

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار . عنابة

Faculté : TECHNOLOGIE
Département : GENIE DES PROCEDES
Domaine : Sciences et Technologies
Filière : GENIE DES PROCEDES
Spécialité : GENIE DES PROCEDESDE L'ENVIRONNEMENT

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master
Thème:

Etude des eaux de rejets industriels du laminoir à froid (LAF) du
Complexe Sidérurgique d'El-Hadjar-Annaba-
ALGERIE.

Présenté par : A.K. Chaibo
M.Pape Ba

Encadrante : L. LARBI M.A.A Université Badji Mokhtar Annaba

Jury de Soutenance :

EL.K. GUECHI	Pr	U.B.M.A	Présidente
L. LARBI	M.A.A	U.B.M.A	Encadrante
O. BECHIRI	Pr	UBMA	Examinatrice

Année Universitaire : 2022/2023

REMERCIEMENT

Avant toute chose, nous souhaitons exprimer notre reconnaissance envers Dieu pour nous avoir donné la force et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce mémoire de fin d'études de master.

*Nous tenons à remercier chaleureusement notre Directrice de mémoire et encadrante, Melle **L. LARBI**, pour son soutien, son orientation, son aide inestimable et ses conseils avisés.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements aux membres du jury qui vont honorer par leur présence et leur jugement, la soutenance de ce Mémoire ainsi que tous les professeurs de l'université **BADJI MOKHTAR***

*Nous adressons nos sincères remerciements à toute l'équipe de l'atelier LAF (complexe **SIDER EL-HADJAR**), plus particulièrement : A **Mr. DAHAK MOURAD**
Nous exprimons notre profonde gratitude envers nos parents bien-aimés, qui ont été constamment présents pour nous.*

Enfin, nous exprimons notre gratitude envers tous ceux qui ont participé de près et de loin afin d'achever ce travail.

Dédicace

Il est impossible de trouver les mots justes pour exprimer toute ma gratitude, mon amour, mon respect et ma reconnaissance. C'est donc avec humilité que je dédie ce mémoire de master :

*A ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance, ceux qui ont attendu avec patience les fruits de leur bonne éducation à mes très chers parents : **FATIME ABDELMALICK** et **KICHEB CHAIBO***

A mes chers frères et sœurs

A mes chers amis

Cette humble dédicace ne saurait exprimer mon grand respect et ma profonde estime.

A tous les membres de ma promotion.

A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.

KICHEB ANNOUR

Dédicace

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que : je dédie ce mémoire de master :

*A mon très cher père **MOUSSA BA** : Aucune dédicace ne pouvait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'avais toujours pour vous. Rien au monde ne valait les efforts que vous fournissiez jour et nuit pour mon éducation et mon bien-être. Ce travail était le fruit de vos sacrifices que vous consentiez pour mon édification et ma formation tout au long de ces années.*

*A ma tendre mère **FATIMETOU MINT OUSMANE***

*A mon cher frère : **IBRAHIM BA***

*A ma chère sœur : **SALIMATA BA***

A mes chers amis

A tous les membres de ma promotion.

A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.

PAPE BA

Liste des figures

Fig1 : le complexe sidérurgique EL-HAJAR (www.elwatan.com)	6
Fig2 : Carte générale des unités SIDER EL-HADJAR.....	7
Fig3 : Schématisation de la production de l'entreprise.....	8
Fig4 : organigramme du complexe sidérurgique d'EL-Hadjar	9
Fig5 : organigramme du laminoir à froid.....	11
Fig6 : Organisation du laboratoire central.....	13
Fig7 : Présentation de la station de neutralisation au niveau du LAF.....	14
Fig8 : Point de prélèvement	29
Fig9 : Bouteilles pour analyse physico-chimique.....	29
Fig10 : La perche utilisée à l'échantillonnage	30
Fig11 : Un pH-mètre contient deux électrodes (électrode de mesure et de référence) ;.....	32
Fig12 : Spectrophotomètre modèle HACHLANGEDR5000.....	33
Fig13 : photomètre multi-paramètre (HANNAC214	
Fig14 : thermo réacteur	34
Fig15 : variation de pH durant notre période de stage	38
Fig16 : variation de Fer durant notre période de stage	39
Fig17: variation de MES durant notre période de stage	41
Fig18 : variation de DCO durant notre période de stage.....	42
Fig19 : variation de température durant notre période de stage.....	44

Liste des tableaux

Tab1 : les travaux des unités du SIDER EL-HADJAR.....	10
Tab2 : Normes de rejets internationaux selon OMS.....	21
Tab3 : Normes Algériennes	22
Tab4 : méthodes et appareils.....	28
Tab5 : Chronique des prélèvements et paramètres à analysés.....	31
Tab6 : Valeurs de pH des eaux de rejet (LAF) durant la période de stage.....	37
Tab7 : Valeurs de Fer des eaux de rejet (LAF) durant la période de stage	39
Tab8 : Valeurs de MES des eaux de rejet (LAF) durant la période de stage.....	40
Tab9 : Valeurs de DCO des eaux de rejet (LAF) durant la période de stage	42
Tab10 : Valeurs de température des eaux de rejet (LAF) durant la période de stage.....	43

Liste des abréviations

AC01 : aciérie à oxygène 01

AC02 : aciérie à oxygène 02

ACE : aciéries électriques

CPE : conseil de parti appâtions de l'état

DCO : Demande chimique en oxygène

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours

Fe : Fer

Hf01 : haut fourneau 01

Hf02 : haut fourneau 02

LAC : laminoir à chaud

LAF : laminoir à froid

LFR : laminoir a fil et ronds

LRB : laminoir a rond a béton

MES : Matières en suspensions

PH: Potentiel d'hydrogène

T° : Température

TSS : Tube sans soudure

Sommaire

<i>Remerciements</i>	I
<i>Dédicace</i>	II
<i>Dédicace</i>	III
Liste des figures	IV
Liste des tableaux.....	V
Liste des abréviations.....	VI
Introduction générale :	1
Problématique :	3
CHAPITRE I : Présentation du complexe sidérurgique El-Hadjar	4
I-Présentation du Complexe Sidérurgique de EL HADJAR	5
I.1- Historique	5
I.2 La situation géographique du complexe	6
I.3 Principale activité :	8
I.4 Synoptique de la filière de production SIDER EL-HADJAR.	9
I.5 les travaux des unités du SIDER EL-HADJAR.	10
I.6 Présentation du laminoir à froid (LAF).....	10
I.7 Présentation de laboratoire centrale :.....	12
CHAPITRE II : Les effluents du l'unité LAF (Sider El-hadjar) et leurs traitements.....	15
II- Les effluents du complexe sidérurgique (LAF) et leurs traitements.....	16
II.1- Définition	16
II.2- Origine des effluents sidérurgiques	16
II.3- Les effluents issus du laminoir à froid.....	16
II.3.1- les paramètres physico-chimiques	16
II.3.1.1- Les paramètres physiques	16
II.3.1.2- Les paramètres chimiques	18
II.3.2- Impact sur l'environnement	19
II.4- Les normes de rejets industriels :	21
II.5 Traitement des effluents industriels	23
II.5.1- Les différents Procédés de traitement des effluents du LAF :.....	23

II.5.2- Prélèvement des eaux :.....	23
II.5.3- Séparation des solides :	23
II.5.4- Traitement physico-chimique (34):	23
II.5.5- Traitement biologique :	24
II.5.6- Contrôle et surveillance :	25
II.5.7-Traitement des boues (36) :	25
II.6- Conclusion.....	25
Chapitre III : Les méthodes et matériels	27
III. Méthode set Matériels.....	28
III.1 Présentation de point de rejets.....	28
III.2 Echantillonnage.....	29
III.3 Prélèvement	30
III.4 Paramètres analysés	31
III.4.1 Potentiel d'hydrogène	31
III.4.2 Le fer	32
III.4.3 La demande chimique en oxygène (DCO)	33
III.4.4 Les MES.....	34
III.4.5 Température :.....	35
Chapitre IV : Résultats des analyses des eaux de et discussions.....	36
Conclusion générale :.....	45
Bibliographie.....	47
ANNEXES.....	VII

IError! Bookmark not defined.

Résumé :

Les études sur les eaux usées du laminoir à froid visent à comprendre et à évaluer les conséquences potentielles de ces rejets sur l'environnement et la santé humaine. Leur exécution vise à assurer la conformité des activités industrielles aux normes et réglementations environnementales en vigueur. Grâce à ces études, il est possible d'identifier les substances chimiques présentes dans les eaux usées, notamment les produits chimiques toxiques et les métaux lourds...

Nous avons effectué une analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau de rejet du laminoir à froid (LAF) du Complexe sidérurgique de EL HADJAR de la ville de ANNABA ; notamment le potentiel d'hydrogène (pH), les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO) et la concentration de fer, au Laboratoire Central. Cela nous a permis d'évaluer la qualité de l'eau avant et après le rejet industriel.

Cette étude nous a permis de comprendre comment les eaux de rejet industrielles (LAF) deviennent acides et comment les neutraliser, ainsi que de découvrir comment réduire les teneurs en métaux lourds dans les eaux.

Mots clés : Laminoir à froid, étude de l'eau de rejet, étude de traitement, Analyses physico-chimiques, métaux lourds.

Abstract

Studies on wastewater from the cold rolling mill aim to understand and assess the potential consequences of these discharges on the environment and human health. Their execution aims to ensure the compliance of industrial activities with the environmental standards and regulations in force. Through these studies, it is possible to identify chemicals present in wastewater, including toxic chemicals and heavy metals...

We performed an analysis of the physico-chemical parameters of the discharge water from the cold rolling mill (CRM) of the EL HADJAR steel Complex in the city of ANNABA, including hydrogen potential (pH), suspended solids (SS), chemical oxygen demand (COD) and iron concentration, at the Complex Central Laboratory. This allowed us to assess the water quality before and after the industrial discharge.

This study allowed us to understand how industrial waste water becomes acidic and how to neutralize it, as well as to discover how to reduce heavy metal levels in water.

Keywords: Cold rolling mills, study of reject water, study of treatment, physic-chemical analysis, heavy metals.

لمنص:

تهدف الدراسات التي أجريت على المياه العادمة من مصنع الدرفلة على البارد إلى فهم وتقييم العواقب المحتملة لهذه التصريفات على البيئة وصحة الإنسان. يهدف تنفيذها إلى ضمان امتثال الأنشطة الصناعية للمعايير والأنظمة البيئية المعمول بها. من خلال هذه الدراسات، من الممكن تحديد المواد الكيميائية الموجودة في مياه الصرف الصحي، بما في ذلك المواد الكيميائية السامة والمعادن الثقيلة ...

لقد أجرينا تحليلاً للمعايير الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف، بما في ذلك إمكانات الهيدروجين والمواد الصلبة العالقة والطلب الكيميائي للأكسجين ودرجة الحرارة وتركيز الحديد في المختبر المركزي بالمجمع. سمح لنا ذلك بتقييم جودة المياه قبل وبعد التصريف الصناعي.

سمحت لنا هذه الدراسة بفهم كيف تصبح مياه الصرف الصناعي حمضية وكيفية تحييدها، وكذلك اكتشاف كيفية تقليل مستويات المعادن الثقيلة في الماء.

الكلمات المفتاحية: مطحنة الدرفلة على البارد، دراسة مياه الصرف، المعالجة، التحليل الفيزيائي والكيميائي، المعادن الثقيلة

Introduction générale :

La pollution de l'eau est devenue une préoccupation majeure pour la population et les autorités publiques. Afin de répondre à ces inquiétudes, des analyses approfondies sont effectuées sur la composition et la qualité des eaux de rejets. Ces analyses visent à identifier et quantifier les substances chimiques, les métaux lourds, les agents pathogènes et autres polluants potentiellement présents dans les rejets industriels. De plus, les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, telles que le pH, la température, la turbidité, ainsi que les paramètres biologiques et toxicologiques, sont évaluées afin de comprendre les impacts de ces rejets sur les écosystèmes et la santé humaine (1).

Afin de réduire les charges de pollution, les industriels ont mis en place des stations de traitement des eaux usées. Ces installations jouent un rôle essentiel en permettant de réduire les niveaux de pollution conformément aux normes et réglementations en vigueur. Grâce à ces systèmes de traitement, les substances polluantes présentes dans les eaux usées sont éliminées ou réduites à des niveaux acceptables avant le rejet dans l'environnement. Cela contribue à protéger la qualité de l'eau et à minimiser les effets néfastes sur les écosystèmes et la santé publique. Cependant, l'utilisation de ces procédés de traitement nécessite une connaissance préalable de la nature exacte de la pollution, y compris son origine, sa toxicité, sa concentration et sa variabilité, ainsi que du volume d'eau à traiter. Chaque effluent industriel représente un cas particulier, avec une complexité variable.

C'est dans ce contexte que notre projet de fin de cycle universitaire en Master du Génie des Procédés de l'Environnement s'est inscrit en une étude de rejets industriels du laminoir à froid (LAF) du complexe sidérurgique de SIDER d'EL HADJAR de la ville de ANNABA en ALGERIE. La vision d'étude s'est restreinte qu'au contrôle de certains paramètres de cette eau de rejet en ayant contourné, tout de même, la connaissance du procédé du LAF afin de déceler l'origine de la pollution afin d'identifier les éléments à suivre.

A partir de ce plan de travail, la rédaction de notre étude en ce mémoire se vise en quatre chapitres départagés en deux volets d'objectifs :

Le premier volet est pour se familiariser avec le procédé, acteur de cette eau de rejet, et en même temps contourner la littérature attribuant à l'étude des eaux de rejets industriels typiques à celles à étudier, pour y faire :

- Le premier chapitre décrit le complexe SIDER El-Hadjar, l'unité de laminage à froid et la station de neutralisation.
- Le deuxième chapitre se consacre aux effluents du LAF du complexe, le programme d'échantillonnage, les normes, les impacts sur l'environnement et une vue générale sur leurs traitements

Le second volet est axé à l'étude expérimentale de contrôle de la qualité de ces eaux de rejets industriels afin de suivre leur évolution en teneurs au cours de notre période de stage et d'en voir leur conformité et, dans ce sens, elle s'est rédigée en :

- Un troisième chapitre où nous décrivons les différents protocoles expérimentaux mis en œuvre au cours de cette étude.
- Un dernier chapitre qui présente les résultats et les discussions des paramètres physico-chimiques des eaux provenant de la station de traitement (LAF) en proposant une interprétation.

