



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
Faculté de Sciences et Techniques de Fès-Saïss
Département de génie mécanique



Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention de la

Licence Sciences et Techniques

Spécialité : Conception et Analyse Mécanique

Thème :

Etude des surpresseurs de station d'air
de silo homogénéisation .

Lieu :

Usine HOLCIM

Fès

Présenté par :

- ZAROU BRAHIM

Encadré par :

- Mr. **DRISS MENKAL.**
- Mr. **ABDELHADI EL HAKIMI.**

Soutenu le 09/06/2016 devant le jury :

- Pr. **ABDELHADI EL HAKIMI.**
- Pr. **BILAL HARRAS.**

Dédicace :

Ce travail est dédié à l'âme de mon père.

Remerciement

C'est avec enthousiasme que j'ai effectué ce stage de fin d'études au sein de HOLCIM Ciment à l'usine de Fès. C'est alors avec reconnaissance que je présente mes remerciements à la direction du site, pour son accueil chaleureux et pour m'avoir offert cette occasion de stage.

J'exprime ma profonde gratitude et immense respect à mon encadrant à HOLCIM, **Mr. MENKAL**, pour m'avoir encadrées le long de toute la durée de ce stage, pour sa disponibilité et son soutien sans faille qui m'a grandement facilité la tâche, aussi pour son orientation et sages conseils qui m'a été d'une grande utilité.

Je tiens également, à exprimer mon ample reconnaissance et ma considération envers mon encadrant académique. **Mr EL HAKIMI**, pour l'intérêt avec lequel il a suivi la progression de ce projet, pour ses judicieuses directives, ses conseils efficaces qui ont mené à la réussite de ce travail.

Je remercie aussi tous les chefs d'équipes et tout le personnel de l'entreprise, qui ont contribué à l'élaboration de ce projet pendant mon stage, et qui m'ont donné toutes les facilités nécessaires pour conclure mon travail.

Finalement, je tiens à remercier **le corps professoral** compétant de la **Faculté des Sciences et Techniques de Fès**, et spécialement aux professeurs du **département génie mécanique**.

LISTE DES TABLEAU:

Tableau1 : historique de HOLCIM.

Tableau2 : fiche d'identité de HOLCIM.

Tableau3 : tableau des surpresseurs disponibles à HOLCIM.

Tableau4 : le nouvel emplacement des surpresseurs.

LISTE DES FIGURES :

Figure1 : organigramme de HOLCIM.

Figure2 : schéma général de fabrication de ciment.

Figure3 : carrière du calcaire.

Figure4 : atelier de concassage.

Figure5 : stockage de la matière première.

Figure6 : tour de préchauffage.

Figure7 : four rotatif.

Figure8 : broyeur à ciment.

Figure9 : un surpresseur.

Figure10 : les aeroglissieres.

Figure11 : couplage de deux surpresseurs en parallèle .

Figure12 : l'emplacement des surpresseurs au secteur ciment.

Figure13 : l'emplacement des surpresseurs au secteur farine.

SOMMAIRE :

INTROUDUCTION GENERALE	7
CHAPITRE I : PRESENTATION DE HOLCIM ET GENERALITE SUR LE CIMENT	8
I- Présentation HOLCIM.....	9
1- Bref historique de HOLCIM.....	9
2- Fiche d'identité de HOLCIM RES EL MA	10
3- Organigramme de HOLCIM	11
4- Les déférent types du ciment produits par HOLCIM	11
II- les processus de fabrication du ciment ..	11
1- Introduction..	11
2- Description du procédé utilisé par HOLCIM	12
Etape 1 : Préparation de la matière première	13
1.1- Carrière	14
1.2- Concasseur.....	14
1.3- Stockage de la matière première	15
Etape 2 : Broyage cru	15
Etape 3 :Préchauffage et cuisson	15
3.1- Préchauffage ;.....	15
3.2- Four rotatif.....	16
3.3- Refroidisseur à clinker.....	17
Etape 4 :Broyage ciment et expédition.....	17
4.1- Broyage ciment	17
4.2- Logistique	17
CHAPITRE II : ETUDE DES SURPRESSEURS	18
I –introduction	19
1- Définition du suppresseur ..	19
2- Le transport pneumatique	19
3- L'utilisation des surpresseurs à HOLCIM.....	20
II- Liste des surpresseurs disponible à HOLCIM.....	22
III- Calcule de puissance nécessaire du transport	23

IV- Calcule du débit de fluidisation	26
V- Redimensionnement l'installation des surpresseurs	26
VI- Idée pour améliorer l'efficacité des surpresseurs	29
CONCLUSION	30
BIBLIOGRAPHIE.....	31

Introduction générale :

La consommation du ciment au Maroc connaît une forte croissance au cours des dernières années, due essentiellement à la politique de développement du logement social, des infrastructures de base et à la reprise des grands investissements touristiques et industriels.

En effet, le marché étant devenu très exigeant, les producteurs ont été forcés à satisfaire les besoins du marché en offrant, un produit spécifique avec Qualité / Prix adéquat.

Cette forte demande du ciment a poussé HOLCIM Fès à mettre en position des équipements de pointe à titre d'exemple les surpresseurs, afin de poursuivre les besoins du marché et réduire le coût de production surtout au niveau de la consommation de l'énergie électrique.

Ce rapport s'intéresse principalement à étudier les stations d'air à HOLCIM, plus précisément le surpresseur qui joue un rôle indispensable dans la transportation la matière première à travers les différentes étapes de la fabrication du ciment, le plan de ce rapport est devisé à deux parties :

La première partie est consacrée à la présentation de la société HOLCIM RES EL MA, son historique, son organigramme, et ses activités principales, puis nous présenterons les processus de la fabrication du ciment commençant par l'extraction de la matière première, passant par le broyage et la cuisson arrivant à l'expédition du produit final.

La deuxième partie est réservée au sujet du stage, nous allons expliquer qui est ce qu'un surpresseur ? qu'il est son rôle ? qu'ils sont ses types ?, ensuite nous donnerons ses fonctions principales et les zones d'installation à l'usine de RAS EL MA, et finalement nous allons étudier le cas des surpresseurs installés sous le silo d'homogénéisation de la farine et faire des calculs fondamentaux pour déterminer le débit et la pression nécessaires d'homogénéisation et du transport.

