



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 chimique

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
TIBERMACIN Souheib

Le : .../... /2020

Recyclage d'un déchet industriel (poussière By-pass) avec le nouveau système pompage et d'injection By-pass

Jury :

Dr	BARKAT Djamel	Pr	Université de Biskra	Président
Dr	CHERIFI Nedjma	MCA	Université de Biskra	Examinatrice
Dr	GHEBGHOUB Fatima	MCA	Université de Biskra	Encadreur

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Dédicace

Remercîment

Résumé

Introduction générale

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I : Généralité sur le ciment

Introduction	1
I.1.Présentation de l'entreprise	1
I.1.1.Situation géographique	1
I.1.2.Les services	2
I.1.3.Les produits	2
I.3. Principaux Constituants De Ciment	3
I.3.1.Matières Premières et Ajout	3
I.3.1.1.Calcaire	3
I.3.1.2.Argiles	4
I.3.2. Matériaux de correction de cru	4
I.3.2.1. Minerai de fer	4
I.3.2.2. Sable	5
I.3.3. Les ajouts de ciment	5
I.3.3.1.Le gypse (correcteur de la prise).....	5
I.3.3.2.Pouzzolane:	5
I.3.3.3 Le clinker.....	6

SOMMAIRE

I.4. famille des ciments	7
I.5. Techniques de fabrication	9
I.5.1. La préparation de la matière première	9
I.5.1.1. Carrière	9
I.5.1.2. Transport jusqu'au concasseur	9
I.5.1.3. Transport jusque dans la cimenterie	9
I.5.1.4. la pré-homogénéisation	10
I.5.2. La cuisson du cru	11
I.5.2.1. Préchauffage	11
I.5.2.2. Installation de filtration des gaz du four	12
I.5.2.3. Four rotatif	13
I.5.2.4. Refroidisseur à clinker	13
I.5.3. L'obtention du ciment.....	14
I.5.3.1. Stockage Du Clinker	14
I.5.3.2. Broyage Du Clinker(VCM)	14
I.5.3.3. Stockage, Ensachage et expédition	15
I.6. Domaine d'utilisation de différent ciment.....	15

Chapitre II : Les déchets industriels d'une cimenterie

Introduction.....	16
II.1. Définition	16
II.2. Classification des déchets	17
II.2.1. Différents types des déchets	18
II.2.1.1. Les déchets ménagers	18
II.2.1.2. Déchets dangereux des ménages (DDM)	18
II.2.1.3. Déchets des activités de soins	18
II.2.1.4. Déchets de l'agriculture et de l'industrie agroalimentaire	19
II.2.1.5. Déchets organiques ou déchets de l'assainissement	19

SOMMAIRE

II.2.1.6. Déchets des entreprises déchets produits par des entreprises de toutes activités.....	20
II.3. Les déchets d'une cimenterie	21
II.3.1. Classification basée l'état physique.....	21
II.3.2. Classification basée sur l'état chimique	22
II.4. Hiérarchie des modes de traitement de déchets	23
II.4.1. La réutilisation	23
II.4.2. Le recyclage	23
II.4.3. La valorisation	23
II.4.3.1. La valorisation de la matière organique	23
II.4.4. L'élimination	24
II.4.4.1. L'incinération sans valorisation énergétique	24
II.5. Technique de recyclage	24
II.5.1. Le recyclage dit « chimique »	24
II.5.2. Le recyclage dit « mécanique »	24
II.5.3. Le recyclage dit « organique »	24
II.6. Impact du recyclage dans l'industrie	24
II.6.1. Source d'approvisionnement alternative	24
II.6.2. Création d'activités	25
II.6.3. Impacts du recyclage sur l'environnement	25
II.7. Les stratégies de BISKRIA CIMENT dans la gestion des déchets	25
II.7.1. Gestion des déchets solide.....	25
II.7.1.1. Gestion des déchets inerte	25
II.7.1.2. Gestion des déchets valorisée	26
II.7.1.3. Gestion des huiles usées	26
II.7.1.4. Gestion des eaux usées	27
II.7.1.5. Gestion des déchets ménagers	27

SOMMAIRE

Partie pratique

Chapitre III : Pratique et simulation sur la pompe de By-pass

Introduction	28
III.1. Paramètre de suivi pratique.....	28
III.1.1.Explication de système de By-pass	28
III.1.2. La tour de préchauffage et laboite a fumé.....	29
III.1.3.Système de dépoussiérage	29
III.1.3.1.Filtres à manches	32
III.1.3.2. Récupération de la poussière	33
III.1.4.La nouveau système d'injection	33
III.1.4.1. Détermination de débit de pompage	34
III.2. Modes opératoires.....	35
III.2.1.Détermination de la granulométrie (ré-refus).....	35
III.2.2. Détermination de la densité.....	35
III.2.3. Application de granulométrie	36
III.2.4. Application de la densité	37
III.3. Simulation d'autocontrôle	37
III.3.1.Calcul et simulation	37
III.3.2. L'injection de BpD selon la qualité de ciment	39
III.3.3. Feuille de flux (flow sheets).....	40
III.4. Les avantages de la méthode pneumatique.....	41

Conclusion général

Référence

Chapitre I

Généralité sur le ciment

Figure I.1 : Les différents types de ciment produit par BISKRIA ciment	2
Figure I.2 : Grains de gypse	5
Figure I.3 : Grains de pouzzolane.....	6
Figure I.4 : Les 27 produits de la famille des ciments courants.....	8
Figure I.5 : la carrière	9
Figure I.6 : La polaire à l'extérieur	10
Figure I.7 : polaire de Pré Homogénéisation	10
Figure I.8 : Broyeur (VRM) de la matière première	11
Figure I.9 : Les tours de préchauffage	12
Figure I.10 : Four rotatif	13
Figure I.11 : refroidisseur a grille	13
Figure I.12 : Un Silo de stockage de clinker	14
Figure I.13 : Le VCM (broyeur de clinker)	14

Chapitre II

Les déchets industriels d'une cimenterie

Figure II.1 : Circuit de production- génération de déchet	16
Figure II.2 : la Classification des déchets	17
Figure II.3 : déchets ménagers	17
Figure II.4 : Déchets dangereux des ménages (DDM)	18
Figure II.5 : déchets des activités de soins	19

Figure II.6 : Déchets inertes et du BTP	20
Figure II.7 : Déchets industriels banals (DIB)	20
Figure II.8 : Déchets industriels spéciaux (DIS).....	21
Figure II.9 : Déchets toxiques en quantités dispersées (DTQD)	21
Figure II.10 : Les bennes des déchets et les points de rassemblement	26
Figure II.11 : Les huiles usées déchets	26
Figure II.12 : Station des eaux usées	27

Chapitre III:

Pratique et simulation sur la pompe de By-pass

Figure III.1 : Les paramètres de suivies extraction BpD	30
Figure III.2 : La stabilité l'extraction de poussière	31
Figure III.3 : comparaison l'extraction de By-pass (T/h) entre les deux linges	31
Figure III.4 : Extraction journalier de By-pass	32
Figure III.5 : Comparaison entre les deux linges de l'extraction journalière de By-pass..	32
Figure III.6 : Image réel de la pompe sur site	33
Figure III.7 : Principaux composants de la pompe	33
Figure III.8 : Les différents types des pompes.....	34
Figure III.9 : Les caractéristiques de la pompe installée.....	34
Figure III.10 : Clarifier le système.....	34
Figure III.11 : La densité apparente de BpD.....	36
Figure III.12 : Classement catégorie de granulométrie.....	36
Figure III.13 : Stabilité de poids au litre.....	37

Figure III.14 : Détaillée de système de l'extraction jusque l'injection.....40

Chapitre I

Généralité sur le ciment

Tableau I.1 : Composition chimique élémentaire de gypse	5
Tableau I.2 : Composition chimique élémentaire de la pouzzolane	6
Tableau I.3 : composition chimique du clinker	6
Tableau I.4 : Les phases de bouge	7
Tableau I.5 : Domaine d'utilisation de différent ciment	15

Chapitre III

Pratique et simulation sur la pompe de By-pass

Tableau III.1 : Les paramètres de suivies extraction BpD	29
Tableau III.2 : résultats de l'extraction BpD dans les deux Linges de production	30
Tableau III.3 : classement de granulométries	36
Tableau III.4 : résultat de poids au litre de BpD	37
Tableau III.5 : suivie de Cl ⁻ et calcule d'injection	39
Tableau III.6 : calcule de tonnage d'injection	40

Dédicace

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

A ma chère sœur pour l'encouragement constant et le soutien moral.

A toute ma famille pour les soutenir tout au long de ma carrière universitaire.

Que ce travail soit la réalisation de mes soi-disant désirs et l'accomplissement du succès dans le futur.

Merci d'être toujours à mes côtés.

Souheib

Remerciement

Je remercie dieu le tout puissant qui m'a donne la force et la volonté pour réalise ce modeste travail.

Je voudrais exprimer ma gratitude à mon encadreur: Ghebghoub Fatima.

Je la remercie de m'avoir supervisée, dirigée, aidée et conseillée.

Mes sincères remerciements vont à tous les professeurs, intervenants et à toutes les personnes qui ont dirigé leurs réflexions, écrits, conseils et critiques et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions lors de mes recherches.

Je remercie mon père, sans oublier ma mère décédée, que Dieu ait pitié d'elle, qui a toujours été à mes côtés. Je remercie ma sœur de l'avoir encouragé.

Enfin, à tous ces orateurs, j'offre mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Souheib

Résumé

Dans le cadre de la présentation de mémoire du master, ce travail a été réalisé au sein de l'entreprise SPA BISKRIA CIMENT qui traite d'une méthode d'exploitation de l'un des déchets de cette industrie lequel est la poussière de By-pass.

Des quantités considérables de cette poussière sont éliminées par l'injection dans le produit Final sans endommager les propriétés physico-chimique et mécanique du produit et de protéger l'environnement en même Temps.

L'objectif de ce travail est d'étude les mécanismes et les caractéristiques du system versée et d'injection (pompe-pneumatique) dans le produit final.

تلخيص :

في إطار إعداد مذكرة الماستر تم تنفيذ هذا العمل داخل المؤسسة ذات الأسهم البسكرية للإسمنت و الذي يدور حول إحدى طرق إستغلال أحد مخلفات هذه الصناعة ألا و هو غبار الإلتفافية.

يتم التخلص من كميات معتبرة من هذا الغبار عن طريق حقنها في المنتج النهائي بنسب متفاوتة دون الإضرار بخصائص المنتج الفيزيوكيميائية و الميكانيكية .

الهدف من هذه الدراسة هو دراسة خصائص و آليات نظام حقن الغبار في المنتج النهائي.

Introduction générale

L'industrie du ciment occupe une place prépondérante dans les économies de toutes les nations. Elle est un élément nécessaire pour la réalisation des projets de construction dans les domaines industriels, économiques, sociaux et culturels tout en répondant aux exigences futures de la conservation des ressources naturelles et la protection de l'environnement.

La production de ciment est un indicateur économique lié d'une part au nombre d'habitants mais également au potentiel de croissance de chaque pays sur une période donnée.

L'Algérie est un marché d'importance stratégique pour la société SPA 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.

Dans le contexte du deuxième point et vu que dans le processus de fabrication du ciment, il y a toujours les pertes en matière de ciment, la valorisation de ces pertes est une solution favorable par conséquent à l'élimination d'un déchet nuisible pour l'environnement et pour l'économie des cimenteries.

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.

L'intérêt de ce travail est valoriser ce type de déchet par : la récupération cette matière fine et injectée dans les broyeurs de ciment VCM vers cette nouveau système (pompe pneumatique) pour éliminer le chlore dans cette poudre fine (poussière) et ajoutée dans le ciment.

