REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université yahia fares Médéa



Faculté de technologie

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle
Option : Hygiène et Sécurité Industrielle

Le mode de dépoussiérage et filtration à la cimenterie de chlef (ECDE)

[i]Réalisé par :

- Bouacheria abdelhak
- Bekhti mohammed

Proposé et dirigé par :

Dr : boukortt Hocine

PROMOTION 2022

Remerciement

Je remercie ALLAH Tout-Puissant de m'avoir donné le courage, la patience, la volonté et la force nécessaires pour faire face à toutes lesdifficultés et obstacles qui se sont présentés sur mon chemin pendant toutes mes années d'études.

Je remercie mes très chers parents pour leurs soutiens et leurspatiences.

Je tiens à exprimer ma plus profonde gratitude et mes remerciements à ***Mr boukortt houssine*** *, ma directrice de recherche, qui m'a beaucoup aidé dans la réalisation de ce travail*

Un grand merci pour toute l'équipe de la (***groupe GICA. W.de chlef*** *) particularité* ***Mr****.* ***DRIZI TIAEB*** *, pourleur accueil et encadrement durant la période du stage pratique.*

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à tous les enseignants qui m'ont formé du primaire à l'université.

Je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à laréalisation de travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents,

Ma très chère soeur,

Mes très chers frères,

A tous les membres de famille

Je remercier chaleureusement mes chers parents pour leur soutien, ainsi que mon frére ***ABDELHALIM****, que ma toujours soutenu durant mes études.*

Tous mes amis et collègues d'études

(KOULLA AMAR - KRIMI ISSA - KOUADRI MOURAD - BEN SAAD SAMIR - BEN LAKTAR MOHAMMED)

ABDELHAK ADLAN

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents,

Ma très chère soeur,

Mes très chers frères,

A tous les membres de famille

Je remercier chaleureusement mes chers parents pour leur soutien, que ma toujours soutenu durant mes études.

Tous mes amis et collègues d'études

(KOULLA AMAR -ASSAL BEN YOUSEF- ADEL BEN YAHYA - ISSA AMARNI)

MOHAMMED

Résumé :

L'industrie du ciment est l'une des industries vitales dans notre pays, et le ciment est l'un des matériaux manufacturés les plus importants qui s'engage à la disponibilité permanente de ce matériau.

Avec l'inflation de la production, le rôle effectif du HSE dans Le maintien de la sécurité et de la santé des travailleurs et de la sécurité industrielle et environnementale. Car il offre toutes les conditions de sécurité et de protection aux travailleurs pour accomplir leur tâches.

C'est l'un des piliers du succès des fabricants, en particulier des grandes entreprises telles que l'industrie du ciment, et exactement ECDE, qui cherche à fournir un système HSE développé et efficace grâce à l'intégration des lois et des conseils de sécurité sanitaire et environnementale dans les étapes de fabrication et de production. Eten cas de conformité effective avec le nouveau système, il y aura de nouvelles portes pour l'entreprise à travers les certificats qu'il cherche à obtenir. Cela a également un impact positif sur le plan environnemental, car il bénéficie également des efforts de l'entreprise pour mettre en œuvre et améliorer le système HSE, le nouveau qui contribuera autant que possible à préserver l'aspect environnemental.

Mots clés :

L'industrie du ciment, Ciment, Le cru, Clinker, les matériaux manufacturés,
les étapes de fabrication, filtration, les type de filtration.

Abstract:

The cement industry is one of the vital industries in our country, and cement is one of the most important manufactured materials that is committed to the permanent availability of this material.

Along with the inflation of production, the effective role of HSE in maintaining the safety and health of workers and industrial and environmental safety. Because it offers all the conditions of safety and protection for workers to accomplish their tasks.

It is one of the pillars of the success of manufacturers, especially large companies such as the cement industry, and exactly ECDE, which seeks to provide a developed and effective HSE system through the integration of laws and guidance. health and environmental safety in the manufacturing and production stages. And in the event of effective compliance with the new

system, there will be new doors for the company through the certificates it seeks to obtain. It also has a positive impact on the environmental level, as it also benefits from the company's efforts to implement and improve the HSE system, the new one which will contribute as much as possible to preserve the environmental aspect.

Key words:
Cement industry, Cement, synthetic materials, role of health and safty, flour, clinker, stages of manufacture, filtration, types of filtration.

الملخص:

تعتبر صناعة الأسمنت من الصناعات الحيوية في بلادنا، ويعتبر الأسمنت من أهم المواد المصنعة التي تلتزم بالتوافر الدائم لهذه المادة.

ومع تضخم الإنتاج يأتي الدور الفعال للصحة والسلامة والبيئة في الحفاظ على سلامة وصحة العمال والسلامة الصناعية والبيئية، لأنه يوفر كافة شروط السلامة والحماية للعاملين لإنجاز مهامهم.

إنها إحدى ركائز نجاح الشركات المصنعة، خاصة الشركات الكبيرة مثل صناعة الأسمنت، وبالتحديد ECDE، التي تسعى إلى توفير نظام متطور وفعال للصحة والسلامة والبيئة من خلال دمج القوانين وإرشادات

الصحة والسلامة البيئية في التصنيع ومراحل الإنتاج، وفي حالة الالتزام الفعال بالنظام الجديد ستكون هناك أبواب جديدة للشركة من خلال الشهادات التي تسعى للحصول عليها، كما أن لها تأثير إيجابي على المستوى البيئي، إذ أنها تستفيد من جهود الشركة في تنفيذ وتحسين نظام الصحة والسلامة والبيئة، النظام الجديد الذي سيساهم قدر الإمكان في الحفاظ على الجانب البيئي.

الكلمات المفتاحية:

صناعة الإسمنت، الإسمنت، المواد المصنِّعة، دور الصحة والسلامة، الدقيق، الكلنكر، قوانين وإرشادات الصحة والسلامة البيئية، تصفية الغبار، أنواع التصفية.

Table de matières *page*

Remerciement
Dédicace
Résumé (François, Anglais, Arabe)
Liste des figures
Liste des tableaux
Introduction générale 2

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

Introduction.....5
I.1 Présentation de l'entreprise…….....5
I.2 Historique de l'entreprise ……..…….....5
I.3 Situation géographique.....6
I.4 Gisement de calcaire de Sidi Laroussi, Oued Sly.....9
I.4.1 Situation géographique.....9
I.4.2 La litho stratigraphie ……....10
I.4.3 Caractéristiques qualitatives du gisement …….....10
I.4.4 Reserve exploitables.....11
I.4.5 Méthode d'exploitation…….....11
I.5 Extraction d'argile.....11
I.5.1 Gisement d'argile.....11
I.5.2 Situation géographique gisement 11
I.5.3 Réserves exploitables 12
I.5.4 La durée de vie de la carrière "Tv ".....12
I.6 Les Matières de correction.....12
I.6.1 Le sable.....12
I.6.2 Le Fer.....13
I.7 Les ajouts.....13
I.7.1 Le Gypse.....13
I.7.2 Calcaire.....13
Conclusion.....14

CHAPITRE II :Processus de fabrication du ciment

Introduction 16
II.1 Qu'est-ce que le ciment ?.....16
II.2 Domaine d'utilisation du ciment 16
II.3 Procède de fabrication du ciment.....17
II.4 Processus de fabrication du ciment 17
II.4.1 Extraction des matières premières.....18
II.4.2 Traitement des matériaux.....19
II.4.3 Stockage des matières premières.....19
II.4.4 Le Broyage.....19
II.4.5 L'homogénéisation.....19
II.4.6 Zone de cuisson.....20
II.4.6.1 Préchauffeur (la tour échangeur).....20
II.4.6.2Four rotatif.....21
II.4.7 Le refroidissement.....21
II.4.8 Stockage du clinker et broyage du ciment.....22
II.4.9 Conditionnement et expédition.....22
II.5 Fabrication du ciment au niveau de groupe GICA. (W) de Chlef.....24
II.5.1 Préparation des matières premières.....24
II.5.2 Extraction et concassage de la matière première.....24
II.5.3 Pré-homogénéisation.....25
II.5.4 Le broyage.....25
II.5.6 Cuisson de la crue.....26
II.5.6.1 Préchauffeur (la tour échangeur).....26
II.5.6.2Pré-calcination : décarbonatation complète (combustion de calcaire).....27
II.5.6.3La Clinkérisation.....27
II.5.7 Refroidissement.....28
II.5.8 Broyage du ciment.....29
II.5.9 Homogénéisation et expédition du ciment.....30
Conclusion.....31

Chapitre III: Le dépoussiérage et la filtration

2.1 Généralités.....33

2.1 Classification des systèmes de filtration.....34

2.1.1. Séparateurs à effet mécanique.....34

2.2.1.1 Chambres de sédimentation.....34

a. Avantages 35

b. Inconvénients 35

2.2.1.2 Système Inertie.....36

2.2.1.3 Les cyclones.....37

a. Performances.....39

b. Avantages.....39

c. Inconvénient.....39

2.1.2. Séparateurs à effet électrique.....39

2.2.2.1 Electro filtres.....40

a. Principe.....40

b. Performances.....42

c. Avantages.....42

d. Inconvénients.....42

2.1.3. Séparateurs à média filtrant.....43

2.2.3.1 Filtres à manches.....43

a. Principe.....44

b. Avantages.....46

c. Inconvénients.....46

2.3 Matériel de filtration de la cimenterie de chlef.....48

Chapitre IV :Le choix de filtration et leur impact environnemental sur la région de chlef

IV. 1.Introduction.....51

IV.2 . le choix de filtration.....51

IV.2.1 les méthodes avec agrégation partielle…….....51

IV.2.2 la méthode Electre 01 51

Phase 1 : les jugements.....52

Phase 02 :Le poids de chaque critére 52

Phase 3 les indices 53
Phase 4: seuils de surclassement.....53
IV.2.3.Impact environnemental des filtre a manche 54
IV.2.4 Caractérisation des particules de poussières.....54
IV.3 La notion d'environnement et écologie.....55
IV.4 La notion d'environnement dans la législation algérienne.....57
IV.5 La relation entre l'environnement et les concepts les plus proches.....58
IV.6 L'économie et l'environnement.....59
Conclusion générale.....61
Référence bibliographique……..……..…..64

Liste des figures

Figure I.1 : Cimenterie ECDE Chlef.……5
Figure I.2 : Situation géographique de la cimenterie (Image Google Earth)……..…6
Figure I.3 : situation géographique du gisement de calcaire. (Image Google Earth)…….. 11
Figure II.1 : Le ciment des fils…….16
Figure II.2 : Les différentes voies de fabrication du ciment ……...17
Figure II.3 : Les matières premières de la fabrication de ciment…… 18
Figure II.4 : Chargement et transport de la matière première.....19
Figure II.5 : Concassage et transport de la matière première……..…….19
Figure II.6 : Silo d'homogénéisation.……..21
Figure II.7 : Broyage du cru et Cuisson du clinker. ……...22
Figure II.8 : Le clinker…….……23
Figure II.9 : Étapes finales du cycle de production du ciment……...…….24.
Figure II.10 : procédé de fabrication de ciment……..…..……24
Figure II.11 : Extraction du calcaire au niveau du gisement Sidi Laroussi ……..…..26
Figure II.12 : Concassage de la matière première……...26
Figure II.13 : Transport de la matière première par des convoyeurs à bandes……26.
Figure II.14 : Hall de stockage et de pré-homogénéisation……..27
Figure II.15 : Echangeur de chaleur/ Tour de préchauffage ……...……28
Figure II.16 : Four rotatif…….…...…….30
Figure II.17 : Transformation minéralogique du cru…….……..30
Figure II.18 : Les grilles de refroidissement ……...31
Figure II.19 : Broyeur à boulets……...……....31
Figure II.20 : Expédition de ciment en sac de 50 Kg…….……..…32
Figure II.21 : Expédition de ciment en vrac……...……..32
Figure III.1: Schéma de principe d'un cyclone [5]……..…….38
Figure III.2: Schéma d'un cyclone [11]……40
Figure III.3: Principe de la séparation électrostatique [12]……..….43
Figure III.4: Schéma de principe d'électrofiltre……...45
Figure III.5 Schéma de principe d'un filtre à manche [14]……...53
Figure III.6: Nouveaux filtres antipollution……...53
Figure IV.1 : filtre à manche……...57

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Coordonnées du périmètre d'étude.....10
Tableau I.2 : La composition chimique du calcaire …….....11
Tableau I.3 : Les coordonnées UTM globales du gisement d'argile.....13
Tableau III .1: Classement des fibre a partir la résistance au température……..…49
Tableau III .2: Comparatif des méthodes de séparation……...55
Tableau III .3: Classement des FAM par zone……..…56
Tableau IV.1 : comparaison entre les type de filtration dans l'industrie cimentière…….....61
Tableau IV.2 : les critères de chaque type de filtration selon leur échelle…….62
Tableau IV.3 : Composition chimique de la pousiére de cimenterie de chlef ……63

Introduction générale

Introduction générale :

L'industrie cimentière occupe une place importante dans le développement économique de l'Algérie. Le ciment est considéré comme un produit stratégique puisqu'il est à l'amont de toute activité de construction et de réalisation d'infrastructures.

La production nationale de ciment a triplé sur une période de 25 ans et le programme présidentiel algérien va continuer sur cette tendance car il est prévu la construction d'un très grand nombre de logements, de plusieurs barrages et d'infrastructures routières et de base dans les prochaines années.

Durant les cinq premiers mois de l'année 2009, la production de ciment dans les entreprises du secteur public a enregistré une hausse de 6% (Selon la Société de gestion des participations des industries des ciments (SGP-GICA)). Les cimenteries publiques ont produit 4,697 millions de tonnes, contre 4,439 millions de tonnes durant la même période de l'année 2008. La production de ciment du secteur public a atteint 11,478 millions de tonnes en 2008. Elle devrait atteindre 18 millions de tonnes d'ici 2012 compte tenu des extensions de capacités de production qui ont été lancées au niveau des cimenteries de Chlef, pour une production supplémentaire globale de 6 millions de tonnes.

La poussière rejetée par la cimenterie de l'ECDE recouvre autant les vergers agricoles de la plaine ouest que la zone industrielle et les agglomérations d'Oued Sly, Chorfa, Chlef, Boulefred et Sidi Laroussi, rendant alors la vie particulièrement difficile aux populations riveraines. La colonne de fumée est visible à plusieurs kilomètres à la ronde. On ignore l'origine exacte de cette forte pollution mais, selon certaines sources, elle est due à des défaillances techniques survenues au niveau des deux fours de cette unité de production.

Si l'impact des particules de poussières, rejetées par la cimenterie de Chlef depuis sa mise en service sur la santé publique et la végétation, est de moins en moins décrié par les riverains qui se sont accommodés à cette situation, les responsables de cette importante infrastructure, par contre, conscients de la dangerosité de telles émanations, n'ont jamais lésiné sur les moyens pour se conformer aux normes européennes en la matière. Ainsi a-t-on appris que de nouveaux filtres plus performants pour les deux hauts fourneaux de la cimenterie d'Oued Sly seront installés. C'est une firme étrangère qui a été chargée d'effectuer cette opération pour un coût avoisinant les 7 millions d'euros.

Dans notre étude on va entamé le choix de cette nouvelle technologie de filtration (filtre a manche),et leur impact sur l'environnement dans la région de chlef ,et cela dans le but d'améliorer la qualité de la production et des services offerts à sa clientèle. Cette cimenterie, qui jadis représentait une source de pollution dans cette région, est arrivée à réduire énormément ses émissions de poussières après rénovation de tous les filtres. Ces dispositifs interviennent dans le cadre de la mise en œuvre d'un système de management environnemental (SME).

Chapitre I : Présentation de l’entreprise

Introduction

L'industrie du ciment contribue grandement au développement économique et urbain à travers le monde. Elle joue un rôle très important dans ce développement. Elle est considérée en Algérie comme un secteur clé de l'économie algérienne, en raison de son importance comme matériau de base dans tous les projets et chantier de construction.

Comme nous savons que l'industrie du ciment a besoin d'une matière première de la nature pour la produire (calcaire, minerai de fer...), lors de l'extraction de ces matériaux, nous avons besoin d'un ingénieur minier responsable des processus d'extraction et de planification.

I.1 Présentation de l'entreprise [1]

La société CHLEF CIMENT est une entreprise de fabrication et ventes des ciments au capital social de 6 241 000 000 DA dont l'objectif de cette entreprise en premier lieux 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 lieux d'ouvrir des marchés internationaux.

La cimenterie possède 02 lignes de productions avec une capacité totale de 04 millions T/an.



Figure I.1 : Cimenterie ECDE Chlef

I.2 Historique de l'entreprise [2]

L'Entreprise des Ciments et Dérivés d'Ech-Cheliff est une SPA créée par Décret N° 82/325 du 30 octobre 1982 suite à la restructuration de la Société Nationale des Matériaux de Construction (SNMC).

Elle est devenue une entreprise publique économique autonome par acte notarié du 09 octobre 1989. Elle a été dotée d'un capital social initial de 80 millions de DA détenu à :

- 40 % par le Fonds de participation Chimie- Pétrochimie-Pharmacie.

- 30 % par le Fonds de participation Mines-Hydrocarbures-Hydraulique.
- 30 % par le Fonds de participation Construction.

