

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

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la technologie

Département Science Technique

Mémoire

Présenté pour obtenir

LE DIPLOME DE MASTER

FILIERE : Génie des Procédés

Spécialité : Gestion des changements environnementaux en Méditerranée

Par

➤ **Deffaf Wiam**

Intitulé

*Etude de la Qualité de l'eau d'alimentation de Chaudière
du Complexe CONDOR Electronics*

Soutenu le : 04/07/2023

Devant le Jury composé de :

<i>Nom & Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<i>M Benmakhlouf</i>	<i>PROF</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M^{me} Maghraoui Nadjah</i>	<i>MAA</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M^{me} Faïd Hayette</i>	<i>MCA</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>

Année Universitaire 2022/2023

Remerciement

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 tout puissant de m'avoir donné la force, la patience et la volonté pendant ce projet.

Toute ma gratitude va à mon encadreur Mme MAGHRAOUI, pour ses précieux conseils, son aide, ses orientations et ses encouragements durant toute la période du travail de recherche et d'expérimentation.

J'adresse mes chaleureux remerciements à tous les professeurs du département de génie des procédés de l'université pour les connaissances acquises, et les conseils prodigués au cours 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, mon cher mari et tous ceux qui ne sont pas cités ici et qui de près ou de loin ont contribué à l'aboutissement de ce projet.

Merci à tous

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A celle qui m'a aimé, soutenue et encouragé durant toute ma vie et m'a donné de l'espoir pour poursuivre ce chemin jusqu'au bout, ma très chère mère que dieu la protège,

A celui qui m'a comblé d'amour, de soutien et de tendresse, A toi ma fierté et mon honneur mon Père, que dieu te donne santé et longue vie,

A mon cher mari pour son appui et son encouragement,

A toute ma famille pour son soutien tout au long mon parcours dans ma vie, en particulier mes sœurs,

*A ma chère amie **imane** pour ses encouragements permanents, et son soutien moral,*

A toute personne que j'aime et qui m'aime

Table des matières

Titre	Page
Remerciement	
Dédicace 1	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste d'Abréviation	
Introduction générale	1
Chapitre I: présentation de site d'étude	
I- Introduction	4
I-1- Définition de l'entreprise	4
I-2- Historique de l'entreprise	4
I-3- Groupe de condor	5
I-3-1- Définition	5
I-4- Profil de condor electronics	6
I-5- Les produits de spa condor electronics	6
I-6- Organigramme de l'entreprise	7
I-7- Unité de fabrication de polystyrène	7
I-7- 1- Définition	7
I-7- 2- Description de l'unité	8
I-7- 2-1- Description des services de l'unité polystyrène condor	8
I-7- 2-2- Description des ateliers de l'unité PSE	8
Chapitre II : traitement des eaux	
II-1- Introduction	11
II-2- Production de l'eau industrielle	11
II-3- Dégrillage	11
Coagulation- floculation- décantation	12
Décarbonatation a la chaux	14
Filtration	14
Production de l'eau adoucie	14
L'adoucissement	14
Principe de fonctionnement de l'adoucisseur	16
La régénération	16
Etapas de régénération	17
Osmose inverse	18
Définition et mécanisme	18
Paramètres a suivre	19
Titre hydrotimétrique (TH)	19
Titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC)	19
Le chlore (CL)	19
Oxygène dissoutes	19
Le potentiel d'hydrogène (PH)	20
La conductivité	20
Le fer	20
Les phosphates	21

Problèmes causés par l'eau	21
La corrosion	21
L'entartrage	23
Moussage et primage	24
La lutte contre la corrosion	24
Traitement et conditionnement de l'eau de chaudière	25
Conclusion	26
Chapitre III : partie expérimentale	
III-1-Introduction	28
III-2- le choix du protocole	28
III-3- L'échantillonnage	28
III-4- Choix des sites de prélèvement	28
III-5- Technique de prélèvement	29
III-6- laboratoire de l'installation	29
III.6.1. les réactifs utilisés	29
III.6.2. les différents appareils utilisés	29
III-7- Les techniques d'analyse physico-chimiques des eaux	30
III-8- Analyses des eaux	31
III-8- Paramètres d'analyses des eaux	31
III-9- Modes opératoires des paramètres analysés	31
III-9-1- Détermination Du PH	31
III-9-2-Conductivité électrique	32
III-9-3-Dosage du fer total	33
III-9-4-Dosage de phosphates	34
III-9-5-Dosage de l'oxygène dissout	36
III-9-6-Dosage de titre hydrotimétrique	39
III-9-7-Dosage de TA et TAC	41
III-9-7-1- Détermination de TA	42
III-9-7-2- Détermination de TAC	42
III-9-8- Dosage des Chlorures	43
Résultats et Discussions	
IV-1-Variation du pH	47
IV-2-Variation de la conductivité	48
IV-3-Variation de la dureté	49
IV-4-Variation des chlorures	50
IV-5-Variation de TA	51
IV-6-Variation de TAC	52
IV-7-Variation de phosphates	53
Conclusion général	55
Bibliographie	

Liste des figures

Figure	Page
Chapitre 1	
Figure I-1 : Groupe de Condor	5
Figure I- 2 : Organigramme de l'entreprise	7
Figure I -3 : les services de l'unité PSE condor.	8
Chapitre 2	
Figure II-1 : Le dégrilleur.	12
Figure II-2 - processus de coagulation –floculation	13
Figure II-3 : Décanteur .	13
Figure II- 4: schéma des résines échangeuses d'ions.	15
Figure II-5 : Le principe de fonctionnement du L'adoucisseur	16
Figure II-6 : Schéma du principe du mécanisme de la régénération	17
Figure II-7 : principe de l'osmose et de l'osmose inverse	18
Figure II-8 : corrosion par O2	22
Figure II-9 : Fragilisation caustique	23
Figure II-10: Phénomène d'entartrage des tubes de chaudières.	24
Chapitre 3	
Figure III-1 : Un PH mètre	
Figure III-2 : Un conductimètre	33
Figure III-3 : Spectrophotomètre « H Dr 5000 » Dosage du fer total	34
Figure- III-4: Un oxymètre	37
Figure- III-5: Dosage de la dureté	40
Figure- III-6: Dosage de TA	42
Figure- III-7: Dosage de TAC	43
Figure- III-8: Dosage des chlorures	44
Figure- III-9: Précipitation des chlorures	45
Chapitre IV	
Figure IV-1: Variation des valeurs du pH de chaque eau de la station.	47
Figure IV-2: Variation des valeurs du la conductivité électrique.	48
Figure IV-3: Variation des valeurs de la TH de la station	49
Figure IV-4: Variation des valeurs de chlorures de la station.	50
Figure-IV-5 : Variation des valeurs de la TA de la station.	51
Figure -IV-6: Variation de phosphates en fonction du temps	52
Figure -IV-7: Variation des valeurs de la TAC de la station	53

Liste des tableaux

Tableau	Page
Chapitre 1	
Tableau I-1 : profil de condor électroniques	6
Chapitre 2	
Tableau II.1 : Le type de dégrillage en fonction de l'espacement des barreaux	12
Tableau II.2: Classification de la dureté	15
Tableau II.3 : Paramètres physico-chimiques et méthodes de mesure	21
Chapitre 3	
Tableau -III-1:Paramètres physico-chimiques étudiés et méthodes de mesure.	30
Tableau- III-2: protocole expérimental de la série «étalon»	36

Liste des Abréviation

ISO 9001 : International Organisation for standardization

OHSAS 18001 : Occupational health and safety assessment series

SPA: Société par action

BU: Business united

DA: Dinar Algérienne

PSE: Polystyrène expanse

MES: Matière en suspension

TH: Titre hydrotimétrique

TA: Titre Alcalimétrique

TAC: Titre Alcalimétrique complet

PH: Le potential d'hydrogène

mg/l: Milligramme par litre

μS/cm: Micro siemens par centimètre

Cl: Chlorures

nm : nano mètre

EDTA : Acide éthylène diamine tétracétique

NET : le noir d'ério-chrome

F° : degré français

O₂ : Oxygène

C° : degré celcus

INTRODUCTION

GÉNÉRALE

Introduction

Dans l'industrie moderne, les chaudières occupent une place indispensable dans la plupart des applications industrielles et sont devenues une mesure importante de l'investissement des entreprises. Partout dans le monde, ils font l'objet d'un développement technologique considérable car leur application se développe dans des domaines variés : chimie, pétrochimie, agro-alimentaire, production d'énergie électrique.

La plupart des installations dans l'industrie alimentaire et autres sont équipées de chaudières à vapeur ou à eau chaude.

Donc, la qualité de l'eau est devenue un critère aussi important que n'importe quelle autre matière première. La demande toujours croissante en eau dans la grande majorité des technologies de fabrication industrielle a entraîné un certain nombre de contraintes liées à cette consommation d'eau [1]

Les machines de moulage par injection sont des unités utilisées pour produire des emballages électroniques de différents types et propriétés. L'industrie de l'emballage nécessite de grandes quantités d'eau bien définies pour les processus de traitement de l'eau des chaudières industrielles.

Pour réduire les dégâts des eaux et assurer un fonctionnement optimal des chaudières et des équipements auxiliaires, l'eau d'alimentation doit répondre à des normes de qualité strictes. Cette eau doit être exempte de sels minéraux, de gaz, notamment d'oxygène et de gaz carbonique, et exempte de solides en suspension.

Pour toutes ces raisons, il ne suffit pas de simplement pomper l'eau hors du réservoir, il faut aussi la traiter avant qu'elle n'atteigne la chaudière. Les méthodes de traitement varient en fonction de la composition de l'eau. Généralement, l'eau doit être éliminée des solides en suspension, dessalée, déminéralisée, dégazée, puis conditionnée par l'ajout de substances réductrices.

Dans ce contexte, les industriels s'efforcent en permanence d'améliorer la qualité de l'eau de chaudière et de se conformer à des normes de qualité de plus en plus strictes.

C'est dans cette optique qu'a débuté notre projet de fin d'études. En fait nous avons fait un stage chez CONDOR BBA pour nous assurer d'être intégrés dans le monde industriel.

Durant ce stage cette fois, j'ai travaillé sur la circulation de l'eau dans cette entreprise, en me concentrant sur le contrôle qualité de l'eau de chaudière.

Ce présent mémoire est présentée en quatre parties, la première est réservée à la présentation du site condor, la deuxième partie sera concerné aux traitements des eaux la troisième partie c'est les analyses physicochimiques des eaux et la quatrième partie c'est la présentation des résultats d'analyse et leur discussions.

CHAPITRE

1

I –Introduction :

Nos travaux sont réalisés dans une entreprise privée algérienne qui a mis en place un système de management intégré conforme aux normes internationales, à savoir ISO 9001, ISO 14001 et OHSAS 18001 [2]

Afin d'étudier l'une de ses activités localisées dans l'une de ses unités de production, qui sera présentée dans ce chapitre, Nous avons commencé par une introduction à SPA Condor Électroniques, sa mission et ses objectifs.

I -1-Définition de l'entreprise :

Il est difficile d'inclure dans une définition unique le sens d'un mot comme celui d'entreprise, qui s'applique aussi bien à un complexe industriel qu'à une société de conseil, voire à un petit entrepreneur. En économie, une société est traditionnellement définie comme « une organisation économique, ayant une forme juridique définie, qui réunit des moyens humains, matériels, immatériels et financiers pour produire des biens ou des services destinés à être vendus sur le marché dans un but lucratif ».

Juridiquement, une société est définie comme "une combinaison de ressources matérielles et humaines coordonnées et organisées pour atteindre des objectifs économiques définis".[3]

I -2-historique:

A l'origine, SPA CONDOR ELECTRONICS était une petite entreprise de commerce alimentaire et de transport, fondée et façonnée par le patriarche familial, El HADJ MOHAMED TAHER BENHAMADI. El Hadj Mohamed TAHER, fort de sa réactivité professionnelle, de son esprit d'entreprise et de son sens aigu de la création, a trouvé la première voie pour créer BENHAMADI GROUP [4]

CONDOR ELECTRONICS, filiale de BENHAMADI GROUP, a été créée en 2002 pour acquérir la spécialité de l'Electronique et de l'électroménager. Appareils électroménagers. [5]

Aujourd'hui, le groupe représente un des conglomérats d'entreprises Algériennes les plus puissants et actives sur la sphère économique du pays. Il opère dans différents domaines d'activités et affiche des résultats dignes d'être cités en exemple. [4]

I -3-groupe de Condor:

En Algérie, Condor est une marque très forte, connue pour sa force d'innovation, ses produits de qualité et son souci permanent de la satisfaction client. Condor est leader en Algérie pour la **plupart** de ses activités et est l'une des marques les plus reconnues en Algérie.

