



## Département de Technologie chimique industrielle

### Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme  
De Licence professionnelle en :

### Génie Formulation

### Thème :

# CONTROLE DE QUALITE DES EAUX INDUSTRIELLES

#### Réalisé par :

LATLI Bouchra

#### Encadré par :

- IGGUI Kahina
- BOUANIKA Walid

MCA / Institut de technologie

Ingénieur d'état / Entreprise BELLARA- JIJEL

#### Membre de jury :

- Examineur 1 : SIFOUNE Naima
- Président de jury : BELKACMI Samir

MCB / Institut de technologie

MAA / Institut de technologie

## ***Remerciement***

Mes remerciements vont tout premièrement à ***Allah*** le tout puissant pour la volonté la santé et la patience qu'il m'a données pour terminer mon travail de recherche.

Ce ne sont pas des mots si personnels soient-ils qui arriveront à exprimer ma gratitude et mes remerciements et ma reconnaissance à monsieur ***Othmane*** et ***Walid*** qui m'ont formé et accompagné tout au long de cette expérience professionnelle avec beaucoup de patience, je remercie toute l'équipe de laboratoire de traitement des eaux pour les conseils au cours de ce stage.

Je voudrais aussi exprimer mes vifs remerciements à mon encadreur Mme ***IGGUI Kahina*** d'avoir accepté d'encadrer ce mémoire. Pour tous ses commentaires, son aide et ses encouragements, surtout pendant ces derniers jours. Elle également contribué, par ses remarques et suggestions, à améliorer la qualité de ce mémoire sa sollicitude, disponibilité et ces précieuses conseil. Sans ses orientations et ses suggestions les plus inestimables, ce mémoire n'aurait jamais pu voir le jour.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

## *Dédicaces*

Je dédie ce travail,

*A ma très chère mère*

Pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices.

*A mon très cher père*

Pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordé.

A mes chères sœurs *Yessmin, Rayane, Wissal, Malak, Selsabil, Sabrapour* leurs encouragements, et leur soutien moral.

A mes chères amis *Soumaia, Fatima, Ouidjene, Hanane, Fatma* pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

# Sommaire

## Remerciements

## Dédicaces

Liste des figures.....i

Liste des tableaux.....ii

Liste des abréviations.....iii

Introduction générale .....	1
I. Présentation de l'entreprise Algerian Qatari Steel (AQS).....	3
I.1. Introduction.....	3
I.2. Description du projet.....	3
I.3. Localisation géographique de l'AQS.....	4
I.4. Unités de production du complexe Algerian Qatari Steel (AQS) .....	5
I.4.1.1. Unité de Réduction Directe (DRI) .....	5
I.4.1.2. Usine de production d'acier avec deux acières électriques (SMS) .....	6
I.4.1.3. Laminoir (RMS).....	7
I.4.2.1. Usine de Gaz industriels (ASU).....	8
I.4.2.2. Unité de Production de chaux (LMP) .....	8
I.4.2.3. Station de Réception et de Transport des Matières Premières .....	9
I.4.2.4. Usine de Traitement des Eaux (WTP).....	9
I.4.2.5. Sous station électrique (MRSS) .....	10
I.4.2.6. La production du complexe.....	10
I.4. L'organigramme de l'entreprise.....	12
II.1. Introduction .....	14
II.2. Composition et structure de la molécule d'eau.....	14
II.3. Différents états de l'eau .....	15
II.4. Cycle de l'eau.....	15
II.5. Types des eaux utilisées par le complexe Algerian Qatari steel (AQS) .....	16
II.5.1. L'eau brute .....	16
II.5.2. L'eau industrielle .....	16
II.6. Propriétés physico-chimiques de l'eau .....	17
II.6.1. Potentiel hydrogène (pH).....	17
II.6.2. Conductivité .....	17
II.6.3. Température.....	17
II.6.4. Turbidité .....	18
II.6.5. La dureté de l'eau TH (le titre hydrotimétrique ou la dureté de l'eau).....	18
II.6.6. Alcalinité TAC (le titre alcalimétrique complet).....	18

II.6.7. Chlorure ( $Cl^-$ ) .....	18
II.6.8. Sulfate ( $SO_4^{2-}$ ).....	18
II.6.9. Nitrates ( $NO_3^-$ ).....	19
II.6.10. Titre calcique $TCa^{2+}$ et le titre magnésique $TMg^{2+}$ .....	19
II.7. Pollution de l'eau et origine.....	19
II.7. 1. L'industrie.....	20
II.7.2. L'agriculture.....	20
II.7.3. La pollution domestique.....	20
II.8. Procédés de traitements physico-chimiques appliqués pour traitement des eaux industrielles du complexe .....	21
II.8.1. L'oxydation, la coagulation et la décarbonatation .....	21
II.8.2. La floculation .....	23
II.8.3. Décantation .....	24
II.8.4. L'ajustement de pH.....	25
II.8.5. La filtration .....	25
III.1 Introduction.....	27
III.2 .Consommation des eaux industrielle.....	27
III.3. Usine de Traitement des Eaux (WTP).....	28
III.5. Station de traitement l'eau potable.....	28
III.6. Processus de traitement d'eau potable .....	29
III.7. Station de séparation de gaz (ASU) .....	29
III.8. Contrôle de qualité des eaux traitées.....	30
III.8.2.1. Tests physico-chimiques .....	31
IV.1. Introduction.....	41
IV.2. Le pH.....	41
IV.3. La conductivité.....	42
IV.4. La turbidité .....	43
IV.5. TAC.....	44
IV.6. Silice.....	45
IV.7. Fer .....	45
Conclusion.....	47

## *Liste des figures*

<b>Figure I.1</b> : Complexe sidérurgique de Bellara.....	7
<b>Figure I.2</b> : Carte de localisation géographique.....	7
<b>Figure I.3</b> : Le four d'unité de production DRI.....	8
<b>Figure I.4</b> : Aciéries électriques SMS.....	9
<b>Figure I.5</b> : Laminoir RMS.....	10
<b>Figure I.6</b> : L'unité de séparation d'Air (ASU).....	10
<b>Figure I.7</b> : L'unité de traitement de chaux LMP.....	11
<b>Figure I.8</b> : Station de récupération et de transport des matières premières.....	12
<b>Figure I.9</b> : Station générale de traitement des eaux WTP.....	12
<b>Figure I.10</b> :Sous-station électrique MRSS.....	13
<b>Figure I.11</b> :Rond à béton.....	14
<b>Figure I.12</b> :File machine.....	14
<b>Figure II.1</b> :structure de la molécule d'eau.....	18
<b>Figure II.2</b> : L'hypochlorite de sodium à 13%.....	20
<b>Figure II.3</b> : Le chlorure ferrique 39%.....	21
<b>Figure II.4</b> : La chambre de décarbonatation.....	22
<b>Figure II.5</b> : Poly-électrolyte anionique.....	22
<b>Figure II.6</b> : L'acide sulfurique 38%.....	24
<b>Figure III.1</b> : La vanne de contrôle.....	26
<b>Figure III.2</b> : Dosage du TH.....	31
<b>Figure III.3</b> : dosage du TAC.....	32
<b>Figure III.4</b> : dosage du chlorure.....	33
<b>Figure III.5</b> : Dosage du Tca.....	34
<b>Figure III.6</b> : pH-mètre.....	35
<b>Figure III.7</b> : Conductimètre.....	35
<b>Figure III.8</b> : Turbidimètre.....	36
<b>Figure III.9</b> : LOVIBOND de type (LD600).....	36
<b>Figure IV.1</b> :Histogramme représentatif des valeurs de pH.....	41
<b>Figure IV.2</b> :Histogramme représentatif des valeurs de la conductivité.....	42
<b>Figure IV.3</b> :Histogramme représentatif des valeurs de la turbidité.....	43

<b>Figure IV.4</b> :Histogramme représentatif des valeurs de TAC. ....	44
<b>Figure IV.5</b> :Histogramme représentatif des valeurs de Silice. ....	45
<b>Figure IV.6</b> :Histogramme représentatif des valeurs de Fer. ....	46

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau III1</b> :Normes ISO de qualité d'eau potable. ....	30
<b>Tableau III2</b> :Normes ISO de qualité d'eau d'unité ASU.....	31
<b>Tableau III3</b> :Caractéristiques physico-chimiques des produits. ....	32
<b>Tableau IV.1</b> :Les résultats du paramètre pH.....	41
<b>Tableau IV.2</b> :Les résultats du paramètre de conductivité. ....	42
<b>Tableau IV.3</b> :Les résultats du paramètre la turbidité. ....	43
<b>Tableau IV.4</b> :Les résultats du paramètre TAC.....	44
<b>Tableau IV.5</b> :Les résultats du paramètre de silice. ....	45
<b>Tableau IV.6</b> :Les résultats du paramètre de Fer.....	46

## *Liste des abréviations*

**AQS** : Algerian Qatari Steel

**ASU** : Station de séparation d'Air

**BDD** : Base de données

**CCM** : Circuit de refroidissement au niveau d'unité SMS

**D.CoM** : Direction de communication

**D.Jur** : Direction juridique

**D.M** : Direction de maintenance

**D.P** : Direction de Production

**D.Ven** : Direction vendre marketing

**DBO** : Demande biochimique en oxygène

**DCO** : Demande chimique en oxygène

**DG** : Direction Générale

**DMGX** : Direction Moyen Généraux

**DQHSE** : Direction Qualité Hygiène Sécurité Environnement

**DQT** : Direction de qualité et technique

**DRH** : Direction de Ressources Humaine

**DRI** : Direct Réduction Iron

**ELEC** : Maintenance électrique

**Inter** : Intervention

**IS** : Infrastructure

**LMP** : Station de traitement de chaux

**MEC** : Maintenance Mécanique

**MES** : Matières en suspension

**MRSS** : Sous station électrique

**NTU** : Nephelometric Turbidity Unit

**QSHE** : Qualité sécurité hygiène environnement

**RM** : Rolling Mill

**SMS**: Steel Melt Shop

**Supply chaine**: Approvisionnement et Achat

**TA** : Titre alcalimétrique

**TAC** : Titre alcalimétrique complet

**TBS** : Total bactérie colonie

**TCa** : Titre hydrométrique calcique

**TH** : Titre hydrométrique

**TMg** : Titre hydrométrique magnétique

**WTP** : Water Traitement Plant

# Introduction générale

## **Introduction générale**

L'industrie recouvre une gamme d'utilisations extrêmement variables, tant en quantité qu'en qualité. En effet, la croissance économique des pays est mesurée par la quantité de consommation de fer et d'acier, ce qui est un excellent indicateur du nombre de projets de développement, de construction et d'industrie [1].

L'industrie du fer et l'acier est l'une des industries qui offre de nouvelles opportunités d'emploi, son rôle à cet égard ne se limitant pas à répondre à ses besoins secteur privé uniquement, mais s'étend à la recherche d'opportunités d'emploi dans les industries qui les nourrissent et consomment leurs produits. Chaque opportunité d'emploi dans l'industrie du fer et de l'acier offre environ neuf opportunités d'emploi dans d'autres industries, et chaque unité. L'investissement dans la sidérurgie ouvre des opportunités d'investissement doubles qui peuvent atteindre le décuple dans les secteurs de l'alimentation et de la consommation pour cette industrie.

