



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 :

Diminution des poussières lors du
stockage du clinker

Lieu :

HOLCIM FES MAROC

Présenté par :

✚ Othmane JENNANI

Encadré par :

✚ Mr. TOUACHE (FST)

✚ M. BENCHKROUN (HOLCIM)

Soutenu le 16-06-2015 devant les membres de jury:

✚ Pr. EL HAKIMI

✚ Pr. TOUACHE

Dédicace

Aucun mot, aucune expression ne pourront témoigner notre amour, notre reconnaissance et gratitude envers ceux qui nous ont guidés et encouragés, autant par leurs sacrifices abondants que par leur soutien inconditionnel gravés aux fonds de nos cœurs et esprits, envers ceux qui nous ont faits ce que nous sommes devenus aujourd'hui :

Nos chers parents, merci pour tout.

À nos frères et sœurs, pour leur encouragement et leur bonté, nous exprimons nos profondes reconnaissances et notre grand respect.

À toutes nos familles, nos amis et tous ceux que nous aimons.

Nous dédions ce travail, expression de notre grand amour avec tous nos vœux de bonheur et de prospérité.

Remerciement

L'élaboration de ce travail de projet de fin d'études n'aurait pas pu voir le jour sans le soutien de plusieurs personnes, qu'elles trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous tenons, dans un premier temps, à remercier infiniment l'entreprise HOLCIM de nous avoir accueilli et offert l'opportunité de progresser à travers cette expérience.

Plus précisément, nous remercions sincèrement :

Nous tenons également à témoigner toutes nos reconnaissances à Monsieur Abdelhamid TOUACHE, notre professeur et encadrant à la FST, pour son implication, ses conseils lucides, ses propositions enrichissantes, son immense soutien et son précieux encadrement.

Monsieur BENCHQKROUN, Responsable du Département Maintenance et notre parrain au sein de la société pour son encadrement, son suivi, son soutien, sa confiance, son encouragement et ses conseils.

Nous souhaitons également remercier les membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en acceptant de juger notre travail.

Finalement, nous adressons également nos plus vifs remerciements au corps professoral et administratif de la FST pour tous leurs efforts et leur engagement durant toute notre période d'étude.

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Historique de HOLCIM.

Tableau 2 : Holcim Fès.

Tableau 3 : Cahier des charges fonctionnelles.

Tableau 4 : Fiche technique de La pompe à haute pression MyFog.

Tableau 5 : Tableau comparatif.

Tableau 6 : Fiche technique de DF 3000 et 5000.

Tableau 7 : Fiche technique de DF 7500 et 15000 et 20000.

Tableau 8 : Fiche technique de DF 7500 avec groupe électrogène.

Tableau 9 : Tableau comparatif.

Tableau 10 : Tableau de maintenance de DUST FIGHTER.

Tableau 11 : Tableau de maintenance du générateur des buses.

Listes des figures

Figure 1 : Organigramme de l'organisation Holcim Maroc.

Figure 2 : Schéma général de fabrication de ciment.

Figure 3 : Vue aérienne de la zone (Google maps)

Figure 4 : Les trémies.

Figure 5 : Calcul de la surface du problème.

Figure 6 : La zone de problème sur CATIA.

Figure 7 : Diagramme de bête à cornes

Figure 8 : Validation du besoin.

Figure 9 : Diagramme de pieuvre

Figure 10 : Principe de Travail du filtre à manche en dépression.

Figure 11 : Principe de Travail du filtre à manche en pression.

Figure 12 : Générateur de buses MyFog.

Figure 13 : Le schéma de principe du générateur de buses.

Figure 14 : Le fonctionnement de MyFog.

Figure 15 : l'état initial de trémie.

Figure 16 : l'état des trémies après Etanchéité.

Figure 17 : fonctionnement de DUST FIGHTER.

Figure 18 : Les différents types des DUST FIGHTER.

Figure 19 : DUST FIGHTER.

Figure 20 : DUST FIGHTER avec groupe électrogène.

Figure 21 : Canon brumisateur : GUN 50 (HENNLICH).

Figure 22 : découpage technique de DUST FIGHTER.

Figure 23 : découpage technique de Moteur.

Figure 24 : découpage technique de l'alternateur.

Figure 25 : Découpage technique de générateur des buses.

Sommaire

INTRODUCTION GENERAL	8
CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE HOLCIM ET GÉNÉRALITÉS SUR LE CIMENT	9
I. Présentation de HOLCIM	10
1/ Bref historique de HOLCIM Maroc	10
2/ Organigramme de HOLCIM Maroc	11
II. Présentation de HOLCIM Fès	11
1/ Projet « FES 2800 »	12
2/ La carte d'identification de HOLCIM FES	12
CHAPITRE II : PROCÉDÉ DE FABRICATION DU CIMENT :	13
I. Les différents voies de fabrication de ciment	14
1/ Procédés par voie humide	14
2/ Procédés par voie semi humide	14
3/ La voie Demi-sèche	14
4/ La voie sèche	14
II. Description du procédé utilisé par HOLCIM Fès	15
1/ Etape 1 : Préparation des matières premières	15
1.1) Carrière	15
1.2) Le concasseur	16
1.3) Stockage et récupération des matières premières	16
2/ Etape 2 : Broyage Cru	16
3/ Etape 3 : Préchauffage et cuisson	16
3.1) Préchauffage	16
3.2) Four rotatif	17
3.3) Refroidisseur à clinker	17
4/ Etape 4 : Broyage ciment et expédition	17
4.1) Broyeur à ciment	17
4.2) Logistique	17
CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE LIEE A L'EMISSION DES POUSSIÈRES ET LES SOLUTIONS SUGGEREES.	18
I. Problématique liée à l'émission des poussières	19
1/ Problématique	19
2/ Iso 14001	19
3/ Position du problème	20
3.1) Localisation de la zone	20
3.2) Surface de la zone	21
3.3) Simulation (dessin industriel 3D : CATIA)	21
II. Analyse fonctionnelle	22

1/ Recherche du besoin fonctionnelle	23
1.1) Identifier le besoin (Méthode bête à cornes).....	23
1.2) Validation du besoin.....	24
2/ Diagramme pieuvre.....	24
3/ Cahier des charges	25
III. Solutions suggérées.....	25
1/ Solutions pour les trémies.....	25
1.1) Solution 1: Le filtre à manche.....	25
A/ Les 2 types filtre à manche.....	25
B/ Mode de fonctionnement	26
1.2) Solution 2: Humidification de l'air : MyFog	27
A/ Les avantages de ce système.....	28
B/ Le schéma de principe du générateur de buses	28
C/ La pompe à haute pression MyFog.....	29
D/ Le DRAABE Hum Spot	30
1.2) Tableau comparatif et choix de la meilleure solution	31
1.3) Etanchéité des trémies.....	31
2/ Solutions pour l'espace ouvert.....	33
2.1) DUST FIGHTER (Fournisseur: bull Shark)	33
A / Brumisateur mobile	35
B/ Brumisateur mobile avec groupe électrogène et réservoir d'eau embarqués.....	37
C/ Canon brumisateur : GUN 50 (HENNLICH)	38
D/ Tableau comparatif des solutions	39

CHAPITRE4 : PLAN DE MAINTENANCE POUR LES SOLUTIONS SELECTIONNEES..... 41

I. Analyse du « DUST FIGHTER 7500.....	42
1/ Découpage technique.....	42
1.1) moteur diesel	43
1.2) Alternateur	43
2/ Tableau de maintenance	44
II. Analyse du générateur des buses	46
1/ Découpage technique.....	46
2/ Tableau de maintenance préventive de générateur des buses	47

CONCLUSION ET PERSPECTIVE : 48

BIBLIOGRAPHIE 50

ANNEXES 51

Introduction général

Dans l'industrie du ciment, les principaux rejets dans l'atmosphère sont constitués par les gaz de combustion au niveau des fours de cuisson mais surtout par les émissions de poussières à tous les niveaux de production du ciment (de l'extraction de la matière première au niveau des carrières jusqu'à l'ensachage du ciment). C'est dans cette perspective l'usine cherche à mettre en place de nouveaux équipements qui permettent de diminuer les émissions de poussière dans une zone bien spécifique, zone de dépôt de CLINKER qui contient deux trémie de stockage de CLINKER et d'ajouts.

Dans ce cadre, l'usine HLOCIM-Fès m'a confié la mission de proposer et d'étudier les différentes solutions adéquates à cette problématiques d'émanation de poussière.

Ce rapport est repartie en quatre parties. La première est consacrée à la présentation de l'entreprise. Dans la deuxième partie on présente le processus de fabrication du ciment. La troisième partie présente l'analyse fonctionnelle permettent d'aboutir au cahier de charge pour pouvoir ensuite proposer les solutions les mieux adaptées. Dans la dernière partie de ce rapport, nous allons proposer un plan de maintenance préventive pour les solutions adoptées.

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

Année	Événement
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	Holcim Maroc, 30 ans au service de la construction du Maroc. AR 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.
1985	Création de Ciments Blanc du Maroc à Casablanca.
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	Démarrage du centre d'ensachage et de distribution de Settat.
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/ Organigramme de HOLCIM Maroc

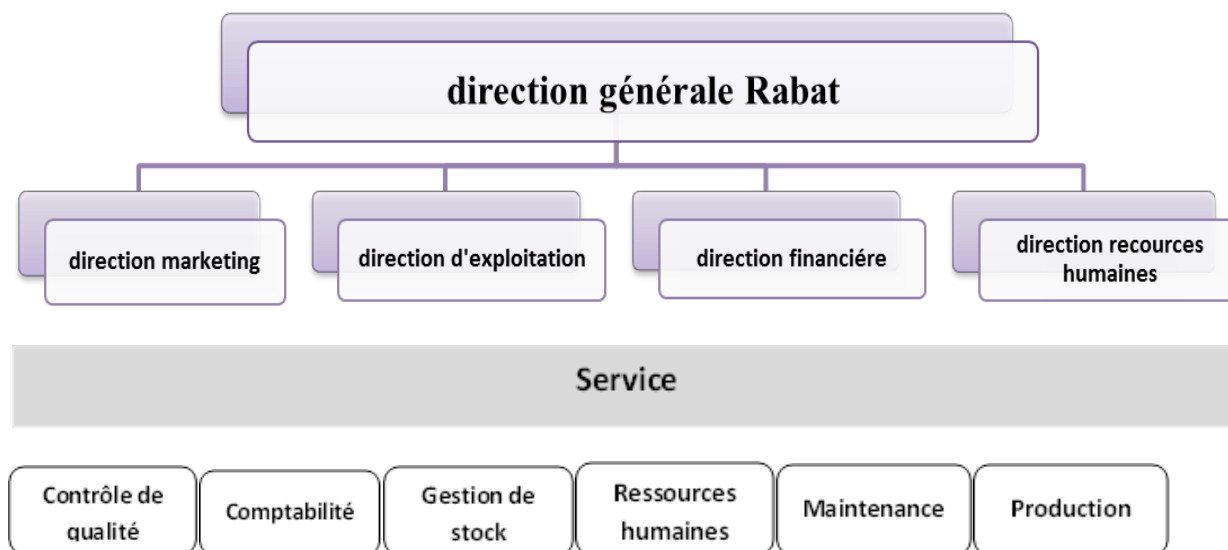


Figure 1 : Organigramme de l'organisation Holcim Maroc

II. Présentation de HOLCIM Fès

La cimenterie de Fès Ras el Ma, d'une capacité de production annuelle 1200 000t de ciment utilise le procédé de fabrication à voie sèche intégrale. Le four, principal équipement de la

cimenterie, a été mis en service en 1993. La cimenterie comporte des ateliers de concassage, broyage, hall de pré homogénéisation, et stockage de la farine, cuisson et stockage du clinker, broyage des combustibles, broyage du ciment et ensachage expédition du ciment. Située à 25 km, elle s'étend sur 230 hectares.

