



Faculté : Science et Technologie
Département : GENIE DES PROCÉDES
Domaine : Science et Technique
Filière : Génie des procédés
Spécialité : Génie chimique

Mémoire

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

Epuration des gaz, traitement des eaux et déshydratation de
la boue au niveau de l'unité ACO₁ EL-HADJAR

Présenté par : Bouguettaya Nessrine
Belaikous Djihene

Encadrant : D erradji Ahmed Fawzi Professeur Université Badji Mokhtar Annaba

Jury de Soutenance :

Kherrat	Professeur	Université Badji Mokhtar Annaba	Président
Derradji Ahmed Fawzi	Professeur	Université Badji Mokhtar Annaba	Encadrant
Samar	Professeur	Université Badji Mokhtar Annaba	Examineur

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu qui nous donne le courage pour arriver à ce niveau et terminé ce travail.

On tient à remercier tout particulièrement notre encadrant **Pr.AHMED FAWZI DERRADJI** pour avoir suivi et conseillé tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous exprimerons notre gratitude envers **le professeur kherrat**, président du jury, ainsi qu'envers **le professeur samar**, membre du jury, qui nous ont fait l'honneur de participer à l'évaluation de ce modeste travail.

On tient à témoigner toute notre reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire :

Pr.BECHIRI pour nous avons fait confiance ainsi permis d'intégrer son laboratoire pour y effectuer la partie expérimentale.

MR. BOUAZIZ WALID, pour sa disponibilité, son aide, et ses précieux conseils lors de la rédaction. Il a été d'un grand soutien dans l'élaboration de ce mémoire.

MR.BOUNAIDJA NADIR, ingénieur de process dans le complexe sidérurgique d'El-Hadjar Annaba, pour avoir d'abord proposé ce thème, pour sa disponibilité et son aide précieuse. Son expertise et ses conseils avérés nous ont énormément fait progresser, tant au niveau technique qu'au niveau professionnel.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers l'ensemble de l'équipe pédagogique du département de Génie des Procédés. Votre engagement dans l'enseignement, votre expertise collective et votre ouverture d'esprit ont été des facteurs clés dans notre formation académique. Votre dévouement à fournir un environnement d'apprentissage stimulant et de qualité a été un moteur dans notre réussite.

Enfin on tient à exprimer vivement nos remerciements avec une profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, car un projet ne peut pas être le fruit d'une seule personne.

Dédicace

JE DEDIE CE TRAVAIL

A ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui :

A ma chère mère, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être, je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formules, le fruit de vos innombrables sacrifices. puisse Dieu, le très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie.

Particulièrement à mon père BOUGUETTAYA KAMEL, pour le goût à l'effort qu'il a suscité en moi, de par sa rigueur.

A toi mon grand-père BOUGUETTAYA AMARA, ceci est ma profonde gratitude pour ton éternel amour, que ce mémoire soit le meilleur cadeau que je puisse t'offrir.

A vous mes sœurs AHLEM , AYA et mon frère MOHAMED qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.

BOUGUETTAYA Nessrine

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Mes chers parents : symbole de l'aide et de l'affection

Pour votre amour...

Pour tous vos sacrifices...

Pour tous l'enseignement que vous m'avez transmis...

Pour votre encouragement et soutien toute au long de mes études

En témoignage de mon éternelle reconnaissance.

A mon frère : Alla

mes adorables sœurs. : Yahyouch Imene, Yahyouch Hana

mes chères amies : Karouach Manel , sebaei Meriem ,Hamouche zahia ,Djendli

Ahlem

Tous mes proches, Tous mes collègues de la promotion

À toute ma famille.

A tout ceux qui me sont chères.

Djihane

Sommaire

Remerciements	I
Dédicace	II
Sommaire	IV
Listes des Figures	IX
Liste des Tableaux.....	X
Liste Des Abréviations :	XI
Résumé:	XII
Introduction Générale :	1
CHAPITRE 01 : PRESENTATION DU COMPLEXE SIDERURGIQUE D'EL-HADJAR ET NOTAMMENT L'ACO1	1
I. Le complexe sidérurgique D'el el Hadjar :.....	3
I.1 Présentation du complexe :	3
I.2 Situation géographique du Complexe :.....	3
I.3 Principale activité du complexe :	4
I.4 Organigramme du complexe :.....	6
I.5 Présentation de L'Aciérie à oxygène :	6
I.6 Description de l'aciérie n°1 :	7
I.7 La brame :	7
I.8 Organigramme de l'aciérie à oxygène N°01 :	8
I.9 Généralités sur l'acier :	8
I.10 Composition chimique de l'acier :	9
I.11 Principe d'opération :	9
I.12 Le but d'oxydation au niveau ACO ₁ :	9
I.13 Convertisseur a oxygène LD:	10
I.14 La Marche de l'opération :	11

I.15 Réactions d'oxydations :	12
I.15.1 Le silicium :	12
I.15.2 Le manganèse :	12
I.15.3 Le phosphore :	12
I.15.4 Le soufre :	12
I.15.5 Le carbone :	12
 CHAPITRE 02 : L'EPURATION DES GAZ : ABSORPTION – DEPOUSSIERAGE	 3
 II. Introduction à l'épuration des gaz :	 13
II.1 Système OG :	13
II.2 Traitement des effluents gazeux par absorption :	15
II.2.1 Généralités :	15
II.2.2 Principe de l'absorption :	15
II.2.3 Les paramètres qui Régissent la diffusion :	16
II.2.4 Termes utilisés :	16
II.2.5 Solubilité :	17
II.3 Types d'absorption :	17
II.3.1 Absorption physique :	17
II.3.2 Absorption chimique	17
II.4 Méthodes d'absorption :	18
II.4.1 Absorption à contre-courant sans déversoir :	18
II.4.2 Absorption à courants croisés avec trop plein :	18
II.4.3 Absorption à co-courant :	18
II.5 Bilan matière au niveau de la colonne d'absorption :	19
II.5.1 Bilan global : $GT_1 + LT_2 = GT_2 + LT_1$	19
II.5.2 Bilan partiel :	19
II.5.3 Fraction molaire :	20
II.5.4 Fraction massique :	20
II.5.5 Rapport molaire :	20
II.5.6 Rapport massique :	20
II.5.7 Bilan partiel au niveau de la colonne :	21
II.6 Propriété physique :	21

II.7	Le dépoussiérage	21
II.7.1	Généralités sur le dépoussiérage :	21
II.7.2	objectif du dépoussiérage industriel :	21
II.7.3	Application :	22
II.7.4	Principe de fonctionnement :	22
II.8	Les poussières	23
II.8.1	Caractères physiques des poussières :	24
II.9	Le piégeage des poussières peut s'effectuer selon deux grandes voies :	25
II.9.1	Dépoussiérage par voie sèche :	25
II.10	Domaine d'activité :	25
II.11	Les dépoussiéreurs humides :	26
II.11.1	Mécanisme de dépoussiéreur humide :	26
II.12	Tours de lavage par pulvérisation :	27
II.13	Définition des Laveurs :	28
II.14	Principaux types de laveurs :	28
II.14.1	Absorbeur Venturi :	28
II.14.2	Le principe de laveur venturi :	29
II.14.3	Efficacités des laveurs de venturi :	30
CHAPITRE 03 : SEPARATION SOLIDE–LIQUIDE (DECANTATION – DESHUMIDIFICATION DE LA BOUE)		32
III.	Séparation solide-liquide :	33
III.1	Introduction :	33
III.2	La décantation :	34
III.2.1	Définition :	34
III.2.2	L'importance de décantation :	34
III.3	Facteurs qui peuvent affecter l'efficacité de la décantation:	35
III.4	Type de décantation :	35
III.4.1	Décantation de particules floculantes:	35
III.5	le principe de phénomène :	35
III.6	Termes utilisés relatifs à la décantation :	36
III.6.1	Matière en suspension :	36

III.6.2	Floculants.....	36
III.6.3	Coagulants	36
III.7	La coagulation :.....	36
III.8	Influences des différents paramètres sur la coagulation :.....	37
III.8.1	Influence de pH :.....	37
III.8.2	Influence de la dose du coagulant :.....	38
III.8.3	Influence de la température :	38
III.8.4	Influence de la turbidité :.....	38
III.9	La floculation :	38
III.10	But de la coagulation – floculation :	39
III.11	Les pré-décanteurs :	39
III.12	Décanteur classique :	40
III.13	Déshydratation des boues :	41
III.13.1	La déshydratation mécanique :.....	42
III.14	Boues LD :.....	42
III.14.1	Origine des boues :	42
III.15	Présentation de décanteur centrifuge Flottweg :	43
III.15.1	Principe de fonctionnement :.....	43
ETUDE PRATIQUE		32
CHAPITRE IV : ETUDE EXPERIMENTALE.....		32
IV. Introduction :		43
IV.1	Matériels et méthodes :.....	43
IV.2	Appareils utilisés :.....	44
IV.3	Matériels utilisés :	45
IV.4	Protocole expérimental :.....	46
IV.5	Résultats et discussion :	47
IV.5.1	Test de vitesse de rotation :.....	47
IV.5.2	Test de concentration :.....	48
IV.5.3	Test de polymère :	49
IV.6	Interprétations des résultats :.....	50
IV.6.1	Interprétation de la courbe de vitesse :.....	50

IV.6.2	Interprétation de la courbe de l'effet de concentration :.....	51
IV.6.3	Interprétation de la courbe de l'effet de polymère :.....	51
IV.7	Calcul sur le bac de dilution	52
IV.7.1	Calcul de facteur de dilution :.....	52
IV.7.2	Calcul du volume d'eau à ajouter : (VF).....	53
IV.8	Conclusion :.....	54
Conclusion Générale :.....		55
Références Bibliographiques :.....		43

Listes des Figures

Figure.I.1 : Image satellite du complexe d'EL Hadjar	4
Figure.I.2 : Organigramme du complexe.....	6
Figure I.3 :Les brames	8
Figure.I.4 : Organigramme de l'aciérie à oxygène.....	8
Figure.I.5 : Convertisseur à oxygène.....	11
FigureII.1: Bilan de la colonne d'absorption	19
Figure.II.2 : Absorbeur venturi	29
Figure.II.3 : Epuration des gaz O.G schéma de principe	30
Figure.II.4 : Schéma de principe eau de dépoussiérage O.G	31
Figure.III.1 : Schéma d'un séparateur	33
Figure.III.2 : Coagulation en circulation	36
Figure.III.3 : pré décanteur	40
Figure.III.4 : décanteur classique	41
Figure.III.5 : Décanteur flottweg.....	43
Figure. IV.1 : Étuve de laboratoire.....	44
Figure.IV.2: Balance.....	45
Figure.IV.3: Centrifugeuse de laboratoire	45
Figure.IV.4 : Béchers (50 ml ,100ml).....	46
Figure.IV.5: Pipette (10 ml).....	46
Figure.IV.6 : Verre de montre.....	46
Figure.IV.7 : Graphique montrant l'effet de la vitesse sur la quantité des poussières	48
Figure.IV.8: Graphique montrant l'effet de la concentration sur la quantité des poussières ...	49
Figure.IV.9 : Graphique montrant l'effet de polymère sur la quantité des poussières.....	50
Figures.IV.10: Schéma traitements des boues	52

Liste des Tableaux

Tableau. I.1: Principale activité du complexe	5
Tableau.IV.1: Composition de la boue	44
Tableau.IV.2 : Résultats des test de vitesse de rotation.....	47
Tableau.IV.2: Résultats des test de concentration.....	48
Tableau.IV.3: Résultats des test de polymère	49

Liste Des Abréviations :

L'ACO N°1.	L'aciérie à oxygène n°1
BOF.	Basic Oxygen Furnace(Convertisseur à oxygène basique)
procédé LD	procédé de fabrication de l'acier appelé « Linz-Donawitz » .
La scorie.	Sous-produit de la fusion du minerai de fer dans un haut fourneau.
COV	composés organiques volatils
VLE.	polluants gazeux
MES	matières en suspension
CO	monoxyde de carbone
OG	"Oxygen Converter Gas" (OG), qui est un système de traitement des gaz d'échappement du convertisseur d'oxygène

Résumé:

Le travail réalisé dans le cadre de notre projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master en Génie Chimique, a fait l'objet d'une étude sur l'épuration des gaz et de l'eau au niveau de l'ACO₁ (SIDER EL-HADJAR Annaba).

Le processus est complexe, les gaz polluants émis par l'usine notamment au sein de l'aciérie à oxygène 01, sont tout d'abord capturés et envoyés vers une colonne venturi pour éliminer les contaminants atmosphériques présents dans les émissions gazeuses tels que les émissions du dioxyde de soufre, de l'oxyde d'azote et de monoxyde de carbone. Cette étape est essentielle pour réduire les émissions polluantes et minimiser l'impact sur l'environnement, le gaz propre est finalement libéré dans l'atmosphère.

Une fois que les gaz ont été traités, les eaux polluées sont récupérées et acheminées vers une station d'épuration qui utilise un processus de décantation pour éliminer les particules solides et les contaminants de l'eau.

A la fin, la boue récupérée par la décantation est déshydratée par centrifugation, cette étude vise à approfondir notre compréhension de la séparation solide-liquide dans l'eau de dépoussiérage du processus sidérurgique de l'usine EL-Hadjar. En utilisant la technique de centrifugation et en manipulant la vitesse de rotation, la concentration de la boue et l'ajout de polymères, on a essayé d'optimiser le processus de séparation afin d'améliorer l'efficacité de la dépollution de l'eau afin de répondre aux exigences environnementales.

Abstract :

The work carried out within the framework of our end of study project for the obtaining of the diploma of Master in Chemical Engineering, was the subject of a study on the purification of gases and water at the level of the ACO1 (SIDER EL-HADJAR Annaba).

The process is complex, the polluting gases emitted by the plant, especially in the oxygen steel plant 01, are first captured and sent to a venturi column to eliminate the air contaminants present in the gaseous emissions such as sulfur dioxide, nitrogen oxide and carbon monoxide. This step is essential to reduce polluting emissions and minimize the impact on the environment, as the clean gas is finally released into the atmosphere.

Once the gases have been treated, the polluted water is recovered and sent to a treatment plant that uses a decantation process to remove solid particles and contaminants from the water.

At the end, the sludge recovered by the decantation process is dewatered by centrifugation, this study aims to deepen our understanding of the solid-liquid separation in the de-dusting water of the EL-Hadjar plant steel process. By using the centrifugation technique and manipulating the rotation speed, slurry concentration and polymer addition, an attempt was made to optimize the separation process in order to improve the efficiency of water dewatering to meet the environmental requirement

Introduction Générale :

Dans la plupart des pays industrialisés, le métal le plus utilisé est le fer et ses alliages (fonte et acier), car son importance technique est justifiée par les statistiques de la production.

Les procédés de fabrication modernes de l'acier sont assez nombreux. Ils donnent des produits de qualités différentes. La majorité d'entre eux consiste à affiner la fonte de première fusion à la décarburer dans un premier temps, puis de rétablir par des additions convenables les teneurs de ces éléments au niveau désiré.

L'acier est obtenu dans des fours ou convertisseurs par différentes opérations métallurgiques telles que l'oxydation des différents éléments d'impuretés, décarburation de la fonte et addition d'éléments alliés nécessaire pour améliorer les différentes propriétés.

L'oxydation est souvent appelée "incinération". Tous les composés organiques volatils peuvent être transformés par oxydation totale en composés inorganiques. Selon la composition élémentaire du composé organique volatil à détruire, les composés formés sont soit uniquement CO_2 et H_2O , soit un mélange contenant CO_2 , H_2O mais aussi les produits d'oxydation d'autres atomes (azote gaz NO , chlore gaz HCl , SO_2 ...). Ces derniers sont des polluants secondaires qu'il faut prendre en compte.

L'industrie sidérurgique -El-Hadjar -possède plusieurs unités de production, parmi ces unités Aciérie à oxygène n1, qui est dédiée à la transformation de la fonte liquide provenant du haut fourneau, en acier à l'aide d'oxygène.

La transformation de l'acier en fonte par oxydation dans un convertisseur LD génère des émissions gazeuses qui représentent un risque pour l'environnement et la santé. Ainsi, une épuration des gaz est nécessaire pour minimiser les impacts négatifs.

Cette épuration correspond au lavage du gaz par une solution liquide, souvent aqueuse. Cette opération permet de transférer les polluants de la phase gaz vers la phase liquide, les gaz sont ensuite évacués dans l'atmosphère.

