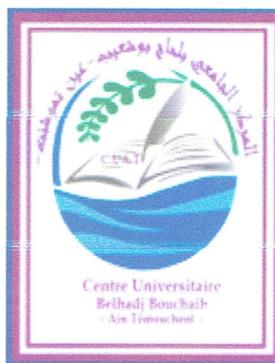


REBUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE-SCIENTIFIQUE

Centre Universitaire BELHADJ BOUCHAIB-Ain T'émouchent

Institutes des Sciences



Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master 2

Filière : chimie

Spécialité : polymère

Thème

Dessalement et déminéralisation de l'eau de mer
et l'analyse physico-chimique au niveau
de complexe SORFET

Présenté en juin 2017 par :

Mr:Taleb Nabil

Mr:Blaili Chikh

Encadreur Mme :F.Benyattou	MCB	CUBBAT
Président : Boussalem ismain	Pr	CUBBAT
Examineur : Belarbi lahcen	MCA	CUBBAT
Examineur :Mekhici khaled	MCB	CUBBAT
Encadreur de complexe Benasla Mohammed		SORFERT

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations et symboles

Introduction générale.....1 ,2

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I

DESCRIPTION DU COMPLEXE D'AMMONIAQUE SORFERT

I.1 Introduction	3
I.2- Fiche technique	3
I.3- Les principales zones du complexe	4
I.3.1- Zone 1	5
a - Unité d'ammoniaque	5
b- Unité de production de vapeur	6
c- Unité de production de l'air	6
I.3.2- Zone 2.....	7
a- Unité d'urée	7
I.3.3- Zone 3.....	9
a- Une pomprie eau de mer	10
b -Une section de production de l'eau dessalée	10
c- Une section de production de l'eau traitée	10
d- Les tours de refroidissement eau de mer	11
e- Les Boucles fermées de refroidissements en eau polie	11
f- Unité de l'extinction d'incendie	11
g- Un groupe de production d'azote	11
I.3.4- Zone 4 (site) et (Port)	11
I .4- évolution d'ammoniaque	12
I 5- évolution durée	12

Sommaire

I 5.1- Définition de l'urée	12
I.5.2- Type d'urée.....	12
I.6-Conclusion.....	13

CHAPITRE II

TECHNIQUES DE DESSALEMENT

II. 1.Introduction	14
II. 2. Les eaux à dessaler	14
II.3. Les besoins et les ressources en eau	14
II.4. Classification des eaux	14
II.5 .Utilisation de l'eau dans l'industrie	15
II. 6.Techniques de dessalement d'eau	16
II.6.1.Les procédés à membranes	16
a- L'osmose inverse	16
b-L'électrodialyse	17
II.6.2. Techniques de dessalement par distillation	18
a-Distillation solaire.....	18
b-Dessalement par distillation et compression	19
b.1-Distillation à simple effet	19
b.2- Distillation à simple effet par compression MVC.....	19
b.3-Distillation à multiples effet par compression.....	20
b.4-Distillation par thermo compression de vapeur.....	21
b.5-Le procédé à détente étagées.....	22
II .7. Comparaison des différents procédés de dessalement.....	22
II.8. Critères de choix du procédé de dessalement.....	23
II.9- Description du procédé d'osmose inverse et procède de dessalement au niveau de SORFERT	24

Sommaire

II.9.1- Description du procédé d'osmose inverse.....	24
II.9.2-Description du procédé de distillation TCD (ejecto-compression.....	26
a-Alimentation en eau de mer.....	27
b- La cellule d'évaporation /condenseur.....	28
.c- L'évaporateur E 511 A/B.....	28
d-Thermo compresseur et le système sous vide	30
e-Dosage de produits chimiques.....	30
conclusion.....	33

CHAPITRE III

TECHNIQUE DE DEMINERALISATION

III.1.introduction.....	34
III.2.Production de l'eau déminéralisée.....	34
III.2.1. l'équipement de L'unité de déminéralisation 090U100	35
III.2.2.Description de l'unité déminéralisée 090U100.....	35
III.2.3.traitement de résine.....	38
III.2.4.Rinçage de résine.....	40
III.3.production de l'eau polie	41
III.3.1. l'équipement de L'unité de polissage 090U200.....	42
III.3.2. Unité de polissage 090U002	42
III.3.3. traitement de résine lit mélange.....	45
III.4. Contrôle du procédé	46
III.5. Chiffres et analyse de production	47
III.6. Principes physico-chimiques de déminéralisation.....	48

Sommaire

III.6.1.Détails concernant les résines utiliser a SORFERT	50
III.7.La théorie des résines	51
III.7.1- Définitions	51
III.7.2. Groupes fonctionnels.....	52
III.7.3- constitution et propriétés des résines échangeuses d'ions.....	53
III.7.4- réactions d'échange d'ions	54
III.7.5- ordre d'affinité des ions, pour un type de résine donné	56
III.8-Conclusion.....	56

CHAPITRE IV

Analyse de l'eau au niveau de laboratoire

IV.1-introduction.....	57
IV.2-laboratoire.....	57
IV.2.1-importance de laboratoire.....	57
IV.2.2-le rôle de laboratoire.....	57
IV.2.3-la sécurité dans laboratoire.....	57
IV.2.4-la déférente section de laboratoire.....	59
IV.3-es point de prélèvement échantillon d'eau.....	59
IV.3.1- les points de prélèvement pour analyse de l'ammoniaqueNH ₃	59
IV.3.2-les points de prélèvements pour ammoniumNH ₄ ⁺	60
IV.3.3-les points de prélèvements pour analyse de chlorure.....	60
IV.4-les appareils utilises au niveau de laboratoire.....	60
IV.4.1-Photomètre pour analyse de l'eau (PF-12plus).....	60
IV.4.2-spectroscopie ultraviolet-visible.....	61

Sommaire

IV.4.3-les kits de tests nanocolor.....	61
IV.5-les analyse effectuée au laboratoire.....	62
IV.5.1-les analyse de l'eau quotidienne.....	62
a-détermination de chlorure.....	62
b-détermination de ammonium.....	63
c-détermination d'ammoniaque.....	65
d-conductivité.....	67
e-mesure du PH.....	68
f-mesure de PH et conductivité.....	69
f.1-l'eau dessalée.....	69
f.2-l'eau déminéralise.....	71
IV.5.2-les analyses mensuelle.....	72
IV.6-comparaison avec d'autre complexe : GP1Z et Raffinerie.....	74
IV.7-neutralisation.....	78
IV.8-Conclusion général.....	79

LISTE DES FIGURES

Chapitre I

Figure I.1 : Plan générale du complexe SORFERT.....	4
Figure I.2 : Schéma du procédé de production de l'ammoniaque.....	7
Figure I.2 : image du haut de la zone des utilités.....	9

Chapitre II

Figure II.1: Procédés de dessalement utilisés dans l'industrie.....	16
Figure II.2 : Principe de l'osmose inverse.....	17
Figure II.3: Principe d'électrodialyse	17
Figure II.4 : Distillateur solaire.....	18
Figure II.5 : Distillation à simple effet.....	19
Figure II.6 : Distillation à simple effet par compression.....	20
Figure II.7 : Distillation à multiples effet par compression.....	21
Figure II.8: Distillation par thermo compression de vapeur.....	21
Figure II. 9: Schéma d'un « non recyclée » multi-stage flash dessalinisateur.....	22
Figure II.10 : Procédé de dessalement à osmose inverse.....	26
Figure II.11: Procédé de dessalement à thermo compression U.510	27
Figure II.12 : La cellule d'évaporation de l'unité de dessalement U .510.....	29
Figure II.13 : La cellule d'évaporation de l'unité de dessalement U .510.....	29
Figure II.14: Station de dosage chimique.....	31
Figure II.15 : L'unité de dessalement système.....	32
Figure II.16: Schéma en PFD du procédé de dessalement TCD.....	33

Chapitre III

Figure III.1: L'unité de déminéralisation et de polissage.....	34
Figure III.2 : Unité de déminéralisation 90U100.....	37

Figure III.3 : unité de déminéralisation.....	38
Figure III.4 : régénération a contre courant.....	39
Figure III.5 : Régénération par H ₂ SO ₄	40
Figure III.6 : Régénération par NaOH.....	40
Figure III.7 : principe de rinçage de résine.....	41
Figure III .8: Unité de production d'eau polie 090U200.....	44
Figure III.9 : Echangeur a lit mélangé.....	44
Figure III.10. Lit mixte en service et en régénération.....	45
Figure III.11:schéma générale sur le procédé de déminéralisation.....	46
Figure III.12: Décationisation (tous les cations sont remplacés par H ⁺).....	49
Figure III.13: Les billes de résine sont saturé Des ions H ⁺ et OH ⁻ Ont été relâché dans l'eau.....	50
Figure III. 14 : La déminéralisation en une seule image	50
Chapitre IV	
Figure IV.1 :Appareil photometre.....	60
Figure IV.2 :appareil spectrescopie.....	61
Figure IV.3 : Les kits de tests NANOCOLOR	62
Figure IV.4 : Détermination de chlorure.....	63
Figure IV.5 : Détermination d'ammonium.....	64
Figure IV.6 : Détermination d'ammoniaque.....	66
Figure IV.7 : Appareil de Conductivité.....	68
Figure IV .8 : Appareil de mesuré le pH.....	69
Figure IV.9 : Graphe de pH et conductivité de l'eau dessaler.....	70
Figure IV.10: Graphe de pH et conductivité de l'eau déminéralisé.....	71

Figure IV.11: Les rejets de l'eau des minéraux en mg/l dans 06 mois.....	74
Figure IV.12 : Graphe de pH de l'eau dessaler pour déférant complexe.....	75
Figure IV.13 : Graphe de conductivité de l'eau dessaler pour déférant complexe	76
Figure IV.14 : Neutralisation de Bassin.....	79

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 : Classification des eaux selon la salinité.....	14,15
Tableau II.2 : La comparaison des procédés de dessalement eau de mer	23
Tableau III.1 : des chiffres d'unité d'eau de déminéralisation 090U100	47
Tableau III.2 :des chiffres d'unité de polissage 090U200	47
Tableau III.3 :des analyses d'unité d'eau de déminéralisation 090U100	47
Tableau III.4 : analyse d'unité de polissage 090U200.....	48
Tableau III.5 : Groupes fonctionnels des résines.....	52
Tableau IV.1: Les dangers des produits chimiques de laboratoire	58
Tableau IV.2 : Détermination de chlorure.....	63
Tableau IV.3 : Détermination d'ammonium.....	64
Tableau IV.4 : Détermination d'ammoniaque.....	66
Tableau IV.5 : pH et conductivité de l'eau dessalée	70
Tableau IV.6 : pH et conductivité de l'eau déminéralisé	71
Tableau IV.7 : les résultats des analyses du bassin et de l'eau de mer	72,73
Tableau IV.8 : pH de l'eau dessalée : sorfert, GP1Z, raffenerie	74
Tableau IV.9 : conductivité de l'eau dessalée :sorfert,GP1Z, Raffinerie.....	75
Tableau IV.10 : les résultats des analyses du bassin de sorfert et GP1Z.....	77

LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

K_S : produit de solubilité

$\mu S/cm$: micro siemence par centimètre

ppm : partie par million

EDM : eau de mer

TCD : thermo compression distillation

JC : jésus christ

MED : multi effet distillation

MSF : multi stage flash

TVC : thermo compression de vapeur

MVC : mécanique vapeur compression

HP : haute pression

O.I : osmose inverse

T : tank ; bac, P : pompe

D : ballon

ADE : algérienne des eaux

BF : boucle fermée

U : unité

N : agitateur

E : évaporateur

F : filtre ; éjecteur

FV: vanne

BG: bar gauge / pression atmosphérique / bar g= 1bar

Q_{EDM} : débit de eau de mer

Q_{VAP} : débit de vapeur

Q_{SAUM} : débit de saumure

Q_{REJE} : débit de rejets eau de mer

Q_{DIST} : débit de distillation.

FIC : contrôleur indicateur de débit

DSC : système de contrôle distribué

PID : diagramme instrumentation et piping

PFD : diagramme des débits process

MES : matière en suspension

Introduction

Introduction générale

L'eau est une substance essentielle à la survie et au développement de l'humanité.

A l'échelle mondiale, le problème s'aggrave à mesure que les villes grandissent, que la population augmente et que l'agriculture, l'industrie et les ménages ont besoin d'eau en quantités toujours plus grandes. Cela risque de mettre gravement en péril le ravitaillement 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 [1].

Le réchauffement climatique anormalement brutal observé depuis quelques décennies est essentiellement lié aux activités humaines, qui ont accru les concentrations en gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Face à cette situation, le dessalement des eaux de mer ou des eaux saumâtres constitue ainsi une des réponses possibles pour s'adapter à la pénurie croissante des ressources en eau [1].

Le dessalement de l'eau de mer est désormais un principe envisageable pour obtenir de l'eau potable du fait du nombre croissant d'êtres humains sur terre et de l'élévation du niveau de vie et de la rareté de cette ressource. [2]

Le problème qui se trouve au niveau de industrie :

- la corrosion dans les Paepes
- dépôt des cristaux qui va provoquer des problèmes dans les surcuits de distillation

L'objectif de cette thèse est de choisir et d'appliquer le meilleur procédé parmi plusieurs: dessalement par membranaires (L'osmose inverse et l'électrodialyse) et dessalement par distillation (Distillation solaire, Distillation à simple effet, Distillation à simple effet par compression, Distillation à multiples effet par compression, Distillation par thermo compression de vapeur,) à cette limitation, l'idée est d'introduire des résines échangeuses d'ions dans les compartiments d'électrodialyse, entre les membranes échangeuses d'ions. La conductivité des résines contribue alors à la conductivité du lit. Deux modes opératoires peuvent alors être envisagés pour cette technique hybride : l'électrode ionisation et l'électro régénération.

Nous avons choisi dans ce travail d'étudier le dessalement d'eaux côtières et ainsi d'arriver à mieux la caractériser. Un site d'étude principal a été choisi la Méditerranée, les travaux réalisés en complexe SORFERT est situé dans la zone industrielle d'Arzew à l'ouest de BETHIOUA, à 6 Km de la ville d'ARZEW, 40 Km à l'est d'Oran, s'inscrivent dans le cadre du complexe industriel d'ammoniaque SORFERT trois axes ont été poursuivis au cours de ce travail. Notre objectif est comme suis :

Le premier est de déterminer le meilleur procédé à dé quoi appliquer à ces techniques pour purifier l'eau dessaler avec une faible conductivité et un bon rendement.

Le seconde est de suivre l'évolution de la conductivité et le pH de l'eau dessalée en fonction du temps pour une durée d'un mois

Le troisième est de traiter les déchet : Les solutions de produits chimiques, l'eau de rinçage / lavage doivent être neutralisées (par l'acide et soude caustique) et refroidit, sont refoulées comme eaux usées salées vers la sortie eau de mer.

Les résultats de ces travaux sont consignés dans ce manuscrit, qui s'articule en quatre chapitres

- Le premier chapitre donne une présentation générale du complexe SORFERT
- Le deuxième chapitre présente une étude bibliographique concernant les différentes méthodes de dessalement avec une description détaillée sur le system de dessalement utilisé au niveau du complexe SORFERT.
- Le troisième chapitre aborde technique de déminéralisation au niveau du complexe SORFERT
- Le quatrième chapitre résultats et discussions après analyse au niveau de laboratoire.

Et finalement notre travail sera terminé par une conclusion générale contenant l'essentiel des résultats trouvés ainsi que les perspectives pour les futures recherches.

Chapitre I

I.1- Introduction :

Le complexe industriel d'ammoniaque SORFERT est parmi les plus grand industrielles de transformation des hydrocarbures, il fait partie d'un partenariat entre l'entreprise algérienne SONATRACH et l'entreprise égyptienne ORASCOM construction industries établie le 10 juin 2007, sous la loi 51/49 exploitée par la société SONATRACH en Algérie. Il a été conçu pour assurer le transport, sous forme d'ammoniaque liquide et de l'urée engrais.

Le complexe SORFERT est situé dans la zone industrielle d'Arzew à l'ouest de BETHIOUA, à 6 Km de la ville d'ARZEW, 40 Km à l'est d'Oran, il couvre une superficie de 37 hectares et se compose notamment de plusieurs zones.

I.2- Fiche technique :

- Superficie : 37 hectares
- Construction par : ORASCOM construction industries.OCI
- Date de construction : Février 2007
- Date de démarrage : Décembre 2011
- Alimentation en gaz naturel : RTO.
- Procédé : Thyssen Krupp UHDE.
- Nombre de train : 02.
- Capacité de stockage : 75.000 m³ d'ammoniac liquide.
- Un hangar de stockage d'urée : 100000 m³
- Température de chargement du produit : -33 C°

I.3- Les zones du complexe :

Le complexe Sorfert se partage en plusieurs zones :



Figure I .1 : Plan générale du complexe d'ammoniaque SORFERT [6]

I.3.1-Zone1 :

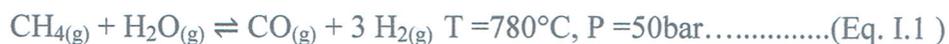
Elle est composée de deux trains identiques, indépendants fonctionnant en parallèle d'une capacité de production de 2200 t/j chacun, une unité de production de vapeur, unité d'énergie électrique et de l'air instrument, le gaz naturel d'alimentation arrivant aux limites de batterie de l'usine est également distribué à chacun des trains par un réseau de canalisations (la capacité contractuelle installée est de 200 000 m³ de GN).

a-Unité d'ammoniaque :

Ilya deux trains chacun de production 2200 t/j d'ammoniaque, la production est basée sur le gaz naturel pour obtenir l'hydrogène et l'azote à partir de l'air qui sont les composants principaux, exigés pour la synthèse d'ammoniaque, étant donné que le gaz naturel algérien contient l'hélium et le mercure, on a ajouté des unités additionnelles pour les extraire. [1]

Le méthane est purifié, surtout dans le but d'éliminer le soufre qui empoisonnerait les catalyseurs.

Le méthane purifié réagit ensuite avec de la vapeur d'eau lorsque mis en contact avec un catalyseur fait d'oxyde de nickel. C'est le processus de vaporeformage :



A la sortie de la première étape de reformage, la concentration en CH₄ est de l'ordre de 11%

Un deuxième reformage suit en ajoutant de l'air.

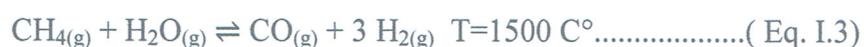
Ce deuxième-reformage peut se diviser en deux étapes distinctes :

- Combustion de l'hydrogène avec l'oxygène de l'air



La réaction de combustion de l'hydrogène est fortement exothermique, ce qui augmente la température du milieu réactionnel à ~1500°C.

- La chaleur dégagée par la réaction de combustion de l'hydrogène fournit la chaleur nécessaire à la réaction endothermique de vaporeformage du méthane résiduel :



A la sortie du réacteur de reformage secondaire, la concentration en méthane est de l'ordre de 0,3%

La réaction du gaz à l'eau permet d'obtenir plus d'hydrogène à partir du monoxyde de carbone et de la vapeur d'eau :



Le mélange gazeux passe alors dans un méthanateur, qui convertit la plupart du monoxyde de carbone restant en méthane :



Cette étape est nécessaire car le monoxyde de carbone empoisonne les catalyseurs.

. Après les opérations précédentes de reformage Le diazote et le dihydrogène réagissent sur un catalyseur de fer qui contient de l'hydroxyde de potassium comme accélérateur :



Cette réaction, à l'équilibre, est effectuée à une pression se situant entre 150 et 250 et à une température variant de 300 à 550 °C. Les réactifs gazeux circulent sur quatre lits de catalyseurs. À chaque passage, environ 15 % des réactifs sont transformés, mais tous les réactifs qui n'ont pas réagi sont recyclés, ce qui permet d'atteindre un taux de conversion de 98 %. Après chaque passage, les réactifs sont refroidis pour maintenir une constante d'équilibre raisonnable. Le vaporeformage, la réaction du gaz à l'eau, l'élimination du dioxyde de carbone et la méthanation surviennent à des pressions absolues se situant entre 250 et 320 bar.[1]

b-Unité de production de vapeur :

Les générateurs de vapeur (chaudières auxiliaires 083U100, 083U200 et 083U300) de l'unité produisent de la vapeur haute pression surchauffée à 116 bars abs et 510 C°. Pour couvrir les besoins de vapeur de l'unité de production d'électricité en fonctionnement normal ainsi qu'au démarrage, les chaudières sont installées pour générer de la vapeur HP alimentant deux turbines de générateur (085MT01 et 085MT02). Le complexe de production comporte un circuit de vapeur intégré (59 bar, 22,5 bar et 5,5bars) combinant l'excédent de vapeur des unités d'ammoniaque et l'extraction des turbines.[2]

c-Unité de production de l'air:

Cette unité se compose de quatre compresseurs d'air et quatre sécheurs, avec un débit de 4 fois 1200 Nm³/h pour l'installation de l'air instrument et de l'air service. L'air d'entretien, air comprimé est prélevé dans le receveur d'air instruments à un débit nominal de 400 Nm³/h. [3]

L'unité comprend une tour de refroidissement de démarrage d'une puissance nominale de 150 m³/h, pour l'approvisionnement de l'unité de production de vapeur et l'unité de l'air comprimé, avant l'achèvement du système de refroidissement en circuit fermé.

L'unité de la pompe eau de mer et la section de stockage d'ammoniaque liquide (côté port) ne sont pas reliés au système d'air instruments et d'air comprimé, elles utilisent l'azote en lieu de l'air instruments et de l'air comprimé.

I.3.2- Zone 2**a- L'urée :**

Les réactifs (NH₃ et CO₂), purifiés pour éliminer l'oxyde de carbone (CO) et l'humidité, sont comprimés séparément, puis introduits dans le réacteur, la formation du carbamate y est très active, le réacteur effectuée sans aucune transfert thermique et on doit exercer un contrôle sévère de la température à cause de la corrosion importante par les solutions de carbamate d'ammoniaque au-dessus de 200C°. L'effluent du réacteur, consistant en urée, carbamate d'ammoniaque et des réactifs non convertis, est soumis par modification des conditions opératoires à une décomposition transforme une partie de carbamate d'ammoniaque en gaz carbonique et ammoniaque, l'ensemble de cette opération est répété afin de décomposer la totalité de carbamate, on obtient alors une solution d'urée qui par un traitement de finition est amenée à la pureté finale que l'on désire. L'urée ainsi obtenu est

granulée au sein d'une section de granulation puis dirigée vers un hangar d'urée en vrac et depuis transportée par des camions vers le port d'Arzew.

I. 3.3- Zone 3

La synthèse de l'ammoniaque est une grande consommatrice d'énergie, étant donné que la zone des utilités représente le cœur de process, elle comprend plusieurs unités.