1/ **Projet « FES 2800 »**

Holcim Maroc a lancé le projet de doublement de capacité de production clinker de l'usine Fès « projet FES 2800 » afin d'accompagner et de faire face à la demande du secteur BTP et d'anticiper à long terme, dans des conditions optimales, la progression et la dynamique du secteur, en particulier dans la région de Fès. L'appellation « FES 2800 » provient de la capacité journalière projetée du four, soit 2800 t de clinker par jour. Ce projet permettra de produire annuellement 860 000 tonnes de clinker au lieu de 430 000t, soit dans le futur l'équivalent de 1 200 000t de ciment.

2/ **La carte d'identification de HOLCIM FES**

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 -
Activité	Fabrication et commercialisation de ciments.
Tel	0535 979 000
Fax	0535 979 335
Superficie	230 hectares

Tableau 2 : Holcim Fès.

Chapitre II : PROCÉDÉ DE FABRICATION DU CIMENT :

En partant de l'extraction des matières premières jusqu'à l'obtention du ciment, peut être fait par plusieurs types de procédés et différents voies de fabrication, principalement il existe quatre procédés de fabrications du ciment qui différent entre eux par la nature du produit qui alimente le four

I. Les différents voies de fabrication de ciment

1/ Procédés par voie humide

La matière première, après son concassage, est délayée dans l'eau puis broyée en humide. La pâte obtenue est soigneusement dosée et homogénéisée pour alimenter le four après. Ce procédé le plus ancien est presque totalement abandonné à cause de la grande consommation énergétique qu'il occasionne.

2/ Procédés par voie semi humide

La pâte obtenue, de la même manière que dans le procédé de la voie humide, mais qui est pressé pour extraire une partie de l'eau puis introduit dans le four.

3/ La voie Demi-sèche

Dans ce procédé on fabrique le cru sous forme de poudre sèche, mais qu'on humidifié à environ 12% d'eau pour le granuler et l'introduit dans le four.

4/ La voie sèche

Dans ce procédé on fabrique un cru en sec (poudre) qui est introduit dans une tour de préchauffage. L'alimentation du four se fait directement sous forme de farine sèche.

II. Description du procédé utilisé par HOLCIM Fès

Nous montrons dans cette partie le processus de fabrication du ciment présenté dans un schéma données par l'annexe 1

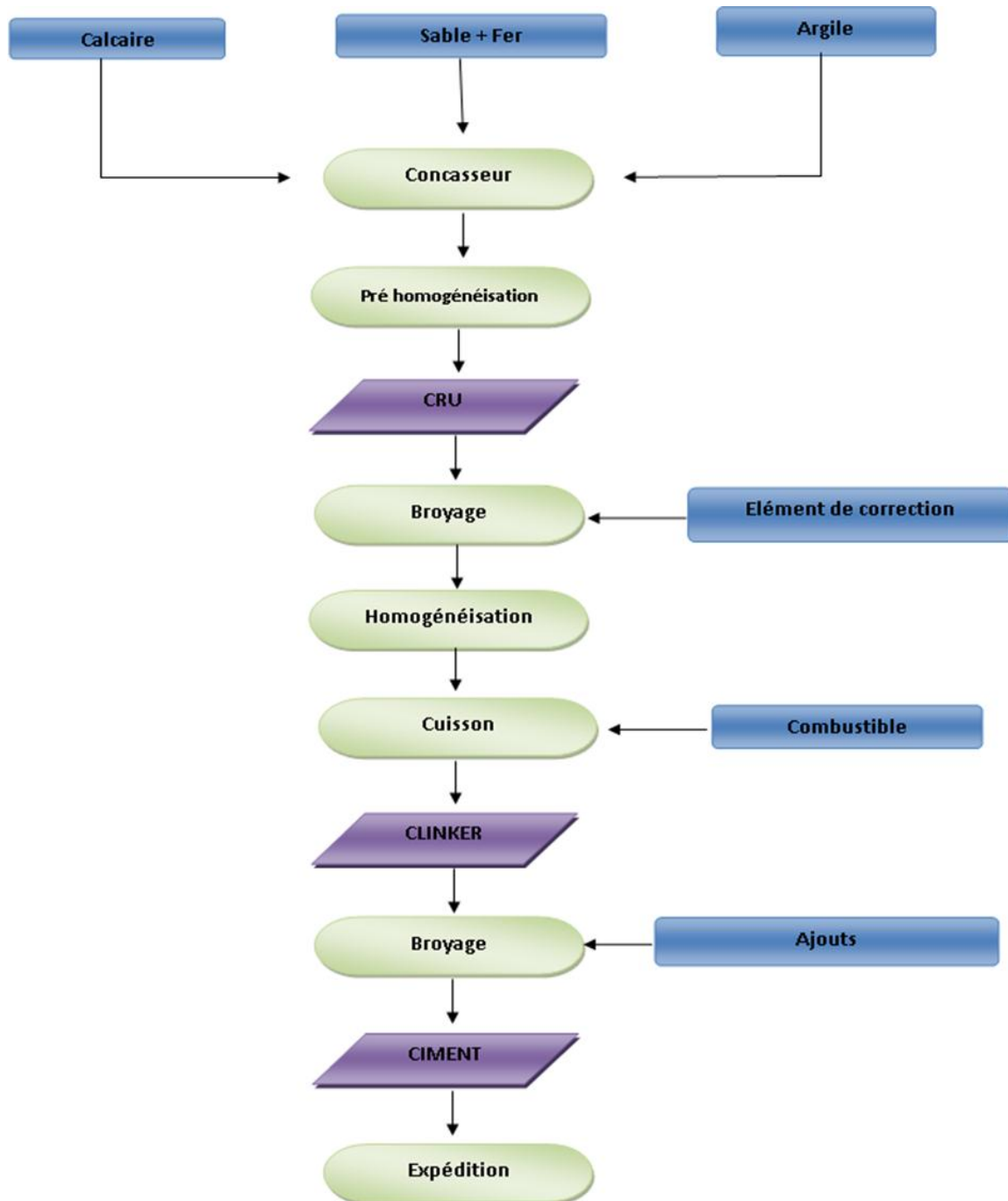


Figure 2 : Schéma général de fabrication de ciment.

1/ Etape 1 : Préparation des matières premières

1.1) Carrière

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

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

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.

2/ 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.

3/ Etape 3 : Préchauffage et cuisson

3.1) 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-calciateur. Le pré-calciateur

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

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.

4/ Etape 4 : Broyage ciment et expédition

4.1) 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 III : problématique liée à l'émission des poussières et les solutions suggérées.

Les poussières et les particules peuvent être émises à chaque étape du processus: extraction, transport, stockage, production, etc. La poussière issue de la cheminée des usines étant la plus facile à mesurer, elle est généralement réglementée. Les autres types de poussières peuvent aussi être émises en quantités significatives et affectent plus directement les riverains, mais ces poussières diffuses sont plus difficiles à mesurer.

Donc Holcim actuellement cherche des solutions efficaces pour diminuer l'émission de la poussière causée lors de la charge et la décharge des camions au stock du clinker et aussi au niveau des trémies de clinker et des ajouts

Cette émission se situe exactement dans la zone de stockage de clinker et les deux trémies, sa surface est de 20000 m².

I. Problématique liée à l'émission des poussières

1/ Problématique

L'environnement est devenu le souci majeur de toutes les industries modernes, dans ce cadre, HOLCIM-Fès accorde une attention particulière à la protection de son environnement, cette dernière cherche à répondre aux exigences des normes de qualité d'environnement (ISO 14 001) Qui génère également des critiques sur certains points.

La principale critique est que l'ISO 14001 évalue c'est la politique de l'entreprise en matière d'environnement.

C'est dans cadre l'usine cherche à mettre en place de nouveaux équipements qui permettent d'éliminer les émanations de poussière et les particules qui peuvent être émises à chaque étape du processus, car les poudres qui se forment sur les sites de travail causent de nombreux problèmes. Elles peuvent être nocives pour la santé des travailleurs, et en plus elles peuvent provoquer un dysfonctionnement des machines touchées, et aussi le non respect de la norme ISO 14001.

2/ Iso 14001

La norme ISO14001 est la plus utilisée des normes de la série des normes ISO 14000 qui concernent le management environnemental. Elle repose sur le principe d'amélioration continue de la performance environnementale par la maîtrise des impacts liés à l'activité de l'entreprise.

3/ Position du problème

3.1) Localisation de la zone

Ce problème d'émanation de poussière réside dans une zone spécifique, de déchargement et de chargement des camions au niveau des trémies de stock et en dépôts dans l'air ambiant, ce problème influence la qualité de l'environnement et cause des pertes de CLINKER et des ajouts (gypse, calcaire, fer, fluor) alors on cherche à trouver une solution optimale pour réduire l'émanation de ces poussières.



Figure 3 : Vue aérienne de la zone (Google maps)



Figure 4 : Les trémies.

3.2) Surface de la zone

D'après Google Maps on a trouve que la surface de la zone est a peu près 20000 m²

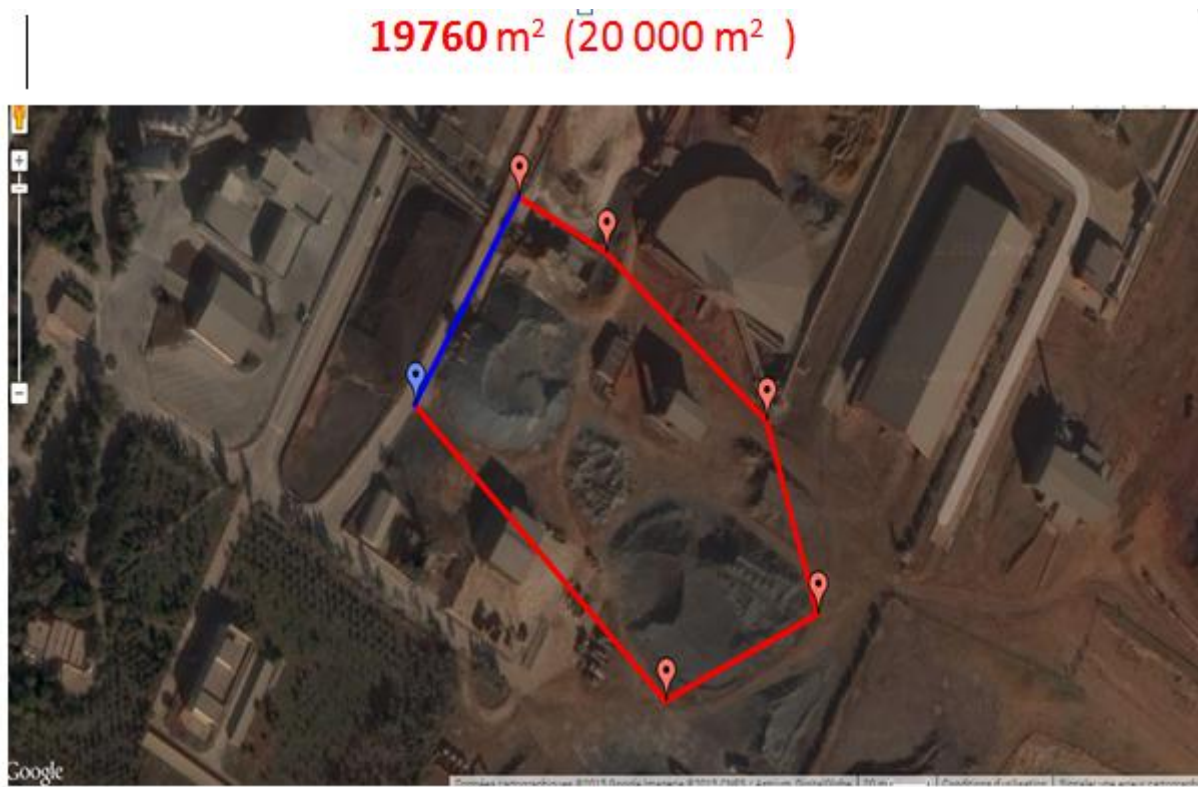


Figure 5 : Calcul de la surface du problème.