Une fois que les gaz ont été traités, les eaux polluées sont récupérées et acheminées vers une station d'épuration qui utilise un processus de décantation pour éliminer les particules solides et autres contaminants de l'eau.

Les boues qui se forment lors du processus de traitement sont mélangées avec des polymères qui permettent de les agglomérer entre elles et les collectées pour être traitées et déshydratées ce qui permet de diminuer la teneur en eau des boues avant d'être envoyée vers la centrifugeuse.

La centrifugation est une méthode couramment utilisée pour le traitement des boues dans de nombreuses industries. Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés au traitement des boues dans une centrifugeuse Flottweg elle se distingue des autres machines par sa grande capacité de traitement, sa fiabilité et sa facilité d'automatisation qui garantit une qualité de séparation solide liquide optimale.

Pour cela nous avons étudié les effets de la vitesse de rotation, de la dilution et de l'ajout du polymère sur la boue au moyen d'une centrifugeuse de laboratoire. Ensuite, nous avons établi des courbes qui ont permis d'interpréter l'influence de chaque paramètre.

Notre mémoire comporte les parties suivantes :

- Une introduction générale.
- Un premier chapitre réservé pour la présentation du complexe sidérurgique d'El-Hadjar et notamment l'ACO1 ainsi que l'acier et son élaboration par oxydation
- Un deuxième chapitre consacré à l'épuration des gaz avec les 2 opérations unitaire : absorption et le dépoussiérage
- Un 3^{ème} chapitre comprenant la séparation solide liquide par décantation et la déshydratation.
- En dernier, le mémoire est clôturé par une conclusion générale.

Problématique :

Lors de soufflage de la fonte avec de l'oxygène pur, il se forme de grandes quantités de gaz chargé de particules de poussière nuisibles à l'environnement, ces gaz passent à travers un système OG, utilisant la technique de lavage, qui élimine les particules de poussière de ces gaz.

Au stade du traitement des eaux issues du processus de lavage, les boues sont éliminées par une méthode de décantation afin de diriger les boues vers la phase de séchage par centrifugation.

L'objectif de notre travail est de rechercher une méthode pour améliorer le traitement des boues issues de la centrifugation Par la machine flottweg.

CHAPITRE 01 : PRESENTATION DU COMPLEXE SIDERURGIQUE D'EL-HADJAR ET NOTAMMENT L'ACO1

I. Le complexe sidérurgique d'El Hadjar :

I.1 Présentation du complexe :

Le Complexe SIDER EL HADJAR est le seul producteur offrant et développant une gamme complète de produits et services acier, des produits de base aux produits à valeur ajoutée, des produits longs aux produits plats, des produits standards aux produits spécialisés, et de l'acier au carbone à l'acier inoxydable et aux alliages. Le Complexe Sidérurgique d'El Hadjar, ayant été inauguré en juin 1969, est constitué d'un ensemble d'atelier ayant pour objectif la production de l'acier et sa transformation.

C'est un ensemble qui se vent intégré de par sa taille et son long processus de fabrication. En effet, le Complexe Sidérurgique s'étend sur plus de 800 ha, c'est à constater aussi que les activités sont extrêmement étendues, devant encourir à tous les corps de métier existant dans le pays et faisant appels à des équipements aussi nombreux que variés. La fonte est la matière première qui se trouve au niveau de l'Ouenza « Tébessa », en option la fonte et l'acier qui par la suite sont transformés en produit semi finis dans différents ateliers ou secteur ; l'aciérie à oxygène « ACO₁/ACO₂ », le laminoir à chaud et à froid « LAC/LAF », les tubes soudés « TUS », a turbine sans soudure « TSS », le laminoir à fil et rond « LFR », le laminoir rond à béton.«LRB».[1]

Le complexe d'El-Hadjar représente un facteur économique pour le pays par la diversité de ses unités et ses installations de transformation du minerai de fer. L'entreprise nationale de sidérurgie a été créée pour servir l'économie du pays et répondre aux besoins du marché en matière de produits métalliques. La sidérurgie reste la base du développement industriel d'un pays. Elle s'occupe de transformation de matière première et du passage de la fonte vers l'acier. Le complexe sidérurgique principal centre d'activités sidérurgiques en Algérie est responsable de l'ensemble des opérations nécessaire à l'exploitation des ateliers et des installations existantes qui le constituent, Il s'agit de la production de la fonte et de l'acier sous forme de tôles et de pipes et rond à béton et gueuze. [2]

I.2 Situation géographique du Complexe :

Le Complexe Sidérurgique d'EL-HADJAR est situé à l'Est du pays dans la zone industrielle d'ANNABA. Il est implanté à 15Km, au sud de la ville, et occupe une superficie plus de 800 ha.

La superficie se repartie approximativement en trois zones :

- Les ateliers de la production, « 300 ha ».

- Les zones de stockage, « 300 ha ».
- Les surfaces des services, « 200 ha ». [1]

Il dispose d'une infrastructure ferroviaire d'une longueur de 60 Km, permettant la libre circulation des matières premières et près de 100 Km de route permettant la circulation des engins (autobus, camion, véhicule, etc.). [3]



Figure.I.1 : Image satellite du complexe d'EL Hadjar

I.3 Principale activité du complexe :

Tableau. I.1: Principale activité du complexe

Installation	Produit	Principaux utilisation
Cokerie	Coke	Métallurgie
HF1 et HF2	Fonte	Métallurgie, fonderie
ACO1	Brames	Industrie de transformation
ACO ₂	Billetes	Industrie de transformation
Laminoir à chaud « LAC »	Tôles fortes	-Construction métallique. -Chantier naval. -Industrie de transformation. -Tubes, bouteilles à gaz.
Laminoir à froid « LAF »	Tôles fines	-Industrie de transformation. -Electroménager. -Elect, mobilier métallique, conserve.
Etamage	Fer blanc	- emballage métallique. - Divers pour les industries alimentaires et chimiques.
Galvanisation	Tôles galvanisées	- Bâtiments pour L'agronomie. - Industrie alimentaire et élevage.
Aciérie électrique « ACE »	Lingots	- Recherche et production pétrolière. - Transport des hydrocarbures.
Laminoir à fil rond « LFR »	Fil rond à béton	- Bâtiments et travaux publics hydraulique

I.4 Organigramme du complexe :

L'organigramme ci-dessous nous montre l'organisation des différentes installations ainsi que leurs produits finis avec les principaux utilisateurs . [4]

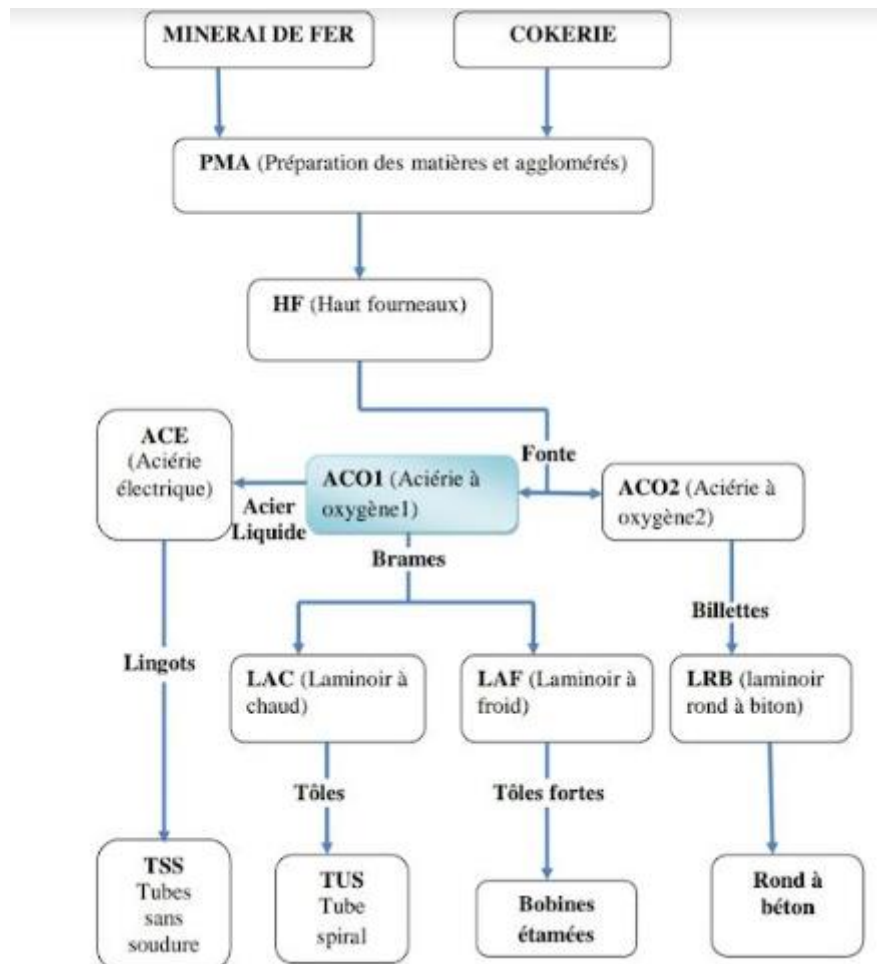


Figure.I.2 : organigramme du complexe

I.5 Présentation de L'Aciérie à oxygène :

L'Aciérie est une usine spécialisée dans la production d'acier à partir d'un mélange de fer et d'autres éléments tels que le carbone, le manganèse, le silicium, et d'autres éléments d'alliage. L'aciérie est donc spécialisée dans la transformation du minerai de fer en acier brut, qui est ensuite utilisé pour fabriquer une grande variété de produits utilisés dans de nombreux secteurs industriels tels que la construction, l'automobile, l'aéronautique et l'énergie.

On distingue généralement deux types d'aciéries : les aciéries électriques qui produisent de l'acier à partir de ferrailles recyclées, et les aciéries à oxygène qui travaillent à partir de fonte liquide produite par un haut fourneau.

L'aciérie d'oxygène est une aciérie moderne qui utilise l'oxygène pour produire de l'acier. Ce type d'aciérie se base sur le procédé LD (Linz-Donawitz) qui produit un acier de qualité supérieure. L'oxygène est utilisé pour accélérer la combustion du carbone présent dans le mélange de fer et pour éliminer les impuretés, ce qui permet de produire un acier plus pur. L'aciérie d'oxygène.

I.6 Description de l'aciérie n°1 :

Aciérie à oxygène n 1 (Bramès) Construite en 1972, l'aciérie à oxygène n°1 (ACO₁) transforme la fonte liquide provenant du haut fourneau, en acier à l'aide d'oxygène. L'acier est solidifié sous forme de produit appelé brame qui sera acheminé vers le laminoir à chaud pour être transformé en bobines. L'aciérie à oxygène n 1 a été réhabilitée en partiel en 2016 et sa capacité nominale est de 1 360 000 T par an d'acier liquide brute. Les principales installations de ACO₁ sont : Une zone d'élaboration de l'acier liquide dotée de trois convertisseurs d'une capacité de 90 tonnes chacun Deux stations de traitement des poches. Une installation de dépoussiérage. Deux machines de lingotières courbes pour la production de brames de largeur 750 à 1 300 mm et de 220 mm d'épaisseur. Une installation de manutention et de traitement des brames. [5]

I.7 La brame :

Est un demi-produit sidérurgique. C'est la matière première utilisée pour la fabrication des Tôles ou des plaques sur les trains de laminoirs.

La brame, est une masse d'acier de forme parallélépipédique et de fortes dimensions : D'environ 700 à 2 500 mm de largeur, de 5 à 15 m de long et de 150 à 350 mm d'épaisseur. Son poids peut atteindre plusieurs dizaines de tonnes.

Vers le milieu des années 1980, un développement de la coulée continue, avec la mise au Point d'une lingotière de forme complexe, a permis l'apparition des brames minces, qui font De 25 à 80 mm d'épais.

Les brames sont obtenues, soit directement à la coulée continue, soit après réduction d'un Lingot dans un train de laminoirs dégrossisseur. Les trains de laminoirs dégrossisseurs Disparaissent aujourd'hui au profit des coulées continues. [6]



Figure.I.3 : Les brames

I.8 Organigramme de l'aciérie à oxygène N°01 :

La structure de l'aciérie à oxygène est représentée par la figure I.4 qui se compose de la direction et quatre services.

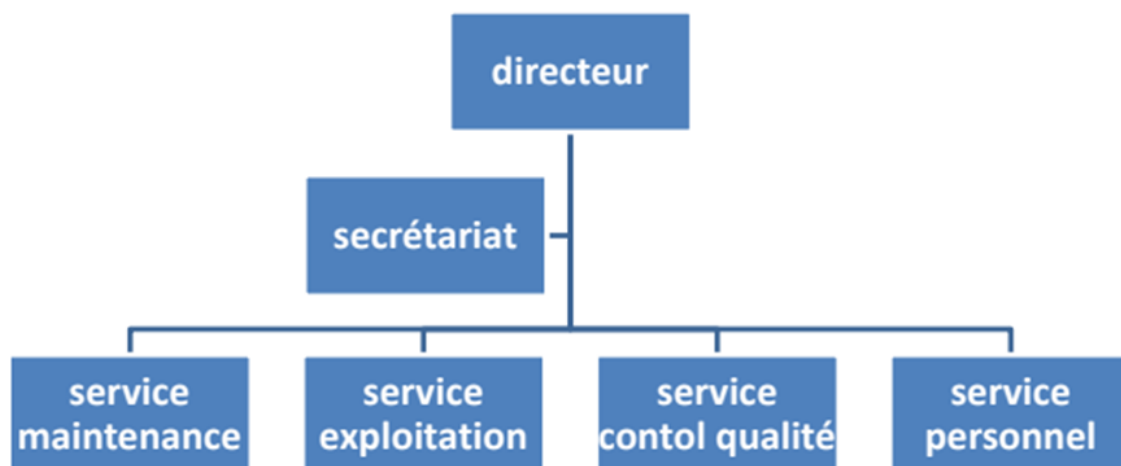


Figure I.4 : Organigramme de l'aciérie à oxygène

I.9 Généralités sur l'acier :

L'acier est défini comme un alliage de fer et de carbone dont la teneur en carbone est Inférieure à 2 %. Dans l'industrie, l'acier est plus utilisé que la fonte, car il possède des propriétés mécaniques relativement bonnes par rapport à celles de la fonte.

Les procédés de fabrication modernes de l'acier sont assez nombreux, ils donnent des produits de qualités différentes. La majorité d'entre eux, consiste, pour affiner la fonte de première fusion, à la décarburer dans un premier temps, puis rétablir par des additions convenables les teneurs de ces éléments au niveau désiré.

L'acier est obtenu dans des fours ou convertisseurs par différentes opérations métallurgiques telles que l'oxydation des différents éléments d'impuretés, la décarburation de la fonte et l'addition d'éléments alliés nécessaires pour améliorer les différentes propriétés. [7]

I.10 Composition chimique de l'acier :

Les aciers sont des alliages de fer et de carbone dont la teneur en carbone est inférieure à 2% ($C < 2\%$) outre le fer et le carbone qui en sont les éléments principaux rentrant dans sa composition, un Acier ordinaire contient principalement du silicium, du manganèse, du soufre et du phosphore. [8]

I.11 Principe d'opération :

La transformation de la fonte en acier, appelée conversion, se déroule dans un réacteur dans lequel est insufflé de l'oxygène pur à température 1600°C. Le volume du convertisseur est 7 à 12 fois supérieur au volume de métal car au cours de l'élaboration on génère une «émulsion» fer, carbone, oxygène qui remplit tout le convertisseur (cela permet aussi de confiner les éventuelles projections de métal lors du traitement).

Différents types d'injections sont pratiqués :

- Soufflage par le haut grâce à des lances refroidies à l'eau (procédé LD).
- Soufflage par le bas par l'intermédiaire de tuyères comprenant deux tubes coaxiaux (Procédé LWS)
- Soufflage mixte (procédé LBE, LET, K-BOP...).

L'injection d'oxygène permet d'éliminer le carbone, le silicium, le manganèse, le Phosphore et le soufre se trouvant initialement dans la fonte par formation d'oxydes du Type CO, SiO₂, MnO. [6]

I.12 Le but d'oxydation au niveau ACO₁ :

1)-la conversion de la fonte en acier dont la teneur en carbone dans la fourchette demandée par l'aciérie Electrique

- La déphosphoration du métal jusqu'au minimum demandé

2)- La diminution de la quantité d'hydrogène, d'azote et des inclusions non métalliques (oxydes). Par Barbotage,

3)- Atteindre la température demandée. [9]

I.13 Convertisseur a oxygène LD:

- Volume spécifique 1 m³/t
- Poids 310 t : Ø 6 m h 10,5 m

L'utilisation des convertisseurs LD dans les usines sidérurgiques tient à se généraliser pour remplacer les anciens procédés d'élaboration de l'acier comme BESSEMER. THOMAS.KAIDO. Ce type de four est moins coûteux aussi bien à l'implantation qu'à l'exploitation.

