

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

UNIVERSITE 20 AOÛT 1955 SIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



# Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

## Master

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Ingénierie & Gestion de l'Eau

Etude de la qualité physico-chimique  
de l'eau de chaudière au niveau  
raffinerie Skikda RA1K

Soutenu le 25/06/2023

Réalisé par :

- BOUCHARÉB Fatima
- CHEKKAT Zineb
- LEKOUÏ Kamar

Encadré par :

Dr. BOUGDAH Nabil  
Dr. DAMOUS Maamar

Année Universitaire 2022- 2023

## Remerciements

Je suis arrivé au bout de ce travail qui est le résultat d'un  
Cheminement de tout un parcours pédagogique qui a duré ces cinq  
Dernières années dans l'enseignement supérieur.

Je remercie d'abord ALLAH le tous puissant de m'avoir donné la  
Force, la patience et la volonté pendant Ce projet

Toute ma gratitude va à mon encadreur

Dr.Nabil. Bougdah et Dr.DAMOUS Maamar,

pour leurs précieux conseils, leur aide, leur orientations

Et leur encouragements durant toute la période du travail de recherche

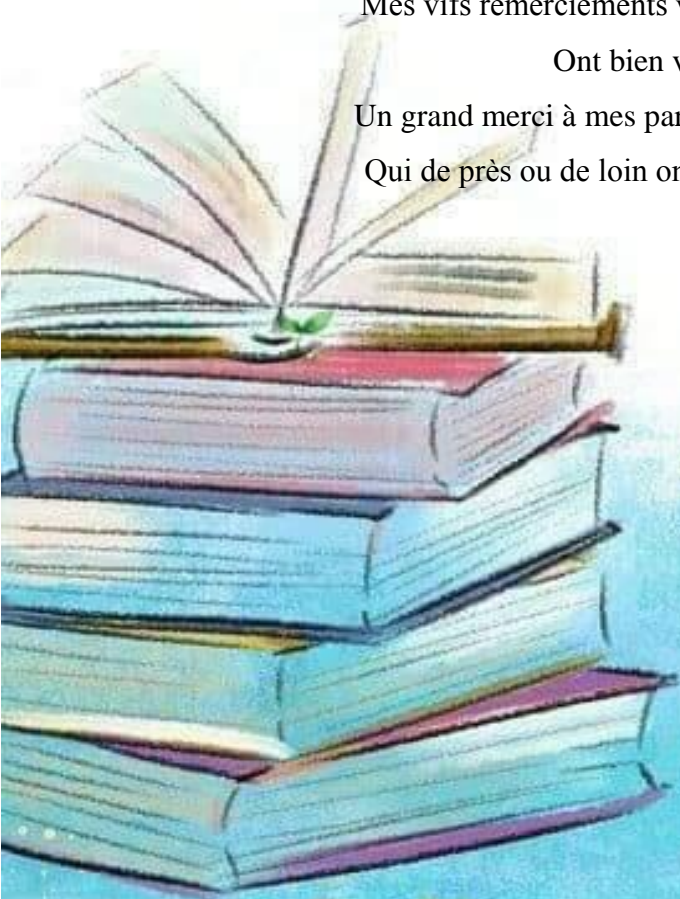
Et d'expérimentation.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les employés du complexe  
de Sonatrach, plus précisément à l'unité de production d'énergie électrique  
(CTE2), en particulier le chef de la régie, Al-Antari Muhammad, et l'ensemble  
de son personnel ,qui ne nous a lésiné sur aucune informations utiles à notre projet.

J'adresse mes chaleureux remerciements à tous les professeurs  
duDépartement de genie des procédés de l'université 20 Août 1955 de Skikda  
Pour les connaissances acquises, et les conseils prodigués auCours  
de ces années.

Mes vifs remerciements vont à l'ensemble des membres du jury qui  
Ont bien voulu examiner mon travail.

Un grand merci à mes parents et tous ceux qui ne sont pas cités ici et  
Qui de près ou de loin ont contribué à l'aboutissement de ce projet.



## Dédicace

Je dédie ce diplôme:

À qui Dieu a confié avec dignité, et je porte son nom avec fierté, et il a été mon soutien dans cette vie, et il a été avec moi à chaque pas que j'ai fait, mon cher père, que Dieu le protège pour nous et prolonge sa vie.

A ma bien-aimée, ma joue, et la dame des femmes dont les prières m'ont soutenu et m'ont appris la patience et la détermination, ma tendre mère, que Dieu la protège pour nous et prolonge sa vie.

A mon soutien et à la force sur laquelle je me suis toujours appuyé, mes frères Khaled djahid Younes Nouh Khairuddin ont toujours été l'ombre de cette réussite.

À mes sœurs, Shahra zad Faiza Fatima, mon âme sœur et mes compagnes sur mon chemin, dans les yeux desquelles je vois l'optimisme et le bonheur dans leurs rires, et qui m'ont couru et soutenu l'une après l'autre.

Aux amis des situations avec qui vous avez réuni les plus beaux jours et les plus beaux souvenirs, et aux compagnons de route qui m'ont accompagné tout au long de mon parcours éducatif, chacun en son nom et sa fonction, et je dédie une mention à Soumaia et Imane.

À tous ceux qui m'ont conseillé et encouragé à terminer ce travail, même avec un mot gentil et motivant, que Dieu vous récompense de tout le meilleur.

**Lekoui Kamer**

## Dédicace

Ce qui était le rêve d'hier s'est réalisé. O Dieu, que tu sois loué jusqu'à ce que tu sois satisfait, et que tu sois loué si tu es satisfait, et que tu sois loué après que tu es satisfait, car tu m'as permis d'accomplir ce travail.

Et maintenant je dédie cet humble travail :

A mon soutien et modèle dans la vie, que je chéris parce que je porte son nom « mon cher, cher père », l'homme qui n'a ménagé aucun effort pour nous rendre heureux, et que je suis ici aujourd'hui grâce à mon père après Dieu Tout-Puissant. Dieu vous bénisse pour nous.

A la maison de mes secrets, le secret de mon existence et de mon succès. Ma chère, chère mère. Un grand honneur pour elle, car elle a enduré et a été patiente avec nous, ne s'est jamais fâchée et s'est souciée de notre confort. Je suis très fière que tu sois ma mère. Dieu vous bénisse pour nous

À mes frères, Rachid et Ahmed et mes sœurs, Warda, Fatiha et Mounira, merci et appréciation à vous, parce que vous ne m'avez pas épargné tout ce que je voulais, tout l'amour est lié à vous.

A tous mes amis et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémorandum, que ce soit par une idée, une information, un conseil ou même une supplication, merci et respect à vous, et que Dieu vous récompense par une bonne.

**Bouchareb Fatima**



## Dédicace

A celle que je préfère à moi-même, et pourquoi pas, elle s'est sacrifiée pour moi, et n'a ménagé aucun effort pour toujours me rendre heureuse (ma mère adorée).

Nous marchons sur les chemins de la vie, et ceux qui contrôlent nos esprits restent sur chaque chemin que nous empruntons.

Il avait un visage gentil et de bonnes actions, et il ne m'a pas retenu toute sa vie (mon cher père).

À mes frères Ayoub et Abd al-Rahman et mon fiancé chouaib qui m'ont soutenu et m'ont aidé avec tout ce qu'ils avaient et de bien des façons.

Je n'oublie pas non plus notre estimé professeur, Nabil Bouddah, qui nous a supervisés, qui a eu le plus grand rôle en nous soutenant et en nous fournissant des informations précieuses.

Je vous présente cette recherche, et j'espère qu'elle sera à votre satisfaction.

**Chekkat Zaineb**

### Résumé

L'objectif principal de cette étude est de surveiller et de suivre la qualité de l'eau de chaudière dans le complexe pétrochimique de Skikda, plus précisément dans l'unité de puissance électrique (CTE 2).

Cela se fait en étudiant les paramètres physiques et chimiques de cette eau, qui sont représentés en pH, TA, TAC, TH, conductivités, fer, phosphate, chlore et silice.

Après les analyses menées au niveau du laboratoire de la raffinerie de Skikda, nous avons constaté que tous les paramètres étaient dans les normes recommandées par les fabricants, sauf pour le pH et le fer n'étaient pas dans les normes, et cela peut s'expliquer par la mise en quantité insuffisante de morphine dans le traitement chimique et que le phosphate.

Par conséquent, nous avons proposé quelques solutions pour éviter l'apparition de certains problèmes pouvant survenir au niveau des chaudières, et parmi ces problèmes nous mentionnons la corrosion, l'entartrage et les sédiments, dont la principale cause est la présence d'oxygène dissous dans l'eau.

**Mots clés :** une chaudière, traitement des eaux, les paramètres physiques et chimiques, corrosion, Raffinerie de Skikda.

### **Abstract**

The main objective of this study is to monitor and track the quality of boiler water in the petrochemical complex of Skikda, more specifically in the electric power unit (CTE 2).

This is done by studying the physical and chemical parameters of this water, which are represented in pH, alkalinity, full alkalinity, hardness, conductivity, iron, phosphate, chlorine and silica.

After the analysis carried out at the level of the laboratory of the Skikda refinery, we found that all the parameters were within the standards recommended by the manufacturers, except for the pH and the Iron were not within the standards, and this may be explained by the putting in insufficient quantity of morphine in the chemical treatment and that phosphate.

Therefore, we have proposed some solutions to avoid the appearance of certain problems that can occur in boilers, and among these problems we mention corrosion, scaling and sediments, the main cause of which is the presence of dissolved oxygen in water.

**Key words :** a boiler, water treatment, physical and chemical parameters, corrosion, Skikda refinery.

### تلخيص

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو مراقبة ومتابعة جودة مياه الغلايات في مجمع البيتروكيماويات في سكيكدة بالتحديد في وحدة الطاقة الكهربائية (CTE2).

و ذلك من خلال دراسة المعلمات الفيزيائية والكيميائية لهذه المياه والمثمنة في الأس الهيدروجيني, الناقلية الكهربائية, الصلابة العنوان القلوي, عنوان قلوي كامل, الحديد, فوسفات, الكلور وسيليكا.

وبعد التحاليل التي أجريت على مستوى مختبر مصفاة سكيكدة لاحظنا أن جميع المعلمات كانت ضمن المعايير الوصى بها من طرف الشركات المصنعة ماعدا الحديد و الأس الهيدروجيني كانا ليس ضمن المعايير وهذا مايمكن تفسيره بوضع كميات غير كافية من المورفيلين في المعالجة الكيميائية و ذلك الفوسفات.

و لهذا اقترحنا بعض الحلول لتجنب حدوث بعض المشاكل التي قد تحدث على مستوى الغلايات ومن بين هذه المشاكل نذكر التآكل, التحجيم والرواسب التي سببها الرئيسي هو وجود الأكسجين المذاب في الماء.

**الكلمات المفتاحية:** المرجل, معالجة المياه, المعلمات الفيزيائية و الكيميائية, التآكل, مصفاة سكيكدة.

## Symbole et abréviation

RA1K : Raffinerie de brut de skikda  
CTE : la centrale thermoélectrique  
MP : Medium pression  
HP : High pression  
LP : Lowe pression  
MW : méga watt  
ANS : Acide aminonaphtol sulfonique  
BWF : Boiler feed water  
pH : Potentielle d'hydrogène  
TA : Titre alcalimétrique  
TAC : Titre alcalimétrique complet  
TH : Titre hydrotimétrique  
Cl<sup>-</sup> : ion chlorure  
SiO<sub>2</sub> : Silice  
Fer : ion ferrique  
Po<sub>4</sub><sup>3-</sup> : phosphaté  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : Acide sulfurique  
EDTA : l'acide éthylène-Diamine-tétra-Acétique  
Ag NO : Nitrate d'argent  
HNO<sub>3</sub> : Bicarbonate  
Ca<sup>+2</sup> : ion calcium  
Mg<sup>+2</sup> : ion magnesium  
Na<sup>+</sup> : sodium  
K<sup>+</sup> : calcium  
SO<sub>4</sub><sup>-</sup> : sulfates  
H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : Acid carbonique  
CO<sub>3</sub><sup>-</sup> : carbonate  
CO<sub>2</sub> : dioxyde de carbone  
NH<sub>4</sub><sup>+</sup> : ion ammonium  
NO<sub>2</sub><sup>-</sup> : Nitrite  
NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Nitrate

$\text{HCO}_3^-$  : Bicarbonates

$\text{H}_2\text{CO}_3$  : Acide carbonique

$\text{H}_2\text{SiO}_3$  : Acide silicique

$\text{COOH}$  : Acide fable

$\text{SO}_3\text{H}$  : Acide fort

$\text{H}^+$  : Hydrogène

$\text{O}_2$  : Dioxygène

$\text{H}_2\text{O}$  : Eau

$\text{N}_2$  : Azote

$\text{CaCO}_3$  : carbonate de calcium

$\text{OH}^-$  : ion hydroxyde

$\text{Na OH}$  : Hydroxyde de sodium

$\text{HCL}$  : Acide chlorhydrique

$\text{DBO}_5$  : Demande biochimique en oxygène

$\text{DCO}$  : La Demande chimique en oxygène

$\text{MO}$  : Matière organique

Lim Min : Limite minimum

Lim Max : Limite maximum

T : Température

$^\circ\text{C}$  : degré Celsius

$\mu\text{s}/\text{cm}$  : Micro Siemens par centimètre

L : litre

ppm : partie par mille

p : pression

ml : millilitre

mg /l : milligramme par litre

T / h : Tonne par heure

$^\circ\text{F}$  : degré française

<b>Les tableaux</b>	<b>N °de page</b>
<b>Chapitre I : Généralités sur les chaudières</b>	
<b>Tableau I.1</b> : Types de chaudière	<b>8</b>
<b>Tableau I.2</b> : Comparaison des performances	<b>9</b>
<b>Chapitre II : Traitement de l'eau de chaudière</b>	
<b>Tableau II.1</b> : concentration des défféremtes ions d'eau de mer	<b>18</b>
<b>Tableau II.2</b> : valeur guides de qualité de l'eau de barrage	<b>19</b>
<b>Tableau II.3</b> : caractéristique des eaux de chaudière (valeur courantes)	<b>20</b>
<b>Chapitre IV : Résultats et discussions</b>	
<b>Tableau IV.1</b> : programme d'analyse	<b>44</b>
<b>Tableau IV.2</b> : équipements et produit utilisé dans les analyses	<b>45</b>

<b>Les figures</b>	<b>N° page</b>
<b>Chapitre I : Généralités sur les chaudières</b>	
<b>Figure I.1</b> : Chaudière industrielle	<b>2</b>
<b>Figure I.2</b> : Les principaux composants d'une chaudière	<b>3</b>
<b>Figure I.3</b> : chaudière conventionnelles	<b>5</b>
<b>Figure I.4</b> : Schéma présent une chaudière à tube de l'eau	<b>6</b>
<b>Figure I.5</b> : Photo de chaudière à tube de l'eau	<b>6</b>
<b>Figure I.6</b> : Schéma d'une chaudière à tube de fumes	<b>7</b>
<b>Figure I.7</b> : Une chaudière à tube de fume	<b>8</b>
<b>Figure I.8</b> : Une chaudière de recuperation	<b>9</b>
<b>Figure I.9</b> : Une surchauffeur	<b>11</b>
<b>Figure I.10</b> : Un économiseur	<b>11</b>
<b>Figure I.11</b> : Soupapes de sécurité	<b>12</b>
<b>Figure I.12</b> : Chaudière à fente (TIFIB)	<b>15</b>
<b>Figure I.13</b> : Chaudière en acier	<b>15</b>
<b>Figure I.14</b> : Photo de corrosion du foyer dans une chaudière	<b>16</b>
<b>Figure I.15</b> : Un primage	<b>17</b>
<b>Chapitre II : Traitement des eaux de chaudière</b>	
<b>Figure II .1</b> : Schéma de principe de procédé de distillation à simple effet	<b>24</b>
<b>Figure II.2</b> : Schéma principe de Distillation à effet multiple	<b>25</b>
<b>Figure II .3</b> : Diagramme du processus Flash multi-étapes	<b>26</b>
<b>Figure II.4</b> : Principe d'osmose inverse	<b>27</b>
<b>Figure II.5</b> : Principe de l'électrodialyse conventionnelle	<b>27</b>
<b>Figure II.6</b> : Schéma de Déminéralisation Totale	<b>28</b>
<b>Figure II.7</b> : Schéma de Résine cationique	<b>29</b>
<b>Figure II.8</b> : Schéma de Résine anionique	<b>30</b>
<b>Figure II. 9</b> : photo de Dégazeur	<b>30</b>
<b>Figure II. 10</b> : Schéma de dégazage dans un chaudière	<b>31</b>
<b>Chapitre III : Présentation de la raffinerie RA1/K</b>	
<b>Figure III.1</b> : situation géographique de la RA1K dans la zone in	<b>34</b>

<b>Figure III.2</b> : historique de RA1K	<b>35</b>
<b>Figure III.3</b> : Organigramme de la raffinerie de Skikda RA1K	<b>35</b>
<b>Figure III.4</b> : Représentation générale des différentes unités de la raffinerie de SKIKDA (RA1K)	<b>38</b>
<b>Figure III.5</b> : Représentation générale des différentes unités de la CTE2 de SKIKDA(RA1K)	<b>39</b>
<b>Figure III.6</b> : Chaudière de la CTE 2	<b>40</b>
<b>Figure. III.7</b> : Organigramme du laboratoire de RA1K	<b>42</b>
<b>Chapitre IV : Résultats et discussions</b>	
<b>Figure IV.1</b> : photo des échantillonnages	<b>43</b>
<b>Figure IV.2</b> : photo des Étiquetage des échantillons	<b>44</b>
<b>Figure IV.3</b> : les photos des équipements et produits utilisé	<b>52</b>
<b>Figure IV.4</b> : L'évolution du pH de l'eau d'alimentation en fonction du temps	<b>53</b>
<b>Figure IV.5</b> : L'évolution de la conductivité de l'eau d'alimentation en fonction du temps	<b>53</b>
<b>Figure IV.6</b> : L'évolution du TA de l'eau d'alimentation en fonction du temps	<b>54</b>
<b>Figure IV.7</b> : L'évolution du TAC de l'eau d'alimentation en fonction du temps	<b>55</b>
<b>Figure IV.8</b> : L'évolution du TH de l'eau d'alimentation en fonction du temps	<b>55</b>
<b>Figure IV.9</b> : L'évolution Fer (fe) de l'eau d'alimentation en fonction du temps	<b>56</b>
<b>Figure IV.10</b> : L'évolution de la $SiO_2$ de l'eau d'alimentation en fonction du temps	<b>56</b>
<b>Figure IV .11</b> : L'évolution du pH de l'eau de chaudière en fonction du temps	<b>57</b>
<b>Figure IV.12</b> : L'évolution de la conductivité de l'eau de chaudière en fonction du temps	<b>57</b>
<b>Figure IV.13</b> : L'évolution du TA de l'eau de chaudière en fonction du temps	<b>58</b>
<b>Figure IV .14</b> : L'évolution du TAC de l'eau de chaudière en fonction du temps	<b>58</b>
<b>Figure IV.15</b> : L'évolution du chlorure de l'eau de chaudière en fonction du temps	<b>59</b>
<b>Figure IV.16</b> : L'évolution du Fer de l'eau de chaudière en fonction du temps	<b>59</b>
<b>Figure IV.17</b> : L'évolution du $SiO_2$ de l'eau de chaudière en fonction du temps	<b>60</b>

## Sommaire

Introduction générale	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Généralités sur les chaudières</b>	
I.1 Introduction	<b>2</b>
I.2 Définition de chaudière	<b>2</b>
I.3 Le rôle de chaudière	<b>2</b>
I.4 Description du processus	<b>3</b>
I.5 Classification des chaudières	<b>3</b>
I.6 Les types des chaudières	<b>4</b>
I.6.1 Chaudières conventionnelles	<b>4</b>
I.6.1.1 Chaudières à tubes d'eau	<b>5</b>
I.6.1.2 Chaudières à tubes de fume	<b>7</b>
I.6.2 Chaudières de récupération	<b>9</b>
I.7 Comparaison entre chaudière à tube d'eau et chaudière à tube de fumée	<b>9</b>
I.8 Les éléments de base de la chaudière	<b>10</b>
I.8.1 Ballons	<b>10</b>
I.8.2 Faisceau tubulaire	<b>10</b>
I.8.3 Appareils de recuperation	<b>10</b>
I.8.3.1 Le surchauffeur	<b>10</b>
I.8.3.2 l'économiseur E et F	<b>11</b>
I.8.3.3 Réchauffeur d'air	<b>12</b>
I.8.4 Foyer « chambre de combustion » (B)	<b>12</b>
I.8.5 Appareils de sécurité	<b>12</b>
I.8.6 Dépoussiérage	<b>13</b>
I.9. Les types de transferts de chaleur	<b>13</b>
I.9.1 Conduction	<b>13</b>
I.9.2 Convection	<b>13</b>
I.9.3 Rayonnement	<b>14</b>
I.10 Technologie de chaudière	<b>14</b>
I.10.1 Chaudières en fonte	<b>14</b>
I.10.2 Chaudières en acier	<b>15</b>
I.11 Les problème dans une chaudière	<b>16</b>

I.11.1 Tartre	<b>16</b>
I.11.2 Corrosion	<b>16</b>
I.11.3 Primage	<b>16</b>
<b>Chapitre II : Traitement des eaux de chaudière</b>	
II.1 Introduction	<b>18</b>
II.2 Source d'eau d'alimentation de la chaudière	<b>18</b>
II.2.1 Eau de mer	<b>18</b>
II.2.2 Eau des barrages	<b>19</b>
II.3 Composition d'eau naturelle	<b>19</b>
II.3.1 La source des sels minéraux	<b>19</b>
II.3.2 Gaz dissous	<b>19</b>
II.3.2.1 L'oxygène dissous	<b>19</b>
II.3.2.2 Gaz carbonique	<b>20</b>
II.3.3 Les matières organiques	<b>20</b>
II.4 Paramètre des eaux de chaudière	<b>20</b>
II.4 Paramètre des eaux de chaudière	<b>20</b>
II.4.1 le potentiel d'hydrogène	<b>21</b>
II.4.2 conductivité	<b>21</b>
II.4.3 La température	<b>21</b>
II.4.4 Titre alcalimétrique (TA) et Titre alcalimétrique complet (TAC)	<b>21</b>
II.4.5 TH dureté (hydrométrique)	<b>21</b>
II.4.6 Fer	<b>22</b>
II.4.7 Teneur en silice	<b>22</b>
II.4.8 Chlorures	<b>22</b>
II.4.9 phosphate	<b>22</b>
II.5 Qualité des eaux chaudière	<b>23</b>
II.5.1 Eau naturelle	<b>23</b>
II.5.2 Eaux brutes industrielles	<b>23</b>
II.6 Traitement des eaux chaudière	<b>23</b>
II.6.1 prétraitement	<b>23</b>
II.6.2 Traitement par dessalement	<b>24</b>

II.6.2.1 Opérations de distillation	<b>24</b>
II.6.2.2 Procédés membranaires	<b>26</b>
II.6.3 Déminéralisation	<b>28</b>
II.4 dégazeur	<b>30</b>
II.6.5 Traitement par le phosphate	<b>31</b>
<b>Chapitre III : Présentation de la raffinerie de RA1/K</b>	
III .1 Introduction	<b>32</b>
III.2 Historique et Présentation de la RA1/K	<b>32</b>
III. 2.1 Vue Historique sur l'Organisation de l'Activité Raffinage	<b>32</b>
III. 2.2 La Raffinerie de Skikda (RA1/K)	<b>33</b>
III. 2 .2.1 Présentation de la Raffinerie de Skikda	<b>33</b>
III.2.2.2 Situation	<b>33</b>
III.2.2.3 Construction	<b>34</b>
III.2.2.4 Structure hiérarchique de la raffinerie de Skikda	<b>35</b>
III.2.2.5 Présentation Générale des Unités de la Raffinerie de Skikda	<b>35</b>
III .3 Présentation d'Unité de Centrale Thermique Electrique CTE2 (les utilités) U-1051	<b>39</b>
III.4 Présentation de la chaudière d'Unité de CTE-1051	<b>39</b>
III.5 Présentation de laboratoire de RA1K	<b>40</b>
III.5.1 presentation	<b>40</b>
III.5.2 Structure hiérarchique de laboratoire de la raffinerie	<b>42</b>
<b>Chapitre IV : Résultats et discussions</b>	
IV.1.Introduction	<b>43</b>
IV.2 Matériels et Méthodes	<b>43</b>
IV.2.1 Prélèvement et échantillonnage	<b>43</b>
IV.2.2 Conditionnement des échantillons	<b>43</b>
IV.2.3 Étiquetage des échantillons	<b>44</b>
IV.2.4 Conservation des échantillons	<b>44</b>
IV.2.5 Programme d'analyse de contrôle	<b>45</b>
IV.2.6 Matériels et Produits	<b>45</b>
IV.4 Résultats et discussion	<b>47</b>
IV.4.1 Discussion des analyses de l'eau des d'alimentation (LA)	<b>47</b>

IV.4 .1.1 Variation du pH	<b>47</b>
IV.4.1.2 Variation de conductivité	<b>47</b>
IV.4.1.3 Variation de TA	<b>48</b>
IV.4.1.4 Variation de TAC	<b>48</b>
IV.4.1.5.Variation de TH	<b>49</b>
IV.4.1.6.Variation du fer total	<b>50</b>
IV.4.1.7.Variation de la Silice [SiO <sub>2</sub> ]	<b>50</b>
IV.4.2. Discussion des analyses de l'eau des Chaudière	<b>51</b>
IV.4 .2.1.Variation Ph	<b>51</b>
IV.4 .2.2.Variation Conductivité	<b>51</b>
IV.4 .2.3.Variation TA	<b>52</b>
IV.4 .2.4.Variation TAC	<b>52</b>
IV.4 .2.5.Variation Chlorure ( $Cl^-$ )	<b>53</b>
I.4.2.6.Variation du fer total	<b>53</b>
IV.4.2.7.Variation de la Silice [SiO <sub>2</sub> ]	<b>54</b>
Conclusion Générale	<b>55</b>
Références bibliographique	<b>56</b>



## **Introduction générales**

### Introduction générale

L'eau est la base de la vie, car elle couvre 71% de la surface de la terre, et c'est une ressource importante dans divers domaines industriels et agricoles ainsi que pour les usages domestiques. Elle est utilisée pour le refroidissement, le nettoyage et la production de vapeur.