Enfin, nous terminons la rédaction de ce mémoire par conclure tous nos résultats et en soumettant une perspective à cette étude.

Problématique :

Dans le cadre de nos études d'ingénierie, nous avons été orientés vers le Complexe sidérurgique d'El-Hadjar à Annaba afin d'acquérir les compétences professionnelles nécessaires. À notre arrivée, nous avons été affectés au département de l'environnement, plus précisément à l'unité de laminage à froid (LAF), où nous avons effectué notre stage. En raison de notre spécialisation en Génie des Procédés et Environnement, nous avons décidé de nous concentrer principalement sur l'étude de la pollution de l'eau, en particulier celle provenant des eaux de rejet industrielles. Cependant, au sein de cette unité, nous avons identifié plusieurs problèmes, notamment les suivants :

L'unité de laminage à froid (LAF) utilise des eaux industrielles pour différentes fonctions telles que le décapage, les processus de refroidissement, le nettoyage des équipements et le traitement des surfaces. Ces eaux sont ensuite rejetées dans un bassin de collecte, qui se trouve être fortement pollué en raison de leur contact avec de l'acide sulfurique, des produits laminés contenant des particules solides, des résidus de métaux, des huiles et des graisses, et d'autres substances.

Un autre aspect à prendre en considération est le dysfonctionnement prolongé de la station de traitement de l'eau, qui dure depuis plusieurs années. Cette situation est principalement due à la dégradation des équipements essentiels tels que le système de dosage de la chaux, l'agitateur, les pompes doseuses pour le coagulant et le floculant, etc.

Actuellement, il n'existe aucun processus de traitement des eaux rejetées au sein du LAF. Ces eaux de rejet sont acheminées directement vers le point final, avec une distance de quelques kilomètres entre le point de prélèvement initial et le point final. Par la suite, elles se mélangent à d'autres rejets avant d'être soumises à un traitement.

Dans le but de mieux comprendre cette problématique de pollution, nous avons poursuivi notre étude des eaux de rejet. Cependant, la fréquence d'échantillonnage que nous avons proposée au service du laboratoire d'analyse des eaux n'a pas pu être entièrement réalisée en raison de contraintes de coût, de temps et de conditions météorologiques signalées.

CHAPITRE I : Présentation du complexe sidérurgique El-Hadjar

I-Présentation du Complexe Sidérurgique de EL HADJAR

I.1- Historique

L'entreprise nationale de sidérurgie a été créée en 1959 par la société française SBS suite à la mise en application du plan de Constantine en 1950. Après l'indépendance, elle est devenue le SNS et a renforcé de plans de développement pour s'étendre en fonction des besoins. En 1969, le SNS développa un site sidérurgique à El-Hadjar capable de répondre à une large gamme de produits. Suite à la restructuration des sociétés nationales, le SNS est finalement devenu l'entreprise nationale de sidérurgie, également connue sous le nom de SIDER. Le complexe intégré d'El-Hadjar a connu de nombreux changements dans ses activités au fil des années afin de répondre à la demande croissante de produits sidérurgiques et pour la réalisation de plusieurs plans de développement, y compris des unités pétrolières, etc. En 1980, le complexe a connu d'importantes réalisations dans son histoire. Après la création de SNS dans l'Algérie indépendante, il a subi une réorganisation complète de son usine pour en faire un complexe intégré. Cette société compte un effectif de plus de 18 000 employés, répartis entre les sous-directions opérationnelles de production et de prestation de services, ainsi que les directions fonctionnelles centrales. Après une réduction du personnel en octobre 1997, au cours de laquelle plus de 10 000 travailleurs ont quitté la SIDER, l'entreprise a été réorganisée et divisée en 24 filiales à la fin de 1998. Cette restructuration est entrée en vigueur à partir de janvier 1999. En octobre 2001, SIDER et Lakshmi Narayan Mittal Holding (LNM) ont signé un contrat de partenariat, donnant naissance à une joint-venture dénommée ISPAT Annaba, dont le capital social est détenu à hauteur de 70% par LNM Holding et à 30% par SIDER. La fusion de LNM Holding et ISPAT International en décembre 2004 a entraîné un changement de contrôle social pour ISPAT Annaba, qui est devenu ArcelorMittal Annaba. Ensuite, la fusion entre Mittal et Arcelor en 2007 a de nouveau impacté la dénomination de la société locale, qui est passée de Mittal Steel Annaba à Arcelor Mittal Annaba. En octobre 2013, les pouvoirs publics ont décidé de reprendre le contrôle de la société en développant leur participation. Cette décision a été suivie en août 2016 par la reprise de la totalité des actions de la société par les pouvoirs publics, ce qui a conduit à sa transformation en l'EPE SIDER EL HDJAR. Enfin, en mars 2018, le Conseil de Participation de l'État (CPE) a validé la

réorganisation du complexe. Dans le même temps, il a pris la décision de rééchelonner à long terme la dette de la société, qui s'élevait à plus de 122 milliards DA. (2)



Fig1 : le complexe sidérurgique EL-HAJAR (www.elwatan.com)

I.2 La situation géographique du complexe

Le complexe sidérurgique est situé dans la commune de Sidi Ammar, à 3 km de Deira El-Hadjar et à une distance de 15 km de la ville d'Annaba. Il est entouré de différentes zones géographiques :

Au nord se trouve la ville de Sidi Ammar. À l'est, on trouve le cluster BirKouqa. À l'est-sud se trouvent les zones d'Oud Mbuja et Daira El-Hadjar. Au sud-ouest se situe la ville de Derradji Rdjam.

L'usine est alimentée en minerai par voie ferrée à partir des mines de fer de l'Ouenza et de Boukacha, et en charbon à partir du port d'Annaba auquel elle est reliée par une double voie ferrée. Les produits du complexe sont évacués par voie ferrée vers tous les pays et vers le port pour l'exportation et le cabotage national.

Le complexe d'El-Hadjar s'étend sur une surface de 800 Ha dont 300Ha affectés aux ateliers de productions, le reste du terrain est consacré au stockage des matières et produits sidérurgique (300Ha) et aux voies de communication (200Ha). Il est subdivisé en 13 unités de productions et 05 unités de maintenances et de fabrications et réparations et des Bâtiments d'administrations. (3)

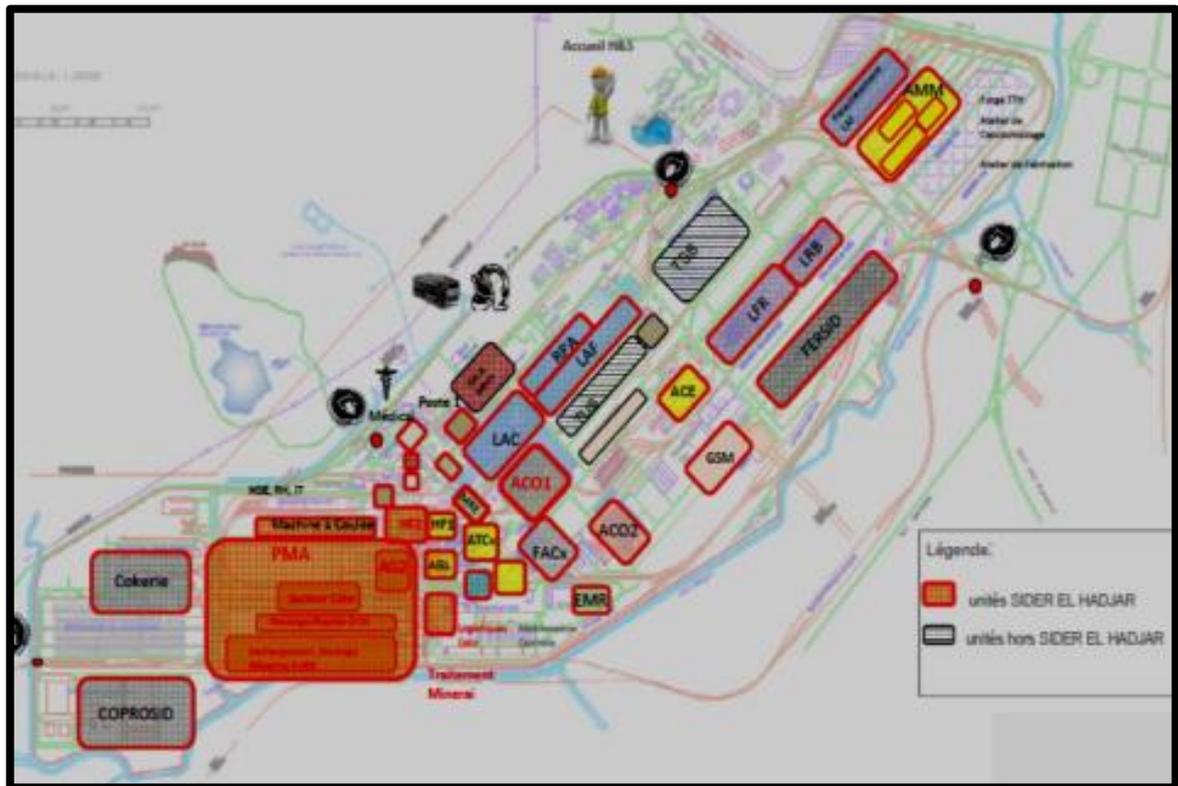


Fig2 : Carte générale des unités SIDER EL-HADJAR.

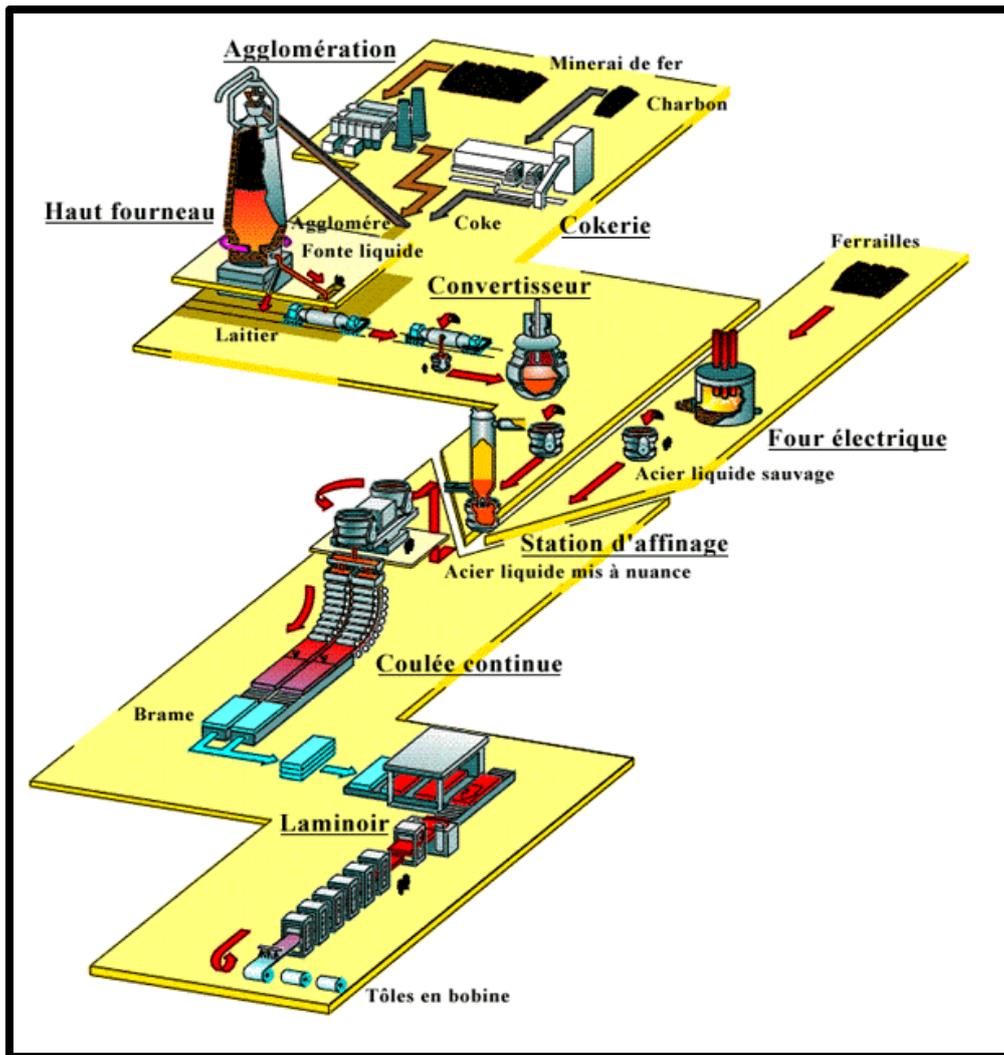


Fig3 : Schématisation de la production de l'entreprise

I.3 Principale activité :

Le complexe sidérurgique d'El-Hadjar a pour principale activité la production d'acier à partir de minerai de fer et de ferraille. Les différentes unités de production du complexe permettent de réaliser les différentes étapes de la production de l'acier, de la préparation des matières premières jusqu'à la production de produits finis. (4)

I.4 Synoptique de la filière de production SIDER EL-HADJAR.