Le procédé LD peut traiter uniquement des fontes pauvres en phosphore vu le caractère de son garnissage qui est basique les fontes riches en phosphore sont traitées par les procédés dérivés de LD tels que le procédé LDAC.

Ce procédé se distingue par rapport aux autres convertisseurs par :

- L'emploi de l'oxygène au lieu de l'air, donc il y a absence d'azote.
- Soufflage à la surface du bain métallique à l'aide d'une lance métallique refroidie à l'eau.

La charge est constituée de fonte liquide et de ferrailles et d'une partie de CaO nécessaire.

Le soufflage d'oxygène au cours duquel le silicium s'élimine en premier dure environ 15min.

La décarburation et la déphosphoration ainsi qu'une partie de la désulfuration s'opèrent ensuite, le reste de la chaux étant progressivement ajouté au cours du soufflage le débit d'oxygène varie de 500 à 1000 m³/min. [9]



Figure.I.5 : Convertisseur à oxygène

I.14 La Marche de l'opération :

L'introduction de la charge s'effectue quand le convertisseur est en position horizontale. On commence par le chargement de la ferraille, ensuite la fonte liquide et $\frac{2}{3}$ de la masse totale des fondants nécessaire, le reste est ajouté vers le milieu du soufflage avec le minerai de fer destiné au refroidissement du bain.

L'intensité des réactions à la surface métal-scorie dépend du débit d'oxygène et de la hauteur de la lance par rapport au bain, la durée du soufflage est de 20 minutes. Pour provoquer au début de formation intense de la scorie, on place la lance à une distance relativement importante du bain métallique, ce qui provoque l'oxydation du fer et de son passage à la scorie, ensuite la lance est approchée du bain métallique et le soufflage est intensifié pour une meilleure partition de l'oxygène dans le bain et une oxydation du carbone.

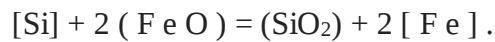
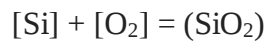
Dans ce procédé il n'existe pas de périodes nettement séparées, cela est dû à la grande quantité d'oxygène et aux hautes températures. L'opération coulée à coulée dure environ 45 minutes.

[10]

I.15 Réactions d'oxydations :

I.15.1 Le silicium :

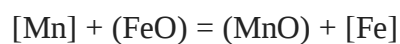
Grâce à son affinité par rapport l'oxygène, le silicium est le premier élément à s'oxyder en l'espace de 3 à 5 minutes. Tout le silicium est oxydé aussi bien dans le métal que dans la scorie.



En présence de la chaux, il forme la scorie à base de $(\text{SiO}_2) + (\text{CaO})$.

I.15.2 Le manganèse :

L'oxydation du manganèse commence avec celle du silicium et dure de 3 à 6 minutes.



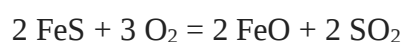
I.15.3 Le phosphore :

La déphosphoration se déroule comme dans le convertisseur Thomas, à la surface scorie-métal et elle est conditionnée par la formation d'une scorie à base de CaO et Fe.



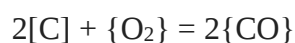
I.15.4 Le soufre :

Il est relativement facile à éliminer que le phosphore et s'effectue selon les réactions :



I.15.5 Le carbone :

L'oxydation du carbone commence directement avec le soufflage à la couche supérieure en contact avec la lance, ensuite le processus de décarburation se prolonge et passe dans le bain métallique, les bulles de CO qui se forment vont provoquer une ébullition qui donnera naissance à un mélange acier, fonte, gaz et scorie. La décarburation se termine à la concentration critique exigée. [10]



CHAPITRE 02 :
L'EPURATION DES GAZ : ABSORPTION –
DEPOUSSIERAGE

II. Introduction à l'épuration des gaz :

Le traitement des effluents gazeux des unités industrielles est important à cause des risques à grande échelle qu'une pollution de l'air peut présenter pour la santé. Une source majeure de pollution atmosphérique est constituée par les particules en suspension émanant d'installations industrielles. [11]

Parmi les procédés de traitement de l'air chargé en polluants, les opérations unitaire – absorption - dépoussiérage réalisée au sein de contacteurs gaz-liquide, entre dans la catégorie des procédés les plus importants Pour le traitement d'air. [12]

II.1 Système OG :

Les gaz d'échappement évacués du four convertisseur sont des gaz à haute température (1 450 °C) contenant une forte concentration de CO (95 %).

L'unité OG est un système de traitement des gaz du convertisseur d'oxygène qui est conçu dans le but de refroidir ces gaz d'échappement en les brûlant le moins possible, d'éliminer les poussières contenues dans les gaz d'échappement à haute concentration et de récupérer le gaz sous forme de gaz CO qui peut être utilisé comme carburant. [13]

Nippon Steel engineering propose des systèmes OG de type humide qui éliminent la poussière à l'aide d'un épurateur à eau, tel que l'épurateur Venturi.

La composition du gaz du convertisseur varie selon le procédé utilisé, la méthode de récupération et, plus précisément, le volume d'O₂. La composition du gaz varie du début à la fin du soufflage de la chaleur dans le convertisseur et en fonction du temps de soufflage. Les principaux constituants du gaz de convertisseur sont le CO, le CO₂ (dioxyde de carbone), l'O₂ et le N₂ (azote). La composition typique du gaz de convertisseur en volume est CO – 55 % à 60 %, CO₂ – 12 % à 18 %, O₂ – 0,1 % à 0,3 % et le reste est N₂. [14]

Dans le BOF, une réaction de combustion se produit entre l'O₂ de la lance et le carbone du fer, décarboniser le fer pour produire de l'acier. La chaleur produite par la réaction de combustion fait fondre la ferraille, mélange la charge et produit les changements métallurgiques souhaités. Les gaz résiduels d'un BOF contiennent du CO, du CO₂, du H₂ et de la poussière. Le CO représente environ 90 à 95 % des gaz quittant l'embouchure de la cuve à la sortie de l'usine. Le CO₂ représente moins de 10 % et le H₂ moins de 1%. Dans des conditions normales d'exploitation, tout l'O₂ est consommé dans la réaction.

Certains ateliers BOF ajoutent du calcaire (appelé "pierres") et/ou des hydrocarbures à la matière fondue à différents moments du cycle de soufflage. L'ajout de calcaire augmente la décarburation en produisant de l'O₂ supplémentaire.

L'ajout d'hydrocarbures augmente la production de chaleur et de H₂. Les deux ajouts entraînent la libération de CO supplémentaire. Il faut donc veiller à ce que l'augmentation du CO et du H₂ n'entraîne pas de conditions dangereuses dans le système d'épuration des gaz.

dans le système d'épuration des gaz. Les cuves BOF sont dotées d'une hotte au-dessus de l'embouchure pour collecter les gaz résiduels. Les opérations associées à

les opérations associées à la manipulation des gaz dans la hotte, puis à leur refroidissement et à leur épuration, sont d'une importance primordiale. Le CO et H₂ sont des gaz inflammables qui explosent s'ils sont mélangés à la quantité appropriée d'O₂ (provenant de l'air).

Les gaz présents dans la hotte sont manipulés de deux manières. Dans les systèmes de combustion complète à hotte ouverte, suffisamment d'air est aspiré dans la hotte pour brûler complètement le CO au fur et à mesure qu'il est généré. La quantité d'air induit varie de 100 % à 400 % de la quantité nécessaire pour brûler entièrement le CO.

Dans les systèmes à hotte fermée, à combustion partielle ou à combustion supprimée, seule une partie (5 % à 70 %) de la quantité d'air nécessaire à la combustion complète du CO est aspirée dans la hotte.

au début du soufflage, la connexion entre la hotte et le réservoir est ouverte, ce qui permet d'obtenir une quantité d'air suffisante pour une combustion complète.

Ce mode de combustion complète purge en effet le système avec des mélanges non explosifs de CO₂ et d'azote (N₂), afin d'éviter la formation de mélanges explosifs lors de la combustion.

Afin d'éviter la formation de mélanges explosifs lors de la transition vers le mode de combustion supprimée. . L'abaissement de la jupe supprime la combustion et modifie la composition du flux gazeux à du CO presque pur. La combustion étouffée qui se produit à l'entrée de la hotte sert à consommer tout O₂ qui pourrait être aspiré à cet endroit. Le CO presque pur passe ainsi à travers le système d'épuration des gaz qui suit, jusqu'à une torchère où il est brûlé en toute sécurité, ou éventuellement vers un système de collecte où il peut être utilisé comme carburant ou comme combustible. Tant que l'air n'entre pas dans le système, il n'y a pas de risque d'incendie ou d'explosion dans le système d'épuration des gaz.

Le CO étant un gaz toxique, les systèmes de collecte et d'épuration des gaz fonctionnent normalement sous une pression négative afin d'éviter tout risque d'incendie ou d'explosion.

[15]

II.2 Traitement des effluents gazeux par absorption :

L'absorption, appelée également lavage des gaz, est une opération unitaire de génie des procédés caractérisée par des transferts de matière d'une phase à une autre. Parfois ces transferts de matière sont accompagnés de transfert de chaleur. L'absorption met en jeu des échanges de matière entre une phase gazeuse et une phase liquide de natures chimiques différentes.

Un ou plusieurs constituants de la phase gazeuse passent en solution. Cette opération est principalement utilisée pour purifier un flux gazeux ou pour récupérer un constituant présent dans un mélange gazeux. L'absorption est uniquement physique lorsque le soluté ne réagit pas avec au moins un des constituants de la phase liquide, dans l'autre cas elle est dite chimique.

II.2.1 Généralités :

L'absorption se définit simplement comme l'opération fondamentale de transfert dans un liquide d'un ou plusieurs constituants d'un gaz (ou d'une vapeur). On peut exprimer que c'est l'opération d'après laquelle un mélange de gaz (ou de vapeur) est mis en contact avec un liquide afin de séparer, par dissolution (ou absorption) dans celui-ci, un ou plusieurs constituants du mélange gazeux.

Cette opération est souvent appelée : lavage des gaz. La récupération, souvent nécessaire, de la substance qui s'est dissoute dans le liquide, est appelée désorption. Les gaz à séparer peuvent être des produits utiles ou nuisibles que l'on désire éliminer d'un gaz porteur destiné à subir ensuite d'autres traitements. Ce substrat est souvent un gaz inerte, c'est-à-dire insoluble dans le liquide absorbant.

II.2.2 Principe de l'absorption :

L'absorption correspond au lavage du gaz par une solution liquide, souvent aqueuse. Cette opération permet de transférer les polluants de la phase gaz vers la phase liquide. L'absorption repose sur l'équilibre physique qui existe lorsqu'on met en contact une phase gazeuse contenant une substance donnée et une phase liquide dans laquelle cette substance est soluble.

Le choix du liquide de lavage conditionnera la quantité de matière transférable de la phase gazeuse vers la phase liquide. En effet, si le composé à transférer ne subit aucune modification, le processus est une simple absorption physique basée sur la solubilité du composé dans la phase liquide. Toutefois, l'équilibre pourra être totalement déplacé si l'on

Ajoute au liquide considéré des réactifs chimiques qui fixent ou détruisent le polluant Le transfert des polluants sera lié à la fois aux mécanismes diffusionnels et aux mécanismes réactionnels. Pour la cinétique du transfert, c'est le mécanisme le plus lent (ici le diffusionnel) qui est déterminant.

Afin d'accroître le rendement de l'opération, il sera possible d'agir sur les paramètres qui Régissent la diffusion comme la température, la surface de contact gaz/liquide ou le Temps de contact. Dans le cas d'un lavage avec réaction chimique, plus la réaction chimique sera rapide, plus le transfert sera accéléré. [16]

II.2.3 Les paramètres qui Régissent la diffusion :

II.2.3.1 La température :

La solubilité augmente quand la température diminue. Il y aura donc tout intérêt à travailler à température aussi basse que possible. Il faut, de plus, tenir compte du fait que l'absorption est un phénomène exothermique et que la chaleur produite devra être Dissipée.

II.2.3.2 La surface de contact :

En augmentant la surface de contact entre le gaz et le liquide, on augmente les possibilités d'échange entre les deux phases. Pour un contacteur gaz/liquide, il sera donc important d'avoir une grande aire interracciale (ou aire spécifique).

II.2.3.3 Le temps de contact :

Le temps de contact doit être suffisant pour permettre le transfert du polluant de la phase Gaz vers la phase liquide. Il est directement fonction du rendement d'épuration recherché il conditionne en partie le dimensionnement de l'absorbeur.

II.2.3.4 La réaction chimique :

L'adjonction d'un réactif dans la solution de lavage a un double objectif : éliminer le polluant de la phase liquide et donc augmenter le transfert vers cette phase, qui régénérera la solution de lavage. [16]

II.2.4 Termes utilisés :

Le soluté ou absorbât : est le gaz (ou la vapeur) contenu dans le gaz porteur, que l'on doit extraire par dissolution dans le liquide.

Le diluant ou inerte : est le gaz (ou vapeur) mélangé au soluté. Il est souvent insoluble ou peu soluble dans le solvant.

Le mélange gaz entrant la colonne est appelé souvent : gaz riche.

Le gaz dépourvu plus ou moins complètement du soluté est appelé : gaz épuisé.

II.2.5 Solubilité :

Lorsqu'un gaz est mis en présence d'un liquide, l'échange de matière entre phases correspondant à l'équilibre peut être supposé réalisé approximativement, après une durée plus ou moins longue suivant le système auquel on a affaire. Dans ces conditions, la connaissance des teneurs en constituants dans chaque phase (solubilités) et notamment de celle du gaz dans le liquide est particulièrement importante.

II.3 Types d'absorption :

II.3.1 Absorption physique :

C'est une dissolution physico-chimique faisant appel aux phénomènes de solubilité gaz-liquide sans qu'il y ait aucune transformation chimique des constituants. Le processus d'absorption Physique est préféré quand :

- Le mélange de gaz d'alimentation et le constituant à absorber sont présents en grande quantité, à Pression élevée
- La fraction de gaz non absorbée doit présenter une très grande pureté.
- Un ou plusieurs constituants absorbés sélectivement doivent être obtenus soit sous forme Enrichie, soit sous forme pure.
- Le soluté doit faire l'objet d'une opération de synthèse ultérieure.

II.3.2 Absorption chimique

Elle correspond à la dissolution d'un soluté dans un liquide avec formation d'un composé chimique plus ou moins stable. L'absorption présente certaines analogies, en ce qui concerne la nature des processus et de l'appareillage utilisé, avec d'autres opérations de transfert de matière Telles que les extractions et la distillation. L'absorption par réaction chimique est adoptée si la du solvant n'exige pas une grande quantité d'énergie, les constituants devant être séparées sont fortement acides et subissent une réaction thermique réversible avec le solvant.

Les constituants à séparer à partir du mélange d'alimentation sont présents en faible Concentration sous une basse pression.

II.4 Méthodes d'absorption :

- Les principales opérations peuvent être classées d'après le sens du déplacement des fluides, gaz et liquide, en trois catégories :
- L'absorption à contre-courant sans déversoirs
- L'absorption à courants croisés
- L'absorption à co-courant

II.4.1 Absorption à contre-courant sans déversoir :

L'absorption méthodique à contre-courant, comme les opérations d'extraction, consiste à faire cheminer dans l'absorbeur, en régime continu, généralement stationnaire, le gaz riche en absorbant en sens inverse du liquide.

Le gaz à traiter arrive ainsi à une extrémité de l'appareil où sort la solution riche en soluté tandis que le gaz épuisé quitte l'autre extrémité de l'absorbeur par laquelle pénètre aussi le solvant (pure, recyclé ou régénéré).

Cette opération, très utilisée industriellement. Elle est mise en œuvre surtout dans des colonnes à plateaux ou à garnissage. [17]

II.4.2 Absorption à courants croisés avec trop plein :

Dans les colonnes à plateaux à courants croisés, la phase gazeuse ascendante traverse le liquide qui se déplace horizontalement sur le plateau. Un barrage de sortie maintient sur le plateau une couche de liquide, qui s'écoule par gravité d'un plateau à l'autre, par une conduite (trop plein). Le déversoir permet de maintenir un niveau constant de liquide sur le plateau. Le déversoir permet de maintenir un niveau constant de liquide sur le plateau. Pour régulariser l'écoulement du liquide sur le plateau, on utilise un barrage à l'entrée. [17]

II.4.3 Absorption à co-courant :

Les deux phases sont introduites en tête de la colonne et descendent ensemble, en passant par le garnissage, vers la base de l'absorbeur. Cet arrangement permet à la colonne de fonctionner avec des débits plus grands, car dans cette configuration les problèmes liés à l'engorgement n'existent plus.

