

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 PROCEDES DE L'ENVIRENEMENT

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

Étude de la réutilisation des déchets de production au niveau de Sider

Présenté par : DJABER SARA
KHALFALLAH Khadidja

Encadrant : *Djerad Souad* Professeur Université Badji Mokhtar

Jury de Soutenance :

MOUMENI Ouarda	MCA	Université Badji Mokhtar	Président
DJERAD Souad	Professeur	Université Badji Mokhtar	Encadrant
GUILANE Sarah	MCB	Université Badji Mokhtar	Examineur

Année Universitaire : 2022/2023

Dédicace

Avant tout, je remercie mon bon dieu tout puissant qui nous aidé et donné la santé et le courage pour mener à bien ce travail.

A mes très chers parents

Ce modeste travail est l'exaucement de vos vœux tant formulés et le fruit de tous vos innombrables sacrifices. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A ma très chère mère

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne serais point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon très cher père

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

A mon très cher frère Housseem et mes belles sœurs Ranya et Amina

A ma très très cher grande mère « Fatima » ma formidable qu'elle est toujours exceptionnelle

Que dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout de réussite.

Je dédie aussi mes amis les plus proches et toutes personnes qui me connaisse.

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.



Sarah

Dédicaces

En signe de respect et d'appréciation, je tiens à dédier ce modeste travail à ma cher maman « Jennette », celle qui a le paradis sous ses pieds, et celle qui à été toujours là pour moi dans les moments les plus difficiles de ma vie. Que dieu la garde pour moi

A mon cher papa « Ammar », l'homme qui a illuminé mon chemin avec ses conseils, celui qui m'a élevé sur la vertu et la morale et m'a comblé de sa bonté et tendresse, celui qui a été un bouclier de sécurité contre les vices du temps, celui qui porte le poids de la vie afin que je ne me sente pas privée. Que dieu te donne santé et longue vie.

A mon frère « Abdallah » et à ma chère sœur « Karima » qui donne l'envie pour terminer mes études.



Khadija

Remerciement

En préambule à ce mémoire, qui est un aboutissement à de longues et fastidieuses années d'études universitaire je remercie « ALLAH » le tout puissant de nous avoir aidé et fourni le courage nécessaire, qui nous permis de surmonter les difficultés durant ce parcours universitaire.

On tient à adresser nos profondes extrêmes et gratitudees à tous ceux qui nous aidé, de près ou de loin, à réaliser ce modeste projet.

On tient aussi à remercier notre professeur Mme Djerad d'avoir nous encadrer tout au long de la réalisation de ce projet. Elle a été toujours disponible à l'écoute de nos nombreuses questions, et toujours intéressé par l'avancement de nos travaux.

Nous transmettons nos gratitudees et nos reconnaissances au président et aux membres de jury.

Que toutes personnes qui ont participé à ce projet, de près ou de loin soient pliements remerciés.

Sommaire

Annexe

Liste des figures

Listes d'abréviation et sigles utilisés

Liste des tableaux

Résumé

Introduction générale

Chapitre I: présentation du complexe sidérurgique d'EL HADJAR

1. Historique du complexe
2. Présentation du complexe
3. Activités du complexe
4. Produit du complexe
5. Organisme de la production SIDER
6. Procédure de fabrication de l'acier

Chapitre 2 : les déchets industriels au niveau du SIDER (calamine, poussières de gaz, boue)

1. Généralité sur les déchets

1. Définition des déchets.....
2. Définition le code de l'environnement.....
3. Définition des déchets industriels.....
4. Types des déchets au niveau du complexe SIDER EL HAJAR
5. Résidus et coproduit

1. La calamine

- 1.1. Définition de la calamine.....
- 1.2. Les causes d'apparition de la couche calamine
 - 1.2.1. Le contact avec un milieu oxydant.....
 - 1.2.2. La diffusion.....
- 1.3. La formation de la couche calamine.....
- 1.4. Mécanisme de formation de la couche calamine.....
 - 1.4.1. Structure à chaud.....
 - 1.4.2. Structure à froid
- 1.5. Les unités qui génèrent la calamine.....
- 1.6. Structure chimique de la calamine.....

2. Poussière de gaz.....

- 2.1. Définition générale de la poussière.....
- 2.2. Origine de la poussière.....
- 2.3. Les différents types de la poussière.....
- 2.4. Définition de l'état particulière.....
 - 2.4.1. Poussières d'origine mécanique.....
 - 2.4.2. Poussières d'origine chimique ou thermique
- 2.5. Types de poussière selon la nature de matière

3. La boue

- 3.1. Problématique de la boue industrielle
- 3.2. Définition boue industriel
- 3.3. Caractéristique de la boue
- 3.4. Séchage de la boue

4. Généralité de boue et poussière de gaz de SIDER EL HAJAR

- 4.1. Procède de valorisation des poussières et boues de hauts fourneaux

5. La scorie

- 5.1. Genèse de la scorie LD
- 5.2. Définition de la scorie :
- 5.3. Caractères microscopiques des scories :
 - 5.3.1. Les scories de type I
 - 5.3.2. Les scories de type II
 - 5.3.3. Les scories de type III
- 5.4. Caractéristique de la scorie LD
- 5.5. Domaine d'utilisation des scories

6. Les huiles

- 6.1. Les huiles usagées
- 6.2. Les huiles noires
- 6.3. Les huiles claires
- 6.4. L'origine des huiles usagées

1. Les impacts des déchets sur l'environnement

- 1.1. Impact sur la pollution de l'air
- 1.2. Impact sur la pollution du sol
- 1.3. Impact sur la pollution de l'eau.....

2. Proposition des solutions pour les déchets en stock.....

- 2.1. la gestion durable des déchets.....

CHAPITRE 3 : PARTIE EXPERIMENTALE

- 1. Méthode d'analyse du cou-produits.....
 - 1.1. Méthode FRX.....
 - 1.2. Méthode par voie humide.....
- 2. Mode opératoire d'analyse.....
 - 2.1. Par fusion (méthode indirecte)
 - 2.1.1. Analyse Fe.....
 - 2.1.2. Analyse CaO.....
 - 2.1.3. Analyse MgO.....
 - 2.1.4. Analyse Al₂O₃.....
 - 2.1.5. Analyse MnO
 - 2.1.6. Analyse FeO.....
 - 2.2. Attaque directe (perte de feu)
- 3. Exemple d'analyse chimique de la calamine.....
 - 3.1. Discussion d'analyse.....
- 4. Exemple d'analyse chimique de la poussière de gaz.....
 - 4.1. Discussion d'analyse.....
- 5. Exemple d'analyse de la boue.....
 - 5.1. Discussion d'analyse.....
- 6. Exemple d'analyse de scorie.....
 - 6.1. Discussion d'analyse.....

Conclusion

Liste des figures

- Figure 1 : Situation géographique du complexe
Figure 2 : synoptique du complexe SIDER
Figure 3 : les différentes structures du complexe d'EL HAJAR
Figure 4 : les déchets industriels (impact sur l'aire)
Figure 5 : chemin explique les principales unités qui utilisé les coproduis pour la production de l'acier
Figure 6 : calamine
Figure 7 : évolution de la structure des calamines en fonction du refroidissement de la bobine à chaud
Figure 8 : Schéma d'une bande développée issue d'une bobine à chaud
Figure 9 : les différentes unités qui génèrent la calamine
Figure 10 : la calamine stocké dans la PMA
Figure 11 : boue industriels sider
Figure12 : principales filières de recyclage
Figure13 : vis sans fin pour la séparation de boue (partie lourd)
Figure 14 : jardin de boue
Figure 15 : la scorie
Figure 16 : Un échantillon de scorie d'une poche à acier
Figure 17 : Schémas types des scories et le lien avec le type de four.
Figure 18 : L'huile claire
Figure 19 : L'huile dans les fûts
Figure 20 : Origine des déchets et leur interférence avec l'environnement
Figure 21 : démarche de la gestion durable des déchets
Figure 22 : méthode FRX.
Figure 23 : creuset en graphite.
Figure 24 : filtration dans un fiole.
Figure25 : la plaque chauffante (bain de sable).
Figure 26 : creuset en alumine.
Figure 27 : histogramme de composition de calamine.
Figure 28 : histogramme de composition de PG.
Figure 29 : schéma composition boue.
Figure 30 : histogramme de composition de scorie

Liste des abréviations :

- HF : le haut fourneau ;
ACO1 : acérer en oxygène numéraux 1.
ACO2 : acérer en oxygène numéraux 2.
ACOE : acérer en oxygène électrique.
LAC : laminoir a chaud ;
LAF : laminoir à froid ;
LFR : laminoir a fil et rond ;

LRB : laminoir a rond biton ;
SBS : société bônoise de sidérurgie
SNS : société nationale de sidérurgie
IP : indice de basicité
PMA : Préparation matière première et agglomération
PG : poussière de gaz
TSS : tube son soudure

Liste des tableaux

Tableau 1 : production du complexe
Tableau 2 : activités principales du complexe
Tableau 3 : gestion et classement des déchets
Tableau 4 : gestion de déchet au niveau de l'HF
Tableaux 5 : La composition de calamine
Tableau 6 : Composition gaz HF
Tableau7 : Composition gaz aciéries
Tableau8 : Pouvoir calorifique
Tableau 9 : analyse granulométrique de deux stériles de déférent diamètre
Tableau 10 : perte des huiles aux différentes unités
Tableau 11 : consommation de l'huile au niveau du complexe
Tableau 12 :
Tableau 13 : analyse calamine
Tableau 14 : analyse poussière de gaz
Tableau 15 : Analyse boue
Tableau 16 : analyse scorie
Tableau 17 : exemple d'analyse scorie
Tableau 18 : densité de la scorie

Résumé

La production d'acier s'accompagne de la génération de coproduits solides ou liquides. Ces coproduits sont extrêmement divers (goudron, benzol, laitier de haut fourneau et d'aciéries, calamine, boues, poussières, sulfates ferreux et oxydes de fer de décapage, sulfates d'ammonium, soufre, etc.). Certains de ces coproduits peuvent être recyclés car ils contiennent des pourcentages élevés de métaux permettant ainsi d'économiser les matières premières, l'énergie et de réduire les émissions de CO₂. L'objectif de notre travail est de décrire les différentes catégories des déchets industriels produits au niveau de Sider qui sont recyclés. Il s'agit notamment de la calamine, des poussières de gaz et des boues. Leur compositions riches en fer permet de les réutiliser tels quels comme matières premières.

Mots clés : Acier, Coproduits, Recyclage, Valorisation, Calamine, Boues, Poussières de gaz.

Abstract

Steel production is accompanied by the generation of solid or liquid co-products. These co-products are extremely diverse (tar, benzol, slag from blast furnaces and steelworks, scale, sludge, dust, ferrous sulphates and iron oxides from pickling, ammonium sulphates, sulphur, etc.). Some of these co-products can be recycled as they contain high percentages of metals thus saving raw materials, energy and reducing CO₂ emissions. The objective of our work is to describe the different categories of industrial waste produced at Sider which are recycled. These include scale, gas dust and sludge. Their iron-rich compositions allow them to be reused as such as raw materials.

Keywords: Steel, By-products, Recycling, Recovery, Calamine, Sludge, Gas dust.

ملخص

يصاحب إنتاج الصلب إنتاج منتجات مشتركة صلبة أو سائلة. هذه المنتجات المشتركة متنوعة للغاية (القطران ، والبنزول ، والخبث من الأفران العالية ومصانع الصلب ، والقشور ، والحماة ، والغبار ، والكبريتات الحديدية وأكاسيد الحديد من التخليط ، وكبريتات الأمونيوم ، والكبريت ، وما إلى ذلك). يمكن إعادة تدوير بعض هذه المنتجات المشتركة لأنها تحتوي على نسب عالية من المعادن وبالتالي توفير المواد الخام والطاقة وتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. الهدف من عملنا هو وصف الفئات المختلفة للنفايات الصناعية المنتجة في Sider والتي يتم إعادة تدويرها. وتشمل هذه المقياس وغبار الغاز والحماة. تسمح تركيباتها الغنية بالحديد بإعادة استخدامها مثل المواد الخام.

الكلمات الافتتاحية: الصلب ، المنتجات الثانوية ، إعادة التدوير ، الاسترداد ، كالامين ، الحماة ، غبار الغاز

Introduction générale :

Une combinaison de développement industriel, de pression démographique et d'évolution des modes de production a conduit à une augmentation du volume de déchets industriels qui pose de sérieux dangers pour la santé des citoyens, des écosystèmes, du cadre de vie et de l'économie.