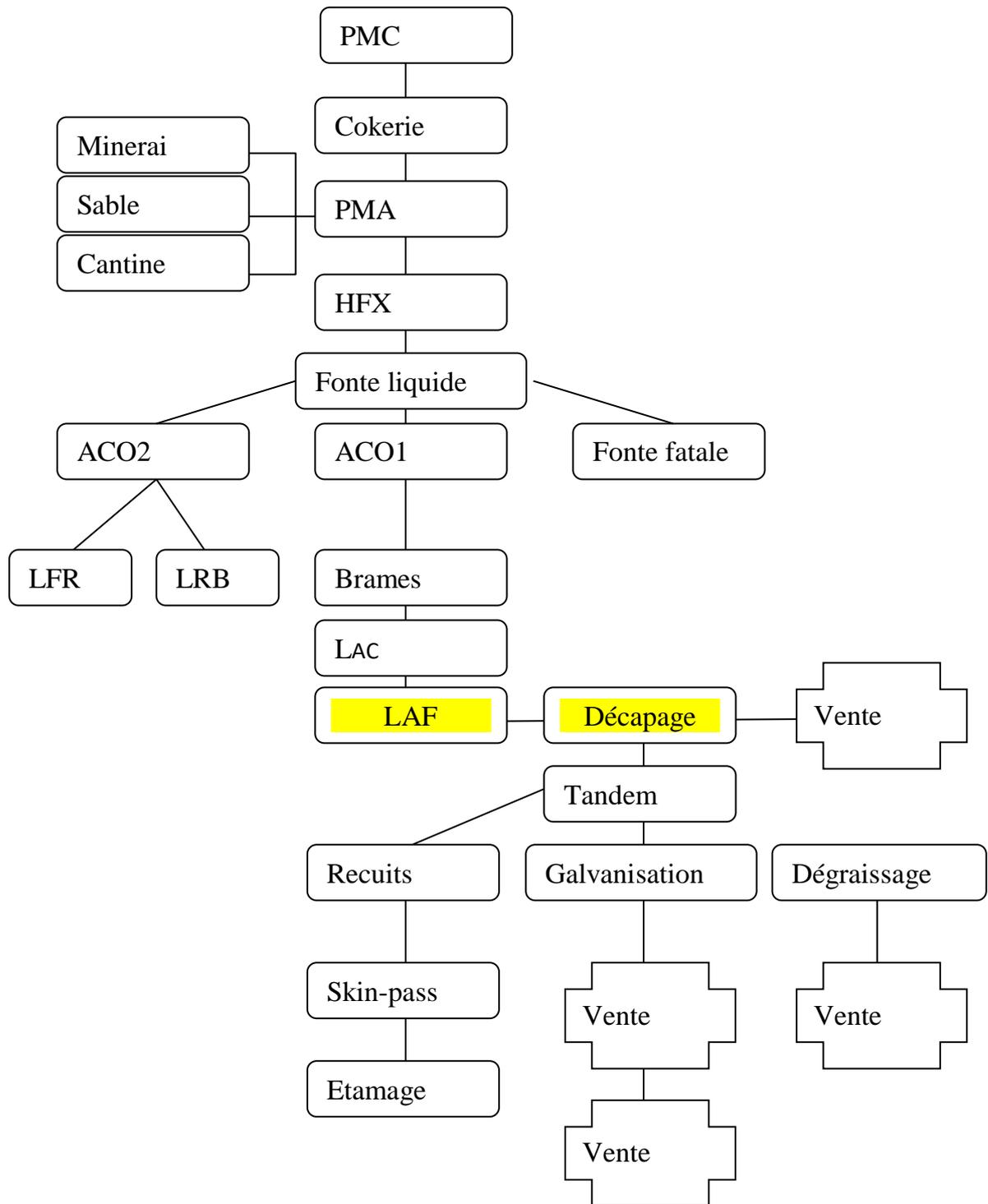


Fig4 : Organigramme du complexe sidérurgique d'El-Hadjar

I.5 les travaux des unités du SIDER EL-HADJAR.

Tab1 : Travaux des unités du SIDER EL-HADJAR.

Les unités	Les travaux
Cokerie	Production du coke
Unité de la préparation matière et aggloméré (PMA)	Production de l'aggloméré
Hauts fourneaux (HFX)	Production de la fonte liquide
Aciérie à oxygène (ACO1 et ACO2)	Acier liquide ACO1 : Brames ACO2 : Billettes
Aciérie électrique (ACE)	Acier liquide, billettes et lingots
Laminoir à chaud (LAC)	Bobines
Ateliers de traitement de surface	Ateliers de traitement de surface
Laminoir à fil et rond (LER, LRB)	Fil machine et rond à béton
Unité de terberie sans soudure (TSS)	Tubes casing et pipeline
Ateliers de construction (ATC) (AMM)	Maintenance
Laminoir à froid (LAF)	Bobines, bobines galvanisée, TN 40 galvanisée

I.6 Présentation du laminoir à froid (LAF)

Le laminoir à froid est une suite d'opération qui suite celle du laminage à chaud, et a pour but d'obtenir des rôles conformes au point de vue dimensionnel, aspect de surface caractéristique mécaniques selon les demandes du client :

Ont été entre différents écoulements selon le type de produit. Après avoir subi tout le cycle, les produits finis sont regroupés et expédiés par camions aux wagons, et cette unité se compose de plusieurs lignes les quelles : Tampon, décapage, dégraissage, skin-pass I et II.

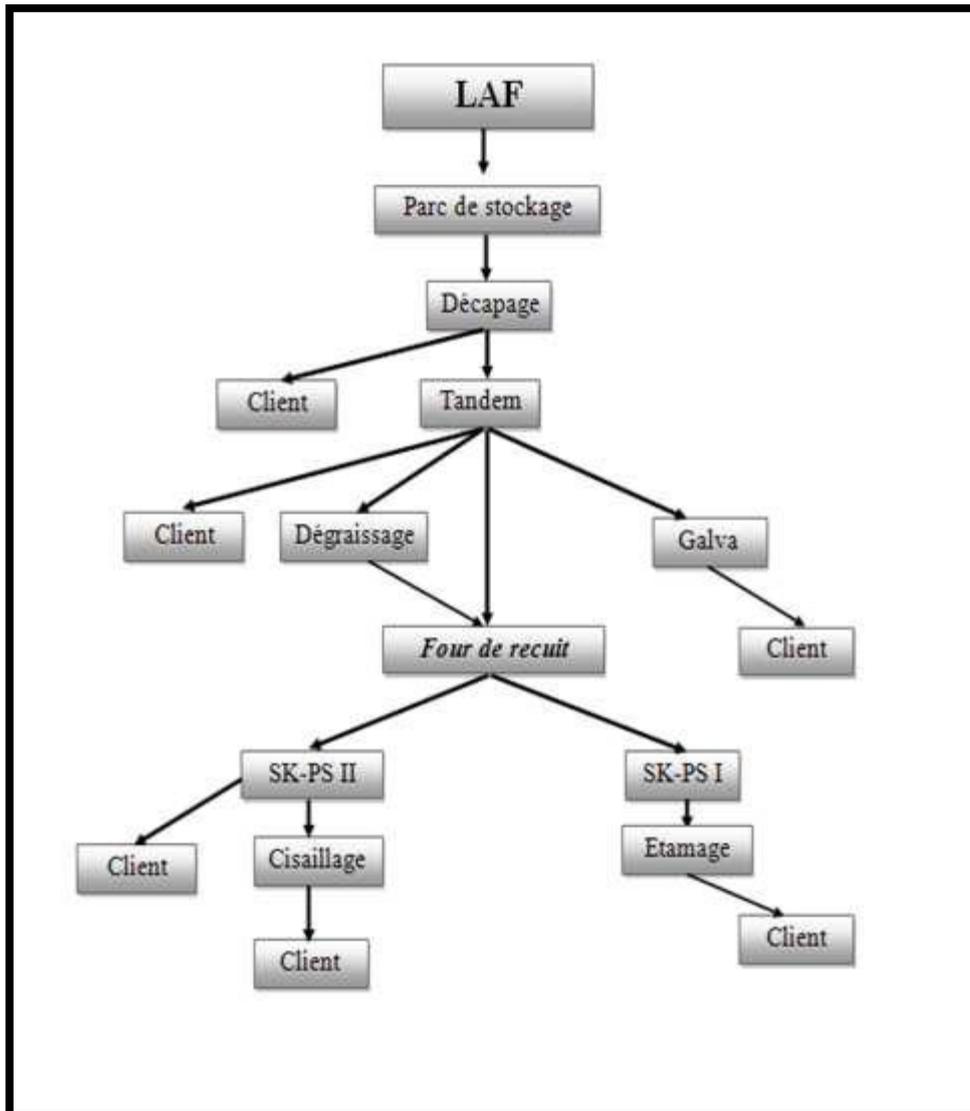


Fig5 : Organigramme du laminoir à froid

I.6.1 Processus technologique

En raison de la difficulté à obtenir des bobines à épaisseurs très hachées (inférieures à 1,5 mm) par le laminage à chaud et à éliminer l'oxydation superficielle de l'acier en contact avec l'air, l'atelier LAF a été conçu pour résoudre efficacement ces problèmes. Son objectif est de produire des tôles adaptées en termes de dimensions (largeur et épaisseur), d'aspect de surface, de caractéristiques mécaniques et de qualité interne du métal. Le laminoir à froid est équipé pour la production de fer blanc, de tôles fines et de tôles galvanisées. (5)

Les différentes sections qui constituent le LAF sont :

✓ **Ligne de décapage :**

La ligne de décapage reçoit les bobines du laminoir à chaud et pour rôle : de décalaminer mécaniquement et chimiquement, de planer, de cisailer les rives.

✓ **Ligne tandem :**

Le tandem reçoit les bobines venant du décapage et a pour rôle de laminier la tôle jusqu'à l'épaisseur finale désirée, il traite principalement les bandes pour l'obtention de tôle fines et de tôles galvanisées.

✓ **Ligne de dégraissage :**

La ligne de dégraissage reçoit les bobines du réversible et tandem. Son rôle est de dégraisser la bande de toutes imprégnations d'huile de laminage. Ce dégraissage est du type électrolytique avec solution alcaline.

✓ **Le skin-pass I :**

Le Skin-pass I reçoit les bobines venant des bassins de recuit et a pour rôle d'effectuer un écrouissage superficiel sur la tôle destinée principalement au fer blanc.

✓ **Le skin-pass II :**

Le skin-pass II reçoit les bobines venant des bassins de recuit et a pour rôle d'effectuer un écrouissage superficiel sur la bande destinée principalement à la tôle fine.

(6)

I.7 Présentation de laboratoire centrale :

DMQE (direction métallurgie qualité environnement) : C'est un laboratoire contenant toutes les analyses en relation avec le complexe sidérurgique, et Contrôle de qualité (Matière première /PMA- produit semi fini/ACO1, ACO2- produit fini /LAC, LAF, LRB). Cette structure est divisée en plusieurs départements comme suite :

- Département chimie (laboratoire d'huiles, **laboratoire de l'eau** ; laboratoire de Matière première et Analyse spéciale)
- Département métallurgie (laboratoire mécanique et laboratoire métallurgique).
- Département relation clientèle (service clients)

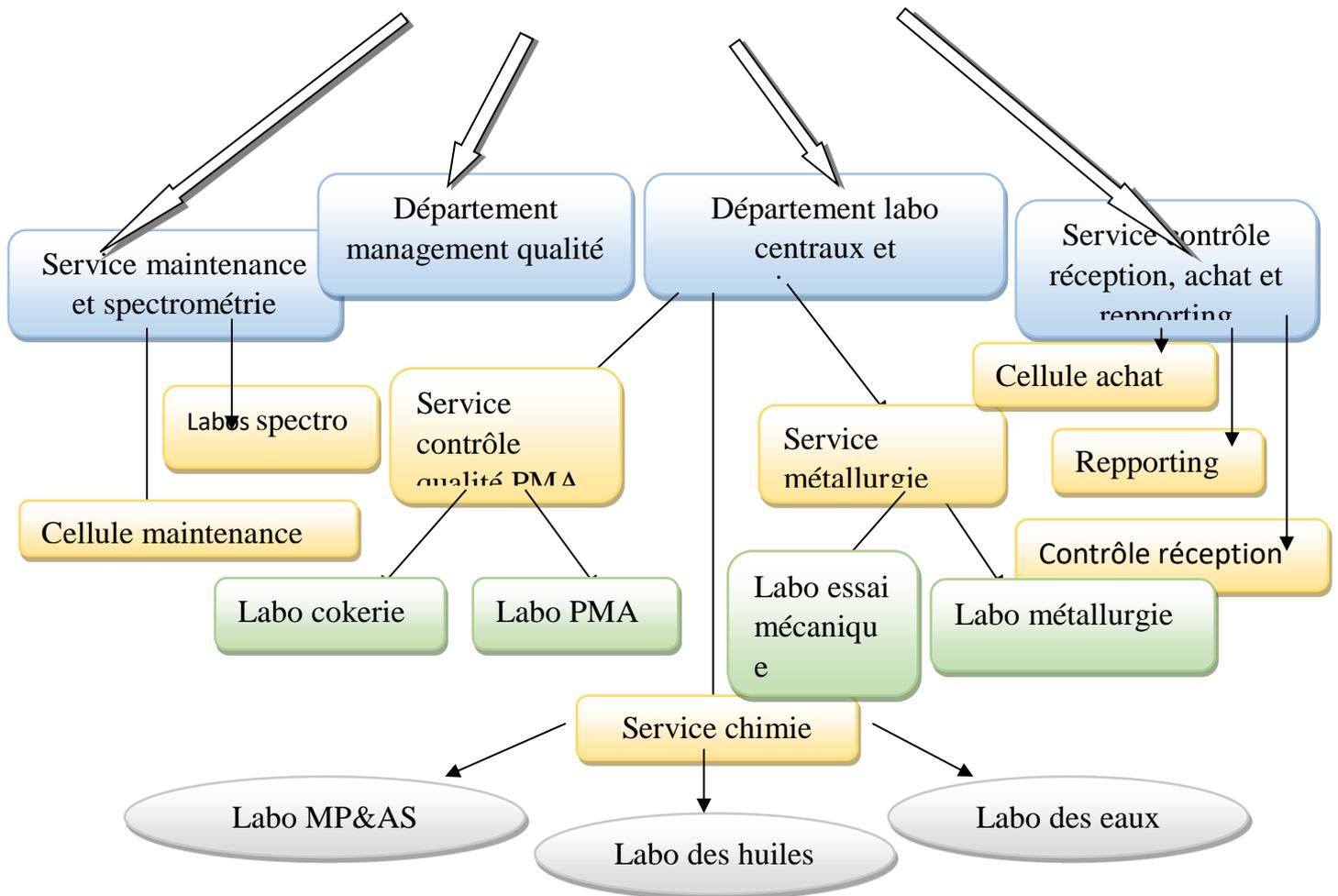


Fig6 : Organisation du laboratoire central

➤ **Laboratoire des eaux**

Le rôle du laboratoire des eaux est de faire les analyses physico-chimiques

Pour les unités d'exploitation de l'entreprise Sidéré El-Hadjar a fin de préservé les installations.

