

Table des matières

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise.....	9
I-Italcementi Group.....	10
1-Présentation.....	10
2-Vision et mission.....	11
3-Valeurs.....	11
II-Ciments du maroc.....	12
1-Présentation.....	12
2-Les métiers du groupe.....	14
III-Unité d'accueil : Usine d'Ait-Baha.....	15
1-Situation géographique.....	15
2-Spécificités et performance.....	16
3-Organigramme.....	17
4-Produits fabriqués.....	19
IV-Processus de fabrication du ciment.....	19
1-Le ciment : Définition et composition.....	19
2-Diagramme du flux : Fabrication du ciment.....	21
2.1-la carrière : extraction de la matière première.....	21
2.2-Le concassage : préparation de la matière première.....	23
2.3- Les halls de stockage : préparation de la matière première.....	23
2.4- Le broyage de la matière cru.....	23
2.5- Homogénéisation de la matière cru.....	26
2.6- Cuisson.....	26

2.7- Le refroidissement.....	28
2.8- Stockage Clinker.....	29
2.9- Broyage ciment.....	30
2.10- Stockage du ciment et expédition.....	32
2.11- Schéma récapitulatif des étapes de fabrication du ciment.....	36
Chapitre 2 : un œil sur la maintenance au sein de l'unité.....	37
I-Généralités sur la maintenance.....	38
1-Définition.....	38
2-Objectifs de la maintenance.....	38
3-Types de la maintenance.....	39
4-Critère de choix d'un type de maintenance.....	40
II-Département maintenance, Ciments du maroc ait-baha.....	41
1-Missions et objectifs.....	41
2-Structure organisationnelle.....	42
2.1-Résponsable réalisations mécaniques.....	43
2.2-Résponsable bureau des méthodes.....	44
3-Relations du département maintenance avec les différents directions et départements.....	44
4-Les procédures de travail.....	45
4.1- Maintenance conditionnelle.....	46
4.2- Démarche pour les arrêts subis.....	46
4.3- Démarche pour les arrêts programmés.....	47
5- Tableau de bord de maintenance.....	48
Chapitre 3 : Analyse des arrêts de production de l'atelier broyeur à ciment.....	50
I-Présentation de l'atelier broyeur à ciment.....	51
1-Présentation du secteur.....	51

2-Schéma et composants.....	52
3-Description des différents objet techniques constitutif du système.....	53
II-Classification des arrêts de production de l'atelier broyeur à ciment par ordre d'importance (diagramme de PARETO).....	58
1-présentation de la méthode.....	58
2-méthodologie du traçage.....	58
3-application de la méthode PARETO.....	59
4-Synthèse du diagramme PARETO.....	60
III-Analyse AMDEC de l'atelier broyeur à ciment.....	61
1-définition et objectifs de la méthode.....	61
2-méthodologie de l'AMDEC.....	62
3- Barème de cotation.....	62
4-Analyse AMDEC des équipements.....	63
4.1- tableaux AMDEC.....	63
4.2- Inventaire des criticités de l'ensemble des composants étudiés.....	64
4.3- Synthèse de l'AMDEC.....	64
5- Actions d'améliorations au niveau de la zone broyeur à ciment.....	64
5.1- solution proposée au niveau du convoyeur à chaine.....	64
5.2- solution proposée au niveau du sas d'alimentation du broyeur.....	68
5.3- Autres recommandations.....	73
Conclusion.....	74
Bibliographie.....	75
Annexes.....	76

Liste des figures

Figure 1 : Géographie mondiale d'Italcementi Group.....	10
Figure 2 : Structure d'actionnariat du groupe Ciments du Maroc.....	13
Figure 3 : Le dispositif industriel de Ciments du Maroc.....	13
Figure 4 : Situation géographique de l'usine.....	15
Figure 5 : Photo de l'unité d'Ait – BAHA.....	16
Figure 6 : Différents zones de l'unité cimenterie d'Ait BAHA.....	17
Figure 7 : Organigramme de l'usine d'Ait BAHA.....	18
Figure 8 : Constituants principaux du ciment.. ..	20
Figure 9 : Les 10 étapes de fabrication du ciment.....	21
Figure 10 : Extraction de la matière à partir des carrières.....	22
Figure 11 : Atelier de concassage.....	22
Figure 12 : Halls de stockage et manutention.....	23
Figure 13 : Equipements utilisés dans le stockage de la matière première.....	23
Figure 14 : Trémies d'alimentation du broyeur à cru.....	24
Figure 15 : Broyeur à cru (ATOX).....	25
Figure 16 : Atelier de Broyage Cru FLS.....	26
Figure 17 : préchauffeur.....	27
Figure 18 : Four rotatif à 2 appuis (FLS Rotax-2), avec commande électrique.....	27
Figure 19 : La ligne de Cuisson à voie Sèche.....	28
Figure 20 : Le refroidisseur et le Concasseur du constructeur danois FLS.....	29
Figure 21 : Le Dôme du stockage Clinker.....	30
Figure 22 : Trémies d'alimentation des broyeurs à ciments.....	31
Figure 23 : Broyeur à ciment LOESCHE.....	32

RAPPORT DE STAGE

Figure 24 : Atelier de broyage Ciment.....	32
Figure 25 : 4 silos de stockage produit finis.....	33
Figure 26 : Ensacheuse Rotative VENTOMATIC.....	34
Figure 27 : Mise en sac du Ciment.....	34
Figure 28 : Machine CARICAMAT pour le chargement des camions.....	35
Figure 29 : Palettisation.....	35
Figure 30 : Schéma récapitulatif des étapes de fabrication du Ciment.	36
Figure 31 : Organisation générale du département maintenance.....	43
Figure 32 : Les trois parties de l'atelier broyage à ciment.....	52
Figure 33 : Doseur.....	53
Figure 34 : Bande transporteuse.....	54
Figure 35 : Elévateur à godets.....	54
Figure 36 : Le broyeur vertical à galets.....	55
Figure 37 : Séparateur.....	56
Figure 38 : Sas.....	57
Figure 39 : Réducteur principal du Broyeur vertical.....	58
Figure 40 : Graphe d'indisponibilité.....	60
Figure 41 : solution proposée pour éviter les pannes répétitives du convoyeur à chaîne.....	68

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fiche Signalétique du groupe Ciments du Maroc.....	12
Tableau 2 : Produits fabriqués.....	19
Tableau 3 : Composition du CPJ.....	30
Tableau 4 : Démarche pour la maintenance conditionnelle.....	46
Tableau 5 : Démarche pour les arrêts subis.....	47
Tableau 6 : Démarche pour les arrêts programmés.....	48
Tableau 7 : Inventaire des indicateurs de la maintenance utilisés.....	49
Tableau 8 : Tableau de disponibilité.....	59
Tableau 9 : Grille de cotation de la probabilité de détectabilité(D).....	62
Tableau 10 : Grille de cotation de la fréquence de défaillance(F).....	63
Tableau 11 : Grille de cotation de la gravité(G).....	63
Tableau 12 : Inventaire des criticités associés à chaque composant.....	64

Introduction

De nos jours, les entreprises industrielles évoluent dans un contexte où la performance ne réside plus seulement dans leur capacité à produire ou à vendre, mais également dans leur maîtrise des défaillances et de la disponibilité de l'outil de production.

C'est pourquoi la maintenance prend une importance croissante et se révèle une des fonctions clé de la réussite de l'entreprise, on a qu'à penser aux différentes tendances vers un degré plus élevé d'automatisation, d'une complexité dans la technologie et d'une diversité accrue des machines et des outils de production. Ceci ne fait que renforcer les besoins d'une entreprise d'avoir une approche formelle et structurée concernant la fonction maintenance.

Dans ce cadre, le présent projet de stage vient du sens d'étudier l'amélioration de la fiabilité et la disponibilité de l'atelier broyage à ciment. Je commence par une présentation de l'entreprise d'accueil, ensuite dans le chapitre 2, je donne une description de la fonction maintenance au sein de l'unité ainsi que son processus de fonctionnement. Dans le chapitre 3, je vais présenter l'outil A.M.D.E.C comme une méthode pour étudier la fiabilité et la disponibilité de l'atelier broyage à ciment, puis une application de l'outil A.M.D.E.C sur l'ensemble des équipements critiques de notre atelier afin d'optimiser la maintenance et augmenter la disponibilité de ces équipements par la mise en place d'un ensemble d'actions (améliorations, correctives et préventives). Et pour conclure, une conclusion du projet qui met l'entreprise, ses fruits et sa rentabilité l'accent sur le travail effectué au sein de

Chapitre1 : Présentation de l'entreprise

I- Italcementi group:

1- Présentation:

Avec une capacité de production annuelle de plus de 60 millions de tonnes et 46 usines de ciment, Italcementi Group est le cinquième producteur de ciment au monde.

Avec les usines de ciment, réseau industriel de Italcementi Group comprend 12 centres de broyage, 6 bornes, 417 unités à béton combinant l'expertise, le savoir-faire et des cultures de 22 pays répartis sur quatre continents. En 2014, le Groupe a enregistré des revenus consolidés de plus de 4,1 milliards d'euros.

La société mère, Italcementi SpA, née du rapprochement de deux sociétés dont l'expérience cimentière remonte à plus d'un siècle : Italcementi, fondée en 1864 et Ciments Français en 1881, est l'une des 10 plus grandes entreprises industrielles de l'Italie et est cotée à la Bourse italienne.

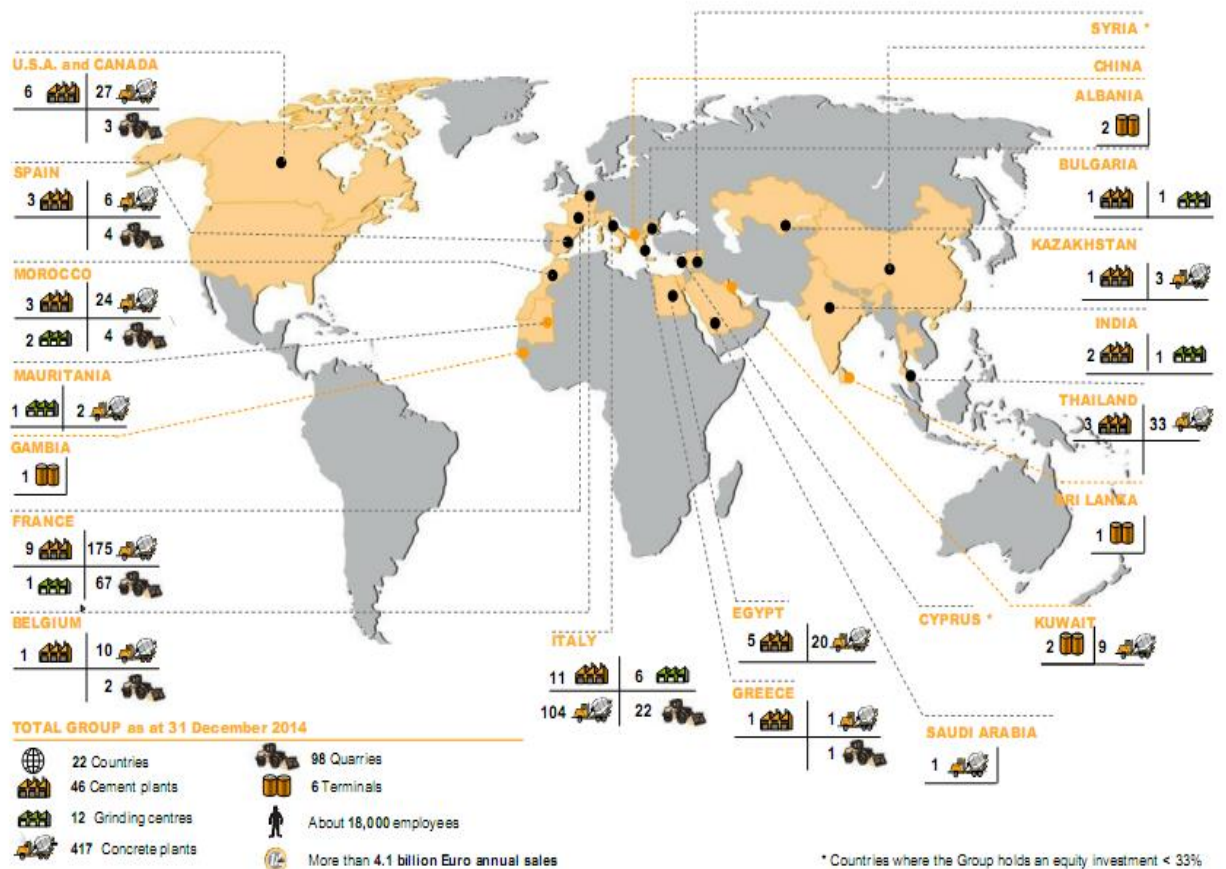


Figure 1 : Géographie mondiale d'Italcementi Group

2- Visions et missions:

VISION

Pour être un bâtiment de l'entreprise locale de classe mondiale un avenir meilleur et durable pour toutes les parties prenantes du Groupe.

MISSION

Pour créer de la valeur dans le secteur des matériaux de construction grâce à l'utilisation innovante et durable des ressources naturelles pour le bénéfice des communautés et clients du Groupe.

3- Valeurs:

Cinq valeurs sont au cœur du Groupe. Ces valeurs le définissent non seulement, mais aussi agir comme un guide pour ses activités quotidiennes.

RESPONSABILITE

L'engagement du Groupe à long terme à la viabilité cherche à combiner performance économique rentable de protéger l'environnement et améliorer la qualité de vie pour les générations présentes et futures.

INTEGRITE

Italcementi Group place un comportement éthique au cœur de toutes ses activités dans le monde entier. Il gagne la confiance de ses partenaires en affaires et dans la communauté à travers la responsabilisation et la gouvernance d'entreprise cohérente. L'engagement au quotidien est d'agir avec respect, l'honnêteté et la transparence.

EFFICACITE

Le Groupe vise l'excellence opérationnelle en combinant l'expertise technique et la gestion des coûts nécessaires pour être un fabricant de matériaux de construction à l'échelle mondiale efficace et efficiente. Il ajoute de la valeur en fournissant des produits et des services de qualité élevée et constante personnalisés à chaque marché local à travers le monde.

INNOVATION

Le Groupe croit en l'importance de l'innovation non seulement dans le développement de nouveaux produits, applications et services, mais aussi dans l'approche de gestion.

DIVERSITE

La diversité est une source d'énergie et de valeur qui alimente notre croissance. Le Groupe vise à créer un climat de confiance et d'appartenance où les différences ajoutent de la valeur et où chacun se sent partie de le monde de travail.

II- Ciments du Maroc :

1- Présentation:

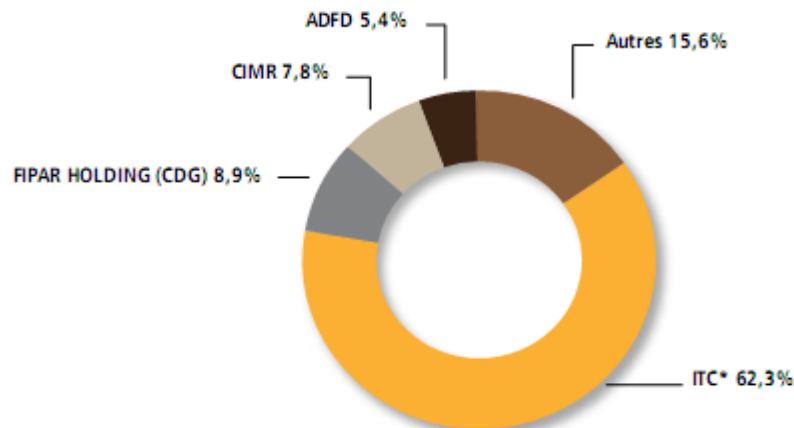
Ciments du Maroc, filiale d'Italcementi Group, est le 2ème cimentier au Maroc et le premier opérateur dans le Béton Prêt à l'emploi et les granulats à travers sa filiale BETOMAR.

Le dispositif industriel du ciment est constitué de 3 usines (Aït Baha, Safi et Marrakech), un centre de broyage (Laâyoune) et un centre d'ensachage (Jorf Lasfar).

La filiale BETOMAR dispose quant à elle, de 4 carrières de granulats et de 21 Centrales à béton implantées à travers les principales villes du pays. Maintenant le groupe compte plus de 1080 Salariés, répartis entre 880 dans le ciment et 200 dans les matériaux.

<u>Raison sociale</u>	Ciments du Maroc
<u>Forme Juridique</u>	Société Anonyme
<u>Date de création</u>	28 Juin 1951
<u>Activité principale</u>	Production et commercialisation de ciments et BPE
<u>Capital</u>	1 443 600 400 MAD
<u>Effectif</u>	1080
<u>Production annuelle</u>	4 850 000 tonnes
<u>Siège Social</u>	Lotissement Moulay Driss - lot n° 30 - Bd Panoramique Californie – Casablanca
<u>Logo</u>	

Tableau 1 : Fiche Signalétique du groupe Ciments du Maroc.



ITC : Italcementi SpA (* par Ciments Français)
ADFD : Abu Dhabi Fund For Development
CIMR : Caisse Interprofessionnelle Marocaine de Retraites
CDG : Caisse de Dépôt et de Gestion

Figure 2: Structure d'actionnariat du groupe Ciments du Maroc.

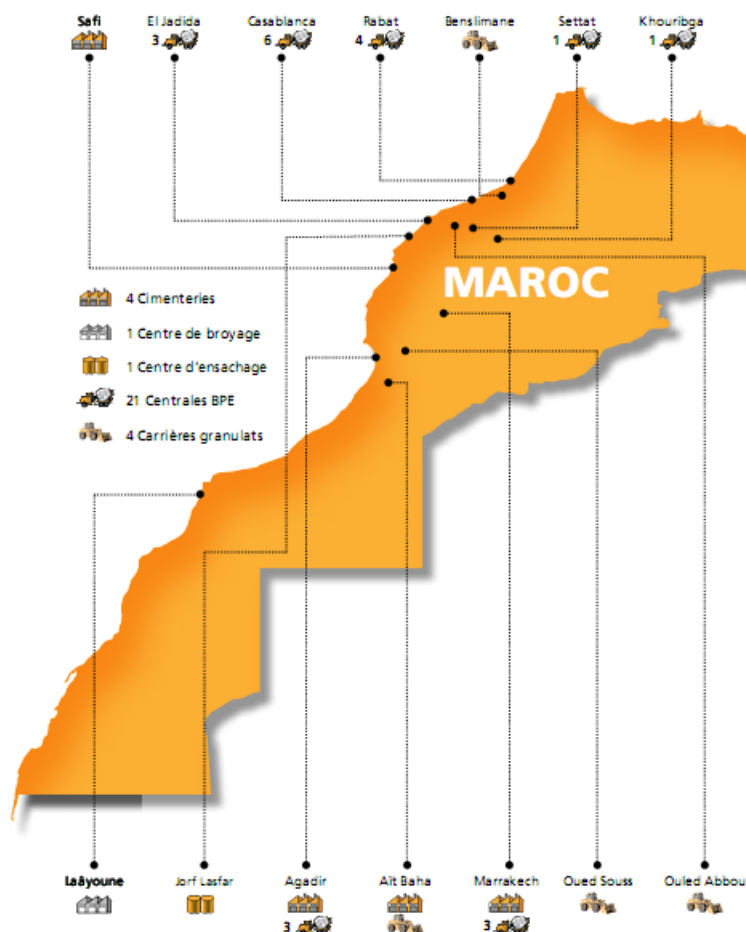


Figure 3: Le dispositif industriel de Ciments du Maroc

2- Les métiers du groupe:

LE CIMENT

Le ciment est un produit de proximité dont la production requiert des investissements lourds et des réserves en matières premières suffisantes et de bonne qualité.