La région de Jijel, à l'est algérien s'est retrouvée dotée depuis 2013 du complexe sidérurgique de Bellara « Algerian Qatar Steel » (AQS). Ce complexe est d'une importance capitale tant pour les habitants de la région que pour l'économie nationale.

Comme tout secteur industriel, le complexe a des besoins très importants en eaux nécessaires au process. Selon les besoins, l'eau est une matière première, un fluide caloporteur (chauffage et refroidissement), un liquide de lavage ou un solvant d'extraction. Ses applications industrielles sont conditionnées par son degré de pureté [2].

Provenant du barrage de Boussiaba (prétraitées préalablement), les eaux qui alimentent l'AQS doivent passer par un certain nombre de traitements physico - chimiques au niveau de la station WTPg (Water Treatment Plant general).

A la demande de l'AQS, un contrôle de qualité des eaux industrielles est nécessaire, c'est dans cet optique que s'inscrit mon stage de fin d'étude qui a comme objectifs principaux, mon insertion dans le mode industriel et la rédaction d'un rapport de stage qui est organisé comme suit :

## Introduction générale

---

- Introduction générale.
- Chapitre I : qui est consacré à la présentation du complexe sidérurgique de Bellara, AQS, dans lequel nous avons présenté le complexe, son environnement, ces unités et ces produits.
- Chapitre II : qui porte sur les généralités sur les eaux.
- Chapitre III : qui présente matériel et méthodes expérimentales utilisés.
- Chapitre IV : qui abordera les résultats obtenus et leurs discussions.
- Conclusion.

# Chapitre I : Présentation de l'entreprise

## I. Présentation de l'entreprise Algerian Qatari Steel (AQS)

### *I.1. Introduction*

Dans ce chapitre nous allons présenter une entreprise algérienne de sidérurgie dénommée Algerian Qatari Steel (AQS).

### *I.2. Description du projet*

La sociétés Algerian Qatari Steel (AQS) a été créée en décembre 2013 et résulte d'un partenariat d'investissement entre la République Algérienne et l'Etat du Qatar. Dotée d'un capital social de 58,610,000,000 Dinars Algériens. Elle est détenue à 49% par Qatar Steel International (QSI), à 46% par le Groupe Industriel SIDER et à 05% par le Fonds National d'Investissement (FNI). Grace à son volume de production, à sa fiabilité opérationnelle et à ses progrès techniques, l'Algerian Qatari Steel occupe une place importante dans la carte de l'industrie sidérurgie nationale et régionale [3].

SIDER et Qatar Steel, les partenaires principaux d'AQS, sont des sociétés avec une longue expérience dans le domaine de la sidérurgie, qui ont la responsabilité de gérer et opérer les deux grands complexes sidérurgiques de l'Algérie (Complexe d'El Hadjar à d'Annaba) et du Qatar (complexe MIC près de Doha). La technologie implantée au Complexe MIC de Qatar Steel et celle de la Réduction Directe, similaire à la technologie retenue pour le Complexe de Bellara il y'a figure I.1[3].

L'AQS accorde également une grande attention au capital, en tant que moteur de croissance économique et de progrès social, notamment à travers la création d'un environnement de travail, qui encourage la créativité et l'innovation au profit de ses 1500 employés de différentes disciplines et qualifications. En effet, elle contribue à la création de richesse et au soutien du tissu industriel national en répondant aux besoins du marché local du Fer et en exportant la production excédentaire sur les marchés régionaux et internationaux [3].

L'AQS a commencé la production et la commercialisation de produits en Fer à la fin de l'année 2017. La capacité de production initiale du complexe est d'environ 2 millions de tonnes par an de rond à béton et fil machine de différents diamètres. La deuxième phase du programme d'investissement sera consacrée à la production d'autres types d'aciers spéciaux

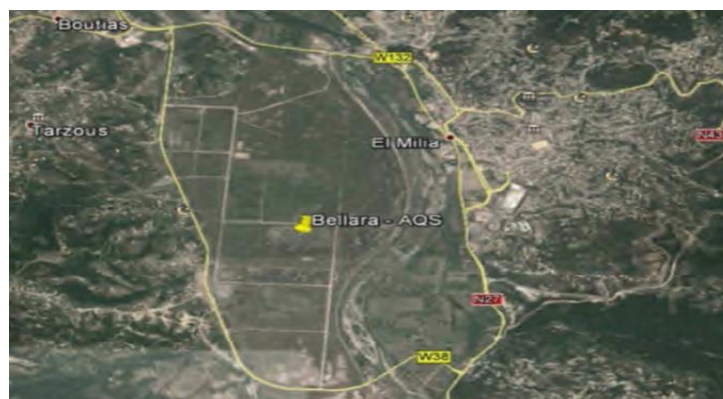
utilisés dans de nombreuses industries amenant ainsi la capacité de production à plus de 4 millions de tonnes par an [3].



**Figure I-1** : Image du complexe sidérurgique de Bellara.

### *1.3. Localisation géographique de l'AQS*

L'AQS opère dans la zone industrielle de Bellara, dans la commune d'El-Milia, (la wilaya de Jijel), située à 400 km de la capitale d'Alger, où elle exploite un Complexe sidérurgique d'une superficie totale de 216 hectares [3].



**Figure I-2** : Carte de localisation géographique.

#### ***I.4. Unités de production du complexe Algerian Qatari Steel (AQS)***

L'unité de production du complexe (AQS) se compose d'unités principales et des installations complémentaires, à savoir :

##### **•Les unités principales**

- Unité de Réduction Directe (DRI) ;
- Usine de production d'acier avec deux acières électriques (SMS) ;
- Laminaires (Rolling Mill Steel) (RMS);

##### **•Les installations complémentaires**

- Usine de Gaz industriels (ASU) ;
- Unité de Production de chaux (LMP) ;
- Station de Réception et de Transport des Matières Premières ;
- Usine de Traitement des Eaux (WTP) ;
- Sous station électrique (MRSS) ;

#### **I.4.1. Les unités principales**

##### ***I.4.1.1. Unité de Réduction Directe (DRI)***

La DRI est l'unité de production de l'acier, où le minerai de fer (sous forme de grumeaux, de granulés ou de fines) est réduit en fer par un gaz réducteur ou un carbone élémentaire issu du gaz naturel ou du charbon. Le fer réduit dérive du changement chimique que subit le minerai de fer lorsqu'il est chauffé dans un four à haute température en présence de gaz riches en hydrocarbures, de monoxyde de carbone ou de carbone élément [4]. La figure I.3 présente le four d'unité de production DRI.

La capacité de production de l'unité est de 2,5 millions de tonnes par an.



**Figure I-3 : Le four d'unité de production DRI.**

#### *I.4.1.2. Usine de production d'acier avec deux acières électriques (SMS)*

La fabrication de l'acier est le processus de production d'acier à partir de minerai de fer et de ferraille. Dans la fabrication de l'acier, des impuretés telles que l'azote, le silicium, le phosphore, le soufre et l'excès de carbone sont éliminées du fer brut, et des éléments d'alliage tels que le manganèse, le nickel, le chrome et le vanadium sont ajoutés pour produire différentes nuances d'acier. Ce projet repose sur la technologie de l'acier au four électrique (EAF)(1650°C), qui utilise de la ferraille et du fer à réduction directe (DRI) comme matière principale[4]. La Figure I-4 illustre l'Aciéries électriques SMS.

L'usine de production d'acier contenant également les unités auxiliaires suivantes :

- Station de traitement des fumées ;
- Déchet de ferraille (Scarpe yard) ;
- Station de traitement des eaux ;
- Ferroalloy ;



**Figure I-4 :** Aciéries électriques SMS.

#### *I.4.1.3. Laminoir (RMS)*

Le processus de laminage comprend le réchauffage de chaleur de billette (1050°C), les opérations de laminage et de formage. Dans cette plante, la taille, la forme et les propriétés métallurgiques des billettes métalliques sont modifiées par compression répétée de métal chaud entre des rouleaux entraînés électriquement. C'est aniveau de cette unités que les produits finaux sont produits( Figure I-5)[4].



**Figure I-5 :** Laminoir RMS.

## I.4.2. Les installations complémentaires

### I.4.2.1. Usine de Gaz industriels (ASU)

Air séparation unit (ASU), en figure I-6, est une installation de séparation d'air sépare l'air atmosphérique en ses composants primaires, typiquement l'azote et l'oxygène, et parfois aussi l'argon et d'autres gaz inertes rares [4].



**Figure I-6 :** L'unité de séparation d'Air (ASU).

### I.4.2.2. Unité de Production de chaux (LMP)

La chaux est produite en calcinant le carbonate de calcium (ou de magnésium) à températures supérieures à 800 °C et causer la décarbonatation de la matière première pour produire de l'oxyde de calcium (CaO ou chaux vive). La chaux est ensuite maintenue à des températures comprises entre 1200 ↔ 1300 °C, pour ajuster la réactivité. La chaux légèrement calcinée est la plus réactive et communément employée en sidérurgie. L'équipement de calcination est constitué de batteries de fours droits équipés de filtres. La Figure I-7 montre l'unité de traitement de la chaux [4].



**Figure I-7 :** L'unité de traitement de chaux LMP.

### *1.4.2.3. Station de Réception et de Transport des Matières Premières*

Le rôle de cette station est la manipulation des matériaux et le chargement, le déplacement et le déchargement des matériaux. Pour le faire de manière sûre et économique, différents types d'attaques, de gadgets et d'équipement sont utilisés. L'importance première de la manipulation des matériaux est qu'elle aide la productivité et augmente ainsi la rentabilité d'une industrie (3,43 millions tan) [4].



**Figure I-8 :** Station de récupération et de transport des matières premières.

### *1.4.2.4. Usine de Traitement des Eaux (WTP)*

Le système de traitement des eaux industrielles du complexe est composé des stations de traitement suivantes (Figure I-9) : une station spécifique de conditionnement et traitement des eaux de refroidissement pour chacune des unités du processus sidérurgique (réduction directe, aciérie et laminage) reliées à une station finale centralisée de traitement, pour l'ajustement final de la composition. Les stations sont conçues et disposant de technologies d'épuration nécessaires pour que la composition de l'effluent final soit strictement conforme aux valeurs limites applicables. Le complexe a une capacité pleine et autonome de traitement de tous le types d'eaux usées générées et d'obtenir le niveau de qualité d'eau finale conforme aux réglementations environnementales de rejets [4].



**Figure I-9 :** Station générale de traitement des eaux WTP.

#### *1.4.2.5. Sous station électrique (MRSS)*

Une sous-station fait partie d'un système de génération, de transmission et de distribution électrique. Les sous-stations transforment la tension du haut vers le bas, ou vers l'inverse, ou effectuent l'une des nombreuses autres fonctions importantes. La sous-station de complexe d'acier de Bellara (poste 400 KV) composée de : bâtiment de contrôle ; construction de relais ; transformateurs et salle diesel. Ce sera le chargeur de l'énergie électrique du complexe d'une capacité de 450 MW. Les équipements principaux de cette sous-station sont : transformateur 400/33 KV et 33/6,6 KV (Figure I-10) [4].