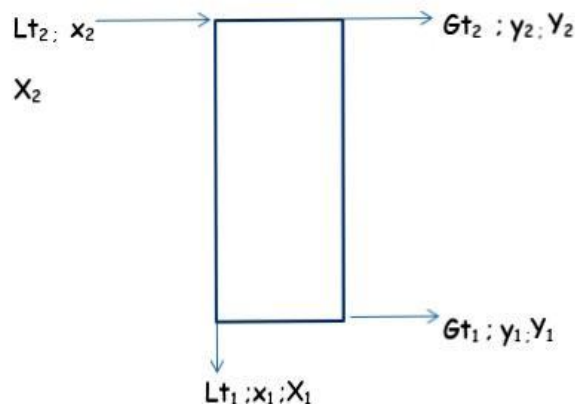
Pour les mêmes débits de gaz et de liquide, le diamètre d'une colonne à co-courant est plus petit que celui d'une colonne à contre-courant. Ce type de colonne est souvent utilisé dans les installations industrielles ayant peu d'espaces disponibles.

Les pertes de charge sont plus petites car les deux phases s'écoulent dans la même Direction.[11]

L'inconvénient de ce type de colonne est que son efficacité est relativement faible. Elle est en effet limitée par la diminution de la force motrice du gaz et du liquide au Fur et à mesure que les deux flux (liquide et gaz) descendent dans la colonne.

II.5 Bilan matière au niveau de la colonne d'absorption :

II.5.1 Bilan global : $GT_1 + LT_2 = GT_2 + LT_1$



FigureII.1: Bilan de la colonne d'absorption

Avec :

GT_1 : débit de gaz à traiter (entrée bas de la colonne)

GT_1 : est composé d'un débit de gaz vecteur et d'un débit de soluté à absorber.

LT_2 : débit de liquide, entrée en haut ou (tête de colonne), liquide très pauvre en soluté.

GT_2 : débit de gaz en sortie tête de colonne, gaz traité. Gt_2 est composé de gaz vecteur et de soluté non absorbé

LT_1 : débit de liquide sortant en bas de colonne, liquide riche en soluté, liquide constitué de solvant et de soluté absorbé .

II.5.2 Bilan partiel :

$$GT_1 y_1 + LT_2 x_2 = GT_2 y_2 + LT_1 x_1$$

Y1 : fraction molaire ou massique du soluté avant absorption, à l'entrée, bas de la colonne

X2 : fraction molaire ou massique du soluté avant absorption entrée en haut de la colonne.

Y2 : fraction molaire ou massique du soluté après absorption, sortie tête de colonne.

X1 : fraction molaire et massique du soluté après absorption, sortie bas de colonne.

II.5.3 Fraction molaire :

$Y = \text{nombre de moles du soluté gazeux} / \text{nombre de mole total du gaz}$

Le nombre de moles total du gaz étant le nombre de mole du soluté gazeux à absorber ou non absorbé + le nombre de moles du gaz vecteur : G_t

La notation y est pour la phase gazeuse

$X = \text{nombre de moles de soluté liquide} / \text{nombre de mole total du liquide}$

Le nombre de moles total du liquide étant le nombre de moles de soluté liquide + le nombre de moles de solvant

La notation x est pour la phase liquide

II.5.4 Fraction massique :

$Y = \text{masse du soluté gazeux} / \text{masse totale du gaz}$

La masse totale du gaz étant la masse du soluté à absorber ou non absorbé + la masse du gaz vecteur

$X = \text{masse du soluté liquide} / \text{masse totale du liquide}$

La masse totale du liquide étant la masse du soluté à absorber ou non absorbé + la masse du gaz vecteur.

II.5.5 Rapport molaire :

$Y = \text{le nombre de moles de soluté gazeux} / \text{le nombre de moles du gaz vecteur}$

$X = \text{le nombre de moles de soluté liquide} / \text{le nombre de moles du solvant}$

II.5.6 Rapport massique :

$Y = \text{masse du soluté gazeux} / \text{masse du gaz vecteur}$

$X = \text{masse du soluté liquide} / \text{masse du solvant}$

II.5.7 Bilan partiel au niveau de la colonne :

$$G_v y_1 + L_s X_2 = G_v Y_2 + L_s X_1$$

Avec :

G_v : débit de gaz vecteur [16]

II.6 Propriété physique :

Dans les conditions ordinaires de température et de pression, le monoxyde de carbone se présente sous la forme d'un gaz incolore et inodore. Il est peu soluble dans l'eau (30 mg/L à 20 °C), assez soluble dans certains solvants organiques tels que l'acétate d'éthyle, l'éthanol, l'acide acétique.

Le point triple du monoxyde de carbone est de -205 °C à 15 kPa [50] [18]

II.7 Le dépoussiérage

II.7.1 Généralités sur le dépoussiérage :

L'épuration des gaz est un problème fréquemment rencontré dans l'industrie. Le dépoussiérage (ou dévésiculage) d'un gaz consiste à le débarrasser par une séparation gaz/solide (ou gaz/liquide) d'une fraction des solides (ou gouttelettes) qu'il véhicule.

Un dépoussiérage industriel est un type d'équipement de contrôle de la pollution de l'air utilisé sur les sites industriels, tels que les usines, fabriques et entrepôts, afin de répondre aux exigences de sécurité pour l'environnement et les employés sur leur lieu de travail. Cet outil vise à contrôler, réduire et éliminer les particules et les fumées provenant des gaz d'un processus de fabrication, mais également de l'air environnant pendant le processus de fabrication ou de production

Le dépoussiérage industriel est le process qui vise la captation et le traitement des différents polluants engendré par un procédé de fabrication industrielle. Ces polluants émis peuvent être des poussières, des fumées ou encore des brouillards d'huile ou de solvants. [19]

II.7.2 objectif du dépoussiérage industriel :

L'objectif du dépoussiérage industriel est de garantir un environnement de travail sain pour tous les opérateurs. Il constitue donc une considération primordiale pour l'entreprise dans le cadre de la protection sanitaire de ses employés et de leur espace de travail.

L'accumulation de particules et d'aérosols ne provoque pas seulement des problèmes physiques pour le personnel, elle risque également d'endommager l'équipement et réduire en conséquence sa durée de vie. Cette accumulation peut ainsi provoquer une forte baisse de la productivité (maladie, panne de l'équipement) et une nécessité d'investissements supplémentaires pour remplacer les dispositifs défectueux.

Un problème encore plus grave est le risque de pollution de l'équipement, des sols et des surfaces environnantes, qui peut entraîner des coûts supplémentaires liés au nettoyage et l'augmentation du temps d'arrêt.

L'accumulation des particules dangereuses et d'aérosol peut également causer un risque de contamination croisée. Il est particulièrement récurrent dans les sites de production alimentaire. Un aménagement des espaces de travail facilement nettoyables et un système d'extraction équilibré sont des solutions efficaces pour lutter contre ce problème.

La protection de l'environnement prend de plus en plus d'importance. On observe une sensibilisation croissante du public aux questions environnementales, avec une réponse de plus en plus active des gouvernements. Cette sensibilisation provoque l'évolution constante, à laquelle l'industrie doit se conformer : une législation spécifique (IED), l'empreinte de CO₂, etc.

Ainsi, le système de dépoussiérage industriel est une solution, qui s'inscrit dans les objectifs industriels de développement durable, visant à protéger la santé humaine et l'environnement.
[20]

II.7.3 Application :

Les premiers systèmes de dépoussiérage par voie humide ont été utilisés dans l'industrie sidérurgique et les développements chimiques et les suivantes ont permis l'application dans de nombreux domaines tels que:

L'incinération des boues et des déchets.

Le traitement de la poussière et les odeurs dans l'industrie alimentaire.

Le processus de broyage, de séchage et de transfert des matériaux du charbon et de minéraux, l'industrie des métaux non ferreux, le verre, les matériaux d'asphalte et de construction.**[20]**

II.7.4 Principe de fonctionnement :

Il existe de multiples processus industriels dans lesquels se produisent des gaz contaminants qui doivent être traités avant d'être émis dans l'atmosphère. Une technique efficace consiste à

soumettre les gaz à un processus d'absorption gaz-liquide. Les gaz à traiter sont introduits dans la partie inférieure d'une ou plusieurs tours d'absorption ou scrubber, remplit partiellement d'un liquide (eau, solution acide, solution alcaline, hypochlorite de sodium, permanganate de potassium, etc.), ou d'une combinaison de liquides qui absorbent les contaminants présents dans le gaz. Le gaz abandonne la tour sans présence de contaminants et il peut être émis dans l'atmosphère. Les contaminants éliminés correctement grâce à un processus d'absorption gaz-liquide sont le SO₂ et les NO_x des gaz de combustion d'un équipement, le sulfure d'hydrogène provenant des stations de traitement des eaux résiduelles, COV, monoxyde de carbone, etc.

Pour que la décontamination du gaz soit complète il faut concevoir le système pour que le transfert de matière de la phase gaz à la phase liquide soit :

- Le polluant et le liquide doivent être compatibles, c'est-à-dire que la solubilité du premier dans le second doit être suffisamment élevée.
 - La surface de contact doit être suffisamment étendue pour qu'il n'y ait pas de limite de transfert du polluant au liquide absorbant.
 - Le contact des polluants présents dans le flux gazeux avec le liquide dépend du type de colonne d'absorption.
 - Lors de son passage dans la tour de lavage, l'air pollué est lavé à faible vitesse à l'intérieur d'une grande surface de contact. Il est très important d'utiliser le bon type d'absorbant pendant ce processus pour assurer un meilleur contact gaz / liquide. Une fois purifié, l'air passe à l'étape suivante ou est rejeté directement dans l'atmosphère.
1. L'air passe à travers une colonne compacte sur une grande surface de contact.
 2. La solution de lavage est pulvérisée en continu avec la pompe centrifuge à travers les buses et remplacée automatiquement selon les besoins de l'ARRS.
 3. Le système de remplissage automatique de l'eau (AWRS) garantit le maintien du niveau de travail du liquide.
 4. La base de la colonne est un réservoir de solution de lavage. [21]

II.8 Les poussières :

L'étude d'une installation de dépolluissage, et surtout du dépolluiseur, nécessite une connaissance préalable de la nature et des caractéristiques des poussières à capter et à séparer (notamment pour les plus fines).

La poussière est une substance réduite en poudre très fine, avec des particules comprises entre 0,01 et 100 μm voire même 250 μm qui est susceptible de se trouver en suspension dans l'air sous certaines circonstances et pendant un temps plus ou moins long .

II.8.1 Caractères physiques des poussières :

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte: Concentration - Explosivité - Toxicité - Abrasivité - Hygrométrie - Densité - Granulométrie - Température. Il faut les examiner et les connaître quelque soit l'industrie en cause.

II.8.1.1 Les caractéristiques physiques :

- Taille moyenne des particules
- Répartition granulométrique
- Forme : Ronde
- Structure cristalline aux contours anguleux et coupants
- Fibreuse Colloïdale
- Faculté de s'agglomérer
- Caractère hygroscopique

II.8.1.2 Les caractéristiques chimiques :

l'Abrasivité : Ne pas tenir compte de ce paramètre serait source de grande surprise. Certaines poussières du bois sont très abrasives (comme par exemple les sciures d'une scierie ou les déchets d'un broyeur), et la prudence impose de diminuer la vitesse de l'air dans les canalisations afin d'éviter l'usure. Le choix du séparateur devra tenir compte de cette donnée.

L'Hygrométrie : L'humidité de l'air ou de la poussière aura une très grande importance sur le choix du dépoussiéreur, certaines particules sont avides d'eau, aussi le calcul des réseaux ainsi que le choix du média filtrant devront être appropriés à cette donnée.

La Densité : La troisième caractéristique à prendre en considération est la densité apparente, ou la masse d'un m^3 de poussières. Cette densité apparente est inférieure à la densité réelle de la matière usinée. En règle générale la densité apparente, des poussières de bois, est de l'ordre de 0,3. Il faudra faire très attention à quelques exceptions : densité du Pin 0,065.

II.8.1.3 La Granulométrie : C'est-à-dire la courbe de répartition de la taille des particules solides contenues dans les gaz aspirés. Les dimensions peuvent varier de plusieurs millimètres, à moins du micromètre (μm).

Il faut distinguer:

- La granulométrie vraie des poussières qui est celle des particules solides, produites par usinage, broyage ou abrasion.
- La granulométrie apparente de ces mêmes poussières, qui ont tendance, spécialement pour le bois, à former des agglomérats de dimensions plus importantes que celles des particules élémentaires. [22]

II.9 Le piégeage des poussières peut s'effectuer selon deux grandes voies :

sèche, comprenant des systèmes gravitaires, filtrants ou électrostatiques, humide, où un «lavage des fumées» permet de capter les particules solides mais également certains autres polluants gazeux.

La voie humide est réservée à des installations de forte puissance brûlant des bois souillés. [23]

II.9.1 Dépoussiérage par voie sèche :

Dépoussiéreur utilisé pour éliminer les poussières par des courants gazeux, Ces dispositifs sont utilisés pour traiter les polluants secs à basse température. [24]

Il permet de capter toutes sortes de poussières plus ou moins fines. Une première filtration de l'air consiste à séparer les plus grosses particules qui viennent se stocker dans une cuve étanche.

Les poussières les plus fines sont filtrées dans des poches, cartouches ou encore manches spéciales. L'air assaini est ensuite rejeté par le dessus du dépoussiéreur par voie sèche. [25]

II.10 Domaine d'activité :

Ce type de dépoussiéreur est utilisé dans tous les secteurs d'activités industriels (Agroalimentaire, chimie, cosmétique, pharmaceutique, cimenterie, platerie, verrerie...).générant des poussières sèches. [26]

II.11 Les dépollueurs humides :

Dans un dépollueur humide (laveurs, venturi,...), le gaz est mis en contact avec un liquide de lavage. La condensation de la vapeur autour de la particule ou l'ajout d'agents tensioactifs au fluide de lavage permet l'adhésion des poussières à la surface de la goutte de liquide. Le gaz est ensuite séparé du liquide contenant des poussières, des gaz dissous ou des produits de réaction, par centrifugation ou par inertie. Plus on augmente la surface de contact entre le liquide et les particules solides (en optimisant le mélange ou en obtenant les gouttelettes les plus fines possibles), plus le procédé sera efficace.

Dans un laveur, le gaz circule généralement de bas en haut à contre-courant d'un flux de gouttelettes d'eau. Les gouttes ne doivent pas être trop fines afin d'être séparées du gaz.

Pour ce faire, plusieurs systèmes de pulvérisation peuvent être mis en œuvre, à savoir de petits pulvérisateurs placés en périphérie de l'enceinte ou de plus gros pulvérisateurs installés au centre du laveur. Une pulvérisation moins fine va permettre de limiter le bouchage des buses de pulvérisation et est moins cher à installer.

Le principe d'un venturi consiste à augmenter fortement la vitesse d'un gaz à l'aide d'un convergent avant de le mettre en contact avec de l'eau qui va être pulvérisée à l'intérieur du col du venturi. L'aérosol est ensuite ralenti dans un divergent et l'eau chargée en poussières est séparée du gaz épuré par changement de direction et centrifugation. [27]

II.11.1 Mécanisme de dépollueur humide :

Les mécanismes physiques qui permettent la capture des polluants sont les suivants:

L'impact inertiel de la poudre sur les parois du dispositif de traitement

Interception directe de particules contaminants à partir des gouttelettes atomisées l'électrode de diffusion de gaz qui permet le traitement de poudres fines particules l'effet de condensation, les particules sont absorbées par le liquide vaporisé et les noyaux qui vont se condenser pour former.

Les phases du système de dépolluage par voie humide sont les suivantes:

conditionnement gaz transformation du liquide sous forme de gouttes, des voiles et des tourbillons dans le but d'augmenter la surface de contact gaz-liquide capture de particules polluantes par le choc ou la condensation séparation à partir du courant gazeux de noyaux de particules de liquide formées dans le procédé.