Les usines de Ciments du Maroc sont installées à proximité de carrières dont les réserves permettent de faire face aux besoins d'exploitation à long terme. Les matières premières prélevées dans les carrières (calcaire 80% et argile 20%) sont concassées, broyées finement puis séchées : elles donnent le «cru». Porté à une température avoisinant les 1450 °C dans un four rotatif, ce cru subit ensuite des réactions chimiques complexes qui le transforment en clinker. Étape finale, le ciment est obtenu en broyant finement le clinker avec du gypse et divers ajouts qui déterminent les qualités attendues du produit final.

LES GRANULATS

Les granulats servent de matière première pour le béton, la maçonnerie, l'asphalte, ainsi que de matériaux de base pour la construction de routes, de remblais et de bâtiments.

Les granulats sont des sables et des graviers naturels, provenant de carrières de roches alluvionnaires ou massives. Les granulats se différencient par leur composition physique et chimique, en particulier par leur granulométrie et leur dureté. La géologie locale détermine les types de granulats disponibles sur un marché donné et tous les granulats ne sont pas disponibles sur tous les marchés.

LE BETON PRET A L'EMPLOI (BPE)

Une large gamme de bétons prêts à l'emploi permet de répondre aux différents besoins des clients.

Le BPE est un mélange de ciment, de granulats, d'eau et d'adjuvants, dont la composition répond à des exigences techniques très rigoureuses. Il durcit pour former le matériau de construction le plus couramment utilisé dans le monde. Sa résistance à la traction et à la pression, sa durabilité, ses temps de prise, sa facilité de pose, son esthétique et sa maniabilité sous différentes conditions climatiques et de construction sont les principales caractéristiques que nos clients prennent en compte pour l'achat du béton.

LES ADJUVANTS

Produits chimiques introduits en faible quantité dans le ciment ou le béton, les adjuvants permettent d'améliorer certaines de leurs propriétés spécifiques sans pour autant altérer leurs fonctionnalités intrinsèques.

Chercheurs et ingénieurs travaillent en permanence pour mettre au point de nouvelles molécules afin de fournir des ciments et des bétons encore plus résistants, durables, fonctionnels et toujours esthétiques.

III- L'unité d'accueil : Usine d'Ait Baha :

1- Situation géographique :

La cimenterie d'AIT BAHHA est l'unité nouvelle du groupe Ciments du Maroc, située au pied de l'anti-Atlas dans la commune d'Imi Mqorn, province de Chtouka Ait-baha, à 65 km d'Agadir et à 30km de Taroudant. L'usine est située dans la plaine sur une surface de 100 ha. Le site a bénéficié d'un important programme d'infrastructures.

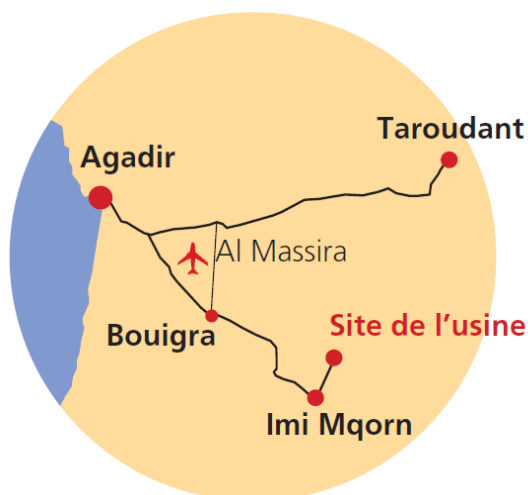


Figure 4 : Situation géographique de l'usine.

Le site a été choisi en fonction de sa position géographique et de la disponibilité des matières premières. Situé au carrefour des trois grandes provinces de la région, Agadir, Taroudant et Tiznit, pour assurer l'approvisionnement d'un vaste marché s'étendant d'Agadir jusqu'à Laâyoune.



Figure 5: Photo de l'unité d'Ait - BAHA

2- Spécificité et performance :

Mise en service en juillet 2010, l'usine d'Aït Baha est l'une des plus modernes cimenteries dans le monde. Elle a bénéficié des technologies les plus économiques et les plus avancées en matière de protection de l'environnement et d'économie de l'énergie et de l'eau.

Il est à signaler que c'est l'une des rares usines au monde à être dotée d'une technologie de cogénération consistant en la production d'électricité à partir de la chaleur résiduelle des gaz de four traditionnellement rejetés dans l'atmosphère.

L'unité est composée de plusieurs ateliers, chacun servira pour une fonction bien ciblée dans la fabrication du ciment, il s'agit d'une usine complète avec une ligne à voie sèche d'une production annuelle de 1,6 millions de tonnes de clinker et 2 millions de tonnes de ciment, la réalisation de ce grand projet nécessitait un montant de 3,5 milliards de dirhams.

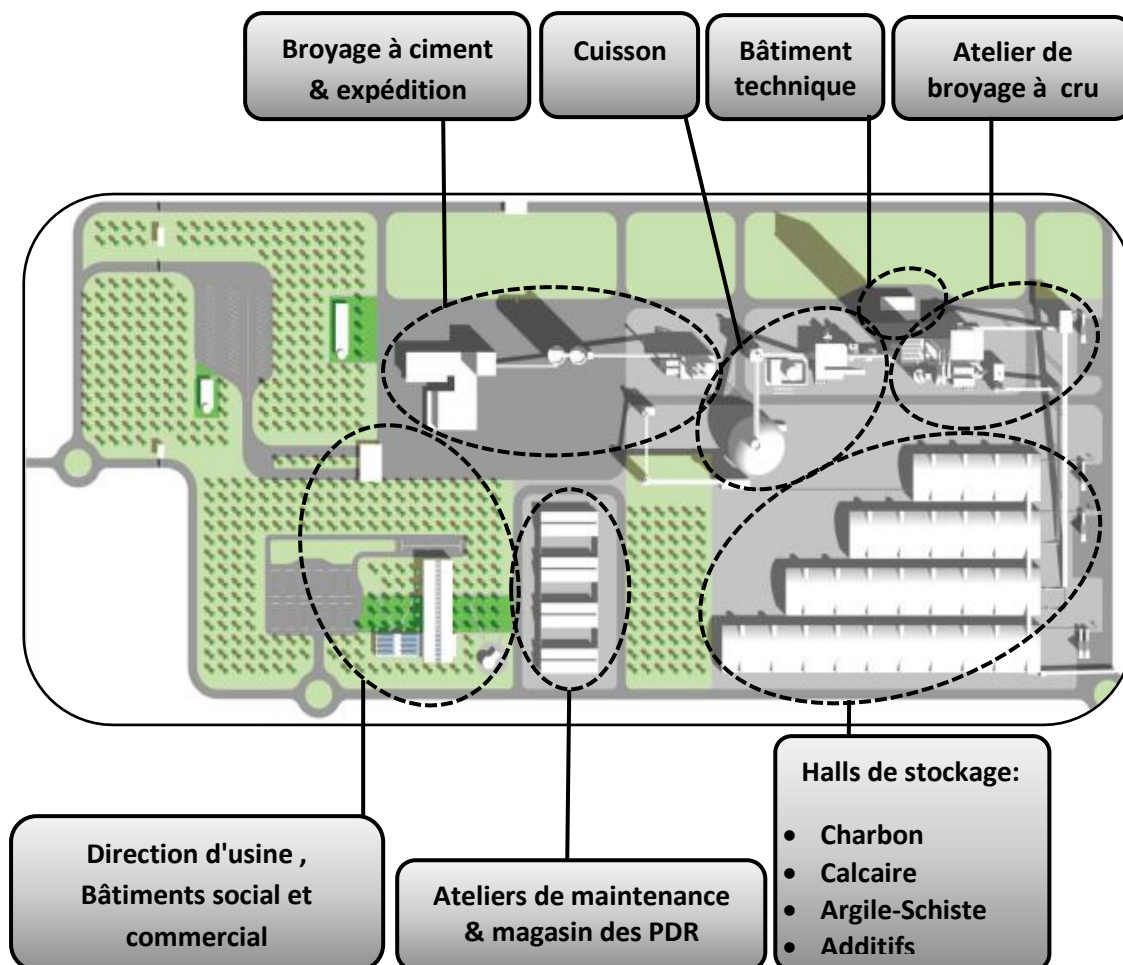


Figure 6 : Différents zones de l'unité cimenterie d'Ait BAHA.

3- Organigramme:

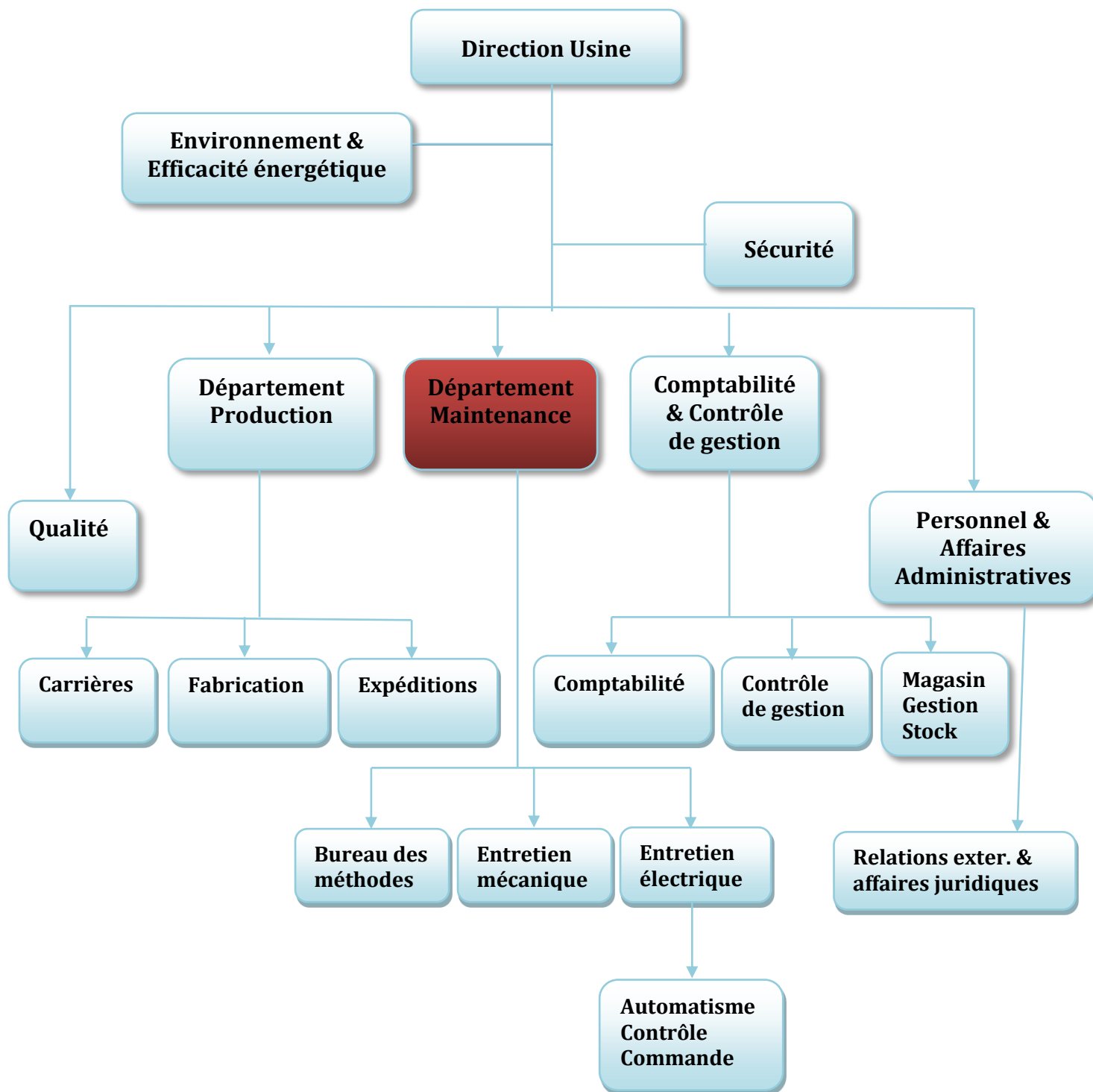


Figure 7 : Organigramme de l'usine d'Ait BAHA

4- Produits fabriqués :

Les produits fabriqués à l'unité d'Ait-Baha sont CPJ 45 et CPJ 35, les produits sont conditionnés dans des sacs de 50 Kg. Ils peuvent également être livrés en vrac.

Catégorie	Composition	Utilisation	Rc28*	Image produit
CPJ45	- 70% clinker - Pouzzolane - 4% de Gypse (régulariser la prise)	Ciment du premier choix, utilisé pour la réalisation des travaux en béton armée de bâtiment et les travaux de grande masse.	Supérieur à 42 MPa	
CPJ35	- 65% de clinker - Le cendre, la pouzzolane et le filler. - Gypse	-les travaux de maçonnerie. -Béton de résistance mécanique moyenne ou peu élevée. -Mortier.	Supérieur à 32,5 MPa	

*(Résistance moyenne minimale à la compression à 28 jours)

Tableau 2 : Produits fabriqués.

IV- Processus de fabrication du Ciment:

Le procédé de production du ciment ; au sein de l'unité d'Ait-BAHA ; comprend 10 étapes, c'est un procédé complexe qui exige un savoir-faire, une maîtrise des outils, des techniques de production, des contrôles rigoureux continus de la qualité du produit, et un matériel performant. Dans la suite, de cette partie, une description de la voie sèche de production du ciment au sein de l'unité d'Ait –BAHA.

1- Le ciment : définition et composition:

Le ciment (du latin Caementum, signifiant pierre non taillée). Une substance hydraulique, finement moulue qui gâchée avec de l'eau, forme une pâte qui fait

RAPPORT DE STAGE

prise et durcit rapidement, atteignant en peu de jours son maximum de résistance suite à des réactions et processus d'hydratation.

Son emploi le plus fréquent est sous forme de poudre utilisée avec de l'eau pour agréger du sable fin et des graviers (granulats) pour donner le béton.

Le mot " ciment " peut désigner différents matériaux comme par exemple :

- Le plâtre
- La Chaux commune,
- La pouzzolane naturelle
- Le ciment prompt,
- Le ciment Portland appelé aussi ciment artificiel



Figure 8 : Constituants principaux du ciment.

2- Diagramme du flux : fabrication du Ciment:

La fabrication de ciment se réduit schématiquement aux quatre opérations suivantes:

- Préparation et stockage de la matière première
- Préparation du cru
- Cuisson
- Broyage et conditionnement

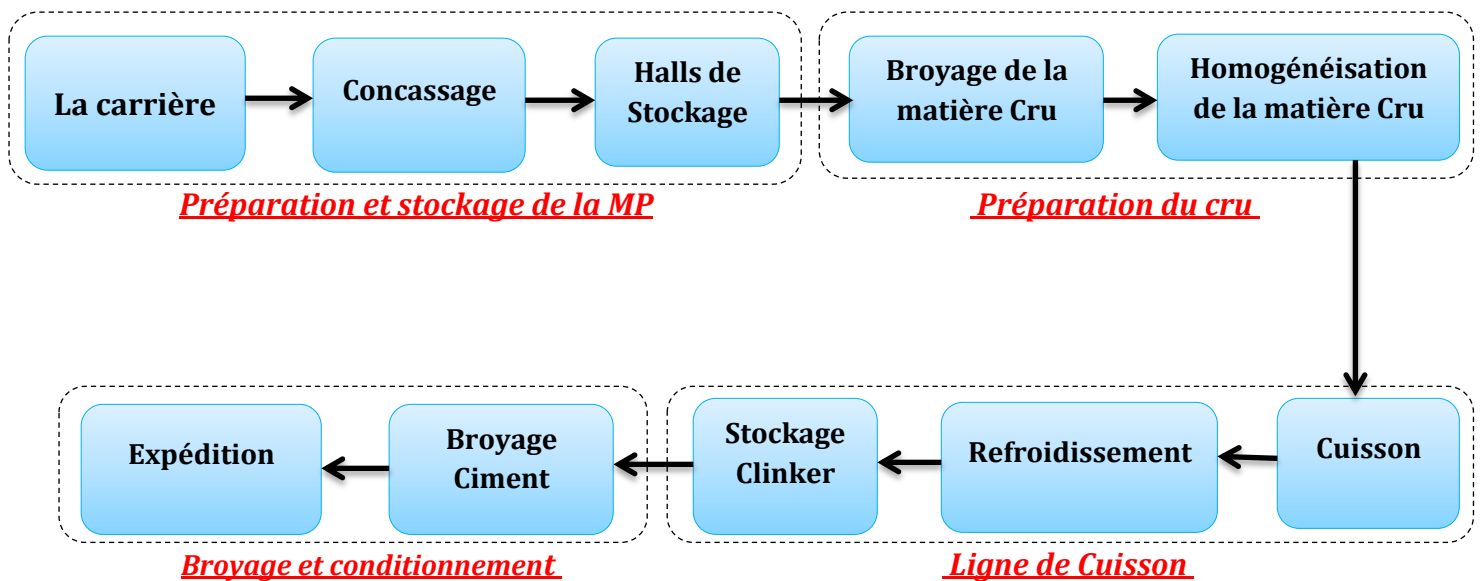


Figure 9 : Les 10 étapes de fabrication du ciment.

2.1-La carrière : EXTRACTION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE:

Les matières premières sont extraites des parois rocheuses d'une carrière à ciel ouvert par abattage à l'explosif ou à la pelle mécanique. La roche est reprise par des dumpers vers un atelier de concassage. Pour produire des ciments de qualités constantes, les matières premières doivent être très soigneusement échantillonnées, dosées et mélangées de façon à obtenir une composition parfaitement régulière dans le temps.

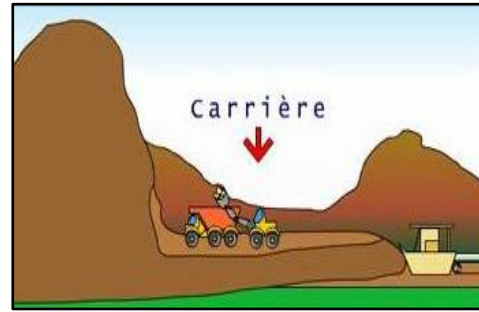


Figure 10: Extraction de la matière à partir des carrières.

2.2-Le concassage : PRÉPARATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE:

L'opération du concassage a pour but de réduire la granulométrie des blocs de pierre en fragments de faibles dimensions (40 à 80 mm), avant d'être acheminés dans un hall de stockage.

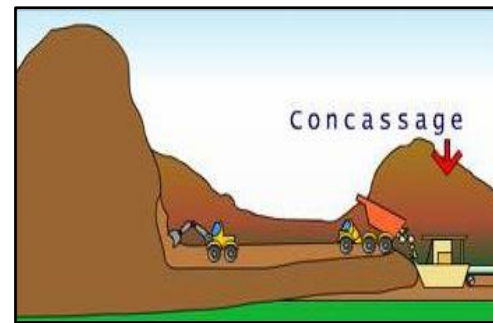


Figure 11: Atelier de concassage.

L'unité d'Ait BAHA dispose d'un atelier de concassage de marque Thyssen Krupp des matériaux calcaires.

- Capacité prévue: **1500 t/h**
- Taille concassée: **98% < 100 mm**

Le Calcaire concassé, est acheminé ensuite par un convoyeur à bande de longueur 1.500 m vers le hall de stockage Calcaire.

Pour les matières premières Argile, Schiste et Pouzzolane, ils sont acheminés au site par des camions transporteur à partir des carrières situées dans la région de Souss-Massa.

2.3-Les halls de stockage : PRÉPARATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE:

Ils sont quatre de nombre, munis de jeteurs et gratteurs. De gauche, le premier est le hall de stockage de combustible (charbon) couvert de **55000t** de capacité, le deuxième est celui du stockage de calcaire d'une capacité de **25000t**, le troisième de stockage de l'argile d'une capacité de **9400t** et le schiste d'une capacité de **6400t**, et le dernier de stockage des matières ajouts ciment (calcaire, gypse, pouzzolane) d'une capacité de **15000t**.



Figure 12 : Halls de stockage et manutention.



Figure 13 : Equipements utilisés dans le stockage de la matière première.