I.8 Synoptique de la station de la neutralisation SIDER EL-HADJAR

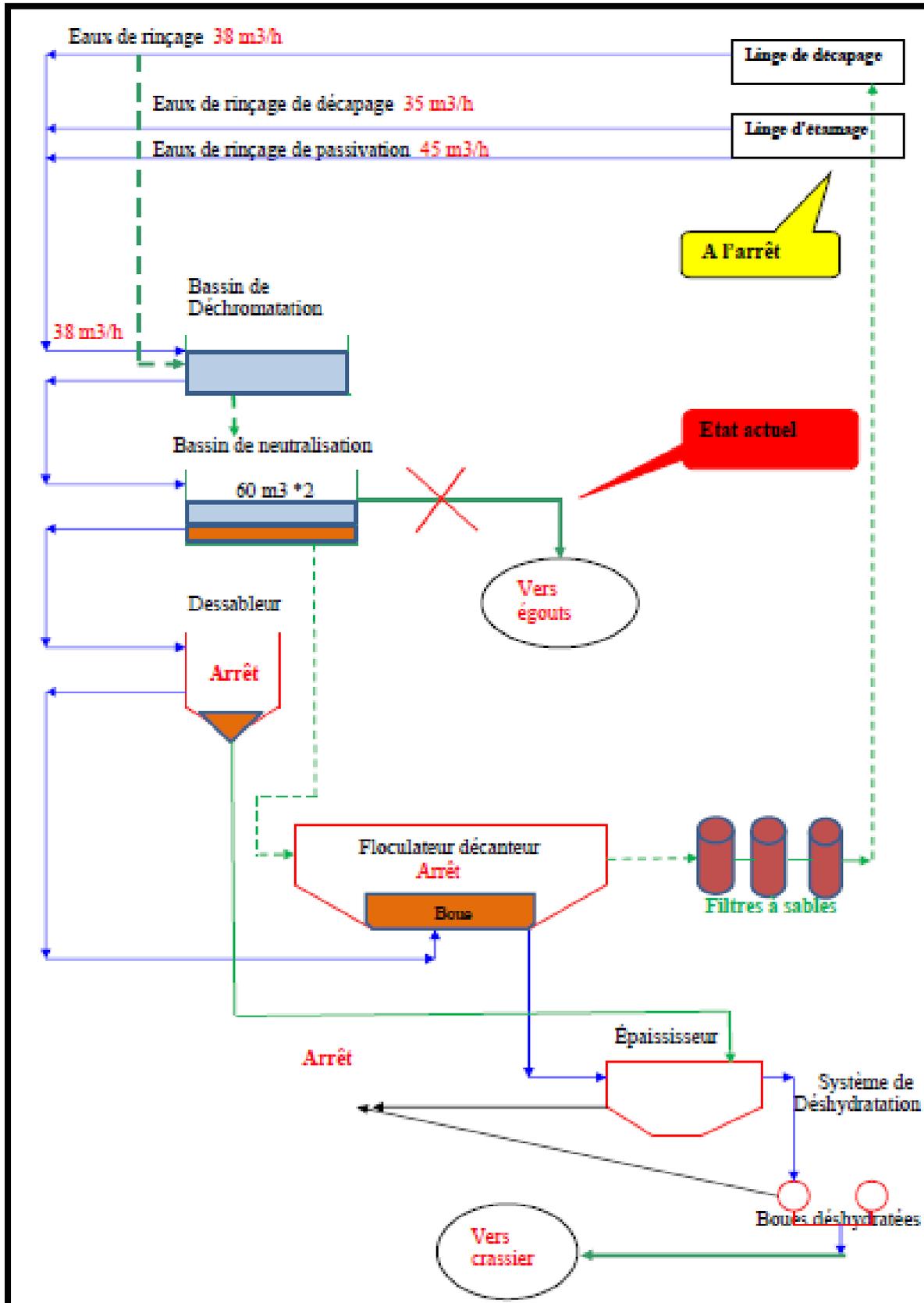


Fig7 : Présentation de la station de neutralisation au niveau du LAF

CHAPITRE II : Les effluents du l'unité LAF (Sider El-hadjar) et leurs traitements

II- Les effluents du complexe sidérurgique (LAF) et leurs traitements

II.1- Définition

Les effluents sidérurgiques sont des flux d'eaux usées ou de liquides résiduels qui sont générés dans le cadre des activités de production et de transformation de l'acier et qui sont évacués de l'installation sidérurgique. (7)

II.2- Origine des effluents sidérurgiques

Les Complexes Sidérurgiques utilisent de grandes quantités d'eau pour divers processus, tels que le refroidissement, le lavage des gaz de combustion et le traitement des matières premières. Les eaux usées résultantes de ces activités contiennent des métaux lourds (Zn, Cu, Fer, Ni, Cr, Hg...), des produits chimiques utilisés dans le traitement du métal, des substances organiques, déshuiles, des graisses, des acides des bases, des hydrocarbures, substances toxiques (composés organiques volatils (COV), des substances aromatiques, des cyanures, des sulfures, etc.) et d'autres contaminants. (8)

II.3- Les effluents issus du laminoir à froid

Les effluents issus du laminoir à froid font référence aux flux d'eaux usées ou de liquides résiduels qui sont générés lors des opérations de laminage à froid. Ces effluents sont produits lors du processus de refroidissement, du rinçage des produits laminés, du nettoyage des équipements, ainsi que du traitement des surfaces. Ils contiennent des différents types de contaminants, tels que des particules solides, des résidus de métaux, des lubrifiants, des agents de refroidissement, des produits chimiques utilisés pour le traitement de surface, des huiles et des graisses. (9)

II.3.1- les paramètres physico-chimiques

II.3.1.1- Les paramètres physiques

- **Température**

La température est définie comme étant la mesure de la chaleur ou de l'agitation thermique dans une substance, telle qu'un liquide ou un gaz. Cette mesure est généralement exprimée en degrés Celsius ou Fahrenheit. (10)

Lors du laminage à froid, l'eau est souvent utilisée pour refroidir les produits laminés et les équipements. Cette eau de refroidissement peut ensuite devenir une partie des eaux usées du laminoir à froid. La température des eaux usées dépendra donc de la température initiale de l'eau de refroidissement et de la quantité de chaleur transférée pendant le processus de refroidissement. Elle peut également être influencée par d'autres facteurs, tels que les opérations de rinçage utilisées pour éliminer les résidus ou les contaminants des produits laminés. Si de l'eau chaude est utilisée pour ces opérations de rinçage, cela peut entraîner une augmentation de la température des eaux usées. (11)

- **Turbidité**

La turbidité est une mesure de la quantité de matières en suspension dans l'eau qui peut interférer avec le passage de la lumière à travers l'eau. La turbidité peut être mesurée en NTU, FNU ou d'autres unités de mesure similaires. Plus la turbidité est élevée, plus le liquide est trouble ou opaque, ce qui peut affecter son aspect, sa transparence et sa capacité à laisser passer la lumière. (12)

- **Couleur**

Les eaux usées du laminoir à froid (SIDER) ont une couleur brunâtre en raison des particules solides, des résidus de métaux et des contaminants présents. Cependant, il est important de savoir que la couleur spécifique des eaux usées peut être influencée par plusieurs facteurs, tels que la composition chimique des produits laminés, les agents de refroidissement utilisés, les lubrifiants et les traitements de surface. (13)

- **Débit :**

Le débit des eaux usées du laminoir à froid est la quantité d'eau usée qui est générée par l'installation pendant une période donnée. Ce débit dépend de plusieurs facteurs, tels que la capacité de production du LAF, les opérations de refroidissement et de rinçage, ainsi que les procédés de nettoyage et de traitement des surfaces. Il est exprimé en m³ par heure ou en m³ par jour. (14)

- **Les matières en suspension**

Les matières en suspension forment la majeure partie des polluants hydriques rejetés pendant la production de l'acier. Elles se composent principalement d'oxydes de fer provenant de la calamine, mais peuvent également contenir du charbon, des boues activées, des hydroxydes métalliques et d'autres matières. (15)

- **Odeur :**

Les eaux usées du laminoir à froid dégagent une odeur désagréable, telle qu'une odeur de produits chimiques, de matières organiques en décomposition. Cela peut être dû à la présence de contaminants, de résidus de lubrifiants, de particules métalliques ou d'autres substances qui se retrouvent dans l'eau de processus. (16)

- **Conductivité :**

La conductivité est la mesure de la capacité d'un matériau à transmettre un courant électrique. Elle dépend de facteurs tels que la température, la pression et la concentration des ions présents dans la solution. Elle est exprimée en unités de siemens par centimètre (s/cm) ou en microsiemens par centimètre ($\mu\text{s/cm}$). (17)

II.3.1.2- Les paramètres chimiques

- **Demande chimique en oxygène**

La DCO est la quantité totale d'oxygène (exprimée en milligrammes par litre) consommée par la réaction d'oxydation chimique de toutes les substances organiques et inorganiques oxydables présentes dans l'eau. Elle mesure indirectement la pollution organique spécifique présente dans l'eau. (18)

- **Le pH**

Le pH est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité d'une solution aqueuse. Il est défini comme le logarithme négatif de la concentration en ions d'hydrogène (H^+) de la solution. Plus la concentration en ions d'hydrogène est élevée, plus le pH est basique, et plus elle est faible, plus le pH est acide. Un pH neutre est de 7. (19)

- **Oxygène dissout**

L'oxygène dissout est un oxygène qui est présent sous forme dissoute dans l'eau. Ce phénomène se produit naturellement dans les océans, les lacs, les rivières... La quantité d'oxygène dissout dans l'eau dépend de plusieurs facteurs, notamment la température de l'eau, la pression atmosphérique, le niveau de pollution et le taux de photosynthèse des plantes aquatiques. (20)

- **Les métaux lourds**

La concentration de métaux lourds tels que le fer, le zinc, le cuivre, le nickel, le plomb, le chrome et le cadmium qui sont présents dans les effluents sous forme de particules ou des ions dissous dans l'eau en raison de l'utilisation de produits chimiques et de la manipulation de métaux lors du processus de production. (21)

- **Les huiles et les graisses :**

On peut trouver des huiles et des graisses dans les eaux usées à la fois sous forme soluble et insoluble. La plupart des huiles lourdes étant insolubles, il est relativement facile de les éliminer. Elles émulsionnent cependant au contact de détergents ou d'alcalis ou en cas d'agitation. Les huiles en émulsion font traditionnellement partie du laminage. Si on excepte l'altération de la couleur des eaux de surface, la plupart des composés aliphatiques huileux sont sans danger en petites quantités. (22)

II.3.2- Impact sur l'environnement

Les effluents provenant du laminage à froid ont divers impacts sur l'environnement. Voici quelques-uns des impacts potentiels associés à ces effluents :

- **Température :**

Les variations excessives de la température dans les milieux récepteurs peuvent altérer l'écosystème et perturber l'équilibre biologique des populations piscicoles. Elle peut également affecter la solubilité des produits chimiques, la vitesse de réaction chimique, la croissance des bactéries ainsi que la densité et la viscosité de l'eau. (23)

- **PH :**

Le pH de l'eau peut avoir un impact significatif sur les organismes aquatiques, car il peut affecter la solubilité des minéraux et des nutriments nécessaires à leur survie. Les

organismes aquatiques ont des tolérances de pH spécifiques, ce qui signifie qu'ils ne peuvent pas survivre dans des conditions trop acides ou trop basiques. (24)

- **MES :**

La plupart de MES ne sont pas toxiques dans un environnement aquatique à des niveaux normaux de rejet ; leur présence à des concentrations plus élevées peut cependant entraîner une altération de la couleur des cours d'eau, un appauvrissement en oxygène et un envasement. (25)

- **DCO :**

Les micro-organismes présents dans l'eau utilisent l'oxygène pour décomposer les matières organiques (MO). Si la DCO est élevée, cela signifie qu'il y a beaucoup de MO à décomposer, ce qui peut épuiser les niveaux d'oxygène dans l'eau, cela peut entraîner une mortalité accrue des poissons et d'autres organismes aquatiques, car ils ne peuvent pas survivre dans des environnements à faible teneur en oxygène. De plus, lorsque la DCO est élevée, cela peut également indiquer la présence de polluants toxiques (produits chimiques industriels ou des métaux lourds). Ces polluants peuvent être dangereux pour les organismes aquatiques et peuvent également s'accumuler dans la chaîne alimentaire, affectant finalement la santé humaine. (26)

- **Oxygène dissout :**

Lorsque la teneur en oxygène dissous est trop faible, cela peut entraîner une hypoxie, voire une anoxie, dans l'eau. Cela peut se produire en raison de la pollution, de la prolifération d'algues ou de la décomposition de matières organiques dans l'eau. Les effets de l'hypoxie et de l'anoxie peuvent être graves pour les organismes aquatiques, provoquant une mortalité accrue et des perturbations de l'écosystème. (27)

- **Turbidité :**

La turbidité peut être associée à des problèmes tels que la prolifération d'algues, la contamination bactérienne ou l'accumulation de sédiments. Elle peut également affecter la qualité de l'eau en utilisant la quantité de lumière et d'oxygène disponible pour les organismes aquatiques ; en augmentant la température de l'eau et en limitant l'oxygène disponible pour les organismes aquatiques. (28)

- **Métaux lourds :**

Les métaux se trouvent naturellement dans les milieux aquatiques. Cependant, si leurs concentrations présentent les niveaux usuels, cela peut avoir des conséquences néfastes sur la santé humaine et les écosystèmes. Il convient de se montrer particulièrement attentif à ces préoccupations automobiles, à la différence de nombreux polluants organiques, ces métaux lourds ne se dégradent pas biologiquement pour donner des produits ultimes inoffensifs. Au contraire, ils s'accumulent dans les sédiments et les tissus des poissons et autres organismes aquatiques. De plus, lorsqu'ils réagissent avec d'autres polluants tels que l'ammoniac, les composés organiques, les huiles, les cyanures, les alcalis, les solvants et les acides, leur potentiel peut être amplifié. (29)

- **Les huiles et les graisses :**

Les composés gras aromatiques monohydriques peuvent cependant être toxiques. De plus, certains composants des huiles peuvent contenir des toxiques comme les diphényles polychlorés, le plomb ou d'autres métaux lourds. En plus du problème de la toxicité, la demande chimique et biologique en oxygène des huiles et autres composés organiques risque d'appauvrir la teneur de l'eau en oxygène et d'affecter ainsi la faune et la flore aquatiques en réduisant la demande chimique et biologique en oxygène. (30)

II.4- Les normes de rejets industriels :