L'industrie en Algérie a une part de responsable majeur dans la pollution globale du pays, notamment l'industrie pétrochimique-chimique-métallurgiques de traitement de mènèrai.

Les déchets industriels SIDER HAJAR se classent généralement en déchets ST ou bien SD connu sous les opérations de traitement effectuées sur les déchets avec leur gestion de traitement sur les déchets industriels, à l'aide de l'invention du complexe SIDER EL HAJAR et ses différents déchets avec leur gestion des déchets et traitement pour minimiser les dangers et la quantité des déchets et maîtriser les risques.

C'est justement ce que nous avons développé dans notre mémoire que nous présentons aujourd'hui, réparai en trois chapitre, en passant par l' historique de complexe SIDER AL HAJAR puis les déférente déchets au niveau du complexe (calamine –poussière des gaz –scorie-boue et les huile) et l'impact de ce déchets sur l'environnement et les personnes pour arriver de cas de traitement et en considérant pour étudier et analyser des déchets de déférente unité du complexe telle que HFX-ACO1-ACO2..... comme site industrielle pour arriver enfin au mesures de prévention adéquates.

Chapitre 1
présentation du
complexe
sidérurgique d'EL
HADJAR

1. Historique

Le projet construction d'une usine sidérurgique à Annaba était inscrit en 1958 dans le plan de Constantine. Ce projet vu la création de la société bônoise de sidérurgie (SBS) qui a été chargé de réaliser un haut fourneau et ces annexes.

1964, création de SNS : après l'indépendance l'état algérien a créée, le 03 septembre 1964 la société nationale de sidérurgie (SNS) qui a été chargé de la construction du complexe sidérurgique d'EL HAJAR

1969, première coulée : le complexe est entré en production après son inauguration le 19 juin 1969 par le président Houari Boumediene

1983, création de EN SIDER : la restructuration de l'industrie Algérienne a donné naissance à l'Entreprise Nationale SIDER

1995, création du groupe SIDER : cette évolution marque le passage de l'entreprise administrée à l'entreprise économique EPE/SPA

1999, création d'ALFASID : un plan de redressement interne du groupe SIDER donne naissance à 25 entreprises industrielle autonomes dont ALFASID qui représenté le « cœur du métier » de la sidérurgie

18.10 ISPAT Annaba le.2001 : un contrat de partenariat entre SIDER et LNM donne naissance à ISPAT Annaba. LNM détient 70% du capital social et SIDER 30%

Cette nouvelle société regroupe les filiales de SIDER liées au métier de base de la sidérurgie qui sont : Alfamid, Almin, Gessit, Iman, Amm, Comersid, Alfataub, Cryosid, et Fersid).

Ispat Tébessa est cée à la mêmepériode. Elle est le résultat d'un partenariat entre LNM (70%) et FERPHOS (30%). Elle comprend les mines de fer d'OUENZA et Boukhadra.

Décembre 2004 Mittal Steel Annaba : la société chand de dénomination après la fusion de LNM holding et ISPAT international.

Juin 2007, ArcelorMittal Annaba : résultat de la fusion entre Mittal stèle et Arcelor.

Aout 2016 : nationalisation de l'entreprise sous l'appellation SIDER EL HAJAR. ⁽¹⁾

2. Présentation du complexe :

Le complexe sidérurgique EL HAJAR est situé à 12 km au sud-est de la ville d'Annaba. Il occupe une surface de 832 Ha dont :

-les ateliers de production sont repartis sur 300 Ha.

-les lieux de stockage occupent près de 232 Ha de la surface.

-l'administration, les services ou les grands bureaux se partagent 200 Ha du reste des matières premières et près de 100 km de route permettant la circulation des engins et les véhicules personnels.

A l'intérieur, il y a près de 60 km de voies ferrées permettent la libre circulation des matières premières et près de 100 km de route permettant la circulation des engins et du véhicules persel.

(2)



Figure 1 : Situation géographique du complexe (2)

Le complexe est alimenté par le minerai e fer par voie ferrée à partir des mines e fer de l'Ouenza et Boukhadra, et le coke est importé de l'étranger à partir du port d'Annaba.

Le complexe dispose d'un réseau commercial composé de 07 points de vente, à travers le pays

Les unités de production du complexe sidérurgique d'EL HAJAR :

- Haut fourneau 1-2
- Unité de préparation de Matières Première Agglomérés PMA
- Aciérie Oxygène 1
- Aciérie Oxygène 2
- Aciérie Électrique
- Laminoir à Chaud
- Laminoir à Froid
- Unité de Galvanisation

Cette entreprise à une capacité de production nominale de 1,2 million de Tonnes de produits sidérurgique.

3. Activités du complexe

Le complexe sidérurgique d'EL HADJAR, principal centre d'activités sidérurgique en Algérie est responsable de l'ensemble des opérations nécessaires à l'exploitation des ateliers et installations existantes.

- Les Ateliers de préparation des matières (minerai, charbon, aggloméré)
- Hauts fourneaux I (HF1), le 19/06/1969
- L'aciérie à oxygène N°1 (ACO1), le 05/06/1972
- Le laminoir à chaud ainsi que la tuberie (TUS)
- Le laminoir à froid (LAF) en 1974
- Le démarrage de la tuberie sans soudure (TSS) et enfin certains ateliers, tels que le HF2, ACO2 et l'agrandissement des anciennes unités tel que l'ACO1

Le programme de complexe vise les objectifs suivants :

- Satisfaction des besoins nationaux.
- Formation personnel.
- Maitrise des nouvelles technologies
- Production ayant un haut niveau d'intégration
- Substitution de la production nationale à l'importation

4. Produit du complexe

Tableau 1 : production du complexe. ⁽¹⁾

Installation	Produits	Principaux utilisateurs
Cokerie	Coke	Métallurgie
HF 1 et HF2	Fonte	Métallurgie
ACO 1	Brames	Industrie de transformation
ACO 2	Billetes	Industrie de transformation
LAC	Tôles fortes	Construction métallique chantiers avales tube bouteilles gaz

LAF	Tôles fines	Electroménager mobilier métallique industrie de transformation
Etamage	Fer blanc	Emballage métallique divers pour les industries alimentaires et chimiques
Galvanisation	Tôles galvanisées	Bâtiments pour l'agronomie industrie et élevage
ACE	Lingots	Recherche et production pétrolière transport des hydrocarbures
LFR	Fil rond à béton	Bâtiment et travaux publics Hydraulique

5. Organigramme de la production

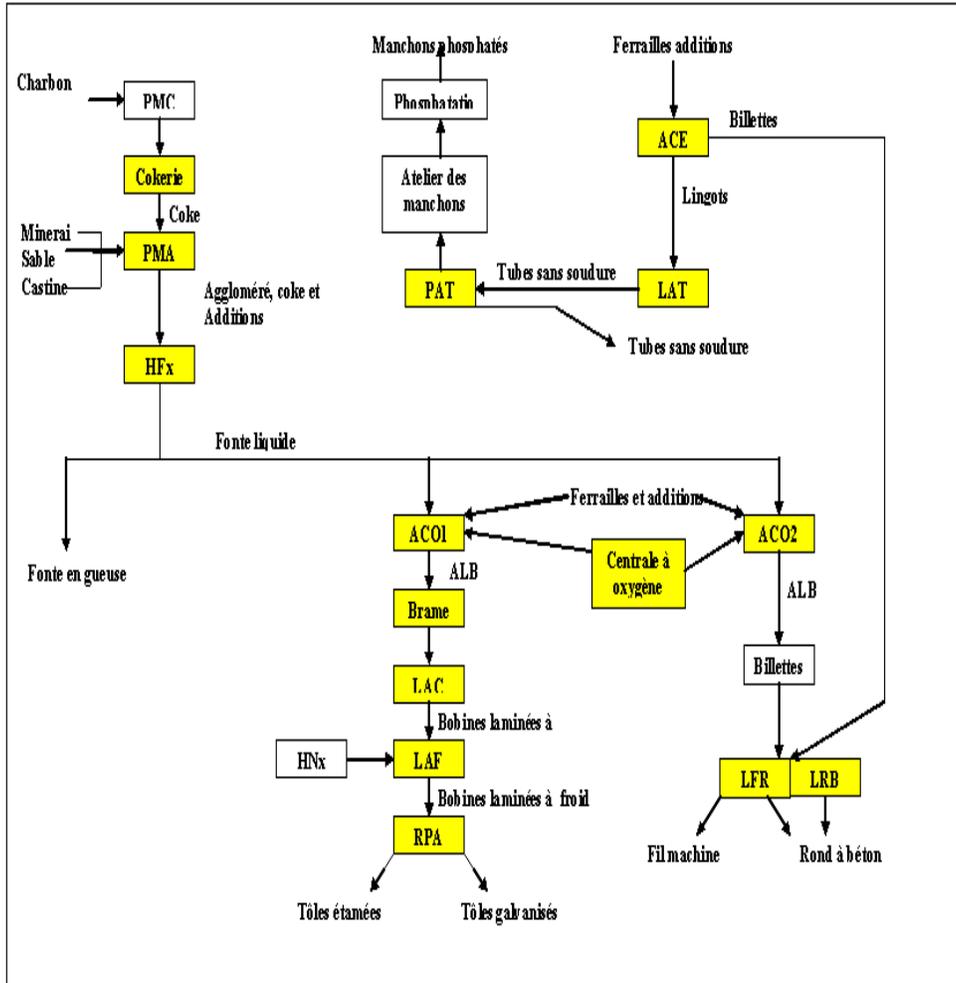


Figure 2 : synoptique de complexe SIDER. (1)

6. Procédés de fabrication de l'acier :

L'acier liquide est fabriqué soit à partir du minerai de fer soit aux ferrailles.

Le minerai de fer plus la chaux doit d'abord concasser et agglomérer.

Dans une cokerie le charbon doit se transformer en coke en le chauffant à l'abri de l'air.

Le minerai de fer et le coke sont réchauffés à très haute température en haut fourneau.

On obtient la fonte liquide au premier coulé et les résidus sont évacuer.

La fonte qui contient une grande teneur en carbone est fini par oxydation dans un convertisseur ou la majeure partie de ce carbone est brûlée, on obtient donc l'acier liquide.

L'acier liquide est ensuite dirigé aux stations d'affinage par la coulée continue, l'acier est mis en forme pour donner des demi produits.

L'acier peut être obtenue à partir de la ferraille dans des fours électriques, elles sont fondues par un arc qui jaillit entre des électrodes.

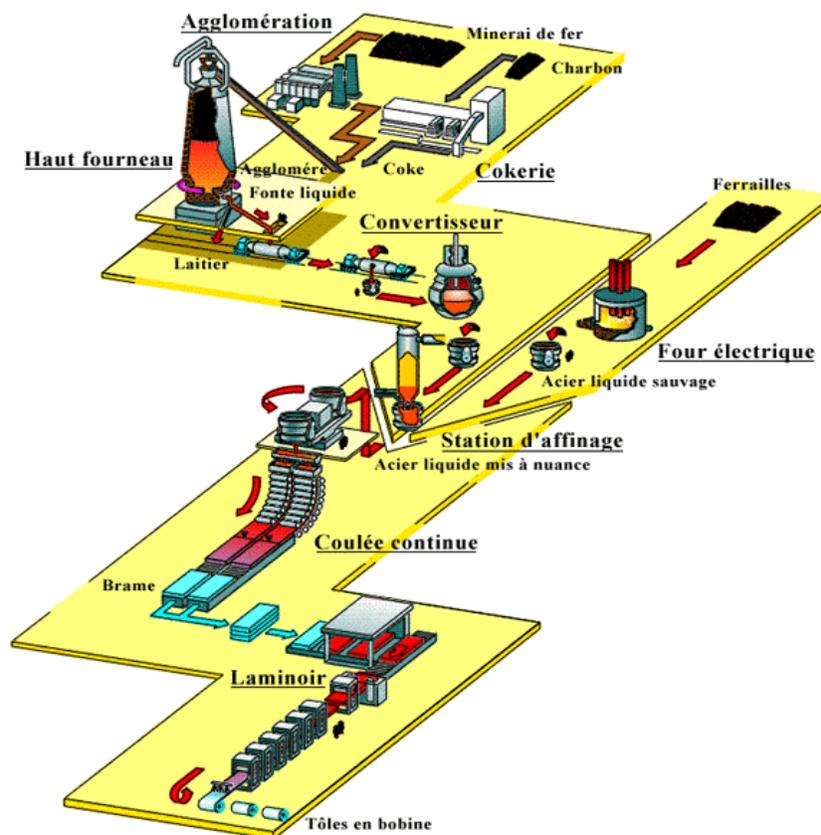


Figure 3 : les différentes structures du complexe d'EL HAJAR. ⁽¹⁾

Chapitre2 : les déchets industriels au niveau de SIDER

Calamine, boues et poussières

1. Généralités sur les déchets

1. Définition du déchet :

« Les déchets sont toutes les résidus d'un processus de production, de transformation et de consommation dont le propriétaire ou de le détenteur à l'obligation de se défaire ou de l'éliminer ».Loi n°01-19 du 12 décembre 2001.