**Figure I-10 :** Sous-station électrique MRSS.

#### *1.4.2.6. La production du complexe*

Dans la première phase l'usine a une capacité de production de deux (02) millions de tonnes de produits sidérurgique par an, il commercialise une large gamme de produits conformes aux exigences clients et aux exigences normatives [4]. Ces produits sont :

**a) Le rond à béton**

Le rond à béton est un produit laminé à chaud en acier d'usage multiple pour la construction haute adhérence, soudable de nuance RB 500. Le produit rond à béton soudable produit par l'AQS est conforme aux exigences de l'arrêté interministériel de 8 Mars 1997, à la norme NA8634 (2015) et à l'ISO 6935-2 (2015).

La capacité de production est de 1,5 MT/an pour les diamètres : 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 32 et 40 mm, et de longueur 12m (-0mm +100mm) avec possibilité de réaliser des longueurs spécifiques inférieurs à 12m selon la demande des clients pour les diamètres allant du 8mm au 16mm et de 12m à 18m pour les diamètres allant du 16mm au 40mm.



**Figure I-11** : Rond à béton.

**b) Le fil machine**

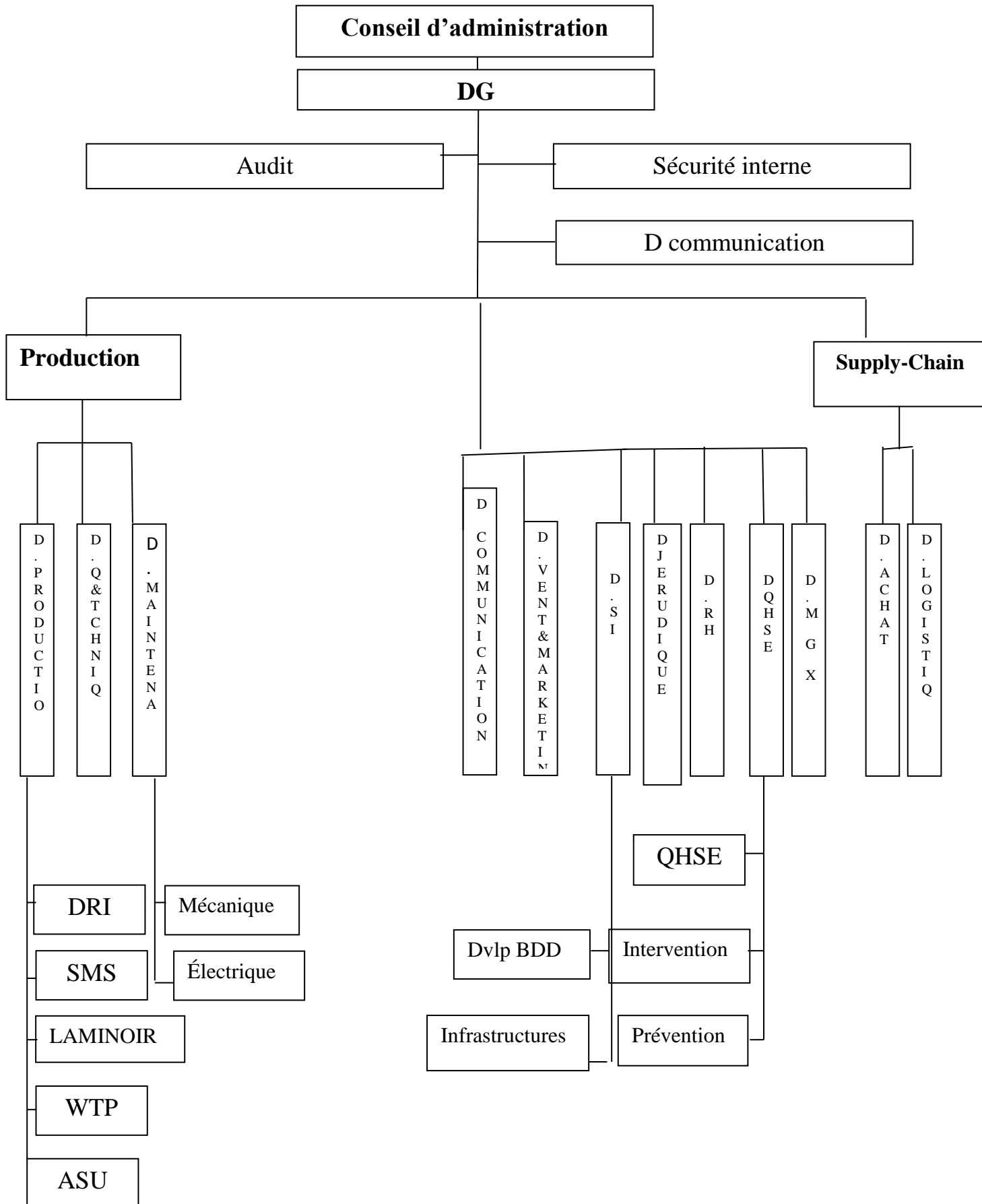
Le fil machine est de section ronde, de diamètre variant entre de 5,5 mm à 14 mm et est de haute qualité. Le fil machine rond et lisse est obtenu par laminage à chaud conformément à la norme Algérienne NA 8634 et selon les normes internationales. La capacité de production est 0,5 million t/an.



**Figure I-12** : File machine.

*1.4. L'organigramme de l'entreprise*

L'organigramme suivant montre la structure organisationnelle de l'entreprise [4].



# **Chapitre II : Généralités sur les eaux**

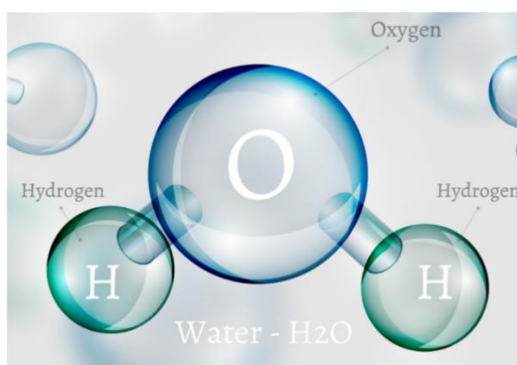
## II.1. Introduction

L'eau est l'une des ressources la plus abondante sur la terre, mais seulement moins de 1% de cette ressource sont utilisables de façon fiable pour les besoins humains. En effet, l'eau douce disponible est une forme rare de l'eau, car 99 % de la masse totale de l'eau est soit salée (97% de l'eau est contenue dans les océans), soit à l'état solide (2% dans les calottes glaciaires et les glaciers). Malgré cette rareté de l'eau, l'être humain n'a pas encore compris ni reconnu que les disponibilités en eau sont finies. Tout le monde est pourtant d'accord pour reconnaître que la rareté croissante de l'eau douce et le mauvais usage que l'on en fait menacent gravement le développement durable. A mesure que les populations s'accroissent et que les économies se développent, la concurrence pour des ressources finies ne pourra que s'intensifier [5].

De ce fait, dans ce chapitre nous nous sommes intéressés à réaliser une étude théorique portant sur les généralités sur les eaux.

## II.2. Composition et structure de la molécule d'eau

Bien que la formule d'eau ( $H_2O$ ) soit relativement simple (figure II.1), il existe de très nombreuses combinaisons possibles des éléments hydrogène et oxygène qui comportent chacun plusieurs isotopes.



**Figure II.1** : structure de la molécule d'eau.

L'eau pure est donc un mélange de plusieurs molécules, chimiquement identiques, mais ayant des propriétés physiques distinctes. La molécule d'eau est constituée d'un édifice électronique stable, qualitativement semblable au néon, qui cependant ne réalise pas un équilibre électrique parfait [6].

En effet, à cause de l'électronégativité marquée de l'oxygène, et de sa tendance à accaparer les deux électrons d'hydrogène, il s'ensuit une déformation de la structure à l'origine des caractéristiques géométriques essentielles de la molécule d'eau, qui est dissymétrique propriétés physiques distinctes.

Du point de vue électrique, cela se traduit par un caractère polaire de la molécule d'eau qui permet d'expliquer les extraordinaires, pour ne pas dire aberrantes, propriétés de l'eau, qui font qu'elle n'a pas les caractéristiques d'un liquide parfait [6].

### **II.3. Différents états de l'eau**

Comme pour la plupart des corps, l'eau peut se présenter sous trois états ou phases : solide (glace), liquide (eau proprement dite), et gazeux (vapeur d'eau).

Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau - glace, glace - vapeur, eau - vapeur, selon les conditions de température et de pression. Il existe cependant un point, dit point triple pour lequel les trois phases sont rigoureusement en équilibre, à la température de 0,01 ° C et sous une pression de 4,6 mm Hg (613 Pa) [6].

### **II.4. Cycle de l'eau**

Le cycle de l'eau est avant tout favorisé par le rayonnement solaire. De manière qualitative, on peut le décrire comme suit : l'eau s'évapore dans l'atmosphère à partir des eaux de surface (par exemple les lacs), mais aussi à partir du sol et des plantes, elle est alors transportée sous forme de nuages. Elle retourne ensuite vers la terre à partir des nuages sous forme de précipitation, soit elle atteint la surface des lacs ou des mers, soit elle atteint la nappe phréatique à travers le sol [7].

## II.5. Types des eaux utilisées par le complexe Algerian Qatari steel (AQS)

### *II.5.1. L'eau brute*

L'eau brute désigne l'eau qui n'a subi aucun traitement et qui peut alimenter une station de production d'eau potable [8].

L'eau brute est employée en amont des stations de traitement est issue de différentes sources généralement souterraines. L'eau brute d'origine souterraine après traitement, est destinée à la consommation humaine, est indispensable grâce à des raisons sanitaires et de sécurité. Sanitaires parce que les eaux souterraines sont moins sensibles à des pollutions accidentelles, et de sécurité puisqu'elles sont également inaccessibles à éventuels actes malveillants.

### *II.5.2. L'eau industrielle*

L'eau industrielle désigne l'eau résiduaire qui provient des différents usages industriels.

L'eau industrielle est utilisée essentiellement pour le refroidissement de certains mécanismes où la température est moins importante, à titre d'exemple on cite :

- Le refroidissement des machines à coulée continue et des billettes ;
- Le refroidissement, l'épuration des gaz (CO, CO<sub>2</sub>) et les poussières (calamines et graphites) des convertisseurs ;
- Le refroidissement des échangeurs des paliers presse-étoupes des pompes, des moteurs et divers [9].

---

## II.6. Propriétés physico-chimiques de l'eau

### II.6.1. Potentiel hydrogène (pH)

Le potentiel d'hydrogène (pH) est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène ( $H^+$ ), il est inférieur ou supérieur à 7 suivants que l'eau est acide ou basique. Il n'a pas de la signification hygiénique mais il représente une notion importante de la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation des éléments dissous [10].

### II.6.2. Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissouts dans l'eau.

Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. La procédure est facile, permet d'obtenir une information très utile pour caractériser l'eau à 25 ° C :

1 Siemens (S) = 1000 millisiemens (mS) = 1000000 micro siemens (µS) [11].

### II.6.3. Température

La température de l'eau influe sur beaucoup d'autres paramètres.

C'est en premier lieu le cas pour l'oxygène dissout (dioxygène) indispensable à la vie aquatique en premier lieu à la respiration des poissons. En effet plus la température de l'eau s'élève, plus sa quantité maximum d'oxygène dissout diminue. Une température trop élevée des eaux d'une rivière peut donc aboutir à des situations dramatiques de manque d'oxygène dissout pouvant entraîner : la disparition de certaines espèces, la réduction de l'autoépuration, l'accumulation de dépôts nauséabonds (odeurs) ainsi que la croissance accélérée des végétaux (dont les algues).

