



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences et de la technologie
Département de chimie industrielle

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie des procédés de l'environnement

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :

Madoui yasmine

Le : samedi 6 juillet 2019

Recyclage d'un déchet industriel (poussière de By-pass)

Jury :

Dr. Ammar Fadel	MCB	Université de Biskra	Président
Dr. Ladjel Fatima	MCA	Université de Biskra	Examineur
Dr. Djebabra Sihem	MCA	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire : 2018 - 2019

Introduction général

L'industrie cimentière met aujourd'hui à la disposition de l'utilisateur un grand nombre de ciments qui présentent des caractéristiques précises et adaptées à des domaines d'emploi déterminés. La gamme étendue de compositions, de résistances, de vitesse de prise et de durcissement répond aux usages très divers qui sont faits de béton sur chantier ou en usine. Exigences climatiques, résistances à des agents agressifs, autant de paramètres qui impliquent de choisir le ciment le plus approprié. Pour faire ce choix, il importe de connaître les caractéristiques spécifiques des différents types de ciments prévus par la normalisation.

En Algérie, la production du ciment est basée sur deux raisons essentielles :

a) Répondre à la demande croissante des consommateurs de cette matière dans notre pays en augmentant la production annuelle des cimenteries par l'apport des ajouts inertes.

b) Exploitation et l'utilisation des matières premières et déchets industriels non exploités au para-avant.

Dans le contexte du deuxième point et vu que dans le processus de fabrication du ciment, il ya toujours les pertes en matière de ciment, la tendance de valoriser ces pertes est une solution favorable et efficace pour résoudre ce problème et par conséquence à l'élimination d'un déchet nuisible pour l'environnement et pour l'économie des cimenteries.

La poussière de By-pass est rejetées par les systèmes de By-pass des fours avec préchauffeur en suspension, pré-calciateur et préchauffeur à grille, qui sont composées de matières d'alimentation du four entièrement calcinées matières fortement alcalines sous forme solide à grains fins qui sont éliminées des gaz d'exhaure des fours à ciment par les dispositifs antipollution atmosphérique. Elles sont constituées en grande partie de matières premières non réagies, notamment de mélange cru à divers stades de cuisson et de particules de clinker. Cette expression peut servir à désigner toute poussière émanant de fours à ciment, comme celles qui proviennent des systèmes de By-pass. [1]

Notre travail consiste à valoriser ce type de déchets par l'élimination de chlorure. Le programme expérimental entrepris vise à voir l'effet de cette poussière (produit semi-fini) du ciment sur les propriétés chimiques, physiques de nouveau ciment.

La poussière de By-pass est l'une des problèmes de la cimenterie de Biskria, venant de système d'alimentation du four, sont jetés en quantités énormes de l'environnement qui est

Introduction général

déversée dans la nature en quantités énormes de plus de 3300 tonnes par mois. Les caractéristiques de ce matériau est proche des caractéristiques du produit semi –fini.

L'intérêt de ce travail est de valoriser ce déchet, les idées basées sur la récupération avec des coûts les plus bas, et pour cela il y'a deux possibilité :

1. L'injection de la poussière de By-pass dans le broyeur de ciment par dosage et contrôle intensif chimique.
2. Créé un système de lavage de la poussière de By-pass avant l'injection pour éliminer le chlore.

Pour réaliser ce travail qui contient tous les résultats et l'interprétation de ces résultats, on a structuré notre mémoire en 4 chapitres :

- **Introduction général**
- **Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil et procédé fabrication de ciment**

Le premier chapitre est destiné à l'étude bibliographique, basé sur les notions générales de ciment portland, fabrication et leur propriété.

- **Chapitre II : Généralité sur les déchets générés par l'industrie de ciment**

Dans ce chapitre nous allons parlé sur les déchets générés par la cimenterie, ces effets sur l'environnement et comment on peut les valoriser.

- **Chapitre III : Méthodes et matériels utilisé**

Le troisième chapitre est consacré à l'expérimentation, cette partie est basée sur la caractérisation des matériaux utilisés ((BpD), ciment) et les méthodes d'essais réalisés sur les ciments produisant à base des déchets.

- **Chapitre IV : Résultats expérimentaux et interprétation**

Le quatrième chapitre présente les résultats expérimentaux obtenus et les commentaires appropriés de cette étude.

- **La conclusion générale**

Remerciement

Je remercie Dieu le tout Puissant qui m'a donné la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Je tiens à remercier en premier lieu M^{me}S.Djebabra d'avoir accepté d'être mon encadreur durant ce travail, et pour la confiance qu'elle m'a donnée et ses précieux conseils.

Mes remerciements vont également aux membres de jury d'avoir accepté de juger mon travail Mr.A.Fadel et M^{me}.F.Ladjel.

Je remercie chaleureusement les travailleurs de l'usine Biskria cimenterie, qui m'a ouvert leurs portes et donné l'opportunité de réaliser ce projet et plus particulièrement le directeur de performance Mr.A.Baitach, Mr.A.kherchi et Mr.A.lembarek et toute l'équipe de performance, et à tous ceux qui m'ont aidé durant mon stage pratique.

Je conclurai, en remerciant vivement toute ma famille qui m'a toujours Supporté moralement et financièrement pendant toutes mes longues années d'étude.

Résumé :

Ce travail a été accompli dans l'entreprise nationale avec des actions pour l'industrie du ciment (Biskria Cimenterie) à la wilaya de biskra, Le but de ce travail est de mener une étude sur l'un de ses résidus, connu sous le nom ' By-pass Dust ' ou bien la poussière de By-pass, et nous avons préparé une étude pour le faire recycler et de protéger l'environnement en même temps. Pour atteindre cet objectif, nous avons commencé à étudier les caractéristiques de cette poussière et son utilisation pour améliorer la production de ciment

تلخيص

هذا العمل الذي تم انجازه في الشركة الوطنية ذات أسهم لصناعة الاسمنت " البسكرية للإسمنت " ببسكرة والغرض من هذا العمل هو إجراء دراسة على أحد مخلفاتها ألا وهو " غبار الالتفافية ". لقد قمنا بتحضير دراسة للقيام بتدويره للاستفادة منه ولحماية البيئة في نفس الوقت.

للاوصول إلى الهدف بدأنا بدراسة الخصائص المتعلقة بهذا الغبار وكيف يمكننا الاستفادة منه لتحسين إنتاج الاسمنت.

Abstract :

This work was done in the national company with actions for the cement industry (Biskria Cement Factory) in the wilaya of biskra, The purpose of this work is to conduct a study on one of its residues, known as name "By-pass Dust ", and we have prepared a study to recycle it and protect the environment at the same time.

To achieve this goal, we began to study the characteristics of this dust and its use to improve the production of cement.

SOMMAIRE**REMERCIEMENT****DEDICACE****LISTE DES TABLEAUX****LISTE DES FIGURES****INTRODUCTION GENERALE****PARTIE THEORIQUE****CHAPITRE I : Présentation de l'organisme d'accueil et procédé
fabrication de ciment**

Introduction.....	1
I.1La définition du Biskria ciment.....	1
I.1.1les services.....	1
I.1.2 les produits	2
I.2. Procédés de fabrication du ciment	4
I.2.1. Généralité sur le ciment	4
I.2.2. Définition de ciment.....	4
I.2.3. Matières premières du ciment.....	4
I.2.4.Caractéristiques et classifications du ciment	5
I.3.Les étapes de fabrication de ciment.....	7
I.3.1.La carrier.....	7
I.3.2. Le Concassage.....	8
I.3.3. Le stockage de matières premières.....	9
I.3.4. La pré-homogénéisation.....	10
I.3.5.Le broyage et séchage.....	11
I.3.6.Homogénéisation	12
I.3.7 Zone de cuisson.....	12
I.3.7.1 Tour de préchauffage	12

I.3.7.2 Alimentation du four	14
I.3.7.3 Explication de système de By-pass	15
I.3.7.4 La cuisson	16
I.3.8 Refroidissement.....	17
I.3.9 Stockage du clinker.....	18
I.3.10 Broyage ciment.	18
I.3.11 Stockage et expédition du ciment	19
Conclusion	20

CHAPITRE II: Généralité sur les déchets industriels générés par l'industrie de ciment

INTRODUCTION.....	22
II.1. Généralité sur les déchets	22
II.1.1. Définition déchet.....	22
II.1.2. Différents types des déchets	22
II.1.2.1. Déchets ultimes.....	22
II.1.2.2. Déchets inertes.....	22
II.1.2.3. Déchets assimilés.....	23
II.1.2.4. Déchets verts.....	23
II.1.2.5. Déchets organiques	23
II.1.2.6. Les déchets d'activités de soins.....	23
II.1.2.7. Déchets industriels.....	24
II.2. Classification des déchets industriels	24
II.2.1 Selon le danger	24
II.2.1.1 Les déchets dangereux.....	24
II.2.1.2. Les déchets non dangereux.....	24
II.2.2 Selon la nature physique.....	25
II.2.2.1 Les déchets liquides.....	25
II.2.2.2 Les déchets Solides.....	25

II.2.2.3 Les déchets gazeux	25
II.3. Les différents déchets générés par la cimenterie	26
II.3.1. Déchets liquides	26
II.3.2. Déchet solides	27
II.3.2.1. Briques réfractaires	27
II.3.2.2. Pneu	28
II.3.2.3. Déchets métalliques	29
II.3.2.4. Poussière de By-pass (BpD)	30
II.3.3. Les déchets gazeux	31
II.4. L'impact de la pollution sur l'environnement et santé	32
II.4.1. L'impact de la pollution sur l'environnement	32
II.4.2. L'impact de la pollution sur la santé	32

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE III : Méthodes et matériels

