



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPEREUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
كلية العلوم و التكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES



N° d'ordre : M...../GC/2020

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DEMASTER ACADIMIQUE

Filière : Génie des procédés

Option: Génie chimique

Thème

Étude de la baisse de production d'eau dessalée au
niveau du complexe GL2/Z

Présenté par :

1-**Hamadi chaimaa**

2-**Hidour hanane**

Soutenu le 25/06/ 2020 devant le jury composé de :

Président :	MEKIBES Zohra	MAA	Université de Mostaganem
Examineur :	MAHREZ Nouria	MCB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	CHERID Samira	MCA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2019/2020

REMERCIEMENTS

- Je tiens en premier lieu à remercier mon bon dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience durant tous ces années.
- Je remercie mon encadrant cherid samira d'avoir accepté de me guider durant la période du mon travail.
- J'adresse mes respectueux remerciements à tous les membres du jury.
- Et aussi je remercie tout l'équipe de complexe GP12/Z d'avoir m'aidé
- En fin je remercie toute les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail dans des meilleures conditions.

Dédicaces

- **J**e dédie ce travail à mes parents qui ont toujours été à mes côtés pour me soutenir et me donner le courage pour continuer à progresser dans mes études. Merci beaucoup papa et maman Je vous aime beaucoup.
- **A**mon frère **E**t mes sœurs.
- **A**mon amie qui a partagée avec moi l'honneur de la réalisation de ce travail.
- **A** toutes mes amies et collègues de la promotion 2019-2020.

Sommaire

Remerciements.

Dédicaces.

Résumé.

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Introduction général

PARTIE THEORIQUE

Chapitre I : description de complexe GL2/Z.

1. Présentation du complexe GL2/Z
2. Description et fonctionnement du complexe GL2/Z
 - 2.1. Zone utilités
 - 2.2 Zone de procédé
 - 2.2.1 Section traitement de gaz
 - 2.2.2 Section séparation
 - 2.2.3 Section liquéfaction
 - 2.2.4 Section compression
 - 2.2.5 Section fractionnement
 - 2.3 Zone de stockage et expédition

Chapitre II : Le dessalement de l'eau de mer

1. Introduction
2. Caractéristiques des eaux marines et saumâtres
 - 2.1. Les eaux marines
 - 2.2 Les eaux saumâtres
3. Les étapes du dessalement
4. Critères de choix du procédé de dessalement

Chapitre III: Description de l'unité de dessalement de type MSF

1. Introduction

2. Description de l'unité de dessalement de type MSF

2.1 Les filtres d'eau de mer

2.2 L'évaporateur

2.3 Le réchauffeur de saumure

2.4 L'éjecteur et le condenseur

2.5 Système d'injection des produits chimiques

2.6 Le bac de stockage

3. Principe de fonctionnement de l'unité de dessalement « MSF »

Chapitre IV : Les problèmes techniques en dessalement d'eau de mer

1. Introduction

2. Développement biologique

3. Problème d'entartrage

3.1 Généralités sur la théorie de l'entartrage

3.2 Problèmes engendrés par le tartre

4. Différents moyens de lutte contre l'entartrage

4.1 Inhibiteurs d'entartrage

4.2 Le lessivage acide

5. Problème de corrosion

5.1 Définition de la corrosion

5.2 Les causes de la corrosion

5.3 La protection contre la corrosion

Conclusion

Conclusion Générale

Références bibliographiques

Liste Figures et Tableaux

PARTIE THEORIQUE

Figure 1.01: situation géographique du GN en Algérie

Figure 1.02 : Schéma général du complexe GL2/Z.

Figure2 : la zone d'utilité

Figure3: Zone de procédé

Figure4 : Zone de stockage et expédition

Figure 5: Principe du dessalement multi stage flash

Figure 6: Unité de dessalement du complexe GL2/Z

Figure7 : Entartrage des chaudières

Figure 8: Corrosion des métaux

Tableau 1. : Représentatif des proportions standards de l'eau de mer

ملخص :

مجمع GL2 / Z مسؤول عن إنتاج وتصدير الغاز الطبيعي المسال (LNG) ، من الغاز الطبيعي القادم من حقل حاسي الرمل. تتم معالجة الغاز الطبيعي ثم تسييله عند درجة حرارة مبردة تبلغ -162 درجة مئوية في ستة (06) خطوط تسييل. جميع القطارات متطابقة وتعمل بشكل مستقل ، باستخدام منتجات مفيدة ، يوفرها قسم المرافق ، مثل تبريد مياه البحر والبخار والكهرباء وهواء الجهاز والماء. البحر المحلى. يحتوي مجمع GL2 / Z على وحدة تحلية من النوع "MSF" تتألف من خمس (05) وحدات تحلية متطابقة. تبلغ الطاقة الإنتاجية لكل من هذه الوحدات 45.3 م³ / ساعة من نواتج التقطير .

