

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA  
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : TECHNOLOGIE

Département : GENIE DES PROCEDES

Domaine SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Filière : GENIE DES PROCEDES

Spécialité : GENIE CHIMIQUE

## Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

**Etude Qualitative de l'eau d'alimentation du complexe  
« Fertial » Centrale U.II - Annaba-**

Présenté par : *Amirat Naima & Douici Doha*

Encadrant : *M<sup>me</sup>. MENADJLIA. L* Grade : *Docteur* Université : *Badji Mokhtar-Annaba*

### Jury de Soutenance :

ZOUGUAR Saida	Professeur	UBMA	Président
MENADJLIA Lila	MCA	UBMA	Encadrant
BENDEBANE Farida	MCA	UBMA	Examineur

Année Universitaire : 2022/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# Remerciement

*En tout premier lieu, nous remercions le bon Dieu, tout puissant, de nous avoir donné le courage et la patience qui nous a permis d'aboutir à ce modeste mémoire.*

*Nous tenons à remercier Mme Menadjlia Directrice de ce mémoire, d'avoir accepté nos diriger notre pour ses précoces conseils.*

*Nos remerciements sont également adressés aux enseignants qui ont contribué de près ou de loin à notre formation durant nos années d'études.*

*Nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements au l'équipe de la centrale d'utilité FERTIAL pour le suivi continuél tout le long de la réalisation de cette thèse et qui n'ont pas cessé de nous donner des informations ; des conseils et des remarques. Nous remercions tous nos amis qui ont vraiment été formidables durant les années de l'étude.*

*Nous souhaitons également adresser nos remerciements les plus sincères aux équipes pédagogiques et administratives de Département Génie des procédés.*

*Enfin, un grand merci à nos familles qui nous a toujours encouragé dans nos choix d'orientation professionnelle spécialement nos parents qui nos 'a conseillé pour la rédaction de ce rapport de stage et a eu la gentillesse de bien vouloir le relire*





# Dédicaces

*Premièrement, j' voudrais remercier Dieu, Allah qui toujours m' accompagne dans la vie et suffi à mon besoin. Grace à Dieu, je suis capable de finir ce mémoire.*

*D' un sentiment plein d' amour, de sincérité et de fidélité je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude :*

➤ *A ma meilleure personne chère **MAMAN Bellili Samia***

*Je vous exprime mon grand amour. Mon attachement et ma plus haute considération pour vous. Je suis trèsfière d' être votre fille et de pouvoir enfin réaliser, ce que vous avez tant espère et attendu de moi. Votre patience, votre bonne volonté, vos conseils précieux ainsi que votre confiance en moi ont été pour beaucoup dans ma réussite. Chère ma mère veuillez trouvez dans ce modeste travail, le fruit de vos sacrifices. Que dieu vous protège et vous garde.*

➤ *A ma grand-mère **Dahdouh Fatma Zohra** qui a été ma deuxième maman.*

➤ *A ma sœur **Douici Lamis** et mon neveu **Mohamed Arslane**.*

➤ *A ma chatte **Mechmacha**.*

➤ *A mes amies et mes collègues.*

*A tous qui chers ceux qui me sont chers et que j' ai oublié de les citer*

*\* Que dieu vous bénisse tous inshallah.*



*DOUCI DOHA*



# Dédicace



... à mes chères parents

... à mon frère, mes soeurs

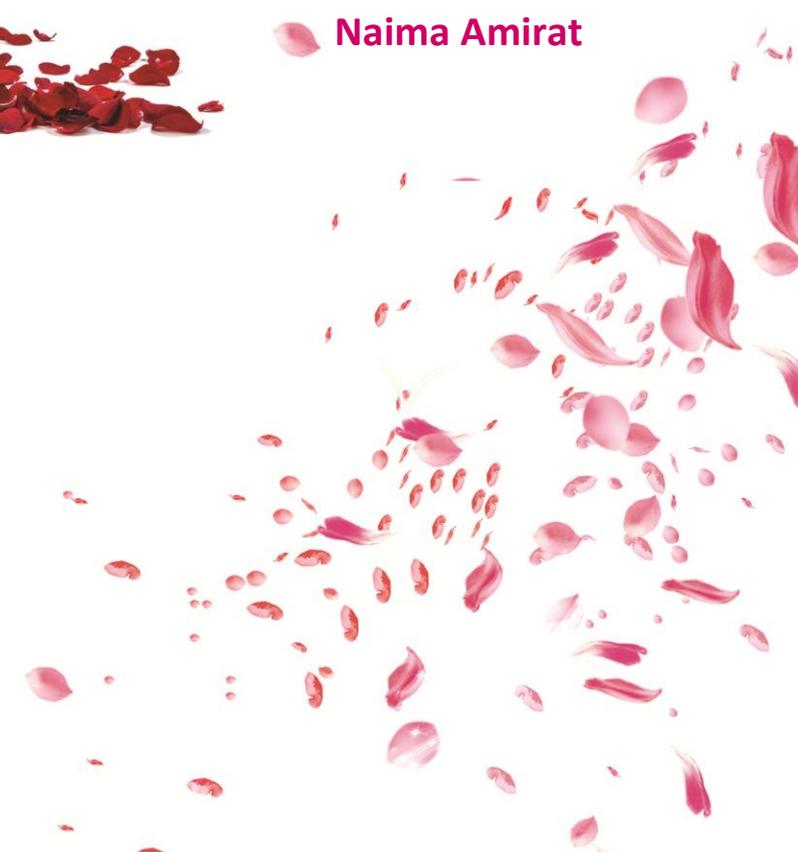
... à toutes les petits de la famille

... à ma binôme et toutes mes amies

Je dédie ce modeste travail



**Naima Amirat**



## Sommaire

### Sommaire :

- Abréviation
- Liste des tableaux
- Liste des figures
- Résumé

Introduction générale	01
-----------------------	----

### Chapitre I : Présentation de l'entreprise Fertial

I.1 Historique de l'entreprise « Fertial »	03
I.2 Situation Géographique	04
I.3 Structure de la société Fertial – Annaba-	05
I.4 Présentation de la Centrale U.II	06
I.5 Structure de la centrale U.II	06
I.5.1 Section de pompage eau de mer	08
I.5.2 Section de dessalement d'eau de mer	08
I.5.3 Section de traitement des eaux (Déméralisation)	08
I.5.4 Section de production de vapeur (Chaudière)	09
I.5.5 Section turbo-alternateur	09
I.5.6 Service Contrôle Qualité (Laboratoire d'Analyses)	09
I.5.7 La Salle de Contrôle	09
I.6 Conclusion	11

### Chapitre II : La partie théorique

II.1 Section de Pompage d'eau de mer	13
II.2 Section de Dessalement d'eau de mer	14
II.2.1 Description de l'unité de dessalement	14
II.2.1.a L'évaporateur	16
II.2.1.b Le Réchauffeur	18
II.2.1.c Dispositif d'extraction des gaz incondensables	20
II.2.1.d Filtre de prétraitement	20
II.2.2 Principe de système de distillation multi-flash (MSF)	21
II.2.3 Description du procédé de dessalement (MSF)	21
II.2.4 Pureté de l'eau produite	22
II.3 Section de traitement des eaux (Déméralisation)	23
II.4 Section de Production de la vapeur (Chaudière)	27
II.4.1 Préparation de l'eau de chaudière	27

## **Sommaire**

---

<b>II.4.2 Principe de fonctionnement de la chaudière</b>	<b>28</b>
<b>II. 5 Conclusion</b>	<b>30</b>
<b>Chapitre III : La partie Expérimentale</b>	
<b>III. Problématique</b>	<b>31</b>
<b>III.1 Description des Problèmes</b>	<b>31</b>
<b>III.2 Objectifs de l'Etude</b>	<b>33</b>
<b>III. 4 Partie Calcul</b>	<b>34</b>
<b>III.4.1 Introduction</b>	<b>34</b>
<b>III.4.2 Perturbation Conductivité Eau dessalée (Section SIDEM)</b>	<b>34</b>
<b>III.4.3 Contrôle Conductivité de la Chaine (Section Déminéralisation)</b>	<b>37</b>
<b>III.4.4 Problème de Perturbation Conductivité Condensat (Section SIDEM)</b>	<b>38</b>
<b>III.4.5. Problème de Conductivité au niveau du bac eau déminée (Section Déminéralisation)</b>	<b>39</b>
<b>III.4.6. Problème du Chlore au niveau de la chaudière, Condensat de vapeur (Section Chaudière)</b>	<b>40</b>
<b>III.5 Solutions proposées</b>	<b>43</b>
<b>III.5.1 Introduction</b>	<b>43</b>
<b>III.5.2 La proposition : SIDEM Multi-Effets</b>	<b>43</b>
<b>III.5. 3 Proposition pour la section déminéralisation</b>	<b>46</b>
<b>III.5. 4 Proposition pour la section Chaudière</b>	<b>46</b>
<b>III.5. 5 Proposition pour le service de contrôle qualité</b>	<b>46</b>
<b>VI. 5.6 Conclusion</b>	<b>47</b>
<b>Conclusion Générale</b>	<b>48</b>
<b>Bibliographie</b>	
<b>Les annexes</b>	

**Liste des abréviations :**

**C.U.II** : Centrale Utilité II.

**UAN** :Urée acide nitrique.

**SSP** :Simple super phosphate.

**TH** : La dureté de l'eau.

**TA** :Titre alcalimétrique.

**TAC** :Titre alcalimétrique complet.

**pH** :Le potentiel hydrogène.

**Cond** : Conductivité.

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** : Phosphate.

**SiO<sub>2</sub>** : Cilice.

**T°** : Température.

**P** : Pression.

**SIDEM** : Société internationale de dessalement d'eau de mer.

**GG 1350**: Filtre à charbon actif.

**GG 1351**:Echangeur a lit melange.

**GV 1356**:Bac de stockage de NaOH.

**GV 1353**:Pot doseur H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**GV 3104**:Bac de stockage d'eau déminéralisé.

**M.S.F** : Multi-stage flash

**LISTE DES TABLEAUX**

<b>Numéro du Tableau</b>	<b>Titre du Tableau</b>	<b>Page</b>
<b>CHAPITRE III</b>		
<b>Tableau (1)</b>	<b>Variation de la conductivité d'eau dessalée</b>	<b>35</b>
<b>Tableau (2)</b>	<b>Variation de la conductivité d'eau déminée</b>	<b>37</b>
<b>Tableau (3)</b>	<b>Variation de la conductivité du condensat</b>	<b>38</b>
<b>Tableau (4)</b>	<b>Variation de la conductivité du bac déminée</b>	<b>39</b>
<b>Tableau (5)</b>	<b>Résultats des analyses d'eau de chaudière</b>	<b>41</b>

**LISTE DES FIGURES**

<b>Numéro du Figure</b>	<b>Titre du Figure</b>	<b>Page</b>
<b>CHAPITRE I</b>		
<b>Figure (1)</b>	<b>Société des Fertilisant Annaba – Algérie</b>	<b>03</b>
<b>Figure (2)</b>	<b>Situation Graphique de la Société Fertial – Annaba-</b>	<b>04</b>
<b>Figure (3)</b>	<b>Structure de la Société Fertial.</b>	<b>05</b>
<b>Figure (4)</b>	<b>La centrale Utilité II</b>	<b>06</b>
<b>Figure (5)</b>	<b>Schéma descriptif des différentes sections de la centrale UII.</b>	<b>06</b>
<b>Figure (6)</b>	<b>Schéma technologique de la centrale utilité II</b>	<b>07</b>
<b>Figure (7)</b>	<b>Structure de la Centrale U.II.</b>	<b>10</b>
<b>Figure (8)</b>	<b>Les différents sections de la centrale utilité II</b>	<b>12</b>
<b>CHAPITRE II</b>		
<b>Figure (9)</b>	<b>La Cheminée d'équilibre</b>	<b>14</b>
<b>Figure (10)</b>	<b>Unité de Dessalement de l'eau de mer Multi-Flash</b>	<b>15</b>
<b>Figure (11)</b>	<b>Circuit de dessalement d'eau de mer MSF (SIDEM)</b>	<b>17</b>
<b>Figure (12)</b>	<b>Schéma d'une cellule</b>	<b>18</b>
<b>Figure (13)</b>	<b>Réchauffeur de la section de dessalement</b>	<b>19</b>
<b>Figure (14) ( a et b)</b>	<b>a- Faisceau tubulaire , b- Calandre</b>	<b>19</b>
<b>Figure (15)</b>	<b>Structure d'un Ejecteur</b>	<b>20</b>
<b>Figure (16)</b>	<b>Chaines de déminéralisation</b>	<b>23</b>
<b>Figure (17)</b>	<b>les différentes Etapes de la déminéralisation de l'eau</b>	<b>25</b>
<b>Figure (18)</b>	<b>Chaudière BabCock de l'unité centrale UII</b>	<b>27</b>
<b>Figure (19)</b>	<b>Schéma technologique de la section production de vapeur</b>	<b>28</b>

**LISTE DES FIGURES**

<b>Figure (20)</b>	<b>Section de production de la vapeur</b>	<b>29</b>
<b>CHAPITRE III</b>		
<b>Figure (21)</b>	<b>présentation du problème de Fuite d'eau (Couloire Distillat)</b>	<b>34</b>
<b>Figure (22)</b>	<b>Variation de la conductivité d'eau dessalée en fonction du temps (Jours)</b>	<b>36</b>
<b>Figure (23)</b>	<b>bouchons de tube (Copper Tube Plugs).</b>	<b>36</b>
<b>Figure (24)</b>	<b>Variation de la conductivité de condensat réchauffeur en fonction du temps</b>	<b>38</b>
<b>Figure (25)</b>	<b>Variation de la conductivité de bac d'eau déminée en fonction du temps</b>	<b>40</b>
<b>Figure (26)</b>	<b>la variation de <math>CL^-</math> dans l'eau de chaudière en fonction du temps</b>	<b>42</b>
<b>Figure (27)</b>	<b>Unité de Distillation Multi Effets (MED).</b>	<b>43</b>
<b>Figure (28)</b>	<b>Schéma de principe d'un système d'évaporateur Multi-Effets</b>	<b>45</b>
<b>Figure (29)</b>	<b>Dessalement d'eau de mer par système multi-effets en Libye</b>	<b>45</b>
<b>Figure (30)</b>	<b>Appareil de mesure les analyses d'eau de mer</b>	<b>46</b>

### Résumé

L'Algérie se trouve parmi les pays du monde qui sont sous le seuil de pénurie adopté par la banque mondiale, il faut mobiliser toutes les ressources d'eau disponibles pour sécuriser l'alimentation en eau potable. De ce fait, le dessalement des eaux de mer est la solution adéquate à cette problématique.

L'objectif de notre travail, est axé, d'une part, sur l'étude détaillée de différentes unités de production de l'eau alimentaire du complexe Fertial. Ainsi que les analyses des eaux produites après dessalement, déminéralisation et l'analyse des eaux de chaudière.

Les résultats obtenus montrent que l'amélioration et l'innovation des systèmes de production devenue la seule solution pour rendre l'entreprise plus forte de manière productive et pratique.

**Mots Clés :** Dessalement, Dessaleur Multi Flash, eau dessalée, eau déminée, eau traitée, Conductivité, qualité d'eau produite, Dessaleur Multi Effets.

### ملخص

الجزائر من بين دول العالم التي تعاني من عتبة النقص التي أقرها البنك الدولي ، فمن الضروري تعبئة جميع الموارد المائية المتاحة لتأمين إمدادات مياه الشرب. لذلك فإن تحلية مياه البحر هي الحل المناسب لهذه المشكلة. يتركز هدف عملنا ، من ناحية، على الدراسة التفصيلية لوحدات الإنتاج المختلفة لمياه الشرب في مجمع فرتيال. وكذلك تحاليل المياه الناتجة بعد التحلية والتنقية وتحليل مياه السخان.

تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن تحسين وابتكار أنظمة الإنتاج أصبح الحل الوحيد لجعل الشركة أقوى بطريقة منتجة وعملية.

**الكلمات المفتاحية :** تحلية المياه ، جهاز تحلية المياه متعدد الفلاش ، المياه المحلاة ، المياه المزالة ، المياه المعالجة ، التوصيل ، جودة المياه المنتجة ، جهاز إزالة الأملاح متعدد التأثيرات.

### Abstract

Algeria is among the countries of the world which are under the shortage threshold adopted by the World Bank, it is necessary to mobilize all available water resources to secure the supply of drinking water. Therefore, the desalination of seawater is the appropriate solution to this problem.

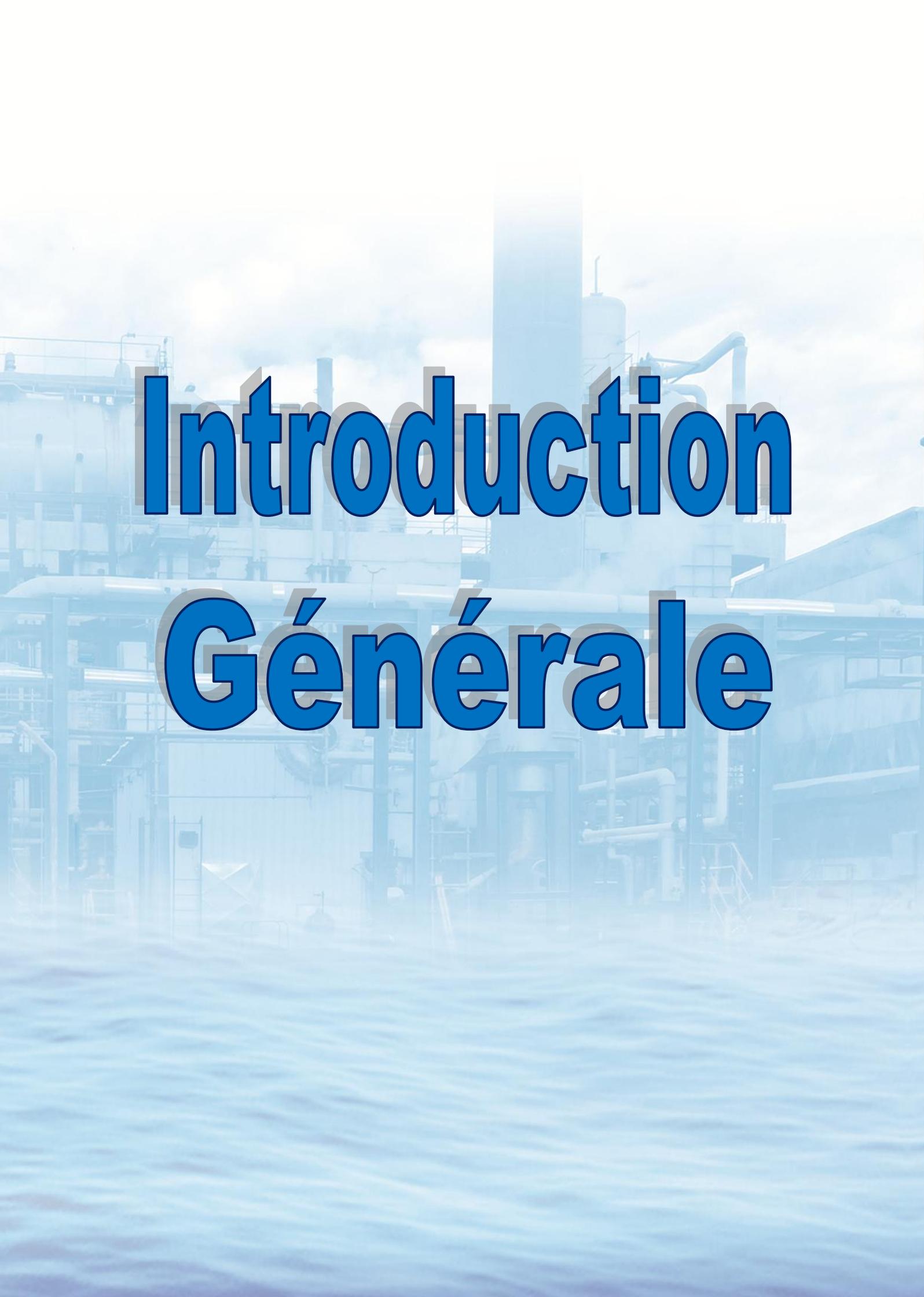
The objective of our work is focused, on the one hand, on the detailed study of different production units of drinking water in the Fertial complex. As well as analyses of the water produced after desalination, demineralization and analysis of boiler water.

## Résumé

---

The results obtained show that the improvement and innovation of production systems have become the only solution to make the company stronger in a productive and practical way.

**Keywords:** Desalination, Multi Flash Dessaler, desalinated water, demined water, treated water, Conductivity, quality of water produced, Multi Effect Dessaler.

The background of the slide is a faded, blue-tinted image of an industrial plant or refinery. It features various structures, pipes, and a tall chimney stack, all set against a light sky. The overall aesthetic is clean and professional, typical of a technical or academic presentation.

# Introduction Générale

**L**'eau est un élément indispensable à toute forme de vie. Elle n'est, malheureusement, pas disponible en quantité infinie sur notre planète et elle n'est pas toujours disponible là où on en a le plus besoin.

Dans la région méditerranéenne, comme dans le monde, la plupart des industries situées en bordure de mer, l'eau de mer est normalement utilisée pour assurer le refroidissement des unités, pour suivantes :

- Pas de limite à la consommation car c'est une source inépuisable
- Caractéristiques chimiques de l'eau constantes
- Température de l'eau sensiblement constante tout au long de l'année

Mais l'eau de mer en générale est plus agressive que l'eau douce vis-à-vis de très nombreux matériaux, pour ces caractéristiques et les techniques de traitement, la température et la vitesse de circulation de l'eau de mer, sont des paramètres importants pour poser quelque problème de corrosion et d'encrassement. La qualité de l'eau traitée d'alimentation des équipements est l'un des principaux facteurs de contrôle de la durée de vie de ses équipements.

En Algérie, la région d'Annaba contient plusieurs pôles industriels, parmi eux, le complexe FERTIAL qui a un poids économique important au niveau national, conçu pour la production des engrais phosphatés et azotés, et doté d'une unité de fabrication d'ammoniac qui utilise un procédé de synthèse de type '**Kellogg**' reconnu pour ses performances en matière de rendement de production. Aussi la centrale Utilités II qui présente la source principale d'eau pour toute l'usine (Complexe). En effet, dans l'unité Utilité II, la production d'eau traitée nécessite plusieurs étapes et composants et des expériences, et beaucoup de besoins financiers, matériels et humains.

Notre étude consiste à étudier l'influence de certains paramètres du contrôle de qualité de l'eau d'alimentation du complexe Fertial (eau dessalée, eau déminée et eau de chaudière) ainsi les phénomènes qui diminuent la qualité d'eau d'alimentation.