III.1. Objectif de travail	35
III.2. Matière utilisée dans ce travail	35
III.2.1. Matériels et Méthode	36
III.3.1. Point d'échantillonnage	36
III.3.2. Les analyses effectuées sur la poussière de by-pass	36
III.3.2.1. Les analyses chimiques par fluorescence XRF	36
III.3.2.2. Dosage de chlorure	41
III.3.2.3. Essais physico-mécaniques réalisés sur les moules	45
III.3.3. Mesure des résistances à la compression et à la traction	45

CHAPITRE IV : Résultats et Interprétation

IV.1. Les analyses physico-chimiques de la 1 ^{ère} hypothèse	48
IV.1.1. Explication de 1 ^{ère} hypothèse	48

IV .1.2. Les analyses de poussière de by-pass par fluorescence XRF.....	49
IV.1.3. Les analyses chimiques de mélange (BpD et ciment) mois de janvier réalisé partitreur.....	50
IV.1.3.1 Calcul théorique	50
IV.1.3.2.Exigences chimiques	51
IV.1.3.3.Calcul de pourcentage d'injection de BpD dans le VCM.....	52
IV.2. Analyse physico-mécanique réalisée sur le moule	53
II.3. Le pratique au laboratoire	54
IV.4.Les analyses physico-chimiques de la 2 ^{ème} hypothèse	56
IV.4.1.Explication de deuxième hypothèse	56
IV.4.2. Les analyse parfluorescence rayon x	56
IV.4.3 Analyses chimiques de BpD par le titrage	57

CONCLUSION GENERALE**REFERENCES****RESUME**

Introduction

L'Algérie est un marché d'importance stratégique pour la société Biskria Ciment dans le bassin méditerranéen. Le secteur de la construction en Algérie a reconnu une croissance importante depuis l'an 2000, ce qui a déclenché la nécessité en matériaux de construction et solutions constructives.

Le ciment est le plus important matériau de construction de notre temps. C'est un produit « high-tech » issu de la nature, qui a bénéficié d'un développement s'étendant sur des siècles. Le ciment est plus précisément un liant. Le matériau de construction proprement dit, c'est le béton qui base sur sa composition. La qualité sur le ciment ce dernier est le composant le plus chère du béton.

Le but de notre société est d'améliorer notre efficacité au niveau du développement socio-économique en Algérie, et conforter notre avantage concurrentiel au niveau national et international. Donc notre objectif en premier lieu consiste à satisfaire le marché national d'un produit local tout en permettant un accès stable aux matériaux de construction en termes de qualité, de choix, de services à des prix abordables. Et en deuxième lieu d'ouvrir des marchés internationaux. [2]

I.1 La définition du Biskria Ciment :

La société BISKRIA CIMENT est une entreprise de fabrication et ventes des ciments au capital social : 4284.000.000 DA.

I.1.1 Les services :

La cimenterie possède de 3 lignes de productions avec une capacité totale de 6 million T/an. La S.P.A BISKRIA CIMENT procède trois secteurs :

1. Secteur administratif : contient de services administratifs pour gérer la société
2. Secteur industriel : contient les trois lignes de production d'une capacité de 6 million T/an.
3. Secteur commerciale : contient le service de vente et d'expédition

I.1.2 Les produits :

La S.P.A biskria Ciment produit des ciments de qualité qui sont systématiquement contrôlés par le laboratoire de la cimenterie et périodiquement par le centre d'études et de services technologiques de l'industrie des matériaux de construction CETIM (selon le référentiel ISO 17025). Ces produits sont :

➤ **Ciment portland compose CEM II/A 42, 5 NA 442 :**

Composition :

- 80% à 94% de clinker (KK).
- Complément à 100% composé d'un ou plusieurs constituants, tel que pouzzolane (Z), calcaire (L), etc.
- Sulfate de calcium sous forme de gypse en tant que régulateur de prise.

➤ **Ciment portland compose CEM II/B 32, 5 NA 442 :**

Composition :

- 65% à 79% de clinker (KK).
- Complément à 100% composé d'un ou plusieurs constituants, tel que pouzzolane (Z), calcaire (L), etc.
- Sulfate de calcium sous forme de gypse en tant que régulateur de prise

➤ **Ciment résistant aux sulfates (CRS) CEM I 42, 5-ES NA 443**

Composition :

- Au moins 95 % de clinker (KK).
- Ajouts : la proportion de constitutions secondaires est limitée à 05%.

➤ **Ciment résistant aux sulfates (CRS) CEM IV/A-SR 42.5 NA 443**

Composition :

- 65% à 79% de clinker (KK).
- Complément à 100% pouzzolane (Z)
- Sulfate de calcium sous forme de gypse en tant que régulateur de prise.

➤ **Ciment résistant aux sulfates (CRS) CEM III/B-SR 42.5 NA 443**

Composition :

- 20% à 34% de clinker (KK).
- Complément à 100% laitier (S)
- Sulfate de calcium sous forme de gypse en tant que régulateur de prise. [2]

	
<p>CEM II/A-M42.5</p>	<p>CEMII/B-M 32.5</p>
	
<p>CEMI – 42.5 R – SR 5 (CRS) (إسمنت مضاد للأملح)</p>	<p>CEM IV/A-42.5 (ciment pouzzolanique)</p>

Figure I.1 Les différents types de ciment produit par biskria ciment

I.2. Procédés de fabrication du ciment :

I.2.1 Généralités sur le ciment :

I.2.2. Définition du ciment :

1. Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire une matière inorganique finement moulue qui, gâchée avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit. [3]
2. Le ciment est une poudre finement broyée, non métallique et inorganique qui, une fois mélangée avec une adjonction d'eau, forme une pâte qui prend et durcit. Ce durcissement hydraulique est principalement dû à la formation d'hydrates de silicates de calcium sous l'effet de la réaction entre l'eau du mélange et les constituants du ciment. Dans le cas des ciments alumineux, le durcissement hydraulique est dû à la formation d'hydrates d'aluminates de calcium. [4]

I.2.3 Matières premières du ciment :

Les matières premières qui rentrent dans la fabrication du Ciment sont essentiellement quatre matières (le calcaire et l'argile, le minerai de fer et le sable) toutes matières renfermant essentiellement de la chaux (CaO), de la silice (SiO_2), de l'alumine (Al_2O_3), et de l'oxyde ferrique (Fe_2O_3).

Les matières d'ajout sont principalement :

Le Gypse : Son rôle est de régulariser le temps de prise du ciment.

Le Calcaire : Ajout qui diminue la résistance du ciment et qui peut être remplacé par la pouzzolane qui a les mêmes caractéristiques. C'est le composant principal du clinker. [1]

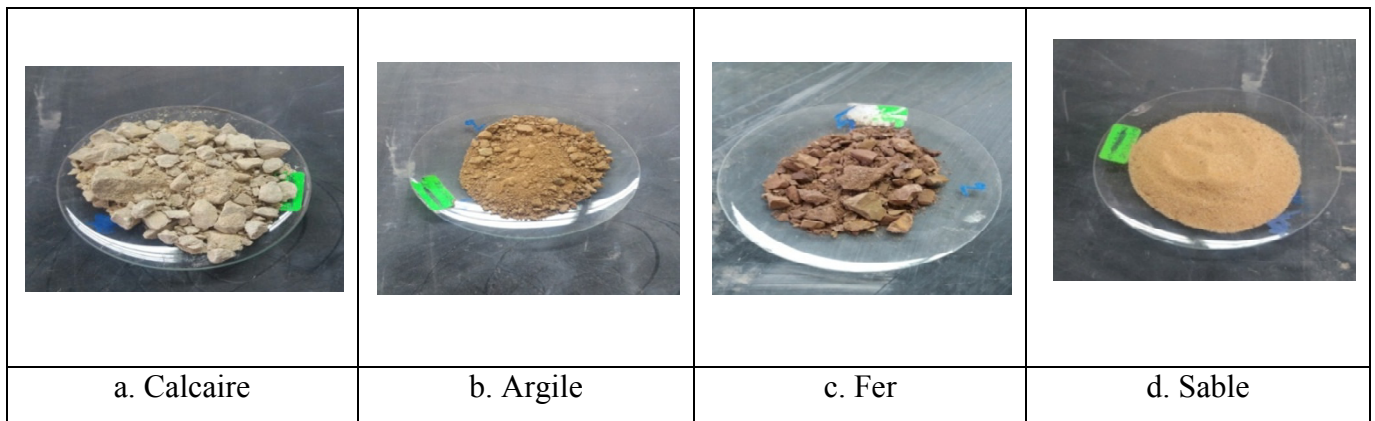


Figure I.2. Les quatre matières premières utilisées dans la fabrication du ciment

I.2.4. Caractéristiques et classifications du ciment :

La propriété essentielle des ciments en vue de leur emploi, est de donner un mélange avec l'eau sous forme d'une pâte qui va durcir. Ceci est obtenu grâce au phénomène très complexe de l'hydratation du ciment. L'hydratation du ciment est une somme de réactions chimiques de vitesses variables entre les différents constituants du ciment et l'eau, si bien que l'on observe au bout d'un certain temps une augmentation de la consistance de la prise de ciment, puis progressivement la pâte durcit. Le durcissement est un phénomène de longue durée.

Pour essayer les ciments, on a défini conventionnellement un début de prise et une fin de prise. Mais en réalité il s'agit d'un phénomène continu. On distinguera à ce sujet des ciments à prise rapide, demi-lente, ou lente (ciments courants).