2.4-Le Broyage de la matière cru :

Le cru est une farine qui est constituée de 70% de calcaire, 14% d'argile, 14% de schiste, 1% de minerai de fer et 1% de sable. Ces quantités peuvent varier en fonction de la qualité des matières. C'est le laboratoire d'analyse présent sur place qui effectue les mesures régulièrement.

Le calcaire, l'argile et le schiste issus des halls de stockage sont acheminées à l'aide de trois convoyeurs à bande, vers le bâtiment d'alimentation du broyeur cru.

Le bâtiment d'alimentation du broyeur cru est composé de cinq silos (d'une capacité de **1500t** de calcaire, **600t** d'argile et **600t** de schiste), il permet de doser en grandes quantités les cinq matières premières selon les instructions du laboratoire. Il les envoie ensuite vers le broyeur cru à l'aide d'un convoyeur à bande.



Figure 14: Trémies d'alimentation du broyeur à cru.

Le broyage à cru consiste d'une part à sécher la matière reçue de la reprise du concassé et à réduire sa granulométrie. Cette fonction est assurée par un atelier de broyage vertical de matières premières, de marque FLS type Atos x mill 42,5 et de capacité de **400 t/h**, Finesse de la farine: **12% > 90 µm**.

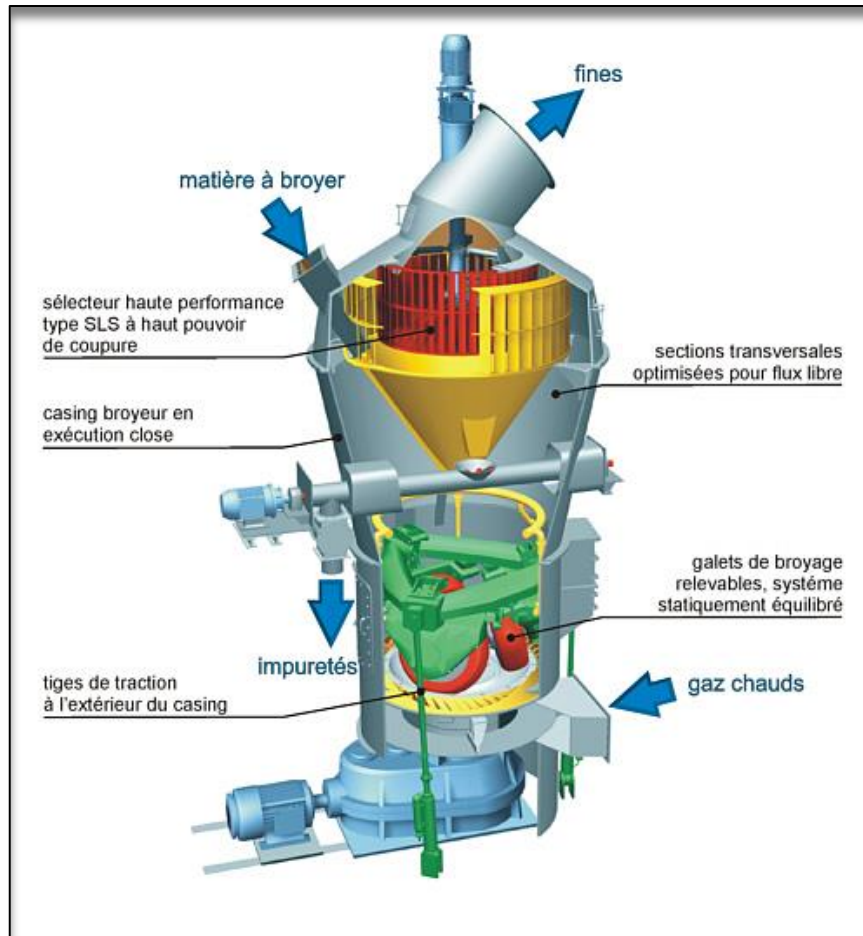


Figure 15: Broyeur à cru (ATOX).

Le broyeur cru est un broyeur vertical composé de trois galets sur un plateau de broyage en rotation. Il permet de broyer les matières premières envoyées. On obtient par la suite une farine. C'est le cru.

La matière est soulevée par des gaz chauds qui circulent en permanence dans le broyeur pour éviter que la matière colle au plateau.

A la sortie du broyeur, est installé des séparateurs (Filtre à manche) permettant de séparer les fines particules prêtes pour l'homogénéisation des grosses particules nécessitant un second passage dans le broyeur.



Figure 16: Atelier de Broyage Cru FLS.

2.5-Homogénéisation de la matière Cru :

L'homogénéisation est un procédé qui permet de mélanger les différents constituants du cru par brassage par air comprimé. Le silo homogénéisation est long silo de capacité **11.000** tonnes qui contient des fentes à son extrémité basse. Lorsqu'on verse le cru, de l'air comprimé est propulsé par ces fentes et permet de l'homogénéiser mais aussi de le sécher, le préparant ainsi à la cuisson.

L'homogénéisation permet d'obtenir un produit de caractéristiques chimiques et physiques uniformes qui autorisent la fabrication d'un clinker de qualité constante.

2.6-Cuisson :

Pour améliorer le bilan thermique, des échangeurs à cyclone (la Tour préchauffeur) sont utilisés en amont du four pour préchauffer la farine à une température aux environs de 900°C. Le transfert de la chaleur dans les cyclones est dû à l'échange entre les gaz chauds sortant du four et le cru circulant à contre-courant, ce qui permet la décarbonatation du carbonate de calcium pour donner la chaux (CaO) avec dégagement du gaz carbonique (CO₂). Ce processus est appelé pré-calcination.



Figure 17: préchauffeur.

Dans le four rotatif, la matière subit des transformations chimiques nécessaires à la fabrication du produit semi-fini « Clinker ».



Figure 18: Four rotatif à 2 appuis (FLS Rotax-2), avec commande électrique.

La ligne de cuisson à voie sèche de **5.000 T/j** de capacité de clinker, se compose de :

- Un préchauffeur à cinq étages muni d'un pré calcination
- Un four rotatif, avec une faible émission de NOx
- Un refroidisseur de 4ème génération
- Un système de dépoussiérage avec filtre à manches de haute performance.

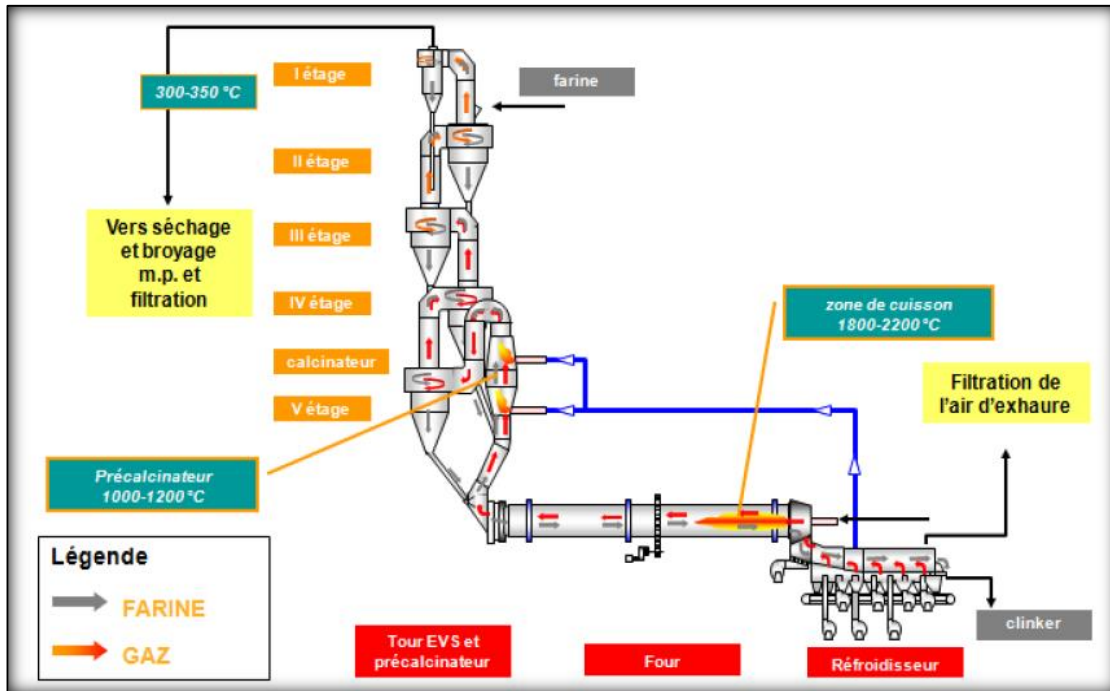


Figure 19: La ligne de Cuisson à voie Sèche.

2.7-Le Refroidissement :

Sortant du four le clinker, à une température de 1200° passe par un refroidisseur qui assure trois fonctions principales :

- Refroidir le clinker sortant du four, par l'air frais fourni par des ventilateurs, $T = 90^{\circ}$
- Récupérer le maximum de chaleur contenu dans le clinker,
- Assurer la trempe du clinker par un refroidissement énergétique et rapide.

Une fois refroidit, le clinker subit une opération de concassage pour réduire la granulométrie.

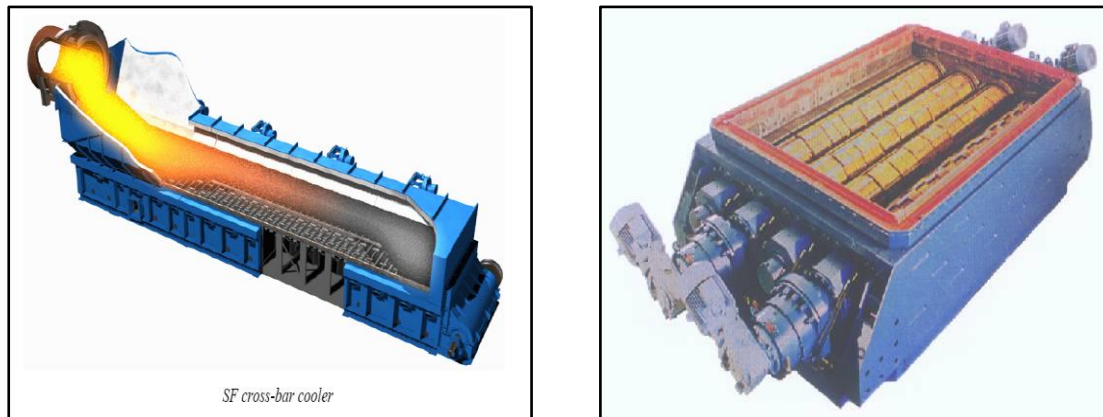


Figure 20: Le refroidisseur et le Concasseur du constructeur danois FLS.

2.8-Stockage Clinker :

Après être sorti du refroidisseur, il peut être soit stocké dans le dôme, soit directement vendu à d'autres usines qui ne s'occupent que de la fabrication du ciment.

Le dôme est un édifice circulaire de 44 m de hauteur, de 62 m de diamètre et de **120.000 T** de capacité, dont la fabrication est extrêmement coûteuse. Le clinker y est apporté à l'aide d'un convoyeur métallique et y est stocké. Le stockage se fait en trois lignes de plusieurs tas. Le diamètre contient sept tas tandis que les deux cordes secondaires en contiennent cinq.

En dessous de chaque tas se trouvent des bouches d'extraction, qui permettent de récupérer le clinker en cas de besoin.



Figure 21: Le Dôme du stockage Clinker.

4.9-Broyage ciment :

Après refroidissement, le clinker se présente sous forme de nodules gris foncés d'environ 2 cm de diamètre. Pour la fabrication du ciment, le clinker doit être broyé à une finesse inférieure à 40 microns. Le clinker est l'élément principal de la fabrication du ciment. Sa proportion varie selon le type de ciment produit.

	Clinker	Gypse	Calcaire
CPJ 45	78.5 %	5.5 %	16 %
CPJ 35	68.0 %	5.5 %	26.5 %

Tableau 3 : Composition du CPI.

Les silos d'alimentation des broyeurs à ciment fonctionnent de la même manière que ceux du broyeur cru. Chacun contient une matière qui, selon les types de ciments et les instructions du laboratoire, sera dosée différemment grâce aux doseurs. Ces silos sont alimentés par deux convoyeurs. L'un est utilisé pour le clinker et l'autre se divise en trois et est utilisé pour le calcaire, le gypse et éventuellement la pouzzolane.



Figure 22: Trémies d'alimentation des broyeurs à ciments.

L'atelier de broyage ciment comporte 2 broyeurs à ciment Loesche 53.3+3 totalisant une capacité de **170t/h** pour le CPJ45 et **220t/h** pour le CPJ 35 chacun.

Les matières se déversent ensuite dans un convoyeur, muni d'un système de déferrailleur, qui alimente les deux broyeurs à ciment. Ces broyeurs verticaux permettent de mélanger les matières. Les plus fines particules sont entraînées par le flux de gaz. Ces particules sont le ciment.

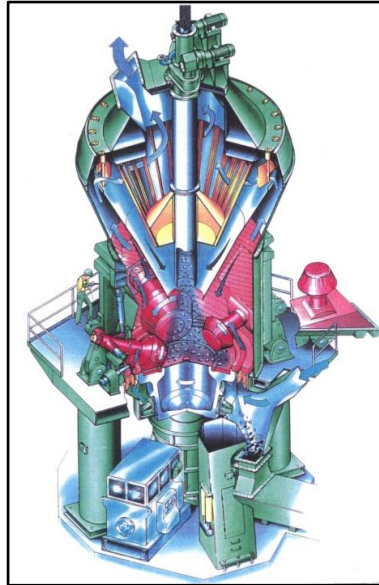


Figure 23 : Broyeur à ciment LOESCHE.

Les gaz chargés de ciment quittent le broyeur et arrivent au niveau du filtre à manche composé de manches cylindriques en fibre de verre. Ils sont ensuite aspirés par des ventilateurs vers la sortie passant ainsi par les manches. Le ciment, trop épais pour passer, s'y accroche.

Les gaz sont donc filtrés et peuvent être évacués tandis qu'un système de soufflerie injecte de l'air comprimé par des vannes pneumatiques sur les poches qui lâchent le ciment. Il est ensuite récupéré en bas du filtre.



Figure 24 : Atelier de broyage Ciment.

4.10-Stockage de ciments et Expédition:

Après la préparation du cru et sa cuisson, et après le broyage du clinker obtenu, l'expédition est la dernière étape de la fabrication du ciment, ce dernier est transféré vers 4 silos de stockage ciment, double, avec une capacité de **5 kt** pour chaque silo central et **7 kt** pour chaque silo annulaire (total de **48 kt** de ciment).



Figure 25: 4 silos de stockage produit finis.

Suivant la demande, le ciment est livré soit en vrac, soit en sacs pour cela l'usine dispose de :

- 4 voies de chargement vrac, une pour chaque silo, capacité 250 t/h chacune, avec possibilité de chargement soit à partir du silo "central" soit du silo "latéral".
- 5 ensacheuses VENTOMATIC, 12 becs avec une capacité de 3.600 sac/h avec sacs de 50 kg et 4200 sac/h avec sacs de 25 kg; 3 ensacheuses sont dédiées à un certain produit, 2 ensacheuses peuvent traiter 3 produits différents, ces dernières étant équipées d'un silo de purge.



Figure 26: Ensacheuse Rotative VENTOMATIC.

- 4 CARICAMAT pour le chargement automatique des camions, capacité 3.200 s/h.



Figure 27: Mise en sac du Ciment.



Figure 28: Machine CARICAMAT pour le chargement des camions.

- 2 systèmes de chargement manuel, 2.200 s/h.
- 1 palettiseur, capacité 3.500 s/h à 50 kg et 4.200 s/h à 25 kg.



Figure 29:Palettisation.

4.11-Schéma récapitulatif des étapes de fabrication du ciment:

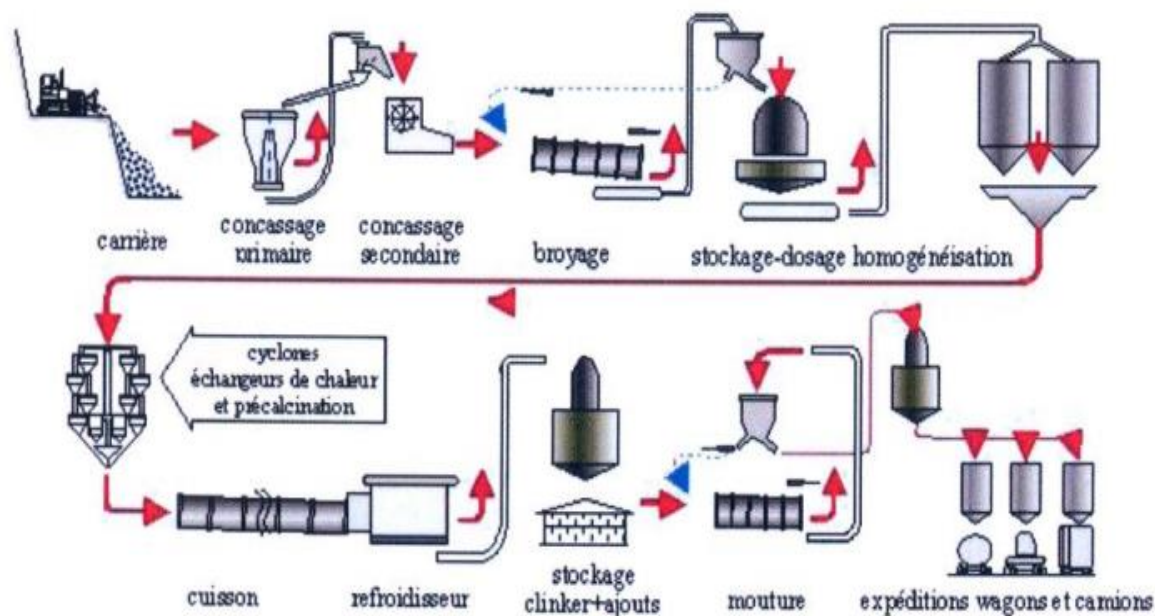


Figure 30: Schéma récapitulatif des étapes de fabrication du Ciment.

Chapitre2 : Un œil sur la maintenance au sein de l'unité

La maintenance a longtemps joué un rôle curatif dont l'unique objectif était de réduire la durée d'immobilisation des machines. Cette maintenance curative était axée sur le court terme et ne résolvait en rien les problèmes liés aux dégradations inévitables.

Désormais, la maintenance devient préventive en contribuant à améliorer la productivité dans une entreprise par la fiabilité des équipements et la qualité des produits.

L'entreprise ne doit pas uniquement subir les événements, elle doit les prévoir et analyser leurs effets sur le long terme.

Autrefois curative, aujourd'hui préventive, une nouvelle définition de la maintenance est en train de se mettre en place.