Pour réaliser ce travail qui contient tous les résultats et l'interprétation de ces résultats, on a structuré notre mémoire en 3 chapitres :

- **Chapitre I : Généralité sur les ciments**

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

- **Chapitre II : Les déchets industriels d'une cimenterie**

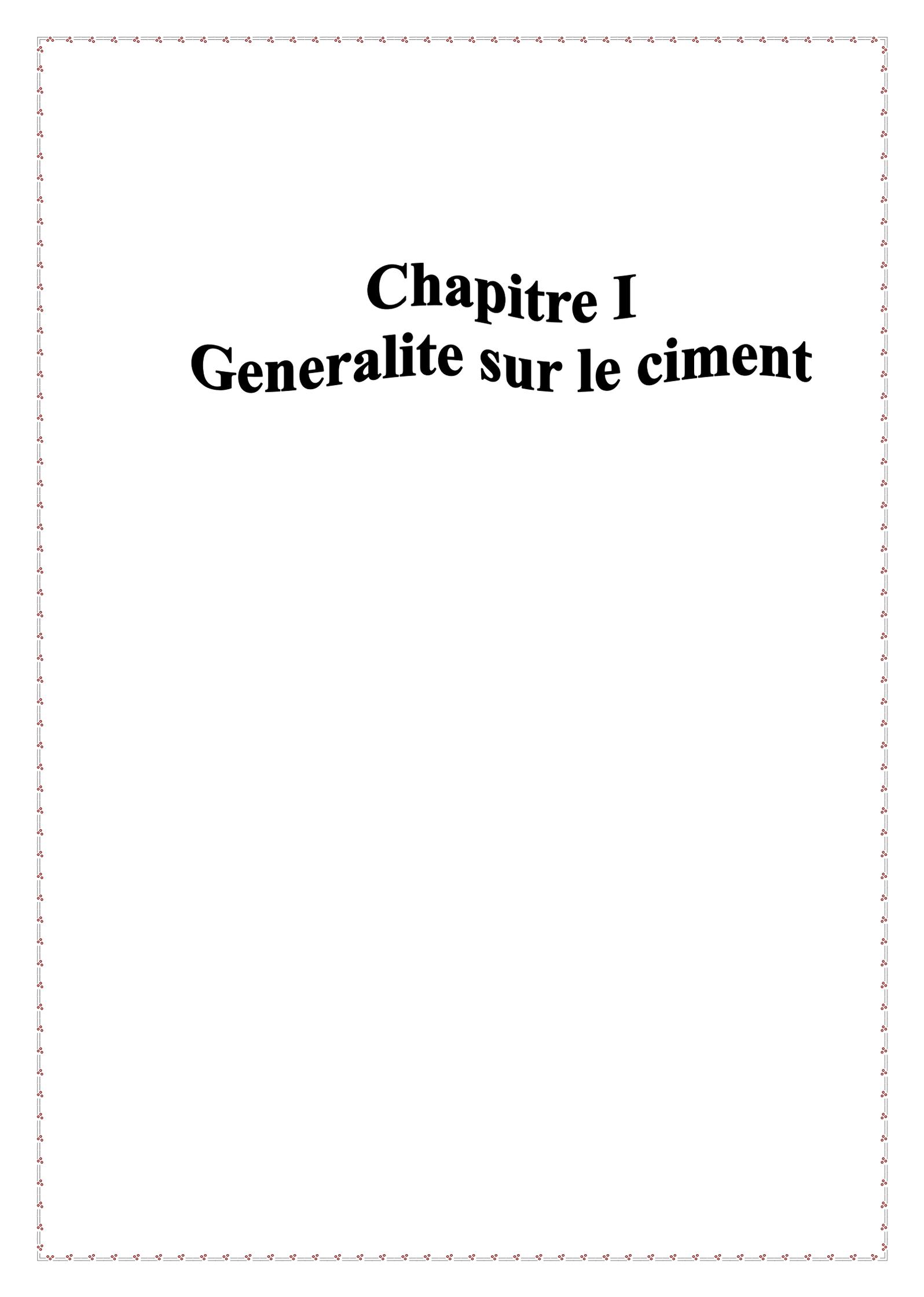
Le deuxième chapitre est destiné à l'étude des types de déchets dans la cimenterie BISKRIA et les techniques de valorisation des déchets, et l'impact sur l'industrie et l'environnement.

- **Chapitre III : Pratique et simulation sur la pompe de By-pass**

Introduction générale

Dans ce chapitre on a destine la nouveaux méthode d'injection la poussière dans le broyeur clinker et l'explication le système by-pass, on a suivi l'extraction journalière et horaire de poussière, entre deux fours et simulée sur la nouveaux système(pneumatique).

Le but de notre travail est l'étude l'effet l'injection de poussière By-pass en ciment et la méthode de transfert la matière fine.



Chapitre I

Generalite sur le ciment

Introduction :

Le ciment est un matériau de base dans les secteurs du bâtiment et du génie civil. Il est utilisé dans la fabrication du béton, qui est le deuxième matériau le plus utilisé sur la planète. C'est un matériau de construction durable, versatile et totalement recyclable.

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 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.

Ce chapitre est construit autour du fil conducteur de la production cimentière. Il présente les techniques et les procédés dont sont issues les ciments, après avoir connaître les matières utilisées pour la fabrication ce liant hydraulique, et ses types. [1]

I.1.Présentation de l'entreprise :

La société BISKRIA CIMENT est une entreprise de fabrication et ventes des ciments au Capital social : 4284000000 DA dont l'objectif de cette entreprise 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. [1]

La cimenterie possède 3 lignes de productions avec une capacité totale de 5 million T/an.

I.1.1.Situation géographique:

La wilaya de Biskra est située à une altitude de 87 m au niveau de mer. Ce qui fait d'elle une des villes les plus basses d'Algérie.

L'usine se situe à 7 km au Nord-Ouest de la commune de BRANIS à 20 km au Sud-ouest de DJEMOURAH et à 15 km au Nord-Est du chef-lieu de la wilaya de Biskra.

I.1.2. 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 :

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

I.1.3. 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 CEM I 42, 5 R**
- **Ciment Portland composites CEM II/B-L 32, 5 R**
- **Ciment Portland composites CEM II/B –L 42.N**
- **Ciment résistant aux sulfates (CRS) CEM I 42,5 R-SR**

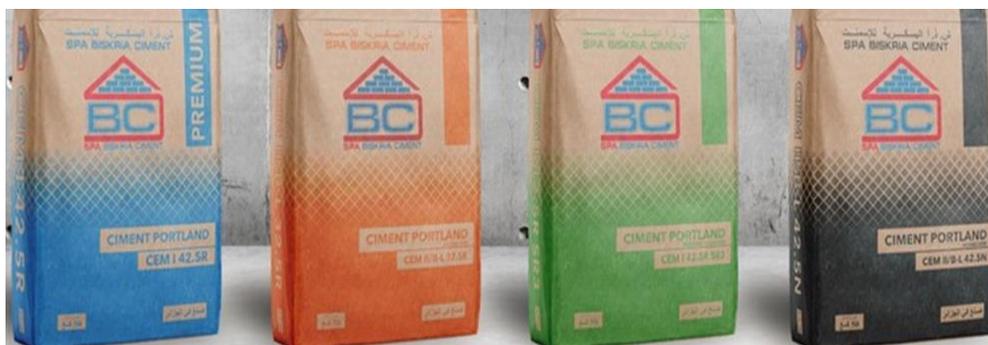


Figure I.1 : Les différents types de ciment produit par BISKRIA ciment [1]

I.2. Définition d'un ciment :

En effet, le ciment est un liant hydraulique (qui durcit sous l'action de l'eau) que l'on utilise le plus souvent dans la confection des dallages, des parpaings, des enduits et des mortiers.

Le ciment est principalement composé de calcaire, d'argile, de minerai de fer, et de sable siliceux, chaux, fumées de silice, pouzzolane, laitier, etc. tout en sachant que le calcaire

est l'ingrédient le plus répandu. Ces différentes matières premières sont alors concassées puis combinées à d'autres ingrédients pour être chauffées. Ensuite le ciment est broyé en une poudre fine et conditionné pour être utilisé dans les mélanges de divers matériaux de construction comme le mortier et le béton. [2]

I.3. Principaux Constituants De Ciment :

I.3.1. Matières Premières et Ajout :

On peut théoriquement fabriquer du ciment à partir de matériaux quelconque qu'es renfermant chaux, silice, alumine et fer.

En pratique, les possibilités sont beaucoup plus limitées car on est obligé de choisir, pour des raisons évidentes, des matières premières faciles à extraire, traiter, et combiner.

On peut utiliser aussi comme appoint des sous produits d'autres industries tels le laitier de hauts fourneaux. [3]

On classe habituellement les matières premières naturelles en :

- Calcaire : plus de 80% (CaCO_3)
- Argile : au moins de 40% de (SiO_2).
- Minerai de fer au moins de 35% de (Fe_2O_3).
- Sable plus de 75% (SiO_2)

I.3.1.1. Calcaire :

Les calcaires peuvent être de pureté et de dureté variable, ils proviennent du dépôt de CaCO_3 contenu dans les eaux de mer ou des lacs, dépôts provoqués par précipitation chimique ou réalisé par l'intermédiaire d'organisme vivant (mollusques, algues).

Certains de ces dépôts soumis à une pression et à une température suffisante, ont donné des calcaires cristallins. Les principales impuretés rencontrées dans les calcaires sont :

➤ **La silice :**

Elle se présente sous plusieurs formes :

- Libre : elle ne peut se combiner et doit être éliminée si elle apparaît en nodules de silex ou de quartz, il peut en être autrement si elle se trouve finement divisée à l'état naturel et répartie dans la masse de calcaire.
- Combinée : divers éléments tel que le fer, la magnésie, l'alumine, la silice et l'alumine déjà combinée sous forme d'argile réagissent bien avec la chaux.

➤ **La magnésie :**

La magnésie est un élément dangereux du fait de son expansion ultérieure possible au sein du ciment hydraté. Les calcaires ne doivent pas contenir plus de 5% de magnésie.

➤ **Le fer :**

Le fer rencontre le plus souvent sous forme d'oxyde Fe_2O_3 ou de pyrite Fe_2S (le maximum permis est de 2% dans ce dernier cas). Le fer joue un rôle utile de fondant

➤ **Les alcalis (K_2O , Na_2O)**

Tels que soude et potasse sont volatilisés au moment de la clinkérisation et se retrouvent surtout dans les poussières du four, lesquelles sont actuellement souvent recyclées. Les alcalis peuvent provoquer certaines difficultés au cours de la fabrication du ciment (formation d'anneaux dans le four, modification de certaines caractéristiques physique du ciment). [3]

I.3.1.2. Argiles :

Les argiles sont constituées essentiellement de silice, d'alumine et de fer et constituent par là même le complément indispensable du calcaire. Elles peuvent être classées de plusieurs manières. On distingue ainsi :

- Les argiles résiduelles provenant de la décomposition sur place de roches existantes, du fait d'agents physico-chimiques.
- Les argiles transportées et déposées sous l'effet des mers, des cours d'eau, des glaciers, du vent.

Du point de vue physico-chimique on peut classer les argiles en différents groupes :

- groupe kaolin : formule générale : $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$.
- groupe halloysite : formule générale : $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$.
- groupe montmorillonite : formule générale: $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$.
- groupe des minéraux argileux micacés : (ex : séricite).
- groupe des minéraux argileux magnésiens : (ex : sépiolite). [3]

I.3.2. Matériaux de correction de cru :

I.3.2.1. Minerai de fer (Fe_2O_3) :

Le minerai de fer est une roche contenant du fer, généralement sous la forme d'oxydes, comme la bauxite.

Les minerais de fer ont une teneur en fer variable selon le minéral ferrifère, sachant également que l'isomorphisme, presque toujours présent dans les minéraux naturels, réduit la teneur théorique. [4]

I.3.2.2. Sable (SiO₂) :

La silice est la forme naturelle du dioxyde de silicium (SiO₂) qui entre dans la composition de nombreux minéraux. Pour la fabrication de ciment le sable est un correcteur de module silicique. [1]

I.3.3. Les ajouts de ciment :

I.3.3.1. Le gypse (correcteur de la prise) :



Figure I.2 : Grains de gypse. [6]

Principaux Caractéristique du Gypse :

- Formule chimique : CaSO₄.2H₂O
- Le gypse dans le ciment, permet l'ouvrabilité du mortier ou du béton, en retardant la prise. [5]

Exemple de la composition chimique de gypse dans le tableau suivant :

Corposants	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	PAF
%	0.00	0.4	1.19	5.37	38.50	0.11	32.08	0.66	18.20

Tableau I.1 : Composition chimique élémentaire de gypse. [5]

I.3.3.2. Pouzzolane :

Le terme couvre une série de matières naturelles de produit naturels caractérisés par une forte teneur en silice (50%) et l'aptitude à fixer la chaux en

présence de l'eau à la température ambiante, pour formes des silicates et aluminates de calcium hydratés

En association avec un ciment portland (ciment dégagement beaucoup de chaux hydratée lors de processus d'hydratation) la pouzzolane agit en fixant progressivement cette chaux.