Les ciments sont classés en tenant compte de :

Leur composition : Nous avons vu que le ciment portland artificiel (CPA) résulte de la mouture du clinker avec un peu de gypse, mais on peut également ajouter en quantité variable d'autres matières soit inertes, soit plus au moins actives pour obtenir le ciment portland à ajouts (CPJ), les ajouts pouvant être : la pouzzolane, le calcaire, le laitier, le tuf. [1]

Tableau I.1. Les 27 produits de la famille des ciments courants. [1]

principaux types	Notation des 27 produits (types de ciments courants)		Composition (pourcentage en masse ^{a)})											
			Constituants principaux										Constituants secondaires	
			Clinker	Laitier de haut fourneau	Fumée de silice	Pouzzolanes		Cendres volantes		Schiste calciné	Calcaire			
						Naturelle	Naturelle calcinée	Siliceuse	Calciqque		L	LL		
K	S	D b)	P	Q	V	W	T	L	LL					
CEM I	Ciment portland	CEM I	95-100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
CEM II	Ciment portland au laitier	CEM I/A-S	80-94	6-20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
	Ciment portland à la fumée de silice	CEM II/A-D	90-94	—	6-10	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
	Ciment portland à la pouzzolane	CEM II/A-P	80-94	—	—	6-20	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/B-P	65-79	—	—	21-35	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	—	—	—	6-20	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	—	—	—	21-35	—	—	—	—	—	—	0-5
	Ciment portland aux cendres volantes	CEM II/A-V	80-94	—	—	—	—	6-20	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/B-V	65-79	—	—	—	—	21-35	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/A-W	80-94	—	—	—	—	—	6-20	—	—	—	—	0-5
		CEM II/B-W	65-79	—	—	—	—	—	21-35	—	—	—	—	0-5
	Ciment portland au schiste calciné	CEM II/A-T	80-94	—	—	—	—	—	—	6-20	—	—	—	0-5
		CEM II/B-T	65-79	—	—	—	—	—	—	21-35	—	—	—	0-5
	Ciment portland au calcaire	CEM II/A-L	80-94	—	—	—	—	—	—	—	6-20	—	—	0-5
		CEM II/B-L	65-79	—	—	—	—	—	—	—	21-35	—	—	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	—	—	—	—	—	—	—	—	6-20	—	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21-35	0-5
	Ciment portland composé c)	CEM II/A-M	80-94	← 12-20 →										0-5
CEM II/B-M		65-79	← 21-35 →										0-5	
CEM III	Ciment de haut fourneau	CEM III/A	35-64	36-65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
CEM IV	Ciment pouzzolanique ^{e)}	CEM IV/A	65-89	—	← 11-35 →								0-5	
		CEM IV/B	45-64	—	← 36-55 →								0-5	
CEM V	Ciment composé ^{e)}	CEM V/A	40-64	18-30	—	← 12-20 →							0-5	
		CEM V/B	20-38	31-49	—	← 21-35 →							0-5	

I.3. Les étapes de la fabrication du ciment :

I.3.1 Le carrier:

Le carrier en cimenterie constitue la source en matières premières qui subissent des transformations pour fabriquer le produit fini donc le ciment est fabriqué à partir de quatre composantes chimiques principales : Carbonates de calcium, alumine, silice et oxyde de fer. Ces éléments se trouvent généralement dans la nature sous forme de calcaire, d'argiles, de minerai de fer et de Sable.

Constituant la matière première principale, le calcaire est extrait d'une carrière située à proximité de l'usine, sous forme de blocs de dimensions très variées ($\sim 1 \text{ m}^3$), pour réduire les coûts de transport.

Les argiles, constituent la matière première secondaire, le minerai de fer et le sable, sont des matières de correction utilisées dans des faibles proportions. Ces matières sont livrées par des fournisseurs. [1]



Figure I.3 Extraction et transport du calcaire [1]

I.3.2 Le Concassage :

Le concasseur a pour un rôle de ramener les matières premières à des dimensions admissibles pour le broyeur les matières premières sont fournies par les carrières en gros morceaux avec leur humidité naturelle et doivent être séchées puis concassés à la granulométrie désirée (0 – 25 mm). [5]

Les pierres arrivent généralement à l'usine en gros blocs et avec leur humidité de carrière, et il faut d'abord les concasser, puis les sécher, ou au contraire les délayer, avant de les passer au broyeur. Pour choisir le type et les dimensions des machines, on tiendra compte de la nature et de la grosseur de la pierre, du degré de finesse désiré, et du rendement escompté. [6]



Figure I.4 Le concasseur

I.3.3 Le Stockage de matière première :

Après l'opération de concassage de ces trois constituants de base on obtient une granulométrie de 0 à 25 mm, les constituants sont acheminés vers le stock primaire (hall de stockage) par des tapis roulant couverts, pour la pré homogénéisation : un hall avec un stockage circulaire pour le calcaire et un hall à stockage linéaire pour l'argile et le sable et minerai de fer [1].



Figure I.5 Le polaire à l'intérieur



Figure I.6 La polaire à l'extérieur

I.3.4. Pré-homogénéisation :

Le cru est un mélange homogène de calcaire et d'argile ; la minerais de fer et de sable. Les proportions sont déterminées selon leurs compositions chimiques et sont toujours proche de 75 % de calcaire et 15% d'argile 5 % de fer 3% de sable. Le mélange est broyé en une poudre de granulométrie inférieure à 90 microns. La poudre obtenue est homogénéisée par un mélangeur pneumatique (un suppresseur pour la fluidisation et un compresseur pour l'homogénéisation. Le produit obtenu est appelé la farine cru « le CRU ». [7]



Figure I.7 Le hall de pré-homogénéisation à l'intérieur



Figure I.8 Le hall de pré-homogénéisation à l'extérieur

I.3.5 Le broyage et séchage :

Pour favoriser les réactions chimiques ultérieures, les matières premières doivent être séchées et broyées très finement (quelques microns) dans des broyeurs à boulets ou dans des broyeurs à meules verticaux. Ces derniers, plus récents, sont plus économes en énergie et permettent un séchage plus efficace. [8]



Figure I.9 Broyeur cru

I.3.6 Homogénéisation :

La farine crue est homogénéisée dans des silos d'une capacité unitaire de 20000 T pour chaque ligne de production. Pour augmenter l'efficacité de l'homogénéisation les deux silos sont alimentés et soutirés simultanément. La méthode généralement utilisée pour l'homogénéisation est envoi de l'air en bas de silos permettant de fluidifier la farine. [5]



Figure I.10 Silo homo

I.3.7 Zone de cuisson :

I.3.7.1 Tour de préchauffage :

Les gaz réchauffent la poudre crue qui circule dans les cyclones en sens inverse, par gravité. La poudre s'échauffe ainsi jusqu'à 800 °C environ et perd donc son gaz carbonique (CO₂) et son eau. C'est un échangeur à contre courant destiné à préchauffer la farine avant son entrée dans le four, en récupérant la chaleur des gaz sortant du four environ égale à 100°C, par le fait que l'argile et le calcaire ont la même densité (2,70 g/cm³), un exhausteur monté sur les cyclones aspire les gaz de combustions et le mélange carrière, faisant une tornade qui garantit que tous les grains de crue subissent la chaleur des gaz. [9]

Chaque ligne de préchauffeur présente des cyclones jumelés au 1^{er} étage, afin d'assurer une séparation efficace de la farine des gaz de sortie. La farine crue introduite contient encore 1% d'humidité et le courant gazeux dont la température est d'environ 350°C sert au séchage de la farine. Séparée des gaz à chaque traversé de cyclone, la matière est à chaque fois réinsérée à l'étage suivant (au dessous) et reprise par des gaz de plus en plus chaud donc elle se réchauffe. [1]



Figure I.11 La tour de préchauffage

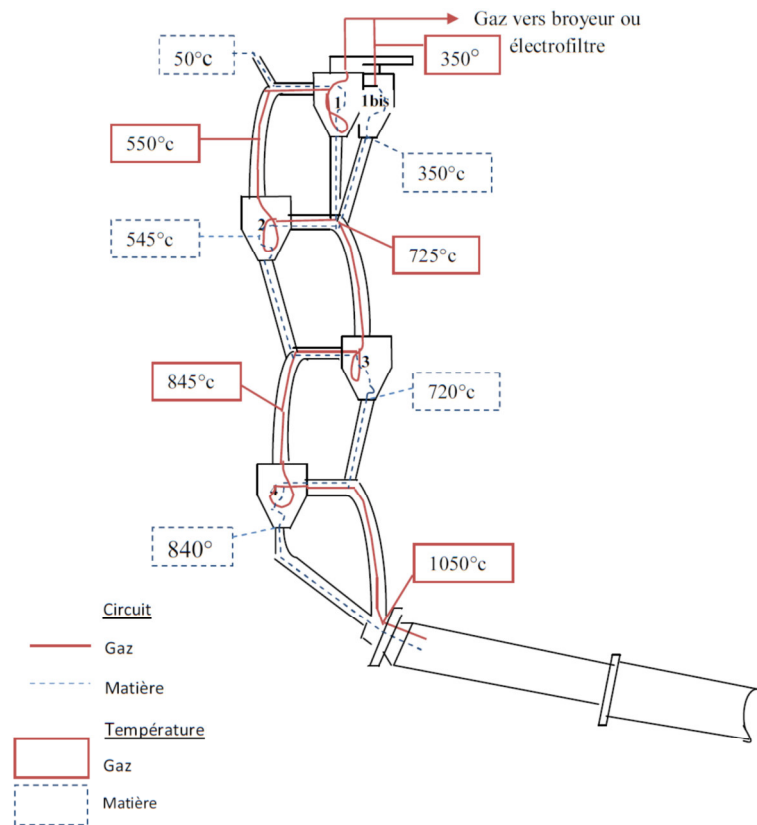


Figure I.12. Schéma de tour échangeuse [1]

I.3.7.2 Alimentation du four :

Une conduite située entre l'entrée du four côté matière et la tour de préchauffage. Une partie des gaz d'exhaure du four sont extraits par ce By-pass et refroidis rapidement par de l'air ou de l'eau afin d'éviter une accumulation excessive d'alcalis, de chlorure et de soufre sur le cru. On l'appelle aussi « By-pass des gaz d'exhaure du four ». Cette matière est extraite pour deux raisons principales :

- Premièrement: pour soulager la pression du boîtier à fumée.
- Deuxièmement: haute teneur en chlore et oxydes de soufre. [1]

I.3.7.3 Explication de système de By-pass :

Lorsque la descente de la farine fraîche pour alimenter le système de four à travers l'embout, et précisément au troisième étage et dans le degré de la température de convergence de 500 °C degrés Celsius déclencher des réactions qui résume par: des composés ou volatils, tels que les composants de gaz de chlore et de dioxyde de soufre de chaque groupe , ceci est le résultat des interactions de démolition et d'autres gaz déplacer ce gaz avec la matière se déplacent verticalement selon la tour avant de le chauffer à fumer une boîte à l'entrée du four à une température d'environ 950°C produit notre poussière contient ces matériaux accumulés sont la pression en poudre et élevée peut empêcher l'écoulement de matériau à partir du cinquième étage et peut provoquer un blocage dans les tubes article en présence en haut de la boîte à fumée, la soupape s'ouvre et se ferme lorsque la pression augmente, la soupape s'ouvre pour extraire la substance poussiéreuse.