Après la dissolution des fonds de participation, le Holding Public « BATIMENT ET MATERIAUX DE CONSTRUCTION » est devenu le propriétaire de l'entreprise à 100 %. Le capital social de l'entreprise est porté à 2 000 000 000 DA.
La restructuration opérée en 1999 transforme le holding Public « BMC » en holding public « Réalisations et matériaux de construction » qui devient à son tour le propriétaire de l'entreprise à 100 %.
En 2000, le holding public « RMC » est dissous et est remplacé par la société de gestion des participations « Groupement Industrie du Ciment d'Algérie » SGP GICA qui devient le propriétaire exclusif de l'entreprise.
En 2003, le capital social de l'entreprise est porté à 3 000 000 000 DA, à 5 000 000 000 DA en 2005, et à 6 241 000 000 DA en 2007.

En 2009, la société de gestion des participations « Groupement Industrie du Ciment d'Algérie » SGP GICA a été restructurée et transformée en Groupe Industriel des Ciments d'Algérie (GICA). L'ECDE est devenue filiale du groupe GICA.

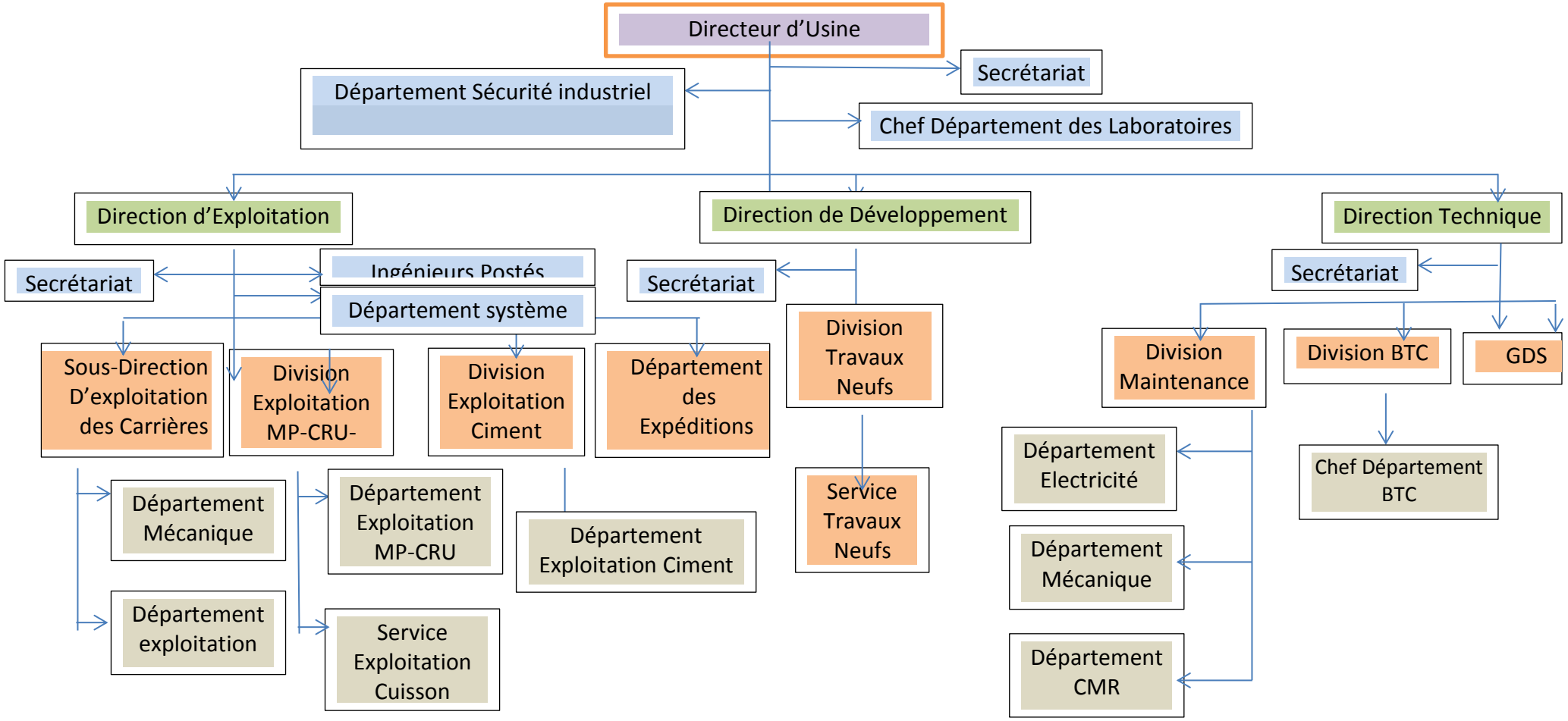
I.3 Situation géographique

La wilaya de Chlef est située dans le Tell occidental à 250km de la capitale Alger et s'étend sur une superficie de près de 4 074 Km².
L'entreprise est implantée sur une superficie de 40 hectares, la cimenterie de l'ECDE est située dans la zone industrielle d'Oued-Sly 02310 Chlef, à 8 km à l'ouest de la ville de Chlef, à 40 km du port de Ténès.

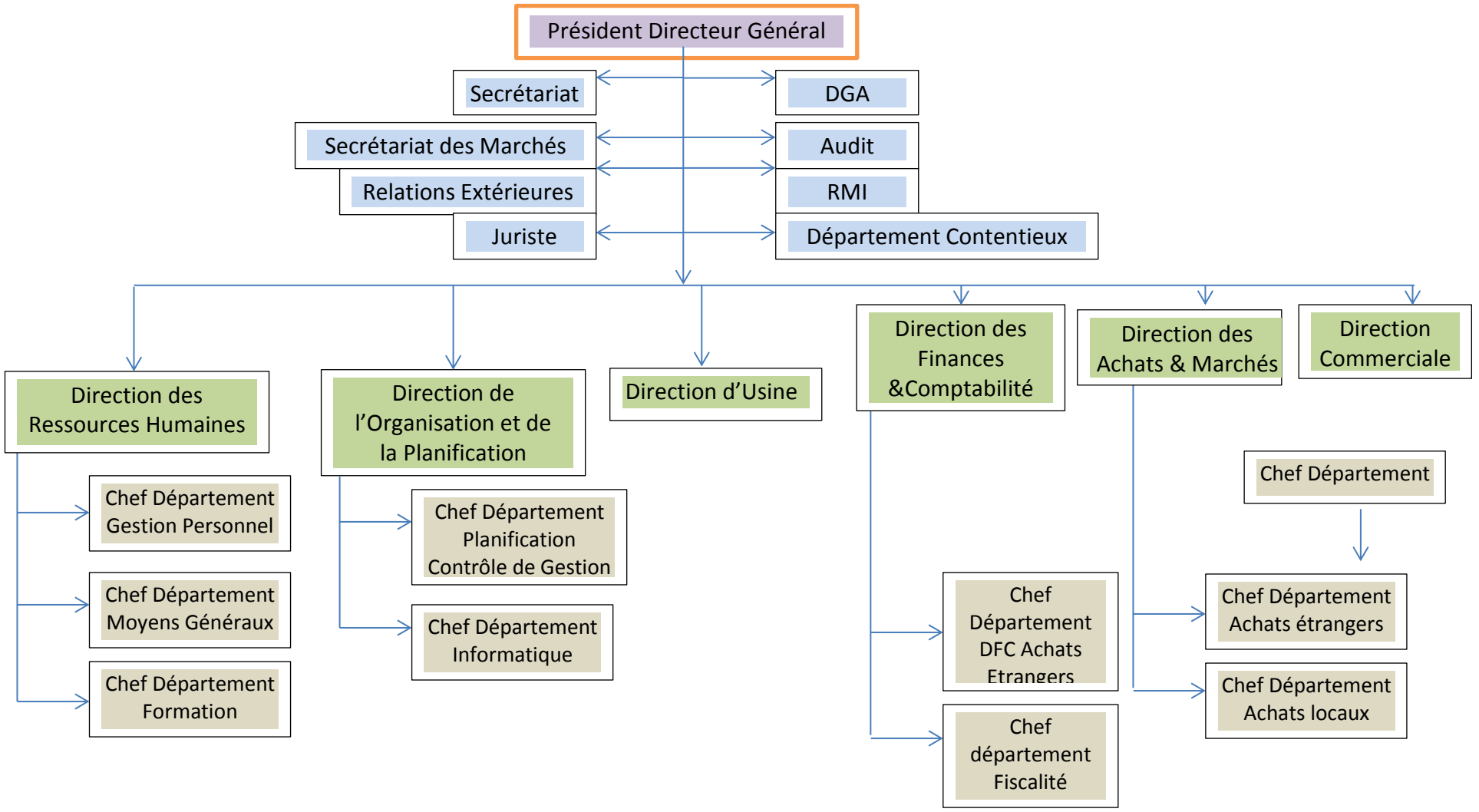


Figure I.2 Situation géographique de la cimenterie (Image Google Earth).

ORGANIGRAMME DE LA DIRECTION USINE



ORGANIGRAMME DE LA DIRECTION GENERALE



I.4 Gisement de calcaire de Sidi Laroussi, Oued Sly

I.4.1 Situation géographique

Le gisement de calcaire de Sidi-Laroussi est situé dans la commune d'Oued-Sly, qui est située à 9 km à l'Ouest de la ville de Chlef et situé à 3 km de l'usine, s'étend sur une superficie de 193 Ha.

Les coordonnées géographiques du centre du gisement sont :

- Latitude = 36°05'27.3"N
- Longitude = 1°14'24.2"E

Les coordonnées UTM des points limites du permis d'exploitation de carrières code 496 PXC sont :

Tableau I.1 : Coordonnées du périmètre d'étude. [3]

N° de Points	**X UTM**	**Y UTM**
1	342 000	3 996 300
2	342 000	3 995 900
3	342 200	3 995 900
4	342 200	3 995 600
5	342 300	3 995 600
6	342 300	3 995 300
7	342 200	3 995 300
8	342 200	3 995 000
9	342 100	3 995 000
10	342 100	3 994 900
11	342 000	3 994 900
12	342 000	3 994 700
13	340 800	3 994 700
14	340 800	3 995 700
15	341 000	3 995 700
16	341 000	3 996 000
17	341 100	3 996 200
18	341 100	3 996 200
19	341 700	3 996 300
20	341 700	3 996 300



Figure I.3 : situation géographique du gisement de calcaire. (Image Google Earth).

I.4.2 La litho stratigraphie [3]

Le bassin versant du Chlef occupe une partie de territoire dont des chaînes de montagnes parallèles à la côte sont séparées par des zones déprimées ou par des hautes plaines qui constituent les principaux traits.

Dans la plaine d'El Abadia, le bassin miocène s'ouvre vers l'Ouest alors que le pliocène marin et continental apparaissent à la bordure de la plaine.

Ce sont les formations du néogène qui sont les plus répandues dans la région. Celles-ci ont été observées à Ouled Farès.

Les marnes du miocène ont une forte proportion de quartz fin et les argiles sont du type illitique. Les sables et les grès occupent une grande étendue dans la région de même que les calcaires. Des faciès particuliers, tels que les tripolis et les évaporites participent à la constitution géologique de la région.

I.4.3 Caractéristiques qualitatives du gisement [3]

a) La composition chimique

L'étude d'exploration géologique initiale réalisée en 1974 a montré que les roches calcaires qui constituent l'assise utile du gisement ont une teneur moyenne en Cao dépassant les 51% de leur composition, La composition chimique moyenne de ces calcaires a été déterminée d'après les résultats des analyses chimiques obtenus de tous les échantillons analysés sont comme suit :

Tableau I.2: La composition chimique du calcaire.

Var	SiO2	Al203	Fe203	Cao	Mgo	SO3	K20	Na20	P205	TiO2	PF	CI
Nbr éch	526	528	528	679	683	1	82	82	28	0	528	114
Min	0.10	0.10	0.20	42.30	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	-	36.00	0.000
Max	15.20	3.80	3.40	55.20	7.90	0.00	0.15	0.03	0.26	-	43.70	0.023
Moy	2.63	0.63	0.72	52.39	0.57	0.00	0.05	0.02	0.14	-	41.84	0.003

b) Caractéristiques physico - mécaniques du calcaire

Les propriétés physico-mécaniques des calcaires du gisement sont données comme suit :

- Poids volumique moyen=1,93 t /m3 ;
- Résistance à la compression moyenne est de 29 Kgf/Cm2.

En général, le calcaire de Sidi-Laroussi est homogène et sa résistance mécanique montre que la roche étudiée est un calcaire crayeux et tendre.

I.4.4 Reserve exploitables

La méthode de calcul des réserves adoptée est celle des coupes géologiques, elle est dictée par la morphologie du gisement et la puissance irrégulière de l'assise utile. Le plan topographique élaboré à l'échelle 1/2000 a servi de base pour le calcul. Le volume de chaque bloc a été obtenu par la formule correspondante. Le poids volumique pris sur le calcul des réserves est de 1.93 t/m3. La quantité des réserves de chaque bloc a été obtenue d'après la formule

Q =V*PV

Où :

- Q : quantité des réserves en tonnes ;
- V : volume en m 3 ;
- PV : poids volumique en t /m3.

Au total six (06) blocs ont été délimités pour ce calcul des réserves (voire l'Annexe 1).

Les réserves géologiques en place sont évaluées à 194 876 968,43 de tonnes dont 1798643.73 tonnes en catégorie B, et 14 876 324,70 tonnes en catégorie C2.

Ces réserves restent encore suffisantes pour alimenter la cimenterie de Chlef pendant plus de 68 ans pour la capacité de 1 880 000 tonnes de clinker par an.

I.4.5 Méthode d'exploitation

Les réserves géologiques restantes de gisement étant totalement en surface, l'exploitation se fait actuellement à ciel ouvert, de haut en bas, sur des gradins successifs de 13 à 15m de hauteur au moyen de foration et d'abattage à l'explosif.

Les conditions technico-minières d'exploitation sont favorables.

I.5 Extraction d'argile

I.5.1 Gisement d'argile

Le gisement d'argile est situé à 6 km de l'usine à Djebel Maiz présente une capacité de 21 200 000 tonnes pouvant assurer ainsi pour l'entreprise une exploitation durant 60 ans environ. L'argile est extraite par ripage à l'aide d'une pelle mécanique, ensuite formée en tas, chargée sur camions à l'aide de chargeuse pour être acheminée vers la carrière de calcaire où mélanger avec le calcaire. L'extraction et le transport de l'argile sont assurés par la sous- traitance. [5]

I.5.2 Situation géographique gisement

Le gisement d'argile de Djebel Maiz est situé dans la commune d'Ouled Ben Abdelkader qui est située à 9 km à l'Ouest de la ville de Chlef et situé à 6 km de l'usine, s'étend sur une superficie de 41 Ha.

Les coordonnées géographiques du centre du gisement sont :

- Latitude = 36°04'29.35"N.
- Longitude = 1°15'09.4"E.

Les coordonnées des sommets du périmètre délimitant le gisement en système U.T.M fuseaux 31 sont illustrées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau I.3 : Les coordonnées UTM globales du gisement d'argile. [5]

N° de Points	**X UTM**	**Y UTM**
1	343 200	3 993 600
2	343 130	3 993 390
3	342 830	3 995 900
4	342 200	3 993 140
5	342 770	3 992 980
6	342 400	3 993 000
7	342 500	3 993 300
8	342 700	3 993 600

La superficie du périmètre est 41 Ha.

I.5.3 Réserves exploitables

Présente une capacité de 21 200 000 de tonnes. Les réserves exploitables du gisement pour chaque niveau d'exploitation (voire l'Annexe 2).
Les réserves géologiques en place sont évaluées à 10 137 796 de tonnes en catégorie B.

I.5.4 La durée de vie de la carrière "Tv "

Les réserves de calcaires estimées par la méthode des coupes géologiques sont évaluées à 10 137 796 tonnes.
Donc la durée de la carrière :
T= Rex/Pa (ans) ;
Où :

- Rex : Les réserves exploitables ;
- Pa : Production annuelle ; Pa = 484 250 tonnes.

T= 10 137 796 / 484 250 ≈ 21 ans.

NB : poids volume des argiles est de 2.50 t/m3.

I.6 Les Matières de correction

I.6.1 Le sable

L'ajout du sable est dans le cas où la teneur en silice du mélange n'est pas suffisante, Il est approvisionné par la cimenterie de la wilaya Chlef.
L'entreprise dispose d'un gisement de sable situé dans la région de Sidi-Della dans la commune de Ouled-Fares, la distance entre le gisement et l'usine est 30 KM ; ce gisement

offre une capacité importante estimée à 4 800 000 tonnes et une durée d'exploitation de 40 ans. [2]

I.6.2 Le Fer

L'ajout du minerai de fer est dans le but d'apporter un plus d'oxyde de fer (Fe_2O_3) dans le mélange cru, cette matière est approvisionnée de la mine de ROUINA (W. Ain Dafla) par camions. [2]

I.7 Les ajouts

Ces composants sont introduits dans le clinker, dans le but de modifier certaines de ses propriétés et d'offrir une gamme de produits capables de résoudre divers problèmes qui se posent lors de la construction de certains ouvrages, soit du fait des conditions environnementales, soit pour des raisons de performances mécaniques. Il s'agit de laitier de haut fourneau, de cendres volantes, de pouzzolane naturelle.