- **La pouzzolane naturelle :** La pouzzolane naturelle utilisée est d'origine volcanique essentiellement composée de silices, d'alumine et d'oxyde de fer et ayant naturellement des propriétés pouzzolaniques



Figure I.3 : Grains de pouzzolane. [7]

Corposants	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	PAF
%	4.90	1.98	16.20	38.60	5.08	1.34	9.82	11.05	2.6

Tableau I.2 : Composition chimique élémentaire de la pouzzolane [5]

I.3.3.3 Le clinker : [8]

Le clinker se présente sous forme durs composés de chaux CaO, de silice SiO₂, D'alumine Al₂O₃ et de ferrite Fe₂O₃. Le clinker formulé doit répondre à certains critères de composition chimique qui sont reportés dans le tableau :

Oxydes	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	SO ₃
Tenure limite (%)	60—69	18--24	4—8	1÷8	< 5	<2	< 3

Tableau I.3 : composition chimique du clinker [8]

L'association de ces oxydes par cuisson à une température de 1450°C dans le four donne la formation des quatre phases anhydres, phases (nommé les formules de BOUGE présentées dans le tableau suivant :

Phases minéralogiques	Formule	Notation simplifiées	%
Silicate tricalcique	3CaO .SiO ₂	C ₃ S	50à 75
Silicate bi calcique	2CaO .SiO ₂	C ₂ S	10 à 30
Aluminate tricalcique	3CaO. Al ₂ O ₃	C ₃ A	2à 15
Aluminons-ferrite tétracalciqueate	4CaO .Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ AF	5 à 15

Tableau I.4 : Les phases de bouge [8]

I.4. famille des ciments :

Selon que des constituants, autres que le gypse, sont ou non ajoutés au clinker lors des opérations de fabrication, on obtient Cinque (5) famille de ciment qui représente différents types définis par la norme. Le tableau ci-dessous donne la liste des différents types de ciments courants normalisés avec indication, pour chacun d'eux, de leur désignation propre et des pourcentages respectifs de constituants qu'ils comportent. [1]

principaux types	Notation des 27 produits (types de ciments courants)		Composition (pourcentage en masse a)											
			Constituants principaux											
			Clinker	Laitier de haut fourneau	Fumée de silice	Pouzzolanes		Cendres volantes		Schiste calciné	Calcaire		Constituants secondaires	
						Naturelle	Naturelle calcinée	Siliceuse	Calcaïque		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 c)	CEM IV/A	65-89	—	← 11-35 →					—	—	—	0-5	
		CEM IV/B	45-64	—	← 36-55 →					—	—	—	0-5	
CEM V	Ciment composé c)	CEM V/A	40-64	18-30	—	← 12-20 →			—	—	—	0-5		
		CEM V/B	20-38	31-49	—	← 21-35 →			—	—	—	0-5		

Figure I.4. Les 27 produits de la famille des ciments courants. [9]

I.5. Techniques de fabrication :

La fabrication du ciment passe par 3 phases essentielles :

I.5.1. La préparation de la matière première : [10].**I.5.1.1. Carrière :**

Les mineurs extraient du calcaire (carbonate de calcium) et de la marne des carrières par explosion. Pour cela, ils forent dans le rocher des trous profonds qu'ils remplissent d'explosif. Les charges sont ensuite allumées d'après un échelonnement précis. La technique moderne de minage permet de réduire les vibrations et de faire tomber chaque tranche de paroi rocheuse de manière ordonnée.



Figure I.5 : la carrière [1].

I.5.1.2. Transport jusqu'au concasseur :

Des chargeuses sur pneus et des dumpers permettent de transporter jusqu'au concasseur la pierre brute qui a été détachée du rocher par le tir de mine et qui atteint parfois une dimension d'un mètre. De puissants concasseurs à marteaux la réduisent à la taille des pierres.

I.5.1.3. Transport jusque dans la cimenterie :

Les matières concassées passent ensuite jusque dans la cimenterie. Cela se fait le plus souvent par bandes transporteuses, mais par camions.

I.5.1.4. la pré-homogénéisation ;

La matière première pour la fabrication du ciment doit être constituée d'un mélange correctement dosé de carbonate de calcium, ainsi que d'oxydes de silicium, d'aluminium et de fer. Les matières extraites des carrières, puis concassées - soit le calcaire ou l'argile - doivent être stockées dans des polaires d'une capacité de 40 mil de tonne donc peut être mélangées (pré homogénéisées); pour cela, elles sont mises en dépôt, dans la bonne proportion, par couches successives, l'homogénéisation; elles sont ensuite reprises par tranches obliques. La matière ainsi préparée peut être transférée dans le broyeur pour être réduite en farine.

Chaque matière stockée ainsi que réalisée la pré-homogénéisation dans ce stocke.



Figure I.6 : La polaire à l'extérieur



Figure I.7 : polaire de Pré Homogénéisation

I.5.1.5. préparation de la farine cru : [1].

- **La recette de cru ;** à partir l'analyse de chaque matière, et en se base sur le clinker que nous avons visée, on peut destinée la recette.

L'astuce c'est que la farine visée ce qui conduit les débits de chaque doseur,

Notamment l'analyse de chaque matière, la bande principale au-dessus doseur qui versée notre recette vers le broyeur cru VRM

➤ **Broyeur à farine (VRM) :**

Un broyeur à galets réduit la matière première pré homogénéisée à l'état de farine. Ce résultat est obtenu par de gros galets qui écrasent les morceaux sur une assiette rotative jusqu'à ce que cette matière atteigne la finesse souhaitée (90 μ m). Lorsque ce point est atteint, le flux de gaz chauds sortant du four, qui sèche la matière dans le broyeur, emmène la farine. Celle-ci passe par un séparateur - sorte de filtre -, qui assure l'extraction, à destination du silo à farine, de la matière suffisamment broyée. Les opérations consistant à broyer, à séparer et à pulser la farine dans le silo ad hoc contribuent à l'homogénéisation de celle-ci. [1].



Figure I.8: Broyeur (VRM) de la matière première [1].

I.5.2.La cuisson du cru : [10 ,11].

Une fois homogénéisé, la matière première est acheminée au four à l'aide d'un élévateur à godet pour la cuisson. Il s'agit de l'opération la plus importante du procédé de fabrication en termes de potentiel d'émissions, de qualité et de coût du produit. [11].

I.5.2.1.Préchauffage :

L'échangeur à cyclones assure de manière optimale le préchauffage de la farine crue avant que celle-ci passe dans le four. Elle y rencontre les gaz chauds sortant du four et se trouve ainsi décarbonatée à hauteur de 20 à 40%, c'est-à-dire transformée en chaux calcinée. Cette opération consiste à extraire du calcaire le dioxyde de carbone qui y est lié.



Figure I.9 : Les tours de préchauffage [1].

I.5.2.2. Installation de filtration des gaz du four :

L'énergie thermique produite par la flamme est utilisée de la manière la plus efficace possible : les gaz sortant du four servent à sécher la matière dans le broyeur à farine. Ils assurent aussi le transport de la farine crue à destination du silo à farine. L'installation de filtration comporte des tissus très fins ou du feutre, qui retiennent des poussières particulièrement fines avant que les gaz soient rejetés dans l'atmosphère.

I.5.2.3. Four rotatif :

Le four est ainsi conçu qu'il assure le transfert de chaleur le plus efficace possible du combustible en flamme à la farine préchauffée. Avant d'entrer dans le four, celle-ci a déjà atteint la température de 1000° C. à l'intérieur, elle passe à 1450° C. à cette température élevée, les minéraux constituant la farine réagissent pour former du clinker, composé principalement de cristaux de silicate de calcium.

- La boîte à fume et le système by passe ; le rôle de la boîte à fume c'est le point de déviation la matière entre la tour de préchauffage et le four rotatif, par fois la pression est augmenté, nous obligeons de diminué la pression avec un système de by passe.
- Pour soulagée le système et reblanchit la matière (nous soutirons la poussière de by passe qui a été versée par un système de pompage voir chapitre III)



Figure I.10 : Four rotatif [1].

I.5.2.4. Refroidisseur à clinker :

Le clinker doit ensuite être rapidement refroidi. Pour cela, on pulse de l'air tiré de l'atmosphère à travers la grille du refroidisseur, sur laquelle passe le clinker. Ce même air, ainsi préchauffé, alimentera le four en oxygène. Une telle récupération de chaleur assure l'utilisation optimale de l'énergie consommée. Le clinker quitte, à quelque 100° C, le refroidisseur sur un transporteur à plaques. [10].



Figure I.11 : refroidisseur a grille [1].

I.5.3.L'obtention du ciment: [5]

I.5.3.1.Stockage Du Clinker :

La manutention du clinker est réalisée par des transporteurs métalliques vers les deux stocks polaires principaux de capacité unitaire de 30 000 t .Un troisième stock de 9 000 t est réservé pour les incuits. L'extraction de clinker est assurée par des extracteurs vibrants.



Figure I.12 : Un Silo de stockage de clinker [1].

I.5.3.2.Broyage Du Clinker(VCM) :

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 sable) ce qui permet d'obtenir les différents types de ciments normalisés



Figure I.13 : Broyeur de clinker Le VCM [1].

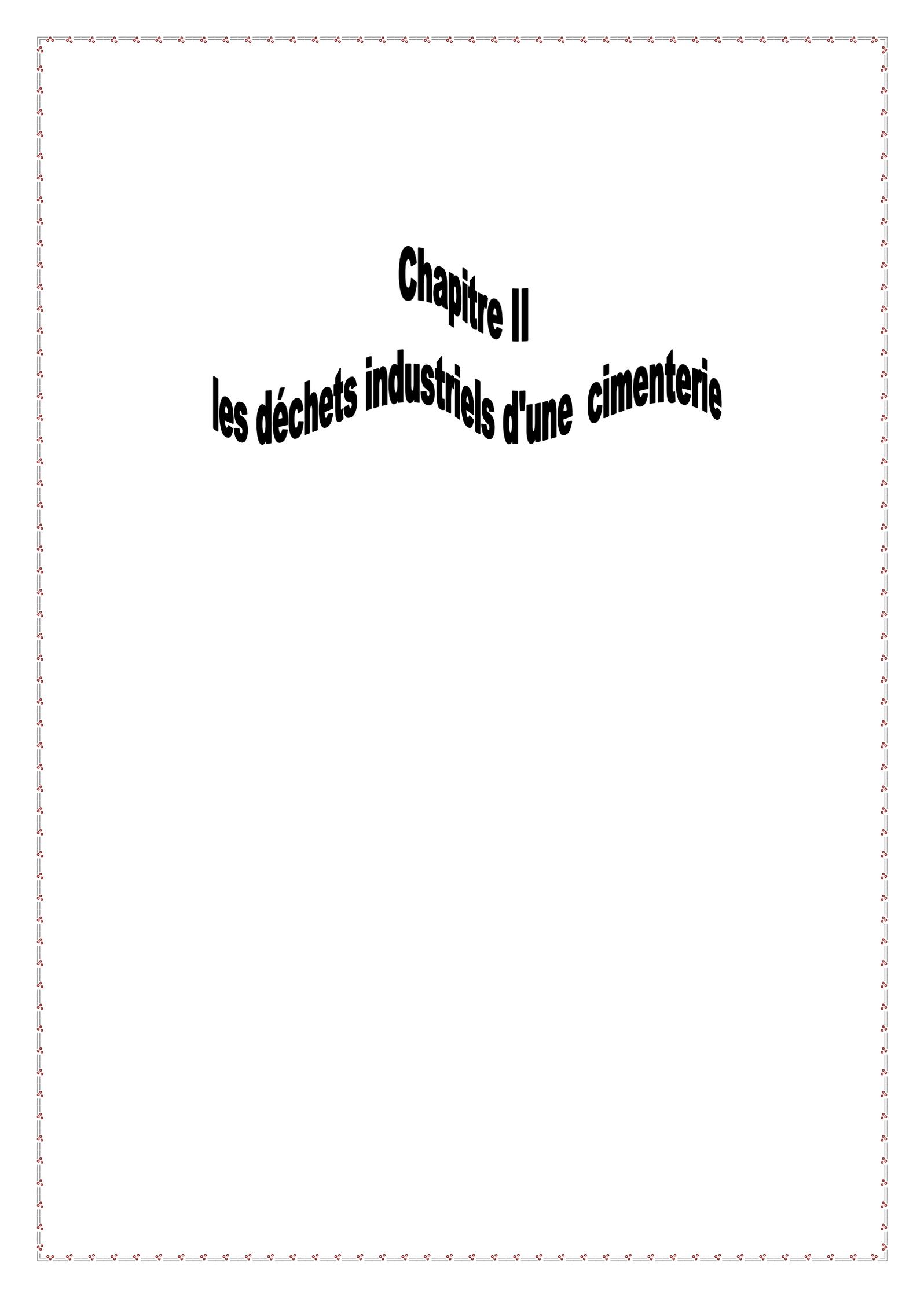
I.5.3.3. Stockage, Ensachage et expédition :

A la sortie du broyeur, le ciment est transporté vers des silos de stockage, pour être soit ensaché soit expédié en vrac.

