



Faculté : Technologie.

Département : Génie des Procédés.

Domaine : Sciences et Technologies.

Filière : Génie des Procédés.

Spécialité : Génie des Procédés de l'Environnement.

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème :

Contrôle de la Qualité des Eaux du Complexe Sidérurgique d'El-Hadjar

Présenté par : *DJEDID Hazar.*

BOUGUERCH Ahlem.

Encadrant : *Lahmar.A*

MAB

Université Badji Mokhtar

Jury de Soutenance :

KHEROUF	MAB	Université Badji Mokhtar	Président
LAHMAR	MAB	Université Badji Mokhtar	Encadrant
BECHIRI	Professeur	Université Badji Mokhtar	Examineur

Remerciements

Avant tout développement sur ce travail, il semble approprié de commencer par des remerciements à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

*Nos vifs remerciements vont d'abord à tous les travailleurs du groupe **Complexe sidérurgique d'El-Hadjar**, pour nous avoir chaleureusement accueillies.*

*On tient à remercier notre encadrant **M^{me} Amina LAHMAR**, on vous remercie pour votre estimable participation dans l'élaboration de ce travail.*

On adresse évidemment nos sincères remerciements à tous les membres du jury qui nous ont fait l'honneur de participer à l'évaluation de ce travail. On est certain de pouvoir compter sur leurs vastes connaissances et leur esprit critique constructif.

*On tient enfin à remercier **NOS PARENTS** et nos familles respectives pour leur soutien, patience et présence durant cette année stressante.*

Dédicaces

Je dédie ce travail

*A mes chers parents **NASSIMA** et **ABDESLEM***

Je serais toujours reconnaissante pour tous ce que vous faites pour moi et je vous remercie pour tout votre soutien que j'espère m'accompagnera toute ma vie.

Que dieu vous protège et vous accorde la santé et le bonheur.

*A ma sœur et mon frère **HOUDA** et **HANI***

A mes chères amies qui m'ont toujours encouragé :

AMIRA** et **AHLEM

RACHA** et **SARAH

*Et bien sûr ma sœur d'une autre mère : **LINA***

Hazar

Dédicaces

*A mes **chers parents**, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.*

A mes chères sœurs, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral :

Basma, Djomana, Anahid et Sadjia

*A mes chers frères, pour leur appui et leur encouragement : **Walid, Oussama, Raouf***

*À mes nièces : **Àlpe Areslan et Sarah***

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible.

Merci d'être toujours là pour moi.

Ahlem

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS

DEDICACES

RESUME V

Liste des abréviations VIII

Liste des figuresIX

Liste des tableauxXI

INTRODUCTION GENERALE..... 1

Chapitre I : Présentation du complexe Sidérurgique El-Hadjar

I.1. Introduction..... 3

I.2. Historique du complexe sidérurgique El-Hadjar 3

I.3. Situation géographique du complexe 4

I.4. Les différentes unités à SIDER..... 5

I.5. Principales activités du complexe 5

I.6. La division fluide (FLU) 6

I.6.1. Organisation de la division Fluide 7

I.7. Projet de l'usine à eau N°01..... 7

I.8. Les différents types d'eau à la division fluide de SIDER El-Hadjar 8

I.8.1. Eau Brute.....	8
I.8.2. Eau Industrielle	8
I.8.3.Eau déminéralisée	8
I.9. Caractéristiques des eaux analysées.....	9
I.9.1. Caractéristiques de l'eau brute	9
I.9.2. Caractéristiques de l'eau industrielle	9
I.10. Les laboratoires d'analyses à SIDER.....	10
I.10.1. Laboratoire des Huiles	10
I.10.2. Laboratoire de Spectroscopie (ou Analyses Spéciales).....	10
I.10.3. Laboratoire de Matières premières.....	10
I.10.4. Laboratoire des Eaux.....	10
I.11. Conclusion	10

Chapitre II : Processus de traitement des eaux à SIDER

II.1. Introduction	12
II.2. Processus de traitement de l'eau brute	12
II.2.1. Arrivée de l'eau dans le brise charge	12
II.2.1.1. Coagulant	12
II.2.1.2. Flocculant.....	13
II.2.1.3 Décarbonatation à la chaux éteinte.....	13
II.2.2. La décantation	13
II.2.3. La filtration sur sable	14
II.2.4. Séparation membranaire	16
II.2.4.1. Définition d'une membrane	16

II.2.4.2. Types de systèmes membranaires	17
II.2.4.3. Procèdes membranaires à gradient de pression.....	18
II.2.4.4. Procédés membranaires au complexe sidérurgique d'El-Hadjar	20
II.2.4.4.1.L'Ultrafiltration	20
II.2.4.4.2.L'Osmose Inverse.....	22
II.2.5. Système de traitement des eaux VEOLIA-OTV.....	22
II.3. Conclusion	23

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Introduction	25
III.2. Paramètres physico-chimiques analysées.....	25
III.2.1. Titre Hydrotimétrique TH	25
III.2.2. Titre calcique TCa^{2+}	26
III.2.3. Teneur en Magnésium TMg^{2+}	26
III.2.4. Titre Alcalimétrique TA	26
III.2.5. Titre Alcalimétrique Complet TAC.....	27
III.2.6. Teneur en Chlorure Cl^-	27
III.2.7. Le potentiel Hydrogène pH	28
III.2.8. Matières en suspension MES.....	29
III.2.9. Conductivité, Sels Dissous Totaux (TDS) et Température	29
III.4. Conclusion.....	30

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1. Introduction	32
IV.2. Titre calcique $T_{Ca^{2+}}$	32
IV.3. Teneur en Magnésium $T_{Mg^{2+}}$	34
IV.4. Titre Hydrotimétrique TH	35
IV.5. Titre Alcalimétrique TA	37
IV.6. Titre Alcalimétrique Complet TAC	38
IV.7. Teneur en Chlorure Cl^-	40
IV.8. Le potentiel hydrogène pH	41
IV.9. Matières en suspension (MES)	43
IV.10. Sels Dissous Totaux (TDS)	44
IV.11. Température	45
IV.12. Conductivité	47
IV.13. Conclusion	48
CONCLUSION GENERALE	52
PERSPECTIVES	52
ANNEXE	XII

RESUME

L'objectif de notre travail est de suivre le processus de traitement de l'eau brute et d'évaluer la qualité de l'eau industrielle produite par la division fluide du complexe sidérurgique d'El-Hadjar. Cette eau est employée pour le nettoyage des surfaces, la préparation de rinçages, dans les tours de refroidissements... etc.

Pendant notre stage de 15 jours, nous avons pu suivre le processus du traitement qui se résume en : l'arrivée de l'eau de la station d'ADE, l'injection des produits chimiques dans le brise charge, la décantation et la filtration sur sable. Après ces étapes, le laboratoire des eaux de SIDER effectue un prélèvement quotidien de l'eau pour analyser les paramètres nécessaires : TH, T_{Ca}^{2+} , T_{Mg}^{2+} , chlorure, TA, TAC, pH, MES, TDS, conductivité et température.

Les résultats obtenus ne sont pas conformes aux normes fournis par la division fluide, en concernant le problème de taux des MES élevé nous avons proposé une éventuelle solution.

Mots clés : eau brute, eau industrielle, SIDER, processus du traitement, control qualité.

ABSTRACT

The aim of our work is to monitor the raw water treatment process and assess the quality of the industrial water produced by the fluid division of the El-Hadjar steel complex. This water is used for cleaning surfaces, preparing rinses, in cooling towers, etc.

During our 15-day internship, we were able to follow the treatment process, which can be summed up as follows: water intake from the ADE station, injection of chemicals into the charge breaker, decantation and sand filtration. After these steps, the SIDER water laboratory takes a daily sample of the water to analyze the necessary parameters: TH, T_{Ca}^{2+} , T_{Mg}^{2+} , chloride, TA, TAC, pH, TSS, TDS, conductivity and temperature.

The results obtained do not comply with the standards supplied by the fluid division, and a possible solution has been proposed for the problem of high TSS levels.

Keywords: raw water, industrial water, water treatment process, quality control.

ملخص

الهدف من عملنا هو مراقبة عملية معالجة المياه الخام وتقييم جودة المياه الصناعية التي ينتجها قسم السوائل في مجمع الحجار للصلب. تُستخدم هذه المياه في تنظيف الأسطح وإعداد الشطف وفي أبراج التبريد وما إلى ذلك.

خلال دورتنا التدريبية التي استمرت 15 يوماً، تمكنا من متابعة عملية المعالجة التي يمكن تلخيصها على النحو التالي: وصول المياه من محطة ADE، وحقن المواد الكيميائية في قاطع الحمولة، والصب والترشيح بالرمل. بعد هذه المراحل، يأخذ مختبر المياه SIDER عينة يومية من المياه لتحليل المعلمات الضرورية: TH ، $T_{Ca^{2+}}$ ، $T_{Mg^{2+}}$ ، كلوريد، TA ، TAC ، TAC ، الأس الهيدروجيني، TSS ، TDS ، الموصلية ودرجة الحرارة.

والنتائج التي تم الحصول عليها لا تتوافق مع المعايير المقدمة من قسم السوائل، وقد تم اقتراح حل ممكن لمشكلة ارتفاع مستويات TSS .

الكلمات المفتاحية : المياه الخام، المياه الصناعية، عملية معالجة المياه، مراقبة الجودة.

LISTE DES ABRIVIATIONS

UMF	Ultrafiltration à Membranes Fibres creuses
MF	Microfiltration
UF	Ultrafiltration
NF	Nanofiltration
OI	Osmose Inverse
RO	Reverse Osmosis
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
TH	Titre Hydrotimétrique ou dureté de l'eau
T_{Ca}²⁺	Titre Calcique
T_{Mg}²⁺	Teneur en magnésium
TA	Titre Alcalimétrique
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
EDTA	Ethylenediaminetetraacetic acid
pH	Potentiel Hydrogène
MES	Matières en Suspension
TDS	Total Dissolved Solids (Sels Dissous Totaux)
TSS	Total Suspended Solids

LISTE DES FIGURES

Figure I.01. Image satellite du complexe sidérurgique El-Hadjar	4
Figure I.02. Organisation de la division des fluides	7
Figure II.01. Le brise charge	13
Figure II.02. Le décanteur utilisé à la division Fluide, SIDER El-Hadjar	14
Figure II.03. Décanteur à fond conique	14
Figure II.04. Le sable utilisé pour l'étape de filtration à SIDER	15
Figure II.05. Les crépines	15
Figure II.06. Le bassin des filtres à sable	15
Figure II.07. Représentation schématique d'un procédé de séparation membranaire tangentielle ...	16
Figure II.08. Système de filtration membranaire sous pression, configuration multi-étagée	17
Figure II.09. Système de filtration membranaire sous pression, configuration avec recirculation .	17
Figure II.10. Système a membranes immergées	18
Figure II.11. Echelle de tailles des pores des membranes a filtration	20
Figure II.12. L'installation d'ultrafiltration à SIDER	21
Figure II.13. L'intérieure d'une membrane d'ultrafiltration	21
Figure II.14. L'installation d'Osmose Inverse à SIDER	22
Figure III.03. Le pH mètre inoLab®	28
Figure III.04. Le spectrophotomètre « spectro HDr 5000 »	29
Figure III.05. Le conductimètre Consort	30
Figure IV.01. Représentation graphique du suivi du $T_{Ca^{2+}}$ pendant 14 jours	34

Figure IV.02. Représentation graphique du suivi du $T_{Mg^{2+}}$ pendant 14 jours	35
Figure IV.03. Représentation graphique du suivi du TH pendant 14 jours	37
Figure IV.04. Représentation graphique du suivi du TA pendant 14 jours	38
Figure IV.05. Représentation graphique du suivi du TAC pendant 14 jours	40
Figure IV.06. Représentation graphique du suivi de la teneur en chlorure pendant 14 jours	41
Figure IV.07. Représentation graphique du suivi du pH pendant 14 jours	43
Figure IV.08. Représentation graphique du suivi des MES pendant 14 jours	44
Figure IV.09. Représentation graphique du suivi des TDS pendant 14 jours	45
Figure IV.10. Représentation graphique du suivi de la température pendant 14 jours	47
Figure IV.10. Représentation graphique du suivi de la conductivité pendant 14 jours	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.01. Les principales activités du complexe sidérurgique El-Hadjar	6
Tableau I.02. Les caractéristiques de l'eau brute	9
Tableau I.03. Les caractéristiques de l'eau industrielle	9
Tableau III.01. La dureté de l'eau	26
Tableau IV.01. Les résultats d'analyses du T_{Ca}^{2+}	33
Tableau IV.02. Les résultats d'analyses du T_{Mg}^{2+}	35
Tableau IV.03. Les résultats d'analyses du TH	36
Tableau IV.04. Les résultats d'analyses du TA	38
Tableau IV.05. Les résultats d'analyses du TAC	39
Tableau IV.06. Les résultats d'analyses du Cl^{-}	41
Tableau IV.07. Les résultats de la mesure du pH	42
Tableau IV.08. Les résultats d'analyses des MES	44
Tableau IV.09. Les résultats d'analyses des TDS.....	45
Tableau IV.10. Les résultats de la mesure de température	46
Tableau IV.11. Les résultats de mesure de la conductivité	48

INTRODUCTION

GENERALE

L'eau a toujours été un partenaire essentiel dans le développement industriel en raison de ses propriétés physiques et chimiques uniques. En tant que solvant universel, elle participe à une multitude de processus industriels, allant du refroidissement des machines à la transformation des matières premières. Sa capacité à dissoudre un grand nombre de substances et à transporter des composés chimiques en fait un élément incontournable pour le bon fonctionnement des industries, notamment dans les secteurs de la sidérurgie, de la chimie, de la production d'énergie et bien d'autres.

Cependant, les ressources en eau disponibles dans la nature ne répondent pas toujours aux exigences strictes de ces processus industriels et donc, un traitement préalable est souvent nécessaire pour adapter ses caractéristiques aux besoins spécifiques de chaque application industrielle. Ce traitement de l'eau peut inclure une variété de procédés tels que la filtration, la déminéralisation, l'adoucissement, la désinfection, la nanofiltration... etc. Ces techniques permettent de purifier l'eau, de contrôler sa composition chimique et d'éliminer les particules et contaminants indésirables.

Dans notre cas dans l'industrie sidérurgique, l'eau est utilisée pour le refroidissement des hauts fourneaux, le lavage des gaz de combustion, et comme composant essentiel dans les procédés de production et de transformation des métaux. Une eau de mauvaise qualité pourrait provoquer la corrosion, des dépôts de calcaire et d'autres problèmes techniques impactant directement la performance des installations. Pour suivre la qualité des eaux produites, une série des analyses est effectué au sein du laboratoire des eaux à SIDER.

Le but de ce travail est de suivre la qualité de l'eau produite par la Zone Est du complexe sidérurgique d'El-Hadjar. Dans ce sens, la rédaction de ce travail s'est regroupée en quatre chapitres : le premier chapitre consiste à présenter, d'abord, le complexe sidérurgique d'El-Hadjar, ensuite le deuxième chapitre, détaillant le processus du traitement des eaux, suivi par un chapitre III dédié aux matériels et méthodes du suivi de la qualité des eaux et un chapitre IV, consacré aux résultats obtenues et l'interprétation de ces dernières, enfin une conclusion générale et une perspective d'amélioration sont élaboré.

Chapitre I

Présentation du complexe Sidérurgique

El-Hadjar

I.1. Introduction

Le complexe sidérurgique d'El-Hadjar occupe une place prépondérante au sein de l'industrie sidérurgique en Afrique, et au niveau national, il est l'une des entreprises majeures de l'Est algérien.

Au cours de ce chapitre, nous aborderons l'historique du complexe, sa localisation géographique, les différents laboratoires d'analyses... etc.

I.2. Historique du complexe sidérurgique El-Hadjar

La Société nationale de sidérurgie (SNC) a été établie en 1964 pour créer le complexe d'El Hadjar, qui a été officiellement inauguré le 19 juin 1969 à Sidi Amar, Annaba. Ce complexe a commencé sa production après son inauguration par le président algérien Houari Boumediène. La SNC regroupe les filiales de SIDER spécialisées dans la sidérurgie de base, telles que : Alfamid, Almain, Gessit, Iman, Amm, Comersid, Alfatub, Cryosid, Coprosid et Fersid.