I.7.1 Le Gypse

Le gypse est la matière première utilisée pour la fabrication du ciment. C'est un minéral commun composé de sulfate de calcium hydraté ($CaSO_4$, $2H_2O$). C'est un minéral sédimentaire très commun.
L'addition de gypse au clinker a pour but de régulariser la prise du ciment, notamment de ceux qui contiennent des proportions importantes d'aluminate tricalcique. Grâce à ce gypse, la prise du ciment, c'est-à-dire le début de son durcissement, s'effectue au plut tôt une demi- heure après le début de l'hydratation. Sans gypse, la prise serait irrégulière et pourrait intervenir trop rapidement. [6]

Le gypse est actuellement considéré comme un composant important et fondamental du ciment car il :

- IL règle la prise ;
- IL augmente la résistance ;
- Il améliore la stabilité de volume ;
- IL facilite la mouture.

Le gypse est mélangé au ciment avec une proportion de 2 à 4 %.

Le gypse est extrait à partir la carrière de gypse BOUZGHAIA à 35 km de l'usine et offre des réserves estimées à 6 500 000 tonnes soit plus de 80 ans d'exploitation sur la base d'une production de 2 000 000 tonnes de ciment. [2]

I.7.2 Calcaire

Les calcaires sont des roches sédimentaires, troisième plus abondantes après les schistes et les grès, facilement solubles dans l'eau, composées surtout de carbonate de calcium $CaCO_3$ mais également de carbonate de magnésium $MgCO_3$. Quand la roche comporte une proportion non négligeable d'argile, on parle plutôt de marne.

Conclusion

C'est ce qui peut être fabriqué à partir de ciment à la société des ciments de ECDE Chlef, où les minéraux et les caractéristiques géologiques des gisements de calcaires et l'argile ont été détectés et décrits comme matières premières de base pour chaque cimenterie.
Nous avons également identifié des matériaux de correction secondaires et des additifs et leur rôle lors de la fabrication.

CHAPITRE II :
Processus de fabrication du ciment

Introduction

La fabrication du ciment est un processus complexe qui nécessite savoir-faire, maîtrise des outils, des techniques de production et des contrôles stricts pour obtenir une haute qualité.
Comme nous le savons pour fabriquer du ciment, il faut combiner quatre éléments principaux selon des dosages prédéterminés : chaux, silice, alumine et oxyde de fer. L'élément prédominant est le calcaire. Tous ces éléments, dits cru, sont traités selon des étapes élaborées (souvent par voie sèche).

II.1 Qu'est-ce que le ciment ?

Le ciment est un liant hydraulique obtenu par cuisson (à 1450°C) et broyage d'un mélange de calcaire et d'argile, c'est-à-dire une matière inorganique finement moulue qui, gâchée avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit par suite de réactions et processus d'hydratation et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité, même sous l'eau.



Figure II.1 : Le ciment.

II.2 Domaine d'utilisation du ciment [8]

Le ciment est le composant de base du béton. Le ciment est utilisé dans un large éventail de domaines. Cependant, il faut distinguer deux niveaux d'utilisation : le premier niveau où l'utilisateur utilise du ciment pour la rénovation et le deuxième niveau correspondant à la destination finale du ciment.

Le ciment est d'un usage très étendu et couvre un large éventail d'utilisations possibles dont certaines ne sont pas encore totalement explorées sur notre marché. Mais globalement dans notre pays, les principales utilisations du ciment sont résumées ci-dessous :

- Béton armé pour les structures,
- Remplissage, murs rideaux et allèges : béton, béton expansé, parpaings, éléments préfabriqués,
- Revêtement et sols : enduits ciments, panneaux, carreaux de ciment,
- Canalisations : buses ciment, tubes et plaques en amiante ciment

II.3 Procède de fabrication du ciment

Il existe quatre procédés de fabrication de ciment comme c'est illustré dans la figure suivante :

1. Fabrication du ciment par voie humide (la plus ancienne).
2. Fabrication du ciment par voie semi humide (en partant de la voie humide).
3. Fabrication du ciment par voie sèche (la plus utilisée en Europe).
4. Fabrication du ciment par voie semi sèche (en partant de la voie sèche).

Le choix du procédé à utiliser dépend largement de l'état des matières premières : sèches ou humides.

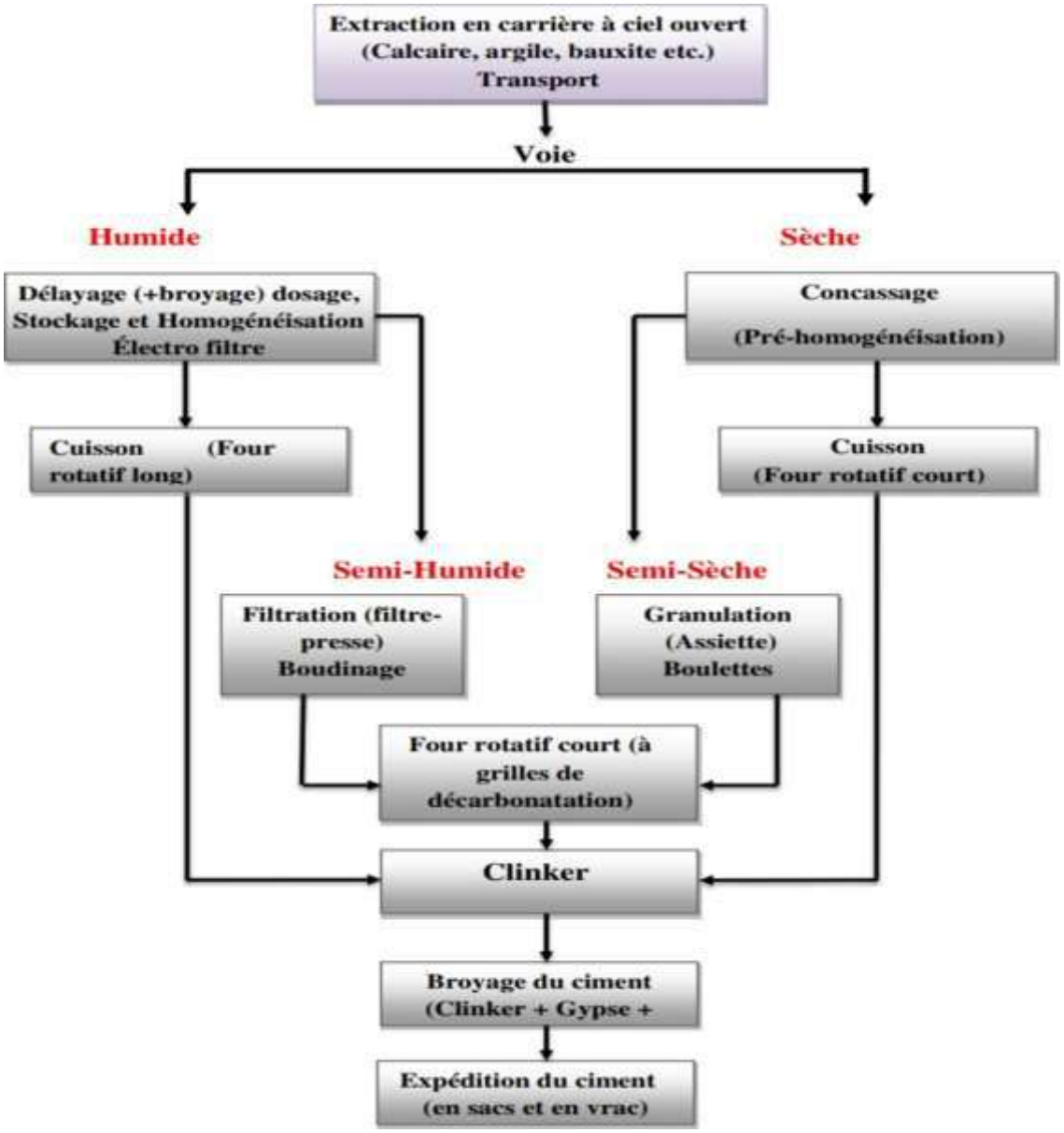


Figure II.2 : Les différentes voies de fabrication du ciment

II.4 Processus de fabrication du ciment

Pour fabriquer du ciment, il faut réunir quatre éléments principaux selon des dosages

préétablis : la chaux (65 %), la silice (20 %), l'alumine (10 %), l'oxyde de fer (5 %). L'élément

prépondérant étant le calcaire ou la craie. Les cimenteries sont d'ailleurs implantées à proximité d'importants gisements de ces matières. [10]

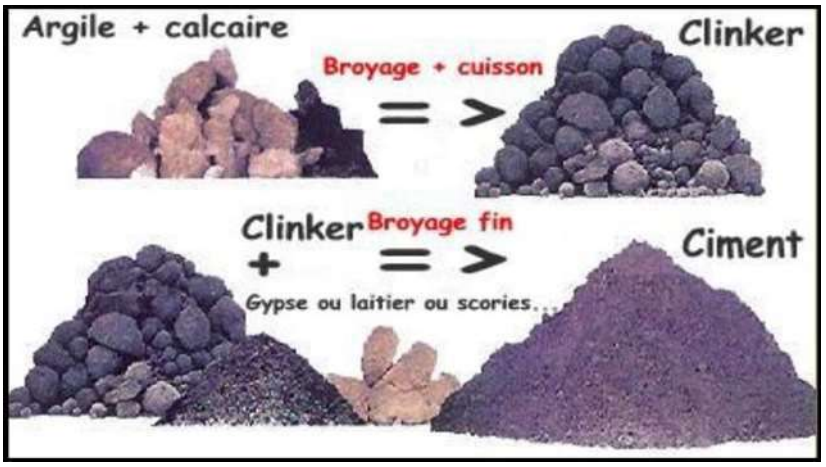


Figure II.3 : Les matières premières de la fabrication de ciment.

II.4.1 Extraction des matières premières

Les matières premières qui entrent dans la fabrication du ciment (carbonate de calcium, silice,
alumine, minerai de fer) sont généralement extraites du calcaire, de la craie, du schiste ou de
l'argile. Presque toutes les matières premières sont extraites dans des mines ou des carrières,
qui sont généralement à ciel ouvert. Après l'abattage, la masse abattue sera chargée sur la pelle dans des camions à benne et transportée vers l'installation de concassage. [10]

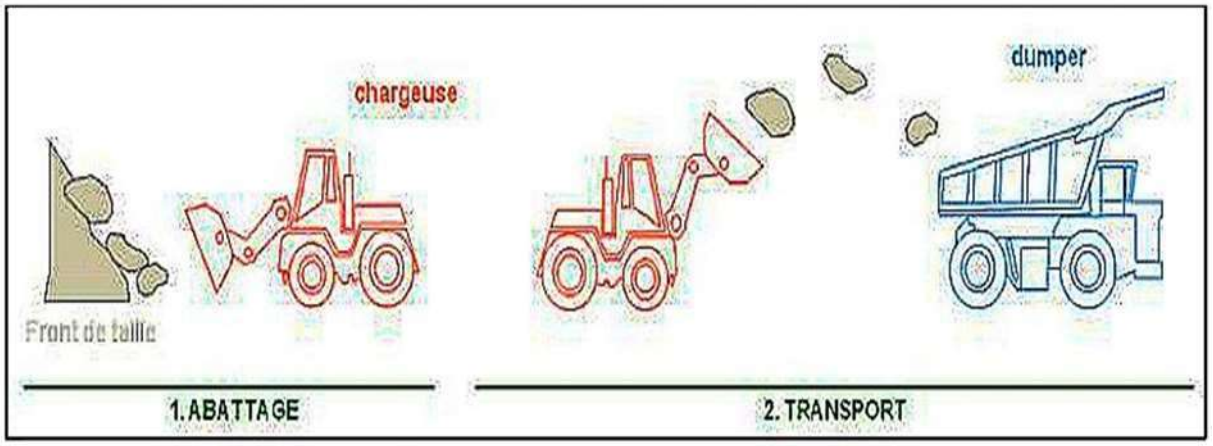


Figure II.4 : Chargement et transport de la matière première.

II.4.2 Traitement des matériaux

La masse abattue sera excavée dans des camions à benne et transportée vers l'installation de
concassage. Le matériau est réduit par le concasseur à une taille maximale de 40mm, qui sera
réinjecté dans la ligne de traitement de production de ciment, après concassage, il est acheminé à l'usine par convoyeur à bande.

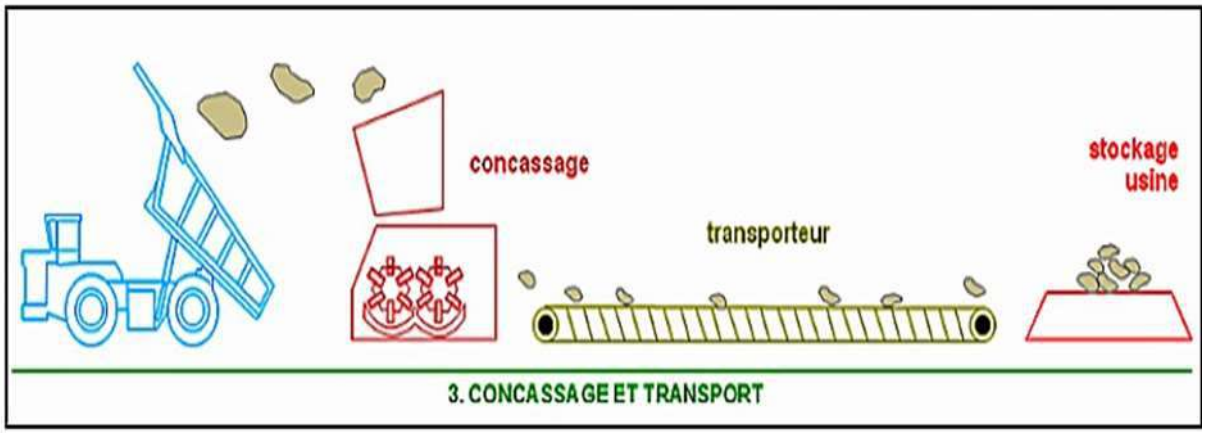


Figure II.5 : Concassage et transport de la matière première.

II.4.3 Stockage des matières premières

Avant utilisation, le mélange de matières premières doit être stocké dans le hall de pré-rapport à la carrière.

Toutes les matières premières doivent être stockées en fonction des conditions climatiques et de la quantité de matières fines susceptibles d'être nocives pour l'environnement ou pour l'homme et préparées dans des conditions particulières appropriées.

II.4.4 Le Broyage

Les matières premières pré homogénéisées doivent être finement broyées dans des broyeurs à boulets ou des broyeurs à meules verticaux. Pour être chimiquement plus réactives
au cours de leur cuisson dans le four. Dans la voie sèche et demi-sèche, elles sont broyées broyé en une fine poudre et séchées principalement en utilisant les gaz chauds du four et/ou l'air d'exhaure du refroidisseur. Le broyage humide est réservé aux matières premières préparées en voie humide ou semi-humide. Ses composants sont broyés avec de l'eau pour former une pâte.

II.4.5 L'homogénéisation

En sortant du broyeur, le cru doit être malaxé pour que le mélange acquière sa rhéologie optimale avant introduction dans les différents types de four. Le cru est homogénéisé et stocké généralement dans deux silos d'homogénéisation en béton. [7]

- **Les caractéristiques chimiques du cru :**

La composition du cru doit répondre à des caractéristiques chimiques déterminées dans sa composition et dont les proportions sont :

- Chaux (Ca O) : 65 -70% ;
- Silice (Si O2) :18-24 %11 ;
- Alumine (Al2O3) : 4-8 % ;
- Oxyde ferrique (Fe2O3) :1-16 %.

 Remarque :

- Le magnésique (Mg O), lorsqu'il dépasse 3% dans les matières crues, génèrera des gonflements entrainant à une diminution des caractéristiques mécaniques du béton ;
- En faible quantités, les substances naturelles suivantes peuvent être utilisées pour la correction du cru exigé par le procédé de fabrication ;
- Minerai de fer ((Fe2O3) ;
- Bauxite (Al2O3) ;
- Calcaire pur (CaO) ;
- Sable (Si O2).



Figure II.6 : Silo d'homogénéisation

II.4.6 Zone de cuisson

Une fois homogénéisées, les matières premières sont transférées vers le four à l'aide
d'un élévateur à godets pour la cuisson.

La cuisson est particulièrement importante dans la fabrication du ciment ; lors de la cuisson des transformations chimiques basiques se produisent, et c'est elle qui détermine en grande partie la qualité du produit final, et il n'est pas toujours facile de remédier aux défauts
de cuisson ; elle participe à hauteur de 40 à 60% aux coûts de production du ciment…etc. [1]

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

La zone de cuisson se compose de deux parties :

- Une partie fixe : Le préchauffeur (la tour échangeur) ;
- Une partie mobile : Le four.

II.4.6.1 Préchauffeur (la tour échangeur)

Avant introduction dans le four, la farine (le cru) est chauffée à environ 800 °C dans un préchauffeur à grille ou à cyclones appelé échangeur de chaleur.

Un échangeur de chaleur comportant une série de quatre à cinq cyclones, dans lesquels la poudre déversée à la partie supérieure descend vers l'entrée du four rotatif. La matière froide,
introduite dans la partie supérieure, se réchauffe au contact des gaz circulant à contrecourant.
D'étage en étage, elle arrive partiellement décarbonatée, jusqu'à l'étage inférieur, à la température d'environ 800 °C. L'opération commence par l'évaporation de l'eau (déshydratation) que le mélange cru contient et se poursuit par la décarbonatation partielle.