I- Généralités sur la maintenance :

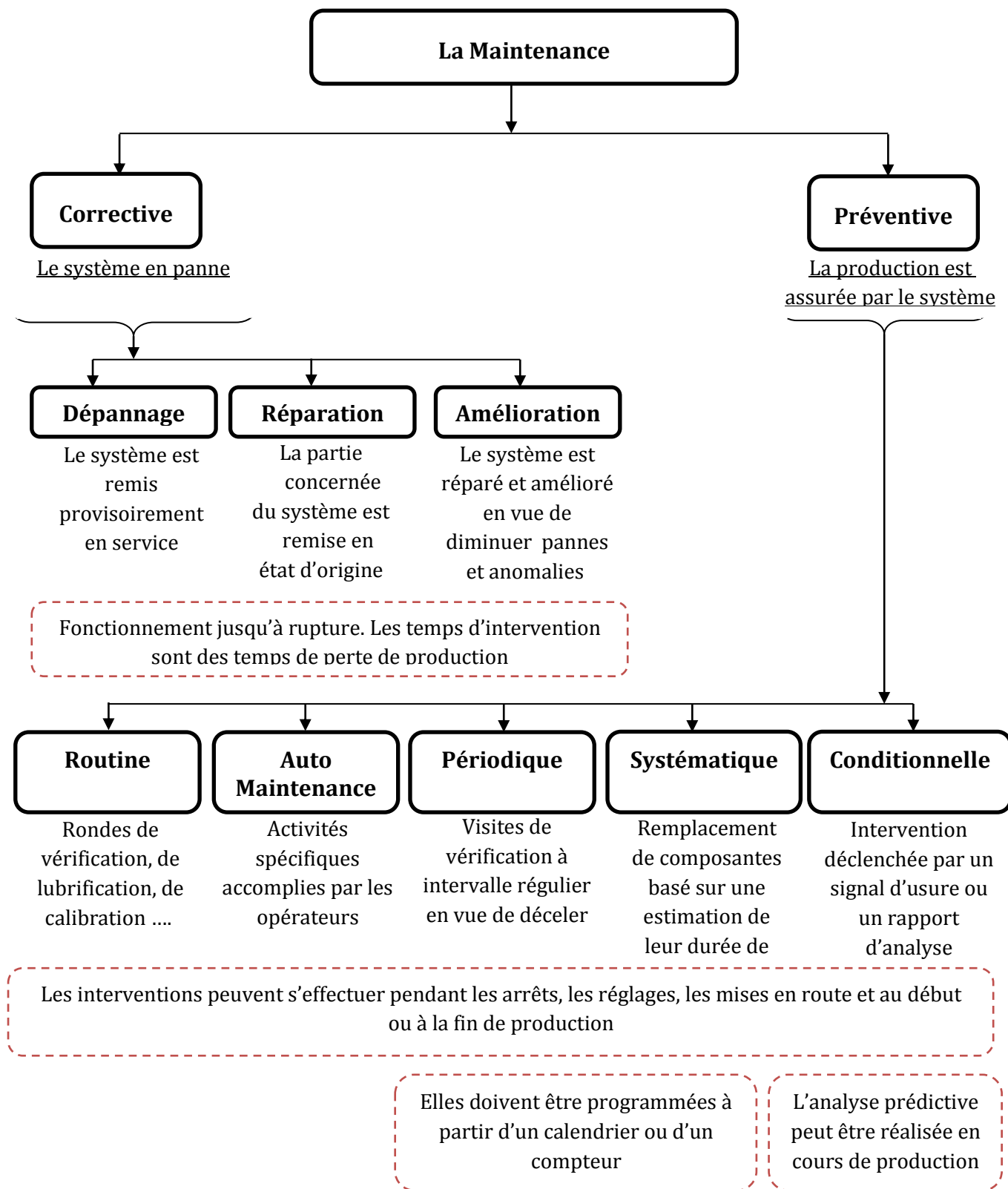
1- Définition :

Selon la définition de l'AFNOR, la maintenance vise à maintenir ou à rétablir un bien dans un état spécifié afin que celui-ci soit en mesure d'assurer un service déterminé. Maintenir, c'est donc prévoir, anticiper les défaillances et intervenir afin d'optimiser la disponibilité et la productivité.

2- Objectifs de la maintenance :

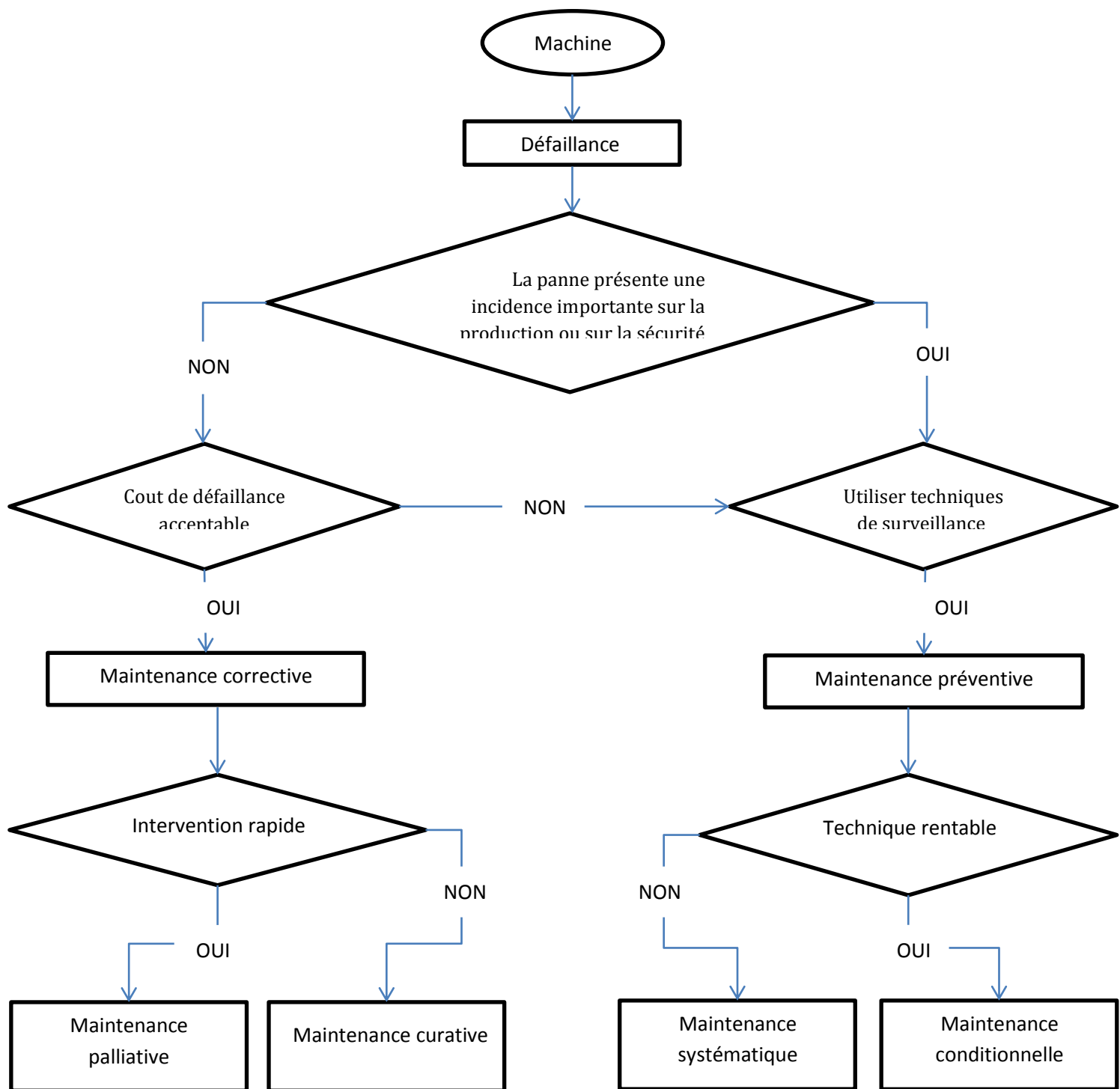
Les objectifs que la maintenance réalise à travers son organisation, sa gestion et ses interventions, sont très nombreux. Ils peuvent toutefois être groupés en sept axes : la disponibilité, l'économie, la qualité, la durabilité, la sécurité, la productivité et la protection de l'environnement.

3- Types de la maintenance :



4- Critère de choix d'un type de maintenance :

La mise en place d'une politique de maintenance corrective / prévisionnelle nécessite une analyse rigoureuse du système de production, des modes de dégradation, des paramètres physiques pertinents, des moyens à mettre en œuvre, des coûts induits, des objectifs en disponibilité et en gain économique, des qualifications du personnel, des réticences des personnels et des conséquences sur l'organisation générale du service. L'organigramme suivant représente la démarche suivie pour le choix d'un type de maintenance :



II- Département maintenance, Ciments du Maroc Ait-Baha :

1- Missions et objectifs :

MISSIONS

Le département maintenance est appelée à remplir les missions suivantes:

- ⇒ assurer la continuité de marche de l'outil de production (diagnostic, réparation, révisions et prévention),
- ⇒ faire les modifications demandées en accord avec la production pour améliorer la productivité ;
- ⇒ mettre en place et vérifier les dispositifs de sécurité tant pour le personnel que pour les installations.

OBJECTIFS

Ses principaux objectifs peuvent être résumés en :

- ⇒ Améliorer la disponibilité de l'équipement de production par :
 - Une diminution des pannes et défaillances et augmenter ainsi la fiabilité des équipements;
 - La mise en place d'un système de suivi des indicateurs de performances, notamment la disponibilité des équipements
- ⇒ Améliorer la qualité du service par la mise en place de relation de type Client / Fournisseur entre la Production et la Maintenance;
- ⇒ Diminuer les coûts de maintenance par un suivi rigoureux de tous les paramètres qui y entrent (main d'œuvre, matières ...)

2- Structure organisationnelle :

L'organisation du département maintenance est du type maintenance centralisée c'est-à dire que le département est distinct de la production et regroupe tous ses services techniques et équipes d'intervention (voir organigramme).

Le choix d'une telle structure organisationnelle découle du fait de la haute technicité des équipements, d'une forte contrainte de sécurité et de réglementations diverses.

Cette organisation est très favorable car elle permet des facilités à la gestion des compétences, des variations de charge de travail, la standardisation des méthodes et des pièces, l'économie d'échelle.

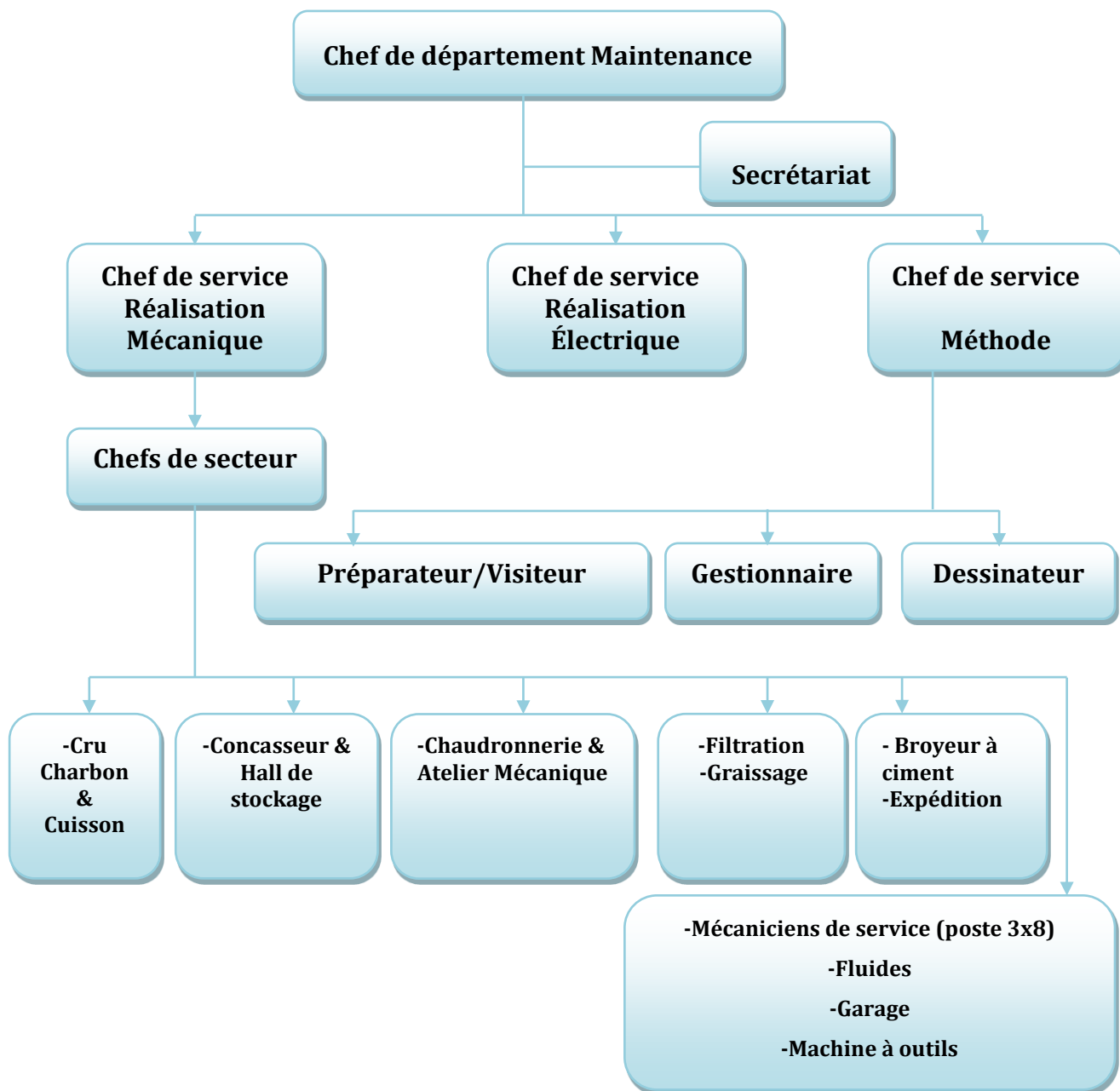


Figure 31: Organisation générale du département maintenance.

2.1-Responsable réalisation Mécanique :

C'est un ingénieur de formation mécanique, sous la direction du chef de département Maintenance. De ces missions :

- veiller au bon fonctionnement de l'ensemble des équipements, à la qualité des travaux mécaniques et au respect des délais planifiés,

- Faire appliquer les règles de sécurité, protection de l'environnement et de la qualité.

2.2-Responsable bureau des méthodes :

C'est un ingénieur de formation mécanique, sous la direction du chef de département Maintenance, de ces missions :

- Assurer et coordonner les visites, les préparations, les études et la planification des travaux de maintenance.
- Participer à la gestion et le réapprovisionnement des stocks de pièces de rechanges.

3- Relation du département maintenance avec les différents directions et départements:

Département Maintenance à l'unité d'Ait-BAHA joue un rôle remarquable et jouit d'une place très importante dans l'activité de l'unité, en rentrant en interaction avec les autres départements à l'unité, et les directions à l'échelle du groupe.

3.1-Relation avec la direction « Projet et Maintenance » :

Elle vise à établir:

- ⇒ Les consignes d'utilisation de conduite et de surveillance du matériel ;
- ⇒ Implication dans les procédures de certification.
- ⇒ Le niveau de sécurité du matériel et du personnel ;
- ⇒ Etude de renouvellement et amélioration des équipements ;
- ⇒ Étude et préparation de nouveaux projets.

3.2-Relation avec le département « Production » :

- ⇒ Planification des travaux préventifs ;
- ⇒ Formation des opérateurs sur les machines et les précautions du travail.

3.3-Relation avec le service «Sécurité et environnement» :

- ⇒ Assurer la sécurité du personnel et du matériel ;
- ⇒ Aménagement des postes de travail ;
- ⇒ Préserver l'état du matériel de production ;
- ⇒ Veiller au respect des normes du groupe dans le cadre de la protection de l'environnement ;
- ⇒ Participer à l'analyse des accidents de travail.

3.4-Relation avec la direction « Achat » :

- ⇒ Consiste à Faire passer les commandes d'approvisionnement ;
- ⇒ Etablir et faire respecter le cahier des charges des équipements de production ;
- ⇒ Aider à régler les problèmes liés à la garantie des équipements.

3.5-Relation avec le département « Ressources humaines » :

- ⇒ La maintenance participe dans la gestion du personnel (qualification, formation, évolutions de carrières...).

3.6-Relation avec le département « Contrôle et Gestion » :

- ⇒ Contrôle des dépenses de la maintenance
- ⇒ Contrôle des performances de département ;

4- Les procédures de travail :

Ces procédures permettent de poser en vérité toute, les étapes essentiels pour le commencement, la préparation et l'exécution des travaux courants ou programmés ainsi des inspections planifiées.

À Ciments du Maroc Ait-BAHA on parle de :

- ⇒ la maintenance conditionnelle
- ⇒ les arrêts subis
- ⇒ les arrêts programmés

4.1-maintenance conditionnelle :

Démarche suivie pour la maintenance conditionnelle :

Elle est effectuée sur la base de critère d'acceptation préétablis, elle concerne :

- L'analyse des huiles pour les centrales hydrauliques et lubrification.
- L'analyse vibratoire.
- La prise des mesures pour relever les indices d'usure/dégradation et les jeux mécaniques sur les équipements critiques (Four, Broyeurs, Concasseur, les élévateurs ...)

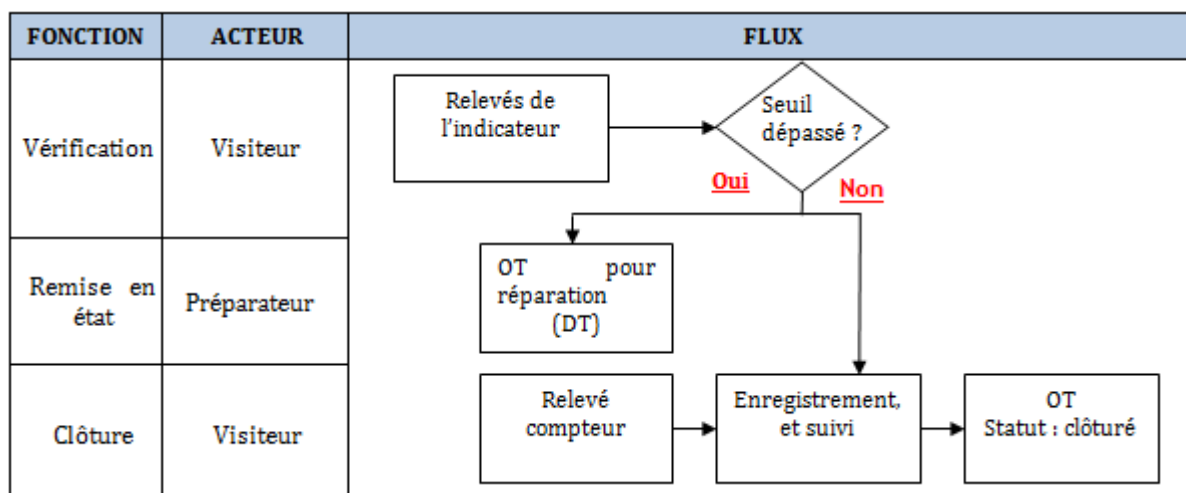


Tableau 4: Démarche pour la maintenance conditionnelle.

4.2-Démarche pour les arrêts subis :

Les arrêts subis se basent soit sur des déclarations de la part du département production après détection de la panne, dans ce cas on parle des AVIS N4, soit sur des visites périodiques (Visiteur) programmées par le service méthodes maintenance mécanique, pour déceler les anomalies.

A l'issue de chaque visite, le visiteur doit rédiger un rapport sur lequel, il présente l'état du bien s'il nécessite une intervention AVIS N2, ces interventions sont classées en trois catégories:

- ⇒ Très urgente.
- ⇒ A programmer à court terme.

⇒ A programmer à long terme (arrêts programmés).