3.3) Simulation (dessin industriel 3D : CATIA)

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, de tester virtuellement – à l'aide d'un ordinateur et des techniques de simulation numérique – et de réaliser des produits manufacturés et les outils pour les fabriquer.

CATIA (« Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive Appliquée ») est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) créé au départ par la société Dassault systèmes pour ses propres besoins sous le nom de CATI (acronyme de conception assistée tridimensionnelle interactive). La compagnie Dassault Systèmes fut créée en 1981 pour en assurer le développement et la maintenance sous le nom de CATIA, IBM en assurant la commercialisation.

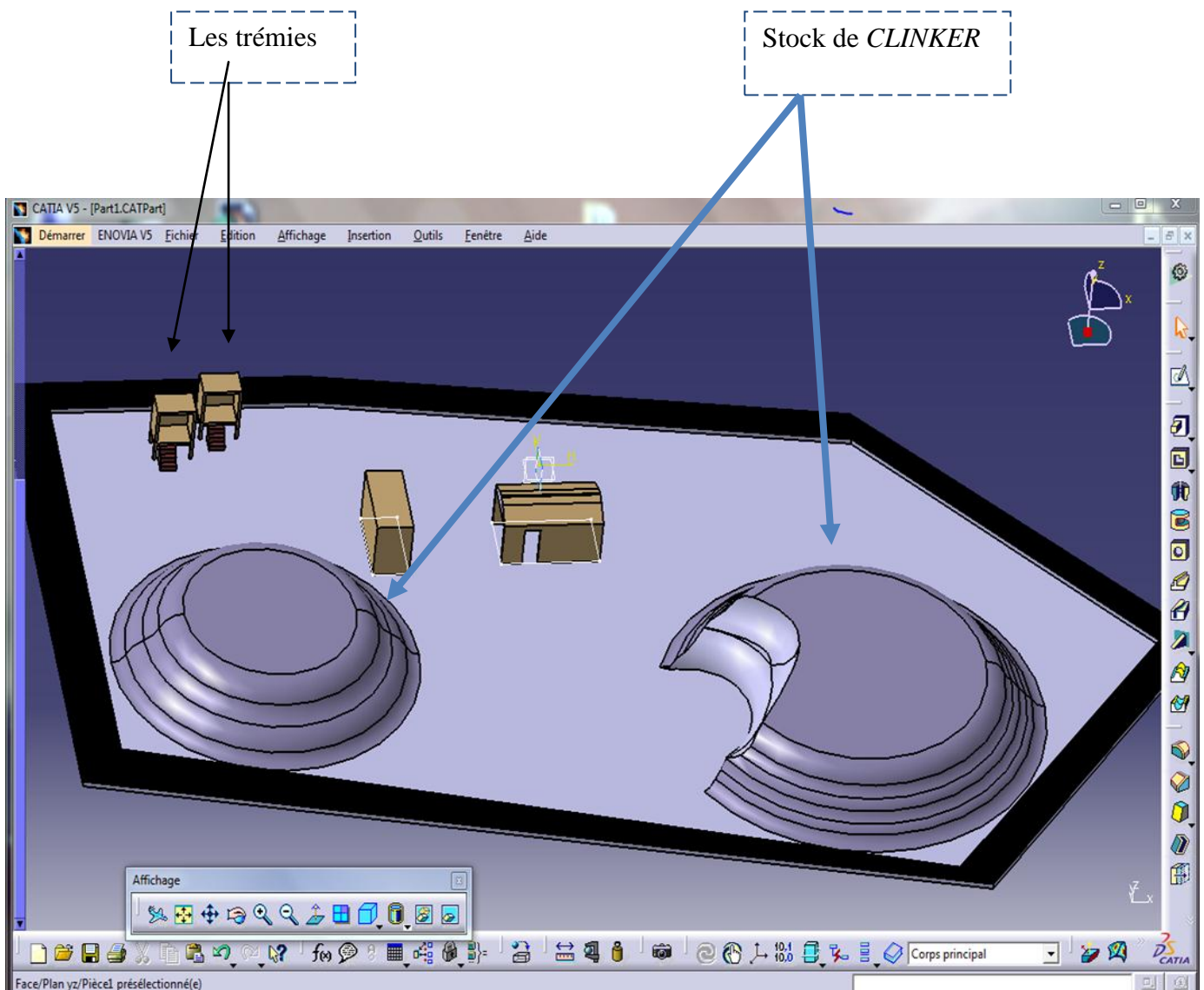


Figure 6 : La zone de problème sur CATIA.

II. Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle du besoin est une démarche qui consiste à analyser un produit d'une manière systémique en l'examinant aussi bien de l'intérieur que de l'extérieur afin de porter une attention particulière aux interactions entre ses différents éléments de l'environnement.

Une analyse fonctionnelle progresse suivant trois phases :

- ☞ Phase 1 : recherche du besoin fonctionnelle. L'outil de recherche est appelé « bête à cornes ».
- ☞ Phase2 : recherche des fonctions de service : Son principe consiste à étudier le Système pour découvrir et dresser la liste de tous les éléments du milieu extérieur en contact avec ce Système. Pour cela on utilise l'outil «Pieuvre».

1/ Recherche du besoin fonctionnelle

1.1) Identifier le besoin (Méthode bête à cornes)

Pour identifier le besoin, on va utiliser la méthode de bêtes cornes, cette méthode repose sur trois questions :

- Sur quoi le Système agit-il ?
- A qui le Système rend-il service ?
- Dans quel but ?

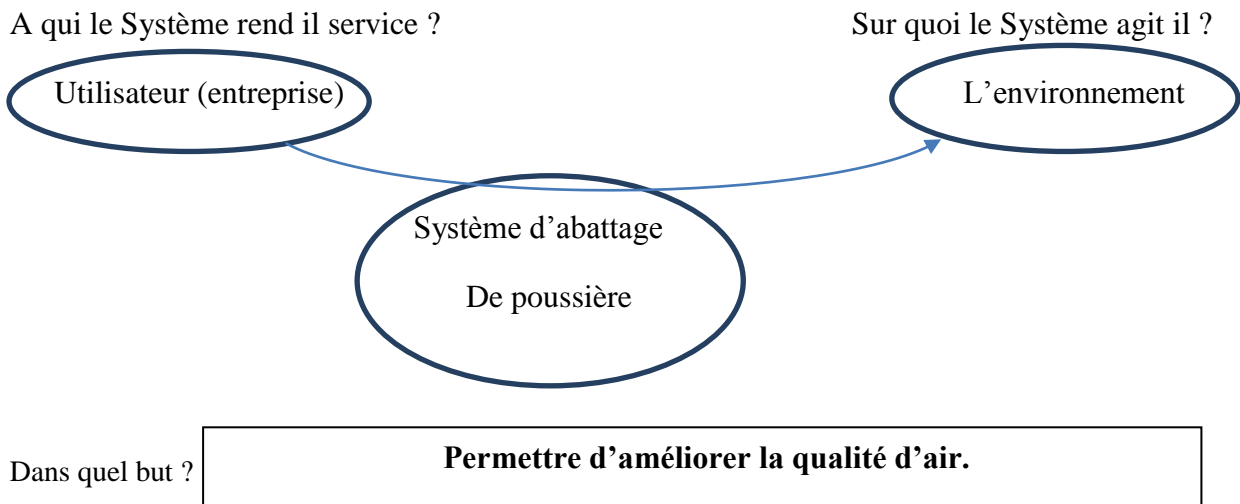


Figure 7: Diagramme de bête à cornes

1.2) Validation du besoin

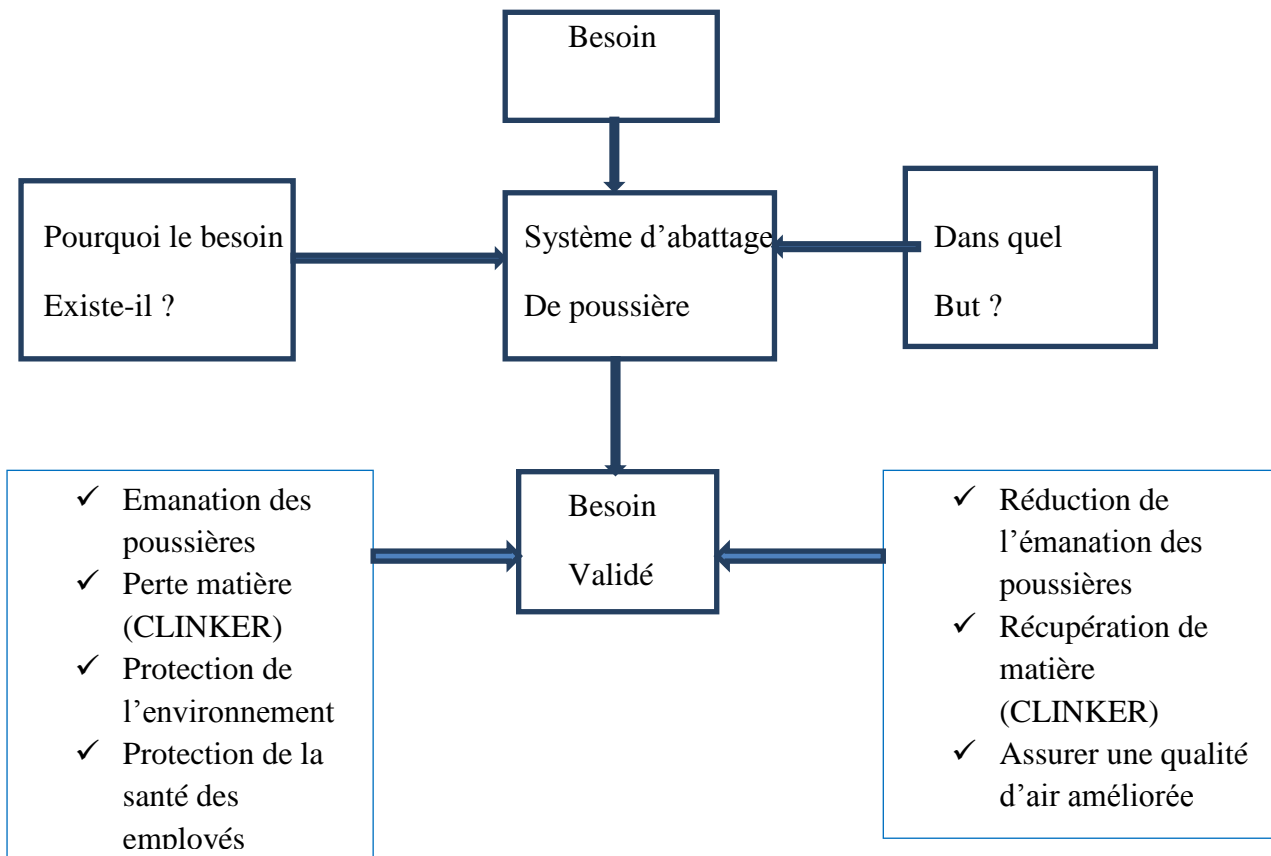


Figure 8 : Validation du besoin.