Les chaudières sont une partie importante des systèmes industriels afin de chauffer l'eau et de produire de la vapeur pour en bénéficier sous forme d'énergie thermique et générer du courant électrique par circulation, et pour faire fonctionner ces chaudières, nous devons surveiller la qualité de l'eau utilisée pour les faire fonctionner pour éviter divers problèmes que l'eau peut causer dans les circuits de la chaudière tels que la corrosion et l'entartrage, nous sommes donc liés par ce contrôle.

Dans ce travail, nous allons suivre et surveiller la qualité de l'eau de chaudière de la raffinerie de Skikda spécifiquement dans l'unité de production d'énergie électrique 1051, qui dépend de diverses analyses de paramètres physiques et chimiques qui sont menées au niveau du laboratoire RA1k, et parmi ces paramètres nous citons, par exemple, le pH, la conductivité, la dureté, le fer, le chlorure, la silice, et ces paramètres reflètent la corrosion et les sédiments.

Pour atteindre cet objectif, nous avons rédigé ce mémoire, dont le contenu s'articule autour de surveiller la qualité de l'eau de chaudière et vérifier l'efficacité du traitement et du contrôle de cette eau à la station de raffinage pétrochimique de Skikda. Ce travail est divisé en quatre chapitres, dans le premier chapitre, nous avons donné une explication complète des généralités sur les chaudières, leur principe de fonctionnement et leurs types, ainsi que les différents problèmes qui peuvent survenir dans les chaudières, Quant au deuxième chapitre nous avons donné une explication complète sur le traitement de l'eau de la chaudière et ses composants, et nous avons consacré le troisième chapitre à une présentation complète du complexe de raffinerie de Skikda RA1K et de ses différentes unités, quant au quatrième chapitre nous avons fait une étude analytique afin de connaître suivre et contrôler la qualité de l'eau de la chaudières, ce qui dépend des analyses que nous avons menées en laboratoire pour enregistrer ces résultats sous forme de graphiques, les discuter et les comparer aux normes préconisées par les constructeurs, et enfin nous avons conclu notre travail par une conclusion générale.

# **Chapitre I**

## **Généralités sur les chaudières**

## I.1. Introduction

Grâce aux progrès scientifiques et technologiques, le monde est devenu en exploitant tout ce qui existe dans la nature pour développer des industries, et surtout en s'appuyant sur des sources peu coûteuses et disponibles en abondance. C'est inoffensif, et c'est obtenu par différentes chaudières, et c'est un transfert de chaleur et à la capacité de générer de l'électricité.

## I.2. Définition de chaudière

La chaudière est un appareil permettant de chauffer de l'eau et de produire de la vapeur [1]. C'est un équipement utilisé pour convertir l'eau liquide en vapeur selon la température et la pression spécifiées par la destination de cette vapeur sous l'action de l'apport de chaleur, qui est généralement généré par la combustion du combustible dans le brûleur de la chaudière. Il peut également être externe (gaz chauds issus de divers procédés)[2].

Les chaudières à vapeur de grande puissance sont généralement associées à des turbines à vapeur produire de l'énergie électrique[1].



**Figure I.1 :** Chaudière industrielle[2].

## I.3. Le rôle des chaudières

Le but principal des chaudières est de produire de la vapeur en absorbant la chaleur les meilleures performances possibles. Il est nécessaire dans les usines pour assurer la fiabilité fonctionnement fiable des unités de production .Leur rôle est[3] :

- ✚ Fournir l'énergie nécessaire (chauffage vapeur, entraînement de turbine) ;
- ✚ d'interférer avec les procédés (réaction chimique, vapeur diluée, stripage) ;

- ✚ De constituer un élément de sécurité (vapeur d'étouffement).

### I.4. Description du processus

Le carburant est une substance qui est brûlée pour fournir de la chaleur. La combustion est un mélange de carburant de combustion et d'air pour produire de l'énergie thermique, l'air est nécessaire à la combustion[4].

La combustion a lieu dans un espace clos à l'intérieur de la chaudière appelé brûleur, où les gaz chauds qui en résultent entrent en contact avec la surface d'échange thermique avant d'être évacués dans l'atmosphère par une cheminée [4].

Le gaz évacué de la chaudière est appelé gaz de combustion. L'eau d'alimentation est chauffée et transformée en vapeur par la chaleur produite par la flamme de combustion et les gaz chauds. Le transfert de chaleur au moyen de liquides sous forme de vapeur ou d'eau chaude, qui sont utilisés selon les exigences de l'installation, et la désinfection n'est pas une forme d'énergie utile, mais c'est un processus à long terme et nécessaire au bon fonctionnement de la chaudière[4].

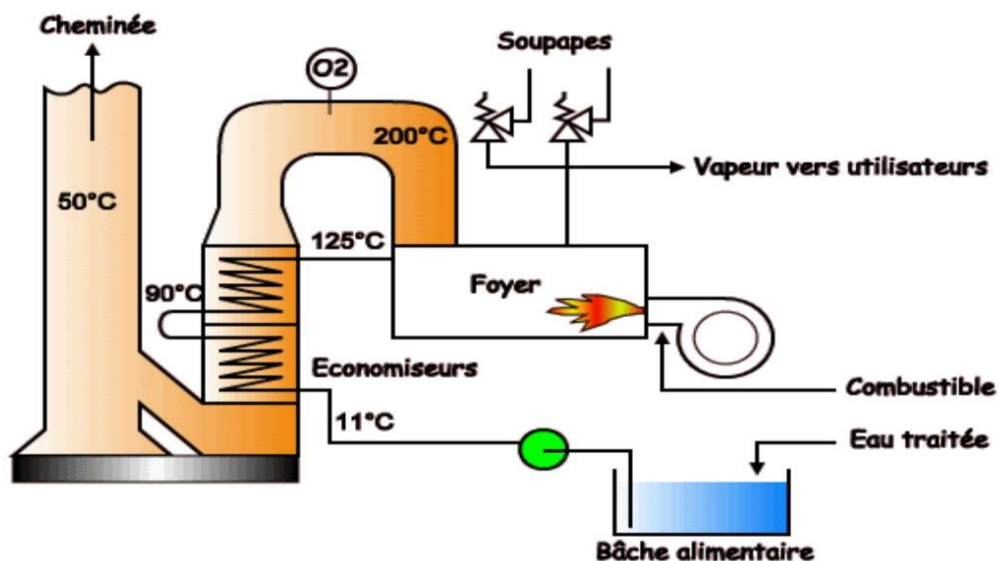


Figure I.2 : Les principaux composants d'une chaudière[10].

### I.5. Classification des chaudières

La nature de la chaleur utilisée détermine le classement des chaudières. Il existe deux grands types de matière, liquide et solide. [5]

- **Première famille** : la chaudière à forte puissance est une combustion réaliste au fioul ou au gaz. [5]

- **La deuxième famille** : il s'agit d'une chaudière sans chambre de combustion qui s'appuie généralement sur un liquide chaud comme source de chaleur (chaudière de récupération), et elle fonctionne également à partir de moteurs à échappement ou de moteurs diesel sans produit de réaction chimique à récupérer. [5]

### I.6. Les type des chaudières

#### I.6.1. Chaudières conventionnelles

Nécessitent de la chaleur pour la vaporisation par combustion des liquides et des gaz.

Une distinction est faite entre les chaudières à tubes de fumée et les chaudières à tubes d'eau en fonction de la circulation de l'eau et des vapeurs au sein du faisceau tubulaire[3] .

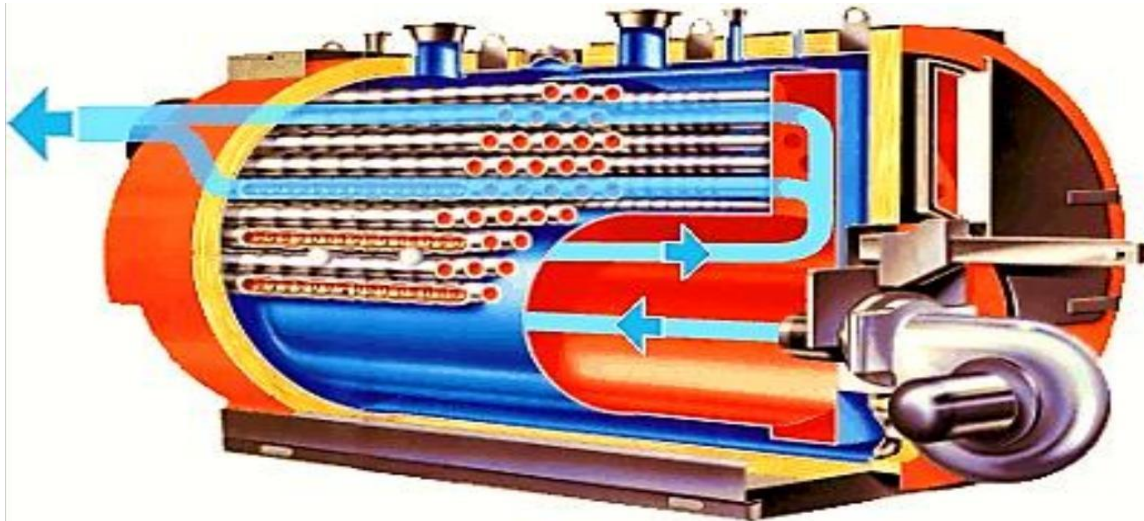


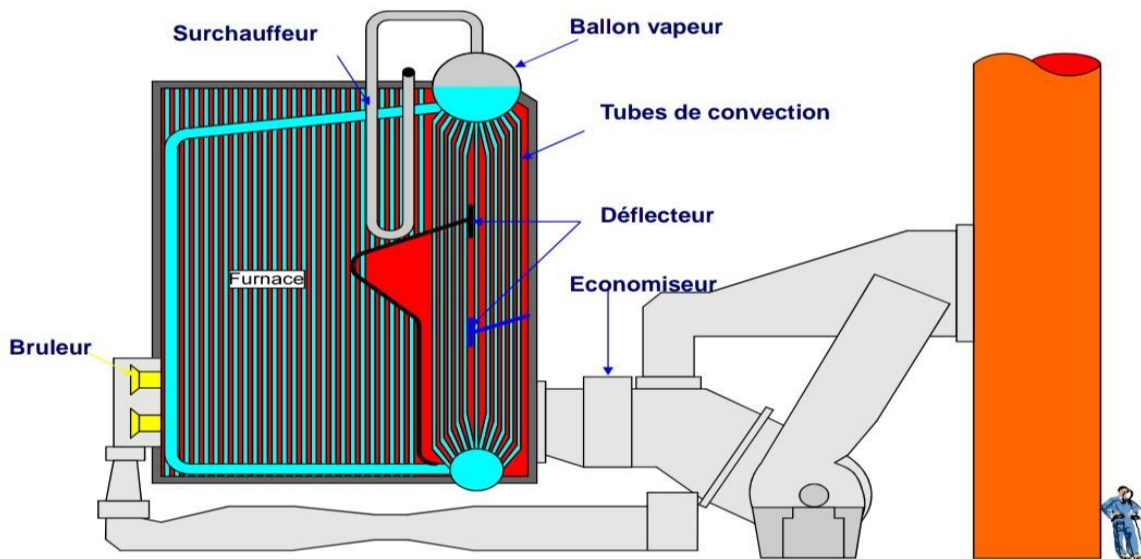
Figure I.3 : chaudière conventionnelles [11]

##### I.6.1.1. Chaudières à tubes d'eau

Ce type de chaudière possède deux réservoirs appelés ballon distributeur (en bas) et assembleur le ballon (ou ballon évaporateur, en haut), relié par un faisceau de tubes évaporateurs, dans ce groupe vous faites circuler de l'eau qui se transforme en vapeur. Les gaz chauds produits par le brûleur sont en contact direct avec les tubes de l'évaporateur, au sein de ceux-ci, l'évaporation a lieu. La vapeur ainsi générée est collectée dans le ballon

Au-dessus, l'excès d'eau est renvoyé vers le réservoir inférieur par des tubes de descente qui n'y sont pas soumis la chaleur. Dans la zone haute pression, une pompe peut être installée pour faciliter ce flux de haut en bas. Il y a donc circulation d'eau dans des tubes placés à l'intérieur d'un récipient contenant gaz chauds dans une chaudière à tubes d'eau, les tubes supportant le retour de vapeur saturée dans le poêle, les gaz chauds apportent à cette vapeur

saturée un supplément d'énergie qui l'élève température sans modifier la pression. Ainsi, de la vapeur surchauffée est obtenue à la sortie[6].



**Figure I.4 :** Schéma présent une chaudière à tube de l'eau[10].

Ce type de chaudière fournit un débit de vapeur saturée supérieur à 60 t/h, en Moyenne et haute pression (jusqu'à 100 bar). Mazout ou gaz ou le charbon ou ces déchets est le combustible utilisé dans ces chaudières[10].



**Figure I.5 :** Photo de chaudière à tube de l'eau[10].

### I.6.1.2. Chaudières à tubes de fumée

Les chaudières à tubes de fumée sont des chaudières à circulation naturelle. Taille l'eau chaude est très importante. Si ces chaudières fonctionnent au fioul ou au gaz, elles peuvent ensuite, cela se fait automatiquement. Il est très compact et peut donc être complet Ils sont assemblés et testés en atelier avant d'être envoyés sur le site pour la mise en service. Mais qui a partir de 20 bars cette structure devient délicate du fait de l'épaisseur à prévoir pour le corps[6].

La puissance de telles chaudières est relativement faible. Actuellement, la production maximale vapeur 30 tonnes/heure pour une pression maximale de 25 bars[6].

Le principe de ces chaudières n'est pas adapté à la production de vapeur surchauffée[6].

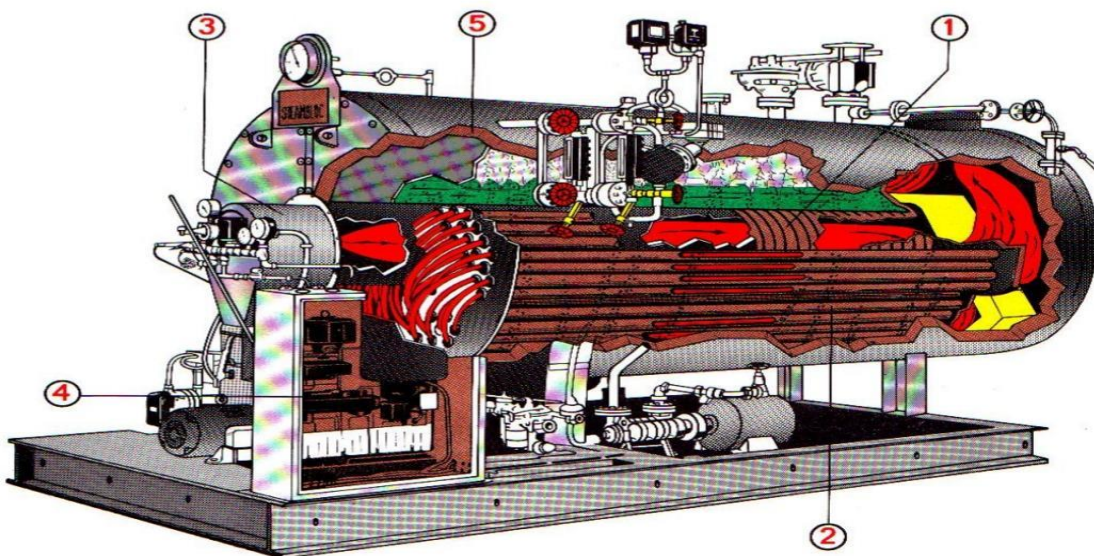
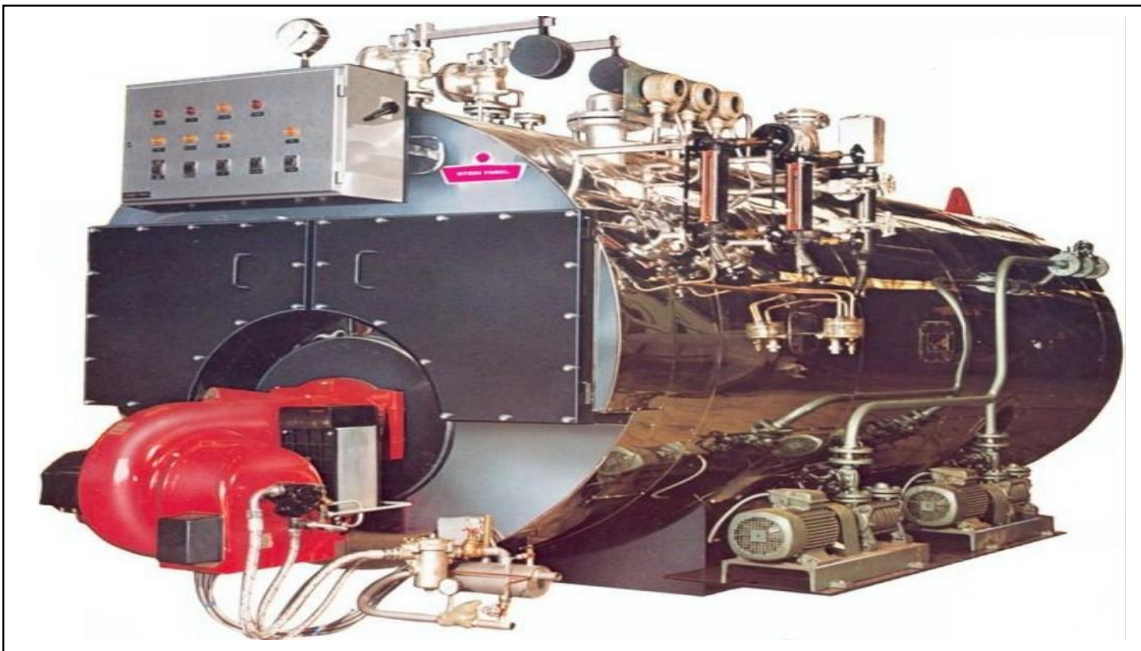


Figure I.6: Schéma d'une chaudière à tube de fumées[10].

- 1 : Tube de foyer
- 2 : Faisceau tubulaire
- 3 : bruleur
- 4 : Pupitre de commande
- 5 : Isolation

Cependant, il est possible de produire de la vapeur surchauffée. Le réchauffeur est alors placé soit dans zone de retour, ou dans la salle de rebond. Dans ces types de chaudières, le tube du

brûleur, où se produit la combustion qui est le plus susceptible d'être endommagée par la température élevée du métal (rayonnement de la flamme). Pour réduire sa température, il est nécessaire de le conserver complètement nettoyé l'extérieur du tube de combustion afin d'obtenir un échange thermique optimal. Tube de brûleur situé dans le réservoir de la chaudière lui-même, sous le plan d'eau, il recueille les gaz chauds à la sortie du poêle. Les gaz chauds accumulés dans le premier caisson à l'arrière de la chaudière Il est acheminé par un ensemble de tubes immergés dans l'eau du ballon vers un deuxième plongeur à l'avant du ballon chauffe-eau. Il y a donc une circulation des gaz de combustion dans les canalisations, par conduction vers l'eau à partir du réservoir, évaporation par apport calorifique. Un deuxième ensemble de tubes immergés prend gaz au troisième caisson à l'arrière de la chaudière, et ce troisième caisson conduit à cheminée pour évacuer la fumée à l'extérieur[6].



**Figure I.7:** Une chaudière à tube de fumée[6] .

Ce type de chaudière fournit un débit de vapeur saturée de 1 à 25 tonnes/heure, à basse température et moyenne pression. Le combustible utilisé est soit du gaz soit du mazout[10] .

### I.6.2. Chaudières de récupération

Elles fonctionnent à partir de la chaleur des fluides de procédé ou de la vapeur des fours ou des turbines à gaz[3] .



**Figure I.8** : Une chaudière de récupération [11]

- ✓ Chaudières de récupération sur les fumées d'un four de reformage primaire d'une usine d'ammoniac.
- ✓ Chaudières de récupération sur les gaz de procédé d'un atelier d'acide nitrique.
- ✓ Chaudière de récupération sur les gaz d'échappement d'une turbine à gaz.
- ✓ Chaudières de récupération sur les gaz craqués des fours de vapocraquage.

**Tableau I.1** : Types de Chaudière.[5]

<b>Mode d'emploi</b>	Les chaudières fixes et les chaudières mobiles.
<b>La disposition</b>	Chaudière horizontal ou vertical.
<b>Le monde de construction</b>	Chaudière à tube d'eau, chaudière à tube de fumées, chaudière à faisceau.
<b>La nature de la vapeur produit</b>	Chaudière a basse pression, moyenne pression, et haute pression.
<b>La vitesse de circulation de l'eau</b>	Chaudière a circulation naturelle, a circulation contrôlée ou assistée, et combinée (forcée et assistée).

### I.7. Comparaison entre chaudière à tube d'eau et chaudière à tube de fumée

Nous présentons dans le tableau suivant la comparaison de performances des chaudières.

**Tableau I.2** : Comparaison des performances [11].

Propriétés	Chaudière à tube de fumée	Chaudière à tube d'eau
Mise en route (à puissance équivalente)	Lente (grande volume d'eau à chauffer)	Rapide
Adaptation aux changements de régime	Médiocre (inertie importante)	Bonne
Surface de chauffe	Moyenne	Elevée
Sécurité	Médiocre	Bonne
Encombrement	Faible	Forte
Prix	Limité	Elevée
Application usuelle <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance</li> <li>• Débit</li> <li>• Pression max d'utilisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moyennement élevée</li> <li>• 1,5 à 25 t /h</li> <li>• 10 à 20 bars</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importante</li> <li>• 4 à 200 t/h</li> <li>• 90 à 100 bars (en circulation naturelle) et jusqu'à 225 bar (circulation forcée)</li> </ul>

### I.8. Les éléments de base de la chaudière

Les chaudières industrielles se composent d'un groupe d'éléments de base comme suit [7] :

#### I.8.1. Ballons

Les chaudières contiennent deux ballons primaires, un ballon supérieur G et un ballon inférieur I.