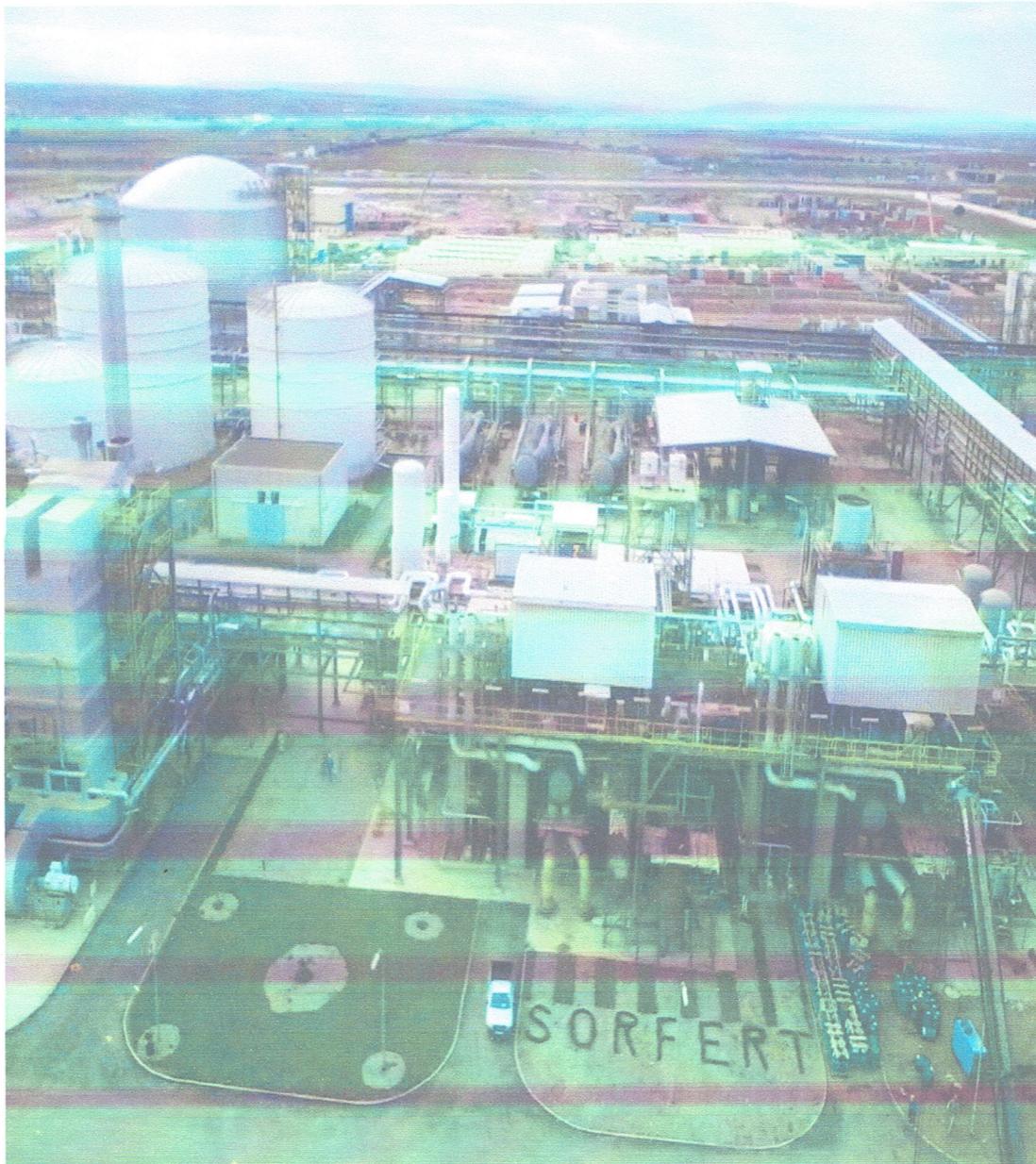


Figure I.3 : Image du haut de la zone des utilités

a- Une pompe eau de mer :

Une prise d'eau de mer située à 550 m du rivage avec deux filtres et quatre pompes de 2700 m³/h chacune.

b- Une section de production de l'eau dessalée

L'eau dessalée est produite à partir des procédés de dessalement à ejecto compresseur, cette aire comprend trois unités de dessalements, en parallèle U510/U520/ U530 et un procédé membranaire d'osmose inverse U600 qui comporte trois trains identiques. Pour les deux procédés deux trains fonctionnent en parallèle chacun étant conçu pour au minimum 50% de la demande normal. L'eau dessalée produite est stockée dans le réservoir de l'eau dessalée 089T002

c- Une section de production de l'eau traitée :

La production de l'eau traitée (eau déminéralisée, eau polie) est d'une capacité de 1200 m³/h. L'unité d'eau de déminéralisation doit traiter le condensat du procédé contenant de l'ammoniaque et l'eau dessalée contenant principalement du chlorure de sodium, qui ont traversé les membranes de l'unité osmose inverses. L'eau déminéralisée est stockée dans le réservoir d'eau déminéralisée 090T001.

L'unité de déminéralisation fonctionne avec deux trains d'une capacité de 100 % chacun, l'un est en fonctionnement, l'autre est en attente la régénération.

L'unité de polissage est exploitée dans quatre trains d'une capacité de 33 % chacun. Deux conduites fonctionnant à 100 % entraîneraient un surdimensionnement des lits mélangés sans amélioration de la sécurité de fonctionnement. Le traitement par le filtre à lit mélangé de l'unité 090 U200 fournit de l'eau entièrement déminéralisée, appelée eau polie, utilisée pour la génération de vapeur HP des chaudières autonomes 083U100/ U200/ U300 , l'eau polie est collectée dans le réservoir d'eau polie 090T002.

La longue durée du cycle des lits mélangés permet de réaliser une seule régénération par jour de l'un des quatre trains. Par conséquent, trois filtres sont toujours en opération et un en stand-by après la régénération. [4]

d- Les tours de refroidissement eau de mer :

Les tours de refroidissements eau de mer sont des tours semi-ouvertes d'une capacité globale de 53000 m³ / h.

e- Les Boucles fermées de refroidissements en eau polie :

Les boucles fermées de refroidissement sont conçues des échangeurs à plaques leur refroidissement fait par l'eau de mer, l'eau polie remplies les deux circuits fermées qui ont une capacité globale de 45000 m³ / h.

f- Unité de l'extinction d'incendie :

Le réservoir d'eau dessalée 089T002 d'une capacité de 6000 m³ fournit un volume minimum de 3000 m³ destinée à l'eau d'incendie et l'autre partie de 3000 m³ utilisée comme appoint vers l'unité de déminéralisation.

g- Un groupe de production d'azote :

Le groupe se compose d'une unité de production d'azote gazeux d'une capacité de 1800Nm³/h à une pression de 17 bars et un ballon cryogénique de stockage et d'expédition d'azote liquide D101, utilisé comme un réservoir de secours d'un volume nominal de 75 m³, les évaporateurs d'azote liquide produisent l'azote gazeux nécessaire au complexe Sorfert d'une capacité de 1500 Nm³ chacun, deux fonctionnent tandis que les deux autres en réserve. En outre, la pression et la température en aval des évaporateurs sont régulées afin de garantir une pression constante en amont et d'éviter une fuite d'azote liquide dans le réseau de distribution de gaz. Le vaporiseur d'accumulation de pression est un circuit fermé visant à accumuler et maintenir la pression dans le réservoir pendant le prélèvement de l'azote liquide. L'azote nécessaire au fonctionnement de l'unité est fourni à l'état liquide par camion citerne et stocké dans la cuve de stockage d'azote liquide 086D101 à une pression de fonctionnement de 18 bars relatifs (environ -159 C°). [5.6]

I.3.4- Zone 4

C'est la zone de stockage et de chargement; elle est constituée de :

-Côté site :

Un réservoir d'ammoniaque liquide d'une capacité de 15 000 m³.

Un hangar d'engrais d'une capacité de 100 000 m³.

-Côté port :

Deux (02) réservoirs d'ammoniaque liquide d'une capacité de 30 000 m³ chacun.

Une station de pompage d'ammoniaque liquide d'une capacité de 1000 m³/h.

Un (01) quai d'expédition avec (02) bras de chargement

I.4-Evolution d'ammoniaque :

La production de l'ammoniaque à partir de l'hydrogène et de l'azote a commencé selon la réaction de HABER-BOSCH en 1913 chez l'Oppau-Allemagne, en 1953 MW-KELLOGG à commencé sur son usine 165t/j à Houston le Texas Etats-Unis, basé sur le gaz naturel.

De nos jours, la plus grande usine d'ammoniaque est située en Arabie Saoudite, qui est de processus UHDE d'une capacité de 3000 t/j.

I.5-Evolution durée :

L'urée a été découverte dans l'urine humaine par H.M. ROULLE en 1773, en 1828 WOHLER a découvert, que l'urée peut être produite à partir d'ammoniaque et d'acide cyanidrique. En 1907 elle a été produite sur une petite échelle industrielle, après le développement de processus de l'ammoniaque par HABBET et BOSCH, la production d'urée à partir d'ammoniaque et de dioxyde de carbone a été développé rapidement et elle a pris place comme matière de base pour beaucoup de produits industriels (Urée engrais, sécurité alimentaire, santé et environnement). [7]

I.5.1-Définition de l'urée

L'urée est un composé organique de carbone, azote, oxygène et hydrogène sa formule chimique peut être écrite comme $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, CON_2H_4 , ou CN_2OH_4 .

I.5.2-Type d'urée

L'urée peut être produite à titre de granulés, flacons, cristaux et solutions, plus de 90 % de la production mondiale de l'urée est destinée à servir d'engrais, l'urée à la plus haute teneur

en azote de tous les engrais azotés solides d'usage courant (46,4 %), elle a donc les frais de transport plus bas par unité de nutriments de l'azote, elle est hautement soluble dans l'eau est donc également très appropriée pour une utilisation en engrais, solutions (en combinaison avec le nitrate d'ammonium

I.6-Conclusion :

La production d'ammoniac et de l'urée constitue une opération continue qui comporte un grand nombre d'unités de fabrication intimement liée .L'industrie pétrochimique en général est désignée comme source de pollution dans les effets peuvent être considérablement réduits ou atténués par la mise en application de solution technique.

Chapitre II

II.1.Introduction :

Le dessalement de l'eau marine ou saumâtre est un processus qui permet d'extraire les sels de l'eau afin de la rendre potable, l'utiliser pour l'irrigation, ou dans l'industrie pour alimenter les chaudières dans la production de vapeur ou comme fluide frigorigène.

Le complexe SORFERT possède deux procédés de dessalement eau de mer, un procédé d'osmose inverse et un procédé de dessalement à thermo compression.

II.2.Les eaux à dessaler :

La terre est recouverte d'eau à 71%. Cependant 98% de ce volume à une concentration en sel trop élevée pour être potable ou pour être utilisée dans l'irrigation ou dans l'industrie. Les sels présents dans l'eau sont responsables des problèmes d'encrassement et de corrosion des équipements industriels d'où la nécessité de traité totalement avant son utilisation.

II.3.Les besoins et les ressources en eau :

Sur le plan mondial, la demande en eau potable de bonne qualité est de plus en plus forte. En effet, la population augmente rapidement et les besoins en eau de l'industrie et de l'agriculture sont de plus en plus élevés. Les besoins en eau sont principalement répartis en 4 types de consommation :

- 55% de l'eau consommée sert à fournir de l'énergie (barrage hydroélectrique, refroidissement des centrales nucléaires, énergie géométrique).
- 18% est consommée par les particuliers.
- 15%est utilisée par l'agriculture.
- 12% est consacrée à l'usage industriel.

II.4.Classification des eaux :

Les eaux sont classifiées selon le tableau II.1 :

Tableau II.1 : Classification des eaux selon la salinité

Type d'eau	Salinité (mg/L)
Eau douce	<500
Eau légèrement saumâtre	1000-5000

Eau modérément saumâtre	5000-15000
Eau très saumâtre	15000-35000
Eau de mer	35000-42000

Les eaux saumâtres, qui proviennent habituellement des nappes souterraines, contiennent le plus souvent de 2000 à 10000 mg/L de matières dissoutes.

II.5.Utilisation de l'eau dans l'industrie:

L'histoire du développement industriel s'est construite en partenariat avec l'eau. Les usines se sont toujours implantées au bord de l'eau (rivière, canal, mer) pour des raisons diverses :

- Commodités du transport des matières premières et produits finis et aussi de rejet des sous-produits ou des déchets générés au cours des procédés de fabrication ;
- possibilités de faire accomplir à l'eau des tâches industrielles multiples et variées ;
- L'eau réunit un ensemble exceptionnel de propriétés physiques et chimiques : elle peut devenir solvant, fluide thermique ou tout simplement liquide facile à manipuler. Ce qui explique pourquoi l'eau est impliquée dans la plupart des fabrications industrielles.

Les usages de l'eau sont extrêmement variés dans l'industrie en général et même au sein d'un établissement, ce qui entraîne des contraintes de qualité très diverses, de la vaporisation en passant par le lavage de gaz ou de solides, ou l'échange thermique.

Les ressources d'eau disponibles à savoir les eaux souterraines (nappes phréatiques et profondes exploitées par des puits ou des forages) et les eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs et rivières) répondent malheureusement rarement à l'ensemble de ces contraintes. En outre, la qualité de la ressource peut subir des perturbations dont il convient d'évaluer les incidences. Pour toutes ces raisons, on est contraint très souvent de procéder à un traitement de l'eau avant son utilisation. L'eau potable du réseau public est celle qui satisfait à tous les usages industriels. En revanche, la taille et la situation des grandes usines les conduisent à utiliser des ressources différentes moins coûteuses pouvant aller jusqu'au dessalement de l'eau de mer. De plus, l'importance croissante des besoins quantitatifs qui s'avèrent très divers d'une activité industrielle à l'autre, mais aussi au sein d'une même activité selon les technologies mises en œuvre, justifie très souvent le recyclage de ces eaux, au niveau de certains usages en particulier le refroidissement et le lavage.

II.6. Techniques de dessalement d'eau :

Il existe essentiellement deux familles de technologies de dessalements utilisés dans le monde. Il s'agit notamment de technologies thermiques et de technologies à membranes. [1]

Les différents procédés de dessalement sont résumés sur le Schéma II.1 :

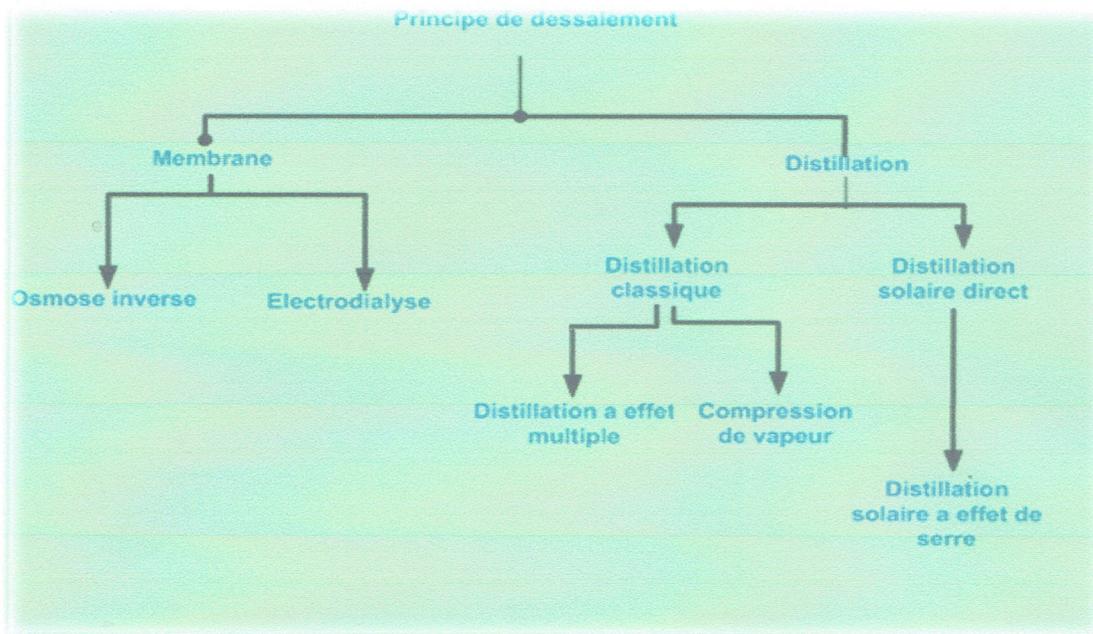


Figure II.1: Procédés de dessalement utilisés dans l'industrie

II.6.1. Les procédés à membranes :

Les principaux procédés à membranes utilisés dans le domaine du dessalement sont : L'osmose inverse et l'électrodialyse.

a- L'osmose inverse :

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen des membranes semi-perméables sous l'action de la pression. Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques de 10^{-7} mm de taille. [2]

L'énergie requise par l'osmose inverse est uniquement celle électrique consommée principalement par les pompes à haute pression. La teneur en sels de l'eau osmosée est de l'ordre de 0,5 g/l.

On appelle osmose le transfert de solvant à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration (Figure II.2).[2]

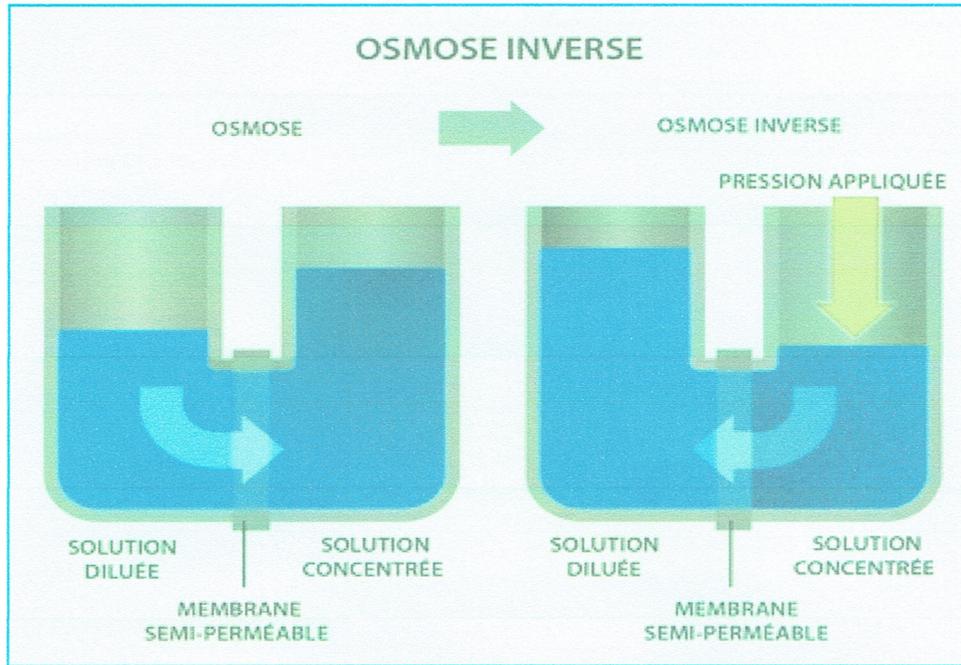


Figure II.2 : représentation de système d'osmose inverse

b-L'électrodialyse :

L'électrodialyse repose sur la mise au point et l'utilisation des membranes semi-perméables à l'eau sélectives pour les ions. Ainsi, seuls les anions peuvent traverser une membrane anionique et seuls les cations peuvent traverser une membrane cationique. (Voir Figure II.3).

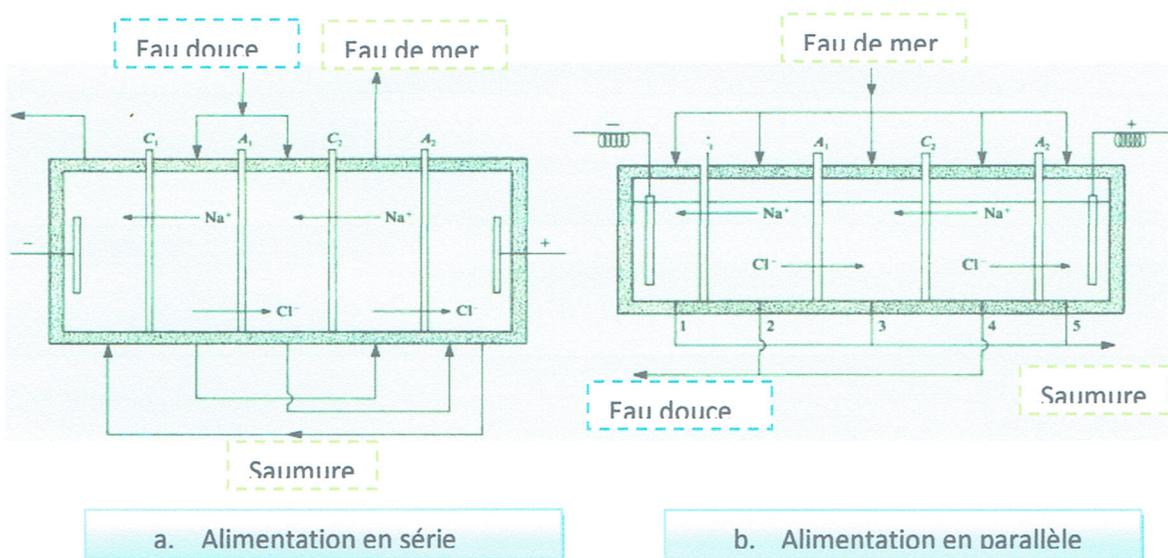


Figure II.3: Principe d'électrodialyse

II.6.2. Techniques de dessalement par distillation :

La distillation est un procédé qui comporte une vaporisation, une condensation et une récupération de la chaleur libérée par la condensation. On procède à la vaporisation en fournissant de l'énergie sous forme de chaleur (procédés thermiques) ou sous forme de travail mécanique (procédés par thermo compression).

Dans les distillateurs modernes, la température de travail varie entre 95 et 125°C°. La salinité de l'eau douce obtenue par ce procédé est toujours nettement inférieure à 100 mg/l. On doit donc reminéraliser l'eau mer lorsqu'elle est destinée à la consommation.

a. Distillation solaire :

La distillation solaire est utilisée pour produire de faibles quantités d'eau douce. Cette méthode, est utilisée principalement dans le sud de l'Espagne dans certaines îles grecques et en Polynésie. Elle permet d'approvisionner des familles, des villages et, exceptionnellement, de petites villes. (Voir figure II.4).

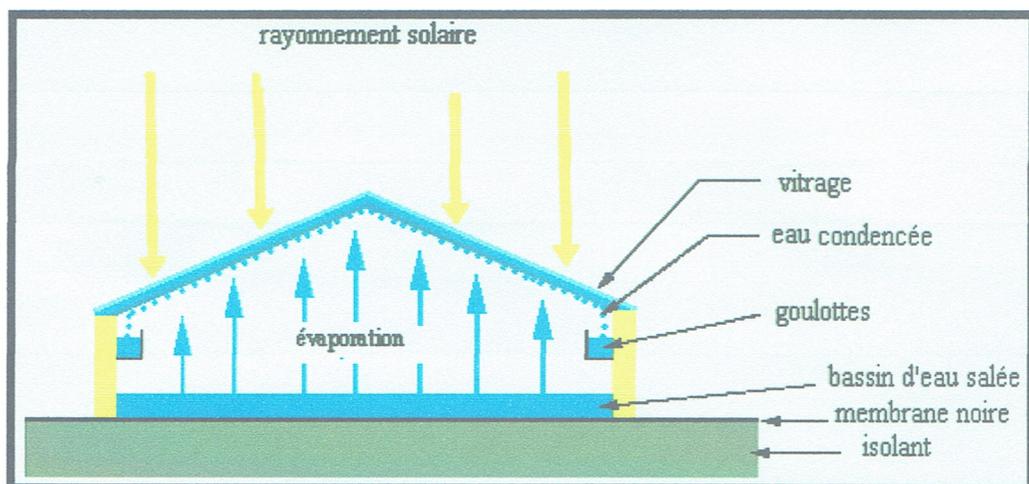


Figure II.4 : Distillateur solaire

L'énergie rayonnante de faible longueur d'onde traverse le toit de verre et est absorbée en grande partie par l'eau et par le fond noir du bac, pour être convertie en énergie thermique.

Le rayonnement de grande longueur d'onde émis par l'eau et par le fond du bac ne peut plus traverser le toit de verre. L'eau ainsi réchauffée produit de la vapeur d'eau : le toit de verre, refroidi par l'air et par le vent joue le rôle de condenseur. Dans un tel distillateur, la température de l'eau ne dépasse pas 70°C°.

On utilise par ailleurs de plus en plus de distillateurs solaires de grande superficie. On doit alors soit juxtaposer plusieurs petits distillateurs, soit construire un gros distillateur, qu'on cloisonne

pour en faciliter l'entretien. Des recherches ont montrés que le rendement d'un seul grand distillateur couvre la même superficie.[3]

b- Dessalement par distillation et compression :

b.1-Distillation à simple effet :

Ce procédé est mis en œuvre depuis longtemps sur les navires, où les moteurs Diesel émettent une quantité significative de chaleur récupérable. Son principe est simple : il reproduit le cycle naturel de l'eau. Dans une enceinte fermée, un serpentin de réchauffage porte à ébullition l'eau de mer (Figure II.5). La vapeur produite se condense au contact d'un deuxième serpentin alimenté par l'eau de mer froide. Un éjecteur (ou une pompe) évacue les gaz incondensables. Un groupe électropompe soutire l'eau condensée ; un deuxième pour l'eau de mer concentrée ou saumure.