Résumé :

Le complexe GL2/Z est chargé de produire et exporter du gaz naturel liquéfié (GNL), à partir du gaz naturel provenant du champ de Hassi R'mel. Le gaz naturel est traité puis liquéfié à une température cryogénique de -162°C dans six (06) trains de liquéfaction. Les trains sont tous identiques et fonctionnent indépendamment, en utilisant les produits utiles, fournis par la section utilités, tel que l'eau de mer de refroidissement, la vapeur d'eau, l'électricité, l'air instrument et l'eau de mer dessalée.

le complexe GL2/Z dispose un unité de dessalement de type « MSF » comprend cinq (05) unités de dessalement identiques. La capacité de production de chacune de ces unités est de 45,3 m³/h de distillat.

Summary :

The GL2 / Z complex is responsible for producing and exporting liquefied natural gas (LNG), from natural gas from the Hassi R'mel field. Natural gas is treated and then liquefied at a cryogenic temperature of -162 ° C in six (06) liquefaction trains. The trains are all identical and operate independently, using the useful products supplied by the utilities section, such as cooling sea water, steam, electricity, instrument air and water. desalinated sea.

the GL2 / Z complex has a desalination unit of the "MSF" type comprising five (05) identical desalination units. The production capacity of each of these units is 45.3 m³ / h of distillate

Motes clés : GL2 / Z ,l'eau de mer , dessalement ,MSF

Introduction général

L'Algérie occupe la 9^{ème} place au classement de la production du gaz dans le monde et la 1^{ière} en Afrique. Le gisement le plus important en Algérie est celui de HASSI R'MEL situé au sud du pays, d'autre coté, les plus grandes unités de liquéfaction sont au niveau du Nord de l'Algérie tel que Arzew et Skikda. Le gaz naturel est considéré comme la troisième source d'énergie la plus utilisée dans le monde après le pétrole, et aujourd'hui que le gaz naturel est une principale source alternative en énergie avec moins d'impact environnemental.

Le complexe GL2/Z est chargé de produire et exporter du gaz naturel liquéfié (GNL), à partir du gaz naturel provenant du champ de Hassi R'mel. Le gaz naturel est traité puis liquéfié à une température cryogénique de -162°C dans six (06) trains de liquéfaction. Les trains sont tous identiques et fonctionnent indépendamment, en utilisant les produits utiles, fournis par la section utilités, tel que l'eau de mer de refroidissement, la vapeur d'eau, l'électricité, l'air instrument et l'eau de mer dessalée.

L'eau de mer est une ressource très abondante et inépuisable. Elle représente 97 % de l'eau sur terre et couvre 73 % de la surface du globe terrestre. Mais du fait de son fort taux de salinité, qui diffère cependant d'un endroit à un autre, l'eau de mer n'est pas potable et il est impossible de l'utiliser ou de la consommer directement à l'état pur.

Ainsi, pour l'utilisation de cette ressource vitale, tant pour l'usage domestique, industriel qu'agricole, l'eau de mer doit subir un certain nombre de transformations à travers des opérations qu'on appelle communément le dessalement d'eau de mer ou la distillation.

Pour cette raison, de nombreux États, à travers le monde, ont investi énormément dans la technologie du dessalement d'eau de mer, à l'effet de couvrir les besoins en eau, notamment ceux de l'industrie qui ne cessent d'augmenter

Le recours à l'exploitation de l'eau de mer n'est pas un choix volontaire mais plutôt une solution à la raréfaction de l'eau douce qui ne représente que 1 % de l'eau sur terre, auquel s'ajoutent 2 % qui sont constitués de blocs de glaces. Une quantité qui est loin de répondre aux besoins des activités humaines et ceux des écosystèmes.

L'eau dessalée joue un rôle primordial dans la production du GNL ; elle est utilisée comme eau d'appoint, pour l'alimentation des chaudières de process et des utilités pour la production de vapeur.

Le présent mémoire est articulé une partie théorique aborde les points suivants :

- Présentation du lieu de préparation de notre travail : le complexe Sonatrach-GL2/Z ;
- Généralités sur le dessalement d'eau de mer ;
- Description des unités de dessalement du type multi stage flash(MSF) du complexe GL2/Z ;
- Les problèmes techniques du dessalement en MSF.

Chapitre1 : description du complexe GL2/Z

1. Présentation du complexe GL2/Z :

Le complexe GL2/Z est un site industriel de production de gaz naturel liquéfié (GNL), situé dans la zone industrielle d'Arzew, au Nord-Ouest de l'Algérie.

Le complexe GL2/Z a été réalisé par la société américaine M.W. PULLMAN KELLOGG, qui a été chargée des études, de la construction et du démarrage des différentes installations.

La construction de l'usine a débuté en 1977 et sa mise en production remonte à l'année 1981.

Situation géographique :

Le complexe GL2/Z est situé au nord-est Béthioua environ 40 km à l'est d'Oran au bord de la méditerranée, son emplacement au bord de la mer lui permet d'utiliser l'eau de mer comme source d'alimentation pour le refroidissement, la production d'eau distillée est la lutte anti-incendie.



Figure 1.01:situation géographique du GN en Algérie

Superficie: Le complexe GL2/Z couvre une superficie de **72 hectares**.

Objet: Le complexe GL2/Z traite environ **10,5 milliards de nm³** de gaz naturel par an.