En 1995, le Groupe SIDER a été créé, marquant la transition de l'entreprise d'une gestion administrative à une entreprise économique EPE/SPA. En 1999, ALFASID a été créé dans le cadre d'un plan de redressement interne du groupe SIDER qui a donné naissance à 25 entreprises industrielles autonomes, dont Alfamid représentait le cœur de la sidérurgie.

Le 18 octobre 2001, Ispat Annaba est né d'un partenariat entre SIDER et LNM, avec LNM détenant 70% du capital social et SIDER 30%. En décembre 2004, Mittal Steel Annaba est devenu la nouvelle dénomination après la fusion de LNM Holding et Ispat International. En juin 2007, ArcelorMittal Annaba est né de la fusion entre Mittal Steel Company et Arcelor.

En octobre 2013, ArcelorMittal Algérie est devenue la nouvelle dénomination après un accord stratégique avec SIDER où ArcelorMittal détient 49% du capital social et SIDER 51%. En octobre 2015, ArcelorMittal et Imetal ont convenu d'une restructuration de l'actionnariat des sociétés ArcelorMittal Algérie, ArcelorMittal Pipes and Tubes Algérie et ArcelorMittal Tébessa.

En août 2016, ArcelorMittal a cédé ses parts à Imetal dans les sociétés ArcelorMittal Algérie (AMA), ArcelorMittal Pipes and Tubes Algeria (AMPTA) et ArcelorMittal Tébessa (AMT), transformant ainsi l'entreprise en l'entreprise publique économique EPE SIDER El Hadjar. Le complexe SIDER El Hadjar s'est affirmé comme une base industrielle lourde favorisant un réseau d'unités industrielles publiques et privées liées aux produits ferreux dans une logique d'industrialisation intégrée. [1] [2]

I.3. Situation géographique du complexe

Le complexe sidérurgique El-Hadjar est situé sur la commune de Sidi Amar dans la wilaya d'Annaba. couvre une superficie totale de 900 hectares exploités dans le cadre, notamment, de l'activité des unités de l'usine, des services administratifs et de services, en plus des espaces destinés au stockage du minerai de fer, des matières premières, de l'eau et autres activités liées à l'industrie sidérurgique.



Figure I.01. Image satellite du complexe sidérurgique El-Hadjar.

I.4. Les différentes unités à SIDER

La structure du complexe est composée de différentes unités opérationnelles qui collaborent pour convertir les matières premières comme le minerai de fer en produits finis comme l'acier et les produits laminés. Toutes les unités jouent un rôle particulier dans le processus de production global, ce qui favorise la production efficace et rentable des produits sidérurgiques. Les différentes unités sont :

- Une unité de préparation de matières premières et agglomérées ;
- Un haut fourneau ;
- Division fluide ;
- Deux aciéries à oxygène ;
- Une aciérie électrique ;
- Un laminoir à chaud ;
- Un laminoir à froid ;
- Une ligne de galvanisation, des lignes de cisailage à froid ;
- Un laminoir à rond à béton ;
- Des unités de support et de maintenance.

I.5. Principales activités du complexe

Le complexe sidérurgique d'El Hadjar compte plus de 5500 employés et se spécialise dans la fabrication de produits ferreux plats et longs, y compris le rond à béton, les tubes sans soudure, ainsi que divers autres produits sidérurgiques. [2]

Les principales activités du complexe sont :

Tableau I.01. Les principales activités du complexe sidérurgique El-Hadjar.

Installation	Produits	Principaux utilisateurs
Cokerie	Coke	Métallurgie
HF₁ et HF₂	Fonte	Métallurgie
ACO₁	Brames	Industrie de transformation
ACO₂	Billettes	Industrie de transformation
Laminoir à chaud (LAC)	Tôles forte	Construction métallique Chantiers navals Tube bouteilles à gaz
Laminoir à froid (LAF)	Tôles forte	Electroménager Mobilier métallique Industrie de transformation
Etamage	Fer blanc	Emballage métallique Divers pour les industries Alimentaire et chimique
Galvanisation	Tôles galvanisées	Bâtiments pour l'agronomie Industrie et levage
Aciérie électrique (ACE)	Lingots	Recherche et production pétrolière Transport des hydrocarbures
Laminoir à fil rond (LFR)	Fil rond à béton	Bâtiments et travaux publics Hydraulique

I.6. La division fluide (FLU)

La division Fluides (FLU) du complexe SIDER est principalement chargée de gérer la distribution des différents fluides à travers l'ensemble du complexe et de garantir leur protection à partir d'un réseau de conduites, désigné sous le terme de "rack", qui s'étend sur une distance de plus de 25 km.

Ce service assure la fourniture de plusieurs types de fluides, notamment :

- La distribution et la protection de l'eau industrielle.
- La distribution et la protection de l'air comprimé.
- La distribution et la protection de la vapeur saturée.

- La distribution et la protection du gaz naturel.
- La distribution et la protection de l'eau potable. [3]

I.6.1. Organisation de la division Fluide

Cet organigramme nous montre la planification et l'organisation des différents équipements de la division fluide.

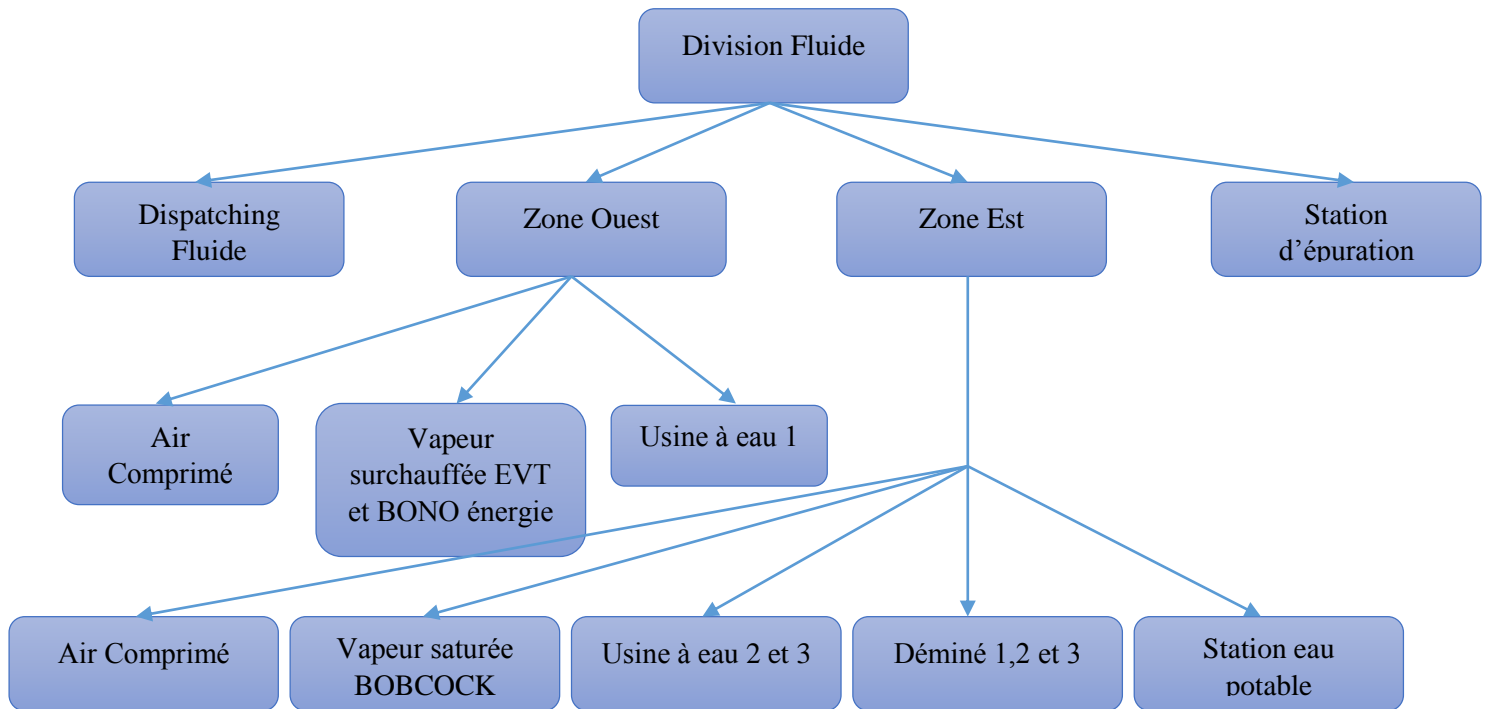


Figure I.02. Organisation de la division des fluides [3].

I.7. Projet de l'usine à eau N°01

- **Titre du Projet :** Acquisition d'une station de décarbonatation usine à eau N°01 de capacité de 560 m³/h.
- **Fournisseur :** VEOLIA-OTV.
- **Objectifs :**
 - Sécurisation de la production du complexe par la diversité des ressources en eau.
 - La transformation d'eau brute provenant du barrage d'EL CHAFFIA en eau décarbonatée grâce aux équipements technologiques les plus récents en matière de traitements des eaux.

– Résultats attendus mesurables :

- Améliorer la capacité de production.
- Satisfaire les unités de production en matière d'eau décarbonatée (Qualité à une turbidité inférieure à 5 NTU et Quantité à 560 m³/h instantanée).
- Diminuer la facture d'eau dans le cadre du plan de réduction des coûts de 25%.

I.8. Les différents types d'eau à la division fluide de SIDER El-Hadjar

I.8.1. Eau Brute

L'usine bénéficie de l'alimentation en eau du barrage de CHAFIA grâce à la station de pompage de Chaiba, SIDI AMAR. Le prétraitement de l'eau (dégrillage, dessablage, déshuilage) est effectué par la station d'ADE, qui alimente ensuite l'usine gravitaire à travers des conduites de 1050 mm, une pression de 4 bars et un débit de 2000 m³/h.

I.8.2. Eau Industrielle

L'eau industrielle désigne l'ensemble de l'eau utilisée dans l'industrie pendant les étapes de production et de transformation. Il s'agit notamment de l'eau employée pour le nettoyage des surfaces, la préparation de rinçages, de décapants ou de bains actifs, et aussi dans les tours de refroidissements afin de réduire la chaleur générée par les équipements ou les procédés. On obtient cette eau après l'étape de la filtration sur sable du processus du traitement de l'eau brute.

I.8.3. Eau déminéralisée

L'eau déminéralisée est une eau dont les minéraux tels que le calcium, le magnésium, le sodium et d'autres ions métalliques ont été éliminés grâce à un processus de dégagement. Cependant, il est important de noter que bien que cette eau soit chimiquement pure, elle n'est pas forcément stérile et peut contenir des microorganismes. En outre, son absence complète de minéraux indispensables à notre corps implique qu'elle n'est généralement pas conseillée pour une consommation régulière.

I.9. Caractéristiques des eaux analysées

I.9.1. Caractéristiques de l'eau brute

Tableau I.02. Les caractéristiques de l'eau brute.

Paramètres	Unités	Normes
TH	°F	14 – 20
T _{Ca} ²⁺	°F	12 – 15
T _{Mg} ²⁺	°F	2 – 5
TA	°F	0
TAC	F	11 - 17
Cl ⁻	mg/L	< 60
pH	-	7.8 – 8.5
MES	mg/L	< 30
TDS	mg/L	< 170

I.9.2. Caractéristiques de l'eau industrielle

Tableau I.03. Les caractéristiques de l'eau industrielle.

Paramètres	Unités	Normes
TH	°F	< 10
T _{Ca} ²⁺	°F	< 8
T _{Mg} ²⁺	°F	< 3
TA	°F	1 - 2
TAC	°F	2.5 - 6
Cl ⁻	mg/L	< 60
pH	-	8.5 – 9.5
MES	mg/L	< 10
TDS	mg/L	< 150

I.10. Les laboratoires d'analyses à SIDER

Le laboratoire central de SIDER est chargé de : élaborer et superviser l'application du programme de qualité de l'eau dans tous les centres ; élaborer et superviser l'application des consignes de traitement des eaux ; synthétiser et analyser les rapports d'exploitation des départements ; et enfin garantir la disponibilité et la qualité des produits chimiques. Il est constitué de quatre laboratoires distincts : le laboratoire des huiles, le laboratoire de spectroscopie, le laboratoire de la matière première et le laboratoire des eaux.

I.10.1. Laboratoire des Huiles

Il est chargé de procéder aux analyses physico-chimiques suivantes : point éclair, indice de réfraction, sédiment, pH, concentration en eau, densité, acidité, viscosité à 40°C.

I.10.2. Laboratoire de Spectroscopie (ou Analyses Spéciales)

Il a pour mission de réaliser des analyses spectrales des métaux de l'usine ainsi que des additifs.

I.10.3. Laboratoire de Matières premières

Il est chargé d'effectuer des analyses sur les matières suivantes : acier à chaud, laitier, en mesurant quelques paramètres, indice partiel, indice total, etc.

I.10.4. Laboratoire des Eaux

Il a pour mission de vérifier la qualité des eaux sidérurgiques utilisées pour la production et l'utilisation humaine au sein du complexe.

I.11. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons effectué une étude descriptive qui nous a donné une vision du complexe sidérurgique d'El-Hadjar. Il y a plusieurs ateliers de production sidérurgique au sein du complexe. Pour cette production fait appel à une division fluide, qui est la division responsable du traitement des eaux au sein du complexe.

Chapitre II
Processus du traitement des eaux à
SIDER

II.1. Introduction

L'industrie comprend une variété d'utilisations de l'eau, aussi bien en quantité qu'en qualité. La consommation d'eau diffère en fonction des pays et des secteurs d'activité. Le type d'eau industrielle nécessaire varie en fonction de l'activité : les industries agroalimentaires nécessitent de l'eau potable ; les industries électronique, médicale et biotechnologique nécessitent une eau ultra-pure ; tandis que l'industrie sidérurgique nécessite différents types d'eau pour diverses utilisations.

II.2. Processus de traitement de l'eau brute

Lorsque l'eau brute arrive dans la salle de pompage EBS, la pression est réglée et elle est dirigée directement vers un bassin amortissant appelé le brise charge. Celui-ci a pour fonction de briser la grande quantité d'eau qui provient du barrage et de tenter de la limiter.

Le traitement de cette eau se fait par les étapes suivantes : l'arrivée de l'eau de la station d'ADE, l'injection des produits chimiques dans le brise charge, la décantation et la filtration sur sable

II.2.1. Arrivée de l'eau dans le brise charge

L'eau arrive à la station de traitement des eaux à la division fluide dans des conduites et avec une très grande pression, pour casser cette pression l'eau est reçue dans un brise charge (Figure II. 01), ce qui est un réservoir intermédiaire dans lequel une partie de l'énergie du jet d'eau à son entrée est brisée. Étant donné que l'eau brute renferme des particules en suspension très fines qui ne peuvent pas se décanter, des produits chimiques sont injectés pour faciliter l'étape suivante du traitement.

II.2.1.1. Coagulant

Le coagulant permet l'agglutination de différentes particules en suspension qui vont se transformer en bloc, appelés Floc. Ce processus chimique est appelé la coagulation. Les coagulants sont bien souvent de charges opposées à celle des particules que l'on trouve en suspensions. Grâce à ce processus, les particules vont perdre leur caractère électro-négatif et donc leur capacité de répulsion. Le coagulant utilisé à SIDER est le Chlorure ferrique FeCl_3 .

II.2.1.2. Flocculant

Le flocculant favorise le contact entre les particules précédemment déstabilisées et déchargées par la coagulation. Les flocculant ou polymères joueront le rôle de colle entre les floes, ce qui permettra d'accélérer la manipulation. Grâce à la floculation et une agitation continue, ces floes ou amas de particules peuvent se précipiter après avoir été reposés et sont facilement éliminables.

La floculation joue un rôle essentiel dans le processus de traitement des eaux et est toujours précédée de la coagulation. Le polymère Sp6 est utilisé comme flocculant à SIDER.

II.2.1.3 Décarbonatation à la chaux éteinte

L'utilisation de chaux pour décarbonater est un procédé de précipitation qui permet de diminuer la dureté temporaire d'une eau en raison de la présence des bicarbonates de calcium $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ et de magnésium $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. La chaux utilisée sous forme de lait de chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$ entraîne la formation de cristaux de bicarbonates de calcium et de magnésium.



Figure II.01. Le brise charge.

II.2.2. La décantation

La décantation est une séparation mécanique entre des phases non-miscibles dont l'une est liquide, en raison d'une différence de gravité. Cette étape est réalisée dans un décanteur, un bassin circulaire équipé d'un bras pivotant et ayant un fond conique (Figures II.02 et II.03). Le bras rotatif est équipé d'un racleur qui propulse la boue dans le cône situé au fond.