Les normes de rejet industriel sont des règles et des réglementations établies par les gouvernements ou les organisations pour limiter la quantité et la qualité des polluants et des déchets que les industries peuvent rejeter dans l'environnement. (31)

- **Normes internationales :**

Tab2 : Normes de rejets internationaux selon OMS

Caractéristiques	Unités	Valeurs limites
PH	/	6,5-8,5
DBO₅	Mg/l	30
DCO	Mg/l	90

MES	Mg/l	20
NH₄⁺	Mg/l	0,5
NO₂⁻	Mg/l	1
NO₃⁻	Mg/l	1
P₂O₅⁻	Mg/l	2
Température	°C	30
Couleur		Incolore
Odeur		Inodore

➤ **Normes Algériennes :**

Tab3 : Normes Algériennes

Paramètres	Unité	Valeurs limites
PH	/	6,5-8,5
DBO₅	Mg/l	30
DCO	Mg/l	120
MES	Mg/l	35
Azote total	Mg/l	30
Phosphate total	Mg/l	10
Furfural	Mg/l	50
Hydrocarbures	Mg/l	10
Plomb	Mg/l	0,5
Fer	Mg/l	3
Température	°C	30

II.5- Traitement des effluents industriels

Pour minimiser les impacts des effluents de laminage à froid, il est essentiel de mettre en place des systèmes de gestion des effluents efficaces, comprenant la collecte, le traitement et l'élimination appropriés des effluents. Les technologies de traitement des eaux usées, telles que les stations d'épuration et les systèmes de filtration sont utilisées pour réduire la pollution des effluents avant leur rejet dans l'environnement. Les réglementations environnementales strictes visent également à limiter les rejets industriels et à promouvoir des pratiques plus durables et respectueuses de l'environnement dans l'industrie sidérurgique. (32)

II.5.1- Les différents Procédés de traitement des effluents du LAF :

Le traitement des eaux provenant du laminoir à froid est essentiel pour minimiser l'impact environnemental et assurer la conformité aux normes de qualité de l'eau. Voici quelques étapes du traitement des eaux dans laminoir à froid :

II.5.2- Prélèvement des eaux :

Les eaux utilisées dans le processus de laminage à froid sont collectées pour être traitées ultérieurement. Cela peut inclure les eaux de refroidissement, les eaux de lavage ou les eaux de rinçage.

II.5.3- Séparation des solides :

Les eaux du laminoir à froid contiennent des particules solides, telles que des résidus métalliques ou des débris provenant du processus de laminage. Des techniques de séparation, telles que la décantation, la filtration ou la centrifugation, sont utilisées pour éliminer ces solides et obtenir une eau plus claire. (33)

II.5.4- Traitement physico-chimique (34):

Des méthodes physico-chimiques sont appliquées pour éliminer les contaminants dissous ou en suspension, neutraliser le pH et précipiter les métaux.

- **La neutralisation :**

Lors du décapage, l'eau va être en contact avec l'acide sulfurique (H_2SO_4) ce qui va entraîner la chute du pH. Pour neutraliser cette eau, le complexe sidérurgique EL-HADJAR (LAF) utilise la méthode de décarbonatation à la chaux en mélangeant la chaux avec de l'eau pour fabriquer lait de chaux ($Ca(OH)_2$) puis ils vont ajuster le pH en dossant l'eau à traiter par une pompe doseuse, cela va précipiter les métaux ou coaguler les particules afin de faciliter leurs éliminations.

- **Les matières en suspension :**

Les matières en suspension sont réduites par le phénomène de coagulation et floculation en ajoutant de coagulants tels que $FeCl_3$, $FeSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$

- **Métaux lourds :**

Étant donné que les eaux de laminage à froid contiennent des métaux lourds, des techniques spécifiques de traitement, telles que la précipitation, l'adsorption ou l'électrocoagulation, sont appliquées pour éliminer ou réduire la concentration de ces métaux.

La méthode utiliser pour la précipitation de métaux lourds niveau du LAF (SIDER EL HADJAR) est la précipitation. Cette méthode consiste à introduire des réactifs chimiques qui réagissent avec les métaux lourds pour former des précipités insolubles. Ces précipités peuvent ensuite être séparés du liquide par les procédés filtration ou décantation.

Voici quelques réactifs chimiques utilisés pour provoquer la précipitation des métaux lourds :

- ✓ Hydroxyde d'ammonium (NH_4OH)
- ✓ Hydroxyde de calcium ($Ca(OH)_2$)
- ✓ Hydroxyde de sodium ($NaOH$),
- ✓ Sulfure de sodium (Na_2S)
- ✓ Sulfate de sodium (Na_2SO_4)
- ✓ Carbonate de sodium (Na_2CO_3)

II.5.5- Traitement biologique :

Dans certains cas, des procédés biologiques peuvent être utilisés pour dégrader les substances organiques présentes dans les eaux de laminage à froid. Les bioréacteurs à

boues activées ou d'autres systèmes biologiques peuvent être mis en place pour favoriser la dégradation microbienne des contaminants organiques. (35)

II.5.6- Contrôle et surveillance :

Tout au long du processus de traitement, des mesures régulières sont effectuées pour surveiller la qualité de l'eau traitée. Cela peut inclure des analyses physico-chimiques, microbiologiques et des tests de conformité aux normes environnementales.

II.5.7-Traitement des boues (36) :

Il existe diverses étapes dans le processus de traitement des boues, comprenant la séparation physique des composants solides et liquides, la stabilisation des boues, leur désinfection ainsi que leur élimination ou leur utilisation finale.

➤ Hydratation :

Cette étape vise à éliminer l'excès d'eau des boues pour réduire leur volume. Les techniques utilisées comprennent la centrifugation, la filtration sous pression, la filtration sur bande et la dessiccation thermique.

➤ Stabilisation :

Les boues peuvent être traitées pour réduire leur caractère organique et leur potentiel de fermentation. Cela peut être réalisé par des processus de digestion anaérobie ou aérobie, qui décomposent les matières organiques et réduisent les odeurs.

➤ Désinfection :

Si les boues contiennent des micro-organismes pathogènes, il est nécessaire de les désinfecter pour empêcher la propagation de maladies. Des méthodes telles que la chloration, l'ozonation ou l'utilisation de rayonnement ultraviolet peuvent être utilisées pour la désinfection.

➤ Élimination finale :

Une fois que les boues ont été traitées, elles doivent être éliminées de manière appropriée. Les options courantes comprennent l'incinération, l'enfouissement en décharge, l'épandage sur des terres agricoles ou l'utilisation comme amendement du sol.

II.6-Conclusion :

Ces chapitres ont permis de développer une étude littéraire mais essentielle à la suite de notre étude qui est analytique que nous avons prise en charge pour contrôler la qualité d'eau de rejets en question.

Chapitre III : LES METHODES ET MATERIELS

III. Méthode et Matériels

Généralement, les paramètres analysés peuvent être : organoleptiques (goût, couleur, odeur, turbidité, etc.), physico-chimiques (pH, température, DCO, MES, etc.), toxiques (métaux lourds, etc.), microbiologiques (bactéries, virus, parasites) et les pesticides. Cependant, nous n'avons analysé que quelques paramètres physico-chimiques tels que le pH, le fer, les matières en suspension (MES) et la demande chimique en oxygène (DCO). Nous n'avons pas pu analyser les autres paramètres en raison de contraintes de temps, de coût et de techniques non disponibles. Le tableau ci-dessous récapitule toutes les méthodes et les appareils utilisés lors de notre stage.

Tab4 : Méthodes et appareils

Paramètres	Unités	Appareil	Méthode d'analyse
Température	°C	Thermomètre	Thermométrie à immersion
pH	-	pH-mètre	Potentiométrique
MES	mg/l	Spectrophotomètre	Gravimétrique
DCO	mg/l	Photomètre multi paramètre	Volumétrique
Fe	mg/l	Spectrophotomètre	Spectrophotométrique

III.1 Présentation de point de rejets

Pour bien évaluée le degré de la pollution hydrique au niveau du laminoir à froid, un inventaire des points de rejet a été effectué, pour but de déterminé les points de rejet de cette unité.

Les résultats de cet inventaire en bien montré qu'il y a un seul point de rejet vers égout, présenté par les eaux de rinçage de la ligne de décapage.



Fig8 : Point de prélèvement

III.2 Echantillonnage

Pour préserver l'intégrité de l'échantillon et d'obtenir des résultats précis, il est crucial de respecter des protocoles appropriés lors de la collecte d'échantillons d'eau. Voici quelques étapes essentielles à prendre en compte :

- Le choix du site
- Les conteneurs d'échantillonnage
- Les techniques de prélèvement
- La préservation de l'échantillon



Fig9 : Bouteilles pour analyse physico-chimique

III.3 Prélèvement

Nous avons effectué 8 prélèvements durant les deux semaines de notre stage au point unique de prélèvement (ancienne station de neutralisation du laminoir à froid). Nous avons collecté les échantillons dans des flacons en plastique afin de les faire analyser au laboratoire central de SIDER EL HADJAR (laboratoire de l'eau). Avant de leur utilisation, les bouteilles sont préalablement nettoyées et étiquetées avec la date, l'heure et le lieu de prélèvement.

Sur le terrain, les bouteilles sont d'abord rincées deux à trois fois avec de l'eau distillée, puis avec l'eau à analyser. Ensuite, elles sont remplies avec l'échantillon prélevé à l'aide d'une perche, à une profondeur de 20 à 30 cm sous la surface de l'eau.

Pendant cette période, il est essentiel d'éviter toute altération des caractéristiques des échantillons tels que la teneur en gaz, la contamination biologique, etc.

Il est primordial de réduire au maximum le temps de transport des échantillons jusqu'à leur arrivée au laboratoire. Les échantillons doivent être maintenus à une température comprise entre 4°C et 6°C afin de préserver leur intégrité.



Fig10 : La perche utilisée à l'échantillonnage

Tab5 : Chronique des prélèvements et paramètres à analyser

Point du prélèvement	Date du prélèvement	Paramètres analysés
Station de neutralisation	-le 2/04/2023 -le 03/04/2023 -le 04/04/2023 -le 06/04/2023 -le 09/04/2023 -le 11/04/2023 -le 13/04/2023 -le 16/04/2023	pH, MES DCO Fer Température

III.4 Paramètres analysés

III.4.1 Potentiel d'hydrogène

Le pH est une mesure importante en traitement de l'eau car il peut affecter la solubilité des minéraux et des substances organiques dans l'eau, ainsi que l'efficacité des processus de demandes et de traitement. (37) (38)

- **Méthode d'analyse**

Rincer la cuve et l'électrode du PH mètre d'abord avec de l'eau distillée, immerger l'électrode dans l'échantillon et faire la lecture directement après la stabilisation de pH au pH mètre. Le protocole et le mode opératoire sont détaillés dans l'annexe.

- **Appareillage :**

- Des échantillons à tester ;
- De l'eau distillée (pour rincer l'électrode) ;
- Des essuies pour essuyer l'électrode ;



Fig11 : Un pH-mètre contient deux électrodes (électrode de mesure et de référence) ;
Multi paramètre analyseur (CONSORTC832)

III.4.2 Le fer

- **Méthode d'analyse**

Le réactif pour fer Ferro Ver convertit la totalité du Fer soluble et la plus grande partie du Fer insoluble de l'échantillon en Fer ferreux soluble. Le Fer ferreux réagit avec la 1,10 Phénanthroline (indicateur) du réactif pour développer une coloration orange proportionnellement à la concentration de Fer. La lecture est obtenue à 510nm. Les détails du protocole et du mode opératoire sont précisés dans l'annexe.

- **Appareillage :**

- Un spectrophotomètre
- Des réactifs chimiques appropriés pour la réaction de complexation avec le fer (par exemple 1,10-phenanthroline) ;
- Des échantillons à tester ;
- Des solutions étalon de fer de concentrations connues ;
- Des cuvettes en verre ;



Fig12 : Spectrophotomètre modèle HACHLANGEDR5000

III.4.3 La demande chimique en oxygène (DCO)

La méthode d'analyse standard de la DCO consiste à oxyder les échantillons d'eau avec une solution d'acide sulfurique et de dichromate de potassium, à chaud et en présence d'un catalyseur, puis à mesurer la quantité d'oxygène consommée dans le processus. (39)

- **Méthode d'analyse**

La méthode de mesure de la DCO consiste à oxyder les échantillons avec une solution d'acide sulfurique et de dichromate de potassium, à 150°C et en présence d'un catalyseur (sulfate de mercure, sulfate d'argent). Les procédures sont détaillées dans l'Annexe

- **Appareillage :**

- Un réacteur ou un digesteur à DCO ;
- Des réactifs chimiques, y compris ;
- Des échantillons à tester ;
- Un agitateur magnétique (facultatif, selon les besoins) ;
- Un chauffe-ballon ou une plaque chauffante ;
- Un système de titrage (burette) pour mesurer la consommation d'oxygène,
- Un indicateur coloré approprié pour suivre la réaction (par exemple, le sulfate de diphénylamine sulfonate)



Fig13 : photomètre multi-paramètre (HANNAC214) **Fig14** : thermo réacteur

III.4.4- Les MES

La quantité de MES présente dans l'eau peut être mesurée en utilisant des techniques de filtration, de centrifugation ou de sédimentation, et est souvent exprimée en mg/L (milligrammes par litre) ou en ppm (parties par million). La réglementation environnementale prévoit souvent des limites pour la quantité de MES dans l'eau, en fonction de l'usage prévu de l'eau. (40)

- **Méthode d'analyse**

Deux techniques sont actuellement utilisées pour la détermination de MES (Norme AFNOR T90- 105) elles font appel à la séparation par filtration directe ou centrifugation on réserve cette dernière au cas où durée de la filtration dépasse une heure environ. Les détails du protocole et du mode opératoire sont précisés dans l'annexe.

- **Appareillage :**

- Un turbidimètre
- Des cuvettes
- Un agitateur magnétique
- Un échantillon liquide contenant les matières en suspension à mesurer

- Une source de lumière (généralement intégrée dans le turbidimètre)

III.4.5 Température :

Il est important d'avoir une précision adéquate lors de la mesure de la température, car cela a un impact sur la solubilité des sels et des gaz, ainsi que sur la détermination du pH, ce qui permet de comprendre l'origine de l'eau et des mélanges. (41)

- **Méthode d'analyse**

Le principe de mesure de la température de l'eau de rejet repose sur l'utilisation d'un thermomètre. Lors de cette mesure, il est important de veiller à ce que le thermomètre soit correctement positionné dans l'eau afin d'obtenir une mesure précise. Il est également essentiel de prendre en compte des facteurs tels que l'effet de la vitesse du débit d'eau sur la mesure de la température, ainsi que la nécessité de réaliser des mesures répétées pour obtenir une moyenne plus fiable. Les détails du protocole et du mode opératoire sont précisés dans l'annexe.