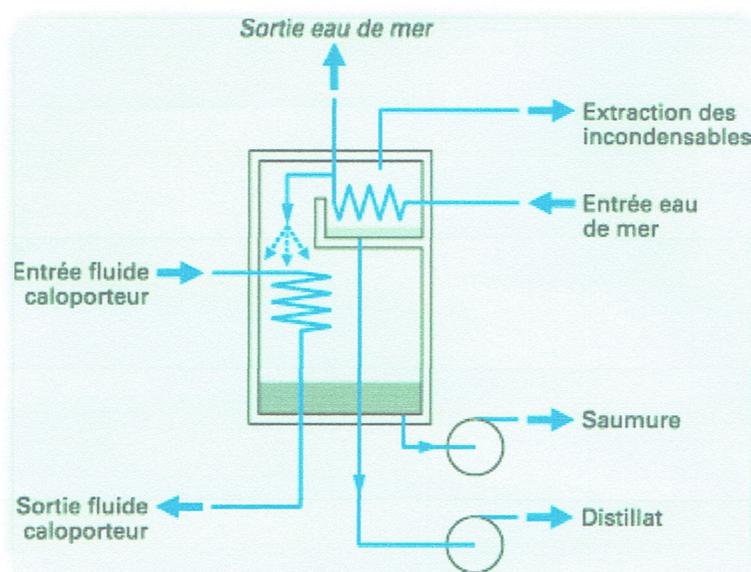


Figure II.5: Distillation à simple effet

b.2- Distillation à simple effet par compression MVC:

L'énergie est fournie par un compresseur, qui aspire la vapeur produite dans l'évaporateur et la comprime afin d'élever sa température à 105°C avant le refoulement dans un échangeur qui baigne dans l'eau de mer et récupérer la chaleur de condensation à un niveau de température supérieure à celle de la condensation normale (100°C).[4]

Le distillât chaud formé dans l'échangeur passe dans un réchauffeur qui baigne dans l'eau de

mer afin d'être évaporé et réchauffé. De plus cette eau de mer avant d'aller à l'évaporateur est réchauffée par la saumure concentrée, en provenance de l'évaporateur avant son rejet à la mer (Figure II.6).

L'économie de la consommation de la vapeur compense l'énergie électrique fournie au compresseur. Théoriquement cette méthode de distillation est la plus efficace que tous les autres procédés de distillation. Elle est avantageuse par une meilleure efficacité et la réduction d'encombrement, par contre ces inconvénients sont la quantité d'entartrage importante et l'entretien des machines tournantes qui sont nombreuses.

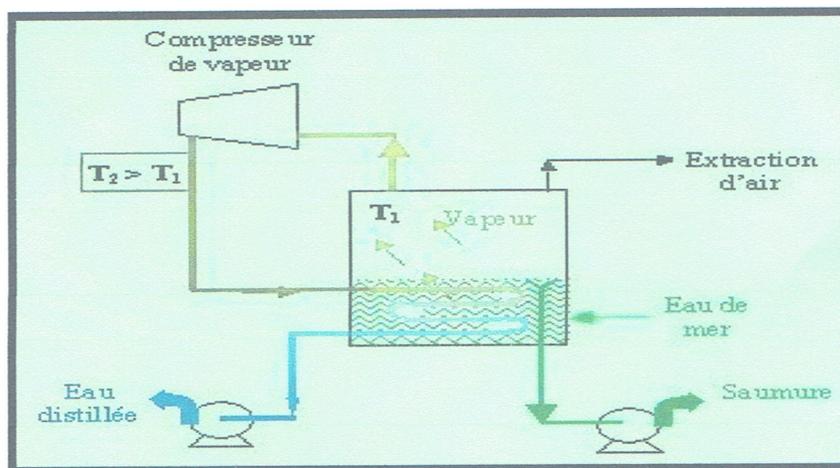


Figure II.6 : Distillation à simple effet par compression

b.3-Distillation à multiples effet par compression:

Plusieurs étages à simple effet peuvent être reliés entre eux en série et constituer ainsi un dessaleur multiples effets par compression. Dans ce cas, chaque évaporateur est équipé d'un compresseur. [5.6]

La distillât chaud passe par plusieurs réchauffeurs avant d'arriver sur celui du 1^{er} effet. Il en est de même pour la saumure concentrée. L'eau de mer entre dans le dernier étage et passe par une succession de réchauffeurs évaporateurs avant d'arriver sur le premier étage (voir Figure II.7.)

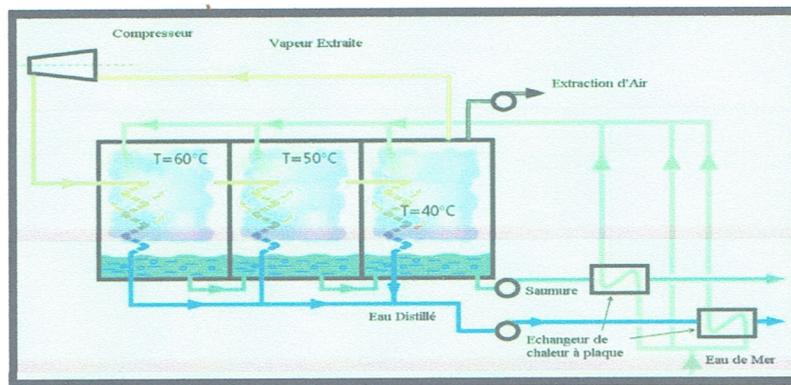


Figure II.7 : Distillation à multiples effet par compression MED

b.4-Distillation par thermo compression de vapeur :

La thermo compression consiste à recycler une partie de la vapeur secondaire en la réinjectant grâce au thermo compresseur avec la vapeur primaire. Le thermo compresseur est un éjecteur de vapeur qui fonctionne selon l'effet venturi. Un étranglement transforme la pression de la vapeur motrice (vapeur primaire) en énergie cinétique qui aspire une partie de la vapeur secondaire, le mélange obtenu en sortie du thermo compresseur possède une pression supérieure à la vapeur aspirée (donc une enthalpie ou une température supérieure).

Le thermo compresseur fonctionne selon un coefficient de reprise ; c'est à dire le rapport entre le débit de vapeur aspirée et le débit de vapeur motrice. Le coefficient de reprise est voisin de 1 dans les conditions classiques d'utilisation.

La thermo compression manque de souplesse. Son coefficient de reprise fluctue énormément et la pression de la vapeur motrice doit être supérieure à 6 bars (environ 10 bars dans les conditions habituelles). [7.8]

On combine souvent la thermo compression avec la concentration à multiples effets comme dans la Figure II.8:

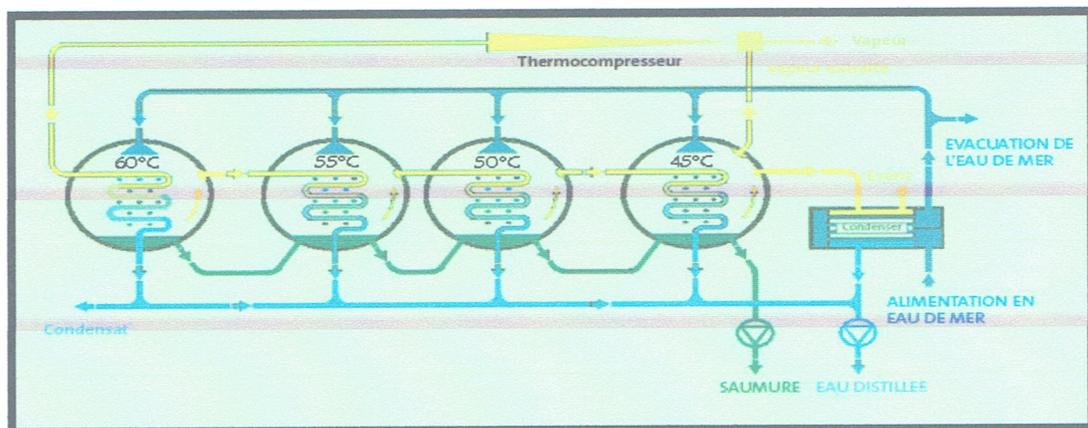


Figure II.8: Distillation par thermo compression de vapeur TCD

La combinaison des quatre étapes avec la thermo compression après le deuxième effet, permet d'évaporer environ 5 tonnes d'eau avec 1 tonne de vapeur motrice. Au lieu de recycler une partie de la vapeur secondaire, on peut recycler la totalité en augmentant son enthalpie grâce à un compresseur mécanique

b.5-Le procédé à détente étagées (Multi-Stage Flash distillation, MSF) :

Cette technique est quasiment identique à la précédente. Ce procédé a pour but de maintenir la pression durant la durée du chauffage. Une fois que la température est arrivée à 120 C°, elle est introduite dans un "étage" où la pression est faible.

Instantanément, une vaporisation par détente a lieu, appelée flash. Une partie de l'eau s'évapore et va se placer dans les tubes condenseurs en haut de l'étage. L'eau de mer chaude 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. Ce phénomène sera réutilisé dans le second étage où la pression est plus faible et ainsi de suite. Dans une unité MSF industrielle, on peut retrouver jusqu'à 40 étages. De même que pour la distillation multiple effets, le coût est réduit et seule la chaudière nécessite une énergie extérieure. (Voir la Figure II.9).[11].

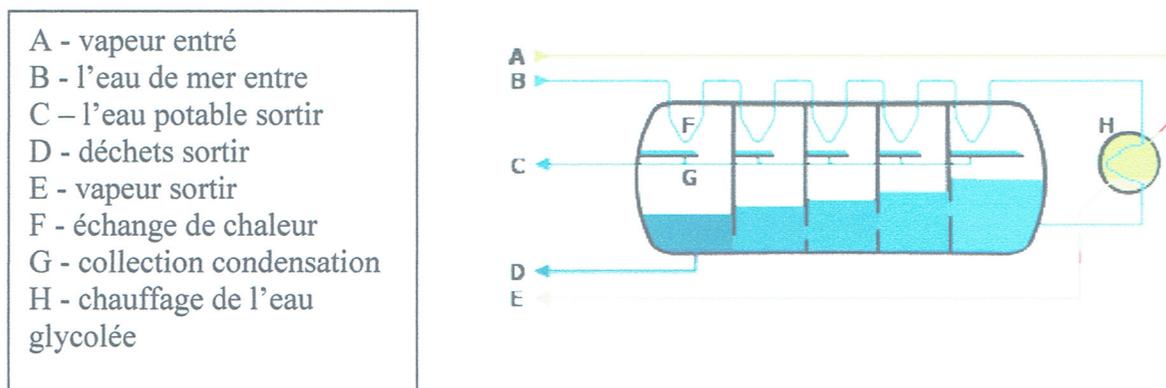


Figure II. 9: Schéma d'un « non recyclée » multi-stage flash dessalinisateur [12]

II.7. Comparaison des différents procédés de dessalement :

Le Tableau II.2 résume les performances et les conditions d'utilisation des différentes techniques de dessalement.

Tableau II.2 : La comparaison des procédés de dessalement eau de mer [9]

	(MSF) Multi-Stage Flash distillation	(MED) Multi Effet distillation	(TCD) Le procédé de distillation à thermo compression	MVC distillation a simple effet	(OI) osmose inverse
Temperature de fonctionnement (°C)	<120	<70	<70	<70	<45
Principal source	Thermique	Thermique	Thermique	Thermique Mécanique (via électricité)	Mécanique (via électricité)
Consommation d'énergie thermique (kWh/m ³)	12	6	21	Pas applicable	Pas applicable
Consommation électrique (kWh/m ³)	3.5	1.5	1.5	8-14	4-7
Salinité de l'eau brute (g/l)	30-100	30-100	30-100	30-50	1-45
Salinité de l'eau traitée (mg/l)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 500
Capacité d'un train (m ³ /j)	5000-60,000	500-12000	100-20,000	10-2500	1-5,000
avantage	Technique éprouvée	20 %moins cher que le MSF	Capacité, Robustesse	Simplicité	Modularité
inconvenients	Investissement, Consommation	Capacité plus faible que MSF	consommation	capacité	limitée fragilité

II.8. Critères de choix du procédé de dessalement :

Pour choisir un procédé de dessalement parmi les différents procédés existants, il faut tenir compte de plusieurs facteurs dont les principaux sont suit :

- La nature de la proportion des sels en solution : tenir compte du degré de salinité des eaux à dessaler afin d'assurer une eau dans les normes.
- Les ressources en énergie.

- L'aspect économique car le but est de produire de l'eau dessalée à des taux de consommation d'énergie et des couts faibles.
- Les facilités d'évacuation des déchets.
- Les ressources locales en personnel de fonctionnement et d'entretien.
- Les facilités d'approvisionnement en pièce de rechange et éventuellement en produits chimiques.
- L'importance de la production horaire ou journalière désirée.
- La valeur hygiénique de l'eau dessalée doit être prise en considération surtout si on veut utiliser cette eau comme eau de consommation.

La simplicité de construction et d'exploitation de ces installations est un facteur très important, mais il n'existe pas des dimensions optimales pour une unité de dessalement car tout dépend de la taille de la collectivité ou du complexe à alimenter.

II.9- Description du procédé d'osmose inverse et procède de dessalement

au niveau de sorfert:

Le complexe SORFERT possède deux procédés de dessalement eau de mer, un procédé d'osmose inverse et un procédé de dessalement à thermo compression.

II.9.1- procède d'osmose inverse:

L'unité comporte trois trains identiques dont les trois osmoses inverse sont conçues pour fonctionner normalement à 3×50%, deux fonctionnent et une en attente, la pompe d'eau filtrée 089P601A/B est conçue pour fonctionner à 2×100 % chaque pompe peut alimenter les trois O.I, afin d'éviter l'entartrage des membranes, l'ajout du produit antitartre est requis, l'antitartre est fournis par un conteneur IBC et transféré par une pompe de barils 089P619 à la cuve de détartrant 089D611 équipée de contacteur de niveau, l'agent est envoyé vers la conduite d'alimentation commune de la O.I à l'entrée par les pompes doseuses 089P611A/B. La compensation de chacune des trois O.I est identique, l'eau d'alimentation est filtrée par une cartouche filtrante 089F111A-C, ces cartouches doivent être remplacées si la pression différentielle est trop élevée, la pression est déduit à l'entrée et à la sortie Les cuves de pression O.I et les membranes 089F612A-C sont alimentées par des pompes HP 089P610A-C, la vitesse des pompes varie en fonction de fréquence, afin de compenser la différence du

flux de membrane selon les différences températures de l'eau entre l'été et l'hiver, le flux de filtrat est déduit du flux d'alimentation vers la pompe FIR089053A-C et de flux de concentrât FIT 089054A-C, le flux de concentrât et par conséquent la récupération d'eau ajoutés , le concentrât est refoulé vers la pures de l'eau de mer, tandis que le filtrat est collecté vers le réservoir d'eau dessalée. [10]

Au démarrage d'une O.I, le filtrat est tout d'abord dérivé vers la cuve de rinçage 089D613 et à partir de là vers la tubulure de vidange jusqu'à ce la conductivité atteint la limite, la cuve de rinçage est ensuite remplie de filtrat nécessaire. À l'arrêt d'une O.I une fois la cuve est remplie, le filtrat est envoyé vers le réservoir d'eau dessalée, si une O.I est démarrée la cuve de rinçage est d'abord vidangée afin de rendre le démarrage possible.

L'arrêt d'une O.I, le filtrat de la cuve de rinçage est utilisé pour déplacer le concentrât restant dans la cuve de pression après l'arrêt de la pompe HP, dans la cas contraire des problèmes surviendraient en raison de l'entartrage, le déplacement du concentrât est réalisé par les pompe d'eau de rinçage 089P613A-C, à basse pression l'eau pénètre en amont de la cartouche filtrante et reste sur le tuyau de concentrât jusqu'à ce que la cuve soit vide afin de produire un débit suffisant, une dérivation autour de la vanne du concentrât est ouvert. Afin de réduire le nombre de nettoyage des membranes en raison de l'encrassement, les membranes doivent être désinfectées une fois par semaine, les O.I doivent être arrêtées et un biocide est ajouté à l'eau de rinçage par une pompe doseuse 089P614, qui prélevée le biocide dans la cuve pour l'agent nettoyant 089D614. Tous les O.I arrêtées pendant plusieurs jours doivent être conservées, un conservateur est être ajouter à l'eau de rinçage en fonction des fonctionnements de la qualité de l'eau brute et de type de pollution, en résultant un nettoyage des membranes est effectué en utilisant la cuve de circulation 089D616 et la pompe circulation 089P616.(voir Figure II.10)

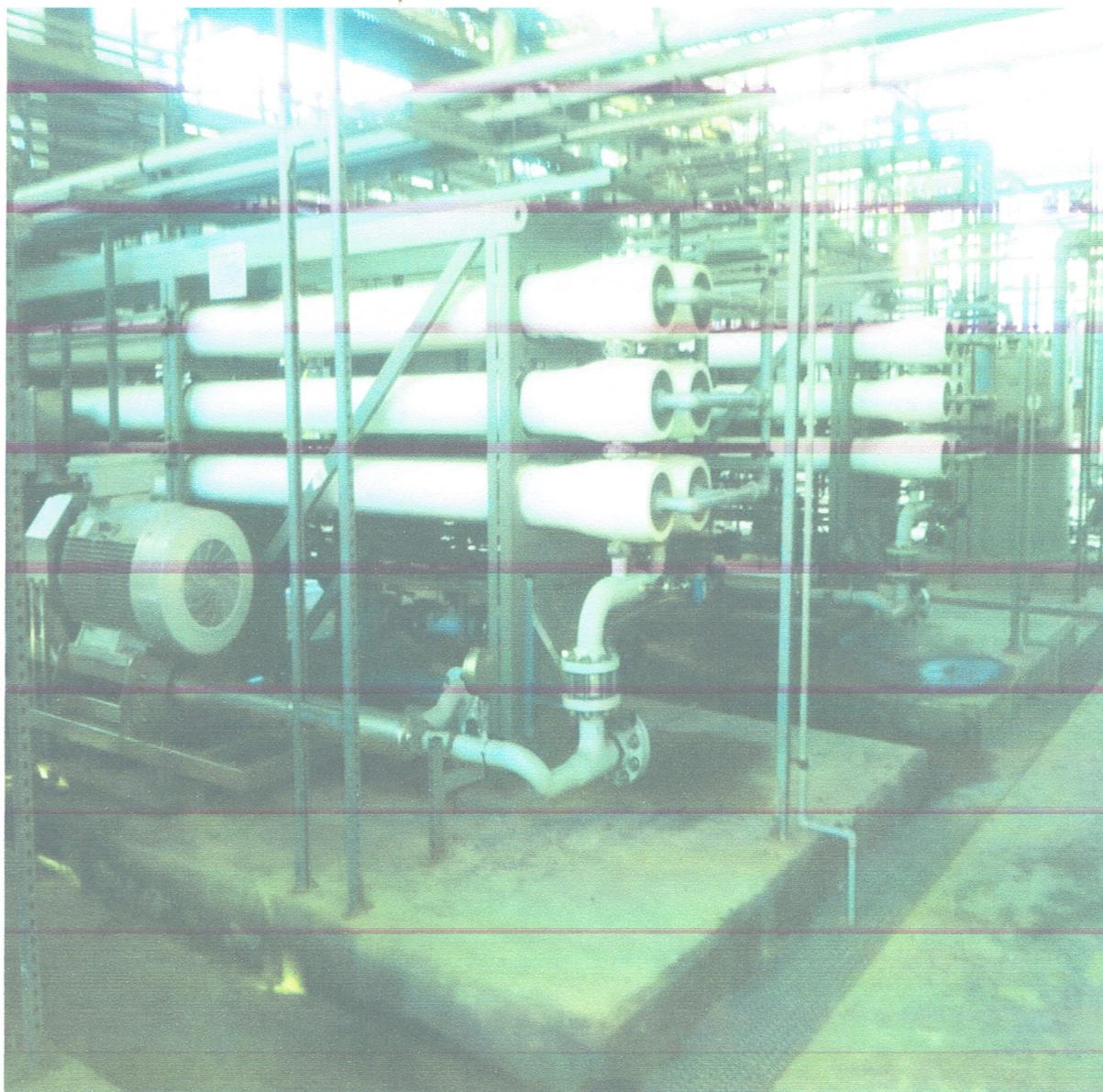


Figure II.10 : Procédé de dessalement à osmose inverse

II.9.2-Description du procédé de distillation TCD (ejecto-compression):

Le principe de fonctionnement consiste à la distillation par thermo-compression (TCD) et la distillation à effet multiples (MED). Ces unités dessalent l'eau de mer par un procédé d'évaporation et condensation par le biais de deux cellules d'évaporateur et un condenseur, tous les sels restent dans la saumure, donc la vapeur condensée est pratiquement exempte de sel. Afin d'améliorer le rendement thermique de la distillation à effet multiples les unités de dessalements utilisent un procédés de pompe à chaleur (TCD), à travers un thermo-compresseur. [3] (Voir Figure II.11)



Figure II.11 : Procédé de dessalement à thermo compression U.510

a-Alimentation en eau de mer :

L'eau de mer est alimentée depuis la conduite d'admission d'eau de mer, le débit eau de mer représentée l'alimentation des cellules d'évaporateur 089E511A/B et le refroidissement de la production de distillats par le biais du refroidisseur de distillats 089E513. Entre 330-630 m³/h d'eau de mer sont fournis à l'unité à une pression de 2.7 bar avec une température qui peut varier entre 10-30°C, 1^{er} partie EDM entre 211 et 425 m³/h passe à travers le condenseur, la deuxième partie de 118.9 m³/h est envoyée à l'échangeur eau dessalée 089 E513, cet échangeur à plaques est utilisé pour refroidir l'eau dessalée produite à une température inférieure à 40 °C. En aval de l'échangeur eau dessalée, l'eau de mer est envoyée à la

tuyauterie de rejet, un indicateur de température et un manomètre de pression indique la T/P de sortie EDM, une partie d'eau de mer en sortie de l'échangeur eau dessalée est envoyée à l'entrée EDM pour augmenter la température dans le condenseur. Une pompe booster 089 P515 extrait l'EDM de l'échangeur eau dessalée et une partie d'eau provenant de la ligne de rejet condenseur dans certain cas, l'eau est envoyée à l'entrée EDM en amont du condenseur principal. Dans le condenseur principal l'énergie provenant de la condensation de la vapeur réchauffe l'EDM jusqu'à sa température nominale de 54 C°, un indicateur de cette température situé en aval des filtres EDM, un capteur de pression différentielle contrôle la permutation des filtres.

b- La cellule d'évaporation /condenseur :

Une cellule d'évaporateur comporte principalement une chambre d'évaporation dotée

d'un système de pulvérisation d'eau en son sommet, un puisard de saumure et des condensats/distillat à la base, un faisceau tubulaire de chauffage/condensation et de brumisateur à la sortie vapeur. Après son préchauffage par le condenseur et sa filtration par le filtre 089F511A/B, le débit eau de mer entre 330 m³/h est divisé en deux afin de pulvériser de 165m³/h chaque cellule d'évaporateur, sur la ligne d'arrosage de la cellule 1, l'EDM de 165 m³/h traverse le condenseur d'éjecteur 089 F515A/B dans laquelle se réchauffe de 54 C° à l'entrée et de 55C° à la sortie grâce à l'énergie provenant de la condensation de la vapeur et sur la ligne d'arrosage de la cellule 2, l'EDM de 165 m³/h est directement envoyée à la cellule 2.

c- L'évaporateur E 511 A/B :

Dans la première cellule 1^{ère} effet, l'EDM est acheminée vers les buses qui distribuent l'EDM sur le faisceau tubulaire en assurant un bon mouillage des tubes et un bon coefficient d'échange, l'EDM s'écoule sur la surface extérieure des tubes, l'énergie transformée par la vapeur provenant du thermo-compresseur 089F514, se condense à l'intérieur des tubes ;réchauffe l'eau jusqu'à une température de 40C° et l'EDM commence à s'évaporer, l'eau non évaporée saumure est envoyée dans la cellule 2 par une différence de pression des deux cellules. La chaleur de condensation de la vapeur permet l'évaporation d'une partie de cette eau de mer à basse température et pression, la vapeur produite passe dans le debrumisateur est condensé dans le faisceau tubulaire de chauffage de la deuxième cellule 089E511B. Cela se produit à une température inférieure à celle dans la première cellule, afin de permettre

davantage d'évaporation malgré la température basse, la pression à l'intérieur de la deuxième cellule est inférieure à celle à l'intérieur de la première cellule et l'excès de la vapeur produite dans la deuxième cellule est condensée dans le condenseur, une pompe saumure extrait de la cellule 2 vers la tuyauterie de rejet à une pression de 3.5 bar.[5]

Les Figures II. 12 /II.13 représentent les cellules d'évaporation du procédé TCD U.510



Figure II.12 : La cellule d'évaporation de l'unité de dessalement U .510



Figure II.13 : La cellule d'évaporation de l'unité de dessalement U .510

d-Thermo compresseur et le système sous vide

Afin d'augmenter le rendement thermique de la distillation, l'unité est dotés d'un Thermo compresseur (éjecteur à vapeur), le thermo compresseur 089F514 draine de la vapeur de l'évaporateur de la 2^{ème} cellule 089 E511 (effet basse température). A travers l'injection de la vapeur primaire et les recomprimées en les mélangeant à suffisamment de vapeur primaire pour évaporer l'eau de mer dans la première cellule 089E515, le système sous vide aspire les gaz non condensable (matière inerte) hors du condenseur et consiste en une thermo compression à deux étages 089F515A/B comprenant deux condenseurs 089E515A/B, le lire thermo compresseur est entraîné par une vapeur de chauffage de moyenne pression qui aspire la matière inerte hors du condenseur.