Le ballon supérieur contient un réservoir d'eau, la vapeur occupant la partie supérieure du corps cylindrique tandis que l'eau est transmise à la partie inférieure via les tubes de paroi de la chaudière et les zones d'échange C et D.

La partie supérieure du corps cylindrique est constituée : d'un tube d'arrivée d'eau d'un tube d'introduction des réactifs chimiques (phosphate tri sodique  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) de prélèvement de l'échantillon.

Quant au réservoir inférieur, il est surtout nécessaire lorsque l'eau utilisée est pauvre, c'est-à-dire pleine de sels minéraux, car ces sels s'engouffrent dans cette partie de la chaudière.

### I.8.2. Faisceau tubulaire

Le faisceau tubulaire est formé d'un ensemble de tubes verticaux ou raidés grâce auxquels les deux ballons sont reliés en permanence l'un à l'autre.

### I.8.3. Appareils de récupération

Le rôle principal de ces dispositifs est d'évacuer au maximum la chaleur présente dans les gaz brûlés (A) avant qu'ils ne soient rejetés dans l'atmosphère, ce qui améliore le rendement de la chaudière. Il existe 3 appareils qui permettent d'atteindre cet objectif :

#### I.8.3.1. Le surchauffeur

Il a pour but de produire de la vapeur très chaude à partir de la vapeur saturée sortant du ballon supérieur, et il est constitué d'un groupe de tubes d'acier recourbés en serpentin placé devant le circuit des fumées.

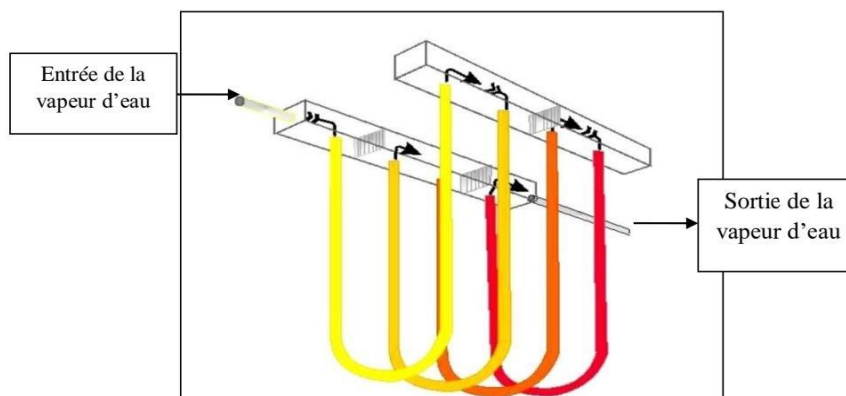
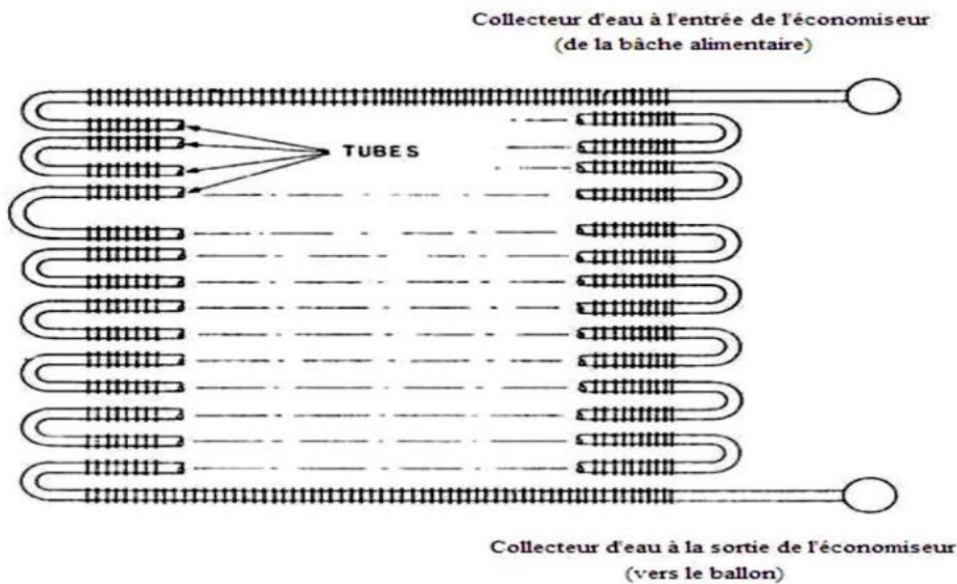


Figure I.9: Une surchauffeur [11].

#### I.8.3.2. l'économiseur E et F

C'est un échangeur de chaleur qui permet de récupérer une partie de la chaleur des fumées qui sortent de la chaudière à une température assez élevée et de la transférer à l'eau d'alimentation.



**Figure I.10** : Un économiseur [11] .

### I.8.3. Réchauffeur d'air

Cet aérotherme se situe entre la cheminée et l'économiseur, où il récupère la chaleur des fumées et présente de nombreux avantages :

- Il améliore les performances en réduisant les pertes de fumées.
- Accélère la réaction de combustion
- Réduit la pollution en réduisant la suie due à une combustion complète
- Carburant et liquide sec faciles à utiliser

### I.8.4. Foyer « chambre de combustion » (B)

La chambre de combustion est tapissée de tubes d'eau qui forment les surfaces de chauffe exposées au rayonnement de la flamme.

### I.8.5. Appareils de sécurité

Grande montée en pression et le faible niveau d'eau est l'une des raisons de l'explosion de la chaudière, et pour la protéger de ce danger, nous utilisons :

#### a. Soupapes de sécurité

On en utilise au moins deux à placer dans la cuve supérieure. Lorsque la pression devient égale à la pression de calcul placée sur le joint correspondant à la chaudière, les deux soupapes s'ouvrent automatiquement.



**Figure I.11** : Soupapes de sécurité[11].

### **b. Manomètre**

Indique la valeur de pression de conception de l'allumeur.

### **c. Un dispositif de sécurité**

Qui arrête l'alimentation en carburant en cas de baisse du niveau d'eau dans le réservoir, pour protéger les tuyaux contre l'explosion.

### **d. Un autre dispositif de sécurité**

Qui réduit le débit d'eau en cas de montée du niveau d'eau dans la cuve supérieure, et dont le but est de protéger :

- Pas de fuite d'eau dans la turbine qui entraîne sa destruction fuite de sel dans les surchauffeurs
- Dimensionnement des tubes de l'évaporateur.

### **I.8.6. Dépoussiérage**

La poussière est éliminée en utilisant de l'eau provenant du réservoir le long du tuyau en T devant le passage de fumée, qui élimine la poussière et la transporte vers le collecteur d'échappement.

## **I.9. Les type de transferts de chaleur**

### **I.9.1. Conduction**

Ce transfert de chaleur se produit dans la même phase – au repos ou en mouvement, mais au repos (sans tourbillons) – en présence d'un gradient de température. Le transfert de chaleur résulte du transfert d'énergie cinétique d'une molécule à une autre molécule voisine. Ce type de transmission n'est disponible que sur le modèle solide opaque. Pour les solides transparents, une partie de l'énergie peut être transférée par rayonnement. Pour les liquides,

qui sont composés de gaz et de liquides, la convection et le rayonnement peuvent interférer avec la conduction[8] .

### **I.9.2.Convection**

Le transfert de chaleur par convection se produit entre deux phases, dont l'une est normalement au repos et l'autre en mouvement sous une inclinaison d'un degré. En raison du transfert de chaleur d'une phase à une autre, il existe une température caractéristique dans la phase de la partie mobile (ou agrégat) du liquide. Le mouvement du fluide peut être provoqué par une différence de densité causée par des différences de température (c'est ce qu'on appelle la convection libre ou naturelle) ou purement mécanique (c'est ce qu'on appelle ci-après la convection). Lors de l'écoulement du liquide, une partie de la chaleur contenue dans le liquide est également transférée par conduction, et dans le cas d'un liquide transparent, un transfert radiatif peut accompagner les deux processus de transfert[8] .

### **I.9.3.Rayonnement**

Un point chaud de la matière émet un rayonnement électromagnétique dans toutes les directions qui se trouvent du même côté du plan tangent à la pointe du matériau. Lorsque le rayonnement frappe un objet, une partie peut être réfléchiée et une partie est transmise à travers l'objet (appelée diathermie lorsque tout est transmis) et est absorbée le reste est quantifié en chaleur. Où l'échange de chaleur est basé sur l'absorption et l'émission de ces rayons thermiques.

Les gaz, les liquides et les solides sont capables d'émettre et d'absorber un rayonnement thermique[8] .

### **I.10.Technologie de chaudière**

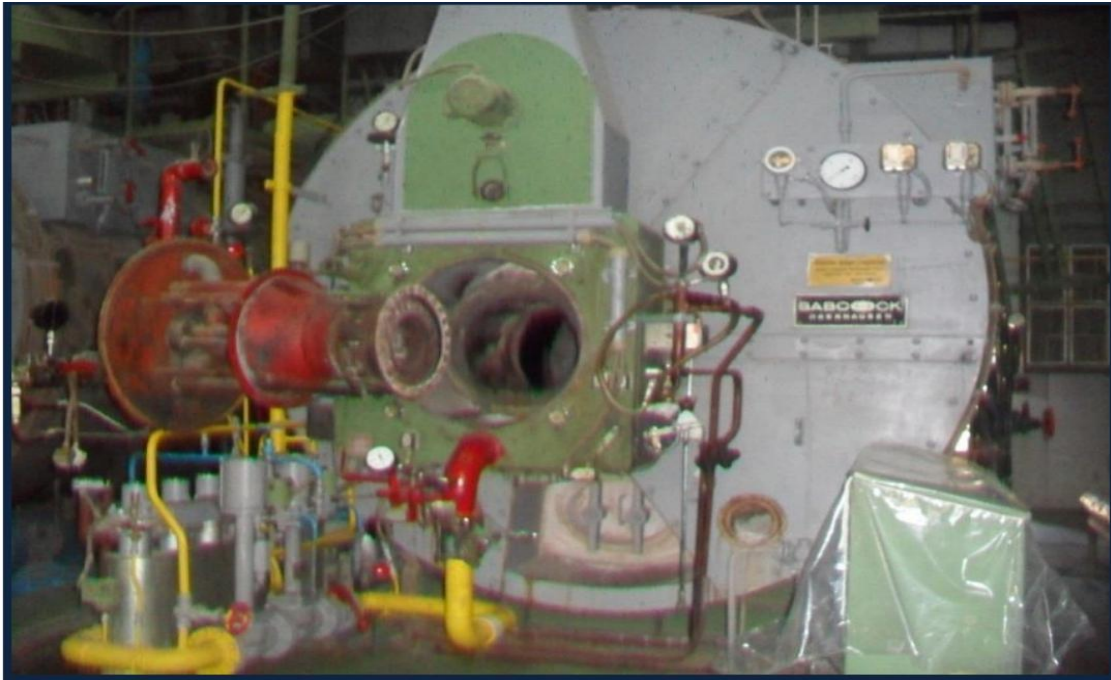
- ✓ La nature du fluide caloporteur (eau chaude, vapeur saturée, vapeur surchauffée).
- ✓ Conditions de service (condition physique : pression et température).
- ✓ La nature du combustible (solide, liquide, gazeux).
- ✓ Exécution du combustible (manuel, mécanique, brûleurs...etc.).

Tous ces facteurs sont très importants dans le choix d'un matériau de construction et la fabrication de chaudières[6] .

Ces chaudières ont également été développées par les constructeurs en de nombreux types, qui peuvent subir quelques modifications du fait des progrès scientifiques et technologiques. Ces chaudières peuvent être en fonte ou en acier d'un point de vue construction.[6] .

### I.10.1. Chaudières en fonte

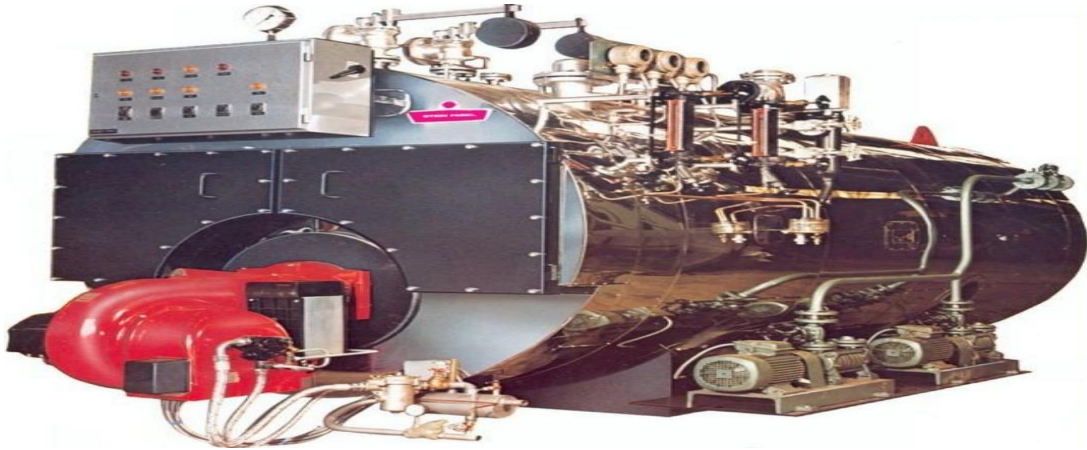
Les différents éléments d'un chaudron en fonte sont obtenus par moulage à partir d'un modèle. Les chaudières en fonte se situent dans la gamme des petites et moyennes puissances (Forces inférieures à 2000 t/h). Ce sont généralement des chaudières à eau chaude[6] .



**Figure I.12** : Chaudière à fonte (TIFIB)[6] .

### I.10.2. Chaudières en acier

Les chaudières en acier sont obtenues par soudage de plaques et de tubes. C'est comme ça Il est possible d'atteindre les entreprises les plus diverses. Ces chaudières sont utilisées dans tous les domaines de pouvoirs. Ce type de construction est nécessaire pour contenir les appareils à haute pression. Eau (plus de 110°C) ou vapeur (plus de 0,50 bar)[6] .



**Figure I.13** : Chaudière en acier[6].

### **I.11. Les problèmes dans une chaudière**

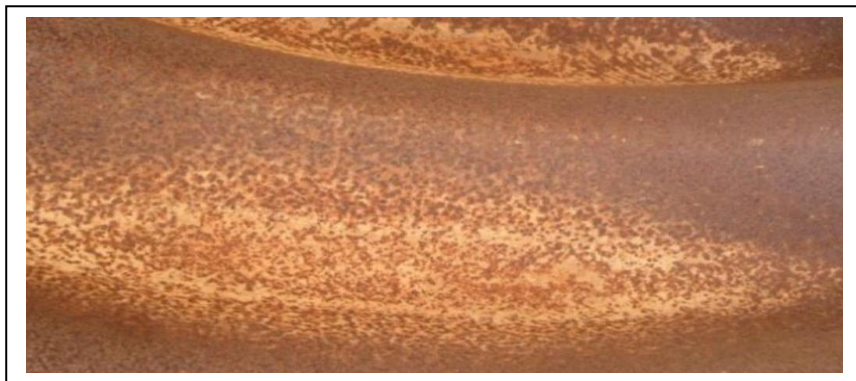
Les chaudières industrielles sont exposées à plusieurs problèmes dus aux composés chimiques présents dans l'eau, notamment la corrosion, les sédiments et l'effet de mèche [9].

#### **I.11.1. Tartre**

Industrielles sont les phosphates, les carbonates de calcium et les oxydes de fer. Ces composés forment une couche isolante sur le tube, ce qui entraîne une diminution de la diffusion de la température, ce qui entraîne une diminution du rendement de la chaudière. Ces dépôts en grande quantité peuvent provoquer une élévation de la température, ce qui entraîne des perforations, des fissures et une rupture du tube [9].

#### **I.12.2. Corrosion**

Le deuxième problème majeur est la corrosion ; L'exemple le plus connu est l'attaque du fer par l'oxygène (oxydation par aération différentielle). Cela peut se produire dans l'alimentation en eau et le générateur de vapeur et dans les conduites de retour de condensat. On préfère l'attaque en raison de la température élevée et du faible pH [9].



**Figure I.14** : Photo de corrosion du foyer dans une chaudière [6].

### I.11.3.Primage

Le troisième problème majeur est l'entrée de gouttelettes d'eau ou de mousse dans la phase vapeur, qui peut être due à [9] :

- ✓ Effet mécanique : déséquilibre entre la surface de la masse d'eau et le volume de la chambre de vapeur, variation de vitesse (piégeage vapeur-eau).
- ✓ Certains sels d'eau de chaudière sont agités, tels que : les sels de silice ou de sodium.
- ✓ Formation de mousse telle que : matière organique, huile, salinité ou alcalinité exagérée.



**Figure I.15** : Un primage [2].



**Chapitre II**  
**Traitement des eaux de chaudière**

### II.1. Introduction

Il est important d'utiliser de l'eau pure d'excellente qualité dans la chaudière, compatible avec tous les matériaux utilisés dans les équipements et les circuits pour éviter toute détérioration.

Une mauvaise utilisation de l'eau non traitée peut détériorer la chaudière et réduire son efficacité et peut provoquer une usure.

Par conséquent, le traitement de l'eau de chaudière est une étape essentielle et importante pour obtenir une eau de haute et excellente qualité.

### II.2. Source d'eau d'alimentation de la chaudière

L'eau déminéralisée est utilisée pour alimenter les chaudières, où la source de cette eau provient de barrages ou d'eau de mer dessalée.

#### II.2.1. Eau de mer

C'est l'eau que l'on trouve dans les mers et les océans du monde, où le pourcentage d'eau de mer au-dessus de la surface de la terre est de 71%, et sa salinité est de 3,5 en moyenne (35 g/litre – 599 mmol), où chaque litre contient 35 grammes de sels dissous (ions sodium et chlorure) [13].

**Tableau II.1 :** concentration des différents ions eau de mer [4]

Type d'ion	Salinité	Qualité total de matières en Solution
<b>Anions</b>		
Chlorure	18,98	55,04
Sulfates	2,65	7,68
Bicarbonates	0,140	0,41
Bromures	0,065	0,19
Fluorures	0,0013	0,00
Acide borique	0,0260	0,07
<b>Cations</b>		
Sodium	10,56	30,61
Magnésium	1,27	3,69
Calcium	0,40	1,16
Potassium	0,38	1,10
Strontium	0,01	0,04

### II.2.2. Eau des barrages

Ce sont des barrières qui permettent la rétention ou la rétention de l'eau des cours d'eau, y compris les cours d'eau souterrains, ou dans un autre sens, ce sont des œuvres d'art faites de béton et de pierres pour retenir l'eau [14].

Cette eau est utilisée à de nombreuses fins, notamment l'irrigation des terres agricoles et l'approvisionnement en eau potable, ainsi qu'à des fins industrielles [14].

La qualité de l'eau des barrages est généralement de bonne qualité, mais cela ne permet pas qu'elle ne fasse pas l'objet d'un traitement approprié [14].

**Tableau II.2:** Valeur guides de la qualité de l'eau de barrage [5].

Désignation	Bonne	Acceptable	Mauvais
pH (mg/l)	6,5-8,5	8,5-9	>9 et <6,5
O <sub>2</sub> Dissout (mg/l)	>10	10-6	>6
NH <sub>4</sub> (mg/l)	<0,1	0.1-0.5	>0,5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	<0,1	0.1-0.5	>0.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg /l)	<10	10-25	>25
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	<0,5	0.5-1	>1
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	<5	5-10	>10
DCO (mg/l)	<20	20-40	>40
MO (mg/l)	<5	5-10	>10
RS (mg/l)	<800	800-1200	1200-2000

### II.3. Composition de l'eau naturelle

#### II.3.1. La source des sels minéraux

Sont des roches qui se dissolvent dans l'eau qui tourne au contact d'elles, et ce sont des composés ioniques, des anions et des cations [15].

#### II.3.2. Gaz dissout

##### II.3.2.1. L'oxygène dissous

L'oxygène, qui est toujours présent dans l'eau, n'est pas un composant et sa solubilité est fonction de la température, de la pression atmosphérique partielle et de la salinité. L'oxygène dissous conserve ses propriétés oxydantes et est donc important dans les phénomènes de corrosion [15].

### II.3.2.2. Gaz carbonique

Ils 'agit du nombre total d'espèces carbonatées dissoutes dans le dioxyde de carbone moléculaire,  $H_2CO_3$ ,  $HCO_3^-$  ; et  $CO_3^{--}$  [15].

- Le dioxyde de carbone bicarbonate est la somme de  $H_2CO_3$  et  $CO_3^{--}$ .
- Le dioxyde de carbone libre fait partie du dioxyde de carbone dissous qui n'est pas lié au  $CO_2$  ou au  $HCO_3^-$  et qu'il est nécessaire d'équilibrer pour qu'il n'y ait pas de dissolution ou de précipitation de carbonate de calcium.
- Le dioxyde de carbone agressif libre est la fraction de dioxyde de carbone dissous présent dans l'eau en excès du dioxyde de carbone équilibré qui donne à l'eau son caractère agressif.

### II.3.3. Matière organique

Les substances organiques sont des composés de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, d'azote et ces substances Il provient de l'érosion des sols ou de la décomposition de matières animales ou végétales dans l'eau [15].

### II.4. Paramètre des eaux de la chaudière

L'eau est étroitement liée à la vie de tous les organismes vivants dans tous les domaines, en particulier le domaine industriel. L'eau est un composé chimique présent partout sur terre, sa formule chimique est  $H_2O$  [2].

La quantité et la qualité de l'eau utilisée dans les usines varient considérablement selon le type d'entreprise et le volume d'eau nécessaire à son fonctionnement. Le cycle de réfrigération de la chaudière nécessite moins d'eau que l'eau utilisée dans l'industrie électronique [2].

**Tableau II.3:**Caractéristiques des eaux de chaudière (valeur courantes)[1].

	Eau de point	Eau bêche	Eau chaudière	Vapeur condense
pH	7,6	8,5	11,5	8,5
TH ( F°)	0	0	0	0
TA ( F°)	0	Trace	75	Traces
TAC ( F° )	20	10	100	1
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	3	1,5	15	0
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	7	3,5	35	0
Fe <sup>+2</sup> (mg/l)	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	-	-	25	-
Conductivité(μs/cm)	460	230	5000	10

### II.4.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel d'hydrogène (pH) est une échelle logarithmique dont la plage va de 0-14, ce qui se traduit par une acidité ou une alcalinité et une neutralité égales à 7. La valeur du pH est de valeur maximale dans de nombreuses étapes de traitement, telles que la coagulation, la floculation, la rétention minérale sur les filtres, purification et achèvement des traitements [16].

### II.4.2. Conductivité

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire l'électricité. Elle varie avec la présence, la concentration et le mouvement des ions Avec la température de l'échantillon. Il s'agit de la concentration et du type de substances dissoutes [17] .

### II.4.3. La température

Le facteur le plus important dans l'analyse de l'eau. Pour lui effet direct sur le comportement de diverses substances présentes dans l'eau (La solubilité des sels, en particulier des gaz, en particulier O<sub>2</sub>) et a un impact significatif sur l'activité biologique (métabolisme de la croissance microbienne dans l'eau)[18].

### II.4.4. Titre alcalimétrique (TA) et Titre alcalimétrique complet (TAC)

Dans les eaux naturelles, elle résulte de la présence d'hydrogénocarbonates, de carbonates et d'hydroxydes. L'alcalinité de l'eau, à l'opposé de l'acidité, correspond aux bases acides faibles et aux sels.

TA et TAC sont mesurés à partir du même échantillon en même temps. La valeur de ces deux mesures permet de connaître la concentration en bicarbonates et carbonates dans l'eau [16].