Cette pression est un obstacle à la matière et les empêche de pénétrer dans le four et le confinement de ce soufre de poussière matériel et le dioxyde de chlore poly chlorés à des taux élevés nocifs au four et le monde surnaturel des lois de ciment, nous conduit à tirer hors de la boîte.

Ce matériau poussiéreux est filtré de l'air dans des filtres quantitatifs et placé dans des silos, puis extrait dans des réservoirs de ciment à haute pression pour être éliminé à l'extérieur de l'usine. Nous essayons actuellement de mettre ce matériau dans le ciment pour s'en débarrasser, mais malheureusement les usines de chlore nous empêchent parce que la norme légale dans le ciment a dépassé la limite qui permet d'augmenter le matériel ainsi nous avons recours pour jeter ces déchets. [1]

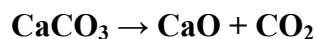
I.3.7.4 La cuisson :

La farine crue est préchauffée puis passe au four : une flamme atteignant 2000 °C porte la matière à 1500 °C, avant qu'elle ne soit brutalement refroidie par soufflage d'air. Après cuisson de la farine, on obtient le clinker, matière de base nécessaire à la fabrication de tout ciment. [10]

Les principales formations et réactions de la matière au cours de cuisson sont présentées par ces étapes suivantes:

➤ **Étape 1: Décarbonatation :**

Le calcaire (CaCO_3) est décomposé en oxyde de calcium (CaO) + gaz carbonique (CO_2). Ce dernier est évacué par la cheminée.

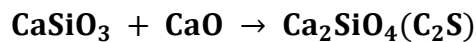
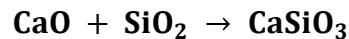


Pour 1 tonne (1000 kg) de CaCO_3 , on évacue par la cheminée 440 kg de CO_2 .

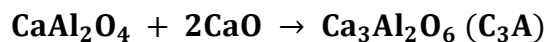
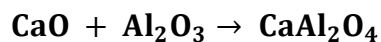
➤ **Étape 2 : Phase de transition**

Il y a la combinaison de CaO avec :

- ✓ Le silicium (Si) pour former du C_2S (silicate bi calcique), cette réaction est légèrement exothermique.



- ✓ L'aluminium (Al) pour former une solution solide d'aluminates de calcium.



➤ **Étape 3 : Phase de cuisson**

La température de la matière monte jusqu'à 1450 °C. Une partie de la matière fond pour donner naissance à la phase liquide (constituée de phase aluminates et ferrite), cette étape demande beaucoup d'énergie.

En parallèle, il y a formation de C_3S (silicate tricalcique) : à partir de 1300 °C, le C_2S se transforme en C_3S en réagissant avec une partie du CaO non combiné. La réaction est exothermique. [1]

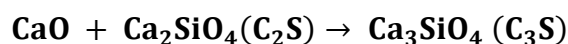




Figure I.13 : Four rotatif

I.3.8 Refroidissement:

Le refroidisseur a pour rôle d'abaisser la température du clinker tombant du four à une température d'environ 1135°C jusqu'à 80-100°C. Il est équipé d'une batterie de ventilateurs fournissant l'air de refroidissement. [9]



Figure I.14 Le refroidisseur

I.3.9 Stockage du clinker

Une fois refroidit, le clinker est alors stocké dans des silos qui d'une part, confèrent à l'atelier de broyage ciment. [1]



Figure I.15 Un Silo de stockage de clinker

I.3.10 Broyage ciment :

Le clinker se dirige vers les trémies ciment et ensuite broyé en additionnant le gypse et le calcaire avec des quantités différentes selon les qualités du ciment désirées.

Ce type de Broyeur qui permet le broyage du clinker en ajoutant des ajouts s'appelle : « **Broyeur ciment** » ou bien dans le **VCM**. [1]

Le broyage a pour objectif, d'une part de réduire les granulats de clinker en poudre, d'autre part, de procéder à l'ajout du gypse (dont le rôle est de réguler le phénomène de prise), ainsi qu'à celui des éventuels autres constituants (pouzzolane, calcaire de correction) ce qui permet d'obtenir les différents types de ciments normalisés. [6]



Figure I.16 Le VCM

I.3.11 Stockage et expédition du ciment :

A la sortie du broyeur, le ciment est transporté vers des silos de grandes capacités qui alimentent par la suite les ateliers d'ensachage pour les l'expédition en sacs, ou les dispositifs de chargement et livraisons en VRAC. Donc les expéditions comprennent le stockage du ciment, son conditionnement (ensachage) en cas de livraison par sacs ou via un vrac et son chargement sur l'outil de transport (camion). C'est l'interface de l'usine avec le client. [1]



IV.17. L'expédition

Conclusion :

Des cimenteries de plus en plus grandes et stockent le produit dans des énormes silos avant de le distribuer en sacs ou au détail. Il a fallu s'adapter à ce besoin comme le ciment est présent dans tout notre environnement, les industriels construisent grandissant. Et si en 1870, date de création des premières cimenteries, il fallait 40 heures pour produire une tonne de ciment, aujourd'hui, on produit la même quantité en moins de trois minutes.

Chapitre II : Généralité sur les déchets industriels générés par l'industrie de ciment

Introduction :

Toute activité humaine naturelle ou industrielle est souvent génératrice de déchets. Toutes nos activités se transforment en déchets. Créer un service ou un produit génère des déchets ; consommer génère des déchets ; gérer ces déchets crée aussi des déchets. Toutes les activités humaines produisent des déchets, même celles liées à l'environnement. [10]

Ces déchets créent des problèmes de pollution et donc de dégradation de l'environnement et également des problèmes pour la santé publique.

Dans ce chapitre on va parler sur les déchets en général et les déchets générés par la cimenterie, et comment on peut les valoriser. [11]

II.1. Généralité sur les déchets :

II.1.1. Définition déchet :

Un déchet correspond à tout matériau, substance ou produit jeté ou abandonné parce qu'il n'a plus d'utilisation précise. [12]

Selon le cadre d'environnement un déchet est : tous des résidus d'un processus de production ou transformation ou l'utilisation, toute substance matériau, produit ou plus généralement tout bien, meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon. Autrement dit, tout élément qui est abandonné est un déchet. [11]

II .1.2. Différents types des déchets : [12]

II.1.2.1 Déchets ultimes :

Tout déchet ménager et assimilé brut issu du ramassage parallèle à la collecte sélective, le refus de tri, le déchet industriel banal issu des ménages et des déchetteries ainsi que les boues de stations d'épuration.

II.1.2.2 Déchets inertes :

Déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante ne se décompose pas, ne brûle pas, et ne produit aucune réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradables et ne détériorent pas d'autres matières avec lesquelles il entre en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine.

Chapitre II : Généralité sur les déchets industriels générés par l'industrie de ciment

Ce sont notamment les déchets suivants :

Les bétons, les tuiles et les céramiques, les briques, les déchets de verre, les terres, les enrobés bitumeux. [11]

II.1.2.3 Déchets assimilés :

Les déchets ménagers et assimilés recouvrent les ordures ménagères (OM) qui proviennent des ménages et tous les déchets gérés comme tels par les collectivités locales (déchets des artisans ou commerçants).

II.1.2.4 Déchets verts :

Déchets végétaux des parcs et jardins (gazon, branchages...)

II.1.2.5 Déchets organiques :

Les termes suivants recouvrent la même notion : biodéchets ou déchets fermentescibles ou FFOM (fraction fermentescible des ordures ménagères).

Il s'agit de :

- ✓ Déchets végétaux des parcs et jardins (déchets verts)
- ✓ Déchets organiques de la cuisine (restes de repas, épluchures, papiers essuie-tout, papier.
- ✓ Journal, fleurs coupées, marc de café, filtres à café, sachets de thé, coquilles d'œufs,
- ✓ etc....
- ✓ Boues [12].
- ✓ **II.1.2.6 Les déchets d'activités de soins :**

Les déchets d'activités de soins sont des déchets qui proviennent des soins médicaux ou vétérinaires, ou du secteur de la recherche médicale. On évalue le gisement annuel en France à environ sept cent mille tonnes. Du fait de leur grande diversité, il est difficile de les classer de manière claire. En effet, les déchets d'activités de soins ont des provenances variées, qui vont des déchets de cuisine aux déchets humains et des caractéristiques toutes aussi variées. Par ailleurs, il n'est pas toujours évident de marquer un seuil entre un déchet hospitalier ne présentant aucun risque et un déchet contaminé (Allary, 1997). [12]

Chapitre II : Généralité sur les déchets industriels générés par l'industrie de ciment

II.1.2.7 Déchets industriels :

Les déchets d'activités économiques (DAE), anciennement appelés déchets industriels, sont des déchets produits par les activités économiques (industrie, secteur manufacturier, bâtiment et travaux publics (BTP), secteur tertiaire, agriculture, etc.).