Les poissons ne peuvent survivre à des températures trop élevées. (Mortalité totale : truites de rivières à 27 ° C, truites arc en ciel à 29 ° C, brochets à 28 ° C, perches et tanches à 30 ° C, gardons à 31 ° C, carpes à 38 ° C).

---

La température de l'eau dans l'environnement se mesure en général avec un appareil multi paramètres (T, pH, conductivité) dont il suffit de plonger l'extrémité [11].

#### ***II.6.4. Turbidité***

Une eau turbide est une eau trouble. Cette caractéristique vient de la teneur de l'eau en particules en suspension, associées au transport de l'eau. Au cours de ce parcours, l'eau se charge de quantités énormes de particules, qui troublent l'eau. Les matières, mêlées à l'eau, sont de natures très diverses : matières d'origine minérale (argile, limon, sable ...), micro particules, microorganismes [12].

#### ***II.6.5. La dureté de l'eau TH (le titre hydrotimétrique ou la dureté de l'eau)***

La dureté totale d'une eau est conditionnée par sa teneur en sels des métaux alcalino-terreux Calcium, Magnésium, (générateurs de duretés)., On définit la dureté comme la teneur d'une eau en ions calcium,  $Ca^{2+}$ , et ions magnésium,  $Mg^{2+}$  [12].

#### ***II.6.6. Alcalinité TAC (le titre alcalimétrique complet)***

Elle est mesurée par la somme des anions hydrogénocarbonates, carbonates, et hydroxydes alcalines (Na), ou alcalino-terreux ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ), elle est exprimée par le titre alcalimétrique complet TAC [12].

#### ***II.6.7. Chlorure ( $Cl^-$ )***

L'ion chlorure est un atome de chlore chargé d'un électron supplémentaire ; c'est un ion négatif (anion), dit halogénure ; un atome de chlore ayant gagné un électron. Il est aussi produit lors de la dissociation du chlorure d'hydrogène dans l'eau. Des chlorures peuvent être localement impliqués dans les pluies acides et phénomènes d'acidification d'eaux superficielles ou souterraines [13].

#### ***II.6.8. Sulfate ( $SO_4^{2-}$ )***

Les origines des sulfates dans les eaux sont variées. Les origines naturelles sont l'eau de pluie [14].

### **II.6.9. Nitrates ( $NO_3$ )**

Les nitrates des eaux souterraines et des cours d'eau proviennent :

- Principalement d'origine agricole en raison du recours aux engrais azotés ;
- En second lieu des rejets des stations d'épurations (transformation de la matière organique et nitrates). Certaines installations sont complétées par des traitements de dénitrification avant rejet ;
- Du milieu naturel, pour 3 et 7 mg/L seulement, une quantité suffisante pour nourrir la vie aquatique des cours d'eau. (Au-delà c'est l'indigestion, le développement des algues, l'eutrophisation...)

Les nitrates posent problème en raison de leur trop grande introduction dans les eaux par l'agriculture industrielle. Les résultats d'analyse exprimés en mg/L de  $NO_3$  [11].

### **II.6.10. Titre calcique $TCa^{2+}$ et le titre magnésique $TMg^{2+}$**

Le calcium ou dureté calcique exprime la concentration globale d'une eau en sels de calcium quel que soit l'anion associé. On l'appelle aussi quelquefois Titre Calcique  $TCa^{2+}$  de l'eau. On parle de même de la dureté magnésienne (ou Titre Magnésien,  $TMg^{2+}$ ) uniquement dû aux sels de magnésium [13].

## **II.7. Pollution de l'eau et origine**

L'évolution spectaculaire que connaît l'environnement urbain et industriel pose dans de nombreux pays le problème de l'eau. C'est en réalité surtout dans la détérioration de la qualité de l'eau des ressources que réside le véritable problème rencontré. Les eaux de surface (cours d'eau, lacs, étangs...), encore relativement propres au début du siècle, sont de plus en plus exposés à la pollution et les nappes aquifères n'échappent pas, en outre, à cette contamination générale.

Qui dit pollution, pense directement à raison de l'industrie et éventuellement l'agriculture. Le raccourci est un peu facile toutefois. Il est inexact surtout. Nous sommes tous des pollueurs... chacun à sa mesure certes. Les ressources en eau sont exposées en réalité à plusieurs types de pollution [14].

### *II.7.1. L'industrie*

C'est vrai, rejette un bon nombre de substances qui vont polluer rivières et nappes, parfois même d'une manière d'autant plus pernicieuse que l'on n'en connaît pas les effets à long terme. Les rejets industriels renferment des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale et / ou organique, à caractère plus ou moins biodégradable et parfois toxique même à très faible concentration (comme par exemple, les métaux lourds, les composés cyanurés ou phénols, les pesticides et hydrocarbures divers ...) [14].

### *II.7.2. L'agriculture*

Utilise des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires destinés à protéger les cultures et à faciliter la vie des agriculteurs. Ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie, les eaux de surface par lessivage et ruissellement et les nappes par infiltration [14].

### *II.7.3. La pollution domestique*

Des eaux usées urbaines (mélange d'eaux vannes et d'eaux ménagères) est essentiellement constituée de matières organiques biodégradables certes, mais grandes consommatrices d'oxygène, de germes pathogènes (cause d'épidémies) et de produits chimiques (lessives détergentes riches en phosphates) à l'origine des phénomènes d'eutrophisation. Par les lavabos, les éviers, les salles de bains et WC passe chaque jour une pollution proportionnelle au nombre d'habitants.

Il ne faut pas oublier par ailleurs, la pollution générée par les eaux pluviales en particulier en périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles) puis en ruisselant sur et chaussées des villes, de produits divers (huiles de vidange, carburants, métaux lourds, etc.). En définitive, il faut considérer que si l'on veut éviter, sous l'effet des rejets polluants de dégrader gravement l'environnement, il est nécessaire de préserver le mieux possible notre patrimoine naturel, constitué par nos ressources en eau.

Le grand défi contemporain des sociétés modernes est celui de l'assainissement, il faut absolument éviter que l'eau après usage, l'eau dite « usée » contamine l'eau naturelle des

nappes souterraines, des rivières et des lacs, la rendant ainsi impropre à la consommation et à l'utilisation industrielle [14].

## II.8. Procédés de traitements physico-chimiques appliqués pour traitement des eaux industrielles du complexe

### II.8.1. L'oxydation, la coagulation et la décarbonatation

Ces trois réactions se passent au niveau de la chambre mixte

#### ○ L'oxydation

- Eliminer le fer (Fe) : l'oxydation le transforme en dioxydes de fer ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), insolubles et facilement séparables du liquide par décantation et filtration (pré-oxydation).
- Oxyder les matières organiques.

Pour cela, l'hypochlorite de sodium ( $\text{NaClO}$ ) à 13% est utilisé comme agent oxydant. Cet oxydant est stocké dans un réservoir. Dans les cas éventuels, d'augmentation de la matière organique dans l'eau brute, un système de dosage du permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ) à 39% a été conçu comme un agent oxydant complémentaire et plus fort. La figure II.2 montre le réservoir de stockage de l'hypochlorite de sodium.



Figure II.2 : L'hypochlorite de sodium à 13%.

### ○ La Coagulation

La coagulation a pour objectif d'agglomérer les particules entre elles. Les colloïdes sont en effet naturellement maintenus en suspension sous l'action de forces électrostatiques de répulsion.

Pour rompre des forces et déstabiliser les colloïdes, on injecte des réactifs appelés "coagulants" qui conduisent à la formation de précipités insolubles appelés "flocs" capables de décanter [4].

L'agent coagulant utilisé, dans la chambre de coagulation, est le chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ), avec une dose à 39%. (Figure II.3)

Ainsi, des agents coagulants et oxydants sont ajoutés dans la chambre de mélange. (Chlorure ferrique et l'hypochlorite).

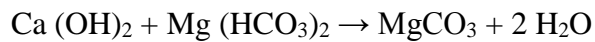
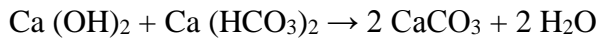


**Figure II.3:** Le chlorure ferrique 39%.

### ○ La décarbonatation

La décarbonatation à la chaux est le procédé de précipitation le plus largement utilisé. Son but est d'éliminer la dureté bicarbonatée liée au calcium et au magnésium, c'est-à-dire la présence dans l'eau d'hydrogénocarbonates et carbonates de Ca et de Mg, en ajoutant soit de la chaux ou de la soude à l'eau [4]. Le traitement est effectué dans la chambre de décarbonatation (en figure II-4).

Les réactions chimiques de la décarbonatation sont :



**Figure II.4 :** La chambre de décarbonatation.

### ***II8.2. La floculation***

La floculation a pour objectif d'accroître le volume, le poids et la cohésion du floc formé. Dans un compartiment distinct de celui de la coagulation, on réalise une agitation lente qui permet, grâce à l'injection d'un réactif appelé "floculant", l'agglomération des floccs, et donc leur grossissement. Les réactifs généralement utilisés sont la silice activée, les alginates, les poly électrolytes ...etc. [4].

Après le mélange des réactifs, l'eau arrive dans la chambre de floculation. Là, l'eau est agitée lentement. Ainsi, les solides peuvent se rassembler, devenir plus lourds et se déposer plus facilement. Pour un meilleur processus de floculation, un système de dosage de floculant (poly électrolyte anionique est également inclus), illustré en figure II.5.



**Figure II.5:** Poly-électrolyte anionique.

### ***II.8.3. Décantation***

La décantation a pour objectif de séparer, par gravité, le floc formé de l'eau. Ce floc est récupéré par décantation en fond de l'ouvrage et constitue des boues, qui sont extraites périodiquement. Il existe deux grands types de décanteurs : les décanteurs à flux horizontal et les décanteurs à flux vertical. Dans cette station de traitement, l'eau floculée est acheminée vers deux (02) clarificateurs lamellaires (2x50%) avec recirculation des boues pour éliminer les solides en suspension [4].

- Les systèmes de dosage sont ajustés automatiquement en fonction de la qualité de l'eau brute et des variations de quantité ;
- Les lamelles sont installées dans une inclinaison de 60° pour aider les boues à se déplacer vers le bas du clarificateur où elles sont purgées. L'eau clarifiée sera recueillie dans des canaux métalliques en haut et envoyée au réservoir intermédiaire clarifié en évitant la fuite de boues ;

Un double objectif est à atteindre dans ce type de clarificateurs : car en plus du processus clarifié lui-même, un épaissement des boues est atteint [4].

### II.8.4. L'ajustement de pH

En raison de l'augmentation du pH dans le processus de décarbonatation (jusqu'à 10,3), un système de réglage du pH est conçu dans ce réservoir avec de l'acide sulfurique 38% (Figure II.6) et un système d'agitation. L'eau clarifiée, qui est stockée dans la chambre de réglage du pH, est pompée vers les filtres à sable sous pression.



**Figure II.6 :** L'acide sulfurique 38%.

### II.8.5. La filtration

Le traitement des eaux par filtration utilise un filtre afin de récupérer les particules solides en suspension dans l'eau. Il existe différents types de filtration : la filtration par gravité, tout d'abord, utilise simplement la pression atmosphérique, l'eau s'écoule naturellement à travers le filtre. La filtration par surpression consiste à injecter de l'eau sous pression à travers un filtre. La filtration sous pression réduite utilise une pompe à vide à la sortie du filtre.