CHAPITRE I :
PRÉSENTATION DE HOLCIM
ET
GÉNÉRALITÉS SUR LE CIMENT

I. Présentation de HOLCIM :

HOLCIM est l'un des plus grands producteurs mondiaux de ciment d'origine suisse, le Groupe est fondé en 1912, aujourd'hui présent sur les 5 continents dans plus de 70 pays. Cette présence éloigne de la stratégie mondiale la plus diversifiée de l'industrie. Le groupe HOLCIM emploie près de 90000 personnes et dispose d'une capacité de production de ciment proche de 200 millions de tonnes par an.

1-Bref historique de HOLCIM Maroc :

<i>Année</i>	<i>Evénements</i>
1972	Les gouvernements marocain et algérien décident de construire une cimenterie à Oujda, sous le nom de la Cimenterie Maghrébine (CIMA). Son capital social est de 75 millions de dirhams, réparti à égalité entre l'Office pour le Développement Industriel (ODI) et la SNMC, organismes représentant respectivement le Maroc et l'Algérie. Le projet CIMA fut mis en veilleuse et placé sous administration provisoire à cause du retrait algérien de l'opération en 1975.
1976	L'ODI crée une société nouvelle dénommée Cimenterie de l'Oriental (CIOR) qui reprend les actifs de la CIMA avec pour objet la réalisation d'une cimenterie dans la région d'Oujda
1979	Mise en service de l'usine d'Oujda qui démarre avec une capacité de production de 1,2 millions de tonnes par an.
1980	Installation à Fès d'un centre d'ensachage d'une capacité de 500 000 tonnes par an.
1982	Installation à Casablanca d'un centre d'ensachage d'une capacité de 350 000 tonnes par an.
1989	Installation d'un centre de broyage à Fès d'une capacité de 350 000 tonnes par an.
1990	Début des travaux pour la réalisation d'une ligne complète de production de clinker à Fès et lancement de l'activité BPE avec l'installation d'une première centrale à béton à Fès.
1993	Démarrage de l'unité de Fès portant la capacité de production globale à 1,9 million de tonnes par an. Prise de contrôle majoritaire du capital de la CIOR par Holcim Ltd dans le cadre du programme de privatisation.
1997	Installation d'une centrale à béton à Rabat et d'une autre à Casablanca.
1999	Construction d'une seconde centrale à béton à Casablanca. Mise en service d'un centre de broyage et d'ensachage à Nador. Mise en service des installations de valorisation de combustibles de substitution à l'usine de Fès Ras El Ma, d'une troisième centrale à béton à Casablanca et d'une autre à Nador.

2001	Certification ISO 9 001 et ISO 14 001 de la cimenterie de Fès.
2002	Changement de l'identité visuelle: CIOR devient Holcim Maroc. Démarrage de la nouvelle activité granulats (Benslimane). Début des investissements relatifs à la rationalisation du dispositif industriel de Fès. Certification ISO 9 001 et ISO 14 001 de la cimenterie d'Oujda
2004	Extension de la cimenterie de Fès.
2005	Extension de la cimenterie de Fès.
2006	Extension du centre de Nador.
2007	Démarrage de la cimenterie de Settat et de la plateforme de prétraitement de déchets Ecoval.
2008	Lancement du projet de doublement de capacité de production de l'usine de Fès. Certification ISO 9 001 et ISO 14 001 du centre de Nador.
2009	Création du premier réseau de distribution des matériaux de construction au Maroc: BATIPRO Distribution. Certification ISO 9 001 et ISO 14 001 du centre de distribution de Casablanca, de la cimenterie de Settat et de la plateforme de traitement de déchets Ecoval.
2010	Lancement du projet de doublement de la capacité de production clinker de la cimenterie de Fès.
2012	Doublement de la capacité de production clinker de l'usine de Fès.

Tableau 1 : Historique De HOLCIM .

2-fiche d'identité de HOLCIM RAS EL MA :

Raison Sociale	HOLCIM (Maroc) .
Date de création	1993
Effectif	164 personnes
Forme juridique	Société Anonyme de droit privé Marocain .
Adresse	Ras el Ma - Ben souda – Fès.
Activité	Fabrication et commercialisation de ciments.
Tel	0535 979 000
Fax	0535 979 335
Superficie	230 hectares

Tableau 2 : fiche d'identité de HOLCIM

3-organigramme de la société HOLCIM :

L'organigramme de Holcim Maroc est représenté ci-dessous:

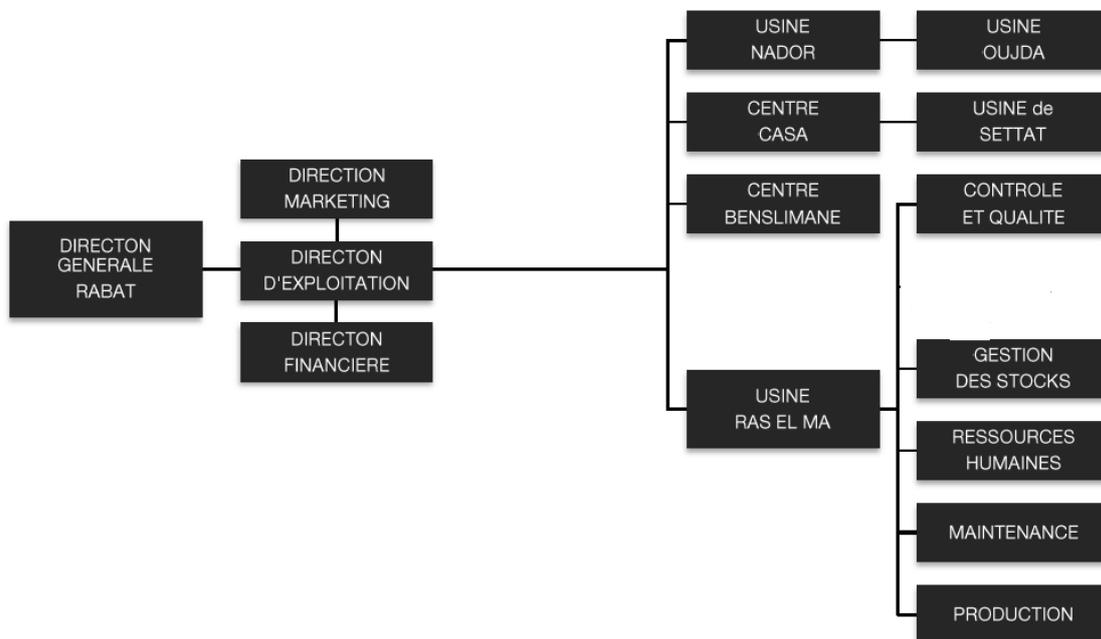


Figure 1: Organigramme de HOLCIM .