La figure ci-dessous présente la démarche suivie pour les arrêts subis :

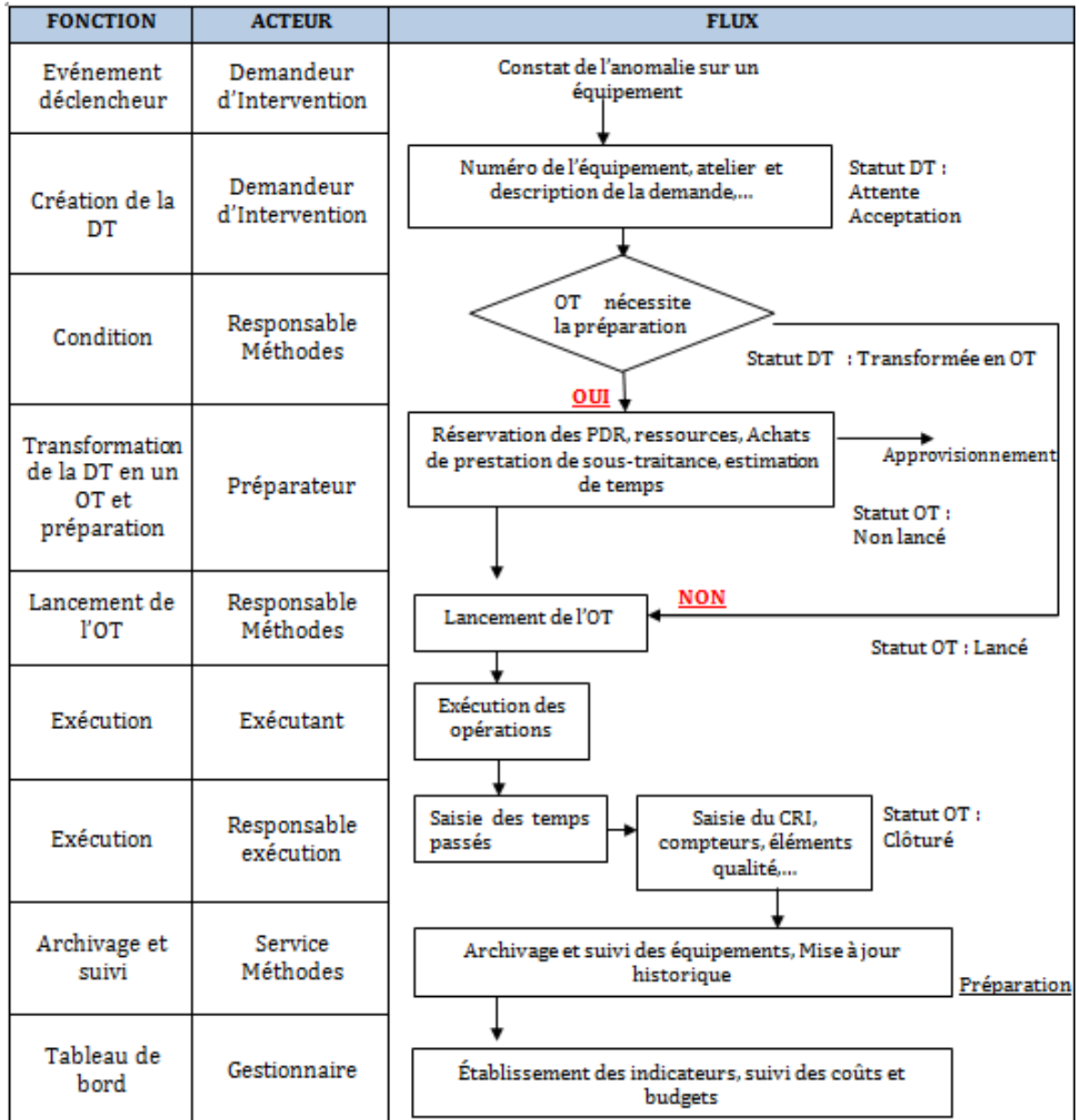


Tableau 5: Démarche pour les arrêts subis

4.3-Démarche pour les arrêts programmés :

Ce sont les travaux de révisions systématiques établies par le service méthode, les grands entretiens GE, et les travaux de grosse intervention spécifique nécessitant un arrêt de J+1

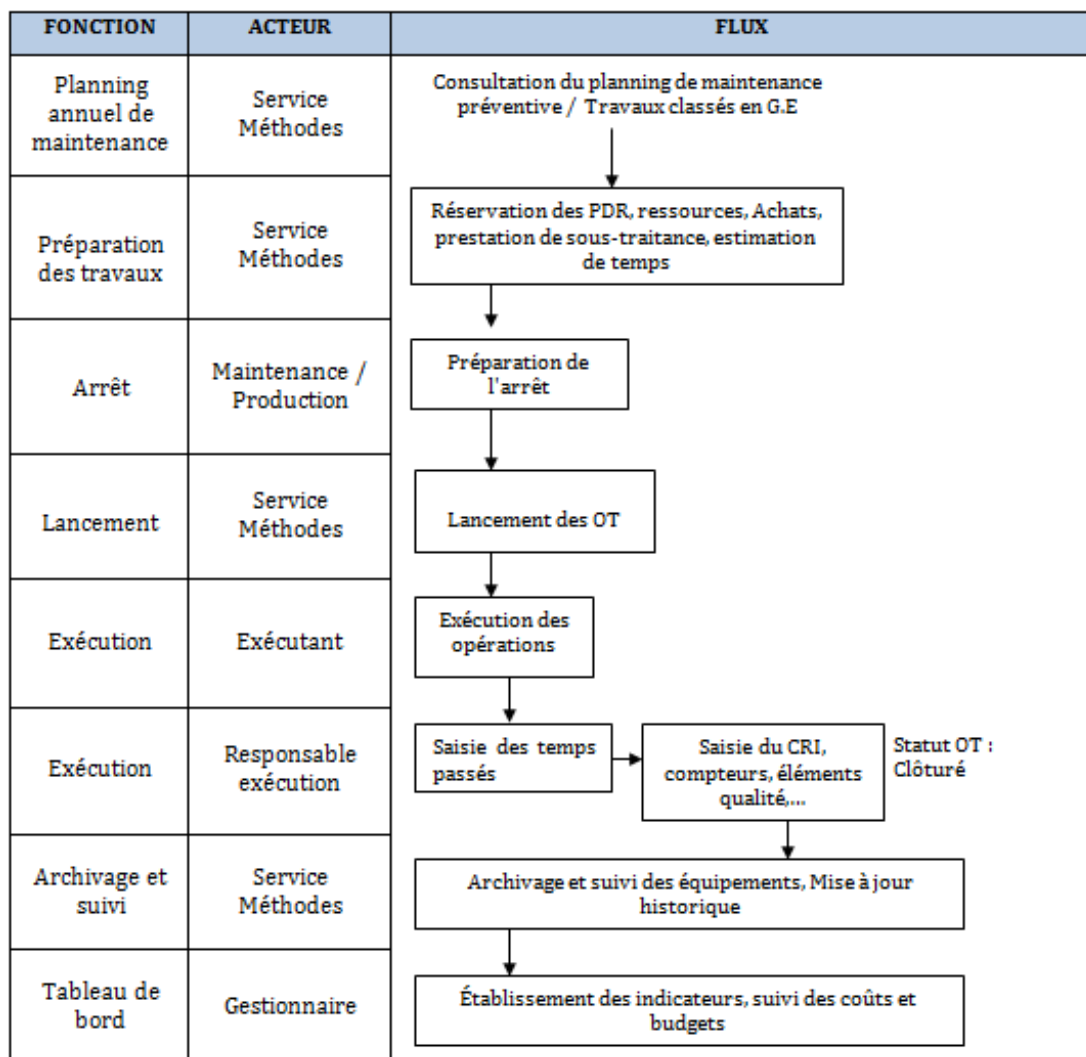


Tableau 6: Démarche pour les arrêts programmés

5- Tableau de bord de maintenance :

Le T.B.M est un moyen de surveillance et de contrôle des objectifs de la maintenance. C'est à la charge du gestionnaire l'établissement de ce document, à la fin de chaque mois. Il comporte :

<u>Indicateurs</u>	<u>Contenus</u>
Suivi des travaux	Récapitulatif des OT et des avis (Nombre et le type).
Coûts et consommation PDR matières.	Analyse des dépenses de la maintenance par nature : - Mécanique, Electrique, Fourniture Générale, - Laboratoire, Nettoyage & Sécurité Comparaison des dépenses avec le budget prévu. Analyse et évolution du stock pièces de rechange par groupe, suivi des entrées et sorties.
Disponibilité	Suivi des disponibilités mensuelles, et récapitulatif des modes d'arrêts pour chaque des ateliers durant le mois (PARETO) - Broyeur Cru, - Broyeur Charbon, - Ligne Cuisson - Broyeur Ciments BC1/BC2.

Tableau 7: Inventaire des indicateurs de la maintenance utilisés.

La disponibilité est calculée sur la GMAO SAP :

$\text{Taux de disponibilité} = \frac{\text{Temps de marche net}}{\text{Temps Total d'ouverture}} \times 100$
$\text{MTBF} * = \frac{\text{Temps de marche net}}{\text{Nombre total d'arrêts}}$

* MTBF : Temps Moyen de bon fonctionnement.

Le Tableau de bord n'inclut aucune donnée sur la disponibilité des ateliers suivant :

- Atelier Concassage et préparation matières premières.
- Atelier Expédition.

Chapitre3 : Analyse des arrêts de production de l'atelier broyeur à ciment

La cimenterie est une industrie hautement capitalistique et à feu continu. L'arrêt d'un four ou d'un broyeur à ciment est extrêmement coûteux.

Pour cela, on programme un grand arrêt annuel pour la zone cuisson et son amont pour entretien (**GE : Grands Entretien**s).

Durant cet arrêt le service maintenance doit réaliser tous les travaux d'entretien des équipements pour redémarrer avec un bon état mécanique et électrique des installations.

Pour atteindre cet objectif, le service maintenance se doit d'établir et de mettre à jour le livret de santé de l'usine.

Le livret de santé de l'usine c'est :

- La liste de tous les défauts et des faiblesses de tous les équipements.
- L'estimation de la durée de fonctionnement à venir pour chacun de ces équipements.
- L'estimation de la réparation en temps et en hommes.

La connaissance à l'avance de ces défauts que présentent les équipements permet :

- De s'approvisionner à temps en pièces de rechange.
- De planifier la résolution de tous ces défauts au prochain arrêt de l'installation.
- De redémarrer l'installation sur une bonne santé et pour une bonne période.

I- Présentation de l'atelier broyeur à ciment:

1- Présentation du secteur:

L'objet de l'étude trouve son centre d'intérêt, au centre ciment de ladite société. Comme son nom l'indique c'est dans cet atelier que le ciment est produit avant

d'être acheminé à l'atelier d'ensachage et de stockage. Cet atelier peut être décomposé en trois parties :

L'alimentation:

C'est tous ce qui se trouve en amont des broyeurs. Cette partie est constituée de transporteurs à bandes, d'extracteurs métalliques, de doseurs, de transporteurs à chaines et d'élévateurs.

Le broyage:

C'est là où le mélange Clinker, ajout et Gypse est concassé pour donner du ciment fini. Il est constitué d'équipements tels que des broyeurs à galets. Nous y trouvons aussi des équipements comme des élévateurs, des séparateurs.

L'évacuation:

Le produit fini est acheminé vers les silos par des aéroglisseurs, des élévateurs et des pompes.



Figure 32 : Les trois parties de l'atelier broyage à ciment.

2- Schéma et composants :

(Voir l'annexe p.).

3- Description des différents objets techniques constitutifs du système:

TREMIE:

Un grand entonnoir destiné à stocker puis à verser la matière première (calcaire, clinker, gypse, pouzzolane) par gravitation.

DOSEUR:

Un équipement d'alimentation pondéreau de la matière. Celle-ci est transportée sur une bande dont la vitesse est ajustée pour obtenir un débit de matière correspondant à une valeur de consigne. En règle générale, la bande transporteuse assure également l'extraction de la matière du silo d'alimentation.



Figure 33: Doseur.

BANDE TRANSPORTEUSE:

Recueille les différents composants du ciment et les achemine vers la trémie mixte.



Figure 34: Bande transporteuse.

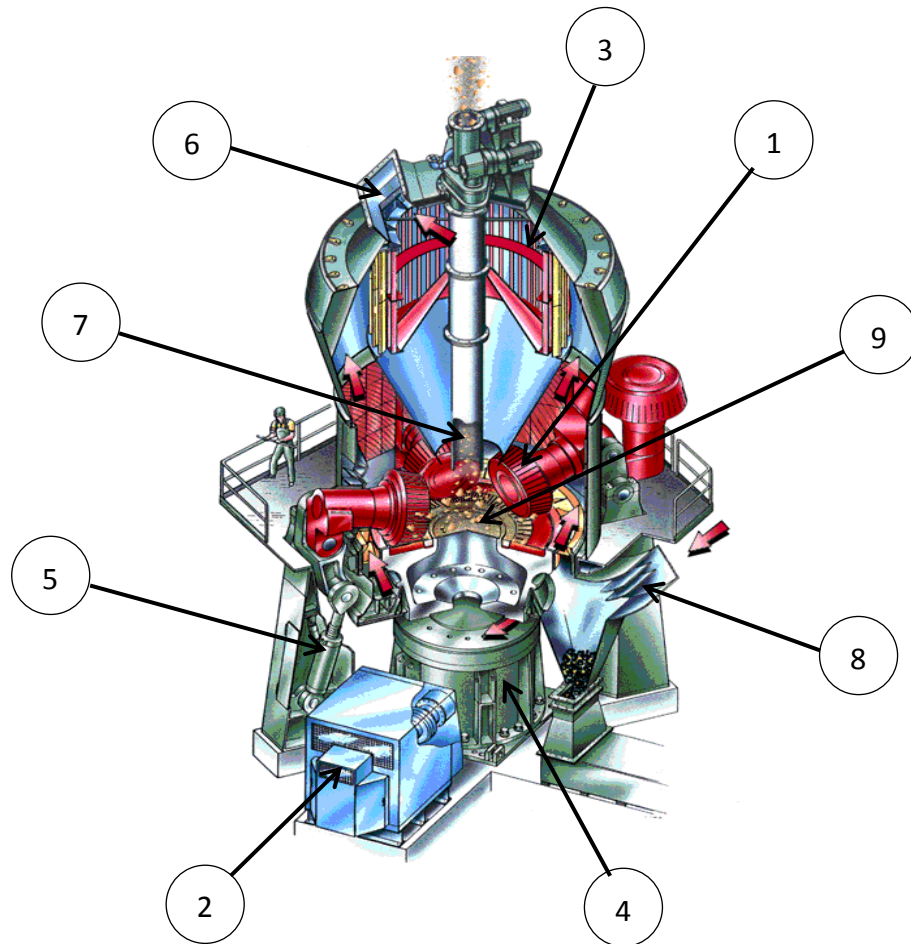
ELEVATEUR A GODETS:

Un élévateur à godets est une installation assurant l'ascension de matières (calcaire, gypse, pouzzolane, clinker) vers l'entrée du broyeur à l'aide des godets fixés à intervalles réguliers sur une chaîne.



Figure 35 : Elévateur à godets.

BROYEUR:



- | | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Train de galets | 6 Sortie matière broyée |
| 2 Groupe de commande | 7 Entrée matière, Goulotte |
| 3 Séparateur | 8 Entrée des gaz chauds |
| 4 Réducteur principal | 9 Table de broyage |
| 5 Vérin hydraulique | |

Figure 36: Le broyeur vertical à galets.

RAPPORT DE STAGE

Le broyeur verticale à galets réalise les trois opérations suivantes:

Broyage: La matière à broyer est introduite par l'intermédiaire d'un système d'étanchéité au centre de la table de broyage. La rotation de celle-ci entraîne la matière sous les deux trains de galets pour être broyée. Une fois cette dernière est écrasée et broyée, elle est envoyée par la force centrifuge vers l'extérieur et par-dessus le bord de la table de broyage.

Séchage: Un flux de gaz chaud arrivant par le bas à travers l'anneau entraîne la matière et la transporte entièrement ou partiellement au séparateur installé au-dessus de la chambre de broyage (circuit interne). En même temps il sèche la matière.

Séparation: Le séparateur sépare la matière contenue dans le flux gazeux en produit fini et gruaux. Les gruaux retombent au centre de la table de broyage. Le produit fini est extrait avec le flux gazeux.

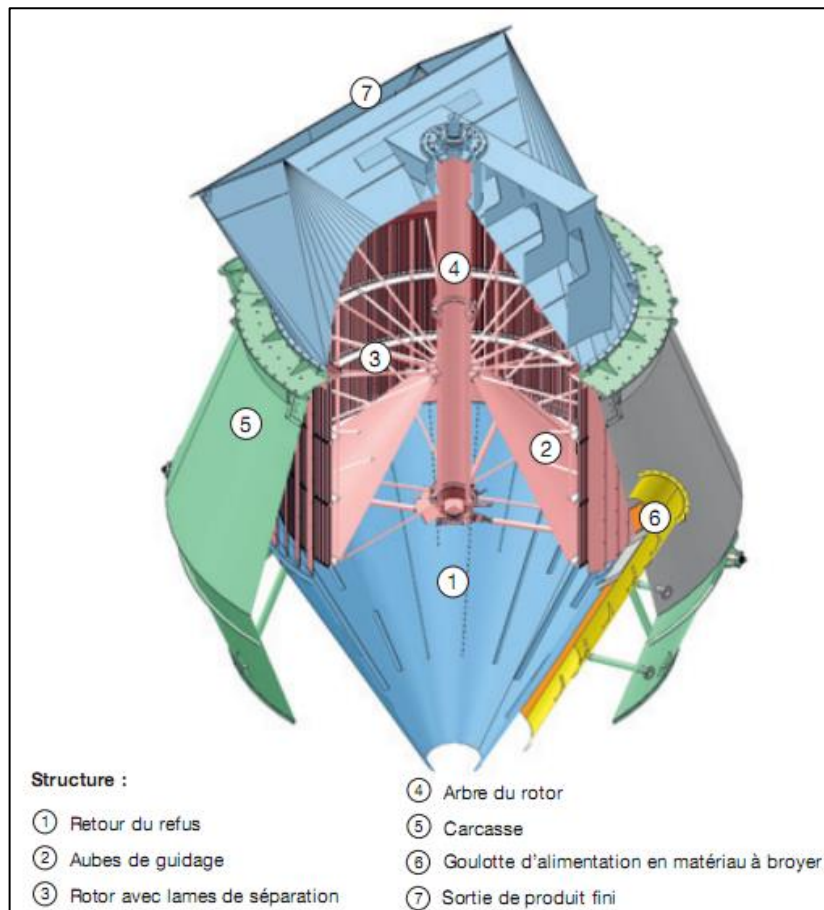


Figure 37: Séparateur.

SAS:

L'alimentation des broyeurs est réalisée au moyen de sas alvéolaires, afin d'éviter l'entrée d'air parasite dans les broyeurs.

L'alimentation se fait en continu par le haut, le matériau descendant à travers le cone d'entrée et remplissant les alvéoles de la roue du sas en rotation lente. Le matériau est ensuite déversé vers le bas, dans la goulotte d'alimentation du broyeur.

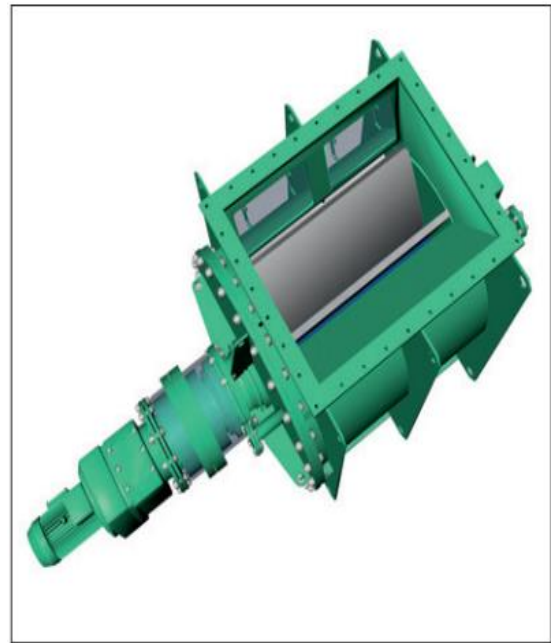


Figure 38: Sas.

REDUCTEUR PRINCIPAL:

C'est un réducteur planétaire à engrenages, destiné à entraîner le broyeur vertical.

Il doit transmettre la puissance à la table tournante (la piste), de réduire la vitesse du moteur à la vitesse requise de broyage, et de soutenir la table contre les forces axiales élevées générées par le processus.

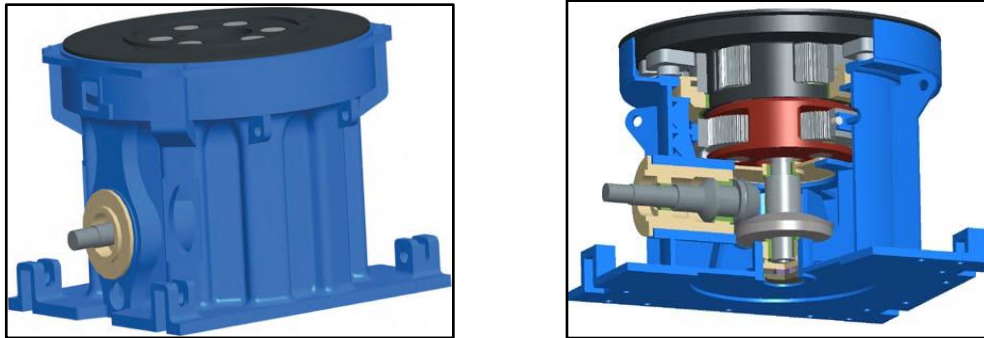


Figure 39: Réducteur principal du Broyeur vertical.

