

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJIMOKHTAR-ANNABAUNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté des Sciences de l'Ingénierat
Département de Génie des Procédés

Année 2018

FILIERE : Génie des Procédés

OPTION : Génie des procédés chimiques

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Etude des prétraitements de l'eau de mer effectués en amont de la station de dessalement par osmose inverse (Centrale SKD)

Présenté par :

Kardi Haytem

DIRECTEUR DE MEMOIRE : Pr.Samar Mohamed El Hadi ,Université Badji Mokhtar- Annaba

Devant le jury :

PRESIDENT : Pr.Samar Mohamed El Hadi

Université Badji Mokhtar-Annaba

EXAMINATEURS : Pr.Djerad souad

Université Badji Mokhtar-Annaba

Dr.Guilane Sara

Université Badji Mokhtar-Annaba

Remerciements

En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribués de près ou de loin au bon déroulement de mon stage de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.

Mes sincères gratitudes à mon encadreur **Samar Mohamed El Hadi** pour la qualité de son enseignement, ses conseils et son intérêt incontestable qu'il porte à tous les étudiants.

Un grand merci pour les membres du jury qui participent à l'évaluation de ce mémoire **Mme Djerad et Mme Guillane**, ils m'ont tous les deux fait l'honneur d'accepter de lire ce manuscrit de mémoire et d'apprécier la valeur de mon travail .

Je tiens à remercier l'ensemble du personnel de **SHARIKAT KAHRABA EDDRAOUCH** pour leur patience, leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont portaient à mes travaux.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences pour la réalisation de ce mémoire.

K. Haytem

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A ma chère sœur pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mon cher frère, pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

A Mes Amis qui sont la source de ma confiance.



K. Haytem

Liste des figures

CHAPITRE 1 :

Figure 1.1 : plan générale d'une tranche de la centrale SKD	22
Figure 1.2 : centrale électrique avec turbine à gaz en cycle combiné (CCTP).....	23
Figure 1.3 : les trois tranche de la centrale.....	24
Figure 1.4 : schéma d'une centrale électrique avec turbine à gaz cycle combiné.....	25
Figure 1.5 : turbine a gaz.....	26
Figure 1.6 : schéma d'une turbine a gaz.....	26
Figure 1.7 : système DLN.....	27
Figure 1.8 : schéma générale d'un système DLN.....	28
Figure 1.9 : turbine a vapeur	29
Figure 1.10 : alternateur avant installation.....	30
Figure 1.11 : alternateur en service.....	30
Figure 1.12.A : chaudière de récupération.....	30
Figure 1.12.B : les ballons de chaudière de récupération.....	32
Figure 1.12.C : schéma général d'une chaudière.....	32
Figure 1.13.A : condenseur.....	33
Figure 1.13.B : schéma d'un condenseur.....	33
Figure 1.14 : la salle de contrôle.....	35
Figure 1.15.A : pompe alimentation eau de mer.....	36
Figure 1.15.B : des filtres.....	37
Figure 1.15.C : électrolyseur.....	37
Figure 1.15.D : bâches dégazant et stockage javel.....	38

Figure 1.16.A : Compresseurs.....	39
Figure1.16.B : Filtres et sécheurs.....	39
Figure 1.16.C : ballons de stockage tampon d'air instrument.....	40
Figure 1.17.A : dessaleur 1.....	41
Figure 1.17.B : dessaleur 2	41
Figure 1.18 : bâche de stockage d'eau de service	42
Figure 1.19 : lit mixtes 1 et 2.....	43
Figure 1.20 : production d'eau potable.....	44
Figure 1.21 : Collecter séparément les eaux de lavage des turbines à gaz.....	45
Figure 1.22 : canal de rejet.....	46
Figure 1.23 : traitement des eaux usées.....	47
 CHAPITRE 2 :	
Figure 2.1 : schéma distillateur par détente successives.....	51
Figure 2.2 : schéma distillateur à effets multiples.....	52
Figure 2.3 : schéma d'un électrodialyseur	53
Figure 2.4: les deux dessaleurs.....	55
Figure 2.5 : Schéma de principe de fonctionnement d'une unité de dessalement évaporateurs multiple effet à plaques.....	56
Figure 2.6 : Deux filtres autonettoyants à l'entrée du poste de dessalement.....	58
Figure 2.7 : circuit de vapeur motrice.....	60
Figure 2.8 : Réservoirs eau dessalée.....	63

CHAPITRE 3 :

Figure 3.1 : Schéma d'une osmose inverse.....	67
Figure 3.2 : module spirale.....	75
Figure 3.3 : Montage de modules dans un tube de pression.....	77
Figure 3.4 : la variation de PPM avec ORP.....	84
Figure 3.5 : Fiche technique du Méta bisulfite de sodium (poudre)	86
Figure 3.6 : Fiche technique de l'anti scalant HYDROPERM F100.....	87
Figure 3.7 : Diagramme de spéciation de CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{--} en fonction du Ph.....	88
Figure 3.8 : Filtre à cartouche.....	89
Figure 3.9 : Schéma de fonctionnement	89

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux

Chapitre 2 :

Tableau 1 : caractéristique d'un distillateur MSF.....51

Tableau 2 : caractéristique d'un distillateur MED.....52

Tableau 3 : caractéristique d'une électrodialyse.....53

Tableau 4 : Données techniques du système et des équipements principaux.....62

Tableau 5 : Caractéristiques de l'eau dessalée63

Chapitre 3 :

Tableau 6 : Valeurs indicatives de fonctionnement des différentes membranes disponibles.....70

Tableau 7 : Propriétés physiques des matériaux filtrants.....82

Liste des abréviations et symboles

ADE : Algérienne des eaux

AFVC : Le procédé de congélation sous vide par absorption de vapeur

BP : Basse pression

C° : Degré Celsius

CCTP : La centrale turbine à gaz cycle combiné

DSC : Système de contrôle distribué

E : Evaporation

ED : Electrodialyse

EDM : Eau de mer

FIC : Contrôleur indicateur de débit

h : Hectare

HP : Haute pression

HZ : Hertz

JC : Jésus Christ

K' : Produit de solubilité

km : Kilomètre

kV : kilovolt

m : Mètre

MD : Distillation membranaire

MEB : Microscope électronique à balayage

MED : Distillation a multi effet

MES : Matière en suspension

MPa : Mégapascal

MSF : Multi stage flash

MVC : Distillation par compression de vapeur

MW : Mégawatt

η : Rendement

O.I : Osmose inverse

PCI : Protection contre incendies

PI : Pression intermédiaire

Ppm : Partie par million

Q_{cond} : Débit de condensat

QDIST : Débit de distillation

QEDM : Débit d'eau de mer

QREJE : Débit de rejets d'eau de mer

QSAUM : débit de saumure

QTHE : Débit expérimentale

QVAP : Débit de vapeur

SKD : Sharikat Kahraba Eddraouch

TP : Transformateur principal

TVC : Compression de vapeur

$\mu\text{S/}$: Micro siemence par centimètre

VFVA : Le procédé de congélation sous vide par absorption de vapeur

VFVC : Le procédé de congélation sous vide par compression de vapeur

SOMMAIRE

Introduction générale.....	19
Chapitre 1: Description générale de la central électrique Sharikat Kahraba Eddraouch "SKD"	
1. Description de la centrale	21
1.1 Introduction.....	21
1.2 Fiche technique.....	21
1.3 Définition.....	22
1.4 Objectif du projet.....	23
2. Description des équipements.....	24
2.1. Turbine à Gaz.....	25
2.2. Système de combustion DLN.....	27
2.3. Turbine à Vapeur.....	28
2.4. Alternateurs.....	29
2.5. Chaudière de récupération.....	30
2.6. Condenseur.....	33
2.7. Poste Blindé.....	34
2.8. DCS.....	34
3. Description des différents systèmes auxiliaire de la centrale.....	35
3.1. Système d'Hypochlorite (sea chlore).....	36
3.2. Système d'Air comprimé.....	38
3.3. Système de dessalement.....	40

3.4. Système de refroidissement de la centrale.....	44
3.5. Système de drainage.....	45
3.6. Traitement des eaux de rejet.....	45
3.7. Système de traitements des eaux usées.....	46
4. Conclusion.....	48

Chapitre 02: Les différentes techniques de dessalement et le procédé utilisé à la centrale

1. introduction.....	50
2. Les techniques de dessalement	50
2.1. Procédé Flash (MSF).....	50
2.2 Procédé multiples effets(MED).....	51
2.3 Procédés membranaires.....	52
2.3.1 Electrodialyse (ED).....	52
2.3.2 Osmose inverse.....	53
3. Procédé de dessalement utilisé a la centrale SKD	54
3.1 Introduction.....	54
3.2 Le procède de dessalement par distillation a multi effet.....	55
3.2.1 Le principe de fonctionnement.....	55
3.2.2 Les Fonctions de poste de dessalement.....	57
3.3 Circuit d'eau d'alimentation/d'eau de mer.....	57
3.3.1 Circuit de vapeur motrice.....	60
3.3.2 Circuit de condensat.....	61
3.3.3 Circuit d'eau distillée.....	61

3.3.4 Circuit de saumure.....	61
3.3.5 Circuit d'extraction d'air.....	62
4. L'importance de l'eau dessalée dans la centrale.....	63
5. conclusion.....	64

Chapitre 03: Problématique et résolution

1. Problématique.....	66
2. Procédé de dessalement par osmose inverse	66
2.1 Introduction à l'osmose inverse.....	66
2.2 Caractéristique générale d'un osmoseur	68
2.3 Membranes disponibles	69
2.3.1 Matériaux membranaires.....	71
2.3.1.1 Matériaux organiques	71
2.3.1.2 Polyamide	72
2.3.1.3 Polysulfones	72
2.4 Modules	73
2.4.1 Module plane	73
2.4.2 Module tubulaire	74
2.4.3 Module en fibre creuses	74
2.4.4 Module spirale	74
3. Prétraitement de l'eau de mer avant l'osmose inverse	79
3.1 Introduction.....	79
3.2 Spécification de l'eau pour l'alimentation d'un osmoseur	79
3.3 Prétraitement	79

3.3.1 Prétraitement proposé	80
3.3.1.1 Injection d'hypochlorite de sodium ou préchloration.....	80
3.3.1.2 Filtration sous pression (filtre à sable rapide)	81
3.3.1.3 Elimination du chlore par SMBS (déchloration)	83
3.3.1.4 Injection de la solution d'antiscalant.....	86
3.3.1.5 Décarbonatation à l'acide	87
3.3.1.6 Filtration sur filtre à cartouche	88
3.3.1.7 Installation de l'osmoseur	89
Conclusion générale.....	92

Introductions générale

L'eau est une substance essentielle à la survie et au développement de l'humanité. Mais que va devenir cette fragile ressource ?

L'eau est très abondante sur terre, elle recouvre 73% de sa surface, la grande majorité est essentiellement de l'eau de mer (97 %) ou de la glace (2 %) et donc impossible à consommer directement [1].

L'eau douce, facilement disponible (lacs, fleuves, certaines eaux souterraines), ne représente que 0,07 % de la ressource totale soit environ 1 million de km³. Mais, la répartition de cette eau est très inégale [2].

En effet seulement 10 pays se partagent à eux seuls 60 % des réserves d'eau douce alors que 29 autres (principalement en Afrique et au Moyen-Orient) sont au contraire confrontés à des pénuries d'eau douce. Dans ces pays, 650 millions de personnes souffrent du manque d'eau, dont 1,6 millions décèdent chaque année des conséquences du manque d'eau. On estime qu'en 2050, 2,5 milliards de personnes souffriront du manque d'eau à cause de l'évolution de la démographie et de l'augmentation des consommations en eau [1].

Au plan mondial, la question de l'approvisionnement en eau devient chaque jour plus préoccupante. Le constat unanimement partagé est simple : déjà précaire dans certaines régions du globe, la situation ne pourra qu'empirer dans les années à venir. Le formidable essor démographique que va en effet connaître notre planète dans les vingt-cinq prochaines années va nécessairement s'accompagner d'une explosion de la consommation en eau et d'une dégradation de sa qualité. Cela risque de mettre gravement en péril l'approvisionnement en eau douce d'une grande partie de l'humanité et par voie de conséquence d'aggraver les conflits entre pays voisins ayant des ressources communes.

Le dessalement des eaux saumâtres et à fortiori, de l'eau de mer, procure une solution séduisante à cette problématique. C'est pourquoi le marché du dessalement est d'ores et déjà en pleine expansion avec une progression 7% par an [3], d'autant que 70% de la population mondiale vit à moins de 70 km des bordures maritimes.

Le dessalement de l'eau de mer est connu depuis l'Antiquité et constitue une solution fiable utilisée par de nombreux pays côtiers notamment au Moyen-Orient. Deux grandes familles de procédés sont utilisées désormais pour le dessalement de l'eau de mer : les procédés thermiques de distillation qui se sont fortement développés à partir de la fin des années 1940 et les procédés membranaires qui ont vu le jour à la fin des années 1960. En

dessalement, le principal procédé membranaire est l'osmose inverse (OI) qui représente à l'heure actuelle 53 % des capacités mondiales d'eau produites par dessalement et a ainsi dépassé les procédés de distillation depuis 2001.

L'osmose inverse présente l'intérêt de pouvoir fonctionner à température ambiante et de produire une eau de qualité bonne et constante quelles que soient les variations de la qualité de l'eau brute. Le taux de rejet de sels peut être supérieur à 99 %. Un inconvénient de l'OI est qu'elle nécessite des pressions opératoires très importantes. En raison de la variation induite de la pression osmotique, la pression opératoire augmente avec la salinité de l'eau ce qui empêche l'utilisation de l'OI à de très fortes concentrations en sels [4].

L'objectif de ce travail consiste à préconiser un prétraitement adéquat de l'eau de mer qui répond aux normes et exigences d'un dessalement par osmose inverse au niveau de la centrale électrique SKD.

Le manuscrit est structuré de la manière suivante :

Chapitre I : Description générale de la centrale électrique Sharikat Kahraba Eddrraouch .

Chapitre II : Consacré à la présentation et à la description des différentes techniques de dessalement, ainsi que le procédé utilisé au niveau de la centrale SKD .

Chapitre III : L'étude détaillée de la solution proposée pour le traitement de l'eau de mer, ainsi que le dimensionnement du SKD d'osmose (pompe, nombre de tube de pression et de membrane) , On terminera par une conclusion générale.

1 Description de la centrale

1.1 Introduction :

Une centrale électrique est un site industriel qui produit de l'électricité en grande quantité. Les centrales électriques transforment des sources d'énergie naturelles en énergie électrique, afin d'alimenter en électricité des consommateurs, particuliers ou industriels relativement lointain. Le réseau électrique est utilisé pour transporter/distribuer l'électricité jusqu'aux consommateurs. Différentes sources d'énergie sont utilisés dans les centrales, qui peut être soit mécanique (force du vent, force de l'eau des rivières, des marées...), soit chimique (réactions d'oxydoréduction avec des combustibles, fossiles ou non tels que la biomasse), soit nucléaire, soit solaire...

Dans ce chapitre on présentera une brève introduction sur la central électrique **Sharikat Kahraba Eddraouch "SKD"** et ces différents systèmes.

1.2 Fiche technique :

- Superficie : 42,5 hectares
- Construction par : GE ENERGY et IBERDROLA
- Date de construction : décembre 2008
- Date de démarrage : 6 septembre 2013
- Puissance totale nominale nette (conclusion ISO) : 432 MW (gaz) ; et 391 MW (gasoil),
- Tension borne usine : 400 kV,
- Transformateur principal : un par tranche (tension 400 kV),
- Alimentation des auxiliaires par soutirage moyenne tension,
- Alternateur refroidi à l'hydrogène,
- Combustible principal : Gaz naturel
- Combustible de secours : Gas-oil.
- La puissance totale nominale : 1 200 MW [5]

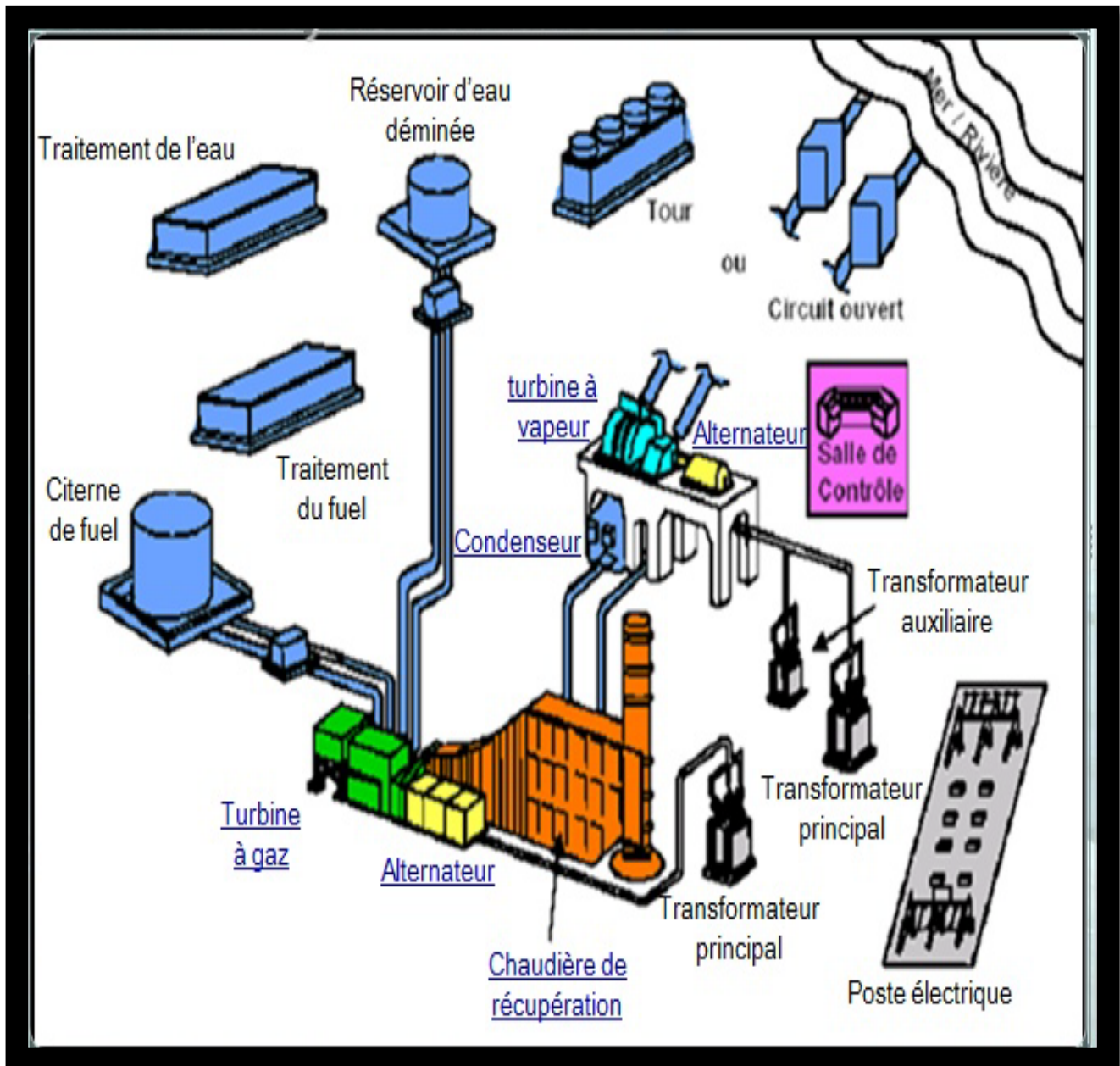


Fig 1.1: plan générale d'une tranche de la centrale SKD

1. 3 Définition

SKD souhaite construire et exploiter une centrale électrique constituée de trois tranches identiques, simple arbre (single-shaft) comprenant chacune une turbine à gaz, une turbine à vapeur, une chaudière de récupération de chaleur sans postcombustion, un alternateur, un transformateur, et leurs auxiliaires. La puissance totale nominale de la centrale sera de 1 200 MW. Elle sera alimentée principalement par du gaz naturel Algérien en provenance de Hassi R'Mel.

