100.000
Douaouda	2009	200.000
Cap blanc	2009	100.000
Zeralda	2009	200.000
Tnes	2009	100.000
El Taref	2010	200.000
Sidna ouchaa	2011	150.000
Cap djinet	Fin 2011	50.000

I.6.LE DESSALEMENT EN ALGÉRIE :

Les sécheresses répétées qui frappent notre région maghrébine ont accru d'une manière considérable les difficultés d'approvisionnement des populations en quantité qu'en qualité. [10]

A l'instar des autres pays méditerranéens, l'Algérie, est et le sera d'avantage confrontée à d'énormes problèmes en matière de politique de l'eau. La surcharge du littoral, les disparités entre zones rurales et urbaines, les périodes de sécheresse et l'accroissement de la pollution sont autant de facteurs qui déstabilisent l'équilibre déjà précaire de l'environnement.

L'Algérie dispose de ressources en eau très limitées. Tout au moins au nord ou vivent les trois quarts de la population. [11] (voire la figure I.2)

I.7.Le dessalement d'eau de mer : utilisation et avantage

Le dessalement d'eau de mer est un moyen moderne pour avoir de l'eau, c'est l'une des techniques les plus utilisées pour permettre de produire de l'eau non conventionnelle afin de pouvoir pallier les déficits par rapport à la disponibilité de l'eau conventionnelle [12]

Comme il est connu de tous, l'eau de mer est une source intarissable (plus de 75% du globe est sous forme d'eau) et facilement accessible.

Ces deux caractéristiques ont permis de penser à l'utilisation de cette source non conventionnelle moyennant des techniques appelées <<dessalement d'eau de mer>>et qui permettent de produire de l'eau consommable par la population sous forme d'eau potable ou par l'industrie sous forme d'eau industrielle.

Effectivement, l'évolution permanente des technologies de dessalement a rendu l'utilisation d'une telle solution très intéressante du point de vue technique et économique. [9]

L'un des grands avantages de dessalement d'eau de mer est la sécurisation de l'alimentation en eau (potable ou industrielle) des différents consommateurs, car cette ressource n'obéit pas aux climatiques et elle permet donc de produire d'une manière permanente les quantités voulues, des quantités journalières qui dépassent les 200 000m³/j.

Malgré que le dessalement de l'eau de mer apporte une réponse aux besoins d'eau (domestique et industrielle), quelque soit le procédé utilisé il n'est pas sans inconvénients :

- ✓ Les installations de dessalement coutent cher et elles se caractérisent par leur grande consommation énergétique.
- ✓ Ces installations dégagent des gaz à effet de serre, ce qui provoque le réchauffement climatique.
- ✓ Elles détruisent les zones côtières.
- ✓ Elles bouleversent les écosystèmes, car elles rejettent des déchets appelés saumure (de l'eau fortement salée), certaines espèces ou végétation sont très sensibles à la salinité.
- ✓ Présence de traces de métaux lourds échappés des installations.
- ✓ Les rejets associés aux unités de dessalement comme les eaux provenant du nettoyage (filtre à sable, membranes et dépôts) contaminent le milieu.

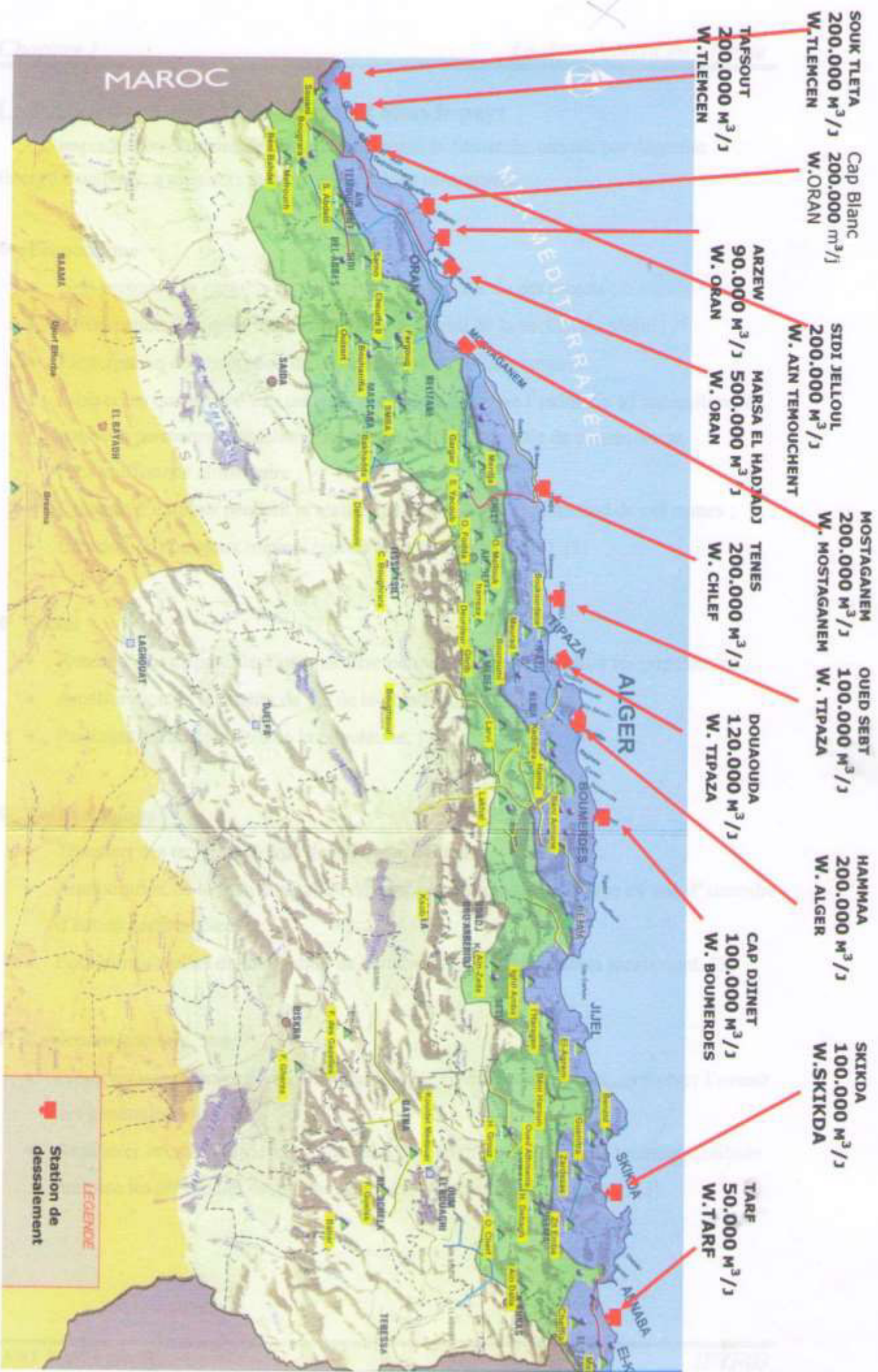


FIGURE 1 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DES STATIONS DE DESSALEMENT D'EAU DE MER

I.8.Historique et constat de l'expérience algérienne :

L'expérience algérienne en matière de dessalement des eaux est étroitement liée au développement de l'industrie et tout particulièrement de l'industrie pétrolière sidérurgique. Le recours au dessalement en vue d'un usage destiné exclusivement à l'alimentation de la population en eau potable est quasi-inexistant.

Néanmoins 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'Ouled Djalal dans la Wilaya de Biskra (Sud-est Algérien).

Dans l'industrie, la déminéralisation et le dessalement sont utilisés pour assurer la fourniture de l'eau:

- ✓ de chaudière
- ✓ de refroidissement
- ✓ de traitement.

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 "à tubes submergés" travaillant à basse pression.

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 – MSF.

Dès lors de nombreuses installations de dessalement et de déminéralisation ont été mis en place en parallèle avec les nouveaux complexes.

D'autres installations ont été mises en exploitation pour les besoins en eau de haute pureté nécessaire au procès des complexes de production d'électricité (Cap Djinet à l'Est d'Alger) et l'industrie de liquéfaction (Arzew et Skikda).

Il y a également quelques installations qui sont destinées, principalement dans le sud, à fournir de l'eau de qualité pour la consommation humaine dans les bases pétrolières.

On retrouve l'ensemble des procédés classiques de déminéralisation: électrodialyse, échanges d'ions, distillation et osmose inverse.

Dans le tableau I.5 on va citer les différentes installations qui sont mise en service

Tableau I.5 : différentes installations dans le pays. [9]

Site	Nombre d'unités	Débit m ³ /j	procédé	Mise en service
Skikda	1	1440	Flash	1971
Skikda	2	720	Flash	//
Skikda	-	1440	Echangeurs d'ions	//
Annaba	2	960	//	//
Annaba	2	3600	//	1973
Ghazaouat	1	840	//	1974
Arzew	6	3880	Electrodialyse	1975
Arzew	-	960	Echangeurs d'ions	//
Hassi Messaoud	6	1000	Electrodialyse	//
Hassi Messaoud	2	110	//	1976
Gassi Touil	1	55	//	1977
Arzew	1	350	Thermo compression	1978
Annaba	3	14180	Multi flash	//
Hassi Messaoud	2	350	Electrodialyse	//
Bel Abbes	-	1500	Echangeurs d'ions	//
Haoud Berkaoui	1	55	Electrodialyse	1979
Hassi Messaoud	2	300	//	//
Rhourd Baguel	1	25	//	//
Arzew	1	960	Multi flash	//
Annaba	2	144	Echangeurs d'ions	//
Annaba	2	576	//	//
Bassi-Rmel	3	792	Osmose inverse	//
Annaba	2	6240	Echangeurs d'ions	1980
Ghardaia	-	960	Osmose invers	//
Arzew	1	960	Multi flash	//
Mostaganem	-	57600	Osmose inverse	//
Rhourd Baguel	2	300	Electrodialyse	1981
Biskra	-	864	Osmose inverse	//
Annaba	1	1800	Echangeurs d'ions	//
Reghaia	-	160	//	1982
Cap djinet	4	2000	Multi flash	1985
Arzew	3	4720	Compression vapeur	1989
Annaba	1	5000	//	1990
Skikda	4	5760	//	1993
Arzew	1	30000	Multi flash	2005

I.9.Aboutissement du dessalement dans le pays :

L'implantation d'usines de dessalement selon la démarche utilisée par Algérien Energy Company, a plusieurs aspects :

➤ **Economique :**

- Non recours à la garantie de l'état pour le montage de ces projets.
- Participation étrangère majoritaire dans la capitale de la société de projet.
- Création d'emplois pendant l'exploitation de ces usines.
- Création de nouveaux métiers (spécialistes en dessalement). [9]

➤ **Social :**

- Rendre l'eau disponible d'une manière permanente pour satisfaire les populations.
- Amélioration de la qualité de vie de la population et l'hygiène.
- Participer au bien être de la population. [9]

➤ **Technologique :**

- Transfert des technologies de dessalement évident.
- Amélioration de la recherche et du développement dans ce domaine en vue d'atteindre d'autres performances.
- Possibilités réelles de fabrication de certains types d'équipements localement. [9]

➤ **Environnemental :**

- Préserver nos réserves d'eau albiennes et, par voie de conséquence, préserver l'avenir des générations futures.
- Améliorer le cadre de vie ainsi que celui de l'environnement car la technique utilisée maîtrise les différentes émissions qui peuvent provenir de ces usines. [9]

Chapitre II :
LES PRINCIPES TECHNOLOGIES
DE DESSALEMENT DES EAUX

I.1.Introduction

L'eau de mer contient, en moyenne, 35 g/L de sel. Le dessalement consiste donc à séparer les sels dissous de l'eau.

La plupart des procédés commerciaux de dessalement de l'eau de mer ayant démontré leur fiabilité technique se divisent en deux grandes familles :

- ❖ Les procédés faisant intervenir l'évaporation
- ❖ Les procédés de séparation par membranes

L'ensemble des procédés utilisant la technique de distillation (sauf le procédé compression de vapeur, VC) utilisent l'énergie thermique.

Les procédés utilisant les membranes, ainsi que la VC, font appel à l'énergie électrique ou mécanique. (Figure I.1)[1]

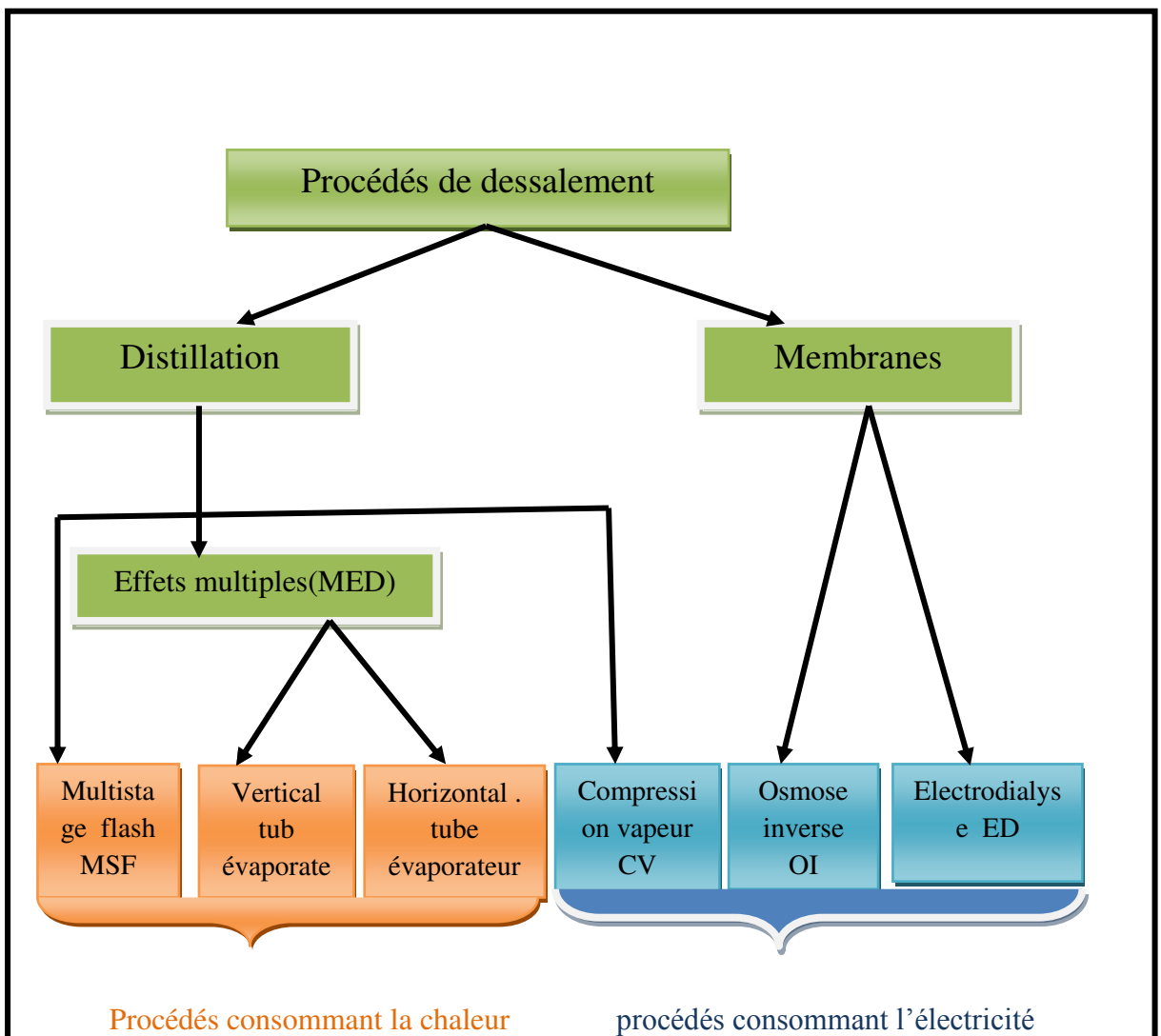


Figure I.1 : les divers procédés de dessalement [1]

Quel que soit le procédé de séparation du sel et de l'eau envisagé, toutes les installations de dessalement comportent 4 étapes :

- ✓ Une prise d'eau de mer avec une pompe et une filtration grossière,

- ✓ Un prétraitement avec une filtration plus fine, l'addition de composés biocides produits anti-tarte,
- ✓ Le procédé de dessalement lui-même,
- ✓ Le post-traitement avec une éventuelle reminéralisations de l'eau produite.