4-les différents types de ciment produits par HOLCIM :

❖ CPJ35 : Ciment portland avec ajouts 35 :

Le CPJ 35 est un produit particulièrement adapté à la fabrication des mortiers et des enduits pour la maçonnerie, ainsi que les bétons non armés peu sollicités et à résistances mécaniques peu élevées. La classe de résistance du CPJ 35 est utilisée aussi dans le domaine routier pour la stabilisation des sols et des couches des chaussées.

❖ CPJ45 : Ciment portland avec ajouts 45 :

La classe de résistance de CPJ 45 MPA lui confère l'aptitude à être utilisé pour les bétons armés, fortement sollicités et à résistances mécaniques élevées. Les résistances élevées à jeune âge du CPJ 45 permettent d'obtenir un décoffrage rapide des éléments de structure et des produits préfabriqués.

❖ CPJ55 : Ciment portland avec ajouts 55 :

La classe de résistance de 55 MPA et les résistances élevées à jeune âge du CPJ55 lui confèrent l'aptitude à être utilisé pour des applications spécifiques telles que les bétons armés fortement sollicités. Il est adapté aux applications de la préfabrication nécessitant un décoffrage rapide et un durcissement accéléré.

II-les processus de la fabrication du ciment

1-introduction:

a-Defjinition du ciment :

-Le ciment est une poudre minirale de l'aspect grisatre, fabriqué par broyage et mélange du clinker et d'ajouts (calcaire et autre), le ciment a la propriete de former en presencede l'eau, une pate capable de faire prise et de durcir, meme en absence de l'air, car c'est un liant hydraulique.

-Le clinker qui est le principal constituant du ciment, est un produit semi-fini obtenu par la cuisson d'un mélange de matières premières (généralement le calcaire et le schiste) à haute température 1450°C.

Le mélange de ces matières premières est broyé finalement avant la cuisson pour obtenir une farine qui doit certains éléments chimiques essentiels regroupés avec des produits bien définies.

b- les différents voies de fabrication du ciment :

Il existe plusieurs procédés de fabrication du ciment qui diffèrent par la nature du traitement thermique utilise pour la préparation du mélange cru :

➤ **La voie humide :**

La matière première après son concassage est lavée dans l'eau, puis broyée en humide La pâte est homogénéisée, puis alimente le four. Cette méthode est abandonnée pour des raisons d'économie d'énergie.

➤ **La voie semi-himide :**

la pâte est d'abord débarrassée de son eau dans des filtres-presses. Le gâteau de filtre-presse est ensuite extrudé sous forme de granules et introduit dans un préchauffeur à grilles ou directement dans un sécheur pour la fabrication du cru.

➤ **La voie sèche :**

C'est la méthode la plus utilisée car elle est la plus économique en énergie. La matière première une fois concassée, elle est ensuite introduites dans un broyeur à cru vertical, capable de séparer les grosses et les fines particules et de sécher les mâtereaux. La farine obtenue est homogénéisée dans un silo aéré puis introduite dans la tour de préchauffage. A l'entrée du four rotatif, la farine est sous une température de 900 à 1000°C. Autrement dit, cette voie est plus rentable et plus optimale au niveau énergétique. C'est la méthode utilisée à RasElMa.

2. Description du procédé utilise par HOLCIM Fès

Nous montrons dans cette partie le processus de fabrication du ciment présenté dans le schéma suivant :