I-3-1-définition:

Spa condor electronics : appartient au groupe benhamadi qui fabrique tous les appareils électroniques et électroménagers ainsi que les matériaux de construction et les denrées alimentaires et fournit également des services d'accueil sous la direction de M .benhamadi abderrahmane .SPA condor electronics est une entreprise spécialisée dans la fabrication d'équipements électroniques et électroménagers ,d'ordinateurs , d'emballages et de matériaux de construction .[4]

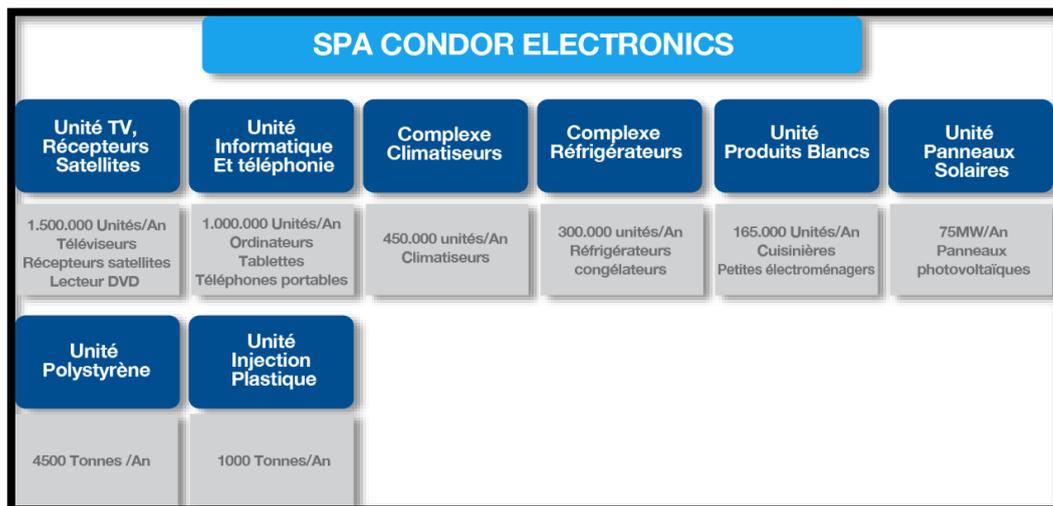


Figure I. 1 : Groupe de Condor

I -4-profil de condor electronics :

Tableau I-1 : profil de condor electronics [5]

Création	9 février 2002
Dates clés	2013 : Introduction sur les marchés Tunisie et Jordanie 2013 : Lancement du premier smartphone 2015 : Introduction sur le marché France 2017 : Développement de la technologie 8K.
Forme juridique	SPA
Slogan	« Prenez votre envol ! »
Siège social	ZAC Route de M'Sila 34000 Bordj Bou Arréridj  Algérie
Direction	Abderrahmane Benhamadi (DG)
Activité	Électronique, électroménager et informatique
Produits	Téléphones mobiles, tablettes tactiles, montres intelligentes, bracelets connectés, téléviseurs, caméras, visiocasques, pèses-personnes connectés, applications mobiles, etc.
Société mère	Groupe Benhamadi Antar Trade
Effectif	15 000 (2017)
Site web	www.condor.dz
Chiffre d'affaires	▲ 1 milliard de dollars (2017) ¹

I- 5- les produits de SPA condor electronics :

- **Les équipements électroniques** : Smartphones (plume P4, Griffe, Allure), téléphones (F1), tapettes tactiles.
- **Les équipements électroménagers** : Plaque chauffantes, four à micro-ondes, cuisinières, réfrigérateurs, chauffe-eau, machines à laver, sèche-cheveux, smarte TV, téléviseurs, climatiseurs, radiateurs .
- **Multimédia** : Caméra, ordinateur (portables et fixe) .
- **Emballage** : Emballage en polystyrène expansible.
- **Matériaux de construction et des dispositifs énergétiques solaires** :
Panneaux PSE, hourdis en PSE, Panneaux photovoltaïques. [5]

I-6- Organigramme de l'entreprise:

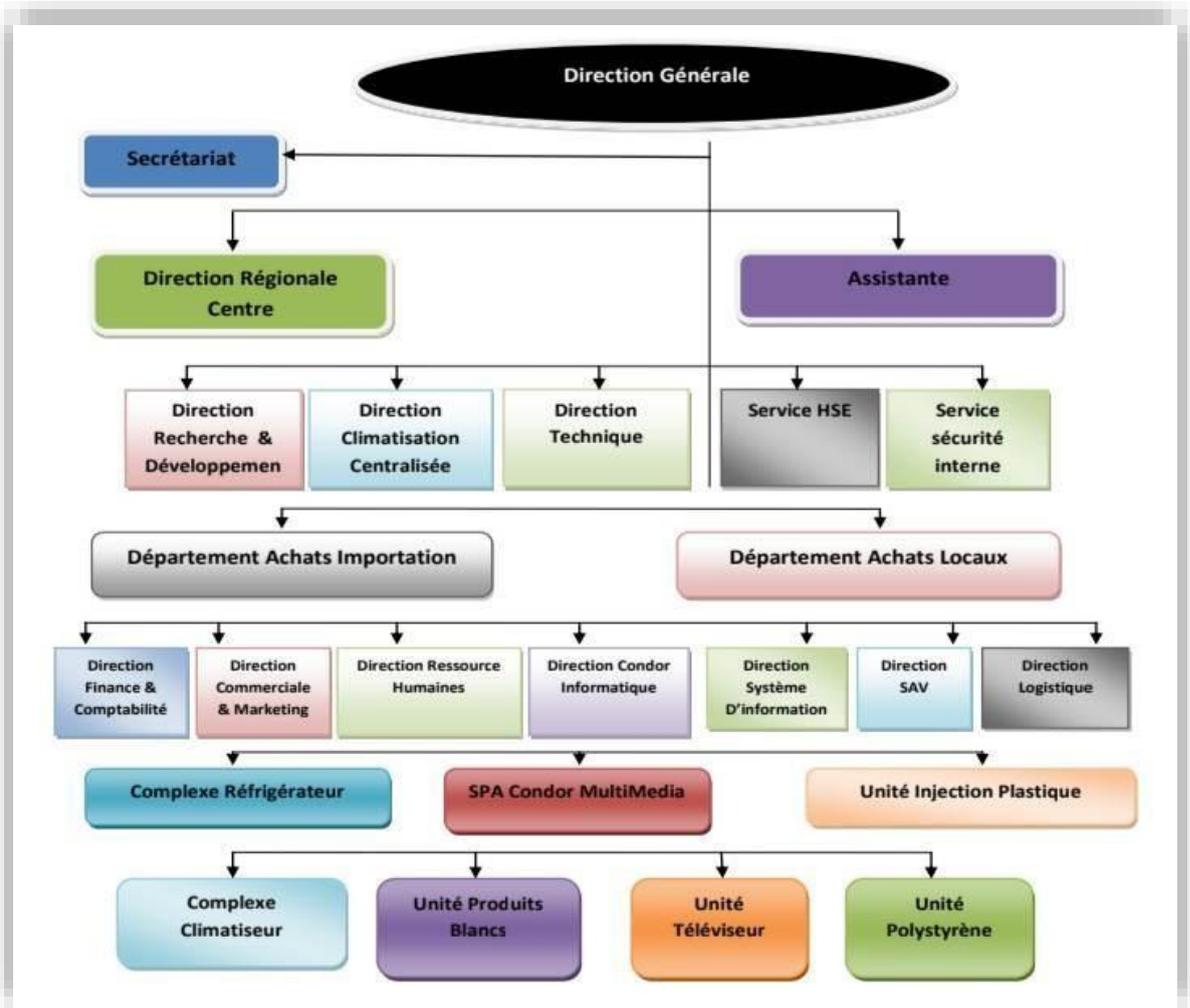


Figure I. 2 : Organigramme de l'entreprise [6]

I -7-Unité de fabrication de polystyrène :

I -7-1-Définition :

Les unités en polystyrène BU font partie de SPA Condor Electronics. Elle produit Emballages en polystyrène expansé pour toutes les unités CONDOR et divers prestataires. Elle produit également des panneaux d'isolation et d'étanchéité et des lambourdes (Hourdi) pour la construction.

I -7-2-Description de l'unité :

I -7-2-1-Description des services de l'unité Polystyrène CONDOR :

L'unité Polystyrène comporte 05 ateliers et 121 employés et une capacité de production annuelle de 2400 tonnes/an. L'unité BU Polystyrène CONDOR comporte les services suivant :

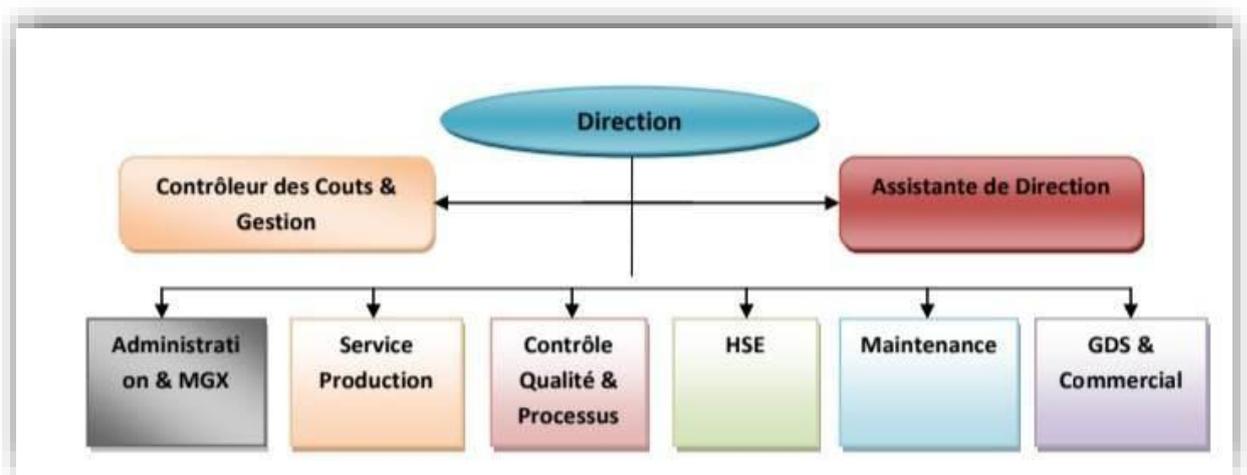


Figure I -3- les services de l'unité PSE condor.

I -7-2-2 Description les ateliers de l'unité PSE :

Il est composé de 04 ateliers :

❖ Atelier emballage (site 01) :

Le site 1 est spécialisé à la production d'emballage.

Les équipements de Site 01 :

10 machines de moulage d'emballages.

02 Pré-expandeur.

20 Silos de stockage matière.

03 Chaudières à vapeur.

01 Accumulateur.

02 Adoucisseur.

03 Compresseurs d'air.

02 refroidisseurs.

❖ **Atelier broyage (site sol) :**

Site 2 spécialisé broyer les déchets de polystyrène.

Les équipements de Site 02 :

03 machines broyeur.

01 D'extrudeuse.

06 Silos de stockage matière.

❖ **Atelier bloc (site 03) :**

Le Site 03 Spécialisé à la Production des blocs en PSE et D'emballages

Les équipements de Site 03 :

02 Chaudières.

02 accumulateurs.

03 refroidisseurs.

03 Compresseurs.

02 adoucisseurs.

01 Réservoir de préchauffage.

02 Machines de moulages du Bloc.

01 Réservoir D'eau.

02 Pré ex panseurs.

❖ **Atelier découpage (site 04) :**

Le site 04 spécialisé a découpe les blocs en panneaux.

Les équipements de Site 03 :

03 machines découpent[7]

CHAPITRE

2

II-1- Introduction :

Dans les usines de production de vapeur, l'eau ne peut pas être utilisée directement pour la consommation industrielle car elle pollue et s'occupe des matières en suspension, des déchets végétaux, des gaz dissous et divers sel. Beaucoup de ces différentes eaux d'entrées doivent être traitées avant l'utilisation. Le traitement des eaux des chaudières est donc une étape indispensable pour obtenir la qualité d'eau désirée pour obtenir une eau non minéralisée de qualité suffisante de l'eau brute, et fournir des chaudières sans aucun problème.

II-2- Traitement de l'eau industrielle :

L'eau utilisée dans le Complexe CONDOR provient du forage. Cette eau arrivant à l'usine à eau est stockée généralement dans des réservoirs en béton de capacité considérable sous une pression de 2 à 6 bars, avant qu'elle ne soit envoyée pour les diverses utilisations des unités du Complexe. Elle subit un traitement préalable au niveau de l'usine à eau dont le but est de produire une eau industrielle ensuite une eau adoucie puis enfin une eau déminéralisée par les procédés suivants :

- Dégrillage
- Coagulation- Flocculation - Décantation ;
- Décarbonatation à la chaux ;
- Filtration sur un filtre à sable ;
- Osmose inverse(OI) ;

II-2-1- Dégrillage :

L'opération de dégrillage a pour but d'éliminer l'essentiel des substances transportées par les eaux, c'est pourquoi la station peut être protégée de ces différents problèmes de colmatage de niveau structurel causés par différents objets. Selon l'espacement des barres de la grille, il existe différents types de filtrage. [8]

Tableau II.1 : Le type de dégrillage en fonction de l'espacement des barreaux.

Type de dégrillage	Espacement entre les barreaux
Dégrillage grossier	30 - 100mm
Dégrillage moyen	10 -25mm

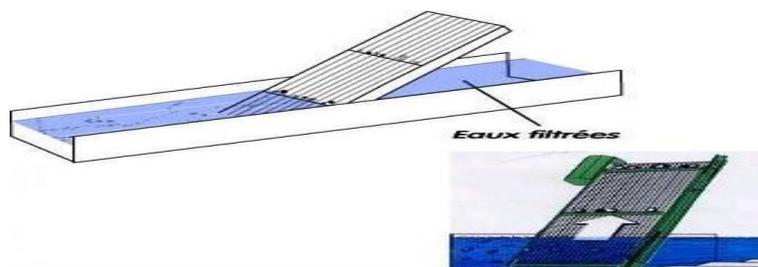


Figure II-1 : Le dégrilleur.

II-2-2- Coagulation- floculation- décantation :

Ce processus peut ensuite rendre l'eau claire en éliminant les substances en suspension, il contient ce qu'on appelle des particules colloïdales (diamètres compris entre 0,1 et 10 microns). Il fonctionne en deux étapes : dans un premier temps, un réactif chimique est injecté dans l'eau (par exemple les sels d'aluminium) provoquent l'agglomération des particules. Ces produits chimiques sont appelés coagulants. La charge positive du coagulant neutralise la charge Valeurs négatives pour les particules dissoutes et en suspension dans l'eau. Ces particules s'agglomèrent pour former des "flocons" les uns des autres : c'est la floculation Ces "flocons" plus lourds que l'eau, se déposent au fond d'un bassin de décantation et sont évacués régulièrement sous forme de boues.