A l'issue de ces 4 étapes, l'eau de mer est rendue potable ou utilisable industriellement, elle doit alors contenir moins de 0,5g de sel par litre (figure I.2) [2].

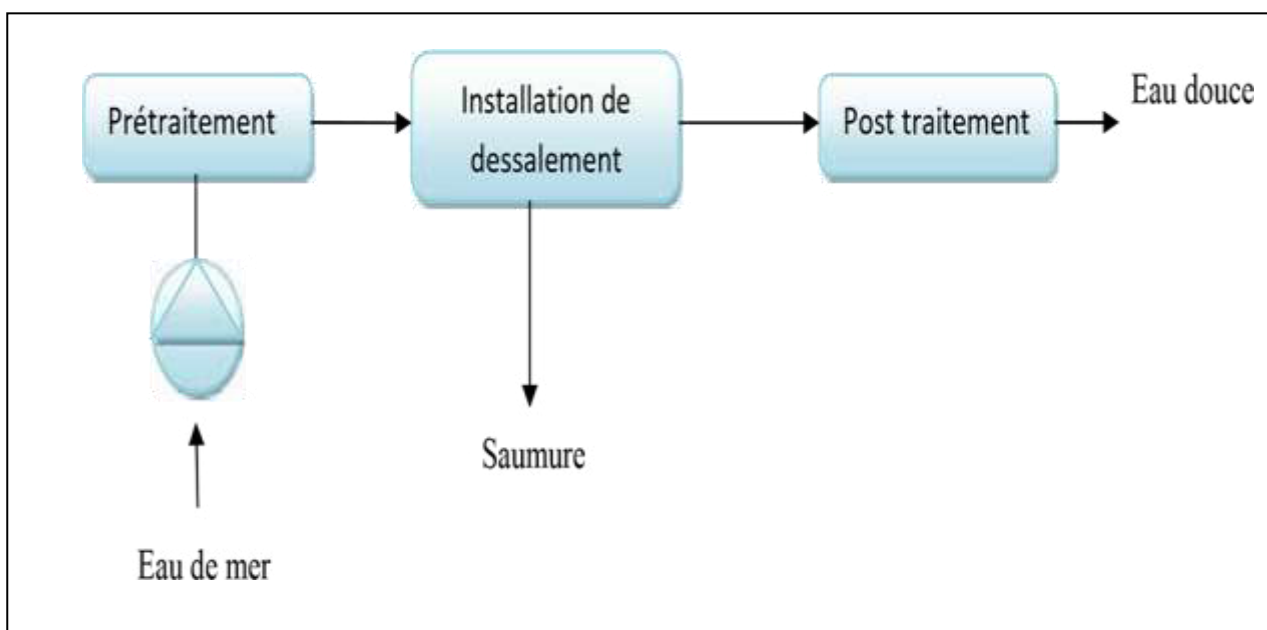


Figure I.2 : Schéma général d'une installation de dessalement [3]

I.2 Procédé de distillation

Le principe fondamental mis en œuvre dans les procédés de distillation est le fait que la température d'ébullition de l'eau diminue avec la pression. On peut donc utiliser la chaleur de condensation de la vapeur produite dans un étage pour chauffer de l'eau dans l'étage suivant. [1]

I.2.1 Distillation à simple effet

Un faisceau tubulaire, alimenté par un fluide chauffant est plongé dans l'eau de mer à la partie basse d'une étanche et sous vide. Le fluide chauffant provoque alors une évaporation de l'eau de mer.

La vapeur ainsi formée est condensée sur un faisceau tubulaire, placé dans la partie haute de l'enceinte et dans lequel circule l'eau de mer froide. L'eau distillée s'écoule du faisceau et est recueillie dans une goulotte d'où elle est pompée pour des usages divers.

Un appoint d'eau de mer, supérieur à la production, est introduit dans l'enceinte, une autre pompe évacue une fraction de saumure de telle manière que la salinité de l'eau de mer reste à une concentration acceptable. (Figure I.3) [1]

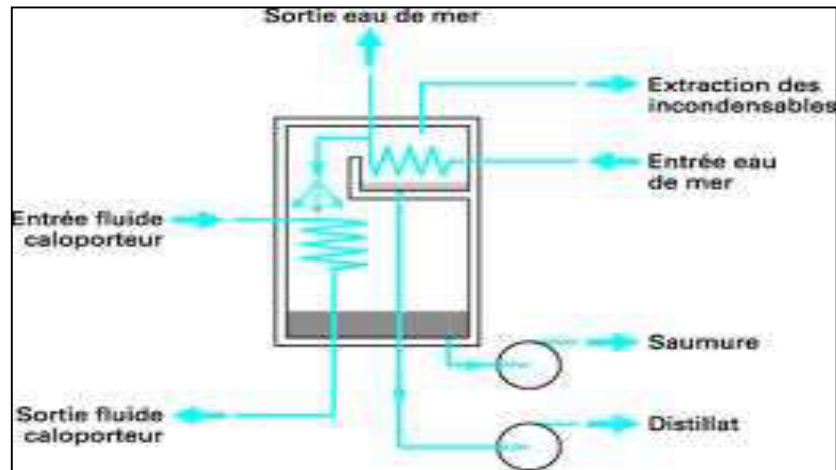


Figure I.3 : Distillation à simple effet

I.2.2 Distillation à multiples effets

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 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. (Figure I.4)[4]

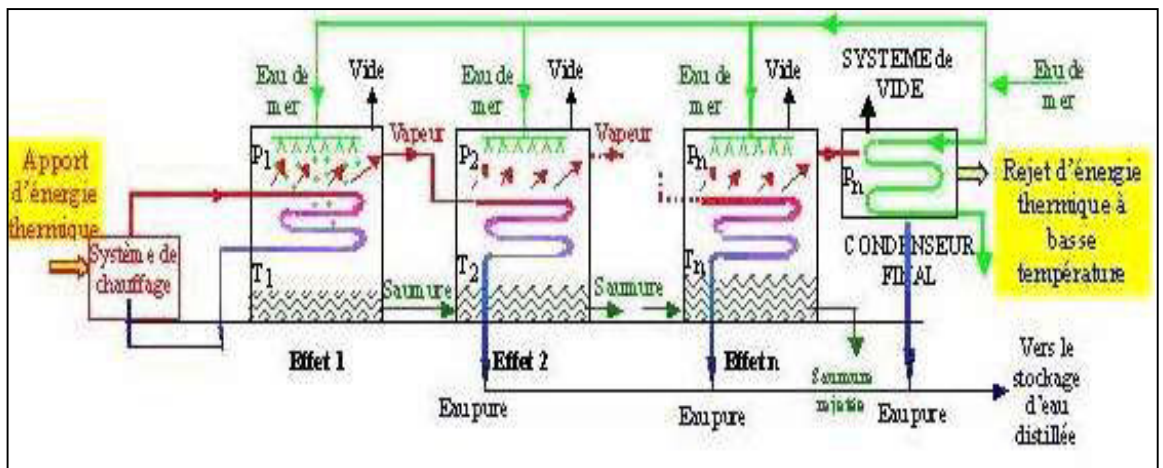


Figure I.4 : Distillation à multiples effets [4]

* Différents types d'évaporateurs à multiples effets :

Il existe plusieurs variantes d'évaporateurs multiples effets, les usines MED sont construites avec des faisceaux à longs tubes verticaux (Vertical Tube Évaporateur ; VTE) et les évaporateurs multiple effets à tubes horizontaux (Horizontal Tube Évaporateur ; HTE). [2]

- Dans VTE, l'eau de mer est amenée au sommet des faisceaux multitubulaires et ruisselle en film mince le long de tubes d'échange chauffés extérieurement ; la saumure est recueillie à la base de la cellule.

La saumure et la vapeur, qui sert de fluide chauffant sont envoyées à la partie supérieure de la seconde cellule et ainsi de suite. [2]

- Dans HTE, le principe retenu est de pulvériser la saumure préchauffée sur la surface extérieure d'un faisceau de tubes horizontaux, tandis que la vapeur s'écoule à l'intérieur des tubes ou elle se condense, produisant ainsi de l'eau pure. [1]

I.2.3 Distillation par détente successive (Multi stage Flash, MSF)

I.2.3.1 Le procédé de distillation à détente étagée à cycle direct (Multi stage flash, 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 vaporisation 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 successive 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 circule d'abord dans les tubes des condenseurs des différents étages en commençant 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 produite par une chaudière ou provenant d'une centrale de production d'électricité.

On remarque lors du phénomène " flash" que des gouttelettes d'eau salée peuvent être entraînées avec la vapeur, elles sont séparées grâce à un dévésiculateur 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 résulte du fait 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, plusieurs centaines de milliers de m³ d'eau dessalée par jour. (Figure I.5) [4]

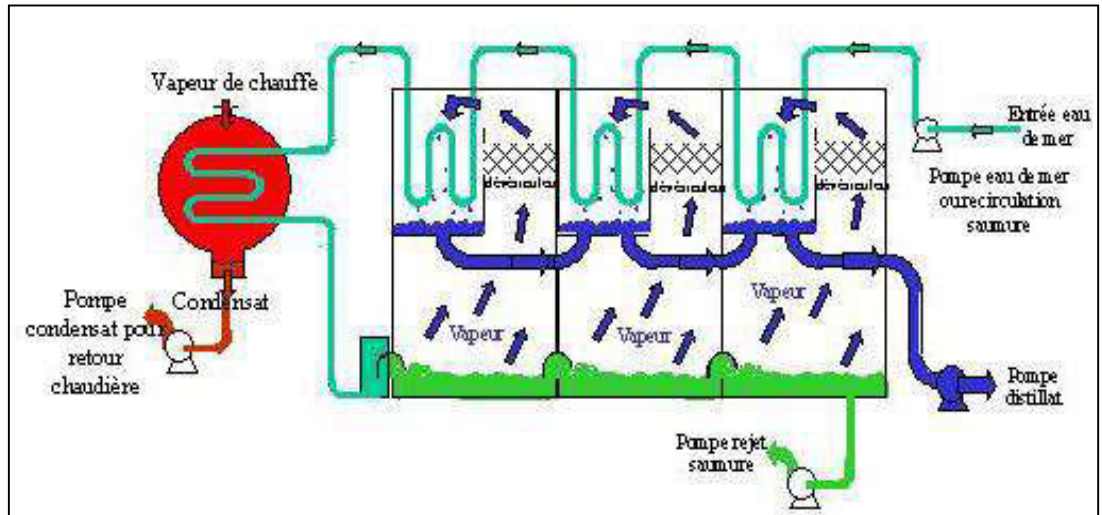


Figure I.5 : Principe de fonctionnement d'un système par détentes successives (MSF) à 3 étages [4]

I.2.3.2 Procédé Flash à recirculation

Une unité Flash à recirculation est divisée en deux parties :

- Des étages à basse température dits de rejet de chaleur, où l'eau de mer froide est utilisée pour la condensation de la vapeur produite et où sont extraites l'eau douce et la saumure
- Des étages de récupération de chaleur et le réchauffeur, où la saumure circule en boucle fermée : la concentration de la saumure dans les condenseurs est maintenue constante par injection du débit d'eau de mer prétraitée (Ce procédé est expliqué dans le chapitre II) (figure I.6).

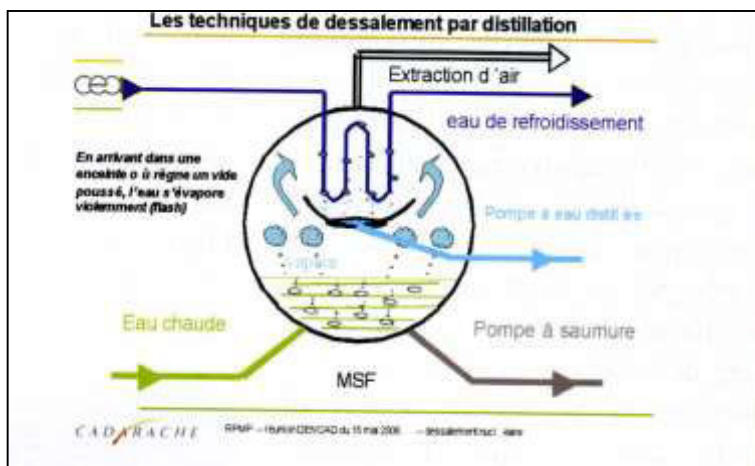


Figure I.6 : Cellule unitaire MSF [12].

I.2.4 Distillation par compression de vapeur

L'eau de mer à dessaler est portée à ébullition dans une enceinte thermique isolée. La vapeur produite est aspirée par le compresseur qui élève sa température de saturation,

cette vapeur traverse ensuite un faisceau tubulaire placé à base de l'enceinte et condense en provoquant l'ébullition de l'eau salée. (figure1.7)[1]

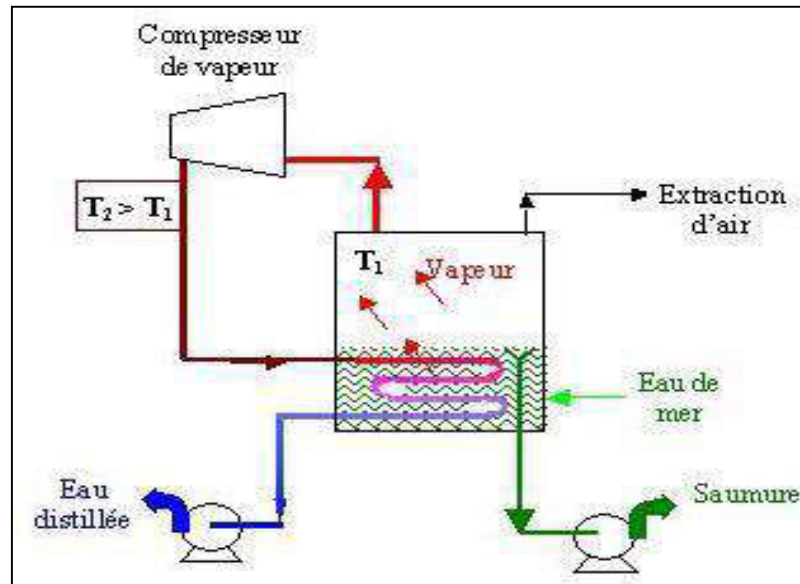


Figure1.7 : principe de distillation à compression de vapeur

* Perspectives de la distillation

Les perspectives de développement de la distillation pour le dessalement de l'eau de mer sont importantes, nous citerons les points forts de ce procédé :

- Les performances et les coûts de la distillation sont pratiquement indépendants de la salinité de l'eau de mer à traiter ;
- Les procédés distillation ne nécessitent pas de prétraitement sophistiqué de l'eau de mer : une filtration classique et une chloration pour éviter la prolifération d'organismes marin sont généralement suffisantes ;
- La salinité de l'eau produite par distillation est très faible (de 5 à 30mg /l), on peut même atteindre 1mg/l, grâce à l'utilisation de séparateur performants dans les évaporateurs ;
- Un grande partie de l'énergie nécessaire est constituée par de l'énergie à bas niveau (température comprise entre 80 et 110) que l'on peut obtenir dans certains cas à des couts très faibles. [2]

I.3 LES PROCEDÉS MEMBRANAIRES

I.3.1 Osmose inverse

On met en évidence l'osmose par le passage de molécules ou d'ions à travers une membrane qui sépare deux solutions de composition différente. Il faut que la membrane soit semi-perméable, c'est-à-dire perméable uniquement à l'eau (ou au solvant de façon plus générale) et imperméable aux solutés.