Dans le cadre de la responsabilité élargie du producteur, le producteur est responsable de la gestion de ses déchets jusqu'à leur élimination ou leur valorisation finale. [13]

II.2. Classification des déchets industriels :

II.2.1 Selon le danger :

II.2.1.1 Les déchets dangereux:

Certaines industries et particuliers génèrent des déchets dits dangereux, car hautement polluants et susceptibles de présenter un danger pour l'homme ou pour l'environnement, tels que les solvants, peintures, produits chimiques et pour les quels il faut mettre en œuvre des traitements spécifiques. [13]

II.2.1.2. Les déchets non dangereux : [14]

Déchet Industriel Banal (DIB) est un déchet qui n'est pas généré par des ménages et qui n'est ni dangereux, ni inerte. Il peut se décomposer, brûler, fermenter ou encore rouiller.

Exemple de Déchets industriels non dangereux :

- **Emballages usagés** : Palette, caisse, bidon, etc.
- **Déchets de production** : chutes, rebuts, purges (matières de cru, clinker, ciment...)
- **Produits usagés** : papiers, invendus, consommables usagés, etc.
- **Matériaux** : verre, métaux, plastique, textile, cuir, papier, carton, bois, etc.

Toutes les entreprises, quelle que soit leur taille, leur activité et leur secteur sont concernées par les déchets banals.

Chapitre II : Généralité sur les déchets industriels générés par l'industrie de ciment

II.2.2 Selon la nature physique:

II.2.2.1 Les déchets liquides:

Huiles usagées, solvants, eaux polluées, émulsions eaux huileuses, mélanges eau-hydrocarbures.

II.2.2.2 Les déchets Solides:

Emballages souillés (carton, plastique, bois, papier), résines échangeuses d'ions, rebus de fabrication, produits avariés ou périmés, pneus VL, gâteaux de filtration ... Les déchets Visqueux: terres contaminées aux hydrocarbures, terres décolorantes, boues de station d'épuration, boues de fonds de bacs d'hydrocarbures, boues de peinture, graisses, culots de distillation... Déchets riches en Silice, en Calcium, en Fer, en Alumine, en Alcalins ...

II.2.2.3 Les déchets gazeux :

Le gaz fumé est acheminée de la station de détente principale vers

- 1- Four de cuisson
- 2- foyer auxiliaire (broyeur cru) par une conduite aérienne
- 3- sécheur par une conduite aérienne (piquage)

Différents gaz indiqués dans le tableau suivant :

Tableaux II.1. Les déchets gazeux de cimenterie

Paramètres	Unité	Valeur limites	Tolérance pour les installations anciennes
Poussière	Mg/Nm ³	30	50
Oxyde de soufre	"	500	750
Oxyde d'azote	"	1500	1800
Oxyde de carbone	"	150	200
Acide fluorhydrique	"	5	5
Métaux lourds	"	5	10
Fluor	"	5	10
Chlorure	"	30	50

Chapitre II : Généralité sur les déchets industriels générés par l'industrie de ciment

II.3. Les différents déchets générés par la cimenterie : [15]

II.3.1. Déchets liquides :

➤ Les eaux usées :

Les eaux usées de la cimenterie proviennent de :

- a) Du Le refroidissement.
- b) Du ruissellement.
- c) L'eau de la station lavage.

➤ Les huiles usagées :

Les huiles usagées sont définies comme des huiles minérales ou synthétiques, inaptées, après usage, à l'emploi auquel elles étaient destinées; On distingue deux types d'huiles usagées :

- Les huiles noires qui comprennent les huiles motrices (essence et gasoil) et les huiles industrielles (huiles de trempe, de laminage, de tréfilage)
- Les huiles claires provenant des transformateurs, des circuits hydrauliques et des turbines

Au plan national, le marché est de l'ordre de 150.000 tonnes par an, se répartissant comme suit:

- Huiles moteurs 75%.
- Huiles industrielles (ateliers, entreprises industrielles) 19%
- Graisses et paraffines 3%
- Huiles aviation et marine 3%.



Figure II.1. Les huiles usagées

Chapitre II : Généralité sur les déchets industriels générés par l'industrie de ciment

II.3.2. Déchet solides : [14]

Ce sont les déchets correspondant à des matières usagées, telles que :

- ✓ les tapis de transport.
- ✓ les pneus.
- ✓ les briques réfractaires.
- ✓ déchets métalliques.
- ✓ Poussière de By-pass (BpD).

II.3.2.1. Briques réfractaires :

Tableau .II.2. Concernant les Briques réfractaires.

Nature physique	Solide (brique)
Activité source	Four
Quantité générée	Non déterminée (cumule depuis des années)
Méthode de traitement /d'élimination	Le reste est mis en niveau de la carrière
Société d'élimination	Décharge : la cimenterie



Figure II.2. Déchets de four briques réfractaires.

Chapitre II : Généralité sur les déchets industriels générés par l'industrie de ciment

II.3.2.2. Pneu :

Tableau .II.3. Concernant les déchets des pneus.

Nature physique	Solide (caoutchouc)
Activité source	Travaux de carrière (engins d'extraction, de chargement et de transport matières premières provenant des carrières de la cimenterie)
Méthode de traitement /d'élimination	Stockés au niveau de l'aire libre (située à l'intérieur de la carrière) pour vente par commissaire priseur (enchères publiques)



Figure II.3. Les déchets des Pneus

Chapitre II : Généralité sur les déchets industriels générés par l'industrie de ciment

II.3.2.3. Déchets métalliques :

Tableau .II.4. Concernant les déchets métalliques.

Nature physique	Solide (pièces usées, tôles, plaques de blindage).....
Activité source	Différents sections de la cimenterie
Quantité générée	Plusieurs centaines de tonnes
Méthode de traitement /d'élimination	Stocke au niveau de déchargement d'unité



Figure II. 4 Déchets métalliques

Chapitre II : Généralité sur les déchets industriels générés par l'industrie de ciment

II.3.2.4. Poussière de By-pass (BpD) :

Les Poussières By-pass est une farine Chaude calcinée à plus de 850 degrés, cette poussière est produit de l'extraction par un ventilateur à la boîte à fumée, elle est caractérisée par sa teneur forte en Chlore, les alcalins et les sulfates est un matériau de poussière distinctif pour tous les matériaux de ciment connus avec les caractéristiques suivantes:

- La finesse de traction négative sur tamis de 90 μ m est ≥ 35 %.
- Il produit à haute pression et se recueille dans la boîte à fumée.
- La masse volumique varie selon le tirage est d'environ 900 g /l.
- Riche en chlore et oxydes de soufre.

Cette matière est la principale source d'alimentation du four et est tirée au milieu de la boîte à fumée avant le four, quand la pression est augmentée, pour éviter le colmatage de cru puis filtrée dans l'air dans des filtres quantitatifs et jetée dans des trimes. [1]



Figure II.5 La poussière de By-pass

Chapitre II : Généralité sur les déchets industriels générés par l'industrie de ciment

II.3.3. Les déchets gazeux :

Les cimentiers émettent de très grandes quantités de rejets atmosphériques, leurs débits sont très élevés. Les principaux polluants en termes de volume sont Les carbonates (CO_2 , CO), les NO_x (NO , NO_2 , N_2O) le SO_x et les poussières. Les cimentiers sont également responsables d'émissions de métaux lourds dans l'air principalement zinc et plomb mais aussi mercure, chrome, nickel, cuivre... Et des polluants organiques persistants sont également inventoriés : HAP, dioxines et furannes. [16]

Chapitre II : Généralité sur les déchets industriels générés par l'industrie de ciment