II- Classification des arrêts de production de l'atelier broyeur à ciment par ordre d'importance (Diagramme de PARETO) :

1- Présentation de la méthode :

Le principe de Pareto, aussi appelé loi de Pareto, principe des 20-80 ou encore loi des 20-80, est un phénomène empirique constaté dans certains domaines : environ 80 % des effets sont le produit de 20 % des causes. Il a été appliqué à des domaines comme le contrôle qualité. Le diagramme est un histogramme dont les plus grandes colonnes sont conventionnellement à gauche et vont décroissant vers la droite. Une ligne de cumul indique l'importance relative des colonnes.

La force des diagrammes de Pareto réside d'une part dans le fait que de nombreux phénomènes observés obéissent à la loi des 20/80 et d'autre part que si 20% des causes produisent 80% des effets, alors il suffit de travailler sur ces 20% pour influencer fortement le phénomène. Dans ce sens, le diagramme de Pareto est un outil efficace de prise de décision.

2- Méthodologie du traçage :

Le but est d'analyser un phénomène en le représentant graphiquement, pour ce faire il faut :

- Choisir la durée d'observation.
- Recueillir les données pour établir la liste des causes.

RAPPORT DE STAGE

- Quantifier le nombre d'apparition des faits provoqués par chacune des causes.
- En déduire le pourcentage des apparitions des faits.
- Classer les causes par valeur décroissante de ces pourcentages.
- Construire le graphique des valeurs cumulées des pourcentages.

3- Application de la méthode PARETO :

En se basant sur l'historique des arrêts de la période allant du 14/06/2014 jusqu'au 15/06/2015, on a résumé les résultats dans le tableau et le graphe suivants :

Equipements	heures d'indisponibilité	heures d'indisponibilité en %	cumul en %
Bande	320,08	22,5	22,5
Broyeur	263,49	18,5	41
Sas	220,25	15,5	56,5
alimentation trémies TKF	143,86	10,1	66,6
Elévateurs	140	9,8	76,4
Réducteur	77,16	5,4	81,8
moteur principal	66,1	4,6	86,4
Doseurs	64,93	4,5	90,9
Déviateur	48,85	3,4	94,3
Filtre	38,03	2,7	97
Ventilateur	27,59	2	99
Séparateur	13,5	0,9	99,9

Tableau 8: Tableau de disponibilité.

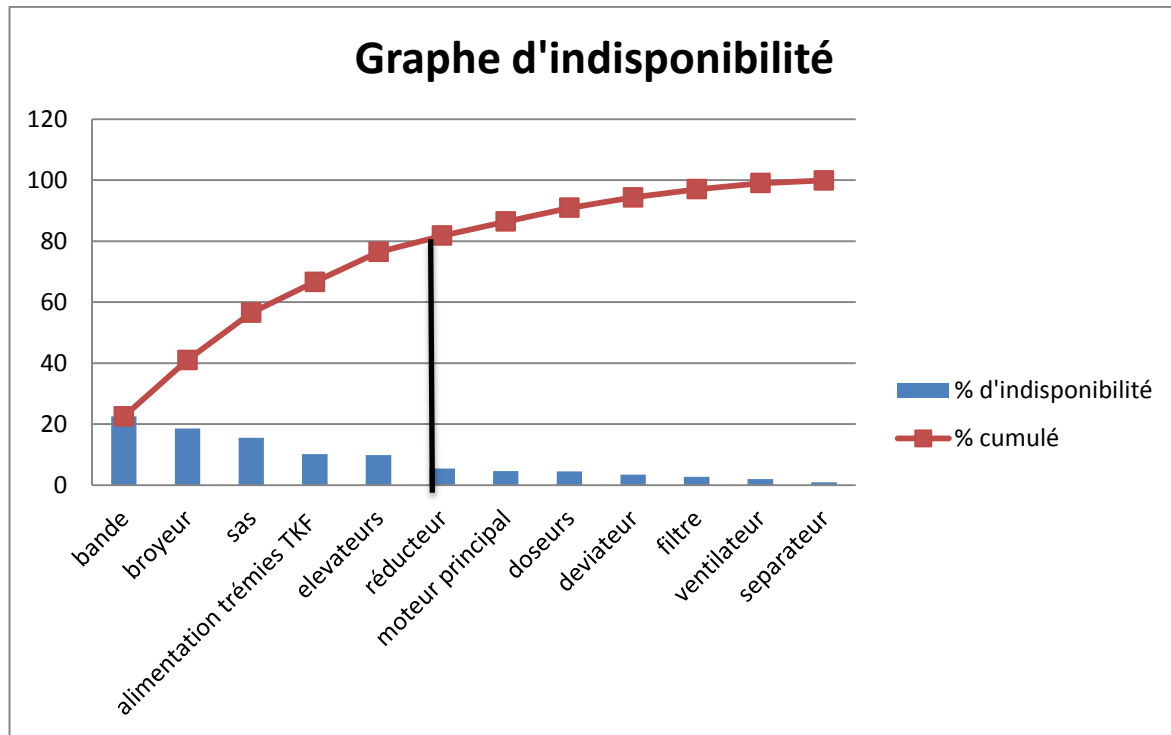


Figure 40: Graphe d'indisponibilité.

4- Synthèse du diagramme PARETO :

L'application de la loi de PARETO, pour l'atelier Broyeur à ciment, a permis de mettre en évidence les équipements accumulant 80% de l'effet observé et qui sont :

- Les convoyeurs à bandes
- Le broyeur
- Le sas
- La chaîne TKF
- Les élévateurs

De ce fait, il sera question lors du paragraphe suivant d'évaluer la criticité de ces cinq équipements en faisant usage de la méthode AMDEC.

III- Analyse AMDEC de l'atelier broyeur à ciment :

1- Définition et objectifs de la méthode :

L'Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) est une méthode d'analyse prévisionnelle de la fiabilité qui permet de recenser systématiquement les défaillances potentielles d'un dispositif puis d'estimer les risques liés à l'apparition de ces défaillances, afin d'engager les actions correctives à apporter au dispositif.

Il existe globalement trois types d'AMDEC selon que le système analysé est :

- Le produit fabriqué par l'entreprise.
- Le processus de fabrication du produit de l'entreprise.
- Le moyen de production intervenant dans la production du produit de l'entreprise.

L'AMDEC - Moyen de production permet de réaliser l'étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d'exploitation :

- À la conception du moyen de production : la réalisation d'une AMDEC permet de recenser et d'analyser les risques potentiels de défaillance qui auraient pour conséquence d'altérer la performance globale du dispositif de production.
- Pour un moyen de production en cours d'exploitation, la réalisation d'une AMDEC permet l'analyse des causes réelles de défaillance ayant pour conséquence l'altération de la performance du dispositif de production. Cette altération de performance est mesurée par une disponibilité faible du moyen de production.

Dans ce type d'AMDEC, l'analyse est conduite sur l'entreprise, avec des récapitulatifs des pannes, les plans, les schémas, etc.

Ses principaux objectifs sont :

- Connaître l'existant.
- Améliorer.
- Optimiser la maintenance (gamme, procédures, etc.).
- Optimiser la conduite.

1- Méthodologie de l'AMDEC :

- Constitution d'un groupe de travail.
- Décomposition fonctionnelle du système.
- Evaluation des défaillances potentielles.
- Détermination des modes de défaillance, de leurs effets et de leurs causes.
- Evaluation et notation de chaque cause de défaillance :
 - Détectabilité D : Probabilité de non détection de la cause de la défaillance.
 - Fréquence F : Probabilité d'apparition ou d'occurrence de la cause de la défaillance.
 - Gravité G: gravité de la défaillance sur la fonction globale du système.
- Calcul de criticité et hiérarchisation :
 - L'indice de criticité C est obtenu par : $C = D \times F \times G$.
- Dédution des actions correctives à mener.

2- Barème de cotation :

L'élaboration d'un barème de cotation permet d'établir un référentiel unique pour l'évaluation de la criticité des défaillances. Cette cotation se base sur les critères suivants :

- L'expérience des intervenants.
- Le niveau de sécurité souhaité.
- Le niveau de disponibilité souhaité.

Voici ci-dessous les tableaux résumant les critères pris en considération pour le calcul de criticité avec leurs barèmes respectifs :

Niveau	Valeur	Définition
Très faible	1	Détection certaine, moyens automatiques, signes évidents
Faible	2	DéTECTABLE par l'opérateur, par les routes d'inspection, vibrations
Moyen	3	Difficilement détectable, moyens complexes (démontage...)
Elevé	4	Indétectable, aucun signe

Tableau 9: Grille de cotation de la probabilité de détectabilité(D)

Niveau	valeur	Définition
Très faible	1	Au moins une défaillance par année
Faible	2	Au moins une défaillance par trimestre
Moyen	3	Moins d'une défaillance par mois
Elevé	4	Moins d'une défaillance par semaine

Tableau 10 : Grille de cotation de la fréquence de défaillance(F).

Niveau	valeur	Définition
Très faible	1	Arrêt moins de : ½ heure
Faible	2	Arrêt de : ½ heure à 1 heure
Moyen	3	Arrêt de : 1 heure à 2 heures
Elevé	4	Arrêt de plus de 2 heures

Tableau 11 : Grille de cotation de la gravité(G)

C ou I.P.R. : Evaluation de la criticité.

- Si I.P.R. < 12 Rien à signaler
- Si 12 < I.P.R. < 18 Surveillance accrue à envisager, valeur à la limite de l'acceptable
- Si I.P.R. > 18 Mise en place d'actions permettant de corriger donc d'améliorer le moyen ou l'installation utilisé

La valeur relative des criticités des différentes défaillances permet de planifier les recherches en commençant par celles qui ont la criticité la plus élevée.

3- Analyse AMDEC des équipements :

3.1- Tableaux AMDEC :

(Voir l'annexe p.).

3.2- Inventaire des criticités de l'ensemble des composants étudiés :

Composant	Criticité
Bande	18
Elévateur à godets	9
SAS	24
Cnvoyeur à chaine TKF 1200	32
Broyeur	18

Tableau 12: Inventaire des criticités associés à chaque composant.

3.3- Synthèse de l'AMDEC :

L'application de l'analyse AMDEC pour l'étude de l'atelier broyage à ciment a permis de mettre en évidence les modes, les causes et les effets des défaillances de ses composants.

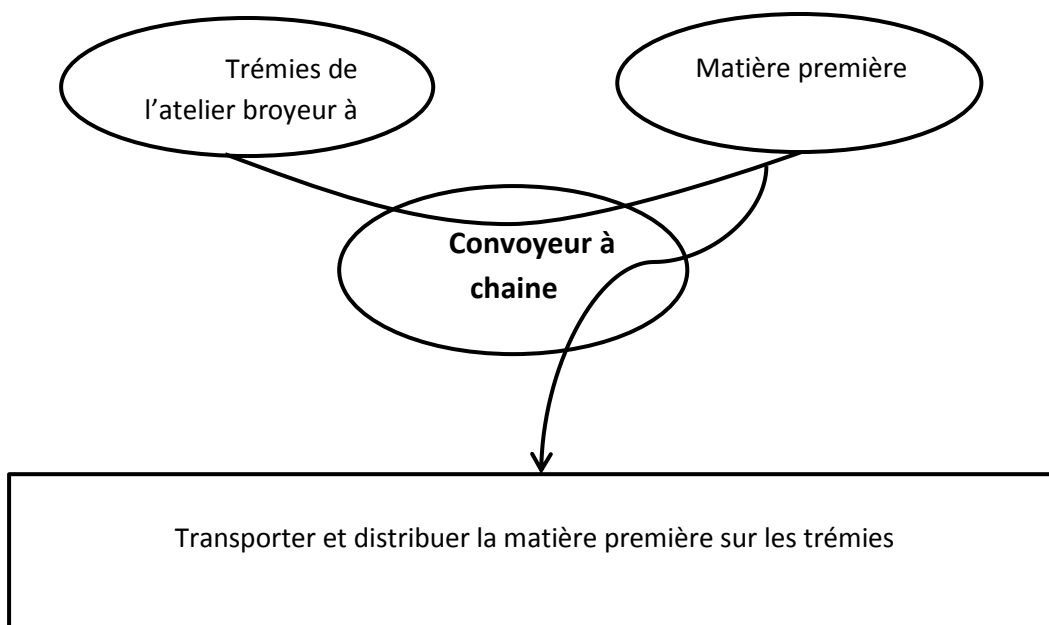
Après avoir calculé les criticités des différents composants de l'atelier, on constate que les équipements les plus défaillants (les équipements qui ont la plus grande criticité), sont le convoyeur à chaîne TKF et le SAS, qui vont être sujets d'améliorations lors de la prochaine partie. Cette dernière représentera le fruit de ce projet et les résultats qu'il retournera permettront de promouvoir l'usine tant au niveau technique qu'organisationnel.

4- Actions d'amélioration au niveau de la zone broyeur à ciment :

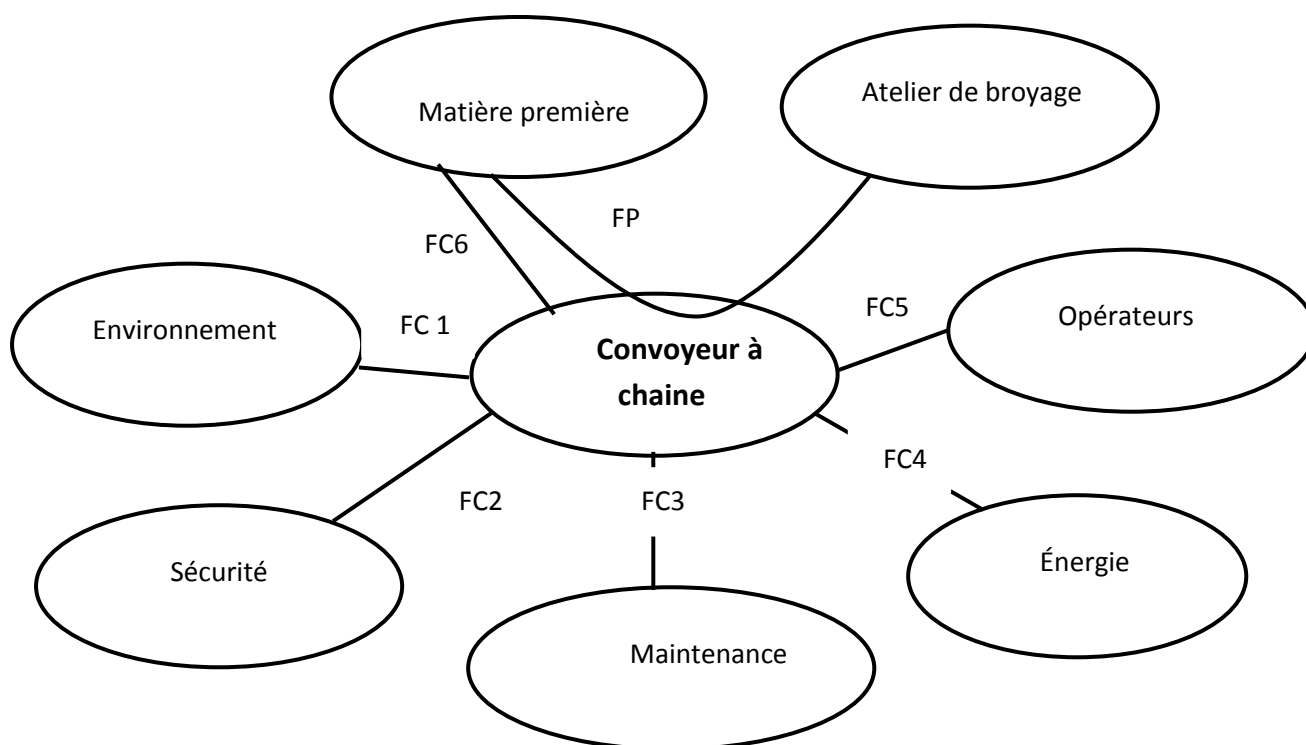
Afin d'améliorer la disponibilité de l'atelier broyeur à ciment, il faut concentrer les actions d'amélioration sur les équipements, cités dans le paragraphe précédent, ayant la plus grande criticité.

4.1- Solution proposé au niveau du convoyeur à chaîne :

a-Expression du besoin :



b-Diagramme des interactions :



FP: Transporter et doser et la matière première nécessaire à l'atelier de broyage.

FC1: Respecter et s'adapter à l'environnement.

FC2: Respecter les normes de sécurité.

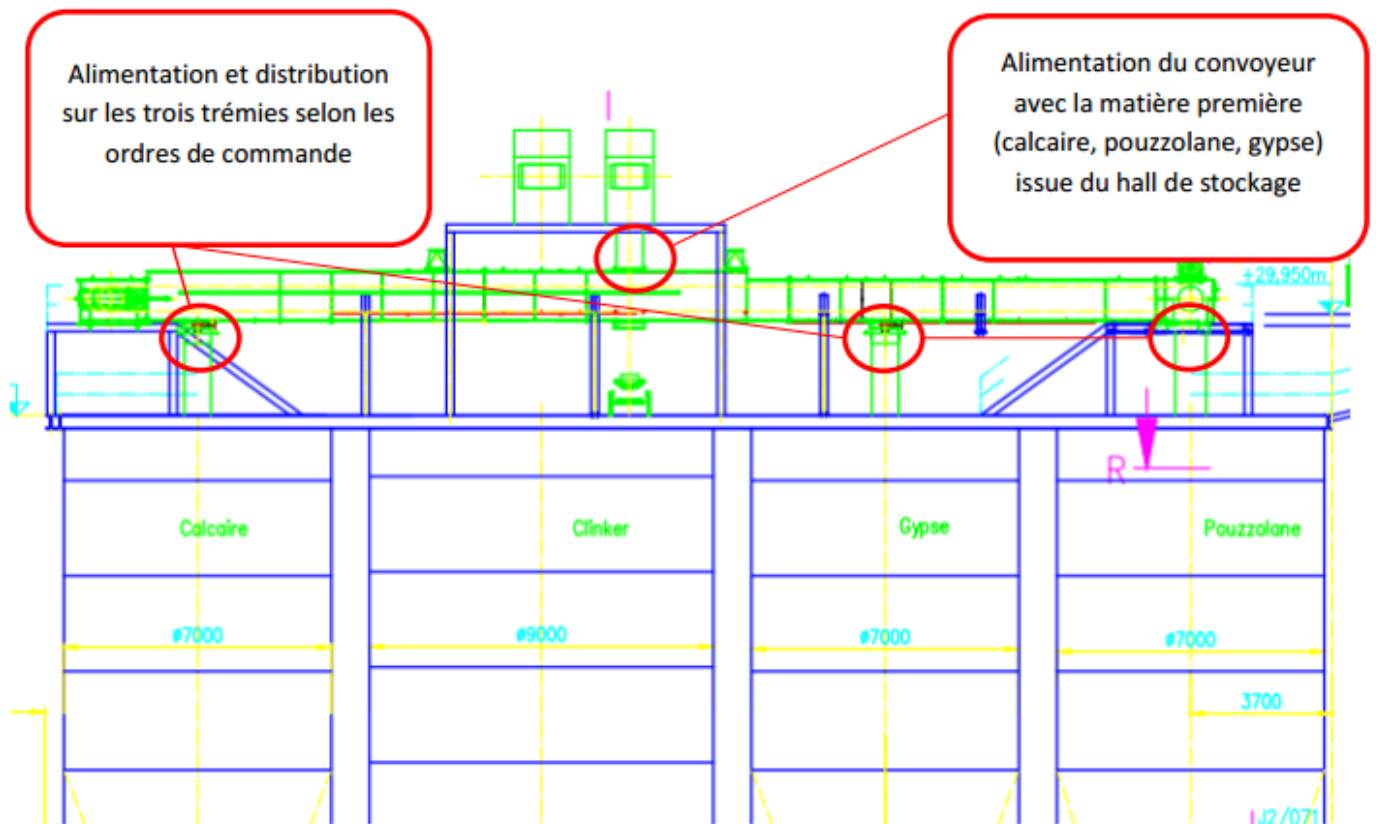
FC3: Etre facilement maintenu.