I.6. Domaine d'utilisation de différent ciment : [12]

Ciment	Désignation	Utilisation	Contre-indication
Ciment Portland Ciment composé	CEM I CEM II	Tous travaux de béton armé ✓ Bonne résistance ✓ Décoffrage Rapide ✓ Bétonnage par temps froid	✓ Présence d'eaux agressives ✓ Travaux souterrains ✓ Bétonnage en grande masse
Ciment au laitier Et pouzzolanique Ou au laitier et cendre.	CEM III CEM IV CEM V	✓ Béton de masse (barrage) ✓ Béton de fondation (sol agressif) ✓ Bétonnage en temps chaud ✓ Eau usée ✓ Travaux souterrains ✓ Réservoir d'eau	✓ Bétonnage par temps froid ✓ Béton préfabriqué ✓ Résistance à jeune âge élevée

Tableau I.5 : Domaine d'utilisation de différent ciment [12]



Chapitre II

les déchets industriels d'une cimenterie

Introduction

L'industrie du ciment est forte consommatrice de matières premières et d'énergie, de plus en plus coûteuses, ce qui la pousse à utiliser de façon croissante, en particulier en Algérie, des sous-produits ou déchets minéraux et plus encore combustibles. Elle peut ainsi « faire d'une pierre deux coups » ou enregistrer « un double dividende », le gain économique se doublant d'un gain environnemental. Car les déchets utilisés, dangereux ou non, sont d'origines diverses, à faible coût ou mieux encore assortis de la facturation d'une prestation de service.

Pour utiliser (valoriser) des déchets, notamment des déchets difficilement recyclables par d'autres voies, les cimenteries présentent des atouts majeurs, en particulier par rapport à une incinération spécialisée. A ce sujet, vis-à-vis de la concurrence qu'elles exercent, on peut relever quels grands groupes de l'élimination sont aussi intéressés par la fourniture (y compris la préparation) de déchets destinés aux usines cimentières.

Même si on laisse de côté des risques de dérives susceptible de nuire à la qualité des ciments ou d'infirmer le qualificatif de « valorisation » tel que le BpD, certaines interrogations demeurent au plan environnemental. Un développement durable appelle des précautions. [1]

II.1.Définition:

Un déchet est « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'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. Ce n'est pas pour autant que cet élément est inutilisable, en l'état ou après modification. Seuls ceux qui sont qualifiés de déchets ultimes sont réellement inutilisables et doivent être stockés pour éviter des pollutions de l'environnement. [13]

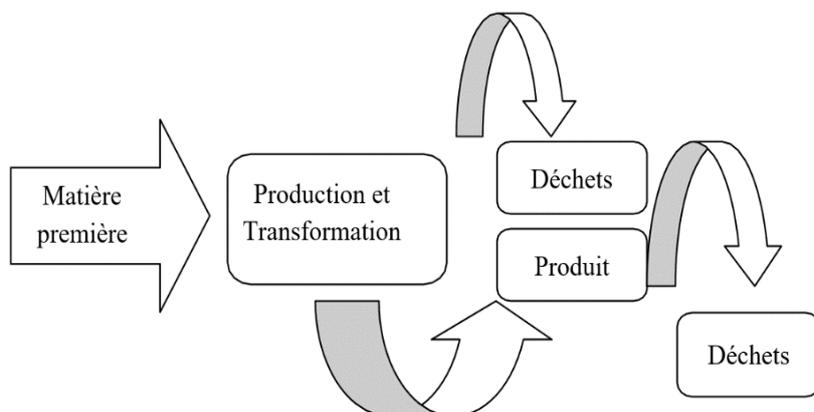


Figure II.1 : Circuit de production- génération de déchet [14]

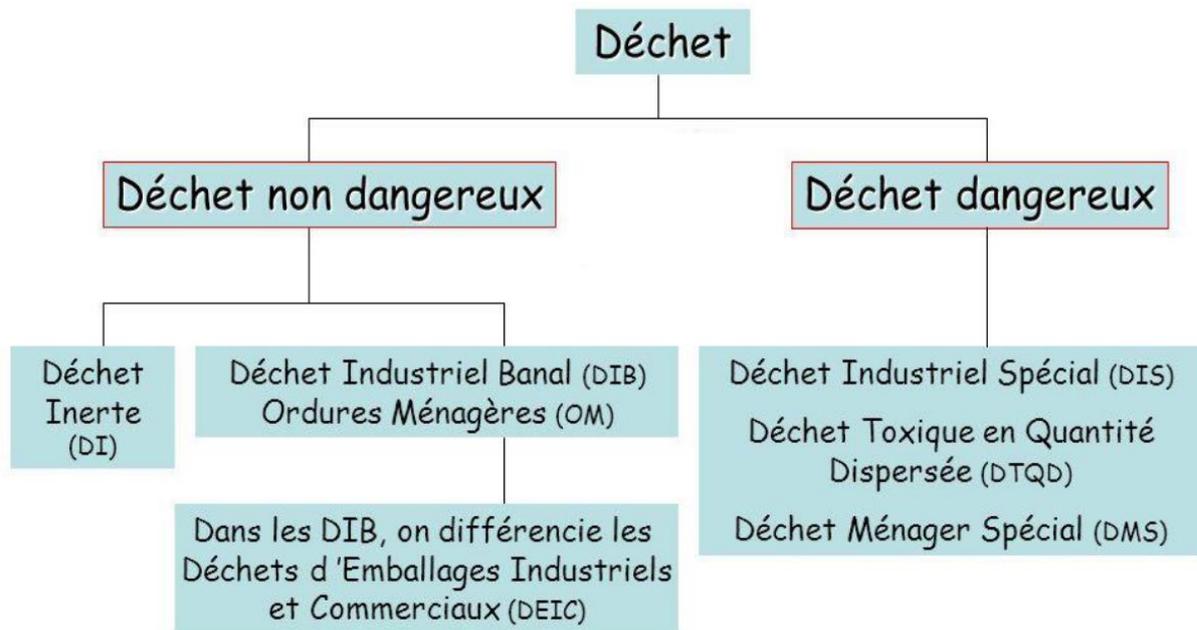
II.2. Classification des déchets :


Figure II.2: la Classification des déchets. [1]

II.2.1. Différents types des déchets : [15]

Les déchets sont de nature variable. Pour préserver les ressources de notre planète et limiter au maximum l'enfouissement des déchets qui ne peuvent pas être traités, les centres de tri et déchetterie ne cessent de développer des processus visant à trier, recycler et revaloriser les déchets avec des rendements de plus en plus performants. il ya plusieurs différents type des déchets :

II.2.1.1. Les déchets ménagers :

Les déchets ménagers sont constitués par les déchets des ménages et autres déchets assimilés, qui peuvent être, eu égard à leur caractéristiques, collectés et traités par les collectivités locales.



Figure II.3 : déchets ménagers [16]

Les Ordures ménagères (OM), produites par les ménages au quotidien, comprennent aussi les déchets des commerçants et artisans.

Elles se décomposent comme suit :

- Déchets putrescibles 29 %,
- Papiers/cartons : 25 %,
- Verre 13 %,
- Plastiques : 11 %,
- Métaux : 4 %,
- Autres : 18 %.

Après collecte sélective, on qualifie les ordures ménagères non triées de résiduelles.

Les Ordures ménagères grises Ou Encombrants Ménagers sont des ordures ménagères brutes auxquelles un tri à la source a permis d'enlever les emballages de grande taille faisant l'objet de contrats de recyclage Éco emballage de bonne qualité vis à vis de la réglementation et ce grâce à la qualité de la collecte. Pour ce type de compostage on parle plus souvent de TMB (traitement mécano biologique) que de compostage.

II.2.1.2. Déchets dangereux des ménages (DDM) :

Il s'agit des huiles de vidange, des solvants, des piles... Qui, en raison de leur inflammabilité, de leur toxicité, de leur pouvoir corrosif ou d'autres propriétés, ne peuvent être éliminés par les mêmes voies que les ordures ménagères. Ils font l'objet de collectes particulières Ou peuvent être récupérés par les déchèteries.



Figure II.4 : Déchets dangereux des ménages (DDM) [17]

II.2.1.3. Déchets des activités de soins :

Déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif, curatif ou palliatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire. On distingue :

- Les déchets d'activités de soins assimilables aux déchets ménagers.

- les déchets d'activités de soins à risques.

Ces derniers comportent plusieurs catégories qui correspondent à des filières d'élimination distinctes. Il s'agit des déchets d'activités de soins à risques infectieux, chimiques et toxique ou radioactifs.



Figure II.5 : déchets des activités de soins [8]

II.2.1.4. Déchets de l'agriculture et de l'industrie agroalimentaire :

Déchets comportant une fraction organique ou minérale susceptible d'être exploitée comme fertilisant ou amendement et pouvant potentiellement être utilisée en agriculture.

On trouve trois catégories principales :

- **Déchets organiques des IAA** (1AA Industrie Agroalimentaire)
- **Fumiers et lisiers** : Déjections animales produites par les installations d'élevage.
- **Déchets spécifiques** : Films plastiques, produits phytosanitaires, etc.

II.2.1.5. Déchets organiques ou déchets de l'assainissement :

Boues résiduaire de stations d'épuration les divers procédés d'épuration des eaux usées entraînent la production de boues. Ces boues sont constituées de substances organiques (matière organique initiale retenue par floculation en mélange avec les agents ayant servi à sa capture) et minérales. Suivant les traitements physiques ultérieurs qu'on leur fait subir, les boues se présentent de la manière suivante.

- **Les boues liquides**, avec une teneur en matière sèche allant jusqu'à 10 %,
- **Les boues pâteuses**, avec une teneur en matière sèche comprise entre 10 et 20 %,
- **Les boues solides**, avec une teneur en matière sèche supérieure à 20 %.

II.2.1.6. Déchets des entreprises déchets produits par des entreprises de toutes activités :

- **Déchets inertes et du BTP (Bâtiments et Travaux Publics) :** Ils sont constitués de déblais, de gravats de démolition (tuiles, béton.) et de résidus des industries d'extraction ou de construction certains déchets de la métallurgie peuvent également être classés dans cette catégorie. Ce sont des déchets minéraux, non susceptibles d'évolution physico-chimique ou biologique. Les déchets d'amiante sont classés dans cette catégorie, mais relèvent d'une législation spécifique.



Figure II.6 : Déchets inertes et du BTP [19]

- **Déchets industriels banals (DIB) :** Déchets non dangereux, non inertes, non toxiques, produits par les industries, les commerces, les entreprises artisanales et les services. On y trouve les déchets communs entreprises (emballages cartons, bois, housses plastiques, ferraille, déchets d'emballages..), les déchets plus spécifiques(chutes et loupés de fabrication mono Matériaux en bois , textiles, plastique, métaux... ou encore des produits multi matériaux ou assemblages de Produits, déchets De « procès »)



Figure II.7 : Déchets industriels banals (DIB) [20]

-
- **Déchets industriels spéciaux (DIS):** Déchets spécifiques de l'activité industrielle qui contiennent en quantité variable des éléments toxiques ou dangereux pour différentes raisons (toxicité chimique, risques d'explosion...).



Figure II.8 : Déchets industriels spéciaux (DIS) [21]

- **Déchets toxiques en quantités dispersées (DTQD):** Déchets spécifiques au même titre que les DIS, mais produits de manière éparse et limités en quantité.



Figure II.9 : Déchets toxiques en quantités dispersées (DTQD) [22]

- **Déchets radioactifs :** Catégorie à part entière, spécifique par: la dangerosité même du produit les particularités de gestion (manutention, conditionnement, collecte et traitement); l'obligation d'une gestion par des organismes spécifiques dès la sortie Lieu de production du déchet. [15]

II.3. Les déchets d'une cimenterie

II.3.1. Classification basée l'état physique : [23]

Cette classification comprend :

- **Déchets solides :** Ce sont les ordures ménagers (OM), les déchets de métaux, les

Déchets inertes (fuite de clinker et de ciment, les remblais des carrières ... etc.)
déchets de caoutchouc, plastiques d'expédition, bois, ferraille.....)