Le système de filtration est établi de six (06) filtres fermés horizontaux en acier au charbonne.

Les caractéristiques du système de filtration sont les suivantes :

- La surface du filtre sera :  $6 \times 16,09 \text{ (m}^2\text{)} = 96,54 \text{ (m}^2\text{)}$ .
- La vitesse du filtre sera :  $1325 \text{ (m}^3\text{/h)} = 13,72 \text{ (m}^2\text{/h)}$ .

Des buses de distribution d'eau sont placées dans toute la surface du filtre pour assurer une distribution correcte de l'eau, de l'air et de l'eau du rétro lavage, évitant ainsi l'apparition de chemins préférentiels entraînant une mauvaise qualité de l'eau filtrée.

Le système de lavage proposé avec de l'air et de l'eau permettra d'effectuer le rétro lavage avec une plus petite quantité d'eau. Une partie de l'eau filtrée sera utilisée pour le lavage à contre-courant des filtres à sable [4].

L'eau filtrée est directement raccordée à l'entrée du filtre de lavage arrière afin d'éviter l'installation d'un réservoir d'eau filtrée et d'un système de pompage à contre-courant. Un indicateur de débit, une vanne de régulation manuelle et une plaque à orifice sont installés dans le tuyau général de lavage arrière.

L'eau provenant des filtres à sable est recueillie dans un bassin souterrain en béton de 40 m<sup>3</sup> de capacité. Par la suite, elle est récupérée au clarificateur par une pompe submersible installé à mi-hauteur du bassin.

Au fond d'un bassin sera située une autre pompe submersible afin d'impulser les boues déposées dans ce bassin vers le réservoir de stockage des boues.

Les pompes submersibles sont protégées contre le fonctionnement à vide au moyen d'un interrupteur de niveau.

Les boues purgées provenant des clarificateurs et des boues de fond provenant de la fosse de récupération de lavage arrière sont stockées dans un réservoir de boues. À partir du réservoir du magasin de boues, les boues sont pompées directement dans le filtre à pression à travers les pompes péristaltiques. Ces pompes sont spécialement conçues pour transférer des liquides abrasifs avec une forte concentration de solides en suspension.

Ils sont composés d'un tube élastique, qui est le seul élément en contact avec le fluide ; un rotor avec deux (02) sabots symétriques qui obstruent le tube et le corps de la pompe.

Le tube à l'intérieur du corps de la pompe est comprimé par le piston, de sorte que lorsque le rotor tourne, une occlusion successive se produit. Le fluide est transféré dans la cavité entre les deux pistons et poussé à l'extérieur. Lorsque la pression contre le piston s'arrête, le tube revient immédiatement à sa forme d'origine, créant des conditions de vide et provoquant un tirage continu du fluide. Le corps de la pompe est partiellement rempli d'un lubrifiant qui facilite le glissement des pistons sur le tube et agit également comme un liquide de refroidissement [4].



# **Chapitre III : Matériel et Méthodes expérimentales**

### *III1 Introduction*

L'eau dont nous disposons dans la nature n'est pas directement utilisable pour l'industrie. La présence de nombreuses impuretés de différentes natures impose le traitement des eaux avant utilisation, pour les rendre aptes aux applications envisagées[19]. A travers cette description des procédés de traitement de l'eau sont employés dans le complexe (AQS) le lieu de réalisation de mon stage de fine étude. L'objectif principal de mon travail est d'analyser les paramètres physico-chimiques des eaux industriels destinées pour le de refroidissement.

### *III 2 .Consommation des eaux industrielle*

Le complexe est alimenté à partir du barrage Boussiaba avec un débit moyen de 1325 m<sup>3</sup>/h. Ce débit a été déterminé en fonction de la capacité de la station de traitement des eaux

- Usine de gaz industrielle (ASU) : 56 m<sup>3</sup>/h ;
- Unité de réduction directe (DRI) : 660 m<sup>3</sup>/h ;
- Trois laminoirs (RM) : 330m<sup>3</sup>/h ;
- Deux aciéries électrique (SMS) :330m<sup>3</sup>/h ;
- Production de l'eau potable : 5m<sup>3</sup>/h ;

Le débit total provenant du barrage Boussiaba est contrôlé par une vanne papillon à commande automatique en fonction de la mesure du transmetteur de débit électromagnétique. Une vanne de contrôle pour un système de by-pass est conçue pour la maintenance [4] (figure III-1).



**Figure III1** : La vanne de contrôle.

### ***III.3. Usine de Traitement des Eaux (WTP)***

Le système de traitement des eaux industrielles du complexe est composé des stations de traitement suivantes : une station spécifique de conditionnement et traitement des eaux de refroidissement pour chacune des unités du processus sidérurgique (réduction directe, aciérie et laminage). Les unités sont reliées à une station centralisée de traitement, pour l'ajustement final de la composition. Les stations sont conçues et disposant de technologies d'épuration nécessaires pour que la composition de l'effluent final soit strictement conforme aux valeurs limites applicables [4].

Le complexe a une capacité pleine et autonome de traitement de tous les types d'eaux usées générées et d'obtenir le niveau de qualité d'eau finale conforme aux réglementations environnementales [4].

### **III.4. L'unité générale de traitement d'eau (WTPG)**

C'est une station de traitement de l'eau brute, venant du barrage Boussiaba, avec une capacité de recevoir 1325 m<sup>3</sup> /h d'eau brute. L'objectif de ce traitement est d'obtenir une eau d'appoint [4].

Ce traitement consiste à un processus de traitement l'eau brute au niveau d'unité générale de traitement d'eau [4].

### ***III.5. Station de traitement l'eau potable***

A l'entrée du WTP, toute l'eau provenant du barrage subit le traitement expliqué précédemment. Seulement 5% du débit total est destiné à l'alimentation en eau potable (soit environ 66 m<sup>3</sup> /h). Donc après la filtration sur des filtres à sables, cette eau subit une filtration à charbon et une désinfection [4].

L'eau traitée destinée à l'alimentation en eau potable doit respecter les limites des paramètres physico-chimiques résumées en tableau III-1, selon la norme ISO de qualité d'eau potable.

**Tableau III1** : Normes ISO de qualité d'eau potable.

Paramètres	Valeurs maximaux
pH	6.5-9
Température (°C)	≤ 45
Vrai couleur (HU)	≤ 15
Solides total dissous (mg/l)	1000
Chlorure libre (mg/l)	1.5-2
Turbidité (NTU)	≤ 5
Dureté (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	500
Nitrate (mg NO <sub>3</sub> /l)	10
Ammoniac N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	1.5
Chlorure (mg/l Cl)	250
Fluorure (mg/l F)	0.6
Aluminium (mg/l)	0.2
Fer (mg/l)	0.3
Manganèse (mg/l)	0.1

### ***III6. Processus de traitement d'eau potable***

L'eau provenant de l'usine de traitement d'eau est filtrée dans un filtre à charbon activé afin de réduire les impuretés et les odeurs. Le filtre à charbon a une capacité de 400 litres de charbon activé pour traiter 5 m<sup>3</sup> /h d'eau.

Après le filtre à charbon, l'eau potable est stockée dans le réservoir d'eau potable puis est pompée aux utilisateurs. Il y a aussi un dosage d'hypochlorite de sodium pour ajuster le niveau de chlore aux besoins en eau [4].

### ***III7. Station de séparation de gaz (ASU)***

L'unité de séparation de gaz (ASU) raffinent l'air selon un procédé de séparation à basse température de distillation (-196 °C) qui permet la production de masse d'oxygène, d'azote et d'argon. L'eau qui pénètre dans la station sert à refroidir l'équipement [4]. Cette station a une capacité de recevoir l'eau de 56 m<sup>3</sup> /h à une qualité exigée par le constructeur du complexe. Ces valeurs sont représentées dans le tableau III. 2 suivants.

**Tableau III.2 :** Normes ISO de qualité d'eau d'unité ASU.

Paramètre	Unités	Normes
pH	-	7.5-8.5
Conductivité	$\mu\text{S/cm}$	4500
Matière en suspension (MES)	mg /l	<20
Huile et graisse	mg /l	-
La Dureté totale	mg/l $\text{CaCO}_3$	800
La Dureté calcique	mg/l $\text{CaCO}_3$	600
Alcalinité	mg/l $\text{CaCO}_3$	175
Chlorure	mg/l Cl	400
Sulfate	mg/l $\text{SO}_4$ --	750
Nitrate	mg/l $\text{NO}_3$	25
Dosage Chimique	mg/l	125
Silice	mg/l $\text{SiO}_2$	50
Fer total	mg/l Fe	0.5
Fer Dissous	mg/l Fe	-
Chlore libre	mg/l $\text{Cl}_2$	1
Manganèse	mg/l Mn	0.25
Phosphate total	mg/l $\text{PO}_4$	7.5
Phosphate ortho	mg/l $\text{PO}_4$	-
Bactérie total	$\text{N}^*10^6$	-
Turbidité	NTU	-
Concentration cycles	$\text{N}^\circ$	5
Indice de Ryznar ( $T^\circ=35^\circ\text{c}$ )	-	5.02
Indice Langelier ( $T^\circ=35^\circ\text{c}$ )	-	1.54

### ***III.8. Contrôle de qualité des eaux traitées***

Dans l'usine sidérurgique de Bellara AQS et au niveau d'unité générale de traitement des eaux il existe un laboratoire. Le rôle de ce laboratoire est de contrôler la qualité des eaux sidérurgique qui sert à la production.

Dans ce qui suit, nous présentons les résultats des paramètres physico-chimiques mesurés de l'eau depuis son entrée au complexe et la sortie.

#### **III.8.1. Préparation des solutions au niveau de la station WTPg**

Les produits (floculant, permanganate de potassium et chaux) sous forme de poudre sont dissouts dans l'eau traité automatiquement à l'aide d'un système de traitement au niveau de la station. Le tableau III.3 regroupe les caractéristiques physico-chimiques des produits utilisés au niveau de la station WTPg.

**Tableau III.3** : caractéristiques physico-chimiques des produits.

Nom de produits	Formule	Type	Masse molaire	Pureté	Forme
Hypochlorite de sodium	NaOCl	Désinfectant	74.44g/mol	13%	Liquide
Permanganate de potassium	KMnO <sub>4</sub>	Oxydant	158.04g/mol	6%	Poudre
Chlorure ferrique	FeCl <sub>3</sub>	Coagulant	162.2g/mol	39%	Liquide
Poly électrolyte anionique	–	Floculant	–	98%	Poudre
Acide sulfurique	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ajustant	98.079g/mol	38%	Liquide
Chaux	Ca (OH) <sub>2</sub>	Agent de décarbonatation	74.093g/mol	80%	Poudre

### III.2. Contrôle de qualité au niveau du laboratoire de la WTP

L'eau brute et les eaux industrielles utilisées pour le refroidissement ont subi un contrôle de qualité par mesure des propriétés physico-chimique selon la norme ISO. Les tests effectués et le mode opératoire sont détaillés ci-dessous.