2/ Diagramme pieuvre

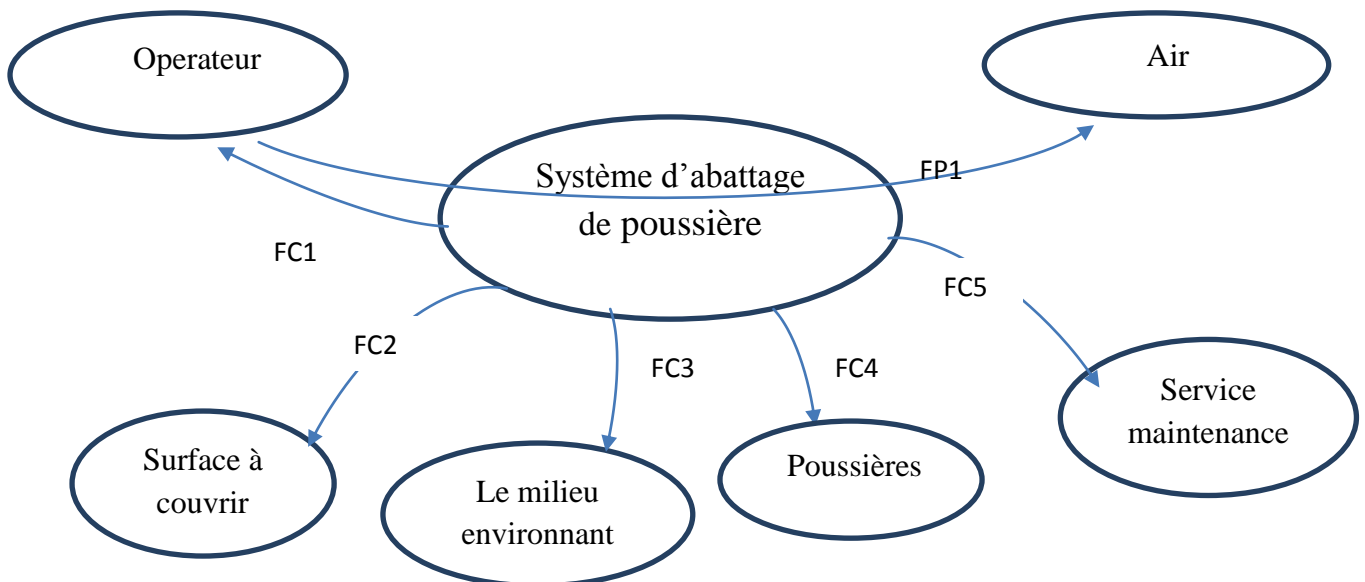


Figure 9 : diagramme de pieuvre

Les fonctions de service :

FP : Permettre à l'utilisateur (entreprise) d'améliorer la qualité d'air

FC1 : Informer l'opérateur.

FC2 : Assurer la couverture de la surface concernée.

FC3 : respecter le milieu environnant.

FC4 : Permettre la réduction d'émission des poussières.

FC5 : être facile à maintenir.

3/ Cahier des charges

Nous présentons dans ce paragraphe le cahier de charge obtenu en respectant les définitions données par l'annexe 2.

N°	Désignation de fonction	K	Critère	Niveau	Flexibilité	F
1	Améliorer la qualité d'air	5	réduire l'émission des poussières	90%	±5%	1
2	Couvrir la surface concernée	3	Rayon d'action	40m	±5m	2
3	poussières	4	Quantité de poussière réduite	90%	±5%	1
4	Le milieu d'environnant	2	Respecter Le milieu d'environnant	Aucune influence sur les machines		0
5	Informé l'opérateur	1	Des formations sur le système			0
6	Service maintenance	2	système de fonctionnement	simple		0

Tableau 3 : Cahier des charges fonctionnelles

III. Solutions suggérées

1/ Solutions pour les trémies

1.1) Solution 1: Le filtre à manche

A/ Les 2 types filtre à manche

On trouve deux types Les filtres FDAPC ou ROBOCYCLAIR :

Les filtres FDAPC et ROBOCYCLAIR partagent la même architecture de construction. Le seul paramètre différentiant est leur système de dé-colmatage des manches filtrantes. Les autres informations sont communes aux deux types de filtres.

- ☞ Les FDAPC sont des filtres à dé-colmatage automatique pneumatique contrôlé. Ils sont équipés d'un ou deux réservoirs (pour FDAPC 180 manches) d'air comprimé pour permettre le dé-colmatage avec de l'air sous pression des manches par choc pneumatique.
- ☞ Les ROBOCYCLAIRS sont des filtres à manches à dé-colmatage mécanique par vibreurs. L'ensemble des manches est monté sur un dispositif semi mobile qui est mis en vibration dès que la machine est arrêtée ou suite à colmatage.

B/ Mode de fonctionnement

Ces filtres fonctionnent en pression ou en dépression et sont équipés d'un couloir de décantation. La chute des vitesses d'air permet une pré-séparation des particules lourdes, qui tombent dans la trémie. Seules les particules fines montent vers l'extérieur des manches filtrantes, ainsi préservées et à la longévité augmentée. Les poussières tombées dans la trémie sont évacuées par une vis sans fin vers une écluse d'air (selon modèle) ou par une écluse d'air seulement. Il est possible de placer un réseau de reprise après l'écluse pour convoier les poussières vers un stockage par bennes. L'air filtré arrive dans la chambre d'air propre et est évacué par des ouïes de décompression anti volatiles et protégées des pluies. Rejet inférieur à $0.2\text{mg} / \text{m}^3$. Le système en pression permet de faire rentrer plusieurs réseaux séparés avec chacun son ventilateur. Le système en dépression protège le ventilateur et permet l'utilisation de ventilateur à fort rendement. Suivant le modèle l'évacuation de la matière dans la trémie est obtenue: - directement par une écluse, - par une vis de transport qui emmène la matière vers l'écluse (pour les trémies 2 pans) Une trappe de visite sur la trémie, permet une maintenance de l'appareil en cas de panne (visite avec système hors tension est conseillée).

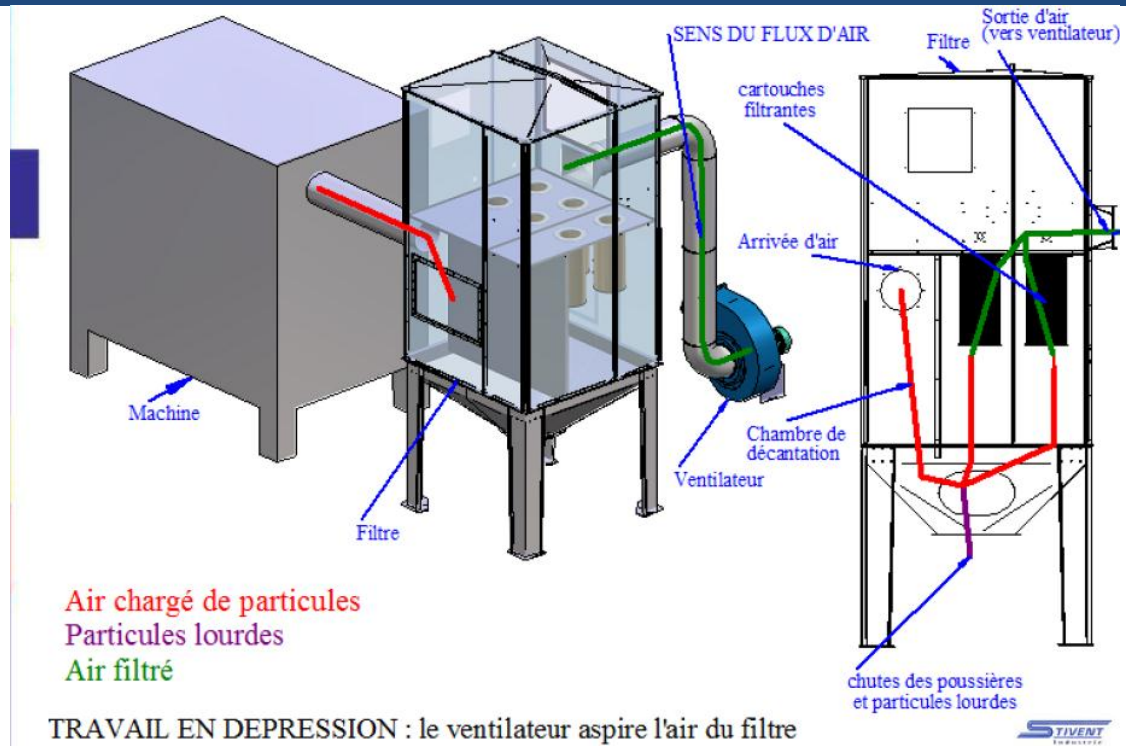


Figure 10 : Principe de Travail du filtre à manche en dépression.

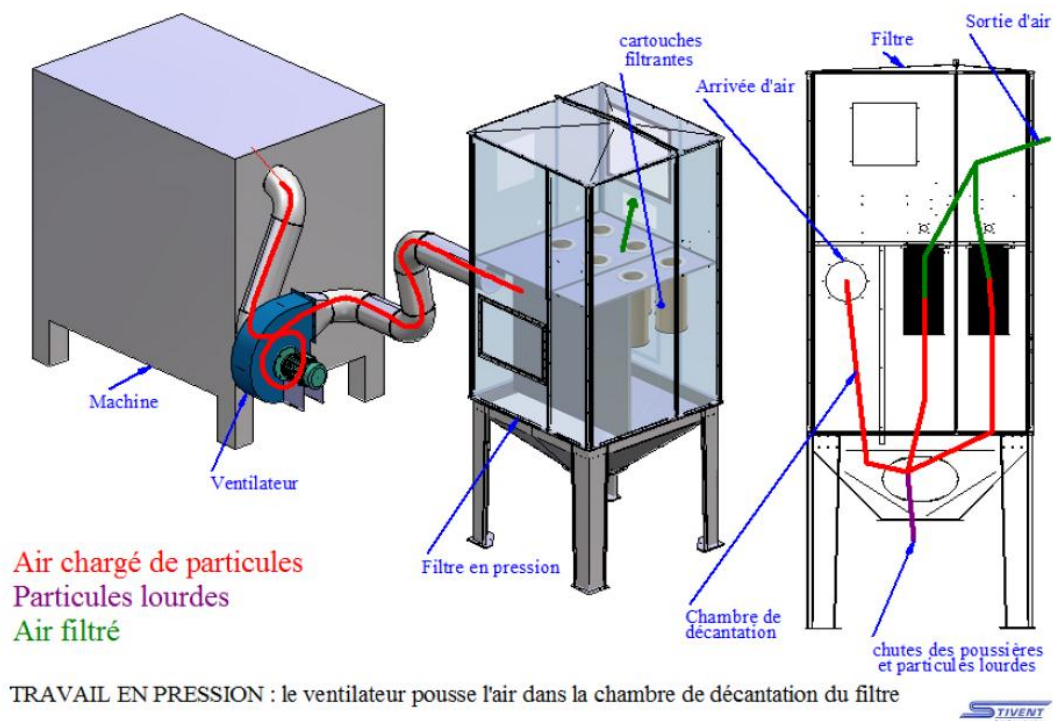


Figure 11 : Principe de Travail du filtre à manche en pression.