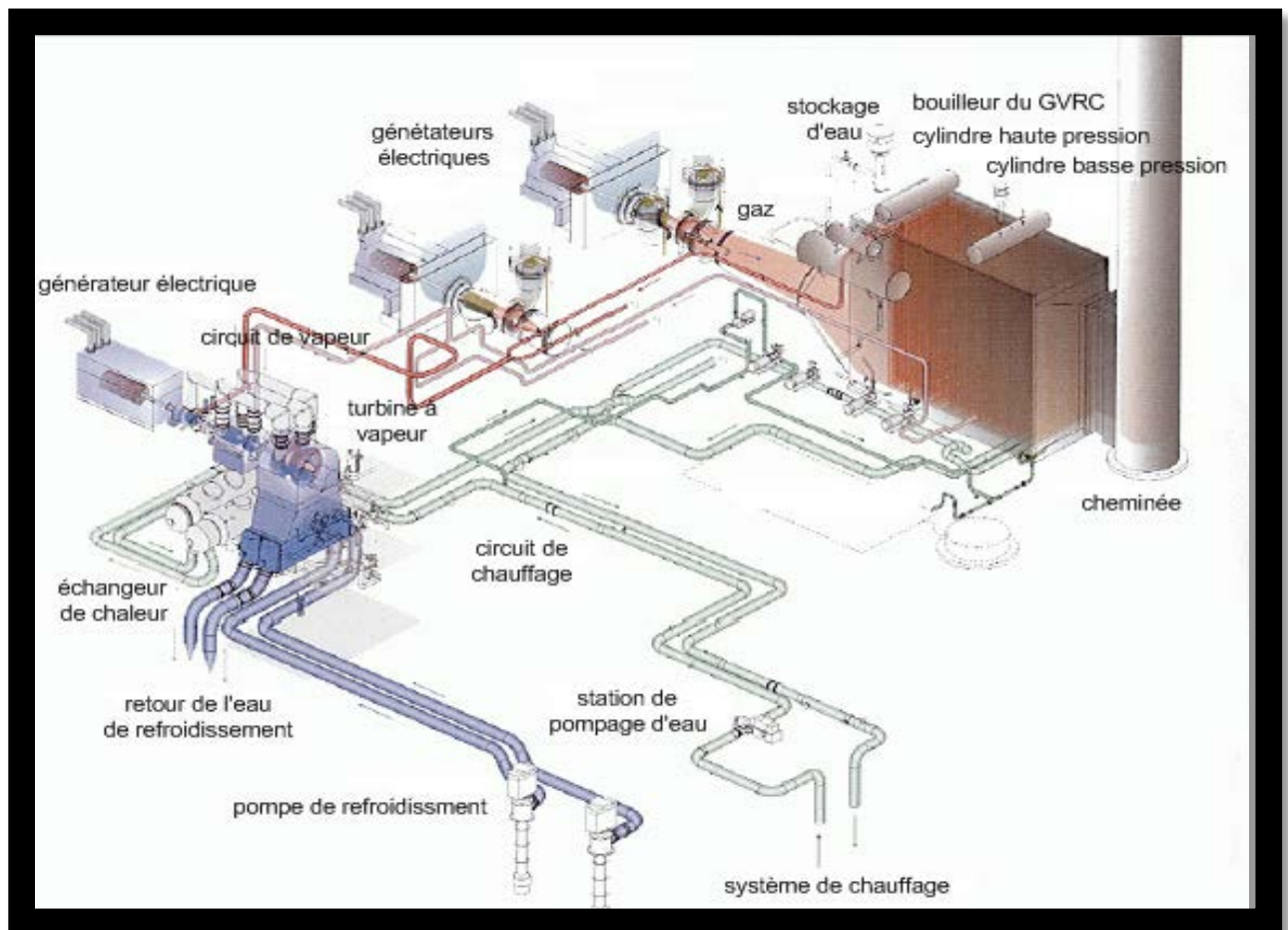


Fig 1.2 : Centrale électrique avec turbine à gaz en cycle combiné (CCTP)

1.4 Objectif du projet

Cette centrale électrique est destinée à faire face à la demande d'énergie résultant de l'implantation dans la région de divers aménagements industriels et domestiques, d'autre part à répondre à la demande du réseau général interconnecté. [6]

Ce projet participe également à la politique nationale de développement économique et social, notamment par son impact en termes d'emploi. En effet, un effectif maximum d'environ 2200 personnes travaillera sur le site pour la réalisation du génie civil sur une période de 44 mois. La main d'œuvre sera – quand cela est possible – recrutée parmi la population locale pour la phase de construction et environ 100 personnes seront employées pour le fonctionnement de la centrale.

2 Description des équipements

La centrale thermique à cycle combiné comprend trois (03) tranches single shaft (mono arbre avec configuration TG- Alternateur -TV) de production d'électricité d'une puissance totale est d'environ 1200 MW.



Fig 1.3 : les trois tranches de la centrale

Les caractéristiques générales d'une tranche sont :

- Puissance totale nominale nette (conclusion ISO) : 432 MW (gaz) ; et 391 MW (gasoil),
- Tension borne usine : 400 kV,
- Transformateur principal : un par tranche (tension 400 kV),
- Alimentation des auxiliaires par soutirage moyenne tension,

- Alternateur refroidi à l'hydrogène,
- Combustible principal : Gaz naturel
- Combustible de secours : Gas-oil.

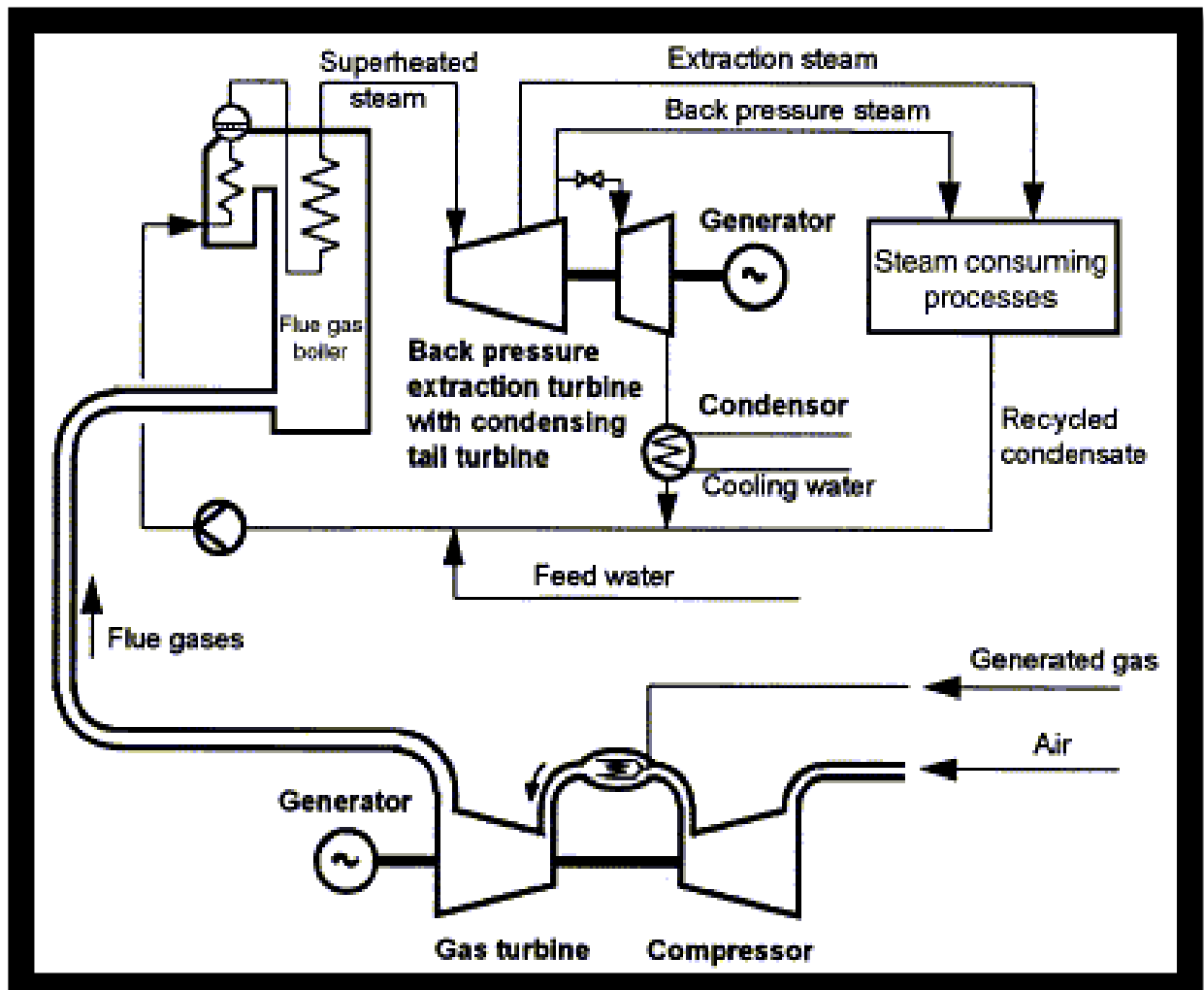


Fig 1.4 : schéma d'une centrale électrique avec turbine à gaz cycle combiné

les équipements de La centrale :

2.1 Turbine à Gaz

Les turbines à gaz fonctionnent en utilisant comme combustible principal le gaz naturel de HASSI-R'MEL, et comme combustible de secours le gas-oil.

Chaque turbine à gaz est en mesure de démarrer rapidement à partir de l'état froid. Elle devra être capable d'absorber des gradients de températures transitoires après un déclenchement rapide et redémarrer immédiatement. En respectant les temps de retour en

mode de virage, de purge du système d'échappement et les contraintes des autres équipements de la centrale.



Fig 1.5 : turbine a gaz

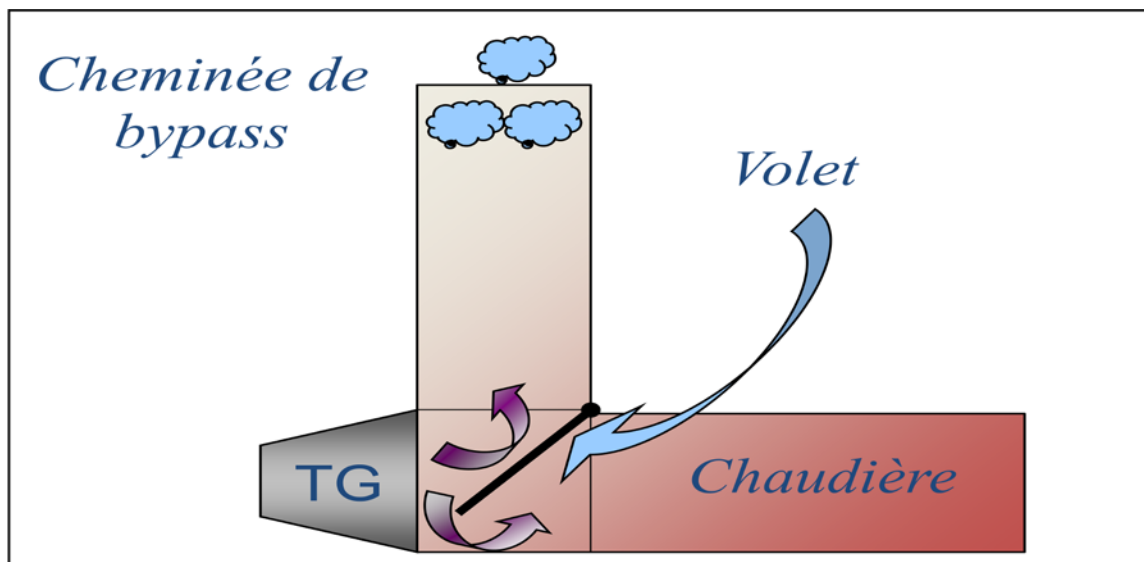


Fig 1.6 : schéma d'une turbine a gaz

2.2 Système de combustion DLN

Le système de combustion est de type DLN (à sec, à bas taux de NO_x). La combustion au gaz naturel est à sec, la combustion au gasoil est avec injection d'eau, où le système de contrôle permet une régulation automatique du débit d'injection d'eau. Le système de contrôle régule de façon automatique le taux d'injection d'eau par rapport à la consommation de combustible liquide.



Fig 1.7 : système DLN

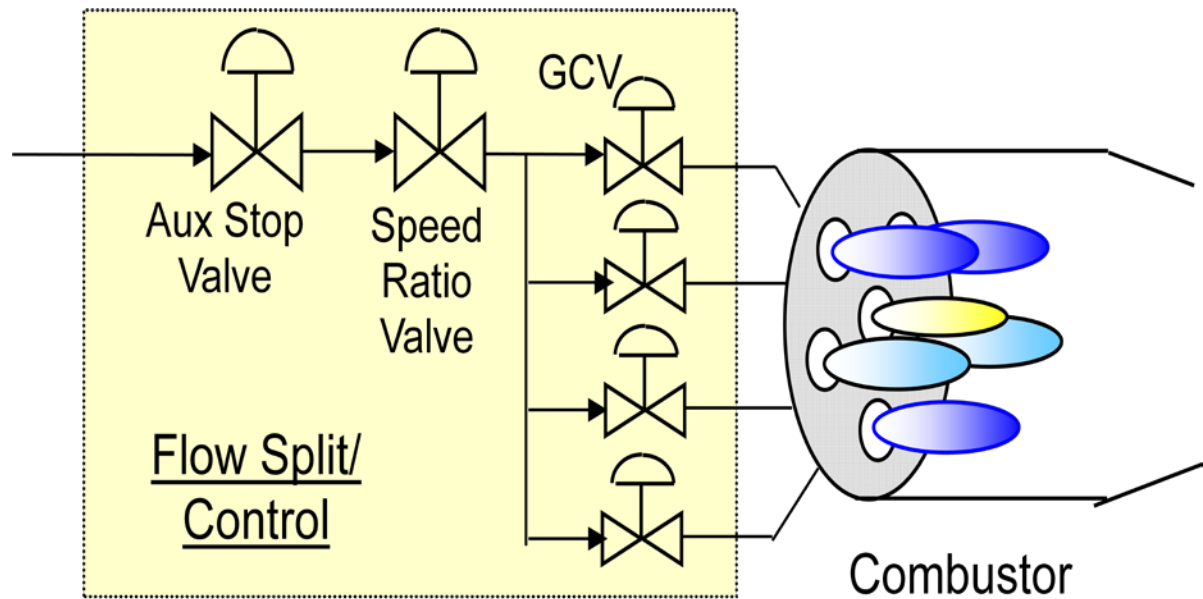


Fig 1.8 : schéma générale d'un système DLN

2.3 Turbine à Vapeur

La turbine à vapeur est à trois niveaux de pression : Haute Pression (HP), Pression Intermédiaire (PI) et Basse Pression (BP) et d'une resurchauffe.

La vapeur surchauffée produite par le premier niveau de la chaudière de récupération alimentera l'étage de haute pression.

L'étage de pression intermédiaire est alimenté par un mélange de la vapeur surchauffée produite par le deuxième niveau de la chaudière de récupération et la vapeur dégagée par l'étage de haute pression de la turbine; la totalité du flux de vapeur passe à travers un resurchauffeur en vue d'induire une hausse de sa température avant d'entrer dans la turbine.

L'étage de basse pression est alimenté par un mélange de la vapeur surchauffée produite par le troisième niveau de la chaudière de récupération et la vapeur dégagée par l'étage de pression moyenne de la turbine. La contribution de la turbine à vapeur en puissance nominale nette est approximativement de 140 MW.



Fig 1.9 : turbine a vapeur

2.4 Alternateurs

Données nominales des alternateurs

- Système électrique : Triphasé
- Fonctionnement : Continu
- Puissance apparente : 460 MVA à 45°C
- Tension nominale entre phases : 18,5KV.
- Facteur de puissance à la puissance apparente : $\cos \varphi = 0.9$
- Variation de tension pour la puissance apparente : ± 7.5
- Fréquence nominale : 50 HZ
- Rapport de court circuit : 0.56



Fig 1.10 : alternateur avant installation



Fig 1.11 : alternateur en service

2.5 Chaudière de récupération

La chaudière de récupération sans post-combustion est à trois (03) niveaux de pression de vapeur avec resurchauffe en vue de produire, de la vapeur surchauffée HP, de la vapeur surchauffée PI ainsi que de la vapeur surchauffée BP pour une récupération maximale de la chaleur des gaz de combustion. La chaudière de récupération est dotée de deux pompes alimentaires hautes pression HP (2 x 100%) et deux pompes alimentaires moyenne pression MP (2 x 100%).[6]



Fig 1.12.A : chaudière de récupération



Fig 1.12-B : les ballons de chaudière de récupération

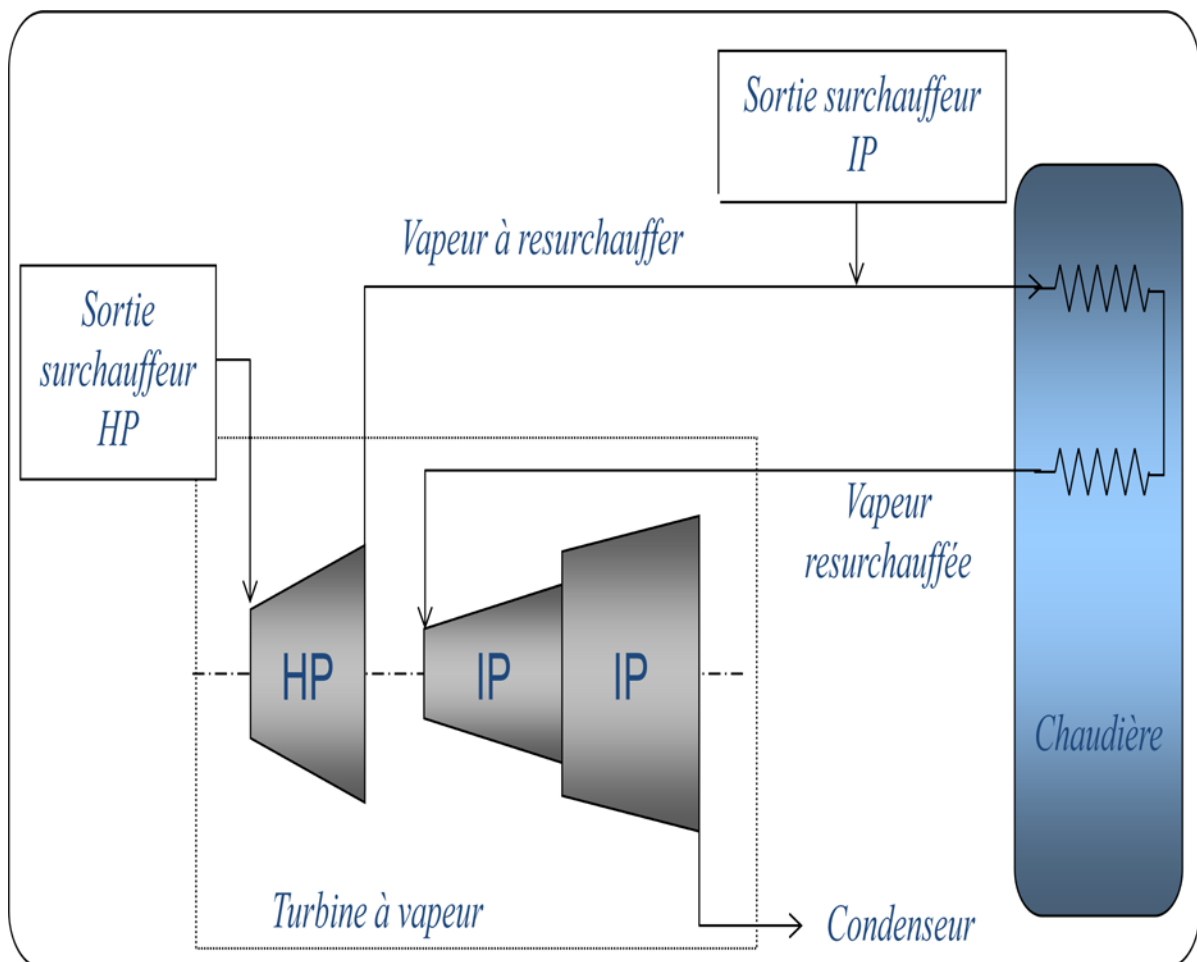


Fig 1.12-C : schéma général d'une chaudière

2.6 Condenseur

Le condenseur à surface à un corps, du type à deux passages, a double faisceau tubulaire, et est capable de condenser la vapeur de la turbine à vapeur, du réservoir des flashes des purge de la turbine et de toutes les autres purges dans n'importe quelle condition de charge et pour n'importe quelle gamme de température ambiante. En outre, il est capable de fonctionner dans des conditions de surcharge (cas de fonctionnement transitoire) lorsque les soupapes de by-pass fonctionnent ouvertes avec la capacité maximale à 100% de la chaudière.



Fig 1.13-A : condenseur

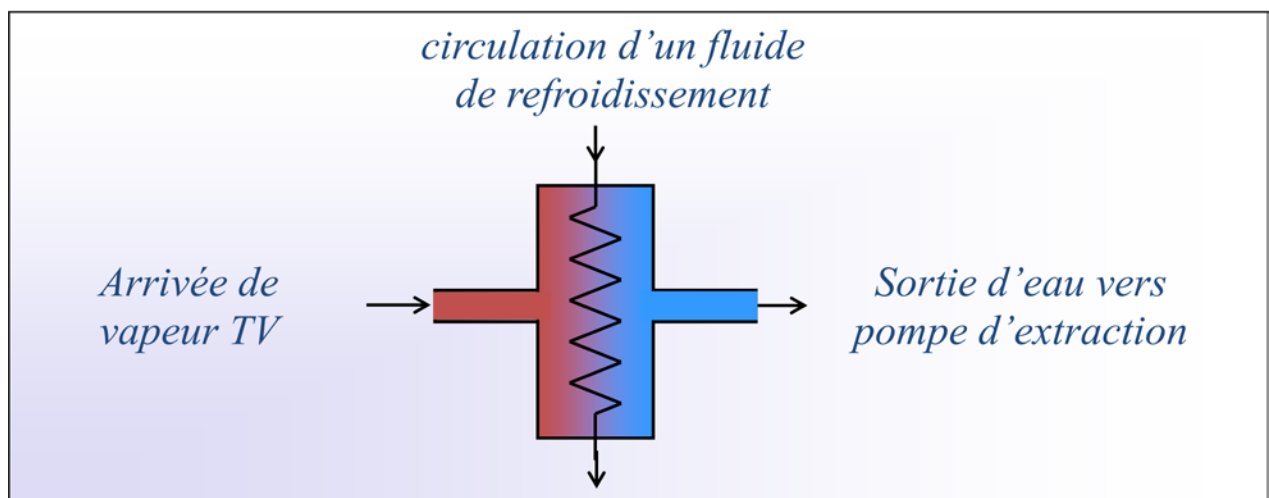


Fig 1.13-B : schéma d'un condenseur

2.7 Poste Blindé

Il est intermédiaire entre la centrale et les lignes HT de transport de l'énergie électrique produite par la centrale.

L'évacuation de l'énergie produite par chaque tranche se fait au moyen d'un transformateur principal (TP) à deux enroulements qui sera directement relié à l'avant poste blindé par des câbles souterrains.

Trois travées départs sont prévues pour évacuer la totalité de la production à savoir 1200MW.