### II.4.5. La dureté (hydrométrie)

La somme des concentrations de cations minéraux, à l'exception des métaux alcalins et des ions hydrogène. Dans la plupart des cas, la dureté est principalement attribuée aux ions calcium et magnésium.  $\text{CaCO}_3$  est la concentration de carbonate de calcium. Le titre de l'hydrométrie fait référence à la teneur totale en ions alcalino-terreux présents dans l'eau [10], on distingue tous les sels de calcium et de magnésium TH totale

$$(\text{où TH} = \text{TH Ca}^{+2} + \text{TH Mg}^{+2})[16].$$

### II.4.6. Fer

Les eaux souterraines contiennent une quantité importante de fer, car elles sont considérées comme un élément de la croûte terrestre à raison de 4,5 à 5 %. Ce sont aussi les conditions physiques et hydrologiques (infiltration des sols, rejets industriels, corrosion des canalisations métalliques) qui déterminent les proportions de sa présence dans l'eau [19].

### II.4.7. Teneur en silice

La silice se trouve dans la plupart des minéraux et de nombreuses algues telles que les diatomées. On le trouve donc dans les eaux naturelles, notamment les eaux de surface, sous forme de sels d'acide silicique ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ), les sels d'acide silicique peuvent présenter des inconvénients importants dans les applications industrielles de l'eau [20].

La solubilité des sels d'acide silicique diminue souvent avec l'augmentation de la température, entraînant des précipitations dans les circuits d'eau.

Les moyens de se débarrasser de la silice présente en faible quantité sous forme colloïdale sont :

- Traitement à la chaux qui permet à la silice d'être absorbée par les dépôts de magnésium.
- Adsorption sur hydroxyde de fer dans les procédés de coagulation des sels fer
- Notamment le traitement des résines échangeuses d'ions lors de l'utilisation d'eau.

### **II.4.8. Chlorures**

Les chlorures sont présents dans toutes les eaux avec des concentrations variables et leur présence excessive dans l'eau. Il provoque la corrosion dans les réseaux de distribution. L'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir plus de 0,3 mg/l de fer[17].

### **II.4.9. Phosphate**

L'enrichissement des lacs, rivières et mers en nutriments Le phosphate est responsable de ce phénomène en général et de son accélération [19].

## **II.5. Qualité des eaux chaudière**

### **II.5.1. Eau naturelle**

L'eau naturelle contient de nombreuses impuretés, qui sont constituées de substances minérales ou organiques en suspension, de substances colloïdales (d'origine organique), de sels minéraux dissous (bicarbonates, phosphates, chlorures, nitrates, oxygène dissous, gaz carbonique)[20].

### **II.5.2. Eaux brutes industrielles**

L'eau qui a subi un prétraitement contient les mêmes types d'impuretés à une concentration plus faible. Il peut également contenir des agents chimiques utilisés lors du prétraitement en raison d'une injection excessive. C'est le milieu par lequel on trouve habituellement le chlore libre et le sulfate aluminium ou chlorure ferrique [20].

## **II.6. Traitement des eaux chaudière**

### **II.6.1. Prétraitement**

Il s'agit d'un ensemble de procédés physiques et chimiques visant à séparer l'eau brute de tous les matériaux solides volumineux susceptibles de provoquer le colmatage des canalisations de l'installation de traitement ainsi que des matières flottantes et des huiles qui ne peuvent pas se mélanger à l'eau et qui sont moins dense qu'elle ne l'est en général.

Ces processus physiques et chimiques sont [1] :

- **Dégrillage**

A ce stade, les gros matériaux sont séparés, et son principe est très simple, car l'eau brute est passée à travers des réseaux constitués de tiges verticales ou inclinées [1].

- **Dessablage**

À ce stade, le sable et le gravier sont retirés de l'eau par des dispositifs spéciaux [1].

- **Tamissage**

A ce stade, un examen approfondi est effectué en filtrant l'eau brute sur toile, grillage ou tôle perforée [1].

- **Décaulage**

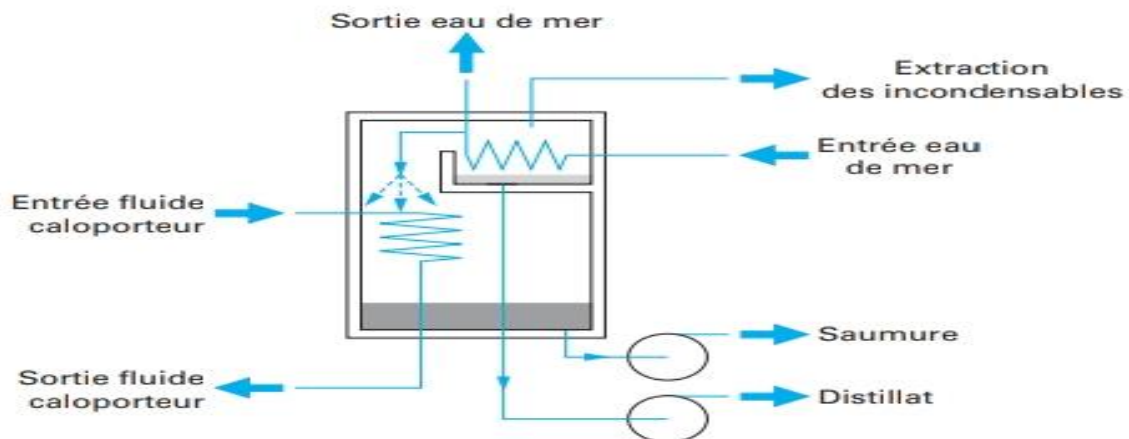
A ce stade, les huiles sont éliminées et tous les matériaux flottants dans l'eau, qui sont moins denses que sa densité, sont extraits. [1].

### II.6.2. Traitement par dessalement

#### II.6.2.1. Opérations de distillation

Opérations de distillation Ce sont des processus dans lesquels l'eau de mer est chauffée de sorte qu'une partie de celle-ci s'évapore et la vapeur générée par cette méthode ne contient pas de sels, car il suffit de condenser cette vapeur pour obtenir de l'eau, qui est en fait liée à l'accélération de l'eau naturelle cycle [21].

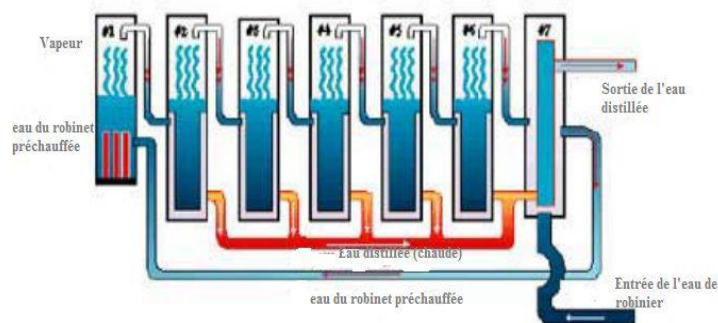
- **Distillation simple effet** : Dans cette technique, l'eau de mer est d'abord portée à ébullition, puis la vapeur d'eau monte, qui se condense au contact du premier serpentín dans lequel le liquide refroidi circule à travers un second serpentín contenant de l'eau froide. Quant aux sels dissous dans l'eau, ils ne sont pas sujets à évaporation dans ces conditions à partir d'eau pure. Les fabricants ont spécifié 60 et 65°C comme température maximale pour ce processus, afin de réduire le volume avec un anticalcaire. L'augmentation de ces températures réduit considérablement la corrosion et cela se traduit par une eau dessalée très pure [22].



**Figure II.1:** Schéma de principe de procédé de distillation à simple effet [22].

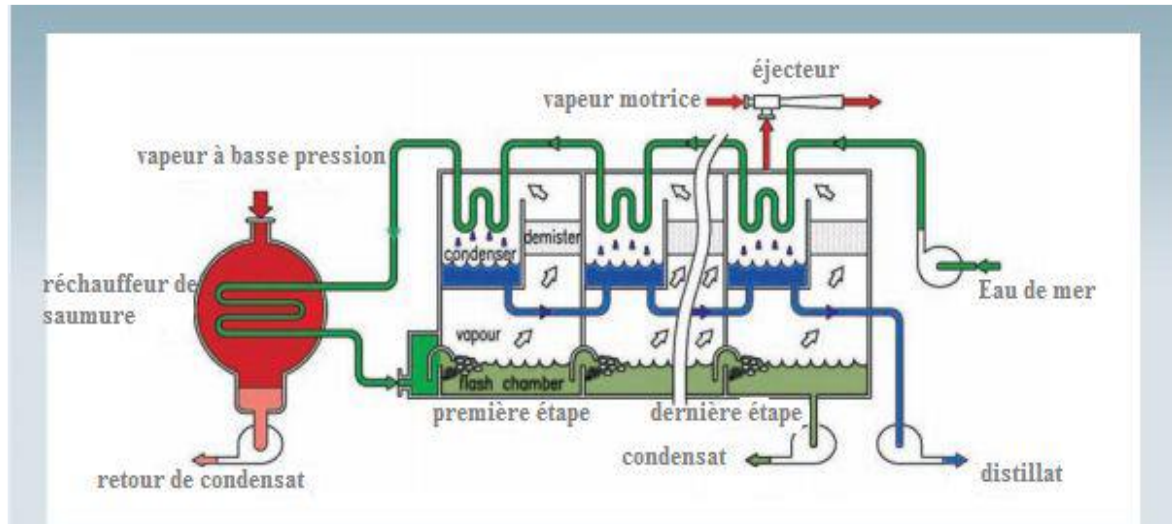
- **Distillation multi-effets** : La distillation multi-effets consiste en un réseau de serpentíns de chauffage horizontaux disposés dans un groupe de chambres dans lesquelles la pression chute de la première chambre à la seconde et ainsi de suite. L'eau d'alimentation traverse la chambre verticalement et une partie de cette eau s'évapore et la concentration

diminue dans la chambre suivante. Ce processus est répété jusqu'à ce que l'eau pulvérisée soit épuisée. Ensuite, toutes les vapeurs sont contenues et l'eau résultante est récupérée. Le plus souvent, les tirs multipistes sont disposés verticalement et l'eau d'alimentation passe à travers un tube immergé dans un bain de vapeur où l'eau de mer s'évapore en laissant une solution de saumure s'écouler [23]. Cette technologie fonctionne dans une plage de température de 70 à 80 degrés Celsius [24].



**Figure II.2:** Schéma principe de distillation à effet multiple [23].

- **Distillation en plusieurs étapes (flash avec expansions de phase) :** Cette technologie fonctionne en chauffant l'eau de mer et en le stérilisant à l'aide de cellules successives à haute température et basse pression, une partie de l'eau salée s'évapore dans chaque cellule, et la température dans celle-ci varie entre 40 et 110 degrés Celsius de la première cellule à la dernière cellule [25]. Il s'agit d'une technologie qui réduit les effets de tartre des gouttes multiples, car cette technologie fonctionne en chauffant l'eau dans différents condenseurs à chaque étape avant qu'elle ne soit introduite dans le réchauffeur, ce qui permet à la température de l'eau d'augmenter. Le premier évaporateur où la pression est inférieure à la pression de saturation, ce qui se traduit par une évaporation instantanée par démarrage éclair. Ensuite, la vapeur résultante se condense lorsqu'elle entre en contact avec le condenseur de l'étage respectif et l'eau douce (condensée) est collectée au moyen d'une diminution de la température, ce qui entraîne une diminution de la pression, ce qui entraîne le mouvement de l'eau entre les étages sans recourir aux pompes [24].



**Figure II.3:** Diagramme du processus Flash multi-étapes [23].

### II.6.2.2. Procédés membranaires

Les membranes jouent un rôle important et efficace dans la séparation des sels minéraux [26], car leur principe est l'extraction physique des micro-organismes et non leurs éliminations chimiques, et seules des réactifs chimiques sont utilisées pour leur entretien [22].

La membrane est considérée comme une barrière sélective, car elle laisse passer certains éléments et en retient d'autres selon leurs propriétés sous l'influence de la force motrice [27].

Cette technologie permet la production d'eau pure et fraîche de haute qualité [22]. Les membranes les plus utilisées dans le dessalement sont l'électrodialyse (ED) et l'osmose inverse (RO) [26].

- **Osmose inverse :** L'osmose inverse est un processus qui sépare les substances solides et solubles, les bactéries, les virus et les matières organiques dans l'eau à l'aide d'une membrane semi-perméable. C'est un processus qui nécessite suffisamment de pression pour forcer l'eau pure à travers une membrane, c'est pourquoi on l'appelle l'inverse. Ce procédé donne de très bons résultats car il élimine 95 à 99% des particules solides et 99% des micro-organismes [24].

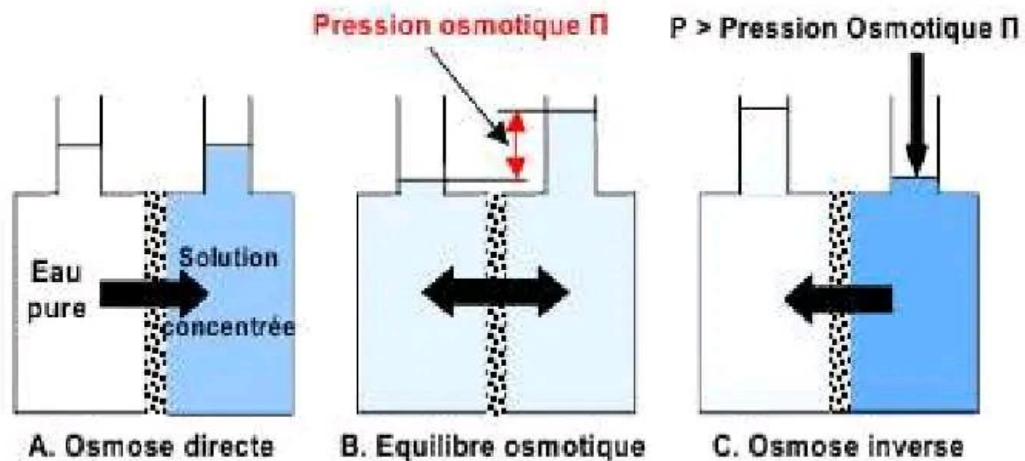


Figure II.4 : Principe d'osmose inverse [27].

- Lavage électrolytique :** Cette technique était utilisée dix ans avant l'utilisation de l'osmose inverse, et c'est la technique la plus répandue dans laquelle on utilise un ensemble de membranes échangeuses d'ions perpendiculaires, disposées en alternance avec un champ électrique [28]. Lorsque des membranes positives (appauvrissant en cations) et anioniques (perméables aux anions) disposées en parallèle et en alternance sont utilisées sous l'action du champ électrique appliqué, car elle empêche le passage des anions et permet le passage des cations dus à l'anode et à la cathode [28]. La rotation parallèle au plan des membranes permet la régénération de la solution dans les compartiments, et au moyen de deux électrodes parallèles au plan des membranes, le courant est injecté dans le système et finalement placé dans l'appareil d'électrodialyse [28].

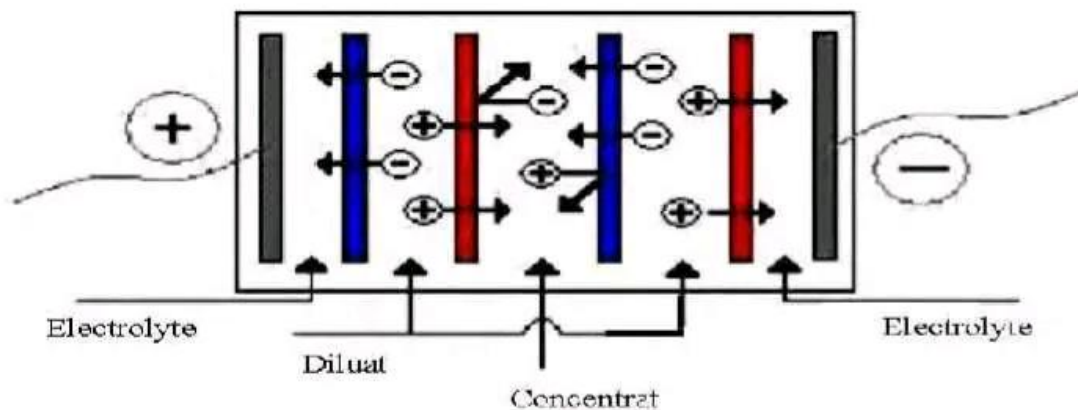


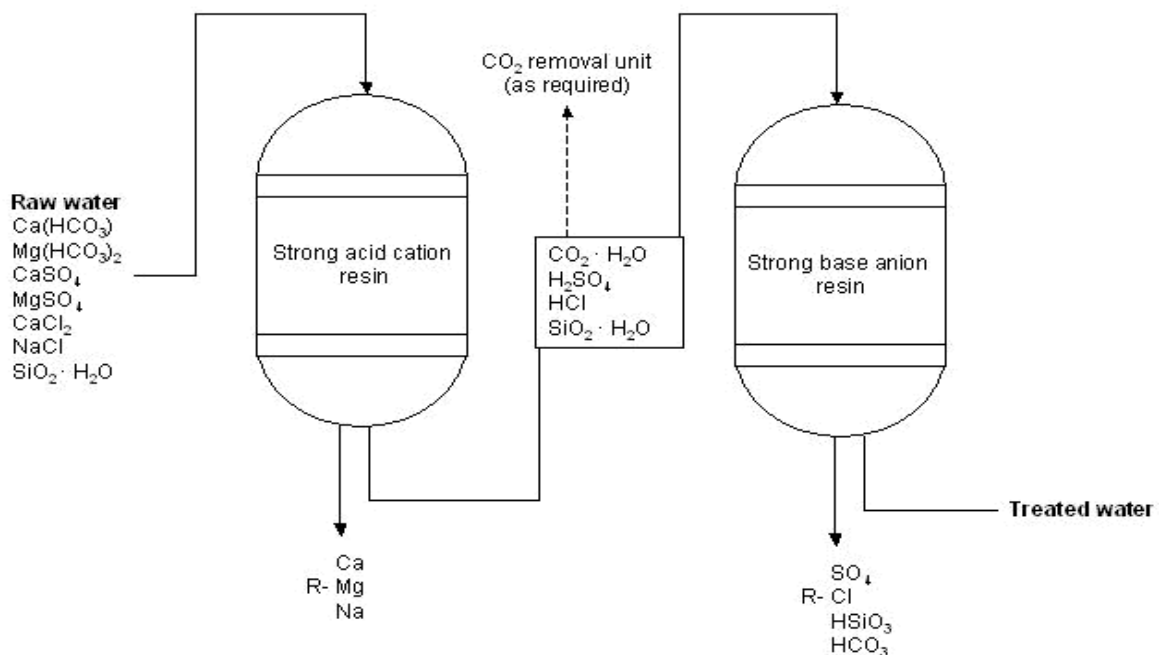
Figure II.5: Principe de l'électrodialyse conventionnelle.

### II.6.3. Déminéralisation

Le principe de l'échange d'ions est la filtration et la stabilisation d'une solution chargée de composés minéraux (sels, acides, bases) sur un support solide et granuleux sur lequel sont fixés certains ions [20].

C'est une technique utilisée dans l'eau à faible salinité afin d'éliminer les ions qui y sont dissous et de les remplacer par d'autres ions de même charge électrique ou similaire [29], où la résine utilise des ions négatifs pour échanger les anions de la solution par  $\text{OH}^-$  et résine positive des ions permettant de remplacer les cations par des ions  $\text{H}^+$  [30].

Ce processus est quelque peu utile pour éliminer les minéraux de l'eau afin d'obtenir de l'eau pure [30], L'efficacité du processus de déminéralisation dépend des conditions de l'eau entrante, de la conception de l'installation (en amont ou à contre-courant), du type de résine utilisée, ainsi que du type et de la concentration du régénérateur. Dans les procédés industriels, le procédé de déminéralisation est généralement utilisé lorsque l'eau d'alimentation de chaudière nécessite un très faible taux de sels dissous dans procédé [29].



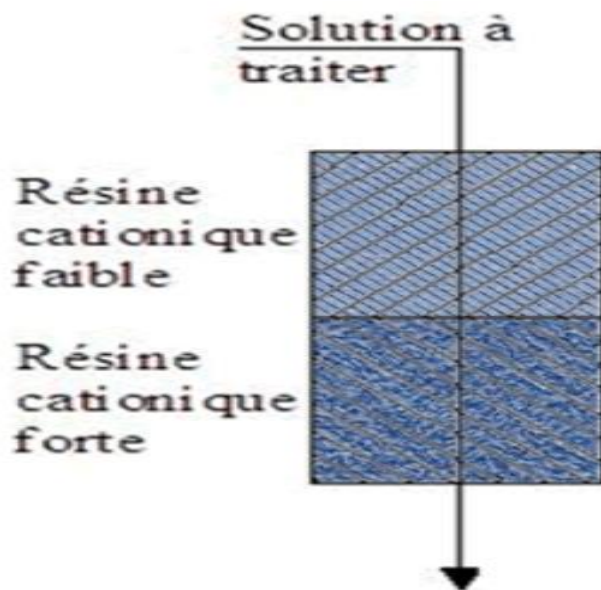
**Figure II.6:** Schéma de déminéralisation totale.

La régénération des résines doit se poursuivre pour obtenir des performances acceptables, Il existe deux grands groupes de résines échangeuses d'ions [20] :

- **Résines cationiques**

Elles jouent un rôle dans la stabilisation complète ou partielle des résines ioniques cationiques que sont le magnésium ( $Mg^{+2}$ ), le calcium ( $Ca^{+2}$ ), le potassium ( $K^+$ ), le sodium ( $Na^+$ ) et le fer ( $Fe^{+2}$ ). Il existe deux couches de résines cationiques [20]:

- ✓ Couche de cation faible ou de résine d'acide carboxylique. Les résines d'acide carboxylique ont la propriété de remplacer les ions  $H^+$  uniquement par des ions de sels d'acides faibles, mais pas par des sels d'acides forts. Son nom est dû à la présence d'un radical acide carboxylique ( $COOH$ , un acide faible) dans sa structure chimique.
- ✓ Une couche de résines à cations forts ou de résines soufrées : Le nom de résine sulfonique est dérivé de la présence d'un résidu sulfonique ( $SO_3H$ , un acide fort). Cette résine échange ses ions  $H^+$  avec tous les cations de la solution (dont ces cations dérivent des sels) d'acides forts ou de sels d'acides faibles).



**Figure II.7:** Schéma de résine cationique.

- **Résines Anionique**

Elles jouent un rôle dans la stabilisation totale ou partielle des résines anioniques que sont les chlorures ( $Cl^-$ ), les chlorures bicarbonates ( $HCO_3^-$ ), les sulfates ( $SO_4^-$ ), les nitrates ( $NO_3^-$ ) et la silice ( $SiO_2$ ) [31]. Ces anions sont divisés en deux parties [17]:

- Échangeurs basiques forts : Ces anions travaillent à reformer des acides faibles tels que l'acide carbonique et l'acide de silice.
- Les échangeurs de bases faibles : Ces échanges reforment les acides forts.

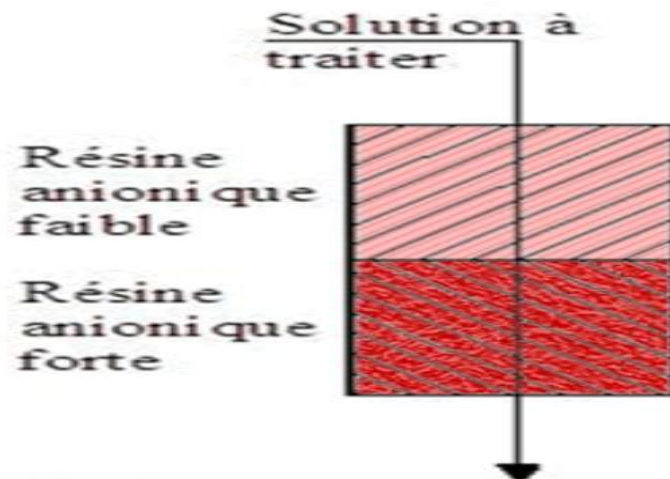


Figure II.8 : Schéma de résine anionique

### II.6.4. dégazeur

Le premier objectif du dégazeur est d'éliminer les gaz dissous dans l'eau tels que ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) et de chauffer l'eau, car ce dernier contient un réchauffeur en acier inoxydable et un condenseur d'évent [31].