II.4.6.2 Four rotatif

Le four est en acier (avec revêtement intérieur réfractaire) de 50 à 90 m de long, de 4 à 5 m de diamètre, légèrement incliné (environ 3°) et tournant de 1 à 3 tours/minute :
Dans l'ensemble de cuisson, au fur et à mesure de l'élévation de température, les opérations suivantes se déroulent

- De 0 à 550°C : élimination progressive de l'eau libre et de l'eau de constitution des matières Premières ;
- De 550 à 900°C : décarbonatation du calcaire (carbonate de calcium) donnant CaO (chaux libre) et CO2 (gaz carbonique) ;

$CaCO_3 \quad CaO + CO_2$

- De 900 à 1200°C : Formation du clinker c'est-à-dire, des composants recherchés, silicates, aluminates et Ferro-aluminates de calcium ;
- De 1250 à 1280°C : Zone de transition : Phase liquide par l'alumine, le fer avec la chaux (Aptitude au croûtage) ;
- De 1300 à 1450°C : Zone de cuisson: Toute la chaux se combine avec la silice pour donner les silicates bicalcique et tricalcique c'est les éléments principaux du ciment ;
- De 1250°C : Zone de sortie (Refroidissement). [1]

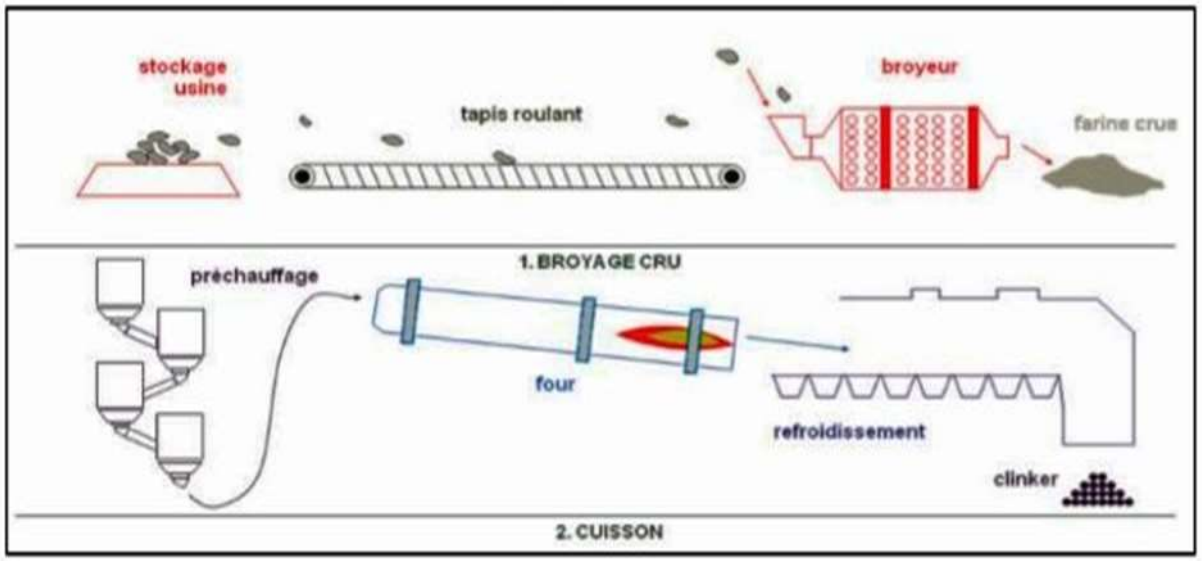


Figure II.7 : Broyage du cru et Cuisson du clinker.

II.4.7 Le refroidissement

A la sortie du four après la fin du cycle de cuisson, le clinker se présente sous forme de

granulées gris et doit être refroidit brutalement (cette opération s'appelle la trempe).
Le clinker est brusquement refroidi par projection d'air ramenant à une température d'environ
100°C en quelque minute, il existe deux types de refroidisseurs basés sur le même principe que le four relatif, mais l'échange de chaleur se fait en sens inverse

- Refroidisseur à grille mobile ;
- Refroidisseur à grille retournement



Figure II.8 : Le clinker

II.4.8 Stockage du clinker et broyage du ciment

Ensuite, le clinker refroidi est stocké dans un hall couvert ou dans des silos. Développement
des propriétés hydrauliques et rhéologiques du ciment. Le clinker est finement broyé dans un
broyeur à boulets avec d'autres ajouts : gypse, calcaire et cendres volantes selon le type de ciment produit. Le gypse est un régulateur de temps de prise, le calcaire et les cendres volantes sont des additifs pour améliorer la résistance du produit, et le broyage est destiné d'une part à réduire les granulats de clinker de poudre et d'autre part à fabriquer divers ajouts
pour obtenir un produit final prêt à être commercialisé.

II.4.9 Conditionnement et expédition

La large gamme de produits obtenus est stockée dans des silos avant d'être expédiée en vrac
dans des camions citernes, des péniches ou des wagons (par route, fer par voie fluviale) ou envoyé dans un atelier d'ensachage.

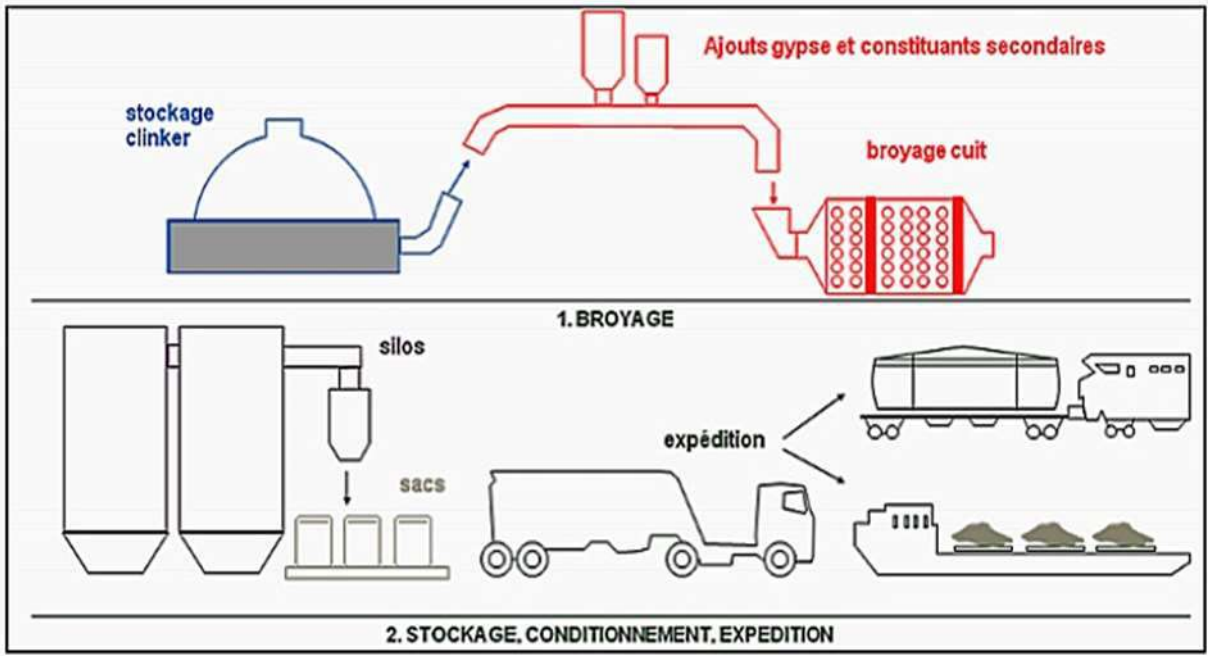


Figure II.9 : Étapes finales du cycle de production du ciment.

Nous pouvons résumer les étapes de fabrication du ciment de la carrière à l'expédition dans la figure suivante :

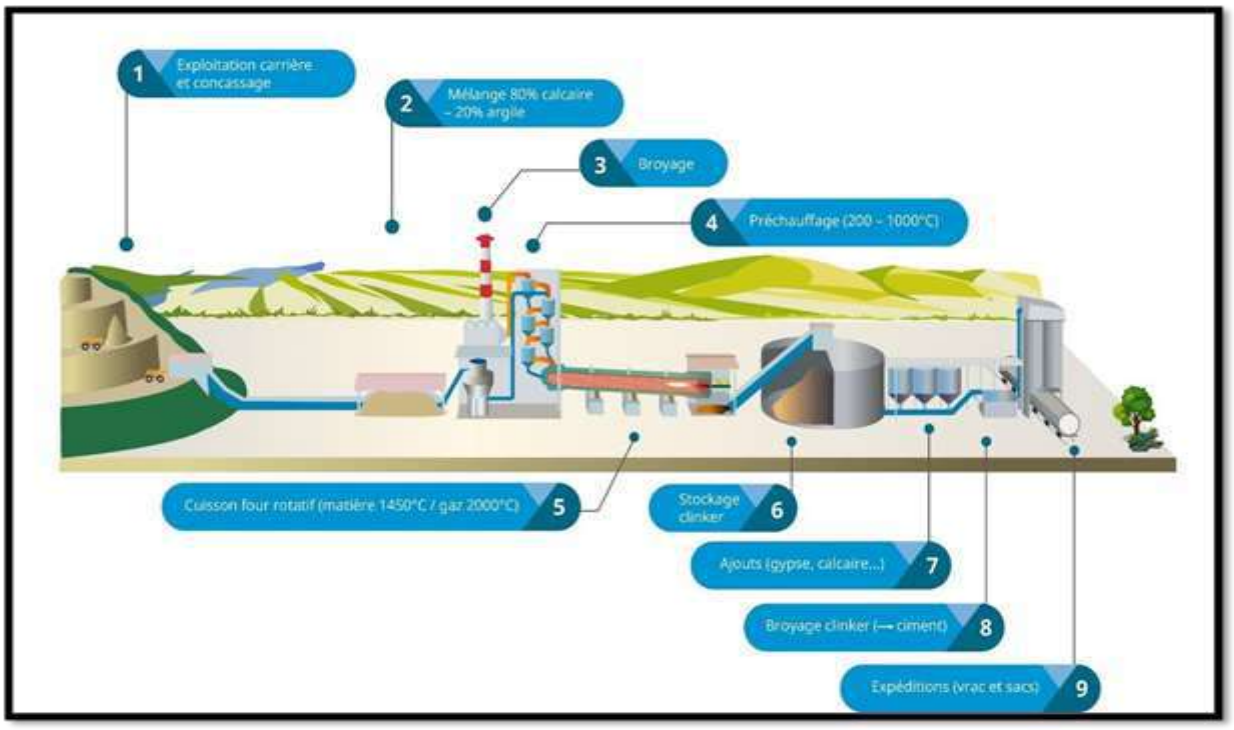


Figure II.10 : Procédé de fabrication de ciment.

II.5 Fabrication du ciment au niveau de groupe GICA. (W) de Chlef

La cimenterie est implantée sur plusieurs niveaux :

- Un premier niveau pour l'extraction et la préparation mécanique de la matière première requise pour l'alimentation de l'usine.
- Un second niveau où sont regroupés les directions techniques et de contrôle de qualité et les équipements de production du ciment.
- Un troisième niveau essentiellement réservé au stockage, l'ensachage, l'expédition du ciment et le stockage du clinker prêt à l'exportation.
- Un quatrième niveau réservé à la direction générale de l'usine. Les équipements de production de clinker, de broyage du cru, d'homogénéisation et de cuisson sont implantés en ligne.

II.5.1 Préparation des matières premières

La cimenterie ECDE Chlef contient des carrières de calcaire et d'un gisement d'argile. Son objectif est d'approvisionner la cimenterie en calcaire et en argile, deux des matières premières de base de l'industrie cimentière.

II.5.2 Extraction et concassage de la matière première

Les roches calcaires sont dures, compactes et relativement sèche, et l'extraction est réalisée par abattage après le forage des trous.

Les tout venants sont acheminés par camions transportant des charges de 30 à 60 tonnes jusqu'à la station de concassage. Les blocs obtenus, dans des concasseurs à marteaux situés sur le site de la carrière, sont réduits à des éléments d'une taille de 1 à 40 mm maximum. Les trémies de concassage ont une capacité de 200 tonnes pour le calcaire et 100 tonnes pour l'argile. Le concassage a pour rôle de ramener les blocs aux dimensions acceptables du broyeur. Les roches concassées sont transportées à l'usine par des convoyeurs à bande jusqu'aux halls de stockage et de pré-homogénéisation.



Figure II.11 : Extraction du calcaire au niveau du gisement Sidi Laroussi



Figure II.12 : Concassage de la matière première.

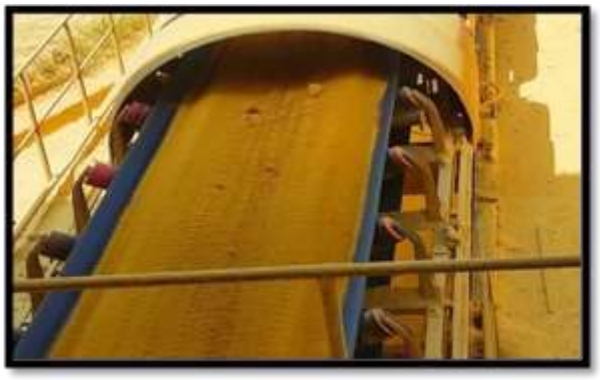


Figure II.13 : Transport de la matière première par des convoyeurs à bandes.

II.5.3 Pré-homogénéisation

Après le concassage des blocs extraits de la carrière transportées les matières premières sont soigneusement dosées et mélangées afin d'obtenir une composition parfaitement homogène, en mélangeant de la manière la plus homogène possible (comme le calcaire (75 à 80 %) et l'argile (20 à 25 %)), leurs différents composants et les ajouts déterminés lors de l'élaboration, c'est l'étape dite du pré-homogénéisation.

Les particules de la matière première sont déposées en couches successives de faible épaisseur qui se superposent au cours du temps, formant de grands ensembles de matériaux, qui sont ensuite conçus pour les broyeurs.

Ce procédé se fait soit dans un hall de pré-homogénéisation en disposant la matière en couches horizontales superposées qui sont récupérées verticalement à l'aide d'une roue-pelle soit dans un silo vertical par mélange par air comprimé.



Figure II.14 : Hall de stockage et de pré-homogénéisation

II.5.4 Le broyage

Pour les usines modernes, des broyeurs rotatifs à boulets fortement blindés et les broyeurs à rouleaux (VRM), sont utilisés pour broyer des matières premières en très petits granulés pour une cuisson plus facile. Ce broyeur combine les procédures de broyage, de séchage et de séparation en même temps. La poudre crue (farine) ainsi obtenue est stockée dans un

local fermé au niveau des silos d'homogénéisation en attente d'utilisation. Elle sera placée au four.
En effet, les échanges thermiques et les réactions chimiques sont plus intenses lors de la cuisson car les surfaces de contact entre les grains de la substance et les gaz sont importantes.

A la sortie du broyeur, le cru doit être malaxée jusqu'à ce que le mélange acquière une fluidité optimale avant d'être introduit dans le four, le cru est homogénéisé et stocké dans des silos.
Elle nécessite généralement une grande batterie de silos : 04 pour l'homogénéisation discontinue et 02 silos pour l'homogénéisation continue.
Ceci est réalisé à l'aide de silos et de compresseurs, les ventilateurs émettent un jet d'air dans lequel les particules restent en suspension plus ou moins longtemps en raison de la différence de taille ou de poids.
Pendant cette suspension, les particules amorcent leur chute vers le fond du silo et un brassage s'effectue. Ce mélange de particules, peut être ensuite extrait du fond du silo et dirigé vers le four de cuisson.

II.5.6 Cuisson de la crue

Une fois le mélange homogénéisé, les matières premières sont transférées au four à l'aide d'un levier à seau de cuisson. Il s'agit de l'étape la plus importante du processus de fabrication en termes d'émissions potentielles, de qualité et du coût de produit.
La farine sous forme de poudre est introduite dans la tour de préchauffage où la farine est préchauffée par les gaz résultants dans un long four rotatif horizontal (3 cycles/min) recouvert de plaques d'acier recouvertes d'une couche de briques réfractaires. Ses dimensions sont dans l'ordre : 5,2 m de diamètre, 90 m de longueur et 4% légèrement incliné. [1]

II.5.6.1 Préchauffeur (la tour échangeur)

Le processus de préchauffage commence par l'évaporation de l'eau du mélange cru et se poursuit par une décarbonisation partielle. Le préchauffage s'effectue dans une série de quatre à cinq cyclones, disposés verticalement en plusieurs étages, appelés « préchauffage » ; Il y en a quatre à ECDE Chlef. La substance froide, introduite dans la partie supérieure, s'échauffe au contact des gaz chauds issus du four. D'étage en étage, elle arrive partiellement décarboné, jusqu'à l'étage inférieur, à la température d'environ 800°C. [7]



Figure II.15 : Echangeur de chaleur/ Tour de préchauffage.

II.5.6.2 Pré-calcination : décarbonatation complète (combustion de calcaire)

À l'entrée du four, la température de l'ordre 900°C, La réaction chimique de base de la fabrication du ciment commence avec la décomposition du carbonate de calcium (CaCO3) en chaux (oxyde de calcium, CaO) accompagnée d'un dégagement de gaz carbonique (CO2), à environ 900 °C. Une décarbonatation plus complète peut être à cette zone-là. [11]

II.5.6.3 La Clinkérisation

Une fois préchauffée et décarbonatée, la farine "cru" entre dans le four rotatif et progresse jusqu'à la zone de clinkérisation (à environ 1450 °C). Le temps de parcours est de l'ordre d'une heure. A la sortie du four, la matière appelée clinker passe dans un refroidisseur.