Le Poste comporte tous les équipements nécessaires pour :

- Le raccordement ou le sectionnement de chaque ligne de transport d'énergie électrique individuellement, en respectant la sécurité du personnel et du matériel.
- Le sectionnement en cas de défaut soit du côté transformateur soit du côté ligne.
- L'alimentation des circuits de mesure, comptage, synchronisation, signalisation, protection.
- Tous les équipements seront efficacement protégés contre l'humidité.

2.8 DCS

L'architecture du système contrôle commande est de type décentralisée. Les principes de base choisis dès le départ est une salle de commande commune pour toute la centrale.

Tout le système de contrôle commande (DCS, Contrôle commande turbines gaz, contrôle commande turbines vapeur, contrôle commande chaudières de récupération) est redondant avec une sécurité redondante et fiable. [6]

Le contrôle principal couvrira :

- Les turbines à gaz et auxiliaires
- Les turbines à vapeur et auxiliaires
- Les chaudières de récupération et auxiliaires

- La station de dessalement d'eau de mer .
- Réseau électrique de la centrale

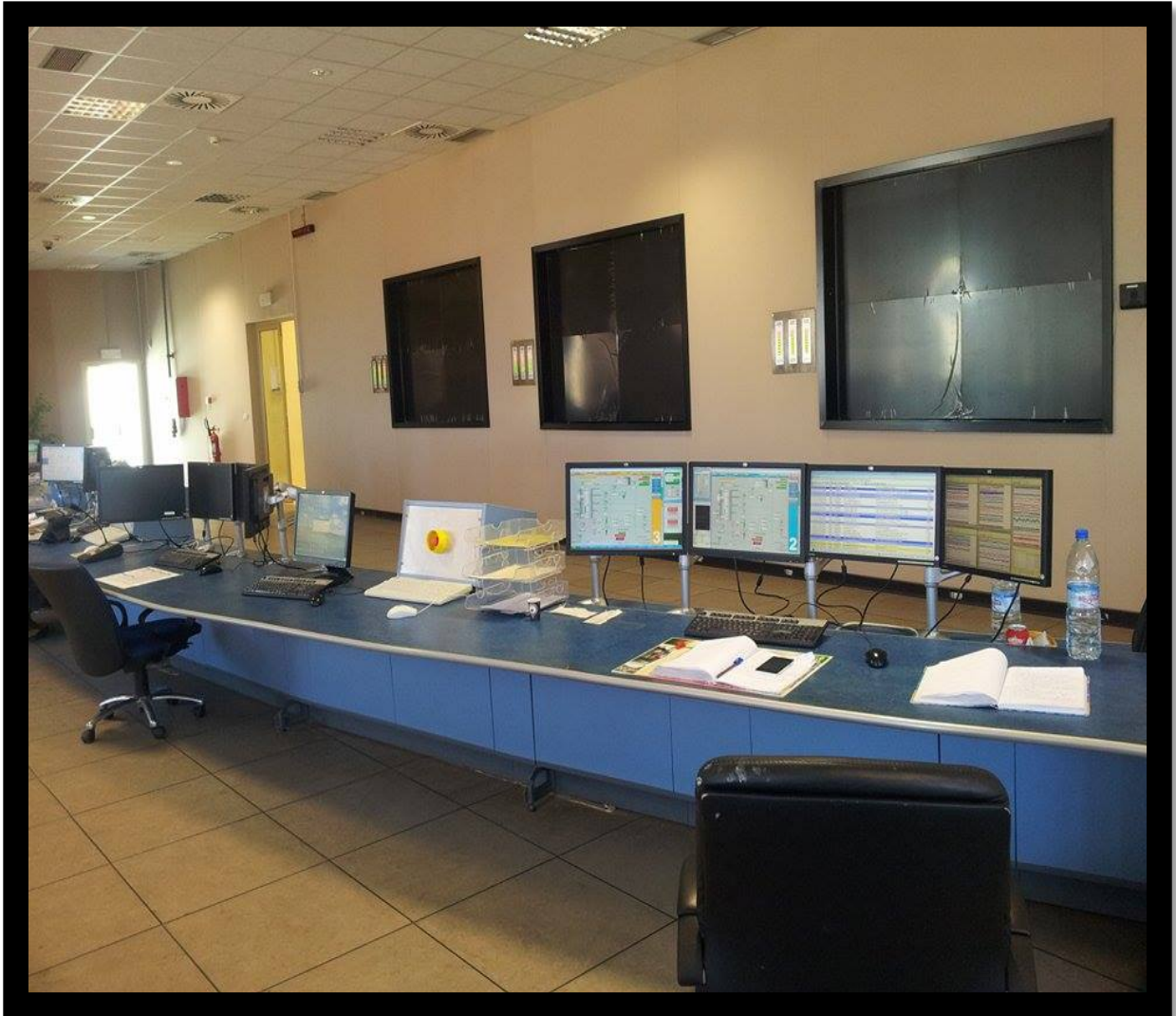


Fig 1.14 : la salle de contrôle

3 Description des différents systèmes auxiliaire de la centrale

Ce projet comprend également des installations nécessaires au fonctionnement de la centrale, à savoir une station d'épuration, des installations de traitement des eaux usées, des installations du système de prise d'eau de réfrigération, ainsi que des infrastructures et des bâtiments. [6]

Le système de collecte d'approvisionnement et de traitement des eaux est principalement composé de six éléments :

- Système de dessalement,
- Système de déminéralisation,
- Système de drainage,
- Système de rétention des drains et des déversements,
- Traitements des eaux usées,
- Bassin d'homogénéisation

3.1 Système d'Hypochlorite (sea chlore):

Cette installation est prévue pour la production et l'injection d'hypochlorite sodium dans l'eau de mer d'alimentation afin d'éviter la prolifération de la faune marine dans les tuyauteries et les équipements.

L'hypochlorite est injecté aux points suivants:

- 1- A l'entrée des tuyaux d'amenée d'eau de mer (au niveau de la prise);
- 2- A l'entrée du bassin de filtration et pompage.

Deux (2) modes de traitements seront considérés, un dosage continu de chlore, et un dosage intermittent de choc.



Fig 1.15-A : pompe alimentation eau de mer



Fig 1.15-B : des filtres



Fig 1.15-C : électrolyseur



Fig 1.15-D : bâches dégazant et stockage javel

3.2 Système d'Air comprimé

Le système d'air comprimé est constitué d'une station de compression d'air, d'un ballon de stockage tampon d'air instrument, d'une installation de séchage d'air et de réseaux de distribution d'air instrument et d'air de service. Le système sera dimensionné pour couvrir l'ensemble des besoins de la centrale. La production d'air sera assurée par deux (2) compresseurs, un (1) en marche et un (1) en réserve, entraînés tous les deux par des moteurs électriques. [6]



Fig 1.16-A : Compresseurs



Fig 1 .16-B : Filtre sécheur

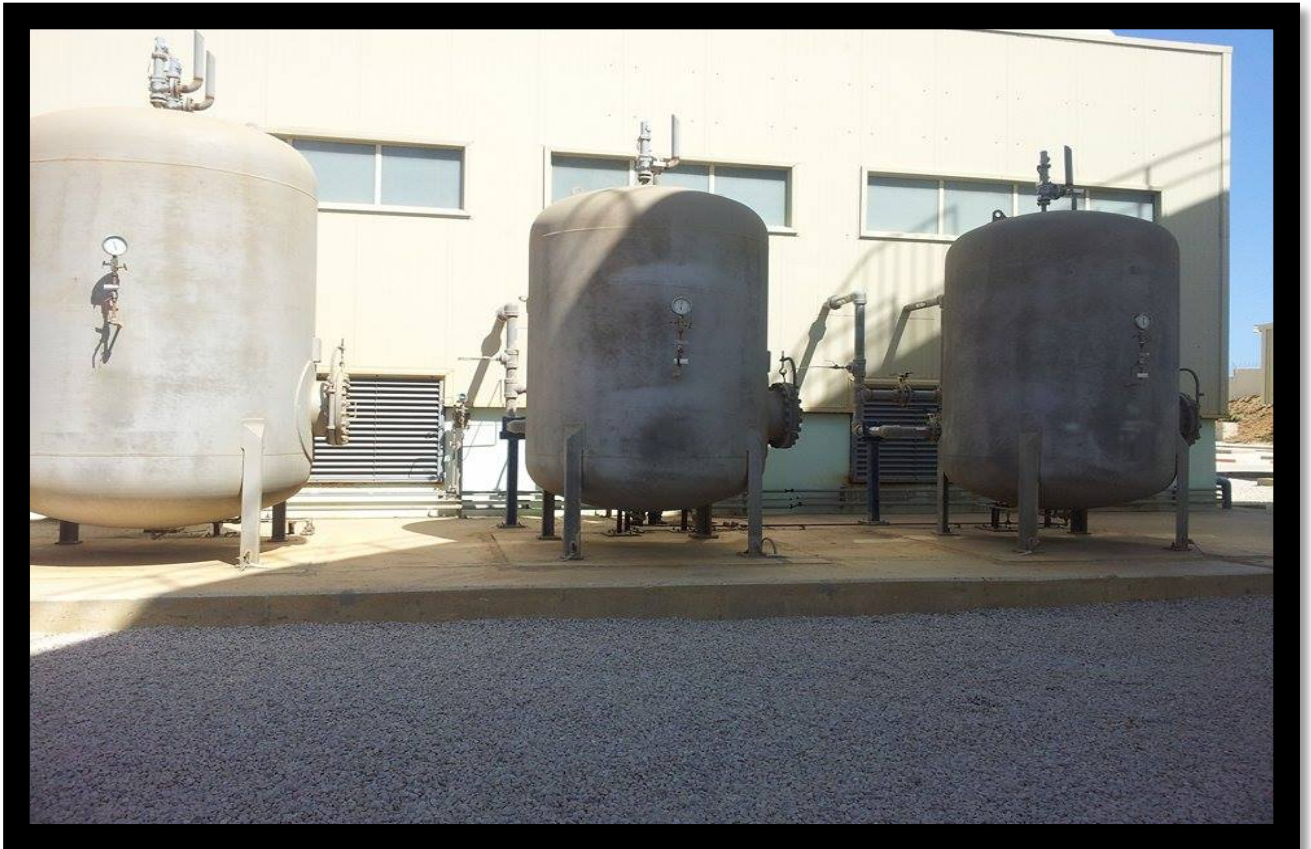


Fig 1.16-C : ballons de stockage tampon d'air instrument

3.3 Système de dessalement

L'installation comprend deux (2) unités de dessalement pour les trois (3) tranches de la centrale électrique fonctionnant selon le principe de la distillation MED et produisant 35 m³/h d'eau dessalée.

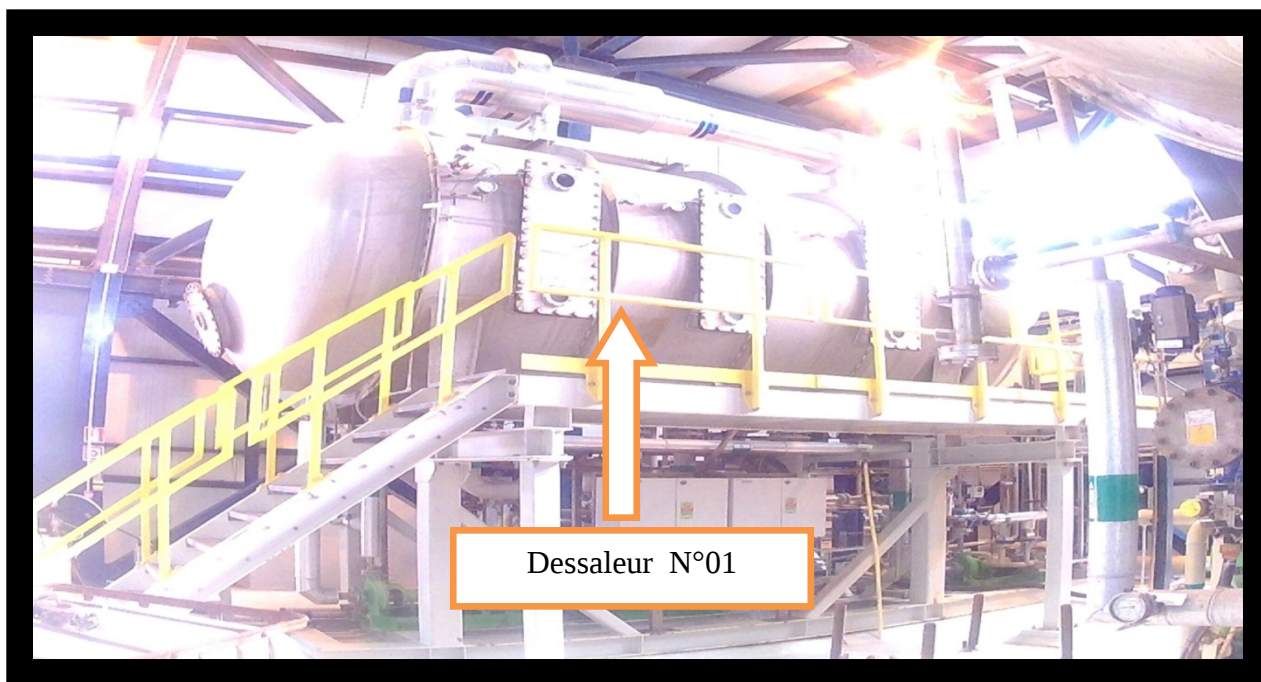
Les unités sont préfabriquées en usine chez le constructeur et installées sur le site l'une à côté de l'autre dans un bâtiment en charpente métallique fermé par bardage.

Un collecteur commun rejettera la saumure vers le canal de rejet.

L'eau dessalée produite sera stockée dans deux réservoirs atmosphériques d'une capacité de 3000x2 m³ chacun.

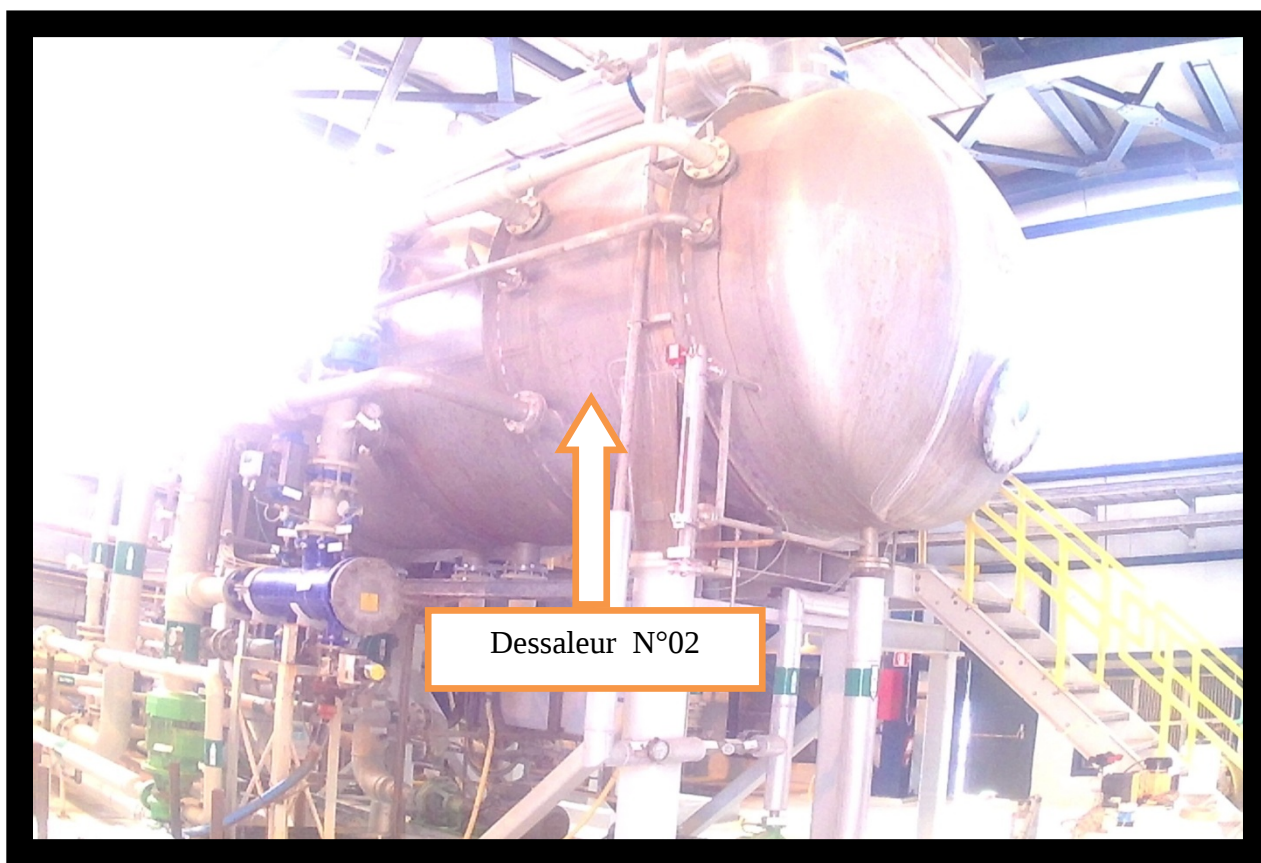
La fonction du système de dessalement est d'obtenir de l'eau dessalée utilisée comme :

- Eau de service,
- Eau pour la lutte d'incendie,
- eau de déminéralisation.



Dessaleur N°01

Fig 1.17-A : dessaleur 1



Dessaleur N°02

Fig 1.17 -B : Dessaleur N°2

- **Eau de service**

L'eau utilisée pour l'eau de service est l'eau dessalée.

L'eau de service sera utilisée pour:

- Les opérations de lavage et d'entretien des installations;
- L'alimentation du système de protection incendie;

On a prévu un bac de stockage de capacité suffisante à assurer tous les besoins de la centrale et un réseau de distribution pour l'alimentation des différentes stations de flexibles dont l'alimentation est assurée par deux (02) pompes qui travaillent par intermittence.



Fig 1.18 : bache de stockage d'eau de service

- **Eau déminéralisée**

La fonction du système de déminéralisation est d'améliorer la qualité de l'eau obtenue dans

L'installation de dessalement (MED), jusqu'à obtenir la qualité d'eau déminéralisée exigée pour la chaudière et la turbine à vapeur.

L'installation de déminéralisation consiste en deux échangeurs de lit mixte, qui produisent chacun 21 m³/h d'eau déminéralisée (valeur moyenne mensuelle).

Le processus de fonctionnement contient les phases suivantes :

- Régime normal, pendant lequel le contenu salin de l'eau est éliminé,
- Séparation des lits de résine (résine cationique et anionique),
- Régénération puis mélange des lits de résine

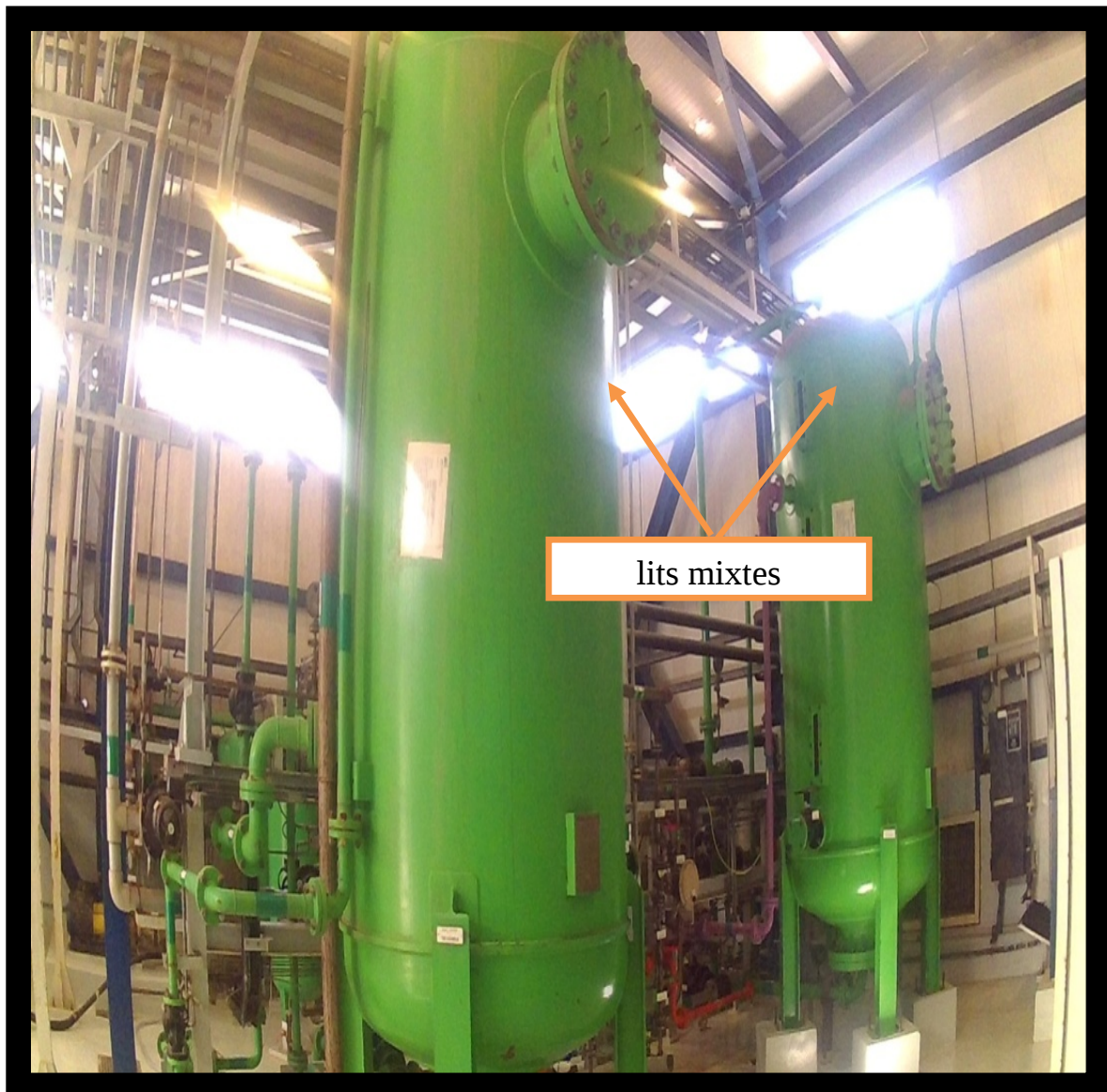


Fig 1.19 : lit mixtes 1 et 2

- **Eau potable**

L'eau potable est distribuée aux différents consommateurs via un réseau de distribution en acier galvanisé alimenté par deux sources différentes :

- La première source sera l'aqueduc municipal.
- La seconde source sera une partie de l'eau dessalée qui aura été prélevé du réservoir d'eau dessalée.