- **Appareillage :**

- Un thermomètre (par exemple, un thermomètre numérique, un thermomètre à mercure, un thermomètre infrarouge, etc.) ;
- L'échantillon ;
- L'échantillon ;

**Chapitre IV : RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX ,
DISCUSSIONS ET INTERPRETATIONS :**

RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX, DISCUSSIONS ET INTERPRETATIONS

IV. Résultats des analyses des eaux, discussions et interprétations :

Les résultats des analyses des eaux de rejets provenant du laminoir à froid (complexe sidérurgique el hadjar) que nous avons effectué pendant une période de deux semaines, précisément du 02 au 16 avril 2023 sont présentés dans les tableaux suivants :

IV.1 Le potentiel d'hydrogène (pH)

Tab6 : Valeurs de pH des eaux de rejet (LAF) durant la période de stage

La date	Le Potentiel d'hydrogène	La norme
02/04/2023	3.46	6.5-8.5
03/04/2023	2-3	6.5-8.5
04/04/2023	3	6.5-8.5
06/04/2023	3.23	6.5-8.5
09/04/2023	2.86	6.5-8.5
11/04/2023	3.04	6.5-8.5
13/04/2023	3.25	6.5-8.5
16/04/023	2.87	6.5-8.5

Evolution

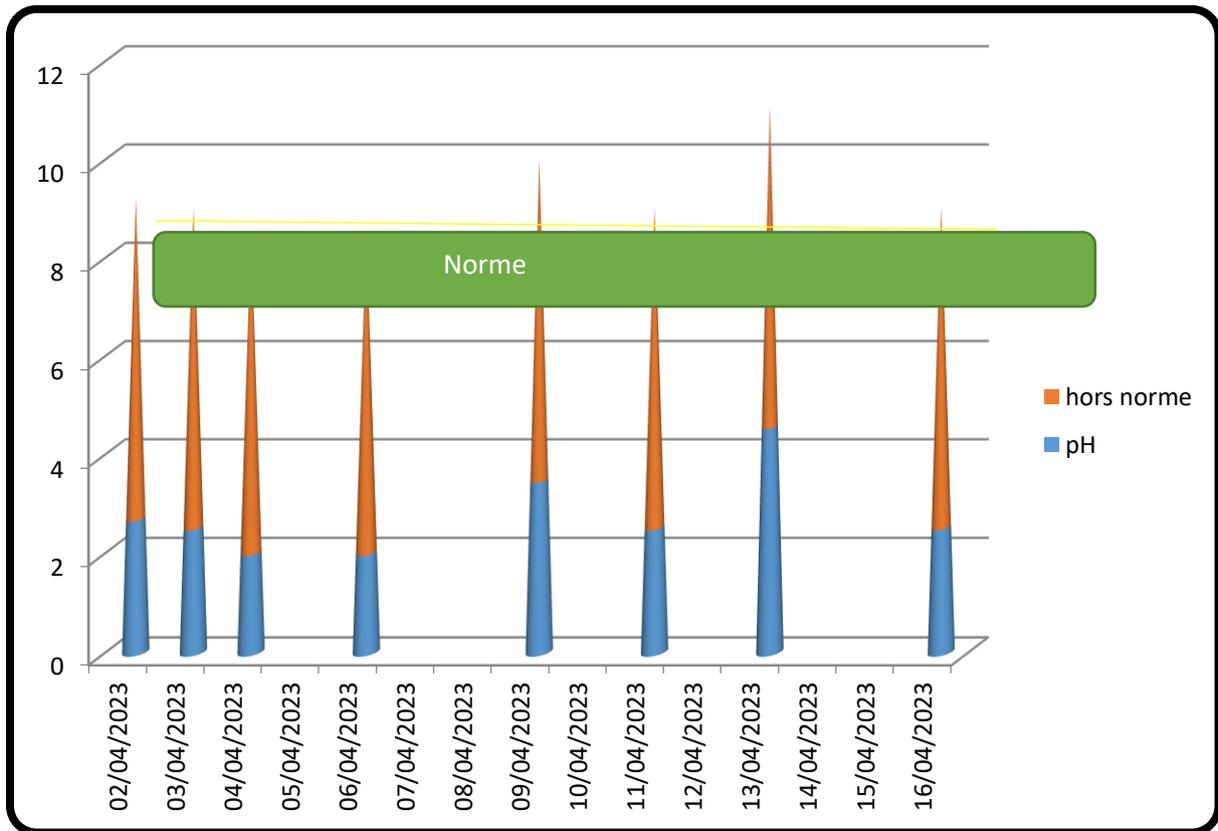


Fig15 : variation de pH durant notre période de stage

Discussions et interprétation :

On constate que le pH est inférieur à la norme (6,5 - 8,5), cela est dû à l'utilisation de l'acide sulfurique (H_2SO_4) lors du décapage chimique, ce qui a entraîné une diminution du pH. De plus, le processus de neutralisation n'est pas stable. Afin de remédier à ce problème, il est nécessaire d'ajuster le pH avant le rejet en installant un système comprenant un réservoir, une solution basique et une pompe de dosage dans le bassin des eaux surveillées.

RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX, DISCUSSIONS ET INTERPRETATIONS

IV.2 Le Fer

Tab7 : Valeurs de Fer des eaux de rejet (LAF) durant la période de stage

Date	Fer (mg/l)	Norme (mg/l)
02/04/2023	18	05
03/04/2023	6,4	05
04/04/2023	3,65	05
06/04/2023	12	05
09/04/2023	16	05
11/04/2023	23	05
13/04/2023	13,6	05
16/04/2023	8,6	05

Evolution

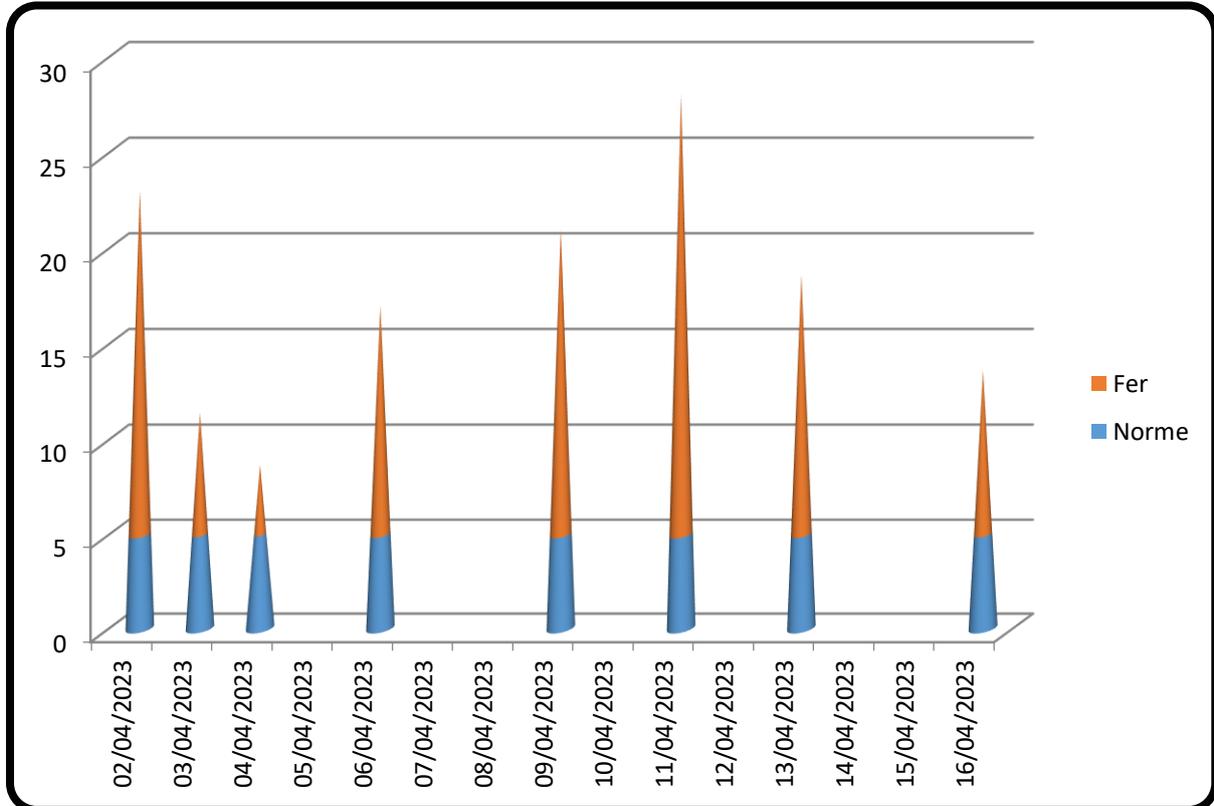


Fig16 : variation de Fer durant notre période de stage

RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX, DISCUSSIONS ET INTERPRETATIONS

Discussions et interprétation :

On constate que la concentration en fer est généralement supérieure à la norme (5 mg/l) en raison du contact direct de l'acide avec le fer, ce qui provoque une dissolution de ce dernier dans l'eau de décapage. De plus, l'absence de traitement de filtration avant les rejets contribue à maintenir cette concentration élevée.

IV.3 Les matières en suspension (MES)

Tab8 : Valeurs de MES des eaux de rejet (LAF) durant la période de stage

La date	MES (mg/l)	La norme (mg/l)
02/04/2023	170	40
03/04/2023	62	40
04/04/2023	370	40
06/04/2023	24	40
09/04/2023	34	40
11/04/2023	23	40
13/04/2023	41	40
16/04/2023	45	40

Evolution

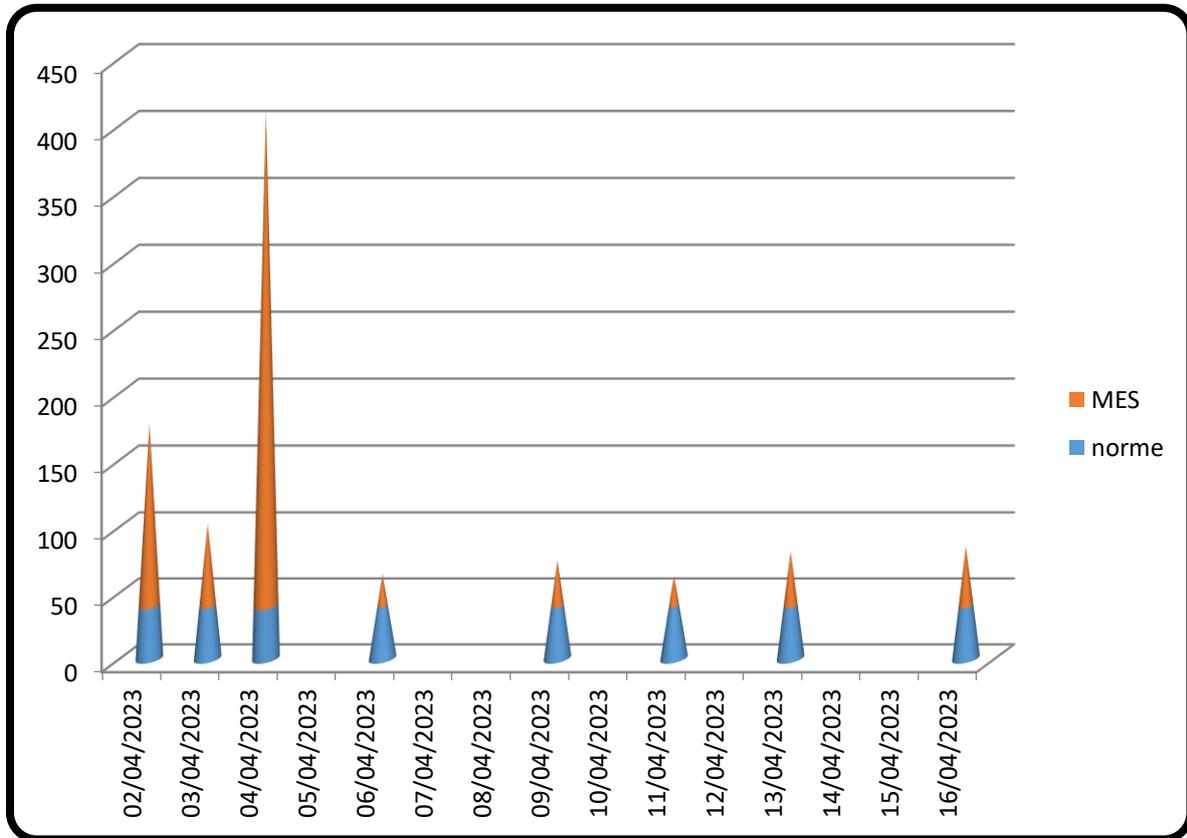


Fig17 : variation de MES durant notre période de stage

Discussions et interprétation :

On constate que la variation des matières en suspension (MES) dans la plupart du temps est inférieure ou proche de la norme (40 mg/l). Cependant, il existe quelques points où des pics de concentration dépassent la norme. Cette situation est causée par la qualité des bobines découpées et à l'absence d'un système de filtration avant le rejet

RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX, DISCUSSIONS ET INTERPRETATIONS

IV.4 La demande chimique en oxygène (DCO)

Tab9 : Valeurs de DCO des eaux de rejet (LAF) durant la période de stage

Date	La DCO (mg/l)	Norme (mg/l)
02/04/2023	999	120
03/04/2023	429	120
04/04/2023	1649	120
06/04/2023	265	120
09/04/2023	236	120
11/04/2023	165	120
13/04/2023	80	120
16/04/2023	343	120