Tant que les deux solutions ne contiennent pas le même nombre de particules dissoutes par unité de volume, on observe un déplacement de l'eau (ou du solvant) du compartiment le plus dilué vers le compartiment le plus concentré. [5]

Le phénomène d'osmose va se traduire par un écoulement d'un solvant à travers une membrane semi-perméable, depuis une solution diluée vers une solution concentrée, cet écoulement est provoqué par l'écart de pression entre les deux solutions. [6]

La pression osmotique se définit comme la pression minimum qu'il faut exercer pour empêcher le passage d'un solvant d'une solution moins concentrée à une solution plus concentrée au travers d'une membrane semi-perméable (membrane hémiperméable). [5]

L'osmose inverse consiste à renverser l'écoulement et à faire passer l'eau à travers la membrane depuis la solution concentrée vers une solution diluée, de manière à produire de l'eau pure. [6]

On obtient l'osmose inverse en exerçant sur la solution concentrée une pression supérieure à la pression osmotique. (figure I.8) [6]

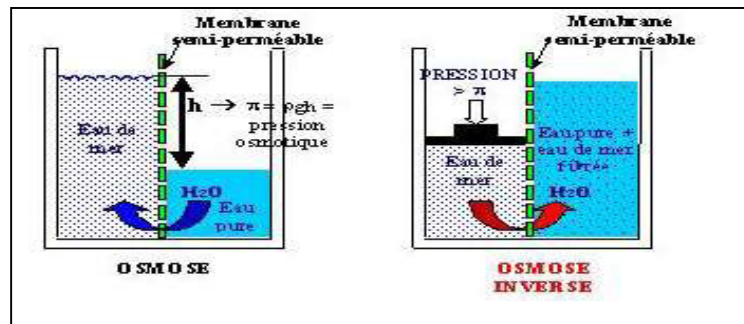


Figure I.8 : principe de l'osmose et de l'osmose inverse [4]

II.3.1.1 Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Les éléments constitutifs sont schématisés sur la figure

- ✓ Le poste de prétraitement
- ✓ Module avec la membrane
- ✓ La pompe haute pression
- ✓ Un système de récupération d'énergie. (figure I.9) [4]

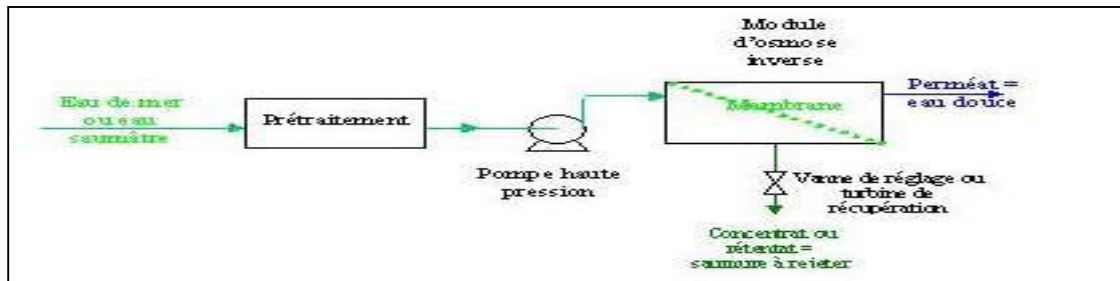


Figure I.9 : Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse [4]

Le prétraitement est essentiel dans le procédé d'osmose inverse parce que les surfaces des membranes doivent rester propres. Tous les solides en suspension sont donc éliminés et l'eau est traitée afin d'éviter la précipitation des sels ou le développement de micro-organismes.

Généralement, l'étape de prétraitement comprend une filtration très fine (maintenant à l'aide des membranes de nano filtration) et un traitement acide (ou l'addition d'autres produits chimiques) qui empêche le développement des micro-organismes.

La pompe à haute pression fournit la pression nécessaire pour faire passer l'eau douce à travers la membrane. [1] ou [4]

II.3.1.2 Membranes d'osmose inverse

Les membranes les plus couramment utilisées pour le dessalement de l'eau de mer sont, la membrane à fibre creuse et la membrane de type spirale. il ya aussi modules tubulaires et modules plans.

• modules spirales

Les modules de type spiralés sont constitués d'une membrane plane et des espaceurs qui sont enroulés sur un tube destiné à recueillir le permeat, de manière à former des canaux permettant l'écoulement du permeat et de la solution. (Figure II.10) [3]

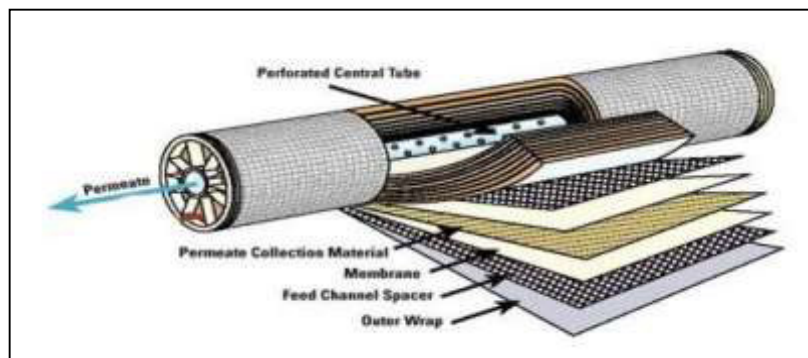


Figure I.10 : modules d'osmose inverse à enroulement spirale

• Modules à fibres creuses

Les modules à fibres creuses sont constitués de paquets de minuscules tubes capillaires poreux, les ions sont rejetés lorsque l'eau traverse les parois des tubes et le perméat est recueilli l'intérieur du canal central de fibres, les saumures se concentrent à l'extérieur des fibres contenues dans un réservoir. (Figure I.11) [6]

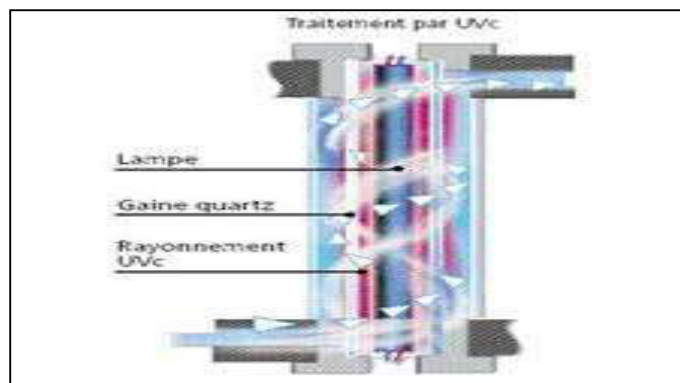


Figure I.11 : modules à fibre creuses

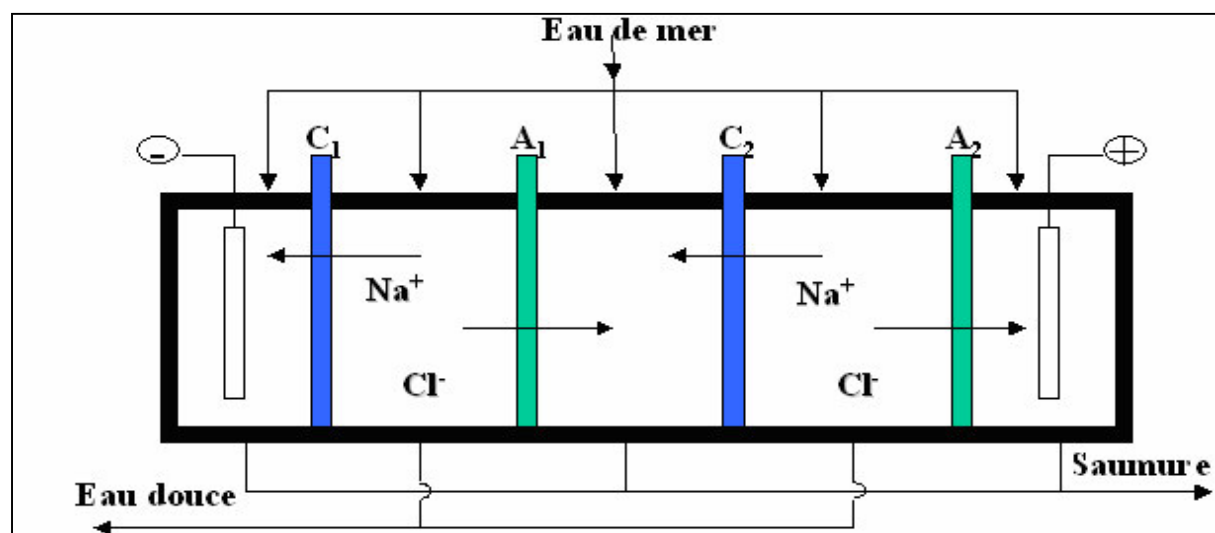
II.3.2L'électrodialyse

II.3.2.1Principe

L'extraction des ions se fait par migration de ces derniers à travers des membranes sélectives (anioniques ou cationiques), sous l'action d'un champ électrique. Ainsi seuls les anions peuvent traverser une membrane anionique et seuls les cations peuvent traverser une membrane cationique. En plaçant plusieurs membranes en parallèle laissant passer alternativement les ions positifs et les ions négatifs, on peut éliminer certains ions de l'eau.

Les particules qui ne portent pas de charge électrique ne sont pas éliminées. [7]

Sous l'effet d'un courant appliqué dans les bacs externes les ions Na^+ sont attirés vers l'électrode négative et les ions Cl^- vers l'électrode positive. En raison de la sélectivité des membranes; les ions Na^+ peuvent uniquement traverser les membranes cathodiques et les ions Cl^- les membranes anioniques, on obtient de l'eau douce dans deux des quatre



compartiments.

Figure I.12 : principe du dessalement par électrodialyse [7]

II.3.2.2Les membranes d'électrodialyse

Les membranes utilisées en électrodialyse sont des membranes échangeuses d'ions qui se présentent sous la forme de feuilles dont l'épaisseur est comprise entre 0,1 et 0,8 mm. De point de vue propriétés on distingue deux types de membranes

- ✓ Les membranes utilisées en électrodialyse sont perméables uniquement aux cations et dont le groupement fonctionnel est en général un groupement acide sulfonique (SO_3^-).
- ✓ Les membranes échangeuse d'anions qui sont perméables uniquement aux anions et dont le groupement fonctionnel est en général un groupement ammonium quaternaire (NR_3^+). [2]

II.4 Autres procédés de dessalement

II.4.1 Congélation

La congélation de l'eau de mer fournit des cristaux de glace exempte de sel, le dessalement par congélation nécessite trois étapes :

- Congélation partielle de l'eau de mer ;
- Séparation des cristaux de glace pure avec la saumure ;
- Fusion des cristaux de glace. [2]

Lorsqu'on refroidissant une eau de mer jusqu'à environ -2°C , il y a formation de cristaux de glace constitués d'eau douce. L'eau de mer étant alors plus concentrée, elle résiste mieux à

La congélation. Si on fait baisser davantage la température, la production de glace augmente. Signalons cependant qu'au environ de -9°C , le sulfate de sodium déca hydraté a tendance à précipiter. Pour produire de l'eau pure, il est donc préférable de ne pas refroidir l'eau au dessous de cette température. [7]

II.4.2 Distillation solaire

On utilise surtout la distillation solaire pour obtenir des petites quantités d'eau douce. Cette méthode est fréquemment utilisée dans les îles grecques et en Polynésie par l'énergie solaire globale qui atteint le sol dans les régions tropicales et « équatoriales et qui est d'environ $58.6 \text{ KJ (m}^2.\text{m)}$ et un évaporateur solaire constitué d'un bac pour contenir l'eau à faire évaporer et pour absorber l'énergie solaire, une toiture de verre ou de matière plastique ainsi que deux rigoles destinées à réservoir l'eau douce produite. L'énergie rayonnante de faible longueur d'onde traverse la toile de verre, absorbée en grande partie par l'eau et par le fond du bac pour être convertie en énergie thermique produisant ainsi de l'eau douce qui s'infiltre vers les rigoles se trouvant latéralement au bac. [8]

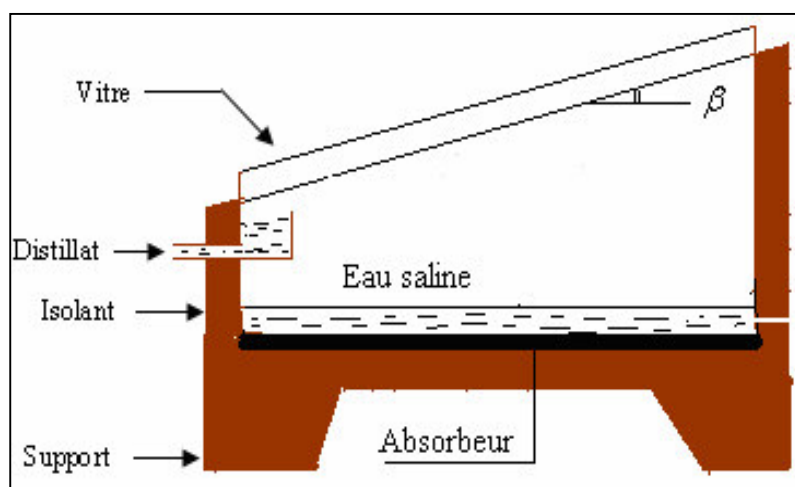


Figure I.13 : procédé de dessalement solaire plan

Un distillateur solaire plan, est constitué d'une capacité étanche surmontée d'une vitre. La partie inférieure est recouverte d'un plan d'eau (eau de mer ou eau saumâtre). Sous l'action du flux solaire frappant la surface transparente, l'eau s'échauffe, s'évapore, la vapeur produite se condense sur la face intérieure de la vitre, et le condensât est récupéré dans un récepteur, un appoint d'eau compense le débit de distillat. Afin de réduire les pertes de chaleur vers l'extérieur, les parois latérales et inférieures sont isolées. La mise en circulation interne de la vapeur d'eau se fait par thermosiphon qui prend naissance du fait de la différence de la température entre la masse d'eau à distiller et la vitre. (Figure I.13) [9]

II.4.3 L'Echange ionique (EI)

Les résines d'échange ioniques sont des substances insolubles qui échangent des ions au contact du sel dissout dans l'eau. Il y a deux types des résines : anioniques qui substituent les anions de l'eau par des ions OH⁻ (permutation basique) et les résines cationique qui substituent les cations par des ions H⁺ (permutation acide). Ces résines ont besoin de régénération par le biais d'agents chimiques pour remplacer les ions originaux qui s'épuisent.

La déminéralisation par échange ionique produit de l'eau en grande quantité si la Concentration du sel est inférieure à 1 gr/l. [10]

II.5 Choix de procédé de dessalement :

Le choix de procédé dépend de :

- L'utilisation de l'eau produite (usage domestique ou bien industrielle).

L'eau obtenue par distillation est très pure (5 à 30mg/l). pour la consommation domestique, cette salinité est très faible et il est nécessaire de l'augmenter aux environs de 300mg/l par apport de sels minéraux.

Donc ce procédé convient pour les usages industriels.

La salinité de l'eau produite par électrodialyse est inférieure à 300-4000mg /l.

Pour l'osmose inverse la salinité de l'eau produite varie entre 100 et 500mg/l.

Donc les deux procédés (osmose inverse et électrodialyse) conviennent principalement pour les usages domestiques, ils offrent :

- Des caractéristiques de l'eau a dessalée fortement ou faiblement chargée.
- Capacité de dessalement grande.

Coût de dessalement cher.

Tableau I.1 : coûts moyens du dessalement à niveau mondial. [11]. [11] dossier informatif sur le dessalement (septembre 2006).