2. Définition code de l'environnement :

Toutes les lois et les directives relatives au droit de l'environnement définissent toutes les mausers applicables pour la réservation des milieux et de la biodiversité.

3. Définitions des déchets industriels :

Il s'agit des déchets produits par les entreprises industriels, commerciales ou artisanales. Ils comprennent des matériaux de natures divers (déchets de fabrication, d'emballages vides, sous-produits de production...



Figure 4 : les déchets industriels (impact sur l'aire).

4. Types de déchet au niveau du complexe SIDER :

Tableau 3 : gestion et classement des déchets

Type de déchets	Compositions chimiques	Critères de dangerosité	Classe du déchet
Eau acidulée (rinçage, décapage)	MES (matières en suspension) Fe, Autre métaux, Huiles et graisses	Dangereuse pour l'environnement	(SD)
Huile d'émulsion usagée huiles hydrauliques	Huile hydrauliques usagées	Toxique	(SD)
Huile moteur, de boîte de vitesses et de lubrification synthétique.	Huile moteur usagée	Nocive	(SD)
Transformateurs à PCB usagés		Irritant toxique cancérogène dangereux pour l'environnement	(SD)
Calamine	FeT, CaO, SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , MnO, FeO		(S)
Poussières métallique d'usinage	Acier forgé allié ; fonte		(S)
Poussières de gaz	Fe, CaO, SiO ₂ , P ₂ O ₅ , FeO.		(S)
Scorie	Fe, CaO, SiO ₂ , MgO, Al ₂ O ₃ , MnO, P ₂ O ₅ , FeO.		(S)
Boues des Aciéries et HFX	Fe, CaO, SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , FeO, MnO, MgO		(S)

Tableaux gestion des déchets Au niveau unités HF :

Tableau 4 : gestion de déchet au niveau de l'HF

Nature	Dénomination interne	Code	Classification selon nomenclature	Classe du déchet	Quantité générée	Type de traitement	Modalités d'élimination
Liquide	Huile de vidange usagée	13.1.8	Autres huiles hydrauliques	(SD) Spécial Dangereux	0,86 t		Valorisation par commercialisation Recyclage en interne
Solide	Transformateurs à PCB usagés	16.2.1	Transformateurs et accumulateurs contenant des PCB.	(SD) Spécial Dangereux	Néant	Pas de traitement	Entreposage intermédiaire

	Brique réfractaire usagée	16.11.4	Autre revêtements de fours et réfractaires provenant de procédés métallurgiques contenant des substances dangereuses.	(S) Spécial	952,34		Valorisation par commercialisation Recyclage en interne
Pâteux	▪ Boue HFx	10.2.9	Boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées autres que ceux visés à la rubrique 10.2.8	(S) Spécial	21870 t		Recyclage en interne
Poussière	Poussière de Gaz	10.2.4	Déchets solide provenant de l'épuration des fumées autre que ceux visés à la rubrique 10.2.3	(S) Spécial	26225 t		Recyclage en interne

Tableaux gestion des déchets Au niveau unités ACO1 :

Tableau 4 : gestion de déchet au niveau d'ACO1

Nature	Dénomination interne	Code	Classification selon nomenclature	Classe du déchet	Quantité générée	Type de traitement	Modalités d'élimination
Liquide	Huile de vidange usagée	13.1.8	Autres huiles hydrauliques	(SD)	2,4 t		Valorisation par commercialisation
Solide	Transformateurs à PCB usagés	16.2.1	Transformateurs et accumulateurs contenant des PCB.	(SD)	1.63 t	Pas de traitement	Entreposage intermédiaire
	Réfractaire usagée	16.11.4	Autre revêtements de fours et réfractaires provenant de procédés métallurgiques contenant des substances dangereuses.	(S)	2422,66 t		Valorisation par commercialisation Recyclage en interne
	Calamine	10.2.5	Battitures de laminoirs	(S)	1617 t		Recyclage en interne
	Pneus usagés	16.1.1	Pneus hors d'usage	(S)	19 pneus		Valorisation par commercialisation
	Scorie.	10.2.1	Déchets de laitier Haut Fournaux et aciéries	(S)	17261 t		Valorisation par commercialisation

	Plaque Lingotière en cuivre usagés+Embouts de lance usagée en cuivre.	17.4.1	Cuivre, bronze et laiton	(S)	7.18 t		Valorisation par commercialisation
	Batteries usagées	16.6.1	Accumulateur en plomb	(SD)	13 batteries		Valorisation par commercialisation
	Busette en graphite usagée.	NC	/	/	3.5 t		Valorisation par commercialisation
	Sable de filtre contaminé	NC	/	/	Néant		Vers crassier interne
Pâteux	Boue Aciérie	10.2.9	Boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées autres que ceux visés à la rubrique 10.2.8	(S)	15487 t		Recyclage en interne
Poussière	Poussière de gaz	10.2.3	Déchet provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses	(S)	Station à l'arrêt		Recyclage en interne

5. Résidus et coproduit :

Résidus (terme ARCELORMITTAL) = déchet + coproduit

Définition d'un coproduit : matière première secondaire résultant d'un processus industriel ou d'extraction dont le but principal n'est pas la production de cette substance mais que l'entreprise ne considère pas comme résidu à mettre au rebut qu'elle a l'intention de valoriser, d'exploiter ou de commercialiser dans des conditions avantageuses, sans aucune transformation supplémentaire avant la réutilisation. ⁽³⁾

Processus sidérurgique et résidus

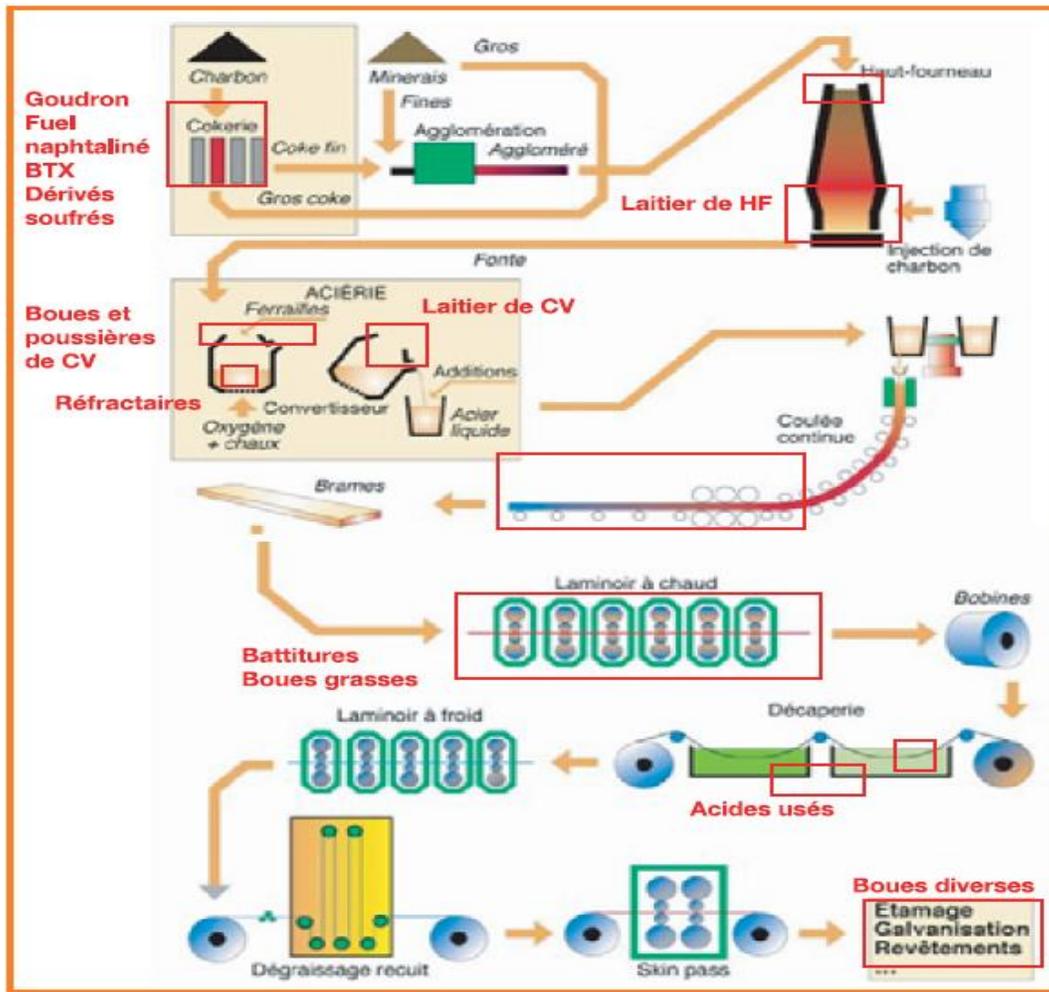


Figure 5 : chemin explique les principales unités qui utilisé les coproduis pour la production de l'acier. ⁽³⁾

2. La CALAMINE

2.1. Définition de la calamine

La calamine est une couche d'oxydes très mince qui se forme à la surface du métal laminé à chaud en contact avec l'air, suite à des réactions d'oxydation de fer avec l'air ou bien avec l'oxygène dissout à l'intérieur du métal.

Les couches de calamine sont formées par la superposition de trois couches d'oxydes la première couche extérieure, la plus oxydée, est constituée d'hématite pure (Fe_2O_3), la couche intermédiaire est formée de magnétite (Fe_3O_4), et la plus épaisse, en contact avec le fer, contient essentiellement de la wüstite (FeO). Si cette couche de calamine reste exposée à un milieu contenant une teneur importante en hydrogène, son hydroxylation devient important et complet, on parle alors de rouille.

La rouille est une couche de couleur brune-rouge qui se forme à la surface du métal lorsque ce dernier est soumis à un environnement fortement oxydant et hydroxydes (l'eau)

Cette couche est composée d'un mélange complet de l'oxyde de fer et l'hydroxyde de fer, ces substances sont formées par une réaction d'oxydation très lente du métal avec le milieu extérieur.⁽⁴⁾



Figure 6 : calamine

2.2. Les causes d'apparition de la couche calamine.

2.2.1. Le contact avec un milieu oxydant

Le fer a une grande tendance à former des oxydes à des températures ambiantes, ce qui donne à la surface de l'acier une grande tendance à former une couche d'oxyde composée de différents oxydes de fer (superposition de trois d'oxyde de fer : l'hématite Fe_2O_3 , la magnétite Fe_3O_4). Avec l'élévation de la température, la vitesse de formation de la couche et son épaisseur deviennent importants. Le milieu oxydant est généralement l'air mais il peut être l'eau dans certains cas ce qui conduit à la formation de rouille.

2.2.2. La diffusion

L'élévation de la température de la tôle en acier conduit à l'apparition de phénomènes de diffusion du fer dans les oxydes de fer et rejet à l'interface métal/calamine de la plupart des éléments d'addition contenus dans l'acier. Un autre problème peut apparaître, qui est la diffusion de l'oxygène dissous dans le réseau de la ferrite pour former des oxydes de fer, des oxydes se forment près de l'interface métal/calamine ce qui rend la couche plus épaisse c'est pour cela que la teneur en oxygène de l'acier doit être bien contrôlée.

2.3. La formation de la couche calamine

▪ Lieu de formation de la couche calamine

Lors de l'élaboration de la tôle en acier à partir de l'acier liquide jusqu'à la bobine, la couche de calamine se manifeste dans plusieurs étapes avec des différentes forme, elle apparait essentiellement dans les zones suivantes :

- **À la sortie de coulée continue**

C'est le premier stade de formation de la couche calamine. Après le refroidissement du métal dans la coulée continue, il sort sous forme des brames, ces brames seront exposées à l'aire avec des températures relativement élevées. C'est la zone dans laquelle la couche commence à se former avec une épaisseur très fine (dans la plupart des cas elle n'est pas apparente). Cette couche par la suite se développera dans les différents procédés de mise en forme pour donner une couche d'oxydes épaisse et apparente.