- **Boues:** boues de station d'épuration industrielle, les boues de traitement de surfaces...)
- **Déchets liquides ou pâteux:** Goudrons, huiles usagées, solutions résiduaire divers, les produits chimique périmé, les rejets de laboratoires ...etc.
- **Déchets gazeux :** Le biogaz de décharges (méthane), les gaz à effet de serre (SO₂, NO_x... etc.).
- **Les émissions atmosphériques : [24]**

Les cimenteries qui n'utilisent pas de déchets comme combustible sont soumises, pour leurs rejets atmosphériques, à des réglementations variables suivant les pays.

D'une façon très générale et sur une longue période, les normes ont été renforcées, les plafonds d'émissions ont été abaissés.

Les usines en Algérie, même celles qui n'utilisent pas de déchets, sont en outre soumises à des règles plus générales inscrites notamment dans la le décret exécutif N°06-139 ; sur les grandes installations de combustion (pour les émissions de poussières, de SO₂ et de NO_x) et dans d'autres textes relatifs aux émissions de CO₂.

II.3.2. Classification basée sur l'état chimique: [23]

Cette classification comprend :

- **Déchets basiques :** Soudes de potasse résiduaire, liqueurs ammoniacales, et chaux Résiduaire (boues de carbones).les rejets de dosage produite de la station d'épuration
- **Déchets acides :** Solution résiduaire de laboratoire, acides divers (HCL, H₂SO₄, HNO₃, acides.....et les acides à l'état gazeux.
- **Sels résiduaire :** Sulfate de calcium carbonate de calcium, sulfate ferreux,...etc.
- **Métaux :** Ferraille, carcasses de véhicules, déchets de métaux précieux, câbles... etc.
- **Déchets organiques :** solvants usés, huiles usagées, boues d'hydrocarbures, liqueurs Résiduaire phénols,... etc.
- **Déchets polymériques :** Déchets de caoutchouc et le plastique (PVC, PS, PE, Polyuréthane,... etc.
- **Déchets minéraux :** Déchets siliceux, déchets de silicates (schiste, déchets de verre,

...etc.), déchets de calcaire (déchets de marbre, carbonate de calcium, résiduaire de sucreries),

II.4. Hiérarchie des modes de traitement de déchets : [25]

Cette hiérarchie consiste à privilégier, dans l'ordre, après la prévention: la réutilisation, recyclage, la valorisation et l'élimination.

II.4.1. La réutilisation :

Est définie comme une opération par laquelle des substances, matières ou produits devenus des déchets, sont utilisés de nouveau. Pour cela, on s'appuie surtout sur des circuits « solidaires » et associatifs. Certaines entreprises en ont fait un but non lucratif en ont fait un modèle économique, c'est le cas des ressourceries (lieu où les objets qui n'ont plus d'utilité pour leur propriétaire et/ou qui sont cassés sont alors réparés et proposés pour entamer une deuxième vie).

II.4.2. Le recyclage :

Les déchets concernés sont: emballages en plastique ou carton, canettes et conserves, papiers et journaux. Mais pour les recycler, tous ces déchets collectés doivent passer d'abord par un centre de tri, dans lequel ils vont subir des opérations :

- Un premier tri mécanique
- Un second tri manuel

II.4.3. La valorisation :

II.4.3.1. La valorisation de la matière organique :

Le compostage consiste en un traitement biologique en milieu fortement oxygéné de déchets ou matières organiques fermentescibles. Lorsque le traitement porte sur des quantités importantes de matières, il s'accompagne d'un dégagement de chaleur qui peut porter la température à plus de 60° C, ce qui concourt à leur hygiénisation. Les principaux déchets traités par compostage sont les déchets verts (tontes de pelouses, feuilles..) parfois en mélange avec des boues d'épuration urbaines ou industrielles, puis viennent des déchets agro-alimentaires, déchets de cuisine, effluents d'élevage (fientes, fumiers..), ainsi que les déchets ménagers, soit après collecte sélective de la fraction organique (FFOM), soit après tri de celle-ci sur le site de traitement.

II.4.4. L'élimination :

L'élimination des déchets doit être réservée aux déchets « ultimes » pour lesquels aucune autre valorisation n'est possible. L'encadrement de cette réduction sera notamment réalisé à travers les plans régionaux de prévention et de gestion des déchets. Une taxe générale sur les activités polluantes (TGAP) est en place sur l'incinération et le stockage.

II.4.4.1. L'incinération sans valorisation énergétique :

L'incinération de déchets sans qu'une valorisation énergétique ne soit pratiquée, ou pour laquelle la valorisation énergétique ne présente pas suffisamment de rendement, est une opération d'élimination.

II.5. Technique de recyclage : [26]

Il existe trois grandes familles de techniques de recyclage : chimique, mécanique et organique.

II.5.1. Le recyclage dit « chimique » :

Utilise une réaction chimique pour traiter les déchets, par exemple pour séparer certains composants.

II.5.2. Le recyclage dit « mécanique » :

Est la transformation des déchets à l'aide d'une machine, par exemple pour broyer.

II.5.3. Le recyclage dit « organique » :

Consiste, après compostage ou fermentation, à produire des engrais ou du carburant tel que le biogaz. [26]

II.6. Impact du recyclage dans l'industrie : [27]**II.6.1. Source d'approvisionnement alternative :**

Le recyclage des déchets offre une source d'approvisionnement en matières premières alternatives aux autres sources. Par exemple, le recyclage de fil de cuivre permet d'obtenir du cuivre après des entreprises de recyclage et non des entreprises d'extraction.

Le recyclage offre aux entreprises les bénéfices de la multiplicité des sources d'approvisionnement telles que la facilité de négociation des prix d'achat au la sécurité des approvisionnements.

II.6.2. Création d'activités :

Le recyclage est une activité économique à part entière. Elle est le moyen de création de richesses pour les entreprises de ce secteur.

En théorie, presque tous les matériaux sont recyclables. En pratique, l'absence de filière rentable faite qu'ils ne sont pas tous recyclés. Ainsi, le recyclage est plus coûteux pour des appareils électroniques comme les ordinateurs, car il faut séparer les nombreux composants avant de les recycler dans d'autres filières.

II.6.3. Impacts du recyclage sur l'environnement :

Les bénéfices économiques et environnementaux du recyclage sont considérables : il permet de protéger les ressources, de réduire les déchets, de créer des emplois, de protéger la nature et d'économiser les matières premières.

Le recyclage permet de réduire l'extraction de matières premières :

- Le ferraille recyclé permet d'économiser du minerai de fer ;
- Chaque tonne de plastique recyclé permet d'économiser 700 kg de pétrole brut ;
- Le recyclage de 1 kg d'aluminium peut économiser environ 8 kg de bauxite, 4 kg de produits chimiques et 14 kWh d'électricité ;
- L'aluminium est recyclable à 100% ; 1 kg d'alu donne 1 kg d'aluminium (après avoir été fondu).
- Chaque tonne de carton recyclé fait économiser 2,5 tonnes de bois ;
- Chaque feuille de papier recyclé fait économiser 11 l d'eau et 2,5 W d'électricité en plus de 15 g de bois. [27]

II.7. Les stratégies de BISKRIA CIMENT dans la gestion des déchets [1]**II.7.1. Gestion des déchets solide****II.7.1.1. Gestion des déchets inerte :**

Dans cette unité tous les déchets inertes sont gestionnaire vers les nouveaux pistes ou la consommation; par exemple les remblais de couverture de carrière, brique réfractaire usée. Un intérêt évident à remplacer le plus possible de matières premières naturelles par des matières recyclées afin de réduire les quantités extraites au même temps réalisent nos objectifs de recyclage.

- **Gestion des déchets by-pass :**

Après avoir acquis ce produit, il peut être acheminé selon les besoins

Soit au système de broyage du ciment (selon la qualité de ciment) ; ou a l'extérieur de l'usine dans la zone de enfouissement.

II.7.1.2. Gestion des déchets valorisée :

La gestion des déchets solide industriels (bois, papier, plastique, les bondes transporteuse, les futs, les pneus.....etc., par des bennes installer dans les ateliers est consisté à les récupérer puis à les stocker, qui permettent d'en faciliter le stockage et le transport vers la zone transite, ils avait une contrat avec une prestataire agréée par l'états (collecteur des traitement des déchets), Une fois collectée des quantités important le collecteur fait leur travail. [1]



Figure II.10 : Les bennes des déchets et les points de rassemblement [1]

II.7.1.3. Gestion des huiles usées : [1]

Il ya un contact de récupération et régénération les huiles usées par un collecteur agréé par l'état avec BISKRIA.



Figure II.11 : Les huiles usées déchets. [1]

II.7.1.4. Gestion des eaux usées :

Toutes les installations des eaux usées, qu'elles soient industrielles ou domestiques, sont collectées dans une station opérationnelle qui est contrôlée trimestriellement par l'ONEDD.

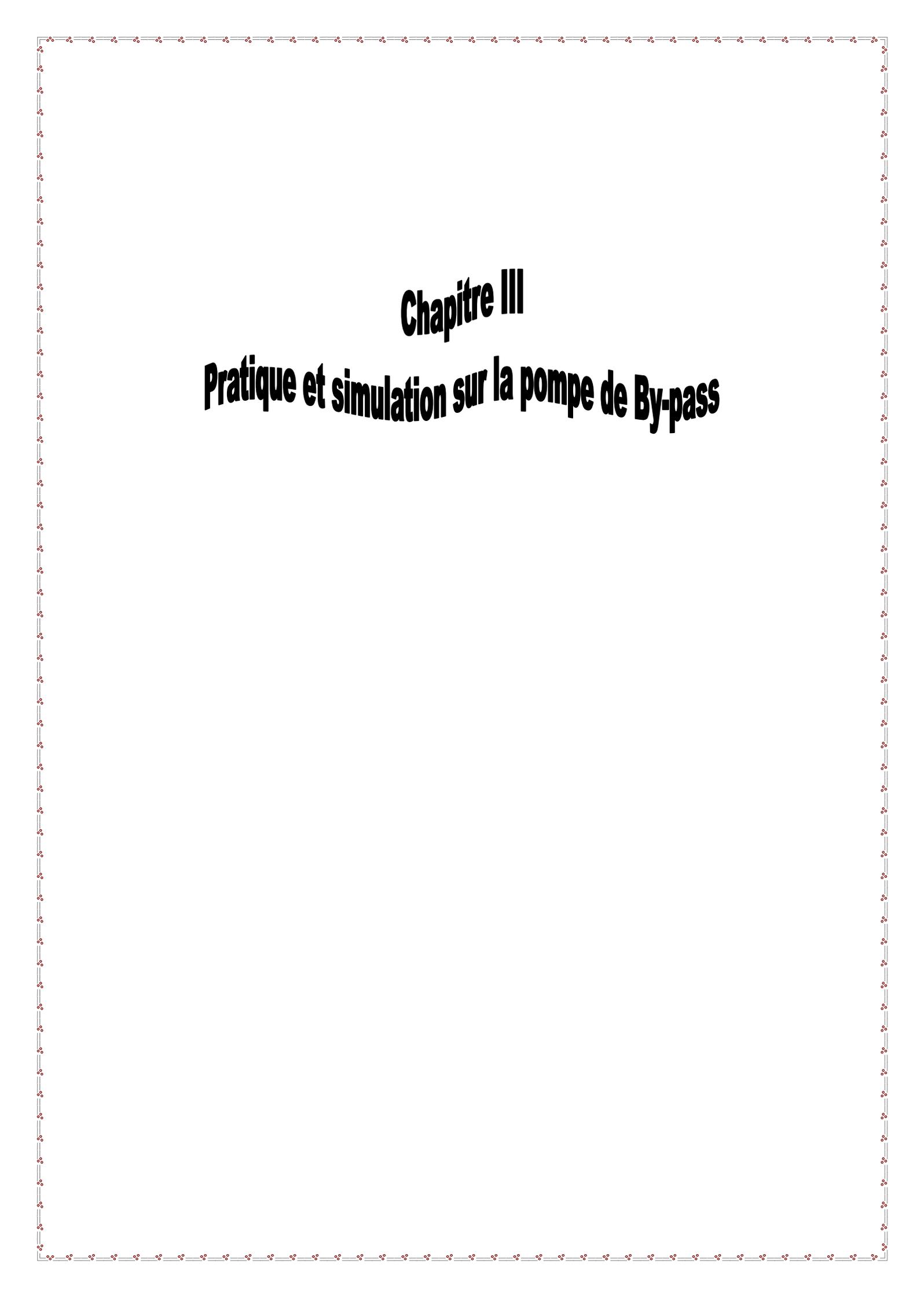
Les eaux traitées sont utilisées pour le nettoyage et l'irrigation.