Dans le mode de réalisation du système est important de prendre en compte l'interaction entre les particules, le gaz et le liquide utilisé afin d'éviter des effets secondaires tels que:

- corrosion des matériaux
- encrassement ajutage
- formation de mousses
- difficulté boues d'épuration résultant du traitement

Il est également nécessaire de considérer la viscosité du liquide, car cette influence:

- Le coût de la remise en circulation du liquide dans le système
- La séparation de la même à partir de la boue résultant de la purification
- La réalisation de gouttes ou de voiles.

L'efficacité des épurateurs par voie humide est influencée par la taille des poudres à capturer et est liée aux pertes de la charge de gaz d'admission (voir notes). Les dispositifs à faibles pertes de charge atteignent des rendements de purification importantes pour granulométries élevé alors que pour le traitement des poudres fines est nécessaire d'utiliser des dispositifs pertes de haute charge.

Une limite de dépoussiéreurs par voie humide est la difficulté de traiter de grands débits de gaz. Cependant, ceci peut être résolu en partie dans la réalisation de systèmes parallèles et en effectuant une répartition de l'écoulement de gaz d'entrée entre les différentes unités. Dans le cas des épurateurs d'écoulement de gaz variables qui sont utilisées pour fournir des dispositifs de sections variables. [27]

II.12Tours de lavage par pulvérisation :

Le gaz est acheminé dans une chambre (qui peut être vide ou rempli de corps inertes de différentes formes et tailles, fixe ou mobile), où certaines des buses pulvériser le liquide atomisé dans la mode. Les tours de l'action de traitement est réalisée grâce à deux processus:

Une raison de l'action de la capture des particules de contaminants d'une partie des gouttelettes liquides atomisées.

Une seconde qui est obtenue par la collision des particules contre le film de liquide qui se forme sur les corps de remplissage.

Pour augmenter la séparation par impaction par inertie contre le corps de remplissage de poudre est possible d'agir sur la vitesse du flux d'entrée, l'aggraver. Dans le cas du gaz très poussiéreux est cependant court le risque de colmatage de la chambre de purification.

Les tours de lavage peuvent avoir les configurations suivantes:

contre-courant, dans ce cas, les buses sont disposées de manière à pulvériser le liquide à contre-courant par rapport à la direction d'écoulement du gaz. Le fait que le gaz a une

direction à contre-courant (dans ce cas vers le haut) par rapport au liquide pulvérisé, limite la possibilité d'augmenter la vitesse d'écoulement et donc l'efficacité du système.

co-courant, la chambre dans ce cas, est agencé de manière à injecter le liquide dans co-courant avec le gaz à traiter. Avec cette configuration, il est possible de fonctionner avec une vitesse plus élevée et donc d'obtenir de meilleurs rendements, mais au détriment des pertes de charge élevées. [27]

II.13 Définition des Laveurs :

Les poussières sont captées par mise en contact intime du gaz avec le liquide de lavage. Puis gaz et liquide boueux sont séparés dans un dévésiculeur adéquat. Ces deux opérations successives sont souvent réalisées dans le même appareil. Trois mécanismes de captation peuvent intervenir dans les laveurs : la captation par inertie, la captation par condensation et la captation par diffusophorèse ou Stefan Flow. [28]

II.14 Principaux types de laveurs :

On distingue plusieurs types de technologie pour les laveurs humides :

Les laveurs à garnissage et à plateaux.

Les laveurs en pluie.

Les laveurs à courants croisés.

Les intercepteurs à mousse.

Les matelas dévésiculeurs.

Les laveurs type venturi.

II.14.1 Absorbeur Venturi :

Le gaz est introduit dans une chambre présentant une zone convergente et suivie d'une zone divergente. Le liquide est introduit à co-courant dans la zone la plus étroite. L'expansion du gaz dans le divergent favorise la dispersion des gouttelettes de liquide.

La perte de charge sur le flux gazeux est parmi les plus élevées des systèmes de lavage de gaz, mais c'est un système peu encombrant, facile à mettre en place et l'un des plus efficace pour la captation de particules.

Le venturi permet l'aspiration du gaz à traiter. Le liquide de lavage sert alors de fluide moteur, permettant de s'affranchir d'un autre équipement tel qu'un ventilateur ou un compresseur.

La séparation du gaz et du liquide de lavage, en aval du venturi peut être obtenue dans une capacité de plus forte section où la vitesse du gaz est plus faible. un cyclone disposé en aval peut aussi être utilisé. [28]

II.14.2 Le principe de laveur venturi :

Le principe de ce type de contacteur est le suivant : dans une tour vide, le traitement de gaz est réalisé par pulvérisation de la solution de lavage par un système de buses ou de dispersion à contre ou co-courant.

Un des systèmes les plus performants est l'atomiseur de type Venturi. L'appareil est constitué d'un système convergent-divergent traversé par le gaz à traiter. L'apport de gaz sous pression provoque l'éclatement et l'atomisation du liquide de lavage injecté avant ou dans le col du Venturi.

Contrairement aux colonnes garnies, la surface de contact gaz-liquide créée dans une colonne à vide est constituée de la multiplicité des gouttes de liquide pulvérisées dans le flux gazeux. Outre la grande surface d'échange offerte, le choix de ce contacteur est d'autant plus justifié qu'il ne produit que de faibles pertes de charge et donc des coûts de fonctionnement modérés. Cependant, ce type de colonne n'est utilisable que lorsque les composés sont très solubles dans le liquide de lavage. [29]



Figure.II.2 : Absorbeur venturi

II.14.3 Efficacités des laveurs de venturi :

Les laveurs et venturi sont efficaces sur des particules de tailles supérieures à $0,5\ \mu\text{m}$ (CITEPA, 2013; INERIS, 2003). Ils s'avèrent donc plus efficaces que les multi-cyclones, en particulier pour les particules inférieures à $1\ \mu\text{m}$. Cependant, la perte de charge croît avec leur efficacité de captation et par conséquent, ils ne permettent de capter les particules submicroniques qu'au détriment d'une perte de charge élevée.

L'efficacité de collecte s'améliore de manière significative lorsque le diamètre des particules augmente et ce jusqu'à environ $1\ \mu\text{m}$. Lorsque le rapport gaz liquide est plus important, cette taille critique peut légèrement diminuer (Zhou et al., 2015). Raj Mohan et al. (2008) ont montré que l'efficacité de collecte de particules microniques augmente avec la concentration en particules.

De plus, augmenter les débits de gaz et de liquide permet également d'améliorer l'efficacité car cela augmente la probabilité de contact entre les particules et les gouttes.

Outre l'influence des débits, Pulley and Walters (1992) ont pour leur part étudié la collecte de particules entre 0 et $200\ \mu\text{m}$ en faisant tomber des gouttelettes de liquide d'environ 3 mm de

diamètre pour montrer que l'efficacité de collecte peut augmenter avec l'ajout d'un tensioactif et avec la hauteur de chute des gouttelettes. Ils expliquent ce phénomène par la déformation des gouttes durant leur chute qui accroît la surface de contact.

Des efficacités plus élevées peuvent aussi être atteintes en associant un multi cyclone et un laveur, mais les coûts d'investissement restreignent le champ d'application de ce dispositif d'épuration à des puissances élevées. Ali et al. (2013) ont montré que l'efficacité de séparation d'un laveur-venturi augmentait avec le débit de liquide et la vitesse du gaz dans la gorge du venturi.

D'après Keshavarz et al. (2008), bien que l'emplacement des buses et la formation. [7]

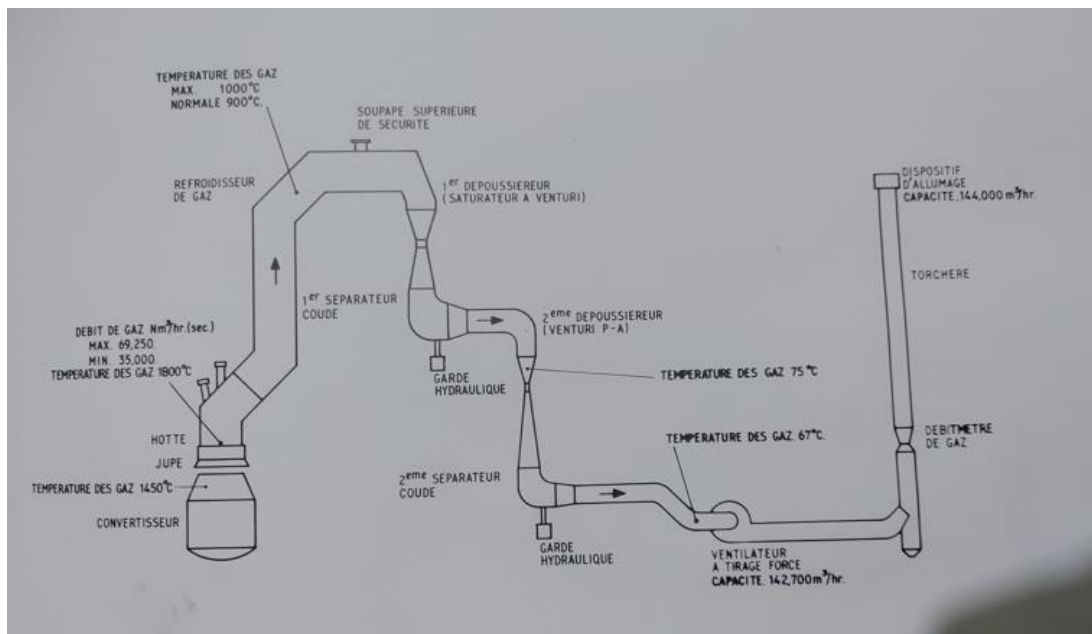


Figure.II.3 : Epuration des gaz O.G schéma de principe .

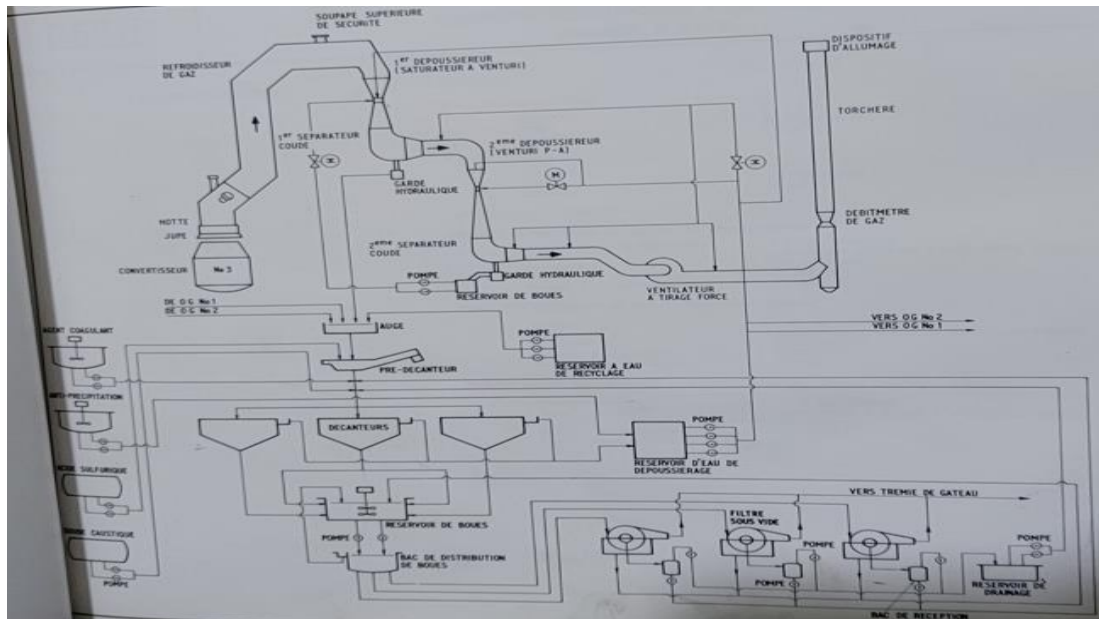


Figure.II.4 : Schéma de principe eau de dépoussiérage O.G

CHAPITRE 03 :
SEPARATION SOLIDE–LIQUIDE (DECANTATION –
DESHUMIDIFICATION DE LA BOUE)

III. Séparation solide-liquide :

III.1 Introduction :

Le procédé de séparation solide-liquide consiste à séparer deux phases d'une suspension, c'est-à-dire la phase solide et la phase liquide. Ces procédés sont destinés à séparer la phase solide de la phase liquide et à séparer les deux phases séparément ou pas du tout (traitement de la pollution).

Une séparation parfaite des liquides et des solides nécessite que toute la masse de chacun soit orientée dans la même direction. Malheureusement, aucun équipement ne peut réaliser une telle séparation : en effet certaines particules liquides seront en suspension dans le solide et certaines particules solides seront dans le liquide. L'imperfection d'une séparation est caractérisée par la fraction de matière solide restant dans le liquide ou par l'humidité, qui correspond à la quantité de liquide restant dans la matière solide. L'efficacité de séparation est généralement exprimée en pourcentage de matière solide recueillie à partir du liquide en volume par rapport au poids total (liquide + solide). [33]

La décantation est une opération en une seule étape, l'une des nombreuses techniques de séparation basées sur le phénomène de sédimentation. Il s'agit de séparer les particules en suspension d'un liquide à l'aide des forces gravitationnelles, pour permettre une séparation efficace ; il faut également tenir compte des effets antagonistes du frottement, de la turbulence, des forces électrostatiques dans les courants de fluide et des courants de convection. [30]

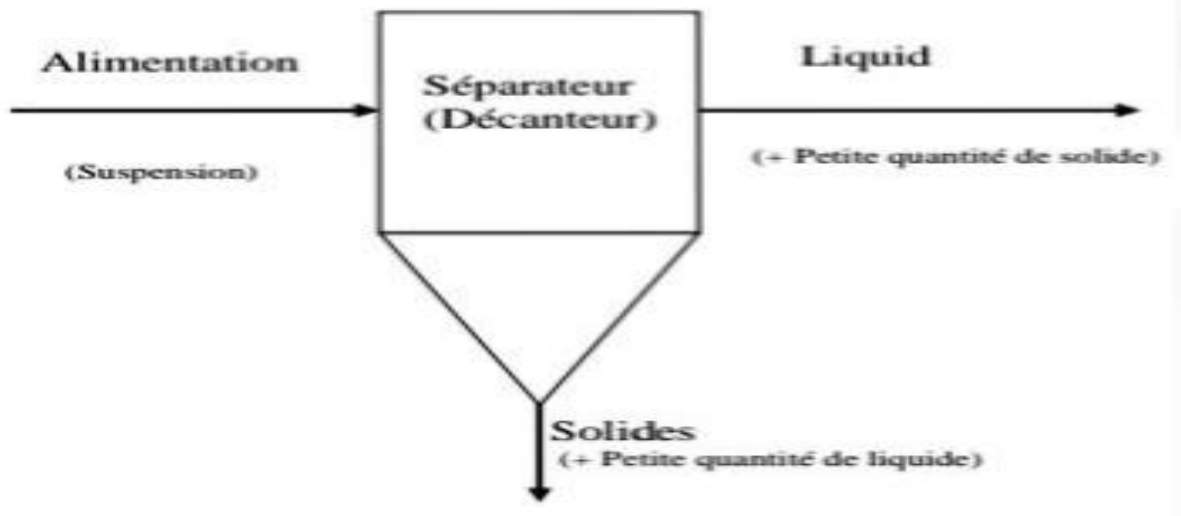


Figure.III.1 : Schéma d'un séparateur

III.2 La décantation :

III.2.1 Définition :

La décantation est une opération de séparation mécanique par différence de gravité

Phases non miscibles dont au moins une est liquide. On peut séparer la phase liquide, une phase solide en suspension dans une phase liquide.

Par conséquent, un bassin rond est utilisé dans l'entreprise, appelée Changchenchi, qui a un bras pivotant et un fond conique.

Ce bras pivotant est équipé d'un racleur qui pousse la boue dans le cône situé en bas ; C'est également à cet endroit que se produit la floculation, résultant en une eau traitée séparée du sol. [31]

III.2.2 L'importance de décantation :

La décantation est un processus crucial dans la purification de l'eau. Il élimine efficacement les solides en suspension, les matières organiques et les débris tels que le sable, améliorant ainsi la qualité de l'eau et prévenant la contamination. La décantation est la forme la plus simple de séparation solide-liquide et peut être effectuée à faible coût. Il est donc dommage de s'en passer quand on y a accès. Grâce à la décantation, nous pouvons nous assurer que notre eau est propre et sûre à utiliser, ce qui est crucial pour la santé humaine et

l'environnement. Lorsqu'il est combiné avec d'autres méthodes de purification de l'eau, nous pouvons obtenir une eau encore plus propre. [31]

III.3 Facteurs qui peuvent affecter l'efficacité de la décantation:

La décantation est un processus crucial dans le traitement de l'eau, mais il peut être affecté par différents facteurs qui peuvent influencer son efficacité.