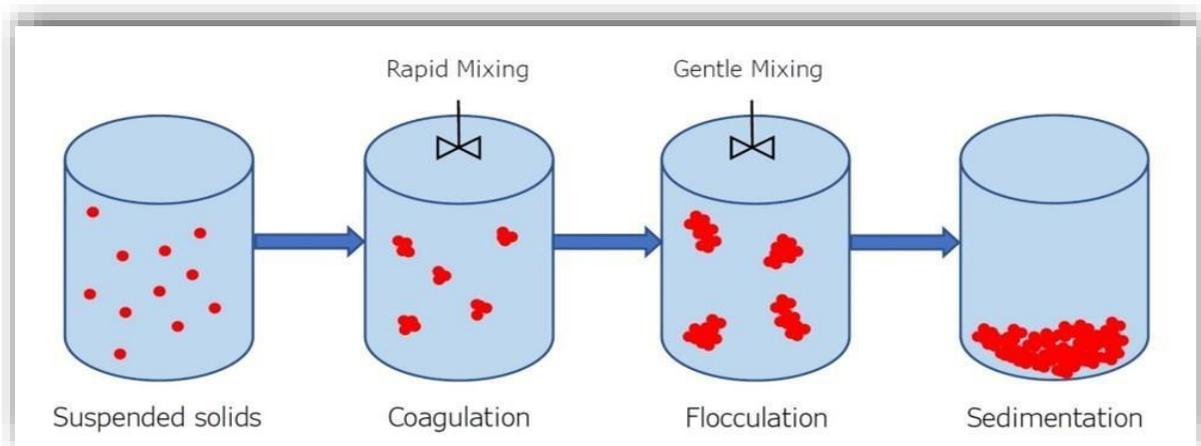


Figure II-2 - processus de coagulation –floculation .

➤ **Décantation :**

La décantation est la méthode de séparation gravitaire la plus fréquente de MES et colloïdes (rassembles sous forme de floc après l'étape de coagulation/floculation). Il s'agit d'un procédé de séparation solide/liquide basé sur la pesanteur. Cette séparation est induite par réduction de la vitesse horizontale qui doit être inférieure à la vitesse verticale (de chute, de décantation ou ascensionnelle) afin de favoriser la sédimentation des particules dans un piège. Ces particules s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée. Les facteurs clefs de la sédimentation sont la différence de masse volumique entre le solide et le liquide, la taille des particules et la viscosité du fluide.[9]



Figure II-3 : Décanteur.

II-2-3- Décarbonatation à la chaux :

La décarbonatation à la chaux est un traitement de précipitation qui a pour effet de réduire la dureté temporaire d'une eau qui est due à la présence des bicarbonates de calcium $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ et de magnésium $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

La chaux employée sous forme de lait de chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$ précipite les bicarbonates de calcium et de magnésium sous forme de cristaux (petits grains fins).[10]

II-2-4-Filtration :

Le but de la filtration est de retenir sur le support des solides en suspension apportés de l'eau brute ou du prétraitement dans lequel l'eau versée est percolée à travers un milieu poreux retenant idéalement les particules solides et laissant passer le liquide. La stagnation des solides contenus dans l'eau conduit à un colmatage progressif des interstices entre les éléments constitutifs du matériau filtrant. Après avoir fonctionné pendant un certain temps, le filtre se bouche et doit être nettoyé. Le filtre est nettoyé par agitation d'air fournie par le compresseur, tandis que la pompe de nettoyage fournit de l'eau de retour pour faciliter l'évacuation des impuretés.[10]

II-3-production de l'eau adoucie :

II-3-1 :l'adoucisseur :

La dureté totale d'une eau est définie par la quantité d'ions calcium Ca^{+2} (dureté calcique) et magnésium Mg^{+2} (dureté magnésienne) présents dans cette eau. Elle s'exprime en °TH (degré hydrotimétrique). Les eaux courantes sont caractérisées par des degrés hydrotimétriques français échelonnés entre 0 et 50. Certaines eaux minérales possèdent une forte teneur en ions de calcium et de magnésium, ce qui est au contraire recherché car ces ions confèrent à l'eau des propriétés diététiques. [11]

Tableau II.2: Classification de la dureté

Dureté de l'eau*				
TH	0 à 8 °f	8 à 15 °f	15 à 30 °f	+ de 30 °f
	Eau très douce	Eau douce	Eau moyennement dure	Eau très dure

* Procédés de traitement des eaux à l'intérieur des bâtiments individuels ou collectifs.
CSTB Éditions, collection Guide Pratique - juin 2011

L'adoucissement est un procédé de traitement initialement destiné à réduire la dureté de l'eau (due à la présence des sels alcalino-terreux : carbonates, sulfates et chlorures de calcium et de magnésium). Cette opération entre parfois dans le cadre de l'épuration physico-chimique de l'eau où elle peut accompagner d'autres modalités de traitement de l'eau (filtration, désinfection, dénitrification, dénitratation, traitement des pesticides). [12]

L'adoucisseur est un appareil qui utilise une résine échangeuse d'ions et le principe consiste à permuter les ions calcium et magnésium qui constituent la dureté de l'eau par des ions sodium liés à la résine de l'adoucisseur. L'échange ionique d'adoucissement sera réalisé sur un support solide constitué d'une résine initialement chargée en sodium. Chaque ion Ca^{2+} et Mg^{2+} va chasser de la résine 2 ions Na^+ . [13]

Un adoucisseur d'eau est composé de deux réservoirs : un qui contient des résines minérales et un autre qui contient des sels régénérant. L'eau va traverser les résines minérales qui vont emprisonner les ions de calcium et de magnésium (les responsables des dépôts de calcaire). Puis, nettoyée, elle va continuer son chemin vers les canalisations. [14]

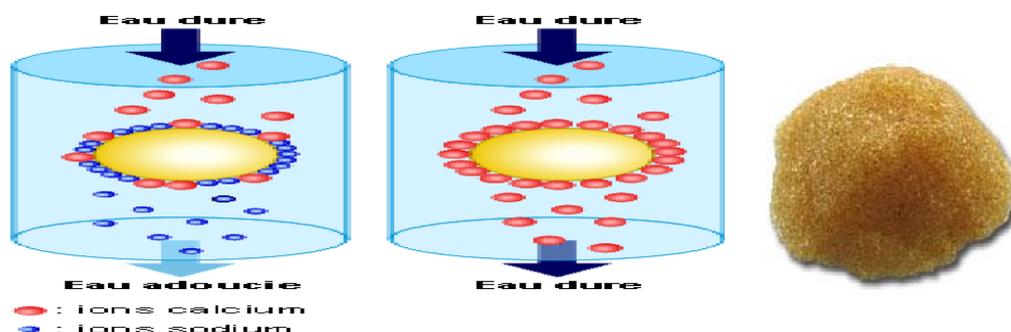


Figure II- 4: schéma des résines échangeuses d'ions.

II-3-1-1-Principe de fonctionnement de L'adoucisseur :

L'adoucissement de l'eau consiste à échanger les ions calcium et magnésium, peu solubles et qui réagiraient avec les carbonates de l'eau pour former du calcaire, contre les ions sodium qui sont parfaitement solubles dans l'eau. On nomme cette opération « échange ionique ».

L'échange ionique de l'adoucissement est réalisé par le passage de l'eau sur un support solide : la résine. Il s'agit d'une résine cationique forte porteuse d'ions sodium. Elle se présente sous forme de billes poreuses de 0,2 à 3 mm de diamètre et de densité réelle légèrement supérieure à celle de l'eau. Celle-ci a beaucoup plus d'affinité pour les ions calcium et magnésium que pour les ions sodium dont elle est chargée à l'origine.

Lorsque cette résine est mise en contact avec de l'eau dure contenant des ions calcium et magnésium ces derniers se fixent sur la résine en prenant la place des ions sodium qui y étaient à l'origine. Ces ions sodium sont libérés dans l'eau en lieu et place des ions calcium et magnésium. L'eau qui a ainsi percolé de haut en bas sur un lit de résine va céder tous les ions calcium et magnésium qu'elle contenait. Sa dureté tend donc vers zéro.[15]

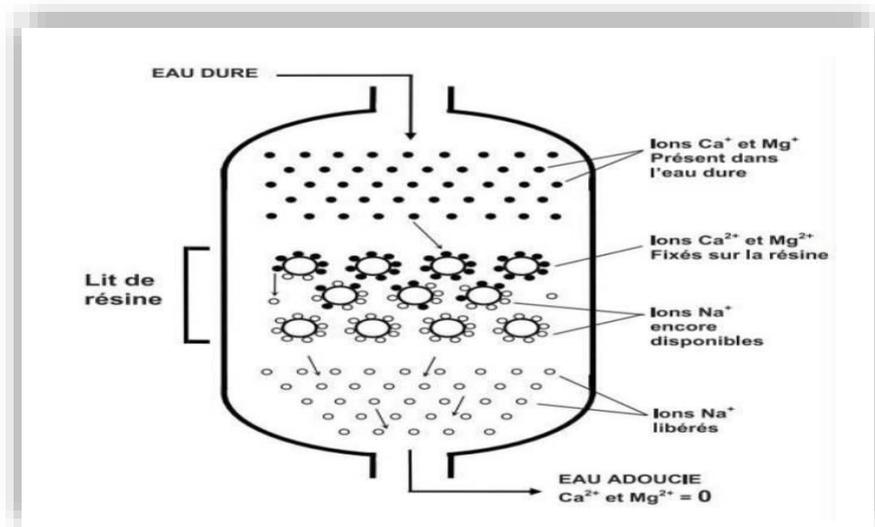


Figure II-5 : Le principe de fonctionnement du L'adoucisseur.

II-3-2-la régénération :

L'adoucisseur fonctionne sur deux modes : service et régénération : Pendant le service, l'adoucisseur produit de l'eau adoucie. Puis, dès que les résines de l'adoucisseur arrivent à saturation L'adoucisseur passe à régénération on dit qu'il se régénère.

La résine a une capacité de fixation du calcium limitée, et lorsque cette capacité limite est atteinte après avoir traversé un certain mètre cube, le calcium de l'eau brute ne se fixe plus et réapparaît à la sortie de l'adoucisseur : c'est la fuite de dureté. L'adoucisseur n'est plus en mesure de faire son travail et doit être régénéré.[16]

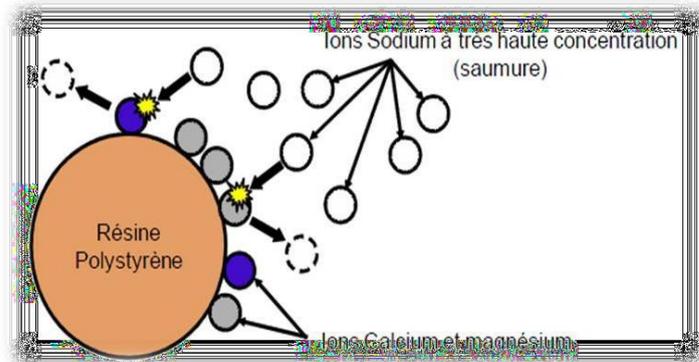


Figure II-6 : Schéma du principe du mécanisme de la régénération.

II-3-2-1- les étapes de régénération :

➤ **Détassage :**

Cette étape consiste à établir un flux d'eau ascendant, provoquant l'expansion de la résine. Les particules fines autres que les particules solides et la résine sont rejetées à l'égout. Cette opération est extrêmement importante car elle élimine les solides en suspension précipités et facilite la fixation du sodium. Le débit nécessaire est **supposé** être le même que le débit instantané en phase de production d'eau adoucie.[17] [18]

➤ **Régénération :**

Puis on introduit la solution de **régénération**, généralement concentrée, et on la laisse s'imprégner Lentement.

➤ **Rinçage :**

Le régénérant se déplace ensuite avec l'eau à faible débit jusqu'à ce que le lit de résine ne contienne qu'une petite quantité de régénérant. C'est la phase de déplacement ou de rinçage lent. Effectuez ensuite un rinçage rapide à un débit plus élevé pour éliminer les dernières traces de régénérant. L'opération se termine lorsque tout le chlorure de sodium est complètement éliminé et que la dureté à la sortie de l'adoucisseur est proche de zéro.[18]

II-3-3- l'osmose inverse :

II-3-3-1- définition et mécanisme :

L'osmose inverse est une technique de séparation utilisant des membranes denses. La séparation des solutés ne se fait donc plus sur la base de leur taille mais plutôt en fonction de leur affinité vis-à-vis de la phase membranaire. Le transfert de matière en osmose inverse est généralement décrit par le modèle de dissolution-diffusion. Celui-ci considère que le taux de transmission d'un soluté à travers une membrane d'osmose inverse résulte d'un processus dans lequel le soluté se solubilise dans la phase membranaire puis diffuse à travers celle-ci pour rejoindre le compartiment perméat.

On appelle osmose le transfert de solvant à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration. Pour illustrer ce phénomène, considérons une membrane idéalement perméable, c'est-à-dire ne se laissant traverser que par le solvant, séparant deux compartiments contenant des solutions de concentrations différentes.