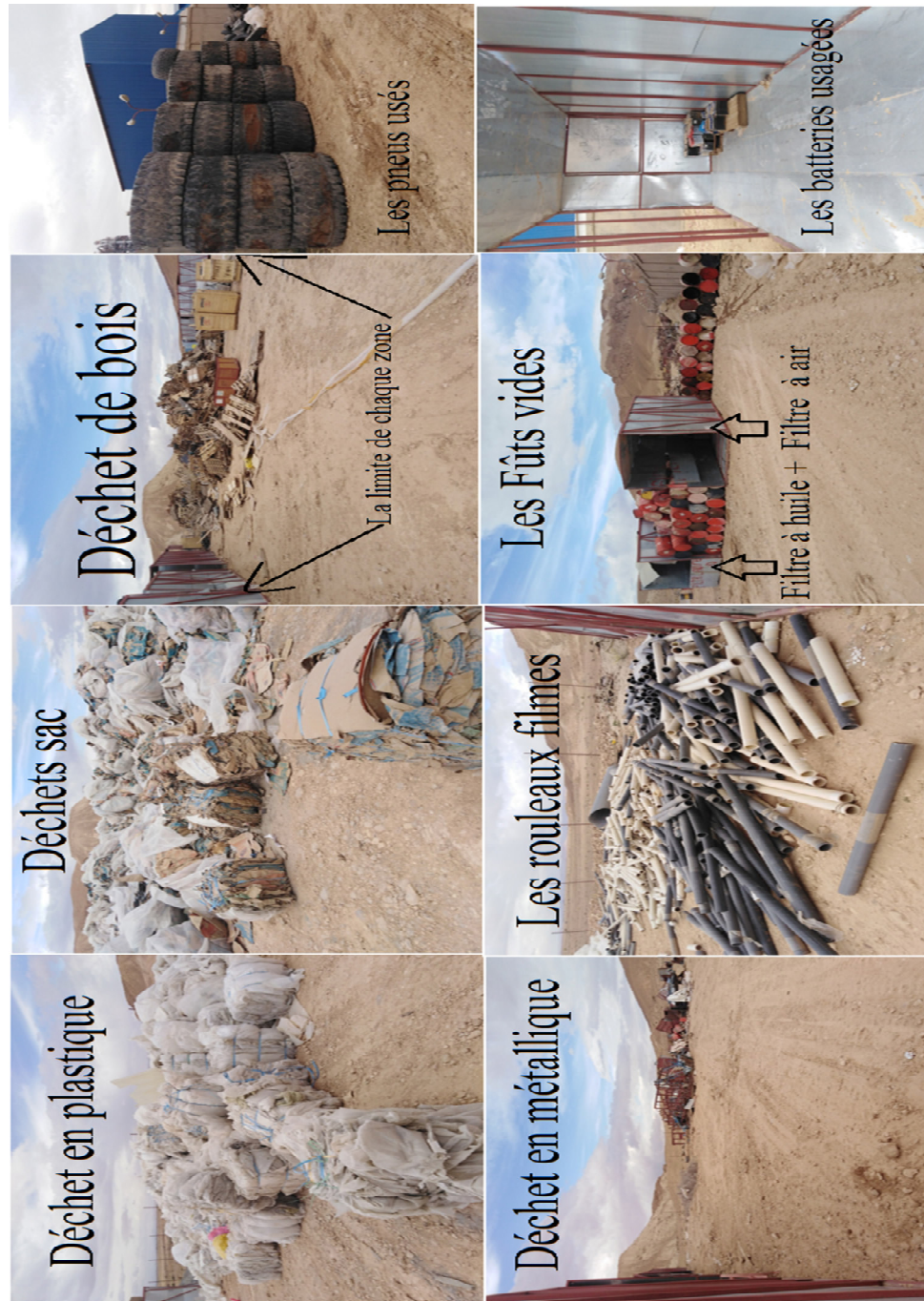


Figure II.6 Classification des déchets dans la cimenterie de Biskria

Chapitre II : Généralité sur les déchets industriels générés par l'industrie de ciment

II.4. L'impact de la pollution sur l'environnement et santé :

II.4.1. L'impact de la pollution sur l'environnement :

Les activités industrielles peuvent exercer des pressions et ont des impacts sur l'environnement. Elles peuvent également être source de risques pour le personnel et les populations avoisinantes.

- Les impacts de l'industrie sur l'environnement peuvent être directs en raison de :

La nature des activités intrinsèques aux sites de production, qu'il s'agisse de l'extraction et la transformation de matières premières (pollution des sols, de l'eau ou de l'atmosphère), des prélèvements d'eau douce, de la production de déchets et d'effluents (liquides ou gazeux), des nuisances locales (bruits, odeurs, poussières).

- Les installations industrielles, de par leurs activités, présentent certains risques. Lorsqu'elles sont susceptibles de créer des pollutions ou des nuisances, on parle de risque "chronique". Quand elles peuvent présenter un certain nombre de dangers, on parle de risque "accidentel". [17]

II.4.2. L'impact de la pollution sur santé :

1. L'exposition à des polluants industriels est le motif de consultations répétitives, d'urgences et d'hospitalisations notamment pour certaines bronchopathies respiratoires comme l'emphysème respiratoire et la pneumonie. Une étude nationale a montré que les polluants industriels entraînent une augmentation de 8 % des maladies respiratoires, une augmentation de 25 % d'hospitalisations liées à l'asthme surtout chez les enfants, une augmentation de 15 % de consultations pédiatriques, une augmentation de 22 % de cas d'arrêts de maladies dus à des maladies respiratoires. Pour exemple, lorsqu'il y a inhalation de 15m³ de dioxyde de soufre, il y a élévation de 33 % des crises d'asthme, de 25 % à 70 % de cardiopathies, de 25 % à 70 % de toux nocturnes et 33 % à 50 % de gênes respiratoires. De même, nous constatons qu'il y a de plus en plus d'allergies. Il y a aujourd'hui plus de 250 agents pathogènes responsables de l'asthme en milieu professionnel. [18]

Chapitre II : Généralité sur les déchets industriels générés par l'industrie de ciment

Le traitement de l'asthme allergique repose sur l'éviction de l'allergène, une médication spécifique par des bronchodilatateurs et l'évitement des risques qui permettent l'amélioration de la symptomatologie.

Par ailleurs, il y a un rapport durée/dose/effet qui indique l'évolution des symptômes respiratoires des personnes exposées par rapport aux sujets normaux. [15]

2. La partie du corps de l'être humain la plus touchée par les polluants rejetés par les cimenteries sont les poumons qui sont une vaste surface d'échange (75 m²). L'appareil respiratoire a une fonction essentielle, celle des échanges gazeux (apport d'oxygène et élimination de gaz carbonique).

- **A court terme** : les poussières fines inférieures à 1 µ atteignent les alvéoles et peuvent pénétrer dans le sang. Elles peuvent transporter d'autres polluants qui y sont adsorbés. Elles sont associées aux hospitalisations et aux décès pour cause respiratoire et cardio-vasculaire

- **A long terme** : ces polluants peuvent provoquer des maladies respiratoires telles :

- asthme, bronchite, emphysème (poussières, SO₂).
- cancer des poumons (particule et NO₂). [19]

Dans ce chapitre nous allons parler sur tous les matériels que nous avons utilisés et les méthodes suivies pendant la durée de stage pour réaliser ce travail.

III.1. Objectif de travail :

La poussière de By-pass est l'une des problèmes de la cimenterie de Biskria, venant de système d'alimentation du four, sont jetés en quantités énormes de l'environnement qui est déversée dans la nature en quantités énormes de plus de 3300 tonnes par mois. Les caractéristiques de ce matériau est proche des caractéristiques du produit semi –fini.

L'intérêt de ce travail est de valoriser ce déchet, les idées basées sur la récupération avec des coûts les plus bas, la possibilité de :

1. L'injection de la poussière de By-pass dans le broyeur de ciment par dosage et contrôle intensif chimique.
2. Créer un système de lavage de la poussière de By-pass avant l'injection pour éliminer le chlore.

III.2. Matière utilisée dans ce travail :

La poussière de By-pass est rejetées par les systèmes de By-pass des fours avec préchauffeur en suspension, pré-calcinateur et préchauffeur à grille, qui sont composées de matières d'alimentation du four entièrement calcinées matières fortement alcalines sous forme solide à grains fins qui sont éliminées des gaz d'exhaure des fours à ciment par les dispositifs antipollution atmosphérique. Elles sont constituées en grande partie de matières premières non réagies, notamment de mélange cru à divers stades de cuisson et de particules de clinker. Cette expression peut servir à désigner toute poussière émanant de fours à ciment, comme celles qui proviennent des systèmes de By-pass.

III.3. Matériels et Méthode :

III.3.1. Point d'échantillonnage :

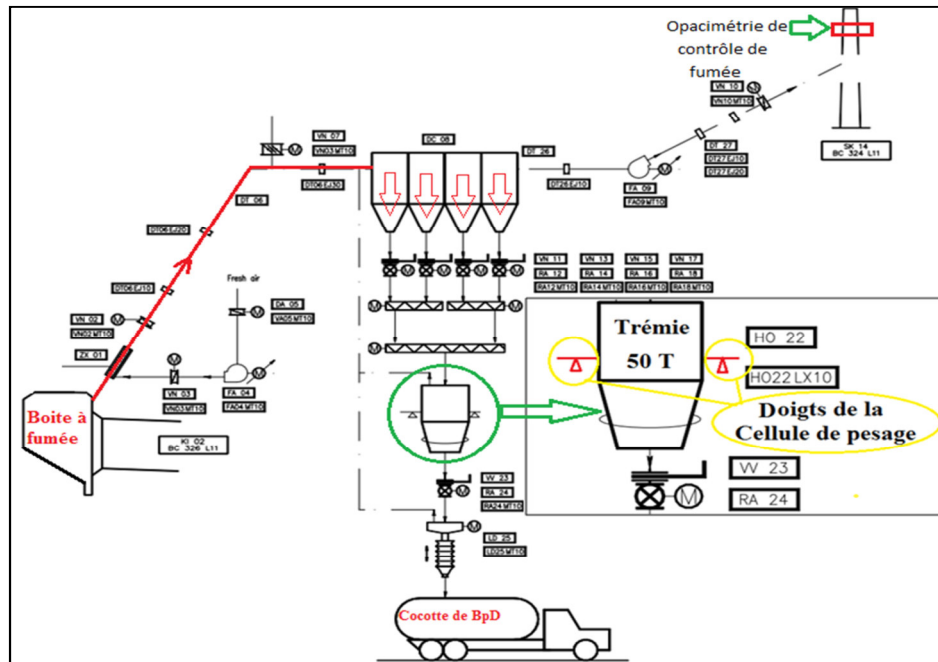


Figure III.1. Schéma de l'extraction de poussière de By-pass et la trémie

III.3.2. Les analyses effectuées sur la poussière de By-pass :

III.3.2.1. Les analyses chimiques par fluorescence XRF :

➤ Objectif de XRF :

Pour la matière première, il est analysé sur le XRF ; pour les analyses chimiques afin de le mélanger sur la ligne de production dans le doseur en fonction d'analyses.

➤ Principe de fonctionnement :

L'échantillon à analyser est placé sous un faisceau de rayon X. Sous l'effet de rayon X, les atomes constituant l'échantillon passent de leur état fondamental à un état excité. L'état excité est instable, les atomes tendent alors à revenir à l'état fondamental en libérant de l'énergie, sous forme de photons X notamment. Chaque atome, ayant une configuration électronique propre, va émettre des photons d'énergie et de longueur d'onde propres.