L'un des principaux facteurs est le débit important, qui peut entraîner une perte d'efficacité en raison d'un temps de séjour insuffisant pour la sédimentation des particules en suspension.

De plus, une faible concentration en matières en suspension (MES) peut également affecter l'efficacité de la décantation, car il peut être plus difficile de les séparer de l'eau claire. La température est également un facteur important à prendre en compte, car des variations de température peuvent affecter la solubilité des coagulants et des flocculants et donc la formation de flocons.

Enfin, le pH peut également affecter l'efficacité de la décantation en influençant la charge de surface des particules en suspension et leur capacité à se coller entre elles.

Pour garantir une décantation efficace, il est donc important de contrôler ces facteurs et d'ajuster les dosages en conséquence. [31]

III.4 Type de décantation :

III.4.1 Décantation de particules flocculantes :

Ce type de décantation se caractérise par l'agglomération des particules lors de leur chute. Les propriétés physiques de ces particules sont ainsi modifiées au cours du processus. Ce type de décantation est utilisé dans les stations d'épuration, ainsi que dans les systèmes de décantation secondaire des stations d'épuration. [30]

III.5 le principe de phénomène :

Si on laisse la suspension solide se déposer dans la phase liquide, Particules observées sous l'action de la gravité et de la poussée Archimède, ont tendance à descendre vers le bas ou à remonter à la surface selon leur orientation densité et taille. Cependant, cette stabilisation peut être relativement lente Pour particules très fines (sensibles à l'agitation thermique) et liquides Très visqueux.

Cependant, plusieurs Paramètres qui augmentent la vitesse de sédimentation :

- Granulométrie, utiliser des flocculants.
- Différences de densité.
- Viscosité du fluide, qui diminue avec l'augmentation de la température.
- fond de réservoir [33]

III.6 Termes utilisés relatifs à la décantation :

III.6.1 Matière en suspension :

Les matières en suspension ou MES sont des particules solides présentes dans les eaux usées (eaux domestiques, urbaines, industrielles, agricoles et dues aux ruissellements sur les sols). Les matières en suspension représentent la totalité des matières fines minérales, organiques ou colloïdales insolubles qui contribuent à la turbidité de l'eau. [32]

III.6.2 Flocculants

Est un produit liquide qui favorise le contact mutuel Particules auparavant instables, expulsées par coagulation. L'agitation L'écoulement de fluide provoque l'agrégation de pigments tels que les polymères (Sp6). [39]

III.6.3 Coagulants

Produits liquides principalement utilisés en thérapie dans l'eau recyclée. L'ajout d'un coagulant à l'eau brute peut être utilisé à des produits chimiques pour déstabiliser les particules colloïdales en suspension dans l'eau tel que le chlorure ferrique (FeCl_3). [34]

III.7 La coagulation :

Associée à une agitation rapide du volume à traiter, elle permet de déstabiliser les particules en suspension en supprimant les répulsions inter-colloïdales. L'effluent à traiter contient des particules colloïdales naturellement chargées négativement. Elles tendent ainsi à se repousser entre elles : on parle de stabilisation des particules. Le but de la coagulation est donc de neutraliser les charges électriques répulsives des particules colloïdales, afin de favoriser la formation d'un agglomérat. Pour permettre l'adhésion des particules, il faut vaincre la barrière

énergétique de répulsion soit en augmentant l'énergie cinétique des particules (en augmentant l'agitation de celles-ci) soit en abaissant la barrière de répulsion.

Le coagulant, injecté dans l'eau d'entrée de station, permet de déstabiliser ces particules en suspension dans l'eau en inhibant les forces stabilisatrices des colloïdes et en neutralisant les



charges négatives (le coagulant est chargé positivement). Cette réaction nécessite un mélange rapide de l'eau brute lors de l'ajout du coagulateur pour faciliter et optimiser ce contact. [32]

Figure.III.2 : Coagulation en circulation

III.8 Influences des différents paramètres sur la coagulation :

III.8.1 Influence de pH :

Le pH est la variable la plus importante à prendre en compte lors de la coagulation de l'eau. Pour chaque eau, il existe une plage de pH pour laquelle la coagulation se produit rapidement et de manière prévisible ; cette plage dépend du type de coagulant utilisé, de sa concentration et de la composition de l'eau à traiter. Lorsque la coagulation se produit en dehors de cette plage, augmentez la quantité de coagulant ou acceptez une eau de moins bonne qualité [8]. Pour les ions tels que le fer et l'aluminium, les plages de pH optimales varient respectivement de 4 à 6 pour l'acétate de sodium et de 5 à 7 pour l'hydroxyde de sodium. Pour corriger le pH dans certains cas (ex. : ajuster l'alcalinité, ajouter de la chaux), divers produits peuvent être utilisés : acides, craie ou carbonate de sodium [8]. Un pH bas peut être abaissé en ajoutant des acides ou des solutions caustiques." Dans certains cas, il peut être plus efficace d'augmenter la quantité de coagulant. Lorsque le pH est optimal, les produits solubles d'aluminium et de fer sont pratiquement inexistantes. [35]

III.8.2 Influence de la dose de coagulant :

De plus, la dose de ce réactif est un paramètre important à prendre en compte pour optimiser le traitement de l'eau à traiter. Une dose de coagulant excessive entraîne une augmentation du coût d'exploitation, tandis qu'un dosage insuffisant conduit à une qualité médiocre de l'eau traitée.

La quantité de réactifs ne se détermine pas facilement. La difficulté principale est de déterminer la quantité optimale de réactif à injecter en fonction des caractéristiques de l'eau brute. La détermination du taux de coagulant est effectuée à l'aide d'un essai expérimental appelé « Jar-test ». Cet essai consiste à mettre des doses croissantes de coagulant dans des récipients contenant la même eau brute.

Après quelques instants, on procède sur l'eau décantée à une mesure de turbidité afin de déterminer la qualité de l'eau. La dose optimale est donc déterminée en fonction de la qualité de l'eau des différents échantillons.

III.8.3 Influence de la température :

La température joue aussi un rôle important. En effet, si l'eau à traiter a une température basse alors sa viscosité augmente et crée des difficultés dans le déroulement du processus : la coagulation et la décantation du floc sont ralenties et l'intervalle de pH optimal diminue. Pour éviter ces difficultés, une solution consiste à changer de coagulant en fonction des saisons.

III.8.4 Influence de la turbidité :

La turbidité est un paramètre à prendre en compte pour assurer le bon fonctionnement du procédé de coagulation. Plus la turbidité de la solution est importante, plus la concentration en particules est importante, il est alors nécessaire d'augmenter la dose de coagulant. [32]

III.9 La floculation :

Associée à une agitation lente du volume à traiter, elle a pour but de favoriser l'agglomération entre les particules déstabilisées. Ainsi, ces particules s'agglutinent pour former un floc assez lourd pour permettre la décantation des particules. La floculation se fait grâce à la mise en

œuvre d'un processus d'adsorption, puis de réticulation conduisant à la formation d'un "floc" tridimensionnel de structure fibreuse à la suite d'une agitation lente du milieu réactionnel. Le floc formé peut alors soit décanter soit flotter selon le procédé de rétention choisi.

Ces deux mécanismes sont alors suivis de la décantation primaire. Le but premier d'un décanteur primaire est d'éliminer les matières en suspension se trouvant dans l'affluent à traiter, grâce à la formation préalable d'un floc séparable de l'eau épurée par un simple phénomène de décantation. L'efficacité de ce procédé est assez élevée puisque qu'il permet d'abattre, en général, entre 50 et 80% des matières en suspension de l'affluent.

Il a, de plus, la capacité d'épaissir les boues formées lors de la décantation afin que celles-ci, une fois extraites du décanteur, aient une teneur en eau la plus faible possible. [32]

III.10 But de la coagulation – floculation :

La coagulation et la floculation sont utilisées pour séparer les particules, qui sont essentiellement colloïdales. Les deux procédés utilisent des agents chimiques pour provoquer la déstabilisation des particules en suspension ; cela améliore leur capacité à fusionner. En pratique, la coagulation consiste à injecter et à disperser des produits chimiques dans une suspension de particules. La floculation repose sur un mélange lent pour permettre aux particules d'entrer en contact les unes avec les autres, ce qui les amène à s'agglomérer en floccs qui peuvent être facilement filtrés par décantation. [36]

III.11 Les pré-décanteurs :

Les pré-décanteur sont utilisés pour filtrer, même approximativement, l'air qui provient des cycles de nettoyage, de façon à enlever la plupart des parties lourdes et des poussières.

Ils sont donc utilisés dans les cycles d'aspiration nettoyage, ainsi que dans les départements de broyage, pour décanter et extraire de l'air les particules avec un poids spécifique supérieur par rapport à l'air lui-même. De cette manière les particules n'occupent pas l'entier parcours d'aspiration, où ils pourraient obstruer les canalisations.

Les pré-décanteurs sont aussi utilisés pour réduire la quantité des poudres et particules qui entreraient autrement dans les filtres anti-poussières, en réduisant leur travail et en les protégeant contre l'usure et les dégâts.

Normalement ils sont associés aux tarares, de façon à extraire tout de suite les particules aspirées, avant qu’elles soient envoyées au cycle d’aspiration. De cette manière il est possible de vérifier le produit qui sort du pré-décanteur et d’ajuster l’aspiration.

Le pré-décanteur est toujours associé à une écluse qui décharge le produit en décantation. Le choix du modèle de pré-décanteur et de l’écluse dépendent de la quantité d’air à filtrer et du volume de produit prévu à la décharge. [37]



Figure.III.3 : Pré décanteur

III.12 Décanteur classique :

Les décanteurs classiques reposent sur l’envoi du mélange eau/boue au sein d’un bassin. L’injection se réalise par le bas, au centre du système, par la présence d’un Clifford ou jupe de Répartition ; système permettant une bonne répartition du flux injecté au sein du décanteur. Une goulotte, placée en périphérie du bassin, est précédée d’une lame déversant permettant une récupération en continue de l’eau épurée.

Une lame peut être placée de façon à éviter tout rejet de particule dans le système récepteur. Des systèmes de raclage peuvent être également ajoutés dans cette zone de récupération des Eaux.

Concernant la technique de reprise des boues, il est possible d'employer soit une technique Par gravité, en succion ou par raclage.

La seconde technique consiste à envoyer l'effluent à traiter par le fond du système. Les boues, Déposées en fond du système, vont être remontées par l'intermédiaire de tube aspirant vers la Surface. Les boues, ainsi récoltées, sont transférées dans un siphon, placé au centre de L'installation.

L'eau épurée est, quant à elle, située en haut de bassin et est évacuée. La Succion est généralement employée pour des ouvrages de grande dimension présentant un Diamètre supérieur à 25 m. [35]



Figure.III.4 : Décanteur classique

III.13 Déshydratation des boues :

Cette étape vise à « essorer » les boues pour éliminer le maximum d'eau qu'elles Contiennent. Les boues sont mélangées préalablement avec des polymères qui permettent de les agglomérer entre elles. Une partie des boues est envoyée vers les centrifugeuses, L'autre vers la presse bucher. [39]

La déshydratation permet de diminuer la teneur en eau des boues, et d'atteindre en sortie une siccité allant de 15 à 40%, variable selon la filière de traitement des eaux, la nature des boues

et la technique de déshydratation utilisée. Elle s'opère sur un mélange de boues primaire, secondaire voire tertiaire. [38]

III.13.1 La déshydratation mécanique :

Elle s'opère par centrifugation ou par filtration.

La centrifugation consiste à séparer l'eau des boues épaissies par la force centrifuge développée dans un cylindre tournant à grande vitesse. En sortie, les boues sont pâteuses avec une siccité de 18 à 20 % pour la première génération d'équipements, et de 20 à 25 % de siccité pour la seconde. Pendant longtemps, cette technique a surtout concerné les stations de plus de 10.000 EH ; aujourd'hui des solutions existent pour les plus petites. [39]

III.14 Boues LD :

Les fines particules solides récupérées après nettoyage humide du gaz sortant des convertisseurs LD sous forme de boues sont appelées boues LD. Au cours de ce processus, le four émet très fines particules d'oxyde de fer qui sont éliminées des gaz résiduels par un processus de lavage par voie humide

Ces déchets peuvent contenir des niveaux élevés de Ca, Zn, Pb, etc. selon le type de calcaire et la chimie de la ferraille utilisée au cours du processus de fabrication de l'acier. Dans les aciéries, le niveau élevé de teneur en humidité de la boue LD (35 à 40 %) est un obstacle majeur à son recyclage vers l'agglomération usine.

Il devient collant et forme des agglomérats après une longue exposition à l'atmosphère. Par conséquent, les boues LD doivent être séchées de manière optimale et rendues manipulables avant le recyclage.

Afin de répondre aux exigences environnementales strictes, il est devenu nécessaire pour l'acier Usines à développer un procédé de recyclage de ces déchets. La boue contient une quantité appréciable de fer et de chaux et se prête donc tout à fait au recyclage dans l'usine d'agglomération. [39]

III.14.1 Origine des boues :

Les boues de traitement des eaux primaire sont produites dans les bassins par simple décantation des Matières En Suspension (MES) organiques et minérales contenues dans les eaux usées. Jusqu'à 70 % des MES peuvent être retenues lors de cette étape de traitement des

eaux usées, et donc se retrouver dans les boues. Avec l'évolution des procédés de traitement des eaux usées, ces boues tendent à diminuer de volume.

Les boues de traitement secondaire physico-chimique proviennent de l'agglomération des matières organiques particulaires ou colloïdales contenues dans les eaux usées, par addition d'un réactif coagulant (sels de fer ou d'aluminium) qui sont ensuite séparées par décantation. Jusqu'à 90 % des MES peuvent être retenues lors de cette étape de traitement des eaux usées, et donc se retrouver dans les boues. Ces boues contiennent une partie importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant. Elles proviennent surtout des stations d'épuration situées dans des zones touristiques, qui doivent adapter les traitements aux fortes fluctuations de la population et donc du nombre d'Equivalent Habitant (EH) ; unité de base servant à dimensionner les filières de traitement. [38]

III.15 Présentation de décanteur centrifuge Flottweg :

Lorsque il faut séparer des mélanges solide-liquide avec un taux élevé de matières solides, une solution s'impose : les décanteurs centrifuges. Ces centrifugeuses à vis et bol plein ou décanteurs, fonctionnent en continu, contrairement aux filtres presses. Les forces centrifuges élevées séparent les matières solides fines de celles en suspension par différence de densité.

La structure modulaire permet d'utiliser ces décanteurs dans une grande variété d'industries partout dans le monde – de l'Australie à Chypre. Les décanteurs centrifuges s'adaptent à chaque application de manière optimale. Les processus vont de la déshydratation des boues, la classification et la classification par voie humide, jusqu'au tri des solides. [40]

III.15.1 Principe de fonctionnement :

La séparation de la phase solide et de la phase liquide est effectuée grâce à l'accélération centrifuge. À l'intérieur du bol rotatif de la centrifugeuse, les particules solides, qui ont une densité plus élevée et sont donc plus lourdes que le liquide, se déplacent vers l'extérieur grâce à la force centrifuge. Elles forment un sédiment sur la paroi interne du bol de la centrifugeuse. Comme les forces centrifuges générées dans une centrifuge sont d'environ 3 000 g, alors qu'elles n'atteignent que 1 g dans le champ gravitationnel, la séparation des particules solides du liquide est beaucoup plus rapide et plus efficace. [41]



Figure.III.5 : Décanteur flottweg

ETUDE PRATIQUE

CHAPITRE IV : ETUDE EXPERIMENTALE

IV. Introduction :

Cette étude vise à approfondir notre compréhension de la séparation solide-liquide dans le contexte spécifique de l'eau de dépolluage du processus sidérurgique de l'usine ELhadjar. L'eau de dépolluage contient des particules de poussières et d'autres contaminants solides qui doivent être éliminés afin de préserver la qualité de l'eau et de respecter les normes environnementales.

La méthode choisie pour cette étude est la centrifugation, une technique largement utilisée dans le processus de séparation solide-liquide. La centrifugation repose sur la force centrifuge produite par la rotation rapide d'un récipient contenant le mélange à séparer. En ajustant différents paramètres de la centrifugation, tels que la vitesse de rotation, la concentration de la boue et l'ajout de polymères, nous pouvons influencer les performances de la séparation.