Puisque la diffusion des solutés à travers la membrane est impossible, le système va évoluer spontanément vers un état d'équilibre thermodynamique en déplaçant une partie du solvant contenu dans le compartiment dilué vers le compartiment concentré. Le flux de solvant ne s'annulera que lorsque le potentiel chimique du solvant sera égal dans chacun des deux compartiments. Ce phénomène est connu sous le nom d'osmose.[19]

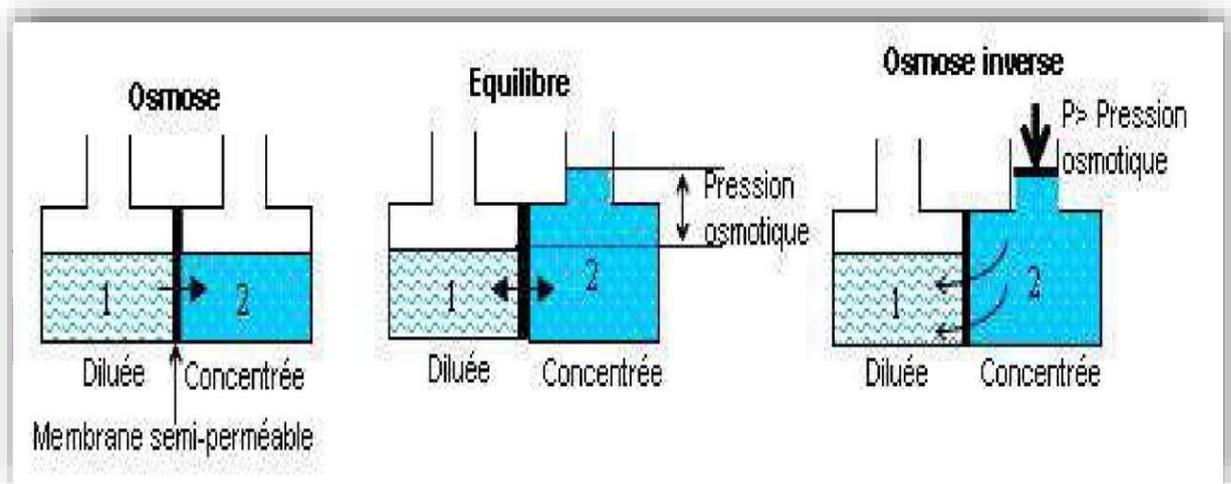


Figure II-7 : Principe de l'osmose et de l'osmose inverse.

II-4-Paramètres à suivre :

II-4-1- Titre hydrotimétrique (TH) :

La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, exceptée celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ . Elle est souvent due aux ions Ca^{++} et Mg^{++} . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux.

La dureté se mesure en mg de CaCO_3 par litre.[20]

II-4-2- Titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC) :

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bicarbonate et de carbonate. Le titre Alcalimétrique ou TA est égal à l'alcalinité.

Il mesure la totalité des alcalines libres plus le $\frac{1}{2}$ de l'alcaline combinée en carbonates (dans le cas des eaux traitées par le Phosphate).

Le titrage a lieu en présence de Phénol phtaléine, le virage se produisant dès que le pH est inférieur à 8.30.

Le titre alcalimétrique complet ou TAC est égal à l'alcalinité il mesure la totalité des alcalies libres et le carbonate.

Le titrage a lieu en présence de Morpholine, le virage se produit à pH 4.5.

II-4-3- Détermination des chlorures :

On utilise pratiquement une solution de nitrât d'argent en présence de K_2CrO_4 lorsque tous les chlorures précipitent sous forme de chlorure d'argent le premier excès d' AgNO_3 réagit avec le K_2CrO_4 pour former un chromate insoluble fortement coloré en rouge brique.[21]

II-4-4- L'Oxygène dissous :

Le dosage est effectué par la méthode électrochimique, il s'agit d'une mesure ampérométrique d'un courant produit à l'intérieur d'une sonde à oxygène. Cette sonde est constituée d'une cellule fermée d'une membrane sélective à l'oxygène (Téflon ou en polyéthylène) et imperméable à l'eau et aux matières ioniques dissoutes. A l'intérieur de la

sonde se trouvent 2 électrodes métalliques et de l'électrolyte avec une différence de potentiel entre ces 2 électrodes. L'O₂ qui passe à travers la membrane est réduit à la cathode, tandis que les ions métalliques passent en solution de l'anode, créant un courant, la mesure de son intensité permet, grâce à l'étalonnage de l'appareil de connaître la concentration en O₂ dissous de l'échantillon. [22]

II-4-5- Le potentiel d'hydrogène (pH) :

La mesure est réalisée par la méthode potentiométrique avec électrode de verre, le principe d'analyse est basé sur la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution .[23]

II-4-6- la conductivité :

La conductivité est la capacité d'une solution, d'un métal ou d'un gaz – autrement dit de tous les matériaux à faire passer un courant électrique. Dans une solution, ce sont les anions et les cations qui transportent le courant alors que dans un métal ce sont les électrons. Un certain nombre de facteurs entre en jeu pour qu'une solution conduise l'électricité :

- la concentration ;
- la mobilité des ions ;
- la valence des ions ;
- la température ;

Chaque substance possède un certain degré de conductivité. Pour les solutions aqueuses, le niveau de la force ionique s'étend des très faibles conductivités pour les eaux ultra pures jusqu'aux très fortes conductivités pour des échantillons chimiques concentrés. [24]

II-4-7- Le fer :

Le fer se trouve dans l'eau sous différentes formes ; on peut théoriquement distinguer :

- Fer en suspension (à l'état ferrique, principalement) ;
- Fer dissous (fer à l'état ferrique solubilisé et fer à l'état ferreux) .

Afin de protéger la chaudière de ces contaminants, ils devraient être contrôlés ou

éliminés, grâce à des traitements internes ou externes.[25]

II-4-8- Les phosphates :

Apportés par certains types de traitement, ils existent sous forme libre (orthophosphate), de polyphosphates ou de phosphate lié à des produits organiques (phosphonates). Le maximum autorisé est de 5mg /L exprimé en P2O5.[26]

Tableau II– 3 : Paramètres physico-chimiques et méthodes de mesure

Paramètres	Unités	Méthodes	Instruments	Normes des analyses
PH	/	Electrochimique	pH-mètre	NFT90-008
X	μs /cm	électrochimique	Conductimètre	NFT90-031
TA	mg CaCO ₃ /L	Volumétrique : titrage acide jusqu'à pH= 8,3	/	NFT90-36
TAC	mg CaCO ₃ /L	Volumétrique : titrage acide jusqu'à pH= 4,3	/	NFT90-36
TH	mg CaCO ₃ /L	Volumétrique : complexométrie à l'EDTA avec le noir ériochrome T	/	NFT90-003
Cl ⁻	mg /L	Volumétrique : au nitrate d'argent	/	NFT90-14
MES	mg /L	Spectrophotométrie	Spectrophotomètre à 810 nm de longueur d'onde	NFT 90-105-2
NaOH	mg/L	Volumétrique	/	NFT 90-019

II-5- Problèmes causés par l'eau :

II-5-1- La corrosion :

La corrosion est définie comme la destruction du métal qui se produit

lorsqu'Influence des réactions chimiques ou électrochimiques au contact des fluides Aqueux ou gazeux.

La corrosion des chaudières, Dans la chaudière proprement dite les facteurs de corrosion sont nombreux, mais les principaux sont incontestablement l'eau elle-même, l'oxygène dissous et à un degré moindre, la soude caustique et la salinité.

➤ **L'eau :**

L'eau pure désaérée attaque lentement le fer à la température ambiante.

Aux températures plus élevées, telle que celles rencontrées dans les générateurs de vapeur, l'attaque s'accélérerait par l'augmentation de la dissociation des molécules d'eau.

➤ **L'oxygène dissous:**

La corrosion par l'oxygène est le problème le plus sérieux que l'on rencontre quand on met une chaudière en observation.

Un mauvais contrôle de l'oxygène engendrera une corrosion par piqûres qui peuvent rapidement « creuser » les surfaces métalliques. Ces sites affaiblis peuvent créer des éclatements dans les réchauffeurs et les économiseurs.

L'oxygène dissous, d'une manière générale, exerce une action très néfaste lors de la corrosion du fer par l'eau.

La présence simultanée d'oxygène et d'eau est un facteur favorable de la corrosion, qui se traduit par une réaction à laquelle des espèces chimiques et des charges électriques prennent part. On parle alors de corrosion électrochimique.



Figure II-8 : corrosion par O₂

➤ **La soude caustique :**

La soude caustique, dont la présence en faible quantité est généralement bénéfique (fixation de pH dans une zone légèrement alcaline), peut donner lieu à un phénomène de corrosion, appelé fragilisation caustique, lorsqu'elle se trouve présente en concentration très importante.

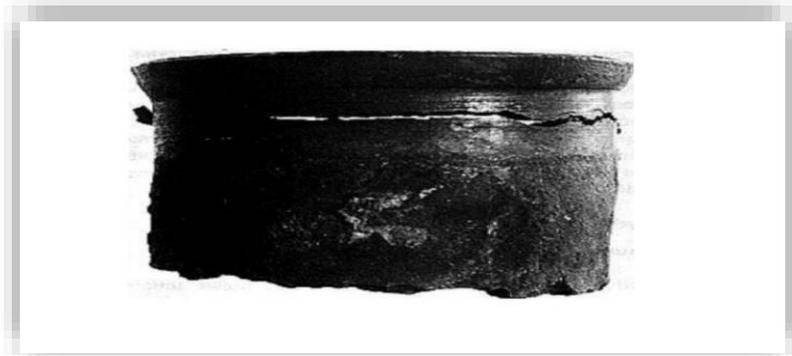


Figure II-9 : Fragilisation caustique

➤ **La salinité :**

Il arrive par fuite d'eau de mer aux condensateurs, l'introduction des sels (chlorure de magnésium et de calcium) de s'hydrolyser pour former l'acide chlorhydrique.[27]

II-5-2- l'entartrage :

L'encrassement de la chaudière est causé par la précipitation directe d'impuretés dans l'eau sur les surfaces de transfert de chaleur ou les solides en suspension. Se dépose sur le métal et durcit et adhère. L'évaporation dans la chaudière augmente la concentration d'impuretés. Ceux-ci interfèrent avec le transfert de chaleur et peuvent provoquer des points chauds qui provoquent une surchauffe localisée. Le mécanisme d'encrassement est dû à une température élevée et à une concentration de solides à l'interface tuyau/eau dépassant la limite de solubilité du minéral. Les dépôts cristallisés sur les parois de la chaudière interfèrent avec le transfert de chaleur et peuvent provoquer des points chauds pouvant entraîner une surchauffe localisée. Moins il y a de chaleur conduite, plus il est dangereux de surchauffer.

S'il n'est pas traité, l'entartrage entraîne une baisse progressive du rendement de la chaudière, en agissant comme un isolant. Eventuellement, la composition du tartre causera

une surchauffe et une rupture.



Figure II-10: Phénomène d'entartrage des tubes de chaudières.

II-5-3- Moussage et primage :

Le primage de l'eau de la chaudière est la contamination de la vapeur par les solides présents dans l'eau. Des bulles ou de la mousse se forment à la surface de l'eau de la chaudière et sortent avec la vapeur. C'est ce qu'on appelle le moussage et est causé par de fortes concentrations de solides dans l'eau de la chaudière. Cependant, il est généralement admis que certaines substances, telles que les graines alcalines, les huiles, les corps gras, les graisses, certains types de matières organiques et les solides en suspension sont particulièrement favorables à la formation de mousse.[28]

II-6- La lutte contre la corrosion :

La résistance à la corrosion représente toutes les mesures visant à protéger les matériaux métalliques des effets néfastes de l'environnement. La protection la plus immédiate consiste à choisir un métal ou un alliage résistant aux environnements corrosifs. De plus, à partir de la phase de conception de l'installation, une protection contre la corrosion doit être envisagée pour éviter de nombreux problèmes et assurer une certaine durée de vie.

Plusieurs techniques de protection existent, qui peuvent être classées comme suit :

- Prévention par ajustement de la forme de la pièce ;

- Prévention par une sélection judicieuse des matériaux ;
- Protection par revêtements;
- Protection par inhibiteurs;
- Protection électrochimique ; [29]

II-7-Traitement et conditionnement des eaux de chaudières :

Le conditionnement a pour but de donner à l'eau d'alimentation et à l'eau de chaudière les caractéristiques voulus en ajoutant les réactifs nécessaires, compte tenu des consignes d'exploitation déjà déterminées (purges et taux de concentration).

Les principes du conditionnement sont les suivants :

- Placer le pH de l'eau au favorable : emploi d'alcalinisant.
- Eviter la précipitation des sels en prévenant une défaillance éventuelle du poste d'eau : emploi de dispersants-complexant.
- Dégazer au milieu l'eau de la bêche alimentaire (dégazage thermique) et réduire l'oxygène dissous : emploi de réducteurs.
- Neutraliser le CO₂ de l'eau alimentaire et celui produit en chaudière par décomposition des carbonates et bicarbonates : emploi des amines volatiles et filmogènes.
- Passiver les surfaces et stabiliser la magnétite.
- Eviter le primage. [30]

II-7-Conclusion :

La conclusion à tirer de cette section est que la réglementation est connue pour être possible, mais qu'elle doit être contrôlée très étroitement. La chaudière elle-même semble avoir des difficultés à dimensionner l'eau d'appoint car il n'est pas approprié d'avoir une chaudière avec absolument zéro sodium, chlorure ou silice.

Ce n'est qu'en régulant correctement l'eau d'appoint, en utilisant des additifs chimiques et des matériaux appropriés, que nous pourrons fournir à la chaudière la meilleure qualité d'eau.

CHAPITRE

3

III-1-Introduction :

Lors de notre stage à l'entreprise Condor, nous avons étudiés l'efficacité des traitements des eaux destinées à alimenter les chaudières.