#### III.2.1. Tests physico-chimiques

##### 1. Dosage du TH (le titre hydrotimétrique ou la dureté de l'eau)

###### ✓ Principe

Dosage de la dureté par une liqueur complexométrique, en présence d'indicateur noir éroichrome T ;

###### ✓ Réactifs

- Réactif TH<sub>5</sub>ou solution noir éroichrome T ;
- Réactif TH<sub>2</sub> ou Tampon K10 (chlorure d'ammonium et l'ammoniaque) ;
- Solution (0.02N) ;

**✓ Matériel**

- Un erlenmeyer d'essai de 100 ml ;

**✓ Mode opératoire**

- Introduire dans l'erlenmeyer 25 ml d'échantillon d'eau ;
- Ajouter 8 gouttes de réactif TH<sub>2</sub> ;
- Ajouter 5 gouttes de réactif TH<sub>5</sub> ;
- Si l'eau devient bleue, elle est adoucie le TH est de 0°F ;
- Si l'eau est violette, ajouter le réactif TH<sub>4</sub> goutte à goutte jusqu'au virage du bleu en comptant les gouttes ;

**✓ Calculs**

TH (ppm) = nombre de gouttes de réactif TH<sub>4</sub>\*40 ;



**Figure III.2 : Dosage du TH.**

**2. Dosage du TAC (le titre alcalimétrique complet)****✓ Principe**

Dosage de l'alcalinité par une liqueur complexométrique, en présence d'indicateur vert de bromocrésol.

**✓ Réactifs**

- Réactif TA<sub>4</sub> vert de bromocrésol ;
- HCl (0.02N) ;

**✓ Matériel**

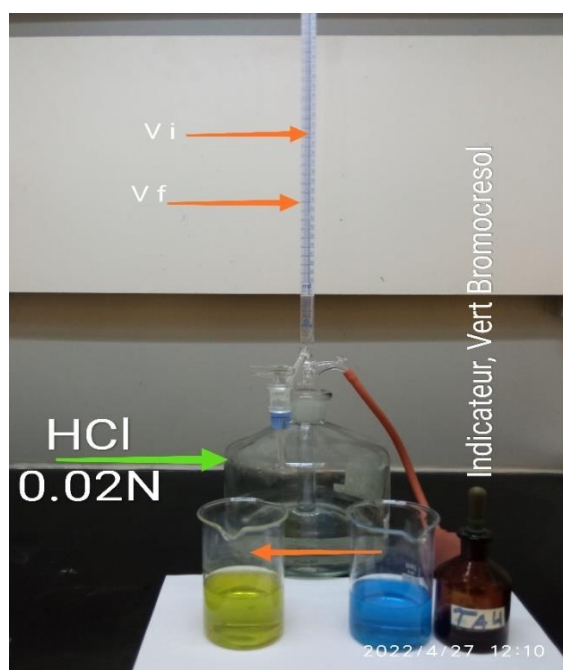
- Un erlenmeyer d'essai de 100ml ;

✓ **Mode opératoire**

- Introduire dans l'erenmeyer 100ml d'échantillon d'eau ;
- Ajouter 20gouttes de réactif TA<sub>4</sub> ;
- Si l'on est violette, ajouter le réactif HCl goutte à goutte jusqu'au virage au bleu en comptant les gouttes.

✓ **Calculs**

TAC (ppm) = nombre de gouttes de réactif HCl\*10 ;



**Figure III3** : dosage du TAC.

### 3. Dosage du chlorure

✓ **Principe**

Dosage du chlorure par une liqueur complexométrique, en présence d'indicateur chromate de potassium.

✓ **Réactifs**

- Réactif CC<sub>1</sub> chromate de potassium ;
- Réactif CC<sub>2</sub> nitrate d'argent ;

**✓ Matériel**

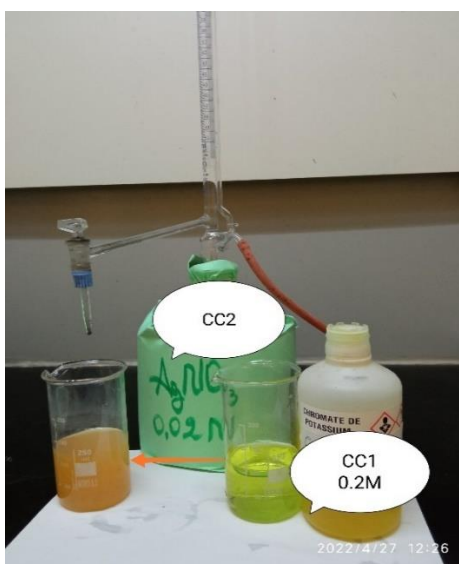
- Un erlenmeyer d'essai de 250ml ;

**✓ Mode opératoire**

- Introduire dans l'erlenmeyer 100ml d'échantillon d'eau ;
- Ajouter 20gouttes de réactif CC<sub>1</sub> ;
- Si l'on est jaune, ajouter le réactif CC<sub>2</sub> goutte à goutte jusqu'au virage au marron en comptant les gouttes.

**✓ Calculs**

Chlorure (ppm) = nombre de gouttes de réactif CC<sub>2</sub>\*7,1 .



**Figure III4** : dosage du chlorure.

**4. Dosage du TCa (Titre calcique TCa<sup>+2</sup>)****✓ Principe**

Dosage de la dureté calcique par une liqueur complexométrique, en présence d'indicateur Patton and Reeder's.

**✓ Réactifs**

- Réactif Patton and Reeder's ;
- NaOH(5ml) ;
- EDTA (0.01N) ;

**✓ Matériel**

- Un erlenmeyer d'essai de 500ml ;

**✓ Mode opératoire**

- Introduire dans l'erlenmeyer 100ml d'échantillon d'eau+300ml d'eau distillée ;
- Ajouter Patton and Reeder's petite quantité ;
- Ajouter 5ml de NaOH ;
- Si l'on est violette, ajouter le réactif EDTA (0.01) goutte à goutte jusqu'au virage au bleu en comptant les gouttes ;

**✓ Calculs**

$TCa \text{ (ppm)} = \text{nombre de gouttes de réactif EDTA} * 0.1002 ;$



**Figure III5 : Dosage du Tca.**

**5. Température**

Elle est mesurée directement et simultanément avec le pH à l'aide d'un pH-mètre. Les résultats sont exprimés en °C.

**6.PH**

Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre de type (HI 8424) avant chaque essai.



Figure III.6 : pH-mètre.

## 7. Conductivité

Elle est mesurée au moyen d'un conductimètre électrique de type (HI8733) donnant des mesures en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



Figure III.7 : Conductimètre.

## 8. Turbidité

Elle est mesurée à l'aide d'un turbidimètre de type (HI 98703). Les résultats sont exprimés en NTU.



Figure III 8 : Turbidimètre.

### 9. Autres paramètres

- Les nitrates, silice, sulfate chlore libre et le fer sont mesurés par les méthodes 265, 352, 110, 222 respectivement à l'aide d'un LOVIBOND de type (MD600) donnant des mesures en mg/L.



Figure III 9 : LOVIBOND de type (LD600).

#### ➤ Silice

##### • Principe

La silice et les phosphates réagissent avec l'ion molybdate en milieu acide pour produire des complexes jaunes d'acide silicomolybdique et phosphomolybdique.

L'addition d'acide citrique décompose préférentiellement le complexe du phosphate. La silice est alors déterminée en mesurant la coloration jaune restante.

- **Mode opératoire**

- Utiliser une verrerie très propre, rincée à l'eau ultra pure et bien séchée. ;
- Sur le spectrophotomètre choisir la méthode d'analyse pour la  $\text{SiO}_2$  gamme HR n° 352 ;
- Remplir une cuvette (diamètre 24mm), parfaitement propre et sèche, avec 10 ml de la solution à analyser ;
- Placer ensuite la cuvette dans la chambre de mesure et appuyer sur « ZERO » ;
- Sortir la cuvette de la chambre de mesure ;
- Ajouter un sachet de réactif poudre molybdate « Vario Silica HR Molybdate F10 » et agiter fortement jusqu'à dissolution complète ;
- Ajouter un sachet de réactif acide « Vario Silica HR Acid Rgt » et agiter fortement jusqu'à dissolution complète, Dans le cas de la présence de dioxyde de silicium ou de phosphate, il se formera une coloration jaune ;
- Attendre 10 minutes ;
- Lorsque le minuteur sonne, ajouter un sachet d'acide citrique « VarioSilicaCitric Acid F10 » et bien mélanger, Une couleur jaune générée par le phosphate s'éliminera par cette étape de travail ;
- Introduire la cuve d'échantillon à analyser et appuyer sur " TEST " - Attendre pendant un temps de réaction de 2 minutes ;
- La mesure s'effectue automatiquement après l'expiration du temps ;

➤ **Fer**

- **Principe**

La présence du fer dans l'eau est soit d'origine naturelle, soit due à la corrosion des canalisations de distribution en fonte ou en acier. Il est soluble à l'état d'ion ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) et insoluble à l'état d'ion ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Cette méthode permet la détermination de toutes les formes de fer dissous et la plupart des formes de fer non dissous.

- **Mode opératoire**

Méthode 222 sur le spectrophotomètre

- Remplir une cuvette (diamètre 24mm), parfaitement propre et sèche, avec 10 ml de la solution à analyser ;
- Placer ensuite la cuvette dans la chambre de mesure et appuyer sur « ZERO » ;
- Sortir la cuvette de la chambre de mesure ;
- Ajouter le contenu d'un sachet de poudre de « Vario Ferro F10 » directement dans la cuvette ;
- Refermer la cuvette avec le couvercle et mélanger le contenu en agitant : La précision ne sera pas affectée par de la poudre non dissoute ;
- Placer la cuvette dans la chambre de mesure ;
- Appuyer sur la touche « TEST » ;
- Attendre 3 minutes de temps de réaction : La mesure s'effectue automatiquement après écoulement de ce temps ;

➤ **Nitrates**

- **Principe**

Cette méthode repose sur l'utilisation de l'acide chromotropique qui réagit avec les N et colore la solution en rose orangé.

- **Matériel et/ou réactif**

- Réactif en poudre VARIO Nitrate chromotropique ;
- Cuvette de réactif A ;
- Appareil LOVIBOND MD 600 (méthode 265) ;

- **Mode opératoire**

Méthode 265 sur le LEVIBOND

- Mettre en place l'adaptateur pour les cuvettes circulaires de diamètres 16 mm ;
- Ouvrir une cuvette de réactif (réactif A) à couvercle blanc, la remplir avec 1 mL d'échantillon et bien fermer le couvercle de la cuvette ;
- Mettre la cuvette dans la chambre de mesure ;
- Appuyer sur la touche ZERO ;
- Retirer la cuvette de la chambre de mesure ;
- Ajouter le contenu d'un sachet de poudre Vario Nitrate Chromotropique directement dans la cuvette ;

- Bien refermer la cuvette avec le couvercle et mélanger le contenu en agitant avec précaution (10fois) :il se peut qu'une petite quantité de matière solide ne se dissolve pas ;
- Mettre la cuvette dans la chambre de mesure ;
- Appuyer sur la touche TEST ;
- Attendre un temps de réaction de 5minutes : la mesure s'effectue automatiquement après écoulement du temps de réaction ;

# **Chapitre IV : Résultats et discussions**

## IV.1. Introduction

Les paramètres physico-chimiques étudiés pour l'analyse de l'eau brute de la station Raw water) et l'eau industrielle de la station Mack up water sont : le pH, la conductivité, la turbidité, (TAC), teneur en fer et silice.