Les gaz sont éliminés par un évent dans l'atmosphère. La vapeur et l'eau se mélangent en partie basse, provoquant une légère élévation de température, ce qui conduit à une ébullition violente, qui assure une bonne évacuation mécanique des vapeurs [31].



Figure II.9: Dégazeur

### ▪ Dégazeur physique

L'eau provient des stations de stockage (eau traitée) et passe par une vanne circulaire qui comprend 11 gicleurs, où ces gicleurs travaillent pour briser cette eau, car la vapeur passe à contre-courant pour expulser les gaz, dont le plus important est l'O<sub>2</sub>.

### ▪ Dégazeur chimique

Et pour obtenir un meilleur résultat et se débarrasser des effets résiduels de ces gaz, en particulier l'oxygène dissous dans l'eau, il faut ajouter certains produits chimiques, qui interagissent spécifiquement et directement avec l'oxygène, et parmi ces matériaux les plus utilisés qui sont ajoutés à ce étape, on trouve de l'hydrazine pour se débarrasser de l'oxygène dissous dans l'eau, ainsi que de la morpholine, qui à son tour agit pour augmenter le pH de l'eau [31].

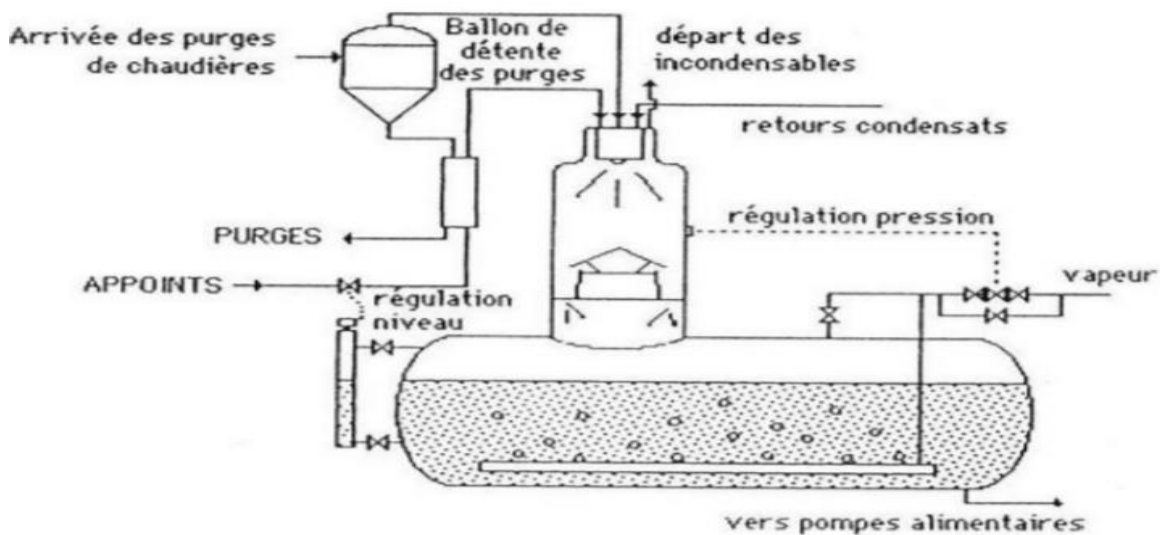


Figure II.10: Schéma de dégazage dans une chaudière [2].

### II.6.5. Traitement avec une solution de phosphate de sodium

Ce traitement chimique se fait en ajoutant une solution de phosphate de sodium avant que l'eau d'alimentation n'entre dans le réservoir supérieur. L'ajout d'une solution de phosphate permet d'ajuster le pH de 9,5 à 11. Il permet également l'élimination des sels minéraux, qui sont les principaux composants à l'origine de la croûte résultant de la température élevée du métal durci. Parmi ces sels qui sont éliminés le carbonate, le sulfate, le chlorure, le calcium et le magnésium. De plus, la solution de phosphate aide à dissoudre la silice dans l'eau et empêche sa volatilisation [32].



**Chapitre III**  
**Présentation de la raffinerie de**  
**RA1/K**

### **III.1. Introduction**

Nous avons choisi la Raffinerie de Skikda pour la Pétrochimie RA1/k comme site de notre formation scientifique et pratique afin de connaître la qualité et le type d'eau de chaudière. Dans ce chapitre, nous avons fait une description complète de cette raffinerie.

### **III.2. Historique et Présentation de la RA1/K**

#### **III.2.1. Vue Historique sur l'Organisation de l'Activité Raffinage**

À l'origine, le raffinage était une activité intégrée dans la société nationale SONATRACH. A partir du 01 Janvier 1982, le raffinage et la distribution des produits pétroliers sont séparés et érigés en Entreprise Nationale de Raffinage et de Distribution de Produits Pétroliers (ERDP-NAFTAL).

L'E.R.D.P créée par décret N°80-101 du 06 Avril 1980 dans le cadre de la restructuration de SONATRACH, et mise en place le 01 Janvier 1982. L'E.R.D.P est placée sous tutelle du ministère de l'énergie et des industries pétrochimiques. A partir du 02 Février 1985, l'E.R.D.P a été transformée sous le nom commercial qui est « NAFTAL » cette dernière est subdivisée en 04 unités à savoir :

- Unité NAFTAL de Raffinage
- Unité NAFTAL de Distribution
- Unité NAFTAL Portuaire
- Unité NAFTAL de Maintenance

L'effectif de l'entreprise NAFTAL est environ de 35.000 travailleurs, elle est présente sur tout le territoire national.

A compter du 25 Août 1987 et par décret N°87-190 fut créé l'entreprise nationale « NAFTEC » de l'entreprise nationale NAFTAL et mise en place le 02 Janvier 1988. L'entreprise « NAFTEC » a pour mission de promouvoir, développer, gérer et organiser l'industrie du raffinage : traitement du pétrole brut et du condensât, ainsi que du brut réduit importé (BRI) en vue d'obtenir des produits raffinés destinés à la consommation nationale et à l'exportation.

Le nombre total des travailleurs est environ : 35000 travailleurs, présents sur l'ensemble de trois (03) raffineries (Skikda, Alger, Arzew) plus la direction générale.

La capacité totale de l'entreprise « NAFTEC » seulement est de (24.791.100 t/an).

Actuellement, SONATRACH gère l'ensemble des quatre (04) raffineries se trouvant dans les villes de : Skikda, Alger, Arzew et HASSI MASAOUD.

SONATRACH « Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la

## **Chapitre III Présentation de la raffinerie RA1/K**

---

Transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures S.P.A » est une entreprise publique algérienne et un acteur majeur de l'industrie pétrolière.

SONATRACH est une compagnie nationale algérienne d'envergure internationale ; c'est la clé de voûte de l'économie algérienne.

Le groupe pétrolier et gazier SONATRACH intervient dans l'exploration, la production, le transport par canalisation, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés.

SONATRACH se développe également dans les activités de pétrochimie, de génération électrique, d'énergies nouvelles et renouvelables, de dessalement d'eau de mer et d'exploitation minière.

La création de SONATRACH, le 31 décembre 1963, répond au souci d'une mobilisation des ressources de la rente pétrolière perçue très tôt comme un élément moteur dans le développement de l'Algérie. Au fil des années, elle devient un puissant élément d'intégration nationale et de stabilité et de développement économique et social.

Afrique (Mali, Tunisie, Niger, Libye, Égypte, Mauritanie), en Europe (Espagne, Italie, Portugal, Grande-Bretagne, France), en Amérique latine (Pérou) et aux États-Unis.

L'entreprise emploie 41 204 salariés (120 000 avec ses filiales), génère 30 % du PNB de l'Algérie. En 2005, sa production est de 232,3 millions de TEP, dont 11,7 % (24 millions de TEP) pour le marché intérieur.

En 2009, son chiffre d'affaires s'élevait à 77 milliards US\$. Par le chiffre d'affaires, SONATRACH est de loin la première compagnie africaine.

SONATRACH est le groupe pétrolier au niveau mondial, le premier en Afrique et dans le Bassin méditerranéen, LEEX PORTATEUR de GNL, le 3<sup>e</sup> exportateur de GPL et l'exportateur de gaz naturel.

### **III.2.2. La Raffinerie de Skikda (RA1/K)**

#### **III.2.2.1. Présentation de la Raffinerie de Skikda**

Le complexe de raffinerie de pétrole de SKIKDA (RA1/K), a pour mission de transformer le pétrole brut provenant de HASSI MESSAOUD avec une capacité de traitement (18 millions t/an), ainsi que le brut réduit importé (295.000 t/an).

#### **III.2.2.2. Situation**

Cette raffinerie est située dans la zone industrielle à 7 Km à l'est de Skikda et à 2 Km de la mer, elle est aménagée sur une superficie de 190 hectares.



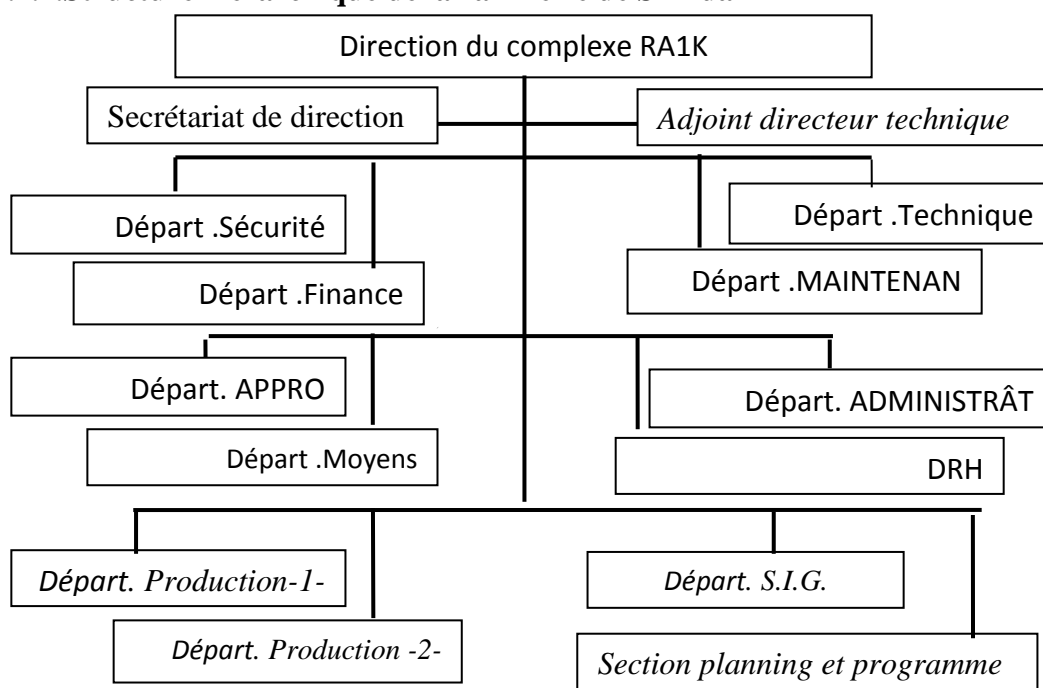


**Figure III.2 : historique de RA1K**

L'inauguration officielle du complexe à lieu, environ 03 ans plus tard (27 novembre 1983), LECÔUT total de cette réalisation étant de 3 402 872 000 DA (1milliard \$)

Il faut noter qu'il y a deux nouvelles unités, construites par la société japonaise J-G-C Corporation, ces deux unités sont : l'unité de prétraitement et de reforming catalytique (PLATFORMING U103) et l'unité de traitement et séparation des gaz (GPL.U104), ces deux unités ont démarré en octobre 1993.

### III.2.2.4. Structure hiérarchique de la raffinerie de Skikda



**Figure III.3 : Organigramme de la raffinerie de Skikda RA1K**

### III.2.2.5. Présentation Générale des Unités de la Raffinerie de Skikda

La raffinerie est divisée en différentes zones et en outre, elle comprend 15 unités de production

- Unité 10/11 de Distillation Atmosphérique (TOPPING) ;
- Unité 100 de Prétraitement et de Reforming Catalytique(MAGNAFORMING) ;
- Unité 101/103 de Prétraitement et de Reforming Catalytique (PLATFORMING) ;
- Unité 30/31 et 104 de Traitement et Séparation des Gaz (Gaz-Plant) ;
- Unité 200 d'Extraction des Aromatiques ;
- Unité 500 de l'Isomérisation de MÊTAXYLÈNE et ORTHOXYLÈNE en Paraxylène ;
- Unité 400 de Cristallisation et Séparation du Paraxylène ;
- Unité 70 de Distillation Sous Vide (Production des Bitumes) ;
- Unité 600 de Stockage, Mélange et Expédition (MELEX) ;
- Unité 900 de Purification de l'hydrogène (HPU) ;
  
- Unité Centrale Thermique Electrique et Utilités(C.T.E-U-1050/1051) ;
- **Unité de Distillation Atmosphérique U-10/11**

TOPPING ou distillation atmosphérique a pour but de fractionner le brut en différentes coupes stabilisées, pouvant être utilisées pour l'obtention de produits finis (Naphta, Gasoil, Jet A1) ou devant alimenter d'autres unités situées en aval (MAGNAFORMING, PALTFORMGIN , Gaz-Plant...)

- **Unités de Reforming Catalytique (MAGNAFORMING- PALTFORMGIN) U-100 et U-103**

Le MAGNAFORMING et PLATFORMING a pour but de transformer le naphta moyenne et lourde obtenue à partir du TOPPING en un produit (Reformat) utilisé comme charge pour les unités d'aromatiques (unités 200 et 400). Cette transformation qui a pour conséquence une augmentation de l'indice d'octane, permet aussi d'utiliser le réformât obtenu pour la fabrication des essences.

- **Unités de Traitement et Séparation du GPL U-30/31 et U-104**

Ces unités ont pour but de séparer à partir des GPL obtenus des unités Topping et MAGNAFORMING ainsi que PALTFORMING ; le Butane et le Propane commercial, le reste est utilisé comme fuel gaz.

- **Unité d'Extraction des Aromatiques U-200**

Cette unité utilise une charge obtenue à partir de l'unité de MAGNAFORMIG ; elle permet de séparer le Benzène et le Toluène des autres familles d'hydrocarbures. Le mélange Benzène-Toluène est ensuite fractionné en vue de l'obtention de produits à très haute pureté.

### ➤ **Unité de Cristallisation du Paraxylène U-400**

Cette unité utilise aussi une charge venant de l'unité de MAGNAFORMIG ; elle permet par cristallisation de séparer le Paraxylène des autres xylènes (Méta-Ortho-) et ETHYLBENZNE. Le Paraxylène est commercialisé sous forme de mélange Xylène pouvant être utilisé comme solvant pour la fabrication des peintures.

### ➤ **Unité de Production et Conditionnement des Bitumes U-70**

Cette unité est constituée de deux sections :

La section Bitume Routier : elle produit par distillation sous vide d'un brut réduit importé, du bitume routier.

La section Bitume Oxydé : cette section utilise comme charge une partie du bitume et du SLOP wax produit avec de l'air dans un réacteur, elle permet d'obtenir le bitume oxydé, qui après conditionnement (mis en sachet) peut être utilisé pour les revêtements, l'étanchéité.

### ➤ **Unité de Centrale Thermique Electrique et les utilités (CTE1-1050,CTE2- 1051)**

La centrale thermique électrique et utilités est conçue par la production, le conditionnement et la distribution au sein de la raffinerie des utilités suivantes :

- Air comprimé ;
- Vapeur basse, moyenne et haute pression ;
- Eau de refroidissement, eaux potables et anti-incendie ;
- Azote (gaz inerte) ;
- Fuel gaz et gaz naturel ;
- Electricité.

### ➤ **Unité de Stockage, Mélange et Expédition U-600**

La raffinerie possède une capacité de stockage de 2.500.000 m<sup>3</sup> environ. L'unité comprend tous les équipements nécessaires au mouvement BLENDING et exportation des produits finis. L'évacuation des produits finis se fait par un réseau de canalisation vers les deux ports de Skikda, les dépôts GPL et carburants de Skikda, ainsi que les centres d'installations intégrées de distributions du KHROUB à Constantine. L'évacuation du bitume routier se fait quant à elle par camions et par pipelines vers le port.

La raffinerie de Skikda est conçue pour permettre la production de carburant, aromatiques, bitumes et gaz selon les répartitions suivantes :

- Propane-Butane : utilisation domestique
- Essence normale-Essence Super : utilisation automobile
- Naphta A- B-C : industrie pétrochimique

### Chapitre III Présentation de la raffinerie RA1/K

- Kérosène-Jet A1 : Transport aérien
- Gasoil : véhicules lourdes, utilisation domestique
- Aromatiques-Benzène : utilisation peinture, plastique, pharmaceutique.
- Bitume routier-Bitume oxydé : pour le pavage, revêtement d'étanchéité
- Bunker-Fuel OIL-Fuel OI lourd : pour le transport maritime plus chaudière
- Unité de Purification de L'hydrogène U-900 :

Cette unité a comme charge l'hydrogène venant des différentes unités, elle permet de le purifié.

#### ➤ Unité de l'isomérisation U-500(nouvelle installation)

L'Unité d'isomérisation a pour but: la DÉSALKYLATION catalytique de L'ÉTHYLBENZÈNE au benzène et l'isomérisation de l'Ortho-xylène et du Méta-xylène au Para-xylène.

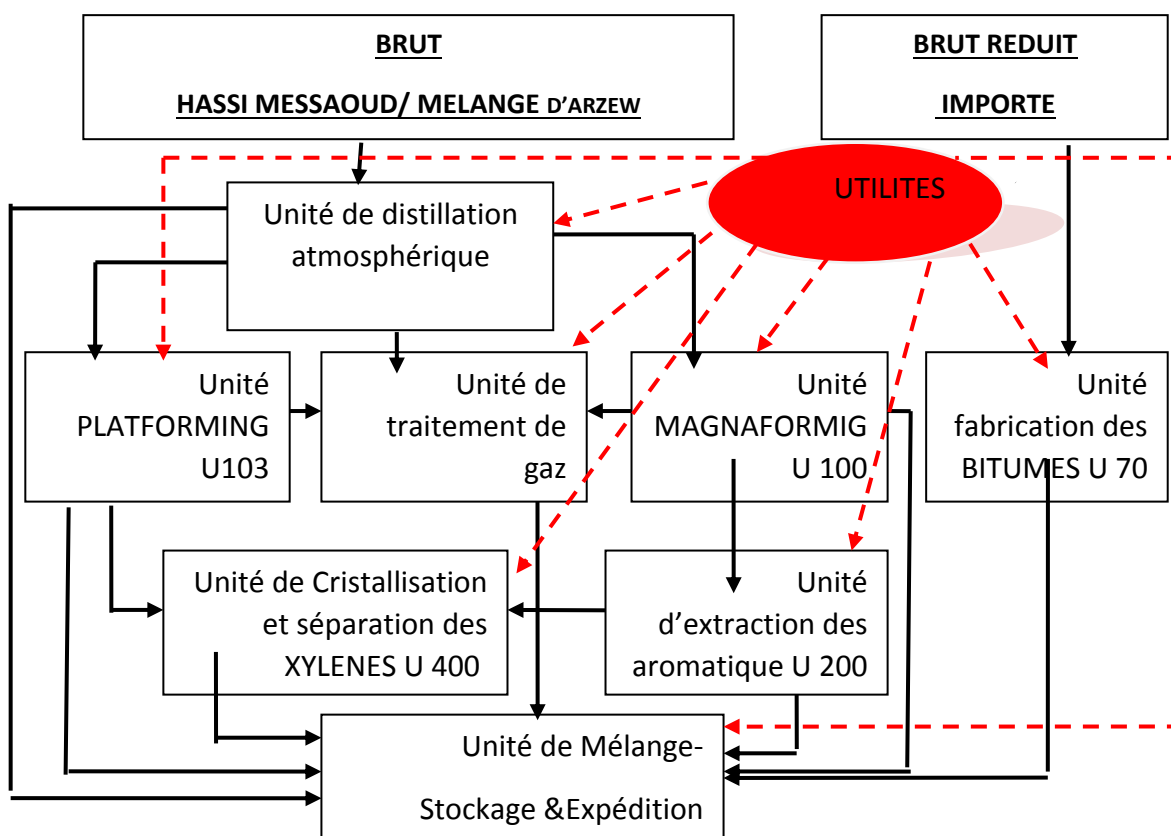


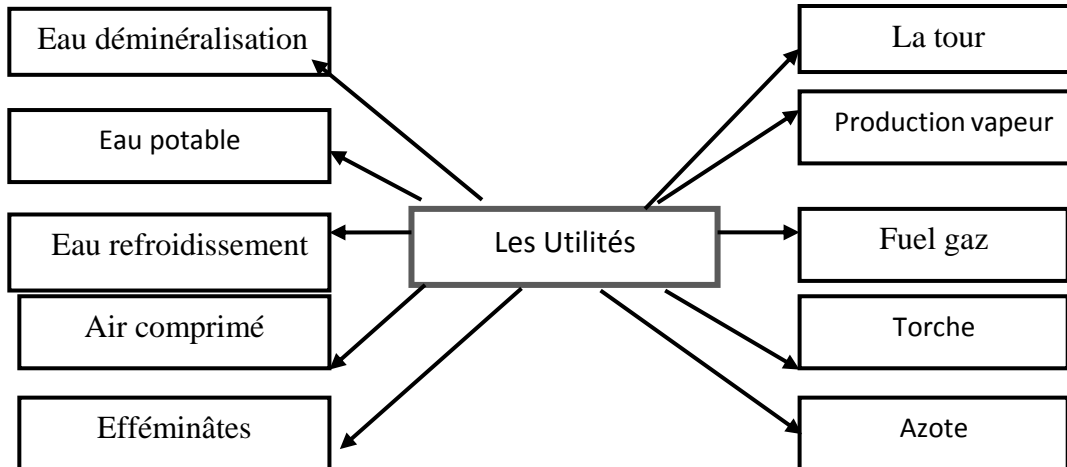
Figure III.4 :Représentation générale des différentes unités de la raffinerie de SKIKDA (RA1K)

### III.3. Présentation d'Unité de Centrale Thermique Electrique CTE2 (les utilités) U-1051

L'unité CTE2 a été conçue en 2013 pour la production. Elle assure les utilités indispensables pour le marché de toutes les unités.

Les unités sont divisées en différentes zones et en outre, elle comprend 10 unités de production :

- Unités 63 : eau déminéralisation
- Unités 1022 : LA TOUR
- Unités 1031 : eaux potables
- Unités 1051 : Production vapeur (chaudière MP) G1 G2 G3 G4 G5
- Unités 1061 : système eau refroidissement
- Unités 1071 : Système Fuel gaz
- Unités 1082 : Air comprimé
- Unités 1091 : Torche
- Unités 1101 : Traitement des efféminâtes
- Unités 1111 : Production Azote (N<sub>2</sub>)



**Figure III.5 :** Représentation générale des différentes unités de la CTE2 de SKIKDA(RA1K)

### III.4. Présentation de la chaudière d'Unité de CTE-1051

Il y a cinq chaudières au cte2, dont trois sont opérationnelles et deux sont de rechange. Les sources d'eau de chaudière proviennent de barrages (ADE) ou d'eau dessalée. Ces chaudières produisent de la vapeur qui est envoyée à la centrale électrique et à quelques autres stations.

Types de gaz dans ces chaudières:

- MP ou MS : vapeur à 30 bar de pression et 330°C.
- LS : vapeur à des pressions de 3,5 à 4,5 bar et à une température de 180 °C.

- IP : vapeur sous 11bar de pression.

La source de vapeur particulière au sein de l'unité 1052 est un générateur à turbine STG = 14 MW.



**Figure III.6 :** Chaudière de la CTE 2

### III.5. Présentation de laboratoire de RA1K

#### III.5.1. Présentation

Le service laboratoire dépend du département technique, le laboratoire de la raffinerie est un laboratoire de contrôle des unités et d'analyse des produits finis commercialisés soit sur le marché extérieur, soit sur le marché intérieur. Il comporte cinq sections :

##### a). Section des eaux

C'est la section où on contrôle l'unité des utilités, qui se présentent sous différentes branches : les chaudières, traitement des eaux résiduaires, eau déminéralisée. (TA, TAC, TH, Cl<sup>-</sup>, PH, conductivité,...).