- **Lors de laminage à chaud**

La zone de laminage est la zone principale dans laquelle la couche de calamine prend sa forme et son épaisseur, la formation de la couche dans cette zone passe par deux stades :

-dans le four de réchauffage une couche de calamine primaire se forme avec une épaisseur variante entre 500mm et 1000mm. Cette couche est partiellement éliminée à la sortie du four.

-a la sortie du dégrossie il y a formation d'une couche de 60mm à 100mm de calamine secondaire, cette couche est éliminée en partie avant l'entrée du train de laminoirs finisseurs. ⁽⁴⁾

2.4.Mécanisme de formation de la couche de calamine

2.4.1. Structure à chaud

La quasi-totalité de la calamine se forme à chaud, au contact de l'air, entre la sortie de la dernière cage du laminoir finisseur et la bobineuse. Lorsque l'épaisseur de cette calamine de base croit, il y a consommation de métal par un mécanisme de diffusion du fer dans les oxydes de fer et rejet à l'interface métal/calamine de la plupart des éléments d'addition contenus dans l'acier

En partant du métal vers l'atmosphère, la calamine sur la bande avant bobinage présente une zone d'interface puis une zone externe composée de la superposition des trois oxydes de fer (figure) : protoxydes FeO essentiellement (environ 2/3 de l'épaisseur), magnétite Fe_3O_4 (moins de 1/3), et un peu d'hématite Fe_2O_3 au contact de l'air. ⁽⁴⁾

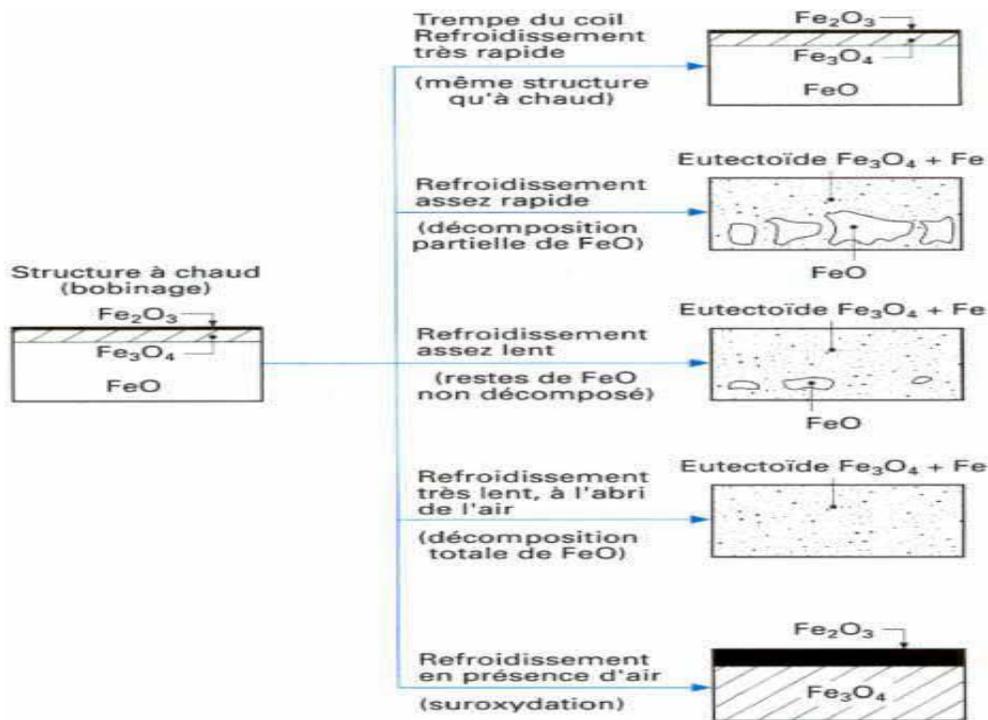


Figure 7 : évolution de la structure des calamines en fonction du refroidissement de la bobine à chaud ⁽⁴⁾

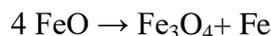
2.4.2. Structure à froid

Si le refroidissement de la bobine est très rapide (cas particulier de la trempe à l'eau), la structure à froid est identique à la structure à chaud.

Dans le cas général, la bobine après laminage à chaud se refroidit à l'air ambiant ce refroidissement est différencié.

-les extrémités de la bande (spires de tête et **que ne** (desserrés) et rives (bords de bande sur 10 à 20cm)) se refroidissent rapidement au contact de l'air en donnant à froid une calamine de couleur gris-bleu spécifique de Fe_2O_3 , cette calamine résulte de la suroxydation complète de FeO deux couches de Fe_3O_4 et Fe_2O_3 (couche externe) grâce à l'apport permanent d'oxygène

-au contraire, dans l'axe et au centre de la bande, les spires de la bobine étant très serrées, la calamine se refroidit lentement à l'abri de l'air, elle se transforme d'abord intégralement en une couche de FeO par suite de la diffusion continuelle du fer dans la calamine privée d'apport d'oxygène, puis le refroidissement étant lent, FeO se décompose plus ou moins complètement en eutectoïdeaux températures inférieures à $570^\circ C$



Cette calamine centrale est de couleur gris clair. L'épaisseur de calamine croit avec les températures de fin de laminage, surtout de bobinage, et le temps entre la dernière cage finisseuse et la bobineuse. Les calamines obtenues d'épaisseur 5 à 10 μm , sont compactes et bien adhérentes. Toutefois il faut noter que l'oxydation du fer ayant lieu avec augmentation d volume cela entraine à l'interface la mise en tension du métal en compression de l'oxyde, il peut en résulter à chaud des micros fissurerions ou des décollements de calamine.

En conclusion, on voit que la calamine d'une bande à chaud est très hétérogène : structure, état de fissuration, épaisseur varie selon les conditions de laminage mais aussi de stockage et refroidissement des bobines à chaud. ⁽⁴⁾

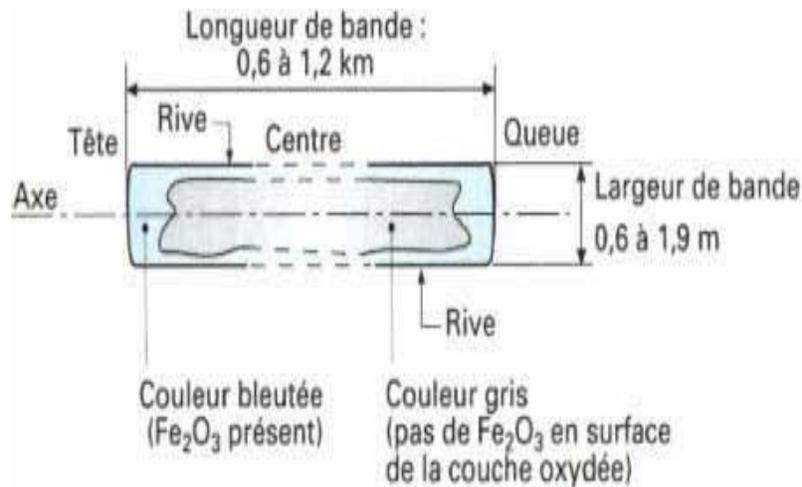


Figure 8 : Schéma d'une bande développée issue d'une bobine à chaud

2.5. Les unités qui génèrent de la calamine





Figure 9 : les différentes unités qui génèrent la calamine

2.6. Structure chimique de la calamine

Tableaux 5 : La composition de calamine

Fer	SiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	FeO
71,22%	0.32%	0.49%	39.47%	43,62%

- La gestion de calamine se fait par réutilisation et par recyclage interne au niveau de l'unité de PMA.



Figure 10: calamine dans unité de PMA

3. POUSSIÈRE DE GAZ

3.1. Définition générale de la poussière

La poussière correspond aux particules dans l'air dont le diamètre est inférieur à 1000 micromètre (µm)

Ils sont naturellement présents dans l'atmosphère et peuvent être :

De source naturelles : résultats du vent (sable et limon de l'érosion éolienne, embruns constitués de chlorure de sodium etc....)

Des activités humaines : transport, chauffage, agriculture (récolte), industrie, compris carrière.

Une partie de la poussière, ou particules secondaires est formée dans l'air par des réaction chimiques de polluants précurseurs tels que les oxydes de soufre, les oxydes d'azote, l'ammoniac et les composés organiques volatils. (2)

3.2.L'origine des poussières

L'atmosphère au tour de la terre n'est jamais pure. Certains composés importants, tels que la vapeur d'eau et l dioxyde de carbone, font également partie du cycle biologique. Les poussières, celles des tempêtes de poussière et des incendies naturels sont également transportées par cette atmosphère, à des concentrations variables dans l'espace et dans le temps.

Dans l'atelier, les rejets de polluants peuvent mettre en danger la santé humaine, les conditions de travail et l'outil de production lui-même. Afin d'évaluer l'impact des émissions de poussières sur le milieu de travail du l'environnement, il est donc nécessaire de pouvoir identifier et quantifier ces polluants. Cette analyse est également essentielle pour sélectionner le bon équipement.

Cela permettra de les capter de manière fiable et économiquement acceptable au moins jusqu'au seuil fixé par la réglementation. (2)

3.3.Les différents types de poussières

Dans le secteur mines et carrières, les poussières peuvent avoir différentes origines : alluviales, éruptives, métamorphiques, calcaires, basaltiques. Ils peuvent aussi provenir des minerais de fer, du manganèse, de la bauxite, du charbon, des phosphates... ces poussières peuvent être divisées en différentes catégories comme suit :

- Sporadique et fugitives
- Semi permanent
- Permanât

3.4.Définition de l'état de particulaire

Nous désignerons les poussières comme des particules en phase solide de diamètre relativement petit transporté par le gaz.

Nous dirons que la poussière a un diamètre d'air moyen compris entre 0.05 et 100 µm.

Les particules inférieures à 0.05 µm de diamètre seront classées comme aérosols.

Au-delà de 10 µm on ne perdra plus de poussières mais de particules solides.

3.4.1. Poussières d'origine mécanique

Ces poussières sont obtenues par concassage de matières (broyage, transport). Les plus grosses particules supérieures à quelques centaines de microns se déposent sur l'appareil lui-même ou sur le sol. La poussière mécanique peut être observée au microscope optique et est généralement facile à capter. Ces particules peuvent être aussi sous forme de fibre comme par exemple les fibres d'amiante. ⁽²⁾

3.4.2. Poussières d'origine chimique ou thermique

Elles sont obtenues par réactions chimiques et/ou par condensation de vapeurs à l'état liquide puis à l'état solide. Elles se forment lors de réactions entre gaz, notamment à température ambiante ou par condensation de vapeur lors de la production de matériaux à haute température. Ces poussières dites « submicroniques » ont toutes une taille inférieure à un micron lors de leur formation, et certaines particules peuvent avoir une taille inférieure à un centième de micron. Elles ne peuvent être observées qu'au microscope électronique. ⁽²⁾

3.5. Types de poussières selon la nature de matière

- Poussière organique
- Poussière explosive
- Poussière inflammable
- Poussière minérale

4. LA BOUE

4.1. Problématique des boues industrielles

Les boues industrielles sont classées comme déchet dangereux ou spéciaux dangereux, conformément à la réglementation algérienne.

Une boue industrielle a un statut de déchet. A ce titre, son élimination doit être en conformité avec des réglementations de plus en plus sévères quant à leurs classifications réglementaires, leur composition physico-chimique, organique et biologique.

Toutefois, une boue déchet peut devenir une boue produite si elle suit avec succès une procédure d'homologation ou reprend à une norme lui conférant ce statut de produit (cas du compost de boue). ⁽³⁾

4.2. Définition boue industriel

On regroupe sous le vocable « boues industrielles » un ensemble de déchets liquides, pâteux ou solide sortant du site de production. On distingue, selon l'origine, deux types :

Les boues de procédé : déchets généralement pâteux issus de la chaîne de fabrication, sans rejetés avec les eaux industrielles compte tenu de leurs propriétés (concentration élevée, toxicité pour le traitement biologique des eaux, etc...)

Les boues d'épuration : qui désignent l'ensemble des phases concentrées particulières issues des opérations de séparation de phase (décantation, filtration) du traitement des eaux industrielles. (5)

4.3. Caractéristiques de la boue

La siccité ou matière sèche : est le pourcentage massique de matière. Ainsi une boue avec une siccité de 10 présente une humidité de 90. La matière sèche de boues est principalement constituée de matières organiques et des matières minérales.

Taux de matières volatiles sèches (MVS) : plus le taux de MVS est élevé plus les boues sont susceptibles à fermenter rapidement et donc produire le biogaz.