FC4: S'adapter à la source d'énergie.

FC5: Informer son état de fonctionnement aux opérateurs.

FC6: S'adapter à la chute de la matière première et de sa nature.

c-Présentation de la solution:



Il s'avère que le convoyeur à chaîne (TKF 1200) joue un rôle primordial dans l'enchaînement des opérations de production. Toute intervention au niveau de cet équipement nécessite l'arrêt du cycle en amont et en aval ce qui est extrêmement coûteux. Ces arrêts se résument dans le tableau ci-dessous :

Nombre des pannes	Durée d'indisponibilité
50	146.86h

Les travaux de maintenance effectués sur la ligne du convoyeur à chaîne consistent à :

- Démonteur le motoréducteur
- Changer le capot (coté commande)
- Changer la chaîne (axes et maillons)
- Changer les raclettes usées
- Changer la glissière et le blindage (tôle s'usure du caissier)

Une équipe d'agents de maintenance s'engage donc dans la réalisation de ces travaux tout en essayant de minimiser le nombre et la durée d'indisponibilité.

Pour remédier alors à ce problème et éviter ces pannes répétitives, on propose de remplacer le convoyeur à chaîne (TKF 1200) par un système de deux convoyeurs à bande du type utilisé dans le transport de la matière (calcaire, gypse ..) du hall de stockage vers l'atelier broyeur à ciment.

Les deux convoyeurs à bande seront animés par un mouvement de rotation dans les deux sens afin de distribuer la matière première, selon sa nature, sur les trois trémies comme expliqué dans le schéma ci-dessous :

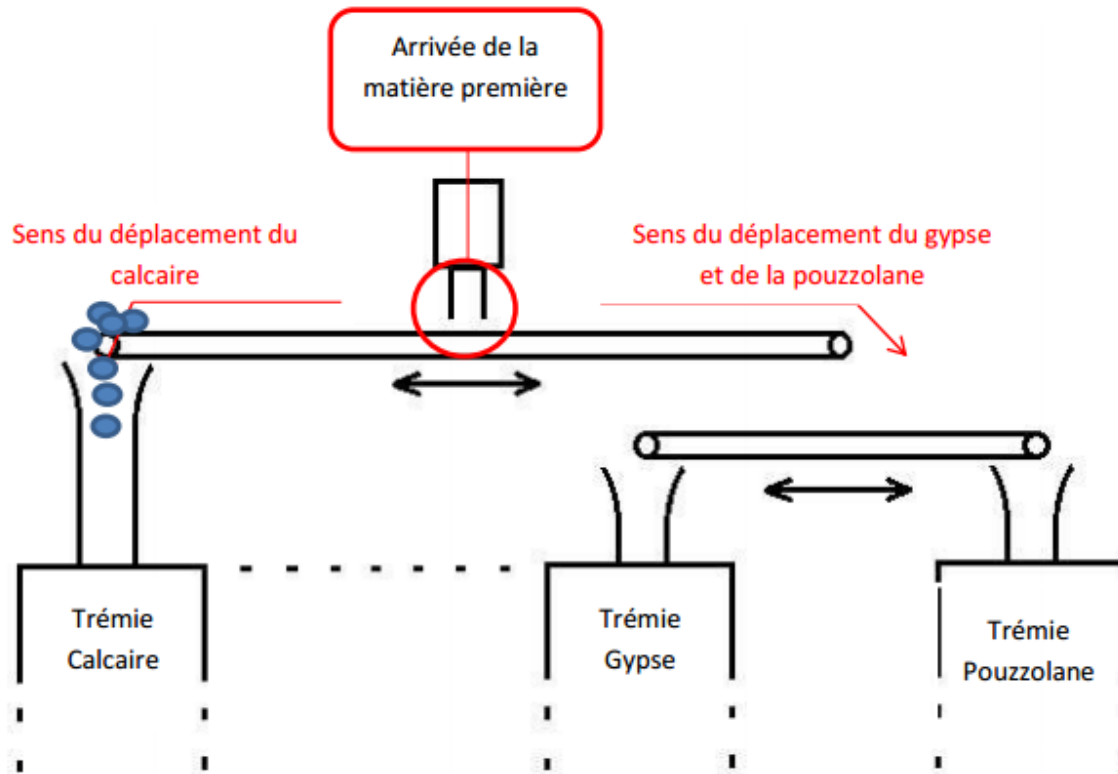
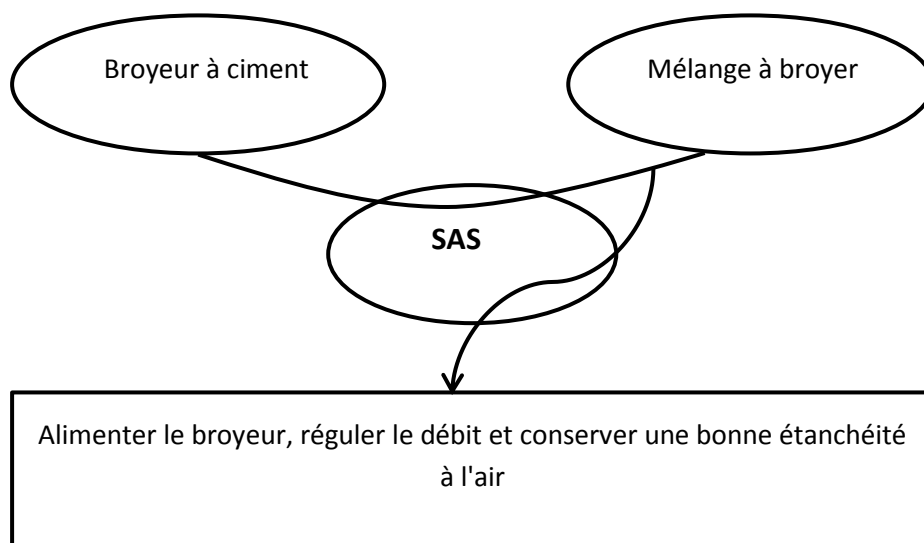


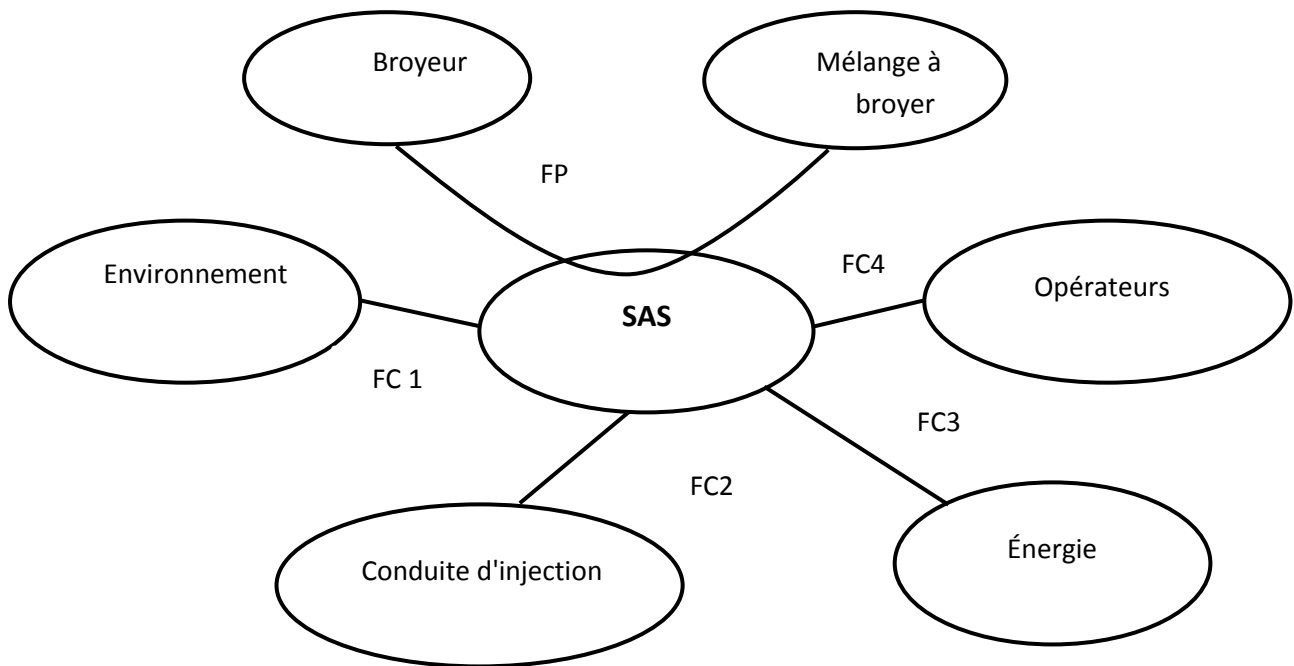
Figure 41 : solution proposée pour éviter les pannes répétitives du convoyeur à chaîne.

4.2- Solution proposée au niveau du sas d'alimentation du broyeur :

a- Expression du besoin :



b-Diagrammes des interactions :



FP: Alimenter le broyeur et réguler le débit et conserver une bonne étanchéité à l'air.

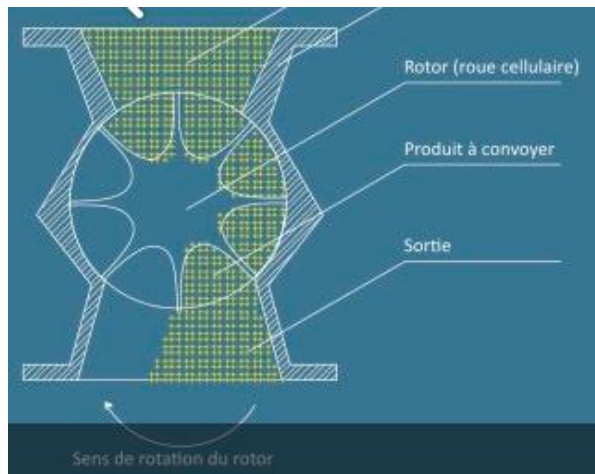
FC1: Respecter l'environnement (fuites de matière).

FC2: S'adapter aux dimensions de la conduite d'injection.

FC3: S'adapter à la source d'énergie.

FC4: Informer son état de fonctionnement aux opérateurs.

c-Présentation de la solution :



-Principe de fonctionnement :

Le mode d'action du sas à roue cellulaire repose sur un rotor, sur lequel se trouve une certaine quantité des pales et qui tourne dans un corps adapté exactement. Chaque élément du rotor prélève le produit à transporter sous l'orifice d'entrée et le produit ressort à la sortie. Un convoyage continu se crée alors.

-Caractéristique du sas utilisé dans l'atelier :

Taille de construction rotor (mm)	de du	Longueur (mm)	Admission/Evacuation (mm)	Hauteur de construction H (mm)	Performance théorique convoyage Min/max (M³/h)	du
1250		1250	1000x1250	1600	600-1000	

-Historique des pannes (15/06/2014 – 14/06/2015) :

Nombre des pannes	Heures d'indisponibilité
350	220.25h

-Mise en situation :

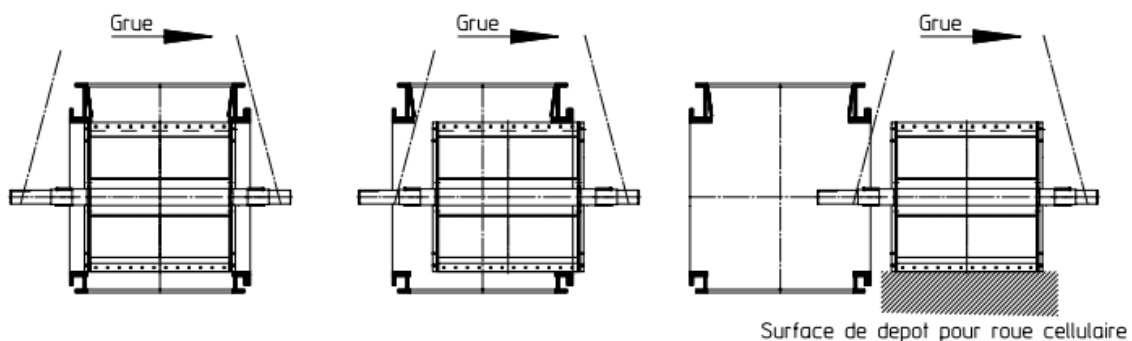
Parmi les problèmes critique rencontré dans le sas, c'est le phénomène d'usure du corps, vu l'abrasivité des matières qui le traversent. (voir la figure ci-dessous)



En principe, les agents de maintenance font face à cette panne en :

- Réparant les parties usées du corps du sas
- Remplaçant le blindage du sas
- Remplaçant le corps du sas

La réalisation de ces travaux de maintenance nécessite l'enchaînement d'un ensemble d'opérations, qui consistent avant tout de vider le sas de l'intérieur (faire sortie le rotor).



Ensuite l'enlèvement des parties usées du corps, les remplacer (en utilisant la procédure du soudage) et renforcer le blindage.



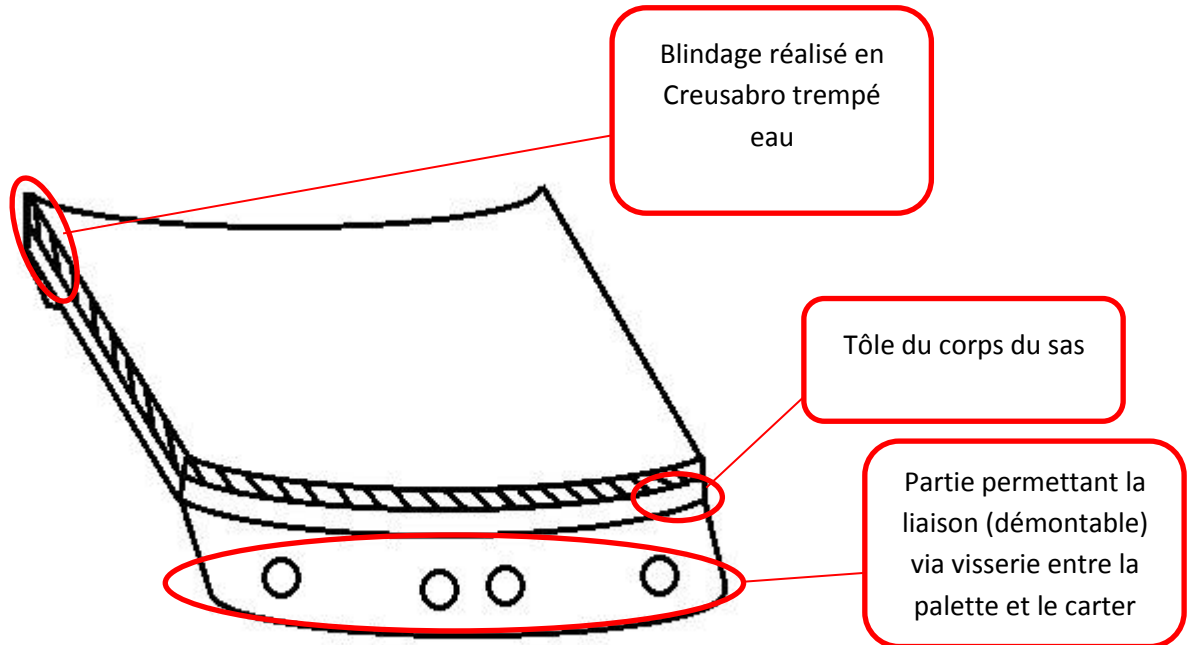
La réparation de ce type de panne bloque la ligne de production pendant une période qui peut dépasser une semaine. La problématique posée donc c'est : trouver un moyen pour remédier au problème d'abrasion du corps dans un intervalle temporel acceptable.

On a donc pensé à changer la conception du corps du sas ainsi que son blindage : Usiner des palettes blindées prêtes à l'emploi.



Emplacement des palettes blindées

On aura donc besoin de 8 palettes blindées pour pouvoir recouvrir toute la surface intérieure du sas.



En utilisant ce moyen on aura plus besoin de démonter le sas et le vider de l'intérieur, il suffit de démonter les palettes, fixées de l'extérieur sur le carter du sas, et les remplacer.

4.3-Autres recommandations :

- ⇒ Il est absolument nécessaire d'élaborer un cahier des charges pour les deux solutions proposées.
- ⇒ Il faut prendre en compte les actions correctives proposées dans les tableaux d'analyse AMDEC.
- ⇒ Pendant l'enregistrement des interventions de maintenance dans les historiques, il faut bien préciser la nature de l'intervention et normaliser la codification.
- ⇒ Il faut distinguer, lors de l'établissement des historiques, entre les arrêts planifiés qui n'affectent pas la production (arrêts sur réserve, délestage électrique..) et les arrêts qui demande une intervention urgente.

Conclusion

Ce stage a été une opportunité pour mettre en relief l'ensemble des connaissances théoriques et pratiques assurées au cours de notre formation et également apprendre à être confronté au véritable monde du travail, un milieu qui est aride est tendu et savoir nous adapter à toute une panoplie d'entraves qui nécessitent du bon sens et de la rigueur pour pouvoir réussir.

On a pu appréhender un secteur à la fois riche et complexe, et on a parvenu à comprendre le besoin de notre entreprise d'accueil et le formaliser en un travail d'ingénierie.

Ainsi, en mettant le point sur le fonctionnement de l'usine et les missions du département d'accueil, on a pu détecter les anomalies dans le fonctionnement de certains composants de la ligne de production en utilisant les méthodes classique de la maintenance. La proposition des solution technique pour remédier à ses problèmes parait donc indispensable pour enrichir le travail et mettre en œuvre les compétences acquises.

Bibliographie

Sites WEB

<http://www.italcementigroup.com/>

<http://www.cimentsdumaroc.com/>

<http://www.etudier.com/dissertations/Maintenance-Industriel/254584.html>

<http://pdf.directindustry.fr/pdf/kreisel-gmbh-co-kg/ecluse-roue-cellulaire/64509-429027.html>

Ouvrages

Cours maintenance, EMI, Mliha Touati

Mohamed EL MESKINI Consultant Me Plus

Instructions de service Sas à roue cellulaire Forme de construction ADG, série de types 21

Annexes

Annexe A : Présentation de l'usine d'Ait Baha :

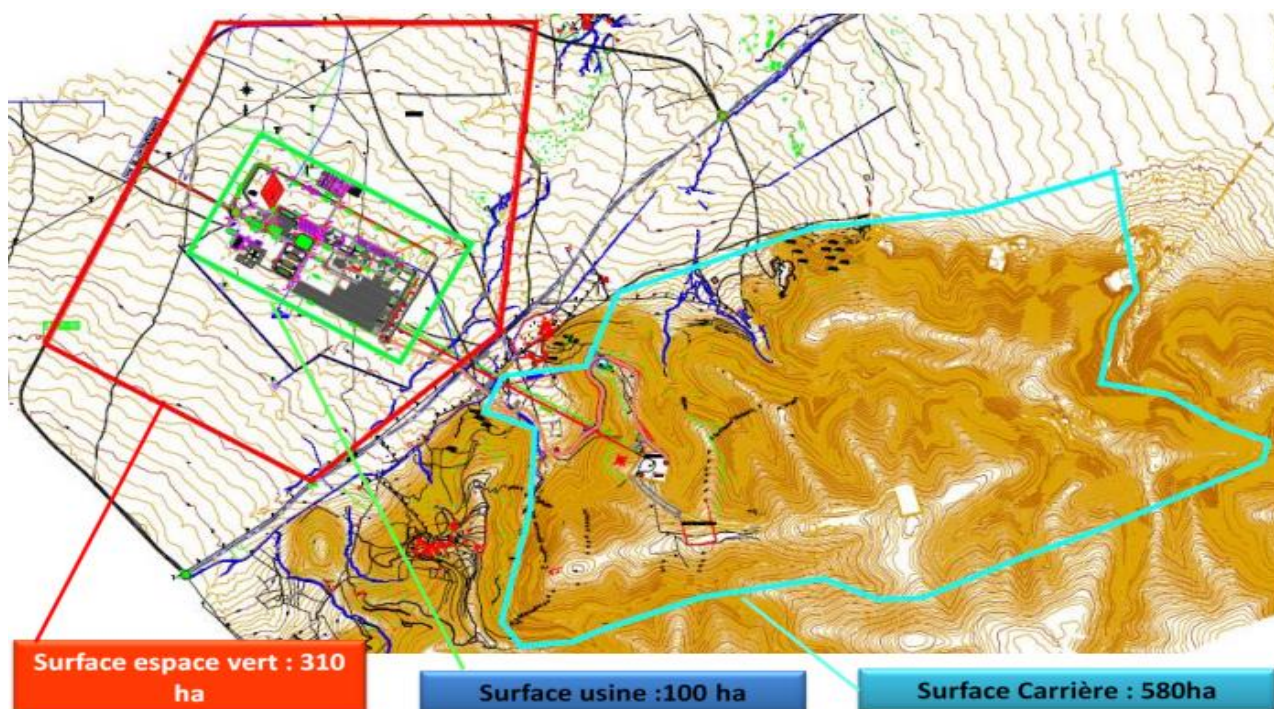


Figure A.1 : Superficie du projet.