La démarche que nous avons adoptée dans la présente étude repose sur les étapes distinctes :

L'analyse de certains paramètres physico-chimiques indicateurs de la qualité de l'eau comme : la concentration en fer, le pH, la dureté, le titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC) et les chlorures.

Les techniques servant à la détermination de ces paramètres sont détaillées ci-dessous et complétées par des précisions données.

Le laboratoire vient en appui aux projets et aux activités industrielles pour la réalisation d'analyses physico-chimiques sur les différentes qualités des eaux utilisées.

Les techniques d'analyse et les méthodes de calcul, éventuellement sont expliquées et mises au point. L'observation et l'interprétation des résultats accompagnent évidemment cette démarche qui sera finalement résumée par une conclusion.

III-2- le choix du protocole :

Les chimistes mettent en œuvre une ou plusieurs techniques pour élaborer une conception physico-chimique précise de la qualité de l'eau pour le respect des normes du travail, dans le but d'organiser et de respecter les mêmes conditions et étapes du processus. Appliquer chaque analyse dans tous les laboratoires.

III-3- L'échantillonnage :

Nous avons entrepris de suivre la qualité des eaux de chaudières donc, nous avons effectué des prélèvements au niveau de chaque chaudière ensuite la bache d'alimentation et l'eau adoucie et l'eau brute de la station de production de l'eau de chaudière.

III-4- Choix des sites de prélèvement :

L'objectif principal de l'échantillonnage est d'obtenir un échantillon représentatif

de l'élément à analyser. Dans le cas d'installations fixes (usines, unités industrielles), si un échantillonnage est requis, il convient de vérifier les détails réels de l'installation avant de **déterminer** l'emplacement le plus sûr et le plus pratique. Pour l'échantillonnage manuel.

III-5- Technique de prélèvement :

- Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des flacons en plastiques propres, ces échantillons sont appropriés aux analyses spécifiques prévues par le laboratoire d'analyse.
- préalablement rincés (trois fois au moins) avec l'eau distillée puis avec l'eau à prélever puis remplies sans espace d'air et préservées de façon adéquate.
- Les bouteilles sont étiquetées pour éviter tout risque de confusion sur l'identité des échantillons par étiquetage comme :
 - le nom de chaudière ;
 - La nature de l'eau

III-6- laboratoire de l'installation :

Il est doté de différents réactifs et des appareils, selon les analyses à accomplir :

III.6.1. les réactifs utilisés :

Les différents réactifs utilisés sont :

- L'Acide sulfurique
- Phénolphtaléine
- L'acide éthylène diamine tetra acétique EDTA
- dichromate de potassium
- Le noir d'erio-chrome T (NET)
- l'hélianthine

III.6.2. les différents appareils utilisés :

- le conductimètres
- Le pH mètre
- plaque chauffante

➤ oxymètre

III-7- Les techniques d'analyse physico-chimiques des eaux:

Les techniques analytiques exploitées au niveau du laboratoire sont regroupées dans le tableau1 :

Paramètres	Unité	Méthode	Instruments	Normes des analyses
PH CONDUCTIVITÉ	-	Electrochimique	pH-mètre CONDUCTIMÈTRE	NF T90-008
TA	f°	Volumétrique titrage acide jusqu'à pH 8.3	-	NF T90-036
TAC	f°	Volumétrique titrage acide jusqu'à pH 8.3	-	NF T90-036
TH	f°	Volumétrique complexométrie avec l'EDTA et noir ériochrome T	-	NF T90-003
Cl ⁻	mg/L	Nitrate d'argent	-	NF T90-037
P ₂ O ₅	mg/L	Sepectrophotométrique	Spectrophotmètre à une longueur d'onde égale 400 nm	NF T90-023
SiO ₂ ⁻	mg/L	Sepectrophotométrique	Spectrophotmètre à une longueur d'onde égale 815nm	NF T90-007
NaOH	mg/L	Volumétrique		NF T90-019

Tableau -III-1: Paramètres physico-chimiques étudiés et méthodes de mesure.

III-8- Analyses des eaux :

Pendant la période du stage au niveau du complexe condor, on a effectué des analyses physico-chimiques sur les eaux d'alimentation et de chaudière ensuite l'eau de l'osmose inverse et l'eau brute et l'eau adoucie, programmées chaque jour, on prélève les échantillons à partir des vannes, le prélèvement est mis dans une bouteille en plastique fermé, les analyses sont réalisées au niveau du laboratoire situé à l'unité de polystyrène.

III-8- Paramètres d'analyses des eaux:

Les paramètres d'analyse sont les suivants:

Pour l'eau de bêche d'alimentation: **conductivité, Cl^- , PO_4^{-3} , oxygène dissout, sulfite pH, TH, TA, TAC.**

Pour l'eau de la chaudière: **conductivité, pH, TH, TA, TAC, Cl^- , SiO_2 , PO_4^{-3} , Fer.**

Pour l'eau adoucie : **conductivité, pH, TH, TA, TAC, Cl^- , Fer.**

Pour l'eau brute : **pH, TH, TA, TAC, Cl^- .**

Pour l'osmose inverse : **conductivité, pH, TH, TA, TAC, Cl^- .**

III-9- Modes opératoires des paramètres analysés :

III-9-1- Détermination du PH :

- **Réactifs :**

Solution tampon, eau distillée, eau à analyser.

- **Matériels :**

Papier absorbant, pissette, bécher, appareil de mesure .

- **Mode opératoire :**

- Brancher l'appareil, installer les électrodes aux entrées correspondantes sur l'appareil;
- Etalonner l'appareil avec la solution tampon et par la suite rincer l'électrode avec l'eau distillée, puis avec l'échantillon à analyser;
- Remplir le bécher avec l'eau à analyser;
- Emerger l'électrode dans l'échantillon et mettre l'appareil en mode pH et appuyer sur

la touche « READ », attendre le signal sonore, puis noter les valeurs du pH et de la température affichée.



Figure III-1 : un PH mètre

III-9-2-Conductivité électrique :

- **Principe :**

La conductivité va déterminer l'ensemble des minéraux présents dans une solution.

Elle est exprimée en micro siemens par centimètres ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

- **Matériels :**

- conductimètre

- **Mode opératoire :**

- Préparer et étalonner le conductimètre
- Brancher l'électrode correspondant à la mesure, puis rincer cette électrode avec de l'eau distillée, puis avec l'échantillon à analyser;
- Emerger l'électrode dans le bécher contenant l'échantillon, mettre en mode conductivité;
- Appuyer sur la touche « READ » et la valeur s'affiche;



Figure III-2 : un conductimètre

III-9-3-Dosage du fer total

Elle se fait à l'aide d'un spectrophotomètre qui est un appareil qui permet de mesurer l'absorbance d'une solution homogène et d'une longueur d'onde donnée sur une région spectrale donnée.

- **Principe :**

A l'ébullition l'acide chlorhydrique libère le fer sous forme ionique Fe^{2+} est ensuite réduit à l'état ferreux par l'acide ascorbique et dosé colorimétriquement, en utilisant la coloration rouge donnée par les sels ferreux avec l'orthophénanthroline.

- **Réactifs :**

- solution saturée d'acétate de sodium ;
- 0,3 ml de solution d'acide ascorbique à 1% ;
- solution d'orthophénanthroline à 0,1% ;

- **Mode opératoire :**

Dans un tube à essais en pyrex prélever 10ml de l'eau à analyser. Ajouter 1ml de solution d'acide chlorhydrique et porter à l'ébullition pour assurer la solubilisation du fer, refroidir, ajuster à 10 ml avec de l'eau distillée bouillie, puis ajouter successivement :

- 0,5 ml de solution saturée d'acétate de sodium ;
- 0,3 ml de solution d'acide ascorbique à 1% ;

- 1 ml de solution d'orthophénanthroline à 0,1%.

Préparer un témoin avec 10 ml d'eau bidistillée. Ce témoin sera traité dans les mêmes conditions que l'essai. Laisser au repos les deux tubes à température ambiante pendant 30 min. Enfin effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 510nm

- **Expression des résultats :**

La courbe donne la teneur en fer exprimée en mg /L.



Figure III-3 : Spectrophotomètre « H Dr 5000 » Dosage du fer total

III-9-4-Dosage de phosphates :

Le phosphore est un élément qui se trouve dans la solution aqueuse sous forme d'ions ortho phosphates H_2PO_4 , HPO_4^{2-} et PO_4^{3-} . Les phosphates dans l'eau sont principalement, d'origine domestique, industrielle et agricole (fertilisants). Le dosage des ortho phosphates est réalisé par spectroscopie dans le visible.

- **Principe :**

Le réactif utilisé est le molybdate d'ammonium ; permettant de mesurer les teneurs en phosphates dans les solutions aqueuses. L'anion ortho phosphate réagit avec le molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot (4\text{H}_2\text{O})$ en milieu acide pour former le complexe phosphomolybdique. Ce dernier est réduit par l'acide ascorbique en donnant une coloration bleu (molybdène). L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration en phosphate.

La concentration est déterminée graphiquement à partir de la droite d'étalonnage établie au préalable avec des concentrations connues en phosphates.

- **Mode opératoire :**

- **Préparation des réactifs :**

- **❖ Solution stock de phosphate (100 mg /l):**

- Dissoudre 143.2 mg de phosphates mono potassique desséché au préalable à l'étuve à 100 °C) dans 990 ml d'eau distillée
 - Acidifier la solution par 1 ml d'acide sulfurique à 20 %
 - Ajuster le volume à un litre avec de l'eau distillée

Préparation de Solution de phosphates pour la construction du droit étalon (2 mg/l) :

Préparer extemporanément solution stock à 100 mg /l : 20 ml et compléter a un litre avec de l'eau distillé

- **❖ Réactif des ortho phosphates (réactif molybdique):**

Préparer au préalable les solutions suivants;

- **Solution de tartrate :**

Dissoudre 0.274 g de tartrate double d'antimoine et de potassium dans 100 ml d'eau distillée

- **Solution d'acide sulfurique :**

Dissoudre 100 ml d'acide sulfurique à 20 % dans 400 ml d'eau distillée.

- **Solution de molybdate d'ammonium (40 g/l) :**

Dissoudre 5 g de molybdate d'ammonium dans 120 ml d'eau distillée

- **Solution d'acide ascorbique (50g /l):**

Dissoudre 5g d'acide ascorbique dans 100 ml d'eau distillée

Préparation du réactif molybdique :

- Solution d'acide sulfurique à (20 %) : 400 ml
 - Solution de tartrate : 40 ml
 - Solution de molybdate d'ammonium a 40 g/l : 120 ml
 - Compléter à 800 ml avec de l'eau distillé

Préparation de la verrerie :

Les doses de phosphates étaient très faibles, toute la verrerie doit être rincée à l'acide chlorhydrique à 5 % puis à l'eau distillée pour éviter tout les contaminations. Construction de la droite d'étalonnage

Gamme étalon :

Remplir cinq flacons selon les indications du tableau ci-dessous :

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Concentration en phosphates (mg/l)	0	0.5	1	1.5	2
Eau distillée (ml)	20	15	10	5	0
Solution étalon de phosphates à 2 mg/l	0	5	10	15	20
Solution d'acide ascorbique (ml)	1	1	1	1	1

Tableau- III-2: protocole expérimental de la série «étalon»

- ✓ Bien mélanger
- ✓ Ajouter 4 ml de réactif molybdique dans chacune des flacons.
- ✓ Attendre 15 min
- ✓ Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 nm.

III-9-5-DOSAGE DE l'oxygène dissout :

Les oxymètres déterminent la quantité d'oxygène dissous dans les liquides. Dans le domaine du traitement d'eau, une faible concentration en O₂ signifie pollution.

Le contrôle de la teneur en oxygène est nécessaire dans les systèmes de chauffage où l'oxygène est synonyme de corrosion, ainsi qu'en pisciculture où l'oxygène est essentiel à la survie des poissons et végétaux.

- **Méthode de mesure de l'oxygène dissous :**

Il existe trois méthodes pour mesurer l'oxygène dissous :

- La méthode électrochimique ;

- La méthode optique ;
- La méthode chimique.

Méthode électrochimique : Electrode de Clarke

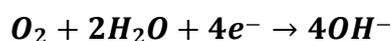
Le dosage du dioxygène dissous peut être réalisé à l'aide d'un kit de mesure électrochimique (figure 1) en utilisant une électrode de Clark "sonde à oxygène". Ensuite, à partir de la concentration en dioxygène dissous, on pourra calculer le pourcentage de saturation.

Le principe de cet oxymètre à électrode repose sur un phénomène électrochimique.



Figure- III-4: un oxymètre

L'électrode est formée d'une cathode de platine et d'une anode d'argent entre lesquelles une différence de potentiel de 0,7 V environ est maintenue. Sous l'influence de cette tension (potentiel rédox), l'oxygène dissous dans la solution de KCl est ionisé en hydroxyle au contact de la cathode suivant la réaction :



- **Mode opératoire :**

- **Matériel :**

- ✓ Oxymètre autonome pour mesures sur le terrain ou oxymètre de laboratoire.
- ✓ Thermomètre si la sonde utilisée n'est pas compensée en température.
- ✓ Solution zéro (solution saturée de dithionite de sodium).
- ✓ Eau distillée saturée en oxygène moléculaire dissous (par agitation violente).
- ✓ Flacon à bouchon étanche de 250 mL (mesures en laboratoire).

➤ **Entretien de l'électrode de Clark**

Les principaux problèmes rencontrés dans l'utilisation de l'électrode de Clark sont liés aux défauts d'entretien.