Capacités contractuelles de production :

- GNL : 17,8 Millions m³ / an
- Propane : 410 000 Tonnes / an
- Butane : 327 000 Tonnes / an
- Gazoline : 196 000 Tonnes / an

Capacité totale de stockage :

- 03 bacs aériens de stockage GNL : 100 000 m³ chacun
- 02 bacs de gazoline : 14000 m³ chacun

2. Description et fonctionnement du complexe GL2/Z :

Le complexe GL2/Z dispose de six (06) trains de liquéfaction qui fonctionnent en parallèle, mais reliés entre eux par des lignes de transfert. L'alimentation en gaz naturel de chaque train est réalisée par des réseaux de canalisation, Le débit de gaz naturel distribué est d'environ 1.500.000 m³/h pour les six trains, soit en moyenne 250.000 m³/h/train.

L'usine est composée de trois (03) zones, à savoir :

- Zone d'utilités
- Zone de procédé
- Zone de stockage et expédition

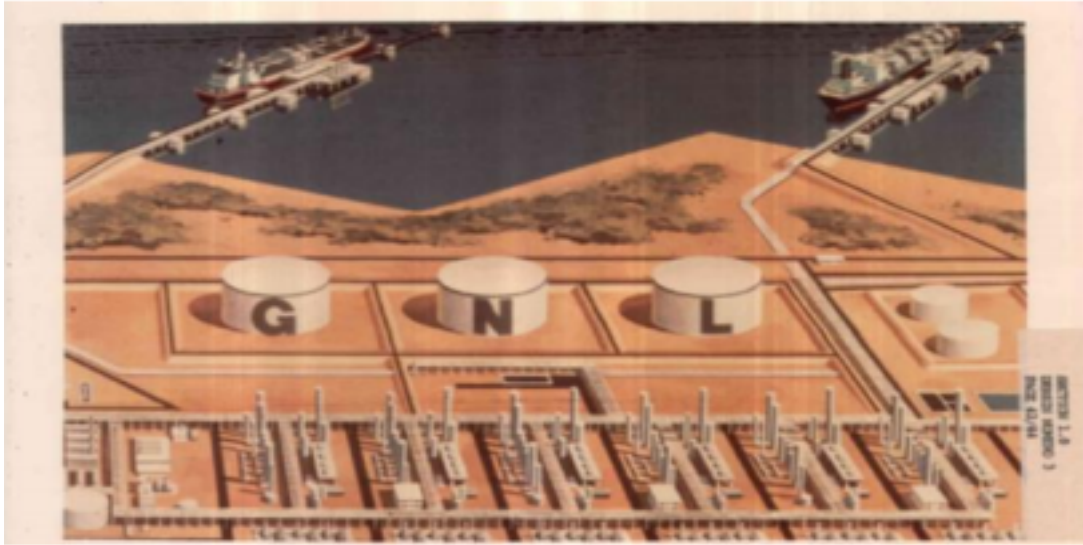


Figure 1.02 : Schéma général du complexe GL2/Z.

2.1. Zone utilités :

Cette zone est essentiellement autonome et assure la fourniture de toutes les utilités pendant le démarrage et la mise en marche des six (06) trains de liquéfaction ainsi, de toutes les installations de production.



Figure2 : la zone d'utilité

Elle consiste principalement à la production et la fourniture de ce qui suit :

- **Énergie électrique**

L'électricité est produite par trois turbogénérateurs ayant une capacité de 20 MW pour chacun, ainsi qu'une source SONELGAZ avec une tension de 60 KV. Toutefois, pour une mise en marche normale, seuls deux turbogénérateurs peuvent suffire pour produire la totalité de l'énergie demandée qui est environ de 36 MW.

- **Vapeur**

Elle est fournie par un ensemble de chaudières de différents tonnages répartis comme suit :

- ✓ Quatre (04) chaudières HP (62 bars) type ABB d'une capacité de 400 t/h chacune.
- ✓ Douze (12) chaudières process HP d'une capacité de 120 t/h chacune.
- ✓ Deux (02) chaudières HP type IHI d'une capacité de 400 t/h chacune.
- ✓ Une chaudière BP (17,2 bars) d'une capacité de 59 t/h.

- **Eau dessalée**

Elle est fournie par cinq (05) unités de dessalement de type détente à plusieurs étages (MSF),

Produisant chacune 45,3 m³/h de distillat, permettant ainsi suffisamment d'eau distillée,

Destinée à assurer d'une manière continue l'alimentation des chaudières.

- **Production d'air comprimé**

Il est fourni par quatre (04) compresseurs d'air permettant la production de l'air instrument, servant pour toutes les installations de production, et de l'air service pour les autres besoins du complexe

- **Source de refroidissement**

L'eau de mer est la source de refroidissement transportée par un ensemble de six (06) pompes de grande puissance d'une capacité de 37 000 m³/h chacune.

2.2 Zone de procédé :

Cette zone est constituée de six trains de liquéfaction identiques fonctionnant en indépendance. Chaque train comprend un nombre d'équipements montés principalement en série, assurant ainsi la transformation du GN de l'état gazeux à l'état liquide.

-Chaque train est divisé en cinq sections :

- Section traitement de gaz
- Section séparation
- Section liquéfaction
- Section compression
- Section fractionnement



Figure3:Zone de procédé

2.2.1 Section traitement de gaz :

- **La dèmercurisation**

La dèmercurisation consiste à piéger le mercure contenu dans le gaz pour éviter la corrosion des équipements en aluminium. L'adsorbant utilisé est le charbon à base de soufre. Le gaz naturel traité (GNT) sortant de cette section avec une teneur de soufre inférieure à 7 nano gramme.