1.2) Solution 2: Humidification de l'air : MyFog

MyFog est un système de buses haute pression conçu pour l'humidification directe de locaux. Ce produit est particulièrement adapté pour les applications nécessitant une solution d'humidification performante, un montage flexible et simple. L'installation s'avère donc économique avec de faibles coûts d'exploitation.

A/ Les avantages de ce système

- ☞ **Système de buses haute pression Grande efficacité énergétique** : Une pulvérisation micro fine sans apport d'air comprimé onéreux (coûts énergétiques, entretien du compresseur, etc.).
- ☞ **Installation facile Les tuyaux** : de buses flexibles s'adaptent simplement aux espaces donnés.
- ☞ **Positionnement flexible** : Un système d'orientation des buses positionne l'angle de brumisation dans la direction souhaitée.
- ☞ **Commande précise** : Système de commande digital garantit un fonctionnement précis de l'humidification avec le réglage de différents paramètres et la protection des valeurs de consignes.
- ☞ **Grande puissance – coûts faibles** : La pompe haute pression à fréquence variable permet un fonctionnement de la pompe variable en fonction de la demande. Cela réduit les consommations énergétiques et diminue les sollicitations mécaniques.

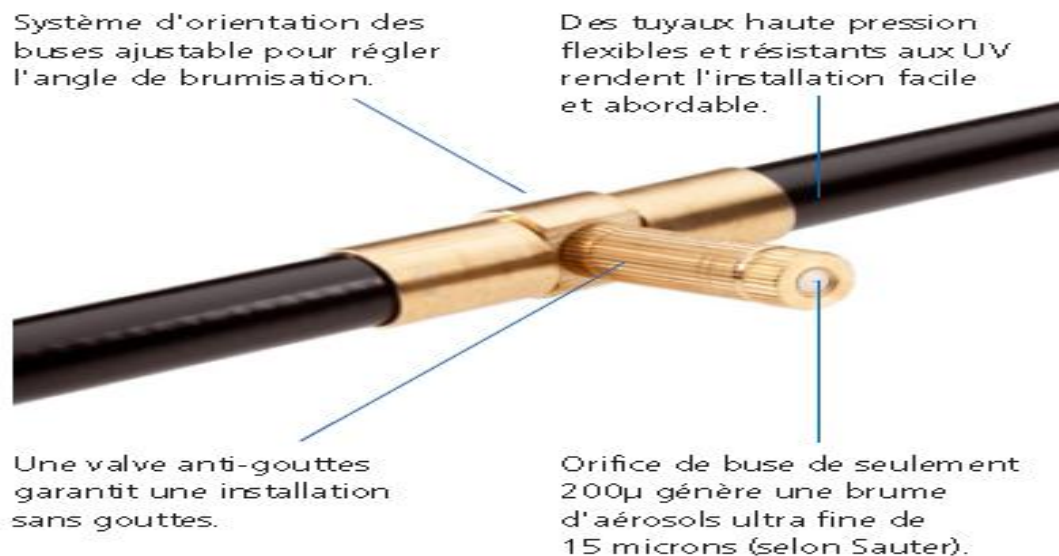


Figure 12 : Générateur de buses MyFog

B/ Le schéma de principe du générateur de buses

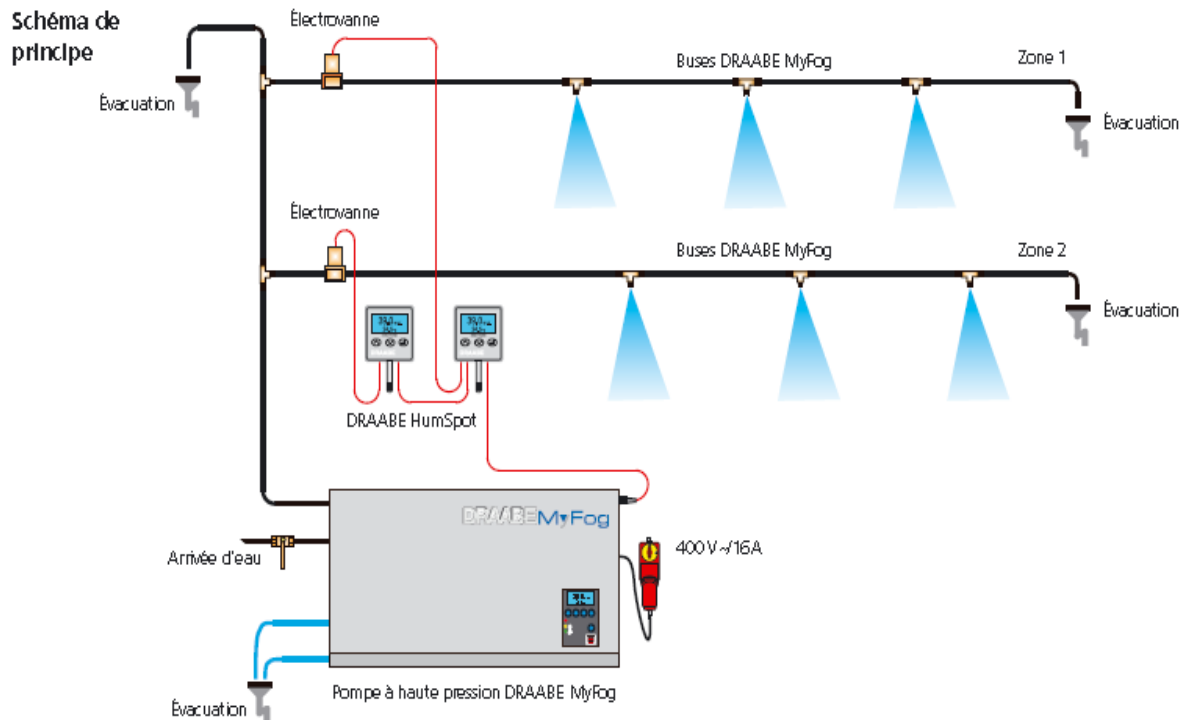


Figure 13 : Le schéma de principe du générateur de buses.

C/ La pompe à haute pression MyFog

La pompe à haute pression MyFog est la centrale de toute l'installation : grâce à une pression d'utilisation de 80 bars, la pompe à haut débit assure l'aspect de brume micro-fine des buses MyFog. La commande par fréquence variable et les nombreuses fonctions supplémentaires et innovantes de la pompe à haute pression MyFog rendent le système particulièrement rentable et convivial.

Fonctions

- Grande efficacité énergétique La commande par fréquence variable règle toujours le rendement de la pompe en fonction du volume d'humidification effectivement requis. Cette innovation technique liée à la performance réduit les coûts d'exploitation et ménage les ressources.
- Facilité de maintenance La commande électronique spéciale MyFog affiche automatiquement tous les intervalles de maintenance et les messages d'état sur un écran d'affichage aux multiples fonctions. Toutes les pièces d'usure sont faciles d'accès et échangeables pour la maintenance.

- Hygiène Les rinçages de toute l'installation, activés de manière automatique, préviennent contre les contaminations microbiennes lors des arrêts prolongés. Une désinfection UV (optionnelle) et un micro-filtre offrent une protection supplémentaire contre les micro-organismes et les impuretés se trouvant dans l'eau de l'humidificateur.

Détails techniques	Module de pompe		
	MyFog M	MyFog L	MyFog XL
Débit max.	160 kg/h	490 kg/h	980 kg/h
Puissance électrique	0,9 kW	1,9 kW	3,2 kW
Tension	400 V3 ~		
Débit des buses (max.)	4,3 kg/h		
Plage de réglage	20–100 % d'humidité relative		
Pression d'utilisation	80 bars		
Dimensions	904/662/404 mm (largeur/hauteur/profondeur)		
Poids	env. 80 kg		

Tableau 4 : Fiche technique de La pompe à haute pression MyFog.

D/ Le DRAABE Hum Spot

Une précision de pointe

Le DRAABE Hum Spot commande et surveille l'humidification des zones individuelles (par ex. divers locaux, aires de travail). Le guidage simple par menu et l'écran couleur éclairé garantissent un grand confort d'utilisation.

Fonctions

- Activation très précise des humidificateurs d'air lorsque la valeur d'humidité de consigne réglée n'est pas atteinte
- Haute précision de mesure grâce à une technique de mesure d'humidité numérique et capacitaire
- Affichage d'état permanent de l'humidité relative et de la température ambiante



Figure 14 : le fonctionnement de MyFog.

1.2) Tableau comparatif et choix de la meilleure solution

Caractéristiques/éléments	Générateur de buses MyFog	Le filtre à manche
Cout	Faible cout	Cout onéreux
Maintenance	Facile à maintenir	Difficile à maintenir
Pièce de rechange	Pas chère	Coûteuse
Installation	facile	Un peu difficile

Tableau 5 : Tableau comparatif.

Pour les trémies on a choisi l'humidification de l'air parce qu'elle présente plusieurs avantages :

- ✓ Positionnement flexible,
- ✓ Combinaisons individuelles,
- ✓ Grande puissance
- ✓ Faible coût des équipements
- ✓ Installation facile des tuyaux et acier inoxydable
- ✓ facile à maintenir
- ✓ pièces de rechange pas chères.

1.3) Etanchéité des trémies

Après la sélection de MyFog comme solutions du problème au niveau des trémies, on a constaté que pour un rendement idéal il faut assurer l'étanchéité des deux trémies pour que les poussières reste a l'intérieur et on laisse seulement une partie pour le déchargement des camions.

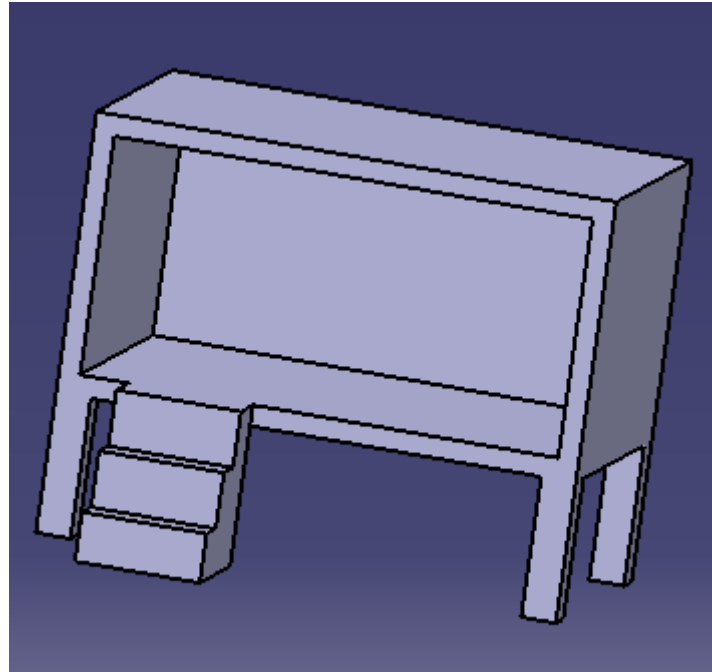


Figure 15 :*l'état initial des trémies.*

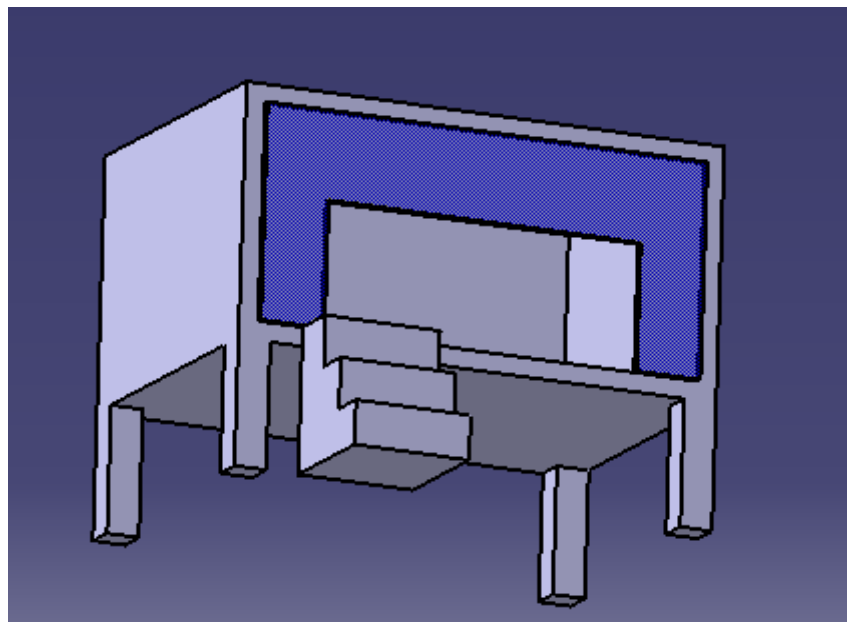


Figure 16 : *l'état des trémies après l'étanchéité.*

2/ Solutions pour l'espace ouvert

2.1) DUST FIGHTER (Fournisseur: bull Shark)

Principe de fonctionnement du brumisateur d'abattage des poussières et des odeurs Dust-Fighter :

Une couronne de buses brumise l'eau pendant que le flux d'air généré, par un ventilateur, et projette les microgouttes sur la zone à traiter. Ces microgouttes qui composent la brume en suspension s'agrègent aux particules volatiles de poussière, ce qui augmente leur masse et les abatte par gravité.