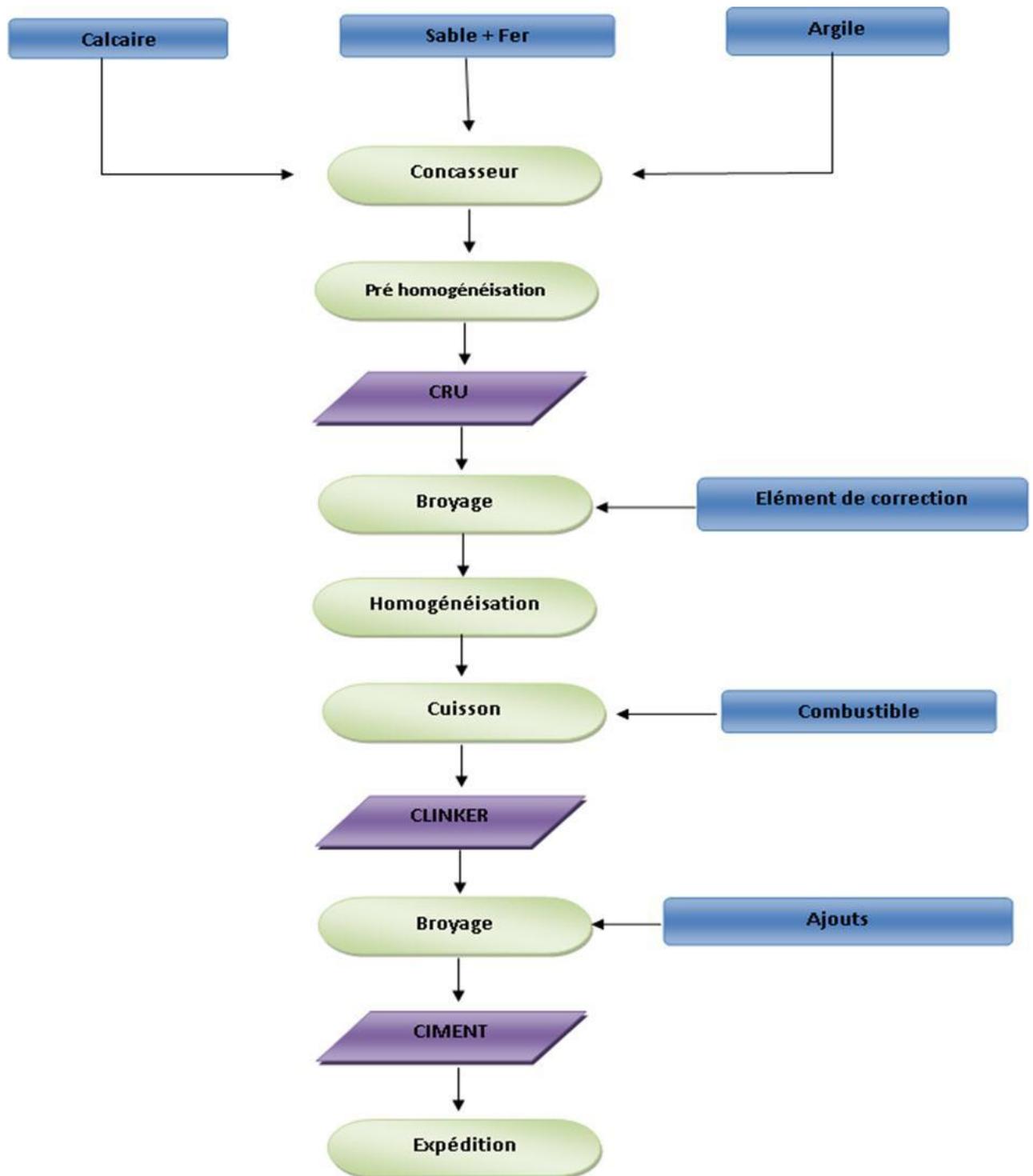


Figure 2: Schéma général de fabrication de ciment.

La fabrication du ciment à HOLCIM Res El Ma est constituée de 4 étapes principales :

Etape 1 : Préparation des matières premières

1.1) Carrière



Figure 3: *carrière du calcaire HOLCIM Fes*

Le calcaire (carbonate de calcium), est extrait par minage du front de taille, aménagé en gradins. A cette fin, on pratique des trous profonds dans le roc que l'on remplit d'explosifs, suivant un plan de tir et d'allumage précis, tendant à obtenir le profil final de la réhabilitation de la carrière. Ce calcaire, ensemble avec d'autres minéraux dont le calcaire altéré, la marne, le sable, l'argile, l'oxyde de fer, ajoutés dans le concasseur dans des proportions bien déterminées, donne après sortie du concasseur, homogénéisation et broyage, la farine, produit fin prêt pour la cuisson.

1.2) Le concasseur



Figure 4: *atelier de concassage*

Le concasseur a pour rôle de réduire la taille des rochers jusqu'à un diamètre moyen de 10 cm. Au niveau du concasseur, les matières premières sont mélangées dans des proportions bien déterminées. Il s'agit du calcaire, de la marne, de l'argile, du sable, et d'oxyde de fer. Les

proportions sont contrôlées par un analyseur, installé sur la ligne de transport vers le stockage de pré homogénéisation.

1.3) Stockage et récupération des matières premières



Figure 5 : stockage de la matière première

Les matières premières sont stockées dans le hangar de pré homogénéisation sous forme de pile, construite en couches successives par un stockeur. Un récupérateur reprend la matière par un mouvement de translation horizontal avec inclinaison de 40° environ par rapport à la verticale. La matière récupérée est transportée ensuite vers le broyeur à farine.

Etape 2 : Broyage Cru

Les matières sont séchées et moulues jusqu'à la finesse adéquate, dans un broyeur à 4 galets verticaux. La farine est ensuite emportée par le gaz chaud provenant du four vers le dépoussiéreur à manches. Le dépoussiéreur retient les particules de farine et laisse passer le gaz dépourvu de poussières par la cheminée. La farine retenue est ensuite récupérée et transportée vers le silo d'homogénéisation.

Etape 3 : Préchauffage et cuisson

3.1) Préchauffage



Figure 6: tour de préchauffage

A la sortie du silo d'homogénéisation, la farine est transportée par un système pneumatique vers le haut du préchauffeur. Le préchauffeur est constitué d'une série de cyclones à 4 étages, il permet de préchauffer la farine avant son passage dans le pré-calcinateur. Le pré-calcinateur a pour rôle de calciner la farine à ~ 90%. Une fois calcinée, la farine sera prête pour la cuisson dans le four rotatif.

3.2) Four rotatif



Figure 7: four rotatif

Le four est un réacteur en forme de tube rotatif incliné de 4%. Le chauffage est assuré par une flamme au charbon installé à l'autre extrémité du four. La farine entrant dans le four à 1000°C environ est chauffée jusqu'à la température de frittage ou clinkérisation 1450°C. Dès lors les minéraux qu'elle contient, réagissent pour donner de nouvelles combinaisons minéralogiques principalement des silicates et des aluminates de calcium : le clinker.

3.3) Refroidisseur à clinker

Le clinker sortant du four passe sur la grille vibrante du refroidisseur, où il est trempé rapidement par l'air froid soufflé par le bas de la grille. Ce processus permet la récupération de la chaleur du clinker. L'air chaud généré est réintroduit dans le four pour aider à la combustion. Le clinker sortant du refroidisseur, est transporté jusqu'au hangar du stockage.