Figure II.12 : Station des eaux usées. [1]

II.7.1.5. Gestion des déchets ménagers :

Il y a un contrat renouvelable d'une part SBC et d'autre part SOKARA-NET. [1]



Chapitre III

Pratique et simulation sur la pompe de By-pass

Introduction :

Dans une cimenterie il y a plusieurs méthodes de transport matière fine parmi eux :
(Aérogليسeur, Élévateur godet, Vis sans fin, la chaîne traînante, Transport pneumatique...)

Dans ce chapitre nous allons parler sur le nouveau système de pompage pneumatique et injection By-pass.

III.1. Paramètre de suivi pratique**III.1.1. 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 déclenche des réactions qui résument par: des composés ou volatils, tels que les composants de gaz de chlore, de dioxyde de soufre de chaque groupe, Ceci est le résultat des interactions de démolition et d'autres gaz déplacés. Ce gaz avec la matière se déplace 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. En présence en haut de la boîte à fumée, le clapet s'ouvre et se ferme lorsque la pression augmente, la 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 polychlorés 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.

III.1.2. La tour de préchauffage et laboite a fumé

- **La tour de préchauffage :**

La farine est introduite per un élévateur à godets en tête de la tour et par force de gravité, elle circule à contre-courant avec les gaz chauds ascendants tirés par un ventilateur du four le long de la tour effectuent plusieurs boucles dans cinq cyclones qui fluxée dans la boite a fumé.

- **La boite a fumé :**

Dans ce pointest le virage de la matière vers le four, mais pour soulagée ce point, des fois la pression est élevée, nous avons besoin un système de soulagement ou de dépression, c'est le By-pass.

- **Le Principe By-pass (BpD) :**

C'est un système de diminution la pression de la boite a fumé au même temps libérer la circulation de la farine.

III.1.3.Système de dépoussiérage :

Est une technique qui est basée sur l'aspiration des poussières. Le but étant de réduire, voire d'éviter l'impact de la poussière sur l'environnement. Au même temps filtration des poussières solides qui polluant l'air, le système de dépoussiérage est parfait, le résultat de ce système de dépoussiérage est la **BpD**.

Les paramètres de suivies extraction BpD.			
Tirage de la matière		L'ouverture de clapet air chaud	
Cuissons N°01	Cuissons N°02	Cuissons N°01	Cuissons N°02
37 %	35%	88%	89 %
Débit de four (kiln feed)		L'ouverture de clapet air frais	
Cuissons N°01	Cuissons N°02	Cuissons N°01	Cuissons N°02
400 t/h	395 t/h	88 %	66 %

Tableau III.1 : Les paramètres de suivies extraction BpD.

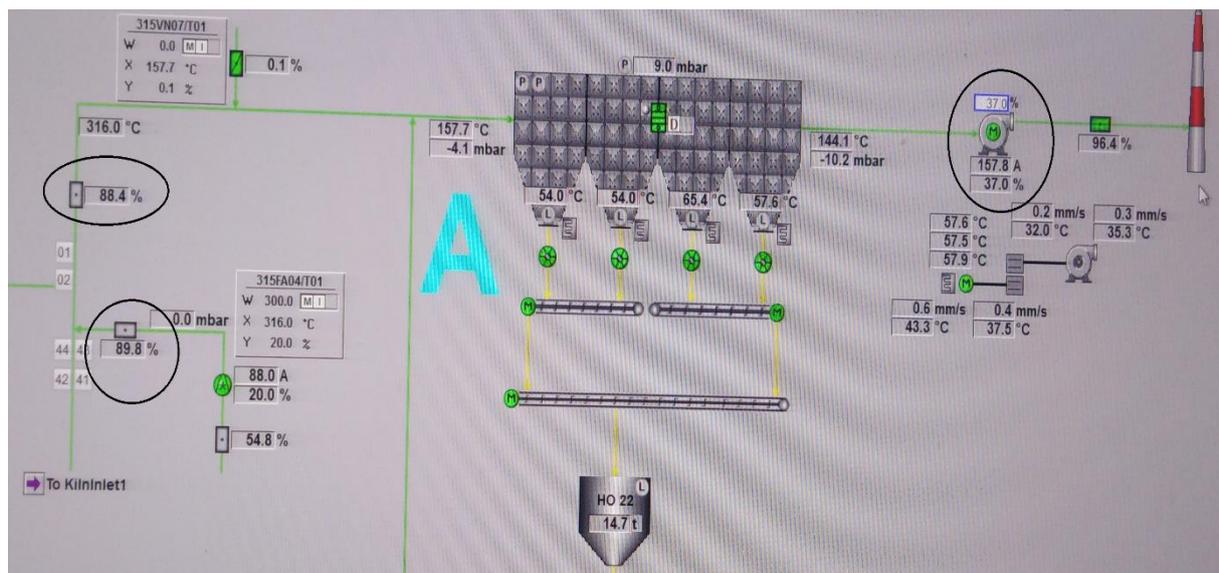


Figure III.1. Les paramètres de suivies extraction BpD.

Sachant que tous ces paramètres de suivies d'extraction BpD sont stable (voire la figure III.1) ; Le tableau de suivies de suivies extraction BpD :

La date	L'extraction en T/H		L'extraction en T/Jour	
	Linge N°01	Linge N°02	Linge N°01	Linge N°02
30/08/2020	0.57	0.57	14.531	11.091
31/08/2020	0.55	0.59	16.941	0
01/09/2020	0.735	0.68	14.79	0
02/09/2020	0.78	0.78	15.834	25.91
03/09/2020	0.71	0.70	17.43	27.351
04/09/2020	0.69	0.84	21.736	22.685
05/09/2020	0.57	0.73	17.297	20.197
06/09/2020	0.56	0.89	17.627	35.005
Moyenne	0,65	0,72	17,02	17,78
Ecart-typ	0,08	0,09	1,50	10,56
stand déviation	0,09	0,11	2,25	12,88
Min	0,55	0,57	14,53	0,00
Max	0,78	0,89	21,74	35,01

Tableau III.2 : résultats de l'extraction BpD dans les deux Linges de production

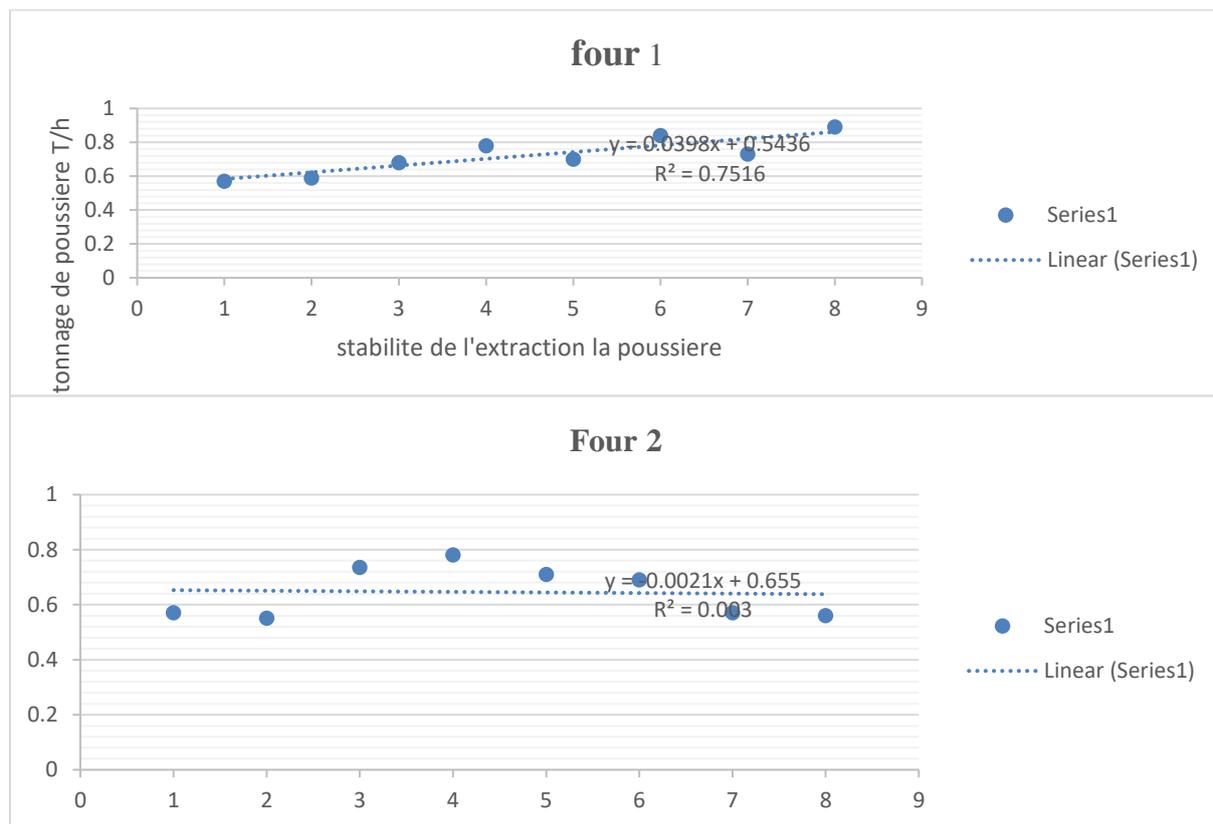


Figure III.2. : La stabilité l'extraction de poussière

Interprétation des résultats :

Selon les graphes de suivi l'opération d'extraction T/h ; nous avons remarqué la stabilité dans les deux fours, dans cette base on peut juger sur la fiabilité du nouveaux système avec le calcul et la simulation.