☞ Fonctions et avantages :

- Réduit les coûts de nettoyage, les pannes d'équipement et les problèmes de réglementation
- La zone autour du matériau est recouverte de brouillard, capturant les particules en suspension
- Les buses de vaporisation libèrent de l'eau et humidifient le matériau, prévenant ainsi la formation de poussière
- Pas d'air comprimé, ni de produits chimiques consommables onéreux

☞ Les DUST FIGHTER pour :

- ✓ Lutter contre les poussières.
- ✓ Assurer le séchage progressif.
- ✓ Refroidir des surfaces étendues.
- ✓ De très nombreuses applications.
- ✓ Tous types d'environnements.

☞ Les avantages des DUST FIGHTER

- ✓ Pas d'opérateur permanent.
- ✓ Faible consommation d'eau.
- ✓ Pas de surface boueuse impraticable.
- ✓ Long rayon d'action.
- ✓ Un grand choix de configurations.



Figure 17 : Fonctionnement de *DUST FIGHTER*.

Ils existent différents types des *DUST FIGHTER* selon le rayon d'action.

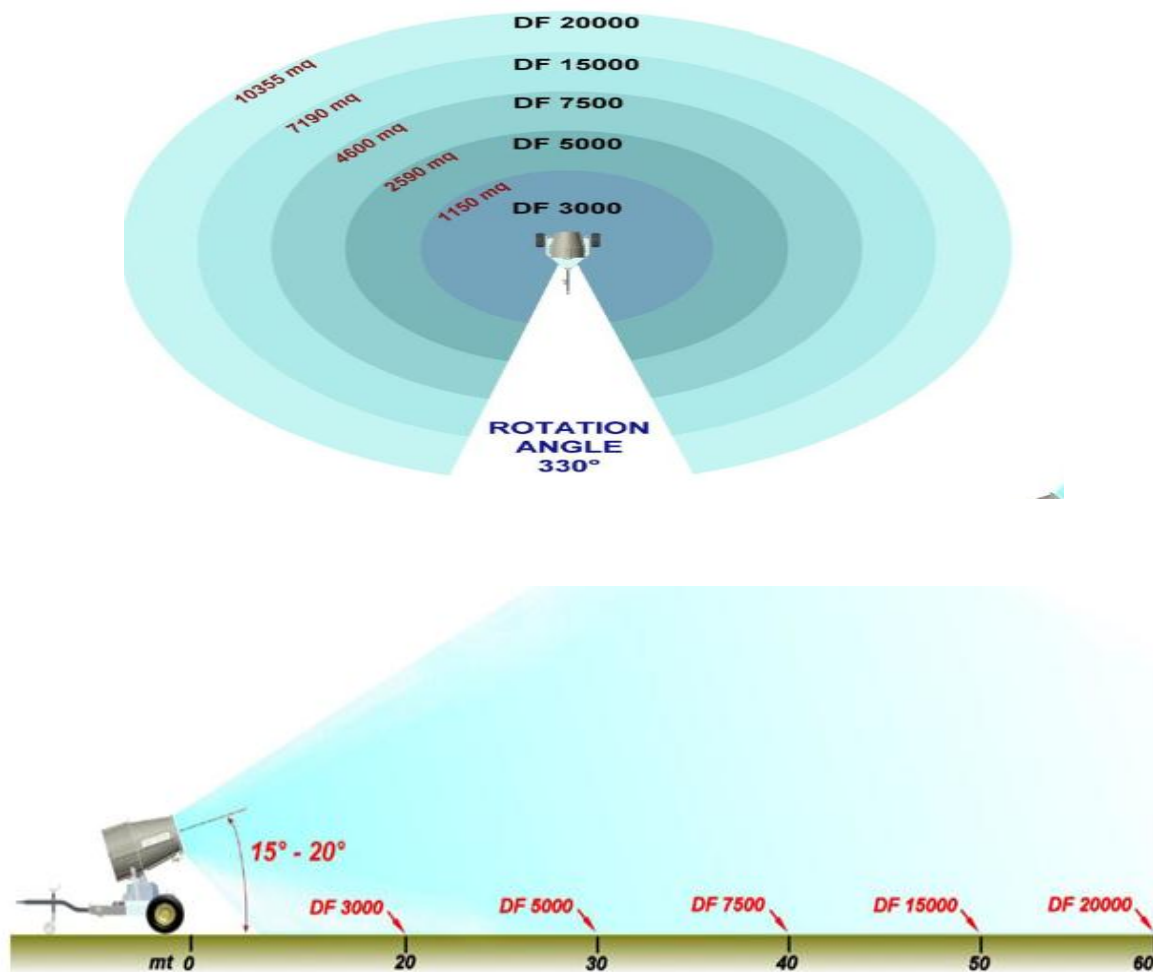


Figure 18 : Les différents types des *DUST FIGHTER*.

A / Brumisateur mobile



Figure 19 : DUST FIGHTER.

↳ Equipement standard :

- ✓ 25 mètres de câble avec prises électrique.
- ✓ Essieu deux roues avec timon et roue jockey.
- ✓ Sabots pour fourches de chariot élévateur.
- ✓ 2 pieds stabilisateurs réglables en hauteur.
- ✓ Connexion rapides.
- ✓ Panneau de contrôle intégré sur la machine.
- ✓ Pompe électrique intégrée.
- ✓ Un filtre à eau 80 MESH à l'arrivée + un filtre avant les buses.
- ✓ Manomètre de pression d'eau.
- ✓ Manivelle de réglage de hausse.
- ✓ Inverseur de phases.

↳ Options

- ✓ Contrôle automatique de l'oscillation depuis le panneau de contrôle; le rayon d'action peut être pré réglé de 0 à 325°
- ✓ Télécommande à distance marche/arrêt pompe, ventilateur et oscillation (si équipé de l'option)
- ✓ Pompe supplémentaire pour additifs.

Spécifications	DF 3000	DF 5000
Puissance du moteur électrique	3 kW	5.5 kW
Raccordement électrique 3P+N+T	16A	16A
Alimentation	380 V - 50 Hz	380 V - 50 Hz
Raccord eau fourni	Camlock 3/4"	Camlock 3/4"
Nombre de buses à cône creux	18	20
Pression d'eau en entrée mini - maxi	2 bar - 11 bar	2 bar - 11 bar
Rayon d'action (sans vent)	10 - 20 m	20 - 30 m
Consommation d'eau en l/min.- l/h	12,3 - 738	18,3 - 1098
Oscillation manuelle	325°	325°
Dimensions (L x l x H) en cm	280 x 149 x 178	280 x 149 x 178
Poids	470 Kg	500 Kg
Puissance recommandée*	7 kW	15 kW

Tableau 6 : Fiche technique de DF 3000 et 5000.

Spécifications	DF 7500	DF 15000	DF 20000
Puissance du moteur électrique	7.5 kW	15 kW	22 kW
Raccordement électrique 3P+N+T	32A	32A	32A
Alimentation	380 V - 50 Hz	380 V - 50 Hz	380 V - 50 Hz
Raccord eau fourni	UNI45	UNI45	UNI45
Nombre de buses à cône creux	24	30	30
Pression d'eau en entrée mini - maxi	2 bar - 11 bar	2 bar - 11 bar	2 bar - 11 bar
Rayon d'action (sans vent)	30 - 40 m	40 - 50 m	50 - 60 m
Consommation d'eau en l/min.- l/h	52,0 - 3120	65,5 - 3630	69,5 - 4170
Oscillation manuelle	335°	335°	335°
Dimensions (L x l x H) en cm	330 x 183 x 218	330 x 183 x 218	330 x 183 x 218
Poids	720 Kg	810 Kg	850 Kg
Puissance recommandée*	20 kW	35 kW	50 kW

Tableau 7 : Fiche technique de DF 7500 et 15000 et 20000.

B/ Brumisateur mobile avec groupe électrogène et réservoir d'eau embarqués



Figure 20 : DUST FIGHTER avec groupe électrogène.

↻ Équipement standard

- ✓ Remorque de chantier avec 2 essieux et 4 roues.
- ✓ Réservoir d'eau de 2000 litres.
- ✓ 4 pieds stabilisateurs réglables en hauteur.
- ✓ Groupe électrogène embarqué.
- ✓ Panneau de contrôle intégré sur la machine.
- ✓ Pompe électrique intégrée.

- ✓ Un filtre à eau 80 MESH à l'arrivée + un filtre avant les buses.
- ✓ Manomètre de pression d'eau.
- ✓ Port pour alimentation externe en eau.
- ✓ Commande de réglage de hausse.
- ✓ Oscillation automatique, rayon d'action réglable de 0 à 335°.
- ✓ Télécommande à distance marche/arrêt pompe, ventilateur et oscillation.

↻ Options

- ✓ Pompe supplémentaire pour additifs.

Spécifications	DF 7500 MPT
Modèle du groupe électrogène	MGTP 22 SSP
Puissance du groupe électrogène	22 KVA 400V
Moteur diesel du groupe	Perkins 404C-22G
Prise pour alimentation alternative	3P+N+T – 32A
Puissance du moteur électrique	7.5 kW
Buses à cône creux	24
Pression d'eau en entrée	12 bar
Rayon d'action (sans vent)	30 - 40 m
Capacité du réservoir d'eau	2000 litres
Autonomie en eau	60 minutes
Oscillation	335°
Dimensions (L x l x H) en cm	425 x 219 x 272
Poids	2700 Kg

Tableau 8 : Fiche technique de DF 7500 avec groupe électrogène.

C/ Canon brumisateur : GUN 50 (HENNLICH)



Figure 21 : Canon brumisateur : GUN 50 (HENNLICH).

Design Standard

- ✓ Un anneau de buse en acier inoxydable.
- ✓ Oscillation horizontale automatique 0-350.
- ✓ sur presseur haute pression.
- ✓ Débitmètre.

-
- ✓ Filtre à eau.
 - ✓ Panneau de commande électrique.
 - ✓ Protection contre la marche à sec.