Type d'eau	Technologie	Coût (euro/m ³)
Marine	MSF	0,73-1,07
	MED-TVC	0,51-0,70
	CV	0,78-1,05
	OI	0,38-0,78
Saumâtre	OI	0,17-0,37
	ED	0,19-0,35

II. Dysfonctionnement de l'installation MSF:

Des dysfonctionnement d'ordre instrumental au niveau des automates régulateurs peuvent survenir et provoquer l'arrêt ou un problème de démarrage de l'unité MSF nécessitant l'intervention des instrumentistes assez fréquemment en fonction du vieillissement des installations .En dehors de la partie régulation automatique l'installation MSF necessite beaucoup d'entretien impliquant des arrêts plus où moin Long ,en effet l'eau de mer et les saumures sont très corrosives ,erosives et entartrantes,les interventions les plus fréquentes sont les lessivage acide ,le nettoyage des filtres et diffuseurs ,le remplacement des vannes , clapets et garniture des pompes,ces dernières prennent beaucoup de temps à cause de la spécificité des alliages généralement nobles et coûteux à commande et cahier de charge spéciaux mettant l'unité hors service pour une longue période , pour ne pas impacter les réserves d'eau dessalée provoquer par ces arrêts le constructeur au niveau de Cap-djenet à prévu quatre unité de 500m3/j chacune , afin qu 'au moins 2 soit toujours en fonctionnement , production .1 une en révision, entretien et une1 prête et disponible en attente pour remplacer la prochaine unité qui sera en révision , ainsi les approvisionnements en eau dessalée seront continus et reguliers. Des dysfonctionnement intempestifs peuvent survenir aussi par perte d'énergie électrique, chute de pression chaudière, hausse de température provoquant un déclenchement qui sera comme un véritable séisme pour les II différents organes de l'installation ,désolidarise les jointures des tubes condenseur avec la plaque tubulaire et peut même provoquer la rupture des conduites,ce qui peut nuire à l'étanchéité et provoquer la contamination du distillat par l'eau de mer ainsi que des entrées d 'air mettant carrément l'unité au rejet par perte de vide ,ce dernier problème est très fréquent et difficile à traiter nécessitant d'ouvrir les 18 étages de l'unité de part et d'autre c'est à dire 36 boîte à eau rechercher la fuite et refaire les joints entre titane et cupro-nickel

Chapitre III :

Impacts des usines dessalement

I.1. INTRODUCTION

Parmi les impacts dus à une usine de dessalement, il y a ceux qui se limitent à la phase de construction et ceux qui sont liés à la phase d'exploitation. Les impacts commencent avec la transformation de l'occupation du sol, puis continuent avec des conséquences visuelles et des nuisances sonores pour s'étendre à des émissions dans l'atmosphère et des rejets dans l'eau ainsi qu'à des dommages potentiels pour le milieu récepteur.[1].

Les activités de construction et d'exploitation peuvent se traduire par une série d'impacts sur les zones littorales, affectant notamment la qualité de l'air, la qualité de l'eau, la flore et la faune marines, la perturbation d'écosystèmes importants. Les plus importants de ces impacts concernent la qualité de l'air et la qualité de l'eau qui retentissent ensuite sur la flore, la faune et les écosystèmes marins.[2]I.2.Origine et type de rejets

I.2.1 Rejet gazeux et pollution atmosphérique :

En général, les émissions atmosphériques des usines de dessalement par procédé MSF consiste majoritairement en un rejet de CO₂ des chaudières à gaz ou fuel.



Figure I.1 : rejet gazeux de centrale de cap djinet

I.2.2. Rejets liquides :

I.2.2.1 Produit 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.

Les produits chimiques rejetés dans le milieu marin se répartissent entre les catégories 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.

- **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 des agents 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.

Les additifs antitartres le plus largement utilisés semblent être des polymères Del 'acide maléique. Ces polymères empêchent les matières dissoutes de précipiter, décanter et former une croûte sur les surfaces et ils entravent la formation de cristaux en altérant la structure réticulaire, permettant ainsi la formation d'une boue molle Quin 'adhère pas ou ne se développe pas sur les surfaces métalliques.

Bien que le taux d'application de cet acide soit de 1 à 3 ppm, la concentration habituelle dans le rejet est de 0,53 ppm .Dans les usines OI, l'acide sulfurique est utilisé avec des adjuvants polymères pour prévenir la formation de tartre.[3]

- **Agents antisalissure :**

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.

D'autres biocides comme les sels de cuivre ont été essayés avec un succès variables, en de nombreux sites, le rejet de cuivre dans la saumure est très inférieur à 1ppm.

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.[3]

- **Agents anti mousse :**

La mousse produite par l'eau de mer aux étages du procédé de distillation multi flash est imprévisible mais a tendance à poser un problème plus grave quand les séparateurs sont proches de la surface du courant de saumure.

Les agents anti mousses sont habituellement des poly glycols alkyles, des acides grasses 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.

I.2.2.2 La saumure concentrée

Les usines de dessalement rejettent en fait la même charge de constituants de l'eau de mer que celle qu'elles ont reçue, mais dans un volume d'eau moindre. Ce rejet est appelé saumure.

Avec le procédé MSF, un taux de récupération habituel sur la base de l'eau d'alimentation est de 10% et la salinité de la saumure concentrée est donc 1,1 fois plus élevée que celle de l'eau d'alimentation.

Le concentré est généralement dilué par deux avec l'eau de refroidissement avant d'être rejeté, et par conséquent le facteur de concentration est de 1,05, ce qui réduit les impacts sur l'environnement.

Avec le procédé OI, le facteur de conversion varie de 30 à 70%. Dans ce cas, la salinité du concentré est de 1,3 à 1,7 fois plus élevée que celle de l'eau d'alimentation. Si l'on admet une salinité type de 39 ‰ pour la Méditerranée orientale, cela signifie que la saumure issue des usines OI varie en moyenne d'environ 51 à 66 ‰. Le rendement et les données environnementales d'une usine OI ayant une production de 10 000 m³/jour.

I.3 Impacts sur l'environnement

Les impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement sont reproduits sur le tableau. Selon ce tableau, les impacts les plus prononcés sont dus aux produits chimiques qui favorisent les phénomènes d'eutrophisation dans les eaux réceptrices ainsi qu'aux désinfectants.

Tableau I.1 :Grille d'impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement

Impact	Degré d'impact	Origine de l'impact	Techniques d'atténuation
Pollution thermique <ul style="list-style-type: none"> Réduction de l'oxygène dissous dans les eaux réceptrices, Effets nocifs pour les espèces thermorésistantes 	M M	- saumure chaude	Mélange de la saumure avec de l'eau froide avant le rejet Bassins de retenue
Salinité accrue <ul style="list-style-type: none"> Effets nocifs pour les espèces résistantes aux sels. 	M	- saumure Concentrée	Dilution de la saumure avant rejet Récupération de sels Bon choix de l'emplacement pour l'émissaire afin de permettre le maximum de brassage et de dispersion
Désinfectants	E	Chlore et ses composés Réaction du chlore avec des composés organiques – hydrocarbures principalement	Utilisation d'autres désinfectants. Mesures de protection contre les polluants au prélèvement de l'usine.
Métaux lourds <ul style="list-style-type: none"> Toxicité 	M	Corrosion du matériel de l'usine	Conception et choix du matériel de l'usine en recourant à des matériaux résistants à la corrosion
Produits chimiques : <ul style="list-style-type: none"> Eutrophisation des eaux réceptrices Toxicité Hausse du pH 	E F F	Adjonction d'agents Anticorrosion et Antitartre	Réduction au minimum de l'utilisation de produits chimiques Utilisation d'additifs sans danger pour l'environnement
Pollution atmosphérique <ul style="list-style-type: none"> Plus acides Effet de serre Poussières 	F M M	Utilisation de combustibles et activités d'élimination	Utilisation d'énergies propres et renouvelables autant que possible Application de systèmes mixtes et de production couplée Purification des gaz avant émission dans l'atmosphère
Sédiments <ul style="list-style-type: none"> ✓ Turbidité et limitation de la photosynthèse ✓ Difficultés de respiration chez les animaux Aquatiques 	M M	Perturbation des sables par des activités d'excavation et de dragage	Réduction au minimum et contrôle des activités d'excavation et remblayage Bonne maîtrise du ruissellement dans la zone du site

E : degré d'impact élevé. **M** : degré d'impact moyen. **F** : degré d'impact faible.

I.3.1 Effets des produits de la corrosion

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 ne peut atténuer les effets en diluant le rejet..[3]

I.3.2 Effet des adjuvants :

a) Effets dus à l'additif antitartre :

Ces substances ne sont pas toxique, leurs rejets continus peuvent causer l'eutrophisation en cas de l'utilisation de poly phosphates puisque ces dernier s'hydrolysent en ortho phosphate à des températures élevées.

Une action précoce contre l'entartrage est obtenue avec l'adjonction de phosphates polymères.

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

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.[3]

b) Effets des additifs antisalissure:

Le chlore sous forme gazeux ou liquide ou bien l'hypochlorite et ses dérivés permet de prévenir les salissures biologiques, mais ils posent des problèmes en raison de leur toxicité vis-à-vis des organismes. [4]

Si le chlore est un agent antisalissure à large spectre, il présente aussi des effets étendus sur le milieu marin quand il est rejeté avec la saumure. [3]

Il occasionne des effets biologiques par son action stérilisante intrinsèque et des effets chimiques en halogénés les constituants organiques de l'eau de mer. [5]

D'autres agents antisalissure comme les sels de cuivre entraînent des rejets de cuivre dans la saumure, et ce métal, même à de très faibles concentrations (moins de 1ppm), peut avoir des incidences sur l'environnement par suite de son accumulation.[3]

c) Effets des additifs anti mousses :

Les agents anti mousses 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.[3]

d) Effets du concentré (saumure) :

Il est indubitable que c'est la saumure qui exerce le plus fort impact sur le milieu marin. Le volume total de saumure libéré dans ce milieu est déterminant pour les dommages qu'il peut induire. Un rejet de saumure concentrée en grandes quantités appelle un

examen plus soigneux des impacts potentiels sur l'environnement que s'il s'agit d'un rejet en petites quantités

La zone d'impact présentant une forte salinité varie selon la saison, l'impact le plus marqué se produisant durant les mois d'été.

Le rejet du concentré dans la mer aboutit à la formation d'un système stratifié avec un courant de concentré à la couche du fond puisqu'il contient des concentrations en sel supérieures à celles de l'eau de mer ambiante. Le courant de fond à plus forte salinité peut affecter sérieusement le milieu marin et en particulier les biotes benthiques.

Quand des organismes marins sont exposés à une variation de la salinité (contenu en sels plus élevé dans le milieu externe que dans les fluides de l'organisme) ils sont soumis à un choc osmotique qui est préjudiciable pour la plupart d'entre eux en fonction de leur tolérance à la salinité. [3]

I.3.3 Effets de la chaleur

Normalement, les usines de distillation rejettent la saumure à une température qui est environ supérieure de 10 à 15°C à celle de l'eau de mer. On obtient 1°C de plus que la température ambiante dès que le concentré est dilué de dix fois son volume par l'eau de la zone marine réceptrice. Ce 1°C de plus que la température ambiante n'a pas d'importance écologique et n'est pas significativement démontrable. Ce cas se présente lorsqu'il existe un brassage et un échange suffisants avec l'eau de mer du concentré. [3]

I.3.4 Consommation d'eau de mer

Les usines de dessalement de l'eau de mer ont des dispositifs d'admission situés au large qui leur permettent de prélever de grosses quantités d'eau à proximité de certains habitats marins. Ce processus comporte des impacts potentiels pour la flore et la faune de la zone concernée.

Par exemple, des tambours tamiseurs sont souvent disposés entre le dispositif d'apport et les pompes d'alimentation afin d'empêcher des débris flottants, des organismes marins volumineux et autres matières de pénétrer dans le circuit de prétraitement de l'usine de dessalement.

En général, le maillage de ces tambours tamiseurs est de l'ordre de 5 mm, afin d'empêcher l'apport de la plupart des poissons et autres organismes marins. Cependant, le prélèvement représente deux sources potentielles d'impact, à savoir le heurt du poisson sur les tambours et l'introduction de biotes dans le circuit d'eau d'alimentation. [3]

I.4 Impacts marins éco toxicologiques des unités de dessalement des eaux de mer:

L'impact potentiel sur les communautés biotiques des estuaires se manifeste par la mort des différents niveaux d'invertébrés et de poissons due aux déperditions de leurs propres moyens de défenses lors de leur entraînement dans les systèmes. Beaucoup de

ses organismes meurent soit par asphyxie en raison de mouvements gênants de leurs branchies soit par des dommages mécaniques internes ou externes subit lors de leur passage dans les systèmes

Traversés soit par les injections d'additives. La mortalité de cette faune pourra être immédiate ou latente.

De même, la majorité des œufs et de larves d'invertébrés et de poissons sera détruite. Cet enchaînement perturbe globalement certains facteurs biotiques de ses populations, telles que :

- ✓ la composition et l'abondance des espèces affectées ;
- ✓ leurs abondances dans les eaux adjacentes ;
- ✓ leur taux de survie en comparaison à la survie naturelle ;
- ✓ les rôles écologiques des organismes charriés et leurs stratégies reproductives.

I.4.1 L'IMPACT DE DESSALEMENT SUR L'ENVIRONNEMENT :

I.4.1.1. La pollution de la saumure :

La saumure est un sous-produit du dessalement inévitable, qui est déchargée, généralement, dans l'environnement marin. Les implications environnementales de cette solution de sel fortement concentrée (TDS) est autour de 70.000 ppm sur les écosystèmes marins locaux qui ont été discutées de façon contre-versée pendant beaucoup d'années. Cependant, c'est maintenant qu'elle est reconnue comme une décharge étendue de saumure, comme elle constitue une couche hyper saline au fond de la mer dû à sa plus grande densité

.Elle a un potentiel qui affect fortement la faune et la flore marines.

Evidemment, l'importance des impacts sur l'environnement dépend des caractéristiques du Processus du dessalement- détermination de la composition chimique de la saumure produite mais également des conditions hydrodynamiques et bathymétriques normales aussi bien que des facteurs biologiques de l'environnement marin.

Tous les processus de dessalement, les saumures déchargées, sont retournées à la mer. Les concentrations des saumures s'avèrent habituellement double ou près du double de l'eau de mer.

En plus de la concentration élevée des sels, cette eau de décharge contient de divers produits chimiques utilisés dans l'étape de prétraitement du dessalement pour augmenter la floculation ou empêcher la formation de mousse par exemple, d'autres pour éviter la détérioration de la membrane comme la croissance biologique.

Les types et les quantités des produits chimiques utilisés dépendent de la technologie choisie et de la qualité exigée de l'eau produite.[6]

I.4.1.2 Dispersion des sels concentrés :

Le principal problème environnemental lié à une usine de dessalement est comment se débarrasser de l'excédent des saumures concentrées. Dans la plupart des cas, ces saumures ne peuvent pas rester sur la terre en raison du danger qu'elles présentent.

I.4.2.3 Composition de la saumure :

Dosent aux eaux souterraines et en raison d'autres potentiels grave set impact sur l'environnement. Une décharge normale pour ces saumures est la mer (Figure I.2), mais une technologie appropriée est exigée afin d'assurer la dispersion appropriée des solutions concentrées et réduire au minimum ainsi leurs effets nuisible sur l'environnement marin



Figure I.2 : Rejet de l'usine de dessalement d'eau de mer d'Al-Doha, Koweït. [7]

I.4.2. L'impacts Négatives de dessalement :

Les activités de dessalement d'eau de mer ont des impacts défavorables sur l'environnement. La plupart des impacts dérivent du positionnement des tubes d'alimentation et des canalisations de décharge de saumure.

Les sources d'eau appropriées pour le dessalement peuvent avoir des origines de base fondamentale: eau de mer et eau souterraine. Le dessalement d'eau de mer ou de l'eau saumâtre des usines d'osmose inverse peuvent avoir plusieurs aspects négatifs directe ou indirecte sur l'environnement. [8]

I.4.3.IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT MARIN EN RAISON DE RENVOYER LA SAUMURE CONCENTREE A LA MER :

La saumure exerce le plus fort impact sur le milieu marin .Le volume total de saumure libéré dans ce milieu est déterminant pour les dommages qu'il peut induire. A part le volume proprement dit, les modalités et l'emplacement du rejet sont essentiels pour les impacts qui peuvent en résulter.

La longueur de l'émissaire, sa distance au rivage, son niveau au-dessus du fond de la mer, l'existence ou non d'un diffuseur, ainsi que la profondeur de l'eau et les caractéristiques hydrodynamiques (courants, vagues,...) peuvent conditionner la dispersion de la saumure et l'efficacité de la dilution au point de rejet et, par voie de conséquence, l'impact potentiel sur l'environnement.