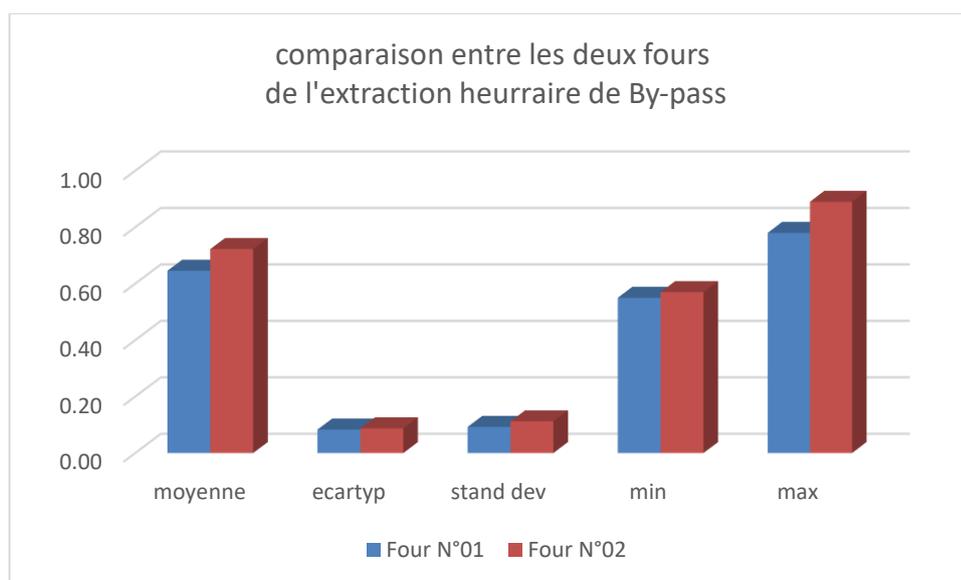


Figure III.3; comparaison l'extraction de By-pass (T/h) entre les deux linges

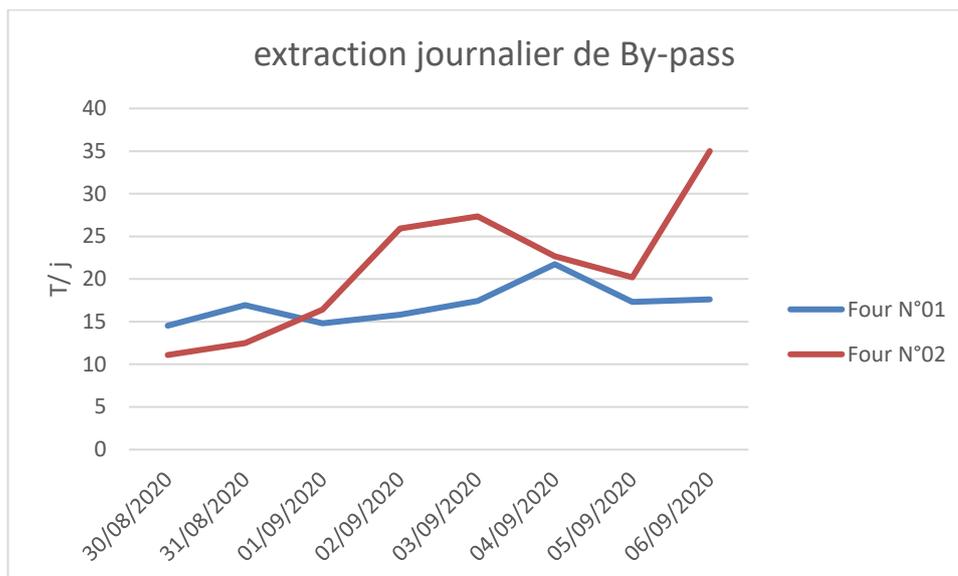


Figure III.4. Extraction journalier de By-pass

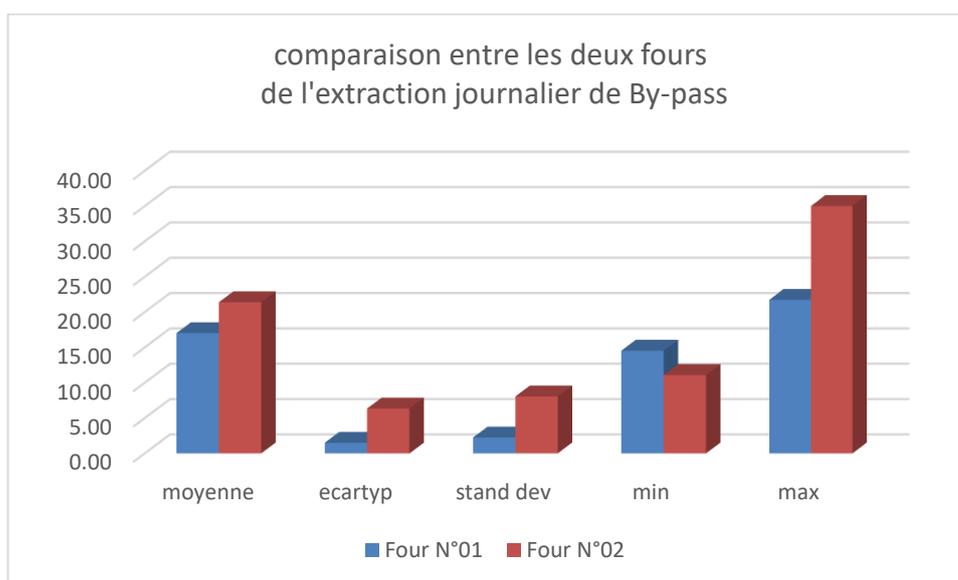


Figure III.5. : Comparaison entre les deux linges de l'extraction journalière de By-pass

III.1.3.1.Filtres à manches :

Le principe de fonctionnement est très simple : dans un filtre à manche avec un dé colmatage à air comprimé, un panier métallique est introduit dans chaque manche pour empêcher qu'elle ne s'écrase lors de la filtration normale. Pendant que les fumées passent à l'extérieur de la manche à travers le media filtrant, les particules s'accumulent à sur la surface de la manche. Le dé colmatage est réalisé au moyen d'impulsions contrôlées de l'air comprimé dans chaque manche à travers un orifice, réalisé sur le tuyau installé juste au-

dessus de l'élément filtrant. Ces impulsions généreront une onde de choc, qui fera tomber le cumul de poussière dans les trémies. La poussière sera éloignée à partir des trémies, loin du filtre à manche, par un système de transport des cendres pour sa réutilisation ou son élimination.

III.1.3.2. Récupération de la poussière :

Quel que soit le principe de filtration retenu celui-ci capte la poussière et la concentre à certains endroits. Le devenir de ces poussières captées doit donc faire l'objet d'une grande attention puisque leur granulométrie les rend très difficile de colleté.

Par une chaine traînante installer au de sous le filtre nous pouvons récupérer le.

III.1.4. La nouveau système d'injection :

Le nouveau système de pompage pneumatique et injection By-pass. Basé sur une pompe. Cette dernière assemblée par une vis sans fin à grande vitesse, installée comme unité d'alimentation devant une canalisation de transport pneumatique. Ce système peut être conçu comme un pipeline pneumatique conventionnel.



Figure III.6 : Image réel de la pompe sur site

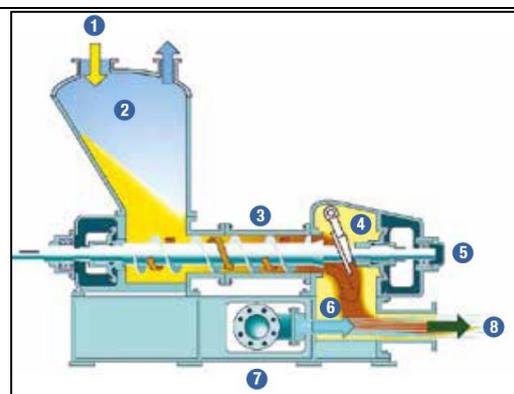


Figure III.7 : Principaux composants de la pompe

➤ **Principaux composants de la pompe :**

1. Entrée de matériau BpD
2. Bac de récupération avec douille de dépoussiérage
3. Vis de transport et de compression
4. Zone de déchargement des matériaux

5. Système d'étanchéité et de roulement double face
6. Chambre de mélange de matériau / air
7. Entrée d'air comprimé de transport
8. Raccordement du tuyau de transport

III.1.4.1. Détermination de débit de pompage :

Selon les caractéristiques de notre pompe indique dans la fiche technique, et selon les différents types des pompes on peut personnaliser le débit nominal de notre pompe.

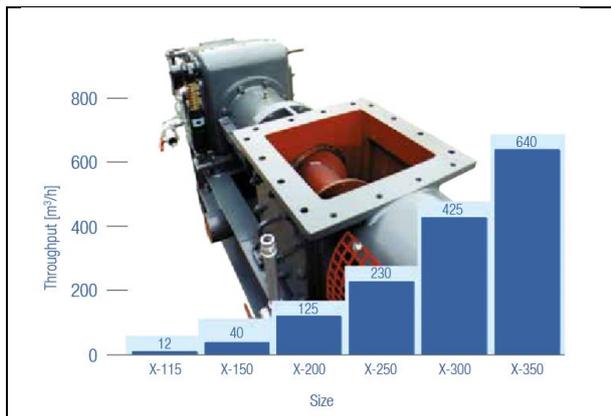


Figure III.8 : Les différents types des pompes

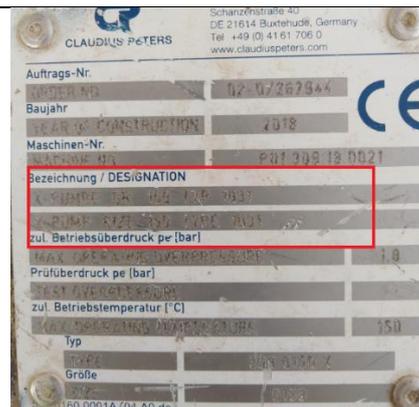


Figure III.9 : les caractéristiques de la pompe installée

Donc le type de notre pompe est de X-150, et débit nominal égale : **40 m³/H**

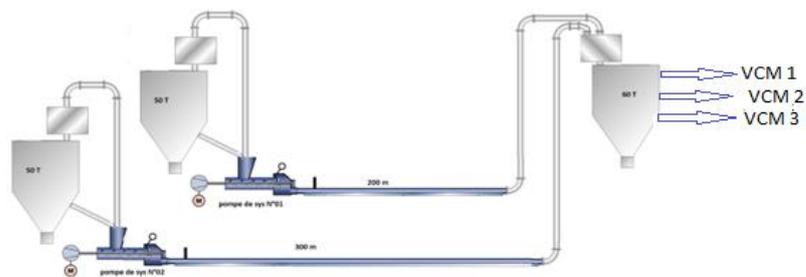


Figure III.10: Clarifier le système

III.2. Modes opératoires

III.2.1. Détermination de la granulométrie (ré-refus):

➤ L'objectif

Elle a pour but de déterminer le pourcentage des refus de BpD après le dépoussiérage. Pour contrôler la granulométrie il faut travailler sur des tamis différents.

➤ Appareillage

Balance, Alpine, Tamisage, L'alpine, Balance 1/100, Réceptions



➤ Mode opératoire

- Peser 10g de l'échantillon
- Vérifier le bon fonctionnement de l'alpine
- Verser l'échantillon dans le tamis puis fermer le couvercle
- Démarrer la machine pendant 2 à 3 minutes,
- Peser le résidu obtenu sur le tamis
- Répéter l'action avec changement des tamis en différents diamètres.

$$\text{Refus } \mu_m = \frac{m_l}{m} \times 100$$

III.2.2. Détermination de la densité

La masse volumique apparente, souvent appelée improprement densité apparente, est une grandeur utilisée essentiellement avec les substances se présentant sous forme de granulés,

- Charger le récipient avec le BpD (récipient spécial de poids au litre)
- Peser le récipient
- Calculer le poids et appliquer la formule suivante : $\rho = \frac{\text{Masse}}{\text{Volume}}$



Figure III.11 : La densité apparente de BpD.

III.2.3. Application de granulométrie :

Les résultats comme suite :

Tamis	45µm	90 µm	212 µm
E 01	31.5	9.4	0.8
E 01	30	9.3	0.8
Classement selon le diagramme	Classe C	Classe C	Classe A

Tableau III.3: classement de granulométries

Selon les résultats en peu classée notre catégorie de granulométrie

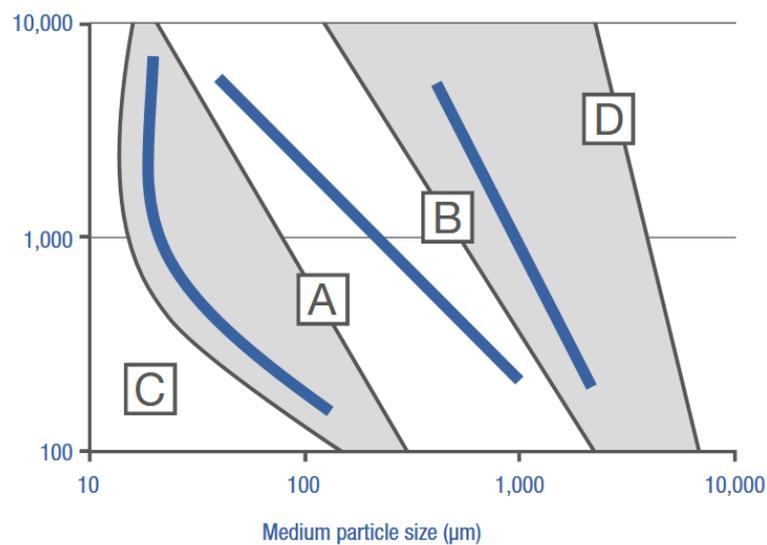


Figure III.12 : Classement catégorie de granulométrie

III.2.4. Application de la densité :

Les échantillons	Le poids au litre de BpD	Le poids au litre de KK
E 01	1036	1250
E 02	1030	1280
E 03	1040	1230
E 04	1075	1260

Tableau III.4 : résultats de poids au litre de BpD

Tel que :

- Le poids au litre de clinker est stable (ex : 1250 g/l),
- Les résultats poids au litre de BpD sont parallèles avec les résultats de KK
- Les résultats sont stables
- L'écart type : 0.017 des résultats

Donc nous constaté que **la densité est stable**.

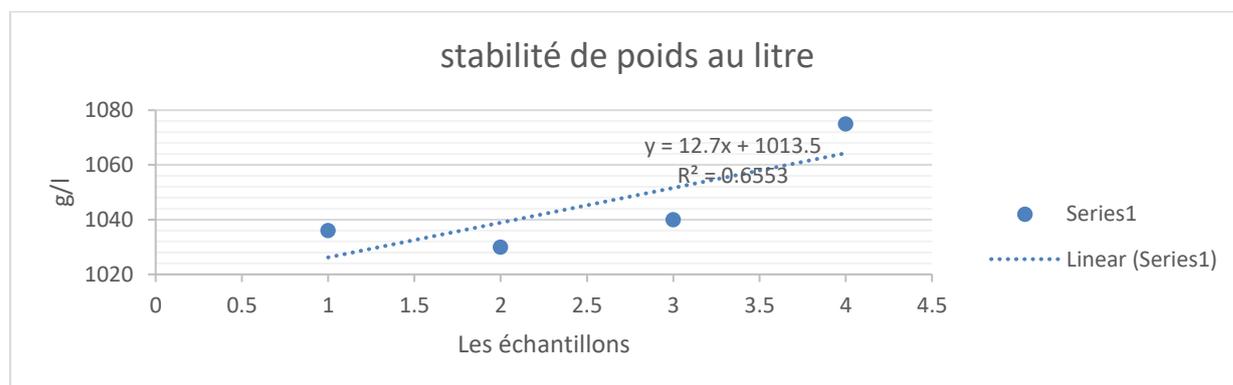


Figure III.13 : Stabilité de poids au litre

III.3. Simulation d'autocontrôle :

Selon la figure III .x ; en peut estimer l'autocontrôle des opérations : extraction / versement/ injection.