- **La décarbonatation**

La décarbonatation a pour objet d'éliminer le dioxyde de carbone qui cause le bouchage au niveau de la section liquéfaction. Pour réaliser l'opération de décarbonatation du gaz naturel, il est fait usage d'une amine primaire dénommée monoéthanolamine (MEA) qui a la particularité de capter et réagir avec les molécules de CO₂.

Régénération de MEA :

La solution MEA sort de l'absorbeur riche en CO₂ doit être régénérée pour être utilisée de nouveau.

- **La déshydratation**

En sortant de l'absorbeur, le gaz naturel (GN) se trouve saturé en eau et doit subir une déshydratation pour réduire sa teneur en humidité inférieure à 1 ppm.

2.2.2 Section séparation :

-Le refroidissement du gaz naturel traité.

-Le gaz est ensuite injecté dans la tour de lavage au niveau du 10^{ème} plateau, où les produits lourds sont séparés par distillation du gaz naturel.

2.2.3 Section liquéfaction :

Cette section représente la partie la plus importante du procédé du fait qu'elle permet de réaliser l'objectif principal du complexe qui consiste à liquéfier le gaz naturel.

2.2.4 Section compression :

- **Boucle de propane**

La boucle de propane est une boucle qui permet de refroidir le gaz naturel et le MCR (Multi Composant Réfrigérant).

- **Boucle MCR**

La boucle MCR constitue la deuxième boucle frigorigène de l'unité de liquéfaction. Le fluide frigorigène est un mélange d'azote, de méthane, d'éthane et de propane.

2.2.5 Section fractionnement :

L'unité fractionnement est alimenté par les produits de fond de la tour de lavage.

-La section est composée de trois colonnes :

- **Le dé-éthaniseur**

Il permet d'extraire l'éthane pour être réinjecter dans le GNL.

- **Le dé-propaniseur**

Il constitue la 2^{ème} tour de fractionnement. Son rôle est de produire le propane en tête de la colonne et de l'acheminer en grande partie vers GP1/Z pour être commercialisé où réinjecter dans le GNL.

- **Le dé-butaniseur**

Il constitue la 3^{ème} tour de fractionnement. Le produit de tête de la colonne est du butane, est envoyé vers GP/Z pour être commercialisé où réinjecter dans le GNL. Le produit de fond de la tour constitue la gazoline qui est envoyé vers stockage pour être commercialisé.

2.3 Zone de stockage et expédition :

-La zone de stockage et expédition du GNL est située au bord de mer.

-Le GNL quitte la zone de procédé vers la zone de stockage à une température de -162°C.

Chaque bac de stockage de GNL a une capacité de stockage de 100 000 m³. Les trois bacs fonctionnent d'une manière communicante entre eux.

-Le stockage de la gazoline produite est assuré par deux (02) bacs de 14 000 m³ chacun.



Figure4 :Zone de stockage et expédition

Chapitre 2 : Le dessalement de l'eau de mer

1. Introduction :

Les besoins en eau douce sont de plus en plus croissants. Dans le monde, un milliard de personnes n'ont pas accès à l'eau potable. Pour faire face à cette pénurie prononcée d'eau, de nouvelles techniques de production d'eau potable devront être mises en place pour satisfaire les besoins de la population croissante. Une des techniques prometteuses pour certain pays est le dessalement de l'eau de mer.

Le dessalement de l'eau est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce, à partir d'une eau saumâtre ou salée. Autrement dit, il s'agit rarement de retirer le sel de l'eau, mais plutôt, à l'inverse, d'extraire de l'eau douce. Les systèmes de dessalement se caractérisent par leur rendement et le taux de sel résiduel.

2. Caractéristiques des eaux marines et saumâtres :

2.1. Les eaux marines :

L'eau de mer est l'eau salée des milieux marins et océaniques.

La salinité est un des paramètres les plus importants de l'eau de mer, elle désigne la teneur globale en sel (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates).

La salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35g.L⁻¹.

Le Ph de l'eau de mer varie entre 7,5 et 8,4, donc c'est un milieu légèrement basique.

Constituants	Composition en g/L	Proportion (%)
Sodium (Na)	11.035	30.64
Chlorure (cl)	19.841	55.08
Bicarbonates (HCO ₃)	0.146	0.41
Sulfates (SO ₄ ⁻²)	2.769	7.69
Bromures (Br ⁻)	0.068	0.19
Magnésium (Mg)	1.330	3.69
Fluorures (F ⁻)	0.001	0.00
Calcium (Ca)	0.418	1.16
Strontium (Sr)	0.014	0.04
Potassium (K)	0.397	1.10
Total	36.02	100

Tableau 1. : Représentatif des proportions standards de l'eau de mer

2.2 Les eaux saumâtres :

On appelle **eau saumâtre**, une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. Sa teneur en sel est comprise entre 1 et 10 g/L.

Les principaux sels dissout dans ces eaux sont les carbonates calcium (CaCO_3), Les sulfates de calcium (CaSO_4), les carbonates de magnésium (MgCO_3), et les chlorures de sodium (NaCl).