☞ Accessoire supplémentaire

- ✓ Télécommande (brouillard canon On & Off).
- ✓ Remorque sur roues.
- ✓ Additifs chimiques pour la suppression des poussières ou d'odeur.
- ✓ Pompe supplémentaire pour augmenter la pression d'entrée.
- ✓ Réservoir d'eau de 1000 l.
- ✓ Essence ou générateur diesel (notre recommandation est de 22 kW ou plus).

☞ Caractéristiques générales

- ✓ Couverture : 7 860 m².
- ✓ La taille des gouttelettes : 50-150 microns.
- ✓ Fan : 7,5 kW.
- ✓ Pompe de gavage : 5,5 kW.
- ✓ Filtre maillage : 200 microns.
- ✓ Oscillation automatique : 0 à 180 °.
- ✓ Alimentation : 3 Phase, 400VAC, 50 Hz.
- ✓ Pression d'eau minimale : 4 bar.
- ✓ La consommation d'eau : 6000-8000 l / h.
- ✓ Poids : 266 kg.
- ✓ Rayon d'action : (état sans vent) 40-50 mètres

D/ Tableau comparatif des solutions

On a réalisé un tableau comparatif où on va comparer deux solutions d'une même catégorie (40 mètres de portée). Les caractéristiques techniques sont mises en comparaison et le côté économique (consommation énergétique/prix d'achat) est présent.

Caractéristiques/éléments	Brumisateur DUST-FIGHTER 7500 (réservoir d'eau et groupe électrogène embarqués)	Brumisateur HENNLICH
Puissance moteur électrique	7.5 KW	7.5KW
Alimentation	380V-50Hz	400VAC-50Hz
Pression d'entrée d'eau	12 BAR	12 BAR
Rayon d'action	30-40 mètres	40-50 mètres
Surface couverte	7520 m ²	7860m ²
Oscillation	335°	350°
Capacité du réservoir d'eau	2000 l	1000 l
Système de protection		Protection contre la marche à sec
Consommation d'eau	2000 l/h	6000-8000 l/h
Consommation d'énergie (carburant/électricité)	4.2 l/h (carburant)	31.3 KW/h
Prix de consommation d'énergie	42 DHS/h	46.8-31.3 DHS/h
Prix d'équipement (SANS TRANSPORT)	180 000 DHS	110 000 DHS

Tableau 9 : Tableau comparatif.

La faisabilité de l'installation du premier équipement est nettement plus grande que celle du deuxième, car lors de l'installation et de la mise en place de ces équipements on évitera la situation délicate d'assurer l'alimentation (eau/électricité) qui est loin de la zone concernée et aussi on aura des difficultés en cas de besoin de déplacer l'équipement. D'après cela et le tableau comparatif, nous avons sélectionnée le Brumisateur DUST-FIGHTER 7500 (réservoir d'eau et groupe électrogène embarqués)

Chapitre4 : Plan de maintenance pour les solutions sélectionnées.

Ce chapitre a pour objet de réaliser un plan de maintenance pour les équipements (DUST FIGHTER 7500/Générateur des buses) pris comme solutions pour notre problème écologique. Cela a pour but de faciliter la tâche aux agents de maintenance qui sont censés avoir une connaissance profonde du matériel.

I. Analyse du « DUST FIGHTER 7500 »

1/ Découpage technique

Dans le but d'identifier les composants de l'équipement, on va réaliser un découpage technique qui nous permettra d'isoler chaque composant pour l'analyser et le maintenir en bon état.

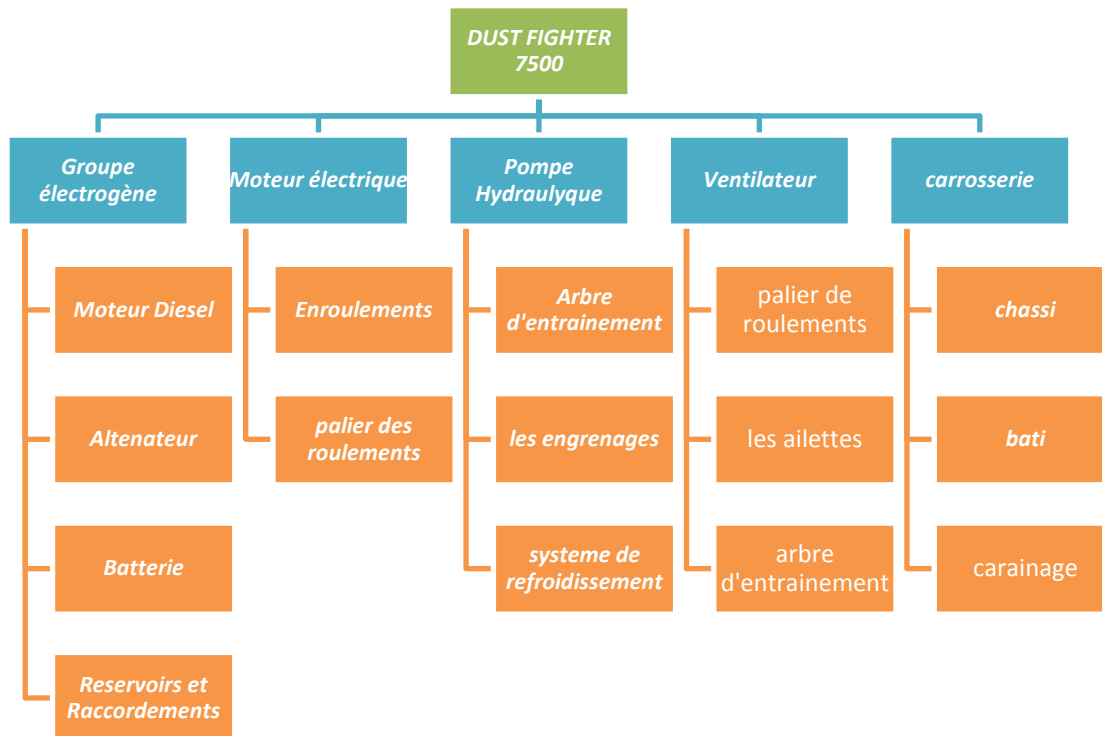


Figure 22 : Découpage technique de DUST FIGHTER.

1.1) moteur diesel

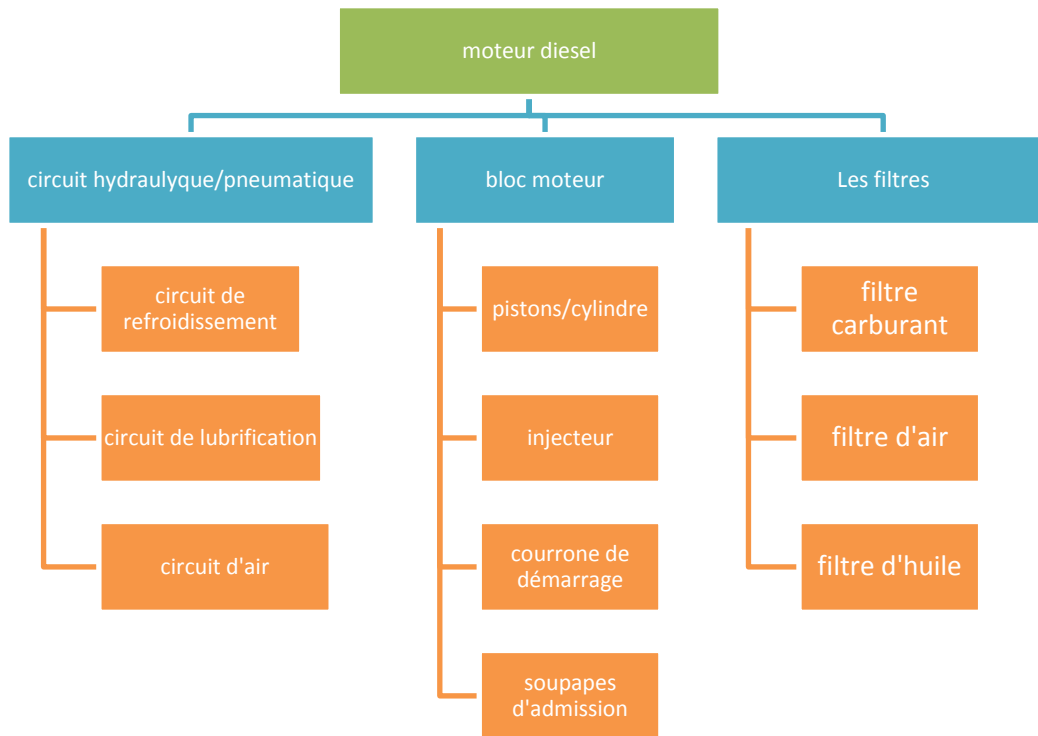


Figure 23: Découpage technique de Moteur.

1.2) Alternateur

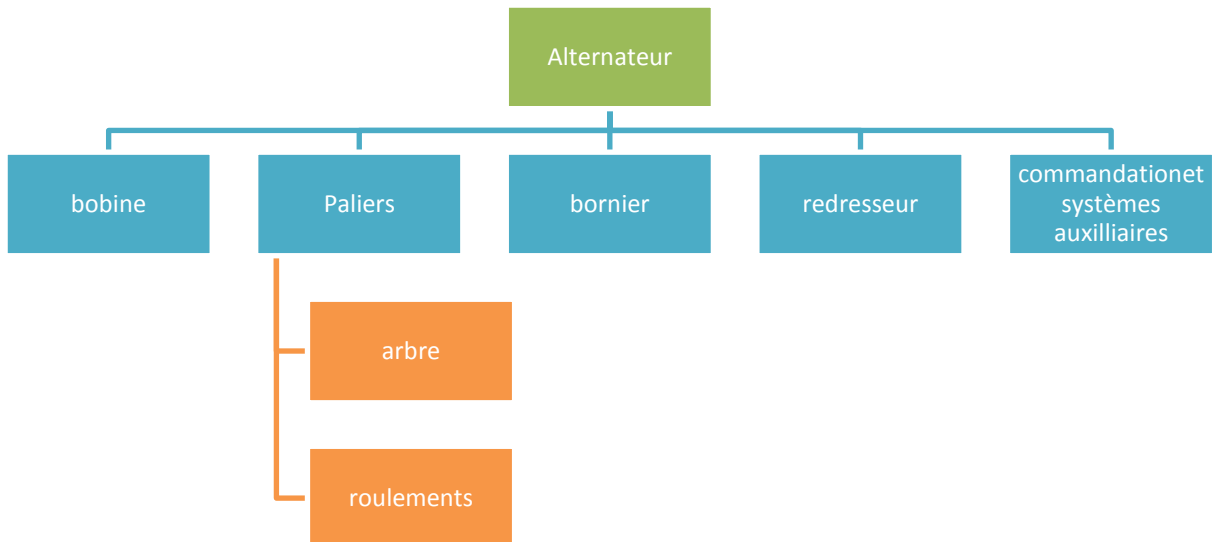


Figure 24 : Découpage technique de l'alternateur.