La vapeur refoulée est partiellement condensée dans le 1er condenseur 089E515A du système de mise sous vide, la vapeur et les matières inertes restantes sont aspirées par le thermo compresseur suivant 089F515B également entraîné par la vapeur de moyenne pression. La condensation finale se produites dans le 2^{ème} condenseur 089E515B, les condenseurs sont refroidis par de l'eau de mer de la cellule 1, les gaz non condensables restants rejetés dans l'atmosphère, afin d'évacuer le système pendant le démarrage, un thermo-compresseur de démarrage 089F516 est installée, la pompe de l'eau dessalée peut extraire de condenseur par est envoyée dans la ligne de l'eau dessalée à une pression de 4.5 bar, la qualité de l'eau produite est contrôlée par un transmetteur de la conductivité.[3]

e-Dosage de produits chimiques

Les systèmes de dosages des agents antitartre et anti mousse font partie de l'unité de dessalement, les systèmes destinés aux agents antitartre et anti mousse, se composent de réservoir de stockage 089D511 doté d'un agitateur 089N511 pour l'agent antitartre et de réservoir de stockage 089D512 doté d'agitateur 089N512 pour l'agent anti mousse les deux agents sont dosés en contenues et préparés séparément. Deux pompes doseuses 089P517A/B pour le pompage de l'antitartre (solution diluée) sont installées, ainsi que deux pompes 089P518A/B pour le pompage de l'agent anti mousse.(voir Figure II.14)

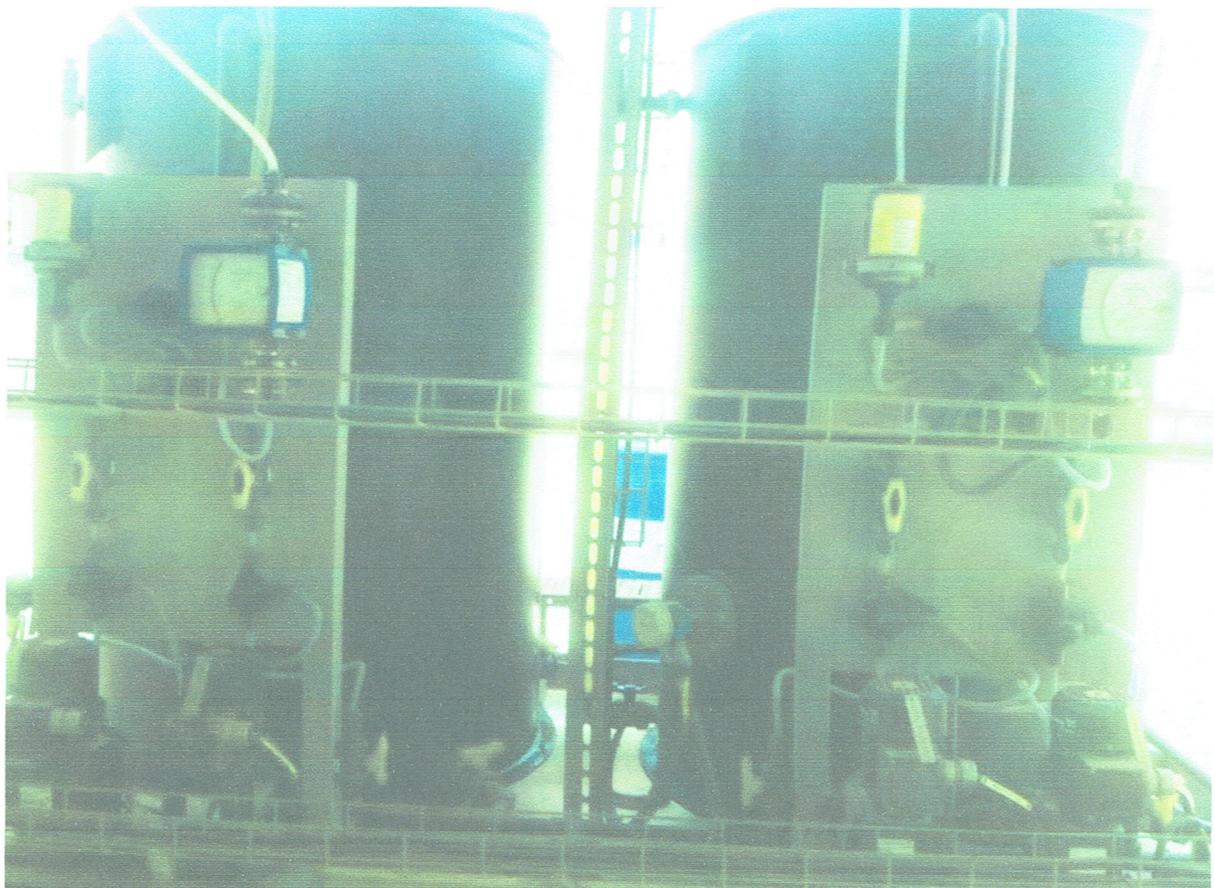


Figure II.14-Station de dosage chimique

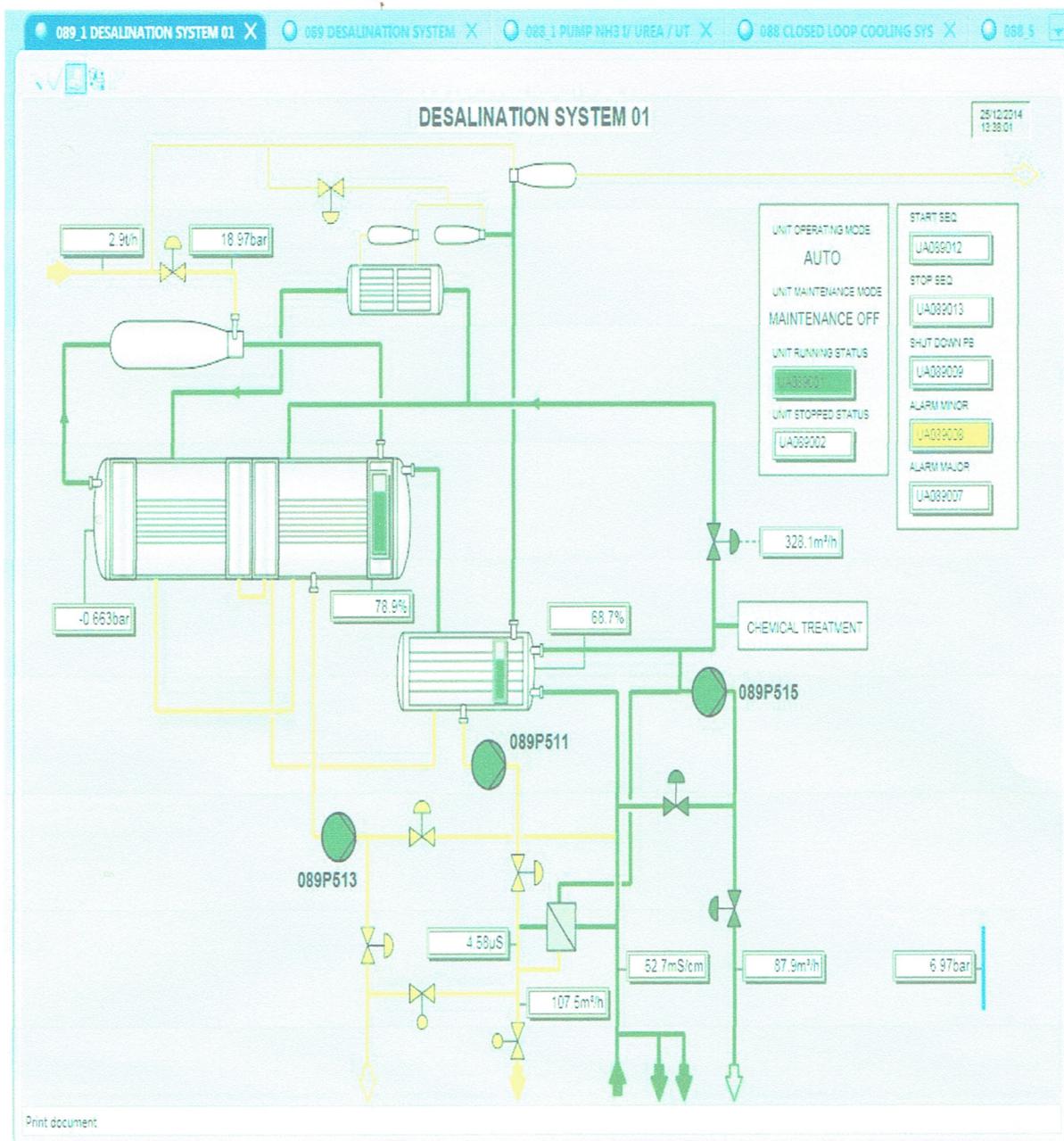


Figure II.15 : L'unité de dessaleur système

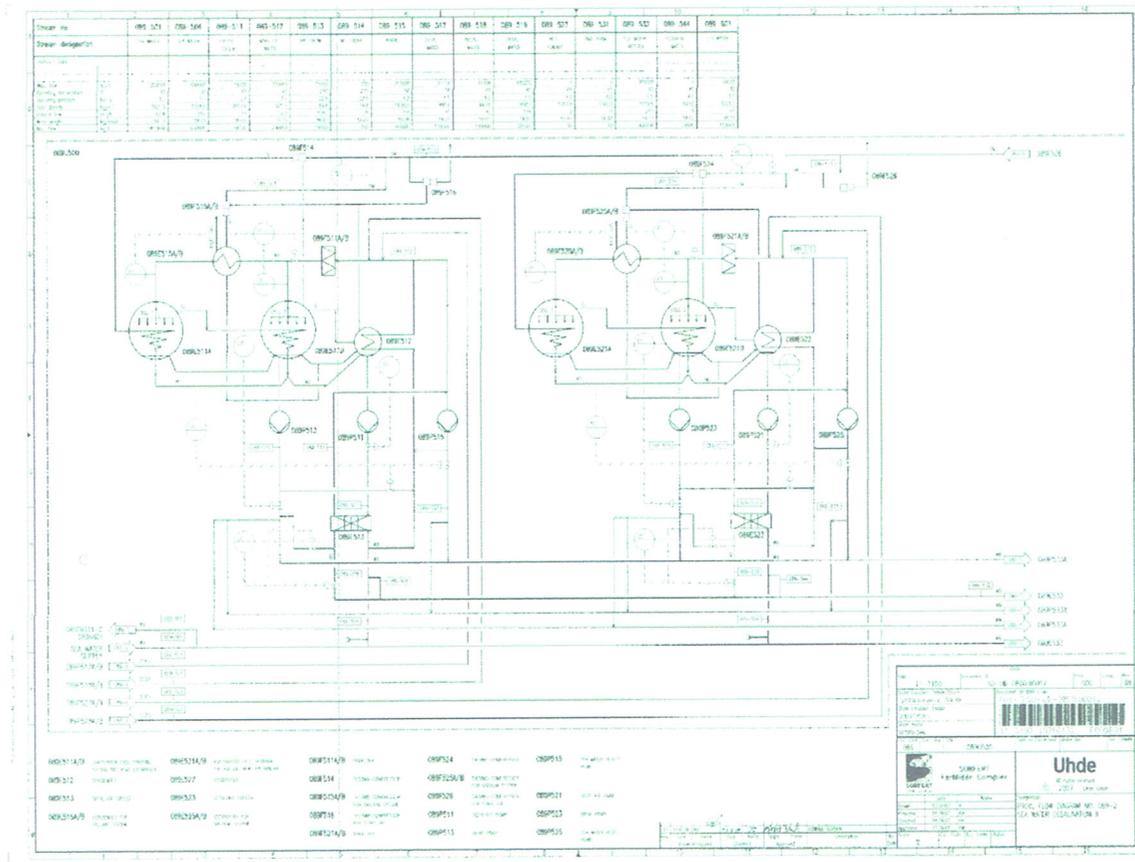


Figure II.16 : Schéma en PFD du procédé de dessalement TCD

II.10-Conclusion :

Le dessalement des eaux de mer et des eaux saumâtres par le procédé de dessalement par thermo compression est une solution qui a prouvé son intérêt pour subvenir au besoin en eau potable dans le complexe sorfert .le procédé de dessalement par thermo compression est une technique de vaporisation. ce procédé permet l'élimination des sels et des substances organiques présentes dans l'eau à traiter ainsi qu'une des bactéries.

Chapitre III

III.1.Introduction:

L'eau déminéralisée est également connue comme de l'eau déionisée. La fabrication d'une eau déminéralisée consiste à forcer le passage de l'eau à travers un lit de résines échangeuses d'ions pour en enlever les ions chargés .L'eau déminéralisée se rapproche de l'eau de pluie, peu minéralisée. [1]

III.2.Production de l'eau déminéralisée :

Cette eau sert à alimenter l'unité de déminéralisation, l'unité est conçue pour fournir de l'eau polie en quantité nécessaire pour l'exploitation de l'unité d'ammoniaque/d'urée, compris les unités hors site et services.

L'eau déminéralisée est produite à partir de condensat du procédé prétraité et d'eau de mer dessalée provenant de l'unité de dessalement thermique 089 U500, à partir de laquelle l'eau mieux dessalée est directement acheminée vers l'unité de polissage 089U200. [2]

L'eau déminée produite est récupérée et stockée dans le réservoir de l'eau déminéralisée 090T001 d'une capacité de 3500 m³.(voir Figure III.1)



Figure III.1: L'unité de déminéralisation et de polissage

III.2.1. L'équipement de l'unité de déminéralisation 090U100 :

Chaque train comprend :

- Cartouche filtrante 090F105A/B
- Echangeur de cations d'acides forts 090F106A/B
- Echangeur d'anions, base faible et forte 090F107A/B
- Crépines pour résine (cation et anion) 090F108 / 090F109A/B
- Pompe de circulation d'eau 090P103A/B

La cuve de mélange d'eau 090D101 et les pompes 090P102A/B, les cuves de rinçage pour les échangeurs de cations et d'anions 090D103/104 dotées d'éjecteurs 090F116/117, ainsi que le réservoir d'eau de déminéralisation 090T001 et les pompes d'eau de déminéralisation 090P001A-D servent aux deux conduites. Un échangeur de chaleur est fourni pour le refroidissement de condensat 090E001. [1]

III.2.2. Description de l'unité déminéralisée 090U100:

L'eau dessalée provenant de l'unité dessaleur . et les condensats de procédé issus des unités d'ammoniac et d'urée sont acheminés vers la cuve de mélange d'eau 090D101. A partir de cette cuve, la pompe d'eau mélangée 090P102 A/B alimente les trains de déminéralisation. Ces pompes sont contrôlées par la fréquence afin de maintenir les trains en fonctionnement continu aussi longtemps que possible à des débits variables sans démarrage/arrêt fréquents.

Chaque conduite de procédé déminéralise 100 % de la charge hydraulique nominale. Un train fonctionne tandis que le deuxième train est régénéré et en attente.

Chaque train doit fonctionner 12 heures entre deux régénérations ,en fonction du débit de l'eau dessalée, cette période peut être plus ou moins courte. La durée de régénération d'environ 2,5 heures laisse suffisamment de temps pour réaliser les travaux de maintenance et de réparation jusqu'au démarrage du cycle . La pompe d'eau mélangée 090P102A/B génère une pression de 8 bar, ce qui permet à l'eau de traverser les étapes suivantes du traitement sans pompage ultérieur, puis de circuler librement dans le réservoir d'eau déminéralisée 090T001 à environ 15 m de haut.

L'eau d'alimentation est acheminée vers la cartouche filtrante 090F105 A/B (de rinçage, manuelle) afin d'extraire les particules fines d'un calibre de 5 µm ou plus. Ainsi, l'échangeur de cations est protégé contre les engorgements et les pertes de capacité d'échange. De plus, la chute rapide de pression dans le lit de résine peut être évitée de cette manière.

Si la chute de pression de ce filtre augmente jusqu'à 0,8 bars, l'ensemble des cartouches doit être lavé à contre-courant et elles doivent être remplacées si la chute de pression dépasse 1,5 bar.

L'échangeur de cations 090F106 A/B fixe les ions calcium, magnésium, sodium, potassium et de métaux lourds dans la matrice de résine organique. La quantité d'ions libérés est l'équivalent d'ions hydrogène H^+ qui ont été liés auparavant avec de l'acide sulfurique pendant la régénération.

C'est la raison pour laquelle l'eau quittant l'échangeur de cations est très acide. La procédure d'échange d'ions peut être répétée un millier de fois.

En aval de l'échangeur de cations, la crépine pour résine 090F108 A/B est installée de manière à éviter les pertes de résine en cas de tuyères cassées à l'intérieur des cuves de résine. L'eau acide pénètre ensuite dans l'échangeur d'anions 090F107 A/B où le sulfate, le chlorure, le nitrate, le phosphate, le carbonate et les ions silice (et peut-être les composés métalliques anioniques) sont extraits en libérant des ions hydroxyles OH^- de la matrice de résine. Ces ions hydroxyles avaient été fixés auparavant à la matrice par régénération avec de la soude caustique. Avec les ions hydrogène, les ions hydroxyles forment une eau neutre et génèrent un produit pur.

Les cations et anions extraits sont lavés pendant la régénération avec de l'acide sulfurique [H_2SO_4] =1% et 5 % et de la soude caustique [$NaOH$] =1%, ce qui forme des sels en même temps qu'un excédent d'ions sodium et sulfate. Ces sels entraînent une concentration relativement élevée de solides dissous d'eaux usées mais cet excédent est nécessaire pendant la régénération pour un rendement optimisé du traitement.

L'échangeur de cations et d'anions doit être mis en service en mode lit fluidisé si l'eau pénètre dans la cuve par le bas et la quitte par le haut. Le meilleur rendement d'échange d'ions est atteint en association avec le débit à contre-courant de régénérant, ainsi qu'une faible chute de pression et une faible consommation de produits chimiques.

Débit à contre-courant signifie meilleure qualité de l'eau déminéralisée car la résine à proximité de la sortie d'eau entre en contact avec la concentration de régénérant la plus élevée et la plus rentable et la procédure de nettoyage suivante commence ici avec de l'eau déminéralisée non polluée.

Une résine mono sphérique dont le diamètre des perles se situe dans une faible plage est préférée, et également des résines de structure macroporeuse de l'échangeur d'anions de base faible, afin d'éviter les étranglements en raison d'impuretés. L'échangeur de cations d'acides forts et l'échangeur d'anions de base forte ont une structure en forme de gélule.

Le lit fluidisé requiert un débit minimum pour être maintenu plaqué solidement au fond de la tuyère supérieure. Si l'alimentation en eau est inférieure à 120 m³/h, la pompe de circulation d'eau 090P103 A/B est mise en service afin d'augmenter le débit. Les perles de résine compressées offrent une meilleure qualité d'eau que les perles tourbillonnaires.

Afin d'éviter un contact direct entre les petites perles et les tuyères rainurées, une petite couche de résine inerte est insérée. La matière inerte se trouve toujours au sommet en raison de sa densité plus faible.

L'eau déminéralisée traverse la deuxième crépine pour résine 090F109 A/B et s'écoule dans le réservoir d'eau déminéralisée 090T001, pouvant stocker 3500 m³.

L'eau déminéralisée y est mélangée avec des condensats de turbine faiblement pollués est ensuite polie dans l'unité de polissage 090U200 par des filtres à lit mélangé. [1]
(voir Figure III.2-III.3)

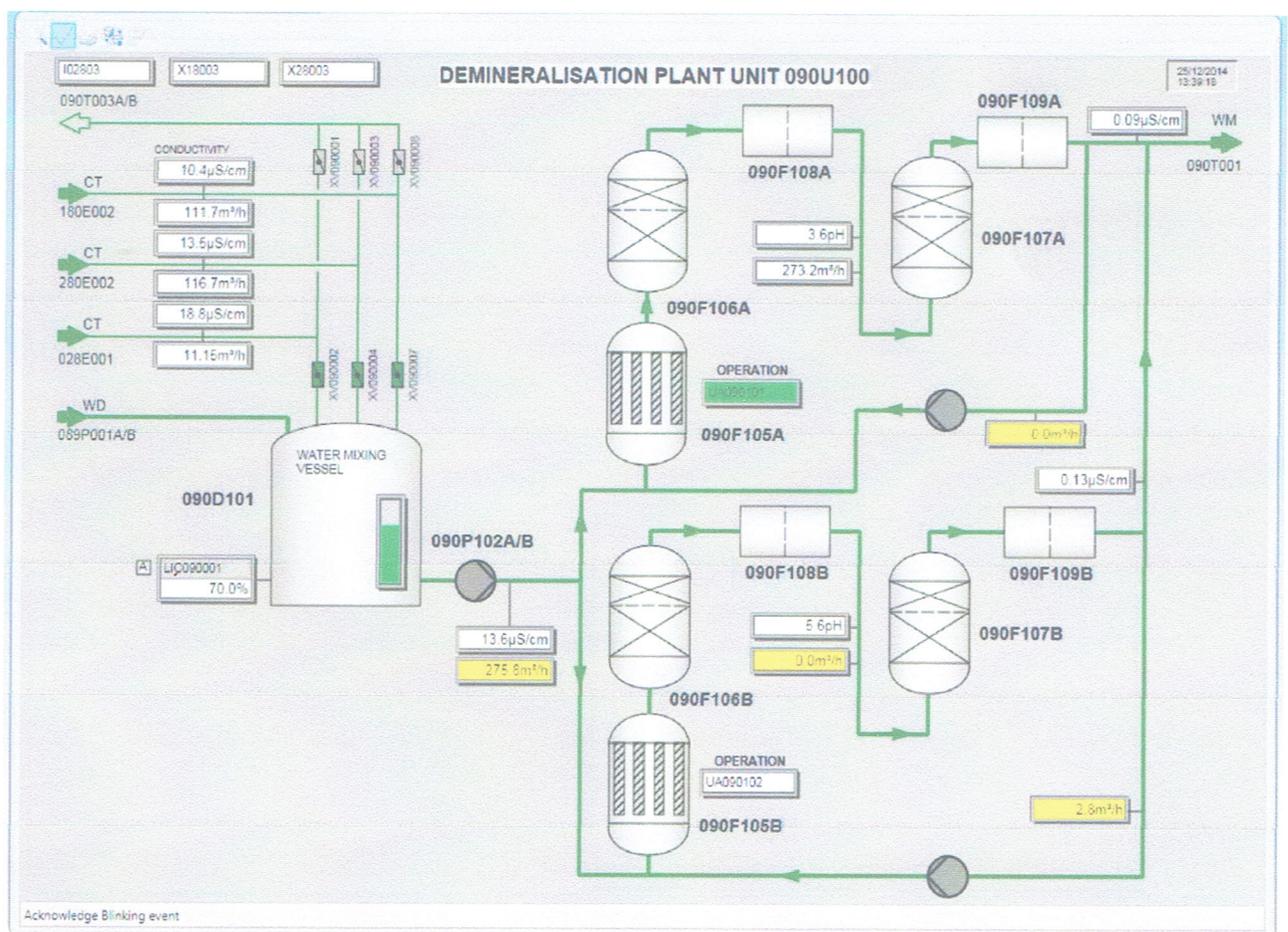


Figure III.2 : Unité de déminéralisation 90U100

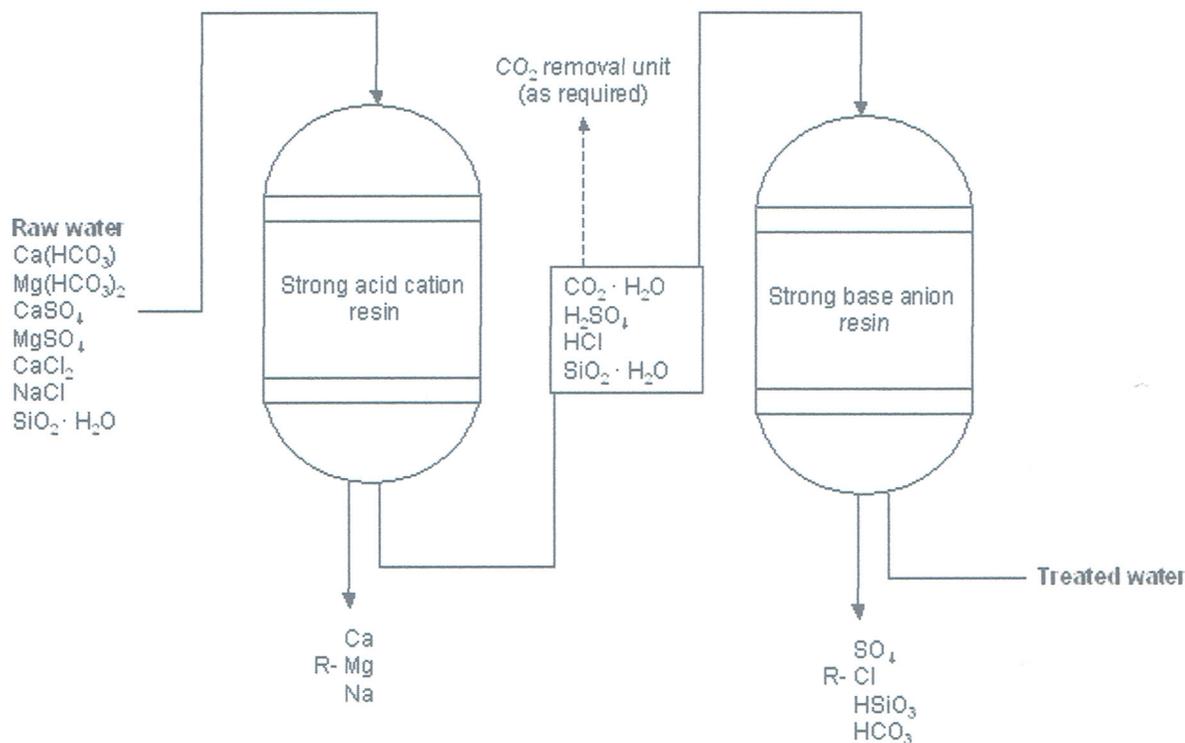


Figure III.3 : Unité de déminéralisation.[5]

III.2.3. Traitement de résine :

La régénération est déclenchée par :

- Dépassement du débit maximal au niveau de l'échangeur de cations / d'anions ($>3600 \text{ m}^3/\text{h}$)
- Dépassement de la durée maximale de fonctionnement de l'échangeur d'anions / de cations ($>12 \text{ h}$)
- dépassement de la conductivité maximale dans l'échangeur d'anions ($>5 \text{ uS}$)
- Dépassement du pH maximal en aval de l'échangeur de cations (réglage effectué pendant la mise en service)
- Déclenchement manuel par l'opérateur

Une fois la régénération lancée, le train en attente est mis en service pour délivrer un flux ininterrompu d'eau déminéralisée.