Evolution

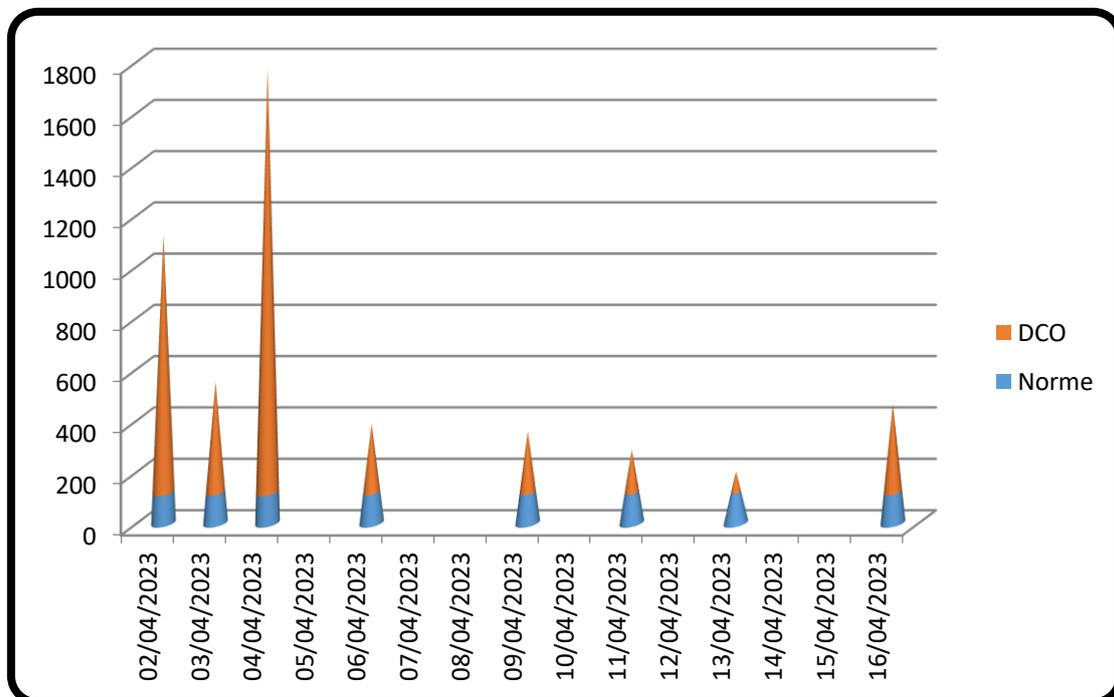


Fig18 : variation de DCO durant notre période de stage

RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX, DISCUSSIONS ET INTERPRETATIONS

Discussions et interprétation :

On observe que la DCO dépasse généralement la norme (120 mg/l) en raison de la présence de matières organiques, ce qui entraîne une augmentation de la demande chimique en oxygène. De plus, l'absence de traitement de décantation des rejets avant leur rejet contribue à cette situation.

❖ Température

Tab10 : Valeurs de température des eaux de rejet (LAF) durant la période de stage

Date	T en °C	Norme (mg/l)
02/04/2023	39	30
03/04/2023	32	30
04/04/2023	29	30
06/04/2023	27	30
09/04/2023	23	30
11/04/2023	30	30
13/04/2023	28	30
16/04/2023	30	30

Ce tableau nous montre que la température de l'eau rejetée dans la plupart du temps est inférieure ou proche de la norme. Cependant, il existe quelques points où les températures dépassent la norme, cette augmentation est due à la réaction exothermique qui se produit entre l'acide sulfurique et la surface décapée. Néanmoins, avec le temps, la température de l'eau rejetée finira par diminuer.

Evaluation :

RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX, DISCUSSIONS ET INTERPRETATIONS

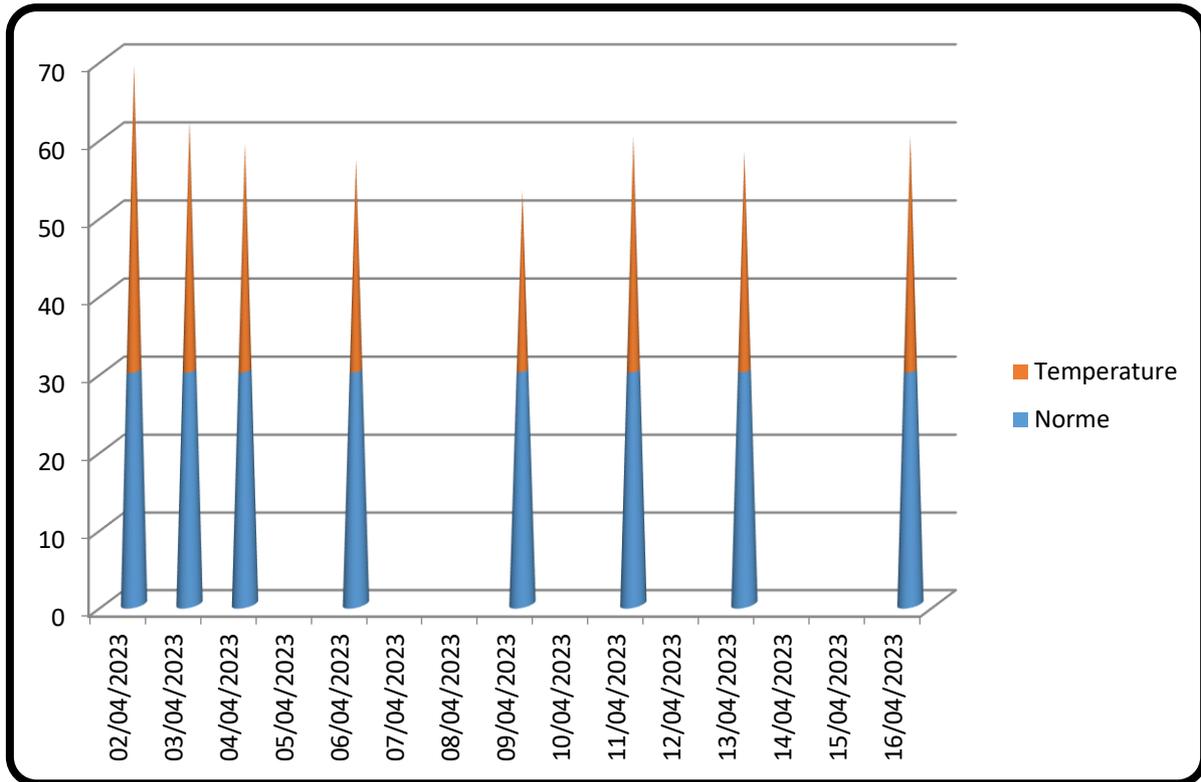


Fig19 : variation de température durant notre période de stage

Conclusion générale :

Le but de notre recherche dans le cadre de ce mémoire était d'examiner les effets possibles des eaux de rejet du LAF (SIDER) sur l'environnement et la santé humaine. Ces études sont menées afin de garantir que les activités industrielles sont conformes aux normes environnementales et aux réglementations en vigueur.

Le laminoir à froid produit différents types de polluants tels que des huiles, des particules métalliques, des agents de lubrification, des métaux lourds et d'autres produits chimiques utilisés dans le processus. Ces substances peuvent être nocives pour l'environnement et la santé humaine si elles sont rejetées directement dans les sources d'eau ou les écosystèmes environnants. Pour minimiser l'impact de ces eaux usées sur l'environnement et la santé humaine, il est essentiel pour l'entreprise de mettre en place une station de neutralisation. La mise en place de cette station de neutralisation permettra donc de traiter les effluents liquides contenant des quantités importantes de polluants et réduira leur impact négatif sur l'environnement.

En effet, les analyses chimiques des paramètres tels que les MES (matières en suspension), le pH et le fer ont révélé des valeurs dépassant les normes de rejets, ce qui met en évidence les effets néfastes du déversement de l'eau dans l'environnement. Pour remédier à cette situation, il est proposé d'ajouter une unité de filtration sur lit de sable à la chaîne de traitement existante. Cette filtration aurait pour effet de retenir les matières en suspension (MES) présentes dans les effluents, tout en réduisant la concentration de métaux tels que le fer. Ainsi, cette unité de filtration permettrait de polir les effluents et d'améliorer leur qualité avant leur rejet dans le milieu naturel.

Pour la demande chimique en oxygène (DCO), nous avons deux propositions : La première consiste à installer un déshuileur soit en amont de la station, au niveau de la canalisation des alcalins concentrés qui contiennent des huiles et des graisses, soit en aval de la station, au niveau du canal de mesure des effluents. La deuxième solution

RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX, DISCUSSIONS ET INTERPRETATIONS

consiste à mettre en place une station de traitement biologique par boues activées en parallèle.

Bibliographie

1. *Contrôle de paramètre physico-chimique des effluents liquides du complexe SIDER EL HADJAR ANNABA au niveau d'Oued Méboudja Mémoire de fin d'études. Département génie des procédés, universités Badji Mokhtar. Inesse, B. Hamza et L. Annaba : s.n., 2020.*
2. *Analyse de la fonction maintenance à l'unité TSS-SIDER ANNABA Mémoire de fin d'études. Département de génie mécanique, universités Badji Mokhtar . BRAHIM, MAHFOUD. Annaba : s.n., 2017.*
3. *Evaluation de la pollution hydrique du complexe SIDEREL- HADJAR étude sur le cas : oued Méboudja Mémoire de fin d'études. Département de Biologie, universités Badji Mokhtar . Houda, H. Chaima et H. Nour El. Annaba : s.n., 2020.*
4. *Evaluation de la pollution hydrique du complexe SIDER EL- HADJAR étude sur le cas : oued Méboudja Mémoire de fin d'études. Département de Biologie, universités Badji Mokhtar . Houda, H. Chaima et H. Nour El. Annaba : s.n., 2020.*
5. *Etude des évolutions des pressions sur la base de l'exploitation de résultats expérimentaux lors du laminage à froid, Département : Métallurgie et Génie des Métaux. ABDELALI, KERROUCHE. 2020.*
6. —. **ABDELALI, KERROUCHE.** 2020.
7. *Les effluents industriels : gestion, traitement, valorisation. Wald, Lucien. 2004.*
8. —. **Wald, Lucien.** 2004.
9. *La sidérurgie. Masaitis, John.*
10. **Kargel, David S. Dickey et Jeffrey D.** *Traitement des eaux de procédé.* paris : Dunod, 2008.
11. **Wald, Lucien.** *Les effluents industriels : gestion, traitement, valorisation.* 2004.
12. **Bertrand-Krajewski, Yves Wyser et Jean-Luc.** *Traitement de l'eau - Technologies physiques et biologiques.* s.l. : Tec et Doc Lavoisier, 2011.
13. **Kent, DM.** *Ecologie des zones humides d'eau douce et estuariennes.* 2019.
14. *dictionnaire encyclopédique de l'eau. f, Ramade.* Paris : Dunod, 2008, Vol. 760.
15. *Traitements des eaux. P, Métivier. F et Moulin.* s.l. : Technip, 2006.
16. **coll, Rodier J et.** *Analyse des eaux : l'eau naturelle l'eau, résiduaire, l'eau de mer.* Paris : Dunod, 2005. Vol. 1383.
17. **Bhattacharya, R. S. Khoiyangbam et S. K.** *Principles of Environmental Science and Technology.* 2018.
18. **Moulin, Gilbert Van Der Voort et Philippe.** *Traitement des eaux : processus physico-chimiques et biologiques.* 2008.

19. **Douglas A. Skoog, F. James Holler et Stanley R. Crouch.** *Principles of Instrumental Analysis, Analytical Chemistry.* 1985.
20. **Agency, U.S. Environmental Protection.** *Dissolved Oxygen.* 2022.
21. **Métivier, F et Moulin, P.** *Traitements des eaux.* s.l. : Technip, 2006.
22. *Traitement des eaux de rejet d'une raffinerie region de bejaia et valorisation de dechet soleicoles. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar. Mizi.A.* Annaba : s.n., 2006, Vol. 163 .
23. **Dickey, DS et Kargel, JD.** *Traitement des eaux de procédé.* Paris : Dunod, 2008.
24. *Différentes filières de traitement des eaux.* **R, SALGHI.** s.l. : ESKA, 2000, Vol. 83-87.
25. **Culp, Claude E. Boyd et WCC.** *Water Quality: An Introduction.* 2011.
26. —. *Water Quality: An Introduction.* s.l. : Springer , 2011.
27. *Oxygène dissous* <https://www.epa.gov/wqc/dissolved-oxygen> . **l'environnement, Agence américaine de protection de.** 2022.
28. **Bertrand-Krajewski, Yves Wyser et Jean-Luc.** *Traitement de l'eau - Technologies physiques et biologiques.* s.l. : Tec & Doc Lavoisier, 2011.
29. **Moulin, Métivier et.** *Traitements des eaux.* s.l. : Technip, 2006.
30. *Traitement des eaux de rejet d'une raffinerie region de bejaia et valorisation de dechet soleicoles. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar. Mizi.A.* Annaba : s.n., 2006, Vol. 163 .
31. *Analyse des eaux, aspect réglementaire et technique.* **F, Rejesek.** France : s.n., 2002, Vol. p 170-195.
32. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations.* **Spellman, Frank R.** 2014.
33. **Lavoie, Michel.** *Pollution industrielle et protection de l'environnement.* 2010.
34. *Système d'aide à la décision pour le traitement des déchets spéciaux.* **B, Debray.** 1977, Vol. p 313.
35. *Water Treatment Plant Design.* **Association, American Water Works.** 2012.
36. **Steyer, Jean-Paul.** *Gestion des effluents liquides industriels.* 2013.
37. **Christian, Crouch ou Gary D.** *Analytical Chemistry" de Gary D. Christian.*
38. **Douglas A. Skoog, F. James Holler et Stanley R. Crouch.** *Principles of Instrumental Analysis.*
39. **Moulin, Gilbert Van Der Voort et Philippe.** *Traitement des eaux : processus physico-chimiques et biologique.* 2008.
40. **Métivier, F et Moulin, P.** *Traitements des eaux.* s.l. : Technip, 2006.
41. **J, Rodier.** *Analyse des eaux : l'eau naturelle, l'eau résiduaire, l'eau de mer.* s.l. : 9eme edition, 2009.