Fig 1.20 : production d'eau potable

3.4 Système de refroidissement de la centrale

Le système d'eau de circulation a été conçu pour réaliser les fonctions suivantes :

- Refroidir les trois condenseurs des trois tranches de la centrale.
- Fournir l'eau de circulation eau de mer traitée (eau de circulation) aux système de refroidissement des composants des machines nécessitants refroidissement , au moyen du circuit de refroidissement ouvert.
- Permettre le refroidissement de secours des refroidisseurs d'huile de graissage.
- Servir de moyen de transport aux balles circulantes faisant partie du système de nettoyage des tubes du condenseur.
- Fournir l'eau de mer au poste d'électro chloration et au poste de dessalement.

3.5 Système de drainage

Les fonctions du système de drainage sont les suivantes :

- Conduire les effluents huileux vers un séparateur à coalescence puis vers le bassin d'homogénéisation,
- Conduire les effluents non huileux vers le bassin d'homogénéisation,
- Conduire les eaux météoritiques vers la mer,
- Conduire les eaux saumâtres de l'unité de dessalement vers la mer,
- Collecter séparément les eaux de lavage des turbines à gaz.



Fig 1.21 : Collecter séparément les eaux de lavage des turbines à gaz

3.6 Traitement des eaux de rejet

Les eaux usées industrielles huileuses seront traitées dans un séparateur lamellaire coalescent, pour atteindre la valeur limite de déversement exigée, avant de les envoyer au système de traitement d'eaux usées. Ce type de séparateurs atteint 5 mg/l d'huile dans l'effluent déversé. Les courants d'eaux usées restants, ou eaux usées industrielles propres seront déversées directement au système de traitement d'eaux usées. Les traitements suivants sont prévus:

- Traitement des eaux sanitaires;
- L'évacuation du système de déminéralisation d'eau.
- Déshuilage des eaux ;
- Neutralisation des eaux acides.

Avant leur évacuation à la mer, les différents rejets doivent impérativement être rendus conformes à la réglementation en vigueur.



Fig 1.22 : canal de rejet

3.7 Système de traitement des eaux usées

Les systèmes de traitement d'eaux usées consistent en deux bassins d'homogénéisation de 500 m³ chacun, pourvus de sondes de niveau, où l'acide et la soude caustique sont dosés, pour ajuster le niveau pH à environ 8 (6-9). Un pH-mètre dans la fosse d'homogénéisation contrôle le dosage de soude caustique et de l'acide. Un deuxième pH-mètre au niveau des pompes de décharge contrôle la réinjection des eaux usées au bassin, au cas où ce pH est hors de la gamme de pH.

Un système d'insufflation d'air fournit le bassin, pour l'homogénéisation des eaux usées. Ce système est composé de trois soufflantes (2 x 100 %), une pour chaque bassin et une troisième de réserve) et une grille de distribution d'air, composée de tubes perforés.

Les bassins d'homogénéisation d'eaux usées, d'un volume de 500 m³ chacun, recueillent également les drainages huileux et non-huileux de la centrale. Les drainages arrivent au bassin

par plusieurs tuyaux de drainages non huileux depuis le bâtiment de traitement des eaux de la centrale et depuis le reste de l'installation. Les effluents arrivent aux bassins par gravité.

Après traitement les effluents traités seront en accord avec la réglementation en vigueur et seront rejeté dans le milieu marin.



Fig 1.23 : traitement des eaux usées

4 conclusion

Dans le présent chapitre, on a décrit brièvement la centrale électrique de **Sharikat Kahraba Eddraouch** et ses grands systèmes. Dans le chapitre suivant, on va définir le dessalement et les différentes techniques utilisées.

1 Introduction

la centrale électrique **Sharikat Kahraba Eddraouch "SKD"** est parmi les plus importantes réalisations industrielles de la chaîne de production d'électricité, la centrale fait partie d'un partenariat entre l'entreprise Sonatrach (49%) et l'entreprise Sonelgaz (51%), Elle couvre une superficie de 42,5 hectares, elle a été conçue pour produire de l'électricité d'une capacité de 1200 MW et ainsi subvenir aux besoins du pays en électricité.

Parmi les différentes stations de la centrale, SKD a engagé de mettre le procédé de dessalement d'eau de mer au sein de la centrale pour les besoins permanents de l'eau dessalée qui consiste à alimenter les trois unités (chaudières de récupération), station de production d'hydrogène, système de refroidissement auxiliaire, système de traitement de gaz d'huile, GIS, turbine à gaz, ...etc, avec de l'eau déminée (bien sûr après un procédé de traitement de déminéralisation).

Il y a plusieurs techniques de dessalement dans le monde industriel, comme le procédé multi flash, multiples effets et les procédés membranaires.

2 Les techniques de dessalement

2.1 : Procédé Flash (MSF) :

Cette technologie est apparue en 1960 pour faire face aux problèmes d'entartrage que connaissaient les procédés de distillation à multiples effets.

L'eau salée est introduite à T_0 et serpente à travers les différentes chambres en condensant de la vapeur au passage. Elle passe ensuite dans un réchauffeur où elle atteint T_{max} puis elle est introduite dans le bas des chambres où elle se vaporise puis se condense sur le serpentin. L'eau condensée est récupérée alors que la saumure est évacuée, (figure 2.1). (cf réchauffage avec centrale thermique ou nucléaire)

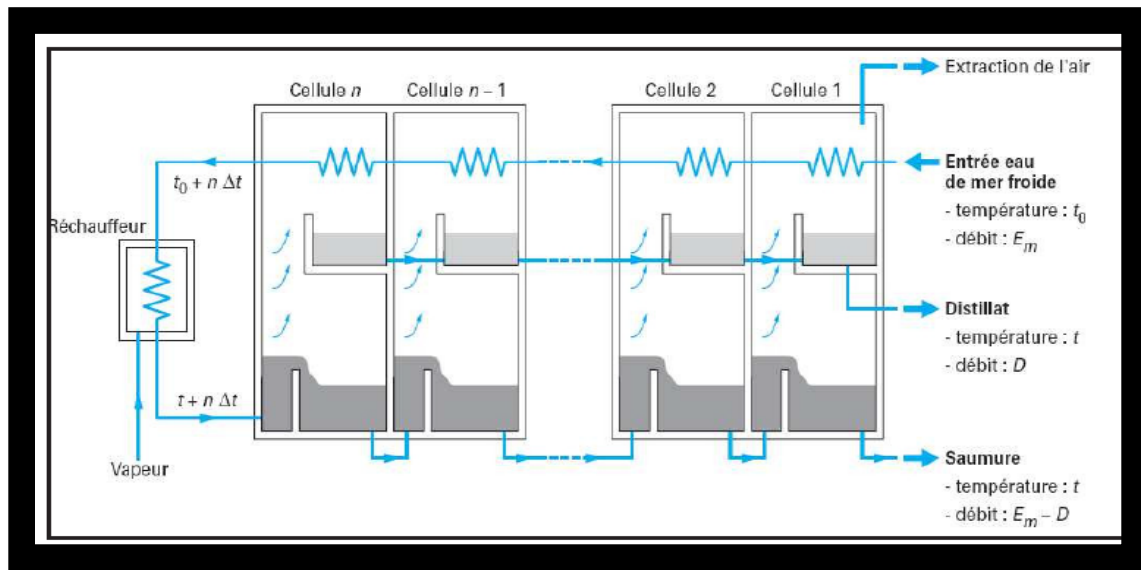


Fig 2.1 : schéma distillateur par détente successives

Tableau 1: caractéristique d'un distillateur MSF

Capacité typique/ coût correspondant	25 000 m ³ /jour / 0.88€/ m ³
Capacité maximale en service	880 000 m ³ /j (Shoaiba 3, Arabie saoudite)

2.2 Procédé multiples effets (MED) :

L'évaporateur MED est constitué de plusieurs cellules simples consécutives, dans lesquelles on diminue la pression et la température du premier (chaud) au dernier (le froid). Chaque cellule (aussi appelé effet) contient un faisceau de tubes. Le sommet du faisceau est arrosé avec l'eau de mer qui coule autour des tubes par gravité.

La chaleur cédée lors de la condensation réchauffe l'eau de mer à l'extérieur des tubes qui s'évapore en partie. Après l'évaporation, l'eau de mer se concentre en donnant de la saumure au fond de la cellule.

La vapeur créée par l'évaporation de l'eau de mer est utilisée comme moyen de chauffage pour l'effet suivant où le processus se répète.

Dans la dernière cellule, la vapeur produite se condense dans un échangeur thermique. Cet échangeur, est rafraîchi par l'eau de mer.

À la sortie du condenseur final, la partie de l'eau de mer réchauffée est utilisée pour alimenter l'unité, l'autre partie est rejetée à la mer. La saumure et le distillat sont collectés dans chaque cellule d'où ils sont extraits par des pompes centrifuges.

Cette solution apporte une amélioration du rendement par rapport à la première, (figure 2.2).

Une amélioration significative de l'efficacité du système est apportée par la 'compression de vapeur' (MED-TVC) (Danis P., 2003) .

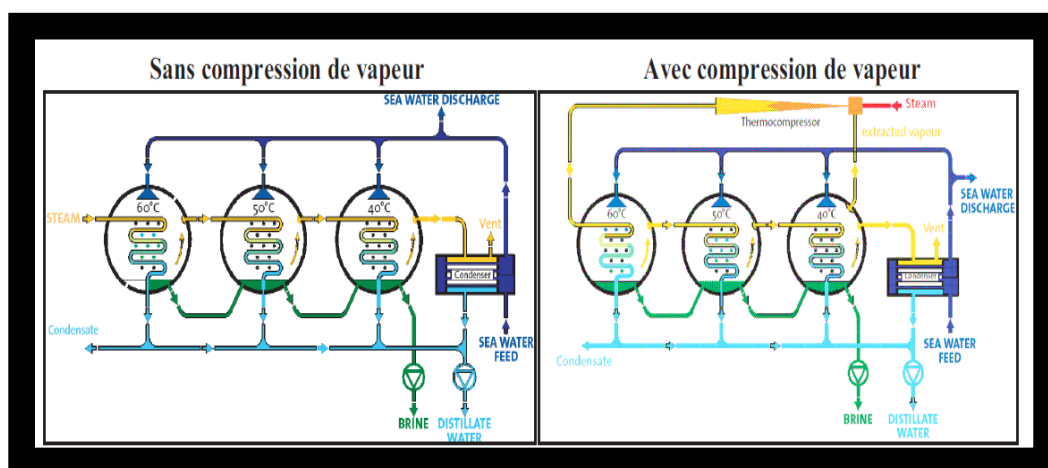


Fig 2.2 : schéma distillateur à effets multiples

Tableau 2: caractéristique d'un distillateur MED

Capacité typique/ coût correspondant	10 000 m ³ /jour / 0.64€/ m ³
Capacité maximale en service	272 520 m ³ /j (Al Hid 2, Arabiesaoudite)

2.3 Procèdes membranaires :

2.3.1 Electrodialyse (ED) :

Le principe de fonctionnement est représenté schématiquement sur la figure (2.3). Les deux compartiments sont alimentés avec une solution saline MX (M^+ , X^-) de concentration C_0 . Sous l'effet du courant, les cations M^+ , qui migrent vers la cathode, traversent les MEC et sont stoppés par les MEA. De la même manière, les anions X^- , qui migrent vers l'anode, traversent les MEA et sont stoppés par les MEC.

On obtient ainsi, en sortie d'empilement, deux solutions : une solution MX « déminéralisée », appelée diluât, dont la concentration est inférieure à la concentration d'entrée, et une solution MX « concentrée », appelée concentrât, dont la concentration est supérieure à la concentration d'entrée.

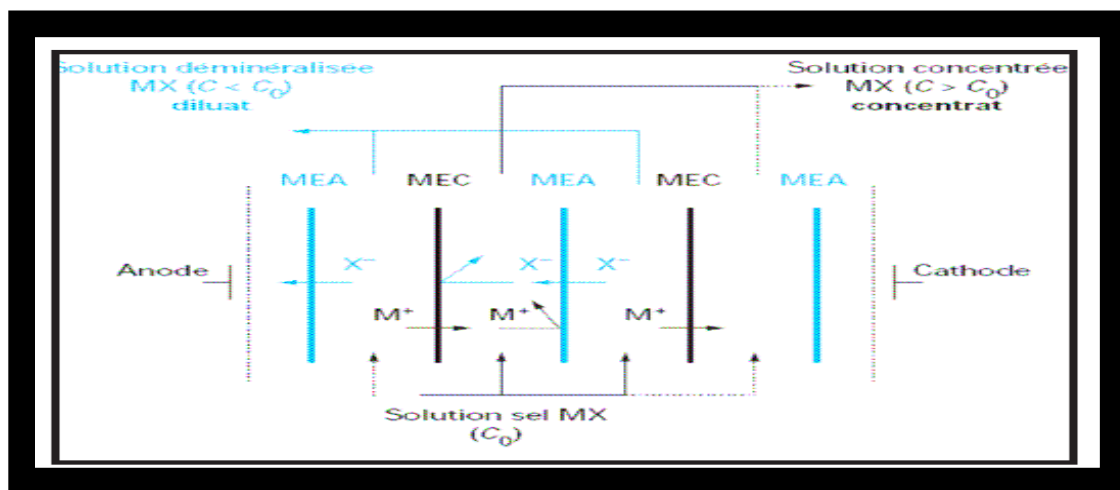


Fig 2.3 : Schéma d'un électrodialyseur

Tableau 3 : caractéristique d'une électrodialyse

Capacité typique/ coût correspondant	3 000 m ³ /jour / 0.56€/ m ³
Capacité maximale en service	80 00 m ³ /j (Azzawiya, Libye)

2.3.2 Osmose inverse (OI) :

CHAPITRE 02 : Les différentes techniques de dessalement de l'eau de mer et le procédé utilisé dans la centrale

Il existe différentes techniques de filtration de l'eau (filtration conventionnelle, microfiltration, ultrafiltration, nano filtration, osmose inverse) selon le domaine d'utilisation. Ces techniques se différencient principalement par la taille des particules qu'elles arrêtent. Le cas extrême est l'osmose inverse qu'on détaillera dans le chapitre 3 .

3 Procédé de dessalement utilisé à la centrale SKD :

3.1 Introduction

La section de dessalement dans le site industriel SKD comprend le procédé d'évaporation par distillation à multiple effet. Cette technique représente des avantages, puisque elle utilise une grande quantité volumique d'eau, et que cette eau est disponible (eau de mer) et se trouve à proximité de l'usine.

Mais Les procédés de dessalement d'eau de mer par évaporation affrontent des sérieux problèmes comme la dégradation de la pression de vide quelle influe sur la production de l'eau dessalée ainsi sur la qualité d'eau produite. Aussi l'eau de mer d'entrée contient de sable qui provoque la diminution de la surface des effets d'échange eau/vapeur du procédé, ce qui influe de son tour sur le rendement de l'unité (production) et la consommation dans la centrale qui exige une autonomie constante. **Sharikat Kahraba Eddraouch** a engagée de mettre le procédé de dessalement eau de mer au sein de la centrale pour les besoins permanent de l'eau dessalée qui consiste à mettre la performance des trois tranches et les utilités pour les diverses consommations.

La section de dessalement comprend un procédé thermique (distillation à multi effets MED) .

L'eau dessalée produite sera stockée dans deux réservoirs atmosphériques d'une capacité de $3000 \times 2 \text{ m}^3$ chacun.

3.2 Procède de dessalement par distillation à multi effet

L'installation comprend deux (2) unités de dessalement (figure 2.4), pour les trois (3) tranches de la centrale électrique fonctionnant en parallèle selon le principe de la distillation MED et produisant 35 m³/h d'eau dessalée.

Les unités sont préfabriquées en usine chez le constructeur et installées sur le site l'une à côté de l'autre dans un bâtiment en charpente métallique fermé par bardage.

Un collecteur commun rejettera la saumure vers le canal de rejet. [7]



Fig 2.4 : les deux dessaleurs

3.2.1. Principe de fonctionnement :

Ce système fait appel au principe d'évaporation/condensation de l'eau basé sur des plateaux d'échange de chaleur appelés évaporateurs multiples effets à plaques. L'eau de mer

CHAPITRE 02 : Les différentes techniques de dessalement de l'eau de mer et le procédé utilisé dans la centrale

pompée à un débit de $330 \text{ m}^3/\text{h}$ est préchauffée à une température d'environ 45°C dans un premier échangeur thermique appelé « *Cold End* ». Une partie de l'eau préchauffée est rejetée à la mer, après une forte dilution dans les eaux du système de refroidissement, alors que le reste est envoyé aux autres étages de l'unité de dessalement afin d'être évaporé. Alors que l'eau préchauffée coule en un film sur un plateau d'échange de chaleur, elle est chauffée et en partie évaporée par la chaleur provenant de la vapeur d'eau située de l'autre côté du plateau. La vapeur d'eau produite est alors envoyée dans le circuit parallèle servant de source de chaleur pour être condensée et produire ainsi de l'eau dessalée.

L'eau de mer ne s'étant pas évaporée correspond à une solution saumâtre chaude dont le débit est de $299 \text{ m}^3/\text{h}$. Cette saumure est rejetée à la mer, après mélange avec l'eau de mer préchauffée, à travers le circuit ouvert du système de refroidissement dont le débit est d'environ $100\,000 \text{ m}^3/\text{h}$. La salinité du rejet n'est donc pas affectée et correspond donc à la salinité de l'eau de mer.

En mode normal de production, $35 \text{ m}^3/\text{h}$ d'eau distillée sont produits par le système de dessalement. [7]

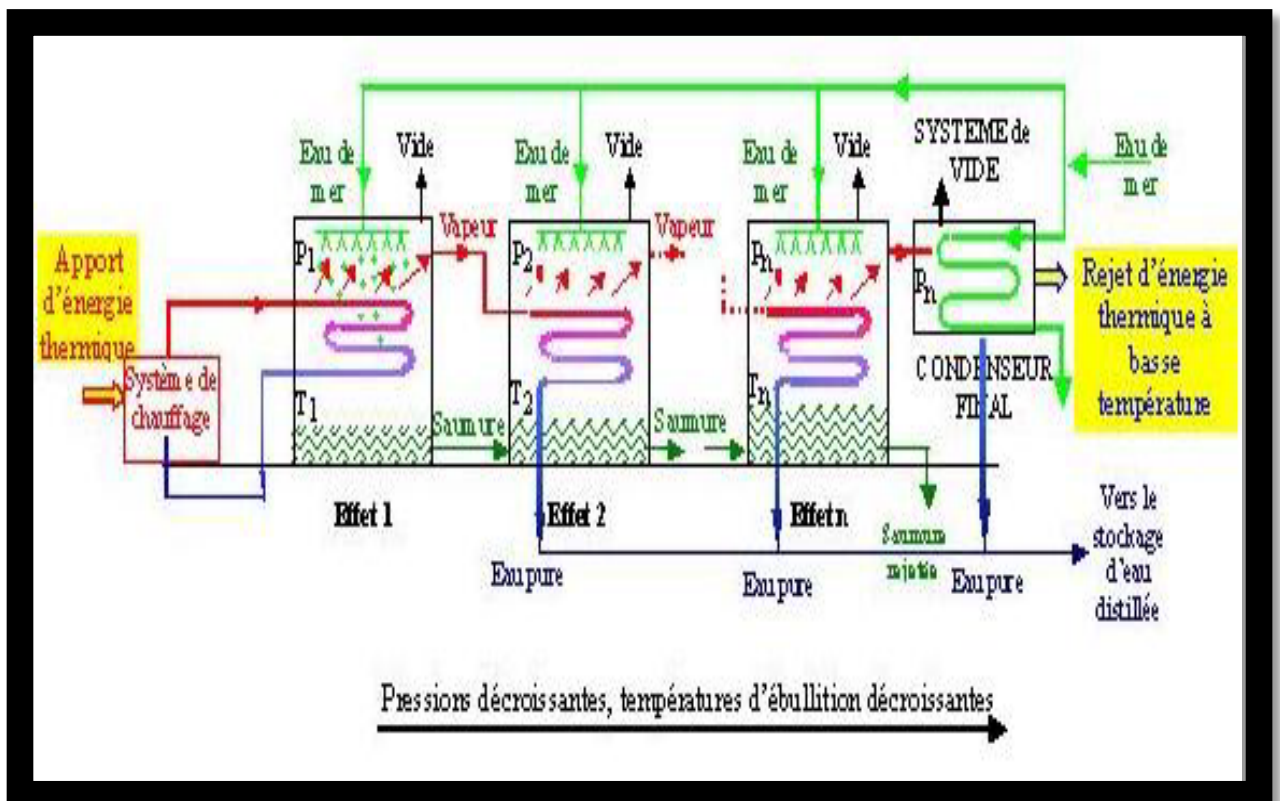


Fig 2.5: Schéma de principe de fonctionnement d'une unité de dessalement à évaporateurs multiple effet à plaques.