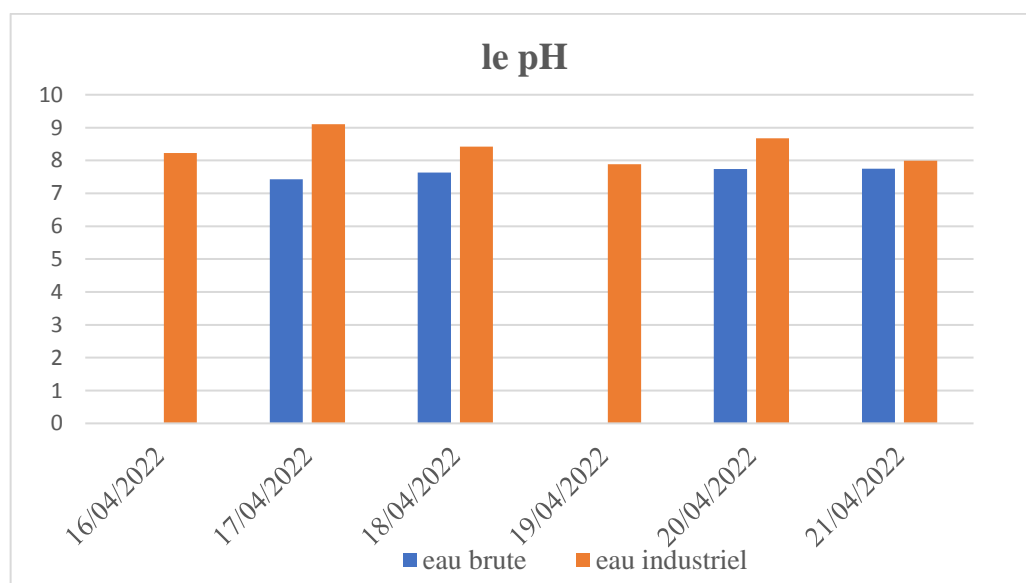
Nous avons suivi ces analyses pendant un mois et l'exploitation des résultats a été effectué pour la période allant du 16 avril au 21 avril, et voici les résultats obtenus.

## IV.2. Le pH

Les résultats des analyses de pH sont présentés dans le tableau IV.1 et la figure IV.1 illustre les histogrammes représentatifs de l'évaluation de la valeur de pH.

**Tableau IV.1 : Les résultats du paramètre pH**

	16/04/2022	17/04/2022	18/04/2022	19/04/2022	20/04/2022	21/04/2022
L'eau brute		7.43	7.63		7.74	7.75
Eau industrielle	8.23	9.10	8.42	7.89	7.89	7.99



**Figure IV.1 : Histogramme représentatif des valeurs de pH.**

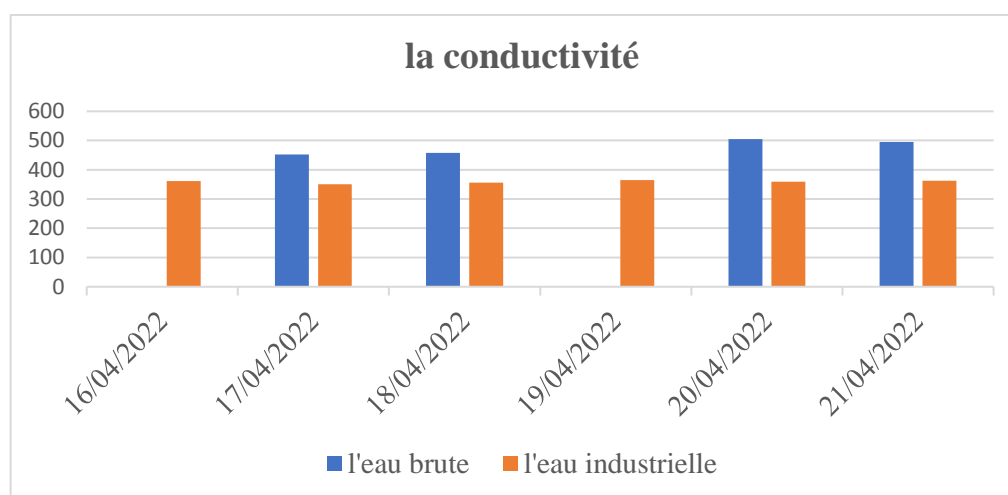
Nous notons que les valeurs de pH de l'eau brute varient entre 7,43 et 7,75 pendant la semaine allant du 16/04/2022 au 21/04/2022. Par contre, l'eau industrielle les valeurs de pH varient entre 7 et 9. Ces résultats sont conformes aux normes exigences.

### IV.3. La conductivité

Avec un conductimètre on a calculé la conductivité des différents prélèvements. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau IV.2 et la figure IV.2 illustre les histogrammes représentatifs de l'évaluation de la valeur de la conductivité.

**Tableau IV.2 : Les résultats du paramètre de conductivité.**

	16/04/2022	17/04/2022	18/04/2022	19/04/2022	20/04/2022	21/04/2022
Eau brute		452	458		505	495
Eau industrielle	362	350	356	365	359	363



**Figure IV.2 : Histogramme représentatif des valeurs de la conductivité.**

Nous observons que les valeurs de conductivité de l'eau brute varient entre 452  $\mu\text{s/m}$  et 505  $\mu\text{s/m}$  pendant la période d'étude. Par contre, pour l'eau industrielle, les valeurs de conductivité varient entre 350  $\mu\text{s/m}$  et 365  $\mu\text{s/m}$ .

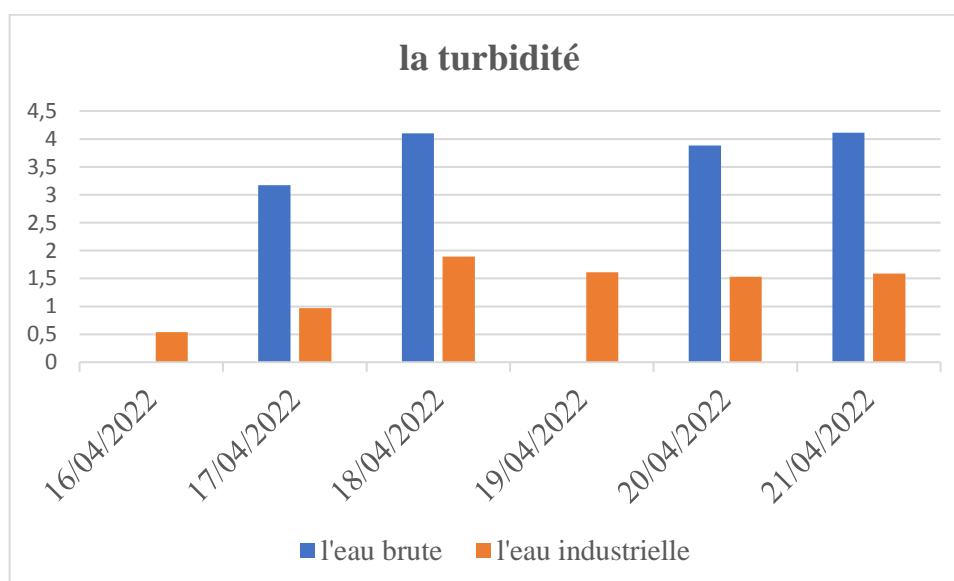
Les résultats sont conformes aux normes exigées.

#### IV.4. La turbidité

Avec un Turbidité mètre, on a calculé la turbidité des différents prélèvements qui note dans le tableau IV.3 et la figure IV.3 illustre les histogrammes représentatifs de l'évaluation de la valeur de la turbidité.

**Tableau IV.3 : Les résultats du paramètre la turbidité.**

	16/04/2022	17/04/2022	18/04/2022	19/04/2022	20/04/2022	21/04/2022
Eau brute		3.17	4.10		3.88	4.11
Eau industrielle	0.54	0.97	1.89	1.61	1.53	1.59



**Figure IV.3 : Histogramme représentatif des valeurs de la turbidité.**

Nous notons que les valeurs de turbidité dans l'eau brute varient entre 3.17 et 4.11 pendant la semaine allant du 16/04/2022 au 21/04/2022. Par contre, l'eau industrielle leurs valeurs de turbidité varient entre 0,54 et 1.89.

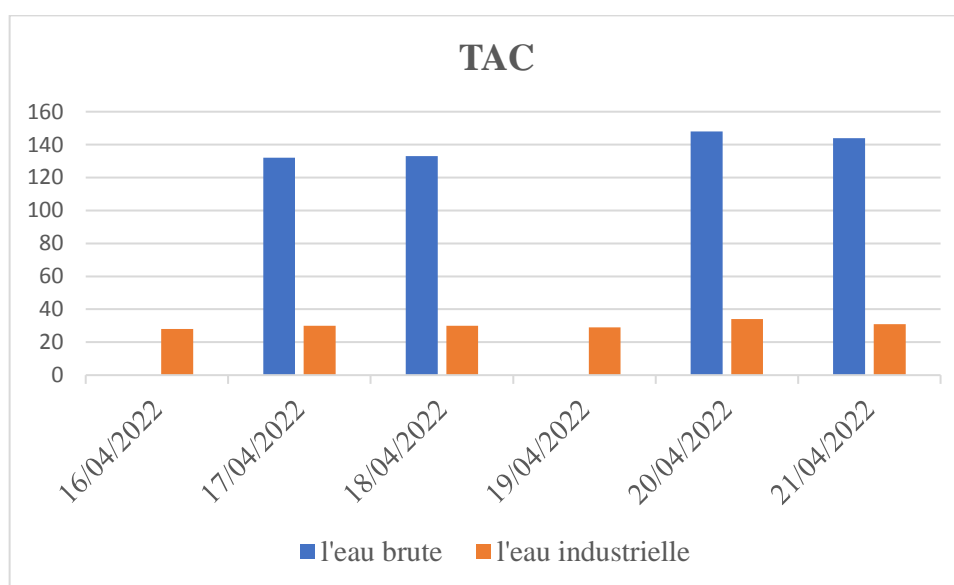
Les résultats sont conformes aux normes exigées.

## IV.5. TAC

Les résultats des analyses de TAC sont présentés dans le tableau IV.4 et la figure IV.4 illustre les histogrammes représentatifs de l'évaluation de la valeur de TAC.