L'eau de régénération est prélevée dans le réservoir d'eau polie 090T002. Les pompes d'eau de régénération 090P202 A/B fournissent l'eau polie pour la dilution d'acide sulfurique et de soude caustique. Les produits chimiques et l'eau sont mélangés dans un mélangeur statique 090N110 et 090N120 pour produire respectivement une solution d'acide sulfurique

A/B. L'acide
gement 090P110 depuis
e de stockage.
miné via un sécheur d'air 090F110 et un filtre à
furique par l'humidité de l'air.
cuve de soude caustique 090D110 et
B. La soude caustique est
gement 090P120

changeur statique par la pompe doseuse 090P121 A/B. La soude caustique est
des installations par le biais de la pompe de déchargement 090P120
dans un tuyau sur le râtelier à tuyaux vers la cuve de stockage.

air 090F111, afin d'éviter la dilution d'acide sulfurique par l'humidité de l'air.

La soude caustique à 50 % est stockée dans la cuve de soude caustique 090D110 et transférée au mélangeur statique par la pompe doseuse 090P121 A/B. La soude caustique est fournie dans le périmètre des installations par le biais de la pompe de déchargement 090P120 depuis le camion et dirigée dans un tuyau sur le râtelier à tuyaux vers la cuve de stockage.

Il est nécessaire de noter que la chaleur de la tuyauterie et de l'équipement traitant la soude caustique concentrée doit être suivie électriquement afin d'empêcher la solidification à une température ambiante inférieure à 20 °C.

Si le dosage de la quantité de produits chimiques calculée est terminé et a traversé les lits de résine, l'excédent nécessaire doit être lavé avec davantage d'eau de régénération, afin d'obtenir la qualité d'eau déminéralisée requise juste au début du cycle suivant. Le volume d'eau de lavage peut être égal à 3 à 6 fois le volume de lit de résine. Le train préparé est en attente. [1] (voir les Figures III.4 ,III.5 ,III.6)

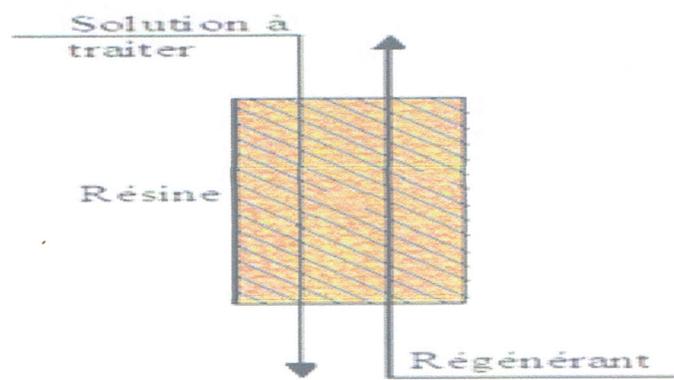


Figure III.4 : Régénération a contre courant

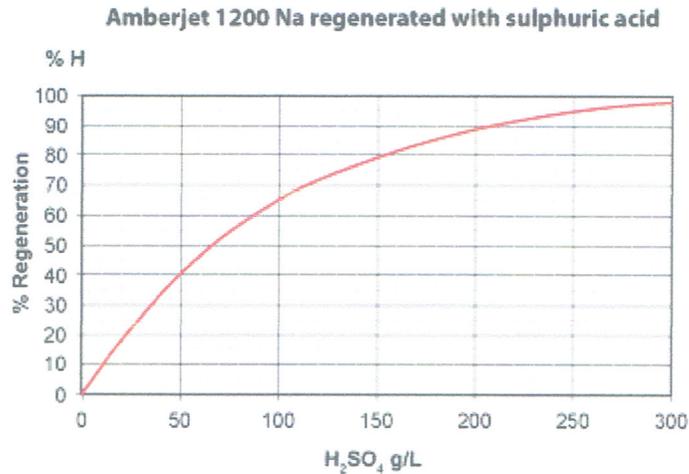


Figure III.5 : Régénération par H₂SO₄

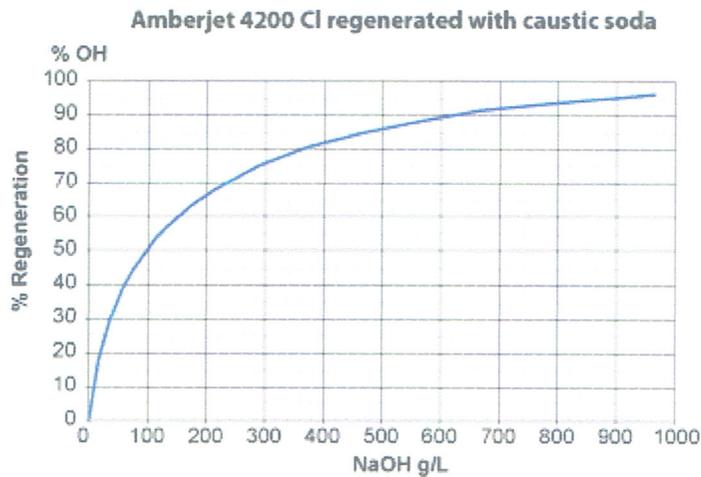


Figure III.6 : Régénération par NaOH

III.2.4. Rinçage de résine :

En l'espace de quelques mois, la résine cationique et anionique est polluée essentiellement par des matières organiques adsorbées dans la matrice de résine.

Si la capacité de résine est remarquablement réduite, ce qui est indiqué par un cycle de fonctionnement plus court, la résine peut être traitée par un procédé spécial.

Pour cette raison, la cuve de rinçage 090D103 est prévue pour l'échangeur de cations et la cuve 090D104 pour l'échangeur d'anions. La résine est transférée hydrauliquement vers

la cuve de rinçage, traitée et renvoyée avec de l'eau déminéralisée via l'éjecteur dans la cuve d'échangeur vide.

La procédure de traitement doit être discutée avec le fabricant de la résine après l'analyse soignée de la résine. Normalement, des concentrations plus élevées d'acide et de soude caustique sont suffisantes pour revenir à la capacité de charge précédente.

Le lavage de la résine doit également être déclenché si la chute de pression devient plus importante. Des perles cassées peuvent être générées par tous les changements de volume dus aux régénérations du collecteur ou par contrainte mécanique / thermique et peuvent être facilement lavées dans la cuve de rinçage. [1](voir Figure III.7)

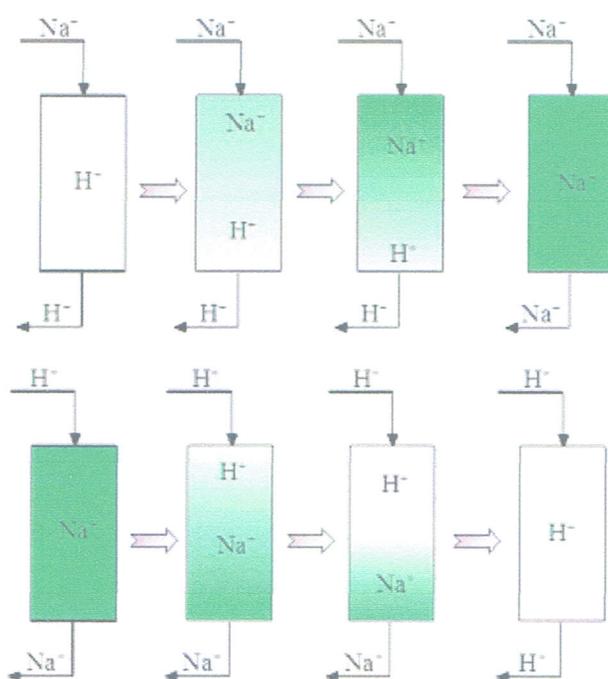


Figure III.7 : principe de rinçage de résine

III.3. production de l'eau polie :

L'eau polie est produite à partir d'eau déminéralisée, de l'eau dessalée et de condensat des turbines / vapeur très faiblement polluée.

Le traitement par le filtre à lit mélangé de l'unité 090U200 fournit de l'eau entièrement déminéralisée utilisée pour la génération de la vapeur HP dans les chaudières autonomes 089U100/200/300, l'eau polie est collectée dans le réservoir d'eau polie 090T002.

Cette eau sert à alimenter les chaudières pour la production de vapeur, en outre cette eau est utilisée aussi comme fluide de refroidissement pour certains équipements mécanique. [2]

III.3.1. L'équipement l'unité de polissage 090U200 :

Chaque train comprend :

- Cartouche filtrante 090F201A-D
- Filtre à lit mélangé, contenant des résines cationiques échangeuses d'ions (acides forts) et des résines anioniques échangeuses d'ions (base forte) 090F202A-D
- Crépine pour résine 090F203A-D

La soufflerie d'air pour le mélange de résine 090K201A/B, le réservoir d'eau polie 090T002 et les pompes d'eau polie 090P002A-D servent aux quatre conduites.

Système de régénération et de neutralisation (commun à la déminéralisation et au polissage) :

- Pompes d'eau de régénération 090P004A/B
- Pompes doseuses H₂SO₄ 090P111A/B
- Cuve de stockage d'acide sulfurique 090D110
- Pompes doseuses NaOH 090P121A/B
- Cuve de dosage de soude caustique 090D120
- Bassins de neutralisation des eaux usées 090T003A/B avec pompes 090P003A/B

III.3.2. Unité de polissage 090U002 :

Les condensats de vapeur et de turbine provenant des unités d'ammoniac et d'urée, et l'eau déminéralisée de l'unité 090U100 sont acheminés vers le réservoir d'eau déminéralisée 090T001. Les condensats de vapeur et de turbine sont refroidis à 45 °C au moyen d'un échangeur de chaleur de condensat de turbine 090E001 avant de pénétrer dans le réservoir.

Ce réservoir est relié à la pompe d'eau déminéralisée 090P001 A-D afin d'alimenter les trains de polissage en eau déminéralisée.

Chaque conduite de procédé déminéralise 33 % de la charge hydraulique nominale. Trois trains fonctionnent tandis que le quatrième train est régénéré et en attente.

Chaque train doit fonctionner pendant 72 heures entre deux régénérations. En fonction de la quantité d'eau dessalée, cette période peut être plus courte ou plus longue. La durée de régénération d'environ 4 heures laisse suffisamment de temps pour réaliser les travaux de maintenance et de réparation jusqu'au démarrage du cycle .

La pompe d'eau déminéralisée génère une pression de 6 bar, ce qui permet à l'eau de traverser les étapes suivantes du traitement sans pompage ultérieur, puis de circuler librement dans le réservoir d'eau polie 090T002 à environ 21 m de haut, d'une capacité de 10 000 m³.

L'eau déminéralisée est envoyée vers les cartouches filtrantes 090F201 A-D (de rinçage, manuelle) afin d'extraire les particules fines d'un calibre de 5 µm ou plus. Ainsi, les filtres à lit mélangé sont protégés contre les étranglements et les pertes de capacité d'échange et la chute rapide de pression dans le lit de résine peut être évitée.

Si la chute de pression de ce filtre augmente jusqu'à 0,8 bars, l'ensemble des cartouches doit être lavé à contre-courant et elles doivent être remplacées si la chute de pression dépasse 1,5 bars.

Les filtres à lit mélangé 090F202A-D en aval sont remplis de résines cationiques échangeuses d'ions (acides forts) et de résines anioniques échangeuses d'ions (base forte).

Une résine mono sphérique dont le diamètre des perles se situe dans une faible interval est préférée. Dans le cas Sorfert avec de l'eau correctement prétraitée, la structure de la résine en forme de gélule est tout à fait suffisante et plus économique par rapport aux spécifications, car la capacité de charge est supérieure à celle de la résine macroporeuse.

La résine cationique échangeuse d'ions fixe les ions calcium, magnésium, sodium, potassium et davantage de métaux lourds dans la matrice de résine organique. La quantité d'ions libérés est l'équivalent d'ions hydrogène H⁺ qui ont été liés auparavant avec de l'acide sulfurique pendant la régénération.

La résine anionique échangeuse d'ions fixe le sulfate, le chlorure, le nitrate, le phosphate, le carbonate et les ions silice (et peut-être les composés métalliques anioniques), puis ils sont extraits en libérant des ions hydroxydes OH⁻ de la matrice de résine.

Ces ions hydroxydes avaient été fixés auparavant à la matrice par régénération avec de la soude caustique. Avec les ions hydrogène, les ions hydroxydes forment une eau neutre et génèrent un produit plutôt pur. La procédure d'échange d'ions peut être répétée un millier de fois.

Les cations et anions extraits sont lavés pendant la régénération avec de l'acide sulfurique et de la soude caustique, ce qui forme des sels en même temps qu'un excédent d'ions sodium et sulfate. Ces sels entraînent une concentration relativement élevée de solides dissous d'eaux usées mais cet excédent est nécessaire pendant la régénération pour un rendement optimisé du traitement.

A la sorte des lits mélangés, les crépines pour résine 090F203 A-D sont installées de manière à éviter les pertes de résine en cas de tuyères cassées à l'intérieur de la cuve de résine.

Enfin, l'eau polie circule dans le réservoir d'eau polie 090T002. L'air respirable de ce réservoir est acheminé par la biais d'une cuve d'absorption de CO₂ 090 D201A/B, afin d'éviter une nouvelle dissolution du CO₂ (dioxyde de carbone) dans l'eau, ce qui entraînerait une conductivité plus élevée et pourrait créer ultérieurement des problèmes de corrosion dans le système de dégazeur / chaudière.

L'eau polie est pompée par les pompes d'eau polie 090P002A-D vers les différents consommateurs. Normalement, 3 des 4 pompes d'eau polie sont en fonctionnement. [2] (voir Figure III.8 ,III.9)

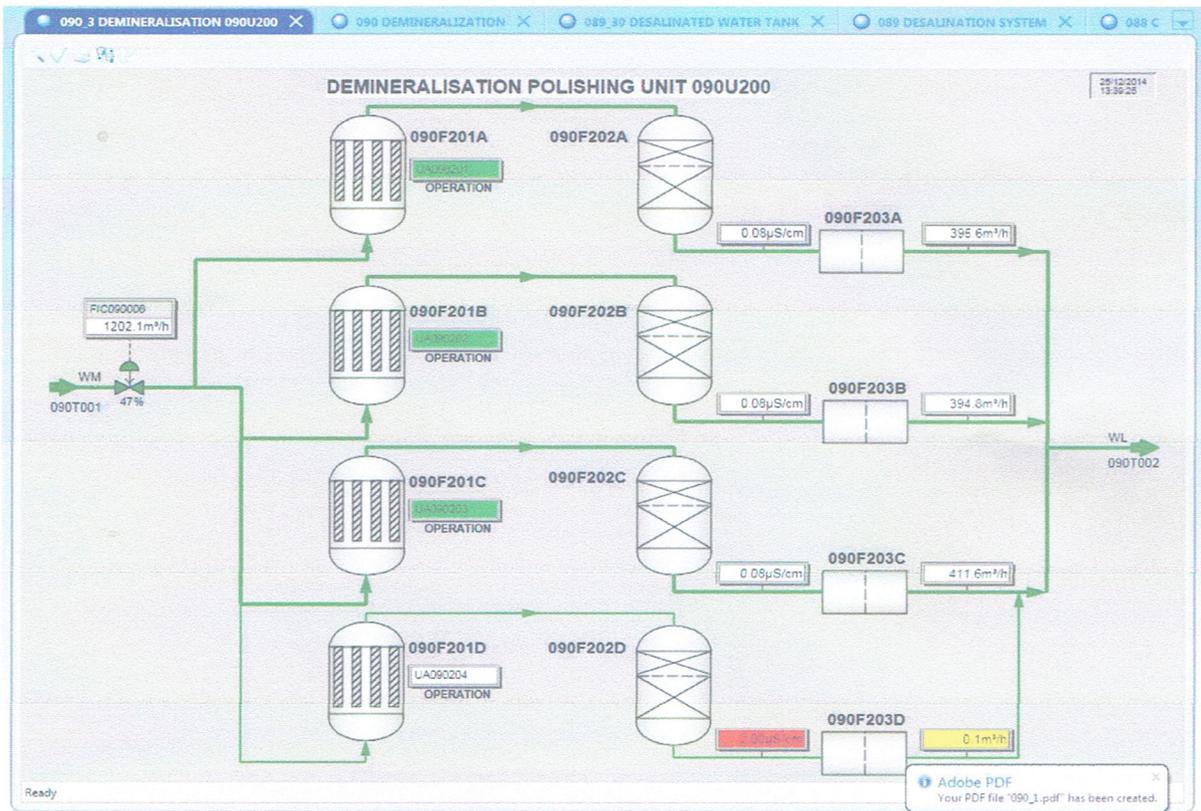


Figure III .8: Unité de production d’eau polie 090U200

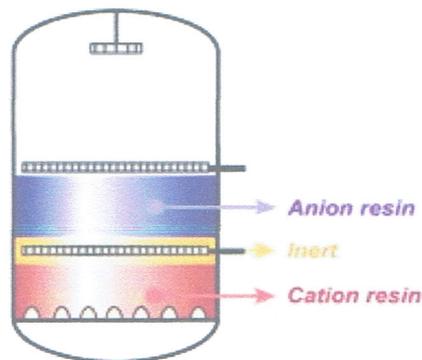


Figure III.9 : Echangeur a lit mélangé

III.3.3. Traitement de résine lit mélangé :

Une régénération du train de polissage est déclenchée dans les conditions suivantes :

- dépassement du débit maximal
- dépassement de la durée maximale de fonctionnement 72h
- dépassement de la conductivité maximale dans l'eau polie ($>0,2$ uS)
- déclenchement manuel par l'opérateur

Contrairement au procédé de lit fluidisé, les lits mélangés circulent en mode Courant descendant.

Un système de distribution d'eau doit être installé à la place du deuxième fond de tuyère. De la résine inerte n'est pas nécessaire dans un tel système.

Les produits chimiques pour la régénération sont alimentés simultanément par le bas acide H_2SO_4 et par le haut soude caustique NaOH, (voir Figure III.10) les eaux usées produites sont retirées par un système de collecte spécial (également équipé de tuyères) au centre et refoulées vers le bassin de neutralisation.

Les lits mélangés présentent une autre particularité : la densité apparente différente de la résine cationique et anionique nécessite un autre mélange après la régénération. Ceci est effectué avec de l'air comprimé fourni par la soufflerie d'air 090K201 NB. Cette dernière est installée afin d'éviter une consommation élevée de l'air instruments plus coûteuse.

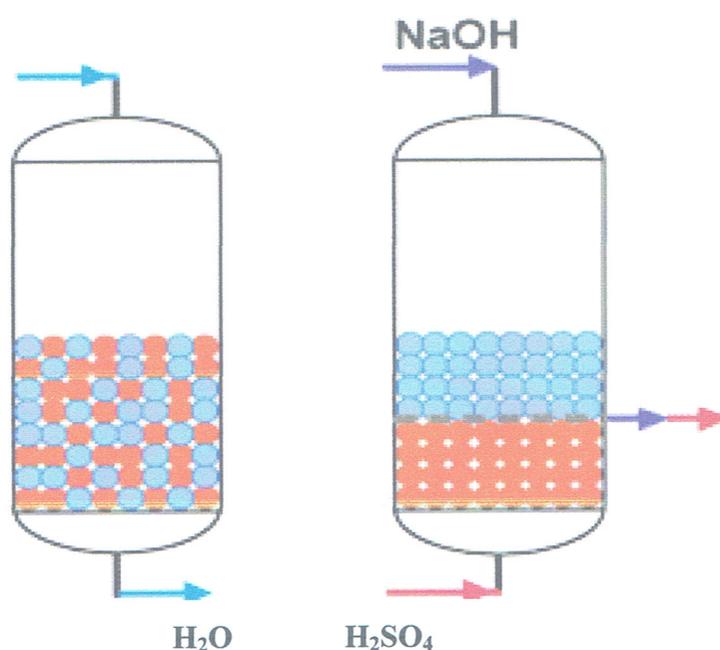


Figure III.10. Lit mixte en service et en régénération

III.4. Contrôle du procédé :

L'ensemble de l'unité d'eau de déminéralisation et toutes ses étapes de procédé (notamment la régénération / la neutralisation des eaux usées) fonctionne automatiquement et est commandé à partir d'un dispositif de commande local avec PLC intégré. Les fonctions et les paramètres principaux peuvent également être contrôlés dans la salle de commande avec DCS.

La commutation automatique entre train en attente et train en fonctionnement (et inversement) est incluse.

Le démarrage des étapes du procédé et l'arrêt pour une interruption du procédé peuvent également être déclenchés manuellement et avec une prise en charge automatique ultérieure.

Des alarmes optiques et acoustiques sont disponibles.