Ce mémoire est présenté sous forme de chapitre contenant successivement :

- Dans le premier chapitre, une présentation de l'entreprise « Fertial » suivi par une description générale des Sections de Production de l'eau d'alimentation traitée au niveau de C.U II suivi par une



## INTRODUCTION GENERALE

---

- Le deuxième chapitre présente les principes de fonctionnement des sections productrices d'eau alimentaire du complexe.

- Un troisième chapitre explique les différents problèmes au niveau de l'atelier de production. Des solutions proposées avec des méthodes technologiques.

Le mémoire se termine par une conclusion générale qui résume les points essentiels auxquels nous avons abouti. Suivi par une partie Annexe complètera les points qui n'ont pas leur place dans le texte principal du mémoire.



# Chapitre I

---

# Présentation de l'entreprise "Fertial" Annaba

### I.1. Historique de l'entreprise « Fertial » :

A l'aube de l'indépendance, la situation du secteur de l'industrie des produits Chimiques montrait une faiblesse notable dans les capacités de production installée qui se limitait à de petites unités de fabrication vétustes, utilisant des procédés archaïques.

C'est pourquoi **SONATRACH** (société mère) a mis en œuvre une stratégie de développement globale dans le cadre de la politique du développement de l'industrie pétrochimique et principalement de l'agriculture algérienne qui présente un outil indispensable dans l'indépendance du pays. En 1972 la société prend le nom du complexe d'engrais phosphaté de Bône CEPB. L'année 1977 a été une année charnière dans la vie de l'entreprise **CEPB-SONATRACH**, où elle a vu sa réception avec le délestage des activités secondaires et recentrage sur son métier de base à savoir la fabrication de l'ammoniac et des engrais. Puis elle devient **ASMIDAL** en septembre 1984.

En août 2005 une nouvelle société a été créée résultant d'un partenariat signé entre le Groupe algérien **ASMIDAL** et le groupe espagnol **Grupo Villar Mir**.

Ils détiennent respectivement **34%** et **66%** du capital.[1]



**Figure (1) : Société des Fertilisant Annaba – Algérie**

L'outil de production, installé dans les sites industriels d'Annaba et d'Arzew, a une capacité annuelle d'un million de tonnes d'ammoniac. Une partie de cette production est réutilisée pour la production d'une gamme variée d'engrais azotés et phosphatés destinée à couvrir une grande partie des besoins de l'agriculture algérienne. Aussi, *FERTIAL* exporte sur différents marchés extérieurs une partie de sa production d'ammoniac et d'engrais. [2]

## I.2.Situation Géographique

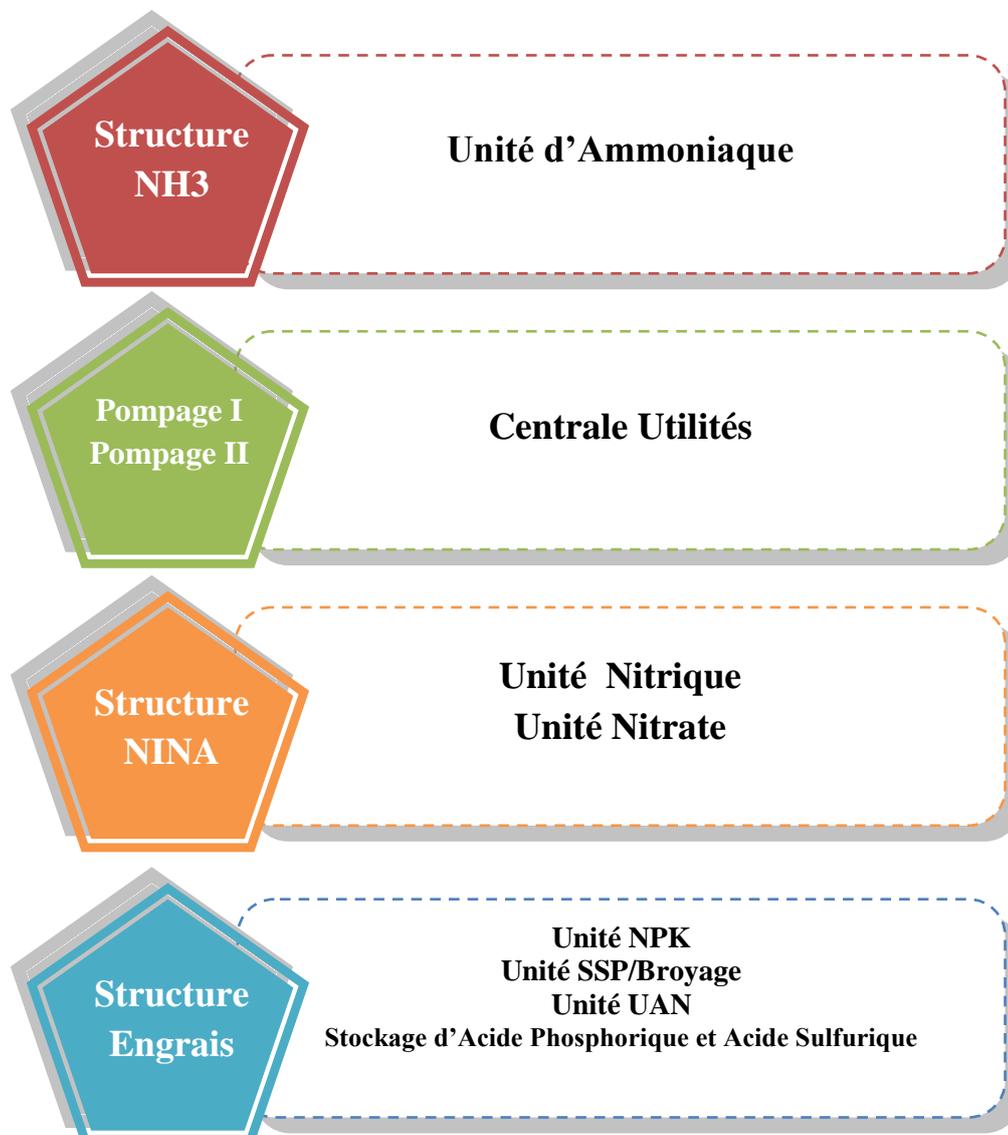
L'usine est située à 04 Km de la ville d'Annaba, elle est limitée par Oued Seybouse et la cité Sidi- Salem à l'Est, la cité Seybouse à l'ouest, la mer Méditerranée au Nord et la route nationale 44 et la plaine de Annaba au Sud.



**Figure (2): Situation Graphique de la Société Fertial – Annaba-[3]**

### I.3. Structure de la société Fertial – Annaba- :

*Fertial* se compose de 04 structures représentées sur la **Figure (3)** suivant :



**Figure (3) : Structure de la Société Fertial.**

UAN (urée acide nitrique) - SSP (simple super phosphate)

**I.4. Présentation de la centrale utilité II (Figure (4)) :**

La Centrale Utilité II (Centrale Thermo-électrique) est une unité motrice et primordiale pour toutes les unités des complexes de production.[4]

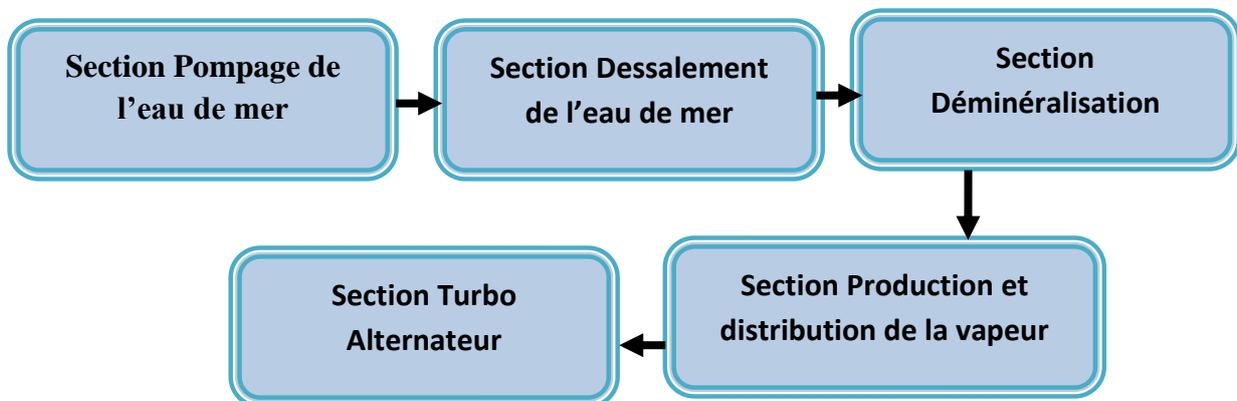


**Figure(4) : la centrale Utilité II**

Elle a pour but de satisfaire les besoins du complexe en matière d'utilités telle que :

- Eau de mer
- Eau industrielle (Eau dessalée)
- Eau déminéralisée
- Vapeurs (haute, moyenne et basse pression)
- Energie électrique
- Air (instrument et service)

Ces utilités forment les sections de la centrale Utilités II, Elle comprend **5** sections principales lesquelles sont (**Figure (5)**) :



**Figure (5) : Schéma descriptif des différentes sections de la centrale UII.**

L'eau de mer brute entre a l'unité centrale UII, passe par plusieurs précédés de traitements dans chaque section pour obtenir une eau dessalée, une eau déminée et la vapeur.

Le schéma technologique suivant montre les différentes sections de la centrale UII (Figure(6)).

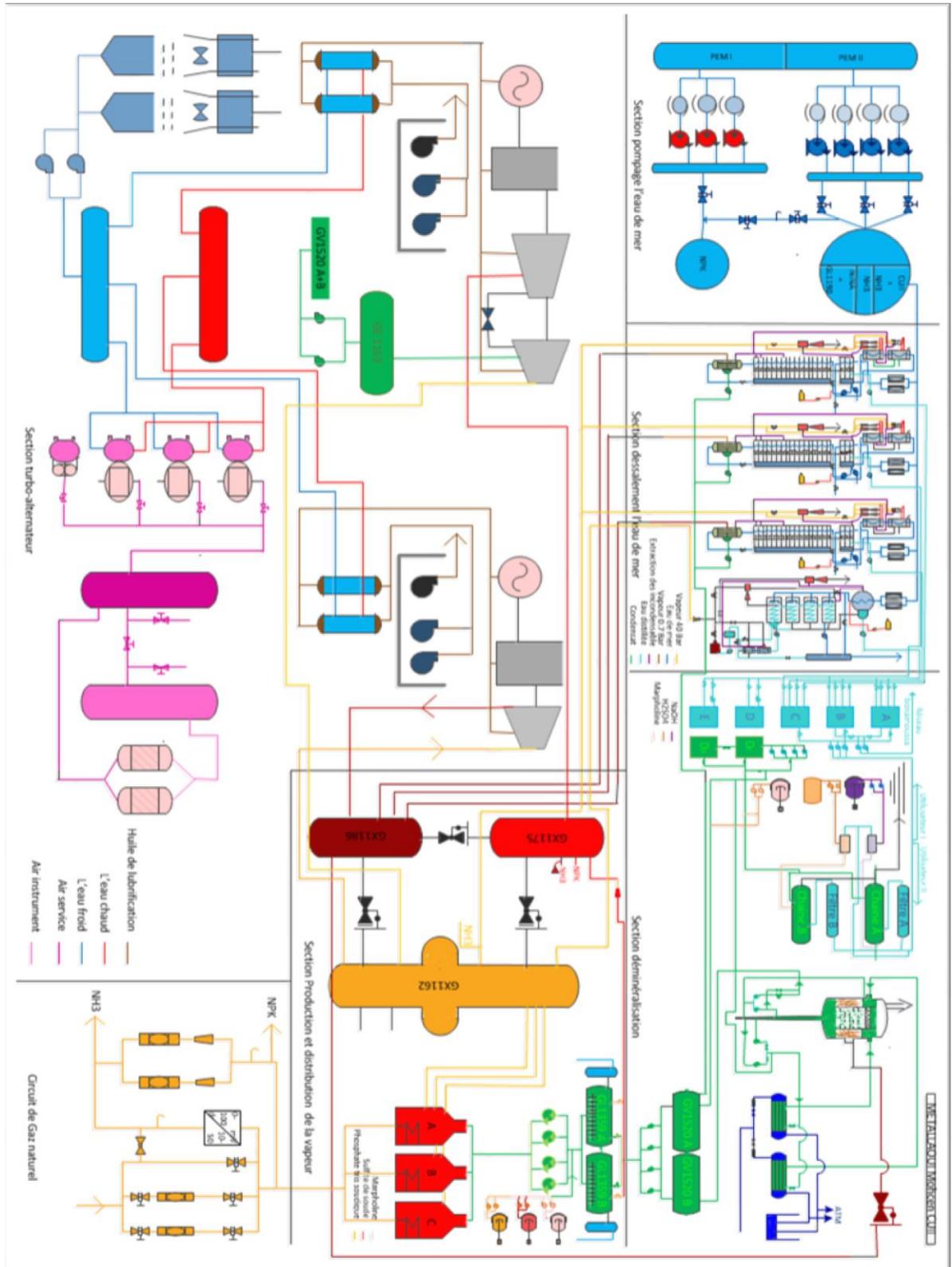


Figure (6) : Schéma technologique de la centrale utilité II[5]

### **I.5. Structure de la centrale U.II (Figure (7))**

La centrale est une unité principale pour la production et la distribution de toute l'alimentation du complexe Fertial. Elle est composée des sections suivantes :

**I.5.1 Section de pompage eau de mer :** cette section a pour but de ramener au complexe une eau de mer pure et dans les bonnes conditions d'utilisation. La section est installée dans un point isolé et loin de port (station de pompage) pour éviter l'entraînement des impuretés. L'eau de mer provenant du station de pompage, pénètre dans la cheminée d'équilibre puis déverse à travers les fenêtres qui sont placées à des hauteurs bien étudiées en fonction des débits et des priorités, un compartiment est prévu pour le rejet du surplus d'eau de mer.

**I.5.2 Section de dessalement d'eau de mer :** le procédé consiste à obtenir à partir de l'eau de mer, une eau dont la salinité est presque voisine des eaux douces. Les unités de dessalement d'eau de mer existantes dans la centrale sont :

- 3 unités (batteries) de type Multi-Flash avec recirculation de saumure leur Capacité nominale est de **4700 m<sup>3</sup>/j** d'eau distillée avec une teneur en extrait sec inférieure ou égale à **3 ppm**
- Une unité de type thermo-compression (distillateur à compression de vapeurs) sa capacité de production est de **210 m<sup>3</sup> /h** d'eau distillée.

Et Cinq bacs de stockage de l'eau dessalée.

**I.5.3 Section de traitement des eaux (Déméralisation) :** elle a pour but de produire l'eau déminéralisée nécessaire pour les autres structures et aussi pour la section chaudière, la section de traitement des eaux est constituée de :

- Un bac H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> avec deux pompes volumétriques
- Un bac NaOH avec deux pompes volumétriques.
- Un bac de Morpholine avec deux pompes volumétriques.
- Deux bacs de stockage d'eau déminée.
- Deux bâches pour le retour de condensats.
- Un condenseur atmosphérique.
- Un circuit de refroidissement (aéro).
- Une salle des pompes.



Il existe deux chaînes de traitement des eaux, chaque chaîne est composée d'un filtre à charbon actif et d'un échangeur d'ion à lit mixte. La chaîne devra traiter un débit de **70 m<sup>3</sup> /h** d'eau déminéralisée.

**I.5.4 Section de production de vapeur (Chaudière) :** Cette section est composée de trois chaudières, qui produisent **70 t/h** chacune de vapeurs, unité de pression **40 bars** et **T=420°C**. La vapeur produite passe par un barillet comme moyen de distribution à travers le complexe. Cette vapeur est présentée au consommateur à différentes pressions (**0.7, 5 et 40 bars**), cette section est composée de :

- Trois chaudières.
- Trois bûches alimentaires.
- Quatre pompes alimentaires
- Un bac de Morpholine et deux pompes.
- Un bac de sulfite de sodium et deux pompes.
- Un bac de phosphate tri sodique et deux pompes.
- Un barillet de démarrage.
- Un barillet de service 40 bars.
- Un barillet de 5 bars.
- Un barillet de 0.7 bar.

**I.5.5 Section turbo-alternateur :** elle a pour but de produire l'électricité nécessaire pour alimenter toute l'entreprise, Une partie de la vapeur produite fait tourner un alternateur d'électricité (**5.5 Kv**) par la transformation d'énergie thermique en énergie mécanique dans la turbine, Cette section est composée de :

- Une turbine à réaction ou à contre pression (**10MVA**).
- Une turbine à action ou à condensation (**18 MVA**). [6]

**I.5.6 Service Contrôle Qualité (Laboratoire d'Analyses) :** Afin de déterminer la qualité de l'eau après traitement, il faut procéder aux analyses des éléments suivantes :

- Détermination du TH
- Détermination du TA et TAC
- Détermination du pH
- Dosage des CL<sup>-</sup>
- Détermination de la conductivité
- Détermination de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SiO<sub>2</sub> et NaOH, (dans les eaux de chaudières)



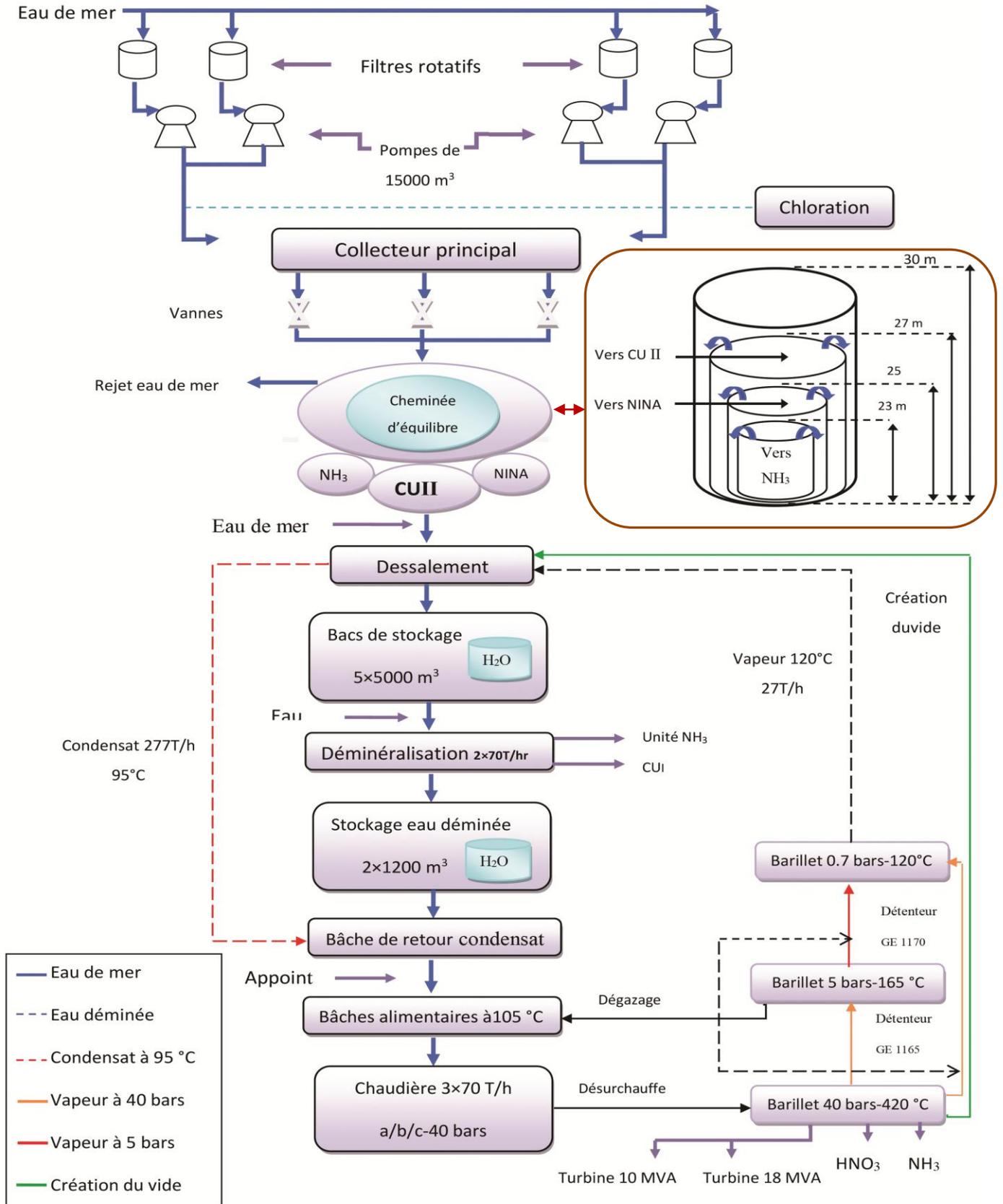


Figure (7) : Structure de la Centrale U.II. [7]

**I.5.7 La Salle de Contrôle :** La salle de contrôle est un élément essentiel pour l'augmentation de la productivité de l'installation industrielle, ainsi que pour l'amélioration de la sécurité des employés et le suivi logistique. Il est également important de mettre à disposition un environnement confortable et sécurisé pour les opérateurs, à travers un espace de contrôle optimisé.

C'est pour un pilotage des processus de production en usine, elle permet notamment de :

- \* Connecter, collecter et visualiser les données des équipements de l'usine.
- \* Identifier facilement les goulots d'étranglement et les points de défaillance qui génèrent le plus de temps d'arrêt.
- \* Afficher des alarmes en temps réel, et programmer au besoin des actions automatisées pour celles-ci.
- \* Séparer la zone chaude (l'atelier de production) de la zone froide (la salle de contrôle).

La proximité de la réalité de terrain combiné à une analyse et une vision avec plus de recul rend les décisions beaucoup plus intelligentes.[8]

## **I.6. Conclusion**

La présentation de notre lieu de stage « Centrale UII – Fertial » , nous permettre de détailler les parties qui concernent notre stage pratique à savoir la section de dessalement et la section de déminéralisation pour ensuite entamer l'étude du traitement de l'eau de mer qui va être utilisée dans ce complexe. Notre souci majeur est de protéger les équipements qui utilisent l'eau venant de la mer.





Figure (8): Les différentes sections de la centrale utilité II.

# Chapitre II

---

# La Partie Théorique

## Introduction :

L'usine Fertial de Annaba utilise l'eau de mer pour le fonctionnement de ses unités de production.

L'eau de mer contient une salinité plus élevée qui rend quasiment impossible son utilisation directe. Pour qu'elle devienne exploitable, cette eau subit plusieurs opérations qui permettent de réduire sa salinité à des taux plus bas. C'est ce qu'on appelle communément le processus du dessalement d'eau de mer. Cette opération est précédée d'une étape importante qui est le pompage vers une cheminée d'équilibre (Collecteur de l'eau de mer).

### II.1. Section de Pompage d'eau de mer :

Elle a pour but d'assurer le besoin d'entreprise d'eau de mer nécessaire.