Le laboratoire contrôle et assure le suivi de la qualité de toutes les sources d'eau utilisées. Les analyses des eaux réalisées sont :

- Chlorures (Cl<sup>-</sup>) (faibles teneurs)
- Ca et Mg
- Fer
- Le pH
- La résistivité
- PO<sub>4</sub>

- SiO<sub>2</sub>
- TH
- TA
- TAC

### b). Section routine

Salle de routine : contrôle du TOPPING (U10/11) les analyses les plus importants sont : Distillation, détermination de la densité, du point d'éclair, de la viscosité et TVR. Salle des bitumes : contrôle de l'unité des bitumes (U70) les analyses sont : La pénétration, le ramollissement, la densité par pycnomètre.

### c). Section des produits finis

Le contrôle des bacs des produits finis prêtes à être commercialisé soit sur le marché intérieur ou Extérieur. Les analyses : densité, distillation, l'acidité, viscosité, point d'écoulement, point de Congélation, point d'éclair, point de fumées.

- **Salle des analyses spéciales** : c'est le contrôle de toutes les unités.
- **Les analyses**: détermination des métaux (Na<sup>+</sup>, Pd<sup>+2</sup>, Cl) et de (HCL, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S).

### d).Section motrice CFR : (moteur CFR)

Contrôle les unités de MAGNAFORMING (U100) et reforming (U101/103) sur les essences ainsi que les essences finis.

L'analyse la plus importante c'est l'indice d'octane suivi de l'indice de cétane.

Cette section procède aussi à l'analyse de l'eau par méthode de water SÉPAROMÉTRE sur le jet-A1.

### e).Section chromatographie

C'est le contrôle des unités extractions des aromatiques (U200), production des xylènes (U400), séparation des gaz (U30/31/104) et des unités telles que le MAGNAFORMING et le reforming. Elle contrôle aussi les bacs intermédiaires et les produits finis comme le benzène, le toluène, le para xylène et les xylènes.

Pour conclure le laboratoire est doté d'un vestiaire, des douches, d'un secrétariat, d'un bureau des chefs de section, d'un autre de chefs de service ainsi qu'un magasin et d'une salle de lavage.

III.5.2. Structure hiérarchique de laboratoire de la raffinerie :

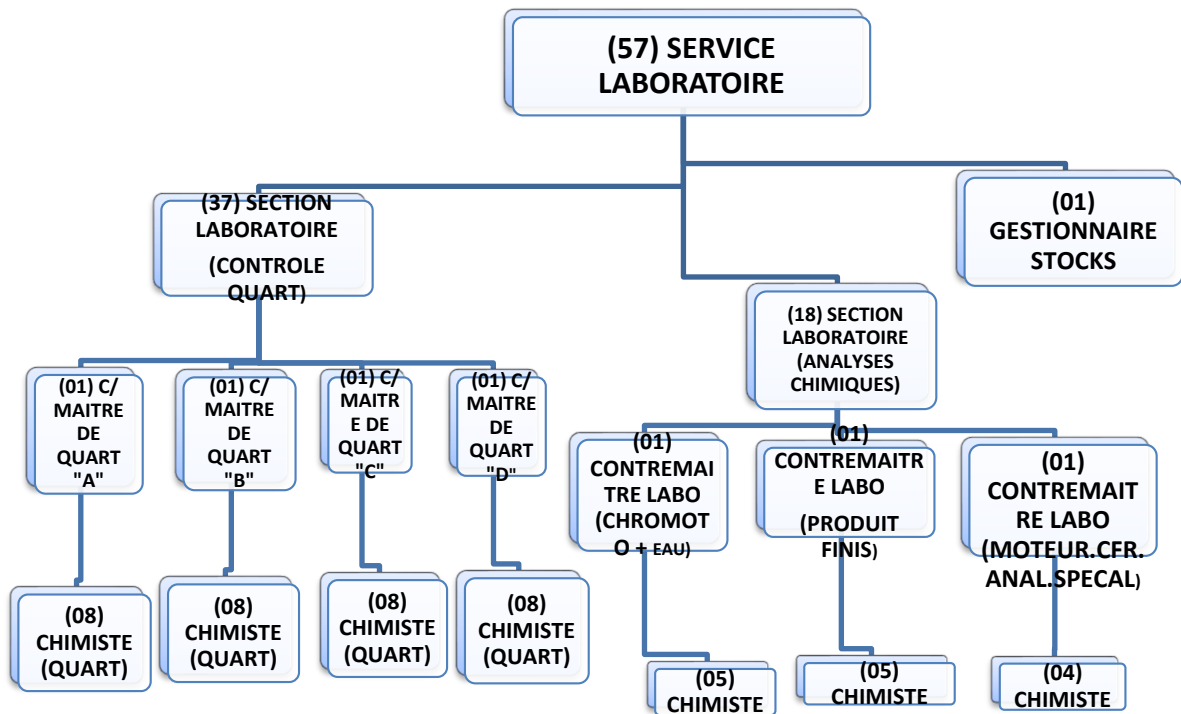


Figure III.7: Organigramme du laboratoire de RA1K



**Chapitre IV**  
**Résultats et discussions**

### IV.1.Introduction

Pour surveiller la qualité de l'eau de chaudière et vérifier l'efficacité du traitement et du contrôle de cette eau à la station de raffinage pétrochimique de Skikda, nous avons fait des analyses physico-chimiques de cette eau pendant la période de stage au laboratoire, et nous avons aussi fait une comparaison entre les résultats obtenus et les normes requises pour les eaux industrielles.

### IV.2.Matériels et méthodes

#### IV.2.1.Prélèvement et échantillonnage

L'échantillonnage est un facteur important de l'analyse, souvent négligé. L'échantillon doit être prélevé dans des récipients parfaitement propres, ces flacons de préférence en polyéthylène doivent être munis de fermetures étanche, il est aussi nécessaire de ne conserver que le minimum possible d'air ainsi que le repérage des bon points d'échantillonnage.



**Figure IV.1 :** Photo d'échantillonnage.

#### IV.2.2.Conditionnement des échantillons

Lors de l'échantillonnage, il est nécessaire de respecter un certain nombre de règles qui visent à faire un flaconnage correct et un étiquetage précis afin d'assurer une conservation et traçabilité des échantillons. Le matériel d'échantillonnage doit être, de préférence, constitué d'un matériau inerte non susceptible de perturber les analyses effectuées sur l'échantillon, la pratique courante consiste à employer des récipients en polyéthylène ou en verre borosilicaté. Avant de commencer le prélèvement, il convient de nettoyer le matériel avec de l'eau et du détergent puis le rincer à l'eau. On peut avant utilisation, rincer le matériel d'échantillonnage dans l'eau dans laquelle sera effectué le prélèvement, afin de réduire au minimum le risque de contamination. La désignation des échantillons se traduit dans la pratique par l'étiquetage ou le marquage de chaque flacon d'échantillon d'eau. Il est indispensable de repérer l'ensemble des récipients contenant les échantillons de façon claire et durable afin de permettre leur

identification sans ambiguïtés en laboratoire. La solution la plus judicieuse consiste à opérer par une des deux désignations possibles suivantes : Soit les flacons sont désignés par une étiquette où sont indiquées l'origine de l'échantillon et les conditions dans lesquelles il a été prélevé. Soit il est possible de simplifier cette opération en utilisant un système d'étiquettes numérotées ou codées.

### IV.2.3.Étiquetage des échantillons

Les échantillons destinés au laboratoire doivent être désignés de façon claire et durable afin de permettre leur identification sans ambiguïtés. On distingue de types de designations possibles:

- Soit les flacons sont désignés par une étiquette où sont indiquées l'origine de l'échantillon et les conditions dans lesquelles il a été prélevé.
- Soit il est possible de simplifier cette opération en utilisant un système d'étiquettes numérotées ou codées.



**Figure IV.2:** Photo d'étiquetage des échantillons.

### IV.2.4.Conservation des échantillons

Pour avoir des résultats analytiques significatifs, il est très important de connaître le devenir de l'échantillon entre le prélèvement et l'analyse. Le moyen le plus courant de conservation des échantillons d'eaux consiste à les garder dans une mallette isotherme jusqu'à leur arrivée au laboratoire dans un temps ne dépassant pas les 24 heures. Pour stabiliser un échantillon ou du moins, ralentir toutes réactions éventuelles, il n'existe pas de panacée. On recommande de prendre pour chaque analyse des précautions particulières et parfois, d'ajouter des agents chimiques (conservateurs) afin d'éviter certaine transformation lors du transport ou certaines interférences au moment de l'analyse en laboratoire.

### IV.2.5. Programme d'analyse de contrôle

Le programme d'analyse des eaux de chaudière dans le laboratoire de la raffinerie s'effectue 9h00 chaque matin.

**Tableau IV.1:** Programme d'analyse

Analyse	Eau d'alimentation (AL)	Eau de chaudière (BWF)
pH	chaque jour	chaque jour
Conductivité	chaque jour	chaque jour
TA	chaque jour	chaque jour
TAC	chaque jour	chaque jour
TH	chaque jour	chaque jour
Dureté totale	chaque jour	chaque jour
Chlorure (Cl <sup>-</sup> )	chaque jour	chaque jour
Silice (SO <sub>2</sub> )	chaque jour	chaque jour
Fer totale (Fer)	chaque jour	chaque jour
Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	chaque jour	chaque jour

### IV.2.6. Matériels et Produits

Le tableau suivant représente l'ensemble des verreries, réactifs et appareils utilisés pour le contrôle de la qualité des eaux de chaudière.

**Tableau IV.2:** Equipements et produit utilisé dans les analyses.

Appareils	Réactifs	Verreries
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conductimètre</li> <li>- pH-mètre</li> <li>- Spectrophotomètre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Eau distille</li> <li>-Phénolphtaléine</li> <li>-Acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>0.02 N</li> <li>-Indicateur mixte</li> <li>-EDTA a 0.01 M</li> <li>-Indicateur murexide</li> <li>-Solution tampon</li> <li>-Indicateur noir eriochrome T</li> <li>-Chromate de potassium</li> <li>-Solution de nitrate d'argent (AgNO<sub>3</sub>) à 0.02 N.</li> <li>-Bleu de bromophenol HNO<sub>3</sub></li> <li>-Diphényle carbazone</li> <li>-Mercure Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0.014 N</li> <li>-Acide chlorhydrique 1/1</li> <li>-Molybdate d'ammonium</li> <li>-Acide oxalique</li> <li>-Acide aminonaphtol sulfonique (ANS)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Becher</li> <li>- Erlenmeyer</li> <li>- Pipette</li> <li>- Burette</li> <li>-Eprouvette</li> </ul>

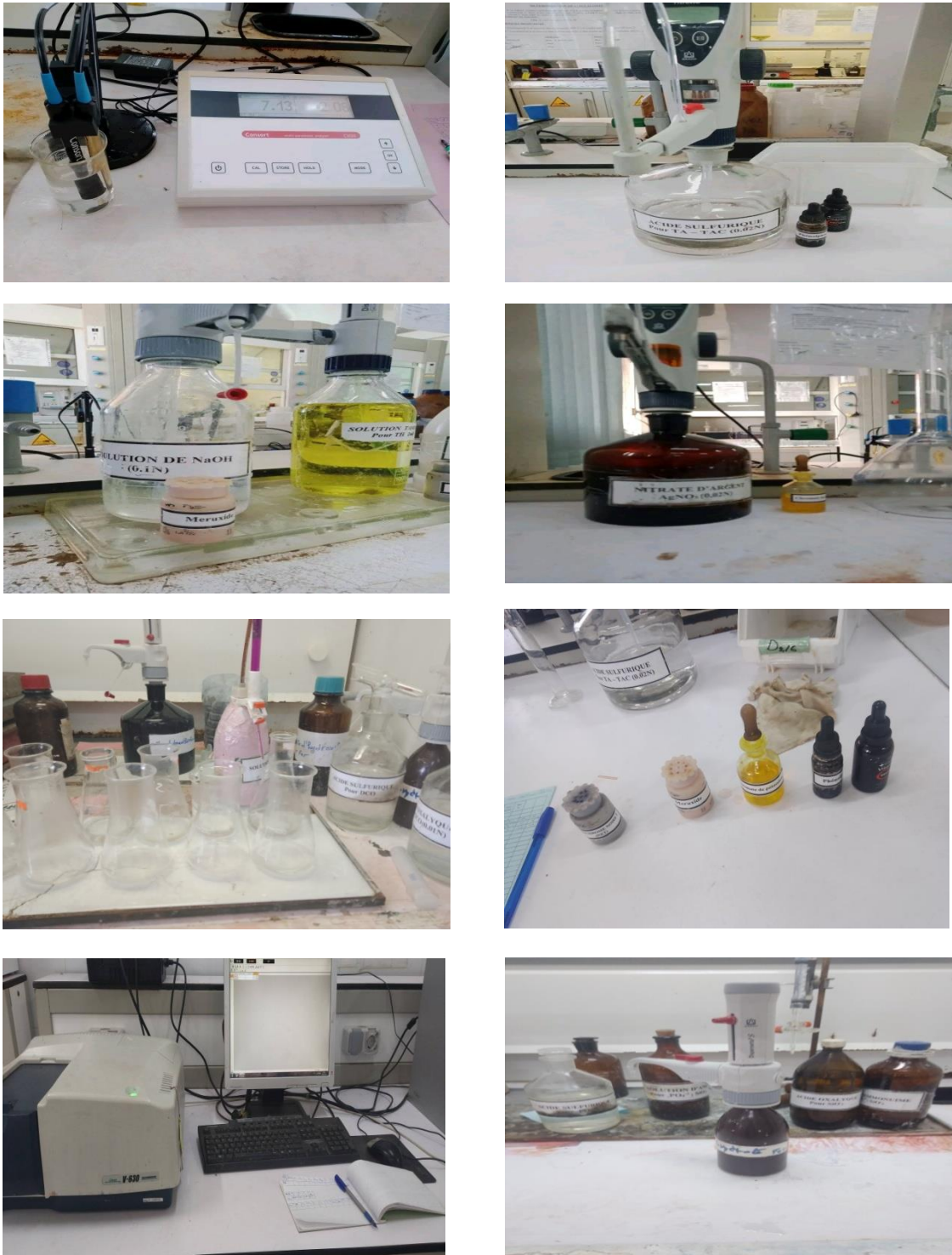


Figure IV.3: Photos des équipements et produits utilisé.

IV.3.Résultats et discussion

IV.3.1.Les analyses de l'eau d'alimentation (LA)

IV.3.1.1.Variation du pH

Le potentiel hydrogène d'une eau représente son acidité ou son alcalinité, à pH 7 on dit que cette eau est neutre.

Les résultats de pH sont représentés sur la figure ci-dessous:

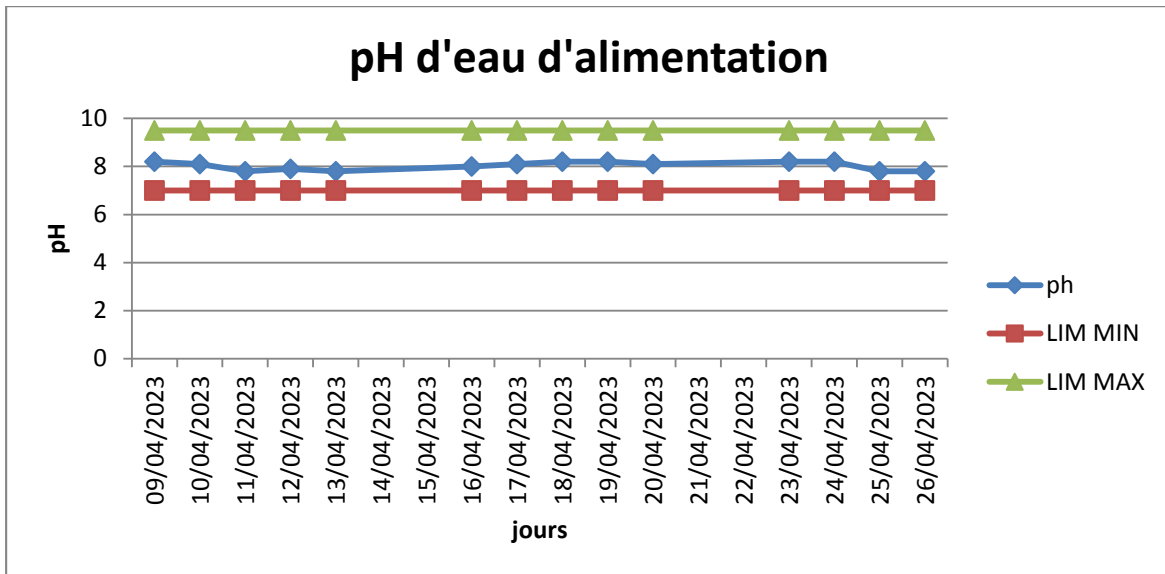


Figure IV.4: L'évolution du pH de l'eau d'alimentation en fonction du temps.

Sur la figure IV.4 nous notons que les valeurs de pH de l'eau d'alimentation de la chaudière sont conformes avec les normes recommandées.

IV.3.1.2.Variation de conductivité

Les résultats de variation de la conductivité électrique sont représentés sur la figure ci-dessous:

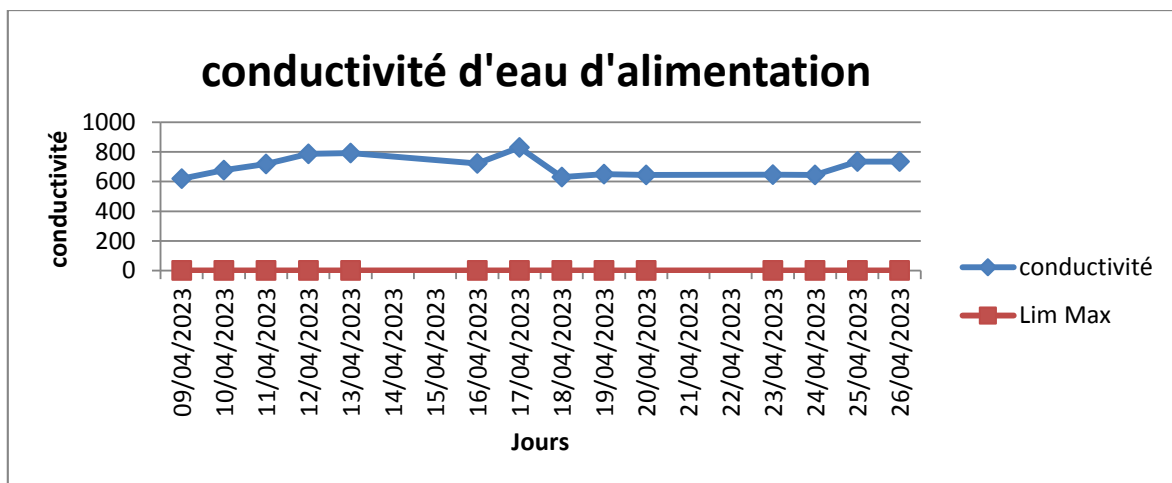


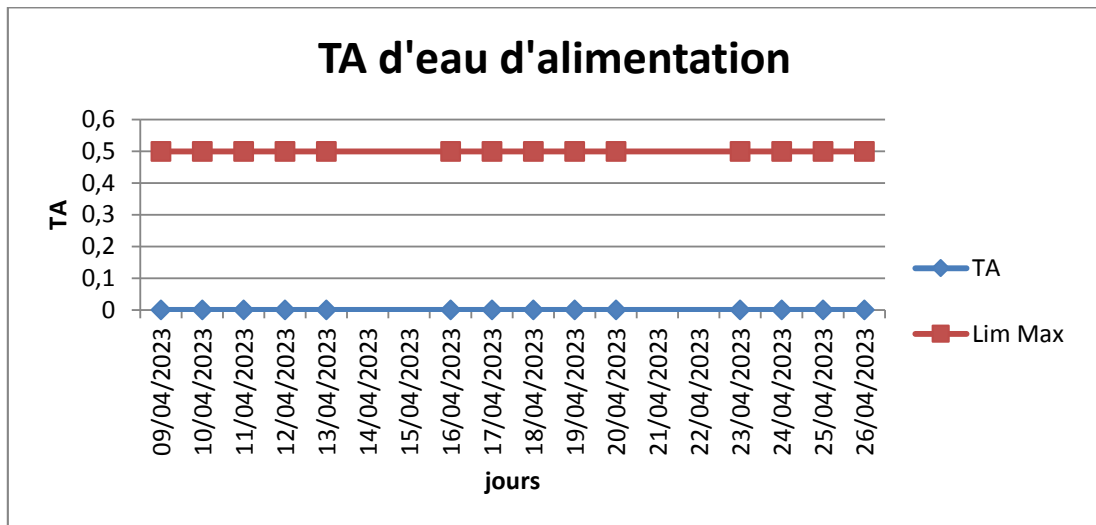
Figure IV.5: L'évolution de la conductivité de l'eau d'alimentation en fonction du temps.

On remarque d'après la figure IV.5 que les valeurs de la conductivité dépassent la limite admise, c'est-à-dire on a une augmentation des sels dissoutes à cause de la saturation des résines, cela pourra provoquer la formation des tartres sous l'action de la chaleur.

### IV.3.1.3. Variation de TA

Le Titre Alcalimétrique (TA) qui correspond à la première neutralisation des ions carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ).

Les résultats de la variation de TA sont présentés sur la figure ci-dessous:



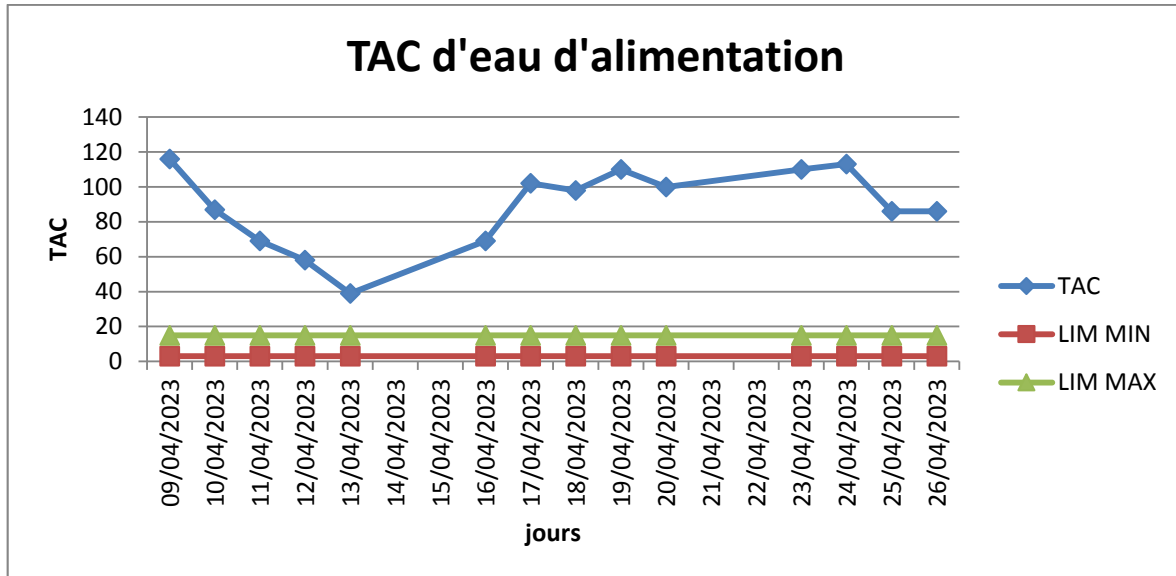
**Figure IV.6:** L'évolution du TA de l'eau d'alimentation en fonction du temps.

A travers les résultats obtenus durant la période de suivi, on constate que les valeurs de TA sont dans les normes recommandées. Cela est dû à la conversion des alcalis libres ( $\text{OH}^-$ ) et des carbonates en hydrocarbures.