III.3.1. Calcule et simulation :

Sachant que le débit nominal de la pompe $Q = 40 \text{ m}^3/\text{h}$

Selon e constructeur de la pompe : X-POMPE 150.

Les données :

- La capacité de trimés de BpD four N°01 :C1 = 50 tonne
- La capacité de trimés de BpD four N°02 :C2 = 50 tonne
- La capacité de la trimés BpD système réception :C3 = 60 tonne

Moyenne d'extraction BpD de four N°01 = 17.02 par 24 H

Moyenne d'extraction BpD de four N°02 = 17.78 par 24 H

La moyenne de la densité de BpD = 1046 g/l

Application numérique :

Partie extraction des fours

$17.02 * 1.05 = 17.9t$ Extraction BpD de four 01Donc la trémie **C1**est sûre dans 24h.

$17.78 * 1.05 = 18.6t$ Extraction BpD de four 02Donc la trémie **C2**est sûre dans 24h.

La quantité versé dans le système précepte**C3** dans **24 h** ; est de **36.5 t**

Si posons que les tous les pompes travail à **50 %** ; selon le diagramme de la finesse de BpD et la capacité des pompes, donc le débit réelle des pompes égale **20 m³/h (débité volumique)**

1.05t \longrightarrow 1 m³

$Q_m \longrightarrow 20m^3$

$Q_m = (20*1.05)/1 = 21 t$

Donc :

21t \longrightarrow 60 min

17.9t \longrightarrow X

18.6t \longrightarrow X'

$X = (17.9*60)/21 = 51.14 \text{ min}$

$X' = (18.6*60)/21 = 53.14 \text{ min}$

Donc de le temps de versement de la matière BpD des deux lignes < 1 h

Partie injection dans le produit finie :

Nous avons trois VCM ; chaque débit moyenne égale 200t/h

Selon la partie qualité n'en peut pas passer la norme de 0.1% de chlorure dans le ciment.

La stratégie de la société fixée la norme de chlorure égale 0.085%, pour la marge de la sécurité (0.015%).Pour ne pas approcher les limites de la norme.

La question : **Combien de temps cela prendra-t-il ?** ; Pour verser dans le ciment.

III.3.2. L'injection de BpD selon la qualité de ciment :

Dans le tableau suivant nous avons calculé la partie de l'injection, dépend la qualité selon l'archive.

Echantillons	suivie de qualité Cl- dans			calculé de % tonnage d'injection
	By-pass	Clinker	ciment	
E 01	9	0,02	0,076	0,58
E 02	9,2	0,024	0,076	0,53
E 03	9,4	0,028	0,076	0,48
E 04	9,5	0,031	0,076	0,44
E 05	11	0,036	0,076	0,34
E 06	9,8	0,027	0,076	0,47
E 07	9,9	0,03	0,076	0,44
E 08	9,95	0,04	0,076	0,34
E 09	10	0,031	0,076	0,42

Tableau III.5: suivie de Cl⁻ et calculé d'injection

Méthode de calcul :

Y : le pourcentage de by-pass dans le VCM

X : le pourcentage de Cl⁻ dans le by-pass

Y' : le pourcentage de Cl⁻ dans le clinker

Target de chlorure dans le ciment : 0,076 %

Application numérique :

1^{er} cas :

$$\text{Target} = \frac{(X \times T_{\text{by-pass}}) + (y' \times T_{\text{clinker}})}{(T_{\text{by-pass}} + T_{\text{clinker}})} = 0,076 \leq 0,085$$

$$\frac{(9 \times T) + (0,02 \times 93)}{(T + 93)} = 0,076$$

$$0,076X + 7,068 = 9X + 1,86$$

$$5,208 = 8,924X$$

$$X = 0,58\%$$

Nous avons reçu 36.5t de BpD dans 24h,

Selon le tableau de qualité on peut injecter de la moyenne de : 0.45% dans le ciment

On a :

200 t \longrightarrow 100%

Y \longrightarrow 0.45%

$$Y = (0.45 * 200) / 100 = 0.90 \text{ t}$$

Donc : on peut injecter 0.9 t/h dans chaque VCM

	VCM 01	VCM 02	VCM 03
Ciment	200 t/h	200 t/h	200 t/h
Les heures de marches	20 h	20 h	20 h
BpD	0.9 t/h	0.9 t/h	0.9 t/h
Possible d'injecté	0.9 *20 = 18 t	0.9 *20 = 18 t	0.9 *20 = 18 t
La somme	54 t		

Tableau III.6: calcul de tonnage d'injection

Si les VCM en marche tous jours, nous n'avons aucun problème. Toutes matières BpD consommé dons ciment.

Ce qui indique l'efficacité des pompes.

III.3.3. Feuille de flux (flow sheets)

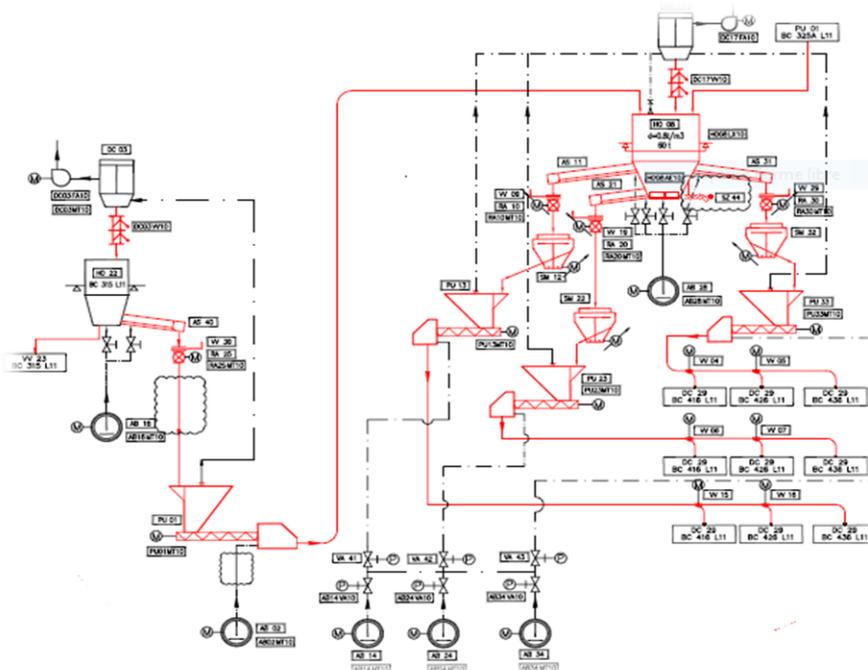


Figure III.14 : Détaillée de système de l'extraction jusque l'injection

III.4. Les avantages de la méthode pneumatique

- Facile de d'envoyée par une canalisation à l'aide de l'air comprimé sous pression.
- contrôle à distance ce n'est pas nécessaire plus des mains d'œuvre.
- Protège l'environnement, Non affecté par les conditions météo.

Utilisé dans défèrent type d'industries tels que : transformation des métaux et autre produits tels que le ciment et similaire

Conclusion générale

Dans les domaines industriels, il ya toujours les pertes en matière. La tendance de valorisation ce perte est une solution efficace pour résoudre ce problème car des raisons économiques et environnemental.

Dans les industries du ciment, il y'a des déchets ainsi que des études et des mécanismes pour évaluer et exploiter ces déchets dans les produits finis (Le poussière de By-pass comme exemple).

En le SPA BC, on utilise la méthode de transfert d'un solide poudre pour le BpD, nous avons faire des études sur ce système qui installer aux niveaux des deux lignes 1 et 2. Notre étude est basé sur la faisabilité de cette nouvelle système, d'une coté : bonne suivi de qualité et Bon contrôle de BpD.

Nous avons constaté que le système est faisable, la puissance de chaque pompe, la distance, calcule de tonnage extrait de la boite a fumé puis la possibilité de coordination d'injecté cette matité dans le produit fini sans influée sur la qualité de ciment.

Rester le problème de la coordination entre l'extraction et l'injection.

Ce sera un fonctionnement automatique selon la règle ; chaque fois que la trémie videra les pompes sont pompées le BpD vers la zone de réception.

Finalement le système très efficace par rapport de gestion manuelle.

[1] : **SBC document**

[2] : <https://www.enzynov.fr/blog/Mortier-beton-ciment-connaissiez-vous-la-difference>

[3] : **BENGUEDOUAR AFEFF**, *SYNTHESE ET CARACTERISATION DE SILICATES DE CALCIUM HYDRATES (C.S.H) HYBRIDES*, mémoire *MAGISTER en CHIMIE*, 2013/2014.

[4] : **GHERMAOUI Amina**, Effets de certains métaux sur les propriétés physico-chimiques des mortiers de ciment de Béni-Saf sans ou avec ajout de pouzzolane, mémoire *MASTER en CHIMIE*, 2015/2016.

[5] : **BENAISSA ABOUSEYF, HASSINOUI YOUSOUF**, Optimisation du Taux Des Incuits Dans le Ciment CEM II/A 42,5, mémoire *MASTER en CHIMIE Macromoléculaire*, 2018/2019.

[6] : <http://doc.lerm.fr/le-gypse/>

[7] : <https://construction-maison.ooreka.fr/astuce/voir/583457/pouzzolane>

[8] : **NIGRI GHANIA**, Nouvelle élaboration d'un liant hydraulique, Thèse de Doctorat en Génie Civil, 2018/2019.

[9] : Journal officiel de la république algérienne n° 27 : Mercredi 26 RAJAB 1437

[10] : <https://www.holcim.ch/fr/ciments>

[11] : **Mohammed Rafiq KADRI, SOUMIA ROUGUEB, HADJER ABIR CHIKH**, Contribution à la réduction des émissions de CO₂ et de la consommation énergétique dans l'industrie cimentaire par l'amélioration d'un système de production : Cas de la cimenterie de Béni-Saf , mémoire Master en Génie industriel, 2016/2017.

[12] : <https://www.ensh.dz/files/Cours/1011/Mat%C3%A9riaux%20de%20construction/Chapitre%20II%20-%20Le%20Ciment.pdf>

[13] : <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-dechet-5725/>

[14] : Mme **BOUZIDI .N Née BOUZIDI**, Techniques de tri des déchets, mémoire Licence en (Gestion de l'environnement minier).

[15] : <https://www.cancer-environnement.fr/92-Les-differents-types-de-dechets.ce.aspx>

- [16] : <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/developpement-durable-recyclage-traitement-dechets-932/page/4/>
- [17] : <https://m.actu-environnement.com/actualites/dechets-dangereux-ecoddamf-bareme-aval-30656.html>
- [18] : <https://www.gap-tallard-durance.fr/fr/lagglo-au-quotidien/dechets/dasri/>
- [19]: <https://www.ecodrop.net/dechets-inertes-batiment-chantier-valorisation-recyclage/>
- [20]: <http://www.groupeven.fr/boutique/transport/dechets/dechets-industriels-banals-dib/>
- [21] : <http://www.vedura.fr/environnement/dechets/dechets-industriels-speciaux>
- [22] : <https://chimirec.fr/collecte.et.recyclage.des.dtqd.dechets.toxiques.en.quantites.dispersees-363800-4-34-38.php>
- [23]: **MELLE.AIT MAAMAR CHAHRAZED, MR. KECHOUT AGHILAS**, Contribution à l'étude d'état de la gestion des déchets ménagers et assimilés dans la commune de Tizi-Ouzou, mémoire master en gestion des déchets solides.
- [24]: [http://lodel.irevues.inist.fr/dechets-sciences/techniques/doc annexe/file/1415/2_bertolini.pdf](http://lodel.irevues.inist.fr/dechets-sciences/techniques/doc_annexe/file/1415/2_bertolini.pdf)
- [25]: <https://www.wikiterritorial.cnfpt.fr/xwiki/bin/view/vitrine/Gestion%20et%20valorisation%20des%20déchets>
- [26]: <http://technoblogjudson.over-blog.com/article-les-procedes-de-recyclage-40420107.html>
- [27] : **FERGUENE HABIB**, Valorisation des granulats recyclés de déchet des carreaux faïence dans la formulation des bétons autobloquants , mémoire master en Génie des matériaux,2016/2017
-