Cette unité est composée de deux sections à savoir pompage 1 et pompage 2.

A chaque pompage l'eau de mer passe par une série de traitements préalables, traitements macroscopiques. Parmi les opérations du traitement nous avons :

- ✓ **Dégrillage** : les grilles servent à protéger la section contre les objets volumineux chargés par l'eau.
- ✓ **Filtration** : il existe deux filtres rotatifs pour éliminer les coquillages, les algues
- ✓ **Dessablage, décantation** : c'est une séparation gravitaire des matières lourdes.
- ✓ **Désinfection, traitement microscopique** : Elle s'effectue par injection d'eau de javel (Chloration) pour la destruction de certains contaminants tels que : les micro-organismes. Il existe deux types d'injection, injection continue et injection choc.

Après ces traitements, l'eau de mer transportée vers une cheminée d'équilibre par Quatre pompes centrifuges verticales

- ❖ **La cheminée d'équilibre** : (Figure 9) est un organe hydraulique essentiel à la régularisation des débits d'acheminement de l'eau de dimensions (32,5m d'hauteur, diam. 10,5m), divisée en 3 collecteurs :
  - ✓ Le collecteur le plus bas à une sortie d'eau vers nitrate d'ammonium (NINA)
  - ✓ Le collecteur moyen à une sortie d'eau vers l'unité de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ )
  - ✓ Le collecteur le plus vaste à une sortie d'eau vers l'unité de dessalement eau de mer (CUII).

Le refoulement de chaque pompe de la station de pompage vers la cheminée d'équilibre a un débit de **14400 m<sup>3</sup>/h** d'eau de mer.



La cheminée puis elle déverse dans des compartiments alimentaires (3 collecteurs de sortie - forme ovale- 4m x 2.5m) l'eau passe par gravité vers les unités consommatrices

La température de l'eau de mer est de **24°C-27°C**, La concentration est de **38.2 g/l**, et la pression est de **2.7 Bars**. [6]

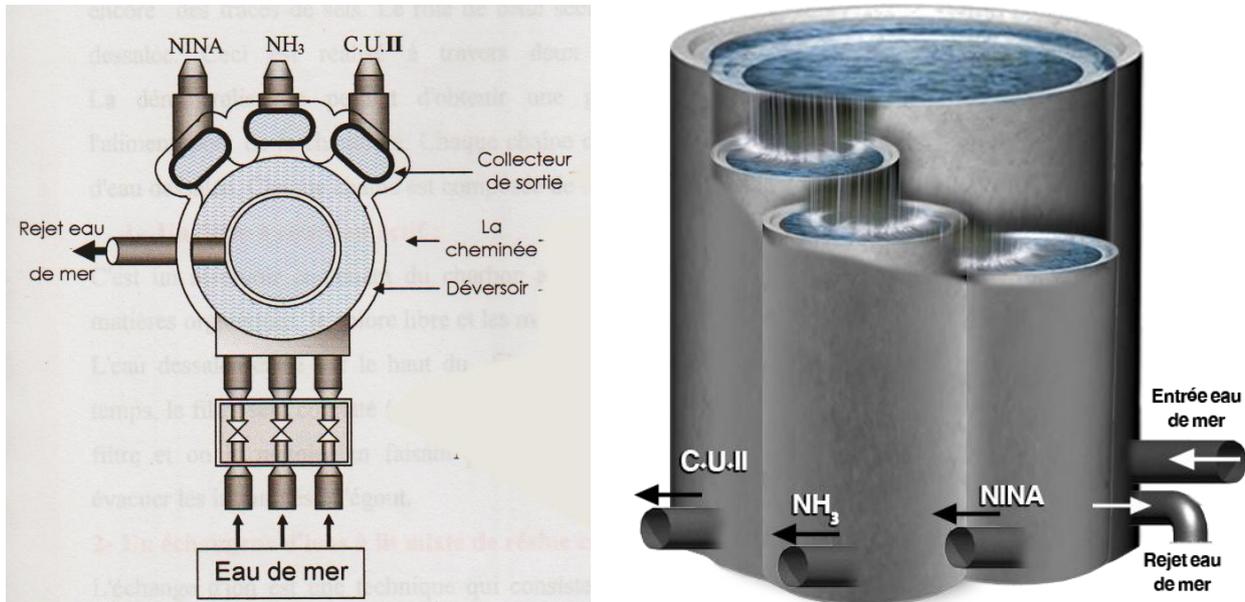


Figure (9) : La Cheminée d'équilibre

## II.2. Section de Dessalement d'eau de mer

Elle a pour but de la production d'eau dessalée nécessaire pour les autres structures, le procédé de dessalement le plus répandu est la distillation multi flash et le thermo-compresseur, il existe trois blocs de dessalement eau de mer (Multi-flash) avec un débit de production **175 t/h** et un bloc thermo-compresseur avec un débit de production **200 t/h**. [9]

**II.2.1 Description de la section de dessalement :** (Figure 10) de la cheminée d'équilibre, l'eau de mer froide passe par gravité vers les unités de dessalement d'eau de mer (**03 SIDEM**), chaque unité comprend :

- L'évaporateur.
- Le réchauffeur.
- Le dispositif d'extraction des gaz incondensables.
- Le filtre de prétraitement.



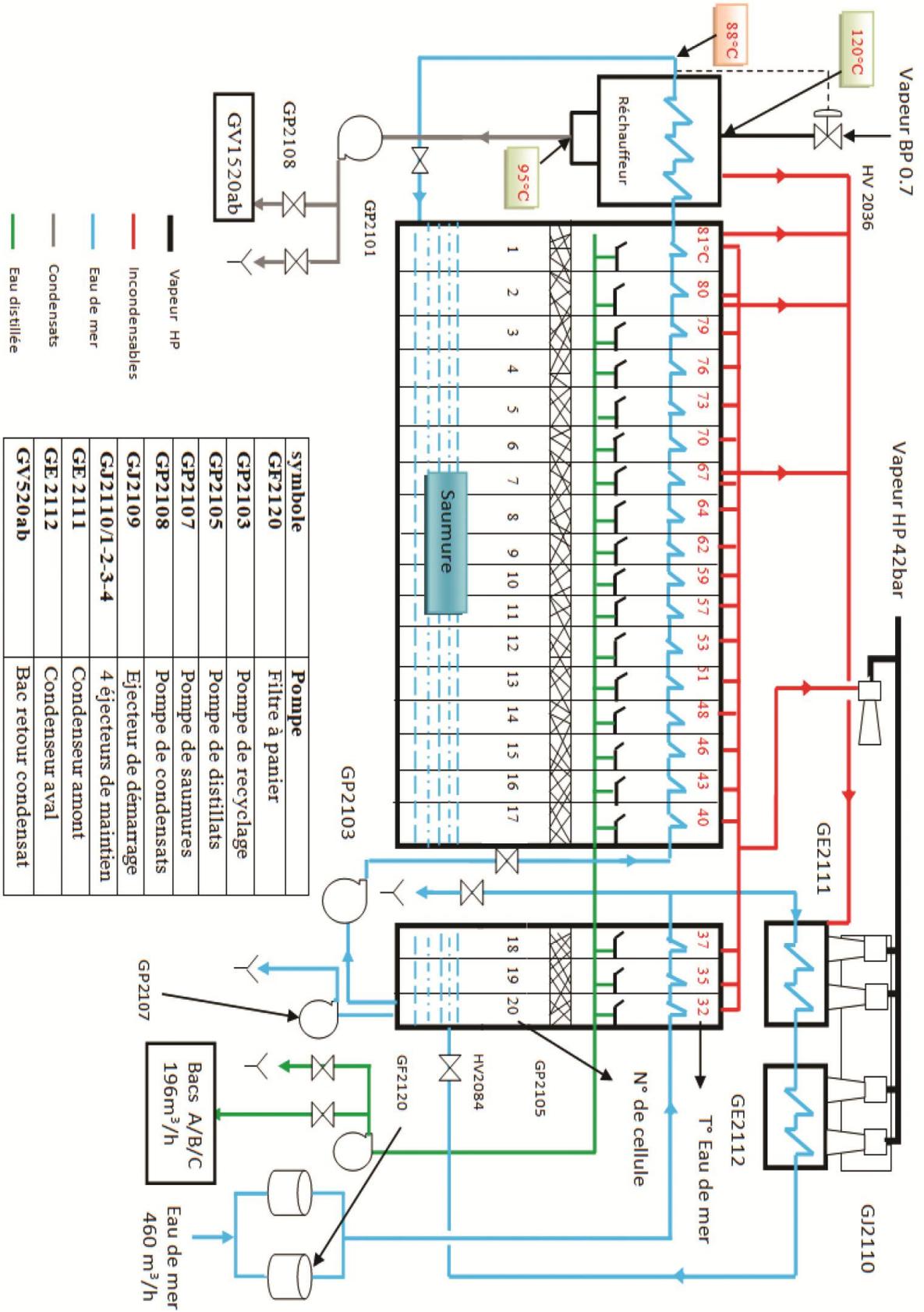


Figure (10) : Unité de Dessalement de l'eau de mer Multi-Flash [7]

**II.2.1.a L'évaporateur (Figure 11)** : l'évaporateur est de type Multi-Flash avec recirculation de saumures.

C'est un bloc parallélépipédique en acier au carbone (pour éviter le contact direct Acier-Eau de mer), les étages à l'intérieur sont protégés par une peinture époxydique, les boîtes sont en alliage cuivreux massif (**Cu Ni**) Elles sont démontables d'un seul côté de l'évaporateur pour le remplacement des tubes de faisceaux tubulaires.

L'évaporateur comprend **20 cellules**, Chaque cellule comprend à sa partie supérieure, un faisceau tubulaire horizontal où circule l'eau de recirculation. Cette eau récupère la chaleur de condensation de la vapeur.

L'eau distillée ainsi obtenue circule de cellule en cellule et est extraite dans la dernière cellule (**Cellule froide**).

La partie inférieure de chaque cellule comprend le dispositif de Flashing de la Saumure, Une fraction de débit de saumure entrant dans la cellule est ainsi "**Flashée**", et le reste pénètre dans la cellule adjacente.

La saumure entre dans la cuve qui est prolongée par une chambre à l'intérieur de laquelle se trouve :

- Les séparateurs de gouttelettes d'eau de mer de la vapeur formée.
- Les Plateaux (ou Collecteurs) de récolte de l'eau distillée.
- L'ensemble des instruments de mesure de contrôle et d'indication des paramètres de fonctionnement (**T°**, **P**, **niveau de saumure...**). [9]



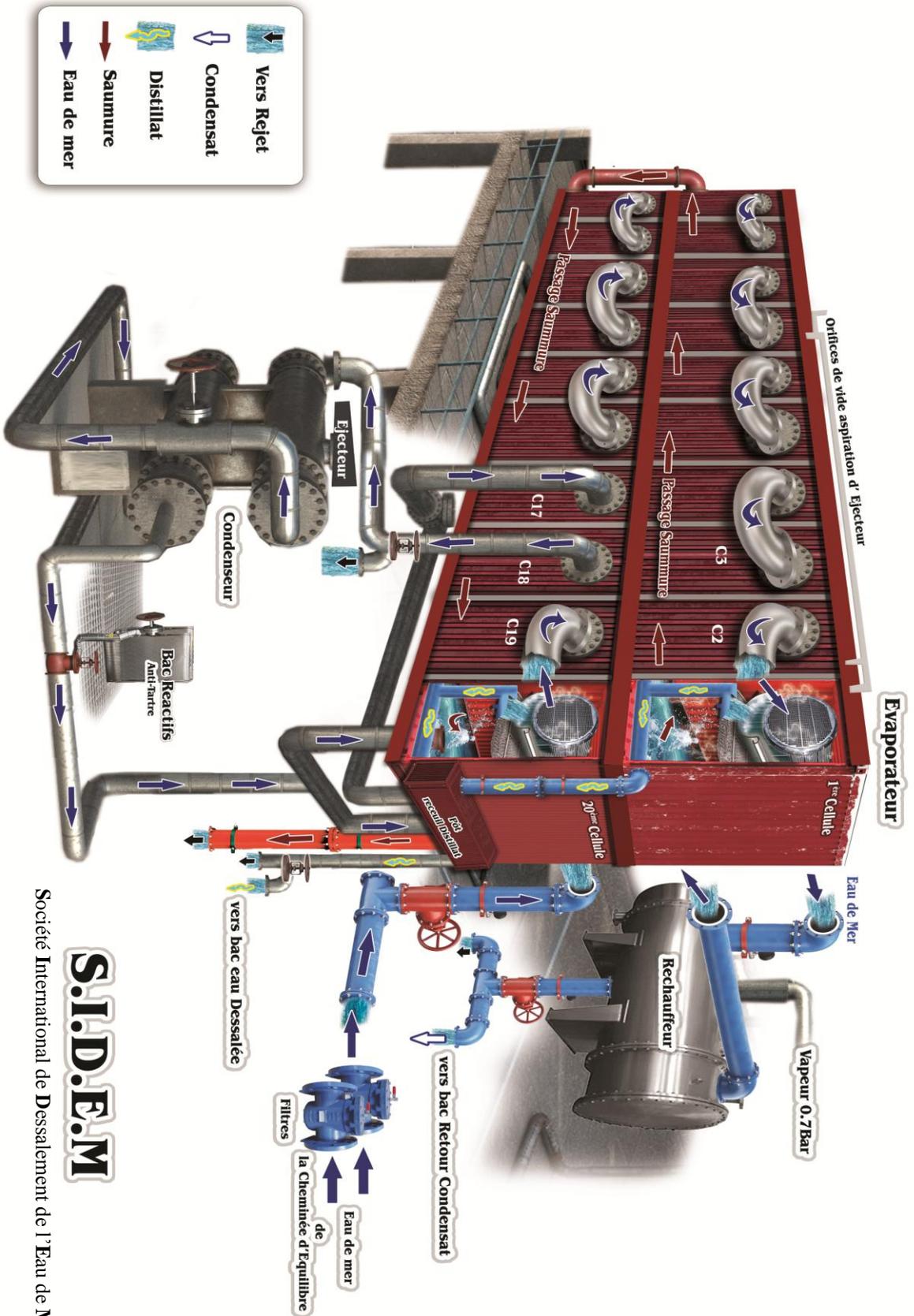


Figure (11) : Circuit de dessalement de l'eau de mer MSF (SIDEM)

Société International de Dessalement de l'Eau de Mer

**S.I.D.E.M**

➤ **Principe de fonctionnement d'une cellule de l'évaporateur :**(Figure 12)

Considérons une cellule contenant de l'eau de mer en équilibre avec sa vapeur à la température ( $T$ ), si on y introduit une quantité  $F$ , d'eau de mer à la température ( $T+\Delta T$ ) tout en maintenant la pression stable, on constate la vaporisation d'une quantité d'eau ( $F_v$ ) telle que :  $F_e C_p \Delta T = F_v \cdot r$ .

Avec,  $r$  : enthalpie (chaleur latente) de vaporisation à la température ( $T$ ).

$C_p$  : capacité thermique massique de l'eau.

Dans la partie supérieure de la cellule, la vapeur se condense au contact d'un échangeur alimenté en eau de mer à une température  $T_0 < T$

A la sortie de l'échangeur, la température de l'eau de mer est ( $T_0 + \Delta T$ ) [6]

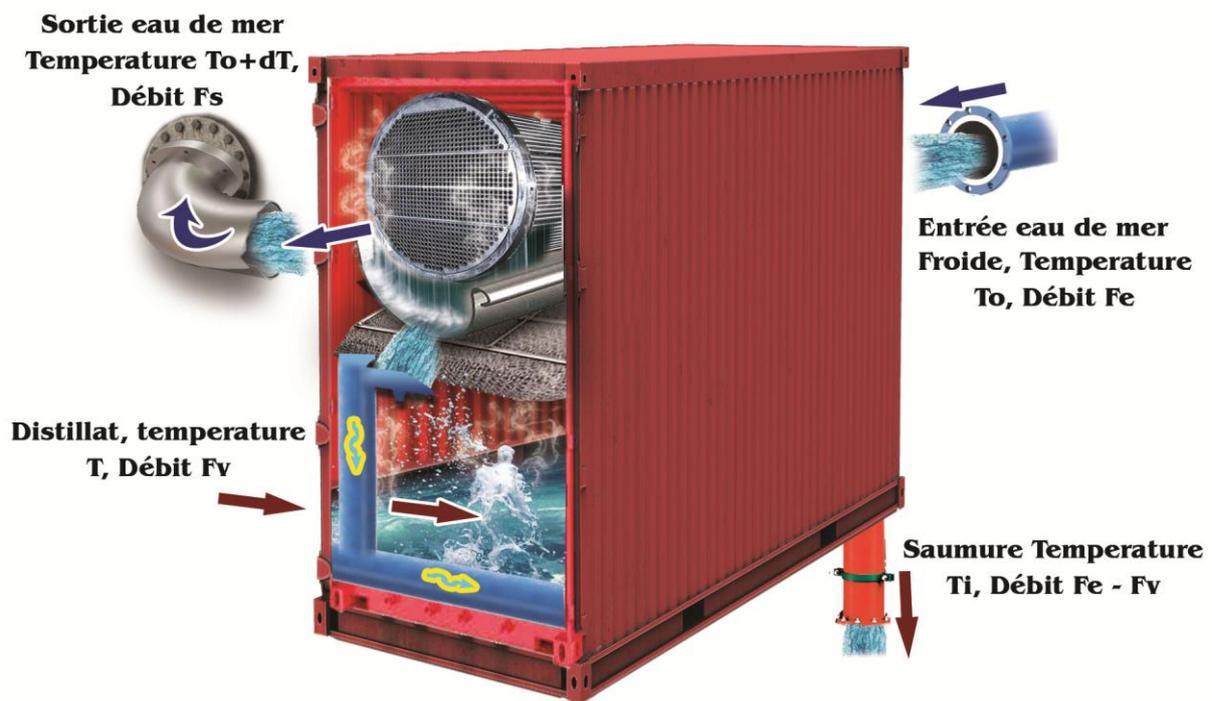


Figure (12) : Schéma d'une cellule

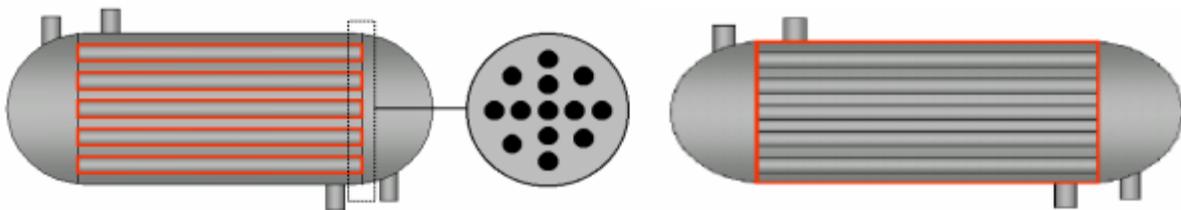
**II.2.1.b Le Réchauffeur :** Le réchauffage est conçu à limiter à  $88$  °C la température d'eau de mer sortant vers la coté tube de la première cellule d'évaporateur.

Le réchauffeur est un échangeur de chaleur de type horizontale (faisceau calandre) à une seule passe, il est constitué par une virole. Cette Virole renferme le faisceau tubulaire composé de tubes en **cupro-nickel 90/10**. [8]

Le principe général d'un échangeur consiste à faire circuler deux fluides à travers des conduits qui les mettent en contact thermique. De manière générale, les deux fluides sont mis en contact thermique à travers une paroi qui est le plus souvent métallique ce qui favorise les échanges de chaleur. On a en général un fluide chaud qui cède de la chaleur à un fluide froid. Les deux fluides échangent de la chaleur à travers la paroi d'où le nom de l'appareil. Le principal problème que l'on rencontre pendant la conception d'un échangeur consiste à définir une surface d'échange suffisante entre les deux fluides pour transférer la quantité de chaleur nécessaire au bain d'eau chaude. La quantité de chaleur transférée dépend de la surface d'échange entre les deux fluides mais aussi de nombreux autres paramètres qui rendent une étude d'un échangeur assez complexe. [10]



**Figure (13) : Réchauffeur de la section de dessalement**



**Figure (14).a- Faisceau tubulaire [66] Figure (14).b- Calandre**

La calandre est un tube cylindrique de gros diamètre dans laquelle est placé le faisceau tubulaire (**Figure 14**). [11]

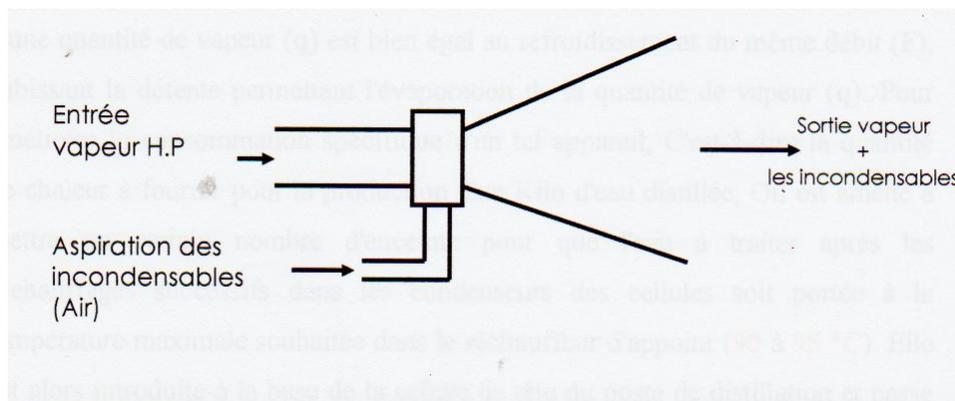
**II.2.1.c Dispositif d'extraction des gaz incondensables :** les dispositifs d'extraction des condensables sont généralement de deux types : soit des pompes à vide, soit des batteries d'éjecteurs en série. [12]

La section de dessalement est équipée par les types des éjecteurs suivants :

- **Ejecteurs d'entretien :** L'extraction des gaz incondensables se fait au moyen d'une batterie d'éjecteurs doubles à 2 étages l'installation comprend 2 éjecteurs aval (1 en secours) et 2 éjecteurs amont (1 en secours) (**Figure 15**)
- **Ejecteur de démarrage :** cet éjecteur refoulant à l'atmosphère permet d'obtenir rapidement le vide dans l'installation.

Il est relié à la tuyauterie d'extraction des incondensables de la 20<sup>ème</sup> cellule de l'évaporateur.

L'installation travaille avec de la vapeur **40 bars, 420 °C, 1000 Kg/h.**



**Figure (15) : Structure d'un Ejecteur**

**II.2.1.d Filtre de prétraitement :** une batterie de deux filtres d'eau de mer est prévue avant introduction de celle-ci dans le circuit de rejet des calories (dernières cellules).

La filtration est le procédé physique qui est destiné à clarifier l'eau de mer d'Alimentation qui contient des matières solides en suspension, en le faisant passer à travers un milieu poreux (**Filtre**). Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent, il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermédiaire.