- **Composition chimique et minéralogique du clinker :**
- **Composition chimique**

• CaO : A l'état libre on l'appelle chaux libre, elle provoque une variation inégale du volume de ciment lors de l'hydratation ;

• SiO2 : : Il se combine avec CaO pour former du silicate de calcium, et un pourcentage élevé de C2S, dans ce cas le ciment durcit lentement et sa résistance augmente à long terme ;

• Al2O3 : il contribue à la prise et au durcissement rapide du ciment, cependant une grande teneur d'Al2O3 donne un ciment très sensible à la couche sulfaté ;

Fe2O3 : Il joue le rôle de fondant, il réduit considérablement la température du clinker ;

• MgO : Il ne doit pas dépasser 5%, une augmentation de ce dernier entraîne une augmentation de volume.

• TiO2 : il provient de l'argile ;

• MnO2 : il fait partie du clinker (1.5%) ;

• P2O5 : il est présent sous forme d'impureté (0.2 à 0.3%), il ralenti le durcissement ;

• Na2O et K2O : Il représente un faible pourcentage (0,5%), la formation d'alcali entraîne une diminution de la résistance mécanique et un ralentissement de l'hydratation.

- **Composition minéralogique**

• Le silicate tricalcique 3CaO, SiO2(C3S) →50 à 70% ;

- Le silicate bi-calcique 2CaO, SiO2(C2S) →10à 30% ;
- L'aluminate tricalcique 2CaO, Al2O3 (C3 A) →2à 15% ;
- Ferro-aluminate titra calcique 4CaO, Al2O3, Fe2O3 (C4 AF) →5à 15%.



Figure II.16 : Four rotatif.

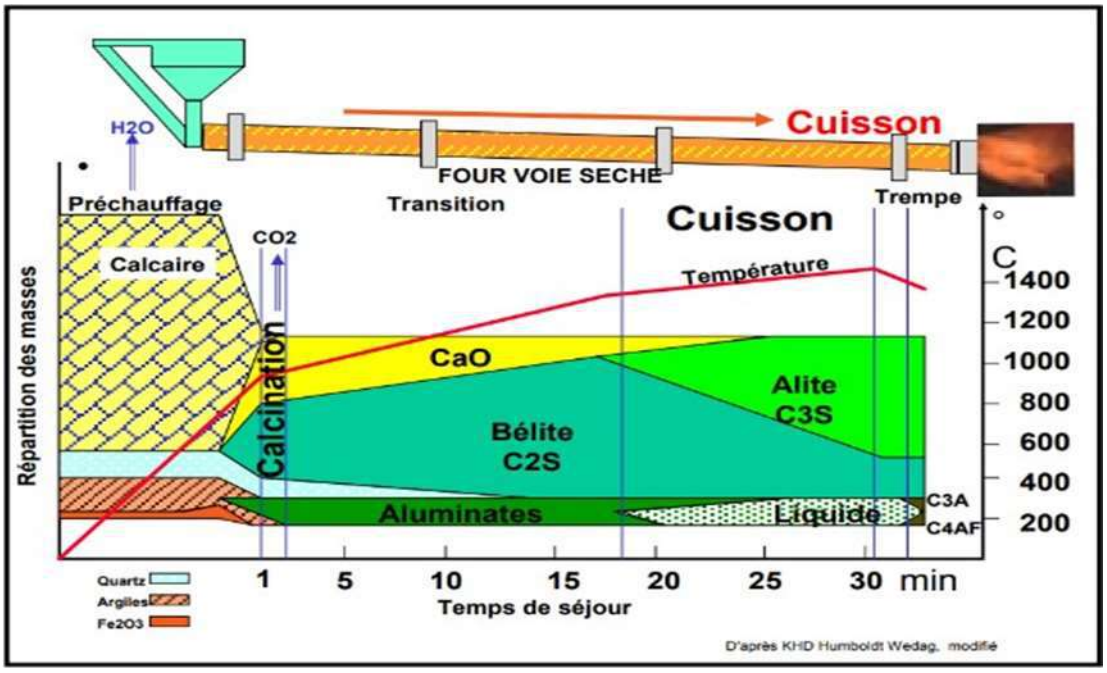


Figure II.17 : Transformation minéralogique du cru. [5]

II.5.7 Refroidissement

Le système le plus récent et largement utilisé aujourd'hui est le refroidissement à grille. De même qu'à ECDE Chlef par des refroidisseurs à grilles :

Dans ce type de refroidisseur, le clinker est chute sur les grilles en sortie du four ; le mouvement des grilles le fait avancer lentement, pendant que l'air froid circule par les trous.

- Le clinker est chute sur les grilles en sortie du four ; le mouvement des grilles le fait avancer lentement ;
- Au travers des grilles, de puissants ventilateurs vont souffler sous le clinker pour le refroidir à environ 100°C.



Figure II.18 : Les grilles de refroidissement.

II.5.8 Broyage du ciment

Le ciment doit être finement broyé pour obtenir le ciment qui réagira au contact de l'eau.
Clinker finement broyé avec du gypse (environ 5%) pour réguler la prise, et l'ajout (calcaire dans notre cas) donne du ciment avec l'ajout. Ce broyage est réalisé dans un broyeur à boulets ((5 m de diamètre et 14,5 m de langueur) (dispositifs cylindriques chargés de boulets d'acier et fixes en rotation (20 tr/min)). Durant cette étape le ciment atteint une température élevée (150°C), ce qui nécessite un arrosage externe des broyeurs. [12]
A la sortie du broyeur, le ciment passe dans un refroidisseur à force centrifuge pour maintenir la température du ciment à environ 65°C puis transporté vers des silos de stockage



Figure II.19 : Broyeur à boulets.

II.5.9 Homogénéisation et expédition du ciment

Après le broyage, le ciment est sous sa forme définitive, Les différents types de ciment sont stockés dans des 10 silos verticaux différents, mais il faut souvent plusieurs silos pour stocker un type donné de ciment. Après un certain temps, le ciment dans les silos sèche et s'accumule. Il est donc nécessaire d'assurer une homogénéité constante pour que le ciment acquière des propriétés fluides et ne se bloque plus, ce qui évite des pertes qui peuvent être importantes.

Le ciment est chargé directement en vrac dans des camions citernes, des péniches ou des wagons (ou même en bateau) ou envoyé dans un atelier d'ensachage et de séchage. Dans ce dernier le ciment produit est conditionné automatiquement dans des sacs en papiers de 50 kg par une ensacheuse rotative.



Figure II.20 : Expédition en sac de 50 Kg.



Figure II.21 : Expédition en vrac.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons effectué une recherche bibliographique sur le ciment et avons pu résumer les étapes de la fabrication du ciment de la carrière à l'expédition :
Nous avons expliqué les composants de base du ciment et leur domaine d'utilisation, les principales propriétés du ciment, etc.
Nous avons également expliqué les étapes de fabrication du ciment.

Chapitre III
Le dépoussiérage et la filtration

2.1 Généralités [11

La filtration est basée sur la conservation de la particule contenue dans un fluide donné. Pour un flux d'air elle est définie par le dépoussiérage qui peut être fait pour plusieurs raison. En effet, il est parfois opéré dans le but de récupérer de la matière déjà traitée et constituée de particules assez fines. Il peut aussi être réalisé et même dans la plupart des cas à des fins purement environnementales afin de réduire les émissions dangereuses pour l'atmosphère.

Quel que soit l'objectif visé, les méthodes de dépoussiérage utilisées laissent paraître le même principe de la captation de la poussière dans un support de transport qui est dans la cimenterie un flux d'air. Il est toutefois important de savoir que la vitesse de ce dernier influe sur la taille des particules entraînées.

Il existe des principaux éléments qui déterminent les conditions de dépoussiérage :

- la vitesse du flux d'air attractif qui est dépendante du ventilateur de tirage et de la dimension de la tuyauterie du collecteur,
- les caractéristiques physico-chimiques (composition, température, grosseur desparticules) de la matière à recueillir,
- la pression au point de prise de la matière.

Après avoir dépouillé les particules les plus fines, la récupération et la réintégration de ces matières dans le processus de traitement impose la dissociation de la matière de l'air transporteur. C'est à ce moment que débute le phénomène de filtration. Les systèmes de filtrations utilisés dans l'industrie sont très diversifiés les uns des autres. Cette différence est essentiellement apparent dans les principes de fonctionnement et de capacité de captation des particules.

2.1 Classification des systèmes de filtration [11]

Les systèmes de dépoussiérages sont essentiellement divisés en 3 catégories:

- Séparateurs à effet mécanique : cyclone, multi-cyclone.
  Séparateurs à effet électrique : électro filtre.
- Séparateurs à média filtrant : filtre à manches.

2.1.1. Séparateurs à effet mécanique :

Les séparateurs à effet mécanique, comme leur nom l'indique, mettent en jeu une force mécanique pour faire la séparation des particules et du fluide transporteur par la pesanteur, l'inertie ou la force centrifuge. On peut classer dans cette catégorie :

- Les chambres de sédimentation (captage des poussières de taille de 50 à 200 μm),
- Les systèmes inertiels, constitués de chicanes et de plaques d'impaction (captage des poussières de 20 à 50μm),
- Les cyclones (captage des poussières de 5 à 30μm),
- Le multi-cyclone (captage des poussières de 5 à 10μm).

2.2.1.1 Chambres de sédimentation

La chambre de sédimentation est une simple appareil utilisée pour recueillir les particules solides ou liquides émises. C'est un compartiment dans lequel la vitesse du gaz porteur est réduite de manière à permettre la sédimentation, sous l'action de la pesanteur, des substances en suspension. Le rendement de captation des particules qui sédimentent à la vitesse finale U_t , est donné par l'équation générale.

$$E_g = (U_t * A_h)/Q \quad (2.1)$$

Où
E_g = rendement de la captation.
U_t= vitesse finale de sédimentation des particules, en cm/s A_h = surface de la chambre en projection horizontale, en cm^2 Q = débit volumétrique du gaz porteur, en ml/s.

On voit que, pour un débit gazeux donné, le rendement de captation des particules dont la vitesse de sédimentation est U_t dépend de la surface horizontale totale de la chambre et qu'elle est indépendante de sa hauteur. La hauteur minimale d'une chambre de sédimentation doit cependant être telle que la vitesse du gaz dans la chambre soit suffisamment faible pour qu'il n'y ait pas réentraînement des substances déjà déposées. Cette vitesse ne doit normalement pas dépasser 3 mètres par seconde.

Dans ce type de collecteur, il est indispensable que le profil de vitesse latérale soit aussi régulier que possible et que la turbulence soit faible par rapport à la vitesse de sédimentation. Si ces impératifs ne sont pas respectés, le rendement de l'appareil diminue. Ces critères sont normalement satisfaits grâce à l'emploi d'orifices d'admission progressive, d'aubes directrices ou de palettes de distribution du gaz.

Du point de vue pratique, les applications industrielles de cet appareil sont limitées. On n'utilise guère les séparateurs par gravité pour éliminer les substances en suspension de diamètre inférieur à 40µ, car la captation de particules plus petites exigerait un appareil trop grand. Même pour des particules de plus de 40 µ ce type d'appareil est très volumineux. L'un des perfectionnements de la simple chambre de sédimentation consiste à la munir d'un certain nombre de plateaux horizontaux ; le rendement augmente notablement. Comme le montre l'équation (2.1). Le rendement est directement proportionnel à la projection horizontale de la surface du collecteur. L'augmentation du rendement obtenue par la mise en place de plateaux horizontaux est donc directement proportionnelle au nombre des plateaux. Même ainsi perfectionné, l'appareil ne permet de capter, en pratique, que des particules d'au moins 10 µ environ. Son utilisation est limitée par la difficulté de nettoyer des plateaux très rapprochés qui, de plus, ont tendance à se déformer quand l'appareil fonctionne à haute température. En outre il est inutilisable dès que la concentration en substances en sus- pension dépasse environ 2,3 g/m^3.

a. Avantages :

Les séparateurs par gravité offrent de nombreux avantages:

- Faible prix d'achat,
- Construction simple,
- Faible perte de charge,
- Entretien facile,
- Dépôt sec et continu des particules solides,
- Limites de température et de pression imposées uniquement par les matériaux de construction utilisés.

b. Inconvénients :

- Encombrement important;
- Réduction du rendement dès que les dimensions des particules sont faibles (efficacité très mauvaise lorsque le diamètre des particules est inférieur à 10µ);

- Réduction du rendement quand la concentration des substances en suspension dansle gaz à l'admission diminue.

En raison de leur simplicité de construction et de la modicité des frais d'entretiens, les chambres de sédimentation sont très utilisées comme pré- dépoussiéreuses des gaz avant leur traitement dans des collecteurs plus efficaces. Employées dans ces conditions, elles éliminent les grosses particules, fortement abrasives, et diminuent les frais d'entretien des appareils plus efficaces, plus sensibles à l'abrasion. Elles sont très utilisées pour éliminer les gosses particules solides dans les cheminées à tirage naturel, les fours, etc...

2.2.1.2 Système Inertie

Ce groupe de séparateurs comprend tous les collecteurs à sec qui mettent à profit l'inertie relativement grande des matières en suspension pour séparer les matières particulaires.

Il existe Deux types d'appareils reposent sur ce principe fondamental: les séparateurs cyclones, dans lesquels on soumet les particules à une force centrifuge continue qui en augmente l'inertie, et les séparateurs à inertie simple ou à impact qui obtiennent cette augmentation par des changements de direction du gaz porteur. Tout obstacle placé dans un courant gazeux, dévie ce courant. Si celui-ci est chargé de matières particulaires, les particules de grande inertie tendent à recouper les filets fluides et à venir frapper l'obstacle. Ce genre de séparation par impact se prête à l'analyse théorique en fonction du rendement de l'obstacle, ou cible. Le rendement d'une cible s'entend de la fraction de particules présentes dans le volume fluide balayant un obstacle qui heurte la cible. Pour des obstacles de forme géométrique simple, les formules théoriques du rendement de la cible sont tirées de l'hydrodynamique classique. Pour les cas plus complexes, il est nécessaire de procéder à des déterminations expérimentales. Il a été montré (Albrecht, 1931; Langmuir & Blodgett, 1946; Sell, 1931) que dans le domaine d'application de la loi de Stokes, quelle que soit la forme géométrique de la cible, le rendement est fonction du groupe sans dimensions.

$$E = \frac{[D^2 * V_p \quad 0 \quad -(p \quad p)]}{[18 * D_B * \mu]} \qquad (2.2)$$

E= le rendement.
D_p= Diamètre des particules, en cm.
V_0= vitesse du fluide par rapport à l'obstacle, en cm/s.ρ_p= masse volumique des particules, en g/ml.

ρ= masse volumique du fluide, en g/ml.
D_B= dimension caractéristique de l'obstacle, en cm.

2.2.1.3 Les cyclones

Le séparateur cyclone (figure 1.2) est l'un des dépoussiéreurs les moins coûteux. Il se compose généralement d'une chambre cylindrique ou conique, munie de dispositifs d'introduction tangentielle, en un ou plusieurs points, du gaz chargé de matières particulaires ; le gaz s'échappe par une ouverture cylindrique centrale, au sommet.

Le procédé de filtration s'effectue comme suit:

A. L'air capté à la source polluante par aspiration est acheminé vers la buse d'entrée tangentielle du séparateur cyclonique,
B. La chambre d'entrée de l'appareil en forme de spirale et la buse d'entrée d'air tangentielle, forcent le flux d'air en un mouvement rotatif, causant ainsi un effet cyclonique projetant les particules sur les parois de la chambre. L'effet combiné des forces centrifuges et gravitationnelles forcent les particules vers le bas de l'unité,
C. L'air filtré dans le noyau central de l'appareil est acheminé vers le tube concentrique de sortie,

Les particules récupérées convergent vers la décharge au moyen d'un cône. La vidange est assurée soit par une valve rotative, une valve à pince caoutchouc ou par un autre dispositif d'évacuation.