***ANNEXE : DESCRIPTION DES METHODES
ANALYTIQUES EN ETUDE***

Procédure de mesure de la teneur en pH

- Préparer l'appareil de mesure en connectant au réseau électrique
- Allumer le pH-mètre ;
- Retirer la capsule qui protège la sonde de mesure ;
- Rincer la sonde avec l'eau distillée ;
- Vérifier et étalonner le pH-mètre avec au moins deux solutions étalons
- Verser une quantité d'échantillon à analyser dans un bécher ;
- Plonger la sonde de mesure dans le milieu à analyser, agiter l'électrode afin d'éliminer les bulles d'aires emprisonnées et attendre que la lecture se stabilise ;
- Effectuer la lecture du pH

Procédure de mesure de la teneur en MES**Préparation de l'analyse :**

Pour une plus grande précision des résultats, déterminer la valeur du blanc pour chaque nouveau lot de réactifs. Suivre la procédure en remplaçant l'échantillon par de l'eau des ionisée. Retirer la valeur du blanc des résultats finaux ou ajuster la valeur en fonction du blanc. Consulter le mode d'emploi de l'appareil pour plus d'informations sur la section blanc de réactif.

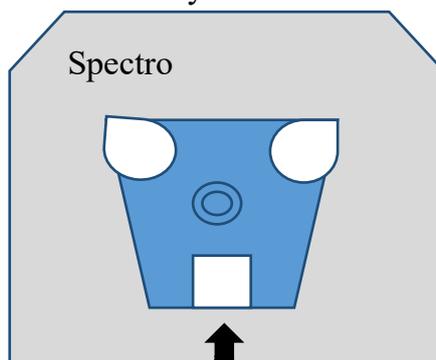
Analysé avec Pochettes de Réactifs :

- ✓ Pochette de réactifs pour fer Ferro Ver (pour 10ml d'échantillon) Ce réactif forme un complexe coloré avec le fer (Fe^{2+}) présent dans l'échantillon, ce qui permet de mesurer la concentration de fer par spectroscopie.
- ✓ Cuves Carrées, 1pouce, 10ml

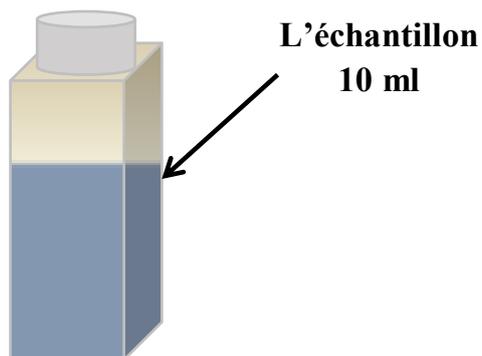
Mode opératoire :



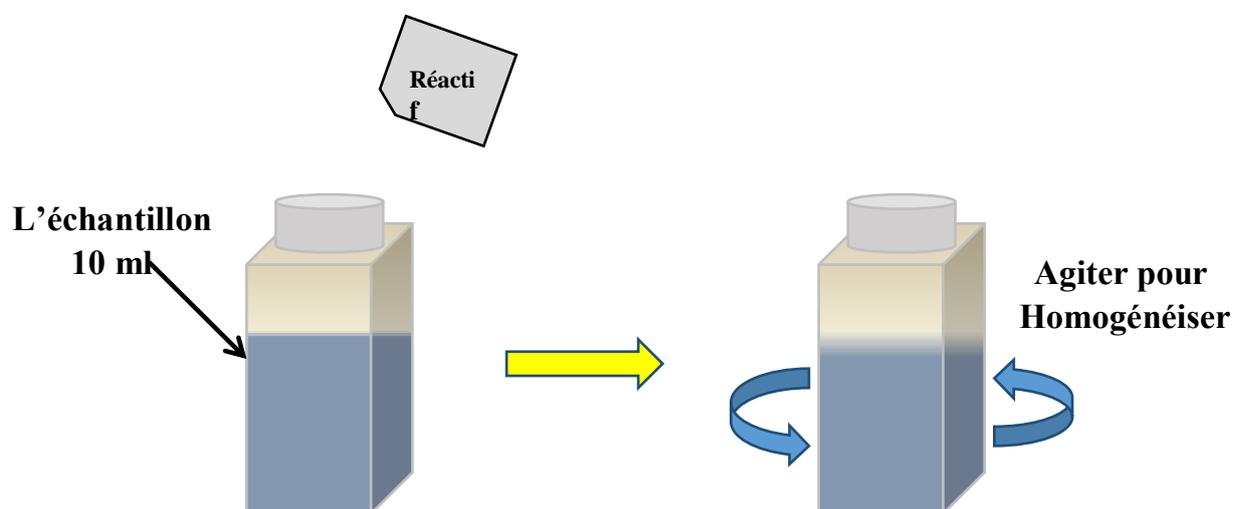
- ✓ Sélectionner le programme d'analyse au *265 Fer*.



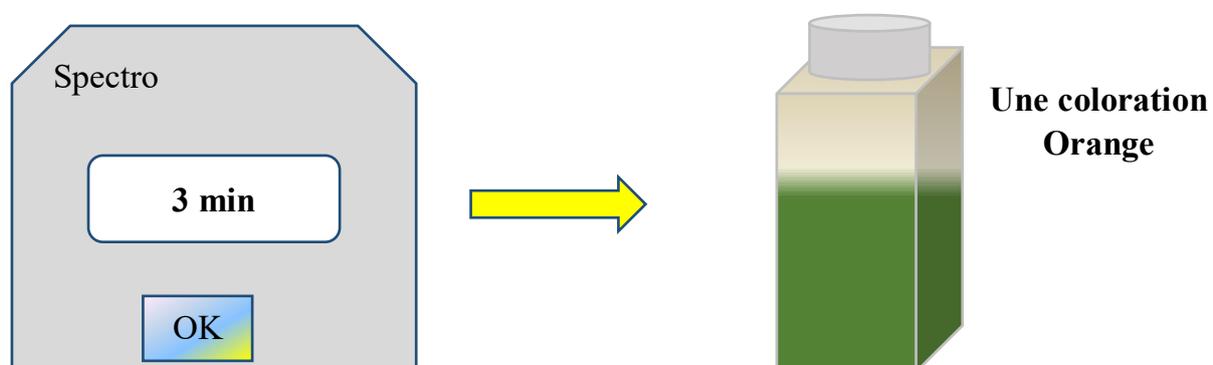
- ✓ Installation le porte cuve multiple de manière que le support de cuve rectangulaire de 1 pouce se positionne face à l'utilisateur. Puis consulter le mode d'emploi de l'appareil pour de plus amples informations sur l'installation.



- ✓ Préparation de l'échantillon : Remplir une cuve carrée de 1 pouce jusqu'au trait de 10ml avec l'échantillon.



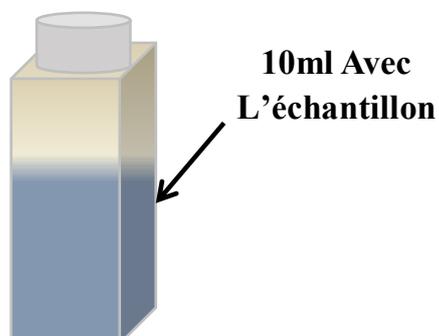
- ✓ Transférer le contenu d'une pochette de réactif pour fer Ferro Ver dans la cuve. Agiter pour homogénéiser. Une coloration Orange apparaitre en présence de Fer.



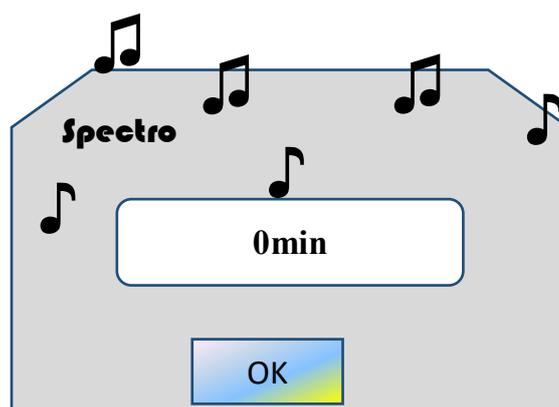
- ✓ Appuyer sur l'icône représentant la minuterie appuyer sur OK.

Une période de réaction de 3min va commencer (laisser réagir les échantillons contenant des oxydes de Fer en suspension pendant au moins 5min).

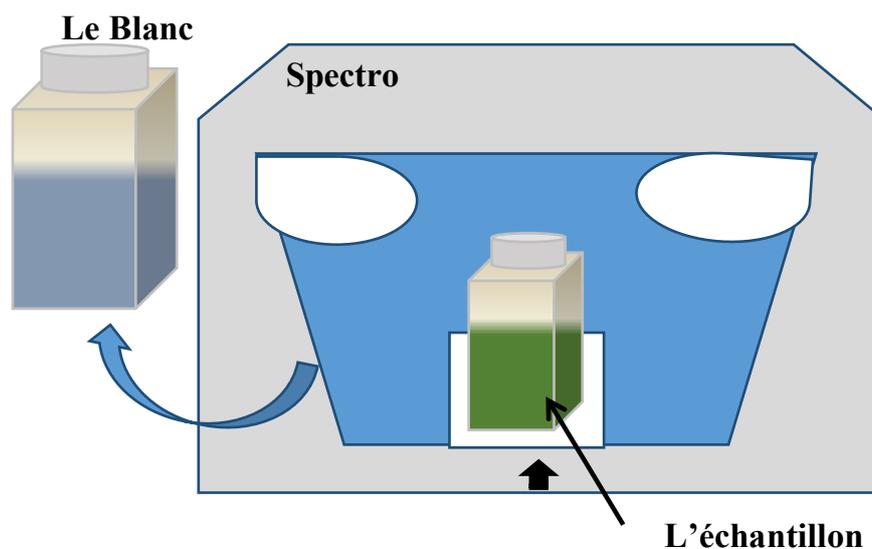
Préparation du Blanc



- ✓ Préparation du Blanc : Remplir une autre cuve carrée de 1pouce jusqu'au trait 10ml avec l'échantillon.



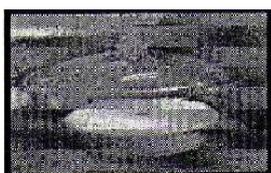
- ✓ Lorsque la minuterie retentit, essuyer l'extérieur du blanc et l'introduire dans le compartiment de cuve avec le trait de remplissage faisant face à l'utilisateur fermer le couvercle.



- ✓ Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de cuve avec le trait de remplissage faisant face à l'utilisateur. Fermer le couvercle. Les résultats sont indiqués en mg/l Fe.
- ✓ Consulter le mode d'emploi de l'appareil pour de plus amples informations sur les modalités de lecture.

Procédure de mesure de la teneur en MES

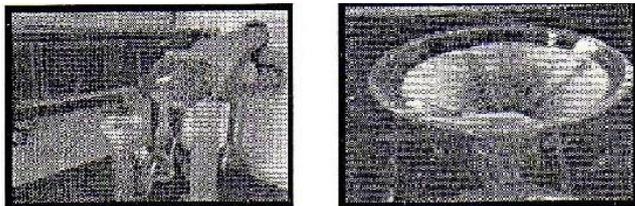
- ✓ Préparation des filtres en les mettant 1h dans l'étuve pour éliminer l'humidité puis le pesé, sera P1.



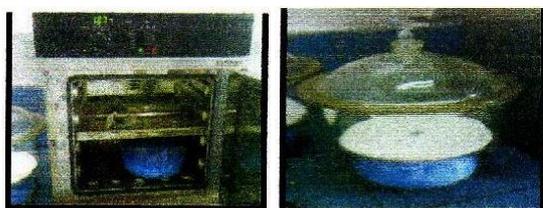
- ✓ Préparer une fiole avec un entonnoir sur lequel on place le filtre prêt à l'utilisation.



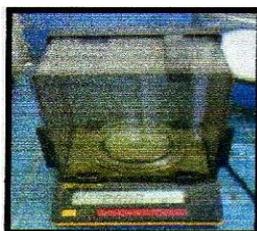
- ✓ Verser l'échantillonnage jusqu'à obtention d'un certain volume supérieur à 100ml dans la fiole gorgée



- ✓ Remettre le filtre rempli de M.E.S dans l'étuve 01h puis 10min dans l'éprouvette pour éliminer le restant d'humidité et le refroidissent du filtre.



- ✓ Faire une deuxième pesée P2



- ✓ Mesurer le volume de l'eau filtré V



- ✓ Calculé par l'équation suivante : $(P_2 - P_1) * 1000 / V$

P₁ : masse de disque filtrant avant l'usage en mg.

P₂ : masse de disque filtrant après l'usage en mg.

V : volume d'eau utilisée en litre.

Procédure de mesure de la teneur en DCO

Réactifs

Les réactifs utilisés pour la mesure de la demande chimique en oxygène (DCO) :

- ✓ Acide sulfurique (H_2SO_4) concentré pour acidifier l'échantillon et favoriser la réaction chimique.
- ✓ Dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) réagit avec les substances organiques présentes dans l'échantillon, provoquant une réduction de la couleur.
- ✓ Solution de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) : Elle est ajoutée pour supprimer les interférences potentielles des halogénures dans l'échantillon.
- ✓ Sulfate de mercure (II) ($HgSO_4$) : Il est parfois utilisé pour inhiber les réactions parasites indésirables.
- ✓ Solution de chlorure de mercure (II) ($HgCl_2$) : utilisée pour stabiliser le pH de l'échantillon.

Méthode d'analyse

- 1) Faire une filtration de l'échantillon pour éliminer la matière en suspension
- 2) Mesurer avec une pipette 2 ml de l'échantillon et faire là couler avec précaution de la pipette, sur le réactif le long de la paroi interne du tube à essai incliné (le tube devient brûlant).
- 3) Boucher hermétiquement le tube
 - lors des opérations suivantes toujours saisir le tube par son Bouchon :
- 4) Mélangez énergiquement le contenu du tube
- 5) Chauffer le tube pendant 120 minutes à $150^\circ C$ dans le thermo réacteur préchauffé
- 6) Retirer le tube brûlant du thermo réacteurs et le laissé refroidir dans un support d'éprouvette (ne pas refroidir à l'eau froide !!)
- 7) Au bout de 10 minutes agiter le tube et le remettre dans son support jusqu'à refroidissement à la température ambiante temps de refroidissement au moins 30 minutes
- 8) Mesurer dans le photomètre multi paramètre

Procédure de mesure de la température

- Préparer l'appareil de mesure en assurant qu'il est propre et en bon état de fonctionnement.
- Positionner bien le thermomètre pour qu'il soit en contact direct avec l'échantillon.
- Attendre pour que la température de l'échantillon stabilise.
- Lecture de la température.
- Enregistrer les résultats