3. Les étapes du dessalement :

Le processus de dessalement de l'eau de mer passe par plusieurs étapes pour atteindre sa forme finale et il est utilisable, et les étapes de dessalement sont les suivantes :

➤ **La première étape**

À ce stade, l'élimination des grandes substances en suspension dans l'eau telles que la poussière, les pierres et certains micro-organismes, tels que les bactéries, se fait par le biais de raffineries à grande échelle et en ajoutant des produits chimiques à l'eau.

➤ **La deuxième étape**

À ce stade, les sels en suspension dans l'eau de mer sont éliminés et il existe plusieurs méthodes, notamment :

• **Distillation :**

Et ce processus réside dans l'élévation de la température de l'eau salée à un point d'ébullition et la formation de vapeur d'eau qui est ensuite condensée en eau distillée afin que l'eau distillée soit exempte de sel. Cette eau distillée n'a pas de goût, puis elle est traitée avec des additifs pour être potable ou arrosée.

➤ **Distillation à simple effet**

Là où la confiance est placée sur l'élévation de la température de l'eau à son point d'ébullition, puis la collecte des fumées de montage et leur condensation dans un condenseur pour obtenir l'eau sans sels.

➤ **Distillation multi-flash (multi stage flash « MSF »)**

En fonction du fait que le point d'ébullition des fluides est directement proportionnel à la pression sur eux, plus la pression sur le fluide est basse, plus son point d'ébullition est bas. Dans cette méthode, l'eau salée passe après l'avoir chauffée dans des pièces successives de basse pression et transforme l'eau en vapeur d'eau qui est condensée sur des surfaces froides et collectée et traitée en quantité potable. Cette méthode est utilisée dans les usines de dessalement à grande capacité de production

➤ **Distillation solaire**

Cette méthode utilise l'énergie solaire pour chauffer l'eau saline jusqu'au point d'évaporation, puis elle est condensée sur des surfaces froides et collectée dans des tuyaux.

• **Les procédés membranaires :**

Dans le processus de dessalement, une membrane semi-perméable, appelée membrane d'osmose inverse, est utilisée. Cette membrane permet à l'eau douce de passer dans le sens de la basse pression et le sel et les bactéries ne la traversent pas.

Et généralement cette pression est produite par des pompes électriques. Ce processus ne nécessite ni chaleur ni chauffage.

➤ **La troisième étape**

À ce stade, les sels et certaines substances sont ajoutés à l'eau s'ils sont destinés à un usage humain ou à l'agriculture, tandis que si le but de l'eau est d'exploiter des usines ou des industries pharmaceutiques, aucun sel ou produit chimique n'est ajouté.

4.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 comme suit :

- La nature de la proportion des sels en solution
- Les ressources en énergie et le prix local de l'énergie
- La facilité d'évacuations des déchets

- Les facilités d'approvisionnement en pièces de rechange et éventuellement en produits chimiques
- Le prix de revient

Chapitre 3 : Description de l'unité de dessalement de type MSF

1. Introduction :

Les complexes de GNL sont de grands consommateurs de vapeur qui est, à la fois, une source d'énergie de chauffe et la force motrice des machines tournantes.

La station de dessalement de l'eau de mer constitue l'un des plus grands projets réalisés par le gouvernement algérien dont la nécessité de dessaler l'eau de mer ou l'eau saumâtre se fait de plus en plus pressante dans de nombreuses parties du monde. Au cours des années 1950-1990, la consommation mondiale d'eau a triplé, tandis que la population de la planète augmentait de 2,3 milliard d'habitants.

Au cours des cinquante dernières années, le dessalement n'a cessé de gagner du terrain. Sur le plan économique comme sur le plan technique, sa faisabilité est bien établie et il est capable de fournir une eau d'excellente qualité en grandes quantités. Il existe plus de 9.500 unités dans le monde produisant 11,8 milliards de m³ d'eau par an, soit 0.3% de l'eau consommée sur la planète.

L'eau distillée ou dessalée est utilisée essentiellement pour générer de la vapeur ou encore comme réfrigérant dans les échangeurs et les condenseurs situés dans la zone Utilités.

L'utilisation principale de l'eau distillée est l'appoint aux chaudières. Chaque unité est conçue pour fonctionner séparément ou en parallèle avec les autres unités. Une interconnexion avec le complexe GL1/Z permet de s'approvisionner en eau distillée en cas de besoin.

Il existe plusieurs méthodes qui permettent la séparation de l'eau de mer en une eau douce contenant une faible concentration des sels dissouts, parmi ces méthodes :

Distillation multi-flash (multi stage flash MSF)

2. Description de l'unité de dessalement de type MSF :

Le procédé de dessalement de MSF a été introduit au début des années 1950.

L'unité de dessalement de type **MSF** du complexe GL2/Z comprend cinq (05) unités de dessalement identiques produisant de l'eau distillée, avec une teneur en sel dissous inférieure à 2 ppm, La capacité de production de chacune de ces unités est de 45,3 m³/h de distillat, soit une capacité totale de calcul de 226,5 m³/h pour ces cinq (05) unités.