Figure II.02. Le décanteur utilisé à la division Fluide, SIDER El-Hadjar.

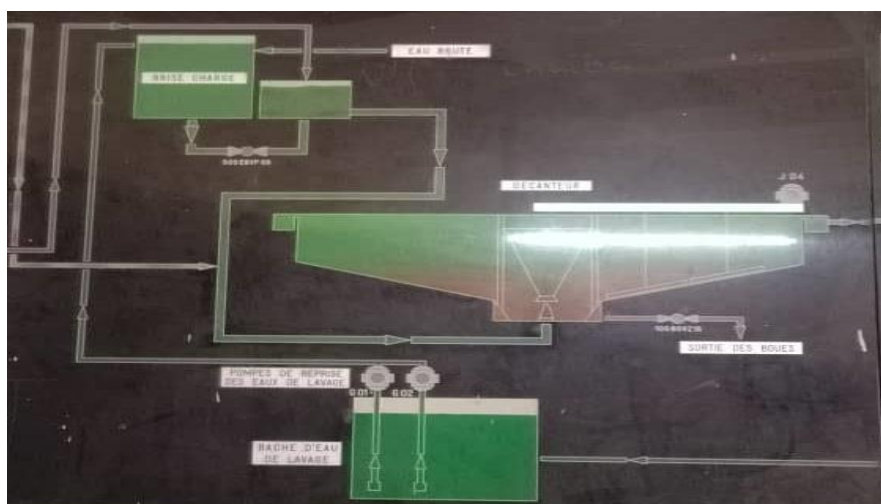


Figure II.03. Décanteur à fond conique.

II.2.3. La filtration sur sable

La filtration est une épuration biologique qui implique de faire passer l'eau traitée à travers un lit de matériau filtrant. Le sable est le matériau filtrant le plus adapté (Figure II.04). L'eau entre par le haut du filtre puis est répartie sur la surface du sable grâce à un diffuseur supérieur. En traversant le sable, l'eau se décharge de ses impuretés et est reprise en bas du filtre par un ensemble de crépines (Figure II.05) qui retiennent le sable et laissent passer l'eau propre [4]. Pendant cette période, la qualité de l'eau s'améliore largement grâce à la réduction du nombre de microorganismes et à l'élimination des substances en suspension et colloïdales qui pouvait rester après décantation. La surface du lit est recouverte d'une fine couche connue sous le nom de « membrane biologique » ou « biofilm ». Cette fine couche superficielle a une activité épuratrice,

ce qui permet la dégradation de la matière organique. Une fois que l'eau a été filtrée au sable, elle est envoyée dans la salle de traitement des eaux, où se trouve des réservoirs d'eau souterraine où l'eau industrielle est conservée.



Figure II.04. Le sable utilisé pour l'étape de filtration à SIDER.



Figure II.05. Les crépines.



Figure II.06. Le bassin des filtres à sable.

II.2.4. Séparation membranaire

II.2.4.1. Définition d'une membrane

Une membrane est définie comme une couche mince semi-perméable qui joue le rôle d'une barrière sélective qui sépare les substances dissoutes ou non, sous l'action d'une force chimique (concentration) ou physique (pression). En général, les constituants qui sont plus petits que les pores de la membrane sont capables de passer à travers la membrane sous l'effet d'une pression appliquée tandis que les substances et les molécules de taille plus importante sont retenues par la membrane [5].

Une opération membranaire aboutit à la division du fluide à traiter en deux parties à différentes concentrations :

- Le Rétentat qui contient les molécules ou particules retenues par la membrane,
- le Perméat qui contient les molécules qui traversent la membrane.

Il existe deux méthodes de fonctionnement des systèmes de filtration sur membranes : la filtration frontale et la filtration tangentielle. L'optimisation des techniques membranaires vise à obtenir une production optimale sur une longue période, tout en respectant des niveaux de pollution acceptables.

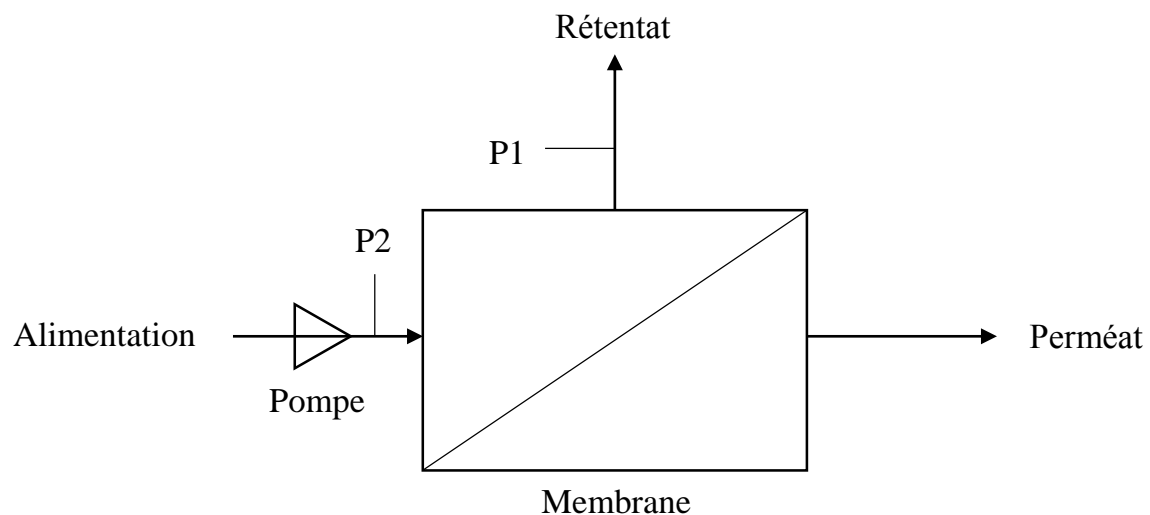


Figure II.07. Représentation schématique d'un procédé de séparation membranaire tangentielle.

II.2.4.2. Types de systèmes membranaires

- **Systèmes de filtration membranaires sous pression**

Dans un système de filtration sous pression, les modules sont installés dans des caissons pressurisés. Une pompe permet de pressuriser l'eau à traiter et de la faire circuler dans les modules (figure II.08). Une pompe additionnelle peut servir à la recirculation du concentré à l'entrée des modules (figure II.09). L'ajustement du débit d'alimentation et l'ajustement d'une vanne, située en aval des modules, permettent de contrôler la pression transmembranaire et le taux de récupération global. Tous les types de modules peuvent être mis en œuvre de cette façon. Plusieurs modules peuvent être placés en série dans un même caisson comme dans le cas des modules spiralés où un caisson peut contenir de 1 à 6 modules spiralés. Plusieurs caissons peuvent être utilisés en série et/ou en parallèle [6].

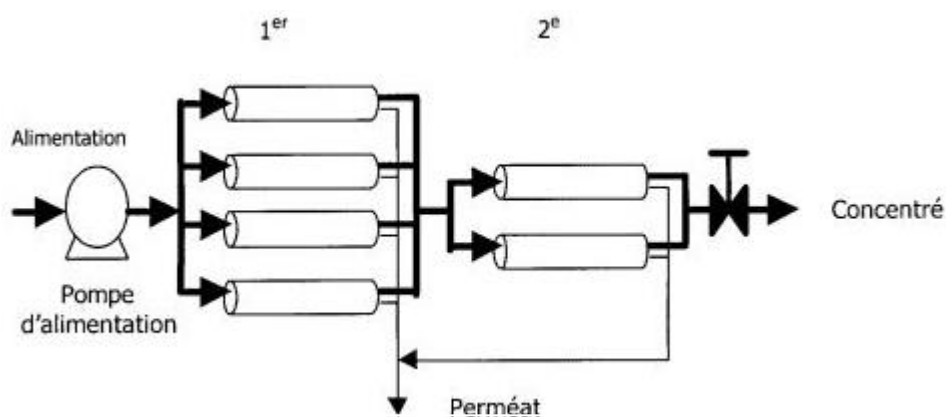


Figure II.08. Système de filtration membranaire sous pression, configuration multi-étagée. [6]

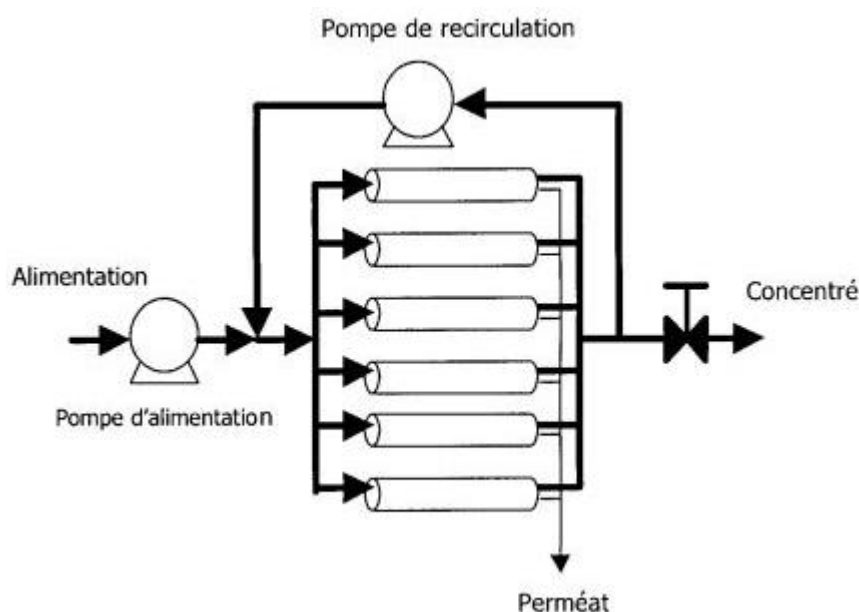


Figure II.09. Système de filtration membranaire sous pression, configuration avec recirculation. [6]

• Systèmes à membranes immergées

Dans un système à membranes immergées, les membranes sont plongées dans un bassin alimenté avec l'eau à traiter (figure II.09). Le côté alimentation est soumis à une pression hydrostatique et un vide partiel est appliqué du côté perméat. L'agitation de l'eau autour des membranes (écoulement tangentiel libre) réduit l'accumulation de particules à la surface des fibres. La vitesse de soutirage du concentré à même le bassin contrôle le taux de récupération. Dans le domaine de l'eau potable, cette configuration n'existe actuellement qu'avec des membranes fibres creuses de type UMF.

Dans les applications actuelles, tous les modules sont installés en parallèle, et donc toutes les fibres opèrent a priori dans les mêmes conditions [6].

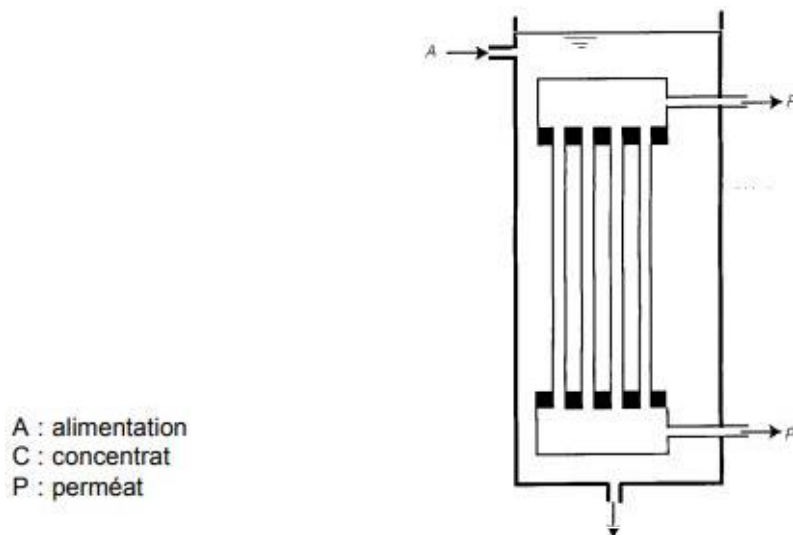


Figure II.10. Système à membranes immergées. [6]

II.2.4.3. Procèdes membranaires à gradient de pression

a. La Microfiltration (MF)

La microfiltration (MF) utilise des membranes dont la taille des pores est comprise entre 0,1 et 10 microns. Elle permet la rétention des particules en suspension, des bactéries et des boues en appliquant de faibles différences de pression transmembranaire comprises en général entre 0,5 et 1 bar. La séparation est régie essentiellement par les effets stériques : le critère déterminant la sélectivité d'une membrane de MF vis-à-vis des constituants d'un mélange est donc la taille des différents solutés [7].

b. L'Ultrafiltration (UF)

L'ultrafiltration (UF) met en œuvre des membranes dont la taille des pores est comprise entre 2 et 100 nm. Elle permet de retenir des espèces de masse molaire élevée telles que des polymères, protéines, colloïdes, virus, etc. Ce procédé nécessite généralement l'application de pressions transmembranaires comprises entre 1 et 5 bars.

c. La Nanofiltration (NF)

La nanofiltration (NF) est un procédé de séparation en phase liquide qui utilise des membranes semi-perméables pour séparer des substances dissoutes dont la taille est de l'ordre du nanomètre ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Ce procédé s'apparente à l'osmose inverse, mais il fonctionne à des pressions plus basses et est moins retentissant pour certains types de solutés, en particulier les ions monovalents comme le sodium ou le chlorure.

Les ions monovalents et les molécules de masse molaire inférieure à environ 200 g.mol^{-1} ne sont en général pas retenus par ce type de membrane. Au contraire, les ions multivalents (Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Al^{3+} ...) et les molécules de masse molaire supérieure à environ 200 g.mol^{-1} (sucres, colorants...) sont fortement retenus.

d. L'Osmose Inverse (OI ou RO)

À la différence de la MF et de l'UF, l'osmose inverse (OI) 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. Les pressions transmembranaires requises en OI sont élevées (de quelques dizaines à une centaine de bars).

L'OI permet de filtrer des solutions contenant des espèces de très faible masse molaire et elle est généralement utilisée lorsqu'une rétention totale des solutés est souhaitée. Les principales applications industrielles de l'OI sont le dessalement d'eau de mer et des eaux saumâtres, l'élimination de pesticides et d'herbicides, ou encore la production d'eau ultra-pure (industrie électronique, pharmaceutique, etc.) [7].

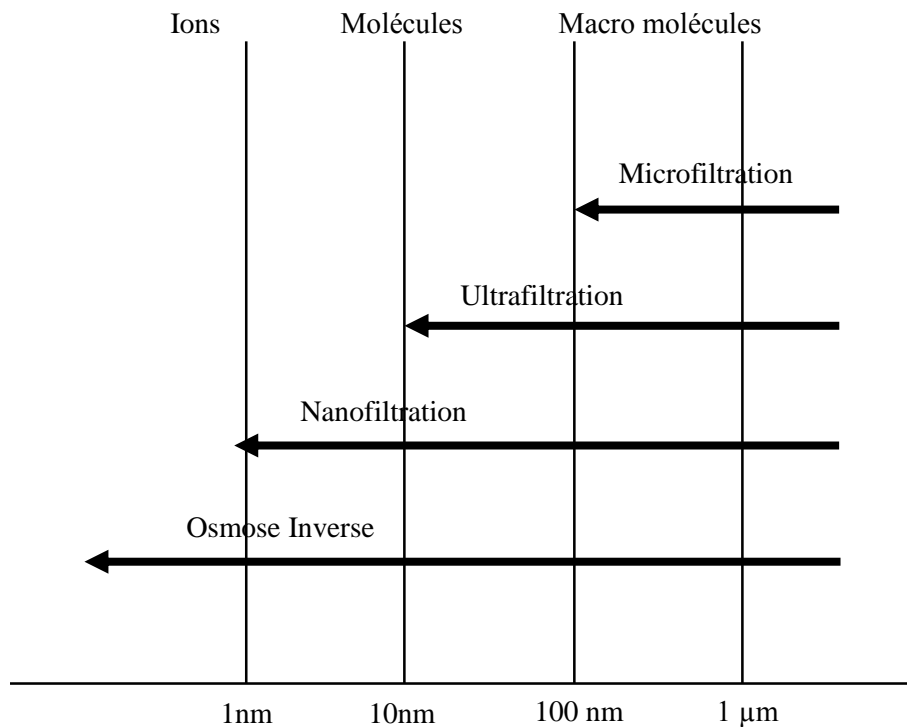


Figure II.11. Echelle de tailles des pores des membranes à filtration.