2/ Tableau de maintenance

Opération	Description	OPERATIONS A EFFECTUER AU PREMIER TERME ATTEINT									
		Avant démarrage	Chaque semaine ou 50 h	Après 100 h	400 h ou 12 mois	Tous les 1000 h	Tous ou 2 ans	2000 h ou 5 ans	4000 h ou 10 ans	8000 h ou 20 ans	Tous les 16000 h
GRISSAGE											
Vérifie	L'absence de fuite										
	Le niveau huile moteur										
Remplacer	Les filtres										
	L'huile moteur										
	Les flexibles huiles										
REFROIDISSEMENT											
Vérifie	L'absence de fuite										
	Le circuit de préchauffage										
	Le circuit de refroidissement										
	Le niveau liquide										
	La concentration antigel										
	L'état et la tension courroies										
	Le ventilateur et entraînement										
Remplacer	Les échangeurs huile et air										
	Le liquide de refroidissement										
	Les courroies										
	Le thermostat										
AIR ADMISSION											
Vérifie	L'absence de fuite										
	La propreté filtre à air										
	Les tubulures et raccords										
Remplacer	Les éléments de filtre à air										
	L'indicateur de colmatage										
ECHAPPEMENT											
Vérifie	L'absence de fuite										
	non obstruction de l'échappement										
COMBUSTIBLE											
Vérifie	L'absence de fuite										
	Les tuyauteries et raccords										
	Les injecteurs										
Nettoyer	Le pré-filtre et décanteur										
Remplacer	Les filtres										
	Les injecteurs										
MOTEUR											
Vérifie	le compartiment moteur										

	niveau d'huile moteur/carburant										
	l'indicateur de colmatage du filtre à air										
	le régime moteur et le statisme du régulateur										
	la tension des courroies et le tendeur automatique										
Remplacer	les éléments filtrant du filtre à combustible										
Nettoyer	Nettoyer le reniflard										
Contrôler	le jeu aux soupapes et le régler si nécessaire										
	le circuit d'admission d'air (avec durites et raccords)										
	la pression du circuit de refroidissement										
Vidange	Vidanger et rincer le circuit de refroidissement										
	l'huile moteur et remplacer le filtre										
	l'eau et les sédiments du ou des filtres à carburant										
ALTERNATEUR											
Vérifie	Condition de bobine										
	Condition des paliers	Mise en service									
	Toutes les connexions et les câble de l'alternateur										
	Diodes										
	Flux d'air	Mise en service									
	Condition de ventilation										
Test	Résistance de l'isolation de toutes les bobines										
	Capteur de température	Mise en service					Mise en service				
	Température de l'arrivé d'air										
	Condition des filtres à air										
Nettoyer	Filtres à air										
Remplacer	Graisse sur les paliers re-graissable										
	Palier re-graissable										
	Filtres à air										

Tableau 10 : Tableau de maintenance de DUST FIGHTER.

II. Analyse du générateur des buses

1/ Découpage technique

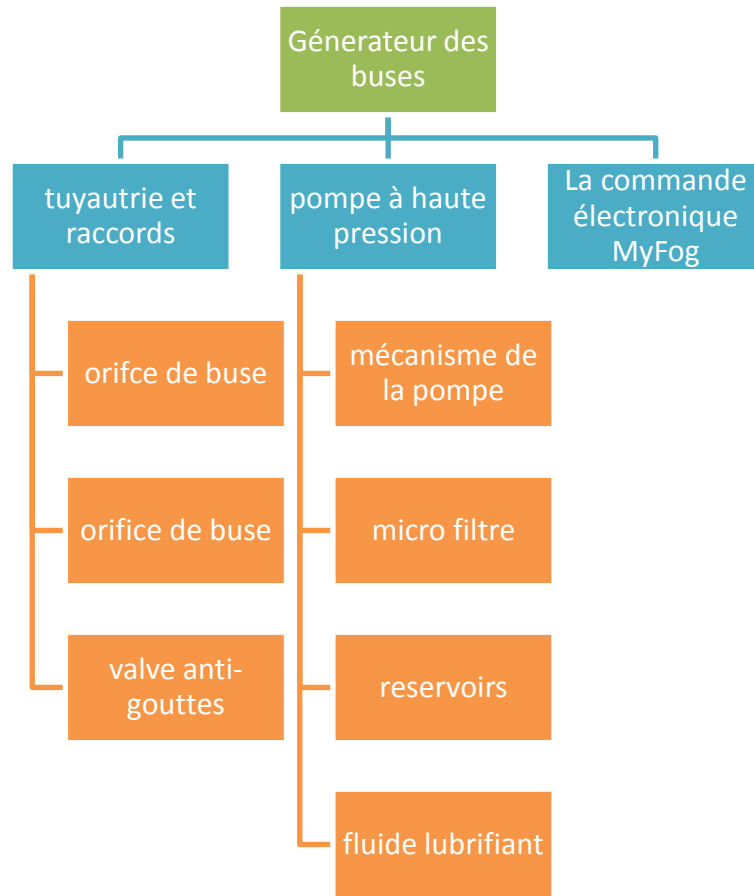


Figure 25 : *Découpage technique de générateur des buses.*

2/ Tableau de maintenance préventive de générateur des buses

<i>Opération</i>	<i>Description</i>	Avant démarrage	Chaque semaine ou 50 h	Après 100 h	400 h ou 12 mois	Tous les 1000 h	Tous ou 2 ans	2000 h ou 5 ans	4000 h ou 10 ans	8000 h ou 20 ans	Tous les 16000 h
Tuyaux et raccords											
Vérifier	L'absence de fuite	Mise en service									
	Flexibilité du système d'orientation										
	l'orifice de buse										
Pompe											
Remplacer	Micro filtre										
Vérifier	La pression des réservoirs										
	Mécanisme de la pompe (vibrations et bruit)	Mise en service									
	Le niveau du lubrifiant	Mise en service									
Vidanger	L'huile lubrifiante										
Commande électronique											
Vérifier	Le bon fonctionnement du tableau de bord										

Tableau 11 : Tableau de maintenance du générateur des buses.

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Il est évident que le ciment est un matériau indispensable pour la construction et le développement de tous les pays. Néanmoins les poussières dégagées polluent l'atmosphère et mettent en danger la vie humaine et l'agriculture avoisinantes.

Ce projet visant la pollution de l'environnement par les poussières émises par les cimenteries montre que: des dépoussiéreurs appropriés sont nécessaires pour empêcher les poussières de s'échapper dans l'atmosphère; la nocivité des cimenteries serait moindre si ces usines étaient dans la mesure du possible installées dans des régions à faible densité humaine et sur des terres non agricoles.

D'autres aspects bien sûr ne doivent pas être négligés: prise en compte du point de vue des populations sur l'impact de la cimenterie : aspect social et sanitaire; pollution de l'air induite par la circulation autour de la zone de la cimenterie de camions et nuisances sonores.

Pour réduire significativement l'émission des poussières dans l'environnement et résoudre a priori ce problème, HOLCIM va mettre en place plusieurs équipements de dépoussiérage sur deux niveaux (trémies, zone de déchargement).

Dans ce rapport nous avons discuté les chapitres suivants :

- Chapitre 1 : Présentation du groupe HOLCIM ; historique, organigramme, les différents concurrents au marché du ciment
- Chapitre 2 : Description du procédé de fabrication composé de 4 étapes; Préparation des matières premières, broyage cru, préchauffage et cuisson et broyage ciment et expédition.
- Chapitre 3 : Impact d'émanation des poussières sur la qualité d'air lié aux exigences de l'ISO 14 001, localisation de la zone concernée par ces émissions, suggestion de plusieurs solutions et les filtrer à l'aide d'un tableau comparatif en terme de cout, de consommation énergétique et de faisabilité.
- Chapitre 4 : découpage technique des équipements afin d'avoir une bonne connaissance des composants (des sous-ensembles) et pouvoir réaliser des fiches de maintenance préventive.

La dernière partie de ce projet (chapitre 4) a été présentée au bureau de méthode pour aider à l'entretien de ces nouveaux équipements et maximiser leur disponibilité et leur fiabilité.

Un nouveau projet sera réalisé afin d'augmenter la qualité d'air est de couvrir toute la zone.

Mais avant tout ca il faut savoir le budget qui sera consacre pour ce projet et aussi la faisabilité de faire ce travail et le profit d'entreprise.

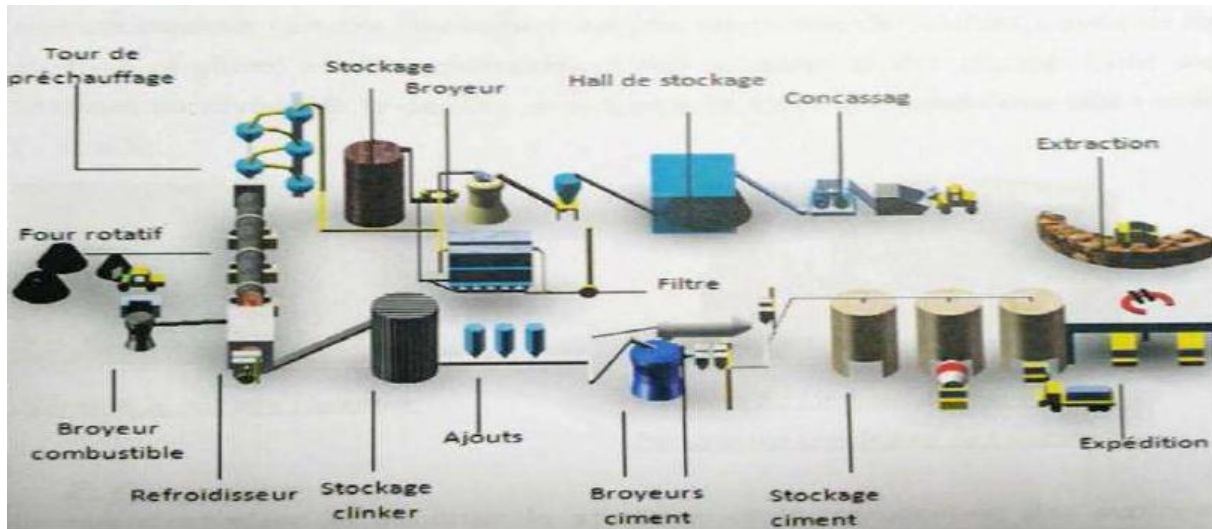
En bref, nous dirons que ce stage, demeure une excellente expérience professionnelle, qui nous a met le pied dans le monde des entreprises et du businessse.

Bibliographie

- ☞ Documentation fourni par Holcim ; Historique et procédé de fabrication.
- ☞ <http://www.hennlich-engineering.com/>
- ☞ <http://www.directindustry.fr/fabricant-industriel/canon-brumisateur-81428.html>
- ☞ www.bullshark.fr: DUST FIGHTER.
- ☞ www.draabe.fr : DRAABE Humidification Industrielle (succes in the air)
- ☞ Site officiel : STIVENT INDUSTRIE ; FILTRES A MANCHES
- ☞ www.secodi.fr : Tableau de maintenance.

Annexes

Annexe 1 processus de fabrication



Annexe 2 Le cahier de charges fonctionnel (CDCF)

Le cahier de charges fonctionnel (CDCF)

N°	Désignation des fonctions	K	Critères	Niveaux	Flexibilité	F
	À quoi sert ce système ? Quelles sont-les contraintes à respecter ?	Poids relatif de chaque fonction	Quels sont les critères qui nous permettront de juger de l'atteinte, ou non, de la fonction ?	Quel est le niveau idéal que devrait atteindre ce critère ?	Quelles-sont-les Limites, à l'intérieur desquelles le critère sera satisfait, pour permettre la réalisation de la fonction ?	Sur quels critères sommes-nous prêts à accepter des changements ?

Questions du « cahier des charges fonctionnel »

Facteur K	Importance
1	Utile

2	Nécessaire
3	Importante
4	Très Importante
5	Vitale

Facteur K, poids relatif des fonctions entre elles

Classes de flexibilité	Flexibilité	Niveaux de négociation
F0	Nulle	Impératif
F1	Faible	Peu négociable
F2	Bonne	Négociable
F3	Forte	Très négociable

Classes de flexibilité et niveaux de négociation possibles