Ces unités sont constituées de huit (08) étages (cellules) allongés dans une configuration à deux passes, chacune à écoulement transversal et sans recyclage.

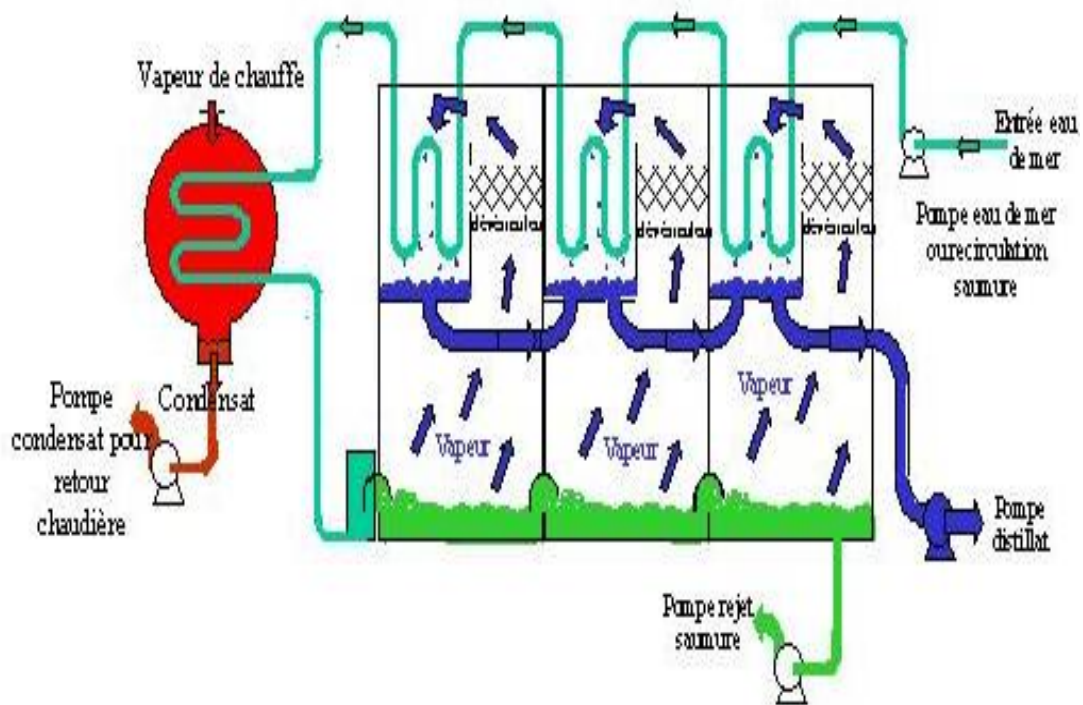


Figure 5: Principe du dessalement multi stage flash

2.1 Les filtres d'eau de mer :

L'eau de mer d'alimentation est filtrée par les filtres à l'eau de mer qui sont en fonctionnement continu et possèdent l'équipement nécessaire pour un lavage à contre-courant de façon cyclique prédéterminée (30 mn à 24 h).

Les filtres à eau de mer retiennent les grosses particules ou les solides contenus dans l'eau de mer.

2.2 L'évaporateur :

A la sortie des filtres, l'eau est reprise par une pompe de surpression d'eau de mer qui refoule vers l'évaporateur et vers l'éjecteur condenseur.

L'eau de mer (saumure), dirigée vers l'évaporateur, est distribuée à l'intérieur des huit (08) compartiments par un faisceau tubulaire qui fait office de condenseur au contact de la vapeur de l'eau évaporée.

L'eau de mer est ensuite réchauffée par un réchauffeur de saumure.

La saumure, portée à une température de 90 °C, revient au vaporisateur et circule à contre-courant des faisceaux tubulaires.

La saumure chaude et le vide, créé par les éjecteurs de vapeur, permettent une évaporation. Dans chaque compartiment, la vapeur traverse un tamis débrumeur, qui retient les gouttelettes de saumure ; elle est ensuite condensée au contact du condenseur.

L'eau douce, ainsi recueillie, s'écoule dans le bac d'eau distillée au travers de chaque compartiment (du premier jusqu'au huitième). L'eau est ensuite refoulée par la pompe à eau distillée vers le bac de stockage.

2.3 Le réchauffeur de saumure :

L'eau de mer entre du côté tube du réchauffeur à une température de 78,6 °C, où elle est réchauffée par la vapeur désurchauffée, jusqu'à ce que la température de service atteigne une température de 90 °C.

Une citerne au fond de la calandre permet de recueillir la vapeur condensée, le niveau est maintenu constant au moyen d'un régulateur de niveau de condensât.

2.4 L'éjecteur et le condenseur :

Le vide à l'intérieur de l'évaporateur est obtenue grâce à deux (02) éjecteurs, à deux (02) étages chacun, et un condenseur qui est divisé en deux (02) étages (condenseur intermédiaire et condenseur secondaire).

Les incondensables de l'évaporateur et du réchauffeur de saumure se déchargent par les lignes d'évent dans le système éjecteur condenseur et sont ensuite rejetés vers l'atmosphère. La vapeur, alimentant les éjecteurs, provient du réseau 17 bars et se décharge dans le condenseur.