Par exemple, à l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre), qui a une capacité de production de 40 000 m³/jour, la saumure, d'une salinité d'environ 72 ‰, est rejetée dans la mer par un émissaire doté à son extrémité d'un multi diffuseur, à une profondeur d'environ 5m et une à distance de 250 m du rivage; il en résulte un accroissement de la salinité dans un rayon de 200m à partir du rejet. De ce fait, la plus forte salinité (≈54 ‰) a toujours été décelée au point de rejet et était possible de relever une salinité supérieure à celle de l'eau de mer (≈39 ‰) jusqu'à 200 m du rejet. La zone d'impact présentant une forte salinité varie selon la saison, l'impact le plus marqué se produisant durant les mois d'été. [9]



Figure I.3 : Décharge sous marin de la saumure proche de la plage de Maspalomas (Îles Canaries). [10] [

I.4.4. Impact sur l'environnement marin en raison de différents produits chimiques utilisés : [8]

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 :

a) Effets dus aux produits de la corrosion :

Les usines de dessalement par distillation rejettent des métaux tels que le cuivre, le nickel, le chrome et 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 suspensions 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 ne peut pas atténuer les effets en diluant le rejet.

b) Effets dus à l'additif antitartre :

Les produits utilisés contre l'entartrage sont les phosphates polymères. Dans une zone Marin eoligotrophe comme la mer méditerranée, le rejet de ces produits peut avoir des effets drastiques tels que des efflorescences algales, des proliférations d'algues macroscopiques, etc. Ces dernières années, les agents antitartre les plus utilisés ont été les polymères de l'acide maléique pour empêcher l'apparition d'effets eutrophisants.

c) Effets des additifs antisalissure :

Si le chlore est un agent antisalissure 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 halo gênant les constituants organiques de l'eau de mer.

d) Effets des additifs anti mousse :

Les agents antimousses sont des détergents. Les détergents ont des effets nocifs sur les organismes en altérant le système membranaire intracellulaire.

Introduction du tableau :

dans le système MSF on passe à plusieurs étapes de traitement pour objet de dessalement avec des produits chimique voire le tableau I.2

Tableau I.2 : Résumé des phases de traitement au cours de la production d'eau potable par Dessalement.
[11]

Traitement	Objet	Produits chimiques ajoutés	Devenir des Produits
Coagulation /filtration	Coagulation filtration les salissures et l'encrassement des membranes	Coagulants- flocculant	Les agents flocculant 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 sensibles au chlore	Bisulfate de sodium ou charbon actif granulaire (CAG)	Réagit avec le chlore pour former du sulfate et du chlorure qui sont retenus dans la saumure concentrée
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 système de distribution, protège la flore et la faune aquatiques en cas de rejet en surface
Désinfection	Prévient la prolifération	Chlore (ou Chlorométrie)	Le chlore est retenu dans l'eau produite et dans la saumure concentrée bactérienne dans le système de distribution, protège la flore et la faune aquatique si Nécessaire
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

I.4.5. Impacts de salinité: [12]

a) *Sur la qualité de l'eau du méditerranée*

La concentration élevée de salinité entraîne une augmentation de la turbidité de l'eau. Ce genre de pollution est probable à empêcher la pénétration de la lumière, et perturbe le processus de photosynthèse. L'effluent de saumure contient des substances dissoutes concentrées provenant de l'eau de mer, son poids spécifique élevé lui fait coulé au fond de mer et empêchera son mélange, de ce fait créant un désert de sel à proximité du canal de décharge.

b) *Sur les organismes marins :*

- **Plancton:** une augmentation de la salinité du milieu du plancton peut réduire leur production jusqu'à leur extinction (principalement aux niveaux des larves et de jeunes individus) La susceptibilité des invertébrés varie, principalement chez les crustacés, mais en générale, ceux avec l'estomac long sont plus sensibles à une élévation de salinité que ceux avec courte. Les larves crustacées et invertébrées flottant dans la colonne d'eau sont également plus sensibles aux variations de niveaux de salinité que les individus entièrement développés.
- **Poisson :** la susceptibilité à l'élévation de salinité varie de l'espèce à l'espèce d'un endroit à l'autre, et apparemment, aucun travail ou recherche n'ont été effectués pour examiner systématiquement la résistance des diverses espèces trouvées dans le secteur méditerranéen ou du Golf.

En Méditerranée occidentale par exemple, La salinité naturelle de l'eau de mer se situe entre 37 et 38 (g/l), alors que la salinité du concentré osmotique peut atteindre les 70 g/l. Or, en Espagne, des études menées en laboratoire et sur le terrain, ont montré que la plante à fleurs aquatique « *Posidoniaoceanica* » (Figure I.4) est très sensible aux variations du taux de salinité de ses habitats naturels. Des effets notables sur la structure de la plante ont été observés à des taux de salinité d'à peine 38,4 g/l et sur sa vitalité dès 39,1 g/l. La forte teneur en sel du concentré rejeté avec l'osmose inverse risque de porter préjudice aux bancs de Posidonie classés habitat prioritaire par la directive Européenne pour la conservation des habitats de la faune et de la flore.



Figure I .4 : Herbier de posidonies de Méditerranée (*Posidoniaoceanica*). [13]

Tableau I.3 : les limites de la salinité pour différents écosystèmes et espèces présentes en Méditerranée. [10]

Les organismes marins	La limite de salinité	Référence
Posidoniaoceanica	Ne doit pas dépasser 40 g/l	(Sanchez Lizaso et al, 2008)
Cymodoceanodosa	Ne doit pas dépasser 41 g/l	Ministère espagnol de l'environnement
Caulerpaprolifera	Autour de 50-60 g/l	(Terrados& Ros, 1992)
Zosteranoltii	Ne doit pas dépasser 41g/l	(Fernández & Sanchez, 2006)
Mussels	Autour de 50-70 g/l	-

I.4.5.1 Etude des moyens de réduire la concentration en sels ou une valorisation de saumure:

Afin de diminuer l'impact environnemental des saumures et leur rejet en mer, il convient d'étudier des moyens de réduire la concentration en sels ou une valorisation de saumure.

En général, la saumure des usines de dessalement est rejetée directement dans la mer ou associée aux rejets de l'eau de refroidissement des centrales ou aux effluents des stations d'épuration. Dans cette partie, nous avons donc réalisé l'étude de faisabilité de 5 techniques de la gestion de la saumure pour la station de dessalement de Cap Djinet, à savoir la :

- ✓ La dilution avec un effluent de station d'épuration, avec l'eau de pluie, ou avec l'eau de mer.
- ✓ L'évaporation de la saumure (marais salants).
- ✓ L'INJECTION DANS LES PUIITS PROFONDS.
- ✓ La Production d'électricité par l'énergie osmotique.
- ✓ Le Rejet direct dans les milieux marins.

I.4.6. Gestion de la saumure des usines de dessalement :

La saumure est un rejet du processus de dessalement .Elle se compose d'un cours d'eau avec une teneur élevée en sel .Dans le cas du dessalement de l'eau de mer par osmose inverse, la teneur en sel de saumure équivaut au double ou presque au triple par rapport à l'eau de mer Par contre, dans le cas du processus thermique, elle est approximativement de 10 % plus élevée que l'eau de mer .Ce rejet d'eau contient également des produits chimiques de nettoyage de membrane et d'autres utilisée contre l'entartrage et pour éviter la corrosion.[14]

Chapitre IV :

Protocoles expérimentaux

I Introduction :

Ce chapitre montre tout d'abord les points et le principe de prélèvements des différents échantillons et présente les principes des protocoles expérimentaux utilisés pour l'ensemble des analyses physico-chimique.

Notre étude de dessalement de l'eau mer par échange d'ions au niveau de la centrale thermique de CAP-DJINET consiste à évaluer l'efficacité du traitement des eaux adaptées au besoin de cette centrale thermique, pour cela, nous avons suivi l'évolution des caractéristiques physicochimique de l'eau de mer avant et après le procédé de dessalement c'est-à-dire : l'eau mer, l'eau après l'échange cationique, l'eau après l'échange anionique et après passage par le lit mélangé (traitement de finition).

I.1 prélèvement des échantillons

L'échantillonnage est primordiale car il conditionne la pertinence de l'analyse, il doit être représentatif sans modifier les caractéristiques physico chimique de l'eau.

Le prélèvement d'eau est une opération délicate, il permet de définir la qualité de l'eau en un instant donné et durant une période déterminée plus ou moins longue. Ci après les figures I.1 illustrant les points d'échantillonnage au niveau de la station de dessalement par système MSF .

Conservation des échantillons :

Les échantillons d'eau été prélevés à l'aide de bouteilles en polyéthylène qui sont lavés et séchés comme suivant

- ✓ Lavage au détergent avec de l'eau plusieurs fois
- ✓ Rinçage abondant avec l'eau distillé, puis séchage
- ✓ Rinçage des flacons avec l'eau à analysé
- ✓ Eviter toutes bulles d'aire dans les flacons
- Les points de prélèvements sont illustrés et conformément à la figure I.1

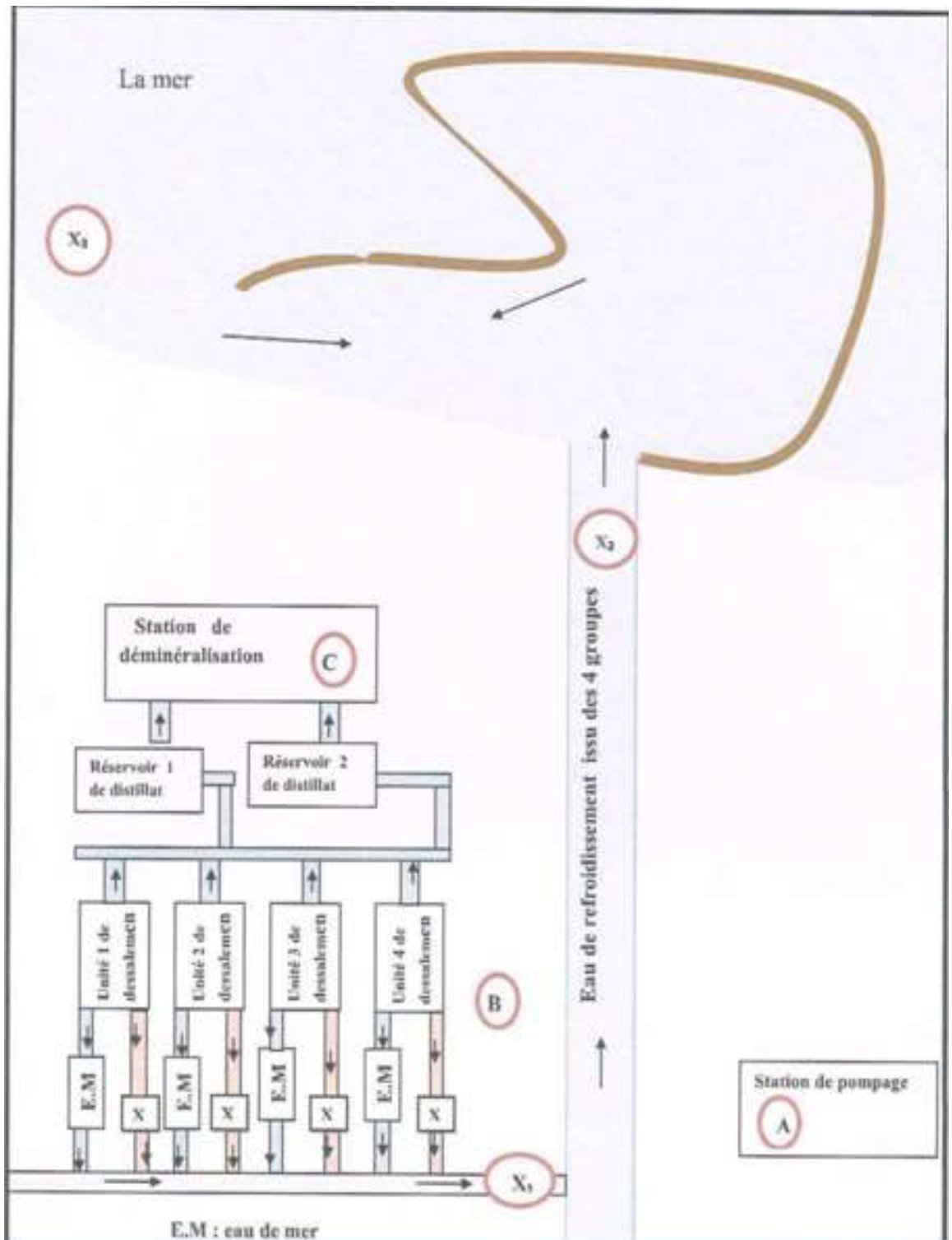


Figure I :représentations des points de prélèvement

Les points de la prise d'échantillons sont donnés comme suit : Le point **A** d'après la photo désigne l'endroit de prélèvement de l'eau brute, image (1).

Le point **B** indique le point de prélèvement de l'eau dessalée à partie d'une unité de dessalement munis d'un robinet de prélèvement, image (2).

Le point **C** présente le point de prélèvement de saumure après qu'il soit mélangé avec l'eau de refroidissement des unités de dessalement, image (3).

La position x définit le point de ponction de saumure rejetée à la mer, image (4).

La position X_1 présente le point de saumure après qui il soit mélangé avec l'eau de refroidissement des unités de dessalement (première dilution), image (5).

La position x_2 présente le point de saumure après qui il soit mélangé avec l'eau de refroidissement des quatre groupes (2^{ème} dilution), image (6).

La position x_3 désigne le point du rejet de saumure au contact avec l'eau de mer



Image 1 point de prélèvement

de l'eau brute



Image 2 point de prélèvement

de l'eau dessalée



Image 3 point de prélèvement du

rejet saumure

I.2. Produits et matériels :

a) Produits et Réactifs:

- Solution à l'EDTA (N/50): 3.722g EDTA et 0.1g $MgCl_2$ compléter jusqu'à 1000ml de H_2O
- Solution tampon $\langle\langle NH_4OH + NH_4Cl \rangle\rangle$ pH=10 : 45g NH_4Cl et 350ml NH_4OH compléter jusqu'à 1000ml de H_2O
- Eriochromet noire
- Solution titrée d'EDTA (N/50) ;
- Solution NaOH (2N)è ;

- Indicateur murexide.
- Solution titrant(1) : 4.83g de $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dans 3.6ml d'acide nitrique et 20ml de H_2O , ensuite compléter à 1000ml.
- Indicateur mixte : 0.5g diphenil-carbazone et 0.05 g de bleu de bromophynol dans 100ml d'alcool éthylique.
- Acide nitrique (0.05N) : 3.4ml d'acide nitrique dans 1000 ml de H_2O .
- Indicateur mixte: 0.5g diphenil-carbazone et 0.05 g de bleu de bromophynol dans 100ml d'alcool éthylique.
- Acide nitrique (0.05N) : 3.4ml d'acide nitrique dans 1000 ml de H_2O .
- Chlorure de sodium pur: 0,127 g
- Chlorure de potassium pur: 0,286 g
- Acide HCl (N /10)
- Phénolphitaliéne ($\varphi\varphi$) (1% dans $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)
- Hélianthine (0.1%, 50% de $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ et 50% de H_2O)

b) Les réactifs :

- Réactif A₁ : 6,75g de molybdate d'ammonium (88%) et 13 ml d'acide sulfurique pur (95-97%).
- Réactif B₁ : 25g d'acide oxalique dans 250 ml
- Réactif C₁ : 3g de sulfate de fer Ammoniacal (99,5%) et 3ml d'acide sulfurique pur (95-97).
- Réactif A₂ : 40g d'acétate d'ammonium (97%) et 50 ml acide acétique (96%).
- Réactif B₂ : 20g de chlorure d'hydroxyl-ammonium (98%).
- Réactif C₂ : 0,5g de chlorure de phénantroline (99,5%).
- Réactif A₃: 20g acide ascorbique (99%) dans 100 ml H_2O .
- Réactif B₃: Ammoniaque 10%.
- Réactif C₃ : 20g chlorure d'ammonium (99%) dans 100 ml H_2O .
- Réactif A₄ : 1 litre d'acide chlorhydrique 0,1 N avec 15g Na Cl environ.
- Réactif B₄: BaCl_2 Chlorure de baryum (98%).
- Réactif A₅ : 5g d'acide ascorbique et 5g photo-Rex avec 25g pyrosulfite de sodium, remplir à 250 ml avec eau déminéralisée.
- Réactif B₅: Verser dans une mélange froide de 12.5 ml acide sulfurique concentré et 22,5 ml eau déminéralisée et 12,5g d'heptamolybdate d'ammonium, remplir à 250 ml eau déminéralisée.