3.2.2 Les Fonctions de poste de dessalement

Le processus de fonctionnement du poste de dessalement peut se diviser en plusieurs sous-processus :

- Circuit d'eau d'alimentation/d'eau de mer.
- Circuit de vapeur motrice.
- Circuit de condensat.
- Circuit d'eau distillée.
- Circuit de saumure.
- Système du vide.

Les sous-processus mentionnés ci-dessus sont décrits ci-après.

3.3 Circuit d'eau d'alimentation (eau de mer)

L'eau de mer (d'alimentation) fournie à la station de dessalement, après la déchloration, est filtrée et dépourvue de toutes ses substances nuisibles telles que particules d'huile en suspension, composants toxiques, sable, etc., normalement non présents dans l'eau de mer normale. La déchloration est obtenue en injectant du bisulfite de sodium dans le flux d'alimentation pour éliminer l'excès de chlore dû au dosage choc de chlore dans l'eau de mer.



Fig 2.6 : Deux filtres autonettoyants à l'entrée du poste de dessalement

L'eau de mer entre dans la limite du système en un seul courant qui se divise ensuite en cinq courants :

- Un pour le refroidisseur d'eau distillée
- Un pour le refroidisseur de condensat
- Un pour le refroidisseur de saumure
- Un vers la pompe de l'éjecteur du vide
- Le dernier flux parcourt le condenseur final, partie intégrante de la cuve de l'évaporateur.

Une portion constante de l'eau de mer est utilisée comme eau d'alimentation pour être évaporée et est prise de la sortie du condenseur en utilisant la chaleur de la condensation dans le condenseur. La partie d'eau d'alimentation est maintenue constante afin de conserver le

CHAPITRE 02 : Les différentes techniques de dessalement de l'eau de mer et le procédé utilisé dans la centrale

facteur de concentration de la saumure dans l'évaporateur à la valeur de consigne. La majeure partie de l'eau de mer - après n'avoir été utilisée que pour le refroidissement - est déversée en aval de la sortie du condenseur et renvoyée à la sortie de l'eau de mer à la limite du système.

La vanne de régulation de la température maintient une température constante dans le condenseur et détermine par conséquent le débit d'eau d'alimentation.

Après une déchloration au bisulfite de sodium, une pré filtration et un dosage de l'anti-tarte de l'eau d'alimentation est réalisé. Puis elle est déviée successivement vers les trois modes d'évaporation.

Dans chacun de ces effets, l'eau d'alimentation est distribuée uniformément sur les surfaces des condenseurs/évaporateurs à plaques. L'eau d'alimentation s'écoule ensuite longitudinalement, conformément au principe du flot tombant, en maintenant toujours un film homogène sur les surfaces des plaques.

Les plaques sont chauffées d'un côté, par les vapeurs de condensation. La chaleur de condensation libérée est transportée - conduite par une certaine différence de température effective et provoque l'évaporation partielle du film liquide du côté de l'eau de mer des plaques. Étant donné que le débit de chaleur est très bas, l'évaporation se produit sur la surface du film liquide seulement, sans formation de bulles de vapeur à l'intérieur du film liquide. Ceci réduit le risque de formation de tartre dû aux dépôts secs locaux et, par conséquent, la précipitation thermique locale pour la formation de tartre est réduite à un minimum et la quantité d'agents antitartre à injecter peut être réduite.

La vapeur s'étant formée dans les cavitations d'évaporation quitte les plaques grâce à l'ouverture des colonnes des plaques. Elle passe ensuite par une déshumidification au moyen de déshumidificateurs intégrés dans la cuve de l'évaporateur afin de séparer les éclaboussures d'eau de mer provoquées. La vapeur propre est transportée par des conduites internes d'un mode à un autre.

Le poste utilise un processus à 3 effets avec une recompression de la vapeur thermique. La vapeur produite dans l'effet 1 réchauffe l'effet 2 et la vapeur produite dans l'effet 2 réchauffe l'effet 3 et la vapeur produite dans le mode 3 est envoyée au condenseur final. [8]

3.3.1 Circuit de vapeur motrice

Le poste est équipé d'un thermo-compresseur à vapeur motrice, pour l'aspiration de la cuve de l'évaporateur, juste après que la vapeur d'aspiration de l'évaporateur ait été récompensée et mélangée avec la vapeur motrice, le mélange est surchauffé. La température est plus élevée que la température d'évaporation correspondant à la pression agissante. Pour saturer ce mélange de vapeur, la vapeur condensée et la vapeur de la chambre de condensat de l'évaporateur est pompée par la pompe de condensat vers le thermo-compresseur et envoyée au débit de vapeur, réduisant ainsi la température grâce à l'évaporation de l'eau pulvérisée dans le flux de vapeur.

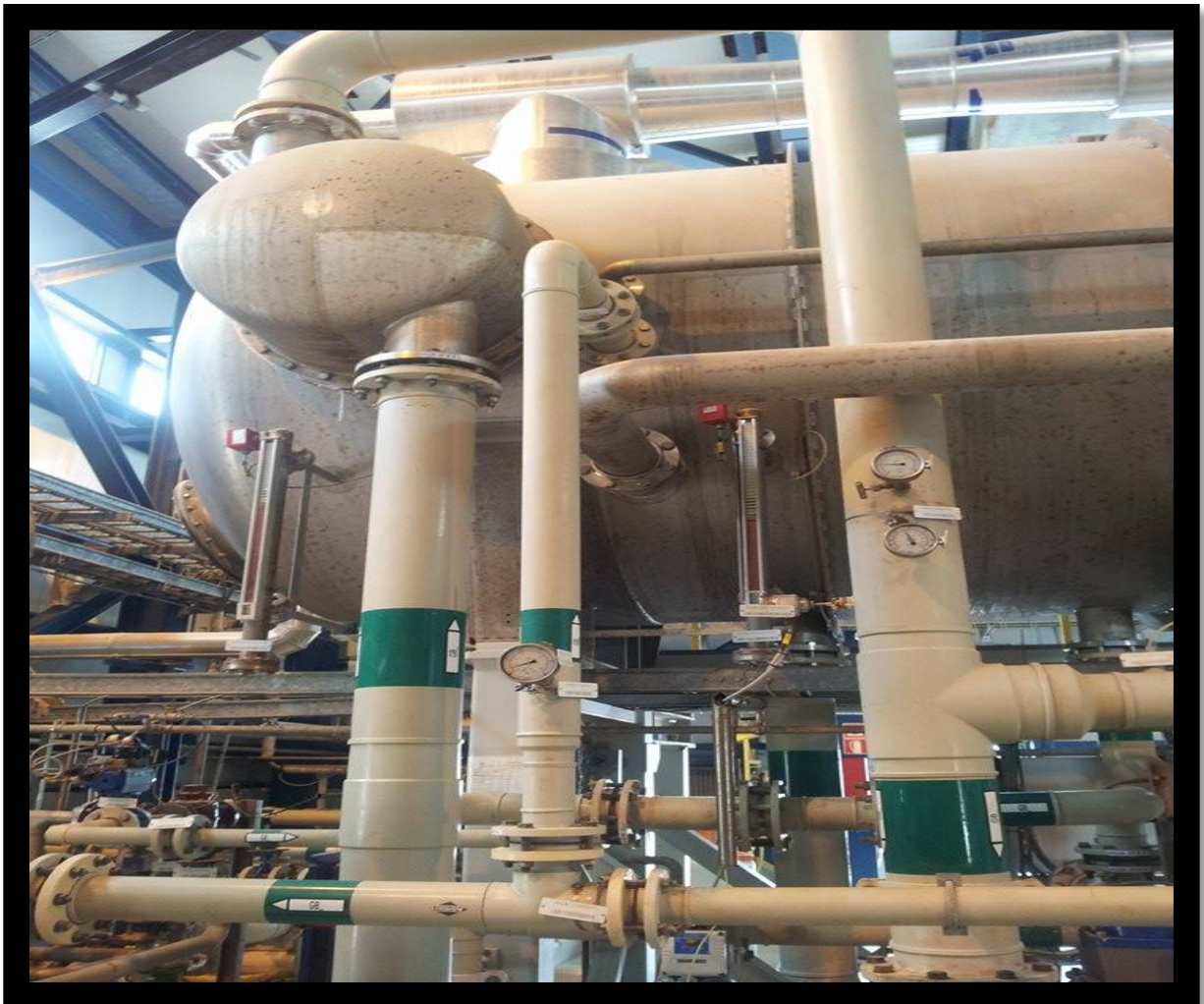


Fig 2.7 : circuit de vapeur motrice

3.3.2 Circuit de condensat

La pompe de condensat refoule le condensat produit non utilisé pour la saturation de la vapeur motrice. Le refoulement de cette eau est dirigé dans le refroidisseur de condensat à la limite du système.

Une régulation assure un niveau de condensat constant dans la chambre de condensat de l'évaporateur grâce à la régulation du débit en ajustant la vanne de contrôle et, si nécessaire, en démarrant et arrêtant la pompe d'extraction . [8]

3.3.3 Circuit d'eau distillée

La pompe d'eau refoule l'eau distillée produite. Cette eau est dirigée vers le refroidisseur d'eau distillée avant de quitter le système à la limite de celui-ci. Une régulation de niveau assure un niveau d'eau distillée constant dans l'évaporateur grâce en ajustant la vanne de contrôle et, si nécessaire, en démarrant et arrêtant la pompe d'eau distillée.

La production d'eau distillée du poste de dessalement est réglée en manipulant la pression de vapeur via la vanne de contrôle de pression vers le thermo-compresseur .À charge partielle, la vanne réduit le débit de vapeur motrice. Étant donné la vapeur motrice réduite et le débit de vapeur d'aspiration, la température et la pression des effets chutent, provoquant ainsi la baisse de production d'eau distillée. [8]

3.3.4 Circuit de saumure

L'évaporation du film d'eau de mer sur la surface des plaques de l'échangeur thermique fait augmenter la salinité et entraîne la formation de saumure, qui est ensuite collectée dans la partie inférieure des sections de la cuve. La saumure concentrée parcourt les conduites siphon d'un effet à l'autre et est finalement collectée dans l'effet 3.

Pour faire diminuer la température de la saumure, un refroidisseur de saumure est installé. L'eau de mer d'arrivée est utilisée en guise de réfrigérant afin que la saumure de l'effet n'atteigne pas une température trop élevée.

La pompe de saumure refoule la saumure de l'effet 3 vers le refroidisseur de saumure et la dirige à la sortie d'eau de mer à la limite du système. La vanne de régulation de niveau garantit un niveau de saumure constant dans la chambre à saumure finale de l'évaporateur en

régulant le débit avec la vanne de contrôle et, si nécessaire, en démarrant et arrêtant la pompe de saumure.

3.3.5 Circuit d'extraction d'air

Les gaz non condensables, entraînés par l'eau d'alimentation, sont libérés par l'eau d'alimentation des évaporateurs. Pour l'évacuation de ces gaz non condensables, le poste de dessalement est pourvu d'un éjecteur à vide.

Ces gaz sont aspirés des effets vers une tuyauterie principale et conduits vers le condenseur final pour être sous-refroidis. Ces gaz sous-refroidis ainsi que les gaz non condensables du condenseur final sont évacués par le système de vide jusqu'à la sortie de l'eau de mer.

Tableau 4 : Données techniques du système et des équipements principaux

Données techniques du système et des équipements principaux				
		données de calcul	condition de fonctionnement	
circuit d'eau d'alimentation	pression	6	0,8	
	température	100	14	
circuit de vapeur motrice	pression	10	7	
	température	200	180	
circuit de condensat			avant l'échangeur	après l'échangeur
	pression	6	3	2,5
	température	100	76,4	35
circuit d'eau distillée	pression	6	3	2,5
	température	100	53,9	35
circuit de saumure	pression	6	1,1	0,6
	température	100	5,5	32,5



Fig 2.8: Réservoirs eau dessalée

4. L'importance de l'eau dessalée dans la centrale

La production de l'eau dessalée après le stockage (figure 2.8) est acheminée directement vers les différents traitements de filtration du procédé de déminéralisation.

L'unité déminéralisation qui compose de deux lits mixtes séparés. L'eau déminée produite est de conductivité inférieure à 10 μ S/cm.

Tableau 5 : Caractéristiques de l'eau dessalée

Paramètre	Valeur
Débit unitaire	35 m ³ /h
TDS	10mg/h
Conductivité	18 μ S/cm
Température maximale	42°C
Pression de conception	4 bar
Ph	6.8-7.2
Silice	20ppb

5. Conclusion

Dans ce chapitre on a donné les importants procédés de dessalement et le procédé utilisé dans la centrale SKD détaillée depuis l'entrée de l'eau de mer jusqu'à le produits finale de l'eau dessalée.

Dans la dernière partie on a donné l'importance de l'eau dessalée dans la centrale.

1. PROBLEMATIQUE

Problèmes rencontrés au niveau du procédé utilisé :

L'eau de mer : La qualité de l'eau de mer varie selon la saison, en raison des écarts importants de la température ambiante. Les conditions d'admission de l'eau de mer influent également sur la qualité de l'eau.

Ceci entraîne une présence des solides et une turbidité plus en moins importante de l'eau d'alimentation qui résultent en un indice de colmatage relativement élevé.

Le procédé utilisé actuellement (multiples effets) pose beaucoup de problèmes qui sont les problèmes de dépôts de sels entraînant l'encrassement des équipements, les colmatages dues à la présence d'algues, de matières organiques, des colloïdes. Ces problèmes engendrent plusieurs arrêts pour le nettoyage. L'usure des équipements à cause de l'agressivité de l'eau de mer causant aussi différents phénomènes de corrosion. Pour cela l'entreprise a envisagé de changer le procédé par un autre qui est le dessalement par osmose inverse. Il m'en a proposé d'étudier et d'envisager un prétraitement de l'eau de mer pour préserver la nouvelle unité d'osmose inverse et de préconiser les doses nécessaires des différents réactifs utilisés ainsi que le réglage des pompes doseuses ...etc.

2. Procédé de dessalement par osmose inverse

2.1 Introduction à l'osmose inverse

Si l'on considère 2 solutions de concentrations salines différentes séparées par une membrane. L'eau migre spontanément de la solution diluée à la solution la plus concentrée. Si l'on applique une pression supérieure à la pression osmotique (pression d'équilibre) le solvant va migrer de la solution concentrée à la solution diluée c'est l'osmose inverse, (figure 3.1) .[9]

La pression osmotique Π est donnée par :

$$\Pi.V = n.R.T \longrightarrow \Pi = i.C.R.T$$

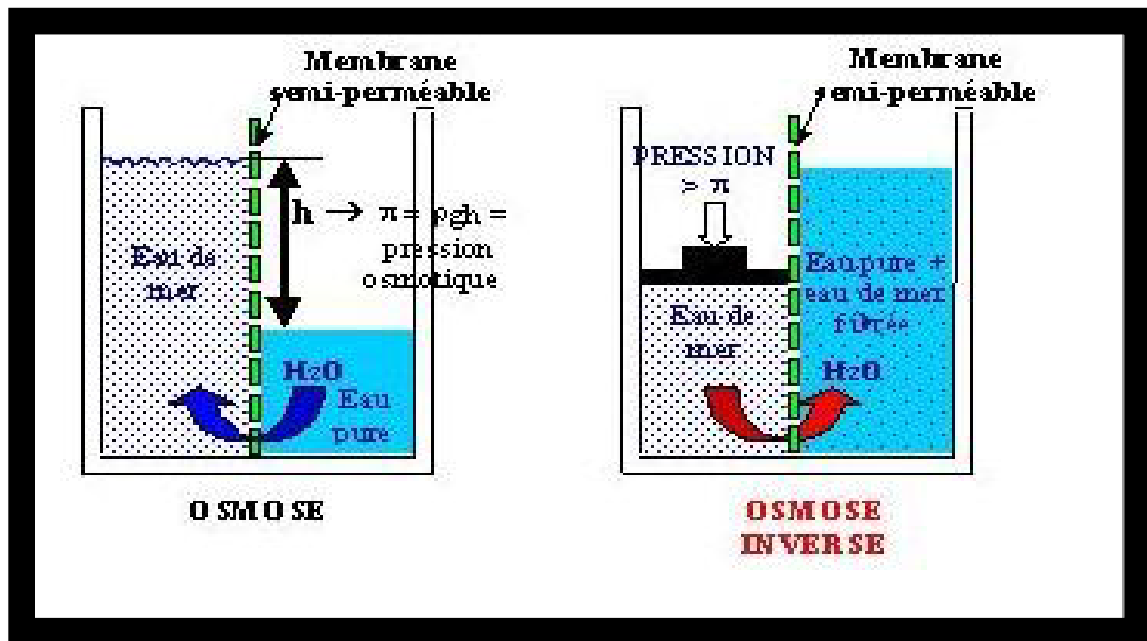
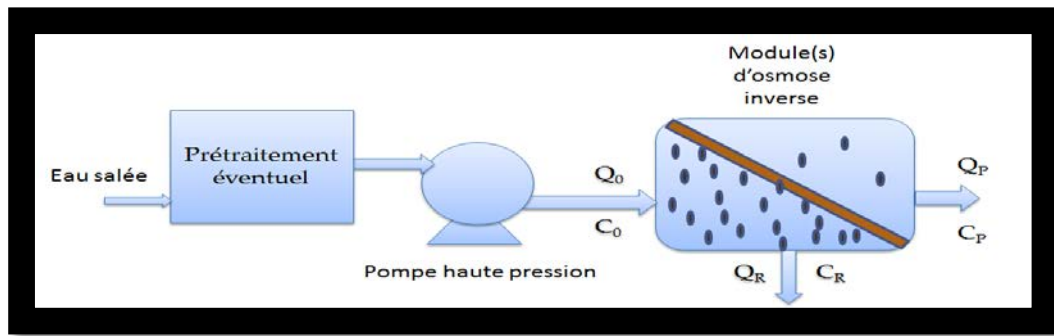


Fig 3.1 : Schéma d'une osmose inverse

- **Schéma général d'une installation d'osmose inverse**
- Les principaux constituants d'une installation d'osmose inverse sont les suivants :
 - membrane proprement dite
 - le module
 - la pompe haute pression
 - le poste de pré traitement
- L'écoulement du fluide sur la membrane est **continu et tangentiel**.



(Q_0): débit d'entrée

(Q_p): débit passé à travers la membrane ou perméat

(Q_R): concentrât ou retentât

- C_0 : concentration initiale de l'eau d'alimentation, mg/L ou en ppm
- C_R : concentration du concentrât, mg/L, ou en ppm
- C_p : concentration du perméat, en mg/L, ou en ppm

2.2 Caractéristiques générales d'un osmoseur

Il y a 3 caractéristiques principales que l'on retrouve sur tous les osmoseurs :

- Le taux de production (vision quantitative)
- Le taux de conversion (rendement) : $Y = (Q_p / Q_0) \cdot 100$
- Le taux de rejet (vision qualitative) : $TR = (C_0 - C_p) / C_0$
- Le facteur de concentration $F_c = C_R / C_0$

Les paramètres principaux qui vont jouer sur le réglage maximum du taux de conversion sont :

- La salinité de l'eau d'appoint et la composition de cette salinité, le risque de former des précipités)
- L'indice de colmatage de l'eau d'appoint (SDI ou fouling index)
La température joue sur la performance de la membrane

- La qualité d'eau produite à garantir Plus le taux de conversion est élevé plus la qualité du perméat est mauvaise
- Le choix du prétraitement Permet de s'affranchir de nombreux facteurs limitant

2.3 Membranes disponibles

En fonction des applications, les différents types de membranes disponibles seront sélectionnés.

Les membranes disponibles actuellement pour l'eau de mer sont les suivantes :

- Membranes SW « Sea Water ». Elles sont utilisées sur des eaux de mer pouvant aller jusqu'à 32 000 mg/l. Elles peuvent travailler jusqu'à des pressions de 70 bar. Elles produisent une eau de meilleure qualité, mais ont des débits de production inférieurs à surface de membrane identique.
- Membrane SW30HR « Sea Water membranes High Rejection ». Elles sont utilisées aussi pour l'eau de mer. Le taux de rejet de ces membranes peut monter jusqu'à 99,7 %. Elles peuvent aussi travailler à 70 bars.

Désignation des membranes : les deux premiers chiffres de la désignation correspondent au diamètre, les deux derniers chiffres correspondent à la longueur.

Par exemple une TW30 2540 est une membrane de 2,5" de diamètre pour 40" de long.

Ceci est vrai pour les membranes de 4".

En ce qui concerne les membranes de 8", il est utilisé un nombre à 3 chiffres qui n'a aucun rapport ni avec la surface des membranes, ni avec le diamètre ou la longueur de la dite membrane.[10]

Tableau 6 : Valeurs indicatives de fonctionnement des différentes membranes disponibles.

	Surface M2	Pression Bar	Débit M3/J	Taux de Rejet %	TDS eau brute
Membranes 2,5"					
TW30-2540	2,6	15,5	3,2	99,5	2000
BW30-2540	2,6	15,5	3,2	99,5	2000
LP-2540	2,6	10,0	3,2	99,2	500
XLE-2540	2,6	9,6	3,2	99,0	500
SW30-2540	2,7	55,2	2,6	99,4	32 000
Membranes 4"					
TW30-4040	7,6	15,5	9,1	99,5	2 000
BW30-4040	7,6	15,5	9,1	99,5	2 000
BWLE-4040	7,6	10,3	8,7	99,2	2 000
LP-4040	8,1	10,0	10,2	99,2	500
XLE-4040	8,1	6,9	9,8	99,0	500
SW30-4040	7,4	55,2	7,4	99,4	32 000
Membranes 8"					
BW-330	30,7	15,5	28,4	99,5	2 000
BW-365	33,9	15,5	36,0	99,5	2 000
BW-400	37,2	15,5	39,7	99,5	2 000
BWLE-440	40,9	10,3	44,0	99,2	2 000
XLE-440	40,9	6,9	48,1	99,0	500

SW-380	35,3	55,2	23,0	99,7	32 000
SWHR-380	35,3	55,2	34,1	99,4	32 000

2.3.1 Matériaux membranaires

Les matériaux membranaires doivent avoir une résistance chimique, thermique et mécanique en accord avec le procédé et le fluide utilisé. Les matériaux doivent pouvoir être mis en forme facilement permettre la fabrication d'une membrane fine, résistante, sélectivité perméable. Deux grandes catégories existent : les membranes organiques ou polymères et les membranes minérales

.