- ✓ Rincer soigneusement la sonde avec de l'eau distillée après chaque séance.
- ✓ Maintenir la sonde dans l'eau distillée entre les séances.
- ✓ Régulièrement, en fonction de la fréquence d'utilisation, nettoyer les électrodes avec un chiffon doux et changer l'électrolyte.
- ✓ Mettre la sonde sous tension pendant une quinzaine de minutes (polarisation) avant l'étalonnage.
- ✓ Etalonner l'électrode avant chaque séance et noter la température d'étalonnage.

➤ **Protocole**

Etalonnage :

L'étalonnage est une opération indispensable qui doit être répétée avant chaque série de mesures. Le réglage du zéro se fait en trempant l'électrode dans la solution de dithionite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), celle du 100 % de saturation dans de l'eau distillée saturée en dioxygène dissous après un rinçage soigneux de l'électrode. Se reporter à la fiche technique de l'appareil pour le réglage de l'amplification et du décalage.

Mesure :

✓ **Sur le terrain :**

Placer la sonde dans l'eau jusqu'à stabilisation de la valeur lue. Si la vitesse du courant est insuffisante pour donner des valeurs stables, décrire lentement des ronds dans l'eau avec la sonde. Noter la valeur affichée par l'oxymètre. Refaire quelques mesures dans la même zone et prendre la moyenne des mesures. Mesurer et noter la température de l'eau de la même façon. Si l'on ne dispose pas d'un oxymètre portable, remplir à ras bord un flacon de 250 mL de façon à ne pas emprisonner d'air et fermer le bouchon.

✓ **Au laboratoire :**

Enlever le bouchon du flacon et placer la sonde dans l'eau. Attendre la stabilisation de l'affichage et noter la valeur affichée. Mesurer et noter la température de l'eau.

III-9-6-Dosage de titre hydrotimétrique :

- **Principe :**

La détermination du TH est basé sur la formation de complexes entre les alcalino-terreux et le sel disodique de l'acide éthylènediamine tétra acétique (EDTA) en présence de noir ériochrome T en milieu tamponné.

- **Réactifs :**

- Solution d'EDTA (0.01 mol/l)

- Sel disodique de l'acide éthylène diamine tetracétique3,725 g

- Eau desionisee..... 1000ml

- Solution Noir eriochrome T

- 0.5g de noir eriochrome T dans 100 ml Ethanol.

- Solution tampon pH=10:

- Chlorure d'ammonium67,5 g.

- NH₄OH (25%)..... 432 ml

- H₂O distillée..... 1000 ml.

- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2 N

- NaOH (pastilles)..... 80 g.

- H₂O distillée..... 1000 ml

- **Matériels**

- Burette de 25 ml

- Prise d'essai

- Matériels courant de laboratoire (erlenmeyer, éprouvette de 100 ml, fioles, pipettes...)

- **Mode opératoire**

- ✓ A l'aide d'une pipette jaugé introduite une prise d'essai 100ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 250 ml.

- ✓ Ajouter 4 ml de solution tampon pH 10 et 3 goutte d'indicateur au NET. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet et son pH = 10. Si le pH est inférieur à 10 ajouter la quantité de tampon nécessaire.
 - ✓ Doser immédiatement à l'aide de la solution d'EDTA en agitant constamment.
 - ✓ Verser cette solution rapidement au début puis lentement vers la fin du dosage dès que la couleur commencer à virer du rouge au violet –bleu. le dosage est Terminé lorsque la dernière nuance de rouge a disparu. la couleur ne doit plus changer par ajoute d'une goutte supplémentaire de solution d'EDTA.
 - ✓ Noter le volume versé V EDTA.
- Si le volume versé est inférieur à 2 ml. effectuer un autre dosage en prenant un volume plus grand d'échantillon.
 - Si le volume versé est supérieur à 20 ml effectuer un autre titrage avec un volume d'échantillon inférieur et en complément avec de l'eau distiller à environ 50 ml.

Une durée limite de 5 minutes et recommandée pour effectuer ce dosage afin de limiter la précipitation du carbonate de calcium au pH utilisé.



Figure- III-5: Dosage de la dureté

- **Expression des résultats**

1/- La détermination de TH en F° degré français est donnée par la formule suivante:

A l'équivalence : $C1V1 = C2V2$ Avec :

C1 et V1: concentration et volume du EDTA;

C2: Dureté (calcium + magnésium),

V2 : volume de la prise d'essai.

$$C_2 = C_1 V_1 / V_2 = 0.01 \times V_1 / 10 = 0.001 \times V_1 \text{ (mol/l)}$$

$$C_2 = 0.001 \times V_1 \times M (\text{CaCO}_3) \times 1000 \text{ (mg/l CaCO}_3)$$

Avec :

$$M (\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g/mol}$$

Donc :

D'où :

V₁ : Volume d'EDTA nécessaire pour le titrage de la dureté.

III-9-7-Dosage de TA et TAC :

Par acidimétrie par un acide fort H₂SO₄ en présence diméthyle orange.

Alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H⁺) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate (HCO₃⁻) carbonate (CO₃²⁻) et hydroxyde(OH⁻).

Ces deux valeurs permettent de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes contenus dans l'eau.

Le TA permet de déterminer la teneur en hydroxydes et seulement la moitié de celle du carbonate dont les sels fixent le pH au-dessus de 8,3.

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + \frac{1}{2} [\text{CO}_3^{2-}]$$

Le TAC permet de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes dont les sels fixent le pH au-dessus de 4,3.

$$\text{TAC} = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

- **Réactifs**

- Acide chlorhydrique ou sulfurique 0,02 N.
- Solution phénophtaléine dans l'alcool à 0,5%.
- Solution de vert de bromocresol et de rouge de méthyle :
- Vert de bromocresol 0.2g.
- Rouge de méthyle 0.015 g.
- Ethanol à 90%..... 100 ml.

- **Matériels**
- Burette de 25 ml
- Matériels courant de laboratoire (erlenmeyer, éprouvette de 100 ml, pipettes.....)
- 1 pissette d'eau distillée
- **Mode opératoire**

III-9-7-1- Détermination de TA:

Commencer à introduire à l'aide d'une éprouvette gradué 10ml d'échantillon dans un erlenmeyer et ajouter 2goutte de phénolphtaléine donc deux situations sont alors possibles :

- Si aucun coloration rose n'est obtenue, considérer TA comme nulle.
- Si une coloration rose est obtenue, titrer avec l'acide chlorhydrique a 0.02 mol/l , jusqu'à disparition de la coloration. Noter le volume V1 ml d'acide versé.



Figure- III-6: Dosage de TA

III-9-7-2- Détermination de TAC :

- ✓ Ajouter 4goutte de solution d'indicateur de vert de bromocrésol-rouge de méthyle a la prise d'essai précédente.
- ✓ Continuer a titrer avec la solution d'acide jusqu'à disparition de toute coloration verte .noter le volume V2 ml d'acide versé.



Figure- III-7: Précipitation des sels

- **Expression des résultats**

La norme exprime les résultats d'alcalinité en mmol d'alcalinité capables de réagir avec les ions hydrogène par litre d'eau selon la formule suivante:

$$\text{alcalinité} = \frac{c(\text{HCl}) \times v(\text{HCl}) \times 1000}{v(\text{échantillon})}$$

✓ $c(\text{HCl}) = 0.02$ concentration en mol/l

✓ $V(\text{HCl}) =$ volume en ml versé pour atteindre le pH recherché V_1 ml pour l'alcalinité composite .

✓ V_2 ml pour l'alcalinité totale (TAC)

✓ $V_{\text{échantillon}}$ volume de la prise d'essai (normalement 100 ml).

Exprimer les résultats d'alcalinité en f° : $1 \text{ mmol/l} = 1 \text{ mEq/l} = 5 \text{ f}^\circ$

III-9-8- Dosage de Chlorures :

C'est la réaction des ions chlorurés avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions d'argent et formation des chromates d'argent brun rouge avec d'ions de chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage.

- $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$ chlorure d'argent (précipitation blanche)
- $\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4$ chromates d'argent (précipitation rouge)

Durant le titrage Le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.

- **Réactifs :**
 - Nitrates d'argent à 0.02N
 - Dissoudre 0.34 g de nitrates d'argent dans 100ml d'eau distillait
 - Indicateur coloré K_2CrO_4 à 50%
 - Dissoudre 0.05g de chromates de potassium dans 10ml d'eau distillait
- **Mode opératoire**
 - ✓ Prendre 50ml d'eau analysé
 - ✓ Ajouter deux gouttes d'indicateur coloré K_2CrO_4 à 50%
 - ✓ Le mélange se colore en jaune.
 - ✓ Titrer avec $AgNO_3$ à 0.02N jusqu'à coloration brun rougeâtre
 - ✓ La fin de la réaction est repérée par l'apparition de la teinte rouge brique du chromate d'argent.



Figure- III-8: Dosage des chlorures

- **Expression des résultats**

La concentration des Chlorures est obtenue à l'aide de la formule suivante :

A l'équivalence : $C_1V_1 = C_2V_2$

Avec C_1 : concentration de nitrate d'argent, V_1 : volume du nitrate d'argent;

C_2 : concentration en ions chlorure, V_2 : volume de la prise d'essai.

$$C_2 = C_1 V_1 / V_2 = 0.02 \times V_1 / 50$$

Masse molaire des ions chlorure Cl^- : **35,5 g/mol** d'où une concentration massique C:

$$C = V_1 \times 35.5 \text{ (mg/l)}$$



Figure- III-9: Dosage de TAC

CHAPITRE

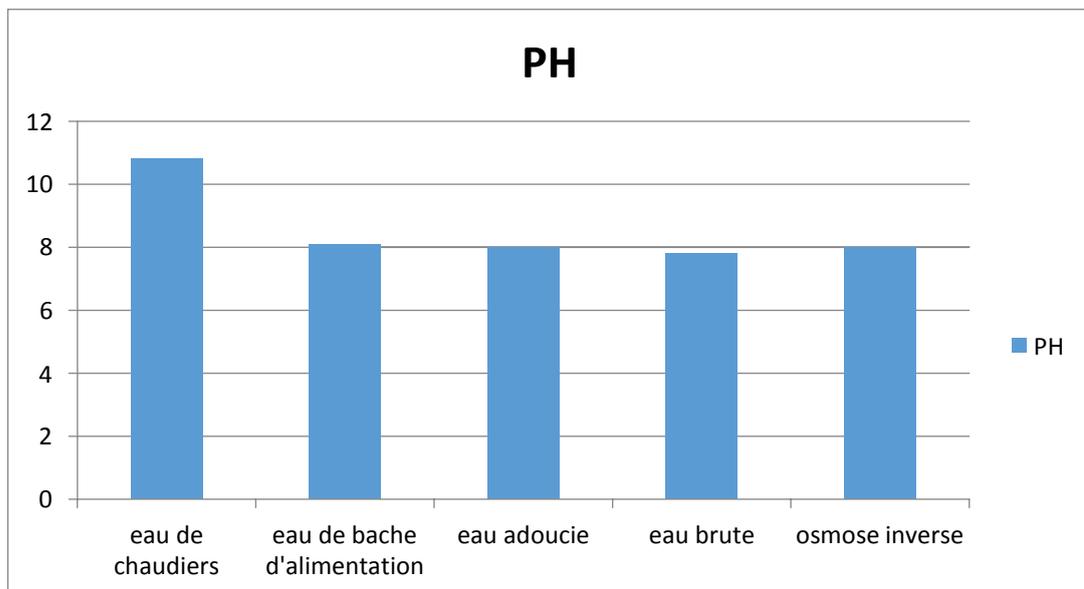
4

Introduction :

Les résultats des analyses quotidiennes de divers paramètres, notamment des paramètres physico-chimiques, précédemment effectuées au niveau du laboratoire de génie de l'environnement pour la période allant de mars à juin 2023 sont résumés dans les figure ci-dessous. Leur objectif était d'évaluer la qualité de l'eau des chaudières industrielles utilisées dans l'unité de polystyrène.

Tableau IV-1: les différents résultats du PH :

Facteur physico-chimiques					
	Eau de Chaudière	Eau d'alimentation	Eau adoucie	Eau brute	Osmose inverse
pH °c	10.8	8.1	8.01	7.8	8

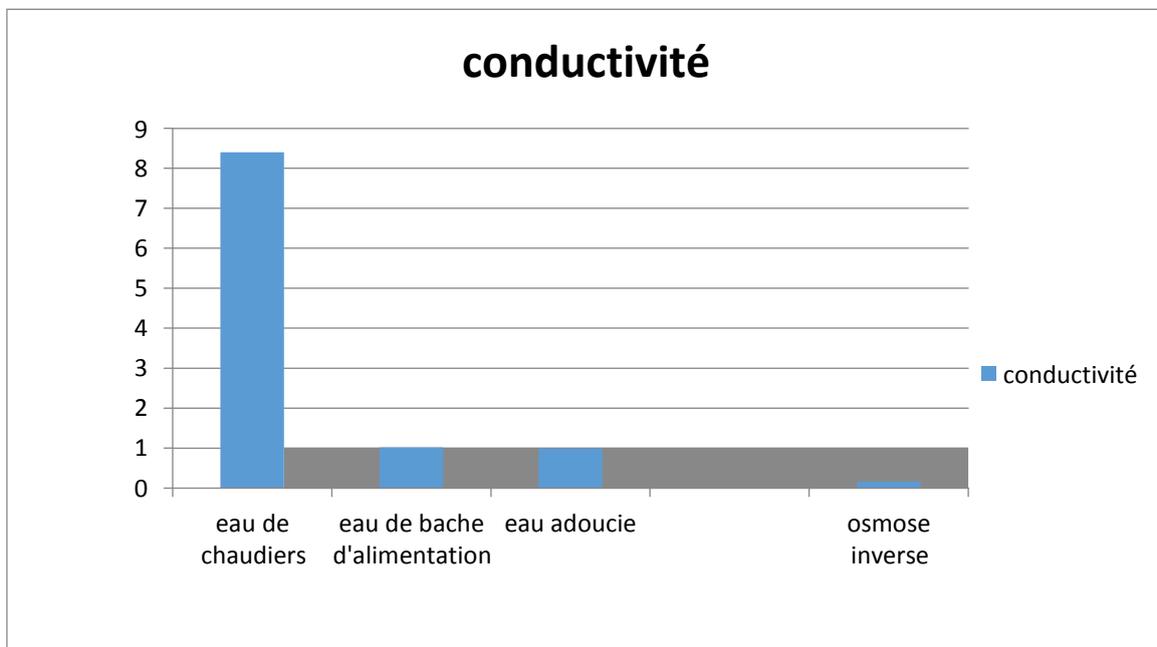
IV-1-Variation du pH :**Figure IV-1:** Variation des valeurs du pH de chaque eau de la station.