- Réactif D: Chloroforme (99-99,6%).
- Réactif E: 1g diethy/dithiocarbamat de sodium (99%) dans 100ml H₂O.

I.3.Méthodes d'analyse

Le tableau suivant récapitule les différentes méthodes d'analyse utilisées au niveau de la centrale thermique et l'université :

Tableau. 3 : Différentes méthode d'analyse utilisée à la centrale.

Paramètres d'analyses	Méthodes d'analyses
PH	Ph mètre
Conductivité électrique	Conductimètre
TH	Complexométrie
TA	Volumétrique
TAC	Volumétrique
Silice, fer, cuivre	Spectrophotométrie d'adsorption Moléculaire (S.A.M)
Calcium, magnésium	Complexométrie
Chlorure	Volumétrique
Turbidité	Turbidimétrie
Sulfate, phosphate, nitrite, nitrate	(S.A.M)
Sodium, potassium	Spectrophotométrie à flamme (S.A.F)

Les références de l'appareillage sont résumés en annexe A

I.4. Protocoles expérimentaux :

I.4.1.Les analyse des physico chimique :

1) Mesure de la température :

Le thermomètre est plongé dans le flacon juste après le prélèvement d'eau.

2) Mesure du pH (potentiel hydrogène) :

Pour mesurer le pH, on utilise la méthode «électro métrique avec électrode de verre». Cette méthode est utilisée pour mesures précises à 0.01 unités de pH près.

Plonger les électrodes de pH-mètre dans un flacon rempli d'eau à analyser, puis on procède à la lecture sur l'écran de l'appareil.

3) Mesure de la conductivité :

Plonger les électrodes de Conductimètre (figure2) dans un flacon rempli d'eau à analyser et on procède à la lecture sur l'écran du conductimètre (figure 2)



Figure I.2 : Appareil de mesure la conductivité et ph mètre

4) Salinité :

Régler le Conductimètre sur le mode salinité puis plonger les électrodes dans un flacon rempli d'eau à analyser et on procède à la lecture sur l'écran du conductimètre (figure 2)

5) Détermination de la dureté totale :

Mettre dans un erlen 100 ml d'eau à analyser, ajouter 5 ml de solution tampon, puis une pincée d'Eriochrome noir T (apparition d'une couleur rouge violet).

Ensuite titrer avec la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge violet au bleu.

Soit (V) : le volume de la solution d'EDTA versé.

6) Détermination de titre hydrométrique calcique (TH_{Ca²⁺}) :

Dans 100ml d'eau à analyser on ajoute 10ml de Na OH et un peu de l'indicateur murénidé (apparition d'une couleur rose), on titre avec EDTA jusqu' au point de virage du rose au mauve. Pour calculer la concentration du calcium dans la solution on utilise la formule suivante :

$$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{V_{\text{EDTA}} N_{\text{EDTA}} \text{Me } 1000}{V_{\text{eau}}} \quad (\text{mg/l})$$

Me :la masse équivalente de Ca²⁺=20.04g.

Détermination de titre hydrométrique magnésium (TH_{Mg²⁺}) :

Pour la détermination de $\text{TH}_{\text{Mg}^{2+}}$ on utilise la formule suivante :

$$\text{TH}_T = \text{TH}_{\text{Ca}^{2+}} + \text{TH}_{\text{Mg}^{2+}}$$

7) Analyse des chlorures :(Cl⁻)

Dans un erlen Meyer de 250ml, prendre 100 ml d'eau à analyser, ajouter 0.5ml d'indicateur mixte ensuite ajouter goutte à goutte l'acide nitrique jusqu'à l'apparition d'une coloration jaune puis ajouter 1 ml d'acide nitrique en excès. Ensuite titrer avec le nitrate de mercure jusqu'à la coloration pelure d'ognons.

Calcul :

Faire l'essai avec l'eau déminée, soit v' le volume de nitrate de mercure .

$$V - v' = \text{mg/l de Cl}^-$$

Détermination de titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet: (TA, TAC)

- 100ml d'eau à analyser, ajouter quelque gouttes de phénolphthaliène ($\varphi\varphi$).
- s'il ne se produit pas de coloration rose, le titre TA est égale à 0.
- S'il y a coloration rose titrer avec HCl (0.1N) jusqu'à disparition de la coloration, soit p le volume coulé.
- Au même prélèvement, ajouter 2 gouttes d'héantine et titrer avec HCl (0,1N) jusqu'à un virage du jaune au jaune Orange, vérifier qu'avec 1 goutte d'HCl en excès la teinte passe de l'orange au rose Orange.
- Retrancher 0.1 ml d'HCl, quantité nécessaire à la procédure du changement de teinte.
- Soit M le nombre de ml d'acide utilisé de puis le début de titrage.

Resultats: p exprime l'alcalinité à la ($\varphi\varphi$) en mg ($\text{TA} = 5p \text{ } ^\circ\text{F}$).

$(M - 0.1)$ exprime l'alcalinité ou Héantine en mg ($\text{TAC} = 5(M - 0.1) \text{ } ^\circ\text{F}$).

- **Détermination de HCO_3^- :**

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2 [\text{CO}_3^{2-}]$$

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

Lorsque $\text{TA} = 0$ donc $\text{TAC} = [\text{HCO}_3^-]$

Alors $[\text{HCO}_3^-] = \text{Me} \times \text{TAC} / 5 \text{ (mg/l)}$

Me : la masse équivalente de $\text{HCO}_3^- = 61 \text{ g}$.

8) Analyse des sulfates :(SO_4^-)

5ml d'échantillon mélanger avec 5ml Réactif A₄ et mettre un peu de Réactif B₄ dans la solution.

Attendre 3 min, mesurer.

Utiliser comme témoin l'échantillon sans réactifs.

Longueur d'onde 435 nm

Cuve 10mm (ronde)

Facteur4.5

9) Analyse de phosphate :(PO_4^-)

Injecter dans 20ml d'échantillon 1ml réactif A₅ ; 1ml réactif B₅ attendre 10 minutes et mesurer.

Utiliser comme témoin l'eau déminée qui sera traitée comme échantillon.

Longueur d'onde.....800nm

Cuve.....50mm

Facture......5,4

10) Analyse de fer :(Fe^{3+})

Dans un erlen de 100 ajoutez

- 20 ml eau à analyser
- 0,1 ml HCL à 25%
- 2 ml du réactif A₂
- 1 ml du réactif B₂
- 2 ml du réactif C₂ mélanger et laissez 15 mn

Témoin 20 ml eau déminéralisée + réactifs.

Longueur d'onde 500 nm

Cuve 50mm

Facteur 2

11) Dosage du sodium et potassium :(Na^+ , K^+)

Préparation des solutions étalons Solution mère Préparer 100 ml d'une solution mère renfermant 0,500 g/l de sodium et 1,500 g/l de potassium en prélevant les masses ci-dessous.

- Na Cl pur pour analyses : 0,127 g
- KCl pur pour analyses : 0,286 g
- Eau distillée q.s.p. 100 ml

Vérifier que les masses prélevées pour préparer la solution mère correspondent aux concentrations indiquées. (Etalonnage du photomètre de flamme trouver dans Annexe I)

Résultats :

Tracer les courbes d'étalonnage, sur papier millimétré, pour le sodium et le potassium (indication de l'afficheur en ordonnées, concentrations en abscisses).

Déterminer, à l'aide des courbes d'étalonnages les concentrations massiques en sodium et potassium de l'eau minérale. Vérifier avec l'indication de la bouteille.

12) Analyse de cuivre :

Dans une ampoule à décanter mettre

- 100 ml échantillon
- 1ml réactif A₃
- 2 ml réactif B₃
- 0,5 ml réactif C₃
- 10 ml réactif D

Agiter pendant 5 minutes et jeter la phase organique

Ajouter ensuite 1 ml réactif E et 10 ml réactif D, Agiter pendant 5mn filtré la phase organique et passer au photomètre. Témoin : réactif D

Le résultat trouvé est divisé par 3.

Longueur d'onde 435 nm

Facteur 1,33

Cuve 10 mm

13) Analyse de silice:(SiO₂⁻²)

Dans une éprouvette, mettre

- 25 ml d'eau à analyser
- 1 ml réactif A₁ attendre 10mn
- 1 ml réactif B₁ attendre 2mn
- 1 ml réactif C₁ attendre 2mn

Passer au spectrophotomètre

Témoin utiliser H₂O avec réactifs

Longueur d'onde800 nm

Cuve..... 50 mm

Facteur 0,85

Chapitre V :

Résultats de l'analyse des eaux

I. Contrôle de l'efficacité du procédé de dessalement

L'eau contient plusieurs ions tel que le Na, K, Cl, et SO_2 , en général ces ions sont libres dans l'eau, la mesure de ces ions est effectuée par différentes méthodes, la majorité est éliminée par le procédé de distillation, le reste est éliminé par le lit mélangé.

Les tableaux I.1 et I.2 et I.3 présentent les caractéristiques de :

- L'eau de mer (l'eau brute) ;
- L'eau dessalée (distillat) ;
- L'eau déminéralisée.

I.1 Caractéristiques de l'eau de mer.

Tableau I.1 : Analyses physicochimiques de l'eau de mer.

Essais Paramètres	unité	A	B	C	Moyenne
pH		8.10	8.15	8.17	8.14
Température	°C	17.4	17.3	17.2	17.3
Conductivité	ms/cm	53.3	53.5	53.5	53.43
Salinité	mg/l	35 100	35 100	35 100	35 100
TH	°F	680	640	650	656.66
$\text{TH}_{\text{Ca}^{2+}}$	mg/l	601.2	450.8	580	544
$\text{TH}_{\text{Mg}^{2+}}$	mg/l	1288.96	1282.94	1228.86	1266.92
Chlorures (Cl^-)	mg/l	20 000	19 800	20 100	19966.66
TA	°F	0.	0.5	0.4	0.46
TAC	°F	13.5	13.5	13	13.33
HCO_3^-	mg/l	164 .7	164.7	158.6	162.66
Sulfates (SO_4^{2-})	mg/l	3075	3080	-	3077.5
Phosphates (PO_4^{2-})	mg/l	0.208	-	-	0.208
Fer (Fe^{3+})	mg/l	0.045	-	-	0.035
Sodium (Na^+)	mg/l	12182	11780	12048	12003.66
Potassium (K^+)	mg/l	418	420	431	423

❖ **Interprétation des résultats de Tableau (I.1) :**

- Le pH De l'eau de mer s'approche de la neutralité (8,14).
- La conductivité très élevé (53 ms/cm) est due à la présence de sels en grande quantité (salinité élevée 35g/l), la majeure partie de ces sels sont les chlorures (20g/l).
- La valeur de TH (titre hydrométrique) d'eau de mer est très élevée d'où l'eau de mer est très dure.
- La valeur de TA et TAC est très élevée ce qui explique la présence des alcalins.
- L'eau de mer contient également le fer, sodium et potassium en concentrations variables.

I. 1.2 Caractéristiques de l'eau dessalée**Tableau I.1.2 :** analyses physico-chimiques de l'eau dessalée

Essais paramètres	unité	A	B	C	Moyenne	Norme
PH		8.00	7.62	7.8	7.8	7-8
Température	°C	21.2	22.9	21.8	21.96	-
Conductivité	µs/cm	10.05	22.9	21.8	18.25	<30
Salinité	mg/l	15 000	15 000	15 000	15 000	-
TH	°F	0.5	0.6	0.6	0.56	-
TH _{Ca²⁺}	mg/l	0.8	1.2	1.6	1.2	-
TH _{Mg²⁺}	mg/l	0.73	0.48	0.24	0.48	-
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	7.00	7.53	7.25	7.26	-
TA	°F	00	00	00	00	-
TAC	°F	0.5	0.5	0.5	0.5	-
HCO ₃ ⁻	mg/l	6.1	6.1	6.1	6.1	-
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	mg/l	1.68	-	-	1.68	-
Phosphates (PO ₄ ²⁻)	mg/l	0.064	-	-	0.064	-
Fer (Fe ³⁺)	mg/l	0.015	-	-	0.015	-
Sodium (Na ⁺)	mg/l	2.32	1.83	2.45	2.2	-
Potassium (K ⁺)	mg/l	0.01	0.03	0.01	0.016	-

❖ **Interprétation des résultats de tableau (I.1.2) :**

- Après la distillation d'eau de mer, la majeure partie des sels est éliminée (salinité réduite: 15g/l) et la conductivité diminue jusqu'à (18 μ s/cm). Cette conductivité est inférieure à la norme (30 μ s/cm), on peut donc passer à la déminéralisation.
- On constate une diminution de la quantité de fer, sodium et potassium, et une élimination presque totale des ions Ca^{+2} , Mg^{+2} et les hydroxydes et les alcalins.

I.1.3 Caractéristiques de l'eau déminéralisée**Tableau I.13 :** analyses physico-chimiques de l'eau déminéralisée

Essais paramètres	unité	A	B	C	Moyenne	Norme
PH		7.39	7.41	7.21	7.33	7-7.5
Température	°C	19	19	19	19	-
Conductivité	μ s/cm	0.05	0.04	0.03	0.04	<0.1
Salinité	mg/l	00	00	00	00	00
TH	°F	00	00	00	00	00
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	00	00	00	00	00
TA	°F	00	00	00	00	00
TAC	°F	00	00	00	00	00
Fer (Fe ³⁺)	mg/l	00	00	00	00	00

❖ **Interprétation des résultats :**

La déminéralisation élimine tous les sels contenus dans l'eau dessalée ce qui justifie une conductivité inférieure à la norme (0,1 μ c/cm). De plus l'eau est neutre (pH=7.30).

On remarque que la distillation élimine la majeure partie des sels.

Donc on peut dire que le procédé de distillation est efficace, la distillation élimine la presque totalité des sels.

Pour une déminéralisation totale l'utilisation du lit mélangé s'impose.