### IV.3.1.4. Variation de TAC

Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) qui correspond à la neutralisation de la totalité des espèces carboniques dissociées.

Les résultats de la variation de TAC sont présentés sur la figure ci-dessous:

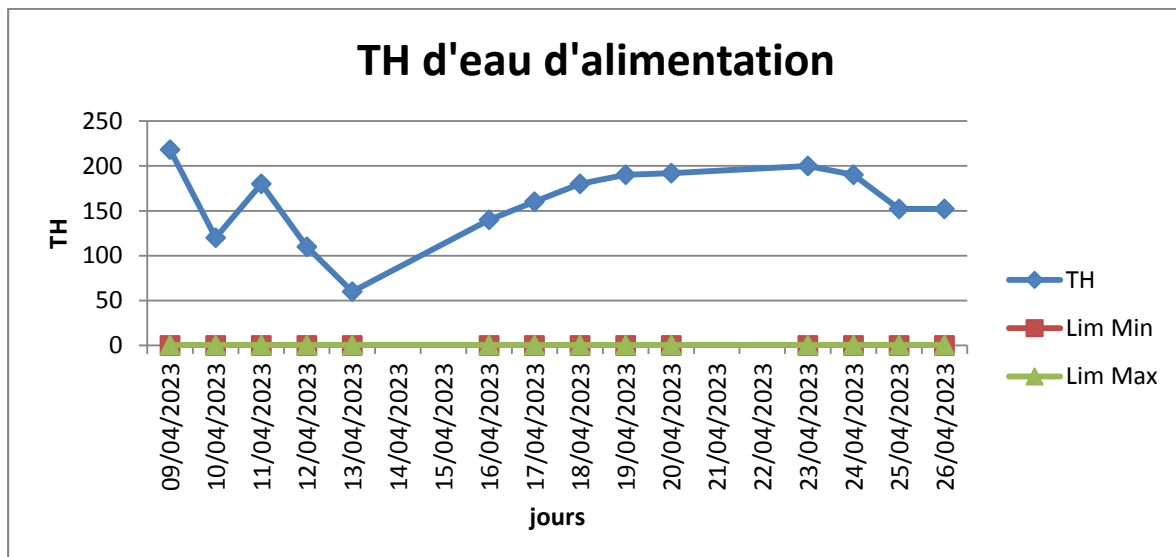


**Figure IV.7:** L'évolution du TAC de l'eau d'alimentation en fonction du temps.

D'après la figure TV.7, nous remarquons que les valeurs de TAC ne sont pas dans les normes recommandées, et cela est dû au fait que les alcalis libres  $\text{OH}^-$  et les carbonates ne sont pas convertis en hydrocarbures.

#### IV.3.1.5. Variation de TH

Les résultats de variation du titre hydrique (TH) sont représentés sur la figure ci-dessous:



**Figure IV.8:** L'évolution du TH de l'eau d'alimentation en fonction du temps

D'après la figure IV.8 nous remarquons que les valeurs de TH dépassent les normes recommandées, cela est dû à la présence d'ion magnésium et calcium dans l'eau.

IV.3.1.6. Variation du fer total

Les résultats de variation du fer totale sont représentés sur la figure ci-dessous:

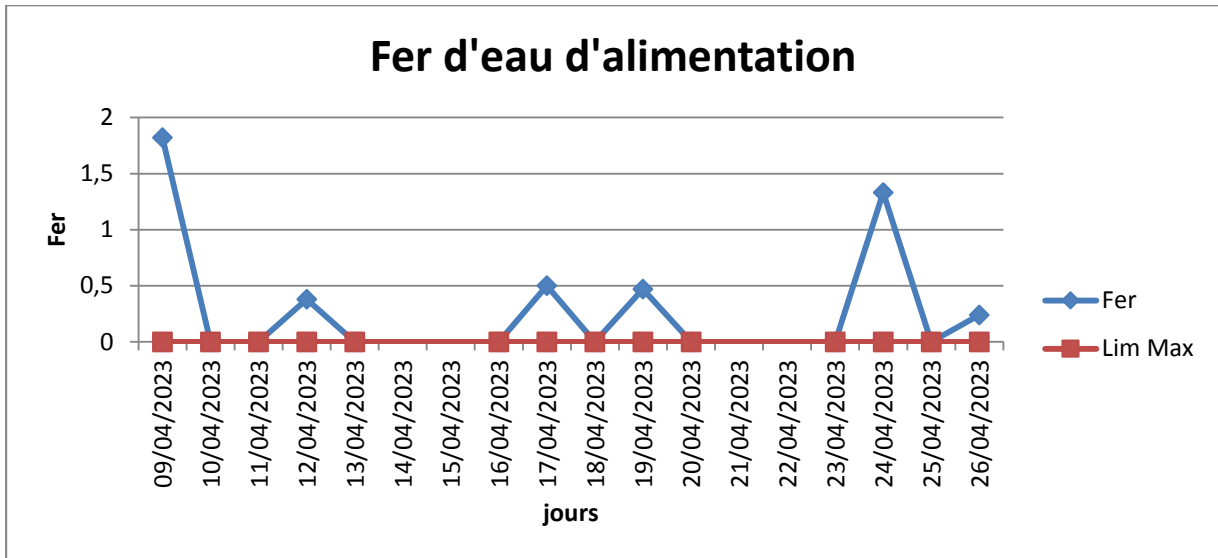


Figure IV.9 : L'évolution du fer dans l'eau d'alimentation en fonction du temps.

Nous remarquons sur la figure IV.9 que les valeurs de Fer totale dépassé la limite maximale, et cela est dû à une mauvaise technologie de traitement de l'eau dans les résines échangeuses d'ions (saturation) et cela peut provoquer un entartrage dans les chaudières.

IV.3.1.7. Variation de la Silice [SiO<sub>2</sub>]

Les résultats de variation de la silice (SiO<sub>2</sub>) sont représentés sur la figure ci-dessous:

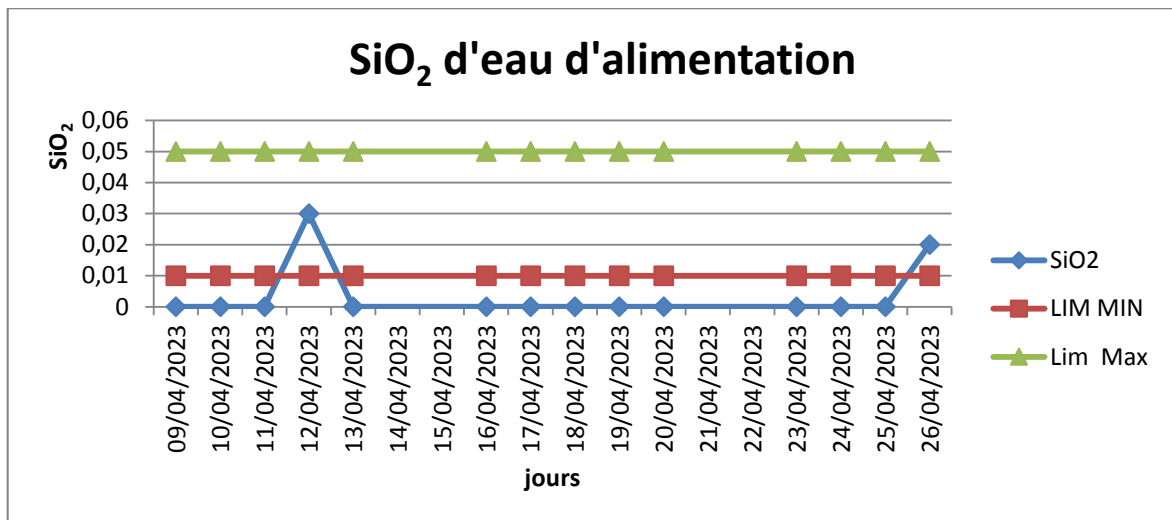


Figure IV.10: L'évolution de la SiO<sub>2</sub> de l'eau d'alimentation en fonction du temps.

D'après la figure IV.10 nous constatons que les valeurs de la silice SiO<sub>2</sub> se situent dans les normes recommandées et n'ont pas dépassé les normes.

IV.3.2. Discussion des analyses de l'eau de chaudière

IV.3.2.1. Variation pH

Les résultats de pH de l'eau de chaudière sont représentés sur la figure ci-dessous:

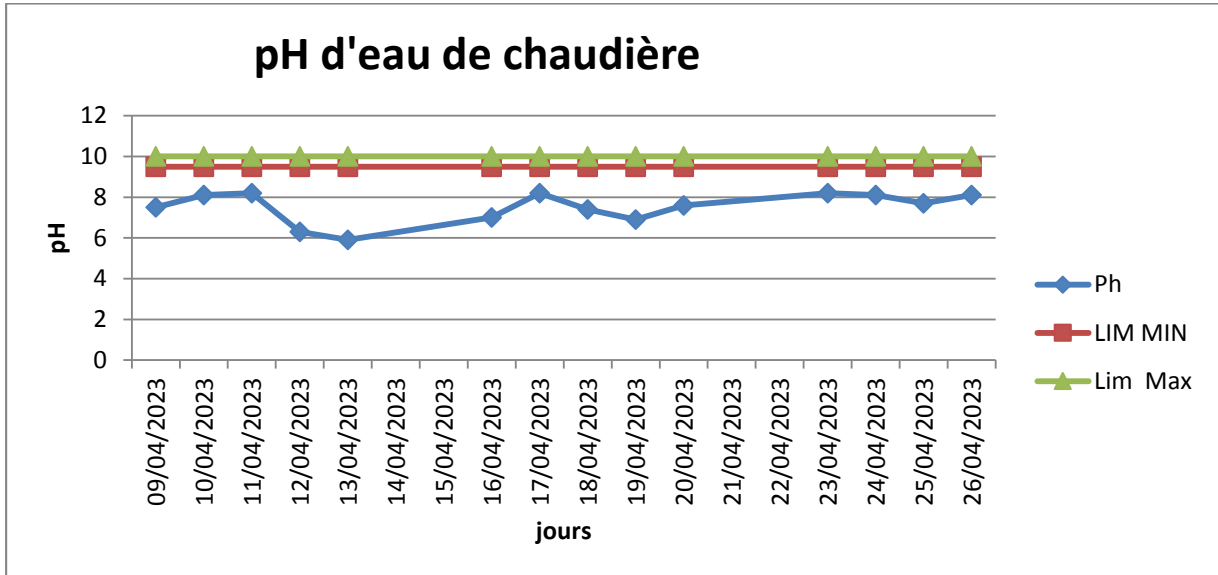


Figure IV.11: L'évolution du pH de l'eau de chaudière en fonction du temps.

A partir de la figure IV.11 on remarque que les valeurs du pH ne sont pas dans les normes préconisées, et cela peut s'expliquer par une injection insuffisante de phosphate tri-sodique, qui vise à maintenir le pH de l'eau afin de protéger le circuit d'eau de la corrosion.

IV.3.2.2. Variation Conductivité

Les résultats de conductivité de l'eau de chaudière sont représentés sur la figure ci-dessous:

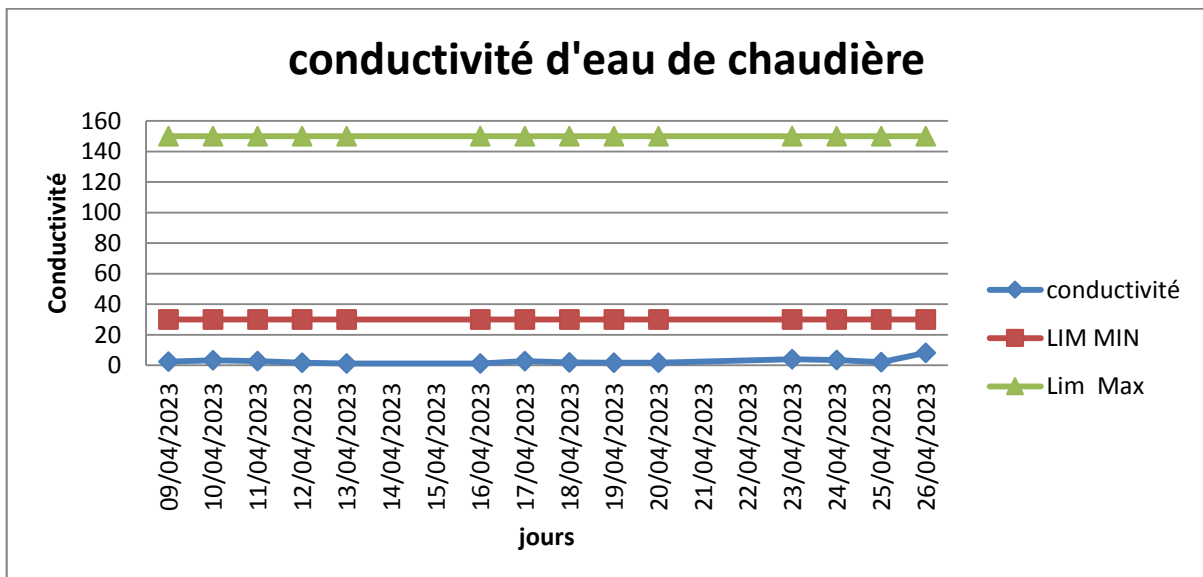


Figure IV.12 : L'évolution de la conductivité de l'eau de chaudière en fonction du temps.

Nous remarquons sur la figure IV.12 que les valeurs de la conductivité électrique se situent dans la fourchette des normes recommandées.

### IV.3.2.3. Variation du TA

Les résultats de variation du titre alcalimétrique (TA) de l'eau de chaudière sont représentés sur la figure ci-dessous:

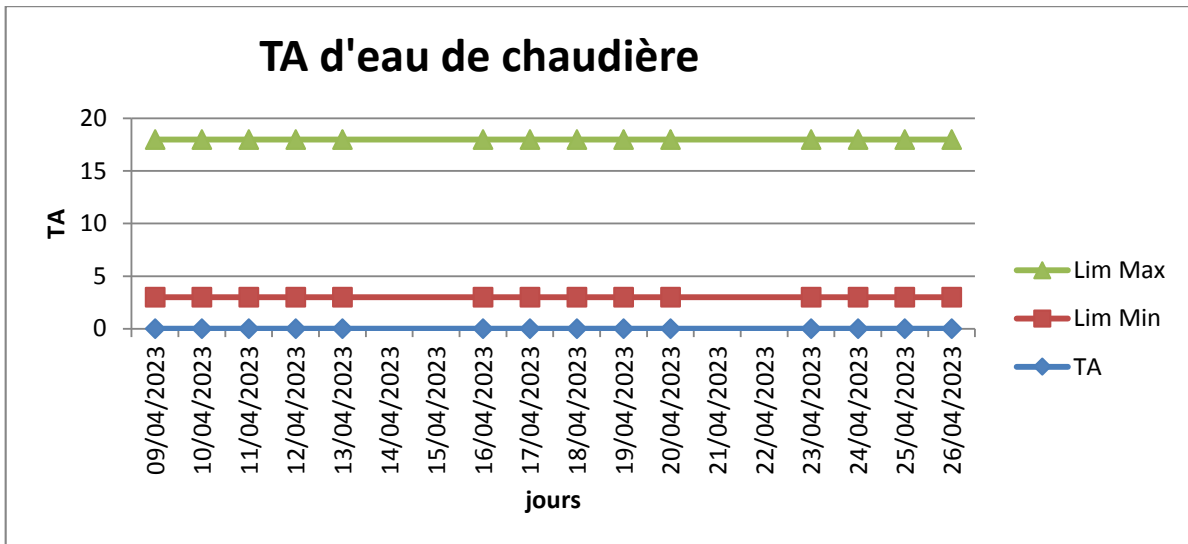


Figure IV.13: L'évolution du TA de l'eau de chaudière en fonction du temps.

Nous remarquons sur la figure IV.13 que les valeurs du TA sont conformes avec les normes recommandées.

### IV.3.2.4. Variation TAC

Les résultats de variation du titre alcalimétrique complet (TAC) de l'eau de chaudière sont représentés sur la figure ci-dessous:

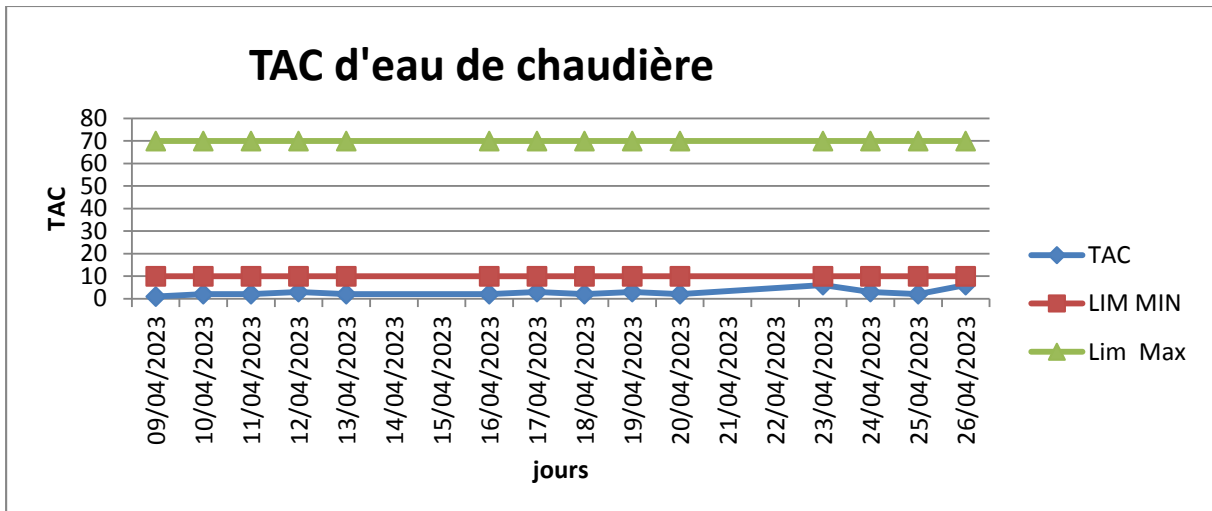
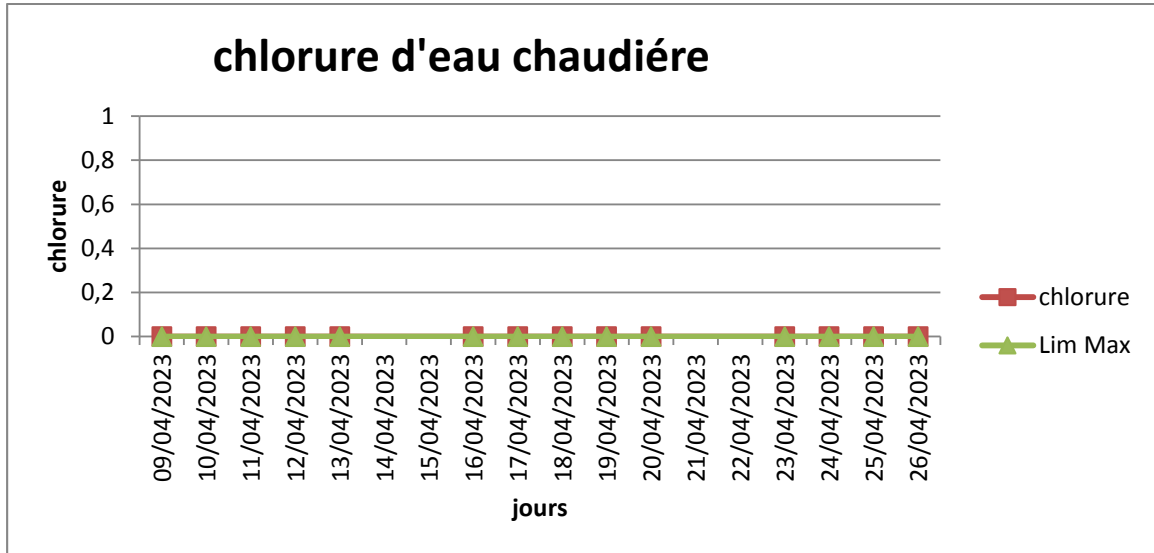


Figure IV.14 : L'évolution du TAC de l'eau de chaudière en fonction du temps.

Nous remarquons sur la figure IV.14 que les valeurs de TAC sont conformes avec les normes recommandées et n'ont pas dépassé le maximum.

### IV.3.2.5. Variation du chlorure (Cl<sup>-</sup>)

Les résultats de variation du chlorure de l'eau de chaudière sont représentés sur la figure ci-dessous:

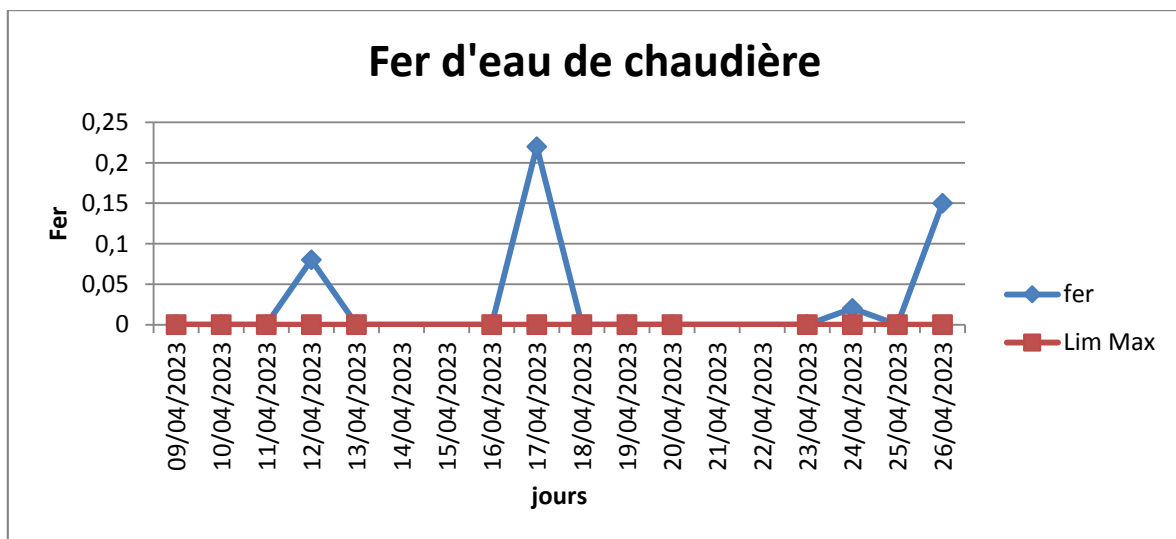


**Figure IV.15:** L'évolution du chlorure de l'eau de chaudière en fonction du temps.

Nous remarquons sur la Figure IV.15 que les valeurs du chlorure ont conformes avec les normes recommandées.

### IV.3.2.6. Variation du fer total

Les résultats de variation du fer total de l'eau de chaudière sont représentés sur la figure ci-dessous:

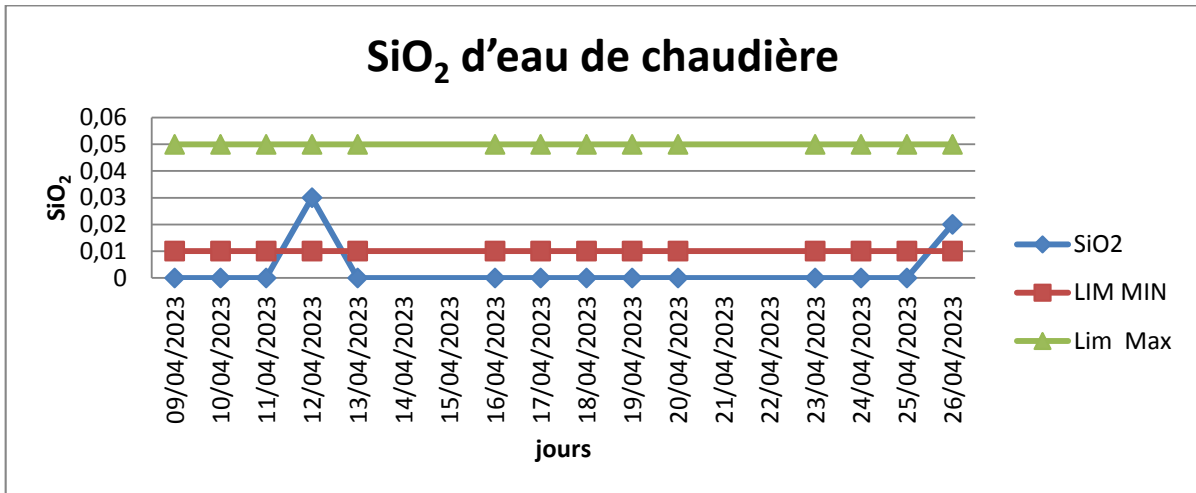


**Figure IV.16 :** L'évolution du Fer de l'eau de chaudière en fonction du temps.

On remarque sur la figure IV.16 que les valeurs de fer sont conformes avec les normes recommandées, et cela est dû à la forte concentration de fer due à une injection insuffisante de morpholine, ce qui peut provoquer une corrosion au niveau du chauffe-eau, et peut également causer d'autres problèmes.