**Tableau IV.4 :** Les résultats du paramètre TAC.

	16/04/2022	17/04/2022	18/04/2022	19/04/2022	20/04/2022	21/04/2022
Eau brute		132	133		148	144
Eau industrielle	28	30	30	29	34	31



**Figure IV.4 :** Histogrammes représentatifs des valeurs de TAC.

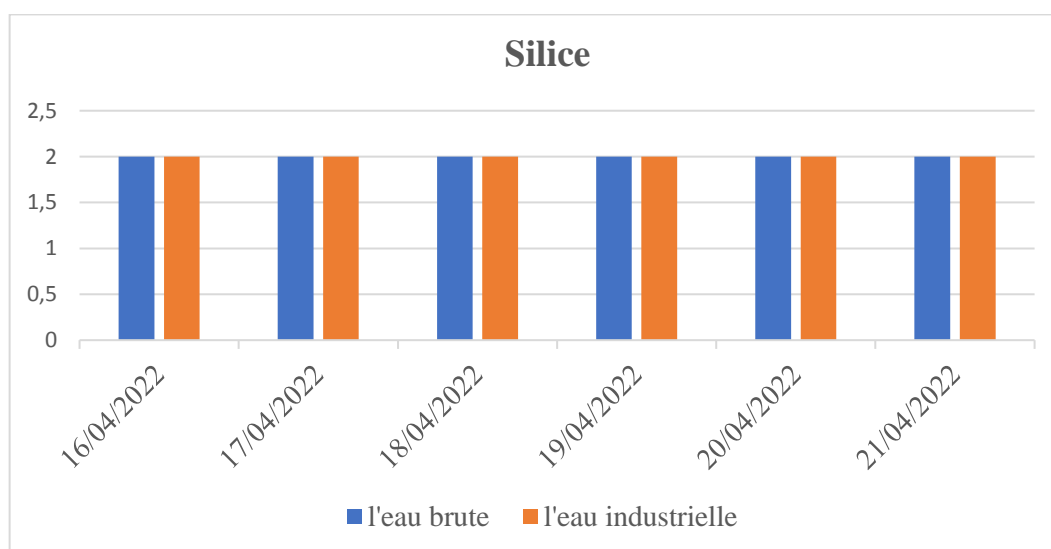
Nous notons que les valeurs de TAC de l'eau brute varient entre 132 et 144 mg/l pendant la semaine allant du 16/04/2022 au 21/04/2022. Par contre, l'eau industrielle les valeurs de TAC varient entre 28 et 34 mg/l. Les résultats sont conformes aux normes exigées.

## IV.6. Silice

Les résultats des analyses de silice sont présentés dans le tableau IV.5 et la figure IV.5 illustre les histogrammes représentatifs de l'évaluation de la valeur de silice.

**Tableau IV.5 : Les résultats du paramètre de silice.**

	16/04/2022	17/04/2022	18/04/2022	19/04/2022	20/04/2022	21/04/2022
Eau brute	2	2	2	2	2	2
Eau industrielle	2	2	2	2	2	2



**Figure IV.5 : Histogramme représentatif des valeurs de Silice.**

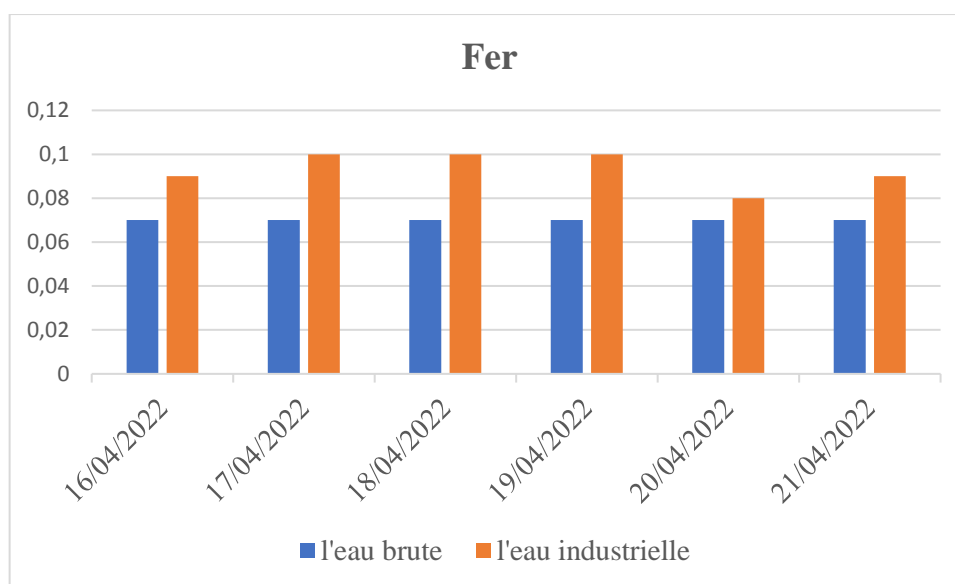
Nous notons que les valeurs de silice de l'eau brute et l'eau industrielle sont de 2 mg/l pendant la semaine allant du 16/04/2022 au 21/04/2022. Les valeurs de silice mesurées sont conformes aux normes exigées.

## IV.7. Fer

Les résultats des analyses de fer sont présentés dans le tableau IV.6 et la figure IV.6 illustre les histogrammes représentatifs de l'évaluation de la valeur de fer.

**Tableau IV.6 : Les résultats du paramètre de fer**

	16/04/2022	17/04/2022	18/04/2022	19/04/2022	20/04/2022	21/04/2022
Eau brute	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Eau industrielle	0.09	0.10	0.10	0.10	0.08	0.09

**Figure IV.6 : Histogramme représentatif des valeurs de Fer.**

Nous remarquons que les valeurs de fer dans l'eau brute varient entre 0,07 mg/l pendant la semaine allant du 16/04/2022 à 21/04/2022. Par contre, l'eau industrielle leurs valeurs de fer sont 0.08et 0.10 mg/l.

Ces valeurs obtenues sont conformes aux normes exigées.

# **Conclusion**

### Conclusion

L'eau est une ressource environnementale et un bien collectif. Sa contribution au développement d'une société est si indispensable qu'on s'accorde à dire qu'il n'y a pas de vie sans eau. Donc, l'eau c'est la vie. Mais nous devons savoir quelle est cette eau qui donne la vie. Si cette eau n'est pas bonne, elle donne le contraire de la vie.

Le complexe étant une usine de production d'acier il a certainement besoin d'eau. Actuellement l'approvisionnement en eau du complexe sidérurgique est assuré par les eaux de surface du barrage de Boussiaba. Cette eau brute, avant son utilisation, va subir un traitement de conditionnement afin qu'il réponde à des normes fixées par le constructeur du complexe (en fonction de l'utilisation de cette eau et la composition des machines de production de fer).

Le processus de traitement est simple, une coagulation, décarbonatation, désinfection, floculation et filtration.

Tout le système de traitement des eaux du complexe est doté d'un système de contrôle automatique télé-géré.

Les eaux de rejets sont épurées avant d'être rejeté dans la nature.

Durant mon stage au complexe, on a suivi la qualité des eaux brutes et industrielles par un contrôle de qualité des paramètres physico-chimiques. Les résultats obtenus ont montré que le système de traitement mis en place est efficace. La qualité des eaux répond aux normes exigées.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

- [1] : **Mimoune** Farah. « La gestion de l'eau dans le complexe sidérurgique Bellara willaya de Jijel », mémoire de fin d'étude, Université Mohammed Seddik Ben Yahia-jijel,2020-2021.
- [2] : Saidani Sabrina et Bensid thefase, « contrôle de la qualité des eaux d'alimentation des chaudières industrielles cas de CEVITAL », mémoire de fin d'étude, université A. MIRA-Bejaia ,2018-2019.
- [3] :[WWW.aqs.dz](http://WWW.aqs.dz).
- [4] : **AQS**, « Document Interne de l'entreprise AQS »,2017.
- [5] :M BELHADJ, « Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la willaya de Skikda », Thèse de doctorat, université Mohamed khider Biskra,2017.
- [6] :<https://www.techniques-ingenieur.fr>
- [7] :H BEN CHEHBA et al, « Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources dans les localités de Miliana (Ain Defla) et Ain Deheb (Tiaret) », Mémoire de master, Université Abdelhamid ben Badis-Mostaganem,2017.
- [8] : Montginoul, « Les eaux alternatives à l'eau du réseau d'eau potable pour les ménages : un état des lieux » Ingénieries-EAT, no. 45,2006.
- [9] : A. Bousnobra et F. Boudib, « Influence de la qualité d'eau sur les circuits de refroidissement au niveau de l'ACO2 », Mémoire de fin d'études, Département de chimie Université Badji Mokhtar-Annaba, 2000.
- [10] : **M. A. Kouassi, E. K. Ahoussi, B. Y. Koffi, Y. A. Ake, and J. Biemi**, « Caractérisation hydrogéochimique des eaux des aquifères fissurés de la zone Guiglo-Duekoué (Ouest de la Côte d'Ivoire) », Int. J. Biol. Chem. Sci., vol. 6, no. 1, pp. 504–518, 2012.
- [11]: **MOUCHET, Pierre**, «Treatment of waters before use. Processes and applications, Traitement des eaux avant utilisation. Filières et applications Techniques de l'ingénieur. Environnement », 2006, 1.
- [12] : <https://cpepese.org/6-nature-et-pollutions/2-eaux-et-milieux-aquatiques-sources-de-pollutions-et-atteintes/2-qualite-des-eaux-pollutions-etat-des-cours-d'eau/2-bonne-qualite-pollution-des-eaux/parametres-physiques-et-chimiques-de-leau-indicateurs-des-pollutions/les-differents-parametres-physiques-et-chimiques-des-eaux-et-commentaires>.

## Références bibliographiques

---

[13] : Manuel opératoire water traitement générale.

[14] : KEZZOULA Chahra, « SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX DE LA ZONE-EST DU COMPLEXE SIDERURGIQUE D'EL-HADJAR, -ANNABA », MOKHTAR BADJI UNI.

### Résumé

Ce travail est le fruit d'un stage d'un mois au sein de la société nommé « Algerian Qatari Steel ». Cette société a été créée en décembre 2013 et résulte d'un partenariat d'investissement entre l'Algérie et Qatar. L'AQS opère dans la zone industrielle de Bellara dans la commune d'El Milia (wilaya Jijel). Les produits finis de l'industrie sidérurgique sont : le rond à béton et le fil machine. L'utilisation de l'eau dans cette industrie est principalement pour le refroidissement des machines de production. Les besoins en eau sont satisfaits par les eaux superficielles du Barrage de Boussiaba. Une qualité spécifique est exigée, pour cela, un traitement est indispensable. Un suivi de paramètres physico-chimiques des eaux brutes et industrielles a été effectué durant mon stage. Les résultats obtenus montrent que la qualité des eaux analysées est conforme aux normes exigées par le constructeur du complexe sidérurgique.

### Abstract

This work is the result of a month internship at the company called "Algerian Qatari Steel". This company was created in December 2013 and is the result of an investment partnership between Algeria and Qatar. AQS operates in the industrial zone of Bellara in the municipality of El Milia (wilaya Jijel). The end products of the steel industry are: béton round and wire rod. The use of water in this industry is primarily for cooling production machinery. The water needs are met by surface water from the Boussiaba Dam. A specific quality is required. For this, treatment is essential. The physicochemical parameters of raw water and make-up water were monitored. The results obtained show that the quality of the water analyzed complies with the standards required by the manufacturer of the steel complex.

### المخلص

هذا العمل هو نتيجة تدريب لمدة شهر واحد في شركة تسمى "الجزائرية القطرية للصلب". تم إنشاء هذه الشركة في ديسمبر 2013 وهي نتيجة شراكة استثمارية بين الجزائر وقطر. تم انشاءها في المنطقة الصناعية بلارة في بلدية الميلية (ولاية جيجل). المنتجات النهائية لصناعة الصلب هي: حديد الاسمنت المسلح دائري وقضيب سلكي. إن استخدام المياه في هذه الصناعة هو في المقام الاول لتبريد آلات الانتاج. يتم تلبية الاحتياجات المائية من المياه السطحية من سد بوسياية. المعالجة ضرورية لهذه المياه لضمان الجودة المطلوبة في الانتاج. تم رصد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء الخامة والمياه الصناعية لمدة أسبوع. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن جودة المياه التي تم تحليلها تتوافق مع المعايير المطلوبة من قبل الشركة المصنعة لمجمع الصلب