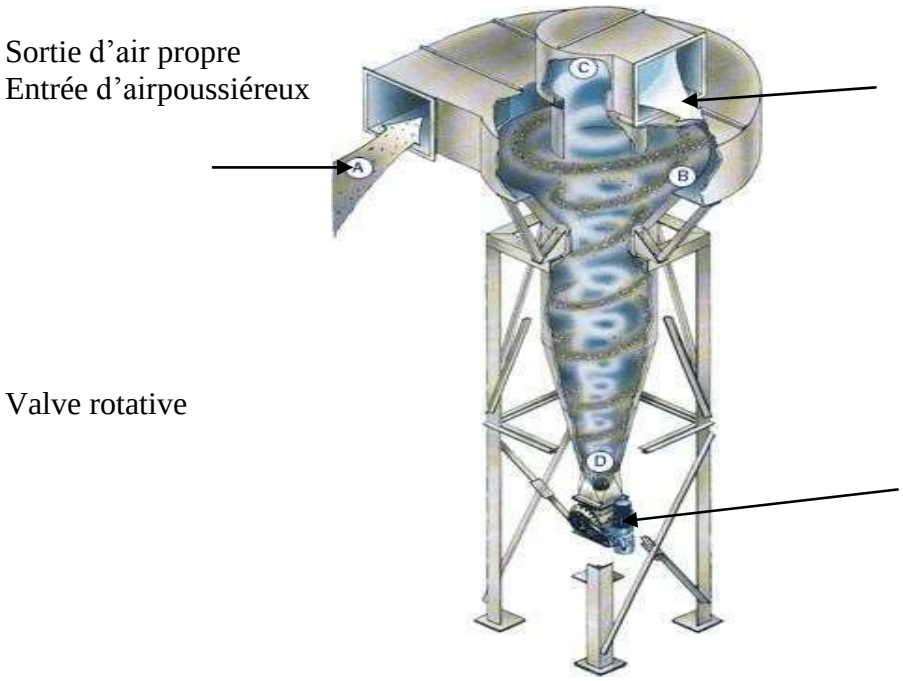


Figure 2.1: Schéma de principe d'un cyclone [5]

Le diamètre du séparateur cyclone est le facteur le plus important pour obtenir un bon dépoussiérage. Pour une perte de charge donnée, le rendement du dépoussiérage est d'autant plus élevé que le diamètre de l'appareil est petit, car l'accélération centrifuge est inversement proportionnelle au rayon de giration. Les accélérations centrifuges utilisées dans les appareils modernes varient de 5 à 2500 fois l'accélération de la pesanteur, selon le diamètre du cyclone. La tendance actuelle est à l'adoption de cyclones de faible diamètre; mais pour obtenir un débit volumétrique suffisant on utilise plusieurs cyclones en parallèle. Pour un dispositif donné, l'augmentation de débit gazeux, donc la vitesse d'admission, entraîne normalement une augmentation du rendement, mais au prix d'une augmentation de la perte de charge. L'application pratique des séparateurs cyclones est donc limitée par la perte de charge réalisable avec les ventilateurs commerciaux. Cette limitation impose généralement une vitesse d'admission de 6 à 21 mètres par seconde; l'appareil est normalement conçu pour une vitesse de 15 m/s. La pratique courante a conduit pour les cyclones modernes à des pertes de charge variant de 1 à 20 fois la charge de vitesse à l'admission, suivant les proportions géométriques de l'appareil et l'efficacité du dépoussiérage souhaitée.

Les paramètres à surveiller pour garantir l'efficacité de ce dispositif sont donc [11]:

- La hauteur du cyclone qui détermine le temps de séjour du fluide en son sein,
- La vitesse tangentielle du fluide,
- Le diamètre du corps du cyclone.

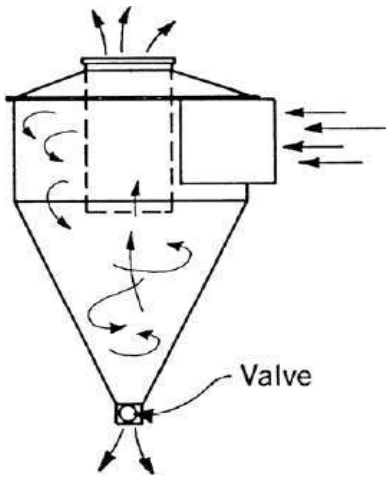


Figure 2.2: Schéma d'un cyclone [11]

On peut distinguer les divers types de cyclones, en fonction du mode de déplacement relatif des poussières et du gaz porteur. En effet, lors de la séparation, ces deux constituants peuvent cheminer dans le même sens d'écoulement ou non.

Selon ces deux cas considérés, les cyclones peuvent être :

- A retournement de flux : dans ce cas, on a une entrée tangentielle extérieure par volute ou hélicoïdale par-dessus du mélange. A la séparation, les gaz sortent par une cheminée centrale par le dessus et les poussières sont évacuées à la base d'une partie conique,
- De type axial : ici, l'entrée du mélange se fait à une extrémité puis la sortie des gaz au centre et des poussières à la périphérie de l'autre extrémité.

a. Performances

Les cyclones sont des appareils simples et fiables, bien qu'il existe des risques de colmatage et d'accumulation de particules. Leur efficacité dépend pour une bonne part de la taille des particules présentes dans les fumées. Leur rendement de captation est d'environ 98,5 % pour des particules de 20 microns mais tombe rapidement à 65 % pour des particules de 10 microns. Les dimensions des poussières dépendent de la granulométrie du combustible utilisé.

b. Avantages

- Température des fumées est illimitée,
- Solution simple, souvent directement intégrée à la chaudière,
- Le coût inférieur à 5 % du montant des équipements chaudière bois et ses annexes,
- Le coût d'exploitation est approximativement nul.

c. Inconvénient

- Performances limitées.

2.1.2. Séparateurs à effet électrique

Les séparateurs électrostatiques, comme leur nom l'indique, utilise un champ électrique pour dissocier les particules du gaz transporteur. Ils ne regroupent que deux catégories de séparateur à effet électrique :

- Les séparateurs électrostatiques humides (wet électrostatic persipitator WESP).
- Les séparateurs électrostatiques secs (électrostatic persipitator ESP).

Les séparateurs électrostatiques humide sont 10 fois plus performants que les séparateurs électrostatiques secs (ESP) car pouvant assurer le captage des poussières de 0.1 à 1 μm suivant la tension appliquée. Les précipitations électrostatiques utilisent les forces électrostatiques pour séparer des particules de la poussière des gaz de l'échappement. Les particules aéroportées reçoivent une charge négative lorsqu''ils traversent le champ ionisé

entre les électrodes. La matière rassemblée sur les électrodes est retirée en tapant les électrodes ou par vibrations soit continuellement soit à un intervalle déterminée. Le lavage d'une précipitation peut habituellement être fait sans interrompre la circulation d'air.

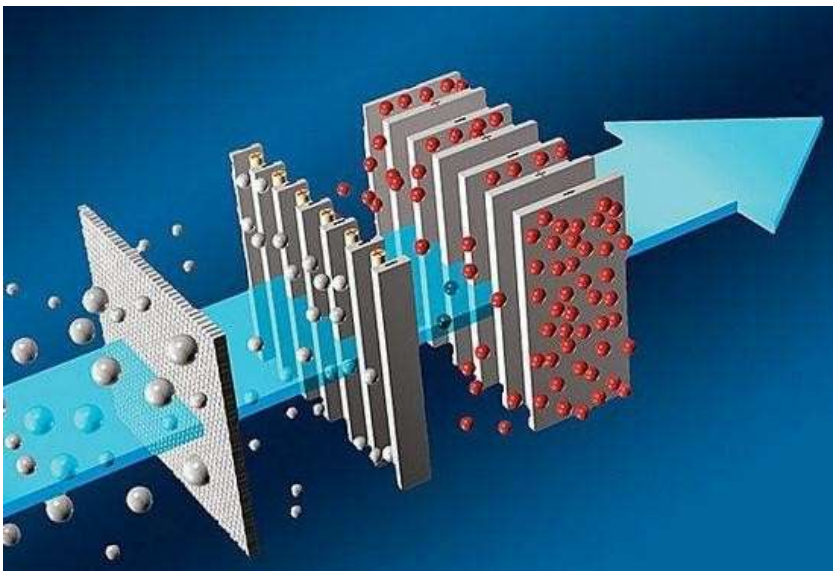


Figure 2.3: Principe de la séparation électrostatique [12]

La poussière déposée sur les électrodes collectrices profilées est éliminée cycliquement et évacuée ainsi de l'écoulement de gaz. Grâce à la formation de « pièges » sur les électrodes collectrices, ceci empêche tout réentraînement ou « Réentrainement » des particules déjà séparées. Les électro filtres sont ainsi particulièrement adaptés à la séparation de poussières fines provenant des courants de gaz.

2.2.2.1 Electro filtres

La conception des électro filtres pour le dépoussiérage des gaz de fumée selon les processus de combustion exige. Un grand savoir-faire en matière de recherche, car une multitude de paramètres doivent être pris en considération. Il faut considérer, d'une part, les paramètres des gaz de fumée ayant une influence directe sur la capacité de séparation et sur la composition des cendres, et d'autre part, les conditions générales du processus.

a. Principe

L'électro filtre est constitué de plaques métalliques verticales de grande dimension entre lesquelles circulent les fumées chargées en poussières. Les plaques sont alternativement reliées à une source électrique continue (pour les plaques émettrices) et à la masse (pour les plaques réceptrices). Le champ électrique qui en résulte exerce sur les poussières chargées électriquement une force qui les précipite sur les plaques réceptrices

où elles viennent s'accumuler. Des marteaux frappent régulièrement les plaques pour décoller les poussières qui tombent dans des trémies à la base du caisson de l'électrofiltre.

Les effluents gazeux débarrassés des poussières sont évacués par la cheminée via le ventilateur de tirage qui met en dépression la ligne de traitement. Pour éviter les risques de colmatage la trémie et l'ensemble du dispositif d'évacuation doivent être parfaitement bien calorifugés et équipés d'un dispositif de chauffage par cordons électriques, comme pour le filtre à manches. Le gaz de fumée chargé en poussière entre horizontalement dans le filtre via les déflecteurs de gaz et est divisé de manière uniforme en plusieurs« gaz », qui sont formés par les parois des électrodes collectrices mises à la terre. Au milieu de chacun de ces « gaz » se trouvent des électrodes émettrices, sur lesquelles est présente une tension négative élevée et qui ionisent le gaz par une décharge en couronne.

La figure 2.4 présente les composantes de l'électrofiltre.

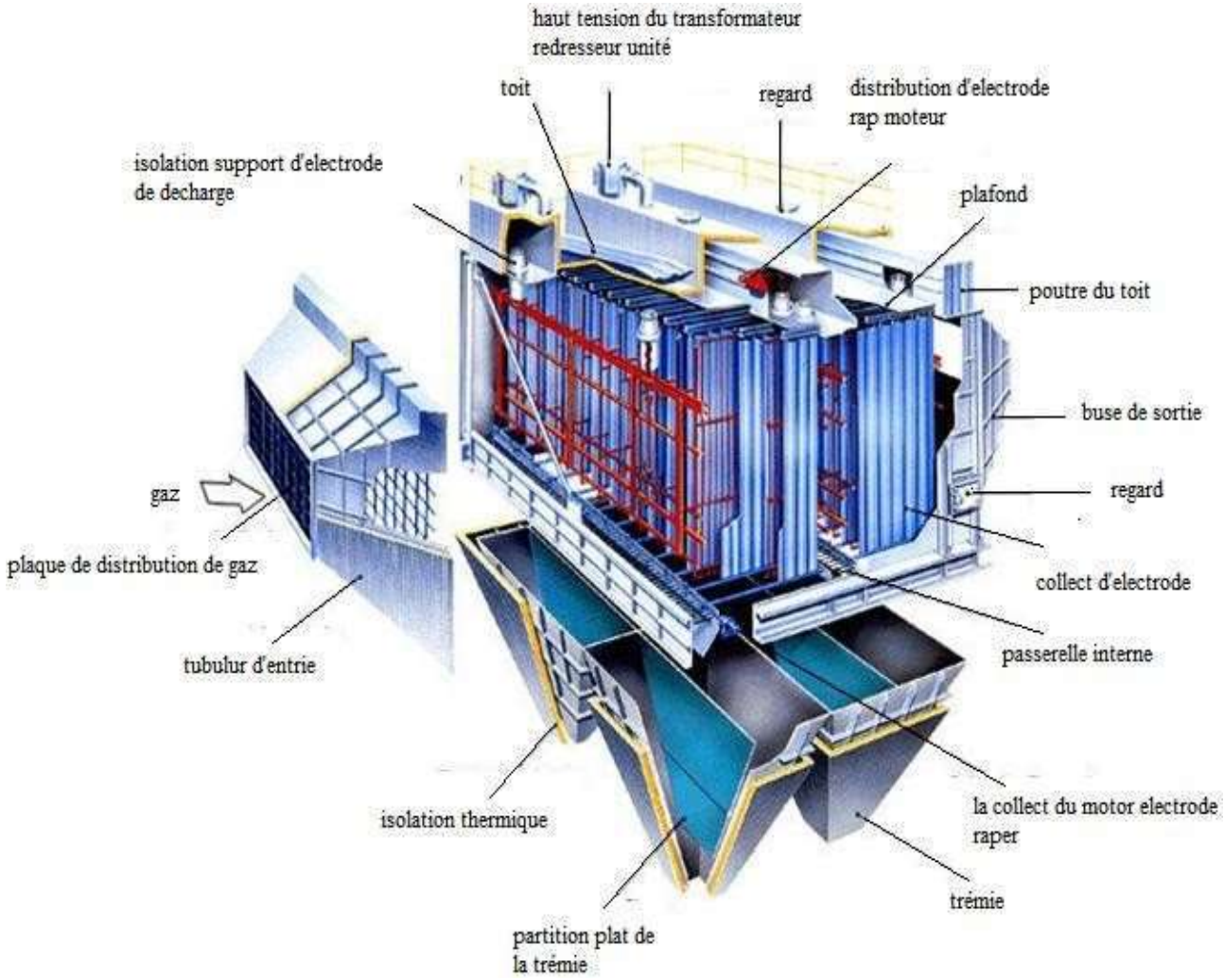


Figure 2.4: Schéma de principe d'électrofiltre

Les particules de poussières sont, chargées négativement lors de l'apparition d'ions gazeux, puis déposées sur les électrodes collectrices chargées positivement. La couche de poussières qui s'est déposée sur les électrodes collectrices est éliminée périodiquement au moyen d'un secoueur, puis elle tombe dans la cuve collectrice de poussières et est évacuée via un convoyeur à vis sans fin. Afin d'éviter les dépôts sur les électrodes émettrices, ceux-ci sont également éliminés via un secoueur propre.

b. Performances

L'électrofiltre garde de bonnes performances pour les particules de petite taille. Le rendement de captation est de 95 % pour des particules de 0,1 microns. En théorie, chaque champ d'électrofiltre a un rendement de captation de l'ordre de 90 %. Cependant, ce rendement diminue si la concentration des poussières augmente. C'est pourquoi le multi cyclone est généralement conservé en amont d'un électrofiltre pour garantir une concentration connue en entrée et limiter sa taille. Les seuils de performance garantis peuvent être de 30, 50 ou 100 mg/Nm3 à 11% d'O_2. Il est possible de garantir des valeurs inférieures à 20 mg/Nm^3 à 11% d'O2 mais pour des surcoûts importants. Les seuils de performance variant en fonction de la nature du combustible, l'électrofiltre est donc dimensionné, contrairement à un filtre à manche, ce qui lui donne moins de souplesse d'utilisation. L'électrofiltre travaille généralement à des températures comprises entre 230 et 350°C. La température maximale est environ du 450°C.

c. Avantages

- Résistance au gaz chaud (jusqu'à 300 0 C),
- Capacité de séparation élevée (degré de séparation supérieur à 99 %),
- Frais de fonctionnement réduits en raison de la faible perte de pression (et donc de la puissance du ventilateur),
- Frais d'entretien réduits (pas de manches filtrants de remplacement nécessaire),
- Grande durée de fonctionnement et grande disponibilité,
- Pas de perte de pression.

d. Inconvénients

- Encombrement (vitesse d'écoulement des gaz faible donc volume élevé),
- Coût de génie civil élevé, lorsque le filtre est placé en intérieur,
- Coût d'investissement minimal incompressible quel que soit la puissance de lachaudière (limite 1 MW),
- Habilitation électrique nécessaire pour la maintenance (haute tension).

2.1.3. Séparateurs à média filtrant

Le dépoussiéreur à media filtrants est le système de filtration le plus utilisé dans l'industrie Pour éliminer les particules solides présentent dans les effluents gazeux avant leur rejet dans L'atmosphère ou un recyclage dans les ateliers de travail.

Les séparateurs à média filtrants sont tout aussi diversifiés, Pour des concentrations de poussières très élevées, on parlera, dans le langage courant industriel, de dépoussiéreurs. Ce sont des dispositifs qui utilisent l'effet de l'auto filtration. En effet, Les poussières se séparent des gaz par elles-mêmes en se déposant sur un support poreux ou médium pour former le gâteau de poussières. Un dépoussiéreur est constitué de media filtrants se présentant généralement sous la forme de manches.

2.2.3.1 Filtres à manches

Les filtres à manches permettent d'atteindre des rejets en poussières inférieurs à 1mg/Nm^3. Ils sont donc la technologie la plus adaptée actuellement pour satisfaire aux renforcements des exigences de rejet sur les particules fines.

Une manche filtrante est constituée d'une armature métallique sur laquelle un média filtrant est mis en place. La température des gaz en entrée du filtre est un paramètre dans le choix du média filtrant car une température de fonctionnement élevée peut entraîner la détérioration des manches.

Tableau 2.1: Classement des fibre a partir la résistance au température [13]

TYPE DE MEDIA FILTRANT	TEMPERATUREMINIMALE	TEMPERATURE MAXIMALE
Coton	90°C	120°C
Laine	100°C	130°C
Polyamides	100°C	110°C
Polyester	150°C	180°C
Verre	250°C	310°C
Poly aramides	200°C	250°C
Fluorocarbures	260°C	280°C
Polypropylène	100°C	120°C

Le fonctionnement cyclique de ces dépoussiéreurs consiste en une alternance de cycles de colmatage et de décolmatage. Les poussières filtrées entraînent un colmatage du medium présentant deux régimes :

- Un colmatage en profondeur (irréversible),
- Un colmatage de surface (réversible) au cours duquel les particules se déposent en une couche appelée gâteau de filtration.