Chapitre III : Méthodes et matériels

C'est le phénomène de fluorescence X qui est une émission secondaire de rayons X, caractéristiques des atomes qui constituent l'échantillon.

L'analyse de ce rayonnement X secondaire permet à la fois de connaître la nature de l'élément chimique présent dans un échantillon ainsi que leur concentration massique.

❖ La méthode de travail de XRF :

A. Broyeur :

➤ L'objectif de broyage à disque :

Le but du broyage est de réduire des matières solides d'une taille donnée à une taille plus petite, en les fragmentant

➤ Principe de broyage à disque :

Le vibro-broyeur à disques RS 200 boire par pression, percussion et friction. La garniture de broyage est fixée sur le plateau vibrant à l'aide d'un levier de serrage rapide. Le plateau avec la garniture de broyage effectue des vibrations circulaires horizontales. Les corps broyant situés dans le bol exercent, du fait de ces mouvements vibration, des effets de pression, de percussion et de friction extrêmes sur la matière à broyer. Les vibrations circulaires sont générées par une commande vibrante avec un moteur à courant triphasé de 1,5 KW régulé en fréquence. L'entraînement inédit de type Stabilized-Plane-Drive garantit une direction de déplacement constante dans un seul plan, empêchant ainsi efficacement tout balancement ou mouvements indésirés du bol de broyage. Un palpeur identifie la présence de garnitures d'agate et limite la vitesse de rotation à 700tr/min afin d'éviter tout endommagement éventuel de ce matériau fragile.

➤ Appareillage



Figure. III.2. broyeur à disque.

➤ Mode opératoire

- Placer environ 5.0 g de l'échantillon dans le broyeur et démarrer- le pour 10 secondes pour rinçage.
- Peser exactement une quantité de 15g de poussière de by-pass spécifiée et lui ajouté le nombre de pastilles de pré broyage précises
- Placer l'échantillon dans le broyeur à disque et fermer la porte du broyeur.
- Pousser le bouton **syn.** et après le bouton du programme (bouton de démarrage) qui a choisi et attendre jusqu'à ce que le l'opération de broyage soit terminée la durée de broyeur 90s.
 - ✓ Prendre l'échantillon du broyeur pour préparer la pastille sur la presse hydraulique.

B. Presse d'échantillon:

➤ **L'objectif de presse :**

Est de convertir l'échantillon d'une substance de poussière en un matériau solide par pression.

➤ **Principe de presse :**

Le processus de compactage consiste à placer un anneau en acier ou une coupelle en aluminium dans la matrice de compression de la presse à pastiller PP 40 puis à introduire l'échantillon par le biais d'une trémie. L'anneau en acier avec l'échantillon doit ensuite être glissé sous la plaque de compression et le processus peut alors être lancé. Pendant le temps de montée de la force de pression appliquée, la poudre est comprimée au maximum jusqu'à obtention de la densité de la matière solide. En réglant correctement le temps de montée de la force de pression, l'air situé dans les interstices de la poudre initiale peut être refoulé, ce qui accroît la stabilité de la pastille. La force de pression maximale doit être maintenue pendant un certain temps de manière à ce que les forces d'adhérence entre les particules assurent la parfaite cohésion de celles-ci ainsi qu'une solidité mécanique maximale.



Figure III.3. Presse d'échantillon.

➤ **Mode opératoire**

- Prendre l'échantillon broyé
- Placer l'anneau en acier en place dans la machine "Presse Hydraulique"
- Verser avec une spatule la matière dans l'anneau et uniformiser la surface de la matière.
- Fermer la porte de la presse et presser sur le bouton **Syn.** et puis le bouton du programme choisi (bouton de démarrage). Attendre jusqu'à ce que l'opération de pression soit terminée. L'opération effectuée par une pression de 300 KN.
- Ouvrir la porte et prendre l'anneau avec précaution (ne pas toucher la face supérieure de la pastille avec les doigts). Nettoyer la face inférieure avec un pinceau.
- Sur la face inférieure, inscrire à l'aide d'un crayon l'identification de l'échantillon, Le ramener à la salle des **Rayons X** pour analyse.

C. Mode opératoire de XRF

- Lances super lunché
- Saisir le nom de l'utilisateur et le mot de passe :
 - USER ID **Super Q**
 - PASSWORD **Super Q**
 - Cliquez sur le bouton ok
 - Cliquez sur Mesurer
- Cliquez sur mesurer le lot puis cliquez sur vue d'ensemble
- Cliquez deux fois sur la position de l'échantillon à mesurer
- Vérifier que l'échantillon est bien en place sur la porte d'échantillon
- Type : routine
- Application : pour mesurer un échantillon choisir l'application correspondante
- Saisir le nom de l'échantillon sur identification d'échantillon
- Cliquez sur Ajouter
- Cliquez sur mesurer
- Le résultat d'analyse s'affiche automatiquement

➤ **Les résultats été affichés sur PC**

- Revenu au menu principal de super Q
- Cliquez sur résultat
- Sélectionnez archive (application)
- Cliquez sur Ok



Figure III.4.Appareil XRF Panalytical Zetium.

III.3.2.3 Dosage de chlorure :

➤ L'objectif :

Dosage de chlorure dans la poussière de By-pass est pour voir la concentration du Cl dans des éléments échantillon.

a. Méthode classique (méthode de Mohr)

➤ Principe :

On dose une solution d'ions chlorure Cl^- de concentration molaire c_1 à l'aide d'une solution d'ions Ag^+ de concentration molaire c_2 connue, en présence d'une solution de chromate neutre de potassium servant d'indicateur de fin de réaction.

➤ Appareillage

- Balance au 1/10 de mg de précision
- Eau déminéralisée
- Plaque chauffante
- Pipette graduée
- Bécher 250ml
- Erlenmeyer flask

➤ Réactifs

- Solution de nitrate d'argent (0.015N)
- Indicateur de Mohr ou (indicateur mixte) : dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ et chromate de potassium $K_2Cr_2O_4$.
- Hydroxyde de sodium NaOH

➤ Mode opératoire

- Mettre 0.1 de la poussière de By-pass dans un bécher de 250ml.
- Ajouter 100ml d'eau déminéralisé puis chauffé jusqu'à ébullition pour un volume restant de 50 ml
- Filtrer à travers un papier filtre whatman medium f dans un erlenmeyer de 100ml
- Ajouter quelques gouttes de phénol phtaline pour être sur de la neutralité du milieu, si la couleur est rose (i.e. milieu alcalin), neutraliser en utilisant HNO_3 (1%), mais s'il n'y a pas de couleur, ajouter quelques gouttes de NaOH (1%) jusqu'à ce que la couleur devienne violette.
- Après neutralisation, ajouter 2-3 ml de l'indicateur coloré pour titrer.
- Titrer avec 0.015 N $AgNO_3$ jusqu'au changement de couleur du jaune vers le brun faible.

➤ Calcul :

$$\%Cl = (F AgNO_3 * V AgNO_3) / Me$$

F : Facteur de normalisation de la normalité du nitrate d'argent.

V : Volume de nitrate d'argent versé.

Me :Masse de l'échantillon.

b. Méthode de Titrino plus 848 :

➤ L'objectif

Dosage des chlorures dans les matériaux cimentiers est pour voir la concentration du Cl^- dans des éléments échantillon

➤ Principe

Solubilisation des chlorures, précipitation des chlorures au moyen du nitrate d'argent. Suivi du titrage par potentiomètre au moyen d'une électrode d'argent en présence d'une solution tampon: on observe une brusque variation de potentiel quand du nitrate d'argent est ajouté en excès.

➤ Réactifs :

- Acétate de sodium pour analyse
- Nitrate d'argent 0.01N
- Acide acétique pour analyse
- Acide nitrique
- Hydroxyde de sodium (0.006N)
- Indicateur de mohr (KCrO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)

➤ Appareillage

- Balance au 1/10 de mg de précision
- Agitateur magnétique
- Eau déminéralisé
- Papier Filtre rapide
- Titrteur automatique titrino plus 848
- Electrode Ag titrode 6.0430.100
- Plaque chauffante
- Pipette graduée
- Becher 250ml



Figure. III.5 TITRINO plus

➤ Mode opératoire

- Pesez exactement 2.5g de l'échantillon dans un Becher de 250 ml
- Ajoutez 30ml d'eau distillée
- Placez le bicher sur un agitateur magnétique
- Ajoutez avec précaution 6ml d'acide nitrique concentré. Mètre en agitation pendant 1 à 2min.
- Filtrez la solution dans un bécher de 100ml a travers un papier filtre rapide
- Rincez le papier filtre rapide avec l'eau distillée jusqu'à atteindre 100ml.
- Pipetez 50ml de la solution d'échantillon dans un bécher de titrage.
- Ajoutez 20ml d'acide acétique glacial et 0.5g d'acétate de sodium.
- Titrez avec une solution de nitrate d'argent de concentration

III.3.2.4 Préparation des moules :

- ✓ prendre 450g de matière (clinker ou ciment), ajoute 225ml d'eau, puis on ajoute 1350g de sable normalise.
- ✓ Utiliser le malaxeur pour donne la pâte.
- ✓ Mettre la pâte dans des moules.

Remarque : les échantillons sont un mélange de ciment et la poussière de By-pass.