2.3.1.1 Matériaux organiques :

Il s'agit de polymères d'origine synthétique ou naturelle, réticulés ou non. Les membranes de filtration en polymères représentent plus de 80 % du marché. D'une manière générale, les avantages reconnus des membranes en polymères sont :[10]

- une mise en œuvre aisée ;
- une disponibilité dans toutes les tailles de pores (de la microfiltration à l'osmose inverse) ;
- un faible coût de production.

Le principal défaut des membranes organiques est leur faible résistance thermique et chimique comparée à celle des membranes minérales. Les membranes en polymères fluorés (PTFE, PVDF...) sont les plus résistantes chimiquement. Ces deux derniers sont très utilisés. L'utilisation de ces polymères pour la fabrication de membranes est ancienne. Ils représentent une

Référence, notamment dans le domaine du traitement de l'eau, malgré leurs faibles résistances thermique et chimique.

● Avantages :

- grande perméabilité et grande sélectivité ;
- mise en œuvre aisée ;
- matériaux facilement disponibles et bon marché ;

- faible colmatage par adsorption, en particulier des protéines et des matières organiques naturelles ;
- bonne tolérance au chlore.

2.3.1.2 Polyamide :

Cette classe de polymères regroupe une grande variété de structures chimiques qui possèdent une liaison amide ou imide. Les polyamides sont principalement utilisés pour la fabrication des membranes composites de NF ou d'OI où ils forment la couche active. Des applications en nanofiltration / osmose inverse en milieu organique sont envisagées en utilisant des membranes à base de polyamide . [10]

● Avantages :

- excellente sélectivité aux sels ;
- stabilité chimique et thermique ;
- bonne résistance mécanique.

● Inconvénients :

- faible perméabilité, utilisée pour les membranes de NF et OI ;
- faible résistance aux oxydants, en particulier au chlore. Les membranes en polyamide sont sensibles au chlore suite à la dégradation des amines ;
- sensibilité au colmatage par adsorption, en particulier des protéines.

2.3.1.3 Polysulfones

Les polysulfones possèdent une liaison sulfone . Lapolysulfone et lapolyéthersulfone sont les plus couramment employées. Des polysulfones modifiées sont parfois utilisées, en particulier celles greffées sulfonates (groupements greffés sur les cyclesbenzéniques).

- **Avantage:**

— stabilité thermique : un fonctionnement en continu à 75-80 °C est possible. Certains modules peuvent être stérilisés à la vapeur saturée (121 °C pendant 20 min) ;

— bonne résistance chimique :

- Le pH d'utilisation en continu se situe entre 1 et 13. Les Ph extrêmes (0 et 14) peuvent être acceptés momentanément lors des Nettoyages,
- les membranes en polysulfone sont considérées comme résistantes au chlore.

Des études récentes ont cependant montré que le vieillissement chimique au chlore des membranes en polysulfone dépend du pH, le vieillissement est beaucoup plus prononcé à pH = 8 qu'à pH = 12 pour une même concentration en chlore libre total équivalente.

- **Inconvénients :**

— fort colmatage par adsorption, en particulier des protéines et des matières organiques naturelles.

Membrane composite : Elle sont de deux matières : Polysulfone et polyamide ,

2.4 Modules

La géométrie des membranes est souvent assimilée à la géométrie des modules. Ainsi, il est courant de parler de membrane plane, spiralée, tubulaire ou fibre creuse. En fait, il n'existe que deux géométries : les membranes planes et les membranes cylindriques .Nous décrirons cependant trois formes : les membranes planes ,tubulaires et fibres creuses. [10]

2.4.1 Module plane

La structure d'une membrane organique plane est décrite. Le support mécanique est constitué d'un non-tissé en polyester. La couche sélective étant déposée sur un support, la membrane

n'a donc pas de résistance mécanique lorsque la pression transmembranaire est appliquée. Elles ne sont donc utilisables que dans des modules plans de type filtre-presse.

2.4.2 Module tubulaire

Les membranes tubulaires ont une géométrie cylindrique avec un diamètre interne supérieur au centimètre. Il s'agit généralement de membranes minérales bien que des membranes organiques existent. Elles sont constituées d'un support poreux dans lequel circule le perméat sur lequel est déposée la couche active. Celle-ci est généralement située à la surface interne des canaux.

La couche active étant un simple dépôt.

2.4.3 Module en fibres creuses

Les membranes en fibres creuses sont uniquement fabriquées en matériau organique. Elles sont dites autosupportées (absence de support textile) et généralement composées d'un seul matériau, bien que des fibres creuses composites existent. L'alimentation se fera à l'intérieur de la fibre creuse et le perméat sera récupéré à l'extérieur de la fibre.

2.4.4 Module spirale

Les modules spiralés, (figure 33) sont constitués de plusieurs assemblages élémentaires enroulés en spirale. Comme pour les modules plans, les assemblages élémentaires comprennent un espaceur d'alimentation, une membrane, un espaceur de perméat et une deuxième membrane. L'étanchéité entre les différents compartiments est assurée par collage. Les membranes utilisées sont uniquement des membranes organiques qui sont suffisamment flexibles pour pouvoir être enroulées. L'alimentation se fait sur le côté du module au niveau des espaceurs d'alimentation. Le perméat est collecté dans les espaceurs- perméat et, en suivant une spirale, ressort par le tube de collecte. Le rétentat traverse le module par les espaceurs d'alimentation et ressort de l'autre côté du module. Pratiquement un module spiralé est constitué d'un ou plusieurs éléments. Ces éléments sont des petits modules spiralés. [10]

- **Avantages :**

- compacité élevée, de l'ordre de 300 à 1 000 m²/m³
- faible volume mort
- coût d'investissement relativement faible.

- **Inconvénients :**

- sensibilité au colmatage à cause de la présence d'espaceurs ;
- nécessité d'un prétraitement important ;
- difficile à nettoyer.

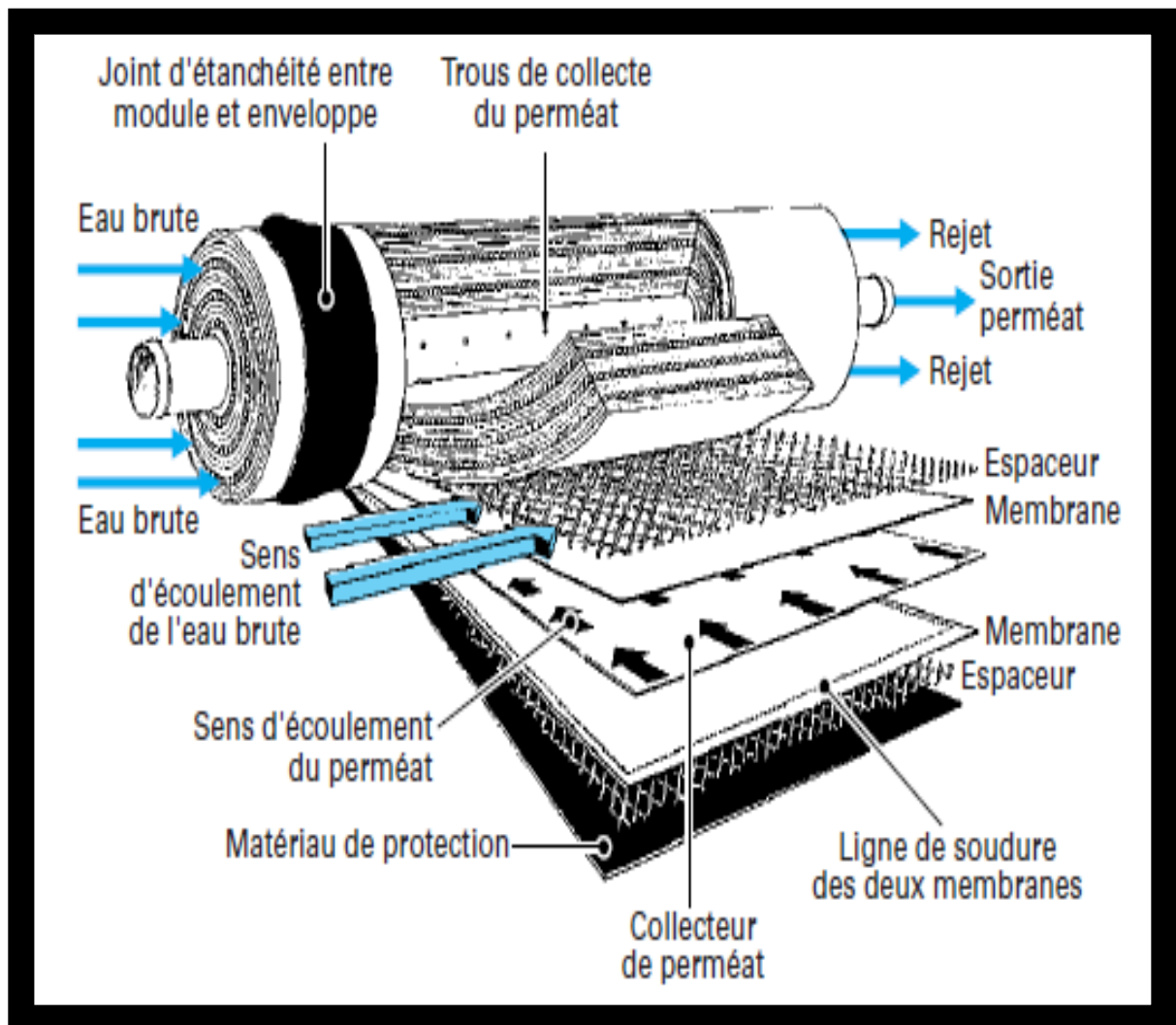
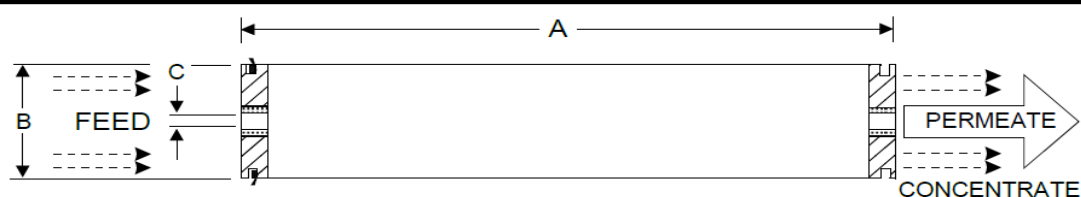
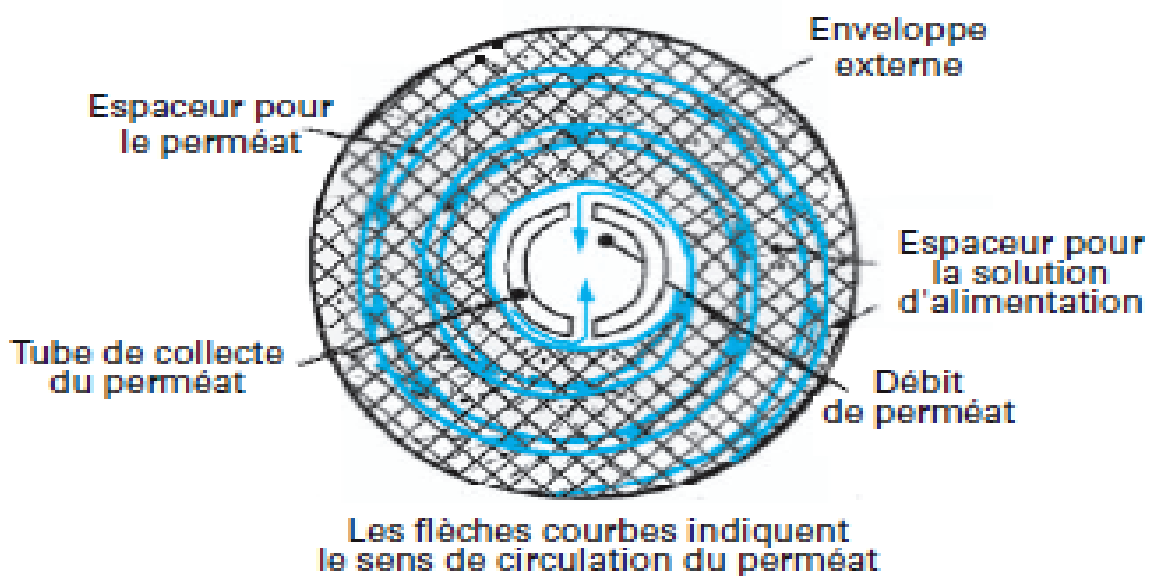
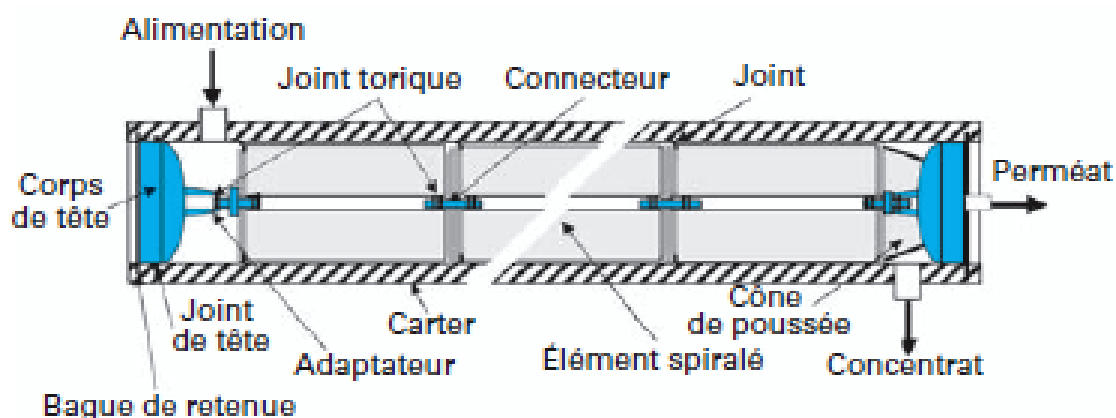


Fig 3.2 : module spiral



A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)	Weight, lbs. (kg)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)	36 (16.4)



(d) schéma d'assemblage d'élément spiralé au sein d'un module (d'après [23])

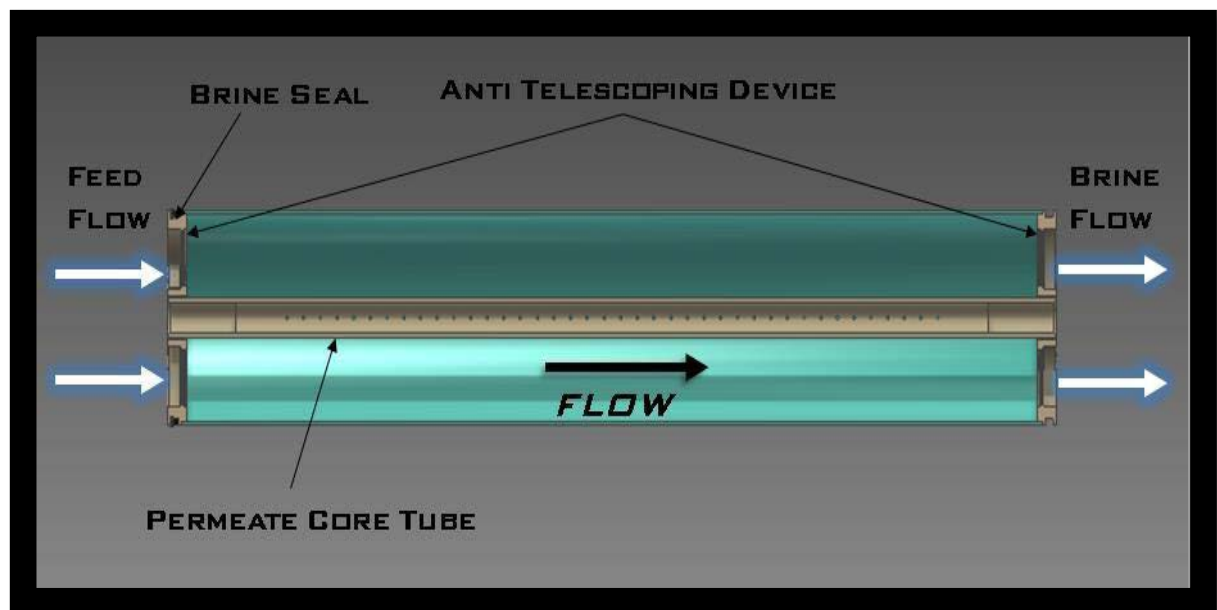
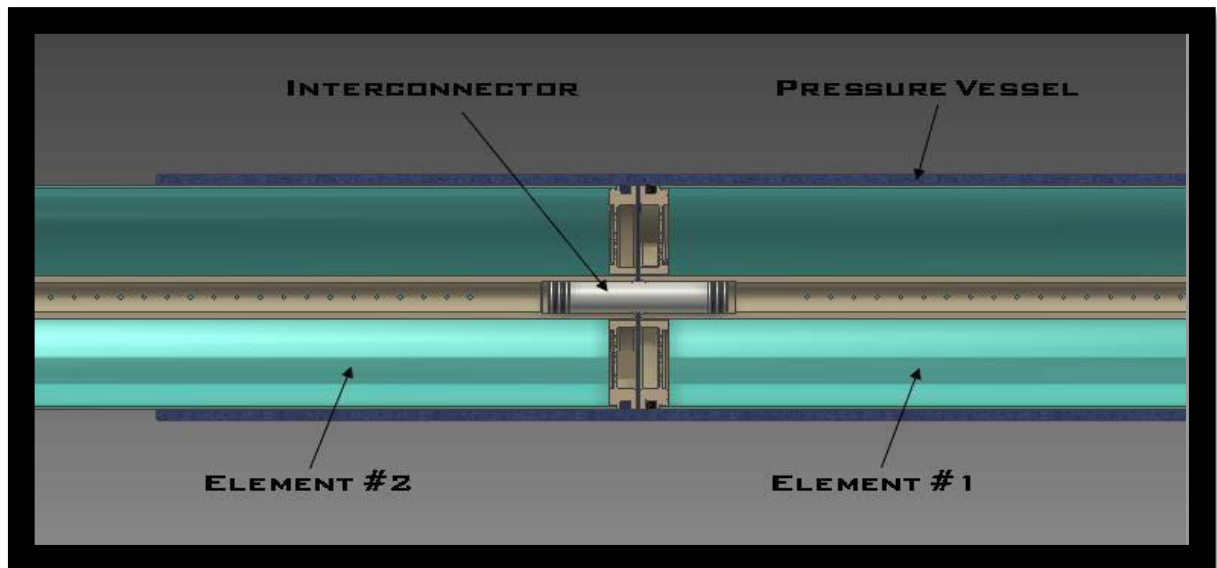


Fig 3.3 : Montage de modules dans un tube de pression

Avantages et inconvénients des membranes organiques

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

3 - Prétraitement de l'eau avant osmose inverse

3.1 Introduction

Afin de préserver les membranes de la station d'osmose un prétraitement de l'eau alimentant l'osmoseur est obligatoire. Ce traitement dépend des spécifications de marche de l'osmoseur préconisées par le constructeur. A partir des spécifications et de la composition de l'eau on préconise les différentes étapes du prétraitement de l'eau d'alimentation (eau de mer).[11]

3.2 Spécifications de l'eau pour l'alimentation d'un osmoseur

Les objectifs visés sont :

Turbidité : < 0,1 NTU

Matière organique : COT < 3mg/L

Métaux : Fe < 100mg/L, Mn < 100mg/L, Al < 50mg/L

SDI (silt density index) < 3

3.3 Prétraitement:

Les objectifs du prétraitement sont les suivants :

- * Eviter le colmatage des modules des modules soit par les matières en suspensions, soit par les micro-organismes, soit par les dépôts de sels

- * Donner à l'eau à traiter des caractéristiques qui soient compatibles avec la nature des membranes : teneur en chlore, pH, température.

Il n'existe pas de prétraitement standard. Les principaux facteurs qui interviennent dans la définition d'un prétraitement sont :

- * Les caractéristiques physicochimiques de l'eau à traiter : MES (matières en suspension), turbidité, COT (carbone organique total), hydrocarbures, algues, composition chimique, pH.

- * Les conditions de fonctionnement des membranes : taux de conversion, pression ;

*Types de membranes et de modules utilisés : membranes en polyamide, polysulfone, modules spirales ou fibres creuses.

Les principaux postes d'un prétraitement sont les suivants : chloration, clarification, prévention de l'entartrage, déchloration, filtration sur cartouche.

Les prétraitements dépendent de la nature de l'eau à traiter.

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium, de magnésium, de sulfates et de carbonates). La salinité moyenne des eaux de mer (Mer méditerranées) est de 35 g.L^{-1} ($27,2 \text{ g.L}^{-1}$ de NaCl, $3,8 \text{ g.L}^{-1}$ de MgCl_2 , $1,7 \text{ g.L}^{-1}$ MgSO_4 , $1,26 \text{ g.L}^{-1}$ CaSO_4 , $0,86 \text{ g.L}^{-1}$ K_2SO_4).