Etape 4 : Broyage ciment et expédition

4.1) Broyeur à ciment

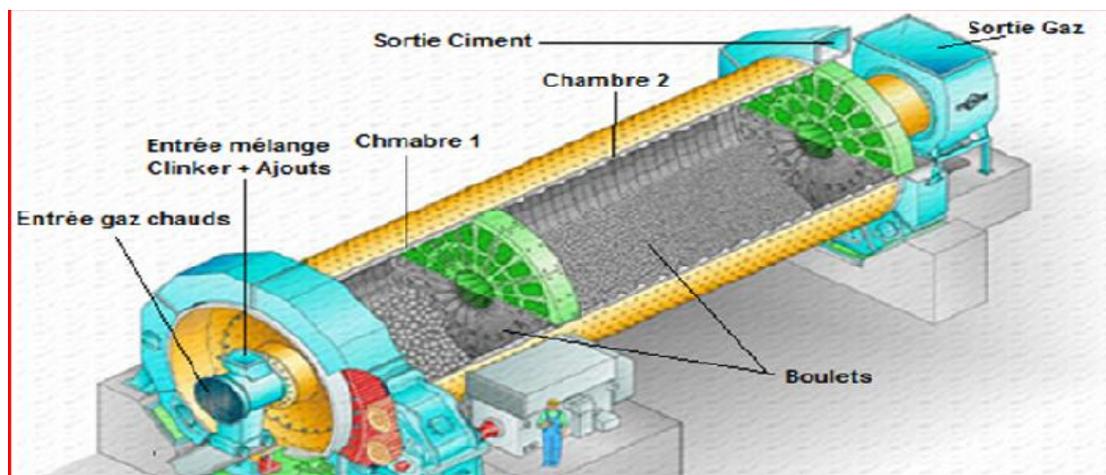


Figure 8: broyeur à ciment

En dessous du hall de stockage, le clinker est transporté vers l'atelier de mouture ciment. Le clinker et d'autres ajouts principalement de gypse sont introduits dans le broyeur à ciment pour être broyés finement. Le ciment obtenu est transporté vers les silos de stockage.

4.2) Logistique

Pour être livré, le ciment est soit ensaché dans des sacs de 50 Kg, soit chargé en vrac dans des véhicules dotés d'une citerne. Pour l'exportation nous possédons un port qui permet de recevoir des bateaux de capacité de chargement de l'ordre de 25 000 tonnes

CHAPITRE II :
ETUDE DES SURPRESSEURS

I-INTRODUCTION:

1-définition du surpresseur :

surpresseur : est un organe mécanique utilisé pour augmenter la pression d'un gaz ou d'un liquide dans des canalisations afin de créer une pression supplémentaire, il sert à alimenter une conduite avec l'air ou bien un autre fluide à grand volume et à basse pression dont but est de transporter la matière d'un endroit à un autre à l'aide des tube pneumatique .



Figure 9 : surpresseur

A HOLCIM on distingue deux types des surpresseurs :

Les surpresseurs de fluidisation : cette opération est réalisé à l'intérieur des silos sont but est de créer un mouvement interne permanent afin de faciliter le déchargement du ciment. la pression donné par ses surpresseurs est inferieure à 1 bar .

Les surpresseurs de transport : (pression ne dépasse pas les 2 bar), sont utilisé pour transporter la matière première sous forme de poudre à travers les déférentes étapes de la production du ciment à l'aide des tube pneumatique ou bien des aeroglissiere .

2 -le transport pneumatique (les aeroglissieres) :

a-définition :

Les aéroglossières sont un moyen de transport bien adapté aux matériaux en poudre, il se compose d'un caisson en tôle d'acier sur le quel est tendue une toile perméable à l'air , non à la matière.

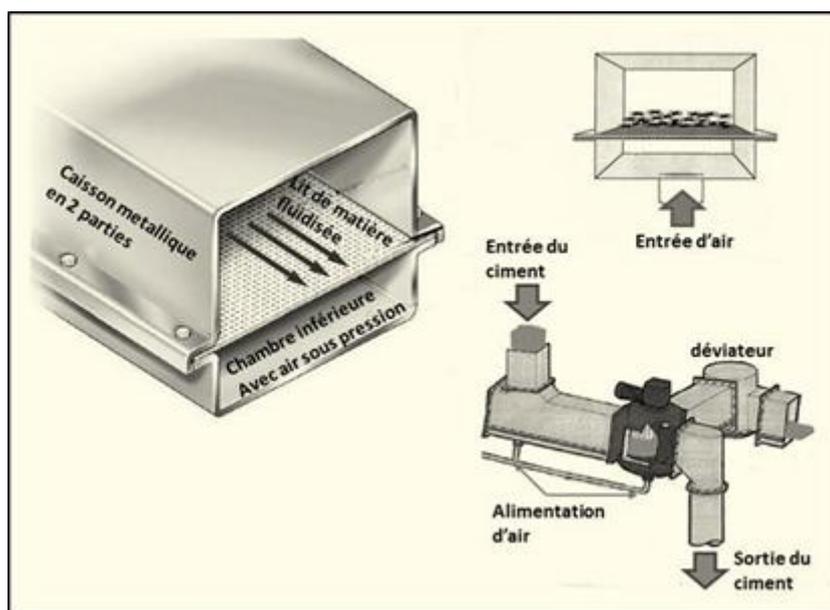


Figure 90 : aeroglissiere

b- les avantages du transport pneumatique

- ❖ Réduction des rebuts et de la contamination du produit :

En utilisant un transporteur pneumatique, vos clients pourront travailler avec un système de transfert hermétique, qui évitera à des matières étrangères de venir se mélanger à leur produit, ou que du produit ne tombe dans l'espace environnant. C'est également un moyen qui préserve l'intégrité du produit, dans la mesure où celui-ci n'est pas abîmé dans le processus de transport. La vitesse est réglée en fonction de la fragilité du produit, ce qui réduit au minimum les rebuts.

- ❖ Optimisation de l'espace :

Une solution de transport pneumatique n'occupe que très peu de place au sol, puisque la canalisation démarre verticalement depuis le point d'aspiration puis continue sur le même niveau que le point de déchargement sans gêner les autres machines. Votre client peut utiliser plus efficacement son espace de travail.

- ❖ Maintenance minimale :

Les transporteurs pneumatiques ne comprennent que très peu de pièces en mouvement, ce qui se traduit par des coûts de maintenance très faibles et une meilleure fiabilité du système.

- ❖ Environnement de travail sans poussière :

Un autre avantage majeur du transport pneumatique est que, contrairement aux convoyeurs mécaniques à bande ou à vis, il ne dégage pas de poussière. Parce que le transporteur pneumatique fonctionne en vase clos, les conditions de travail s'en trouvent améliorées, et permet de garder confinés des produits toxiques pendant leur transfert.

3-L'utilisation des surpresseurs à HOLCIM :

Durant la production du ciment, les surpresseurs sont utilisés dans différentes étapes à partir de l'extraction jusqu'à l'expédition. Nous donnons par la suite les opérations principales effectuées grâce à ce mécanisme :

- ❖ Le transport de la farine et son stockage :

Après l'étape de broyage, la matière première moulue autrement appelé la farine est transporté à l'aide des surpresseurs au silo où elle subit une opération de fluidisation pour la préparer au préchauffage.