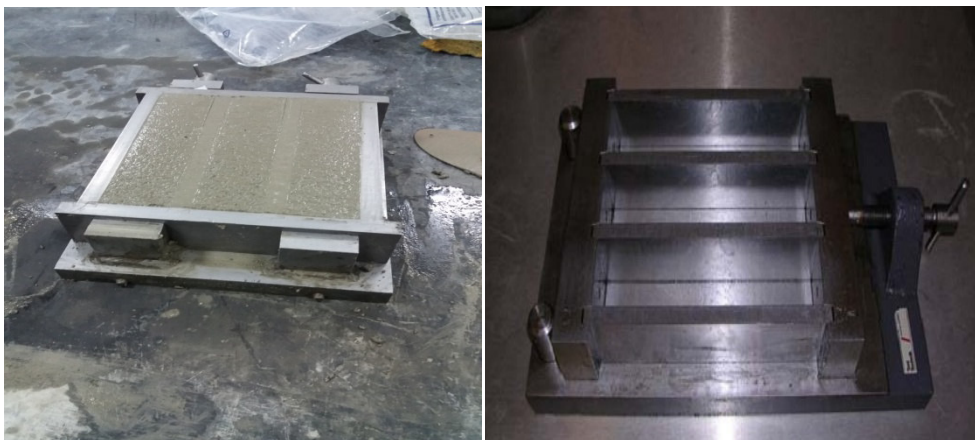


Figure III.6. Moules pour moulage des éprouvettes de mortier

III.3.3. Essais physico mécaniques réalisées sur les moules :

III.3.3.1 Mesure des résistances à la compression et à la traction :

➤ Objectif de l'essai

La résistance d'un mortier est directement dépendante du type de mélange contiens poussière de By-pass et ciment donc, il s'agit de définir les qualités de résistance de la mélange plutôt que d'un mortier.

➤ Principe de l'essai

L'essai consiste à étudier les résistances à la traction et a la compression d'éprouvettes de mortier normal. Dans un tel mortier la seule variable est la nature de liant hydraulique; la résistance du mortier est alors considérée comme significative de la résistance du mélange de ciment et la poussière de By-pass.

➤ Appareillage

L'ensemble est décrit de manière détaillée par la norme EN 196-1. Il est énuméré ci-dessous.

- Une sale maintenue à une température de $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ et à une humidité relative supérieure ou égale a 50 %. armoire humide maintenue a une température de $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ et a une humidité relative supérieure à 90 %.
- Des moules normalise permettant de réaliser 3 éprouvettes prismatiques de section carrée 4cmx4cm et de longueur 16cm voir la (figure. III.7)
- Un malaxeur normalise (Figure III.8).
- Table à choc ou un appareil à chocs, (Figure IV.9), un permettant d'appliquer 60 chocs aux moules en les faisant chuter d'une hauteur de $15\text{mm}\pm 0,3 \text{ mm}$ a la fréquence d'une chute par seconde pendant 60 S.



Figure. III.7. Malaxeur



Figure III.8. Table à choc



Figure III.9 Machine de compression et flexion

L'unité de BASKIA Ciment qui produit 90 000 tonnes par mois de clinker, produit au contraire d'environ 3000 T/mois des déchets poussiéreux qui provoquent l'environnement résultant système d'alimentation de four et les oxydes de métaux et de certains gaz volatile, ce qui produit cet obstacle au processus de cuisson, nous devons faire tiriez ce dernier hors le processus avec un système de By-pass.

La poussière qui résulte est jeter quotidiennement à l'air libre, Créer un gâchis environnemental.

Notre travail sur cette unité est purement sur la solution cela nous permet d'éviter d'endommager cette poussière ou même en bénéficier si possible.

Les résultats au niveau du laboratoire ont été satisfaisants. Ce matériau peut être utilisé recycler et valoriser dans la production de ciment.

Après avoir comparé les résultats, nous avant constater qu'il est facile d'utiliser ce matériau dans un réacteur de l'eau c'est – à dire : un système de lavage qui permet d'éliminer le chlorure et qu'il est bien équiper (pompe d'eau, sécheur, racleur,).

Il y a une possibilité de recycler la poussière de By-pass par la méthode de lavage avec un control de qualité successive.

- Cette opération nécessite l'eau, et celui-ci sera traiter dans la station de traitement des eaux.
 - Cette méthode n'a aucun effet négatif sur l'environnement.
-

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes très chers parents à qui je dois tout et je les remerciés pour leur
sacrifices*

Mes très chers frères et sœurs

Mes très chers et adorables amis

L'équipe bloc technique de biskria ciment

Touts qui m'aiment ...

Yasmine

[1]: YAHIA Mohamed, contribution à la valorisation d'un déchet de cimenterie (ciment hydraté) pour l'élaboration d'un nouveau ciment, mémoire de master en Génie Civil, 2015/2016.

[2]: Documentations de l'usine Biskria cimenterie SPA

[3]: GCI712 « Durabilité ET réparation du béton », département Génie civil, Université de Sherbrooke-Canada, Avril 2009.

[4]: Document de références sur les meilleures techniques disponibles de l'industrie de ciment, Mai 2010.

[5]: MEBARKI Henen, Etude comparative des clinkers de l'ouest Algérien : Analyse Physico-chimique et Applications, mémoire de master en Chimie Physique et Analytique, 11 Septembre 2013.

[6]: Ben gueddour afef, Synthés et caractérisation de silicates de calcium hydratés (C.S.H) hybride, mémoire de master en génie de procédé, 2013

[7]: Hadj sadouk, ciment portland, 2011.

[8]: Ciment calcia, fabrication du ciment.

[9]: B. Bounabe Ayache, Automatisation du stackeur et le moteur four; Rapport de stage à ERCE et SCHB, 2006-2007.

[10]: Le processus de la fabrication de ciment, lafarge ciment division

[11]: BENSMAIL Salem, la problématique de la gestion des déchets solides à travers les modes de traitement des déchets ménagers et hospitaliers : cas de la commune de Bejaia, mémoire de magistère en sciences économiques, 2010.

[12]: Franck BOELHY (QSE Région Nord Est), group SNEF, guid des déchets

[13]: Journal officiel de la république algérienne n 27 :4 rabie el aoul 1426 13 avril 2005.

[14]: <http://www.eauxdemarseille-environnement.fr/collecte-transport-et-traitement-des-dechets-dangereux>

[15]: <https://livretsante.com/plus/pollution-industrielle-sante-environnement/>

[16]: SIKA France (structuration et hydratation du ciment)

[17]: Agence de l'environnement et de la maitrise d'énergie (ADEME) Collecte, tri, recyclage et valorisation des déchets

[18]: LACHI A/HALIM, caractérisation physico-chimique des déchets industriels stabilisés/solidifiés par des liants hydrauliques-pats à ciment, mémoire de master en génie des procédés, 2011/2012.

[19]: <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/s/industrie-environnement>

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1	Les différents types de ciment produit par biskria ciment	3
Figure I.2	Les quatre matières premières utilisées dans la fabrication du ciment	5
Figure I.3	Extraction et transport du calcaire	7
Figure I.4	Le concasseur	8
Figure I.5	Le polaire à l'intérieur	9
Figure I.6	La polaire à l'extérieur	9
Figure I.7	Le hall de pré-homogénéisation à l'intérieur	10
Figure I.8	Le hall de pré-homogénéisation à l'extérieur	10
Figure I.9	Broyeur cru	11
Figure I.10	Silo homo	12
Figure I.11	La tour de préchauffage	13
Figure I.12	Schéma de tour échangeuse	14
Figure I.13	La cuisson (four rotatif)	17
Figure I.14	Le refroidisseur	17
Figure I.15	Un Silo de stockage de clinker	18
Figure I.16	Le VCM	19
Figure I.17	L'expédition	19

Liste des figures

Chapitre II

Figure II.1	Les huiles usagées	26
Figure II.2	Déchets de four briques réfractaires.	27
Figure II.3	Les déchets des Pneus	28
Figure II.4	Déchets métalliques	29
Figure II.5	La poussière de By-pass	30
Figure II.6	Classification des déchets dans la cimenterie de Biskria	32

Chapitre III

Figure III.1	Schéma de l'extraction poussière de by-pass et la trémie	36
Figure III.2	broyeur à disque	38
Figure III.3	Presse d'échantillon	39
Figure III.4	Appareil XRF Panalytical Zetium	41
Figure III.5	TITRINO plus (dosage de Cl).	43
Figure III.6	Moules pour moulage des éprouvettes de mortier	44
Figure III.7	Malaxeur	46
Figure III.8	Table à choc	46
Figure III.9	Machine de compression et flexion	46

Chapitre IV

Figure IV.1	Diagramme représente les composants de BpD	50
Figure IV.2	Variation de taux de chlorure en fonction de temps de lavage	57
Figure IV.3	Variation de taux de chlorure en fonction de quantité d'eau	58

Liste des figures

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1	Les différents types ce ciment table par biskria ciment	6
--------------------	---	---

Chapitre II

Tableau II.1	Les déchets gazeux de cimenterie	25
Tableau II.2	Concernant les Briques réfractaires	27
Tableau II.3	Concernant les déchets des pneus	28
Tableau II.4	Concernant les déchets métalliques	29

Chapitre IV

Tableau IV.1	Comparaisons d'analyses entre le BpD et les trois produits (farine cru clinker et ciment)	48
Tableau IV.2	Les analyses de BpD par XRF	49
Tableau IV.3	L'extraction de BpD et la production de ciment avec le pourcentage de chlorure	50
Tableau IV.4	Exigences chimiques définies en termes de valeurs caractéristique	51
Tableau IV.5	Les valeurs de la possibilité d'injection	53
Tableau IV.6	Analyses physique de mélange (BpD et ciment)	53
Tableau IV.7	Comparaison des analyses physique avant et après l'injection	54
Tableau IV.8	Le résultat de chlorure de mélange	55
Tableau IV.9	Les analyses par XRF des échantillons lavées	56
Tableau IV.10	Les résultats de lavage de BpD de 1 ^{ère} expérience	57
Tableau IV.11	Les résultats de lavage de BpD de 2 ^{ème} expérience	58