La Figure représente la variation du pH de l'eau d'alimentation et de l'eau chaudière, on observe que les valeurs obtenus se situent dans les domaines désirés est que les normes

sont respecté. Le PH dans l'eau de chaudière augmente a cause de la soude libérer .

Tableau IV-2: les différents résultats de Conductivité (ms/cm)

Facteur physico-chimiques					
	Eau de Chaudière	Eau d'alimentation	Eau adoucie	Eau brute	Osmose inverse
Conductivité (ms/cm)	8.4	1.018	0.991	/	0.1611

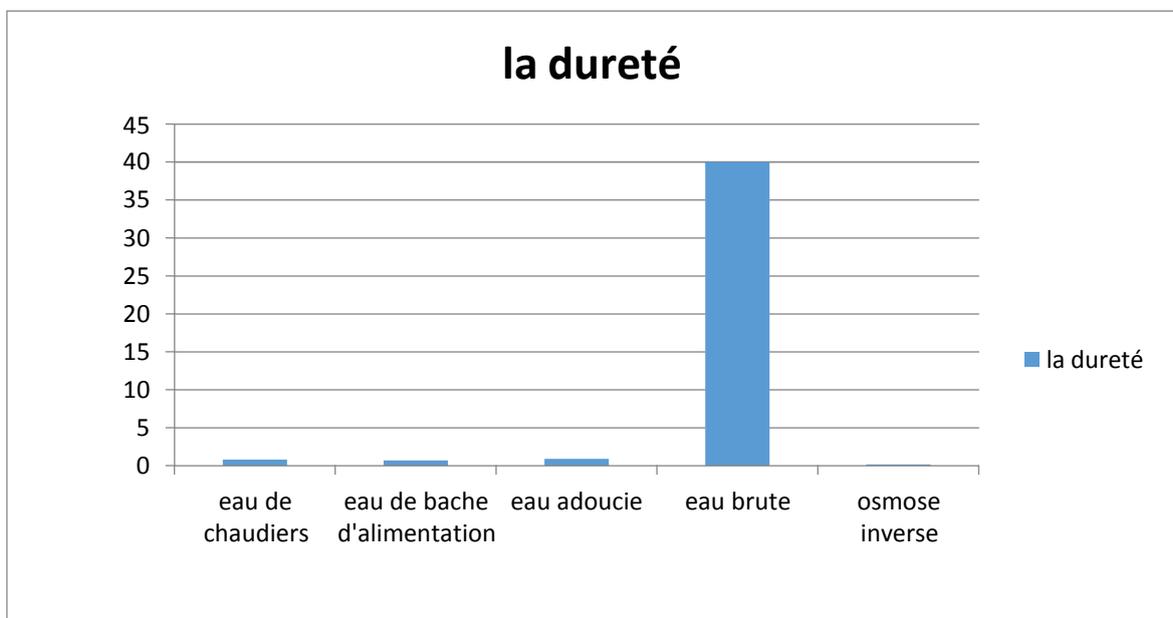
IV-1-2-Variation de la conductivité :**Figure IV-2:** Variation des valeurs de la conductivité électrique.

La conductivité est un paramètre de mesure globale de la qualité d'une eau de chaudière. Une eau douce admet généralement une conductivité basse et au contraire une eau dite dure affiche une conductivité élevée. Cette mesure est en relation avec la quantité des ions liés contenue dans cette solution.

Les valeurs de la conductivité dans l'eau analysée sont dans les normes correspondant Aux eaux de chaudière, par contre pour l'augmentation de la conductivité dans l'eau de chaudière c'est à cause de les résidus de corrosion dans les conduites.

Tableau IV-3: les différents résultats de la dureté

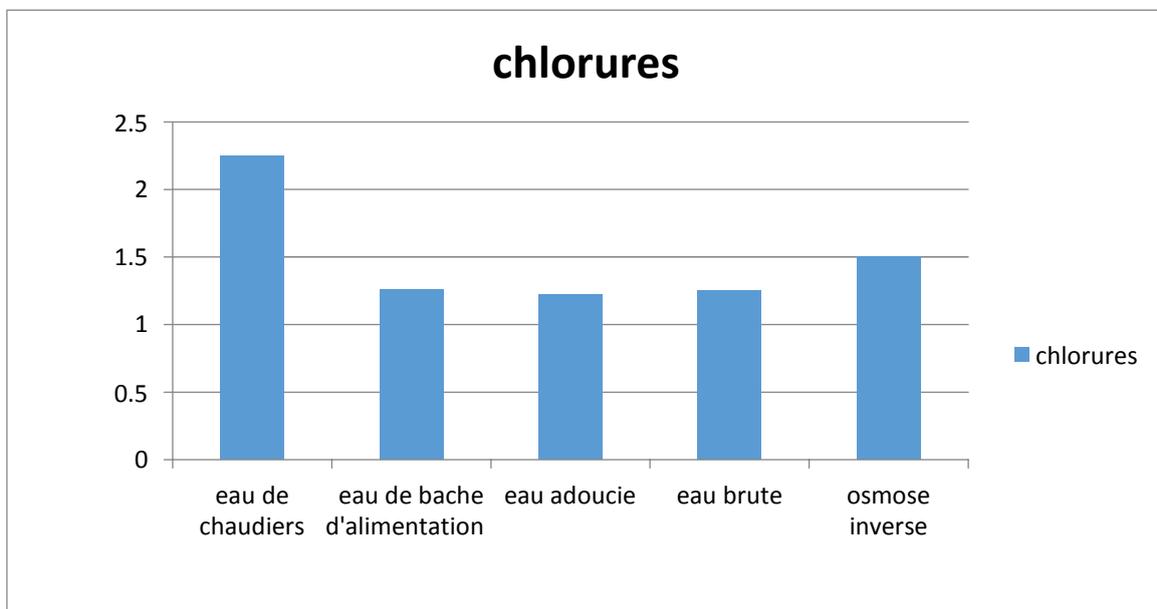
Facteur physico-chimiques					
	Eau de Chaudière	Eau d'alimentation	Eau adoucie	Eau brute	Osmose inverse
(TH) °F	0.8	0.7	0.9	40	1.5

IV-3-Variation de la dureté :**Figure IV-3:** Variation des valeurs de la TH de la station

Dans la figure de valeurs de la dureté de l'eau Nous avons observé qu'une fois l'indicateur en contact avec la solution à analyser, la couleur affichée est directement bleue donc l'élimination du Ca^{2+} et Mg^{2+} est parfaite.

Tableau IV-4: les différents résultats des chlorures

Facteur physico-chimiques					
	Eau de Chaudière	Eau d'alimentation	Eau adoucie	Eau brute	Osmose inverse
Chlorures mg/l	2.25	1.26	1.22	1.25	0.25

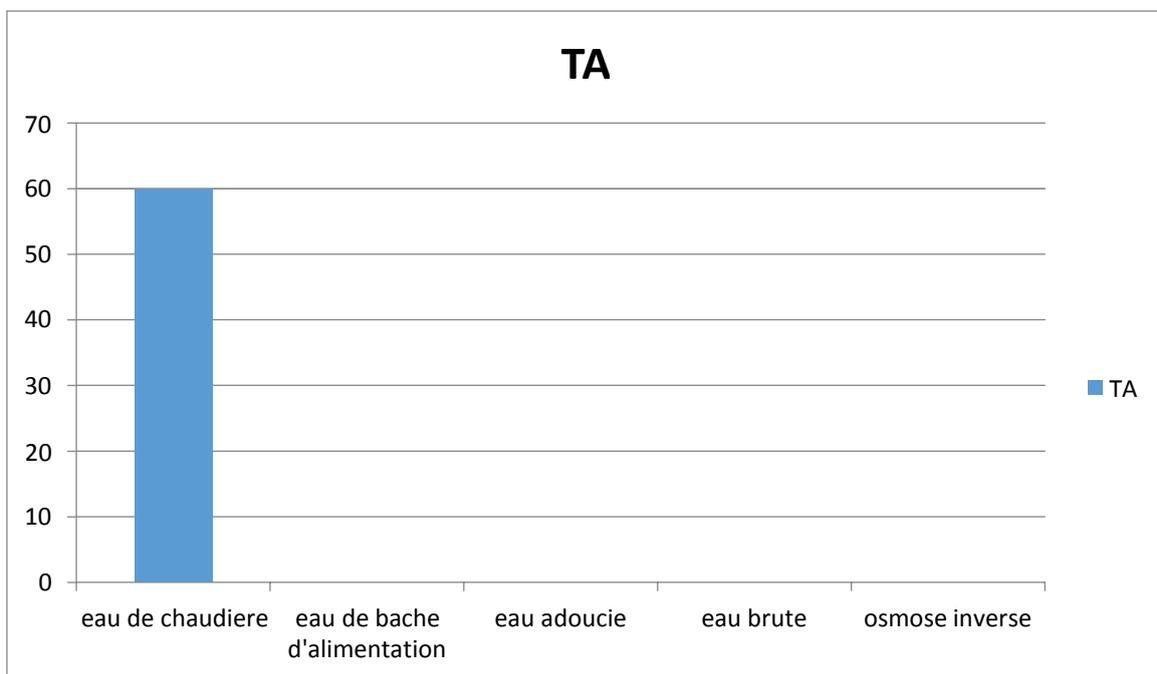
IV-4-Variation des chlorures :**Figure IV-4:** Variation des valeurs de chlorures de la station.

D'après la Figure de variation des valeurs de chlorures en remarque que la concentration de Cl^- qu'on a obtenu est dans les normes. Mais quand même la présence de chlorures peut entraîner des problèmes de corrosion par piqure.

Ces résultats restent inférieurs à la valeur limite cela confirme Il n'y a pas un grand pourcentage de corrosion car Les ions des chlorures ont des effets fortement corrosifs sur de nombreux métaux, même sur l'acier inoxydable, et ils favorisent la formation de piqûres, donc leur concentration doit être maintenue à une valeur inférieure.

Tableau IV-5: les différents résultats de TA

Facteur physico-chimiques					
	Eau de Chaudière	Eau d'alimentation	Eau adoucie	Eau brute	Osmose inverse
TA °F	60	0	0	0	0

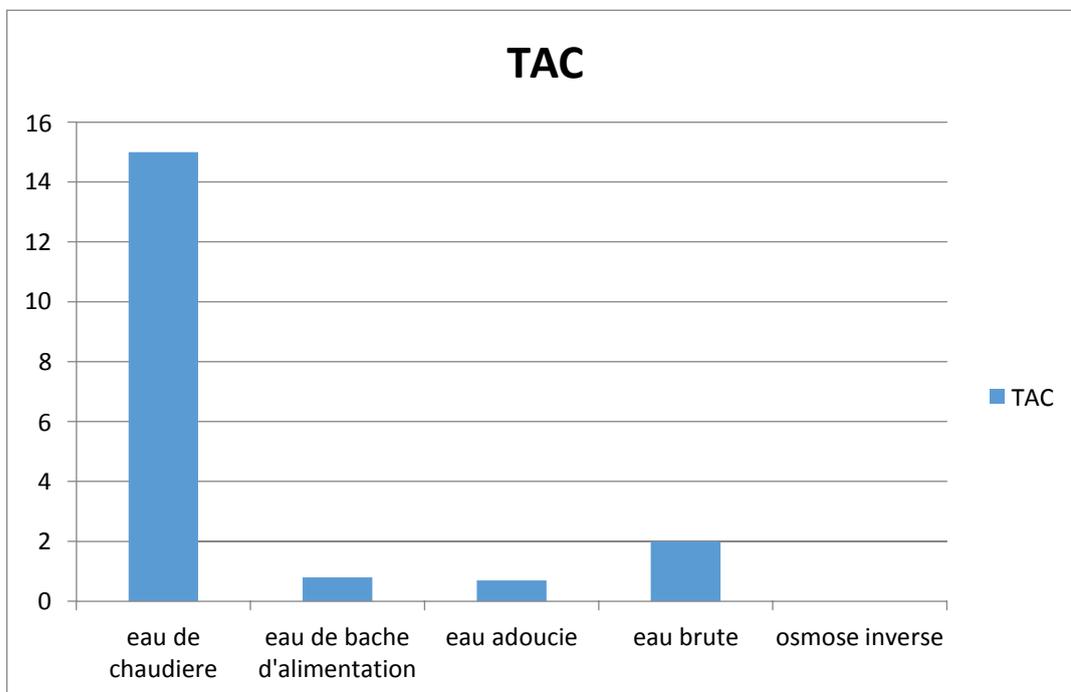
IV-5-Variation de TA :**Figure-IV-5 :** Variation des valeurs de la TA de la station.