Le premier éjecteur (vide à l'évaporateur) décharge à l'intérieur du condenseur intermédiaire.

L'intérêt d'avoir une basse pression dans les étages est de réaliser la détente à de faible température, pour éviter la formation du tartre dur et diminuer le moussage.

2.5 Système d'injection des produits chimiques :

Le système de traitement par produits chimiques a pour fonction de retarder les dépôts de tartre et la formation de mousse dans l'unité de dessalement.

Le système comprend un bac de produits chimiques, des pompes doseuses pour l'injection, un indicateur de débit, un régulateur de pression au refoulement de la pompe et un agitateur pour le bac de mélange de produits chimiques.

2.6 Le bac de stockage :

Le bac de stockage d'eau distillée, d'une capacité de 8710 m³, est continuellement pressurisé à l'azote, pour éviter tout contact entre l'eau et l'air.

Les pompes d'appoint envoient l'eau distillée dans le collecteur d'eau d'appoint (alimentation chaudières).

3. Principe de fonctionnement de l'unité de dessalement « MSF » :

L'évaporateur multi flash MSF produit l'eau distillée à partir de l'eau de mer, en la réchauffant jusqu'à ce qu'elle soit prête pour le flash. La vapeur, ainsi produite, est entraînée vers le condenseur où elle est condensée en distillat.

Le flash se produit lorsque la saumure entre dans le premier étage de l'évaporateur, qui est maintenu à une pression inférieure à la pression atmosphérique.

Les gouttelettes de saumure entraînées sont enlevées de la vapeur par des demi-stères et la vapeur, à l'état vapeur pure, se condense en distillat sur les tubes du condenseur. Le processus de distillation fonctionne à l'aide d'un vide bas dans le premier étage jusqu'à un vide poussé dans le dernier étage. La différence de pression d'étage en étage est l'élément essentiel pour obtenir une répétition du flash.

Le vide dans les étages est créé par un système de vide installé sur la partie supérieure du dessaleur et composé d'un ensemble d'éjecteurs et de condenseurs barométriques. Ce système est conçu pour enlever les gaz non condensables dégagés pendant le fonctionnement.

L'eau de mer d'alimentation, véhiculée par un collecteur utilité, est aspirée par la pompe booster puis filtrée. Elle est ensuite véhiculée vers la boîte de distribution ainsi que vers les tubes du condenseur, progressivement réchauffé par la vapeur de la saumure qui se condense sur la partie externe des tubes.

Chapitre4 : Les problèmes techniques en dessalement d'eau de mer

1. Introduction :

Les principaux problèmes que l'on rencontre dans le dessalement de l'eau de mer sont des problèmes d'entartrage, des problèmes de corrosion, et problèmes de développement biologique.

2. Développement biologique :

La contamination biologique de l'eau signifie la présence de certains types de micro-organismes qui causent des maladies, comme les bactéries et les virus ou par l'action d'organismes aquatiques et animaux aquatiques qui sont présents dans l'eau. De la pollution à de nombreuses maladies. Par conséquent, cette eau ne doit pas être utilisée pour se laver ou boire, sauf après avoir été soumise à un traitement avec différents désinfectants, tels que le chlore, les rayons UV et autres.

3. Problème d'entartrage :

Le tartre est un dépôt calcaire, issu de la précipitation des minéraux contenus dans l'eau sous l'effet de la chaleur, et formée essentiellement de carbonates de calcium (CaCO_3) De façon courante. Fréquemment retrouvé sur les parois des chaudières, des canalisations d'eau ou de vapeur, etc.

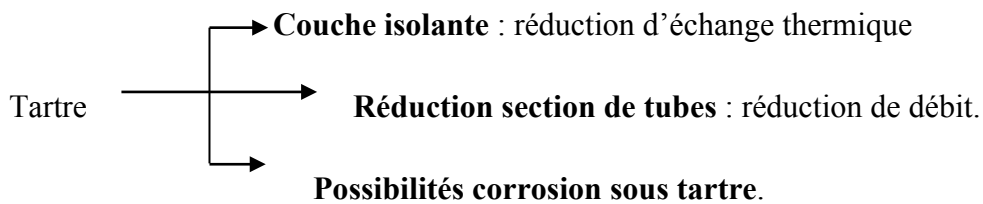
3.1 Généralités sur la théorie de l'entartrage

Quand l'eau de mer est chauffée dans un évaporateur les limites de solubilités sont atteintes ou dépassant même les limites à cet effet nous obtenons la formation de dépôt sur les surfaces d'échange de chaleur, compte tenu des ions présents dans les eaux salines calcium (CaCO_3), de l'hydroxyde de magnésium ($\text{Mg}(\text{OH}_2)$) et du sulfate de calcium (CaSO_4).

Pour qu'il y ait dépôt de tartre sur une surface d'échange, deux conditions principales doivent être réunies :

- Il faut que la limite de solubilité soit dépassée, c'est-à-dire qu'il y ait sursaturation : c'est l'**aspect thermodynamique**.
- Il faut ensuite que la vitesse de déposition soit suffisamment rapide, c'est l'**aspect cinétique**.