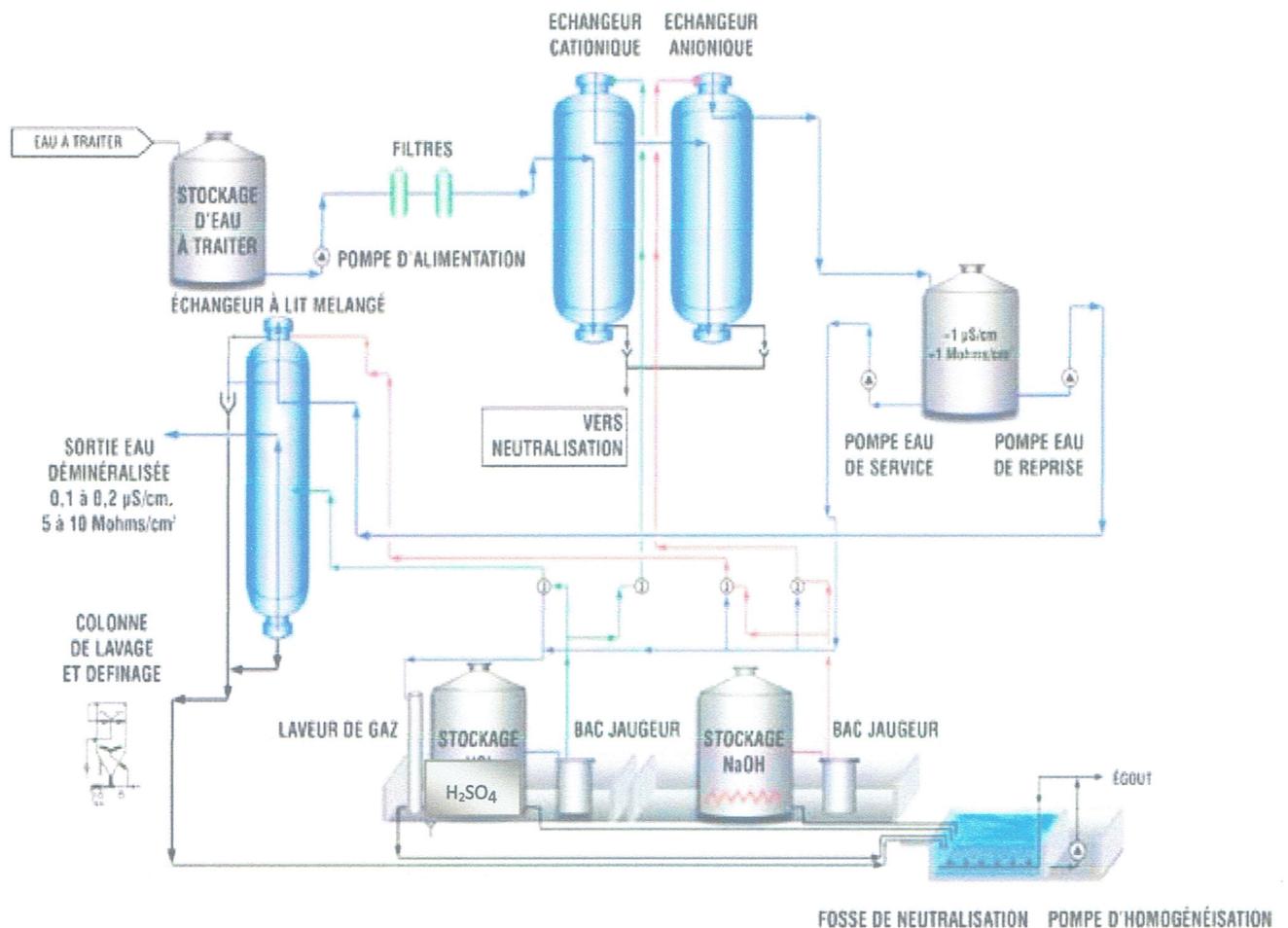


Figure III.11:Schéma générale sur le procédé de déminéralisation

III.5. Chiffres et analyse de production :

Tableau III.1 : Tableau des chiffres d'unité d'eau de déminéralisation 090U100 :

DESCRIPTION	UNITÉS	CHIFFRES
Sortie d'eau déminéralisée (net)	m ³ /h	247
Débit d'alimentation max. (y compris compensation des eaux usées)	m ³ /h	300
Température	C°	40-45
Durée entre deux régénérations	h	12

Tableau III.2 : Tableau des chiffres d'unité de polissage 090U200 :

DESCRIPTION	UNITÉS	CHIFFRES
Sortie d'eau polie (net)	m ³ /h	1100
Débit nominal (brut)	m ³ /h	1200
Température	C°	45
Durée entre deux régénérations	h	72

Tableau III.3 : Tableau des analyses d'unité d'eau de déminéralisation 090U100 :

L'eau déminéralisée en aval de l'échangeur d'anions doit satisfaire aux exigences de qualité suivantes :

Paramètre	Unité	Quantité
Valeur du pH	pS/cm	6 — 8
Conductivité	uS	5
Solides totaux en suspension (TSS)	Mg/l	Non détectable
Solides totaux dissous (TDS)	mg/l	<5
Calcium	mg/l	0.1
Magnesium	mg/l	0.1
Sodium	mg/l	1.0
Ammoniac	mg/l	1.0
Fe total	mg/l	0.05

Chlorure	mg/l	1.0
Sulfate	mg/l	0.5
Nitrate	mg/l	0.01
Silice SiO ₂	mg/l	0.05

Tableau III.4 :Analyse d'unité de polissage 090U200

L'eau polie en aval du filtre à lit mélangé doit satisfaire aux exigences de qualité suivantes :

Paramètre	Unité	Quantité
Valeur du pH		6-8
Dureté		non détectable
Conductivité	uS/cm	0.2
Solides totaux en suspension(TTS)	mg/l	non détectable
Solides totaux dissous (TDS)	mg/l	<0.2
Calcium	mg/l	<0.02
Magnésium Mg	mg/l	<0.02
Sulfate SO ₄ ⁻	mg/l	<0.02
Chlorure	mg/l	<0.02
Silice SiO ₂	mg/l	<0.02
Sodium Na	mg/l	<0.02
Ferreux Fe	mg/l	<0.02

III.6. Principes physico-chimiques de déminéralisation :

Si vous remplacez tous les cations dissous dans l'eau par des ions H⁺ et tous les anions par des ions OH⁻, ceux-ci vont se recombinaison pour former de nouvelles molécules d'eau. Pour y parvenir, il vous faut une résine échangeuse de cations sous la forme H et une résine échangeuse d'anions sous la forme OH. Tous les cations et anions de l'eau seront échangés, et le résultat net est une "disparition" complète des contaminants ionisés. La réaction d'échange de cations sera : [4]



Dans ces équations, R' représente la résine échangeuse de cations. L'échange est illustré dans la figure 12. La résine est initialement sous forme hydrogène (H⁺). Les anions ne sont pas montrés dans cette illustration. Vous voyez qu'un ion calcium Ca⁺⁺ pénétrant dans la résine cause la sortie de deux ions H⁺, tandis qu'un ion Na⁺ est échangé contre un ion H⁺.

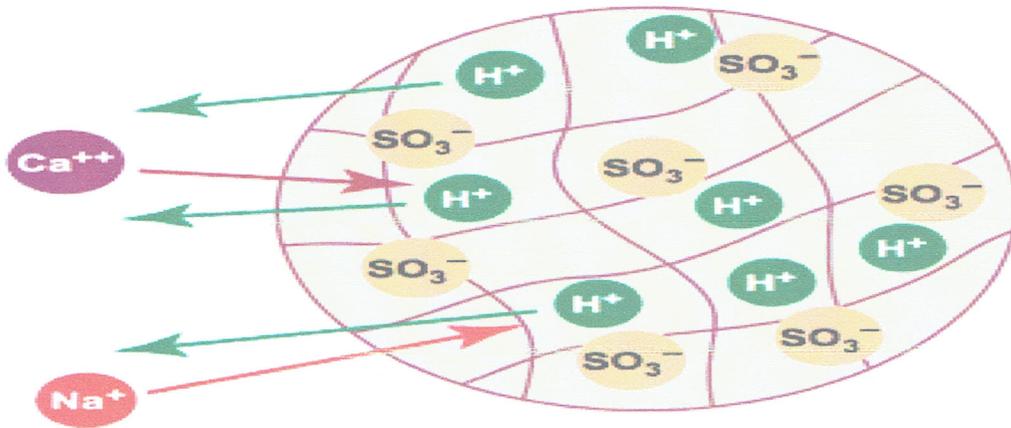


Figure III. 12 : Décationisation (les cations sont remplacés par H⁺).

De la même façon, une résine échangeuse d'anions sous forme OH⁻ peut éliminer tous les anions :



où R'' représente la résine échangeuse d'anions. Tous les anions sont remplacés par des ions hydroxyde (OH⁻). Il n'y a pas ici d'illustration de cet échange d'anions, car il est en tout point semblable à l'échange de cations illustré par la figure 13.

À la fin du processus d'échange, les billes de résine ont fixé tous les cations et anions présents dans l'eau et les ont remplacés par des ions H⁺ et OH⁻ ions. Les résines sont presque entièrement saturées (Figure III.13).

Ces ions H⁺ et OH⁻ se recombinent instantanément pour créer de nouvelles molécules d'eau :



Les contaminants ionisés ont été fixés sur les deux résines (Na⁺, Ca⁺ et Mg⁺ sur l'échangeur de cations, Cl⁻, SO₄⁻² et HCO₃⁻ sur l'échangeur d'anions) et l'eau a été **complètement déminéralisée**. Sa salinité est réduite à presque rien, quelques ions qui ont pu s'échapper des colonnes de résine, et que l'on appelle **fuite ionique**.

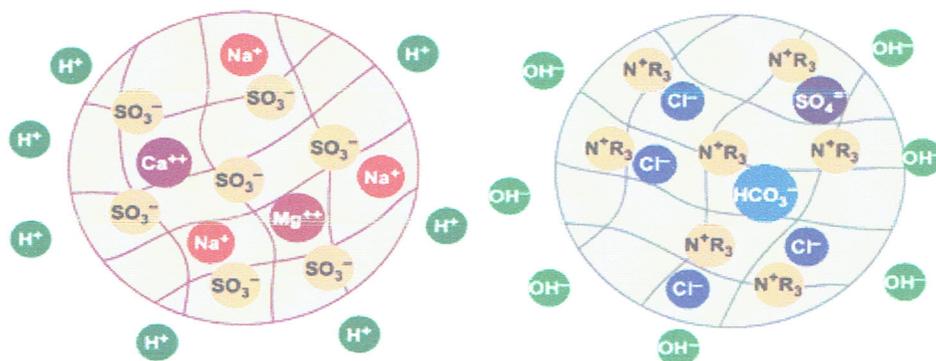


Figure III. 13 : Les billes de résine sont saturé Des ions H⁺ et OH⁻ ont été relâché dans l'eau.

La déminéralisation peut donc être schématisée dans l'image suivante :



Figure III. 14 : La déminéralisation en une seule image

III.6.1.Détails concernant les résines utiliser a SORFERT:

Les résines sont produites sous forme de petites perles dont le diamètre est inférieur à 0,8 mm et la densité apparente est inférieure à 800 g/l. Les perles de résine anionique sont plus légères que les perles cationiques.

La résine doit être résistante aux produits chimiques et osmotiquement très stables pour éviter les ruptures de perles par impact physique pendant les nombreuses régénérations. Il est nécessaire de noter que le volume de la résine est différent selon qu'elle est fraîche ou chargée jusqu'à 8 %.

La couleur des perles est très différente selon leur type : elle varie du blanc au brun foncé, ce qui permet de garder facilement et rigoureusement les résines séparées. Tout mélange doit être évité si un échange cationique et anionique séparé est prévu.

Nous avons sélectionné des perles de taille uniforme, appelées résine mono dispersée au lieu de perles de résine hétéro dispersée. Ceci améliore le débit d'eau, la capacité de charge, la demande en eau de rinçage et la chute de pression d'un lit flottant.[1]

III.7.La théorie des résines :

Une résine échangeuse d'ions est un solide macromoléculaire insoluble dans l'eau qui, au contact d'une solution, peut échanger les ions qu'il contient avec d'autres ions de même signe provenant de la solution. Cette propriété d'échanger les ions était reconnue depuis longtemps aux zéolithes : aluminosilicates naturels formant un réseau polymère anionique, dans les cavités duquel sont logés des cations alcalins ou alcalino-terreux, qui peuvent être échangés avec d'autres cations lors du contact avec une solution. Le développement des polymères synthétiques a permis l'apparition d'échangeurs d'ions de nature organique, dont les applications se sont développées de façon considérable. [3]

III.7.1- Définitions Echange d'ions :

C'est un échange réversible d'ions entre une phase stationnaire (Ps) et une solution. Il nécessite l'emploi d'un matériau susceptible d'échanger des ions avec une relative facilité, la résine échangeuse d'ions. Si on met en contact un liquide contenant des ions avec une résine de ce type, les ions de la résine sont échangés avec ceux de la solution.

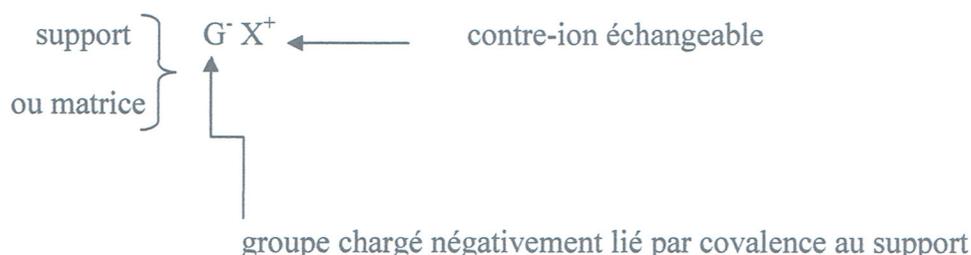
Résine échangeuse d'ions

C'est un solide macromoléculaire insoluble dans l'eau, constitué :

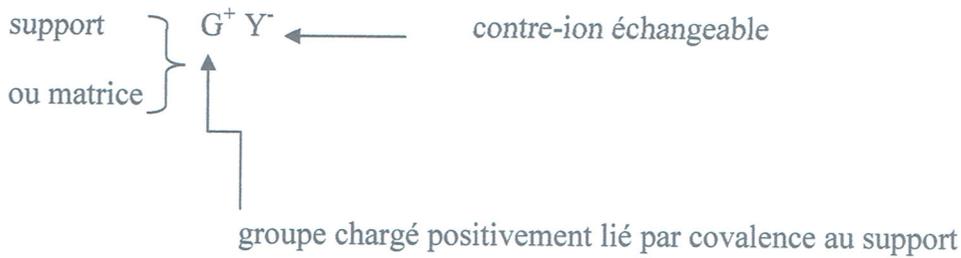
- d'un squelette de base : matrice ou support.
- de groupes fonctionnels ionisables au niveau desquels se fait l'échange d'ions, cet échange est réversible et quantitatif avec les ions provenant d'une solution avec lesquels on les met en contact.

On peut classer les résines échangeuses d'ions en deux groupes :

a- les résines échangeuses de cations : résines cationiques



b- les résines échangeuses d'anions : résines anioniques



III.7.2. Groupes fonctionnels : Ils sont constitués :

- d'ions fortement liés au squelette de base par covalence (G)
- d'ions mobiles complémentaires, facilement échangeables (X⁺ ou Y⁻) appelés contre-ions

a/ Résines cationiques, Résines anioniques :

- Les résines cationiques échangent réversiblement des cations :



- Les résines anioniques échangent réversiblement des anions :

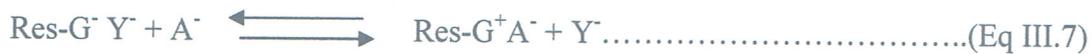


Tableau III.5 : Groupes fonctionnels des résines

Résines	Groupes fonctionnels
Cationiques - fortes - faibles - très faibles	anion acide fort : groupe sulfonique Res – SO ₃ ⁻ H ⁺ acide faible : groupe carboxylique Res – COOH (plus ou moins ionisé selon l'électrolyte en présence et selon le pH) acide très faible : groupe phénolique Res – O ⁻ Na ⁺ (uniquement ionisé en milieu alcalin)
Anioniques - fortes - faibles	cation base forte : groupe ammonium quaternaire Res – N ⁺ (CH ₃) ₃ Cl ⁻ sous forme chlorure ou sous forme OH- base faible : groupe amine primaire ou secondaire Res – N(CH ₃) ₂ ou Res – NH ₂ plus ou moins ionisé en Res –NH(CH ₃) ₂ ⁺ ou Res – NH ₃ ⁺

Mixtes ou amphotères	Elles portent à la fois des sites échangeurs d'anions et des sites échangeurs de cations.
----------------------	---

III.7.3- constitution et propriétés des résines échangeuses d'ions :

a- Support

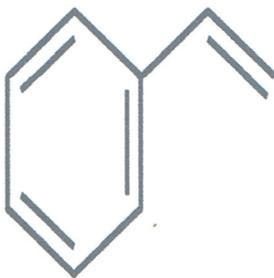
La constitution conditionne les propriétés mécaniques et chimiques de l'échangeur d'ions. D'autre part, sa porosité détermine l'accessibilité des solutés de l'échantillon aux groupes fonctionnels.

Sa nature peut être :

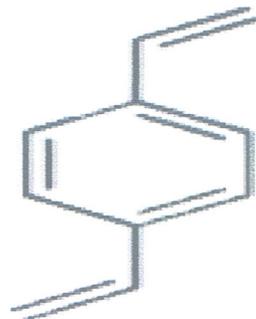
- minérale : zéolithes, silices greffées ...
- organique : copolymères de synthèse

On utilise principalement des copolymères réticulés polystyrène / di vinylbenzène, capables de résister à l'écrasement dans la colonne et se présentant sous forme de petites billes sphériques d'un diamètre de quelques micromètres.

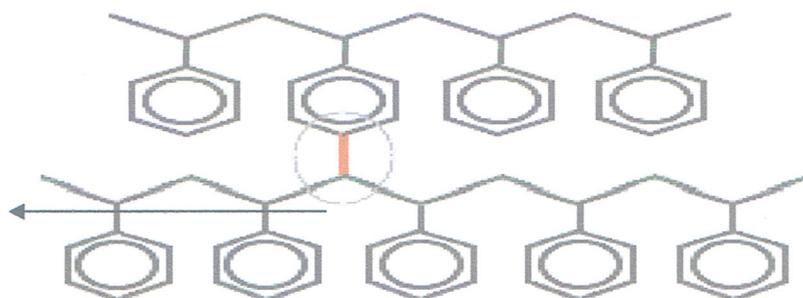
Styrène



Di vinylbenzène (DVB)



Le pontage



Polystyrène réticulé

b-Le pontage

Dans le cas des résines obtenues par copolymérisation de styrène et de DVB, c'est le DVB qui crée la réticulation du polymère, le nombre de ponts varie en changeant le rapport DVB / styrène, appelé taux de pontage. Ce rapport varie de 1 à 30 %.

c- La dimension des pores

Elle dépend du taux de pontage ; leur diamètre varie de 3,5 à 5 nm.

Pour de petits ions, on choisit un taux de pontage de 8 à 10 % et pour les ions les plus importants un taux de 1 à 4 %.

d- Capacité de rétention d'un échangeur d'ions

C'est le nombre de moles de charge d'ions (« équivalents » d'ions) que la résine peut échanger par unité de masse (ce qui correspond au nombre de moles de groupes actifs). Elle est exprimée par kg de résine sèche (ou par dm^3 de résine humide). Elle varie approximativement de 3 à 6 eq / kg suivant le type de résine.

III.7.4- réactions d'échange d'ions :

Les composés à séparer sont des électrolytes, donc dissociés en anions et cations. Ces composés vont se distribuer entre :

- une phase stationnaire Ps
- une phase mobile Pm (solvant des composés à étudier et à séparer). Ps est insoluble dans Pm.

Si l'affinité de la résine pour les différents composés est suffisamment différente, les ions migreront à des vitesses différentes et ils se sépareront.

La phase stationnaire Ps retient les composés grâce à des réactions d'échange d'ions .

Ces réactions sont réversibles, rendues totales en présence d'un excès de résine. La réaction d'échange est influencée par le degré de dissociation de Ps et des composés à séparer, donc dépend :

- de la force des électrolytes,
- du pH et de la force ionique du milieu.

a- Constante de sélectivité

Soit le système formé par une résine anionique $\text{Res}^+ \text{A}^-$ et l'anion en solution B^- ; l'équilibre d'échange entre les deux anions A^- et B^- s'écrit



A cet équilibre est associée une constante, appelée constante de sélectivité

$$K_A^B = \frac{E \cdot D}{X \cdot Y}$$

Plus cette constante n'est grande, plus l'affinité de la résine pour l'ion B^- est grande, donc plus cet ion est retenu par la résine. Si $K_A^B \gg 1$, la résine a une affinité préférentielle pour B, si $K_A^B \ll 1$, la résine a une affinité préférentielle pour A^- . L'affinité dépend :

- de la charge des groupes fonctionnels de la résine de la :
- taille et de la charge de l'ion
- concentration des ions
- accessibilité des groupes fonctionnels.

b- Vitesse d'échange :

La vitesse d'échange dépend de la vitesse de diffusion des ions à l'intérieur de la résine (le degré de réticulation étant un des facteurs de cette vitesse de diffusion) et de la vitesse de diffusion à l'interface résine-solution (diffusion à travers le film liquide autour de chaque grain).

D'une manière générale, la vitesse d'échange augmente avec la finesse des particules de résine, la mobilité des ions échangés, la concentration et la température de la solution considérée.

III.7.5- Ordre d'affinité des ions, pour un type de résine donné :

a/ Influence de la charge :

Les ions sont d'autant plus retenus que leur charge est plus élevée, soit dans l'ordre croissant des affinités



b/Influence de la nature de l'ion :

L'affinité des ions pour la résine augmente dans une famille d'éléments avec le numéro atomique, soit dans l'ordre croissant des affinités



Un exemple : avec une résine anionique de type $\text{Res-N}(\text{CH}_3)_3^+ \text{Cl}^-$ (ou OH^-) l'ordre d'affinité croissante est $\text{CH}_3\text{COO}^- < \text{OH}^- < \text{Cl}^- < \text{NO}_3^- < \text{SO}_4^{2-}$

III.8.Conclusion :

L'eau déminéralisée produite par colonnes de résine anionique et cationique obtient le meilleur rendement par rapport au autre procédés mais la présence bactérienne et toujours présente et la régénération des résines est fastidieuses.

L'eau déminéralisée est une eau qui ne contient en principe aucun ion (tels Ca^{2+} et HCO_3^-)

Avec un pH d'environ 7.

Chapitre VI

IV.1-Introduction :

Ce chapitre représente des analyse physico-chimique de l'eau dans déférant points de prélèvement : l'eau dessalé et déminéralise, on déterminé les concentrations de chlore et ammonium et ammoniacque, on poursuit l'évolution de PH et la connectivite fonction du temps , a la fin on déterminé les différent concentration des métaux qui se trouve dans le bassin de rejet par les kits et la pareil photomètre de nanocolor pour faire un traitement des déchet avant le rejet dans la nature pour éviter la pollution marine.

IV.2- Le laboratoire :

En manipulant, le chimiste est exposé en permanence au danger, en conséquence dans l'organisation industrielle, le département de sécurité assure l'application des consignes de sécurité pour prévenir tout incident et intervention si besoin.

IV.2. 1-Importance du laboratoire

Jugement de la qualité, le laboratoire représente le fruit de l'efficacité de n'importe quel complexe du fait qu'il est le des produits traités durant le processus.

Il veille au bon déroulement des unités du traitement et de la matière première; son personnel effectue les analyses des produits finis pour être commercialisé à l'intérieur du pays et de même pour être destiné à l'exploration.