II.2.4.4. Procédés membranaires au complexe sidérurgique d'El-Hadjar

II.2.4.4.1. L'Ultrafiltration

Le premier procédé membranaire utilisé pour traitement des eaux au complexe sidérurgique d'El-Hadjar est l'ultrafiltration qui permet de supprimer de l'eau traitée des éléments tels que les algues, les virus, les bactéries, les molécules organiques, les germes ou les pollens.

Il existe deux sortes d'installations d'ultrafiltration : dead-end et cross-flow, à SIDER, une installation d'ultrafiltration dead-end est utilisée. Le principe de cette technique est que toute l'eau est pompée à travers la membrane et les déchets restent derrière sur cette membrane. Afin d'éliminer de la membrane les résidus qui s'y sont déposés, un lavage à contre-courant est effectué régulièrement [8].



Figure II.12. L'installation d'ultrafiltration à SIDER.



Figure II.13. L'intérieure d'une membrane d'ultrafiltration.

II.2.4.4.2.L'Osmose Inverse

L'ultrafiltration peut être utilisé seul ou être intégré à un processus de désinfection de l'eau plus étendu [9]. A SIDER, il est suivi par une installation d'Osmose Inverse, où une pompe projette l'eau à une vitesse élevée à travers une membrane, ce qui entraîne la production continue d'un perméat (l'eau déminéralisée) et d'un concentrat. Ce concentrat est riche en sels, alors que le perméat n'en renferme presque aucun.

En fonction du type d'eau, une membrane spécifique sera sélectionnée. A SIDER on utilise celles pour produire de l'eau déminéralisée.



Figure II.14. L'installation d'Osmose Inverse à SIDER.

II.2.5. Système de traitement des eaux VEOLIA-OTV

Au complexe sidérurgique El-Hadjar, on trouve une 2^{ème} installation de traitement des eaux (Projet de l'Usine à Eau N°01), VEOLIA fournit toutes les technologies et services pour l'exploitation quotidienne des installations de traitement des eaux usées.

Les étapes de traitement de ce système :

- **Traitement primaire** : La première étape du traitement se concentre sur la séparation des matières en suspension des eaux usées. Il est possible d'éliminer entre 70% et 90% de ces matières grâce à des procédés de floculation, coagulation, décantation et flottation, accompagnés de l'injection de réactifs chimiques selon le degré de purification requis.
- **Traitement secondaire** : En utilisant des méthodes de traitement biologique avancées, comme les technologies anaérobies et aérobies, il est possible de traiter le flux d'eaux usées pour éliminer les polluants dissous tels que le carbone, l'azote et le phosphore.
- **Traitement tertiaire et réutilisation (polissage)** : Grâce à des technologies performantes, les eaux usées peuvent être traitées afin de respecter des limites de rejet très strictes pour les MES (matières en suspension), la DBO (demande biochimique en oxygène), la DCO (demande chimique en oxygène) et d'autres nutriments. De plus, selon les exigences du projet, l'eau peut être traitée davantage pour permettre sa réutilisation dans une autre zone de l'installation, réduisant ainsi encore davantage l'empreinte hydrique de l'installation.
- **Traitement des boues** : Les boues sont un résidu de tous les procédés de traitement des eaux. La gestion, le recyclage et la valorisation des boues constituent une spécialité de Veolia Water Technologies. Grâce à divers équipements ou procédés, la méthode la plus rentable et écologique pour gérer ce sous-produit peut être identifiée.

II.3. Conclusion

La gestion de l'eau est essentielle dans le cadre de la division fluide de SIDER El-Hadjar, compte tenu des différentes exigences en eau et des particularités de chaque processus dans le secteur sidérurgique. Les difficultés liées à la production d'eau industrielle à partir de sources d'eau brute ont été soulignées dans ce chapitre. Le complexe sidérurgique d'El-Hadjar doit donc poursuivre ses investissements dans des technologies de traitement des eaux novatrices afin d'assurer une production sidérurgique durable et responsable, tout en réduisant son impact sur les ressources hydriques locales et l'écosystème environnant.

Chapitre III
Matériels et méthodes

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les matériels et les méthodes utilisés pour évaluer la qualité de l'eau brute et de l'eau industrielle dans le laboratoire des eaux au sein du complexe sidérurgique d'El-Hadjar, en décrivant en détail les modes opératoires employés pour l'analyse des eaux.

III.2. Paramètres physico-chimiques analysées

Pour veiller à ce que l'eau produite par l'unité de traitement des eaux au complexe sidérurgique El-Hadjar soit de la qualité désirée, le laboratoire des eaux effectue une série des analyses physico-chimiques.

III.2.1. Titre Hydrotimétrique TH

La dureté de l'eau est déterminée par la teneur en calcium et en magnésium. Il se mesure en degrés français (°F). Plus le TH est élevé, plus l'eau est dure.

• Mode opératoire

- Dans un erlenmeyer, on fait le prélèvement de 100mL d'eau à analyser, on ajoute 2mL de solution tampon et 4 gouttes de noir erichrome T.
- Si la coloration est bleue, nous concluons une absence de Ca^{2+} et de Mg^{2+} .
- Si on obtient une coloration légèrement violette, on procède avec un titrage à l'EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid) à 0.02N avec agitation jusqu'à l'obtention d'une coloration bleue.
- Le volume lu sur la burette est le TH de l'eau analysée en degré français (°F).

Tableau III.01. La dureté de l'eau.

TH entre 0 et 10 °F	eau très douce
TH entre 10 et 20 °F	eau douce
TH entre 20 et 30 °F	eau moyennement dure
TH entre 30 et 40 °F	eau dure
TH supérieur à 40°F	eau très dure

III.2.2. Titre calcique $T_{Ca^{2+}}$

Le titre calcique nous indique la teneur de l'eau analysée en ions de calcium.

• Mode opératoire

- Dans un erlenmeyer, on fait un prélèvement de 100mL d'eau à analyser, on ajoute 09 à 10 gouttes de KOH et l'acide calcane carboxylique (HSN) comme indicateur coloré, en présence de calcium on obtient une coloration rosé.
- On procède avec un titrage à l'EDTA à 0.02N avec agitation, jusqu'à l'obtention d'une coloration bleue.
- Le volume lu sur la burette est le $T_{Ca^{2+}}$ de l'eau analysée en degré français (°F).

III.2.3. Teneur en Magnésium $T_{Mg^{2+}}$

Cette analyse nous indique la teneur de l'eau analysée en magnésium.

• Mode opératoire

- La différence entre la teneur de l'eau analysée en TH et en Calcium, détermine la teneur de cette eau en Magnésium.

III.2.4. Titre Alcalimétrique TA

Le titre alcalimétrique simple (TA) mesure la teneur d'une eau en alcalis (hydroxydes) et de la moitié de sa teneur en carbonates alcalins et alcalino-terreux, déterminée par addition de la quantité d'acide sulfurique nécessaire au virage de la phénolphthaléine. Le TA d'une eau permet de connaître sa concentration en carbonates (CO_3^{2-}) et en bases fortes, autrement dit son alcalinité. Ce titre se mesure en degrés français (°F). [4]

• Mode opératoire

- Dans un erlenmeyer, a un échantillon de 100mL d'eau à analyser, on ajoute une goutte de phénolphthaléine.
- Une coloration rosée doit se développer, dans le cas contraire le TA de l'échantillon est nul.
- Après le développement de la coloration rosée, on procède avec un titrage à l'acide sulfurique à 0.02N, jusqu'à la disparition de la couleur bleue.
- Le volume lu sur la burette est le TA de l'eau analysée en degré français (°F).

III.2.5. Titre Alcalimétrique Complet TAC

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur d'une eau en alcalis (hydroxydes), en carbonates et en bicarbonates (ou hydrogénocarbonates) alcalins et alcalino-terreux, déterminée par addition de la quantité d'acide sulfurique nécessaire au virage du méthylorange. Si le pH est inférieur à 8,3, le TA est nul et l'eau ne contient pratiquement que des bicarbonates. Ce titre se mesure en degrés français (°F). [4]

• Mode opératoire

- A l'échantillon précédent, on ajoute une goutte de Méthyl Orange et on fait un titrage à l'acide sulfurique (H_2SO_4) avec agitation, jusqu'à l'obtention d'une coloration rouge orangée.

Le volume lu sur la burette est le TAC de l'eau analysée en degré français (°F).

III.2.6. Teneur en Chlorure Cl^-

Pour connaître la teneur de l'eau en Chlorure, on utilise la méthode de Mohr, qui consiste en un dosage des ions de chlorure par les nitrates d'argent en présence de chromate de potassium.

• Mode opératoire

- Dans un erlenmeyer, on fait un prélèvement de 100mL d'eau à analyser, on ajoute 11 gouttes de chromate de potassium, une coloration jaune se développe.
- On procède avec un titrage au nitrate d'argent ($AgNO_3$) à 0.1N, avec agitation jusqu'à l'obtention d'une coloration rouge brique (méthode de Mohr).

- Avec le volume lu sur la burette V et la masse molaire du Chlorure
- $M = 35.5 \text{ g/mol}$, on calcule la teneur de l'eau analysée à partir de la relation suivante :

$$Ct = V \times M.$$

III.2.7. Le potentiel Hydrogène pH

Mesure de l'acidité, de l'alcalinité ou de la neutralité d'une solution aqueuse, exprimée par le logarithme (base 10) de l'inverse de la concentration de la solution en ions hydrogène (H^+) exprimée en mol/L. Le pH varie entre 0 et 14 ; 7 étant le pH correspondant à la neutralité. [4]

- Le pH de l'eau a analysée est mesurer avec un pH mètre de la marque inoLab®.

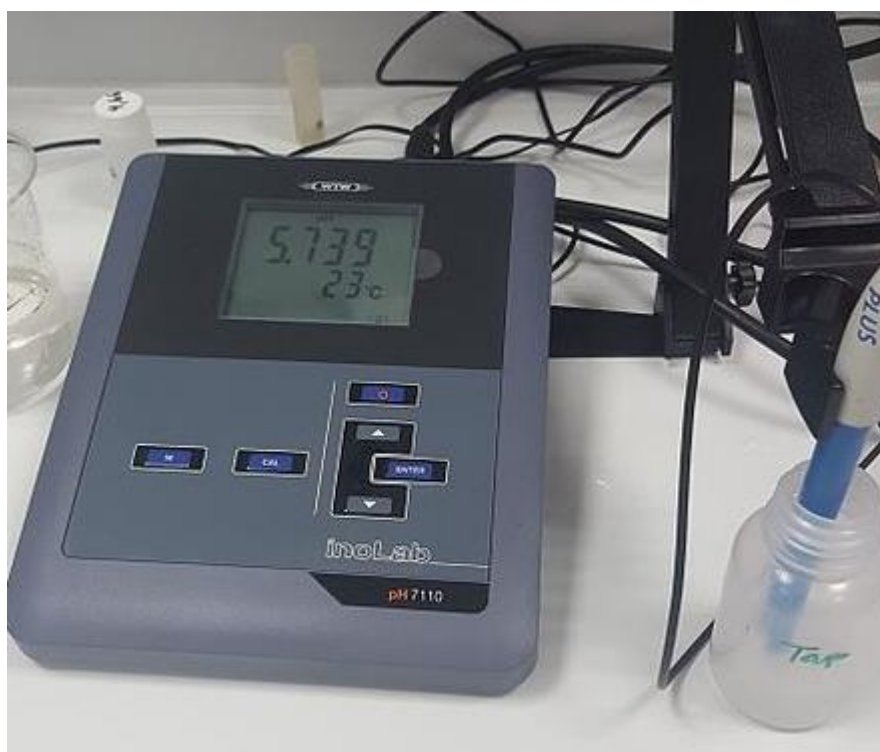


Figure III.01. Le pH mètre inoLab®.

III.2.8. Matières en suspension MES

Les MES sont de petites particules solides qui peuvent rester en suspension dans l'eau pendant un certain temps. Ces substances ont la capacité de modifier la couleur et la turbidité de l'eau



Figure III.02. Le spectrophotomètre « spectro HDr 5000 ».

III.2.9. Conductivité, Sels Dissous Totaux (TDS) et Température

– La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. Ce paramètre est très influencé par la température. La TDS (Total Dissolved Solids) correspond à l'ensemble des ions chargés mobiles, tels que les minéraux, les sels et les métaux, dissous dans un volume d'eau spécifique, exprimée en mg/l ou en particules par million (ppm). La teneur en TDS est directement associée à la qualité de l'eau et aux systèmes de purification d'eau.

– On définit la température par rapport à la résistance électrique, mesurée à trois points de repère (le point triple de l'eau, le point d'ébullition de l'eau sous la pression d'une atmosphère et le point de congélation du zinc) d'un thermomètre ordinaire à résistance de platine. [10]

– La conductivité, les TDS et la température de l'eau à analyser est mesuré à l'aide d'un conductimètre de la marque Consort.



Figure III.03. Le conductimètre Consort.

III.4. Conclusion

En conclusion, ce chapitre a détaillé les différents paramètres à analyser, tels que le TAC et la conductivité, ainsi que les outils et les techniques utilisés pour évaluer la qualité de l'eau dans le laboratoire des eaux du complexe sidérurgique d'El-Hadjar.

Chapitre IV
Résultats et discussions

IV.1. Introduction

La surveillance de la qualité de l'eau brute et de l'eau industrielle est essentielle dans la division fluide du complexe sidérurgique El-Hadjar. Durant 14 jours, une étude approfondie des paramètres physico-chimiques a été réalisée pour appréhender les changements de la qualité de l'eau dans ce milieu industriel complexe.

Dans cette partie nous allons discuter des résultats obtenus et les comparer avec les caractéristiques de chaque eau. Les tableaux et les courbes ci-dessous illustrent ces résultats.

IV.2. Titre calcique $T_{Ca^{2+}}$

Le tableau suivant représente les résultats d'analyses du $T_{Ca^{2+}}$ obtenues dans le laboratoire des eaux au complexe sidérurgique d'El-Hadjar.

Tableau IV.01. Les résultats d'analyses du $T_{Ca^{2+}}$.

Dates	02/04/24	03/04/24	04/04/24	08/04/24	09/04/24	15/04/24	16/04/24	17/04/24	18/04/24	21/04/24	23/04/24	24/04/24	25/04/24	30/04/24
Eau brute (°F)	14	13.4	14.8	13.4	13.4	13	13	13.4	12.8	13.6	14	13.4	13.4	17.6
Eau industrielle (°F)	18.2	07	13.4	11.6	14	11.4	12.4	17.8	14.4	11	15.8	13.8	14	15.4

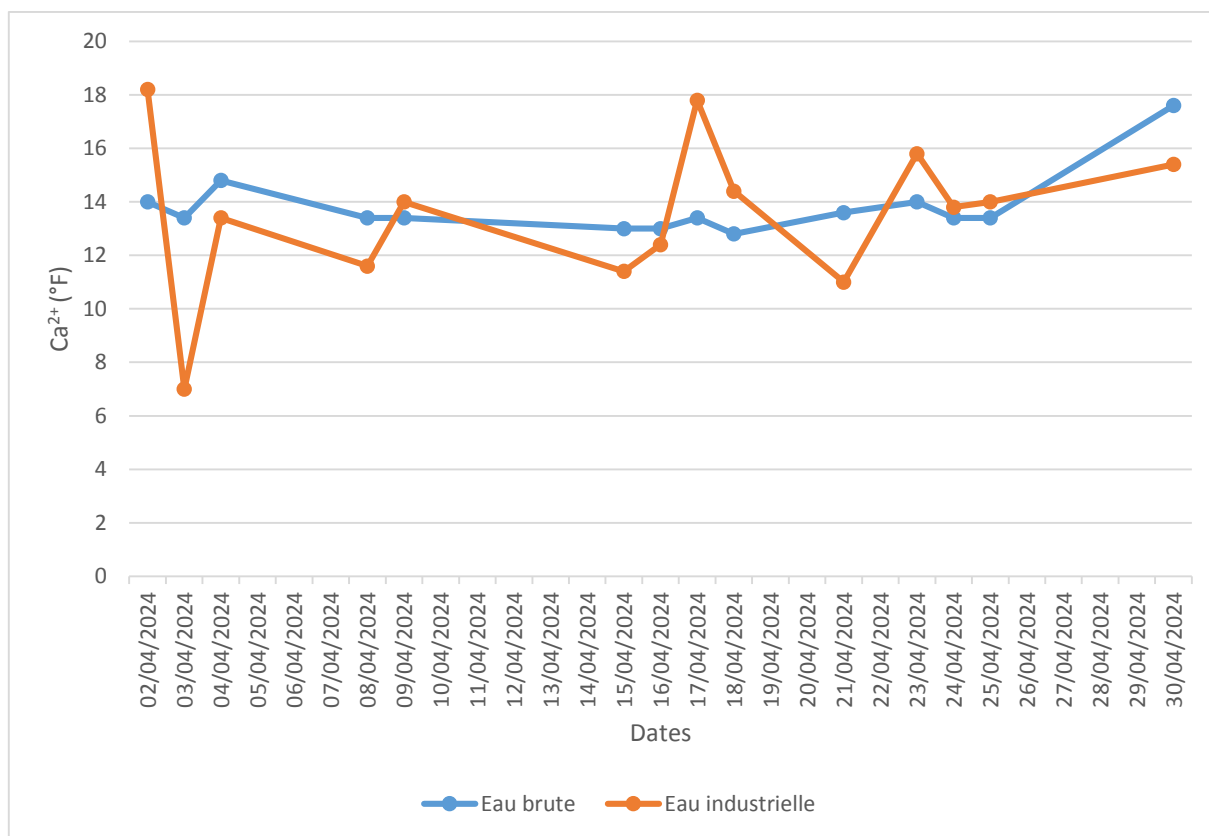


Figure IV.01. Représentation graphique du suivi du $T_{Ca^{2+}}$ pendant 14 jours.