### II.2.2 Principe de système de distillation multi-flash (MSF) :

Dans une enceinte thermiquement isolée et ne contenant que de l'eau chargée de sels dissous, en équilibre avec sa vapeur, à la température (**T**) et à la pression (**P**), introduisons un débit (**F**) d'eau à la température (**T+dT**). (**Figure 12**).

Si la pression est maintenue constante dans cette enceinte, l'eau admise subit une détente qui libère de l'énergie permettant la vaporisation d'une quantité de vapeur égale à (**q**), telle que :

$$F \cdot dT = qr.$$

(**r**) étant la chaleur latente de vaporisation de l'eau à la température **T**

La vapeur ainsi produite est condensée sur un faisceau tubulaire situé dans la partie supérieure de la même enceinte.

Si un même débit (**F**) d'eau à dessaler circule dans ce faisceau, son échauffement est égal à (**dT**), en effet, cet échauffement qui est provoqué par la condensation d'une quantité de vapeur (**q**) est bien égal au refroidissement du même débit (**F**). Subissant la détente permettant l'évaporation de la quantité de vapeur (**q**). Pour améliorer la consommation spécifique d'un tel appareil, c'est-à-dire la quantité de chaleur à fournir pour la production d'un Kilo d'eau distillée. On est amené à mettre un certain nombre d'enceinte pour que l'eau à traiter après les réchauffages successifs dans les condenseurs des cellules soit portée à la température maximale souhaitée dans le réchauffeur d'appoint (**90 à 95 °C**).

Elle est alors introduite à la base de la cellule de tête du poste de distillation et passe ensuite de cellule en cellule sous l'influence des différences de pression. L'eau dessalée passe également de cellule en cellule en se refroidissant. [6]

### II.2.3 Description du procédé de dessalement (MSF) :

A la section (**SIDEM**), l'eau de mer chauffée produit de la vapeur d'eau qui se condense pour obtenir de l'eau pure, ce procédé passe des différentes étapes : (**Figure11**)

- ✓ L'eau de mer froide venant de la station de pompage, est pompée de la conduite de prise d'alimentation des utilités (en aval de la cheminée d'équilibrage),
- ✓ Cette eau passe par un filtre de prétraitement puis s'écoule directement dans les tubes des condenseurs de l'évaporateur et elle est ensuite réchauffée avant de pénétrer dans la partie inférieure des chambres.
- ✓ Cette eau subit un traitement anti-tartre par injection directe d'une solution chimique préalablement préparée.



- ✓ La chaleur supplémentaire requise pour produire de l'eau distillée, est obtenue à partir d'une source externe / vapeur saturée dans le réchauffeur d'eau de mer, ou la température est jusqu'à son maximum ( $\approx 85$  à  $90$  °C).
- ✓ L'eau de mer, sortant du réchauffeur, pénètre dans la première cellule de l'évaporateur (coté cuve) où la pression est maintenue légèrement en dessous de la pression de saturation à la température de l'eau. Une partie de l'eau de mer se vaporise instantanément (**détente brusque**) et atteint l'équilibre thermique.
- ✓ Le reste de l'eau de mer passe dans la cellule suivante (dont la pression et la température sont plus basses que dans la première cellule) et le procédé se répète dans le même ordre séquentiel.
- ✓ La vapeur produite dans chaque cellule passe à travers des débrumeurs à mailles (démister) (afin d'éviter l'emportement des sels par les fines gouttelettes d'eau contenues dans cette vapeur), avant d'arriver dans la section du condenseur.
- ✓ Cette vapeur se condense au contact des parois externes des tubes du condenseur transférant par la même une quantité de chaleur à l'eau de mer d'alimentation circulant à l'intérieur de ces mêmes tubes.
- ✓ Le condensat est récupéré dans le plateau de distillat puis cascade massivement de cellule en cellule et il est collecté dans un puit de distillat avant d'être expédié vers les 3 bacs de stockage d'eau dessalée.
- ✓ A la dernière cellule, la saumure atteint une concentration maximum en sels et de ce fait elle est continuellement extraite du système et renvoyée vers le canal de rejet.

Ainsi donc la quantité d'eau produite dépendra de :

- 1- La quantité de saumure d'eau mer détendue.
- 2- La diminution de la température d'une cellule à une l'autre par rapport à celle du design.

#### **II.2.4 Pureté de l'eau produite :**

L'utilisation des séparateurs (matelas de treillis de fils métalliques ou demister) qui retiennent les gouttelettes d'eau de mer entraînées par la vapeur permet d'obtenir une eau très pure (**<10  $\mu$ s** en sels dissous).



**II.3 Section de traitement des eaux (Déminéralisation) (Figure 16)**

L'eau dessalée produite par les batteries de dessalement d'eau de mer contient encore des traces de sels. Le rôle de cette section c'est de déminéraliser l'eau dessalée. Ceci est réalisé à travers deux chaînes de traitement d'eau. (Figure (17))



**Figure (16) : chaines de déminéralisation**

La déminéralisation permet d'obtenir une grande pureté nécessaire pour l'alimentation de la chaudière. Chaque chaîne devra traiter un débit de **70 m<sup>3</sup>/h** d'eau dessalée. Chaque chaîne est composée de :

- ❖ **Un filtre à charbon actif (GG 1350 )** :C'est un réservoir contenant du charbon actif dont le rôle est d'adsorber les matières organiques, le chlore libre et les matières en suspension.

L'eau dessalée entre par le haut du filtre et sort par le bas. Après un certain temps, le filtre sera colmaté (en fonction de la qualité d'eau dessalée), on isole le filtre et on le nettoie, en faisant passer l'eau dessalée en sens inverse pour évacuer les impuretés à l'égout.



- ❖ **Un échangeur d'ions à lit mixte de résine cationique et résine anionique (GG 1351)** : L'échange d'ion est une technique qui consiste à remplacer dans une solution, des ions indésirables ou valorisables par d'autres en quantité équivalente.

Cette opération est réversible.

L'échangeur d'ion à lit mixte est généralement constitué de résines synthétique portant des fonctions acides ou basiques (*résines cationiques ou anioniques*).

- le rôle des résines cationiques (**R-H**) est d'adsorber les **cations** de la substance contenue dans l'eau et libérer les **H<sup>+</sup>**.
- Le rôle des résines anioniques (**R-OH**) est d'adsorber les **anions** de la substance contenue dans l'eau et libérer les **OH<sup>-</sup>**.
- Les **H<sup>+</sup>** et **OH<sup>-</sup>** libérés forment l'eau déminéralisée, selon les réactions suivantes :



A la sortie de l'échangeur d'ion, l'eau déminéralisée produite est contrôlée par la mesure de la conductivité qui doit être inférieure ou égale à **1 µs**.

Une fois que la qualité dépasse **1 µs**, la chaîne est épuisée, il faut la régénérer.

La régénération se fait par *la soude et l'acide sulfurique* et s'effectue suivant les étapes suivantes : (**Figure 17**)

- ✓ **Classement** : ou soulèvement des résines, pour éviter tout risque du passage préférentiel et en même temps pour classer les deux résines par ordre de densité (résine cationique plus dense que la résine anionique).

La durée de cette opération est de **10 min**.

- ✓ **Injection de NaOH (GV 1356)**: consiste à charger la résine par **OH<sup>-</sup>** suivant la réaction :



A l'aide d'une pompe doseuse, on envoie la soude concentrée à travers un dilueur pour régler la concentration à une densité de **1048** puis vers le lit de résine anionique pendant **15 min**.

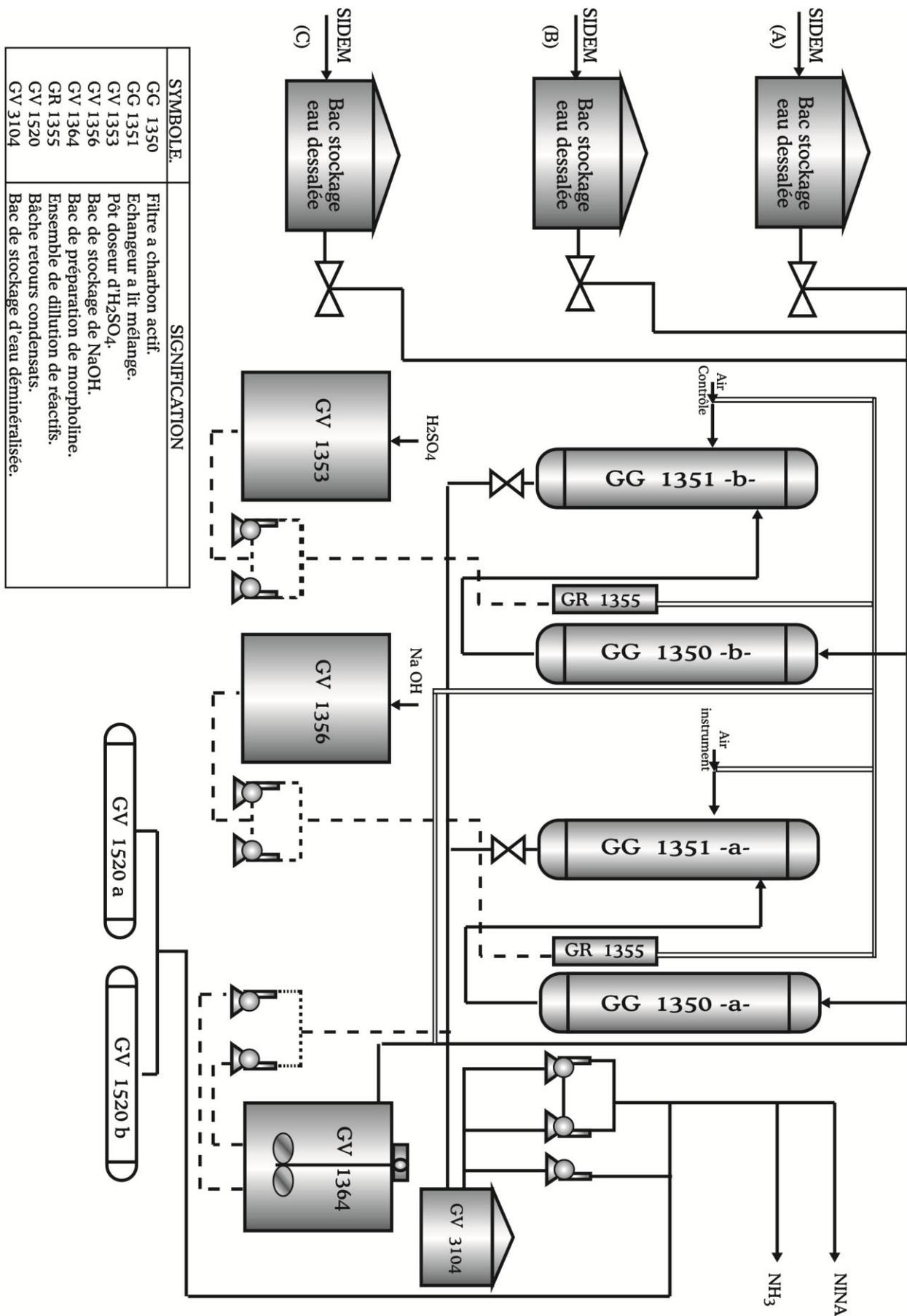


Figure (17) : les différentes Etapes de la déminéralisation de l'eau

- ✓ **Déplacement de NaOH** : on arrête la pompe d'injection de la soude, tout en maintenant la circulation d'eau, pour déplacer le réactif à travers le volume complet de la résine et ce pour augmenter le rendement d'échange.
- ✓ **Rinçage de NaOH** : il s'agit de rincer l'excédent de la soude à l'égout.
- ✓ **Injection de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (GV 1353)** : elle consiste à charger la résine cationique en **H<sup>+</sup>** suivant la réaction



et ce en envoyant de l'acide sulfurique dilué de densité **1015** vers le lit de résine cationique

- ✓ **Déplacement de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** : C'est déplacer le réactif à travers le volume de résine pour augmenter le rendement.
- ✓ **Rinçage de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** : C'est l'élimination du surplus de réactif vers l'égout.

A la fin de ces étapes de chargement des deux résines par **H<sup>+</sup>** et **OH<sup>-</sup>**, il faut revenir à la case du départ, c'est-à-dire la production en passant par :

- ✓ **Vidange** : Vidanger l'eau contenue dans l'échangeur
- ✓ **Mélange** : on effectue un mélange ou un brassage à l'air faible pression **0.3 bars**.
- ✓ **Remplissage et rinçage final** : pour éliminer le reste des réactifs. Finalement, l'eau déminéralisée produite est stockée dans des bacs de volume **1200 m<sup>3</sup>/u (GV 3104)** pour être utilisée dans les différentes unités du complexe.



#### II.4. Section de Production de la vapeur (Chaudière)

Cette section est composée de 3 chaudières identiques de débit **70 T/h** de vapeur par chaudière de pression **40 bars** et **420 °C**.

(Figure 18)

##### II.4. 1 Préparation de l'eau de chaudière

L'eau alimentant les chaudières est une eau déminéralisée qui a été préchauffée en passant par une bache de retour des condensats (condensat des : 3 dessaleurs + condenseur atmosphérique l'eau déminéralisée), le mélange est à une température de **80 °C**.

L'eau passe par une bache alimentaire où s'effectue un dégazage physique par la vapeur **5 bars**, dont le but est l'élimination des gaz dissous tels que : **O<sub>2</sub>**, **CO<sub>2</sub>**, pour éviter le problème de corrosion dans les chaudières.

Avant l'entrée dans la chaudière, l'eau alimentaire passe par un économiseur où sa température augmente de **80 °C** à **105 °C** par échange de chaleur avec les fumées résultantes de la combustion (**Air-Gaz**).

L'eau alimentaire entre dans les 3 chaudières après traitement par l'injection de :

- **Phosphate Trisodique (Na<sub>3</sub> PO<sub>4</sub>)** : C'est pour la formation d'une couche protectrice dans les chaudières contre la formation de tartre (*dépôt des sels*) selon la réaction :



- **Sulfite de Soude (Na<sub>2</sub> SO<sub>3</sub>)** : dégazage chimique où l'élimination d'**O<sub>2</sub>** dissous dans l'eau pour éviter l'oxydation dans les chaudières (Corrosion) Suivant la réaction :



- **Morpholine (C<sub>4</sub> H<sub>9</sub> NO)** : c'est pour l'augmentation du pH (**≈ à 10**) pour éviter l'attaque de la paroi des tubes des chaudières.

L'eau rentre dans les chaudières et sort sous forme de vapeur **40 bars**, **420 °C**. La vapeur produite passe par un barillet comme moyen de distribution à travers le complexe, cette

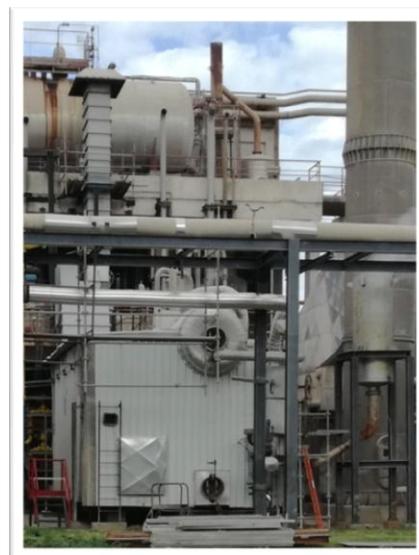


Figure (18) : Chaudière BabCock de l'unité centrale UII



vapeur est envoyée à la consommation sous différentes pressions (**40 bars, 5 bars, 0.7 bars**) par détente.

#### II.4.2 Principe de fonctionnement de la chaudière (Figure 19 et 20) :

L'eau alimentaire de la chaudière aspirée à partir de la bêche alimentaire à une température de **80 °C** et est refoulée par des pompes alimentaires multicellulaires de pression **60 bars** vers le ballon supérieur de la chaudière en passant par un économiseur sortie fumée pour économiser le reste de son énergie avant évacuation des fumées à travers la cheminée.

L'eau alimentaire passe par gravité par les colonnes d'alimentation pour remplir le ballon inférieur puis les tubes vaporisateurs (*Tubes écrans*), On remplit la chaudière jusqu'à un niveau qui sera maintenu automatiquement à **50%** du ballon supérieur.

Puis on allume le brûleur bas de la chaudière en faisant brûler le gaz en présence d'air comburant Il se dégage de la chaleur (*réaction exothermique*). Cette énergie est transférée vers l'eau par rayonnement (**80%**).

Ainsi l'eau passe de l'état liquide en vapeur saturée et sera accumulée dans le ballon supérieur jusqu'à une pression de **40 bars, 250 °C**, Cette vapeur passe par un surchauffeur pour être surchauffée de **250 °C à 420 °C** (*par convection*), cette vapeur est stockée dans un barillet avant consommation dans les différentes unités.[6]

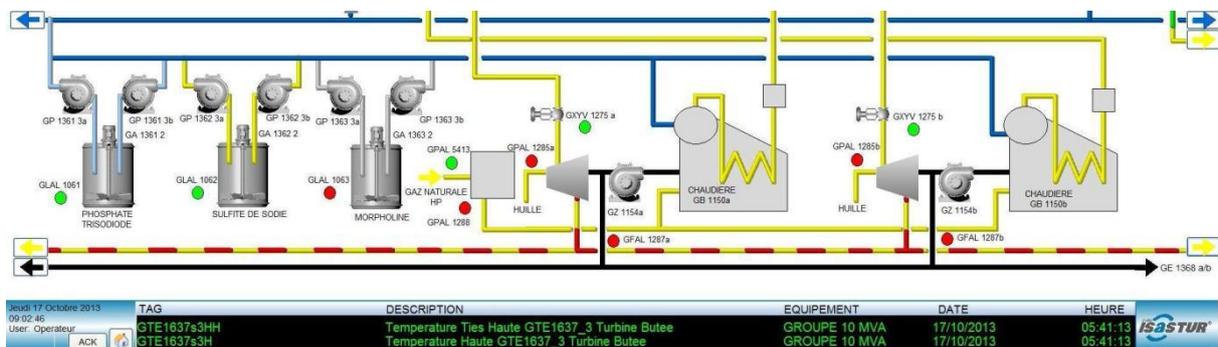


Figure (19) : Schéma technologique de la section production de vapeur [7]

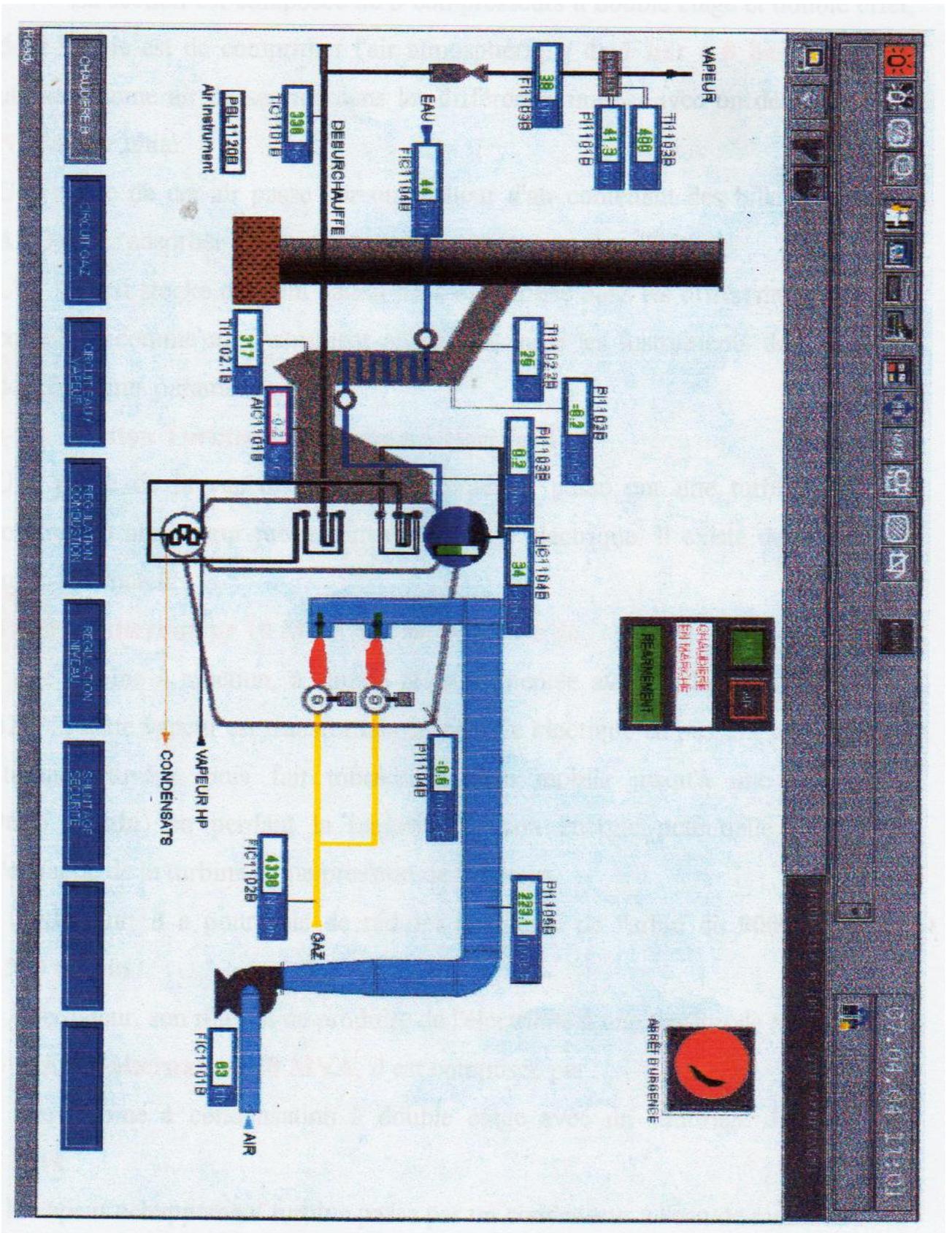


Figure (20) : Section de production de la vapeur

### II.5. Conclusion

L'eau de mer entrée la centrale utilité II, passe par une circuit des traitements intégrée, de l'entrée brute (salée et polluée) à l'unité de dessalement MSF, ou la production d'eau dessalée (pureté  $<20\mu\text{s}$ ) passant par la section de déminéralisation ou la pureté doit être plus précise (pureté  $<1\mu\text{s}$ ), une quantité de l'eau produite (condensat et eau déminée) passe vers la section de chaudière, les turbines et les autres unités de production du complexe, , les eaux de rejets et l'excès d'eau de mer se jettent dans des sources menant à la mer .



# Chapitre III

---

# La Partie Pratique

### III. Problématique

#### Introduction :

L'usine de FERTIAL, à Annaba, à besoin, comme toute entreprise industrielle, de l'eau pour le fonctionnement de ses unités de production qui se trouvent à quelques mètres de la mer, cette source inépuisable d'eau permet de répondre suffisamment à tous les besoins des unités de production pour leur fonctionnement. Le dessalement de cette eau est indispensable.