Figure 11 : boue industriel sidérurgique

4.4. Séchage des boues

Le séchage des boues, également appelé déshydratation des boues, est un procédé appliqué aux boues afin d'en réduire ou d'en supprimer la teneur en eau. Le séchage peut être effectué sur différents types de boues d'épuration, boues issues de déchets industriels... Le séchage des boues présente de nombreux avantages : il permet de stabiliser certains types de boues, qui n'évolueront pas chimiquement tant qu'elles ne seront pas réhydratées.

Le séchage des boues permet aussi et surtout limiter les couts de stockage et de transport puisqu'une boue déshydratée pèse bien moins lourd qu'une boue qui contient de l'eau.

Il existe plusieurs procédés de séchage des boues, qui peuvent être utilisés indépendamment, selon le type de boue à sécher, ou de manière combinée et complémentaire. Il boues peut avoir lieu par simple évaporation en plaçant les boues dans des bacs à l'air libre, le séchage des boues peut être fait par une technique de décantation, ou par des systèmes de séchage thermique.

5. Boue et poussière de SIDER EL HAJAR

Pour les usines intégrées à chaud (avec HF, ACO, LAC), on distingue quatre types principaux de boue :

Les boues d'HF (riche en carbone et oxydes de fer).

Les boues grasses de laminage (riches on oxyde de fer) issues du rinçage et décalaminage des brames au laminoir.

En fin les boues de réseaux, issues du traitement des eaux usées ou du curage des égouts. Ces boues sont recyclées a 85% en interne, à l'agglomération. En amont du HF. Elles constituent en effet à excellent minerai. Mais cette filière de recyclage et limité par des raisons techniques dont les problèmes principaux liés :

- ◆ Au zinc (limité à l'entrée du HF) pressent dans les boues de HF, boue de convertisseur fines, ayant pour origine le minerai de fer (en trace) et les ferrailles.
- ◆ Au l'huile (limitée à l'agglomération) boues grasses de laminoir.
- ◆ A l'eau : drainage et séchage plus ou moins performants et couteux

Le recyclage interne est prépondérant et des efforts sont entrepris pour recycles 100% .de multiple solution technique existant aussi bien pour les boues et les poussières zinguées qu'huileuses.la voie majeure consiste à investir dans des installations pour traiter les coproduit afin de les rendre recyclables. Ces traitements sont de trois types : déshydratation et séchage, briquetage ou bouletage (les poussières n'étant pas recyclable à cause des envols dans certains outils), et fours métallurgiques dédiés. ⁽³⁾

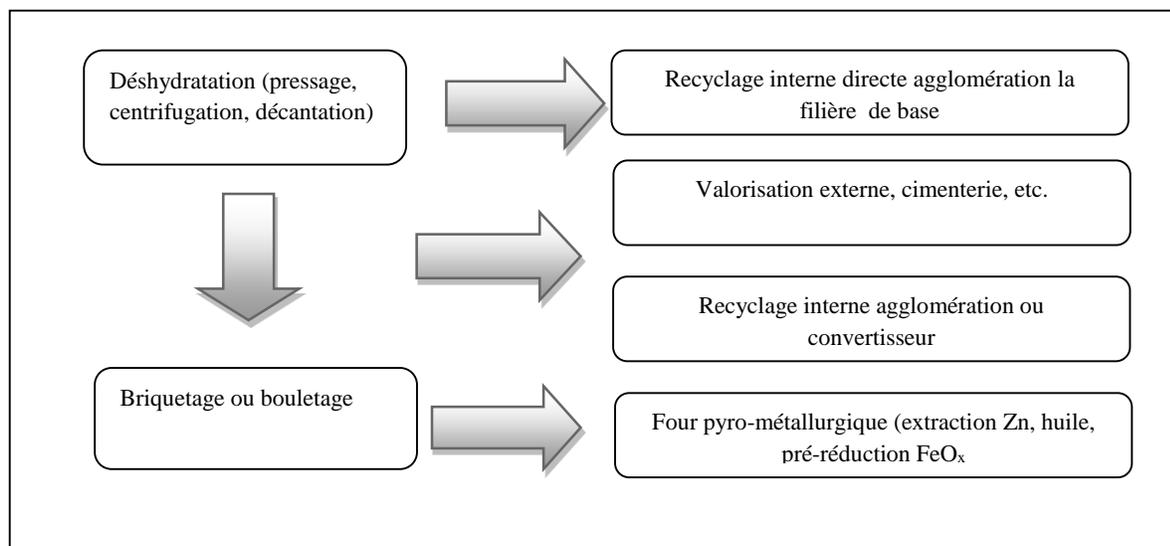


Figure12 : principales filières de recyclage ⁽³⁾

Plusieurs actions sont en cours :

- *Génération de poussières* pour éviter la consommation de ferrailles extérieures (contenant du zinc) dans le convertisseur et consommer les ferrailles contenant du zinc seulement durant des campagnes, pour mieux séparer l'huile dans le circuit de traitement des eaux du laminage à chaud et optimiser le dépoussiérage des gaz du haut fourneau afin de séparer une fraction sèche et moins riche en zinc pour le recyclage ;
- *Briquetage* pour le recyclage en convertisseur de boues d'aciérie ou boues grasses ;
- *Fours pyro-métallurgiques* pour extraire le zinc par réduction de l'oxyde de zinc par le carbone et vaporisation du zinc. Chaque four a une capacité de 100 à 150 000 t/an de boues et poussières sèches.

Ces actions combinées permettent de planifier non seulement le recyclage total des boues et des poussières d'une usine

La valorisation des boues externe : est un développement possible à faire et utilisé dans le monde tel que l'utilisation des boues :

Dans l'industrie de céramique.

Production du sulfate ferreux.

5.1.Procédés de valorisation des poussières et boues de hauts fourneaux

La présence invention a pour un procédés de valorisation des poussières et des boues de HFx

Dans les procédés de fabrication de la fonte le minerai de fer est introduit dans un four ou creuset avec du coque et porté à une température d'environ 1600c° grâce à la combustion du coke qui réagit avec l'air injecté dans le four et se transforme en monoxyde de carbone. Dans le même temps les oxydes de fer présents dans le minerai sont réduits en fer métal qui fond et tombe dans la partie basse de creuset, d'où il est régulièrement extrait et dirigé vers laminoir.

Lors de cette réaction de combustion réduction, il y a émission de poussière qui sont transporté par les gaz de combustion vers la partie haute fourneau.

Les gaz sont alors filtrés puis lavés avant leur rejet vers l'atmosphère en générant des boues ces boues subissent actuellement sur certain site de production une séparation cyclonique permettant de recycler la partie lourde quand la partie légère, accumule elle est simplement stocké dans des lagunes.



Figure 13 : vis sans fin pour la séparation de boue (partie lourde)



Figure 14 : pour la séparation de partie de boue fine à partir de coagulation et floculation.

Cette partie légère contient environ 30 à 35% des matières sèche et ne peut être recyclée en l'état dans les HFX en particulier en raison de sa teneur de zinc et en plomb non compatible avec une production de fonte de qualité.

Accueillement il est produit dans le monde environ 600 millions tonnes de fonte chaque année, chassant que la production d'une tonne de fonte génère approximativement 10kg de poussières. On peut estimer la production mondiale de boue à environ 2 millions de tonnes/ans. Or la matière sèche de boue et compose à 60-70% de fer et de carbone (matière valorisable) on conçoit tout l'intérêt d'un procédé qui permettent réintroduire dans les HFX ces produits qui sont à jour considérée comme des résidus de production.

Par ailleurs, les industriels producteurs de fonte, par soucis d'économie une partie de leur minerai par de ferrailles provenant des installations de tri/recyclage. il se trouve qu'une proportion non négligeable de ces ferrailles et constituée par des ferrailles zinguées qui augmentent ainsi les teneurs en zinc des poussières l'élimination du zinc contenu dans ces boues est donc une problématique qui, dans le futur, va se poser de manière de plus en plus insistante. Un problème semblable se pose pour l'élimination du plomb dans les boues. L'enjeu tant économique est donc capital pour les industriels de fonte. ⁽⁷⁾

- ◆ **Le gaz qui sort du haut fourneau circule à contre-courant de la charge. Les matières qui la composent ont subi des contraintes sévères lors des manutentions précédant l'enfournement et contiennent encore des poussières malgré un ultime criblage. Ce gaz, qui est récupéré et revalorisé comme combustible, doit donc subir une épuration.** ⁽⁷⁾

Tableau 6: Composition gaz HF

Gaz	N ₂	CO ₂	H ₂	CO
%	56%	18%	4%	22%

Tableau 7 : Composition gaz aciéries

Gaz	CO	CO ₂	N ₂	H ₂ O	O ₂
%	83,58%	10,76%	0,2 %	1,2%	4,3%

Tableau 8 : Pouvoir calorifique

Gaz	GN	HF	aciéries
Pouvoir calorifique	36MJ/Nm ³	2,9309 MJ/Nm ³	9,19 MJ/Nm ³

6. SCORIES

6.1. Genèse des scories LD

Lors de l'affinage de la fonte en acier, le carbone est éliminé par de l'oxygène pur, une addition de chaux permet de capter les oxydes de silicium, de phosphore et de fer. C'est cette phase qui en refroidissement se transforme en scorie.

A cause de ses propriétés hydrauliques, la scorie a eu une image négative et justifiée dans des utilisations de granulat stable. Des efforts ont été entrepris pour en améliorer ses caractéristiques. Ici plutôt que de combattre ses points faibles, l'idée était d'en tirer parti et de

les transformer en points forts. La chaux résiduelle peut en effet réagir avec un sol et en améliorer les caractéristiques.

En fin d'affinage, la scorie LD est constituée d'une phase liquide homogène et de matières solides en suspension (chaux non dissoute ou débris réfractaires arrachés au revêtement).



Figure 15 : la scorie liquide

Au cours du refroidissement, la partie liquide qui représente plus de 90% de la scorie, cristallise quasi complètement en raison de sa basicité élevée ; seuls les procédés d'hypertrempe parviennent à la conserver à l'état vitreux.

La nature des cristaux qui sont susceptibles d'apparaître peut être déduite à priori des diagrammes de phases $\text{CaO} - \text{SiO}_2$

- Du silicate bicalcique $2\text{CaO} - \text{SiO}_2$ (C2S)
- Du silicate tricalcique $3\text{CaO} - \text{SiO}_2$ (C3S)
- Des ferrites de calcium $2\text{CaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3$ (C2F)
- Oxydes mixtes à base de CaO ou de FeO
- Solution solides $(\text{Ca}, \text{Fe}, \text{Mn})\text{O}$ ou $(\text{Fe}, \text{Mn})_3\text{O}_4$



Figure 16 : Un échantillon de scorie d'une poche à acier

6.2. Caractères microscopiques des scories :

6.2.1. Les scories de type I :

Les laitiers les plus récents, étudiés sont âgés de 100 ans environs et peuvent être cristallisés, d'aspect pierreux, de couleur grise et plus ou moins vacuolaires. Ils peuvent être aussi en partie vitreux et leur teinte est alors très variable. Nous retiendrons trois exemples : des laitiers dont la zone cristallisée est blanche grisâtre et le verre violet noir, des laitiers zone cristallisées brune noire et verre, vert bouteille, des laitiers à zone cristallisées brune et à verre pâle. Ces trois exemples de laitiers ne présentent qu'une faible porosité.

Les laitiers plus anciens, provenant de hauts fourneaux archaïques (10^{ème} siècle environ), sont plus souvent vitreux de couleur vert bouteille. Quand ils sont cristallisés, leur couleur est blanc grisâtre. La grande caractéristique de ces laitiers archaïques est leur grande hétérogénéité particulièrement au niveau de l'abondance et de taille des vacuoles, de la présence et de taille de la taille de billes de métal, et de impuretés qui sont souvent de couleur blanchâtre.

Les laitiers trouvés sur le site à bas fourneaux ressemblent beaucoup aux laitiers récents avec éventuellement une partie cristallisée grise contenant de nombreuses vacuoles et une partie vitreuse allant de verte bouteille au bleu turquoise.

6.2.2. Les scories de type II:

Ne se différencient pas macroscopiquement des scories de type III, sinon qu'elles sont moins denses. La différence est à peine perceptible. En fait, sauf grande expérience, la reconnaissance de type n'est vraiment possible que sous le microscope.