La seconde phase de fonctionnement d'un dépoussiéreur industriel est le décolmatage dont l'objectif principal est de décoller les particules collectées en surface du medium filtrant pendant l'étape de colmatage En dehors de la maîtrise de la durée de vie des manches, paramètre primordial intervenant dans le coût d'exploitation, un point technique à maîtriser est le décolmatage des manches ,qui est assuré par deux moyens :

- ***Décolmatage on-line :***

Cette technologie s'est imposée largement sur le marché depuis les années 60 grâce à la qualité des médias utilisés pour la fabrication des manches et à la mise au point du nettoyage par impulsion de gaz (pulse-jet en anglais).

Elle consiste à injecter un jet d'air comprimé dans l'axe de la manche pendant 100à 500ms, ce qui provoque le décrochement du gâteau de poussières.

Ce type de décolmatage préserve la capacité de filtration et maintient la perte de charge plus constante, car une fraction très limitée des manches est affectée à chaque impulsion.

- ***Décolmatage off-line :***

Cette technique nécessite de compartimenter le filtre et d'isoler chaque compartiment pendant Le décolmatage, qui est assuré par un contre-flux des gaz. L'inconvénient de cette technique est son coût, par rapport au décolmatage on-line, et le fait que son efficacité meilleure élimine complètement le gâteau, ce qui diminue temporairement l'efficacité de filtration et crée des variations de pertes de charge importantes.

a. Principe

Les fumées chargées en poussières pénètrent dans le filtre à manches. Ce dernier est constitué de plusieurs cellules de filtration comprenant chacune des rangées de manches ou poches filtrantes. La nature des manches dépend de la température des fumées et de leur composition chimique. Les gaz sont tout d'abord dirigés vers les différentes cellules puis traversent les manches, de l'extérieur vers l'intérieur. Les poussières s'accumulent en gâteau sur le média filtrant. La collecte des gâteaux de filtration est effectuée régulièrement par soufflage d'air comprimé à l'intérieur des manches. Les poussières sont collectées dans une ou plusieurs trémies en partie basse des caissons. Après dépoussiérage, les fumées sont évacuées par la cheminée. La figure 2.6 présente le schéma de principe d'un filtre à manche.

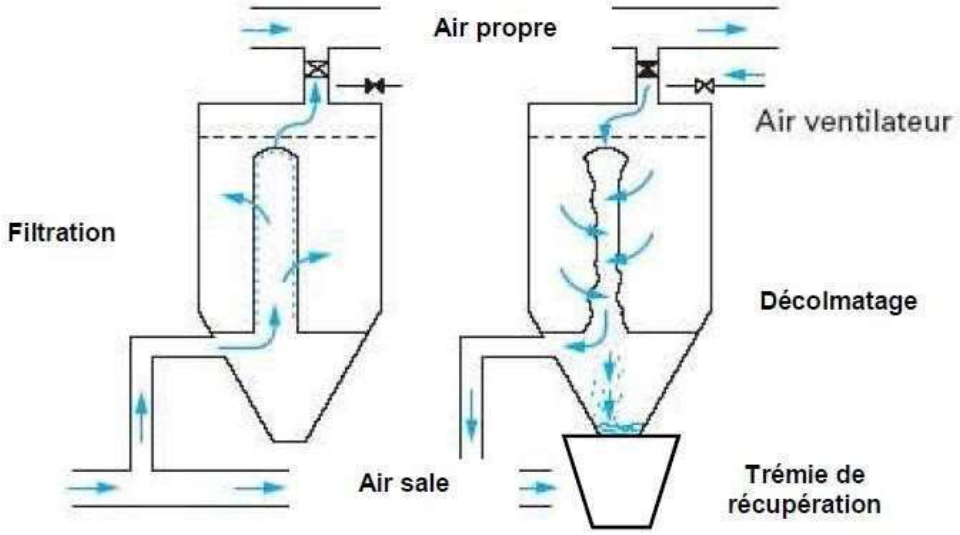


Figure 2.5 Schéma de principe d'un filtre à manche [14]

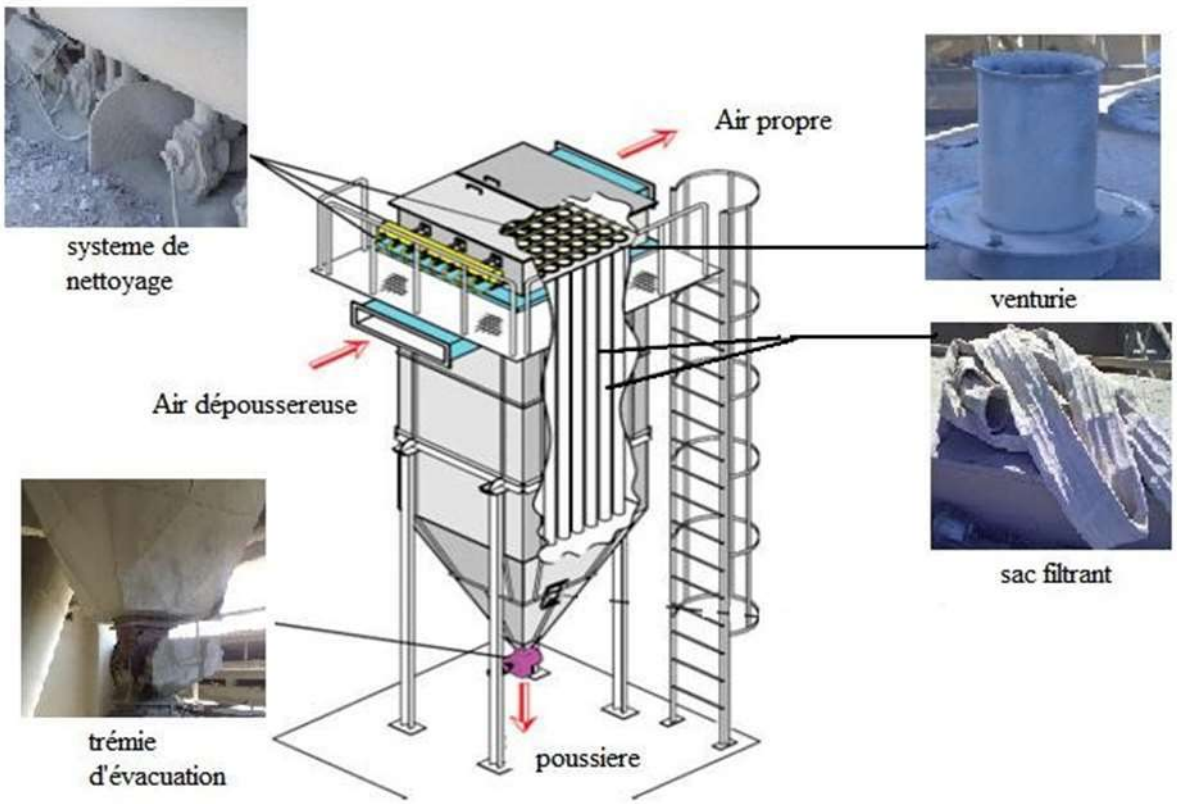


Figure 2.6: Schéma de filtre à manches

b. Avantages

- Performance garantie élevée (jusqu'à 10 mg/Nm3 à 11% d'O_2) indépendantes de la concentration en poussières dans le flux Seuil de rejet constant en sortie,
- Coûts d'investissement moins élevés qu'un électro filtre à débit d'air et seuil de rejets identiques,
- Coût d'investissement dépendant du nombre de manches, donc fonction de la puissance de la chaudière,
- Montant fortement dépendant de la température des fumées,
- Encombrement moindre qu'un électro filtre.

c. Inconvénients

- Risque incendie, nécessité d'un système de détection et d'extinction incendie,
- Forte pertes de charge nécessitant d'augmenter sensiblement la puissance du ventilateur d'extraction,
- Sensible aux polluants acides,
- Consommation d'air comprimé,
- Coût d'exploitation élevé (durée de vie de manches d'environ 3 à 5 ans),
- Nécessite parfois un système de refroidissement des gaz en entrée (en fonctiondu média filtrant et de la température des fumées),
- Risque de condensation dans les manches, ce qui crée de la corrosion. Le tableau 2.2 récapitule les principales propriétés de chaque méthode de séparation.

Tableau 2.2: Comparatif des méthodes de séparation

Systèmes	Coût	Performance de séparation	Encombrement	Coût de la maintenance
Cyclone	Très faible	Mauvaises	Important	Négligeable
Multi- cyclone	Faible	Médiocre	Réduit	Faible
Électro-filtre	Important	Élevé	Très important	Moyen
Filtres à manches	Élevé	s élevé	Important	Important

2.3 Matériel de filtration de la cimenterie de chlef

Le parc matériel de filtration de la cimenterie de chlef ECDE est un ensemble très vaste. Au total, dans l'usine, répertorie plus de 30 filtres à manches. Ces dispositifs ont des capacités de charge variantes selon les points de dépoussiérage considérés, de l'approvisionnement en matières premières jusqu'à l'ensachage du ciment. Les étapes de traitement les plus concernées sont :

- Le concassage primaire (zone carrière),
- Le broyage de matières (zone broyage cru),
- Le four rotatif (zone cuisson),
- L'expédition.

Les différents types de filtre à manche (FAM) utilisés par l'usine éparpillés par zone sont donnés par le tableau suivant :

Tableau 2.3: Classement des FAM par zone

Atelier	Equipement de dépoussiérage	Référence	Atelier	Equipement de dépoussiérage	Référence
Zone carrière	FAM concasseur	11Q001	Zone broyeur ciment	AM broyeurclicker	16Q003
	FAM jetee11P007	11Q007			16Q004
Zone broyage cru	2 FAM silo homo	12Q011		2 FAM jetée	16Q010A
		12Q013			16Q010
	AM presse àrouleaux	02-10		FAM silociment	16Q011
					16Q012
					16Q013
	FAM Additionnel	12Q014			
Zone cuisson	2 FAM sortie refroidisseur	14Q007	Zone Expédition	M Aero vracroute	17Q027
		14Q008			17Q028
tockageclinker	2 FAM bull	14Q005		4 FAM vrac route	17Q012
					17Q013
					17Q014
					17Q015
		14Q006		3 FAM Elevateur	17Q024
					17Q025
					17Q026
				4FAM Ensacheuse	17Q006
					17Q007
					17Q008
					17Q009

La figure suivante donne une répartition des filtres à manche par zone :

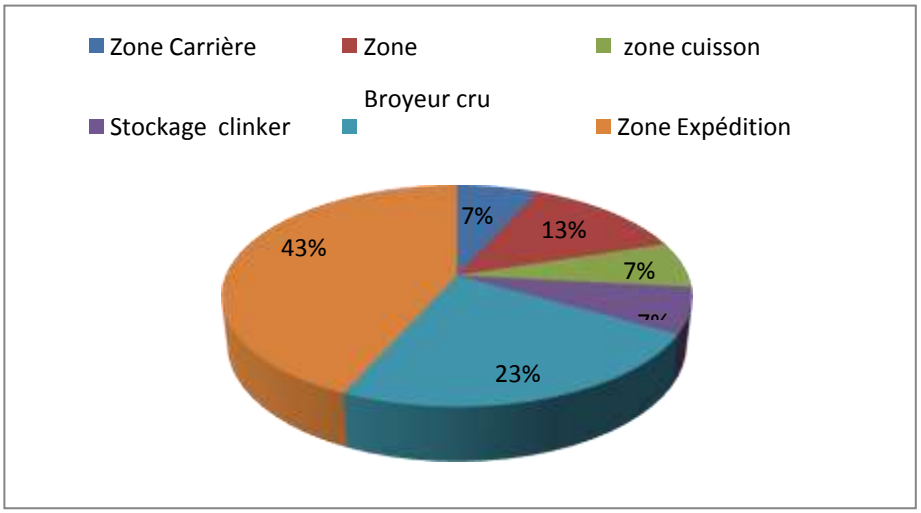


Figure 2.7: Répartition des FAM dans les différentes zones

Comme on peut classer les filtres à manche au niveau de l'entreprise, par concepteur :

- Filtre à manche HAZMAG,
- Filtre à manche AAF,
- Filtre à manche REDECAM.

Chapitre IV :Le choix de filtration et leur impact environnemental sur la région de chlef

IV. 1.Introduction :

L'ECDE dispose d'une déclaration de politique environnementale qu'elle s'engage à appliquer en vue de réduire les risques sur l'environnement.
A cet effet, on va choisir le meilleur type de filtration en utilisant la méthode avec agrégation partielle, en précision la méthode Electre 01 cette méthode qui nous aide à faire le bon choix de filtration suite à des critères d'environnement (15mg/NM3) et de cout d'achat et le cout d'exploitation. Après on va voir l'impact de ce choix sur l'environnement de cette région qui a beaucoup souffert de cette poussière.

IV.2 . le choix de filtration :

On a 4 type de filtration souvent utilisé dans l'industrie cimentière de l'Algérie montré comme suit dans le tableau (1)

Type de filtration	Cout d'achat (M d'euro)	Performance de filtration(mg/Nm3)	Cout d'exploitation par (M de DA)
cyclone	3	48	3
Multi-cyclone	4	40	5
Électrofiltre	5	35	7
Filtre a manche	7	15	8

Tableau (1) :comparaison entre les type de filtration dans l'industrie cimentière

IV.2.1 les méthodes avec agrégation partielle :

Une seconde attitude est de respecter l'incomparabilité et l'intransitivité… au prix de la clarté des résultats ! En effet, cette technique ne permet pas d'obtenir un résultat indiscutable comme on s'y attend en général, pour tout ce qui est à base de mathématique (Schärlig, 1985). Ici, on cède donc sur la clarté. Comme on se contente dans ce cas d'appréhender partiellement les conséquences des divers jugements, cette attitude est dite d'agrégation partielle. D'autres (Roy, 1985 ; Maystre et al., 1994) l'appellent encore "approche du surclassement de synthèse acceptant l'in comparabilité" ou "méthodes de surclassement" (Vincke, 1989). Dans cette approche, la technique consiste à comparer les actions deux à deux et à vérifier si, selon certaines conditions préétablies, l'une des deux actions surclasse l'autre ou pas et ce, de façon claire et nette. À partir de toutes ces comparaisons, on tente ensuite de réaliser une synthèse. Les méthodes d'agrégation

partielle vont donc se différencier par leur façon de réaliser ces deux étapes. Le lecteur désirant connaître toutes les méthodes de cette approche se réfèrera à la synthèse de Siskos et al. (1983) (167 références)

IV.2.2 la méthode Electre 01 :

parmis les méthodes les plus utulisé dans l'agrégation partielle ,la méthode Electre 01 cette méthode repose sur le principe de Condorat (1785):

- Une action en surclasse une autre si elle est au moins aussi bonne que l'autre relativement à une majorité de critères, sans être nettement plus mauvaise que cette autre relativement aux autres critères.
- On s'intéresse donc à chaque action de l'ensemble et on la compare à toutes les autres.
- La comparaison se fait par paire ordonnée (a p/r b≠b p/r a) et on se demande alors si l'action **a** surclasse ou non l'action **b**

Phase 1 : les jugements

- Déterminer des critères cohérents.
- Attribuer des poids aux différents critères considérés
- Évaluer chaque action aux yeux de chaque critère et élaborer la matrice

Les choix	Cr1	Cr2	Cr3
V1	7	0.5	8
V2	5	4	6
V3	4	6	5
V4	3	8	4

Tableau (2) : les critères de chaque type de filtration selon leur échelle

Phase 02 :Le poids de chaque critére

L'aspect environnementale joue la grand partie dans le poids de choix qui donne 60% de poids total et le critére de cout d'achat 30% reste 10% pour le cout d'exploitation.

Phase 3 les indices :

1- Indice de conconrdance :

	V1	V2	V3	V4
V1	-	0.4	0.4	0.4
V2	0.6	-	0.4	0.4
V3	0.6	0.6	-	0.4
V4	0.6	0.6	0.6	-

2- Indice de discordance :

	V1	V2	V3	V4
V1	-	0.46	0.73	01
V2	0.26	-	0.26	0.53
V3	0.46	0.13	-	0.26
V4	0.46	0.26	0.26	-

Phase 4: seuils de surclassement

• Fixer un seuil de tolérance pour les indices de concordance exprimant le minimum de concordance requis.

• Fixer un seuil de tolérance pour l'indice de discordance exprimant le maximum de discordance toléré

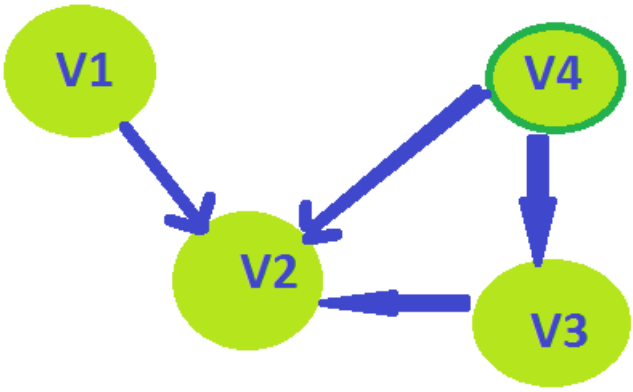
• Examiner toutes les paires ordonnées d'après le seuil et ne conserver que celles passant le filtre.