Il y a des problèmes techniques liés à la nature même de la technologie de Dessalement (Multi-flash) comme tout procédé industriel. Ils découlent notamment de la caractéristique d'eau de mer qui est très corrosive. Il y a aussi le coût énergétique d'un mètre cube d'eau dessalée qui reste relativement élevé. Il faut noter également le rejet de saumures concentrées au double de la salinité naturelle de la mer.

#### III.1 Description des Problèmes :

Pendant la durée de stage au niveau de la centrale Utilité II, on a remarqué plusieurs problèmes dans le fonctionnement des installations du dessaleur, parmi ces problèmes on peut citer celles constatées sur le site avec quelques interprétations les concernés.

**1. La mauvaise Filtration :** La mauvaise filtration d'eau de mer d'alimentation provoque un passage des éléments tels que les Moules, les algues, les argiles avec les conséquences suivant :

- Bouchage des tubes des échangeurs.
- Bouchage des filtres des pompes.

Ce qui indique un problème de diminution de débit d'entrée de l'eau de mer, et des problèmes sur la marche du circuit d'eau de mer à traiter et le circuit d'eau de mer de refroidissement.

**2. La Corrosion :** par piqûres est causée par la présence de  $Cl^-$  dans l'eau de mer (tubes des condenseurs), la présence des bactéries BSR (Bactérie Sulfato-Réductrice) à cause de la diminution de  $O_2$  dans le milieu (Distillation sous vide) (pôt de distillat) et il ya aussi l'excès du chlorure dissous dans l'eau qui crée une corrosion par piqûres au niveau des parois de la chaudière.

**3. Les Fuites :** Les fuites des tubes causées par la corrosion permet l'augmentation du nombre de tubes supprimés, ce qui engendre une diminution du débit traitée, diminution de la quantité d'eau distillée produite et une variation au transfert de chaleur entre les parois des équipements.

**4. La mousse :** La formation de la mousse à la surface de la saumure. Après certain temps l'entraînement de gouttelettes fines d'eau dans la vapeur crée un bouchage du démister, d'où la



vapeur traverse le démister avec des traces de la mousse vers le pôt de distillat (distillation multi-flash), ce qui polluer l'eau dessalée.

**5. Courant électrique :** les coupures du courant électrique, ce qui conduit à l'arrêt de l'unité.

**6. Appareillage :** pannes des pompes et déclenchement des chaudières, pannes des vanne et de l'instrument de l'Alarme, la perturbation de réglage du niveau de liquide (eau, produits injectée)

**7. L'entartrage :** Comme toutes les industries utilisant l'eau de mer brute pour l'alimentation, dans des conditions de température et de pression élevée, nous avons observé le problème de la formation de tartre (incrustation) sur les surfaces d'échanges de chaleur des condenseurs et du réchauffeur de saumure L'entartrage représente l'un des graves problèmes rencontrés dans le fonctionnement des dessaleurs. Les composés qui forment ces incrustation sont:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Mg(OH)}_2$ .

**8. Mauvaise utilisation de l'inhibiteur de formation du tartre :** l'injection de l'antitartre se fait par différence de pression cette méthode a plusieurs inconvénient tels que :

- 1) La quantité d'antitartre injectée non optimisée
- 2) Le Bac opaque ne permet pas la connaissance du niveau de la solution dans le bac.
- 3) L'aspiration de l'air au lieu de la solution d'antitartre et le fonctionnement des dessaleurs sans produits antitartre dans le cas où le bac se vide

**9. Baisse de production et salinité excessive :** le plus souvent, les difficultés d'exploitation sont dues à des causes propres aux équipements de l'unité mais dans d'autres cas, elles sont dues à des phénomènes extérieurs à l'installation. Il est difficile de les prévoir toutes.

On peut citer entre autre une salinité excessive de l'eau produite et une baisse de production.

Ces deux phénomènes s'accompagnent d'une augmentation de la consommation spécifique et d'un déséquilibre de l'échange thermique.

**10. création de vide dans les cellules insuffisant :** causé par la difficulté d'entrées d'air (passage de la vapeur) où à une insuffisance de l'extraction des incondensables.

**11. Niveau anormale dans les cellules :** le niveau haut de saumure agit sur la qualité de distillat et le niveau bas pose un problème de l'insuffisance de production ou une concentration anormale de saumure.

**12. Concentration anormale de saumure :** une baisse de concentration de sels du flux de saumure indique qu'il y a des problèmes dans la marche de l'installation.

**13. Les conditions de stockage des produits injectées :** tel que le phosphate injectée à l'eau d'alimentation de la chaudière, ce produit est utilisé pour la protection des parois, et la



mauvaise qualité de ce produit introduit soit un film rigide qui diminue le transfert thermique ou un film très fin qui crée la formation de la corrosion par piqûres.

**14. Modification des normes de travail :** à cause du vieillissement des équipements de process d'usine ainsi que les caractéristiques de l'eau de mer et les techniques de traitement, la température et la vitesse de circulation, sont des paramètres importants pour modifier les conditions de travail par rapport au normes d'installation. Exemple : la conductivité de l'eau dessalée ne dépasse pas 10  $\mu\text{s}$ , elle prend une valeur de 30  $\mu\text{s}$ . Le pH normalement à la moyenne de 6,20-8, prend un intervalle de 6,20-9.

### III. 2 Objectifs de l'Etude :

Dans ce travail, notre objectif est basé sur l'étude du fonctionnement les équipements de l'unité de production de l'eau d'alimentation du complexe Fertial afin de déterminer les problèmes influençant la qualité de l'eau.

Pour cela, on a recueilli des informations relevées des archives (banque de données) de prestation analytique du laboratoire du complexe concernant cette eau de distribution durant les années **2010 -2023** sur des périodes concernant les problèmes.

L'étude des données analytiques va nous permettre la confirmation des résultats de l'eau distribuée aux unités par une comparaison aux normes des teneurs fixées.

On propose des solutions pour chaque source de problèmes dépend l'état des équipements de fonctionnement et la situation économique de l'usine.



### III. 4 Partie Calcul

#### III.4.1 Introduction

L'étude des données analytiques va nous permettre de vérifier, analyser, comparer, et prendre des descriptions afin de cibler les différents contraintes influençant la qualité de l'eau traitée et le fonctionnement des équipements.

Les différents problèmes selon les sections sont :

- Problème de perturbation de la conductivité d'eau dessalée (section dessalement).
- Problème d'augmentation de la conductivité de la chaîne (section déminéralisation).
- Problème de perturbation de la conductivité du condensat (section SIDEM).
- Problème de conductivité au niveau du bac eau déminée (section déminéralisation).
- Problème de chlore au niveau de la chaudière (Section chaudière).

#### III.4.2 Perturbation Conductivité Eau dessalée (Section SIDEM) (Figure 21)

En Mars 2023 (Pendant la durée de notre Stage), un problème d'augmentation de Conductivité d'eau dessalée produite par l'évaporateur Multi-Flash est apparu.

L'opérateur organise une vérification par des testes de tous les éléments de circuit de passage de l'eau dessalée, eau de mer et eau de saumure, dans l'évaporateur, après un certain temps, l'eau dessalée produite devient polluée et passe vers le rejet, la vérification montre :  
Après un test des fuites des tubes d'eau de mer, une vérification des Demister des cellules, les pôles de distillat, les collecteurs de distillat et les produits du bac anti mousse et anti tartre, et les instruments de contrôle (pompes et vannes), nous avons trouvé des problèmes au niveau du couloir de passage distillat, ce qui exige une soudure de la zone de passage de la saumure de la 5<sup>ème</sup> cellule (située à la partie haute du SIDEM), pour arrêter le passage l'eau dans le couloir de distillat de la 16<sup>ème</sup> cellule qui est située juste au dessous de la 5<sup>ème</sup> cellule.



Figure (21) : présentation du problème de Fuite d'eau (Couloir Distillat)

Les résultats suivants expriment le problème de la conductivité observée lors **15 jours** de notre stage (**15-30 mars 2023**) production d'eau dessalée (Distillats SIDEM) jusqu'à réparation et stabilisation de la qualité de l'eau (*On prend l'mois de données correctes (Banque de données laboratoire janvier 2023) pour la comparaison comme un témoin*)

Les résultats sont classées au tableau suivant (Tableau 1) :

**Tableau N°(1) : Variation de la conductivité d'eau dessalée (témoin : mois Janvier 2023 / mois concerné : mars 2023) [13]**

Janvier 2023			Janvier 2023			Mars 2023			Mars 2023		
Jour	pH	Cond $\mu\text{s}$	Jour	pH	Cond $\mu\text{s}$	Jour	pH	Cond $\mu\text{s}$	Jour	pH	Cond $\mu\text{s}$
1	7.50	15.20	16	7.52	18.20	1	7.40	17.61	16	8.00	16.44
2	7.50	14.73	17	7.54	17.34	2	7.50	24.65	17	7.20	24.65
3	7.80	14.66	18	7.90	16.48	3	7.40	24.78	18	8.30	15.78
4	8.20	14.12	19	8.00	14.38	4	7.60	25.80	19	8.40	17.80
5	8.20	14.05	20	8.50	14.50	5	7.60	24.80	20	8.20	14.20
6	8.50	14.18	21	8.20	18.89	6	7.50	30.10	21	7.30	17.25
7	7.90	18.53	22	7.80	18.08	7	7.90	35.70	22	7.60	15.10
8	8.20	18.88	23	8.00	19.94	8	8.20	30.60	23	8.20	15.60
9	8.50	14.46	24	7.50	15.38	9	8.50	47.62	24	8.20	18.65
10	8.20	15.60	25	8.80	15.60	10	8.50	58.80	25	7.50	18.80
11	8.00	14.56	26	8.10	13.09	11	8.40	57.97	26	7.40	16.35
12	7.80	16.44	27	8.30	16.99	12	8.40	76.86	27	7.50	16.45
13	7.50	17.61	28	8.20	13.84	13	8.20	77.40	28	7.20	17.433
14	8.20	15.63	29	8.50	12.58	14	8.20	91.60	29	8.30	13.68
15	8.00	17.58	30	7.00	18.79	15	8.00	21.30	30	8.40	12.39
Norme	6.20 - 8.00	< 30	Jour	6.20 - 8.00	< 30	Norme	6.20 - 8.00	< 30	Jour	6.20 - 8.00	< 30



➤ Présentation Graphique :

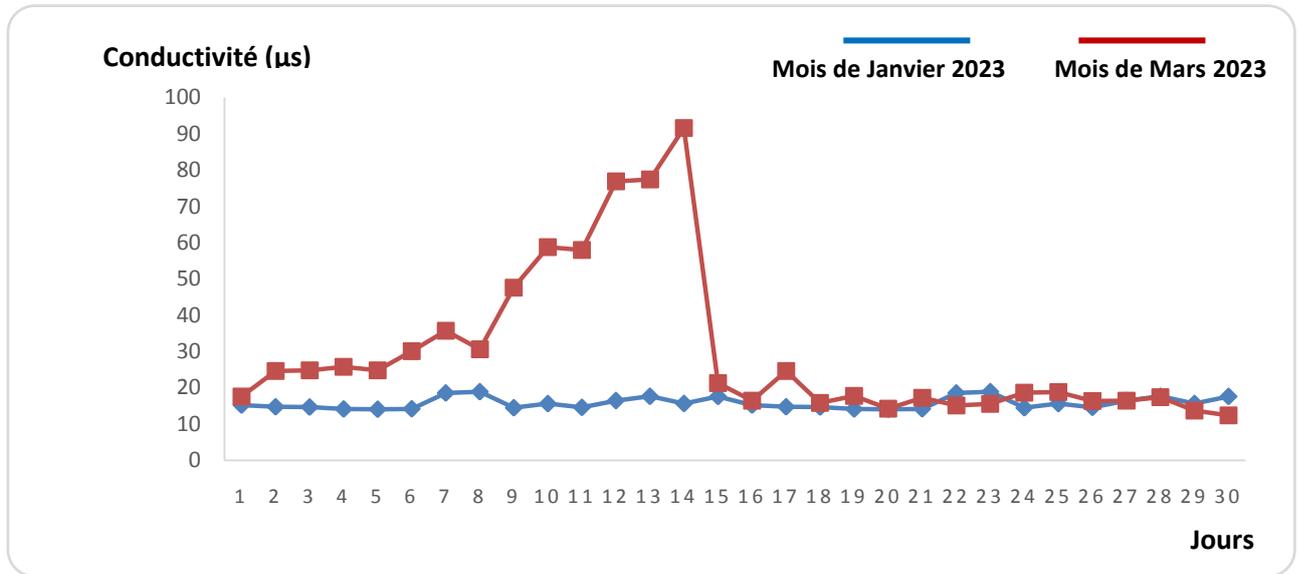


Figure (22) : Variation de la conductivité d'eau dessalée en fonction du temps (Jours)

➤ Interprétation des résultats :

La Courbe suivante montre l'évolution de la conductivité en fonction du temps (mois de mars), on observe une augmentation de la conductivité à partir du 6<sup>ième</sup> jour, ( $30.10\mu\text{s}$ ), puis la salinité prend une valeur maximum ( $91\mu\text{s}$ ), ce qui veut dire que l'eau est considérée comme eau polluée (on la passe vers rejet), et après la résolution du problème, on observe une chute au niveau de la conductivité jusqu'à stabilisation (à partir du 15<sup>ième</sup> jour).

Le processus « test fuites » au tubes d'échangeurs de l'évaporateur (passage de l'eau de mer froide) conduit à chaque fois à la fermeture définitive des tubes testés, ce qui diminue le nombre des tubes en échange de chaleur, il en résulte la diminution du rendement en eau produite.

La procédure de test fuites se fait par des bouchons en cuivre



Figure(23) : bouchons de tube (Copper Tube Plugs).

### III.4.3 Contrôle Conductivité de la Chaîne (Section Déminéralisation)

Les résultats suivants concernant l'eau déminée du mois de mois **Février 2023**, prélevée à la sortie de la chaîne d'échange d'ions. Après traitement, il ne semble y avoir aucun problème dans l'eau traitée, les données sont classées au (Tableau 2)

**Tableau N° (2) : Variation de la conductivité d'eau déminée (Février 2023) [13]**

Février 2023			Février 2023		
Jour	PH	Condu. $\mu\text{s}$	Jour	PH	Condu. $\mu\text{s}$
1	7.00	0.46	16	7.00	0.78
2	7.00	0.74	17	7.00	0.70
3	7.00	0.48	18	7.00	0.87
4	7.00	0.70	19	7.00	0.83
5	7.00	0.39	20	7.00	0.76
6	7.00	0.54	21	7.00	0.45
7	7.00	0.82	22	7.00	0.53
8	7.00	0.78	23	7.00	0.57
9	7.00	0.55	24	7.00	0.60
10	7.00	0.63	25	7.00	0.62
11	7.00	0.49	26	7.00	0.59
12	7.00	0.41	27	7.00	0.85
13	7.00	0.33	28	7.00	0.78
14	7.00	0.90	29	7.00	0.89
15	7.00	0.57			
Norme	7.00 -7.50	< 1	Jour	7.00 -7.50	< 1

**En 2010**, Un Problème a été vécu au niveau de la section Déminéralisation, où l'opérateur a oublié la vanne de l'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pendant **12H** (La nuit) et cette injection se fait généralement au minimum pendant **40 min** seulement, Ce fût la perte de l'échangeur d'ions (La Chaîne), ainsi la perte d'une grande quantité du produit injecté (Bac acide Sulfurique).

### III.4.4 Problème de Perturbation Conductivité Condensat (Section SIDEM)

En 2018, il a été signalé l'infiltration de l'eau de mer dans l'eau déminéralisée, causant une mauvaise qualité d'eau d'alimentation, qui fût le résultat d'une fuite brusque de l'eau de mer dans les condensats (échangeur condensat – eau de mer). La chaudière fût ainsi alimentée avec une eau contaminée (présence de dureté et de chlorure élevés). La vigilance du personnel a été d'isoler l'échangeur fissuré après analyses, et le changement d'alimentation d'eau par vidange et extraction, cet incident a failli causer l'arrêt de toute l'unité.



A l'aide de la banque de données du laboratoire, on a étudié ce cas, les éléments  $Cl^- = 0,45$  prend une valeur constante, et le **TH est nul**. Pour tous les jours du mois Octobre, les résultats suivants concernant l'eau de condensat (*Réchauffeur SIDEM*) classées au tableau suivant (Tableau 3) :

**Tableau N°(3) : Variation de la conductivité du condensat (témoin : mois Septembre 2018 / mois concerné : Octobre 2018) [13]**

Septembre 2018			Septembre 2018			Octobre 2018			Octobre 2018		
Jour	pH	Cond $\mu s$	Jour	pH	Cond $\mu s$	Jour	pH	Cond $\mu s$	Jour	pH	Cond $\mu s$
1	8.00	0.34	16	7.00	0.61	1	8.30	0.33	16	8.00	0.66
2	7.00	0.73	17	7.00	0.65	2	7.20	0.83	17	8.50	0.32
3	7.00	0.66	18	7.00	0.62	3	7.00	0.98	18	8.30	0.41
4	7.20	0.12	19	7.20	0.78	4	6.80	1.45	19	8.40	0.46
5	8.20	0.05	20	8.20	0.34	5	6.30	1.82	20	8.20	0.76
6	7.50	0.18	21	8.50	0.23	6	5.40	3.95	21	8.80	0.77
7	7.40	0.53	22	7.40	0.45	7	6.00	2.56	22	7.20	0.12
8	7.20	0.88	23	8.20	0.46	8	7.00	2.74	23	7.00	0.60
9	7.20	0.46	24	7.20	0.49	9	7.00	0.80	24	7.20	0.57
10	8.30	0.60	25	8.30	0.74	10	7.20	1.45	25	7.50	0.82
11	7.00	0.56	26	7.00	0.47	11	7.00	1.82	26	7.40	0.53
12	7.80	0.44	27	7.80	0.44	12	7.80	3.95	27	8.20	0.55
13	7.50	0.61	28	8.50	0.52	13	7.30	2.56	28	8.00	0.73
14	7.20	0.63	29	7.80	0.58	14	7.40	2.04	29	8.30	0.62
15	8.00	0.58	30	7.50	0.51	15	8.00	1.03	30	8.50	0.36
Norme	8.00-9.00	< 1	Jour	8.00-9.00	< 1	Norme	8.00-9.00	< 1	Jour	8.00-9.00	< 1

➤ **Présentation Graphique :**

Conductivité ( $\mu s$ )

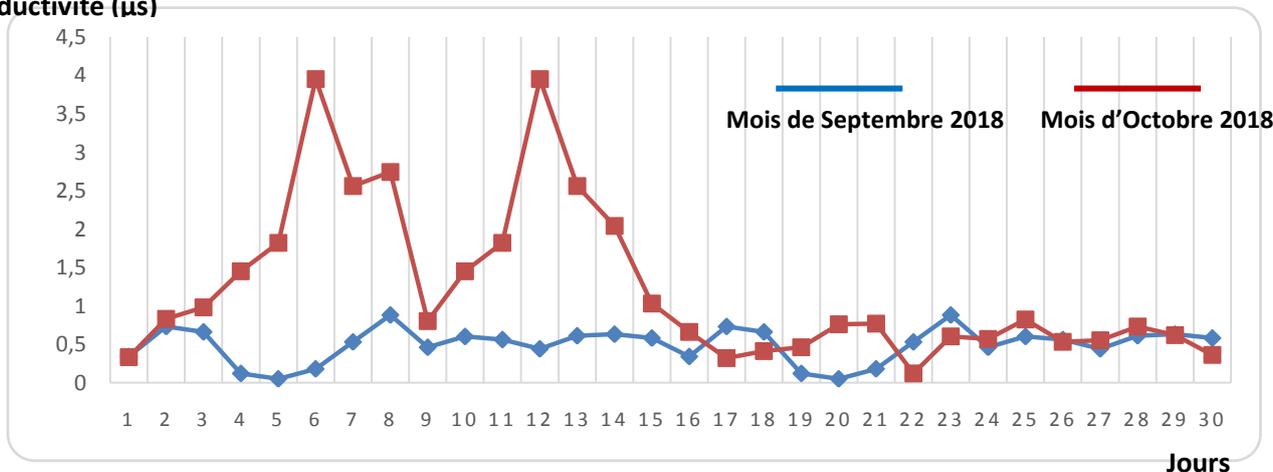


Figure (24) : Variation de la conductivité du condensat en fonction du temps (jours)

➤ **Interprétation des résultats :**

La Courbe présente la variation de la conductivité de condensat (coté réchauffeur) en fonction du temps, on observe une augmentation de la conductivité à partir du 3<sup>ème</sup> jour, (0.98 $\mu$ s), puis la conductivité prend une valeur maximum (3.95 $\mu$ s).

La conductivité du condensat de vapeur ne devrait pas dépasser à 1  $\mu$ s. selon les normes (Annexe 02)

Après la résolution du problème, on observe une chute de conductivité à partir du 16<sup>ème</sup> jour, au niveau du distillat jusqu'à stabilisation (<1).

### III.4.5. Problème de Conductivité au niveau du bac eau déminée (Section Déminéralisation)

Au cours de la recherche dans les résultats des analyses au service contrôle qualité (Banque de données laboratoire), nous avons trouvé en 2017, un problème de conductivité de l'eau traitée (Bac de l'eau déminée) pendant une durée de 15 jours du moins de Mai.