6.2.3. Les scories de type III:

Sont les scories denses classique, décrites de nombreuses fois, en particulier, ce sont des scories de couleur noir. Leur morphologie est directement influencée par le mode de fonctionnement de four (accumulation interne, écoulement hors du four etc..). Les scories coulées hors de four sont formées par superposition de petits cordons de coulées de 1 à 3 cm de large. (Figure15)

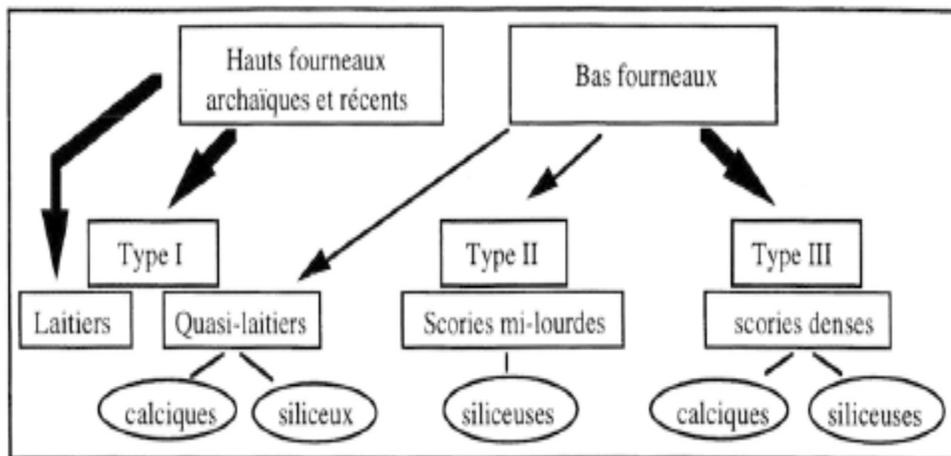


Figure 17 : Schémas types des scories et le lien avec le type de four [8].

6.3. Caractéristiques des scories

- Tranches granulométriques
- Ferrifère : 0 – 80 mm et 0 – 8 mm
- Scraps: >80 mm
- Stériles: 0 – 80 mm et 0 – 20 mm

Répartition granulométrique des stériles

Tableau 9 : analyse granulométrique de deux stériles de différent diamètre

Stériles Granulométrie de 0 à 80 mm		Stériles Granulométrie de 0 à 20 mm	
Fraction granulométrique	Taux en %	Fraction granulométrique	Taux en %
50		20	1,5
31,50 – 50	7,59	16 – 20	12,56
20 – 31,50	37,93	12,5 – 16	24,08
16 – 20	22,07	10 – 12,5	15,18
12,5 – 16	22,07	8 – 10	9,42
10 – 12,5	5,52	6,3 – 8	7,85
10	4,83	6,3	29,84

6.4. Domaine d'utilisation des scories

- Recyclage au haut fourneau
- Utilisation en agriculture
- Utilisation en génie hydraulique et maritime
- Technique routière:
 - ✓ Couche de roulement
 - ✓ Couches de fondation
 - ✓ Remblais

7. Les huiles

7.1. L'huile usagée

La lubrification des machines génère de grandes quantités d'huiles usagées.

On distingue deux grandes catégories d'huiles usagées :

7.1.1. Les huiles noires

Comprennent les huiles moteurs et certaines huiles industrielles (huiles de trempe, de laminage, de tréfilage et autres huiles entières d'usinage des métaux), ces huiles sont fortement dégradées et contaminées.

7.1.2. Les huiles claires

Proviennent des transformateurs, des circuits hydrauliques et des turbines Elles sont peu contaminées et chargées en général d'eau et de particules

Tableau 10 : perte des huiles aux différentes unités

Perte directe (huile mécanique)																	
Cokerie (NB ARRET)	PM A	HF x	AC O1	AC O2	ACO E	LA C	LA F	RP A	LE R	LA T	Coprosid	MT C	POR T	LO G	fersid	fluid e	
600 600	200 200	80 0	3600	2000	2000	700 0	160 0	120 1	400	590 0	24336	400 0	2180	348 0	893 2	100 00	782 29 800
2220 huiles lingotières																	
41753,3788 pertes des systèmes déshuilage aciéries																	

Tableau 11 : consommation de l'huile au niveau du complexe

Consommation S1 par atelier(l)												
Cok (Nb Arrêt)	PM A	HFx	ACO1	ACO2	ACOE	LAC	LAF	RP A	LFR			
3748.8	470 00	187 10	130147 .26	64936. 545	24670. 82	471740 . 721	180771 .18	264 01	240586			
LAT	Coprosid	TSS	PORT	LOG	Fersid	MAINT	UTITIT	COX	DAQ	CARRIERE DJENDEL		
62104	39018	99130	36990.54	11485	21200	14000	27400	1600	200	1200		
TOTALE : 1523039.87												

N.B :

Il est important de rappeler que les huiles usagées sont peu biodégradables. Elles ont, en effet, une densité plus faible que l'eau : 1 litre d'huile usagée peut couvrir une surface de 1000 mètre carré d'eau et réduire l'oxygénation de la faune et de la flore du milieu.

7.2.Origines des huiles usagées

Pendant l'opération de refroidissement des organes du train de laminage, les eaux du procès retourne chargées par des huiles qui sont à l'origine dues à une mauvaise qualité des flexibles.



Figure 18 : L'huile claire



Figure 19 : L'huile dans les fûts

La gestion des huiles se fait par valorisation et par l'incinération interne à part les huiles dangereuses qui sont stockées en attendant une solution.

6. Les impacts des déchets sur l'environnement :

Les déchets industriels peuvent avoir des conséquences très néfastes pour l'environnement s'ils sont mal gérés. Leurs impacts sur l'air, l'eau et le sol ne sont pas négligeables.

6.1. L'impact sur la pollution de l'air : (pollution atmosphérique).

Les Décharges contiennent une large variété de déchets leur mélange (surtout entre déchets organiques et de l'eau) provoque l'apparition de méthane, un gaz à effet de serre. ⁽¹⁰⁾

6.2. L'impact sur la pollution du sol :

Elle est une préoccupation mineure par rapport à celle de l'eau et de l'air, et pourtant c'est un problème majeur. Aujourd'hui on estime que 70% des déchets sont enfouis, notamment les déchets nucléaires. Cela provoque l'érosion et la contamination des sols. ⁽¹¹⁾

6.3. L'impact sur la pollution de l'eau :

Chaque année plus de six millions de tonnes de déchets différents sont rejetés dans les océans. La contamination des espèces aquatiques qui s'ensuit peut devenir dangereuse pour les réseaux trophiques. Les déchets biodégradables réagissent avec la pluie, provoquant ensuite des pluies acides qui polluent les rivières et les océans.

Les rejets de déchets industriels dans des fleuves, rivières ou mers constituent évidemment une source plus directe de pollution de l'eau.

Les industriels laissent ainsi les solvants, les produits chimiques et, en règle générale, les résidus industriels dangereux utilisés dans l'industrie, se déverser dans les cours d'eau et la mer, sans se donner les moyens de contrôler le taux de pollution de l'eau. ⁽¹¹⁾

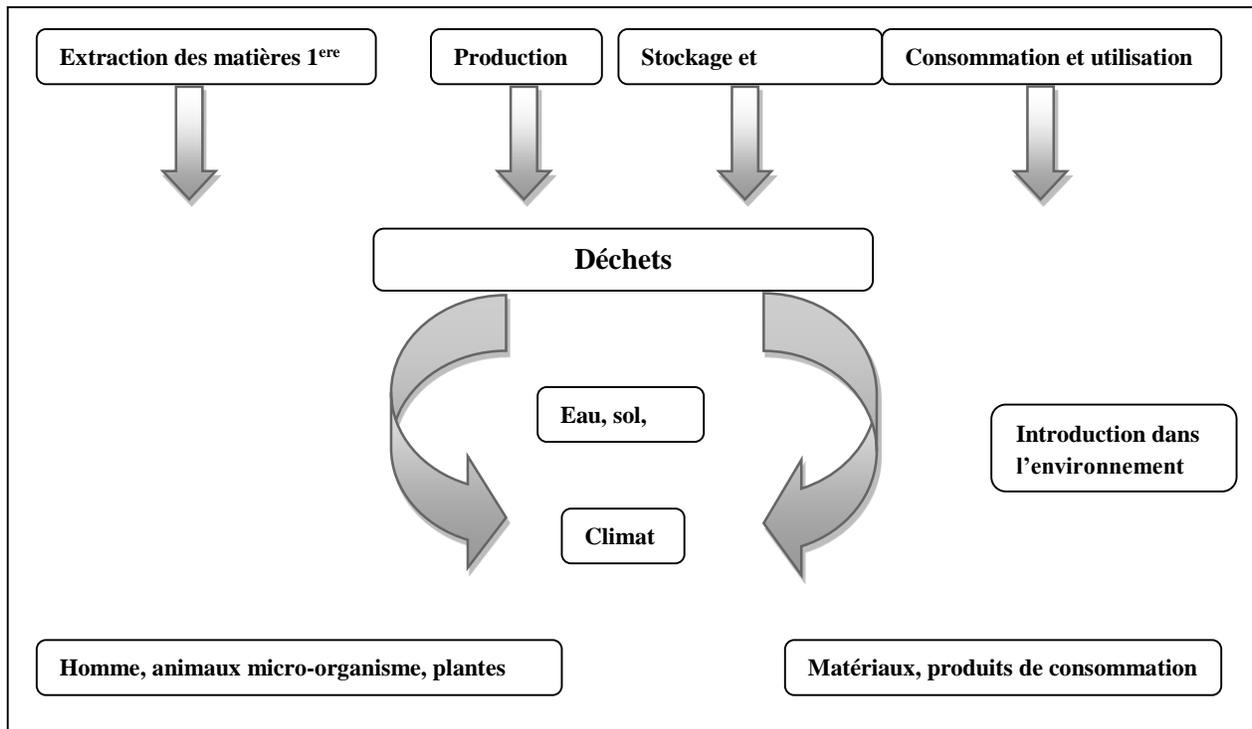


Figure20 : Origine des déchets et leur interférence avec l'environnement

7. Modalités de gestion des déchets industrielles au niveau de complexe :

« Loin° 01-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets. »

À présente loi a pour objet de fixer les modalités de la gestion, de contrôle et de traitement des déchets, sur la base des principes suivants:

- ▶ La prévention et la réduction de la production et de la nocivité des déchets à la source.
- ▶ l'organisation du tri, de la collecte, du transport et du traitement des déchets;

- ▶ la valorisation des déchets par leur réemploi, leur recyclage et toute autre action visant à obtenir, à partir de ces déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie;
- ▶ le traitement écologiquement rationnel des déchets;
- ▶ l'information et la sensibilisation des citoyens sur les risques présentés par les déchets et leur impact sur la santé et l'environnement, ainsi que les mesures prises pour prévenir, réduire ou compenser ces risques.

Le complexe SIDER est soumis aux conditions de sélection des sites d'implantation, de développement, de mise en œuvre et de modification d'exploitation et d'extension des installations de traitement des déchets de la réglementation relative aux études d'impact sur l'environnement et aux dispositions de la présente loi et de ses textes d'application.

8. Proposition des solutions pour les déchets en stock :

Aujourd'hui, le traitement des déchets est difficile et coûteux et a des conséquences néfastes sur l'environnement.

À cela, s'ajoute que les ressources naturelles se raréfient. En effet, chaque déchet contient des matières premières et a consommé des ressources (énergie et eau) lors de son cycle de vie. Incinérer un déchet ou le mettre en décharge afin qu'il se décompose signifie, donc, gaspiller ces matières premières et ces ressources.

Nous devons, donc, aller au-delà du simple traitement des déchets par incinération ou enfouissement qui ne vise qu'à réduire leur volume.

Nous devons traiter le problème des déchets à la base et éviter leur apparition. Pour cela, nous devons adopter une gestion durable des déchets.

Ceci signifie éviter qu'un objet ne devienne un déchet et permettre ainsi que les matières premières dont cet objet est composé continuent à servir l'humanité.

En même temps, nous épargnons les ressources nécessaires au traitement des déchets (énergie, eau) et nous réduisons les pollutions qui résultent de ce traitement.