IV.2.2- Le rôle du laboratoire

Le laboratoire joue en rôle important dans l'industrie chimique et pétrochimique. Il permet le suivie et le contrôle continu de la qualité des produits finis et intermédiaires

IV.2.3- La sécurité dans le laboratoire

Les dangers spécifiques à la manipulation au laboratoire nécessitent une organisation minutieuse et précise, en ce sens une formation est nécessaire et notamment pour le personnel nouvellement engagé dans le domaine des techniques caractérisant certains travaux ainsi que dans la mesure à prendre pour prévenir et combattre les incidents. Parmi ces préventions, il y a lieu de :

- Ne jamais manipuler seul
- Éloigner toute source de chaleur des produits (réactifs ou autres)
- Porter des lunettes dans toute manipulation présentant un danger.
- Porter des gants en caoutchouc si nécessaire
- Ne jamais pipeter directement les solutions concentrées, employer une proprette
- Avertir les responsables de tout incident

Tableau IV.1: Les dangers des produits chimiques de laboratoire

Pictogramme	Dangers signifiés	Exemples de mesures de prudence
	<p>Explosif :</p> <ul style="list-style-type: none"> Le produit peut exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, d'un choc ou de frottements. 	<ul style="list-style-type: none"> Manipuler et conserver à l'écart des sources de chaleur et autres causes d'étincelles.
	<p>Gaz sous pression :</p> <ul style="list-style-type: none"> Le produit peut exploser sous l'effet de la chaleur (gaz comprimés, gaz liquéfiés et gaz dissous) Il peut causer des brûlures ou blessures liées au froid (gaz liquéfiés réfrigérés). 	<ul style="list-style-type: none"> Protéger du rayonnement solaire Éviter le contact avec la peau pour les liquides Réfrigérés.
	<p>Inflammable :</p> <ul style="list-style-type: none"> Le produit peut s'enflammer au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, de frottements, au contact de l'air ou au contact de l'eau en dégageant des gaz inflammables. 	<ul style="list-style-type: none"> Manipuler et conserver à l'écart des sources de chaleur et autres causes d'étincelles.

	<p>Corrosif :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le produit ronge • Il peut attaquer (ronger) ou détruire les métaux. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conserver dans un récipient résistant à la corrosion.
---	--	---

IV.2.4-Les différentes sections du laboratoire :

Le laboratoire est doté de deux sections : section contrôle et section analyses

a. Section de contrôle

Cette section sert à analyser :

- Les eaux.
- Les gaz de procédé.
- L'ammoniac.
- L'urée.

b. Section des analyses chimiques (analyse des eaux)

Les analyses des eaux (traitement-contrôle) ont pour but de maintenir l'exploitation des unités de production dans des conditions optimums avec les paramètres exactes auxquelles, elles ont été conçues.

Les eaux qui sont utilisées pour la production de l'ammoniac sont :

- Eaux de l'entropie (eau dessalée).
- Eaux déminéralisées.
- Eaux de refroidissement.
- Eaux de chaudière.

IV.3- les point de prélèvement l'échantillon d'eau :

IV .3.1- Les point de prélèvement pour Analyse de l'amoniaque NH₃ :

a-Amoniaque 1:

-steam1:08101/108102

b-Amoniaque 2:

-Steam1:208101/ 208102

IV .3.2- Les point de prélèvement pour Analyse ammonium NH_4^+ :**a-amonique 1 :**

- 103105

- b-amonique 2 :

steam208102/203105

IV .3. 3 Les points de prélèvement pour Analyse de chlorure :**a-Utilite :**

- 1.dessalreur :89101.89102.89103
- 2.Dimine :90104 A/B
- 3.Polishe :90108 A/B/C/D
- 4.Closed loup :88101.88103

IV.4-les appariel utilises au niveau de laboratoire :**IV.4.1-Photometre pour analyse de l'eau(PF-12 plus):**

Est une appareil servant a mesurer les grandeurs lumineuses en fanchion de la courbe de sensibilitè de loeil . il deffere ainsi du radiometre electromagnetique de façon objective. Cette appariel est adapter pour les mesure des tests NANOCOLOR.(voir figure IV.1)



Figure IV.1 :Apparail photometre

IV.4.2-spectrescopie ultraviolet-visible :

Cette instrument utilise pour effectuer un spectre UV-visible, il mesure l'intensite de la lumiere passant au traves d'un echatillon et compare a l'intensite de lumiere passant dans un echantillon de reference contenant le meme solvant que celui utilise pour l'echantillon .

(voir figure IV.2)

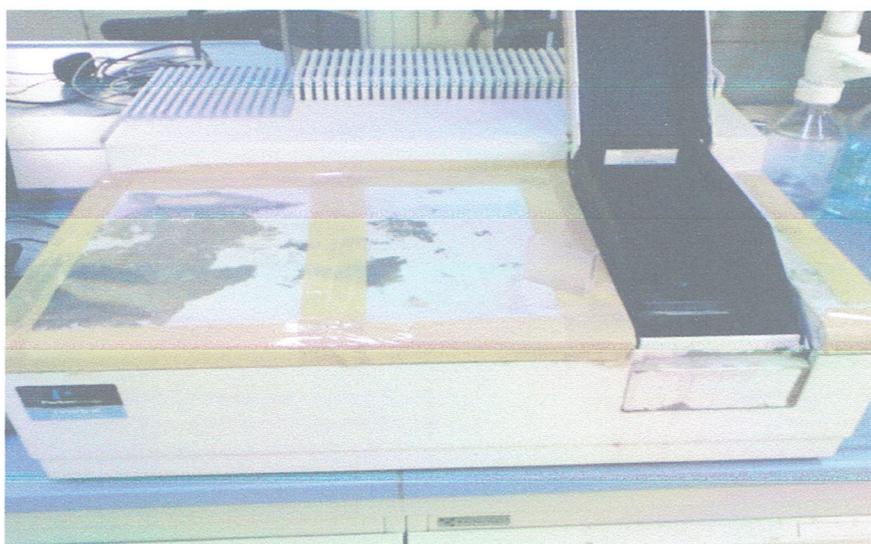


Figure IV.2 :appareil spectrescopie

IV.4.3-les kits de tests nanocolor :

Laboratoire MACHEREY-NAGEL a developpes les produit consommable pour les analyses chimiques ,et pour l'eau, les reactif et photometres NANOCOLOR sont adapte pour chaque test d'un element . test NANOCOLOR est tres rapide avec une grande precision.(voir figure IV.3)



FigureIV.3 : Les kits de tests NANOCOLOR

IV.5- l'analyse effectuée au laboratoire:

IV.5. 1- Les analyses de l'eau quotidienne :

a-Détermination de chlorure:

a.1-Matériel utilises:

- 08 fioles de 125 ml

-pipette

a.2-Réactifs :

-acide nitrique(HNO_3) : (69%)

-acide d'argent(AgNO_3) : (0.1mol/l= 0.1 N)

a.3-Mode opératoire:

On met 100 ml de l'échantillon dans une fiole et on ajoute 1ml de l'acide nitrique et 1ml de l'acide d'argent. Mettre la fiole dans un endroit sombre pendant 30 min après on mesure par spectromètre (Voir figure IV.4).



Figure IV.4 : Détermination de chlorure

a.4-Résultat :

Tableau IV.2 : concentration de chlorure dans déférant points de prélèvements.

Les points	89101	89102	89103	88101	88103	90104	90108B	90108C
[Cl ⁻] mg/l	1.00	2.10	1.57	0.73	0.62	0.0054	0.004	0.0064

La méthode utilisées permet de dose les ions chlorure par les ions argent.



-on voir que concentration de Cl⁻ de l'eau dessale et déminéralise très faible que l'eau de mer alors les stations de dessalement et déminéralisation marche très bien.

b- Détermination d'ammonium:

b.1-Matériel utilises :

-06 fioles de 125ml

-pipette.

b.2-Réactifs :

- solution cyanurates :(3.2 g de sodium hydroxyde dans 100ml d'eau +0.2g de sodium-dichlorisocyanurate)
- solution sodium salicylate :(130gde sodium salycilate + 130g de trisodiumcitratre dans 1000ml de l'eau +0.97g de di-sodiumpentacyanonitrosyferrate)

b.3-Mode opératoire:

On met 40 ml de l'échantillon dans une fiole et on ajoute 4ml de solution cyanurate et 4ml de solution sodium salicylate et 2 ml de l'eau distiller. Âpre 60 min On mesure par spectromètre

(Voir figure IV.5).

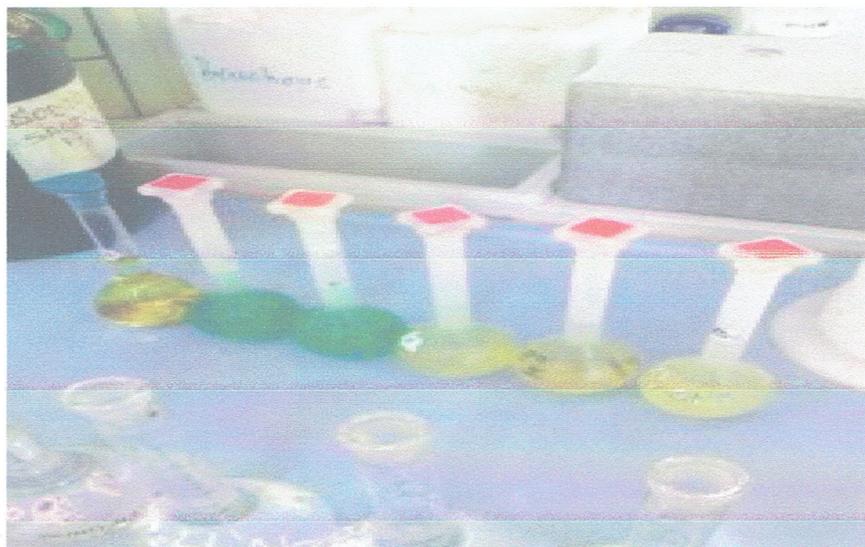


Figure IV.5 : Détermination d'ammonium

b.4-Résultat :

Tableau IV.3 : concentration d'ammonium dans déferant points de prélèvements.

Les point	208102	203105	90104	108100
$[\text{NH}_4^+]$ mg/L	1.24	0.86	1.08	1.67

La méthode de salicylate est une variante de la méthode de Berthelot-Phenate mais ne nécessite pas l'utilisation et l'élimination du phénol toxique. On a premièrement formation monochloroamine qui réagit avec du salicylate pour former du 5-aminosalicylate. enfin on a oxydation en présence de nitoferricyanure de sodium (un catalyseur) pour former un colorant bleu-vert qui absorbe la lumière à 650nm.

On confirme que concentration de NH_4^+ dans les normes.

c-détermination d'ammoniaque :

c.1-Matériel utilises :

- pureté numérique.
- 03 erlenmayer 250ml.

c.2-Réactifs :

- acide sulfurique (0.01N).
- indicateur colore (tachiro) : dissoudre 2g de rouge de méthyle et 1g de bleu de méthylène dans 1000ml d'éthanol à 95%.

c.3-Mode opératoire :

On met dans un erlenmayer 100ml de l'échantillon et 4 à 5 goutte de indicateur colorer (tachiro) on mélange bien et on fait un titrage par acide sulfurique (0.01N).

Quant le couleur de l'échantillon changé on calcule la concentration de NH_3

(Voir figure IV.6)



Figure IV.6 : Détermination d'ammoniaque

c.4-résultat :

Tableau IV.4 : concentration d'ammoniaque dans déferlants points de prélèvements.

les points	108101	108102	208101	208102
[NH ₃] mg/L	0.50	0.59	1.36	2.31

La méthode de titrage le la ammoniaque par acide sulfurique se fait :



Après le virage de couleur de vert au violet (PH passe de 5.45 à 5.50) on calcule la concentration par la loi : $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$ donc : $C_{NH_3} = (CH_2SO_4 \cdot VH_2SO_4) / V_{NH_3}$.

d-Conductivité :

Mesure de la conductivité électrique :

d.1 -Le principe :

La conductivité électrique d'un liquide normalement non-conducteur tel que l'eau pure est une mesure pour toute la concentration ionique dans ce liquide. La conductivité est directement inversement proportionnelle à la résistivité d'un liquide. Des mesures de conductivité sont normalement faites indirectement en mesurant la résistivité du liquide, en utilisant une paire des électrodes et d'un pont de Wheatstone. La résistance d'un liquide dépend fortement de la température.

d.2-Appareil :

Un conductivimètre avec compensation de température, et une cellule de mesure. Pour l'analyse de la basse conductivité, une cellule de mesure spéciale est exigée.

d.3 Réactifs :

KCl-Solution 0,01 M

Conductivité 1413 uS/cm à 25°C

d.4-Le mode opératoire :

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité avec de l'eau distillée

L'immerger dans un récipient contenant de l'eau à examiner en prenant soin que les électrodes soient complètement émergées

Agiter le liquide (barreau magnétique)

S'assurer de la stabilité de la température pendant la mesure (thermomètre)

d.5-Expression des résultats :

La conductivité électrique de l'eau est donnée par l'expression

$$\text{Cond (ms/cm)} = \text{Conductance (ms)} / K \text{ (constante d'étalonnage)}$$

Cette mesure est donnée à une température 20°C. (Voir figure IV.6)

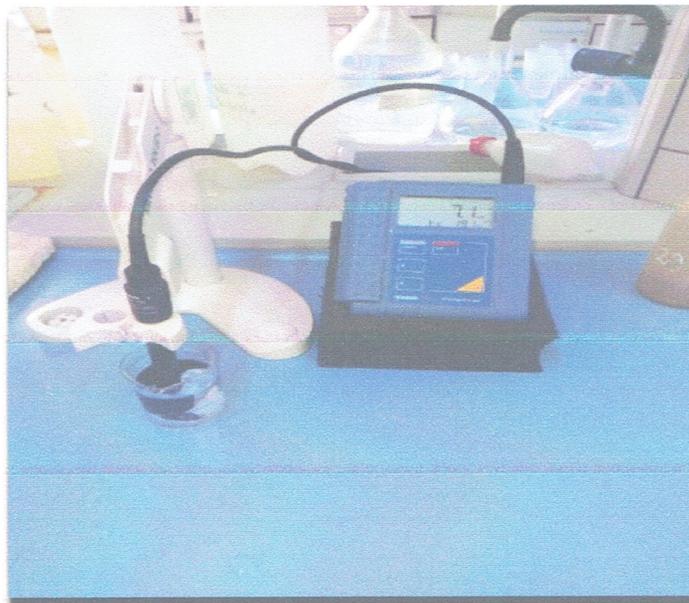


Figure IV.7 : Appareil de Conductivité

e-Mesure du pH :**e.1-Principe ;**

On utilise les méthodes potentiométriques pour détermination du pH.

Ces déterminations sont basées sur la mesure des forces électromotrices d'un élément galvanique dont l'un des liquides d'électrodes et la solution à étudier par force électromotrice d'une manière fonctionnelle, elle est liée à la concentration des ions (H^+) dans la solution à étudier par l'équation de NERTZ. En pratique, on utilise l'électrode de « calomel » car elle est plus anode et a un potentiel exactement connu :

La méthode potentiométrique est très précise, la précision est de 0.001 unité de pH.

e.2-Appareillage :

On utilise de pH mètre étalonné par une solution tampon (pH=4).

e.3-Mode opératoire :

Rincer l'électrode combinée à l'eau distillée puis l'introduire dans l'échantillon, laisser stabiliser la lecture. Lire la valeur du pH indiqué sur l'écran, le sélecteur étant sur la position pH. Un pH élevé peut conduire à des dépôts de cristaux dans les circuits de distribution. Au-dessus de pH= 8.0. Il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination microbienne par le chlore.

e.4- Résultats :

Les mesures sont exprimées en unités de pH, à la température de 20°C.

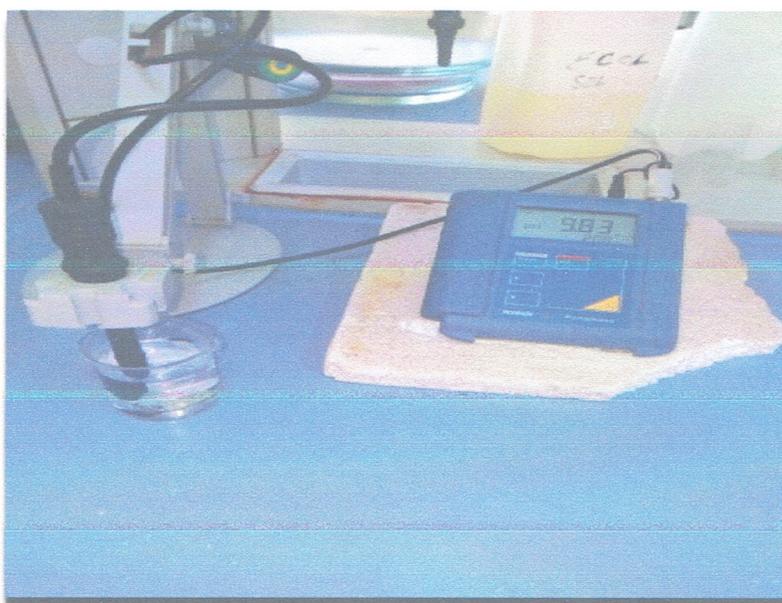


Figure IV .8 : Appareil de mesuré le pH

f-mesure de pH et conductivité :**f.1- l'eau dessalée :****Tableau IV.5 : pH et conductivité de l'eau dessalée :**

Date	23/04	24/04	25/04	26/04	27/04	28/04
pH	6.16	5.57	5,2	7.56	6.37	6.70
Conductivities	2.24	3.56	3.9	1.1	2	1.6
Temperature	20C°	20 C°				

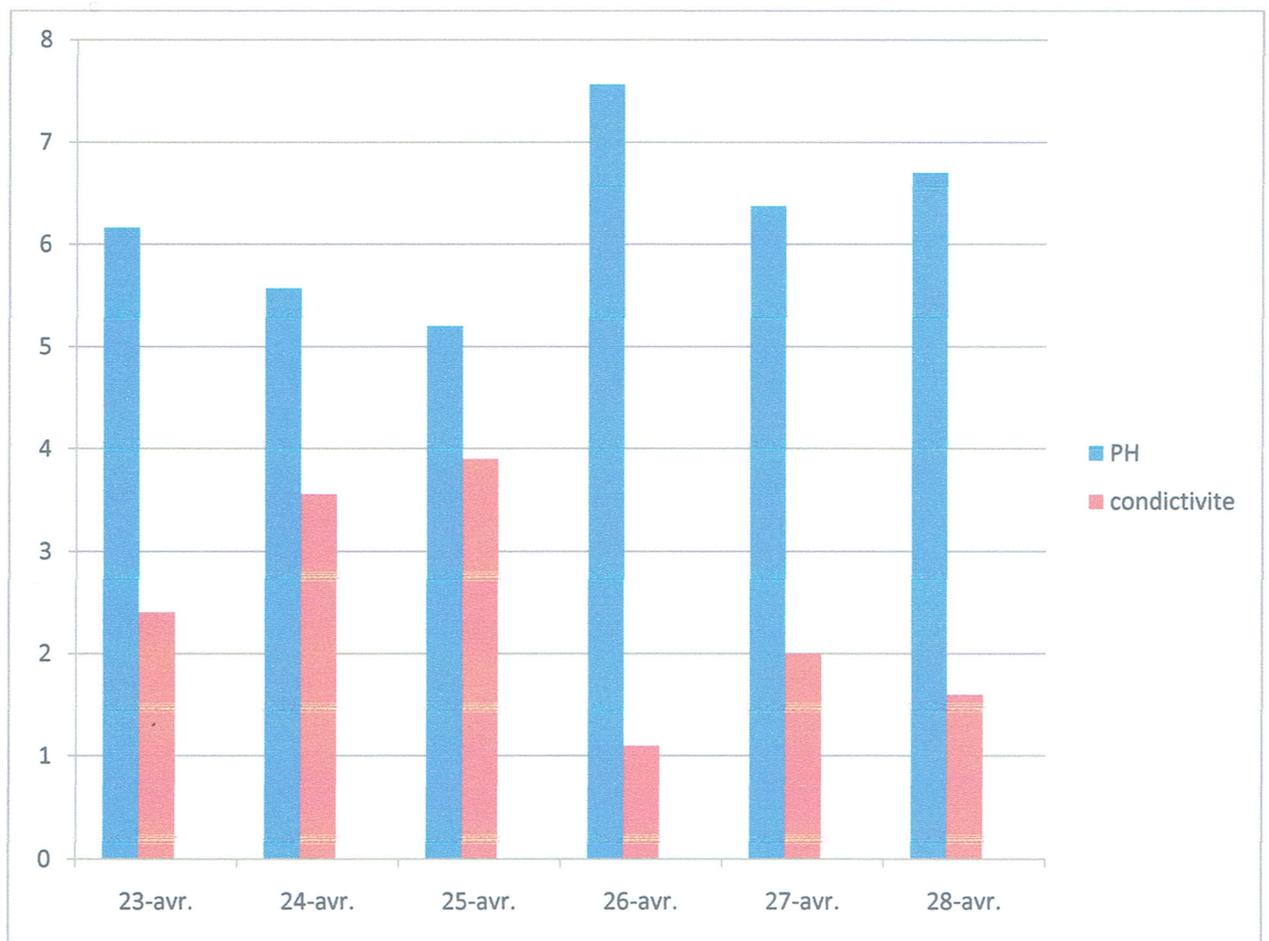


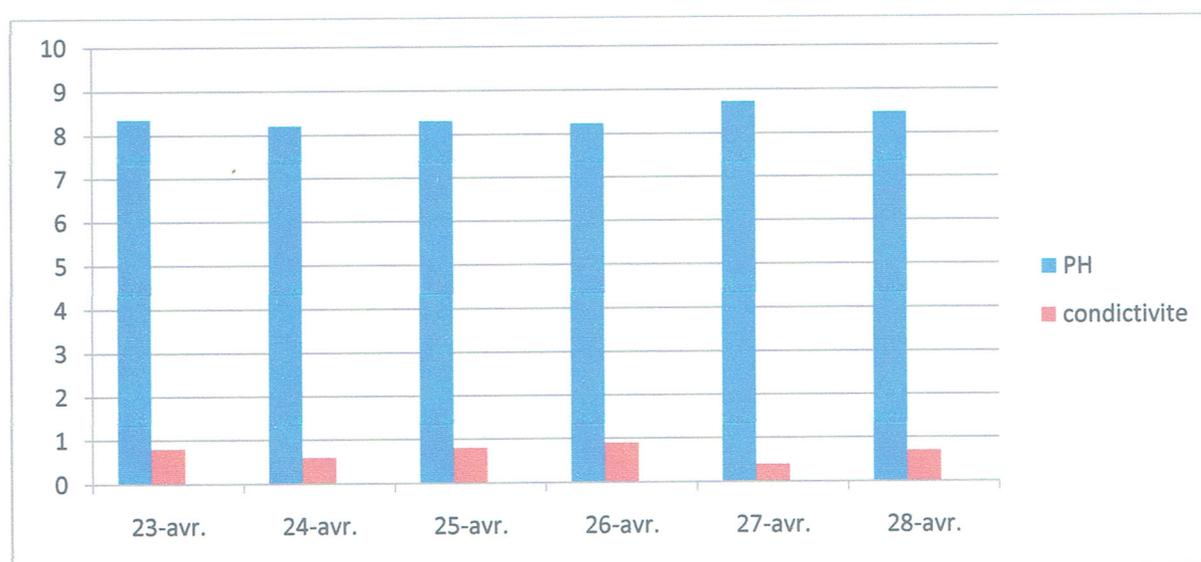
Figure IV.9 : Graphe de pH et conductivité de l'eau dessaler

Résultat et discussion :

On voit que le pH varie ente (5 et 7,5) durant les six jours et la conductivité varie (2,4 et 3,9) pendant les trois premiers jours et entre (1et2) pour les dernier trois jours (apprêt le traitement chimique de dessaleur) avec cette résulta en peut dire que dans l'eau dessalée existe encours des ions.

f.2- l'eau déminéralisation :**Tableau IV.6 : pH et conductivité de l'eau déminéralisé :**

Date	23 /04	24/04	25/04	26/04	27/04	28/04
pH	8.35	8.20	8.31	8.23	8.72	8.47
Conductivité	0.8	0.6	0.8	0.89	0.4	0.7
temperature	20 C°	20 C°	20 C°	20 C°	20 C°	20 C°

**Figure IV.10: Graphe de pH et conductivité de l'eau déminéralisé**

Résultat et discussion :

On remarque que le pH est dans les environs de (8) et la conductivité varie environ (0.5), et on voit que le pH est presque stable et la conductivité est très faible. Cela montre que l'eau déminéralisée est plus pure que l'eau de mer.

IV.5 .2- les analyses mensuelles :**a- la méthode d'analyses de l'eau rejet (bassin) et de la mer : (Voir annexe)**

On utilise les kits de NANOCOLOR et on mesure par photomètre FP 12 plus.