Pour une meilleure interprétation, les paramètres normalisés des différentes eaux analysées sont proposés sous forme d'histogramme

1) L'histogramme du PH :

	Eau de mer	Eau dessalée	Norme		Eau déminée	Norme	
			A	A'		B	B'
PH	8.14	7.80	>7.00	<8.00	7.33	>7.00	<7.5

La figure I.1 représente l'évolution du ph en fonction de l'eau traitée

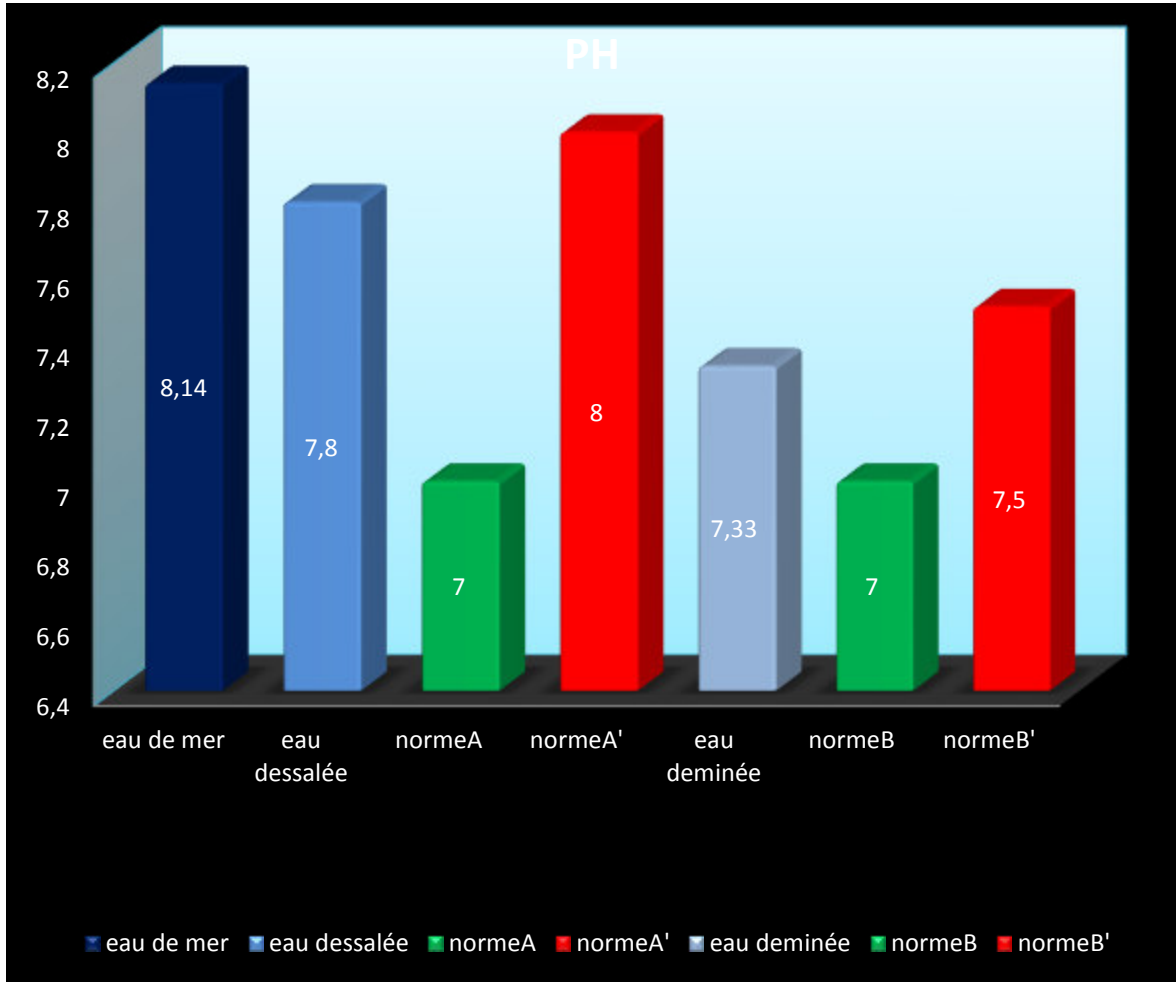


Figure I.1 : Evolutions du ph et de la température

2) L'histogramme de la conductivité :

	Eau de mer	Eau dessalée	Norme(1)	Eau déminée	Norme (2)
Conductivité (ms/cm)	53.43	18.25×10^{-3}	$<30 \times 10^{-3}$	0.04×10^{-3}	0.1×10^{-3}

La figure I.2 représente l'évolution de la conductivité en fonction de l'eau traitée

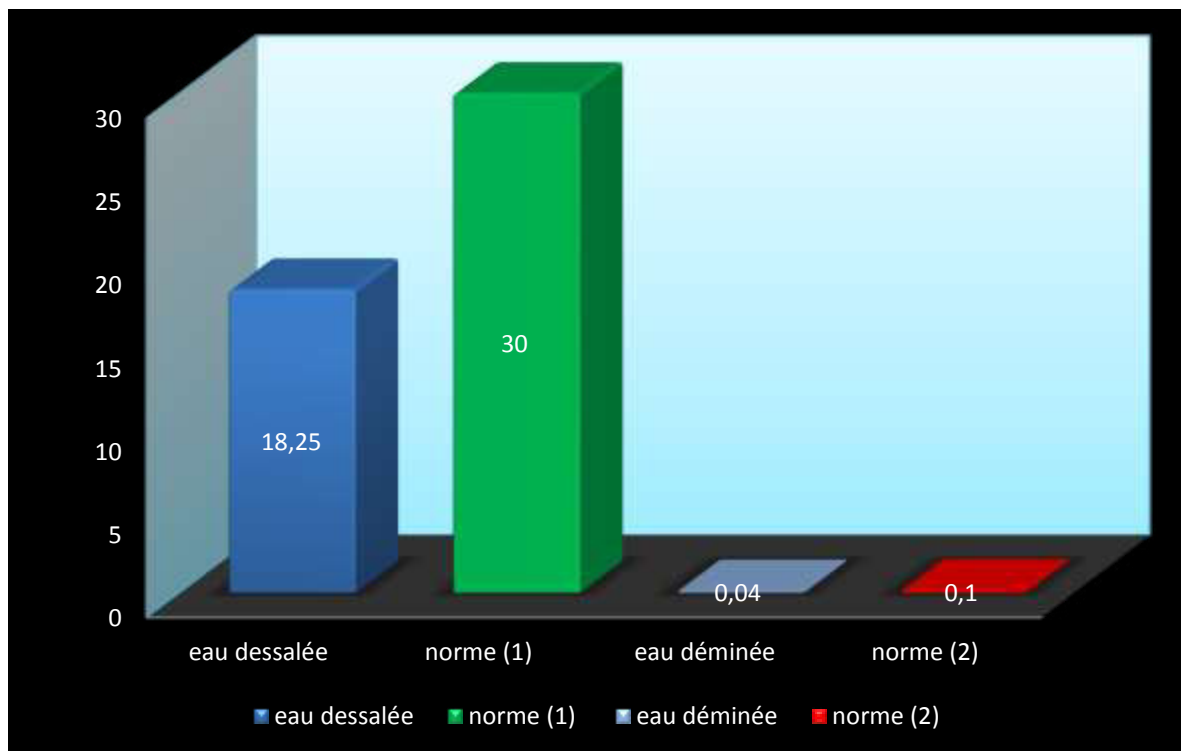


Figure I.2 : Evolutions de la conductivité

❖ Conclusion :

Les analyses effectuées sur les différents échantillons d'eau de la centrale ont donné des résultats satisfaisant en conformité avec les normes exigées.

L'eau ainsi traitée est de qualité adaptée aux besoins de la centrale, elle est totalement déminéralisée. De ce fait, on peut dire que les deux procédés de traitement des eaux de la centrale, la distillation et la déminéralisation sur lit mélangé fonctionnent correctement et sont donc efficaces.

Le lit mélangé assure une meilleure production d'eau de grande pureté, celui-ci reste en phase de production pour une longue période (minimum de 25 ans) et elle reste de loin, le plus performant du point de vue qualité, entretien et économique.

I.2 Contrôle de l'impact sur l'environnement

I.2.1 Caractéristiques de rejet liquide au niveau de dessalement

Les résultats des analyses physico-chimiques de la saumure avant et après dilution sont regroupés dans les tableaux I.2.1 et I.2.2

Tableau I.2.1 : analyses physico-chimiques du rejet de saumure avant dilution.

Essais paramètres	unité	A	B	C	Moyenne	Norme
PH		8.48	8.40	8.35	8.41	8-8.5
Température	°C	25.2	25.4	25.6	25.4	<27
Conductivité	ms/cm	70.7	70.5	70.3	70.5	<120
Salinité	mg/l	48.7	48.5	48.3	48.5	-
TH	°F	1010	950	1000	986.66	-
TH _{Ca²⁺}	mg/l	641.28	653.41	664.5	653.06	-
TH _{Mg²⁺}	mg/l	2067.2	1913.91	2028.79	2003.3	-
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	33000	32000	32500	32500	-
TA	°F	1.5	1.5	1.5	1.5	-
TAC	°F	18.5	19.5	19	19	-
HCO ₃ ⁻	mg/l	225.7	237.9	231.8	231.8	-
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	mg/l	4950	5360	-	5155	-
Phosphates (PO ₄ ²⁻)	mg/l	0.229	-	-	0.229	-
Fer (Fe ³⁺)	mg/l	0.045	-	-	0.045	-
Sodium (Na ⁺)	mg/l	25365	24562	25416	25114.33	-
Potassium (K ⁺)	mg/l	850	842	890	860.66	-

❖ Interprétation des résultats de tableau (I.2.1) :

- Le PH de la saumure est presque le même que celui de l'eau de mer (en accord avec la norme).
- a température (saisonnière) ne dépasse pas la norme.
- La conductivité de la saumure atteint une valeur maximale (70,5ms /cm) ce qui est due à l'évaporation de l'eau qui la rend très chargée en sels (salinité 48,5g/l), toute fois elle ne dépasse pas la norme exigée (>120ms/cm).

- Il faut faire une dilution du rejet de saumure avant le rejet dans la mer afin de répondre aux autres normes exigées (pour protéger la faune et la flore aquatique).

I.2.2 Caractéristiques de rejet liquide au niveau de dessalement après dilution

Tableau I.2.2 : les résultats des analyses physico-chimiques du rejet de saumure à un débit de (36m³/h) dilué avec le rejet d'eau de mer de unité de dessalement circulant à un débit de (130m³/h) d'eau de mer.

Essais paramètres	unité	A	B	C	Moyenne	Norme
PH		8.41	8.55	8.57	8.51	8-8.5
Température	°C	22.50	23.3	23.0	22.93	20-25
Conductivité	ms/cm	57.8	57.4	57.5	57.56	<60
Salinité	mg/l	38.2	38.2	38.2	38.2	-
TH	°F	720	760	740	740	-
TH _{Ca²⁺}	mg/l	480.96	480.96	480.96	480.96	-
TH _{Mg²⁺}	mg/l	1459.2	1556.48	1507.84	1507.84	-
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	20500	21000	21500	21000	-
TA	°F	0.5	0.5	0.5	0.5	-
TAC	°F	12	12	12	12	-
HCO ₃ ⁻	mg/l	146.4	-	-	146.4	-
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	mg/l	3450	-	-	3450	-
Phosphates (PO ₄ ²⁻)	mg/l	0.128	-	-	0.128	-
Fer (Fe ³⁺)	mg/l	0.035	-	-	0.040	-
Sodium (Na ⁺)	mg/l	12781	12940	13200	12973.7	-
Potassium (K ⁺)	mg/l	490	514	540	514.6	-

❖ Interprétation des résultats de tableau(I.2.2) :

- Avant de rejeter la saumure, elle subit une dilution pour diminuer sa conductivité (57ms/cm) vers la conductivité de l'eau de mer.
- Les autres paramètres ont la même valeur que l'eau de mer, on peut dire donc qu'il s'agit d'une reconstitution de l'eau de mer.

- Cette dilution subit une autre dilution au niveau de canal de rejet qui un débit de 100 000m³/h (eau de refroidissement)

Donc le rejet de saumure n'a pas d'impacts sur l'environnement.

❖ Les graphes de comparaison entre rejet avant dilution et après dilution sont :

1) L'histogramme de PH :

	saumure	Saumure diluée	Norme A	Norme A'
PH	8.41	8.51	>8.00	<8.50

La figure I.3 représente l'évaluation du ph en fonction du rejet après dilution

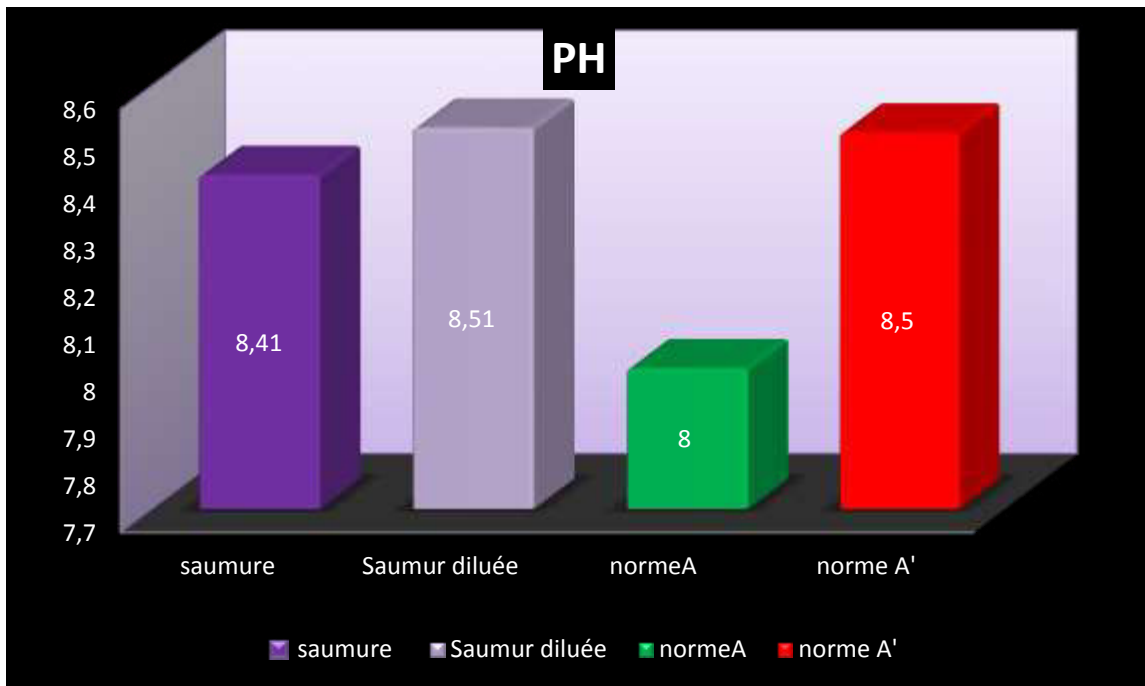


Figure I.3 : Evolutions du ph en fonction du rejet de saumure

2) L'histogramme de conductivité :

	saumure	Norme A	Saumure diluée	Norme B
Conductivité (ms/cm)	70.50	<120.00	57.56	<60 .00

La figure I.4 Représente l'évaluation de la conductivité en fonction du rejet de saumure

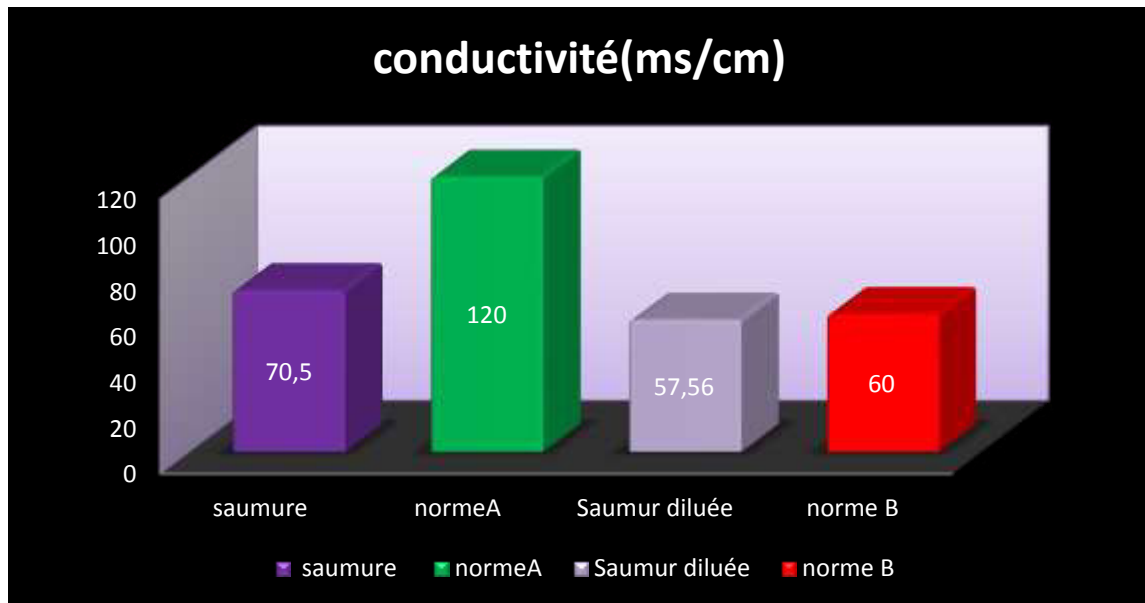


Figure I.4 : Evaluation de la conductivité en fonction du rejet de saumure

3) L'histogramme de température :

	saumure	Norme A	Saumure diluée	Norme	
				B	B'
Température	25.40	<27.00	22.93	>20	<25

La figure I.5 représente l'évolution de la température en fonction de rejet de saumure

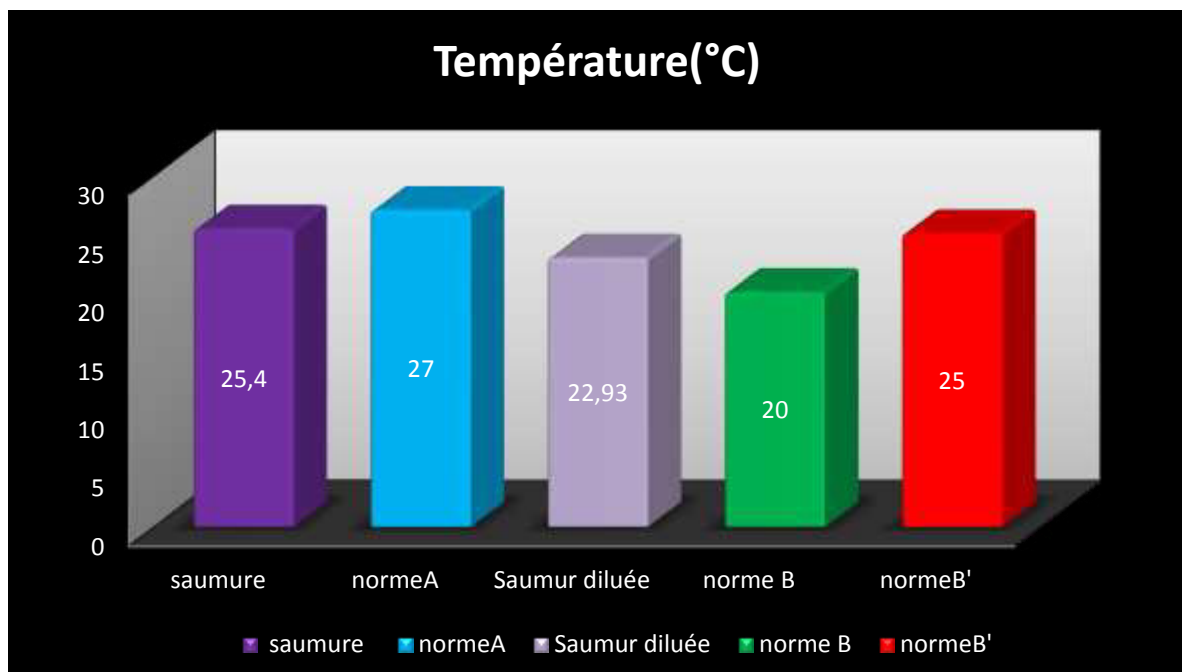


Figure I.5 : Evolution de la température

I.3. Contrôle de la corrosion et érosion des équipements

I.3.1 Contrôle d'unité de dessalement

Tableau I3.1 : analyses physico-chimiques des différents échantillons de l'eau dans l'unité de dessalement.