3.2 Problèmes engendrés par le tartre :



4. Différents moyens de lutte contre l'entartrage :

4.1 Inhibiteurs d'entartrage

Ce sont des produits tartriques que l'on injecte à très faible dose (quelque ppm) dans l'eau d'appoint, ils ont la propriété d'éviter ou de minimiser les dépôts qui se font sur les parois d'échange.

4.2 Le lessivage acide

Dans le but d'enlever totalement les dépôts de tartre, une opération de lessivage acide est recommandée. Cette opération consiste à faire circuler une solution concentrée d'acide inhibé (Acide sulfamique + Rhodine 141) pour dissoudre le tartre sans attaquer les tubes des faisceaux.

Le lessivage acide est effectué en arrosant les faisceaux tubulaires pendant une durée qui dépend de la quantité de tartre à enlever.

Au cours de l'opération de lessivage chimique, la quantité d'acide utilisée, le temps de lessivage ainsi que les variations de **PH** et la température de l'eau de dilution doivent être soigneusement notés.

Le produit préconisé est l'acide sulfamique en solution dans la proportion maximale de 8 à 10 % en poids. L'acide est inhibé par 2 à 5 % en poids avec la Rhodine 141M.



Figure7 : Entartrage des chaudières

5.Problème de corrosion :

5.1 Définition de la corrosion :

La corrosion est la dégradation des propriétés du matériau de base résultant d'une réaction chimique ou électrochimique.

5.2 Les causes de la corrosion :

➤ **Structure chimique et physique des métaux**

La présence d'impuretés dans les métaux entraîne une accélération du processus de corrosion, que ces impuretés soient métalliques ou non métalliques.

➤ **Effet des milieux acides**

La modification du PH du milieu entraîne une corrosion rapide de divers métaux.

➤ **Effet de la température**

Le taux de corrosion des métaux augmente avec l'augmentation de la température

➤ **Concentration de sels**

La concentration de sels dissous affecte l'eau Augmenter la conductivité électrique et donc augmenter la corrosion

5.3 La protection contre la corrosion :

La protection contre la détérioration des métaux peut se faire en agissant soit sur la nature du milieu exemple l'eau, soit sur la nature du métal.

- **Utilisez un revêtement ou un matériau tel que de la graisse, de l'huile, de la peinture ou de la fibre de carbone.**
- **Utilisation de métaux non corrosifs, tels que l'acier inoxydable ou l'aluminium.**
- **Les inhibiteurs de corrosion**



Figure 8:Corrosion des métaux

CONCLUSION

Cette partie a commencé par une description du lieu de stage, le GL2/Z, et son fonctionnement.

En second lieu, après une présentation des principaux procédés de dessalement d'eau de mer, est introduite une description de l'unité de dessalement du GL2/Z.

Durant notre étude théorique effectué nous avons constaté que la distillation multi-flash (multi stage flash **MSF**) connaît un essor important dans le dessalement des eaux de mer et saumâtres.

CONCLUSION GENERALE

L'eau est l'un des éléments les plus abondants sur la terre, mais c'est aussi un fait que les ressources en eau potable sont considérablement réduites en raison de la consommation humaine dans le monde. Il existe différentes solutions pour faire face aux pénuries d'eau. Le dessalement est l'un d'entre eux, il joue un rôle vital dans la production d'eau douce dans de nombreuses régions du monde, en particulier dans les pays arabes.

Le dessalement multi-flash (multi stage flash **MSF**) gagne en intérêt par rapport aux autres procédés de dessalement grâce à son faible coût de maintenance, sa géométrie simple et sa faible consommation d'énergie.

Références bibliographiques

- I.** Performance des évaporateurs d'eau de mer pour la production d'eau dessalée au niveau du complexe GL1/K « SKIKDA » (octobre 2010) ;
- II.** Etude technico-économique comparative de deux méthodes de distillation de l'eau de mer (2010) ;
- III.** Le problème d'entartrage fréquent dans les unités de dessalement d'eau de mer du complexe GL2/Z (2002/2003) ;
- IV.** Etude comparative de la qualité d'eau produite par le dessaleur de type MSF et le nouveau dessaleur de type éjecto-compression au complexe GL2/Z (2005/2006) ;
- V.** Fonctionnement d'un dessaleur et opération de lessivage au niveau du complexe GP1/Z (2005/2006) ;
- VI.** Méthodes et techniques d'analyses des eaux dans le complexe GL2/Z (2002/2003) ;
- VII.** L'analyse de l'eau (JEAN RODIER) ;
- VIII.** Manuel opératoire des utilités volume 5 ;
- IX.** Procédure de lessivage chimique des unités de dessalement du complexe GL2/Z par l'acide sulfamique ;
- X.** Théorie et pratique du dessalement ;
- XI.** Contrôle de l'entartrage dans les unités de distillation d'eau de mer FLASH à étages multiples ;
- XII.** Rapport sur la baisse de production d'eau dessalée produite par les unités de dessalement du complexe GL2/Z ;
- XIII.** Rapport de lessivage des unités de dessalement du complexe GL2/Z ;
- XIV.** Guide du laboratoire du complexe GL2/Z ;
- XV.** Mémoire de fin de période d'essai : lessivage des dessaleurs par l'acide sulfamique (promotion 1999) ;
- XVI.** http://www.emse.fr/-brod+hag/TRAITEME/fich9_2.htm ;