- ❖ Préchauffage de la farine :

La farine est poussé par les surpresseurs vers la tour de préchauffage.

❖ Transport du charbon :

Le charbon est broyé et transporté pour alimenter le four.

❖ Transport du clinker :

Le clinker subit un procédé de broyage, et est emmené aux silos de stockage du ciment après l'addition des ajouts selon le type de ciment.

❖ Déchargements du ciment en vrac :

À l'expédition, le produit final 'ciment' est déchargé dans des camions spécifiques qui le transportent vers le client.

II- liste des surpresseurs disponibles à HOLCIM :

Les surpresseurs utilisés à HOLCIM se différencient selon leurs rôles et les besoins de la société,

Le tableau suivant décrit la variété des surpresseurs dans chaque localisation.

Marque	type	press.asp (bar)	Moteur				commentaires	localisation
			Marque	puissance(kw)	tension (v)	vitesse (tr/min)		
AERZEN	GM10	0,6	Aerzen	15	380	2920	Fluidisation	silo homogénéisation farine
AERZEN	GM10	0,6	Leroy	15	380	2920	Fluidisation	
AERZEN	GM10	0,6	Aerzen	15	380	2920	Fluidisation	
IR		0,6	Leroy	45	380	2950	machine de secours	
ROBUSCHI	GM7	0,6	Vem	15	380	2930	Transport de la farine	
AERZEN	GM7	0,6	ABB	11	380	2918	machine de secours	silo homogénéisation ciment
AERZEN	GM7	0,6	ABB	11	380	2918	transport cpj 35	
ROBUSCHI	GM7	0,6	ABB	11	380	2918		
ROBUSCHI	GM7	0,6	ABB	11	380	2918	transport cpj 45	
ROBUSCHI	GM7	0,6	ABB	11	380	2918	transport cpj 55	
ROBUSCHI	GM7	0,6	ABB	11	380	2918		
ROBUSCHI	GM7	0,6	ABB	11	380	2918		
ROBUSCHI	GM3	0,6	ABB	3	380	2870	fluidisation cpj 35	
ROBUSCHI	GM3	0,6	ABB	3	380	2870	fluidisation cpj 45	
ROBUSCHI	GM3	0,6	ABB	3	380	2870	fluidisation cpj 55	
ZHANGGU	ZG 150	0,6	ABB	75	380	2970	transport charbon	
ZHANGGU	ZG 150	0,6	ABB	75	380	2970		
ZHANGGU	ZG 150	0,6	ABB	75	380	2970		machine de secours
AERZEN	GM3	0,6	SIEMENS	3	460	2890	trémie cendre	
AERZEN	GM3	0,6	SIEMENS	3	460	2890		fluidisation cpj 65
AERZEN	GM3	0,6	SIEMENS	3	460	2890		
HIBON		-	HELMEK	37	400	2956		
AERZEN	GM25	-	Leroy	37	380	1465		machine à faible performance
ATL		-	VEM	250	380	2950		transfert cpj 65
AERZEN	GM10	0,6	DUTCHI MOTORS	22	400	2339		fluidisation silo métallique cpj 55

Tableau 3 : tableau des surpresseurs disponibles à HOLCIM .

III- Calcule de la puissance nécessaire du transport.

On définit les grandeurs suivantes :

P : la puissance (w),

F : force appliqué (N).

V : la vitesse (m/s).

Q_v, Q_m : sont respectivement le débit volumique (m^3/s), massique (kg/s).

ρ : La masse volumique (kg/m^3).

Nous avons la relation suivante qui lie la pression P et la vitesse V :

$$P = F.V$$

Et on a la force F exprimée en fonction de la pression p et la surface S .

$$F = p.S$$

Donc :

$$P = p.S.V$$

$$P = p.Q_v$$

Et :

$$Q_m = \rho Q_v$$

$$Q_v = \frac{Q_m}{\rho}$$

Finalement :

$$P = \frac{p.Q_m}{\rho}$$

Application numérique :

Les surpresseurs du transport de la farine doivent assurer un débit constant égale à 180t/h , c'est le débit nécessaire pour alimenté le four .

Donc puissance nécessaire est exprimée avec la relation précédente ,sachons que la masse volumique de la farine $\rho = 1200 \text{kg/m}^3$, et la pression $p = 1,6 \cdot 10^5$ Pascal :

$$P = \frac{1,6 \cdot 10^5 \cdot 180 \cdot 10^3}{1320 \cdot 3600} = 6,06 \text{ kw}$$

$$P = 6,66 \text{ KW.}$$

Les ingénieurs à HOLCIM estiment un rendement des surpresseurs égal à 0,7 :

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{absorbée}}}$$

Autrement dit :

$$P_{\text{absorbée}} = \frac{P_{\text{utile}}}{\eta} = \frac{6,06 \cdot 10^3}{0,7} = 8,65 \cdot 10^3 \text{ W}$$

D'après ce résultat un surpresseur avec une puissance absorbé égale à 15 kW est largement suffisant pour accomplir l'opération du transport.

IV- Calcule du débit d'air de fluidisation :

Les surpresseurs installé pour la fluidisation de débit volumique estimé $Q_v \approx 70 \text{ m}^3/\text{h}$ et de puissance absorbé $P=15\text{KW}$ et la puissance utile $P_u=10,5$. et la pression indiquée sur les manomètres égale à $p = 1,6 \text{ bar}$.