Echantillon	mesure	Valeur de consigne limite	Valeur mesurée
Eau de mer	PH	7.5 - 7.8	08.00
	Conductivité (ms/cm)	<60	50.80
Eau de chaudière	PH	9	09.07
	Conductivité (μ c/cm)	<1000	142.7
Distillat	PH	7- 8	07.50
	Conductivité (μ c/cm)	<30	10.32
	Cuivre ppm	<0,15	0.02
Saumure de recirculation	PH	8-8.5	08.45
	Conductivité (ms/cm)	<112	78.20
	TA (°F)	-	05.50
	TAC (°F)	-	20.00
Rejet de saumure	PH	8-8.5	08.50
	Conductivité (ms/cm)	<120	82.20
	TA (°F)	-	05.00
	TAC (°F)	-	21.00

Valeur de consigne limite donné par le constructeur de la centrale thermique

❖ Interprétation des résultats :

On remarque que le PH est neutre pour les trois échantillons (eau de mer, distillat, rejet de saumure), donc on constate que le procédé de distillation n'a pas une influence sur le PH.

Pour les eaux de chaudière, la valeur mesurée du PH est de 9.07, cette augmentation est due à l'injection de l'ammoniac dans les eaux d'alimentation.

La chaudière est alimentée par une eau déminéralisée dont le PH>9.

Pour la saumure de recirculation, la valeur mesurée est égale a 8.45, cette simple augmentation est due à l'injection des produits chimiques (antitarte, anti mousse).

Les cinq échantillons ont un pH conforme à la norme exigée pour la centrale.

La conductivité de l'eau de mer est très grande (50,80 μ s/cm), après la distillation la majeure partie de cette conductivité est éliminée, il ne reste que (10.32 μ s/cm) dans le distillat.

On peut dire que le procédé est efficace.

La chaudière est alimentée par une eau déminéralisée dont la conductivité est inférieure à 0.6 μ s/cm, donc cette augmentation à 142.7 μ s/cm est due à l'augmentation de la température

(95°C), étant donné que la conductivité est en fonction de la température, elle est plus importante au niveau des chaudières.

La valeur de la conductivité de rejet de saumure (82,2ms/cm) est inférieure à la saumure de recirculation, cette diminution est due à la dilution (un appoint d'eau de mer) de la saumure dans la zone de dissipation de chaleur.

Lors d'appoint d'eau de mer, il faut maintenir un certain niveau de la saumure dans l'évaporateur, ce système est muni d'un système pour l'aspiration de saumure, cet excès est appelé rejet de saumure.

La valeur de la conductivité des cinq échantillons ne dépasse pas les limites exigées par le constructeur.

Les valeurs de TA (titre alcalimétrique) et TAC (titre alcalimétrique complet), indique que la saumure de recirculation et le rejet de saumure contiennent les ions OH^- , CO_3^{2-} et HCO_3^- .

Le cuivre est un indicateur de la corrosion, la cuve du distillat et le condenseur sont fabriqués à base d'un alliage à base de cuivre et le nickel (Cupro nickel ; CuNi30Fe).

La valeur du cuivre est inférieure à la valeur limite, ce qui indique que les conduites ne sont pas corrodées.

I.4. Contrôle chimique du circuit eau vapeur

Tableau I.4 : analyses physico-chimiques des différents échantillons de l'eau dans le circuit eau vapeur.

Paramètre	PH	Conductivité brute ($\mu\text{c}/\text{cm}$)	Conductivité corrigée ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Fe γ/l	SiO ₂ γ/l
Prise d'échantillon					
Norme	9.2-9.5	-	3	20	250
Ballon	9.35	8.00	0.10	4	18
Norme	9.5-9.8	-	<0.2	<20	<20
Vapeur surchauffée	9.60	8.90	0.10	1	2
Norme	9.5-9.8	-	<0.2	<20	<20
Vapeur resurchauffée	9.60	8.85	0.11	1	1
Norme	9.5-9.8	-	<0.2		
Vapeur saturée	9.65	8.95	0.12		
Norme	9.5-9.8	-	<0.2		
Eau d'extraction	9.70	8.80	0.18		
Norme	9.5-9.8	-	<0.2		
Eau alimentaire	9.70	8.75	0.18		
Norme	9.5-9.8	-	<1		
Eau d'appoint	9.75	9.00	0.18		
Norme	10-10.5	-	<1		
Eau de réfrigération	10.00	11	0.18		

Les résultats de l'analyse seront comparés aux valeurs de consigne limite fixé par le constructeur

❖ **Interprétation des résultats de Tableau (I.4) :**

- La mesure de PH sur les différents échantillons d'eau du circuit (eau-vapeur), nous à donnée des résultats satisfaisant en conformité avec les normes exigées. Il faut maintenir un pH entre (9.5-9.8) pour évité la corrosion car l'eau devient acide à haute température et pression élevée.
- On peut vérifier la corrosion en contrôlant la teneur en fer dans le ballon vapeur surchauffé et vapeur resurchauffée.
- La teneur de la silice a permis de contrôlée l'érosion des ailettes de l'arbre (turbine) et sa teneur doit être inferieur a 250 g/L
- Afin d'avoir un Ph de corrosion nul c'est-à-dire $> 9,5$ on utilise de l'ammoniaque qui peut masquer une éventuelle pollution du circuit eau vapeur, cette dernière est éliminée par une résine cationique avuât de passer par un conductivimetre, donne le nom de conductivité corrigée.

Conclusion générale

L'étude que nous avons effectuée à la centrale thermique de CAP- DJINET, nous a été bénéfique à plus d'un titre, parce qu'elle nous a permis d'appliquer en pratique les connaissances acquises en théorie et de côtoyer la réalité industrielle.

Elle nous a permis d'acquérir les différents traitements utilisés pour les eaux destinées à l'alimentation des chaudières et de mieux apprécier l'exploitation et la gestion des installations qui influent sur la fiabilité des équipements.

On peut dire que l'énergie est un facteur essentiel au développement d'une nation. Cependant, la production de celle-ci demande aujourd'hui une technologie de pointe pour avoir une énergie la plus rentable possible.

D'après les analyses que nous avons effectuées, on conclut que l'eau dessalée est conforme à une eau d'alimentation du procédé de déminéralisation qui assure une meilleure production d'eau de plus grande pureté grâce à la technique d'échange d'ion.

Ainsi le rendement de l'unité de dessalement varié entre [70%-90%], donc on peut dire que l'installation de traitement des eaux fonctionne bien, alors elle est efficace.

Notons enfin, que malgré les efforts consentis pour le traitement des eaux, on s'accorde encore à connaître que les incidents causés par l'eau restent importants tels que l'entartrage, le primage et la corrosion, ainsi qu'il convient d'améliorer sans cesse les techniques de traitement.

Enfin, on peut dire que l'utilisation de ce procédé a des avantages et des inconvénients par rapport à d'autres procédés de distillation. Parmi ces avantages la quantité d'eau produite est importante, et quelques inconvénients sont l'utilisation des grandes quantités de produits chimiques et les impacts sur l'environnement.

Bibliographie

- [1] : Documentation interne de la centrale thermique de CAP-DJINET« archives».
- [2] : Notice technique sur les centrales thermiques de CAP-DJINET« Chaleur-Température Thermodynamique ».Fascicule N°2B, 2eme édition, Mars 1968
- [3] : Formateur concepteur : Mm MEHDI Ghania, IFEG/ Ecole Technique de Blida, Développement : Laboratoire E –Learning

Bibliographie (1)

- [1] MERCIER J. Le grande livre de l'eau. Edition : renaissance du livre (la).ISBN :2-8046-0341-5.183P. (2000).
- [2] BETZ laboratoire. « Conditionnement des eaux industrielles » Québec. (1993).
- [3] P.DANIS. « Dessalement de l'eau de mer » technique de l'ingénieur. (2000).
- [4] Athènes. Dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens : « plans d'action pour la méditerranée » ; (2001)
- [5] Mémento technique de l'eau. Degrement édition de 1995 paris.
- [6] [http : //www.Culture Sciences, chimie.Ens.Fr/dossiers chimie-société-article dessalement](http://www.Culture_Sciences_chimie.Ens.Fr/dossiers_chimie-société-article_dessalement). 24 avril 2011.
- [7] A.MAUREL « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres ». (2001).
- [8] Renaudin V. Champion G., Le Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. Site de ressource scientifique pour les enseignants de chimie Novembre (2003).
- [9] Kettab A., Ait Mouhoub D., Ouarda T., Bobbee B. Contribution à l'étude du phénomène de la sécheresse sur les régions littorales de l'Algérie, février (2004).
- [10] N.SABER. « L'eau, c'est la vie ». Energie & mines. Avril 2004.
- [11] S.TALEB. « Contrôle de la qualité d'une eau dessalée ». MEDRC, cours intensifs, 2005.
- [12] Commission de l'Aménagement du Territoire et d'Environnement. Avant-projet du rapport " L'eau en Algérie : le grand défi de demain ", Alger (2006).

Bibliographie (2)

- [1] S. NISANS. « Dessalement de l'eau de mer par les réacteurs nucléaires ». Sciences 2007.
- [2] [http : //www.Culture Sciences, chimie.Ens.Fr/dossiers chimie-société-article dessalement](http://www.Culture_Sciences_chimie.Ens.Fr/dossiers_chimie-société-article_dessalement). 24 avril 2011.
- [3] A. MAUREL. « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres », 2001.
- [4] Renaudin V., Champion G., Le Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. Site de ressource scientifique pour les enseignants de chimie. Novembre (2003).
- [5] <http://www.cnrtl.fr/etymologie/osmose>. Campbell, Neil A. et Jane B. Reece, 2007. Biologie. Erpi, Montréal, Canada.
- [6] BETZ laboratoire. « Conditionnement des eaux industrielles ». Québec 1993.
- [7] Haddad Z., Etude du couplage d'un distillateur solaire avec un capteur plan, thèse de magistère, Constantine (2006).
- [8] R. DESJARDINS. « Traitement des eaux ». 2e édition 1990 Ecole polytechnique de Montréal.
- [9] Bernard R., Menguy G. et Schwartz M., Le rayonnement solaire, Conversion thermique et applications, Technique et documentation ; 2ième édition, (1980).
- [10] F. YEHAOUI. « Contribution à l'étude de la station de Dessalement de l'eau de mer de Bousfer, Oran ». Mémoire de fin d'études. Université de Boumerdes. Promotion 2007.
- [11] dossier informatif sur le Dessalement (septembre 2006).
- [12] HENRI BOYE, ICPE 72 (Dessalement de l'eau de mer une ressource alternative) édition technique, octobre 2009

Bibliographie (3)

[1] N. NOUREDDINE et N. HASSINI ; Impact environnemental de la station de dessalement de Brédéah (Algérie) : entre le légal et le réel

[2] TechnicalManual ; dow water solution, FILMTEC N° 1 Reverse Osmosis Membranes, document interne de CDJ, 2012.

[3] Hoepner, H. (1999), a procedure for environmental impact assessments (EIA) for sea water desalination plants

[4] HENRI BOYE, ICPE 72 (Dessalement de l'eau de mer une ressource alternative) édition technique, octobre 2009.

[5] N.GHAFFOUR. Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres par osmose inverse. MEDRC ; cours intensifs 2008

[6] C. Vanhems, « CriticalReview of DesalinationConcentrateDisposal to Surface Water »,USA, 1992. (after UNEP, 2001)

[7] <http://animal.memozee.com/view.php?tid=3&did=11552>

Après le traitement, la saumure concentrée est rejetée en mer où, dessinant l'image d'un monstre tentaculaire.

[8] J.JaimeSadhvani,JoseM.Veza, Carmelo Santana ; « Case studies on environmental impact of seawaterDesalination » ; Desalination Vol.185,(2005)

[9] M.SEBKI et I. AISSAOUI ; « Etude paramétrique pour le dimensionnement du diffuseur de saumure de la méga station de dessalement de Magtâa » ; mémoire fin d'étude Ecole Nationale Polytechnique, Juin 2016

[10] Pilar Palomar and Iñigo. J. Losada ; « Impacts of BrineDischarge on the Marine Environment. Modelling as a PredictiveTool» ;EnvironmentalHydraulics Institute "IH Cantabria", (Universidad de Cantabria) Spain 2011 ;

[11] Réunion des coordonnateurs nationaux ; « dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens : Évaluation des impacts sur l'environnement et Lignes directrices proposées pour la gestion de la saumure » ; Venise, Italie, 28-31 mai 2001 ;

[12] Rachid Miri, AbdelwahabChouikhi ; « Ecotoxicological marine impacts fromseawaterdesalination plants » ; Desalination, Vol. 182, 2005 ;ieu récepteur:

[13] http://www.ecotoxicologie.fr/notions_bases.php;

[14] Mourad AMITOUCHE ; «IMPACTS DES REJETS DES STATIONS DE DESSALEMENT SUR LE MILIEU RECEPTEUR » ; Thèse de Doctorat ,UniversitéMohamedKhider – Biskra , 2016

ANNEXE

Appareillage

1 .Appareillage

- **Spectrophotomètre UV/VIS**
 - ✓ Modèle : Perkin-Elmer C 632-0001
 - ✓ Modèle : Jasco V-530
- **Turbidimètre**
 - ✓ Modèle : HACH 2100N
 - ✓ Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre

Incolore de 50 mm diamètre.

- **PH-mètre**
 - ✓ Modèle : 332
 - ✓ Ph (cal 1 .2 ou 3 points)
 - ✓ Gamme : ph =2à 14.00
 - ✓ Résolution : 0.01 PH
 - ✓ Précision : 0.02PH
- **Conductimètre(1) :**
 - ✓ Modèle : Hanna HI 4510
 - ✓ Gamme : 0,01 μ s /1ms
 - ✓ Résolution : 0.01 μ s /1ms
 - ✓ Précision : \neq 0.5%
- **Conductimètre(2)**
 - ✓ Modèle : Bio block scientifique WTW LF340
 - ✓ Gamme : 0.0à 70%°
 - ✓ Résolution : 0.01 μ s /cm
 - ✓ Précision : \neq 0.5% lecture
 - ✓ Température : -5 à 99.9°C