Pour suivre le problème, nous avons pris les données du mois d'Avril comme témoin pour la comparaison aux résultats du mois de Mai, les données sont classées au tableau suivant (Tableau 4) :

Tableau (4) : Variation de la conductivité du bac déminée (témoin :Avril -Mai 2017) [13]

Avril 2017			Avril 2017			Mai 2017			Mai 2017		
Jour	pH	Cond $\mu$ s	Jour	pH	Cond $\mu$ s	Jour	pH	Cond $\mu$ s	Jour	pH	Cond $\mu$ s
1	7.00	0.77	16	7.00	0.78	1	7.00	0.88	16	7.00	0.98
2	7.00	0.75	17	7.00	0.69	2	7.00	0.46	17	7.00	1.04
3	7.00	0.59	18	7.00	0.54	3	7.00	0.48	18	7.00	1.27
4	7.00	0.66	19	7.00	0.65	4	7.00	0.70	19	7.00	0.80
5	7.00	0.49	20	7.00	0.81	5	7.00	0.39	20	7.00	0.73
6	7.00	0.71	21	7.00	0.79	6	7.00	0.54	21	7.00	0.75
7	7.00	0.72	22	7.00	0.83	7	7.00	0.82	22	7.00	0.73
8	7.00	0.90	23	7.00	0.89	8	7.00	0.78	23	7.00	0.77
9	7.00	0.85	24	7.00	0.87	9	7.00	0.55	24	7.00	0.69
10	7.00	0.84	25	7.00	0.74	10	7.00	0.63	25	7.00	0.79
11	7.00	0.82	26	7.00	0.69	11	7.00	1.23	26	7.00	0.45
12	7.00	0.65	27	7.00	0.70	12	7.00	1.12	27	7.00	0.48
13	7.00	0.75	28	7.00	0.75	13	7.00	1.98	28	7.00	0.55
14	7.00	0.77	29	7.00	0.72	14	7.00	1.89	29	7.00	0.59
15	7.00	0.76	30	7.00	0.78	15	7.00	0.98	30	7.00	0.65
Norme	7.00 - 7.50	< 1	Jour	7.00 - 7.50	< 1	Norme	7.00 - 7.50	< 1	Jour	7.00 - 7.50	< 1



➤ **Présentation Graphique :**

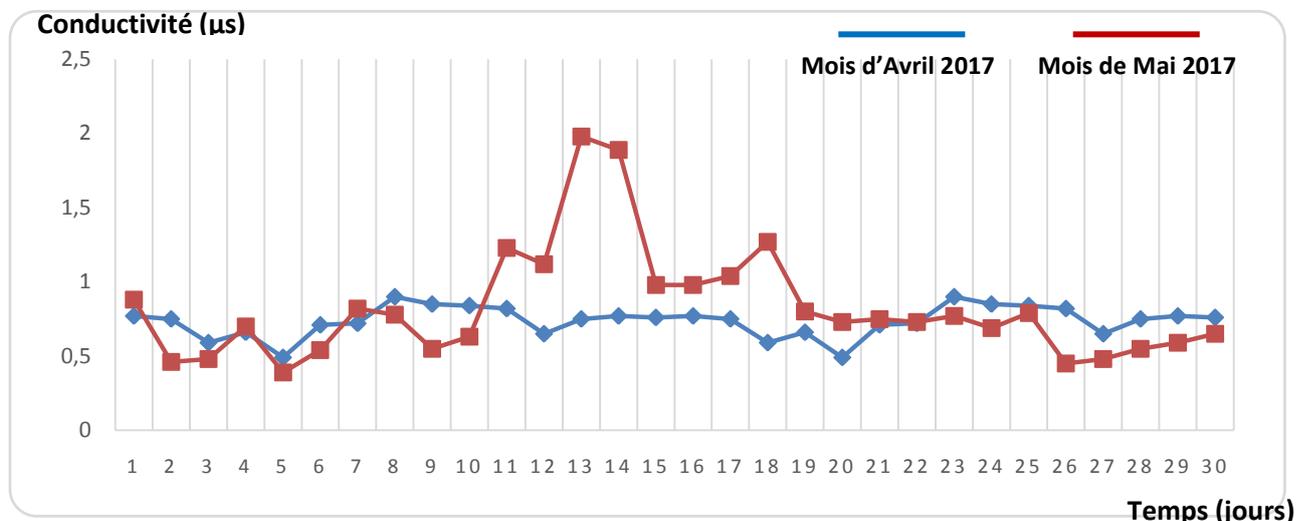


Figure (25) : Variation de la conductivité de bac d'eau déminée en fonction du temps

➤ **Interprétation des résultats :**

La Courbe présente la variation de la conductivité d'eau déminée en fonction du temps (jours), on observe une augmentation de la conductivité à partir de 11<sup>ème</sup> jour ( $1.23\mu\text{s} > 1\mu\text{s}$ ), puis la conductivité prend une valeur maximum ( $1.98\mu\text{s}$ ), dans ce cas l'eau considérée comme polluée est rejetée, puis la conductivité est diminuée jusqu'à atteindre une valeur acceptable d'environ le ( $0.80\mu\text{s}$ ), et le problème est résolu.

Dans de tels cas, le problème revient au fait que la chaîne a été épuisée et saturée, ce qui permet le passage d'eau dessalée (Cond.  $> 1\mu\text{s}$ ) au bac d'eau déminée. Le détruit de la chaîne d'échange d'ions par des problèmes techniques (panne des vannes, pompes, instruments de mesure ...), ainsi que la pollution du bac d'eau dessalée ou une pollution causée par le passage de l'acide sulfurique ou la soude caustique au bac d'eau déminée.

### III.4.6. Problème du Chlore au niveau de la chaudière, Condensat de vapeur (Section Chaudière)

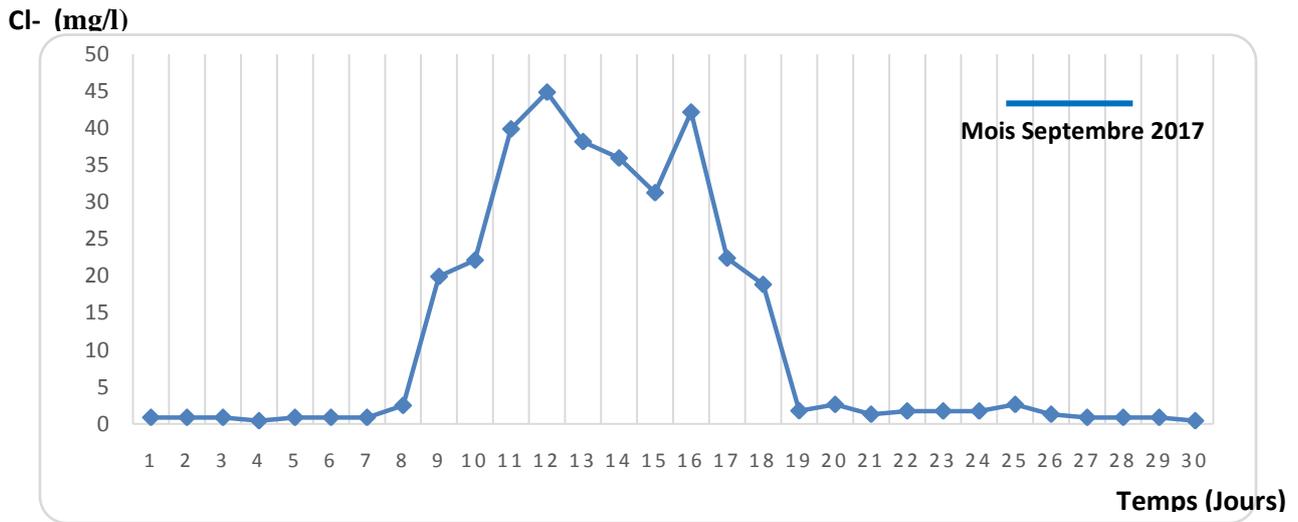
Pendant la recherche dans les résultats des analyses au service contrôle qualité (Banque de données laboratoire), nous avons trouvé en 2017, un problème de Chlore dans l'eau de chaudière (Section production de vapeur), les résultats sont classés dans le tableau suivant :

Tableau (5) : Résultats des analyses d'eau de chaudière (Septembre 2017) [13]

Jour	Elément							
	PH	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)	CL (mg/l)	SIO2 (mg/l)	P2O5 (mg/l)	NAOH (mg/l)
1	10.30	00	2.80	6.00	0.90	5.47	21.93	3.20
2	10.20	00	2.30	5.00	0.90	5.50	19.39	3.27
3	10.30	00	3.70	7.20	0.90	1.01	34.01	3.20
4	9.00	00	0.30	1.10	0.45	Traces	Traces	Traces
5	10.30	00	3.30	6.80	0.90	7.51	31.77	3.20
6	10.30	00	4.00	8.30	0.90	5.88	36.40	3.20
7	10.30	00	5.30	10.10	0.90	11.58	48.93	3.20
8	10.30	00	3.40	6.90	2.51	7.86	34.61	3.20
9	10.20	00	2.70	7.20	19.93	0.91	19.92	3.20
10	10.00	00	3.86	6.80	22.15	0.96	31.45	3.20
11	8.50	00	0.10	0.90	39.87	0.13	3.97	Traces
12	10.20	00	2.30	5.00	44.84	1.17	41.31	1.60
13	9.00	00	0.50	1.80	38.16	trs	5.10	Traces
14	9.20	00	1.50	1.00	35.94	0.27	9.28	Traces
15	10.30	00	1.10	3.50	31.26	1.60	23.12	3.20
16	9.80	00	2.80	3.50	42.15	Traces	traces	traces
17	8.50	00	2.80	8.90	22.42	0.72	14.86	1.60
18	9.80	00	3.20	6.00	18.86	Traces	traces	traces
19	10.20	00	2.70	6.70	1.80	Traces	traces	traces
20	10.40	00	2.80	7.50	2,65	0.68	13.51	1.60
21	10.30	00	2.70	7.00	1,32	0.61	11.00	traces
22	9.00	00	3.20	3.50	1,76	Traces	10.42	traces
23	10.30	00	2.30	5.50	1,76	0.84	17.76	1.60
24	10.30	00	1.70	4.00	1,76	Traces	15.76	1.60
25	10.30	00	1.90	4.50	2,65	Traces	2.65	1.60
26	10.30	00	2.10	4.10	1,32	Traces	4.20	1.60
27	10.30	00	2.00	4.40	0.90	0.54	2.27	1.60
28	10.30	00	1.80	5.00	0.90	1.30	5.30	1.60
29	10.30	00	2.30	5.50	0.90	0.98	2.65	traces
30	10.30	00	1.50	3.00	0.45	Traces	4.20	1.60
NORME	9 – 11	<0.05	≥ 0.5 TAC	≤15	< 5	≤15	10 - 50	<5



➤ **Présentation Graphique :**



**Figure (26) : la variation de CL<sup>-</sup> dans l'eau de chaudière en fonction du temps (jours)**

➤ **Interprétation des résultats :**

La Courbe présente la variation du chlore dans l'eau de chaudière en fonction du temps,

Le taux de CL<sup>-</sup> prend des valeurs acceptables ( $\leq 5 \text{ mg/l}$ ) puis il augmente jusqu'à une valeur **44.84 >> 5 (mg/l)**, après un certain temps (presque 10 Jours après), le taux de CL<sup>-</sup> diminue jusqu'à des valeurs acceptable **1.8 < 5 (mg/l)**.

dans les premiers jours où la valeur de CL<sup>-</sup> augmente légèrement dans le ballon supérieur de la chaudière, l'opérateur applique une purge continue (**20%**), afin de stabiliser la compositions des éléments injectées et les éléments dissous dans l'eau, l'augmentation indésirable de CL<sup>-</sup> est très souvent causé par la mauvaise qualité du Chlore injecté à la bêche alimentaire, dans ce cas l'opérateur doit faire une extraction par vidange, cette opération permet d'extraire tout accumulation au fond de la chaudière.



### III.5 Solutions proposées

**III.5.1 Introduction :** Il existe actuellement plusieurs méthodes de dessalement de l'eau de mer, Le procédé de dessalement le plus répandu dans le monde est, sans aucun doute, la distillation multi-flash qu'utilise actuellement Fertial.

Dans ce procédé, l'eau de mer est chauffée, puis pompée dans des réservoirs où elle se vaporise brutalement (flash). Après plusieurs flashes successifs, la vapeur condensée est récupérée et donne de l'eau pure.

Cependant, c'est la méthode qui produit le plus grand volume d'eau douce par unité de temps, avec un circuit fermé en matière première (Energie, vapeur, eau d'alimentation ...), mais il y'a aussi des inconvénients comme nous en avons mentionnés certains au chapitre problématique.

On a recherché, de tout temps, à réduire les problèmes affectant la qualité d'eau produite, après étude, on constate que les problèmes viennent de l'ancienneté de l'installation de l'unité dans les conditions de travail (grande quantité d'eau alimentaire, salinité de l'eau, température...)

**III.5.2 La proposition : SIDEM Multi-Effets :** à l'état actuel, la seule solution valable c'est de changer le Procédé complet (Distillation multi-flash) par un SIDEM de type multi-Effets (Unité de type 4T).

Cette technique est utilisée à Fertial par un évaporateur à thermo-compresseur constitué par 4 cellules (SIDEM 'D').



Figure (27) : Unité de Distillation Multi Effets (MED). [14]

- **Principe de fonctionnement (Figure 28) :** Ce procédé est basé sur la technique de la distillation, le principe est simple : il suffit de faire bouillir l'eau salée et de condenser la vapeur ainsi produite.

On utilise un évaporateur à plusieurs effets (plusieurs cellules en série fonctionnent à des pressions différents).

L'eau salée est introduite dans le condenseur distillateur **CD** chargé principalement de l'évacuation des calories apportées par la chaudière.

Puis, à la sortie du **condenseur**, une certaine quantité de cette eau est rejetée. L'autre partie dénommée "**eau d'appoint**" est alors pulvérisée dans les cellules N° **1,2,3** et **4** au dessus des faisceaux de chauffe **F1, F2, F3** et **F4**.

Dans la cellule N° **1**, une partie de cette eau est alors vaporisée. Le reste passe à la partie Inférieure de la cellule N° **2**. Cette quantité de vapeur produite dans la cellule N° **1** passe alors dans les tubes du faisceau de chauffe **F2** où elle est condensée.

En se condensant dans le faisceau de chauffe **F2**, elle échange suffisamment de chaleur pour vaporiser une quantité équivalente de l'eau salée pulvérisée. Cette vapeur produite en cellule **2** passe dans le faisceau de chauffe de la cellule **3**, selon le même principe, où il vaporise une nouvelle quantité de l'eau salée (et ainsi de suite jusqu' la cellule **4**). Une partie de cette vapeur produite en cellule **4** se condense sur le condenseur distillateur **CD** en échangeant une certaine quantité de chaleur réchauffant ainsi l'eau salée passant dans ce condenseur.

La vapeur restante est extraite et comprimée par un **thermo-compresseur** utilisant comme vapeur motrice celle provenant de la chaudière. A la sortie du thermo-compresseur, la vapeur est envoyée dans le faisceau de chauffe où elle se condense, en échangeant suffisamment de chaleur pour vaporiser l'eau salée comme nous l'avons indiqué précédemment.

Afin d'éviter une trop forte concentration en sel dans les chambres d'évaporation, la quantité d'eau salée d'appoint est supérieure à la production d'eau distillée. La quantité de saumure excédentaire est extraite à la base de la cellule N° **4**. [15]

un exemple d'usine de dessalement utilise le système multi-effets en Libye (**Figure32**)

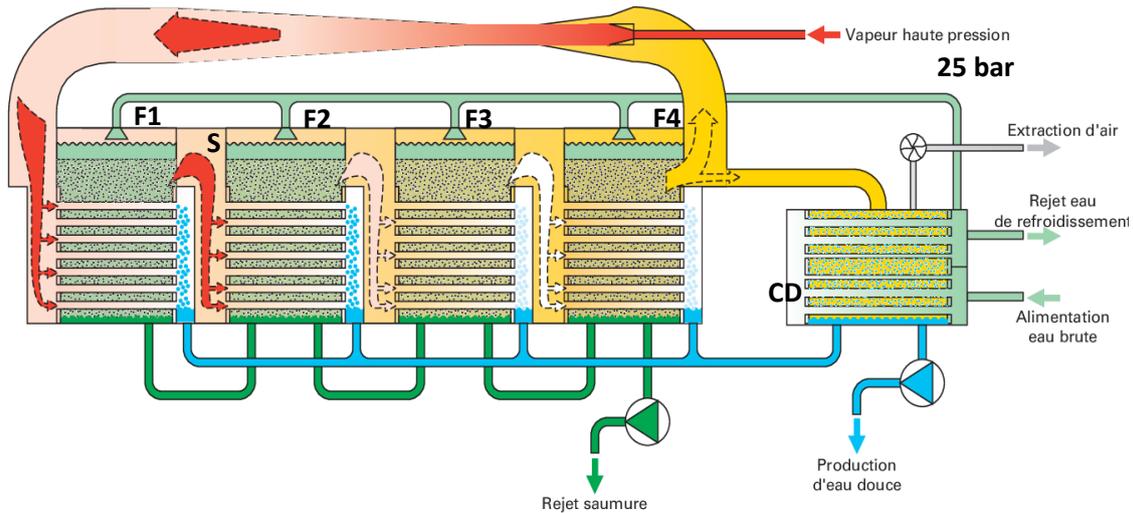


Figure (28) : Schéma de principe d'un système d'évaporateur Multi-Effets [14]



Figure (29) : Dessalement d'eau de mer par système multi-effets en Libye [14]

➤ **Rendement de l'installation :** le procédé à multiple-effet (Multi-Effect Distillation, MED) a été spécifiquement développé dans le but d'économiser l'énergie thermique.

Les différentes irréversibilités font qu'en réalité on constate une perte de 10 à 20%, les températures et les pressions s'échelonnent de manière décroissante de l'évaporateur de tête vers le condenseur final afin de garantir un écart de température entre la vapeur qui se condense et l'eau de mer qui s'évapore. L'alimentation de chacun des effets en eau de mer peut se faire en parallèle, L'énergie thermique consommée décroît d'une manière quasiment

linéaire quand le nombre d'effets augmente, Comme pour le procédé « flash », le nombre d'effets est limité à la fois par les irréversibilités qui limitent la réduction de l'écart de température entre les effets à environ deux degrés et aussi par des considérations économiques.

Les séparateurs placés environ à mi-hauteur des cellules, ces séparateurs sont disposés pour empêcher l'entraînement des gouttelettes d'eau salée par la vapeur produite, et leur capacité de filtration permet d'obtenir une eau d'une très grande pureté.

La qualité d'eau produite (dessalée et condensat) nous rassure nous sur la qualité d'eau utilisée par les autres unités. [15]

**III.5. 3 Proposition pour la section déminéralisation :** Pour réduire les problèmes présentés à l'unité de traitement des eaux, on propose l'ajout d'un système de régulation, des pompes doseuses d'injection automatique pour les produits chimiques (L'acide sulfurique et la soude). L'ajout d'un système d'alarme indique le niveau des produits injectés afin d'éviter les accidents de vide du bac produits.

**III.5. 4 Proposition pour la section Chaudière :** Au niveau de chaudière, et malgré l'ancienneté des équipements, les problèmes de la qualité d'eau se résolvent automatiquement avec les solutions précédentes.

L'amélioration des conditions de stockage des produits injectés à la bêche d'alimentation de chaudières reste la solution adéquate.

**III.5.5 Proposition pour le service de contrôle qualité :** Au niveau de laboratoires, on a remarqué que le mode opératoire se fait manuellement, et sans doute, il ya beaucoup d'erreurs, pour cela on a proposé l'utilisation des appareils développées et plus précises.

Les mallettes d'analyse MACHEREY-NAGEL (**Figure 30**) sont flexibles pour tous les domaines de l'analyse de l'eau ou l'analyse du sol.



Les mallettes robustes avec mousse de haute qualité permettent à l'utilisateur d'obtenir des résultats rapides directement sur site.

**Figure (30) : Malette d'analyses MACHEREY-NAGEL**

Les mallettes contiennent toutes les instructions des tests

Et les accessoires nécessaires pour une utilisation simple et pratique.

Une connaissance de la chimie n'est pas nécessaire pour faire les tests. Le codage couleur des étiquettes évite toute interversion des réactifs. [16]



**III.5.6 Conclusion :** Généralement, à l'atelier, les différents défauts de fonctionnement sont indiqués par des alarmes, dans le cas de défaut important, susceptible d'endommager l'unité, ou polluer la production, l'unité est automatiquement placée dans la position d'arrêt, rejet eau distillée (cas de salinité élevée), rejet condensats de première cellule (cas de salinité élevée) ou le rejet d'eau des bacs polluants.

Avec l'ancienneté des équipements de l'entreprise, L'alarme sonore est devenue inopérant et le contrôle devenu limitée aux indicateurs de la salle de contrôle, ou d'une façon manuelle ce qui influe sur la production qualitativement et quantitativement.

Une entreprise n'est majeure que si elle dispose d'un outil de production sain et opérationnel. Sans cela la gestion devient chaotique, la production aléatoire et les résultats peu satisfaisants.



A background image of an industrial facility, possibly a refinery or chemical plant, with various pipes, tanks, and structures. The image is heavily blurred and has a light blue color overlay. The text 'Conclusion Générale' is superimposed in the center in a large, bold, blue font with a white outline and a slight drop shadow.

# Conclusion Générale

## CONCLUSION GENERALE

---

**D**ans ce travail on a fait un diagnostic de tous les problèmes qui sont posés dans l'installation de production d'eau au niveau de l'unité centrale UII pendant la durée de stage.

Parmi les problèmes, on a remarqué que le problème qui influence la production (qualité et quantité d'eau produite) et donc sur l'économie de l'usine, c'est les caractéristiques de l'eau de mer ainsi que l'ancienneté des équipements de l'installation.

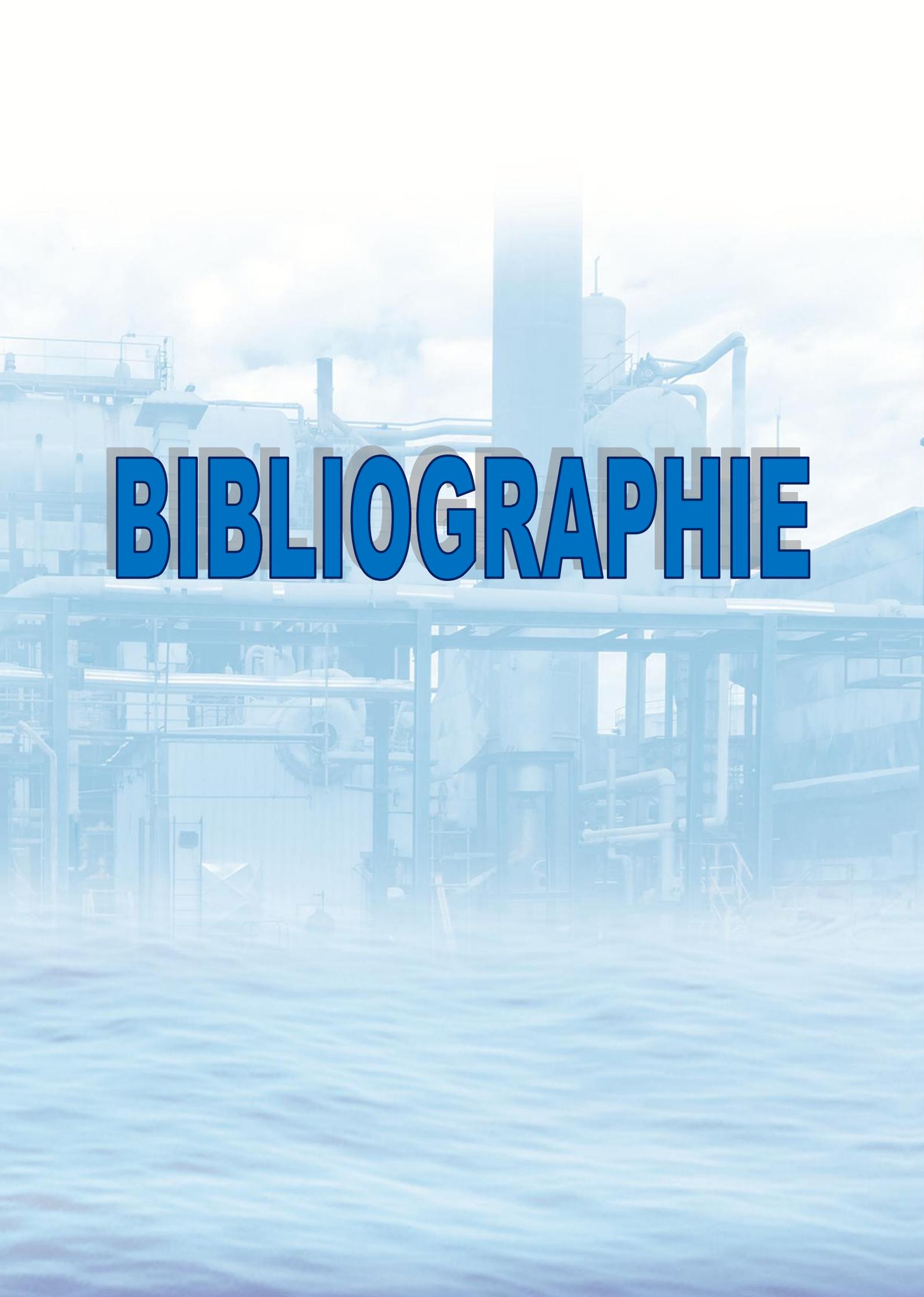
Dans le but de déterminer les causes de ces problèmes, on a fait la vérification des analyses des eaux produites par la section de dessalement de l'eau, la section de traitement de l'eau et la section de production de la vapeur.