Tableau IV.7 : les résultats des analyses du bassin et de l'eau de mer

Paramètres	Unité	Valeur limite	Bassin	Eau de mer
température	C°	30	24,3	24,5
pH	-	6,5-8,5	9	8.2
MES	Mg/L	35	15,2	15,4
Azote total	≠	30	80	8
Phosphore total	≠	10	<0,2	<0,2
DCO	≠	120	73	15
aluminium	≠	3	<0,02	<0,05
Cyanure	≠	0,1	<0,02	<0,02
Fluor	≠	15	1	1,3
Indice de phénols	≠	0,3	<0,2	<0,2

Hydrocarbures totaux	≠	10	<0,5	<0,5
Huiles et graisses	≠	20	0,3	/
Cadmium	≠	0,2	<0,05	<0,05
Cuivre total	≠	0,5	0,1	0,1
Plomb total	≠	0,5	2,33	2,52
Chrome total	≠	0,5	<0,05	<0,05
Etain total	≠	2	0,01	0,01
Manganèse	≠	1	0,1	0,7
Nickel total	≠	0,5	0,14	0,23
Zinc total	≠	3	0,46	0,15
Ammonium	≠		0,46	1,16
Argent	≠		<0,2	<0,2
Fer	≠	3	0,11	0,04
A=concentration des métaux			86.24	

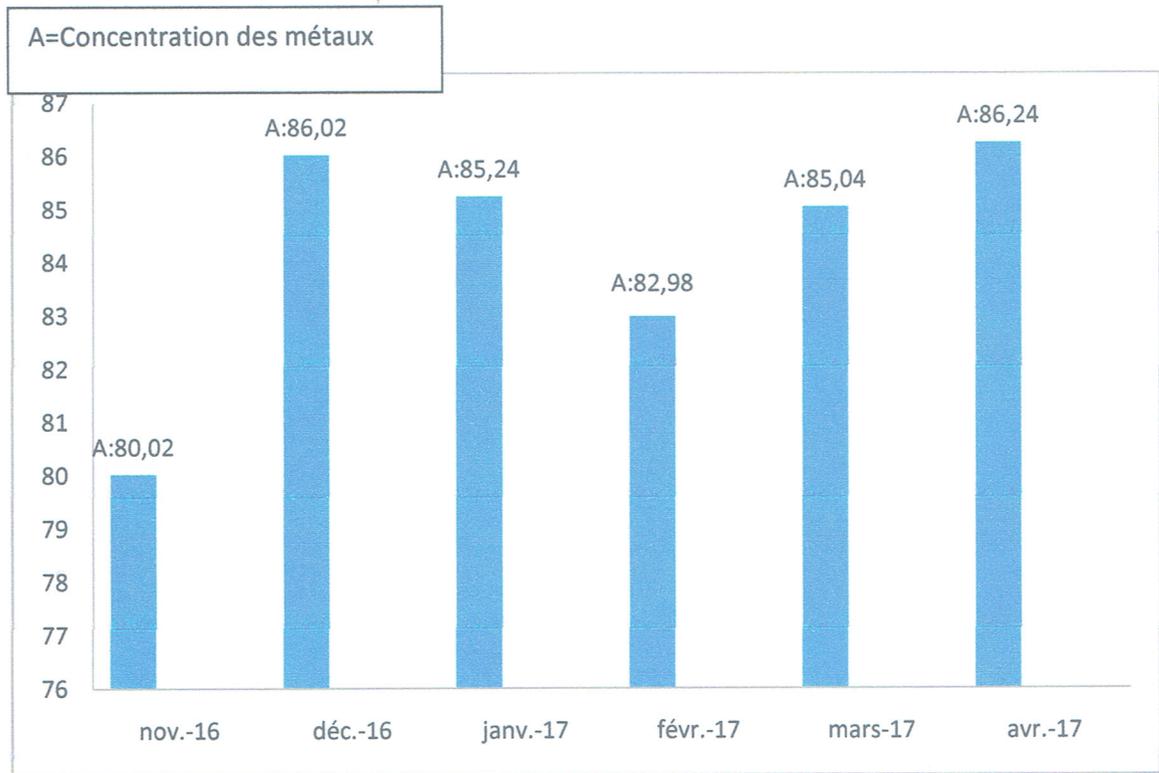


Figure IV.11: Les rejets de l'eau des minéraux en mg/l dans 06 mois

IV.6-Comparaison avec d'autre complexe : GP1Z et Raffinerie :

a- pH de l'eau dessalée au niveau de complexe sorfert ,GP1Z et raffenerie:

Tableau IV.8 : pH de l'eau dessalée :

date	23/04	24/04	25/04	26/05	27/05	28/05
pH						
SORFER	6.16	5.57	5.2	7.56	6.37	6.7
GP1Z	5.5	5.2	5.4	5.3	5.1	5.9
RAFFENERIE	6.5	6.1	6.9	5.8	6.05	5.8

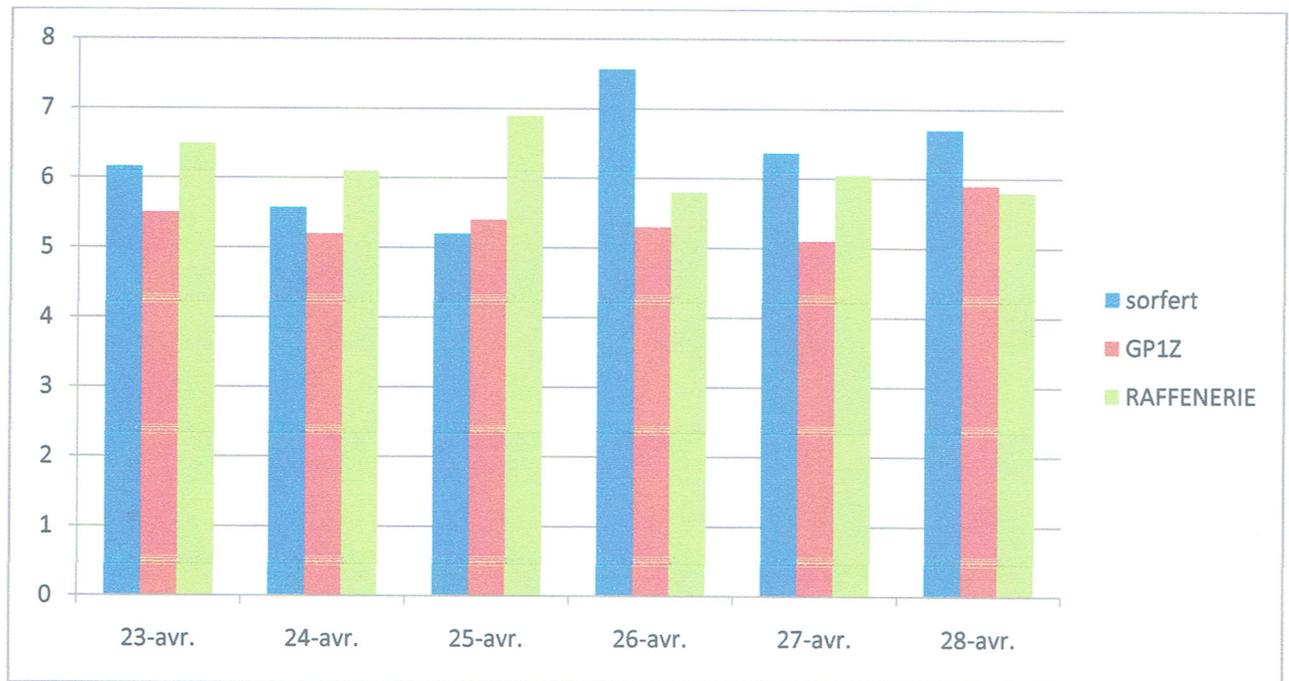


Figure IV.12 : Graphe de pH de l'eau dessaler de déférant complexe

Résultat et discussion :

On voit que le pH durant les six jours varie ente (5 et 7,5) a sorfert et entre (5et6) a GP1Z et entre (5 ,5et 7) a raffinerie

En voie que le pH et dans les normes dans tout le complexe

b- conductivité de l'eau dessalée au niveau de complexe SORFERT et GP1Z et RAFFINERIE :

Tableau IV.9: conductivité de l'eau dessalée

date	23/04	24/04	25/04	26/05	27/05	28/05
conductivité						
SORFER	2.24	3.56	3.9	1.1	2	1.6
GP1Z	14.25	15.56	14.9	16.2	15.5	14.8
RAFFENERIE	9.3	9.7	8.7	9.3	7.75	8.8

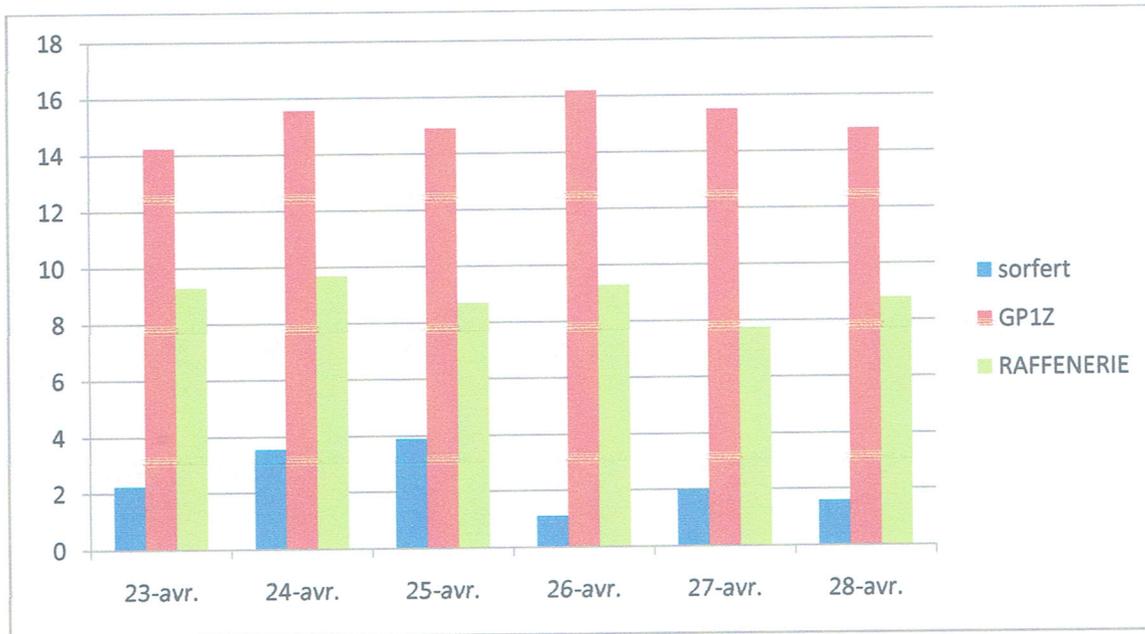


Figure IV.13 : Graphe de conductivité de l'eau dessaler de déférant complexe

b.1-Résultat et discussion :

On voit que durant les six jours la conductivité varie entre (14et 16) a GP1Z et entre (7.5et 10) a raffinerie mai a sorfert en n'observe dans les trois premiers jours la conductivité varie entre 2 et 4 et dans les dernier trois jour varie entre 1 et 2 a cause de dosage et traitement de dessaleur

La résulta observiez si que la conductivité de complexe sorfert ,le moi faible a cause de la maintenance quotidien et l'utilisation de nouveau matérielle

Le complexe de Raffinerie utilise l'eau dessaler uniquement pour la refroidissement au comme vapeur.

c- l'eau de rejet (bassin) au niveau de complexe sorfert et GP1Z :

Tableau IV.10 : les résultats des analyses du bassin de sorfert et GP1Z

parameter	valeur de basin GP1Z	valeur de bassin sorfert
temperature	23	24.3
pH	6,7	9
conductivité	531	22
NO ₂	58,89	15.2
PO ₄ ³⁻	13,5	<0,2
NH ₄ ⁺	29	80
MES	260	15.2
DCO	240	73
DBO ₅	61.5	30
Cd	0.008	<0,05
Cu	0,44	0.1
Pb	2.7	2.33
Cr	0.007	0.015
Zn	0.01	0.46
Fe	1.85	0.11

c.1-Résultat et discussion :

Après cette comparaison en voie que les rejets de complexe sorfert et dans les normes (à cause de la neutralisation) Le pourcentage de NH₄ est très élevé puisque le complexe est un complexe d'ammoniaque mais pour le GP1Z toutes les concentrations sont très élevées

IV.7- Neutralisations :

Les eaux usées salées, notamment l'eau de lavage, sont dirigées vers le bassin de neutralisation 090T003 A/B.

Le volume de 400 m³ d'un bassin correspond au débit d'eaux usées pendant 1 jour. Ceci permet une égalisation hydraulique et chimique correcte afin de minimiser la consommation de produits chimiques.

Le flux discontinu des eaux usées est remis en circulation par la pompe 090P003 A/B pour stabiliser la valeur du pH. L'eau pénètre dans le bassin via le système d'éjecteurs / la tuyère de mélange 090F118 A/B afin de produire un degré élevé de turbulence pour un mélange intensif. Il est important de noter que le point de dosage de l'acide et de la soude se trouve dans le tuyau de recirculation en amont du bassin et le point de mesure se trouve en aval du bassin et de la pompe dans le but d'obtenir des conditions bien définies et les meilleurs résultats.

SI le pH se trouve en-dehors de la plage acceptée de 6,5 — 8,5, respectivement de l'acide ou de la soude caustique doit être ajouté(e).

Les vannes de régulation sont installées dans ce but et fonctionnent en fonction du pH. La durée de dosage est limitée par rapport au pH, car pendant environ 30 minutes, la circulation s'effectue jusqu'au point du pH stabilisé avant que la période de dosage de produits chimiques suivante soit éventuellement lancée. Si le pH correct est atteint, la circulation peut être arrêtée et la vanne de refoulement vers le retour eau de mer peut être ouverte uniquement après. Les pompes d'eaux usées permettent de vider le bassin en 4 heures. Si un débit d'effluent plus faible est requis, le débit peut être réduit en ouvrant la vanne dans la conduite de refoulement. [1]

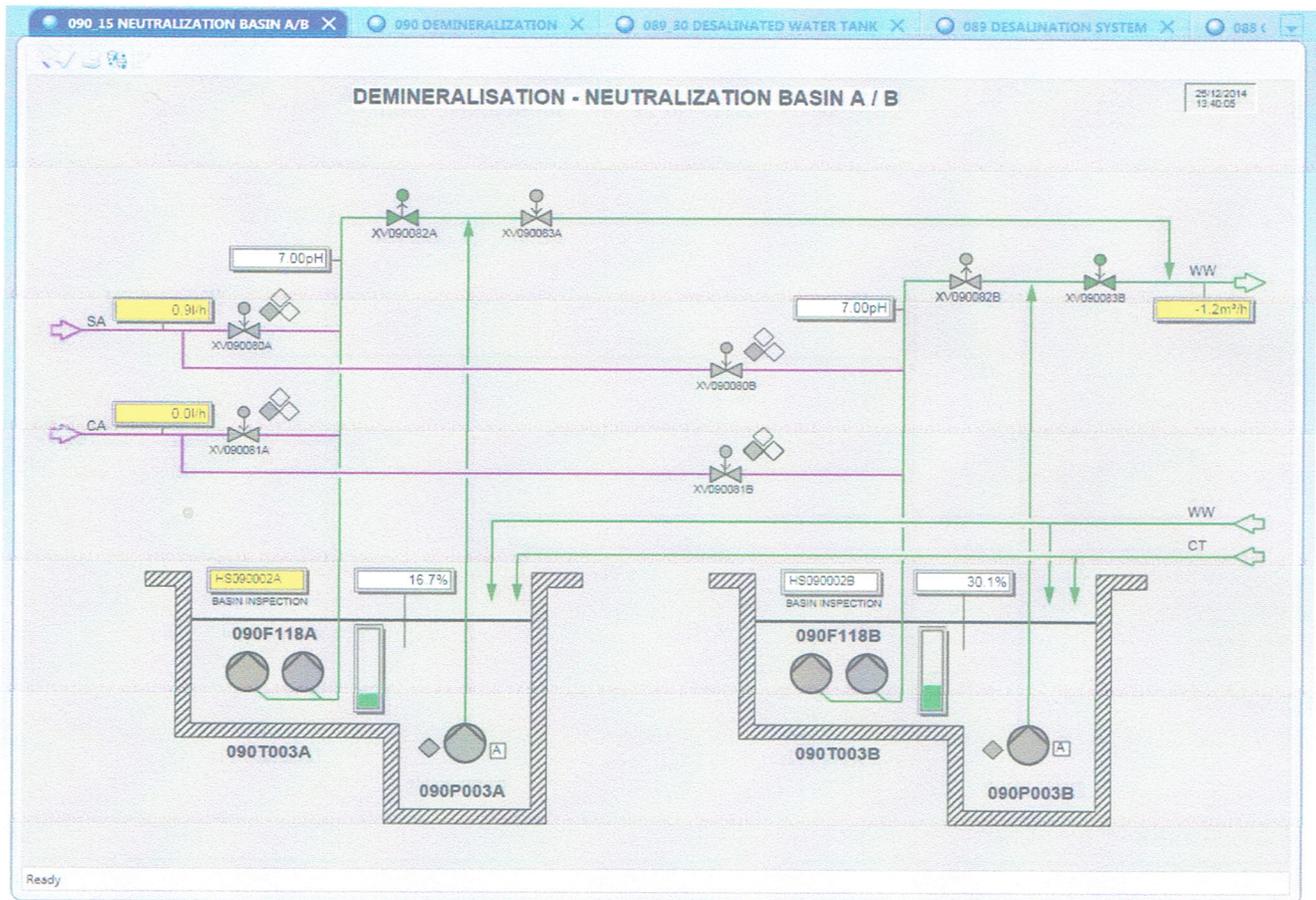


Figure IV.14 : Neutralisation de Bassin

IV.8-Conclusion :

Cette étude nous a permis de conclure expérimentalement le meilleur procédé de dessalement au niveau des l'industries : le procédé d'osmose inverse et distillation par les analyse physico-chimique de l'eau dessalé et déminéralise dans déférant points de prélèvement les valeurs des concentration $[Cl^-]$, $[NH_4^+]$ et $[NH_3]$ mg/l

sont respecter dans les normes. L'évolution de pH et la connectivite fonction du temps sont stable c'est delà nous a permit de déduire que les résignes cationique et anionique joue un très grand rôle dans les captures des cations et anions . La déterminé les différent concentration des métaux qui se trouve dans le bassin de rejet, les résultats obtenus montre que le traitement des déchet avant le rejet dans la nature est bien suivit

Conclusion Générale

Conclusion général

Le dessalement des eaux de mer et des eaux saumâtres par le procédé d'osmose inverse et distillation se sont deux technique complémentaires pour la purification de l'eau salée. Nous avons montré que c'est deux procédés permettait de réduire de manière significative la teneur en sels de l'eau de mer tout en limitant les pertes en matière organique.

En purifier l'eau dessaler, pour sella en utiliser des résine d'échangeur cationique et anionique pour réduire la conductivité et éliminer les ion et les cation qui existe dans l'eau dessaler .cette dernier procéder est utilises pour déminéralises l'eau.

La suivie de l'évolution de la conductivité et le PH de l'eau dessalée en fonction du temps pour une durée d'un mois est stable ce qui confirme une bonne technique d'analyse, le traitement des déches est bien pour suivie par une neutralisation puis refroidit a une température ambiante et transmit vers la sortie eau de mer.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[I.1]. Manuel opératoire du procédé d'ammoniaque doc.SO-UD-M800.00013 engineering UHDE.

[I.2].Manuel opératoire de system de vapeur doc.SO-UD-M800.00024 engineering UHDE.

[I.3].Manuel opératoire de system air comprimé doc.SO-UD-M800.00025 engineering UHDE.

[I.4].Manuel opératoire unité de déminéralisation doc.SO.UD.M800.00030 engineering UHDE

[I.5].Manuel opératoire de l'unité d'azote document MO-B-00-003 Air liquide.

[I.6].Manuels opératoires des utilités partie 1, engineering UHDE.

[I.7]. Manuel opératoire de production d'urée doc.SO-UD-M804.00003 engineering UHDE.

[II.1].Manuel opératoire unité de déminéralisation doc.SO.UD.M800.00030 engineering UHDE

[II.2].culturesciences.chimie.ens.fr/content/le-dessalement-de-leau-de-mer-et-des-eaux-saumatres-840

[II.3]. Malik A S et al - **Solar Distillation** - Pergamon Press - 1982, fournit un texte technique complet. • Waterlines Journal Volume 7 No 2. Développer les technologies appropriées au Pérou 1988.

[II.4]. Dessalement eau de mer-osmose inverse, technique d'ingénieur doc j2700-15.

[II.5]. Manuels opératoires des utilités /section dessalement du complexe Fertial-usine d'Arzew.

[II.6]. Manuels opératoires des utilités du complexe GL2 /Z, direction gaz naturel liquéfié, date sept1978, engineering Pullman Kellogg.

[II.7]. Dessalement eau de mer-la thermocompression, technique d'ingénieur doc j2700-17..

[II.8]. Manuel opératoire de dessalement par évaporation unité 089 doc.SO-UD-M800.00031 engineering UHDE.

[II.9]. Agence française de développement, dessalement eau de mer Article-No6 bilan des dernières avancées technologiques ; bilan économique ; analyse critique en fonction des contextes

[II.10].Manuel opératoire de dessalement par osmose inverse unité 089 doc.SO-UD-M800.00028 engineerings UHDE

[II.11]. Youssef Mandri **13 décembre 2011** : « Etude paramétrique du procédé de dessalement de l'eau de mer par congélation sur paroi froide » l'université Claude Bernard Lyon 1 et préparée en cotutelle avec l'université Mohammed v- Agdal de Rabat pour l'obtention du Diplôme de Doctorat en Génie des procédés,

[II.12] .org/wiki /Multi-stage flash distillation

[II.13]. Jean-marc BERLAND et Catherine JUERY Décembre 2002 –Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau-Office international de l'eau SNIDE

[III.1]. Manuel opératoire unité de déminéralisation partie 1 doc.SO.UD.M800.00030 engineering UHDE

[III.2]. Manuel opératoire unité de déminéralisation partie 2 doc.SO.UD.M800.00030 engineering UHDE

[III.3]. recherche effectué par l'ingénieur d'utilité sorfert

[III.4]. dardel.info/IX/IX_info_

[IV.1]. ingénieur GP1Z Kamel ben sabri

[IV.2]. ingénieur Raffinerie Taleb Mouhcine

[IV.3]. Manuel opératoire unité de déminéralisation doc.SO.UD.M800.00030 engineering UHDE

Résumer

L'eau de la mer considère comme un matière première dans complexe sorfert pour la procède de production d'ammoniaque ,mais la conductivité la plus important de l'eau de mer et leur salinité et pour le purifier le complexe a engager de mètre des procéder de dessalement de l'eau de mer pour les besoins permanant de l'eau dessaler ,le dessalement comprend deux procéder ,un procéder thermique et l'autre procéder osmose inverse .le production des procéder de dessalement et acheminer ver les déférent traitement de filtration de procéder de déminéralisation qui compose de lit séparer anion et cation ,l'eau déminer produit et de conductivité inferieur $5\mu\text{s}/\text{cm}$ puis acheminer ver l'unité de policher qui compose de lit mixte ,l'eau poli produit et de conductivité $0.05\ \mu\text{s}/\text{cm}$,et sert a alimenter les chaudière pour production des vapeur et comme fluide de refroidissement et pour production de l'ammoniaque

Abstract

Sea water considers as a raw material in complex sorfert for the process of ammonia production, but the most important conductivity of sea water and their salinity and to purify the complex to engage by meter to proceed Desalination of sea water for the permanent needs of water desalination, desalination includes two proceed, one proceed thermal and the other proceed reverse osmosis. Production of desalination process and carry ver deferent filtration treatment of Proceed demineralisation which consists of bed separating anion and cation, deminer water produced and conductivity less than $5\mu\text{s} / \text{cm}$ then route to the policher unit which consists of mixed bed, polished water produces and conductivity $0.05\ \mu\text{s} / \text{cm}$, And serves to supply the boilers for the production of steam and as cooling fluid and for the production of ammonia