La figure IV.01 représente les résultats du titre calcique $T_{Ca^{2+}}$ de l'eau brute et l'eau industrielle pendant une période de 14 jours.

Les résultats obtenus montrent :

- Le $T_{Ca^{2+}}$ de l'eau brute varie entre 13.6°F et 17.6°F.
- Le $T_{Ca^{2+}}$ de l'eau industrielle varie entre 10.8°F et 23.4°F.

On remarque que les valeurs de la teneur en calcium de l'eau brute le 30/04/2024 et de l'eau industrielle pendant toute la durée du stage sont plus élevées que les normes fournis par la division fluide du complexe sidérurgique El-Hadjar.

Le titre calcique de l'eau industrielle (traitée) est plus élevé que celui de l'eau brute (non-traitée), cette augmentation est probablement due l'utilisation de la chaux éteinte dans le processus de traitement. La chaux éteinte est principalement composée d'hydroxyde de calcium ($Ca(OH)_2$), qui se dissocie dans l'eau en libérant des ions calcium (Ca^{2+}) et des ions hydroxyde (OH^-).

IV.3. Teneur en Magnésium $T_{Mg^{2+}}$

Le tableau suivant représente les résultats d'analyses du $T_{Mg^{2+}}$ obtenues dans le laboratoire des eaux au complexe sidérurgique d'El-Hadjar.

Tableau IV.02. Les résultats d'analyses du $T_{Mg^{2+}}$.

Dates	02/04/24	03/04/24	04/04/24	08/04/24	09/04/24	15/04/24	16/04/24	17/04/24	18/04/24	21/04/24	23/04/24	24/04/24	25/04/24	30/04/24
Eau brute (°F)	4	4.2	3.2	4.4	4.4	5	4.6	5.2	5.2	4.4	4	5	6	6.4
Eau industrielle (°F)	4.2	3.8	6.2	6	6	7	6.2	4	6	5	2.8	4.8	5	8

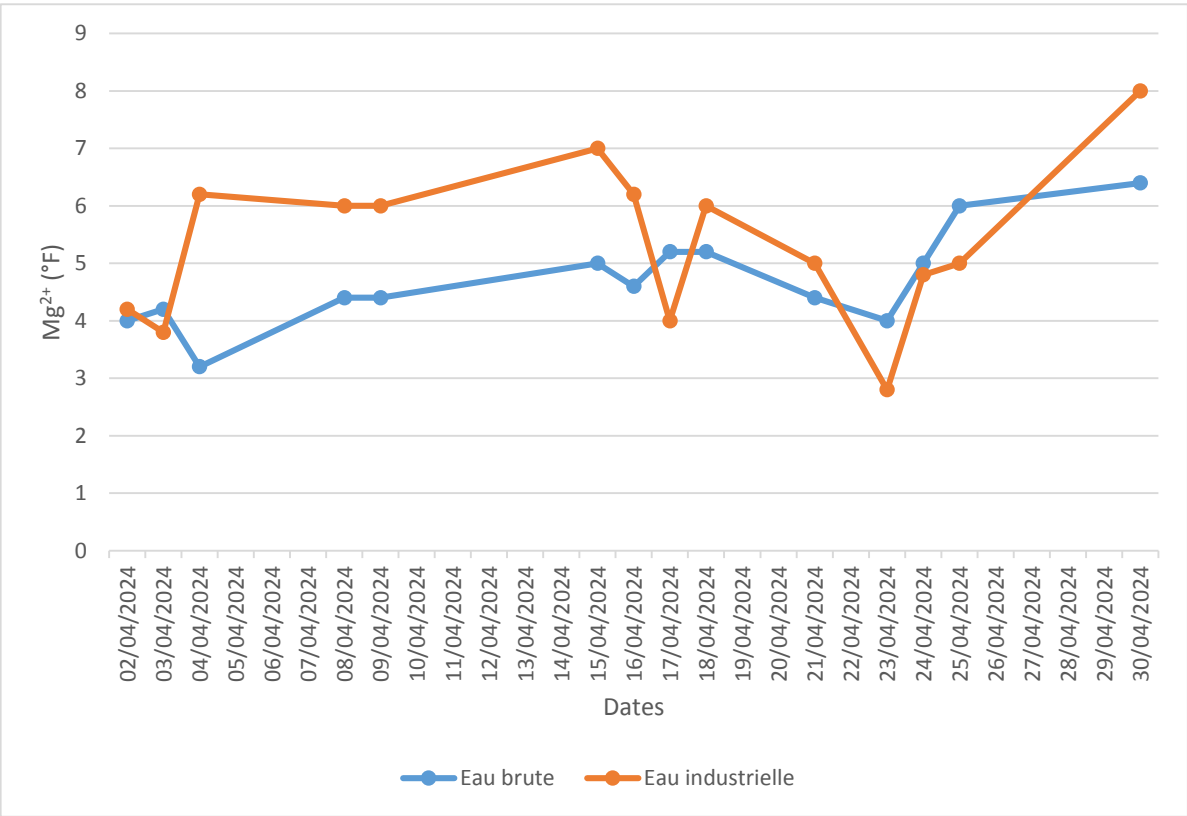


Figure IV.02. Représentation graphique du suivi du $T_{Mg^{2+}}$ pendant 14 jours.

Chapitre IV : Résultats et discussions

La figure IV.02 illustre les résultats de la teneur de l'eau brute et industrielle en magnésium T_{Mg}^{2+} pendant une période de 14 jours.

Les résultats obtenus montrent :

- Le T_{Mg}^{2+} de l'eau brute varie entre 3.2°F et 6.4°F.
- Le T_{Mg}^{2+} de l'eau industrielle varie entre 3.8°F et 6.2°F.

On remarque qu'après traitement, la teneur en magnésium de l'eau industrielle est plus élevée que celle de l'eau brute et que le T_{Mg}^{2+} des eaux analysées est plus élevé que les normes fournis par la division fluide du complexe sidérurgique El-Hadjar pendant toute la durée du stage. Cette augmentation peut être due à l'utilisation de la chaux éteinte qui peut contenir des traces de magnésium.

IV.4. Titre Hydrotimétrique TH

Le tableau suivant représente les résultats d'analyses du TH obtenues dans le laboratoire des eaux au complexe sidérurgique d'El-Hadjar.

Tableau IV.03. Les résultats d'analyses du TH.

Dates	02/04/24	03/04/24	04/04/24	08/04/24	09/04/24	15/04/24	16/04/24	17/04/24	18/04/24	21/04/24	23/04/24	24/04/24	25/04/24	30/04/24
Eau brute (°F)	18	17.6	18	17.8	17.8	18	17.8	18.6	18	18	18	18.4	19.4	24
Eau industrielle (°F)	22.4	10.8	19.6	16	20	18.4	17.6	21.8	20.4	16	18.6	18.6	19	23.4

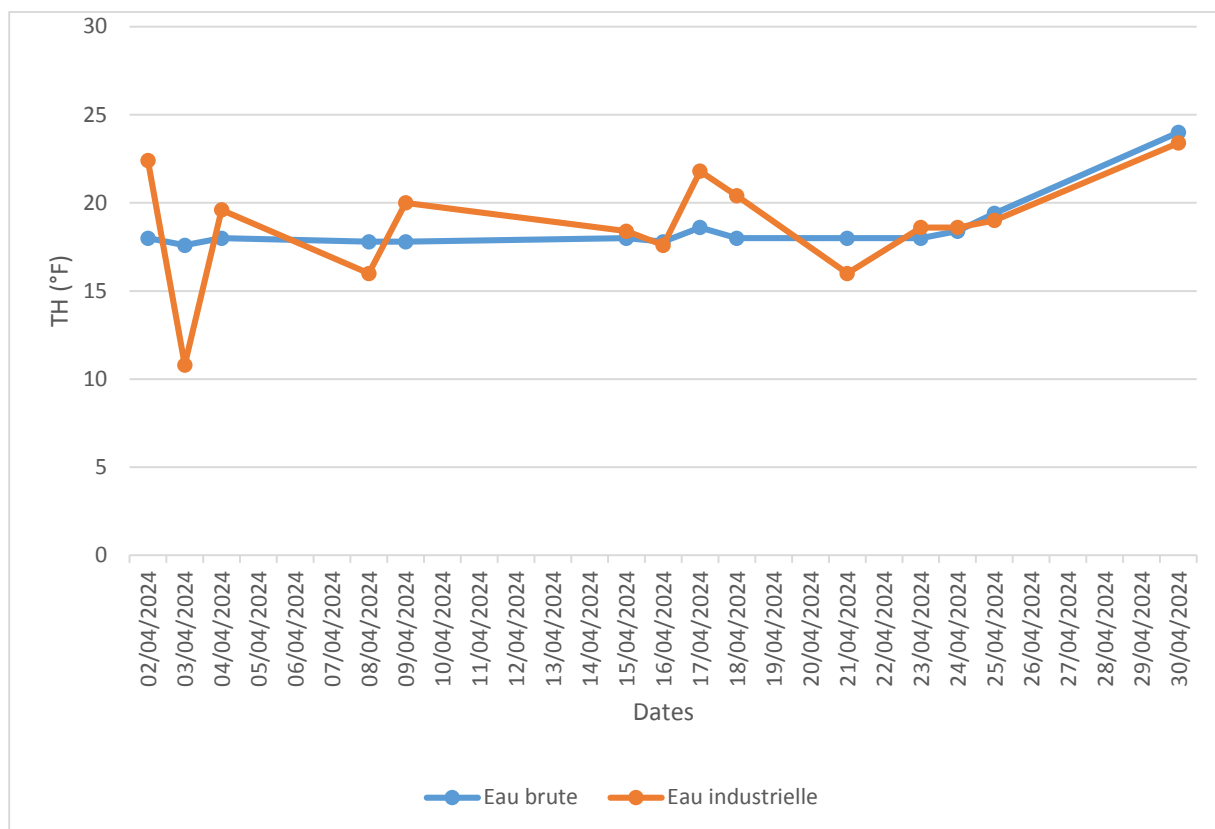


Figure IV.03. Représentation graphique du suivi du TH pendant 14 jours.

Les résultats de la dureté totale (titre hydrotimétrique TH) de l'eau brute et l'eau industrielle pendant une période de 14 jours sont représentés sur la figure IV.03.

Les résultats obtenus montrent :

- Le TH de l'eau brute varie entre 17.6°F et 24°F.
- Le TH de l'eau industrielle varie entre 10.8°F et 23.4°F.

On remarque que les valeurs de la dureté de l'eau brute le 30/04/2024 et de l'eau industrielle pendant toute la durée du stage sont plus élevées que les normes fournis par la division fluide du complexe sidérurgique El-Hadjar, d'après ces résultats on peut classer ces eaux comme des eaux douces (TH entre 10 et 20 °F).

La cause de cette augmentation peut être due à l'utilisation de la chaux éteinte dans le processus de traitement. Une dureté élevée constitue un risque important d'entartrage des canalisations des chaudières [11].

La teneur accrue en calcium et en magnésium dans les eaux analysées confirme l’augmentation du TH de ces eaux.

IV.5. Titre Alcalimétrique TA

Le tableau suivant représente les résultats d’analyses du TA dans le laboratoire des eaux au complexe sidérurgique d’El-Hadjar. Ces résultats seront représentés en courbe ci-dessous.

Tableau IV.04. Les résultats d’analyses du TA.

Date	02/04/24	03/04/24	04/04/24	08/04/24	09/04/24	15/04/24	16/04/24	17/04/24	18/04/24	21/04/24	23/04/24	24/04/24	25/04/24	30/04/24
Eau brute (°F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eau industrielle (°F)	0	1.2	0	0.4	0	0	0.4	0	0	0.4	0	0.6	0.6	0

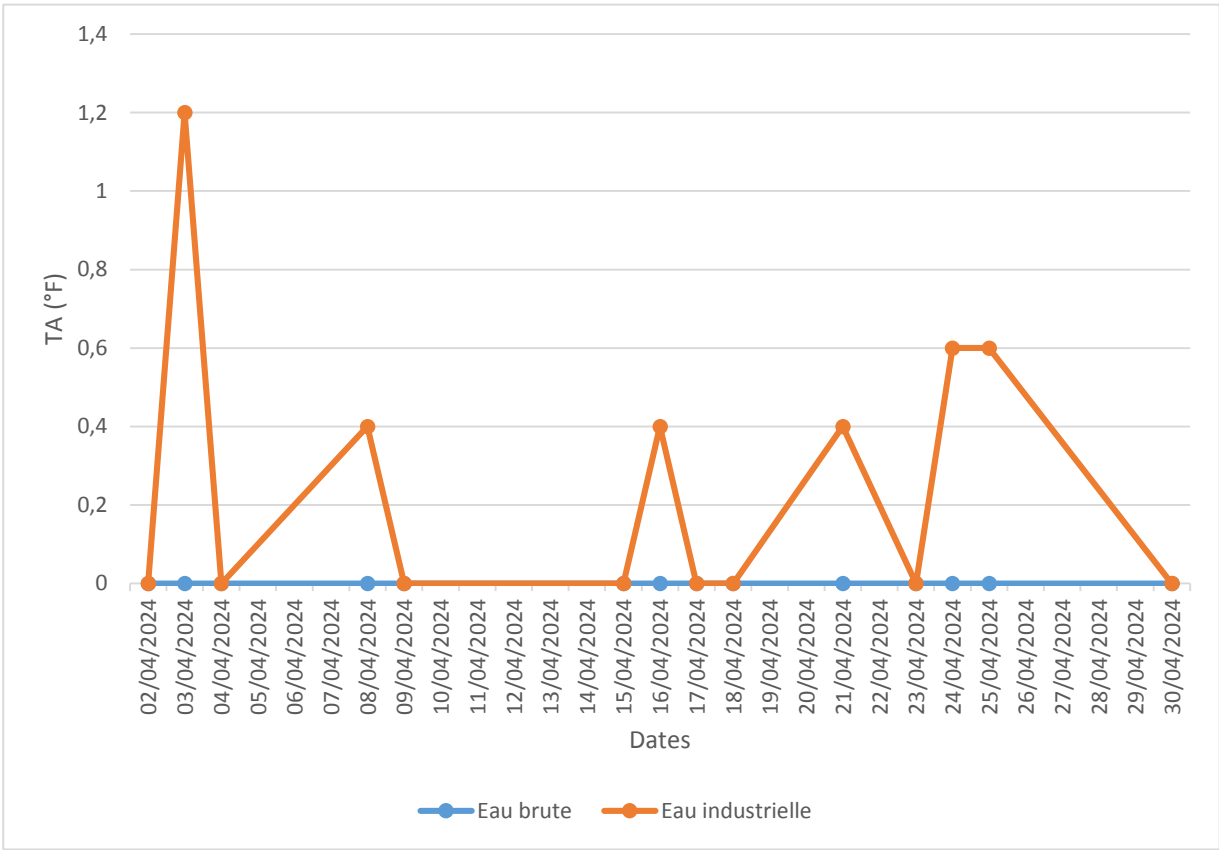


Figure IV.04. Représentation graphique du suivi du TA pendant 14 jours.

La figure IV.04 montre les résultats du titre alcalimétrique TA de l'eau brute et l'eau industrielle pendant une période de 14 jours.