9. La gestion durable des déchets

La directive cadre déchets société SIDER préconise une gestion durable des déchets basée sur une démarche en 5 étapes hiérarchiques

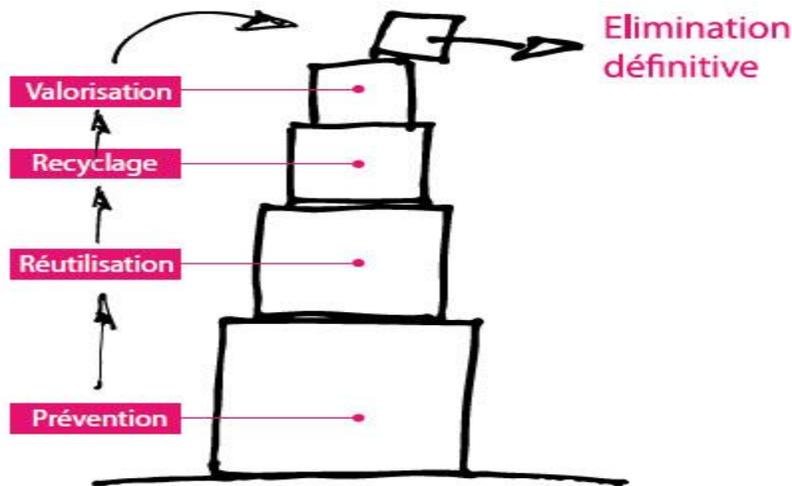


Figure21 : La gestion durable des déchets

Cette démarche s'applique de manière progressive. D'abord, on essaye de prévenir la production d'un déchet. Si cela n'est pas possible, on essaye de réutiliser les matériaux, ensuite de les recycler, de les valoriser. C'est, seulement, en dernier recours qu'on élimine le déchet.

- ◆ **étape 1 : la prévention des déchets** : la prévention évite l'apparition de déchets à la base. Elle passe par deux idées clés :

Elle incite à nous interroger sur nos besoins réels.

La prévention vise à éviter qu'un produit ne devienne un déchet.

La prévention des déchets passe donc par un changement de nos habitudes et de nos choix de consommation.

- ◆ **étape 2 : la réutilisation des objets**

Réutiliser signifie donner une seconde vie aux objets dont on ne se sert plus. La réutilisation consiste à récupérer un produit en fin de vie et à l'utiliser le même usage ou pour un usage différent. On distingue deux types de réutilisation :

Le réemploi signifie qu'on réutilise un objet pour un usage identique à celui pour lequel il a été conçu.

La récupération signifie trouver un nouvel usage pour les objets.

- ◆ **étape 3 : le recyclage des matériaux**

Le recyclage consiste à valoriser les matières premières qui sont contenues dans les déchets, les récupérer et en les réintroduisant dans le cycle de production d'un produit. Il présente quatre avantages majeurs :

Il permet de réduire la quantité de déchet qui sera mise en décharge ou incinérée.

Il permet de réduire les nuisances pour l'environnement et pour l'homme, celles qui sont liées à l'incinération et à la mise en décharge.

Il permet d'économiser des matières premières puisque les matières premières recyclées sont utilisées à la place de nouvelles matières premières qu'on aurait dû extraire ou fabriquer.

Il permet d'économiser des ressources (eau + énergie) qui seraient utilisées lors de l'extraction des matières premières neuves et de la fabrication des produits.

◆ **étape 4 : la valorisation des déchets**

◆ **étape 5 : l'élimination définitive**

Partie Expérimentale

Analyse des déchets

Méthode d'analyse des déchets :

La couche d'oxyde formée ou bien la calamine, les PG et la boue ont principalement deux méthodes d'analyse la première méthode par fluorescence FRX et la deuxième méthode par voie humide.

1.1.Méthode fluorescence FRX

La FRX est une méthode d'analyse spectroscopique de la matière se basant sur le principe de la fluorescence du rayons X. c'est l'une des méthodes les plus couramment utilisées pour la détermination qualitative et quantitative de la composition élémentaire d'un échantillon sous forme liquide, massif ou poudre.



Figure 22 : méthode FRX

1.2.Méthode par voie humide

(Boue et poussières des gaz calamine)

1.2.1. Mode opératoire (matérielles et méthodes)

1.2.1.1. Par fusion (méthode indirecte)

- En pesé 0.5g de (boue ou poussière de gaz) +2 spatules de carbonate double (carbonette de sodium et carbonette de potassium).
- Dans un creuset en graphite Fondue le mélange dans le four a 1000c° pendant 10min.



Figure 23 : creuset en graphite

- En met le creuset dans un bécher de 400mL contenant ($H_2O+HCl(37\%)$) et remettre sur la plaque chauffante pour récupérer le contenu de creuset.
- Laissez le mélange jusqu'à la formation le grain de silice puis ajouter un mélange de ($HCl \frac{1}{2}+H_2O$)
- Filtre dans une fiole de 500ml avec un filtre rapide et en met le filtre dans un creuset en platine dans le four a $1000c^\circ$ pendant 20 min laissez le creuset à refroidir et peser(P_1)



Figure24 : filtration dans un fiole

- La chasse avec HF (acide fluorhydrique sur la plaque jusqu' à l'absence des fumées en met le creuset dans le four pendant 5min après laissez à refroidir et peser (P_2)

Calculer le pourcentage de (SiO_2)

$$\%SiO_2 = \frac{(P_1 - P_2)}{P_e} \times 100$$

♦ *Sur le filtrat :*

- Jauger la fiole jusqu' a le trier de jauge et mélanger à l'aide d'un agitateur magnétique

Prélèvements :

1. Analyse de fer :

- On prélève 50 ml de filtrat et verse dans un erlenmeyer et ajouter une dose de l'acide chlorhydrique (HCl) et met l'erlenmeyer sur la plaque chauffante jusqu'à réduire le volume puis ajouter quelque goutte de $SnCl_2$ on voit que la couleur de solution disparue (transparente) (réduction de fer) laisser à refroidir et ajouter 100ml de H_2O .

Le titrage par bichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$

- On ajoute une dose de $HgCl_2$ (pour éliminer l'excès de $SnCl_2$) et On ajout une dose du diphenyle sulfonates de baryum comme indicateur colore puis titrer par bichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ jusqu'à l'obtention du couleur violet

$$\%fer = \frac{(V \times t \times 100)}{P_e}$$

$$P_{e(\text{fer})} = (50\text{ml} \times 0.5\text{g}) / 500\text{ml}$$

2. Analyse de CaO :

- On prélève 100ml de filtrat et verse dans un erlenmeyer de 500ml et ajout quelque goutte d'ammoniac (28%) jusqu'au colleur marron et ajoute quelque goutte de (HCl (1/2)) jusqu'au colleur jaune +une solution tampon (acétate d'ammonium) (pH=6) la couleur marron +oxalate d'ammonium (formation de la CaO) spatule et en met sur la plaque chauffante jusqu'à l'ébullition (2min). Puis filtrer dans fiole conique sur un (filtre rapide (rouge) +filtre moyen (rose)) puis laver avec l'eau chaude (500ml) En met le filtre dans l'erlenmeyer et ajouter 200ml H₂O chaude

Titration avec KMnO₄

- On ajout dose d'acide sulfurique H₂SO₄ (1/4) accélérant. Et Titrer jusqu'à un colleur rose pale

$$\%CaO = \frac{(V \times t \times 100)}{P_e}$$

$$0,5\text{g} \quad 500\text{ml}$$

$$P_{e(\text{CaO})} \quad 100\text{ml}$$

$$P_{e(\text{CaO})} = (100\text{ml} \times 0.5\text{g}) / 500\text{ml} = 0.1\text{g}$$

3. Analyse de MgO :

- On prélève 50 ml de filtrat et verse dans un erlenmeyer de 500ml et ajout quelque goutte 1g de persulfate d'ammonium (accélérateur) +quelque goutte d'ammoniac jusqu'à la formation des hydroxydes en met sur la plaque chauffante jusqu'à l'ébullition
- Laissez refroidir et filtrer dans une fiole de 250 ml sur un (filtre rapide (rouge) +filtre moyen (rose))
- Jauger la fiole

Titration par le Edta

- Distribue la solution que filtre en 2 erlenmeyers de 50ml
- ✓ Le 1 er erlenmeyer en ajout une dose de solution tampon (20ml) +indicateur urochrome noir (couleur mauve) et titrer jusqu'a obtention colleur bleu (V₁=(CaO+HgO))
- ✓ Le 2 eme erlenmeyer de 50 ml + une dose de KOH + indicateur (C₁₂H₁₄O₇S.3H₂O) couleur violet puis titrer jusqu'à la colleur bleu (V₂=(CaO))

$$V_{\text{MgO}} = V_1 - V_2$$

$$\%MgO = \frac{(VMgO \times t \times 100)}{P_e}$$

$$0,5\text{g} \quad 500\text{ml}$$

$$X_1 = 50\text{ml}$$

$$X_1 = (50\text{ml} \times 0.5\text{g}) / 500\text{ml} = 0.05\text{g}$$

$$0.5\text{g} \quad 250\text{ml}$$

$$P_{e(\text{MgO})} = 50\text{ml}$$

$$P_{e(\text{MgO})} = (50\text{ml} \times 0.05\text{g}) / 250\text{ml} = 0.1\text{g}$$

4. Analyse de Al_2O_3 :

- 10 ml de filtrat+EDTA (dose) sur la plaque chauffante jusqu'à l'ébullition (2min) on ajoute indicateur Oxytone orange (jaune foncé) +quelque goutte d'ammoniac (violet) +HCl (1/2)(jaune)+solution tampon pH=6(acétate d'ammonium) (jaune plus foncée) jusqu'à ébullition (2a 3 min) on ajoute 5ml hydrogénophate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ +acide tartrique jusqu'à l'ébullition pour erlenmeyer pour éliminer les éléments gênants.

Titration par $(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$

8 goutte de PAN (indicateur) (colleur violet) + une dose de NaF (fluorhydrique de sodium) pour liber Al sur la plaque chauffante 2min puis titrer par CuSO_4
4 goutte de PAN (colleur violet).

$$\% \text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{(V \times 0,0005098 \times 100)}{P_e}$$

$$0,5\text{g} \quad 250\text{ml}$$

$$P_e \quad 10\text{ml}$$

$$P_e = (10\text{ml} \times 0.5\text{g}) / 500\text{ml} = 0.001\text{g}$$

5. Analyse de MnO :

- 50ml de filtrat initial +une dose mélange acide puis met sur la plaque chauffante jusqu'a l'obtention des fumés aux colles.
- Laissez refroidir puis agiter 1 gramme de per sulfate d'ammonium+20ml de AgNO_3 sur la plaque jusqu'a l'ébullition (colleur rose), laissez refroidir et titrer par l'arsenic (couleur jaune)

$$\% \text{MnO} = \frac{(V \times t \times 100)}{P_e}$$

$$0,5\text{g} \quad 500\text{ml}$$

$$P_e \quad 50\text{ml}$$

$$P_e = (50\text{ml} \times 0.5\text{g}) / 500\text{ml} = 0.001\text{g}$$

6. Analyse de FeO :

1.2.1.2. Attaque directe

- 0.1gramme de boue ou poussière de gaz +spatule de carbonate de sodium+dose(20ml HCl) et couvrir l'erenmeyer sur la plaque chauffante (bain de sable) 20min



Figure 25 : la plaque chauffante (bain de sable)

- Laisser refroidir et titrer par $K_2Cr_2O_7$
- On ajoute la **diph** (indicateur colorer) colleur violet

$$\%FeO = \frac{(V \times t \times 100)}{0,1}$$

$$P_e = 0,1 \text{ gr}$$

7. La Perte au feu

Peser **??????** (1gr).....(P_1) et en met dans le four a $1000c^\circ$ pendant 2 heur puis lasser refroidir et peser(P_2)



Figure 26 : creuset en alumine

$$\%perte \text{ au feu } (PF) = \frac{(P_1 - P_2)}{P_e} \times 100$$

$$P_e = 1 \text{ gr}$$

Nb : pour l'analyse de la composition de calamine en utilise les mêmes méthodes mais juste on varier la quantité prélevée

II- Exemple d'analyse chimique de la calamine

Après l'analyse d'un échantillon de la couche d'oxyde on fait donc l'analyse chimique. Ci-dessus les résultats obtenus

Analyse fait en 09/03/2023

Tableau 13 : analyse calamine

Code	Tonnage	Fe	CaO	SiO2	MgO	Al2O3	MnO	P2O5	FeO	ZnO	SO3	CuO	PF	IP	H2O	Tas
Calamine %	84.36	68.48	2.51	1.15	Néant	0.76	2.30		56.57				Néant	2.18	18.08	119

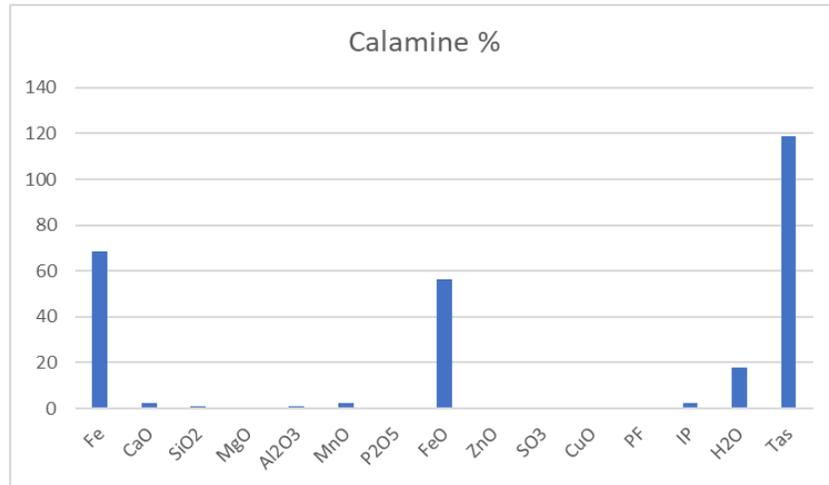


Figure 27 : histogramme composition de la calamine

2-2-Discussion d'analyse

Les résultats trouvés montrent 0% de MgO et un pourcentage d'Al₂O₃ qui est aussi inexistant avec un faible pourcentage d'oxyde de magnésium MnO inférieur à 3% donc ces trois indices ont de faible pourcentage donc ils sont aux normes.