Le seuil de tolérance :

Indice de concordance p=0.5

Indice de discordance q=0.4

Donc on obtient les résultat suivant:



Dans ce cas le choix à retenir serait les filtres à manches V4

IV.2.3.Impact environnemental des filtre a manche :

ECDE chlef se prépare à être certifiée aux normes environnementales ISO 14001, pour cela ECDE direction générale a investi un grande budget pour atteindre les critére environnemental de cette ISO 14001 .

A cette effet ECDE a investi dans les filtre a manche qui répond à la norme demandé (30mg /Nm3) mais reste toujours le problème de cout d'exploitation qui est trop élevé.



Figure IV.1 : filtre à manche

IV.2.4 Caractérisation des particules de poussières

Pour déterminer la provenance des poussières prélevées des 7 points de surveillance, nous avons procédé à l'analyse chimique des échantillons. La composition chimique des

poussières prélevées sur les plaquettes et celle adoptée comme référence par le laboratoire de l'ECDE est donnée par le tableau(3).

STATION	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	PAF	SO_3
1	6O,96	16,70	4,98	3,78	0,84	37	0,044
Référence	61 - 64,5	17 – 23	2,5–05	02-3,5	0,5–01		01–02
2	59, 34	16,42	5,13	3 ,78	0,84	47	0,073
Référence	61 - 64,5	17 – 23	2,5–05	02-3,5	0,5–01		01–02
3*	-	-	-	-	-	-	-
4	39,143	2,61	3,028	2,371	0,96	29	0,0483
Référence	41,5-43,5	12–16	02-3,5	1,5–03	0,5-1,5		0,05-0,08
5	49,63	1,65	3,634	3,085	0,96	27	0,83
Référence	41,5-43,5	12–16	02-3,5	1,5–03	0,5-1,5		0,05-0,08
6	37,88	16, 35	3,32	2,60	1,91	34,52	0,06
Référence	41,5-43,5	12–16	02-3,5	1,5–03	0,5-1,5		0,05-0,08
7	39,87	15,94	3,02	2,36	1,19	39,05	0,024
Référence	41,5-43,5	12–16	02-3,5	1,5–03	0,5-1,5		0,05-0,08

Tableau (3) : Composition chimique de la pousiére de cimenterie de chlef

La comparaison des valeurs des constituants des particules de poussières montre une corrélation entre la composition chimique des échantillons des stations 1 et 2 et les composants de ciment, tandis que les stations 4, 5, 6 et 7 montrent une corrélation avec les composants du cru, ce qui est plausible, vu que ces stations sont situées dans les zones trémies cru, mélange (calcaire + argile) et stockage des ajouts. Les stations 1 et 2 sont situées dans les zones où le trafic des camions d'expédition de ciment est très fréquent (pont bascule et zone commerciale), donc la majorité des poussières proviennent de la circulation des camions ainsi que par l'envol de ciment. Ces résultats prouvent clairement que les particules de poussières recueillies au sein de la cimenterie sont engendrées par la fabrication du ciment.[Henni-Chebra K et all]

IV.3 La notion d'environnement et écologie:

L'environnement est l'ensemble des choses et des phénomènes qui sont localisés dans l'espace, alors que l'écologie est une discipline scientifique qui étudie les conditions d'existence des êtres vivants, les interactions qui régissent la vie de ces êtres dans leurs milieux.

«Le total de toutes les influences et les circonstances, une influence directe et indirecte étrangères à la vie et la croissance des organismes vivants ».

On comprend par cela que l'environnement correspond aux facteurs essentiels à chaque organisme ; car il est destiné à des facteurs vitaux de tous les êtres vivants (visibles et invisibles) dans les différents médias environnementaux, mais les facteurs abiotiques sont destinés à l'eau, à l'air et au sol.

Dans ce cadre, l'économiste COOPER voit que l'environnement se compose de trois éléments qui se chevauchent les uns avec les autres:

- L'environnement comme une source de divertissement et de jouissance du paysage,

- L'environnement comme une ressource naturelle,

- L'environnement en tant que dépositaire pour économiser sur les déchets.

Alors que d'autres voient l'environnement comme un stock des ressources naturelles, les ressources humaines disponibles dans le lieu et l'heure précises et prêtes à être utilisées et satisfaire les besoins des humains.

Economie et écologie tentent aujourd'hui de ce couvrir l'une à l'autre, il s'agit de chercher à élaborer une réelle synthèse entre deux disciplines, une économie écologique ou se mêlent version naturaliste, écologie globale et conception critique et élargie des phénomènes écologique.

✓ **L'environnement naturel**: notamment la terre, y compris les conditions pédologiques et climatiques de la température et du vent, les plantes et les animaux, ainsi que les ressources des terres et des ressources énergétiques, les voies navigables, les niveaux de pollution des sources naturelles et leur relation avec les différentes vies.

✓ **L'environnement social** : notamment les caractéristiques sociales de la société et de la taille de la distribution, ainsi que les services communautaires comme les installations de transport et les services culturels, politiques, sanitaires, commerciaux….

✓ **L'environnement esthétique** : les parcs, et les aires de loisirs et les espaces verts.

✓ **L'environnement économique :** notamment les diverses activités économiques telles que les différents facteurs de production comme fonds d'amorçage, la technologie, l'emploi de la terre et l'entrée de la suite nationale et individuelle sans oublier l'impact sur le bien-être économique.

Selon cette définition, il est clair que l'environnement n'est pas seulement lié aux ressources humaines à partir desquelles on peut déduire les éléments de sa vie, mais aussi la relation de l'homme qui organise par des institutions sociales les coutumes, les mœurs, les valeurs des religions.

On conclut que le concept de l'Environnement de Stockholm est un concept large qui englobe toutes les idées de l'homme dans leur environnement naturel, mais on note par le texte suivant:

* Les grandes mesures qui traitent de l'intérieur des membres, des mêmes droits, des sentiments, de la culture et autres.

* Malgré cette ampleur il n'a pas été abordé dans le modèle social des fondateurs et des médias de l'environnement dans lesquels ils vivent ainsi que les impacts réciproques entre eux.

IV.4 La notion d'environnement dans la législation algérienne:

Est définie par la loi du 10/03 en Juillet 2003 sur la protection de l'environnement dans le contexte du développement durable dans le Journal officiel n°43 de 2003 "Article 04" à lieu au paragraphe 07.

Après l'innovation scientifique et industrielle dans le monde entier ces dernières années, en particulier dans le siècle dernier, l'environnement est devenu la nouvelle valeur de la société qu'on cherche à préserver et protéger, contre tous les actes qui constituent un préjudice, et cette valeur reflète d'un fait dans la plupart des législations des États ; en adressant le concept d'environnement scientifique, les deux derniers éléments sont la définition de base de l'environnement naturel (milieu naturel) et la composante industrielle (ou comme certains l'appellent l'élément humain) culturel ou l'environnement social.

1) Le premier élément comprend à Dieu, la diffusion dans l'univers sans l'intervention d'un aspect humanitaire, tels que: montagnes, vallées, océans, rivières, soleil, air ainsi que les organismes vivants (humain, animal, végétal.)

2) Le deuxième élément de l'environnement pour l'homme comprend la physique qui construit par des endroits l'environnement, en plus les systèmes sociaux et les institutions établies par les matériaux.

Et il est censé inclure la définition juridique de l'environnement et ses éléments, le contenu de l'environnement étant un dual de la notion du statut juridique, et un fait que les régimes

législatifs différencient dans la perception de l'environnement et ses composantes, certains de ces systèmes ont une conception large de l'environnement pour en comprendre: l'actualisation de l'environnement naturel et industriel.

Par exemple, le législateur koweïtien définit l'environnement dans le premier article de la loi n° 62 de 1980 sur la protection de l'environnement en tant que: "la biosphère, qui comprend les organismes des humains et des animaux, des plantes, et le tout entouré d'air, de l'eau et du sol et la teneur en matières solides, liquides ou gazeuses dans des installations fixes et mobiles hébergés par droits ». D'autres, tels que les systèmes tentent d'adopter une conception étroite de l'environnement pour représenter l'environnement et la relation de l'environnement naturel juste en dessous le centre de l'industrie ; par exemple, le législateur libyen définit l'environnement dans le premier article de la loi n° 07 de 1982 sur la protection de l'environnement "c'est le milieu de vie où les êtres humains et tous les organismes vivants en inclut l'air , le sol et la nourriture. " Le législateur polonais dans le premier article de la loi sur la protection du milieu de 1980, définit l'environnement comme : "les éléments naturels, en particulier, terres, sols, mines, eau, air, faune et flore.

Quant à la position du législateur algérien, elle peut être résumé par l'article 04 de la loi n°10/03 de 19 Juillet 2003 sur la protection de l'environnement dans le contexte du développement durable qui le définit comme suit: "il se compose de l'environnement des ressources naturelles, abiotiques et vitales, l'air et l'atmosphère, l'eau, la terre et le sous-terrain, la flore et la faune, y compris le patrimoine génétique et les formes d'interaction entre ces ressources ainsi que les lieux et les paysages et les éléments naturels". Il ressort de cette définition que le législateur algérien a tendance à étendre le concept de l'environnement, On note bien qu'il découle de cet article une omission du législateur algérien qui parle des droits, en outre ; se référant à l'objectif environnemental qui était vague et très limité ; seulement on parle de l'environnement bâti sur le patrimoine génétique et les lieux, où il parle du reste des composantes de l'environnement et de la substance.

IV.5 La relation entre l'environnement et les concepts les plus proches :

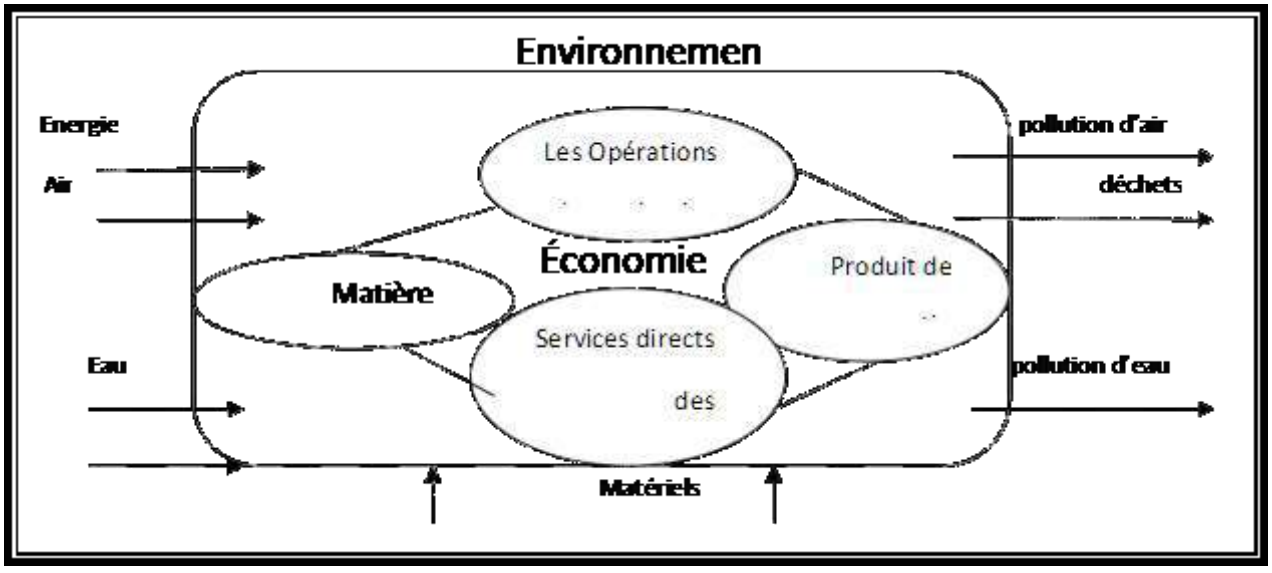
La réalisation d'études environnementales dans l'attention contemporaine augmente depuis les années soixante-dix du vingtième siècle, plus spécialement à la conférence de Stockholm sur l'environnement humain en 1972 ; depuis la réalisation d'étude sur l'environnement, un ensemble de concepts qui sont pertinents pour l'environnement et étroitement liés à des problèmes contemporains, sont d'intérêt pour les fonctionnaires,

scientifiques et les gens en général, à ces questions l'impact négatif touchant l'avenir de l'humanité tout entière, et comme tel, il doit être relégué en abordant le concept de la linguistique, scientifique et juridique ; un diagramme d'explication des concepts liés notamment par la nature de l'environnement, l'écologie et le développement durable dont ces concepts sont définis par le législateur algérien dans la loi n° 10/03, il n'y a aucun doute à essayer d'expliquer et de clarifier les concepts qui donneront une vision claire des dimensions profondes des problèmes environnementaux contemporains ; à travers cette étude que nous avons décidé de répartir comme suit:

1. L'environnement et l'écosystème.
2. Environnement et la nature.
3. Environnement et le développement durable.

IV.6 L'économie et l'environnement :

Le regard de l'environnement dans l'économie comme une propriété qui fournit une gamme de services, ils sont des atouts très spéciale, car ils fournissent des systèmes de vie pour assurer notre survie comme le cas du reste des actifs ; la prévention de la détérioration des valeurs assurent la continuité dans la fourniture de services. L'environnement fournit à l'économie des matières premières qui sont transformées en produits de consommation au cours du processus de production et l'énergie qui alimente le processus de transformation.
En général, ces matières premières et le retour de l'énergie à l'environnement sous forme de déchets illustré dans le figure ce qui suit:



Source : DONATO Romano, (2003), Economia ambientale e sviluppo sostenibile, Ministero del l'Agricoltura e della Riforma Agraria, NAPC, materiali per la formazione. La seconda fase, ROMA, page 45.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les émanations de poussières provenant de machines de traitement ont longtemps été un phénomène courant dans les entreprises de production telles que les cimenteries. Elles peuvent contribuer de façon significative à la dégradation de l'environnement et l'amplitude de cette contribution dépend des caractéristiques des gaz comme leur composition chimique.

Les particules fines ainsi rejetées n'étaient auparavant pas prises en compte dans le bilan des coûts économiques. En réalité, même pour les dispositifs récents de filtration et de récupération, la quantité de matières traitée s'évalue à l'échelle de la tonne par heure ; ce qui représente une partie non négligeable en terme de production. Pour l'atmosphère, toute cette poussière n'est qu'un facteur de détérioration de plus et qu'il faut impérativement maîtriser.

C'est dans ce contexte que s'est inscrit ce projet avec pour but majeur de comprendre et d'optimiser le phénomène du dépoussiérage et de la filtration aux Ciments Du chelf E.C.D.E , l'objet principal de cette étude a été de surveiller le comportement du dispositif de filtration le plus imposant de l'usine qui est le filtre à manches.

Nous avions consacré la première partie à une présentation sommaire de l'entreprise, de son mode d'organisation et de son processus de fabrication du ciment. Il s'en était suivi des généralités concernant le dépoussiérage et la filtration où nous avons fait l'inventaire de quelques équipements fonctionnant selon les théories de la filtration. Cela nous a permis de voir que les filtres à manches sont les dispositifs les plus efficaces quand il s'agit du traitement de fines particules avec des rejets à moins de 30mg/m^3 suivant les manches utilisées.

Les Ciments Du chelf E.C.D.E utilisent justement ce type de filtre tel que nous l'avons constaté dans le troisième chapitre. Ces filtres, qui forment près d'une cinquantaine, laissent paraître une certaine uniformité dans les principes de fonctionnement mais leur taille et leur capacité de traitement des gaz permettent

de les différencier et de juger de leur présence dans des points précis du processus de fabrication. L'un des plus importants filtres de l'usine est le filtre à manches sur lequel nous étions focalisés dans toute la suite.

Référence bibliographique

Référence bibliographique

[1] : « Documentation de la cimenterie ECDE Chlef ».

[2] : http://ecde.dz/presentation-ecde/#

[3] : NAGAI Consultant Co. LTD-JAPON, 1974, « Etude géologique détaillée des gisements d'argilites, de quartzite et de calcaire », Projet Cimenterie El Asnam.

[4] : C.E.T.I.M, 2020. « Rapport géologique actualisé du gisement de calcaire Sidi Laroussi ».

[5] : C.E.T.I.M, 2020, « Rapport d'exploration géologique actualisé du gisement d'argile Djebel Maiz ».

[6] : BOUALLA Nabila, 2011, « Etude de l'influence de l'ajout de la pouzzolane sur les caractéristiques physico- chimiques des ciments », mémoire Licence, Université des sciences et de la technologie d'Oran.

[7] : « Rapport de stage ».

[8] : KOUTTI Fateh, 2019, « Etude des méthodes d'analyse et contrôle de la qualité du ciment », mémoire de fin d'étude, Ecole nationale supérieure des mines et métallurgie Amar Laskri- Annaba.

[9] : Rompaey, 2006, « Etude de la réactivité des ciments riches en laitier, à basse températureet à temps court, sans ajout chloré », 372 pp, ULB, Bruxelles G. V.

[10] : https://www.febelcem.be/fr/ciment-applications/fabrication-du-ciment/

[11] : Ghomari. F, 2006, « science des matériaux de construction », cours en ligne, Universitéde Tlemcen.

[12] : HOLCIM, 2004, « production de ciment, priorité à la qualité, recours aux combustibleset matières premières de substitutions ».

Weboghraphies

[12] http://www.directindustry.fr

[13] http://www.RUBIFIL.com

[14] http://www.Biomasse-normandi.org