Les résultats obtenus montrent :

- Le TA de l'eau brute est nul ($TA = 0$) pendant toute la période de stage.
- Le TA de l'eau industrielle varie entre $0^{\circ}F$ et $1.2^{\circ}F$.

On remarque que pour les jours 03, 08, 16, 21, 24 et 25/04/2024 les valeurs du TA de l'eau industrielle (après traitement) augmentent, cela est principalement attribuable à la présence de bicarbonates (HCO_3^-) et de carbonates (CO_3^{2-}) qui peuvent être formés lors de la dissolution de la chaux éteinte utilisée dans le processus de traitement. On peut aussi considérer la contamination extérieure comme une cause de cette augmentation. L'eau traitée peut être contaminée par des éléments alcalins lors du stockage.

$$TA = HCO_3^- + CO_3^{2-}$$

IV.6. Titre Alcalimétrique Complet TAC

Le tableau suivant représente les résultats d'analyses du TAC dans le laboratoire des eaux au complexe sidérurgique d'El-Hadjar. Ces résultats seront représentés en courbe ci-dessous.

Tableau IV.05. Les résultats d'analyses du TAC.

Dates	02/04/24	03/04/24	04/04/24	08/04/24	09/04/24	15/04/24	16/04/24	17/04/24	18/04/24	21/04/24	23/04/24	24/04/24	25/04/24	30/04/24
Eau brute (°F)	11.8	12	12.6	12.2	12.2	12	12.2	12.4	12	11.8	12.8	12.4	12.4	19.2
Eau industrielle (°F)	10.8	3.4	9.2	9	11.8	12.4	12	15	9	9	13	13	18.6	18.6

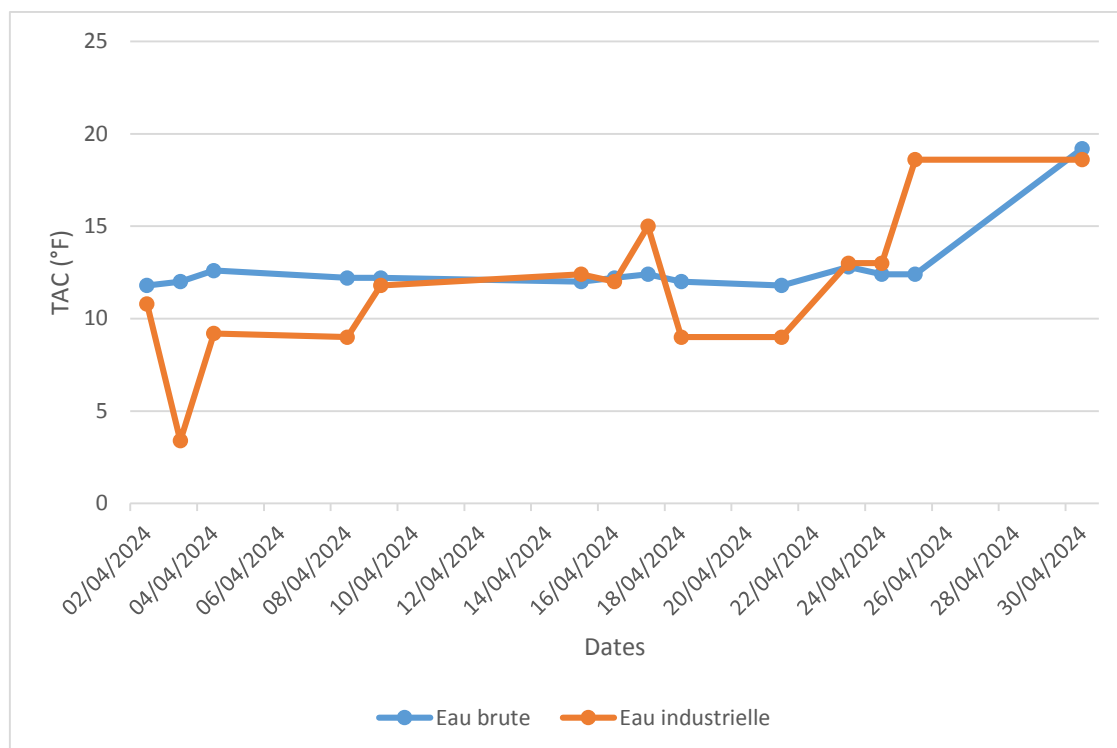


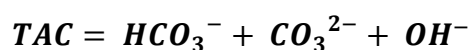
Figure IV.05. Représentation graphique du suivi du TAC pendant 14 jours.

La figure IV.05 indique les résultats du titre alcalimétrique complet TAC de l'eau brute et l'eau industrielle pendant une période de 14 jours.

Les résultats obtenus montrent :

- Le TAC de l'eau brute varie entre 11.8°F et 19.2°F.
- Le TAC de l'eau industrielle varie entre 3.4°F et 18.6°F

L'élévation des valeurs du TAC de l'eau industrielle pendant toute la durée du stage et de l'eau brute le 30/04/2024 au-delà des normes fournis par la division fluide du complexe sidérurgique El-Hadjar peut être attribuée à la réaction chimique qui peut avoir lieu entre la chaux éteinte et les composés acides présents dans l'eau pour former des bicarbonates, des carbonates et des hydroxydes. On doit tenir en compte que :



IV.7. Teneur en Chlorure Cl⁻

Le tableau suivant représente les résultats d’analyses du Cl⁻ obtenues dans le laboratoire des eaux au complexe sidérurgique d’El-Hadjar.

Tableau IV.06. Les résultats d’analyses du Cl⁻.

Dates	02/04/24	03/04/24	04/04/24	08/04/24	09/04/24	15/04/24	16/04/24	17/04/24	18/04/24	21/04/24	23/04/24	24/04/24	25/04/24	30/04/24
Eau brute (mg/L)	42.6	42.6	42.6	42.6	42.6	49	56.8	63.9	42.6	42.6	42.6	49	42.6	106.5
Eau industrielle (mg/L)	78	71	56.8	49	49	49	63.9	63.9	78	49	49	49	42.6	99.4



Figure IV.06. Représentation graphique du suivi de la teneur en chlorure pendant 14 jours.

Chapitre IV : Résultats et discussions

La figure IV.06 montre les résultats de la teneur de l'eau brute et industrielle en chlorure pendant une période de 14 jours.

Les résultats obtenus montrent :

- Le Chlorure de l'eau brute varie entre 42.6 mg/L et 106.5 mg/L.
- Le Chlorure de l'eau industrielle varie entre 42.6 mg/L et 99.4 mg/L.

On remarque que la teneur de l'eau brute en chlorure le 17 et 30/04/2024 et de l'eau industrielle le 02, 03, 16, 17, 18 et 30/04/2024 est plus élevée que les normes fournis par la division fluide du complexe sidérurgique El-Hadjar.

On distingue aussi que la teneur de l'eau traitée en chlorure est plus élevée à celle de l'eau brute. Cette augmentation peut être directement attribuée à l'utilisation du chlorure ferrique comme coagulant pendant le processus de traitement.

IV.8. Le potentiel hydrogène pH

Le tableau suivant représente les résultats d'analyses du pH obtenues dans le laboratoire des eaux au complexe sidérurgique d'El-Hadjar.

Tableau IV.07. Les résultats de la mesure du pH.

Dates	02/04/24	03/04/24	04/04/24	08/04/24	09/04/24	15/04/24	16/04/24	17/04/24	18/04/24	21/04/24	23/04/24	24/04/24	25/04/24	30/04/24
Eau brute	7.98	8.1	8	8.1	8.06	8.06	8.2	8.15	8.07	8.1	8.05	8	8.07	8.1
Eau industrielle	7.99	9.25	8.1	8.58	8.68	8.05	8.54	8.1	8	8.57	8.07	8.75	8.65	8.15

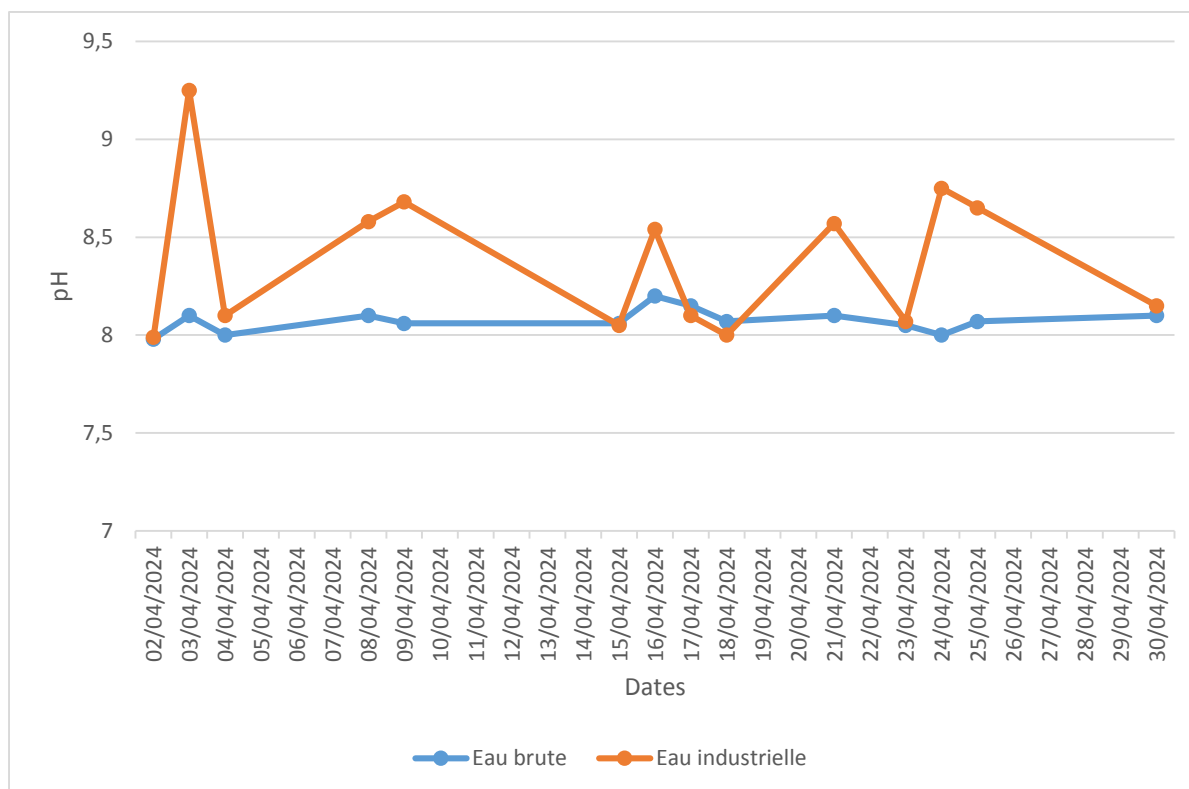


Figure IV.07. Représentation graphique du suivi du pH pendant 14 jours.

Les résultats du suivi du pH de l'eau brute et industrielle pendant une période de 14 jours sont illustrés sur La figure IV.07.

Les résultats obtenus montrent :

- Le pH de l'eau brute varie entre 7.98 et 8.2.
- Le pH de l'eau industrielle varie entre 7.99 et 9.25.

On remarque que le pH des eaux analysées est conforme aux normes fournis par la division fluide du complexe sidérurgique El-Hadjar.

IV.9. Matières en suspension (MES)

Le tableau suivant représente les résultats d’analyses des MES obtenues dans le laboratoire des eaux au complexe sidérurgique d’El-Hadjar.

Tableau IV.08. Les résultats d’analyses des MES.

Dates	02/04/24	03/04/24	04/04/24	08/04/24	09/04/24	15/04/24	16/04/24	17/04/24	18/04/24	21/04/24	23/04/24	24/04/24	25/04/24	30/04/24
Eau brute (mg/L)	33	33	78	28	18	16	13	18	18	15	41	14	15	9
Eau industrielle (mg/L)	5	5	5	16	5	11	16	5	5	11	31	20	24	14

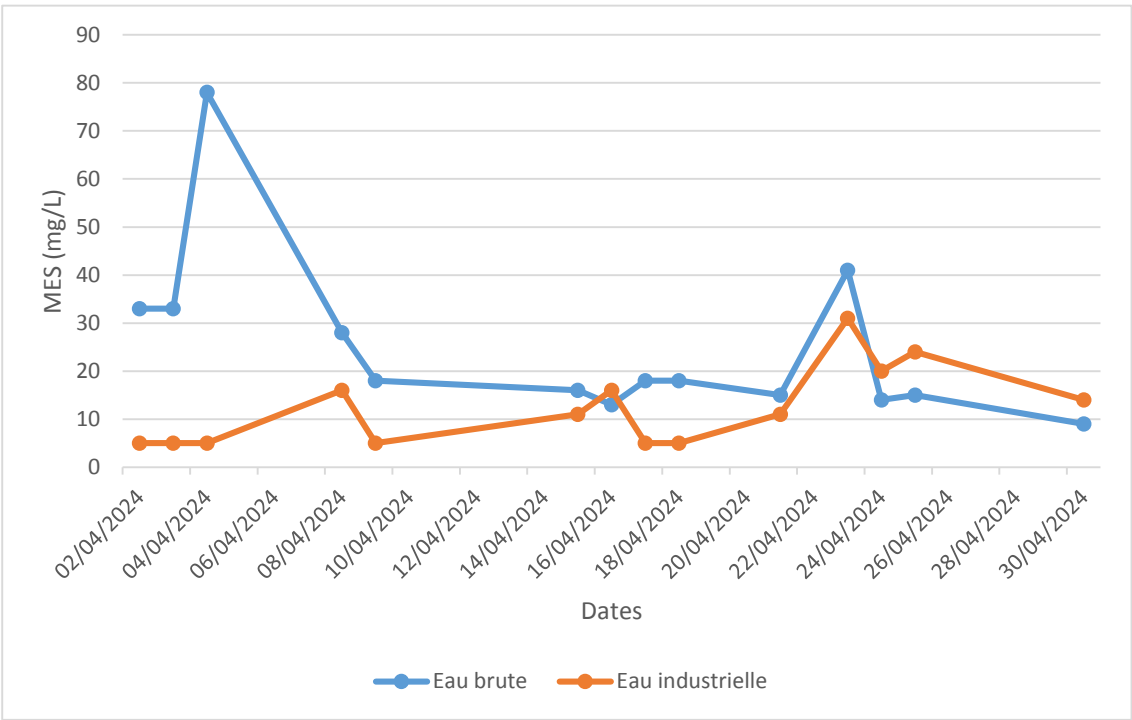


Figure IV.08. Représentation graphique du suivi des MES pendant 14 jours.

La figure IV.08 est une présentation graphique des résultats du suivi des MES de l’eau brute et industrielle pendant une période de 14 jours.

Les résultats obtenus montrent :

- Les MES de l’eau brute varie entre 9 mg/L et 78 mg/L.
- Les MES de l’eau industrielle varie entre 5 mg/L et 31 mg/L.

On remarque que les MES de l'eau brute pendant les jours 02, 03, 04 et 23/04/2024 et de l'eau industrielle pendant les jours 08, 15, 16, 21, 23, 24, 25 et 30/04/2024 sont au-dessus des normes fournis par la division fluide du complexe sidérurgique El-Hadjar. Cela pourrait être dû à plusieurs facteurs, notamment le besoin de nettoyer les filtres à sable utilisés dans le processus de traitement de l'eau. L'accumulation de particules et de matières en suspension dans les filtres peut réduire leur efficacité et entraîner une augmentation des MES dans l'eau traitée. De plus, la dégradation du matériau du bassin de stockage pourrait également contribuer à cette augmentation.

IV.10. Sels Dissous Totaux (TDS)

Le tableau suivant représente les résultats d'analyses des TDS dans le laboratoire des eaux au complexe sidérurgique d'El-Hadjar. Ces résultats seront représentés en courbe ci-dessous.

Tableau IV.09. Les résultats d'analyses des TDS.