L'alcalinité mesure la capacité de l'eau à neutraliser les acides. C'est ce que l'on appelle la capacité de l'eau à résister à un changement de pH lors de l'ajout d'acide.

Donc la figure de variation des valeurs de TA représente les mesures de TA de nos eaux nous constatons que les valeurs sont conforme aux normes durant toute la période de stage.

Tableau IV-6: les différents résultats de TAC

Facteur physico-chimiques					
	Eau de Chaudière	Eau d'alimentation	Eau adoucie	Eau brute	Osmose inverse
TAC°F	15	0.8	0.7	2	0.1

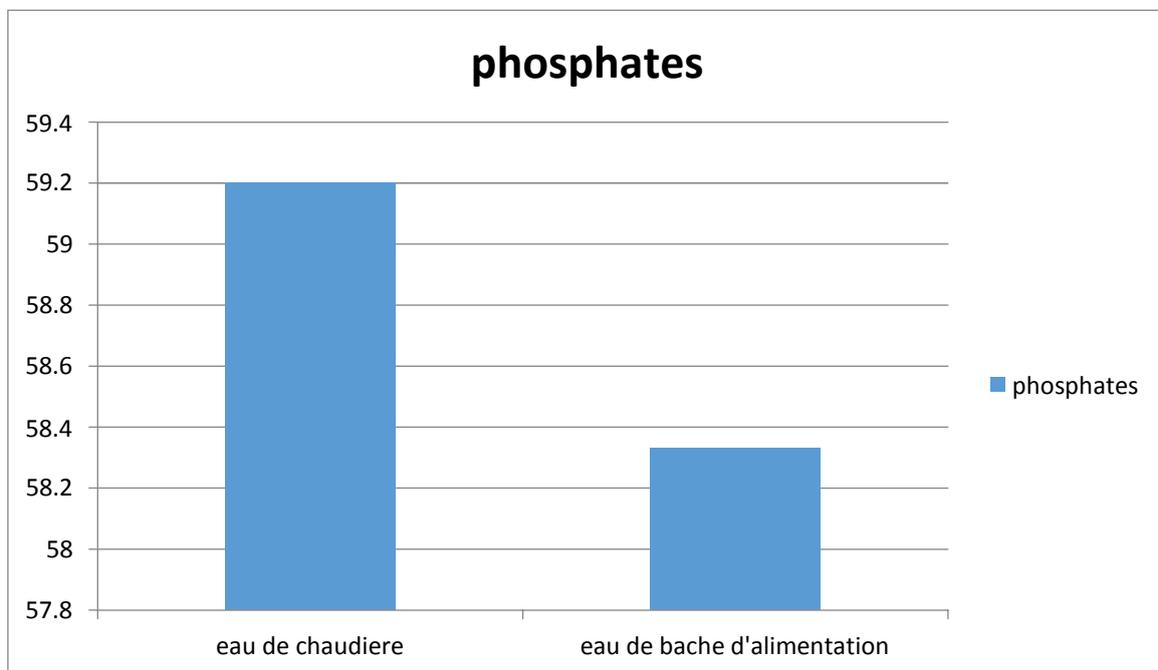
IV-6-Variation de TAC :**Figure -IV-6:** Variation des valeurs de la TAC de la station

Le titre TAC exprime l'alcalinité totale de l'eau, il a une importance fondamentale dans la connaissance de la capacité d'entartrage de l'eau dans le traitement des eaux de chaudières.

La figure des valeurs du TAC enregistrées pendant la période d'analyse représentent les mesures de TAC de l'eau d'alimentation et de l'eau de chaudière et on remarque que les valeurs sont aux normes désiré.

Tableau IV-7: les différents résultats de phosphates

Facteur physico-chimiques					
	Eau de Chaudière	Eau d'alimentation	Eau adoucie	Eau brute	Osmose inverse
PHOSPHATE	59.20	58.33	/	/	/

IV-7-Variation de phosphates :**Figure -IV-7:** Variation de phosphates en fonction du temps

D'après les résultats obtenus on observe que la teneur au phosphates dépasse les normes dans quelque jours à cause d'une mauvaise préparation de la solution et un mauvaise régulation de la pompe doseuse, et ça provoque un dépôt.

CONCLUSION

GÉNÉRALE

Conclusion

Le but principal de ce travail de fin d'étude est la contribution à l'étude et l'analyse des eaux de chaudière au sein du complexe CONDOR , à cet effet et durant la période du stage pratique nous avons travaillé sur le contrôle de qualité des eaux d'alimentation et de chaudière par un suivi des propriétés physicochimiques de ces eaux.

Le traitement de l'eau industrielle destinée pour l'alimentation des chaudières permet une protection contre La corrosivité de l'eau.

Les analyses expérimentales des paramètres physiques et chimiques de ces eaux réalisées durant la période de stage ont montrés que les eaux sont de bonne qualité, mais la concentration du P_2O_5 dépasse la norme exigé, cette décalage est causé par le sur dosage des Ortho-phosphates utilisés comme inhibiteur de la corrosion et de l'entartrage.

On peut dire que l'eau même déminéralisé ne répond pas aux normes du constructeur, pour une utilisation dans la chaudière un conditionnement complémentaire est indispensable dans le programme de traitement des eaux, en effet l'élimination des gaz dissous, essentiellement le CO_2 et O_2 de l'eau diminue les risques de corrosion. Cette élimination est réalisée par un traitement externe de dégazage thermique suivi d'un traitement interne utilisant des réactifs chimiques chargés de l'élimination des dernières traces.

Le contrôle des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau d'alimentation des chaudières est un sujet très important pour la gestion et la protection des équipements contre l'entartrage le primage et la corrosion.

Références

BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie

- [1] Boeglin.J.C ; pollution industrielle de l'eau stratégie et méthodologie ; techniques de l'ingénieur l'expertise technique et scientifique ; <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/eaux-industrielles-42438210/pollution-industrielle-de-l-eau-g1220/>; V1 ; 01octobre 2019 ; consulté le 20mars 2023
- [2] K.Khoudour, « l'impact du système de management intégré-qualité sécurité et environnement-sur la compétitivité de l'entreprise » Mémoire de master, Algérie, université mouloud kacem nait belkacem, 2014.
- [3] S.Ekamb, Formation CIS, « Comprendre le concept de l'entreprise », en organisation de l'entreprise, Associé Au Cabiet Kreativ Consulting États-Unis, 2016.
- [4] SPA condor électroniques ,[en ligne], publié le 4 janvier 2013, disponible sur : <https://www.condor.dz/fr/condor-electronics/a-propos#> ,[consulté le 12 avril 2023] .
- [5] Condor électroniques, Wikipedia, [en ligne], disponible sur : <https://www.condor.dz/fr/condor-electronics/a-propos>,[consulté le 15 avril 2023] .
- [6] Organigramme , Fiche technique de l'entreprise condor .
- [7] N.Djeddi, KSahrawi, « Etude pratique sur les processus de fabrication de polystyrène expansée moullée ». présenté en vu de l'obtention du diplôme Licence professionnelle, Oum-Elbouaghi, Université Larbi Ben Mhidi, 2020.
- [8] M.Boumaaza, traitement et épuration des eaux , université 8 Mai1945 ,Guelma ,2019.
- [9] N.Maref , traitement et épuration des eaux , université Djillali liabés , sidi bel abbés,2019 .
- [10] D.Salé, D. Gombo adef, « Contrôle de qualité de l'eau d'alimentation de la chaudière SITERM (SIDER EL HADJAR-ANNABA) » Mémoire de master, Annaba, université Badji Mokhtar, 2019 .
- [11] <http://chimie.wifeo.com/tp-n7-determination-de-la-durete-dune-eau-du-robinet-.php>, [Consulté le 20 avril 2023] .
- [12] Adoucissement de l'eau : https://fr.wikipedia.org/wiki/Adoucissement_de_l%27eau#:~:text=L'adoucissement%20de%2

l'eau, de calcium et de magnésium, [Consulté le 22 avril 2023] .

[13] Fonctionnement d'un adoucisseur, <https://elyotherm.fr/principe-fonctionnement-adoucisseur>, [Consulté le 22 avril 2023] .

[14] Comment fonctionne un adoucisseur de l'eau , <https://www.izi-by-edf-renov.fr/blog/fonctionnement-adoucisseur>, [Consulté le 22 avril 2023] .

[15] LE TRAITEMENT DE L'EAU PAR ADOUCISSEUR, <https://uae.fr/le-traitement-de-leau-de-a-a-z/techniques-de-traitement/traitement-de-leau-adoucisseur/>, [Consulté le 23 avril 2023] .

[16] S.Kharachi, B.Zeraria « adoucissement et protection contre la corrosion chaufferie de l'ENCG » Mémoire de fin d'études, ANNABA, université Badji Mokhtar, 2004.

[17] R.Desjardins « le traitement des eaux », Ed de l'école polytechnique de Montréal , 1997.

[18] J.Reynaud « concentration par évaporation et recompression mécanique de vapeur », Ed Eyrolles, 1984.

[19] J.Villers et al, mémoire de master, « Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface », IBGE, 2005.

[20] A.Szymczyk, P.Fievet, traitement et épuration des eaux industrielles polluées « les procédés de filtration membranaire appliqués aux traitement des eaux », France, presser universitaires de franche-comté, 2007.

[21] A.MEGAG, I.LAOUABDIA sellami, « Contribution à l'étude et l'analyse des eaux de chaudière GB 1150a, b FERTIAL Annaba » Mémoire de master, ANNABA, université Badji mokhtar, 2021 .

[22] J.Rodier, L.Bernard, M.Nicole « analyse de l'eau » 9ème édition Dunod, paris, 2009.

[23] A.Zerouali, « l'impact physico-chimique de la qualité d'eau sur la chaudière à tube de fumée (l'industrie du textile) » Mémoire de master, BISKRA, université mohamed khider, 2020.

[24] P.Dalmas, mesure de la conductivité sur une eau pure ou comment appliquer la norme USP24-NF 19, radiometeranalytical.p -3-4, 2000.

[25] M.Kouar, Z.Babchikh, « application de tensioactif dans le traitement des eaux de

chaudières », Mémoire de fin d'études de master, MEDEA, université yahia fares, 2021.

[26] R.Djebablia, W.Messikh, « étude et impact de la qualité de l'eau de refroidissement du circuit semi-ouvert de la centrale et utilités II Ferial-annaba », Mémoire de fin d'étude, ANNABA, université Badji Mokhtar, 2008.

[27] W.Bounab, M.Kalil houtia, « étude préventive sur la corrosion et dysfonctionnement des chaudières au niveau de la raffinerie d'adrar », Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master, ADRAR, université Ahmad Draia, 2019.

[28] F.Chrif youcef, « étude du comportement électrochimique de l'acier A106 B d'un évaporateur de chaudière sous l'influence d'inhibiteurs de corrosion », Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en métallurgie, algérie, école nationale polytechnique, 2013.

[29] F.Constantin, « étude de l'efficacité d'inhibiteurs de corrosion utilisés dans les liquides de refroidissement », Mémoire de doctorat, institut national des sciences appliquées de LYON-France , université de pitesti-Roumanie-France, 2011.

[30] H.Djediai, cours traitement et conditionnement des eaux de process, université des sciences et de la technologie Mohamed boudiaf, Oran, 2016.

Résumé

Notre travail a été effectué au niveau de CONDOR (unité de polystyrène) reposant sur la qualité de l'eau d'alimentation de la chaudière. L'objectif de cette étude a été de faire un contrôle de la qualité des eaux avant et après leur prétraitement classique et leur traitement destinées à l'alimentation des chaudières de production de la vapeur. Nous avons fait un suivi et UN contrôle de la qualité physico-chimique, notamment des paramètres de la dureté (TH), de l'alcalinité (TA et TAC), du pH, de l'eau de forage dès son arrivée au réservoir du Complexe, jusqu'à son stockage dans la bache alimentaire de chaudière ; les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'université. Cette étude nous a permis de voir l'efficacité de l'adoucissement et l'osmose inverse pour le traitement des eaux.

Mots clés : Analyse physico-chimique, qualité des eaux, chaudières

Summary

Our work was carried out at the CONDOR level (polystyrene unit) based on the quality of the boiler feed water. The objective of this study was to control the quality of the water before and after its conventional pre-treatment and its treatment intended for supplying the steam production boilers. We carried out a follow-up and ONE control of the physico-chemical quality, in particular of the parameters of hardness (TH), alkalinity (TA and TAC), pH, of the drilling water as soon as it arrived at the reservoir of the Complex, right up to its storage in the boiler feed tank; the analyzes were carried out at the level of the university laboratory. This study allowed us to see the effectiveness of water softening and reverse osmosis for water treatment.

Keywords: Physico-chemical analysis, water quality, boilers

ملخص :

تم تنفيذ عملنا على مستوى الكندور وحدة البوليسترين بناء على جودة مياه تغذية الغلايات.

كان الهدف من هذه الدراسة هو التحكم في جودة المياه قبل وبعد المعالجة التقليدية ومعالجتها المخصصة لتزويد غلايات انتاج البخار. قمنا باجراء متابعة ومراقبة واحدة للجودة الفيزيائية والكيميائية ودرجة الحموضة (TAC) و (TA) (TH) ولا سيما معلمات الصلابة لمياه الحفر بمجرد وصولها الى خزان المجمع حتى تخزينه في خزان تغذية الغلايات، أجريت التحاليل على مستوى مخبر الجامعة

سمحت لنا هذه الدراسة برؤية فعالية تليين المياه والتناضح العكسي لمعالجة المياه .

الكلمات المفتاحية: التحليل الفيزيائي والكيميائي ،جودة المياه ،الغلايات