A partir des résultats obtenus, on peut dire que le procédé de distillation a révélé ses limites, d'où le grand intérêt d'autres méthodes procédés à Multiple effet (MED), ce qui assure la qualité d'eau dessalée et pour améliorer la qualité d'eau déminérée on a proposé l'ajout d'une pompe doseuse automatique, qui permet d'optimiser la quantité des produits injectés.

L'amélioration des conditions de stockage des produits injectés au bac alimentaire de chaudière.

La proposition d'utilisation des appareils développés : Malette d'analyses MACHEREY-NAGEL permet de limiter les erreurs d'analyse et obtenir des résultats plus précis.





# BIBLIOGRAPHIE

**LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

[1]	BERRAF IBRQAHIM - RAMDANE ABDRAOUF. « Contrôle qualité de l'eau potable ». OUARGLA, Université KASDI MERBAH, 2021 / 2022.
[2]	Fertial News, Magazine édité par Fertial – N°9 – Octobre 2010.
[3]	<a href="http://maps.google.com/">http:// maps.google.com/</a>
[4]	Manuel Opérateur d'exploitation, Centrale II (211 6 212 EAU ) , Sonatrach Utilités – Annaba , Krebs 1980.
[5]	M. Metallaoui, Etude énergétique de la centrale thermique de FERTIAL ANNABA, UBMA, 2017.
[6]	N Amirat et S Laoubi, Etude de l'unité de dessalement de l'eau de mer d'Asmidal - Annaba-, Mémoire l'ingénieur d'état, université Badji Mokhtar – Annaba, 2004.
[7]	Amamra A. et Baouchami S, Etude et analyse de l'efficacité de l'opération de dessalement de l'eau de mer de la centrale Utilité II-FERTIAL, Mémoire Master,UBMA, 2021.
[8]	<a href="https://motilde.com/la-salle-de-contrôle-en-usine">https://motilde.com/ la salle de contrôle en usine</a>
[9]	Manuel dessalement d'eau de mer , C.U.II Asmidal , Krebs, Novembre1987.
[10]	Smathgontranessah, gestion de la maintenance du réchauffeur de gaz naturel. Promotion[2011/2012].
[11]	Ifp.Training (2005) Matériel thermique, Editionenspm formation industrie, 2005, pages 1-6.
[12]	<a href="https://dirensm.mines-aristech.fr/Sites/Thopt/fr/res/FicheGuideEjectairCPS_Sujet.pdf">https://dirensm.mines-aristech.fr/Sites/Thopt/fr/res/FicheGuideEjectairCPS_Sujet.pdf</a>
[13]	Banque Données Laboratoires – Fertial.
[14]	<a href="https://www.encyclopedie-energie.org/le-dessalement-deau-de-mer-et-des-eaux-saumatres/">https://www.encyclopedie-energie.org/le-dessalement-deau-de-mer-et-des-eaux-saumatres/</a>
[15]	Manuel d'opération et d'entretien Evaporateur 4T 5000 SIDEM – Fertial 09.07.90
[16]	MACHEREY-NAGEL, Analyses de l'eau, <a href="http://www.mn-net.com">www.mn-net.com</a> ,2021

The background of the image is a photograph of an industrial facility, possibly a refinery or chemical plant, with various pipes, tanks, and structures. The entire image is overlaid with a semi-transparent blue filter. The word "ANNEXES" is prominently displayed in the center in a bold, blue, sans-serif font with a white outline and a slight drop shadow.

# ANNEXES

## ANNEXE 1

## TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

PÉRIODE	GROUPE										NOM DE L'ÉLÉMENT																		
	IA	IIA		IIIA			IVA	VA	VIA	VIIA	VIII								IX	X	IB	II B	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	18	
1	1 H Hydrogène 1,01																								18 He Hélium 4,00				
2	3 Li Lithium 6,94	4 Be Béryllium 9,01																						5 B Bore 10,81	6 C Carbone 12,01	7 N Azote 14,01	8 O Oxygène 16,00	9 F Fluor 18,99	10 Ne Néon 20,18
3	11 Na Sodium 22,99	12 Mg Magnésium 24,31																						13 Al Aluminium 26,98	14 Si Silicium 28,09	15 P Phosphore 30,97	16 S Soufre 32,07	17 Cl Chlore 35,45	18 Ar Argon 39,95
4	19 K Potassium 39,10	20 Ca Calcium 40,08	21 Sc Scandium 44,96				22 Ti Titane 47,88	23 V Vanadium 50,94	24 Cr Chrome 52,00	25 Mn Manganèse 54,94	26 Fe Fer 55,85	27 Co Cobalt 58,93	28 Ni Nickel 58,71	29 Cu Cuivre 63,55	30 Zn Zinc 65,39	31 Ga Gallium 69,72	32 Ge Germanium 72,59	33 As Arsenic 74,92	34 Se Sélénium 78,96	35 Br Brome 79,90	36 Kr Krypton 83,80								
5	37 Rb Rubidium 85,47	38 Sr Strontium 87,62	39 Y Yttrium 88,91				40 Zr Zirconium 91,22	41 Nb Niobium 92,91	42 Mo Molybdène 95,94	43 Tc Technétium 98,91	44 Ru Ruthénium 101,07	45 Rh Rhodium 102,91	46 Pd Paladium 106,42	47 Ag Argent 107,87	48 Cd Cadmium 112,41	49 In Indium 114,82	50 Sn Étain 118,71	51 Sb Antimoine 121,75	52 Te Tellure 127,60	53 I Iode 126,90	54 Xe Xénon 131,30								
6	55 Cs Césium 132,91	56 Ba Baryum 137,33	57 La Lanthane 138,91				58 Ce Cérium 140,12	59 Pr Praseodyme 140,91	60 Nd Néodyme 144,24	61 Pm Prométhium (145)	62 Sm Samarium 150,36	63 Eu Europium 151,96	64 Gd Gadolinium 157,25	65 Tb Terbium 158,93	66 Dy Dysprosium 162,50	67 Ho Holmium 164,93	68 Er Erbium 167,26	69 Tm Thulium 168,93	70 Yb Ytterbium 173,05	71 Lu Lutécium 174,97									
7	87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89 Ac Actinium (227)				90 Th Thorium 232,04	91 Pa Protactinium 231,04	92 U Uranium 238,03	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Américium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkélium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendélévium (258)	102 No Nobélium (259)	103 Lr Lawrencium (262)									

Un élément chimique est une forme pure de matière qui ne peut être décomposée en aucune autre substance et qui conserve ses propriétés chimiques individuelles. Dans le tableau périodique des éléments, les éléments chimiques sont répertoriés en fonction de leur numéro atomique, allant de l'hydrogène (le plus léger) à l'oganèse (le plus lourd).

Il existe 118 éléments chimiques connus. Chaque élément joue un rôle différent dans la nature.

Le tableau périodique de Mendeleïev est organisé par ordre croissant de numéro atomique  $Z$ . Celui-ci représente le nombre de protons du noyau d'un atome : c'est un numéro d'identification unique et immuable de chaque élément.

Les éléments sont regroupés en colonnes, numérotées de 1 à 18, de gauche à droite. Les 18 colonnes du tableau périodique correspondent aux familles d'éléments chimiques. Au sein d'une même famille, les propriétés chimiques sont proches. Dans une même colonne, on retrouvera les éléments qui ont le même nombre d'électrons sur leur couche externe.

Enfin, le numéro atomique d'un élément est aussi déterminé en fonction de sa ligne dans le tableau, qui est appelée la période.

## ANNEXE 2

**\*L'eau de mer :** Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sel dissous (Chlorure, Sulfate, magnésium, et carbonates...). C'est ce qu'on appelle leur salinité.

La salinité de la plupart des eaux de mer varie **de 33000 à 37000 Mg/L**.

Les données du tableau n° (01) révèlent que la salinité de l'eau de mer n'est pas la même dans toutes les mers:

**Tableau n° 01 : Salinité des principales eaux de mer.[6]**

Mer ou Océan	Concentration (mg/l)	Mer ou Océan	Concentration (mg/l)
Mer rouge	43000	Océan Pacifique	33000
Golfe Arabique	43000	Mer Morte	26000
Mer Méditerranée	39400	Mer Ordinatique	25000
Océan Atlantique	36000	Mer Noir	13000
Océan Indien	33800	Mer Baltique	7000

**Tableau n° 02 : Composition moyenne d'un litre d'eau de mer**

NaCl	27,20 g
MgCl <sub>2</sub>	3,80 g
CaSO <sub>4</sub>	1,25 g
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,85 g
<b>Total</b>	<b>35 g</b>

Le **pH** moyen des eaux de mer varie entre **7.5** et **8.5**, l'eau de mer est un milieu légèrement Basique. [7]

## Caractérisation de l'eau :

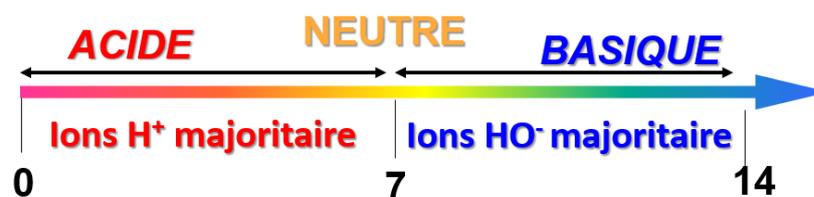
L'eau industrielle peut avoir plusieurs caractéristiques qui peuvent varier en fonction de son utilisation et de l'environnement dans lequel elle est utilisée. Certaines des caractéristiques les plus importantes de l'eau industrielle sont les suivantes :

\* **La dureté**, aussi appelée le titre hydrotimétrique (**TH**) dont l'origine dans l'eau douce est liée aux ions de calcium et au magnésium de ce fait on peut distinguer différents types de dureté : Dureté totale - Dureté calcique – Dureté magnésienne - Dureté permanente ou non carbonatée - Dureté temporaire ou carbonatée (3)

\* **La conductivité électrique** : La conductivité électrique de l'eau est un indicateur de la quantité de minéraux dissous dans l'eau. Elle peut également être utilisée pour surveiller la qualité de l'eau et détecter la présence de contaminants. L'unité de la conductivité est le micro-siemens par centimètre ( **$\mu\text{s/cm}$** ), Sa valeur varie en fonction de la température.

La conductivité est liée à la présence d'ions en solution. Elle augmente avec la température et la concentration en sels dissous (2)

\* **Le pH** : Le pH est un indicateur de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau. Un pH élevé ou bas peut affecter les propriétés chimiques et physiques de l'eau, ce qui peut avoir un impact sur les processus industriels. Le potentiel hydrogène plus connu sous le nom de pH est la valeur qui détermine si une substance est acide, neutre ou base, une solution est neutre lorsqu'il y'a autant de  $\text{H}_3\text{O}^+$  que de  $\text{OH}^-$ . (1)



\* **Les chlorures** : Les chlorures sont présents en concentration faible dans les eaux de surfaces, ceci peut être attribué à la dissolution de dépôt due :

- aux effluents de l'industrie chimique
- à l'exploitation des puits du pétrole
- aux rejets des égouts
- aux drainages d'irrigation, etc.(4)

\* **TA** : titre alcalimétrique correspond à la neutralisation des ions **CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>** et **HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** - en réagissant avec un acide fort. Avec : **TA = OH<sup>-</sup> + 1/2 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>**

\* **TAC** : titre alcalimétrique complet, égale à la somme de OH<sup>-</sup>, **CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>** et **HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**, ce titre correspond à la neutralisation de toutes ces formes par un acide fort.

Ces caractéristiques peuvent être surveillées et ajustées à l'aide de divers traitements de l'eau industrielle, tels que le traitement chimique, le traitement thermique et le traitement biologique.

### Caractérisation d'eau dessalée :

L'eau dessalée est de l'eau qui a subi un processus de dessalement pour éliminer les sels et les minéraux dissous. Les caractéristiques de l'eau dessalée dépendent du processus de dessalement utilisé.

Cependant, voici quelques caractéristiques générales de l'eau dessalée produite par les processus les plus couramment utilisés :

Eau distillée (Dessalée)		
Elément	ppm F°	F°
Ca <sup>+2</sup>	0,03	0,01
Mg <sup>+2</sup>	0,11	0,045
Na <sup>+</sup>	0,9	0,2
Fe <sup>+3</sup>	0,05	-
Cu <sup>+2</sup>	0,05	-
Cl <sup>-</sup>	1,63	0,23
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	0,23	0,025
TAC	-	-
SiO <sub>2</sub>	Trace	Trace
CO <sub>2</sub>	0,1	-
PH	6,2/8	-
Salinité total	3	-
T°	38/40°	-

## 2-caractéristiques de l'eau déminérée :

L'eau déminéralisée est de l'eau qui a été traitée pour enlever les minéraux et autres substances qui y sont dissoutes. Voici quelques-unes des caractéristiques de l'eau déminéralisée :

Caractéristiques	Caractéristiques de l'eau traitée
pH à 25 °C	7 à 7,5
Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C	0,2 (max)
Dureté en ppm de $\text{CaCO}_3$	0,5 (max)
Silice en ppm $\text{SiO}_2$	0,02 (max)
Fer total en ppm Fe	0,05 (max)
Chlorure en ppm	0,5 (max)
Cuivre en ppm Cu	0,01 (max)
Oxygène en ppm $\text{O}_2$	1,5 maximum saturation
$\text{CO}_2$ en ppm	2 (max)
matière en suspension	0
substances organiques	0

## 3- Caractéristiques d'eau de chaudière

L'eau de chaudière est de l'eau qui est utilisée dans les chaudières industrielles pour produire de la vapeur ou pour le chauffage. Voici quelques-unes des caractéristiques importantes de l'eau de chaudière :

Elle doit être traitée pour éviter l'entartrage : l'eau de chaudière contient des minéraux tels que le calcium et le magnésium qui peuvent se déposer sur les surfaces de la chaudière et réduire son efficacité. Elle doit donc être traitée pour éviter l'entartrage.

**Elle doit avoir un pH neutre :** l'eau de chaudière doit avoir un pH compris entre **7** et **9** pour éviter la corrosion des tuyaux et autres équipements de la chaudière.

Elle doit être déminéralisée : l'eau de chaudière doit être déminéralisée pour enlever les ions qui peuvent contribuer à la corrosion ou à l'entartrage.

**Elle doit être purifiée :** l'eau de chaudière doit être purifiée pour enlever les contaminants tels que les bactéries, les virus et les particules en suspension.

**Elle doit être oxygénée :** l'eau de chaudière doit être oxygénée pour prévenir la corrosion des tuyaux et des autres équipements.

**Elle doit être surchauffée :** l'eau de chaudière doit être surchauffée pour produire de la vapeur à haute pression pour les applications industrielles.

Il est important de noter que l'eau de chaudière est destinée à des applications industrielles et ne doit pas être utilisée pour la consommation humaine. De plus, le traitement de l'eau de chaudière est une opération complexe qui nécessite une expertise technique pour garantir la sécurité et l'efficacité du système de chaudière.

L'eau de retour de condensat est l'eau qui se forme lorsque la vapeur d'eau se condense dans un système de chauffage ou de refroidissement et retourne au réservoir ou à la chaudière pour être réutilisée. Voici quelques-unes des caractéristiques de l'eau de retour de condensat :

**Pureté :** L'eau de retour de condensat est relativement pure car elle provient de la condensation de la vapeur d'eau, ce qui signifie qu'elle ne contient généralement pas de contaminants.

**Température :** L'eau de retour de condensat est à une température relativement élevée, car elle est déjà préchauffée par la chaleur du système de chauffage ou de refroidissement.

**pH :** Le pH de l'eau de retour de condensat peut être légèrement acide en raison de la formation d'acide carbonique à partir du dioxyde de carbone dans l'air.

**Conductivité :** La conductivité de l'eau de retour de condensat peut être relativement faible, car elle ne contient pas de sels dissous ou d'autres substances conductrices.

**Dureté :** L'eau de retour de condensat peut avoir une dureté relativement faible car elle ne contient pas de minéraux dissous ou d'autres substances qui contribuent à la dureté de l'eau.

Il est important de prendre en compte les caractéristiques de l'eau de retour de condensat lors de sa récupération et de son utilisation pour éviter tout problème potentiel avec le système de chauffage ou de refroidissement.

# ANNEXE 3

## Service Contrôle Qualité (Laboratoires)

### Prélèvement d'échantillons

#### \* Cadence de prélèvement :

Pendant la période de notre stage au niveau de la centrale utilité II, nous avons effectué des analyses physico-chimiques de l'eau d'alimentation, la cadence de prélèvement se fait chaque jour quatre fois. Notre analyse se fait à 8.30 (heure sélectionnée par l'opérateur de l'unité).

#### \* Site de prélèvement :

On prélève les échantillons à partir des vannes, mis dans une bouteille de plastique bien bouchonnée selon les directives des opérateurs de l'unité. Les analyses sont réalisées au niveau du laboratoire situé au nord du complexe FERTIAL.

**Tableau (3) : Paramètres physico-chimiques étudiés et méthodes de mesure.(9)**

Paramètre	Unité	Méthode	Instrument	Normes des analyses
pH	-	Electrochimique	-	NF T90-008
Ta	F	Volumétrique: titrage acide jusqu'à pH 8.3	-	NF T90-036
Tac	F	Volumétrique: titrage acide jusqu'à pH -4.3	-	NF T90-036
Th	F	Volumétrique : compléxométrie avec l'EDTA et le noire eriochrome T	-	NF T90-003

### Les analyses des eaux (Unité Centrale UII) :

Les analyses sont spécialement des éléments suivants :

PH, TH, TA, TAC, Cl<sup>-</sup>, NaOH, Phosphates et Silices

**a) pH :** au cours du stage, et au service contrôle qualité, la mesure de pH se fait par la méthode suivante :

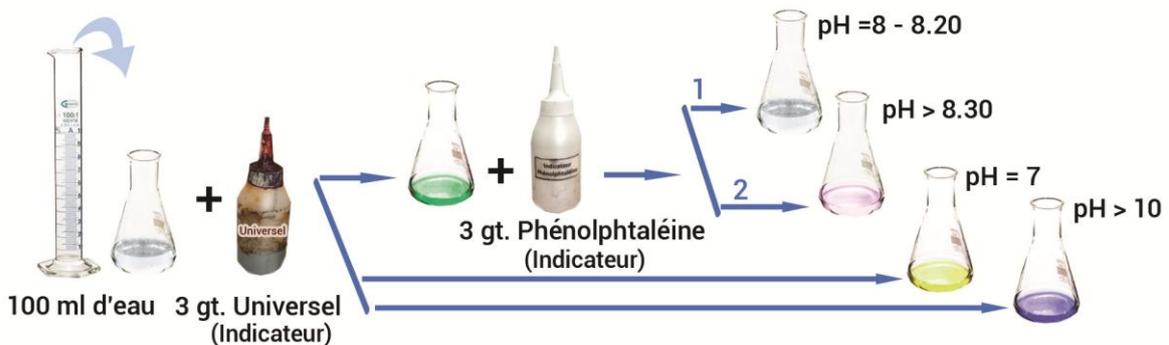
Après le rinçage du matériel, on mesure 100 ml d'eau à analyser dans un erlen de 250 ml, ajouter 3 gouttes de l'indicateur universel

Si la couleur est **verte** ----- le pH est environ de valeur **8** on ajoutant 3 gouttes de Phénolphtaléine

Si la couleur est **rose claire**---- le **pH > 8.30** et il ya quelque traces de carbonate

Sinon si la solution est **incolor** ----- le **pH est de 8 à 8.30**

Pour les milieux acides et basiques on a indiquée la variation du pH (voir Annexe n°)



**Figure(1) : La détermination du pH par les indicateurs**

**b) Détermination du Conductivité**

Au niveau de service contrôle Fertial, la conductivité se mesurer directement par un conductimètre,

Mode Opérateur : dans un récipient adéquat, verser un échantillon d'eau

Plonger les électrodes, lire la valeur de la conductivité en ( $\mu$ s) lorsque la valeur affichée est stable

Faire plusieurs mesures sur des échantillons différents, en rinçant la sonde par de l'eau distillée après chaque mesure.