Dates	02/04/24	03/04/24	04/04/24	08/04/24	09/04/24	15/04/24	16/04/24	17/04/24	18/04/24	21/04/24	23/04/24	24/04/24	25/04/24	30/04/24
Eau brute (mg/L)	242	241	242	243	241	246	245	244	246	246	244	246	246	370
Eau industrielle (mg/L)	296	193	250	229	255	252	244	277	273	227	249	248	248	356

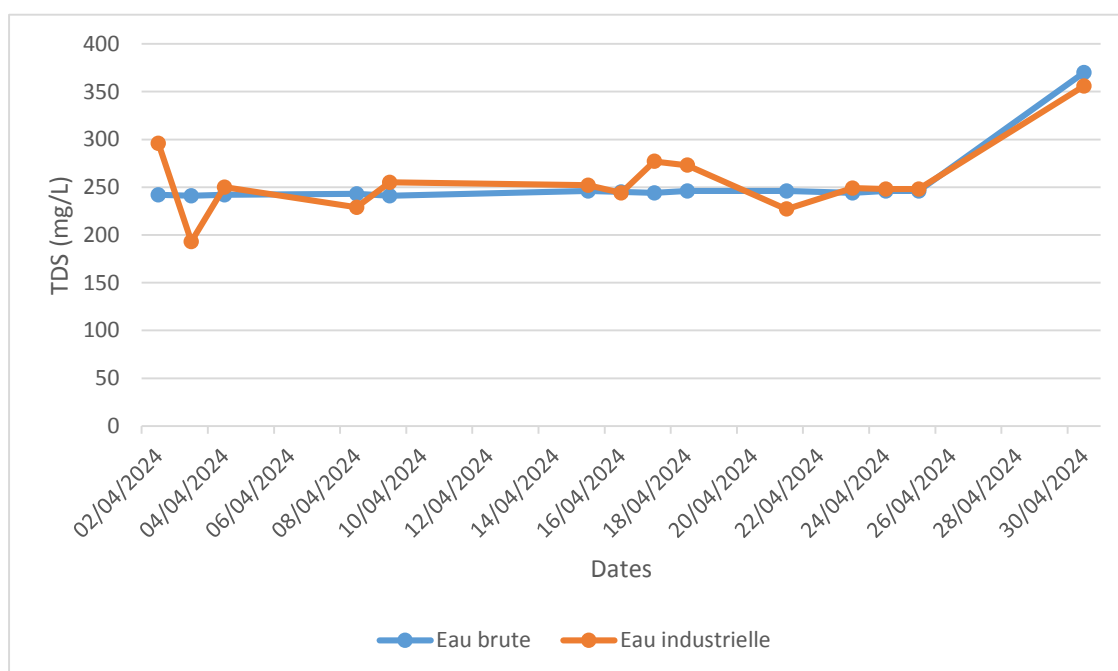


Figure IV.09. Représentation graphique du suivi des TDS pendant 14 jours.

La figure IV.09 représente les résultats du suivi des TDS de l'eau brute et industrielle pendant une période de 14 jours.

Les résultats obtenus montrent :

- Les TDS de l'eau brute varie entre 241 mg/L et 370 mg/L.
- Les TDS de l'eau industrielle varie entre 227 mg/L et 356 mg/L.

On remarque que pendant toute la durée du stage les TDS de l'eau industrielle et de l'eau brute ne sont pas conformes aux normes fournis par la division fluide du complexe sidérurgique El-Hadjar. Les TDS de l'eau traitée pendant la majorité de la période du stage sont plus élevés que celles de l'eau brute, cela peut être la cause d'une dégradation des matériaux du bassin de stockage.

IV.11. Température

Le tableau suivant représente les résultats d'analyses de la température obtenues dans le laboratoire des eaux au complexe sidérurgique d'El-Hadjar.

Tableau IV.10. Les résultats de la mesure de température.

Dates	02/04/24	03/04/24	04/04/24	08/04/24	09/04/24	15/04/24	16/04/24	17/04/24	18/04/24	21/04/24	23/04/24	24/04/24	25/04/24	30/04/24
Eau brute (°C)	19.8	20.9	19.7	22.4	21.8	25.5	20.6	19.7	20.6	19.5	19.3	17.9	18.1	21.4
Eau industrielle (°C)	20.5	21	19.3	21.5	21.7	25.5	20.4	20	19.4	23	19.6	18.4	19.9	21.2

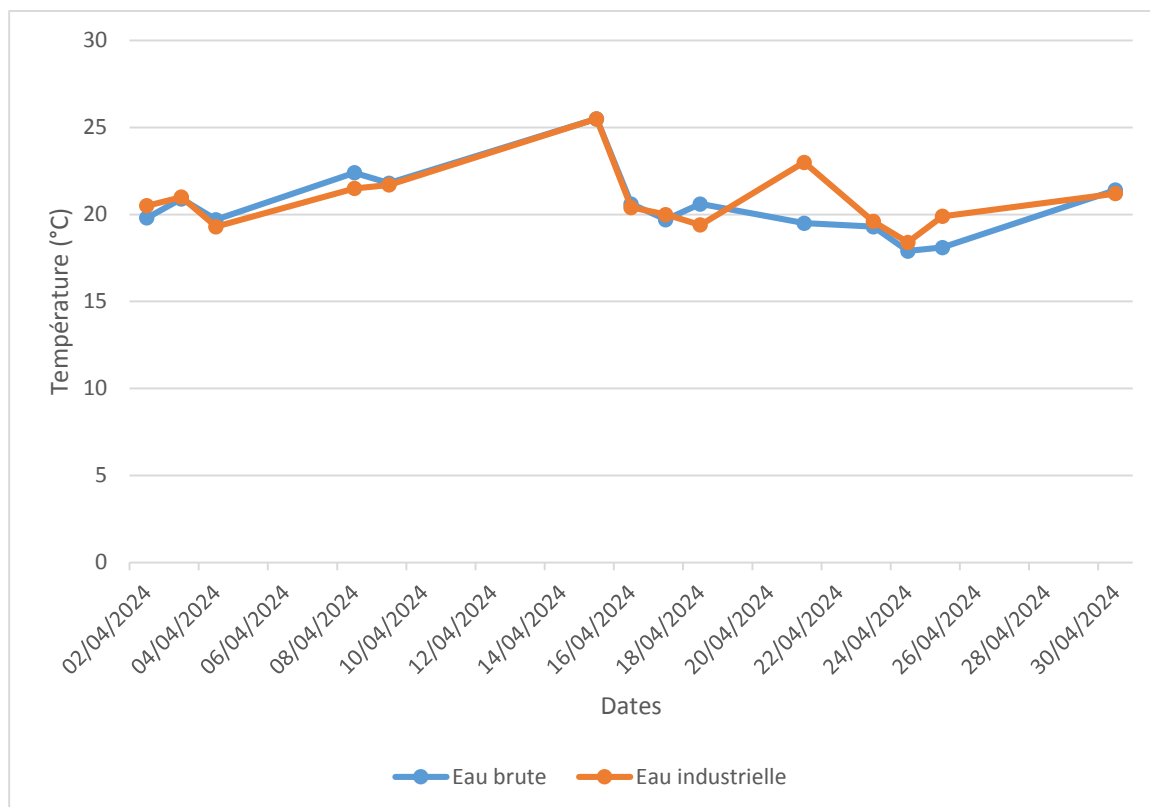


Figure IV.10. Représentation graphique du suivi de la température pendant 14 jours.

La température de l'eau est un paramètre essentiel à surveiller dans l'analyse des eaux, elle doit être relevée quotidiennement. Généralement, la température de l'eau suit celle de l'air (en fonction de la saison), car les bassins sont souvent exposés à l'air libre et donc on note les changements montrés sur la figure IV.10.

IV.12. Conductivité

Le tableau suivant représente les résultats d’analyses de la température obtenues dans le laboratoire des eaux au complexe sidérurgique d’El-Hadjar.

Tableau IV.11. Les résultats de mesure de la conductivité.

Dates	02/04/24	03/04/24	04/04/24	08/04/24	09/04/24	15/04/24	16/04/24	17/04/24	18/04/24	21/04/24	23/04/24	24/04/24	25/04/24	30/04/24
Eau brute (µS/cm)	514	514	514	518	513	521	521	519	522	523	514	524	524	788
Eau industrielle (µS/cm)	629	411	532	488	543	538	520	590	581	483	529	528	528	758

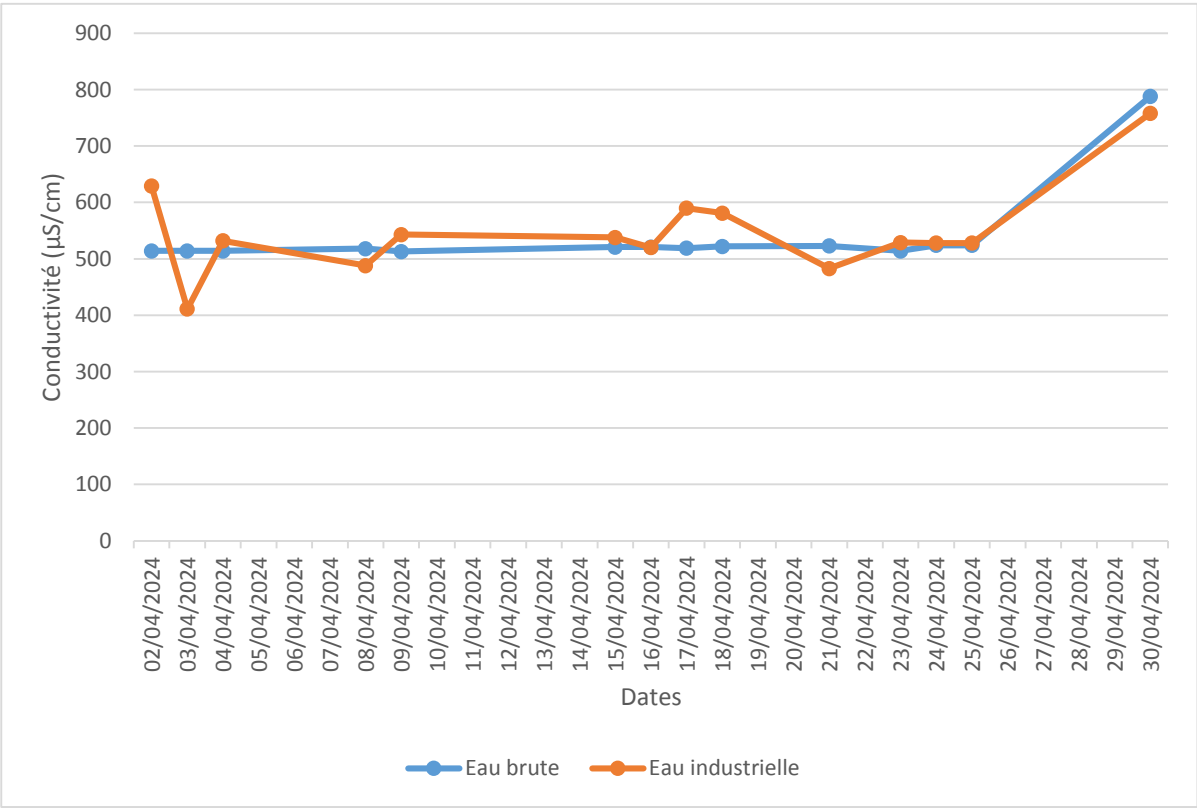


Figure IV.11. Représentation graphique du suivi de la conductivité pendant 14 jours.

La figure IV.11 illustre les résultats du suivi de la conductivité de l'eau brute et industrielle pendant une période de 14 jours.

Les résultats obtenus montrent :

- La conductivité de l'eau brute varie entre 513 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 788 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- La conductivité de l'eau industrielle varie entre 520 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 758 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

On remarque que la conductivité de l'eau industrielle est plus élevée que celle de l'eau brute (avant traitement) pendant la majorité de la période du stage, cela peut être en raison des produits chimiques ajoutés (chlorure ferrique, chaux éteinte) lors du processus de traitement, ce qui peut augmenter la concentration des ions dissous dans l'eau.

IV.13. Conclusion

Afin de surveiller la qualité de l'eau brute et de l'eau industrielle dans la division fluide au sein du complexe sidérurgique El-Hadjar, nous avons discuté des résultats des analyses physico-chimiques pendant une période de 14 jours. Nous pouvons conclure que divers facteurs peuvent influencer l'augmentation des paramètres de qualité de l'eau industrielle par rapport à l'eau brute. Ces évolutions peuvent être influencées par les processus de traitement de l'eau, l'interaction avec les matériaux de l'infrastructure et les conditions environnementales. La surveillance régulière des paramètres de qualité de l'eau est essentielle, afin de repérer les sources potentielles d'augmentation et de prendre les mesures correctives adéquates pour maintenir la qualité de l'eau dans des limites acceptables.

CONCLUSION

GENERALE

Contrairement à d'autres matières premières industrielles, l'eau n'est pas systématiquement testée ni soumise à une libération par lot avant son utilisation. Ainsi, un contrôle qualité rigoureux et continu est nécessaire tout au long du processus de traitement de l'eau pour s'assurer qu'elle répond aux exigences strictes des applications industrielles.

Au cours de notre étude, nous avons suivi les étapes de traitement de l'eau au complexe sidérurgique d'El-Hadjjar, particulièrement dans la zone Est du complexe, afin de surveiller et d'évaluer la qualité de l'eau produite. Des analyses physico-chimiques régulières ont été effectuées pour vérifier que l'eau traitée répond aux normes industrielles strictes. Sur une période de suivi de 14 jours, les résultats obtenus montrent que :

- La majorité des résultats d'analyses de l'eau industrielle produite ne répondent pas aux normes, cela est dû à plusieurs facteurs tels que le choix des produits chimiques, l'excès de l'utilisation des produits chimiques, le nombre de cycle de rinçage des filtres n'est pas suffisant... etc.
- Le processus du traitement nécessite des améliorations afin d'obtenir une meilleure qualité.

La mauvaise qualité de l'eau industrielle peut engendrer des problèmes tels que :

- La corrosion des surfaces métalliques et l'entartrage provoquent la formation de dépôts qui s'accumulent dans l'ensemble du circuit. En plus de réduire l'efficacité et la durée de vie des tours, ces dépôts offrent des sites de développement pour le biofilm à l'abri de l'effet des agents de désinfection [12].
- Les particules solides comme les MES présentes dans l'eau peuvent s'accumuler sur les surfaces des équipements, ce qui diminue l'efficacité du rinçage.

Dans ce travail, une solution avec des recommandations d'utilisation a été proposée pour remédier à l'un des problèmes rencontrés.

PERSPECTIVES

PERSPECTIVES

❖ Suggestions pour une meilleure qualité des eaux

Dans cette section, nous proposons une solution pour le problème de la quantité des MES élevée, et cela pour améliorer la qualité des eaux industrielles au complexe sidérurgique d'El-Hadjar. Dans l'étape de filtration sur sable, à la place d'utiliser un sable grossier, on utilise un sable fin avec un lit de gravier en dessous.

La qualité des eaux de surface peut être améliorée de manière significative quand elle est filtrée à travers du gravier et des couches de sable [13].

❖ Principe de fonctionnement

Le lit de gravier est utilisé comme une couche de support sous le sable fin. Sa principale fonction est de stabiliser les couches de médias filtrants, de distribuer uniformément le flux d'eau et de prévenir la pénétration des médias filtrants fins dans les systèmes de drainage.

La matière en suspension grossière est retenue à la surface du lit filtrant et les particules les plus fines sont retenues par blocage entre les pores [14].

Les avantages

- En assurant une distribution uniforme de l'eau, le lit de gravier maximise la surface de contact entre l'eau et le sable fin, ce qui améliore l'efficacité de la filtration.
- En retenant les particules fines, il prévient les obstructions dans les systèmes de drainage, réduisant ainsi la fréquence de maintenance.
- Il offre un soutien structurel aux couches de filtration, ce qui maintient la stabilité et prolonge la durée de vie du système de filtration.
- Pendant le processus de lavage à contre-courant, le gravier permet de mieux nettoyer les couches de filtration en facilitant la circulation de l'eau de lavage.

Les inconvénients

- L'installation d'un lit de gravier peut augmenter le coût initial des systèmes de filtration.
- Le lit de gravier prend de l'espace supplémentaire, ce qui peut être un inconvénient dans les installations où l'espace est limité.
- L'utilisation du sable fin peut causer le colmatage des crépines, et donc un lavage plus régulier est nécessaire.

❖ Recommandations

- Il est préférable d'utiliser un gravier de tailles variées, avec les plus grosses particules en bas pour assurer une bonne distribution et soutien.
- La couche de gravier doit être suffisamment épaisse pour fournir un soutien adéquat, généralement entre 5 à 15 cm, selon la taille du système de filtration.
- Les crépines choisies doivent avoir une taille de fentes suffisamment petites pour retenir le sable fin mais assez large pour permettre un écoulement d'eau efficace. Les matériaux utilisés pour fabriquer ces crépines doivent être durables et résistants à la corrosion.