L'eau de mer alimentant la centrale SKD subit un dégrillage par des grilles fixes ensuite passe à travers des filtres rotatifs pour éliminer les matières en suspension de gros diamètres (sable, algues, morceaux de bois, sachet plastiques etc.. avec l'injection d'hypochlorite de sodium. [12]

3.3.1 Prétraitement proposé :

3.3.1.1 Injection d'hypochlorite de sodium ou préchloration

La préchloration a pour objectif l'inactivation des micro-organismes(bactéries principalement), mais aussi micro-algues, champignons qui sont à l'origine de colmatage important des membranes appelé biofouling, directement par le développement d'une biomasse. La préchloration est réalisée en injectant de l'eau de javel.

Eau de Javel : Solution aqueuse d'hypochlorite de sodium (NaClO) utilisée, en particulier, pour la désinfection des eaux. C'est un oxydant puissant. [13]

La concentration d'une eau de Javel s'exprime en degrés chlorométriques ($^{\circ}\text{Cl}$) ou degrés Gay-Lussac : **un degré chlorométrique correspond à 3,17grammes de chlore libre**, les concentrations les plus courantes sont 48°Cl (extrait de Javel) et 12°Cl .

PROTOCOLE

Pour un débit d'eau de mer de $32 \text{ m}^3/\text{h}$, on doit ajouter une quantité V à déterminer d'eau de javel à 12° pour obtenir une concentration de 0.5 ppm (0.5 mg/L)

Sachant que 1 litre d'eau de javel à 12° contient : $3.17\text{g} \times 12 = 38.04\text{ g}$ de chlore

$$V = 0.5 \times 32 / 38.01 = 0.42 \text{ litre /h}$$

L'expérience acquise sur plusieurs unités de dessalement par osmose inverse a montré qu'une chloration permanente à faible dose favorisait plutôt

le biofouling. Ceci s'explique par le fait que certaines bactéries résistant à l'action du chlore ont une activité biologique intense à l'intérieur des modules d'osmose inverse par l'abondance de nourriture constituée par les composés organiques assimilables résultant de l'oxydation de la matière organique par le chlore (acides humiques). Compte tenu de cette expérience :

*il n'y a plus de chloration permanente

*on prévoit seulement un traitement choc comme par exemple 5 à 20ppm de chlore pendant une heure toutes les semaines.

Pour le traitement choc (5 ppm), il faudra injecter 4,2 litres d'eau de javel pendant une heure et cela une fois chaque semaine

NB: La solution d'eau de javel n'est pas stable

3.3.1.2 Filtration sous pression (filtre à sable rapide) :

La filtration peut être effectuée sous pression ou de façon gravitaire. Ces filtres ont pour but essentiel la réduction de la turbidité par piégeage des matières en suspension (MES) dans la masse granulaire. La filtration sous pression est effectuée en général pour les débits faibles et moyens. Les vitesses de filtration sont d'environ 10 à 15m/h. Le filtre monocouche est constitué par une hauteur de sable de granulométrie comprise entre 0,4 à 1mm sur une hauteur de 1m. On choisira une hauteur supérieure ou égale à 1000 fois la taille effective du sable (par exemple 950mm de hauteur pour un sable ayant une taille effective (TE) de 0,95. Cette taille correspond à l'ouverture de maille théorique par laquelle passe 10% des grains. La connaissance de ce paramètre permet de savoir que 90% de la masse des grains ont un diamètre supérieur à TE. Plus elle sera faible, meilleure sera la qualité du traitement et plus la taille effective sera faible, plus le colmatage sera rapide. Un compromis devra néanmoins être trouvé en prenant compte la fréquence des lavages. En général, la taille effective la plus couramment utilisée est de 0,95mm.

Le coefficient d'uniformité CU

Un autre aspect important est l'uniformité des tailles. Le coefficient d'uniformité est le rapport entre le diamètre qui laisse passer 60% des particules et celui qui en laisse passer 10% soit D_{60}/D_{10} . Le CU varie de 1,3 à 1,5. Si le CU tend vers 1, les grains du matériau présentent la même granulométrie. Pour les filtres rapides on admet des coefficients d'uniformité de 1,5. [14]

Matériaux filtrants

Les matériaux filtrants les plus utilisés sont le sable et l'anthracite

Tableau 7 : Propriétés physiques des matériaux filtrants

Forme	Densité	Porosité(%)	Diamètre effectif (mm)
Sable de silice	arrondie	2,6	0,4 - 1,0
Sable de silice	non arrondie	2,6	0,4 - 1,0
Quartz	anguleux	2,6	0,4 - 1,0
Anthracite	anguleuse	1,5	0,4 - 1,4
Anthracite	arrondie	1,5	0,5 - 1,0

Une forme ronde des grains améliore la qualité du traitement. Ces grains de sable s'imbriquent mieux les uns dans les autres que les grains anguleux. Ce qui diminue les espaces entre grains et donc améliore l'effet tamisage. On préférera donc un sable de rivière roulé par rapport à un sable de mer broyé présentant des arêtes vives.

Écoulement de l'eau dans un filtre à sable

La perte de charge à travers un milieu filtrant est une caractéristique importante de la filtration. De l'ordre de 0,5 à 0,7m lorsque le filtre est propre. Elle augmente au fur et à mesure que le filtre s'encrasse. [15]

Dimensionnement du filtre à sable

Sable de silice arrondie

Taille effective 0,95mm

Calcul de la surface du filtre $S = \text{débit d'eau à filtrer} / \text{vitesse de filtration}$

$$S = 24\text{m}^3 / 10\text{m/h} = 2.4\text{m}^2$$

$$\text{Hauteur} = 1000 \times 0,95\text{mm} = 0,95\text{m}$$

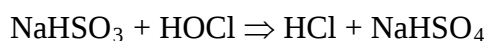
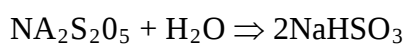
$$\text{Perte de charge} = 0,7\text{m}$$

Le lavage est automatique en fonction de la perte de charge. On lave le filtre lorsque le milieu filtrant est encrassé. On le lave en inversant le sens de l'écoulement de l'eau.

3.3.1.3 Elimination du chlore par SMBS (déchloration) :

Injection de métabisulfite de sodium:

La deuxième solution consiste à utiliser un réducteur pour neutraliser le chlore présent dans l'eau. Compte tenu de la grande sensibilité des membranes d'osmose inverse en polyamide ou en polysulfone, membranes les plus utilisées actuellement, il est indispensable d'assurer une déchloration de l'eau de mer avant son entrée dans les modules. Cette déchloration est effectuée selon la réaction du métabisulfite de sodium avec le chlore et l'eau:



L'avantage du bisulfite est qu'il est aussi un réducteur d'oxygène qui ralentit considérablement le développement de germes sur l'osmoseur.

En théorie le dosage de bisulfite doit être fait stochiométriquement par rapport à la présence de chlore libre dans l'eau, dans la réalité pour avoir une action immédiate il y a lieu de doser 10 ppm de bisulfite par ppm de chlore.

La présence du chlore libre dans l'eau après injection du métabisulfite est contrôlée par la méthode ORP (potentiel redox) ; C'est une électrode spécifique qui dose le chlore libre. La concentration en chlore libre est donnée en fonction du potentiel ORP en milli-volte, voir figure 36. On remarque d'après le graph (figure 60) pour avoir une concentration nulle en chlore libre il faut avoir un ORP inférieur à 500mv. [16]

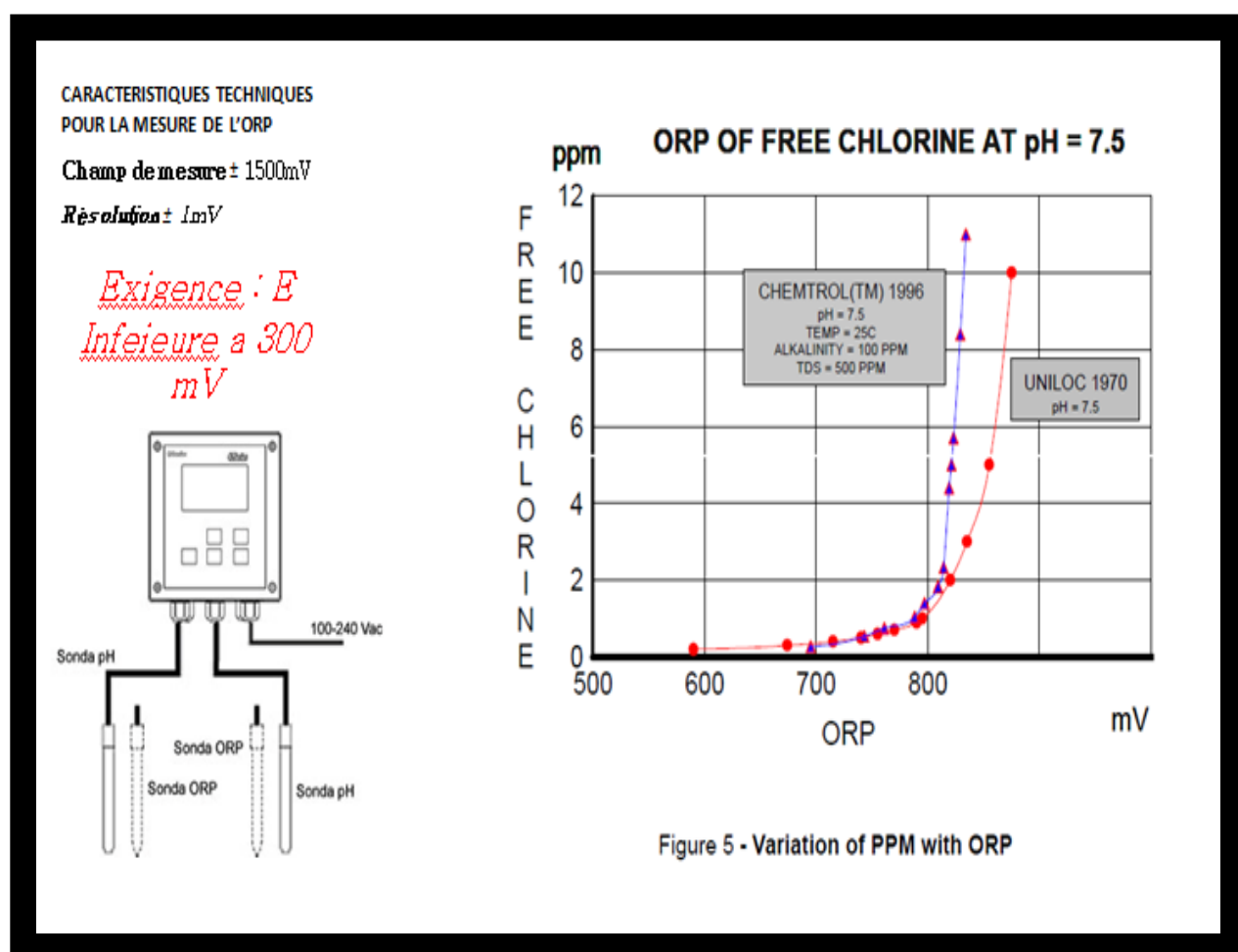


Fig 3.4 : la variation de PPM avec ORP



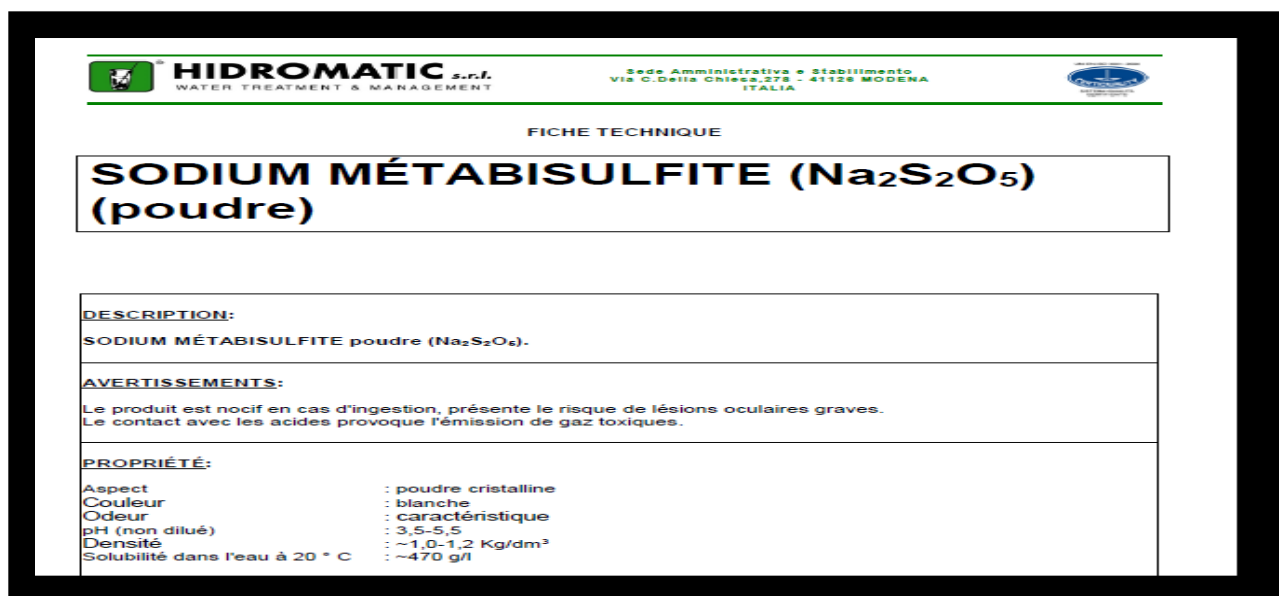


Fig 3.5 : Fiche technique du Méta bisulfite de sodium (poudre)

3. 3.1.4 Injection de la solution d'anti scalant Hidroperm F100 :

La méthode la plus utilisée pour éviter les dépôts de tartre (CaCO_3 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$...) dans les modules d'osmose inverse consiste à injecter dans l'eau brute des inhibiteurs d'entartrage ou antitartres. Les produits les plus utilisés sont : les poly phosphates, les polymères carboxyliques.

L'expérience acquise sur plusieurs unités de dessalement par osmose inverse recommande l'injection d'une quantité comprise entre 3 ppm et 20 ppm.

Protocole

Du fait que le débit d'eau filtrée est de 24 m³/h. Donc pour avoir la concentration de 3ppm, il faut injecter : $24 \times 3 = 72\text{g}$ d anti scalant qui correspond a un volume de $72/1,07 = 77,04\text{ ml}$,

1,07g/cm³ correspond à la densité.

Pour injecter cette quantité on procède comme suit :

10 litres d'anti scalant à compléter par 100 litres d'eau osmosée correspondant à une concentration de 10 % . Pour cela on doit injecter 0.8 litres par heure de cette solution.

NB : durée de conservation de la solution préparée : 7-10 jours

	HIDROMATIC s.r.l. WATER TREATMENT & MANAGEMENT	Sede Amministrativa e Stabilimento Via C.Della Chiesa,278 - 41128 MODENA ITALIA											
FICHE TECHNIQUE													
HIDROPERM F100													
Additif à Fonction d'Inhibition d'entartrage													
DESCRIPTION:													
HIDROPERM F100 est un mélange équilibré d'agents anti-incrustants – dispersants, particulièrement efficace dans le contrôle de l'entartrage et de l'encrassement des installations à osmose inverse et des circuits de refroidissement soumis à une utilisation intense. Ce mélange exerce également une fonction de contrôle sur les précipités métalliques, notamment ferreux. On peut l'utiliser même dans les usines alimentaires. La FDA et USDA ne fait aucune objection à l'emploi de HIDROPERM F100 dans l'industrie alimentaire pour le traitement des eaux à osmoser.													
MODE D'EMPLOI:													
HIDROPERM F100 peut être dosé tel quel ou dilué avec de l'eau osmosée. Le produit doit être dosé avec pompe volumétrique, sur la ligne de réintégration du circuit; Le dosage dépend de nombreux facteurs en fonction de la concentration des sels de calcium, de fer et de l'eau d'alimentation de silice et normalement il est compris parmi 3 et 20 ppm sur l'alimentation de l'eau.													
CARACTÉRISTIQUES:													
• Prêt à l'emploi. • Facile à utiliser. • Aux concentrations d'emploi ne pollue pas les eaux.													
AVERTISSEMENTS:													
• Éviter tout contact avec les yeux et la peau. • Ne pas ingérer. • En cas de contact avec les yeux, rincer abondamment à l'eau.													
PROPRIÉTÉ:													
<table border="0"> <tr> <td>• Aspect</td> <td>: liquide clair</td> </tr> <tr> <td>• Couleur</td> <td>: incolore</td> </tr> <tr> <td>• Odeur</td> <td>: légèrement caractéristique</td> </tr> <tr> <td>• pH</td> <td>: 4.0 – 5.0 (sol. 3%)</td> </tr> <tr> <td>• Densité</td> <td>: 1,03-1,07 g/cm³</td> </tr> </table>				• Aspect	: liquide clair	• Couleur	: incolore	• Odeur	: légèrement caractéristique	• pH	: 4.0 – 5.0 (sol. 3%)	• Densité	: 1,03-1,07 g/cm³
• Aspect	: liquide clair												
• Couleur	: incolore												
• Odeur	: légèrement caractéristique												
• pH	: 4.0 – 5.0 (sol. 3%)												
• Densité	: 1,03-1,07 g/cm³												

Fig 3.6 : Fiche technique de l'anti scalant HYDROPERM F100

3. 3.1.5 Décarbonatation à l'acide

Afin de minimiser la quantité d'antiscalant injectée, on peut réaliser une décarbonatation à l'acide (HCl ou H₂SO₄). La décarbonatation à l'acide est en général associée à l'action d'un inhibiteur de corrosion. L'addition d'un acide fort, H₂SO₄ ou HCl, déplace les carbonates sous forme de gaz carbonique suivant les réactions suivantes:



L'addition d'acide est régulée par un pH mètre, dont il faut fréquemment vérifier le fonctionnement pour limiter les risques d'incidents dues à un surdosage (corrosion) ou sous

dosage (entartrage). D'après la figure 3.7 on remarque qu'en se plaçant à un pH de l'eau égale à 6,5, on arrive à déplacer 50% des carbonates en gaz carbonique. Mais cette méthode est très risquée car un mauvais suivi entraîne la corrosion de l'installation.

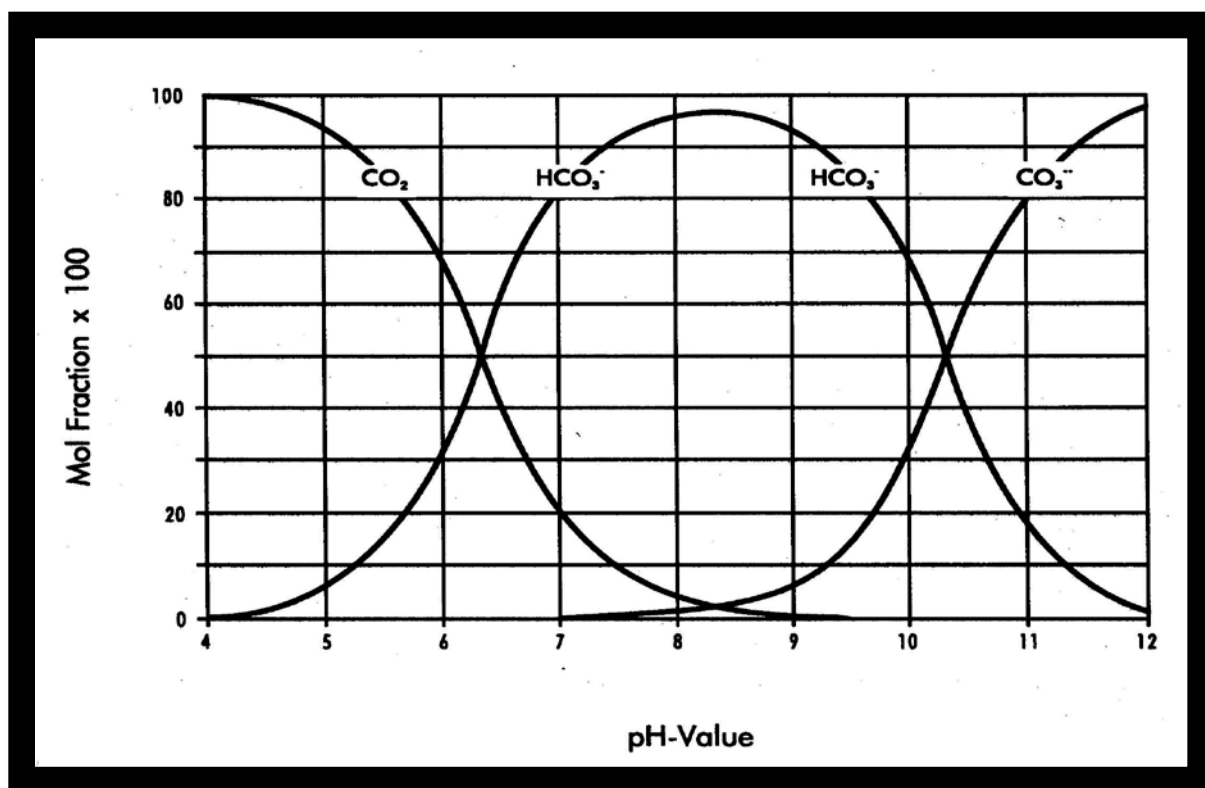


Fig 3.7 : Diagramme de spéciation de CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{--} en fonction du pH

3.3.1.6 Filtration sur filtre à cartouche :

Dans tous les cas, une installation d'osmose inverse doit être protégée par une filtration de sécurité sur cartouches (protection des pompes HP contre les grains de sable) aux environs de 1 à 20 microns. Polissage après le traitement avec filtre à sable.

Matière : Cotton, fibre de verre, polypropylène....