**Figure (2) : Conductimètre**

**c) TH :** la détermination du titre hydrométrique total se fait par la méthode suivante :

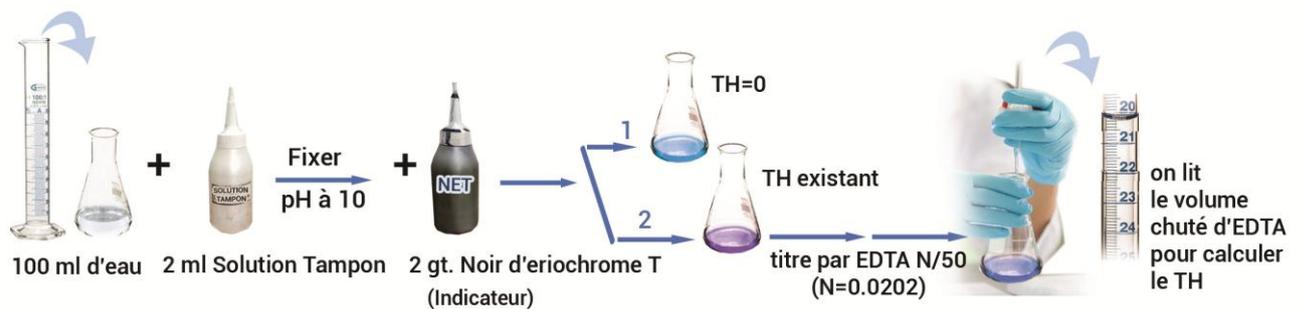
Pipeter 100 ml d'eau à analyser dans un erlèn de 250 ml, ajouter 2 ml de tampon K 10 et 2 gouttes d'indicateur noir eniochrome T (NET) Verser goutte à goutte la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge vineux au bleu franc Sort V le volume chuté d'EDTA

**Calcul**

$$V_{EDTA} \times N_{EDTA} \times E_{CaCO_3} \times 10^6 / 1000 \times 100ml = \text{mg CaCO}_3/\text{litre}$$

Le degré français correspond à 10.0 mg/l de carbonate de calcium

$$V_{EDTA} \times N_{EDTA} \times E_{CaCO_3} \times 10^5 / 1000 \times 100ml = \text{°F en CaCO}_3$$



Figure(3) : Détermination du TH (Titre Hydrométrique)

#### d) TA et TAC

**- Dosage du TA : Principe :** En ajoutant un acide fort dans l'eau à analyser, les hydrates alcalins en solution sont neutralisés, et les carbonates alcalins et alcalino-terreux sont transformés en bicarbonates. La fin de la réaction, est repérée par décoloration de la phénolphthaléine d'un pH de 8,3 qui correspond à un début de décomposition des bicarbonates.

**Matériel :** burette graduée – erlen de 250ml

**Réactifs :** Acide nitrique N/50. (Ou Acide chlorhydrique N/50)- Phénolphthaléine

**Mode opératoire :** Remplir la burette avec un acide nitrique N/50 (Ou HCl N/50) jusqu'au trait zéro. Dans 100 ml d'eau à analyser, verser 3 gouttes de phénolphthaléine puis, à l'aide la burette qui contient de l'acide nitrique N/50 ajouté goutte à goutte, jusqu'au virage du rose à l'incolore. On lit directement sur la burette le titre alcalimétrique simple TA exprimé en degrés français, Si la solution reste incolore après addition de la phénolphthaléine, le TA est égal à zéro c'est le cas général pour les eaux naturelles dont **le pH est à 8.3**.

#### Calcul

$$TA \text{ } ^\circ F = A \times N \times EG \times 10^5 \text{ Exprimé en CaCO}_3$$

**A:** volume chuté Acide nitrique N/50 (Ou Acide chlorhydrique N/50)

**N:** Normalité de Acide nitrique N/50 (Ou Acide chlorhydrique N/50)

**P:** Prise d'essais (100 ml).

**EG:** Equivalent gramme de  $\text{CaCO}_3 = (50 \text{ g})$ .

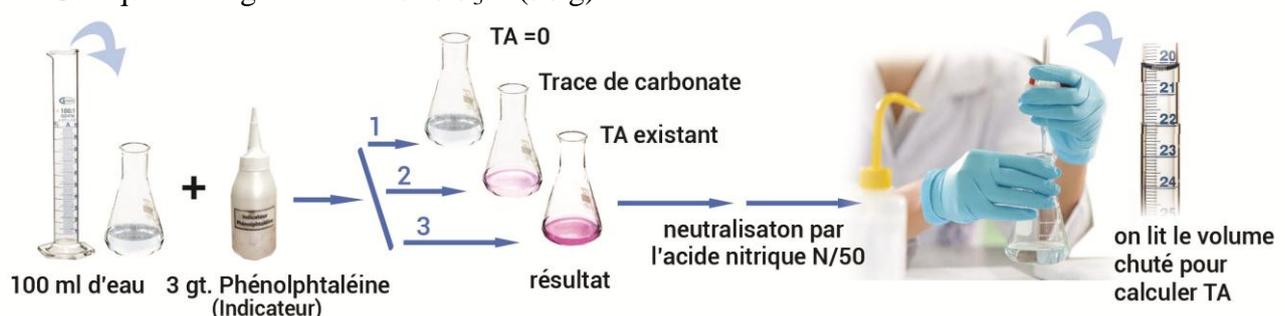


Figure (4) : Détermination du TA (Titre Alcalimétrique)

**- Dosage du Titre Alcalimétrique Complet (TAC)**

**Principe :** La totalité des hydrates, phosphates, carbonates et bicarbonates alcalins et alcalino-terreux en solution dans l'eau est neutralisée par un acide fort. La fin de la réaction, est repérée par le virage de l'hélianthine du jaune à l'orange avec un pH de 4,5, qui correspond à l'apparition d'une trace d'acide fort libre dans la solution.

**Matériel :** Burette graduée - Erlen de 250 ml

**Réactifs :** Hélianthine (Méthylorange) - Acide nitrique ou chlorhydrique N/50.

**Mode Opératoire :** Remplir la burette avec la solution titrant  $\text{HNO}_3$  ou  $\text{HCl}$  jusqu'au trait de repère. Dans 100 ml d'eau à analyser, verser 3 gouttes d'hélianthine, et titré goutte à goutte par l'acide nitrique N/50 jusqu'au virage du jaune à l'orange.

On lit directement sur la burette, le titre alcalimétrique complet TAC exprimé en degrés français.

Si Lorsque le TA est mesuré on note le volume et en poursuivant le dosage sans remplir la burette pour neutralisation complète en présence d'un indicateur méthylorange

Le TAC se lit directement sur la burette au moment du nouveau virage.

**Calcul**

$$\text{TAC } ^\circ\text{F (Exprimé en CaCO}_3) = A_x N_x 50 \times 10^5 / 1000 \times P_e$$

**A:** Volume chuté d'acide Nitrique. **N:** normalité de  $\text{HNO}_3$  N/50 et **Pe :** Prise d'essai.



Figure (5) : Détermination du TAC (Titre Alcalimétrique complet)

**e) Détermination du Chlorures :**

\* **Méthode de Mohr :** Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution de nitrate d'argent en présence de Chromate de potassium.

La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de teinte rouge de chromate d'argent

## ANNAXES

Après précipitation du Le nitrate d'argent l'apparition de la teinte rouge brique de chromate d'argent indique la fin de la réaction.

Le dosage des chlorures s'effectue sur les échantillons d'eau après la détermination du TA et TAC.



$$\text{Cl}^- (\text{ppm}) = (V1-V2)_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times 35,5 \times 1000 / V_e$$

### \* Par L'indicateur Diphenylcarbazone :

Solution fraîchement préparée, à 5g au litre dans l'éthanol à 96°

**Matériel :** Burette graduée - Erlen de 250 ml

**Réactifs :** Diphenylcarbazone – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (N 0.50) – Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> N/80 (N 0.0127)

**Mode Opératoire :** Remplir la burette avec la solution Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> N/80 (N 0.0127) jusqu'au trait de repère.

On prélève 100 ml d'eau à analyser dans un erlen de 250ml, on ajoute 10 gouttes de Diphenylcarbazone, on ajoute à la burette H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (N 0.50) jusqu'à ce que l'indicateur commence à virer au jaune on ajout en plus 1ml en excès.

On titre par Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> N/80 (N 0.0127) jusqu'au début de virage violet, on note le volume de l'Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

### Calcul

$$\text{Cl}^- \text{ en (ppm)} = A \times N \times 35.5 \times 1000 / V$$

**A:** Volume chuté H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. **N:** normalité de Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> et **V :** volume d'eau à analyser.



Figure (6) : Détermination du Chlorure dans l'eau

### f) Détermination du NaOH :

Le passage des quantités de NaOH dans l'eau traité, peut causer des problèmes au niveau de la chaudière

**Matériel :** Burette graduée - Erlen de 250 ml – plaque chauffante

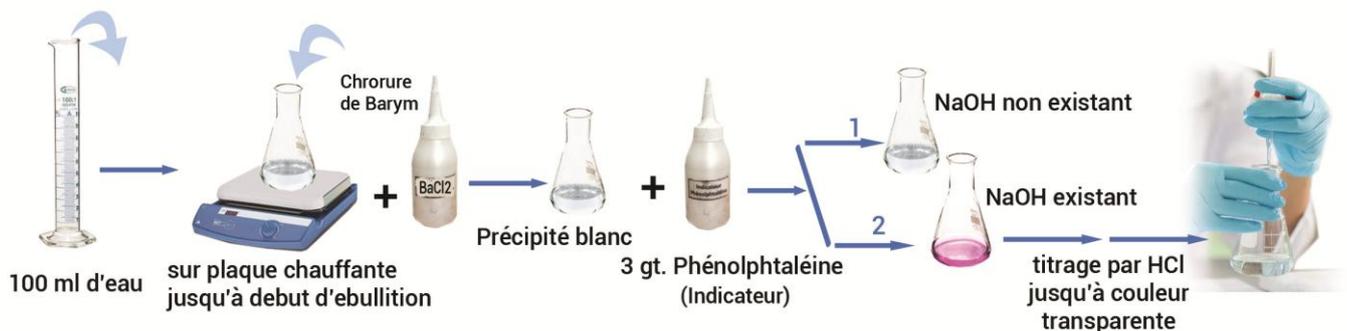
**Réactifs :** 10 ml de Chlorure de Baryum (Ba(Cl)<sub>2</sub>) – Phénolphtaléine – HCl

**Mode Opérateur :** on chauffe 100ml d'eau dans un erlen de 250 ml sur une plaque chauffante, au début d'ébullition on ajoute 10ml de chlorure de Baryum, après avoir une précipitation blanche, on ajoute 3 gouttes de Phénolphtaléine, si la solution reste incolore les ions NaOH n'existe pas, sinon si la couleur varie vers le rose, on titre par HCl jusqu'à la couleur devienne transparente. On lit le volume chuté directement

**Calcul :**

$$\text{NaOH } ^\circ\text{F (ppm)} = A_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} \times 35.5 \times 1000 / V$$

**A:** Volume chuté HCl. **N:** normalité de HCl et **V :** volume d'eau à analyser. [10]



**Figure (7) : Détermination du NaOH dans l'eau**

### **g) Détermination du Phosphates dans l'eau :**

Cette méthode est basée sur la mesure spectrophotométrie de couleur jaune, développée par l'acide vanadomolybdique. La densité optique est proportionnelle à la concentration d'ions orthophosphoriques précis dans l'échantillon.

**Mode opératoire :**

- 1) Transvaser 50ml de l'échantillon à analyser (bien filtrer à l'avance) dans un erlen de 100ml. L'échantillon contient plus de 25mg/l de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , on procède à une dilution intermédiaire en complétant à 50ml.
- 2) Ajouter 25ml de solution vanadomolybdique. Bien mélanger et laisser reposer 2mn, puis Effectuer la mesure au colorimètre à une longueur d'onde de **400nm**.

**Calcul**

$$\text{P}_2\text{O}_5(\text{mg/l}) = C \times 50/S$$

**C** = mg/l  $\text{P}_2\text{O}_5$  lu sur la courbe

**S** = volume de la prise d'essai.

### **h) Détermination du Silice dans l'eau :**

On utilise la méthode spectrophotométrie pour la silice soluble dans l'eau.

En présence d'un agent réducteur le sulfate de sodium, la silice réagit avec l'ion molybdate pour donner un complexe de **couleur bleu** qui n'est pas influencé par la présence de l'ion phosphate.

**Réactifs :** Molybdate d'ammonium 10%  $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - Sulfite de sodium 17%  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  - HCl2%: 1 volume d'acide plus 49 volume d'eau- Solution 2talon: 1ml =1mg de  $\text{SiO}_2$   
– Dissoudre 4.7320 grs de  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dans un litre d'eau distillée

**Mode Opérateur :** (courbe d'étalonnage)

Dans une série de fioles de 250ml introduire 0-0,5-1-2,5-5-7,5-10-12,5 ml de la solution mère (1 ml=1mg  $\text{SiO}_2$ ) jauger au trait de jauge.

Dans des fioles de 50ml, prélever de chaque fiole 10ml Ajouter 5ml HCl puis 5ml de Molybdate d'ammonium, agiter puis laisser reposer environ une minute.

Ajouter ensuite 10ml de sulfite de sodium, agiter et laisser reposer environ cinq minutes.

Passer au spectrophotomètre à une longueur d'onde de **815nm**.

### Calcul

$$\text{SiO}_2(\text{PPM}) = \Delta \times L \times 10 / \text{Pe}$$

**A:** pente **L:** densité optique **Pe:** prise d'essai



**Figure (8) : a gauche photo de l'appareil spectrophotomètre et a droite installation pour la préparation des solutions pour le mesure de Phosphates et Silices**

# ANNEXE 4

\* Feuille d'analyses suivi quotidien de l'eau (Unité centrale UII)

**FERTIAL**  
Les Fertilisants d'Algérie

**DIRECTION TECHNIQUE  
STRUCTURE CONTRÔLE QUALITÉ & ENVIRONNEMENT  
SERVICE LABORATOIRE**

Date .....

## Analyse des Eaux UNITÉ CENTRALE II

	pH	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)	TAF (°F)	SAF (°F)	CL (mg/l)	SIO2 (mg/l)	P205 (mg/l)	NaOH (mg/l)	NH3 (mg/l)	Cond µs/cm
S.CH A												
S.CH B												
Eau Déminé 1												
Eau Déminé 2												
Eau Aliment R.C												
Chaud A												
Chaud B												
BAC A												
BAC B												
AERO												
Sidem A												
Sidem B												
Cond. S A												
Cond. S B												

Validation Chef De Quart :

FERTIAL SPA



-Siège social Route des  
salines BP : 3088-23000  
Annaba - Algérie  
NIF: 000123036322209  
RC: 0363222 B01

Tél +213 (0) 38 594048  
Fax +213 (0) 38 594071  
E-mail : contact@fertial-dz.com

www.fertial-dz.com

## ANNEXE 5

### Composants eaux de chaudières en fonction de la pression

En règle générale les composants de l'eau de chaudières en fonction de la pression sont donnés par le tableau : (PROTEC TRAITEMENT DES EAUX)

**Chaudières à tubes d'eaux jusqu'à 100 bars alimentées en eauxdéméralisée**

Pression de service	40 à 60 bars	60 à 75 bars	74 à 100 bars
<b>Eau d'alimentation</b> (eau d'appoint traitée+retours condensats)			
<b>pH</b>	<b>&gt; 8,4</b>	<b>&gt;8,4</b>	<b>&gt;8,4</b>
<b>TH(°F)</b>	<b>&lt;0,05</b>	<b>&lt;0 ,05</b>	<b>&lt;0,05</b>
<b>O<sub>2</sub></b>	Elimination physique de l'oxygène dissous par dégazage thermique efficace (O <sub>2</sub> <0,02 mg /l) et utilisation de réactifs réducteurs ou inhibiteurs de corrosion		
<b>Matières huileuses</b>	<b>0,05 mg/l</b>		
<b>Fer total en mg/l</b>	<b>&lt;0,05</b>	<b>&lt;0,05</b>	<b>&lt;0,03</b>
<b>Cuivre total en mg/l</b>	<b>&lt;0,03</b>	<b>&lt;0,03</b>	<b>&lt;0,01</b>
<b>Eau de chaudière</b>			
<b>TAC(°F)</b>	<b>≤15</b>	<b>≤10</b>	<b>≤5</b>
<b>TA</b>	<b>TA ≥ 0,5 TAC impératif</b>		
<b>SiO<sub>2</sub> en mg/l</b>	<b>≤ 15</b>	<b>≤ 10</b>	<b>≤ 5</b>
<b>Rapport SiO<sub>2</sub>/TAC</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>
<b>pH</b>	<b>10 à 11</b>	<b>10 à 11</b>	<b>9,5 à 10,5</b>
<b>Salinité totale en mg/l</b>	<b>&lt; 500</b>	<b>&lt; 300</b>	<b>&lt; 100</b>
<b>Phosphates en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>10 à 50</b>	<b>10 à 35</b>	<b>5 à 15</b>
<b>NaOH libre en mg/l</b>	<b>&lt; 20</b>	<b>&lt; 10</b>	<b>&lt; 5</b>

## ANNEXE 6

## \* APPAREIL DE MESURE DIRECTE LES ANALYSES [16]

PF-12<sup>Plus</sup>**Sûreté**

- Manipulation simple pour des résultats précis
- Enregistrement conforme aux BPL de toutes les valeurs mesurées
- Transfert et sauvegarde simples des données

**Mobilité**

- Alimentation flexible par batteries standards ou rechargeables
- Ecran graphique rétro-éclairé pour une bonne visibilité même dans la pénombre
- Robuste et étanche à l'eau

**Polyvalence**

- Evaluation des tests *NANOCOLOR*<sup>®</sup> et *VISOCOLOR*<sup>®</sup>
- Mesure de la turbidité néphélométrique et NTU-CHECK
- Utilisable dans tous les domaines d'analyse de l'eau



## Caractéristiques techniques

PF-12 <sup>Plus</sup>	
Type	Photomètre à filtres avec commande par microprocesseur, autotest et calibration automatique
Système optique	Support de filtres avec 7 filtres interférentiels à sélection automatique, modèle ouvert pour des mesures rapides (lumière sans influence)
Longueurs d'onde	345 nm / 436 nm / 470 nm / 540 nm / 585 nm / 620 nm / 690 nm plus 1 logement pour un filtre supplémentaire ; LED 860 nm pour mesure NTU
Précision de la longueur d'onde	± 2 nm, largeur à mi-hauteur 10–12 nm
Source de lumière	Lampe xénon à haute pression
Détecteur	Photodiode au silicium
Mise à zéro	Automatique
Modes de mesure	Plus de 100 tests préprogrammés et méthodes personnelles, absorbance, transmission, facteur, standard, mesure de la turbidité néphélométrique ; 50 méthodes programmables librement
Mesure de la turbidité	Mesure de la turbidité néphélométrique (selon ISO 7027, 16 mm) 1–1000 NTU Précision 1 NTU: 0–1 NTU, 4 NTU: 3–5 NTU, 100 NTU: 90–110 NTU, 400 NTU: 360–440 NTU
Tests exploitables	Tests <i>VISOCOLOR</i> <sup>®</sup> <i>ECO</i> (voir page 78), tests <i>VISOCOLOR</i> <sup>®</sup> <i>Powder Pillows</i> (voir page 84), tests <i>NANOCOLOR</i> <sup>®</sup> <i>ECO</i> (voir page 104), tests en cuves rondes <i>NANOCOLOR</i> <sup>®</sup> (voir page 90)
Domaine photométrique	± 3 E
Exactitude photométrique	± 1 %
Stabilité à long terme	< 0,002 E/h
Support de cuve	Cuves rondes, diamètre extérieur 16 mm
Mémoire	1000 valeurs de mesure, conformes aux BPL
Ecran	Ecran graphique rétro-éclairé, 128 x 64 pixels. Toutes les données essentielles en un coup d'œil : résultat et unité de mesure, date, heure, numéro d'échantillon, lieu d'essai, dilution, barres pour le domaine de mesure
Fonction d'extinction automatique	Désactivée ou extinction automatique après 5 min, 10 min, 15 min, 20 min, 60 min
Contrôle de qualité	Avec <i>NANOCONTROL</i> <i>NANOCHECK</i> 2.0
Fonctionnalités	Menu intuitif, clavier à effleurement, sélection des tests via la liste des paramètres
Interface	USB 2.0
Langues	DE/EN/FR/ES/IT/NL/HU/PL/PT/CZ/ID/SL/TR/MY
Mise à jour	Gratuite via Internet/PC
Domaine de fonctionnement	10 °C–40 °C, humidité relative max. 80 % (sans condensation)
Alimentation électrique	Par bloc d'alimentation USB, batteries standards/rechargeables ou pack d'accus
Boîtier	Résistant aux chocs, étanche à l'eau et à la poussière, certifié IP 68
Dimensions	215 mm x 100 mm x 65 mm
Poids	0,7 kg
Garantie	2 ans
CE	Certifié CE

## PF-3

### Photomètre compact pour l'analyse de l'eau sur le terrain

Le photomètre compact PF-3 est le plus petit membre de la famille des photomètres MACHEREY-NAGEL. Il complète parfaitement cette famille de produits et s'insère dans notre tradition de fiabilité, de facilité d'utilisation et d'innovation. Chacune équipée de trois LED et de filtres interférentiels, les différentes versions du PF-3 sont parfaitement adaptées aux exigences spéciales des divers domaines d'utilisation. Associé aux tests éprouvés *VISOCOLOR® ECO* et aux tests en cuves rondes de grande qualité *NANOCOLOR®* proposés par MACHEREY-NAGEL, le PF-3 convient parfaitement pour les analyses sur place, directement sur le lieu de prélèvement de l'échantillon. Le photomètre peut être livré au choix dans une mallette pratique contenant déjà des kits de test, dans un carton ou dans une mallette vide que vous pourrez remplir avec les tests *VISOCOLOR® ECO* de votre choix.

#### Ultra compact, puissant, intelligent

Sa forme compacte et sa maniabilité font de ce poids plume le compagnon idéal pour une analyse sur le terrain. Il est possible d'obtenir des résultats de mesure très rapidement grâce à sa facilité d'utilisation. Comme pour tous les appareils MACHEREY-NAGEL, la précision de mesure s'accompagne d'une simplicité d'utilisation grâce à des menus très clairs. Avec son système à seulement quatre touches et ses icônes contextuelles apparaissant à l'écran, l'appareil est très simple à utiliser, sans problème de langue.

#### Résultats rapides et fiables

La partie essentielle du PF-3 est un système optique de grande qualité avec des LED spécialement sélectionnées et des filtres interférentiels. La technologie unique à « open slot » (sans couvercle) permet de réaliser la mesure sans recouvrir le logement pour cuve, ce qui souligne la grande technicité de l'appareil. L'utilisateur dispose ainsi d'un appareil facile et rapide à utiliser, offrant des résultats très fiables. Pour pouvoir travailler de manière encore plus confortable, MACHEREY-NAGEL vous propose un logiciel PC gratuit qui permet de gérer les données de manière pratique, simple et efficace. En outre, le système garantit une gestion sécurisée des données.

#### Toujours prêt

L'utilisateur appréciera particulièrement les multiples possibilités d'alimentation qui permettent une mesure fiable dans toutes les situations. L'appareil peut être alimenté par des batteries et des accumulateurs, mais aussi directement par câble USB.

#### Bon à savoir

Le photomètre PF-3 est proposé avec différentes variantes de mallettes qui vous permettent de composer une palette de kits de test personnalisée. Pour obtenir une vue d'ensemble des mallettes disponibles, voir page 158.

#### Bon à savoir

Pour obtenir une vue d'ensemble des tests *VISOCOLOR® ECO* et *NANOCOLOR®* exploitables sur le PF-3, voir page 78 ou page 90.

### Comment ça marche ?

#### Détermination photométrique sur le PF-3