L'un des principaux objectifs de cette étude est d'évaluer l'effet de la vitesse de rotation sur la séparation solide-liquide. Une vitesse de rotation plus élevée peut entraîner une plus grande force centrifuge, favorisant ainsi la séparation des particules solides de l'eau. En comparant les résultats obtenus à différentes vitesses de rotation, nous pourrions déterminer la vitesse optimale pour une séparation efficace.

Un autre aspect clé de cette recherche concerne l'effet de la concentration de la boue. En modifiant la quantité de particules solides contenues dans le mélange, nous pourrions étudier l'influence de la concentration sur l'efficacité de la séparation.

De plus, nous examinons l'ajout de polymères dans le processus de centrifugation. Les polymères peuvent agir comme des agents de floculation, favoriser l'agglomération des particules solides et améliorer ainsi leur séparation de l'eau.

IV.1 Matériels et méthodes :

Tableau.IV.1: Composition de la boue

 ArcelorMittal Arcelor Mittal Algérie	ENREGISTREMENT SM RAPPORT D'ANALYSES	Réf: ENR/LMP/8.2/01 Indice: 00 Date de création: 24 NOV 2013 Page 1/1
--	---	---

Date de l'analyse: 28/02/2015 Nature de l'analyse: Chimique et physico-chimique LABORATOIRE: matières premières et analyses spéciales
 N°: 0298/ 2013-2014-2015

Matières Non Métalliques:

Date de Réception	Client	Matières	Code	FeT %	CaO %	SiO2 %	MgO %	Al2O3 %	MnO %	P2O5 %	Na2O %	K2O %	FeO %	C %	S %	PF %	H2O %	PH	Masse V Kg/l
26/02/2015	Fluides ACOI	BOUE	26/02/15	59.07	6.98	2.22	4.19	3.57	2.99	-	0.054	0.10	58.32	-	-	néant	24.16	10	0.8

Observation : Echantillon analysé séché au préalable...

VISA DU CHEF DU LABORATOIRE

 Mme: NAFA ATIKA

IV.2 Appareils utilisés :

- Étuve
- Balance
- Centrifugeuse de laboratoire



Figure. IV.1 : Étuve de laboratoire



Figure.IV.2: Balance



Figure.IV.3: Centrifugeuse de laboratoire

IV.3 Matériels utilisés :

- béchers (50 ml ,100ml)
- Éprouvette
- Verre de montre.



Figure.IV.4 : Béchers (50 ml ,100ml)

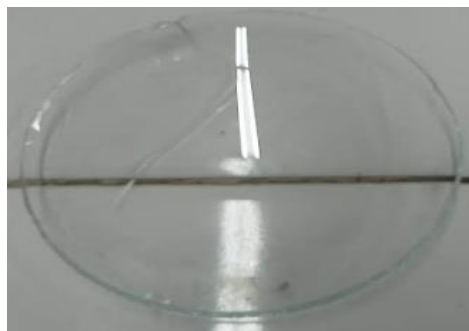


Figure.IV.6 : Verre de montre.

IV.4 Protocole expérimental :

-Préparation de la solution mère : La matière solide a été pesée et mélangée avec une quantité adéquate d'eau pour préparer une solution mère.

-Préparation des solutions diluées : Ensuite, de la solution mère quatre concentrations différentes, ont été préparée à savoir : 2 g/40 mL, 4 g/40 mL, 10 g/40 mL et 20g/40 mL. Cette dilution a été réalisée à l'aide de béchers et d'une pipette.

-Étude de l'effet de la vitesse de rotation : Des tubes de centrifugation ont été préparés en ajoutant une quantité égale (25 g) de la solution mère contenant la matière en suspension. Ces tubes ont ensuite été placés dans la centrifugeuse, et chaque test a été effectué à des vitesses de rotation différentes, allant de 1000 à 4000 tr/min.

-Étude de l'effet de la dilution : Des tubes de centrifugation ont été préparés en ajoutant une quantité égale de chaque solution diluée, puis le test a été effectué à une vitesse de rotation de 3000 tr/min.

- Étude de l'effet de l'ajout de polymère : Des tubes de centrifugation ont été préparés en ajoutant une quantité égale (25 g) de la solution mère, Différentes quantités de polymère (2 g,

ETUDE PRATIQUE : CHAPITRE IV : ETUDE EXPERIMENTALE

4 g, 6 g, 8 g) ont été ajoutées à chaque tube, puis les tubes de centrifugation ont été placés dans la centrifugeuse et le test a été effectué à une vitesse de rotation de 3000 tr/min.

-Séchage par étuvage et mesure de la masse retenue : Après chaque centrifugation, les tubes ont été retirés de la centrifugeuse, puis les échantillons ont été séchés par étuvage. Cette méthode consiste à placer les échantillons dans une étuve à température élevée.

Une fois les échantillons complètement secs, la masse des solides retenus dans chaque tube a été mesurée à l'aide d'une balance.

-Création des courbes : Enfin, les données fournies ont été traitées au moyen du logiciel Excel, et trois courbes distinctes ont été créées pour les tests effectués à différentes vitesses de rotation, pour chaque dilution de solution et pour chaque quantité de polymère ajouté.

Les courbes ont été analysées pour déterminer l'efficacité de la centrifugation à différents niveaux de concentration de la boue, de vitesse de rotation et de la quantité de polymère ajouté.

IV.5 Résultats et discussion :

IV.5.1 Test de vitesse de rotation :

Tableau.IV.2 : Résultats des test de vitesse de rotation

Vitesse de rotation (tr/min)	1000	2000	3000	4000
la masse obtenu (g)	0.01	0.02	0.03	0.03

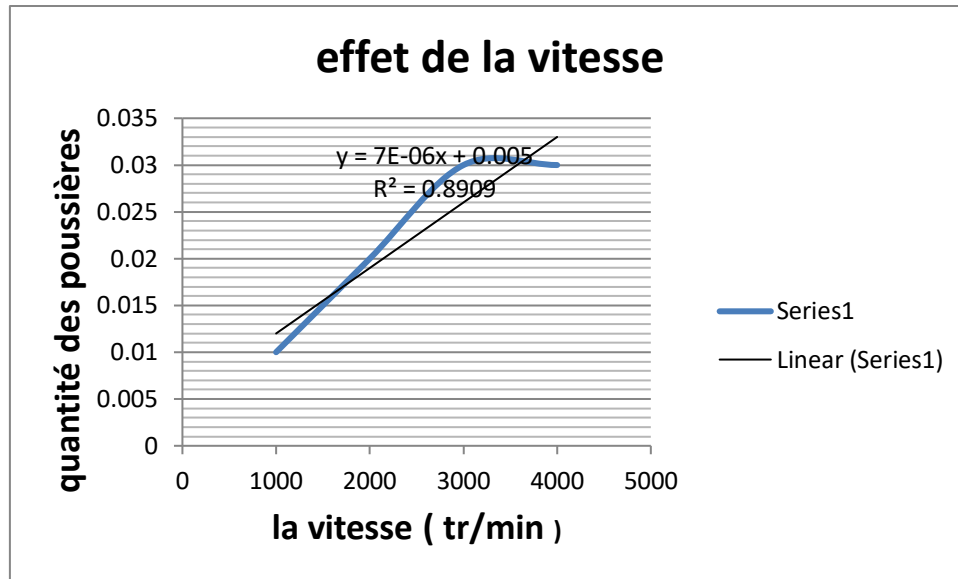


Figure.IV.7 : Graphique montrant l'effet de la vitesse sur la quantité des poussières

Discussion de graphe :

La courbe représente la variation de la masse de matière en suspension en fonction de la variation de vitesse de rotation de la centrifugeuse

La courbe représente une droite linéaire croissante avec une pente positive, elle montre une augmentation de la masse de matière en suspension avec la vitesse de rotation pour l'intervalle [1000tr/ min-3000tr/ min].

Avec une concentration maximale de cette masse à une vitesse de 3000 tr/min cela signifie que c'est la vitesse optimale, suivie d'une stabilisation de cette masse à une vitesse plus élevée (4000 tr /min) .

IV.5.2 Test de dilution :

Tableau.IV.2: Résultats des test de dilution

La concentration (g/40ml)	2	4	10	20
La masse obtenu (g)	0	0.004	0.01	0.01

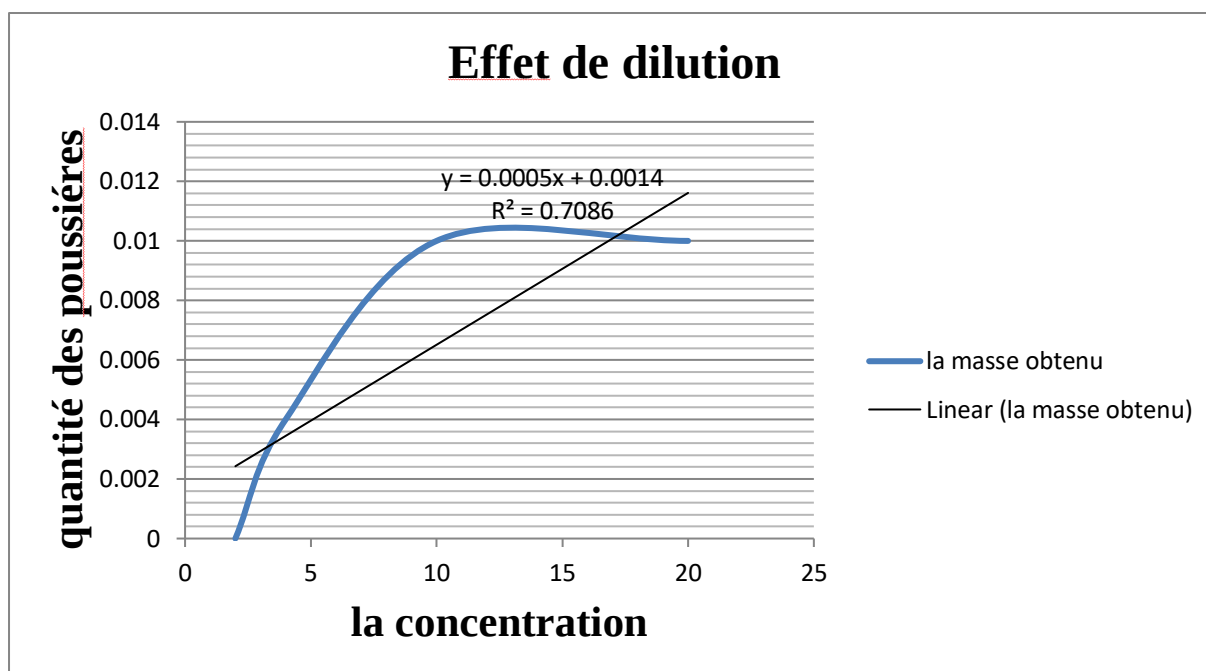


Figure.IV.8: Graphique montrant l'effet de la dilution sur la quantité des poussières

Discussion de graphe :

La courbe de variation de la quantité de matière en suspension en fonction des solutions dilués est une courbe croissantes pour l'intervalle (2g/ 40 ml -10 g / 40 ml). A mesure que la concentration de la solution diluée augmente, la quantité de la boue dans chaque tube de centrifugation augmente également.

Cependant à une concentration de 10g / 40 mL la concentration atteindra une limite supérieure et la quantité de matière en suspension commencera à se stabiliser jusqu'à une concentration de 20g / 40 mL.

IV.5.3 Test de polymère :

Tableau.IV.3: Résultats des test de polymère

La concentration de polymère	2	4	6	8
La masse obtenue (g)	1	0.82	0.68	0.53

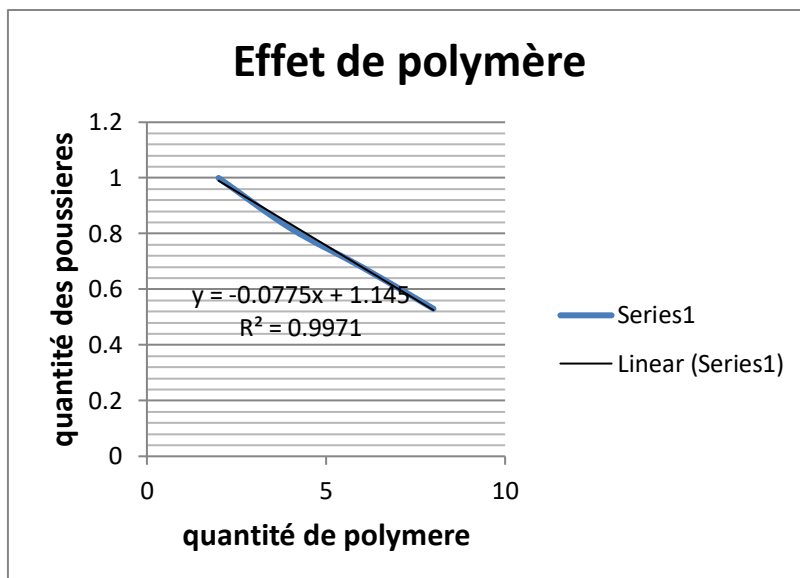


Figure.IV.9 : Graphique montrant l'effet de polymère sur la quantité des poussières

Discussion de graphe :

La courbe représente la variation de la quantité de matière en suspension (poussière) en fonction de la variation de la quantité de polymère ajouté, c'est une courbe linéaire décroissante a une pente négative, elle montre une diminution de la masse de poussière avec l'augmentation de la quantité de polymère

IV.6 Interprétations des résultats :

IV.6.1 Interprétation de la courbe de vitesse :

La courbe montre une augmentation initiale de la masse de matière en suspension avec la vitesse de rotation, cette augmentation initiale pourrait s'expliquer par la séparation des particules solides du liquide et leur accumulation dans les parois du tube de centrifugation, cela peut s'expliquer par le fait que la force centrifuge augmente avec la vitesse de rotation ce qui augmente la masse de la matière en suspension.

À des vitesses de rotation relativement faibles, les particules en suspension sont soumises à une force centrifuge relativement faible, ce qui signifie qu'elles restent relativement bien réparties dans le liquide et n'ont pas tendance à s'écarter de l'axe de rotation

Donc au fur et à mesure que la vitesse de rotation augmente, l'effet de la gravité est compensé par la force centrifuge, et cela peut provoquer la formation de couches distinctes de matériaux de densités différentes. Les particules les plus lourdes et les plus denses ont tendance à se déposer plus rapidement, tandis que les particules plus légères et moins denses restent en suspension plus longtemps.

ETUDE PRATIQUE : CHAPITRE IV : ETUDE EXPERIMENTALE

La concentration maximale de la matière en suspension atteinte à une vitesse de rotation 3000 tr/min « optimale » permet d'obtenir une séparation suffisante des particules tout en évitant la formation d'agréats ou de perturbations excessives

La stabilisation de la masse est due à la perte de certaines particules lorsqu'elles sont éjectées du tube de centrifugation à des vitesses de rotation plus élevées ou à la formation d'agréats qui réduisent la quantité de matière mesurée.