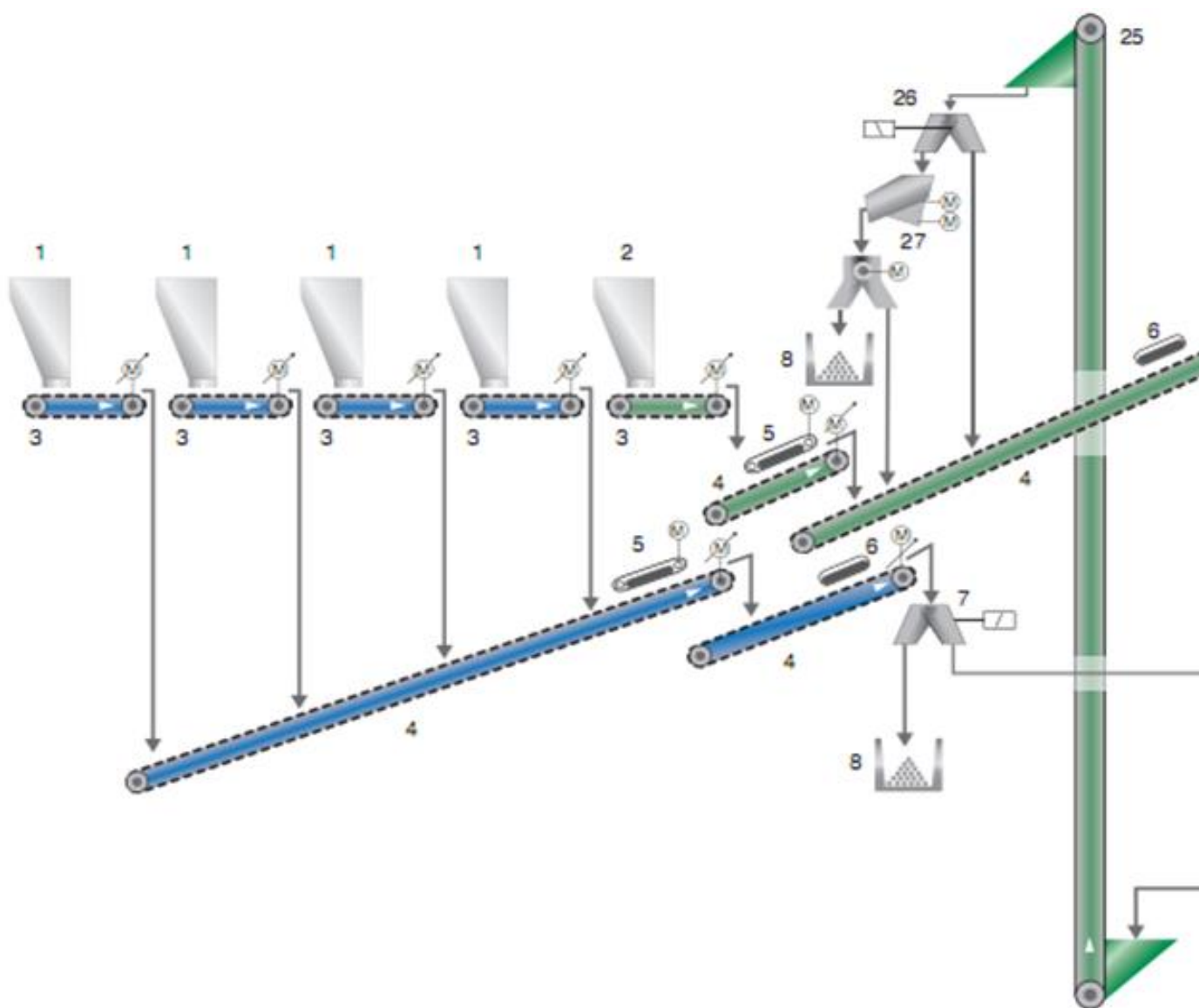
Figure A.2 : Plan d'accès.

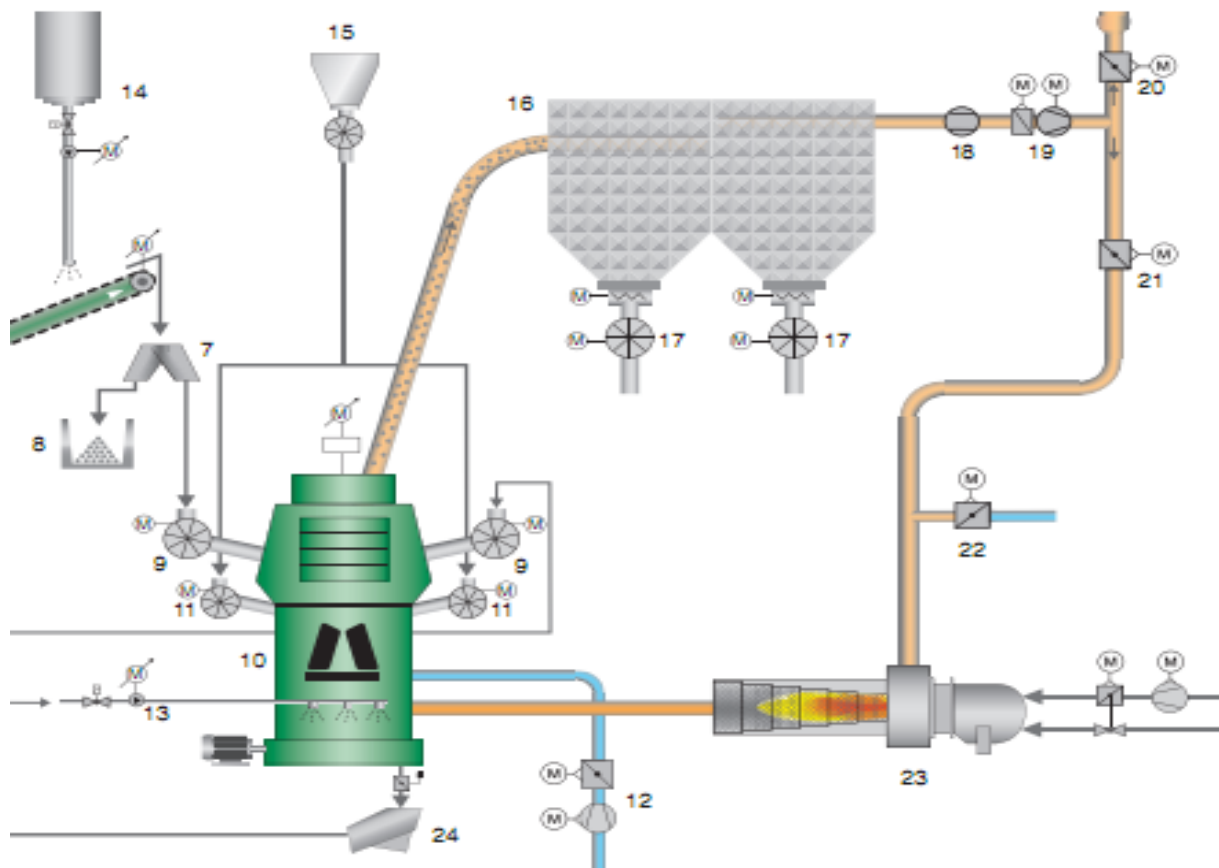


Carrière	Localité	Superficie	Distance de l'usine d'Ait Baha	Réserves
Calcaire	Commune d'Imi Mquorn	580 ha	2 Km	Très importantes
Argile	Commune d'Amsekroud	100 ha	50 Km	30 ans
Schiste	Commune de Sidi Boushab	34 ha	18 Km	85 ans
Limon	Commune d'Ait Milk	10 ha	35 Km	10 ans
Pouzzolane	Commune de Drarga	74 ha	60 Km	140 ans

Figur A.3 : Situation des carrières.

Annexe B : Présentation de l'atelier broyage à ciment :





- | | | | |
|--|--|--|------------------------------------|
| 1 Silo d'alimentation en matériau à broyer (matériau humide) | 8 Trémie de collecte de matériel au rejeté | matériau sec très fin, en particulier cendres volantes | avec clapet de régulation |
| 2 Silo d'alimentation en matériau à broyer (clinker, matériau sec) | 9 Sas alvéolaire | 16 Filtre | 22 Clapet d'admission d'air frais |
| 3 Bascule courroie | 10 Broyeur LOESCHE | 17 Sas alvéolaires pour produit fini | 23 Générateur de gaz chaud |
| 4 Bande transporteuse | 11 Sas alvéolaire | 18 Mesure de débit gaz | 24 Système de rejet |
| 5 Séparateur magnétique | 12 Conduite d'air de barage avec ventilateur | 19 Ventilateur de gaz de process | 25 Bévateur à godets |
| 6 Détecteur de métaux | 13 Arrosage d'eau | 20 Cheminée avec clapet de régulation | 26 Aguilage |
| 7 Aguilage | 14 Système de dosage pour matériau aidant au broyage | 21 Conduite de recyclage gaz | 27 Séparateur magnétique à tambour |
| 15 Trémie d'alimentation pour | | | |

Figure B.1 : Différents constituants de l'atelier broyage à ciment

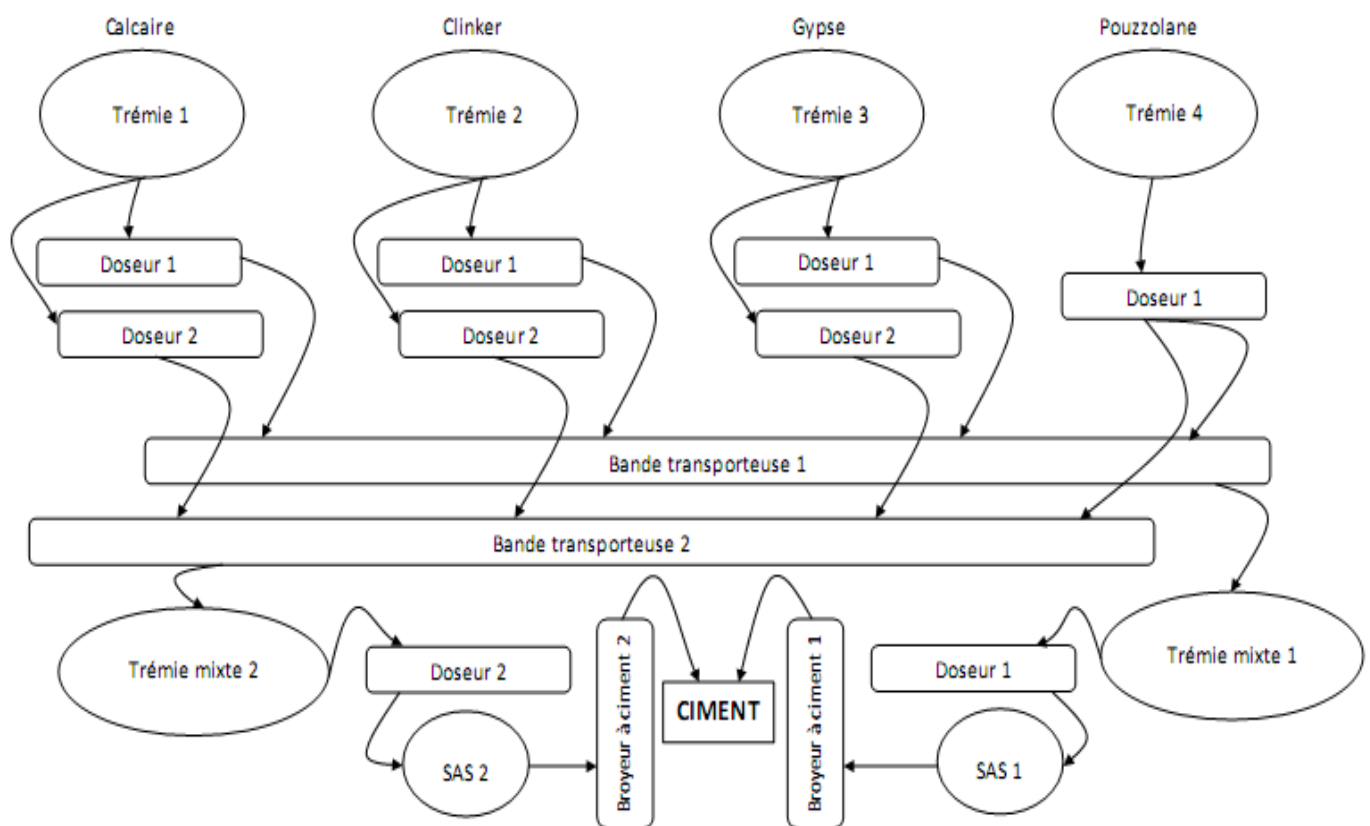


Figure B.2 : Diagramme sagittal de l'atelier broyage à ciment.

RAPPORT DE STAGE
AMDEC de la bande

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Criticité				Action corrective
					G	F	D	C	
Bande	Assurer le transport et le dosage de la matière	Déport de bande	-Qualité de la bande -Usure -Fissures dans le tambour	-Perte de matière -Dysfonctionnement du doseur	3	3	2	18	-Remplacement de la bande -Contrôle du doseur -Mettre en place un système de détection de dépôts
		Rupture/déchirure	-Usure rouleaux défectueux -Température de matière -Vitesse de chute de matière -Matière entre bande et tambour	-Trémie vide -Fuite de matière -Arrêt de production -Diminution de tension de la bande	4	1	2	8	-Contrôle du convoyeur à bande -Remplacement de la bande -Mettre en place un système de détection de ruptures et déchirures -Mettre en place des rouleaux adéquats -Contrôle des capteurs de température
		Blocage	-Usure -Roulements des rouleaux défectueux - Présence de matière - Frottement élevé - Absence de revêtements	-Arrêt de production -Bande déportée	3	1	2	6	-Mettre en place des rouleaux adéquats -Remplacement des roulements

RAPPORT DE STAGE

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Criticité				Action corrective
					G	F	D	C	
Chaîne+godets	Assurer le transport de la matière	Fuite de la matière	-Surcharge des godets - Endommagement de la bague d'usure du pied de l'élévateur -Bavette de sortie déplacée -Produit mal adapté	-Perte de matière -Déclenchement élévateur -Production réduite	2	1	2	4	-Remplacement de la bague d'usure du pied de l'élévateur -Etanchéité des fuites de la gaine -Contrôle de l'élévateur -Replacer bavette -Changer dimension godets -Changer forme godets
		Bouchage/Bourrage	-Gaine obstruée -Conduit obstruée -Chute de matière	-Perte de matière -Déclenchement élévateur -Usure godets	3	3	1	9	-Nettoyage du pied de l'élévateur -Nettoyage du conduit
		Bruit anormal	-Godets arrachés -Godets tapant sur conduit ou sur bavette -Godets tapant au fond -Chaîne coupée	-Déformation godets - Déclenchement élévateur -Arrêt de production	3	1	2	6	-Changer chaîne -Replacer bavette -Tendre chaîne -Nettoyage systématique du pied de l'élévateur -Amélioration de la nuance de l'acier

AMDEC de l'élévateur

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Criticité				Action corrective
					G	F	D	C	
SAS	Réguler le débit et conserver une bonne étanchéité à l'air	Bouchage/Bourrage	-Alvéole cassé -Arrêt motoréducteur du sas	-Déclenchement sas -Défaut rotation sas -Arrêt système d'injection	3	4	2	24	-Elaboration d'un plan de maintenance préventive -Contrôle du sas -Remplacement d'alvéole
		Blocage	-Bouchage conduite d'injection - Dimensionnement incorrecte du sas	-Déclenchement sas -Arrêt système d'injection -Arrêt de production	3	3	2	18	- Redimensionnement du sas -Vérification de l'état du sas -Nettoyer la conduite d'injection -Nettoyer le sas
		Fuite matière	-Baguettes d'étanchéité défectueuses -Absence de revêtements -Usure carcasse	-Perte de matière -Usure rotor -Production réduite	3	1	2	6	-Remplacement des baguettes d'étanchéité -Renforcer le blindage du sas -Amélioration de la nuance de l'acier

AMDEC du Sas d'alimentation

RAPPORT DE STAGE

Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Criticité				Action corrective
					F	G	D	C	
Denture du réducteur	Transmettre le couple moteur par engrainement	Usure Cassure	Corps étrangers Mauvaise lubrification Fatigue	Bruit Vibrations Mauvais engrainement	2	2	2	8	-Assurer la fonction lubrification -Installation d'un capteur corps étrangers
Roulements	Guider en rotation l'arbre moteur	Usure Cassure	Manque d'étanchéité Surcharge Fatigue	Blocage et usure de l'arbre Bruit Vibrations	1	2	2	4	-Contrôle des joints d'étanchéité - Remplacement des roulements
Arbre de commande	Transmettre le mouvement de rotation à la piste	Cassure Usure au niveau des portées des roulements	Désalignement Mauvais engrainement Fatigue Manchon des roulements desserré	Pas de transmission	1	4	2	8	-Vérification périodique état et jeu des roulements
Galets	Ecraser le mélange	Usure Blocage	Abrasivité du mélange Mauvaise lubrification	Mélange non écrasé Bruit	3	3	2	18	-Changement des jupes de protection des galets -Vérifier l'état de rotation des galets
Plateau de broyage	Mettre le mélange en rotation	Usure	Choc Abrasivité du mélange	Bruit	2	3	2	12	

AMDEC du Broyeur

AMDEC du convoyeur à chaîne

Elément	Fonction	Modes de défaillance	Causes	effets	Criticité				Actions correctives
					F	G	D	C	
Chaîne	Supporter les raclettes	Chaîne détendue Usure axe	Allongement de la chaîne Infiltration de la matière entre axe et maillon	Déport chaîne Frottement avec la glissière Mauvais engrainement	4	4	2	32	-Centrage de la chaîne -Vérification périodique de l'état des axes et des maillons -Nettoyage des alentours de la chaîne -Lubrification de la glissière
Raclettes	Lier les deux parties de la chaîne / Contenir et transporter la matière	Raclettes manquantes/ déformées/ cassées	Présence des corps étrangers Choc	Coincement Déversement de la matière	2	4	2	16	-Vérifier la fixation des raclettes -Nettoyage des alentours - Remplacement des raclettes défectueuses
Glissière	Guider la chaîne	Usure	Frottement exercé par la chaîne Infiltration de la matière	Déport de la chaîne Blocage	2	4	2	16	-Nettoyage périodique -lubrification