### IV.3.2.7. Variation de la Silice [ $\text{SiO}_2$ ]

Les résultats de variation de la silice ( $\text{SiO}_2$ ) de l'eau de chaudière sont représentés sur la figure ci-dessous:



**Figure IV.17 :** L'évolution du  $\text{SiO}_2$  de l'eau de chaudière en fonction du temps

Nous remarquons sur la figure IV.17 que les valeurs de  $\text{SiO}_2$  sont conformes avec les normes recommandées.



## **Conclusion générale**

### Conclusion générale

Au cours de notre courte période de stage pratique qui nous a permis de compléter ce travail afin de découvrir les problèmes dont souffrent les chaudières à cause d'une eau non conforme aux normes internationales requises. Par conséquent, nous avons étudié tous les paramètres physiques et chimiques qui déterminent la qualité et la qualité de l'eau après le traitement qui lui est appliqué dans le complexe RA1K, car la qualité de cette eau est déterminée principalement par trois éléments fondamentaux et très importants dans l'eau de chaudière, qui doit se situer dans la plage spécifiée des normes recommandées par les fabricants.

A travers tous les résultats obtenus, nous pouvons tirer la conclusion suivante :

- Le pH doit être compris entre 9,5 et 11 et ne doit pas dépasser cette valeur. Ces valeurs sont atteintes en ajoutant deux composants chimiques, la morpholine et le phosphate.
- La conductivité ce composant doit être surveillé attentivement et s'assurer qu'il ne dépasse pas les normes recommandées (30-150). Il ne dépasse pas cette plage.
- L'oxygène dissous dans l'eau a un rôle actif dans le phénomène de corrosion, car c'est la raison principale de ce phénomène, car s'il n'est pas complètement rejeté dans l'eau, la corrosion se produit dans les circuits d'eau de la chaudière, ce qui entraîne d'énormes pertes économiques pour les entreprises industrielles, dans lesquelles l'eau est traitée physiquement puis chimiquement, et dans ces dernières, des solutions chimiques sont ajoutées, à savoir de la morphine et de l'hydrazine, qui interagissent directement avec l'oxygène.

Nous avons constaté que tous les paramètres que nous étudions étaient dans les normes recommandées par les fabricants, à l'exception du pH et du fer, et cela est dû à des injections insuffisantes de morphine et de phosphates.

Aussi, la protection des chaudières ne se limite pas à un bon traitement de l'eau, mais plutôt à la nécessité de nettoyer périodiquement ces chaudières pour éliminer les sédiments qui peuvent se former à l'intérieur de celles-ci.

Enfin, on peut dire que grâce à cette formation de courte durée dans le complexe RA1K, elle nous a permis de mieux comprendre les bases du traitement de l'eau et de connaître les problèmes dont souffrent les chaudières, les causes de ces problèmes et les moyens de les protéger.



## **Références bibliographique**

- [1] Kherref Siham.«Comportement électrochimique de l'acier A15 dans différents milieux aqueux. Influence de quelques inhibiteurs». Mémoire de Magister en sciences fondamentales. Université de Skikda. 2008.
- [2] Boufelfel Mohamed.«Etude préventive sur la corrosion des chaudières au niveau du complexe RA1K» . Mémoire de Master en Génie des Procédé. Université 8 Mai 1945 Guelma, 2022.
- [3] Formation industrie . IFP Training. « Matériel thermique, description des chaudières ». 2005
- [4] Elmokli Amina. Souames Nour Elhouda. « Suivi de traitement physico-chimique des eaux de chaudière au niveau de la raffinerie de Skikda » .Mémoire de Master en Génie des procédés. Université 20 Aout 1955-Skikda. 2017
- [5] Younes Abderrahmane.«Contrôle de qualité de l'eau des chaudières au niveau du RA1K» .Mémoire de Master. Faculté de Technologie. Universitaire de Skikda 20 Aout 1995. Skikda. 2018
- [6] Zerouali Adel. «L'impact physico .chimique de la qualité d'eau sur la chaudière à tube de fumée (l'industrie du textile)».Mémoire de Master en chimie industrielle. Université Mohamed Khider de Biskra. 2020
- [7] Mouhoub Zakaria. Boughagha Younes. «Complexe d'affectation : RA1K».Mémoire de fin d'études en Sécurité Industrielle et Environnement. Ecole de Skikda
- [8] Formation industrie Sonatrach . « Chaudière industrielles »-Skikda .2023
- [9] Manuel d'exploitation. Sonatrach, Activité Aval/Division Raffinage. Raffinerie de Skikda BP 108 ZI Skikda, « Fourniture des produits chimiques et prestations de contrôle du traitement d'eau de Chaudières ». 2014
- [10] M.S.Lachgar. "Traitement des Eaux. Conditionnement des eaux de chaudière" Sonatrach– Institut Algérien du Pétrole .Skikda. 2017
- [11] Boumeghiti Yassamine. Bekkouche Ibtiassame. «Elaboration d'un produit chimique pour le nettoyage en place d'une chaudière industrielle». Mémoire de Master en Génie des procédés. Université 20 Août 1955. Skikda.2021
- [12] Boukelal Imane. Abdegha Hanane. « Etude du procédé de dessalement de l'eau de mer et de la qualité physico-chimique de l'eau dessalée de la station de cap dinet de la wilaya de Boumerdes » Mémoire de Master-Faculté de Technologie. Université Abderrahmane mira de Bejaia.2015.

- [13] Reghouat Abdadailah. Rahmani Taieb. « Etude et faisabilité du dessalement membranaire et solaire des eaux saumâtre dans le sud algérienne » Mémoire de Master-Faculté de technologie .Université Belhadj Bouchaib de Ain toumouchent
- [14] <https://www.aquaportail.com/definition-6024-barrage.html>
- [15] Bekkouche Inas. « Traitement et conditionnement des eaux de la chaudière de l'usine enasel el outaya de wilaya de Biskra ». Mémoire de master Génie Chimique. Université Khider Mohamed, Biskra 2022.
- [16] Diallo Salé. Djibrine Gombo Adef. « Contrôle de qualité de l'eau d'alimentation de la chaudière siterm (sider el Hadjar-Annaba). Master Génie Chimique. Université Badji Mokhtar. Annaba .2019. Chapitre I Traitement de l'eau de chaudière
- [17] Bousnane Abdeldjalil. Baddache Alaeddine. « Etude de la qualité physico-chimique de l'eau de chaudière du complexe pétrochimique RA1K.Skikda et du complexe Sider El Hadjar ; Annaba. Université 20 Août 1955 .SKIKDA.2020.
- [18] Dafri Nabila. Khamassi Ikram. Nouadri Hadjer. « Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau utilisé dans les industries agro-alimentaire Cas: Conserverie Amor Ben Amor ». Bouati Mahmoud. Guelma 2019.
- [19] Slama Ismail. Himri Abd El Hakim. Rahdoun Karima. « Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau des sources de la région de Guelma ».Guelma 2021.
- [20] Ingénieurs en sécurité industrielle -qualité et traitement des eaux chaudière 2005.
- [21] Sahbi Nawal. « Étude de dessalement des eaux de mer par l'Osmose inverse de la commune de Bou Haroun – Dimensionnement ». Mémoire de Master-Faculté des Sciences et de la technologie. Université Larbi Ben M'hidi. Oum El Bouaghi, 2012
- [22] Moudjeber Djamel-Eddine. « Utilisation des énergies renouvelables dans le dessalement : Cas de l'Algérie-Docteur ès Sciences ». Mémoire de Master. Faculté des sciences et de la technologie. Université Abdelhamid Ibn Badis. Mostaganem. 2015.
- [23] Bouchareb Abderrazak. « Etude théorique et expérimentale de dessalement par osmose inverse de l'eau saumâtre ». Doctorat LMD. Faculté des Sciences. Université d'Akli Mohammed Oulhadj. Boira 2019
- [24] Bait Omar. « Étude numérique de la phénoménologie de distillation : Application à plusieurs système solaires ». Doctorat en Science. Faculté de Technologie. Université de Mostefa Ben Boulaid. Mostaganem

- [25] Moudjeb Miloud. « Etude de la station de dessalement ». Mémoire de Magister. Faculté d'Architecture et de Génie Civil. Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf. Oran 2015
- [26] Ammour Ismail. « Dessalement de l'eau de mer ». Mémoire de Master génie de l'environnement .Ecole Nationale Polytechnique .2017
- [27] Adda Asma. « Etude préliminaire de modélisation et simulation d'une station de dessalement par procédé d'osmose inverse ». Mémoire de Magister. Faculté de Technologie. Université de Blida 1. 2015.
- [28] Adda Asma. « Modélisation dynamique et optimisation d'un système Hybride de dessalement membranaire fonctionnant en énergie solaire ». Diplôme de Doctorat .Faculté des Sciences et de la Technologie .Université Yahia Fares de Médéa.
- [29] [www.babcock-wanson.Com/fr/produitstraitement-de-leaudemineralisation-sur-resin](http://www.babcock-wanson.Com/fr/produitstraitement-de-leaudemineralisation-sur-resin).
- [30] Zeghidi Abd Allah. « Suivi de la performance de la station de déminéralisation des eaux souterraines El meghaier-W-El Oued ». Mémoire de Master. Faculté des Sciences et de la Technologie. Université Mohamed khider-Biskra.2020
- [31] Bachir Mohamed. Bengana Abdelhakim « La corrosion dans les chaudières au complexe GNLI » Mémoire de Master. Faculté des Sciences Et de la Technologie.Université Abd El Hamid Ibn Badis. Mostaganem.2020
- [32] Hamihad Wissame. « Contrôle des paramètres physico-chimique des eaux des chaudières » Mémoire de Master. Faculté de Technologie.Université de 20 Août 1955. Skikda. 2016



**Annexes**

## 1. Analyses et modes opératoires

Les analyses doivent être faites le plus tôt possible après le prélèvement pour permettre d'avoir des résultats représentatifs. Elles regroupent la mesure de paramètres in-situ ainsi que de paramètres au laboratoire : Les principales analyses de l'eau effectuée au laboratoire sont :

**Tableau 1** : Les analyses de l'eau effectuée

Paramètre	Valeur
pH	7-9,5
Conductivité ( $\mu\text{s/cm}$ )	0,5-5
TA (Mg /l)	0,5
TAC (Mg /l)	3-15
TH (Mg /l)	0-0,5
Chlorure (Mg /l)	0-1
Fer total (Mg /l)	<0,02
Silice $\text{SiO}_2$ (Mg /l)	0.02-0.03

### 1.1 Détermination du potentiel d'hydrogène (pH)

#### a. Principe de la méthode

Ce pH est en relation avec la concentration en ions hydrogène  $\text{H}^+$  présents dans une eau sa mesure peut être réalisée par une méthode potentiométrique. Le pH-mètre, mesure donc la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence Plongeant dans l'eau à analyser. D'après les lois de Nernst, cette différence est une fonction linéaire du pH.

#### b. Mode opératoire

1. Allumer l'appareil et laisser se stabiliser.
2. Laver soigneusement les électrodes avec de l'eau distillée.
3. Remplir le bécher avec l'eau à analyser.
4. Immerger les électrodes dans l'échantillon.
5. Lire la valeur du pH affichée sur l'écran du pH-mètre après la stabilisation.

#### c. Remarques importantes

- Lors de la lecture du pH : les manipulations doivent être faites rapidement pour éviter l'absorption de  $\text{CO}_2$ .
- Gantier toujours les électrodes émergées dans l'eau distillée.

## 1.2 Détermination de conductivité

### a. Principe de la méthode

Le passage du courant électrique est fonction directe de la concentration ionique de la solution, sa détermination donne la quantité des sels dissous.

### b. Mode opératoire

On suit les mêmes étapes que pour la mesure du pH, la conductivité est en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

## 1.3 Détermination de l'alcalinité TA et TAC

Titre Alcalimétrique correspond à la somme des hydroxydes  $[\text{OH}^-]$ , la moitié des carbonates  $1/2 [\text{CO}_2]$ .

Titre Alcalimétrique Complet correspond à la somme des hydroxydes  $[\text{OH}^-]$ , les carbonates  $[\text{CO}_2]$  et les bicarbonates  $[\text{HCO}_3^-]$ .

### a. Principe de méthode

Titration avec un acide fort, avant en présence de phénolphthaléine, s'appelle TA ou alcalinité ; puis en présence de méthylorange, s'appelle TAC ou alcalinité M.

### b. Mode opératoire

#### ➤ TA

- Prélever 100ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 300 ml
- Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine. En présence de l'alcalinité (TA), on obtient une couleur rose pâle.
- Titrer avec l'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 0.02 N jusqu'à la disparition de la couleur rose
- Noter le volume ( $V_a$ ) en ml.

### c. Expression du résultat

TA en ppm de  $\text{CaCO}_3 = V_a \times 10$

#### ➤ TAC

- A la même solution précédente, ajouter 2 à 3 gouttes d'indicateur mixte (couleur bleu).
- Continuer à titrer avec l'acidesulfurique à 0.02 N jusqu'au virage du bleu à la couleur rose pâle et noter le volume( $V_b$ ) en ml.

TAC en ppm de  $\text{CaCO}_3 = V \times 10$       Avec :  $V = V_a + V_b$

## 1.4 Détermination de la dureté totale TH

### a. Principe de la méthode

C'est un titrage direct avec le sel di sodique de l'acide éthylènediaminetétracétique OL (EDTA) qui forme avec les cations  $\text{Ca}^{+2}$  et  $\text{Mg}^{+2}$  des complexes ou chélates stables dans lesquels les cations sont dissimulés a leurs réactifs habituels. En présence de l'indicateur ériochrome ; noir T ; ces complexes se colorent en rouge cerise, et vire au bleu quand ta quantité d'EDTA a suffisamment complexe tous les  $\text{Ca}^{+2}$  et  $\text{Mg}^{+2}$  présents dans la solution.

### b. Mode opératoire

- Prendre 100 ml d'échantillon dans une Erlenmeyerde 300 ml.
- Ajouter 2 ml de solution tampon à pH =10.
- Ajouter une pincée d'indicateur noir ériochrome T .En présence de dureté solution se colore en rouge cerise.
- Titrer avec EDTA 0.01 M jusqu'au virage bleu de l'indicateur

### C. Expression du résultat

TH en ppm de  $\text{CaCO}_3 = V_{\text{EDTA}} \times 10$

## 1.5 Détermination de la dureté calcique magnésienne

### a. Principe de méthode

La dureté calcique est obtenue en augmentation préalable de pH de la solution avec une solution tampon, puis avec titrage avec l'EDTA en utilisant l'indicateur murexide qui se combine avec le  $\text{Ca}^{+2}$  donc le  $\text{Mg}^{+2}$  est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas.

### b. Mode opératoire

#### ➤ Détermination du calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ )

- Prendre 100 ml d'échantillon ou une partie aliquote mineure diluée a 100 ml dans un Erlenmeyerde 300ml.
- Ajouter 2 ml de solution de  $\text{NaOH} 1\text{N}$
- Agiter et ajouter une pincée d'indicateur murexide (de couleur rose foncée).
- Titrer avec l'EDTA à 0.01 M en agitant continuellement jusqu'au virage mauve claire, et noter Volume d'EDTA.

#### ➤ Détermination du magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ )

Par différence entre la dureté totale et la dureté calcique, on obtient la dureté du magnésium  $\text{Mg}^{+2}$  exprimée en ppm de  $\text{CaCO}_3$ .

### C. Expression du résultat

$$[\text{Ca}^{+2}] \text{ en ppm CaCO}_3 = V_{\text{EDTA}} \times 10$$

Dureté de en ppm  $[\text{Mg}^{+2}]$  de  $\text{CaCO}_3 = \text{dureté total TH} - \text{dureté de calcium } [\text{Ca}^{+2}]$

### 1.6 Détermination du Chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) faible teneur

#### a. Principe de la méthode

Détermination de la concentration des chlorures  $\text{Cl}^-$  dans l'eau basée sur la quantité de nitrate de mercure  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  consommée.

#### b. Mode opératoire

- Introduire une prise d'essai de 100 ml dans un erlenmeyer.
- Ajouter 2 gouttes de bleu de bromophenol.
- Ajouter goutte à goutte  $\text{HNO}_3$ , à 0.05 N jusqu'au virage du bleu au jaune clair.
- Ajouter 1 ml de Diphenyl le carbazone.
- Titrer avec le nitrate de mercure  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ , à 0.014 N Jusqu'au virage au violet, noter le volume titre.

#### c. Expression du résultat

$$[\text{Cl}^-] \text{ en ppm} = (V - \text{blanc}) \cdot 5 \quad \text{Avec Blanc} = 0,1.$$

### 1.7 Détermination des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

#### a. Principe de la méthode

L'acide phosphorique forme avec le molybdate d'ammonium le complexe phosphomolybdique jaune et réduit avec l'acide amino 2-naphtal 4 sulfurique en solution acide qui donne une couleur bleu par formation du bleu molybdène.

#### b. Mode opératoire

1. Introduire 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer 100 ml.
2. Ajouter 5 ml d'acide sulfurique a (37+63).
3. Ajouter 5 ml de molybdate d'ammonium.
4. Ajouter 5 ml d'acide amino naphtol sulfonique (ANS).
5. Agiter et laisser reposer 5 minutes.
6. Lire au spectrophotomètre à une longueur d'onde de (= 650 nm).

#### c. Expression du résultat

Lire sur le spectrophotomètre la concentration de  $[\text{PO}_4^{3-}]$  exprimée en ppm.

## 1.8 Détermination de la silice (SiO<sub>2</sub>)

### a. Principe de la méthode

A un pH compris entre 2,3 et 2,4 l'acide silicique dissout et le molybdate d'ammonium forme un complexe jaune de molybdate silicique réduit avec le complexe ANS augmente la Sensibilité de l'analyse, on obtient une couleur bleu avec formation de l'azur de molybdène.

### b. Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'échantillon dans une éprouvette de 100 ml.
- Ajouter 1 ml d'acide chlorhydrique.
- Ajouter 2 ml de la solution de molybdate d'ammonium agiter et attendre 5 minutes
- Puis ajouter 1.5 ml d'acide oxalique, et attendre 1 minute.
- Ajouter 2 ml d'acide aminonaphtol suiteinique (ANS).
- Agiter et laisser reposer 10 minutes.
- Lire l'absorbance au spectrophotomètre, avec une cellule de 10 mm, a une longueur d'onde 815 nm).

### c. Expression du résultat

$$[\text{SiO}_2] \text{ en ppm} = A \times F \quad (A : \text{absorbance} \ \& \ F : (3.25))$$

## 1.9 Détermination du fer total (Fe) (méthode ortho-Phénanthroline)

### a. Principe de méthode

Le fer totale est d'abord converti à l'état d'ions qui réagissent avec le TPTZ 2-6- tripyridy-5- triazine pour produire un composé chélate de couleur bleu, la mesure de l'absorption donne la concentration en fer total.

### b. Mode opératoire

- Verser 100ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 300ml.
- Ajouter 2ml de HCl (11) dans solution de chlorhydrate d'hydroxylamine.
- Faire bouillir jusqu'à réduction due à 10 d'échantillon.
- Compléter avec de l'eau distillée jusqu'à volume de 75ml.
- Ajouter 01ml de chlorydrate d'hydroxylamine.
- Ajouter 5ml d'odho-phenantioline.
- Ajoute 5ml de solution tampon d'acétated'ammonium.
- Ajouter 2mld'hydroxyde d'ammonium.
- Agiter et attendre 05min.
- Lire au spectrophotomètre à longueur d'onde 510 nm.

### c. Expression du résultat

$$[\text{Fer Total}] \text{ ppm} = A \times F$$

Avec A absorbance et  $F=5.3$

**Tableau 2 :** Normes des eaux de l'alimentation

Paramètre	Valeur
pH	7-9,5
Conductivité ( $\mu\text{s/cm}$ )	0,5-5
TA (Mg /l)	0,5
TAC (Mg /l)	3-15
TH (Mg /l)	0-0,5
Chlorure (Mg /l)	0-1
Fer total (Mg /l)	<0,02
Silice $\text{SiO}_2$ (Mg /l)	0.02-0.03

**Tableau 3 :** Normes des eaux dechaudière

Paramètre	Valeur
pH	9,5-10
Conductivité ( $\mu\text{s/cm}$ )	30-150
TA (Mg /l)	3-15
TAC (Mg /l)	10-70
TH (Mg /l)	0-0,5
Silice (Mg /l)	0,01-0,05
Phosphate (Mg /l)	5
Chlorure (Mg /l)	<0,5
Fer total (Mg /l)	<0,02

**Tableau 4** : les analyses d'eau de l'alimentation

Journées	pH	conductivité	TA	TAC	TH	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Cl <sup>-</sup>	Sio <sub>2</sub>	Fer total
09/04/2023	8,2	619	<0,5	116	218	122	96	75	/	1,82
10/04/2023	8,1	678	<0,5	87	120	90	30	128	0,53	<0,2 2
11/04/2023	7,8	718	<0,5	69	180	110	70	190	/	/
12/04/2023	7,9	787	<0,5	58	110	60	50	270	0,26	0,38
13/04/2023	7,8	793	<0,5	39	60	50	10	220	/	/
16/04/2023	8	723	<0,5	69	140	80	60	192	/	/
17/04/2023	8,1	831	<0,5	102	160	80	80	124	0,32	0,5
18/04/2023	8,2	630	<0,5	98	180	100	80	140	/	/
19/04/2023	8,2	650	<0,5	110	190	120	70	210	0,36	0,49
20/04/2023	8,1	645	<0,5	100	192	100	92	141	/	/
23/04/2023	8,2	645	<0,5	113	190	124	66	88	/	/
24/04/2023	8,2	647	<0,5	110	200	130	70	118	0,37	1,33
25/04/2023	7,8	734	<0,5	86	152	110	42	149	/	/
26/04/2023	7,8	734	<0,5	86	152	110	42	149	0,2 4	0,24

**Tableau 5** : les analyses d'eau de Chaudière

Jours	pH	conductivité	TA	TAC	$Cl^-$	Sio <sub>2</sub>	Fer total
09/04/2023	7,5	2,3	<0,5	1	<0,5	/	/
10/04/2023	8,2	3,2	<0,5	2	<0,5	<0,02	<0,02
11/04/2023	8,5	2,7	<0,5	2	<0,5	/	/
12/04/2023	6,3	1,6	<0,5	3	<0,5	0,03	0,08
13/04/2023	5,9	1,2	<0,5	2	<0,5	/	/
16/04/2023	7	1,2	<0,5	3	<0,5	/	/
17/04/2023	8,2	2,8	<0,5	2	<0,5	<0,02	0,22
18/04/2023	7,4	1,8	<0,5	2	<0,5	/	/
19/04/2023	6,9	1,7	<0,5	3	<0,5	<0,02	<0,02
20/04/2023	7,6	1,7	<0,5	2	<0,5	/	/
23/04/2023	8,2	4	<0,5	6	<0,5	/	/
24/04/2023	8,1	3,4	<0,5	3	<0,5	<0,02	0,02
25/04/2023	7,7	2,1	<0,5	2	<0,5	/	/
26/04/2023	8,1	3,1	<0,5	6	<0,5	0,02	0,15