IV.6.2 Interprétation de la courbe de l'effet de concentration :

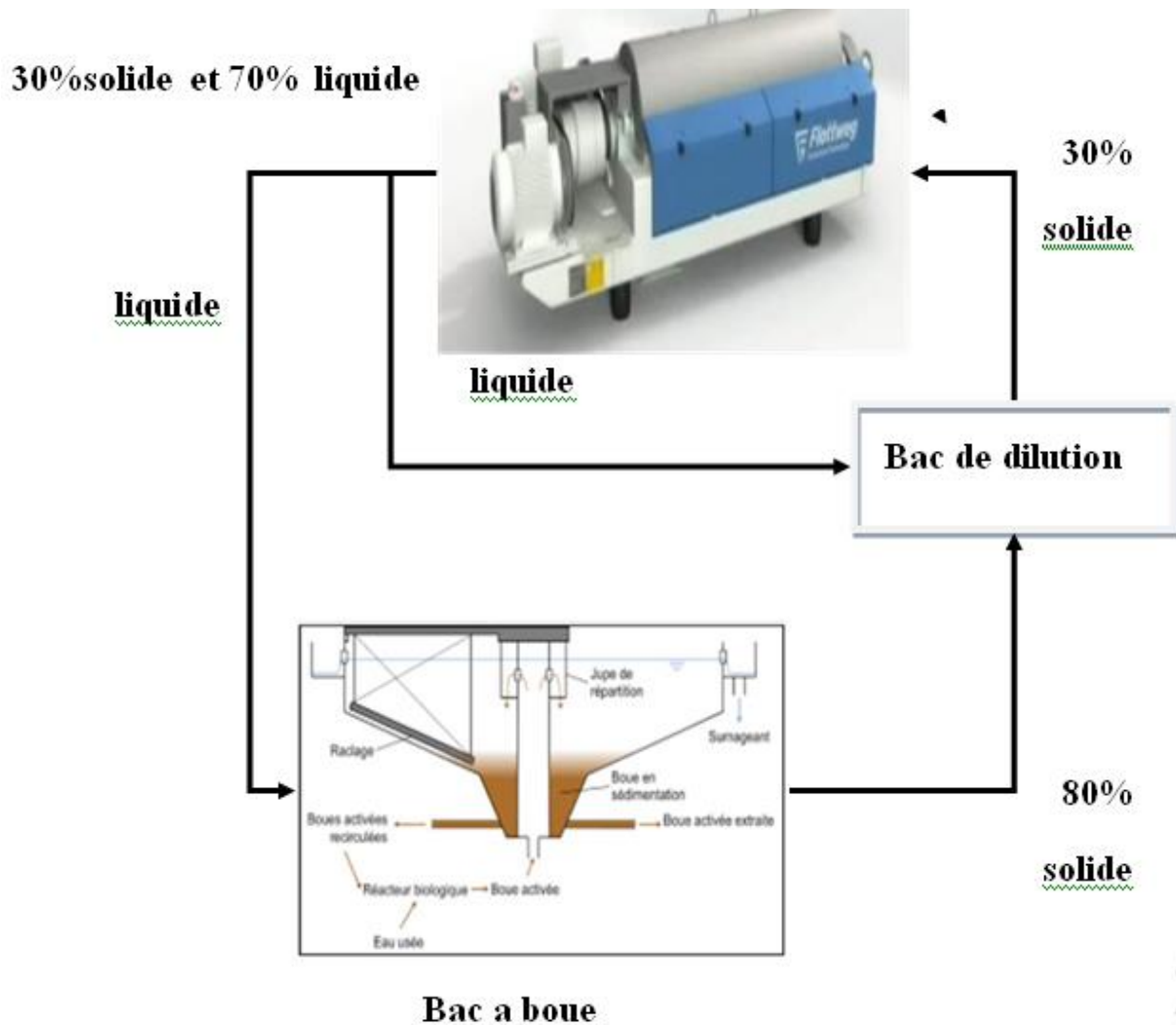
Plus la concentration de la matière en suspension est élevée plus, plus il est difficile de la séparer efficacement, cela est dû à une augmentation de la viscosité et de la densité du liquide, ce qui rend la séparation plus lente et moins précise.

La matière en suspension peut se stabiliser parce que cela dépend de la saturation de la solution. Lorsqu'une certaine quantité de matière en suspension est ajoutée à une solution, elle se disperse uniformément dans la solution. Cependant, lorsque la solution est saturée, les particules en suspension qui ne peuvent pas se dissoudre supplémentaires commencent à faire face à des forces répulsives avec les autres particules en suspension. Cette répulsion conduit finalement à une stabilité des particules en suspension et une diminution de leur nombre.

IV.6.3 Interprétation de la courbe de l'effet de polymère :

La diminution de la masse de poussière avec l'augmentation de la quantité de polymère .peut être expliquée par le fait que l'ajout de polymère à la solution peut former un film autour des particules de poussière. Cela peut aider à agglutiner les particules pour former des agglomérats plus gros, qui peuvent être plus facilement séparés de la solution par centrifugation.

Ainsi, plus nous ajoutons le polymère à la solution, plus nous sommes en mesure de réduire la quantité de poussière présente dans la solution.



Figures.IV.10: Schéma traitements des boues

La solution que nous proposons est d'utiliser un bac de dilution pour diluer la concentration des boues de 80% à 30% de solide. Cette méthode permettra aux boues diluées d'entrer dans la machine pour une séparation solide-liquide. À la fin du processus, nous récupérerons 30% de gâteau sec de boues solides et 70% de liquide (eau). Nous pouvons récupérer l'eau et la remettre dans le bac de dilution pour faire la rotation entre la machine et le bac de dilution.

Cette solution est la mieux adaptée pour résoudre le problème de traitement des boues et permettre à l'usine d'utiliser efficacement la machine "Flottweg" .

IV.7 Calcule sur le bac de dilution

IV.7.1 Calcul de facteur de dilution :

$$K_i = C_i / C_f = V_f / V_i$$

On a : $C_i = 80\%$, $C_f = 30\%$

Donc : $k_i = 80\%/30\% = 2.6$

$K_i = 2,6$

IV.7.2 Calcul du volume d'eau à ajouter : (V_f)

Au cours de la dilution, le volume de la solution augmente, puisque l'on rajoute de l'eau, et sa concentration diminue donc la quantité de matière n (mol) ne varie pas.

Nous avons l'égalité suivante :

$$n = C \times V$$

On peut écrire : $n_i = n_f$

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f$$

$$V_f = (C_i \times V_i) / C_f$$

$V_i = 15 \text{ m}^3$ [capacité du réservoir à boue]

Donc : $V_f = (80 \times 15) / 30 = 40 \text{ m}^3$

$$\mathbf{V_f = 40 \text{ m}^3}$$

IV.8 Conclusion :

En conclusion, cette étude met en évidence l'importance de la vitesse de rotation, de la concentration de la boue et de l'ajout de polymères dans le processus de séparation solide-liquide par centrifugation de l'eau de dépoussiérage du processus sidérurgique de l'usine EL-Hadjar.

Les résultats obtenus ont démontré que la vitesse de rotation joue un rôle significatif dans l'efficacité de la séparation. Une vitesse de rotation plus élevée entraîne une meilleure séparation des particules solides de l'eau, grâce à une plus grande force centrifuge. Cependant, il est important de trouver un équilibre, car une vitesse excessive peut également entraîner une augmentation de la consommation d'énergie et des coûts associés.

Par ailleurs, la concentration de la boue a également été identifiée comme un facteur déterminant dans la séparation solide-liquide, une concentration élevée de matière en suspension rend la séparation plus difficile en raison de l'augmentation de la viscosité et de la densité du liquide.

De plus, la matière en suspension peut se stabiliser en raison de la saturation de la solution, ce qui conduit à une diminution du nombre de particules en suspension.

L'ajout de polymères constitue une stratégie prometteuse pour améliorer la séparation solide-liquide. Les polymères agissant comme des agents de floculation ont facilité l'agglomération des particules solides, favorisant leur décantation et leur séparation de l'eau.

Conclusion Générale :

L'unité ACO1 de Sider El-Hadjar est l'une des plus grandes aciéries d'Algérie, produit une grande variété de produits en acier. Pour maintenir la qualité supérieure de l'acier, il est essentiel d'avoir un système de traitement des eaux usées et d'épuration des gaz efficaces. La méthode de séparation gaz-liquide (absorption-dépoussiérage) est largement utilisée pour éliminer les gaz polluants des effluents gazeux, ainsi que les émissions de polluants dans l'atmosphère. Dans le processus d'oxydation par lavage utilisé dans un convertisseur LD, les polluants sont dissous en pulvérisant de l'eau sur les gaz d'échappement, tandis que les gaz sont évacués vers l'atmosphère, l'eau de lavage est traitée par décantation pour éliminer les polluants dissous.

Le traitement de l'eau de lavage par décantation repose sur la gravité pour séparer les polluants dissous. Les décanteurs sont utilisés dans ce processus et permettent de traiter efficacement les eaux usées afin d'assurer la qualité de l'eau utilisée dans la production. De plus, la colonne de Venturi est utilisée pour éliminer les impuretés présentes dans le gaz avant son utilisation dans d'autres unités de production, ce qui améliore la qualité globale du gaz et la performance de l'usine.

L'épuration des gaz industriels par lavage et le traitement de l'eau de lavage par décantation sont respectueux de l'environnement. Ces pratiques permettent aux entreprises de réduire leur impact environnemental et de contribuer à la protection de la planète.

La boue récupérée par décantation est déshydratée à l'aide de la centrifugation, et une étude pratique réalisée au laboratoire du département de Génie des Procédés fournissant des informations précieuses pour optimiser la séparation solide-liquide par centrifugation des eaux de dépoussiérage du processus sidérurgique. Les résultats ont permis d'améliorer l'efficacité de la dépollution de l'eau, de réduire les impacts environnementaux et de respecter les normes réglementaires. Ces connaissances peuvent être appliquées à d'autres industries confrontées à des défis similaires de traitement des eaux usées et de dépollution.

Enfin, l'unité ACO1 a mis en place des mesures pour réduire les émissions de gaz nocifs pour l'environnement en capturant efficacement les particules et les gaz. Cependant, il est important que l'unité continue à surveiller et à améliorer sa performance environnementale pour minimiser son impact sur l'environnement.

Références Bibliographiques :

- [1]-Benaliouche, khaoula. « suivi de la qualité de l'eau pour l'alimentation de la chaudière de la zone-est du complexe sidérurgique d'El-Hadjar ». Université Badji Mokhtar – Annaba .2019,
- [2]- Chabbi,S. « Étude sur les billettes obtenues par coulée continue dans l'aciérie à oxygène d'Arcelor Mittal Algérie ». Mémoire de master : .université Badji Mokhtar Annaba .2015/2016
- [3]-Chahra. « suivi de la qualité des eaux de la zone-est du complexe sidérurgique d'El – Hadjar » . Mémoire de Master .Université Badji Mokhtar Annaba. 2018 .
- [4]- Azouzi, Boubaker. « Etude sur les criques de rives qui apparaisse dans les brames d'acier en coulée continue». Mémoire de Master . université Badji Mokhtar Annaba . 2019/2020.
- [5]-Belahcene, Aymen . « étude Des défauts apparus sur les billettes obtenus par coulée continue au niveau DE l'acier d'el Hadjar ». Mémoire de Master. Université : U.B.M.A.2019/2020.
- [6]- Rahim, Adnan . « Etude de l'origine du défaut d'incrustation de la poudre de lubrification Décelé dans les lingots moulés » .Mémoire de Master. Université Badji Mokhtar Annaba. 2019/2020 .
- [7]-Guillemette, Thieffry. « Procédé alternatif pour l'épuration des fumées de hauts Fourneaux » .Thèse de Doctorat .Université de Lorraine.19 décembre 2018.
- [8]-Gaye (H.) et Riboud (P.-V.). « Modèle d'optimisation physico-chimique et économique de l'enfournement en aciérie ». Rev. De Métall. CIT février 1982.
- [9]- Chelighem, y. « L'ajustement de la désoxydation-clé de l'atténuation du défaut de paille sur le tube sans soudure ». Mémoire de Master. Université Badji Mokhtar Annaba.2017/2018.
- [10]-Bensaada,S. « élaboration des métaux ferreux (fontes et aciers) ».université Mohamed Biskra, 23/12/2009.
- [11]-Opération unitaire : « traitement des gaz »[en ligne] in technique de l'ingénieur référence PREF : 42485210 paris [France] : technique de l'ingénieur ,2012.
- [12]- Roustan, Michel, « Absorption en traitement d'air » [en ligne] in technique de l'ingénieur. Réf :G1750 V1 Toulouse : technique de l'ingénieur. le 01 fév. 2016.
- [13]-« OG System.steel plantech » [en ligne]. le 05.nov.2013 disponible sur <https://steelplantech.com/product/og/> .
- [14]-« Basic Oxygen Furnace Gas Recovery and Cleaning System » [en ligne] disponible sur <https://www.ispatguru.com/basic-oxygen-furnace-gas-recovery-and-cleaning-system/> .

- [15]-Property Risk Consulting Guidelines. « BASIC OXYGEN FURNACES ». PRC.17.4.1. 2020, page 5.
- [16]-Pr Sammar Opération unitaire : « absorption d'un gaz par solvant ». Université Badji Mokhtar Annaba, cours master 1 génie chimique 2021.
- [17] -Zogar,S. Opération unitaire : « absorption » . Université badji Mokhtar Annaba, cours master 1 génie chimique 2021.
- [18]-« Carbon monoxide ». International Chemical Safety Card. IPCS, CEC, ICSC 0023, 2017 disponible sur <https://www.cdc.gov/niosh/ipcs>
- [19]-Buckley, H. . Filtration D& # 039 « Air Et Dépoussiérage Industriel « [en ligne] .13 janvier 2022. Consulté a l'adresse <https://www.operationalgroup.com> .
- [20]-« Dépoussiéreurs humide ». (s. d.-c). [En ligne] Consulté à l'adresse <https://boowiki.info/art/nettoyage-de-l-air/depoussiereurs-humide.html#Meccanismo>
- [21]- « Les laveurs de gaz » [en ligne] consulté a l'adresse <https://condorchem.com/fr/laveurs-de-gaz/>
- [22] -P. (n.d.). « Classification des poussières » [en ligne] <https://www.depollunet.net/precis/iNormes-et-poussieres/1-3-les-poussieres/poussieres-classification.html>.
- [23]-« dépoussiérage des fumées-biomasse Normandie » .[En ligne] .2023 disponible sur <https://www.biomasse-normandie.fr/encyclopedie/depoussierage-des-fumees/> .
- [24] -« Dépoussiérage par voie sèche » : Air clean [en ligne] disponible sur https://aircleansrl.com/fr/tecnologieHome/51/depolverazione_secco.html consulté le 03.05.2023
- [25] -« Dépoussiérage industriel par voie humide ou sèche »: MP filtre [en ligne] disponible sur <https://www.mpfilter.fr/solutions-2/depoussierage-industriel>
- [26]-« Dépoussiéreur par voie sèche » [en ligne] disponible sur <https://www.hellopro.fr/depoussiereur-par-voie-seche-1001541-2286901-produit.htm>
- [27] -« Dépoussiéreurs humide ». (s. d.-c). [En ligne] Consulté à l'adresse <https://boowiki.info/art/nettoyage-de-l-air/depoussiereurs-humide.html#Meccanismo> .
- [28]-Bernard castel ..sciences géologiques . « Les mécanismes du dépoussiérage»,1993, page 151-152 . Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/sgeol_0302-2692_1993_num_46_1_1901
- [29]-« Traitement par absorption (lavage) ». ADEME, 2014, page 4.
- [30] -Kherifi, W. « Etude de la cinétique de sédimentation des matières en suspension dans le calcul des décanteur ». Mémoire de Magister . Université Badji Mokhtar Annaba.2009

- [31] -« La décantation de l'eau pour eau potable et station d'épuration ». [En ligne] . 8/mars/2023. <https://www.1h2o3.com/apprendre/decantation/> .
- [32] -Cigna,julie. « Optimisation d'un décanteur primaire :Caractérisation des vitesses de chute et détermination de la distribution des tailles de Particules contenues dans les eaux usées » .Rapport de Stage de fin de 4^{ème} année : Génie civil et génie des eaux .QUÉBEC : université laval .2013 ,page 5-6
- [33] -Kazzoula,Ch. « suivi DE la qualité des eaux de la zone-est du complexe sidérurgique d'el-hadjar » . Mémoire de Master .université badji Mokhtar annaba. 2018 .
- [34] -Gherzouli, I, Houhamdi,A, A. « Analyse de performance des ouvrages de décantation (- Décanteur-Epaississeur) , Cas de la station d'épuration d'Ain El Beida ». Mémoire de Master . Université Labri Ben Mehidi Oum-El-Bouaghi.2018.
- [35]-Raymond Desjardins ; « le traitement des eaux » édition de l'école Polytechnique de Montréal, 1997.
- [36]- Héctor Ricardo Hernández De León ; « Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable», Thèse de doctorat à l'institut nationale des sciences appliquées de Toulouse, Année 2006.
- [37]-G&AS srl . « Pré-décanteurs » . [En ligne] .20/02/2020.Consulté à l'adresse <https://www.geassrl.it/fr/project/pre-decanteurs/>
- [38]-Actu environnement . « Traitement des boues en station d'épuration »: Le traitement des boues d'épuration . [En ligne] . Publié le 06/09/2010. Disponible sur : <https://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/traitement-des-boues/traitement-boues-station-epuration.php4>
- [39] B. K., Prakash, S., Reddy, P. H., & Misra, v . « An overview of utilization of slag and sludge from steel industries ». Ressources Conservation and Recycling, 50(1), 40-57. (01/03/2007) .
- [40] « Technologie de séparation mécanique. » (Séparation solide-liquide pour votre succès. (s.d.).[Enligne] Consulté à l'adresse <https://www.flottweg.com/fr/>
- [41] « Fonctionnement d'un décanteur » [https :w.flottweg.com/fr/les-](https://www.flottweg.com/fr/les-)