Soit la relation suivante :

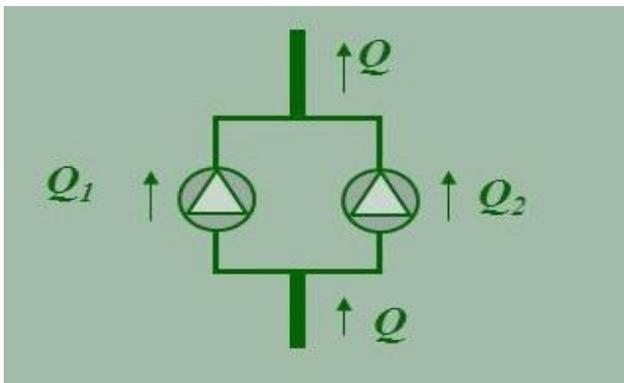
$$P_u = p \cdot Q_v$$

D'où :

$$Q_v = \frac{P_u}{p}$$

$$Q_v = \frac{10,5 \cdot 10^3}{1,6 \cdot 10^5} = 6,56 \text{ m}^3 / \text{s} = 236 \text{ m}^3 / \text{h}$$

On sait que le couplage de deux ou plusieurs surpresseurs en parallèles augmente le débit total.



$$Q = Q_1 + Q_2$$

Figure 11 : couplage en parallèle de deux surpresseurs

Donc le montage de trois surpresseurs identiques avec un débit $Q = 70 \text{ m}^3/\text{h}$ donnera un débit proche de la valeur estimé. Car

$$Q_t = 3Q = 3 \cdot 70 = 210 \text{ m}^3 / \text{h} \approx 236 \text{ m}^3 / \text{h}.$$

V-Redimensionnement l'installation des surpresseur :

nous avons remarqué que les systèmes de transport de chaque types de ciment est équipé par deux surpresseurs de puissance $P=11\text{kw}$, ce qui nous a apparu au début dépasse les besoin de l'installation. afin de s'assurer nous avons calculé la puissance nécessaire du transport .

on exploite la relation suivante :

$$P = \frac{P \cdot Q_m}{\rho}$$

Avec :

P : la puissance nécessaire(kW)

Q_m : le débit massique (kg/s).

p : la pression à la sortie des surpresseur .

ρ : la masse volumique du ciment .

➤ Application numérique :

$$P = \frac{1,6 \cdot 10^5 \cdot 180 \cdot 10^3}{1320 \cdot 3600} = 6,06 \text{ kw}$$

Donc la puissance absorbé sera :

$$\Rightarrow P_{\text{absorbée}} = \frac{P_{\text{utile}}}{\eta} = \frac{6,06 \cdot 10^3}{0,7} = 8,65 \cdot 10^3 \text{ W}$$

D'après se résultat un seul surpresseur de 11 kW peut accomplir la tache sans aucune difficulté.

Nous proposons une autre répartition des surpresseurs dans cette zone basée sur les résultats précédents :

- ✚ Au lieu de mettre en marche les deux surpresseurs simultanément, un seul est suifant pour le transport d'où on gagnera trois surpresseurs .
- ✚ Utiliser l'un des trois surpresseurs secondaires comme une machine de secours pour les surpresseurs du transport principaux.

- ✚ Le deuxième surpresseur sera déplacé vers le silo d'homogénéisation de la farine, et enlever le surpresseur de la marque IR car il consomme beaucoup de l'énergie (45 kw) .
- ✚ La troisième machine sera disponible ou cas où les autres secteurs que nous n'avons pas l'autorisation de les accéder aurons besoins.

Le tableau suivant montre le changement d'emplacement des surpresseurs dans les deux localisations (silo homogénéisation ciment et silo homogénéisation farine).

localisation	nombre des surp. Avant	nombres des sup.apres	Fonctions
silo homogénéisation ciment	10	8	1-fluidisation cpj 35
			1-fluidisation cpj 45
			1-fluidisation cpj 55
			1- machine secours
			1-transport cpj 35
			1- transport cpj 45
			1-transport cpj 55
			1-machines de secoures
silo homogénéisation farine	5	5	3-fluidisation de la farine.
			1- transport de la farine
			1-machine de secoure

Tableau 4: le nouvel emplacement des surpresseurs.

❖ L'impact de la nouvelle implantation des surpresseurs :

Le redimensionnement de l'installation aura des conséquences positives sur la production du ciment, le premier avantage est la diminution de nombre des surpresseur afin de faciliter leur contrôle et rendre l'entretien plus aisé.

Deuxièmement nous avons réduit la consommation électrique dans le silo d'homogénéisation du ciment de **75KW** à **42 KW** seulement avec un taux de réduction dépasse **40%**.

❖ Schémas de le nouvelle implantation.

La nouvelle distribution des surpresseurs est décrite par les schémas suivantes :