Le plus important dans cette analyse c'est le pourcentage de fer et l'oxyde de fer, ces deux paramètres à un pourcentage très élevé de 68.48% ,56.57% ce qui confirme la fiabilité de cette couche d'oxyde (calamine).

Un bon résultat a été trouvé, un faible indice de basicité, donc c'est possible de l'injectée en HF (recyclage interne).

III- Exemple d'analyse de poussière de gaz

3-1-Analyse PG de HF

Analyse fait en 08/03/2023

Tableau 14 : analyse poussière de gaz

Code	Tonnage	Fe	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	P ₂ O ₅	FeO	ZnO	SO ₃	CuO	PF	IP	H ₂ O	Tas
P Gaz	106.34	28.30	6.42	8.36	1.00	1.53	1.43	/	2.55	/	/	/	37.62	0.77	7.32	119

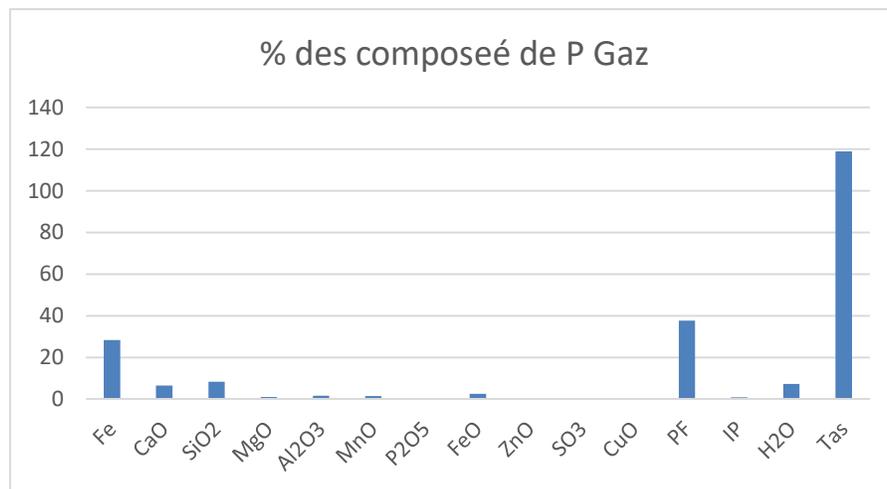


Figure 28 : histogramme composition du PG

Faible concentration des métaux indésirables presque nulle (MgO, AL₂O₃, CuO,ZnO, SO₃) et aussi faible indice de basicité IP.

Le teneur de fer est élevé donc le Recyclage interne (en HF) est possible.

NB : concernant les gaz

Les gaz du haut fourneau appelés aussi gaz spécifiques ont un pouvoir calorifique inférieur de 3.

PCI = 2.9309 MJ/NM3

Leurs recyclages se fait en des coupeurs, 33% de ces gaz sont recyclées et mélangées par le gaz naturel pour injecter en HF.

Les gaz aciéries ont un pouvoir calorifique inférieur de 9.

PCI = 9,19 MJ/Nm3

Ces gaz doivent être brûlé (torchée)

IV- Exemple d'analyse de la boue

Tableau 15 : Analyse boue Analyse fait en 17/03/2023

Code	Tonnage	Fe	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	P ₂ O ₅	FeO	ZnO	SO ₃	CuO	PF	IP	H ₂ O	Tas
Boue PMA	425.48	36.56	10.60	12.50	1.92	2.55	1.80	/	2.14	/	/	/	15.53	0.85	6.33	119

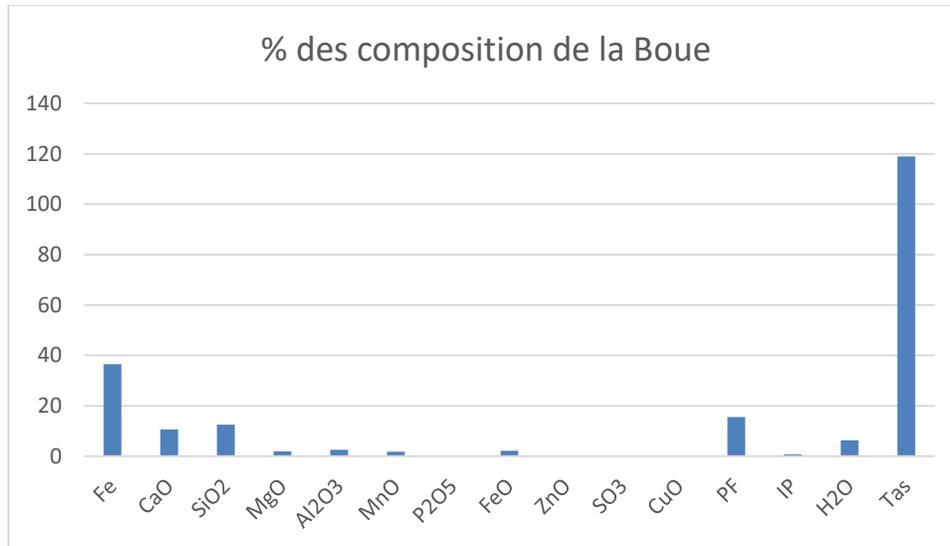


Figure 29 : histogramme composition de la boue

4-2-3-Discussion

L'analyse de la boue doit être en conformité parce qu'elle se considère comme un déchet spécial et dangereux. Le pourcentage du zinc doit être néant à très faible concentration.

* Ces boues sont recyclées à 85 % en interne, à l'agglomération, en amont du haut fourneau. Elles constituent en effet un excellent minéral. Mais cette filière de recyclage est limitée par des raisons techniques dont les problèmes principaux sont liés au zinc, l'huile et l'eau.

*Faible concentration du zinc nous renseigne d'une analyse conforme.

On établit les paramètres qui permettront de déterminer les processus de traitement des boues plus adaptées sur la base de leur destination finale.

Concrètement, les paramètres qui ont une influence major sur la conformité des boues pour leur usage et qui doivent donc être analysées avant et après leur traitement : Les métaux lourds : Zn , Cu , Pb (ces paramètres à prendre en compte pour les analyses des boues).

V-Analyse de la scorie

5-1-Analyses chimiques des ferrifères et stériles de scories

Tableau 16 : analyse scorie

Echantillon	Fer	FeO	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅
Stériles: 0 – 20	15,47	5,16	17.36	12.27	31.97	3.62	2.79	0.24
Stériles: 0 – 80	0.99	0.53	5.96	38.44	39.02	3.62	6.23	0.047

La densité :

Tableau 18 : densité de la scorie

Nature de l'échantillon	Valeurs moyennes (g/cm ³)	
	Densité apparente	Densité réelle
Stériles 0 – 80mm	3.10	4
Stériles 0-20mm	2.46	3.42

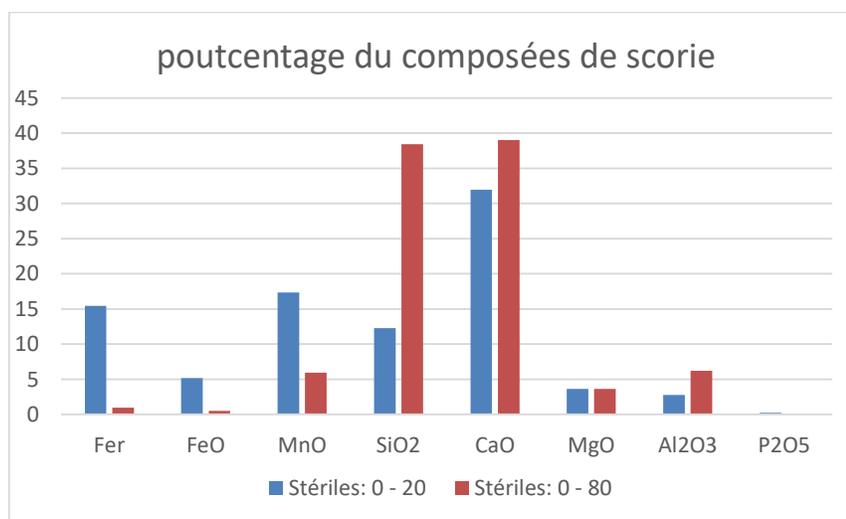


Figure 30 : histogramme de composition de la scorie

5-2-Discussion

La scorie à un faible pourcentage du fer donc une densité plus petite que la fonte, c'est pour cela qu'il flotte sur la fonte.

Si possibles versée dans HF mais généralement valorisé externe et réutilisée comme matière première dans des hautes industries.

Conclusion

Le stage au sein d'une unité de complexe SIDERURGIQUE D'EL HAJAR nous a été d'un grand apport pour bien connaître la vie de l'entreprise. Les personnels administratifs et les techniques nous ont aidés à compléter nos connaissances théoriques acquises à l'université d'Annaba.

Le choix de sujet concernait le recyclage des coproduits tels que la calamine PG et la boue... (Valorisation) s'est fait d'un commun accord avec les responsables du département de l'environnement de SIDAR qui reconnaît des problèmes des déchets de l'usine.

Ce sujet de recherche nécessite des connaissances théoriques et pratiques ainsi que des moyens et matériels, le laboratoire de référence de l'usine a été d'un grand apport pour faire des analyses physico-chimiques, afin de déterminer les compositions des coproduits pour être mélangés dans le tas et augmenter la teneur en fer.

Suite des échanges d'idées avec les ingénieurs de l'entreprise nous avons abouti à des solutions qui peuvent concrétiser au sein de l'entreprise elle-même tels que le versement direct du coproduit dans HF si le coproduit a une teneur en fer élevée (recyclage interne) et les autres produits valorisés ailleurs dans d'autres industries (vente).

Les propositions que nous avons faites sont de l'ordre de cinq. C'est grâce à des observations sur place et à des échanges d'idées que nous avons abouti à cette proposition. Cela démontre l'intérêt de l'échange entrepris avec l'université.

Bibliographie et web graphie :

[1] BENRAMOUL, Z. (2018). *Etude comparative du Fer, Chaux et silice dans les minerais par voie humide et voie spectrale*. Université Akli Mohand Oulad.

[2] Bouferkas, C. E., & Announ, K. (2022). *Étude d'impact et réduction des poussières générées par la préparation et l'agglomération de minerai de fer sur l'environnement (caractérisation physico-chimique)* (Doctoral dissertation).

[3] //

[4] BENFRIHAHA, M. A. (2021). *Caractérisation de la couche d'oxydes formée sur la tôle P265NB élaborée au niveau de Sider El-Hadjar* (Doctoral dissertation, Ecole Nationale Supérieure des Mines et de la Métallurgie. Amar Laskri. Annaba).

[5] Éric GUIBELIN caractéristiques et traitements des boues d'épuration Relu et validé le 10 mars 2021

[6] : Calor. Magdelaine. La pollution particulaire au bois de Vincennes:mesure et variations spatiales.206p

[7] Mahé-Le Carlier Cécile, PLOQUIN Alain 1999. Typologie et caractérisation des scories de réduction de la métallurgie du fer. In: Revue D'Archéométrie, n°23, p. 59-69.

[8] : journal office européen des brevets,no12/82

[9] : Les huiles ???????????

[10] :www.geo.fr dossier « magazine d'environnement »

[11]: small-case-arcolor-métal-ebk-djt-737.