Références Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Site web officiel du journal El Watan : <http://www.elwatan-dz.com>

- [2] Site web officiel d'Algérie presse services : <http://www.aps.dz>

- [3] Informations fournies par le complexe sidérurgique d'El-Hadjar.

- [4] Site web officiel de l'Union française des professionnels du traitement de l'eau :
<https://www.uae.fr>

- [5] G. Crini and P.-M. Badot, 2007, Traitement et épuration des eaux industrielles polluées :
Procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique. Presses Univ. Franche-Comté.

- [6] Ministère de l'environnement, de la lutte contre les changements climatiques, de la faune et
des parcs. 2019. Guide de conception des installations de production d'eau potable.

- [7] Morin-Crini N. et Crini G, 2017. Eaux industrielles contaminées : Réglementation, paramètres
chimiques et biologiques & procédés d'épuration innovants. Ann. De limnologie. Chapitre 10 :
Nanofiltration, 160-190.

- [8] Site web officiel de PCA water treatment: <https://pcawater.com/>

- [9] Site web officiel de FranceEnvironnement : <https://www.franceenvironnement.com/>

[10] Comité International des Poids et Mesures. (1976). The International Practical Temperature Scale of 1968: Amended Edition of 1975.

[11] Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. 2009. *L'analyse de l'eau* (9e éd.). Dunod.

[12] Groupe de travail interministériel sur l'entretien préventif des tours de refroidissement à l'eau. 2014. Guide explicatif sur l'entretien des installations de tours de refroidissement à l'eau. Régie du bâtiment du Québec, pp 21.

[13] Wegelin, M. 1997, Traitement d'eau de surface par des préfiltres à gravier : Un manuel de conception, de construction et d'exploitation, SANDEC Rapport No. 3/97, Centre de coopération suisse pour la technologie et le management (SKAT).

[14] Maazouzi Abdelhak, "Etude de procédés de filtration sur sable (Sud-Ouest Algérien) : Application à la production d'eau potable en filtration frontale. Etude de cas sur colonne à l'échelle laboratoire.", Thèse de doctorat, Université de Béchar, pp 30.

A N N E X E

A N N E X E

Annexe 01 : les PV des analyses des eaux au laboratoire des eaux a SIDER.

Hadjar
ARTEMENT
ATOIRES CENTRAUX

P.V. d'Analyses du :

N° 000095

UNITE :

Gessit

02/04/2021

Circuit	TA	TAC	TH	Ca	Mg	CL -	PH	Inhl-	TDS	MES		Mg/l	taux	turbidite	T	Conductivite	Resistivite
	°F	°F	°F	°F	°F	Mg/l		Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	°	NTU	°C	µS/cm	ohm cm
Eau brute	10	11,8	18	11	4,0	42,6	7,9		242	33					19,8	514	
Eau / indiso	10,8	18,4	18,8	4,8	7,9	7,9			296	5,2					20,7	629	
Lentac	10	11,4	8,0	3,0	56,8	8,2			266	21					23,4	566	
OSMOSIS																	
OSMOSIS																	
B'Alimentaire	10	0,6	0,6	0,4	0,2	1,7	1,00		4,2						20,9	7,7	
ch. Citam	7,6	9,6	7,2	6,6	0,6	56,8	10,2		294						20,7	626	
ch. Ben	9,4	11	9,0	8,2	0,8	71	11,14		419						20,9	890	
Eau brute	10	11,8	17,6	10,2	3,4	42,6	8,2		246	36					19	523	
Eau / Indiso	10,2	6,8	14,6	12	2	56,8	8,3		226	6,2					19,4	478	

revisions

Hadjar
ARTEMENT
ATOIRES CENTRAUX

P.V. d'Analyses du :

N° 000096

UNITE :

Gessik

03/04/2021

Circuit	TA	TAC	TH	Ca	Mg	CL -	PH	Inhl-	TDS	MES		Mg/l	taux	turbidite	T	Conductivite	Resistivite
	°F	°F	°F	°F	°F	Mg/l		Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	°	NTU	°C	µS/cm	ohm cm
Eau brute	10	12	17,6	13,4	4,2	42,6	8,10		241	33					20,9	514	
Eau Indiso	11,2	13,4	10,8	8,0	3,8	71	9,25		193	5,2					21	411	
Lentac	10	10,2	11,2	8,8	2,4	56,8	8,15		279	18					23,6	593	
ch. Am	10	0,4	0,4	0,3	0,1	1,7	1,0		4,2						20,4	5,2	19230+
ch. Am																	
Alimentaire	10	0,6	0,6	0,4	0,2	1,7	1,00		3,0						21,2	7,4	
ch. Am	10,0	10,0	6,8	6,6	0,2	49	10,83		431						20,3	532	
ch. Am	9,4	11	8,0	7,8	0,2	78	11,04		250						21,6	917	
Eau brute	10,0	12	18,2	14	4,2	42,6	8,20		245	31					19,9	523	
Eau Indiso	11,0	15,0	12,4	9,4	3,0	56,8	8,01		204	9					19,6	433	

Responsable Labo de Eaux

El Hadjar
ARTEMENT
ATOIRES CENTRAUX

P.F. d'Analyses du :

N° 000097

UNITE : Gessit

04/04/2024

Circuit	TA	TAC	TH	Ca	Mg	CL	PH	Inhl	TDS	MES	SiO ₂	laux	turb	bit	TC	Conductiv	Alcali
	°F	°F	°F	°F	°F	Mg/l		Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	°C	NTU	Mg/l		µS/cm	ohm cm
Eau brute	00	12,6	18	108	3,8	42,6	8,00		242	78					19,7	510	
Eau fnd	100	9,2	19,6	134	6,0	56,8	8,10		252	59					19,3	532	
Centac	00	10	11,5	88	28	63,9	8,20		293	18					22,4	623	
0 SMO SCL	0,0	0,6	0,4	0,3	0,1	1,7	1,00		3,2				0,36		19,7	5,3	18867
SMO SCL		A						R			R		E	T			
Alimentaire	00	0,6	0,6	0,4	0,2	7,00			6,0				0,30		20,4	123	
Ch. Citron	6,48	4,60	58	02	35,5	100,3			251		0,915		19,3		21,7	536	
BC 2	9,6	10,6	8,0	7,8	0,2	710	10,80		412				8,77		19,6	876	
Eau brute								R		R			T	T			
Eau fnd																	

ARTEMENT
ATOIRES CENTRAUX

P.F. d'Analyses du :

N° 000099

UNITE : Gessit

08/04/2024

Circuit	TA	TAC	TH	Ca	Mg	CL	PH	Inhl	TDS	MES	SiO ₂	laux	turb	bit	TC	Conductiv	Alcali
	°F	°F	°F	°F	°F	Mg/l		Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	°C	NTU	Mg/l		µS/cm	ohm cm
Eau brute	00	7,4	18	134	4,4	12,6	8,10		243	78					22,4	518	
Eau fnd	0,1	9,0	16	106	6,0	18	8,08		223	16					21,5	488	
Centac	0,1	9,8	10	80	6,2	71	8,57		331	02					24,9	705	
0 SMO SCL								R	R		E						
SMO SCL						A											
Alimentaire	00	1,0	1,0	0,8	0,2	1,7	7,00		22				0,50		23,2	46,0	
Ch. BC 2	38	11,0	8,0	8,6	0,1	710	10,80		430				34,7		24,0	913	
Ch. Citron	11,0	11,4	12,4	11,6	0,8	1,7	11,86		586				24,2		25,5	1246	
Eau brute								R		R			E	T			
Eau fnd																	

Responsable Labo de Eaux

El Hajar
PARTEMENT
LABORATOIRES CENTRAUX

P.V. d'Analyses du :

N° 000100

UNITE : G.S.M.

09/04/2024

Circuit	TA	TAC	TH	Ca	Mg	CL	PH	Inhl	TDS	MES	SiO ₂	aux	Turbidite	Fe	Conductivite	Resistivite
	°F	°F	°F	°F	°F	Mg/l		Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	°	NTU	Mg/l	µS/cm	ohm cm
Eau brute 00	122	178	134	4.1	12.6	8.00			241	18					218	513
Eau / Trids 00	118	200	111	6.0	11.1	8.38			255	05					217	543
Eau / Trids 01	116	156	10	5.6	9.3	8.15			311	29					249	789
osmos (1)	3	A					R	R	E	T	S					
osmos (2)																
3 Alimentaire 00	08	110	08	0.2	11.0	11.74			20				0.25		224	41.5
Ch - Utenie 01	116	134	124	1.0	11.0	10.98			621				7.66		23.6	1324
Ch - Ben 01	104	94	80	1.4	9.2	10.98			441		0.744		13.9		25	939
Ch - Bouton 01	3	A					R	R	E	T	S					
Ch - Bouton 02																

PARTEMENT
LABORATOIRES CENTRAUX

P.V. d'Analyses du :

N° 000102

UNITE : G.S.M.

15/04/2024

Responsable Labo de Eaux

Circuit	TA	TAC	TH	Ca	Mg	CL	PH	Inhl	TDS	MES	SiO ₂	aux	Turbidite	Fe	Conductivite	Resistivite
	°F	°F	°F	°F	°F	Mg/l		Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	°	NTU	Mg/l	µS/cm	ohm cm
Eau brute 00	122	178	134	5.0	11.0	8.08			246	16					25.5	521
Eau / Trids 00	124	184	114	7.2	11.0	8.08			252	11					25.5	538
Eau / Trids 01	118	124	168	7.2	11.0	8.08			535	16					23	1137
osmos (1)	08	110	08	0.2	11.0	11.74			07						20.6	15.9
osmos (2)	A						R	R	E	T						
3 Alimentaire 00																
Ch - Utenie 80	96	86	80	0.6	9.2	11.74			395		1.057		65.9		23.2	843
Ch - Ben 94	116	84	80	0.6	15.6	11.74			596				72.9		21.8	1268

ARTEMENT
LABOIRES CENTRAUX

P.F. d'Analyses du :

N° 000103

UNITE

16/04/2024

Circuit	TA	TAC	TH	Ca	Mg	CL	PH	Inhl	TDS	MES	SiO ₂	Mg	Taux	Conductivité	Resistivité
	°F	°F	°F	°F	°F	Mg/l		Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	°C	µS/cm	ohm cm
Eau bouillie	00	12,2	17,8	13,0	4,8	56,8	8,20		245	13				20,6	521
Eau / Tard S	0,11	12	17,6	12,4	4,2	63,8	8,54		244	16				20,4	520
Levée	1,0	17,8	23	16,4	6,6	112	9,05		523	17				23,5	1110
OSMOSIS	A									R					
OSMOSIS	A									R					
Alimentaire	00	1,0	1,4	1,0	0,4	21,8	7,29		21				0,72	20,8	44,7
Chlorine	11,6	12,8	14,0	12,8	1,2	17,5	19,5		668				76,9	22	1417
BC	0,6	10,8	11,0	10,4	0,6	18,6	14,3		651				28,6	22,2	1385
Eau bouillie										R					
Eau / Tard S										R					

Responsable Labo de Eaux

LABOIRES CENTRAUX

17/04/2024

Circuit	TA	TAC	TH	Ca	Mg	CL	PH	Inhl	TDS	MES	SiO ₂	Mg	Taux	Conductivité	Resistivité
	°F	°F	°F	°F	°F	Mg/l		Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	°C	µS/cm	ohm cm
Eau bouillie	00	12,4	18,6	13,4	5,2	63,9	8,15		244	18				19,7	519
Eau / Tard	00	12,0	18,8	12,8	4,0	63,9	8,10		277	05				20	530
Levée	1,2	13,4	18,8	12,8	7,0	142	9,35		567	18				21,9	12,55
OSMOSIS										R					
OSMOSIS										R					
Alimentaire	00	1,0	1,4	1,0	0,4	21,3	7,60		24				0,74	19,9	50,4
Chlorine	11,6	12,4	13,4	13,0	0,4	17,5	11,70		305				33,3	22,6	1172
Ch - BC	0,2	10,0	10,6	10,0	0,2	19,4	11,10		615				39,5	21,1	1310
Eau bouillie										R					
Eau / Tard S										R					

Responsable Labo de Eaux

ARTEMENT
RATOIRES CENTRAUX

P.F. d'Analyses du :

N° 000107

UNITE : Gessert

18/04/2024

Circuit	TA	TAC	TH	Ca	Mg	CL	PH	Inhl	TDS	MES	Mg	Mg	Taux	Conductivité	Conductivité	Conductivité
	°F	°F	°F	°F	°F	Mg/l		Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	°C	µS/cm	µS/cm	µS/cm
Eau bouillante	00	12	180	128	52	126	8,2		246	18				56	522	
Eau froide	00	9,2	204	144	6,2	78	8,2		273	05				194	581	
Eau tiède	11,2	20,2	262	182	8,0	142	9,12		590	18				226	1255	
OSMOS (1)	00	0,8	0,8	0,6	0,2	7,1	7,92		06					20,1	13,3	75187
OSMOS (2)	00	0,8	1,2	0,8	0,2	14	27,98		20					21,4	41,8	23923
Stationnement	00	0,8	1,4	1,0	0,4	13	7,88		18			2,80		20,5	37,2	
h. Etienne	11,2	15,0	13	120	0,6	13	13,70		844			20,7		21,5	1794	
B.C.	18,0	9,0	104	8,6	0,8	184	11,20		638			13,1		22,2	1358	

ARTEMENT
RATOIRES CENTRAUX

P.F. d'Analyses du :

N° 000108

UNITE : Gessert

24/04/2024

Circuit	TA	TAC	TH	Ca	Mg	CL	PH	Inhl	TDS	MES	Mg	Mg	Taux	Conductivité	Conductivité	Conductivité
	°F	°F	°F	°F	°F	Mg/l		Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	°C	µS/cm	µS/cm	µS/cm
Eau bouillante	00	17,8	18	13,6	4,4	12,6	8,10		246	15				13,5	523	
Eau froide	0,0	0,0	16	11,2	5,2	14	8,52		227	11				23	483	
Eau tiède	00	3,4	4,0	3,6	0,4	28	8,02		93	21				20	147,6	
OSMOS (1)																
OSMOS (2)																
Stationnement	00	1,0	1,6	1,0	0,6	14	7,40		22				0,65	20,7	47,2	
h. Etienne	11	12,4	13,6	130	0,6	120	11,20		501				11,3	20,3	1353	
B.C.	18	8,2	10,6	10,2	0,2	177	1,10		631				14,9	26,2	1343	
Eau bouillante																
Eau froide (1)																

Responsable Labo de Eaux

UNITE :

23/04/2024

[illegible]

Responsible Labo de Eaux

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE

24/04/2024

[illegible]

Responsible Labo de Eaux

El Hadjar
ARTEMENT
ATOIRES CENTRAUX

P.F. d'Analyses du :

N° 000114

UNITE : G 2851

20/11/2024

Circuit	TA	TAC	TH	Ca	Mg/l	CL	PH	Inhl	TDS	MES									
	°F	°F	°F	°F	°F	Mg/l		Mg/l	Mg/l	Mg/l									
Eau brute	00	18,4	18,4	13,4	6,0	0,8	8,0		206	11								196	514
Eau Traitee	0,6	18,6	18,6	14	5,0	0,6	8,5		208	24								199	528
Eau																			
OS MOS																			
OS MOS																			
Alimentaire	00	1,0	1,0	0,8	0,2	10,6	7,10		20									196	43,2
Hitec	18,4	14,4	18,2	14,0	0,8	10,0	11,99		572									211	1219
PC	2,6	8,0	8,4	1,8	1,6	10,6	10,09		496									232	1056
Eau brute																			
Eau Traitee																			
OS MOS																			
OS MOS																			

El Hadjar
ARTEMENT
ATOIRES CENTRAUX

P.F. d'Analyses du :

N° 000118

UNITE : G 2851

30/11/2024

Circuit	TA	TAC	TH	Ca	Mg/l	CL	PH	Inhl	TDS	MES									
	°F	°F	°F	°F	°F	Mg/l		Mg/l	Mg/l	Mg/l									
Eau brute	00	19,2	2,4	7,6	6,4	10,6	8,10		270	9,0								214	788
Eau Traitee	00	18,6	23,8	15,4	8,0	10,6	8,15		356	14								212	758
Eau Traitee																		221	653
Alimentaire	00	1,4	1,2	1,0	0,9	10,6	7,05		31									231	1647
Ch. Wane	12,4	14	10,4	9,6	0,8	2,8	11,10		774									225	345
Ch. Ben	2,6	3,4	4,4	4,0	0,4	42,6	9,70		162										
Eau brute																			
Eau Traitee																			
OS MOS																			
OS MOS																			