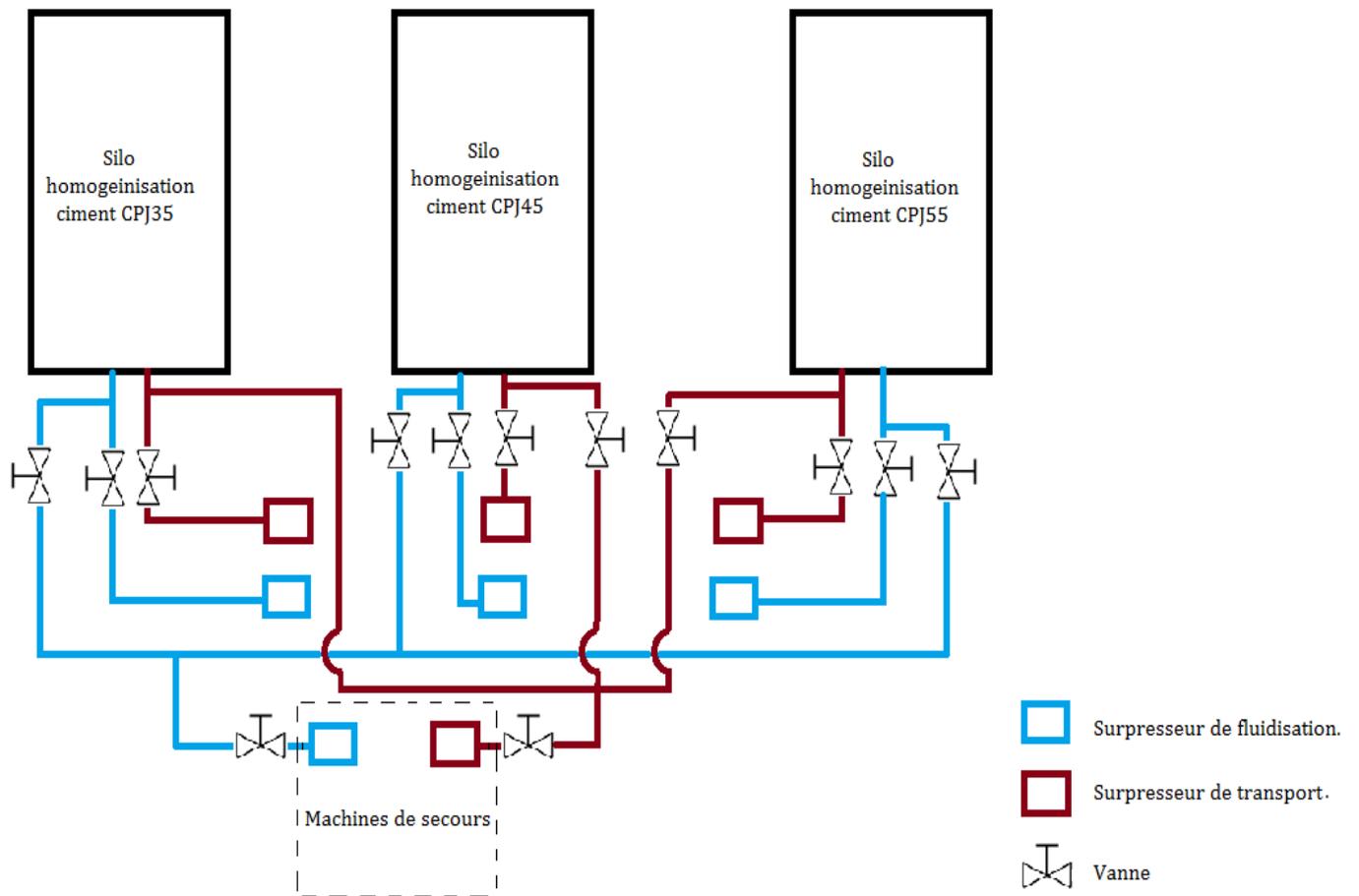


Figure 12 : l'emplacement des surpresseurs au secteur ciment.

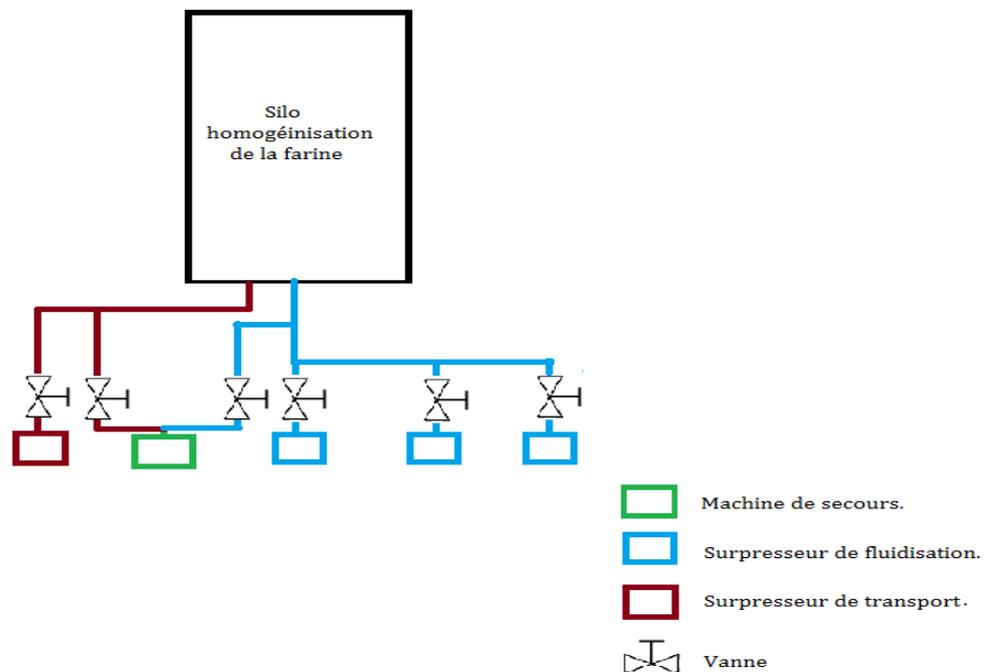


Figure 13 : l'emplacement des surpresseurs au secteur farine.

VI- idée pour améliorer l'efficacité des surpresseurs :

- 1-placer les surpresseurs dans un endroit bien aéré.
- 2-protéger les surpresseurs contre la poussière et l'humidité.
- 3-équiper les surpresseurs avec un filtre à air.
- 4-planifier un entretien continue pour vérifier l'état des surpresseurs.
- 5-changer les pièces endommagées ou bien fatiguées dans le plus tôt possible.
- 6-utiliser les pièces de rechange recommandé par le constructeur seulement.

Conclusion :

Ce stage a été une expérience inoubliable et enrichissante, c'est une occasion dans laquelle j'ai pu mettre en pratique mes connaissances théoriques acquises pendant ma formation à FST.

J'ai effectué mon stage à HOLCIM sous le thème « Etude critique station d'air de fluidisation silo homogénéisation (Station des surpresseurs) », le but de cette étude est de calculer les besoins de chaque secteur aux surpresseurs selon sa capacité, et de proposer des modifications si cela est possible afin de réduire le nombre des surpresseurs et diminuer leur consommation électrique.

Pour atteindre ces objectifs j'ai calculé la puissance nécessaire afin de déterminer les vitesses de transport et de fluidisation requises pour le déroulement normal et efficace de la production et j'ai suggéré un nouveau emplacement des surpresseurs dans le secteur d'homogénéisation du ciment, dans lequel j'ai réduit le nombre des surpresseurs de 10 à 8 et j'ai mis en position deux machine de secours au lieu d'une seule machine et finalement j'ai diminué la consommation électriques dans ce secteur de 75Kw à 42Kw .

Sans oubliant bien sûr que ce stage est une opportunité dans lequel j'ai découvert l'environnement de la société et j'ai développé mon style de communication et j'ai aussi amélioré mes qualités personnelles à titre d'exemple : la confiance en soi, la prise d'initiative et la sociabilité.

BIBLIOGRAPHIES

-Documents internes de HOLCIM.

-Cours de la mécanique de fluide (S4, filière : conception et analyse mécanique).