La fréquence de remplacement varie de une fois par semaine à une fois par mois selon la qualité de l'eau.[17]



Fig 3.8 : Filtre à cartouche

3. 3.1.7 : Installation de l'osmoseur

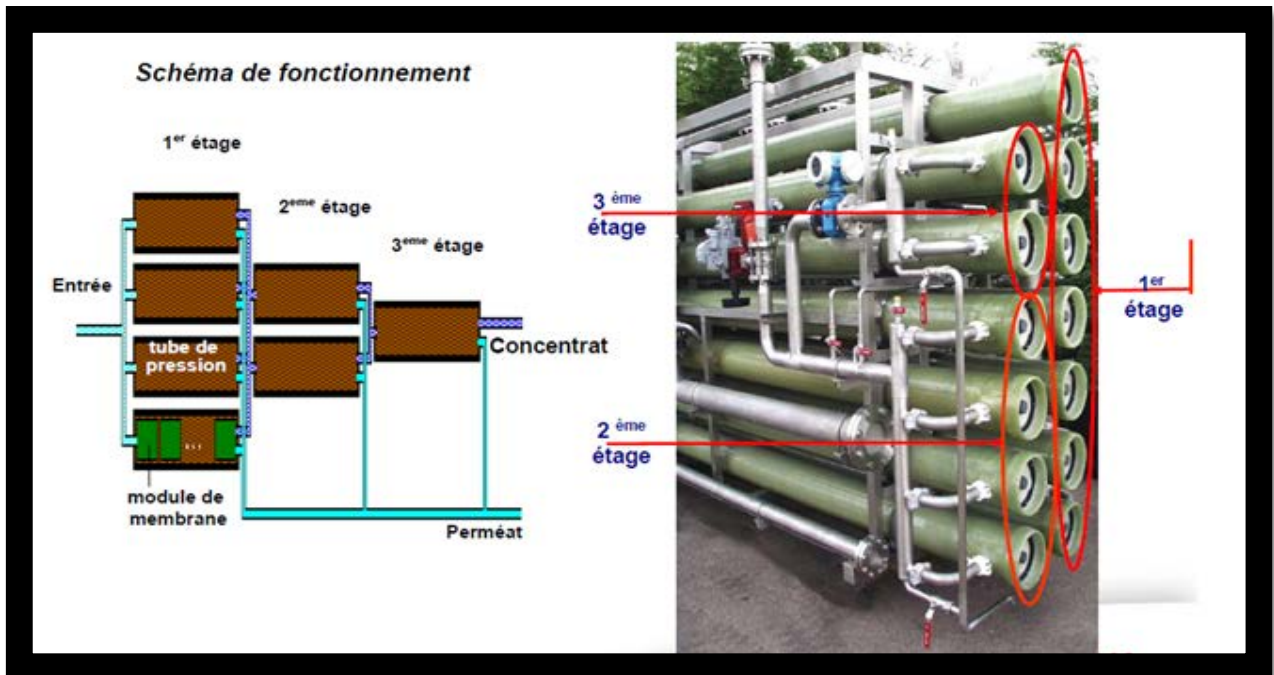


Fig 3.9 : Schéma de fonctionnement

Détermination du nombre de module

Chaque module fournit 1,1m³ d'eau osmosée, donc pour avoir 24m³/h, il faudrait installer 22 modules. On prendra 24 modules car dans chaque tube de pression on installe soit 4, soit 6, soit 8 modules.

Détermination du nombre de tube de pression

On doit avoir 4 tubes de pression, chaque tube de pression doit contenir 6 modules.

On choisira modules spiralés en polyamide.

Conclusion générale

Le dessalement de l'eau de mer par osmose inverse est une technique qui a prouvé son intérêt pour subvenir au besoin en eau douce. Et suite aux différents problèmes rencontrés au niveau du procédé utilisé dans la centrale de dessalement de l'eau de mer par distillation à multi effets, ils ont changé ce dernier procédé par le procédé d'osmose inverse.

Le procédé de dessalement par osmose inverse est une technique de filtration membranaire, Il est utilisé pour le dessalement des eaux de mer, ainsi que des eaux usées urbaines et industrielles. Ce procédé permet l'élimination des sels et des substances organiques présentes dans les eaux ainsi qu'une partie des virus et des bactéries.

L'objectif de ce mémoire était de faire une étude sur le prétraitement proposé pour l'installation d'osmose utilisé dans la centrale pour la protéger contre le colmatage des modules soit par les matières en suspension, soit par les micro-organismes (bactéries) biofouling , soit par les dépôts de sels, entartrage, et pour obtenir une eau dont les caractéristiques soient compatibles avec la nature des membranes : teneur en chlore, pH, température.

Il n'existe pas de prétraitement standard. Le prétraitement proposé pourrait protéger la station d'osmose de la centrale et augmenter la durée de vie des membranes ...

Bibliographie

- [1] Alain Maurel, Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce, éditions TEC, 2ème édition, Paris, 2005.
- [2] Claude Cardot, les traitements de l'eau, techosup, ellipses, 1999.
- [3] E.Roth, B. Fabre, A. Accary et B. Faller, étude du colmatage de membranes d'osmose inverse utilisées pour la préparation des eaux de dialyse rénale, revue des Sciences de l'Eau, 3(1998)409-427.
- [4] Fiche technique SKD .2012 .
- [5] Filtration membranaire , presentation des membranes et des modules , technique d'ingénieur doc j2791 .
- [6] HALLOUFI Ouahid (2010) : « Etude de la performance d'un distillateur solaire par un système de pré- chauffage solaire de l'eau saumâtre ». Mémoire présente pour l'obtention du diplôme de magister en Génie Climatique, université MENTOURI CONSTANTINE.
- [7] [http :/www. Lenntech.com/dessalement-pretraitement.htm](http://www.Lenntech.com/dessalement-pretraitement.htm).
- [8] <http://bu.umc.edu.dz/theses/gclim/HAL5596.pdf>.
- [9] <http://dessalement.wordpress.com/> consulté le 24/02/2013.
- [10] http://www.univ-chlef.dz/uahbc/seminaires_2010/Article_Tahri_C13.pdf (14/04/2013).
- [11] Hydromatic s.r.l, Water Treatment & Management, Bulletin Technique n. BT. 0650.01.
- [12] Jean-Pierre Méricq (2009) : « Approche intégrée du dessalement d'eau de mer : Distillation membranaire sous vide pour la réduction des rejets salins et possibilités de couplage avec l'énergie solaire ». Thèse en vue de l'obtention du DOCTORAT de l'université de TOULOUSE France.
- [13] Kader Gaid, Yvan Tread, le dessalement des eaux par osmose inverse, expérience de Véolia Water, Desalination 203(2007).

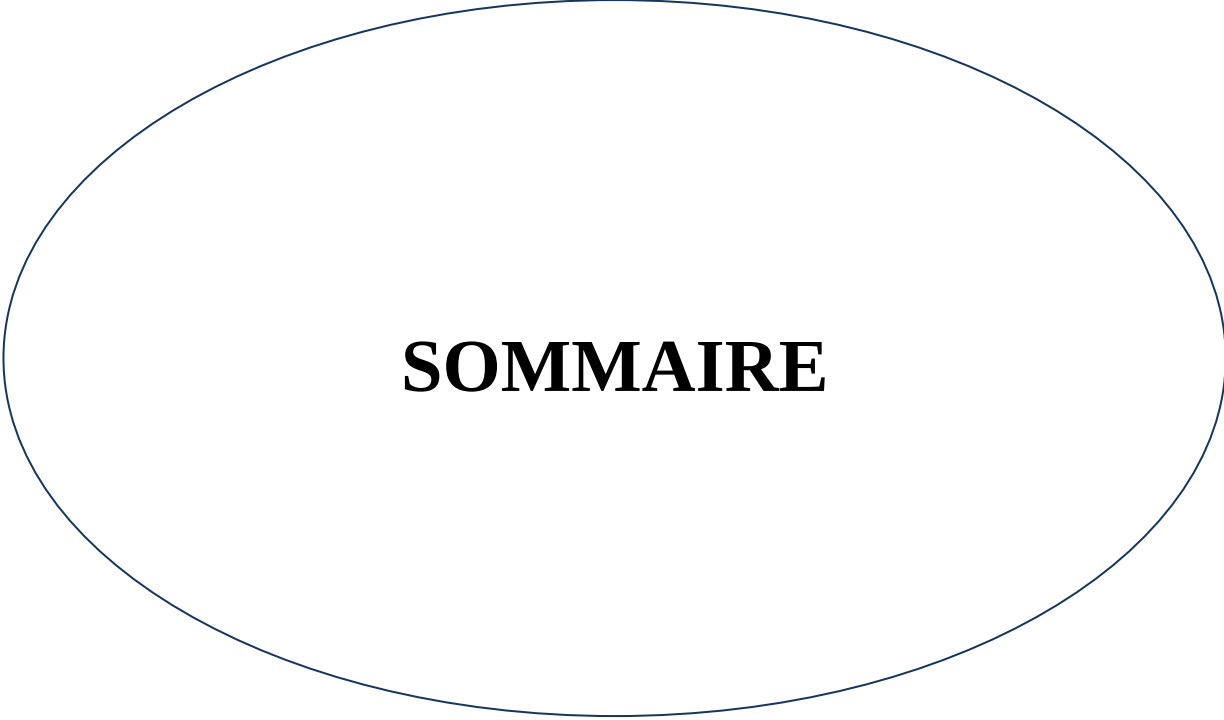
[14] Manuel description du système d'eau de circulation. 01/SKD/2007.

[15] Manuel description SKD.2007.

[16] Manuel opératoire SKD.2007.

[17] Salim Mebrouk Oussedik, Déminéralisation de l'eau de forage Albien « Aïn Sahara », pour l'alimentation en eau potable de la ville Touggourt, Desalination 137 (2009)103-111.

[18] T. Tahri, A. Bettahar, M. Douani, S.A. AbdulWahab, H. AlHinai, Y. AlMulla : « Dessalement de l'eau de mer par l'énergie solaire en vue de l'irrigation d'une serre agricole ».



SOMMAIRE



LISTE DES FIGURES



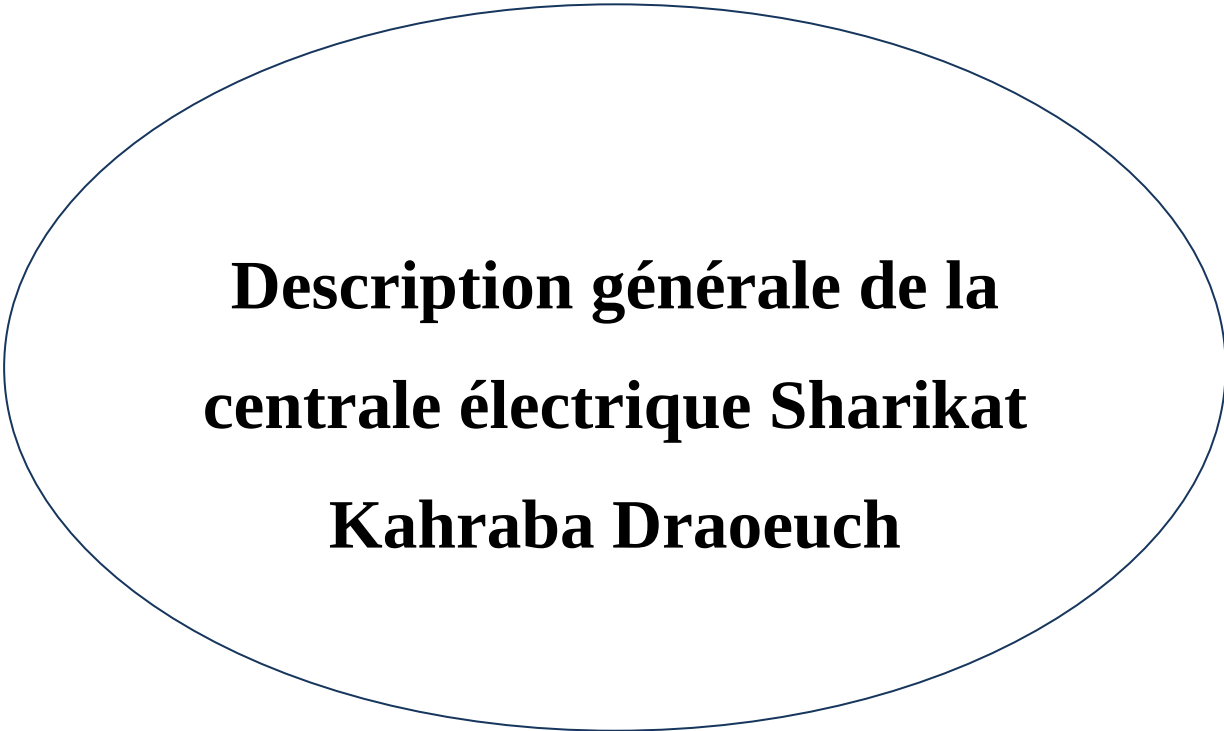
LISTE DES TABLEAUX



LISTE DES ABREVIATIONS

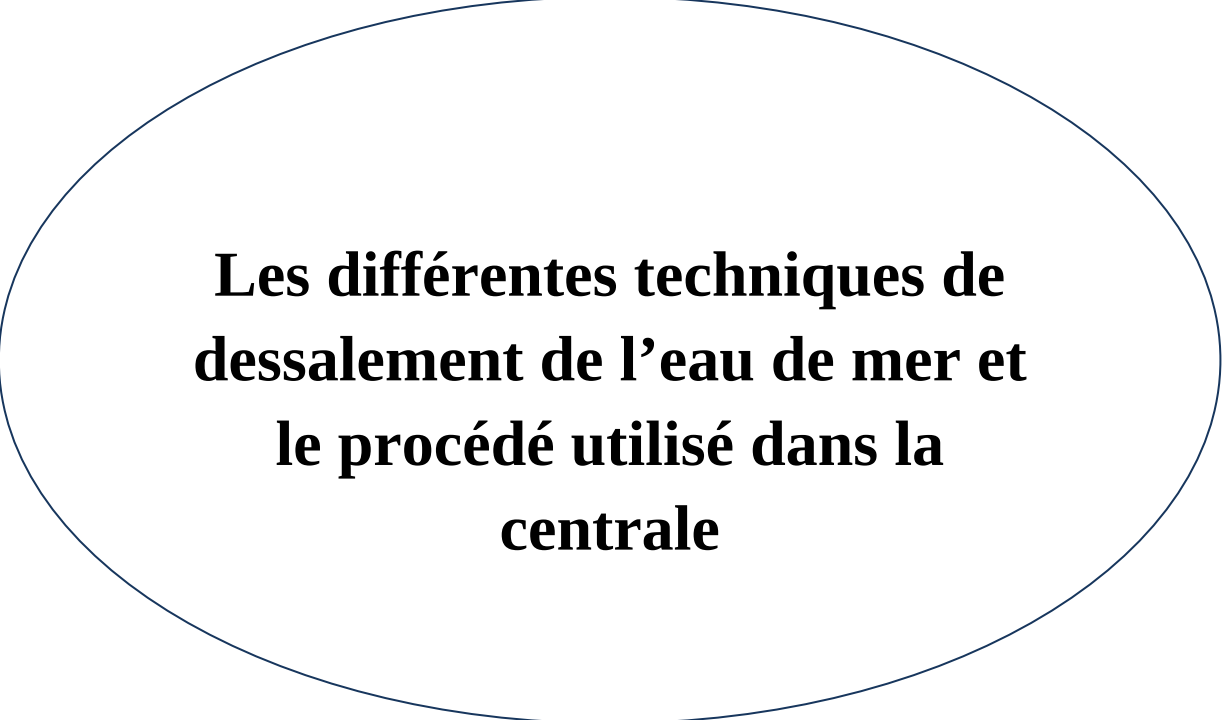
**INTRODUCTION
GENERALE**

Chapitre 1 :



**Description générale de la
centrale électrique Sharikat
Kahraba Draoeuch**

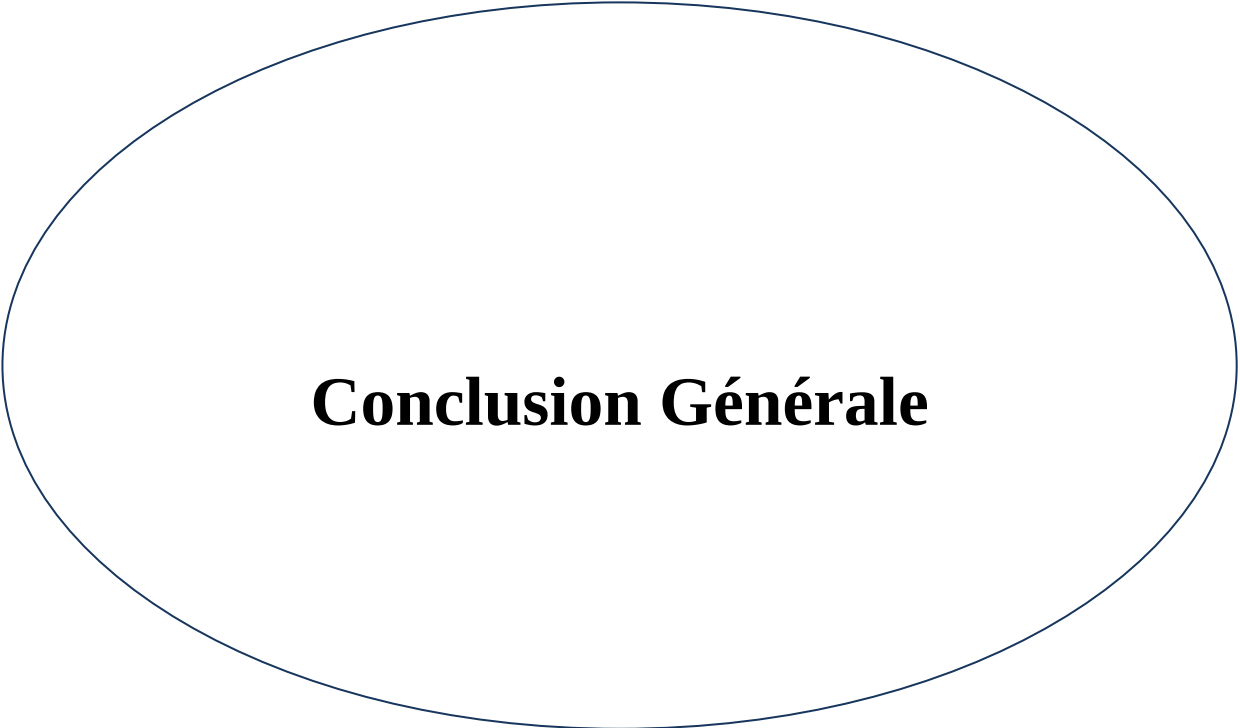
Chapitre 2 :



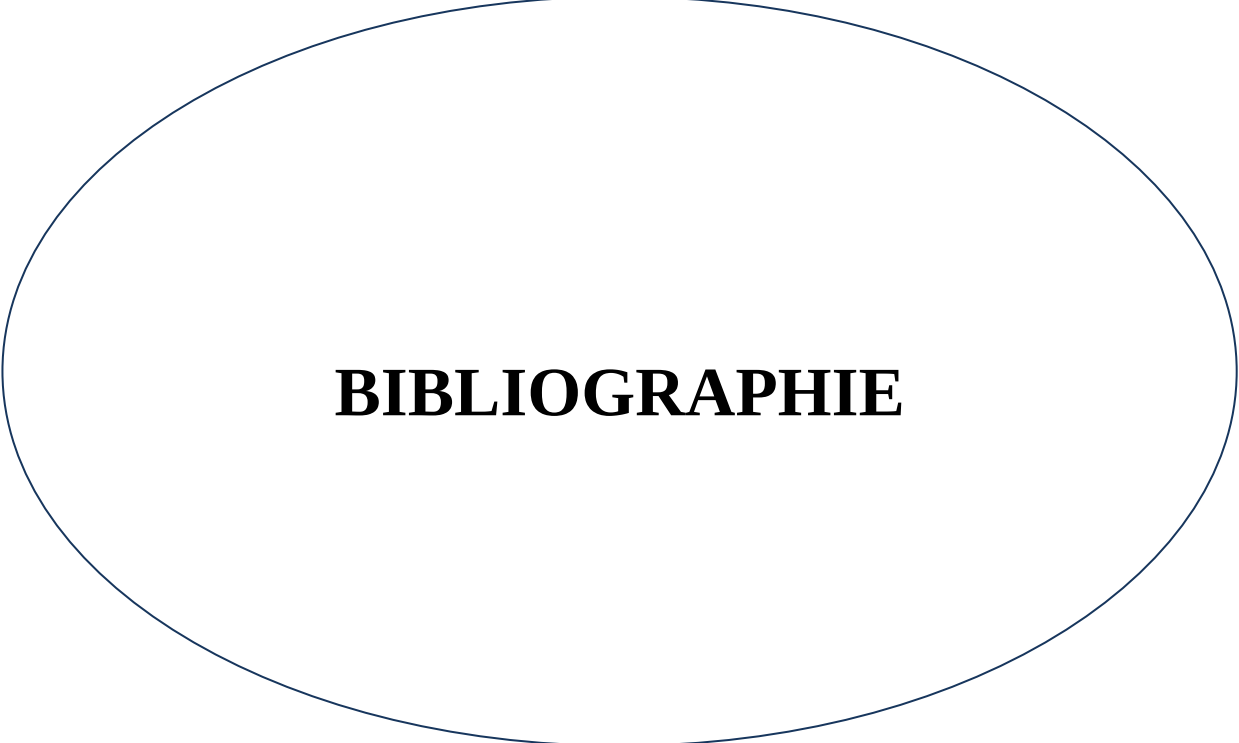
**Les différentes techniques de
dessalement de l'eau de mer et
le procédé utilisé dans la
centrale**

Chapitre 3 :

**Problématiques et
résolution**



Conclusion Générale



BIBLIOGRAPHIE