



Royaume du Maroc

Office chérifien des phosphates

Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès

Faculté des Sciences et Techniques Saïss

Département de Génie Mécanique



Rapport de Projet de Fin d'Etude

Présenté dans le cadre de l'Obtention du **diplôme d'Ingénieur d'Etat** en

Génie Mécanique

Option : **Conception Mécanique et Innovation**

Réalisé par : Mr. Radouane EL YADOUN

Mr. Youness SBAI

Thème :

***Amélioration de la maintenance mécanique des unités
de production d'acide phosphorique section Broyage et Attaque-Filtration.***

Encadrant du stage : Mr. Hassan FESSAS

Parrain du stage : Mr. Adil MAIZI

Soutenu le : 29/06/2011 devant le jury d'examen :

- *Mr. Abdelhamid TOUACHE*
- *Mr. Ahmed ABOUTAJEDDINE*
- *Mr. Ahmed BIYAALI*

Directeur du stage/Professeur à la FST de fès
Examineur/Professeur à la FST de fès
Examineur/Professeur à la FST de fès

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

رَبَّنَا اقْبَلْ مِنَّا
إِنَّكَ أَنْتَ السَّمِيعُ الْعَلِيمُ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

A mes chers parents pour leurs sacrifices

A mon frère et mes sœurs pour leur encouragement

A mes adorables nièce et neveu

A mes ami(e)s pour leur soutien

A tous mes proches...

A mes collègues

A tous mes professeurs

Je dédie ce travail...

Radouane

C'est à mes parents, mes deux frères et ma petite sœur que Je dédie ce modeste travail...

Youness

Remerciement

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier Mr. Hassan FESSAS, Ingénieur au sein du service phosphorique de Maroc Phosphore-Jorf Lasfar, de nous avoir confié ce travail, de nous avoir encadré pendant les quatre mois de stage et pour l'aide efficace qu'elle nous a apportée à l'élaboration de ce projet, nous avons ainsi bénéficié des ses précieux conseils et de ses qualités scientifiques et humaines.

Nous présentons nos vifs remerciements et notre profonde gratitude à notre parrain Mr. A.MAIZI, Contremaître dans le même service, pour sa serviabilité, son suivi pas à pas pendant l'élaboration de ce travail et ses conseils qu'il nous a prodigués le long de notre projet.

Nous remercions chaleureusement Mr. A.TOUACHE professeur à la FST de Fès pour son encadrement, ses conseils et sa contribution à l'aboutissement de ce travail.

Nos remerciements vont également à Mr. M.MAZROUI Chef du service contrôle et documentation, et à son équipe pour leur aide.

Nous ne saurions oublier dans nos remerciements l'ensemble du personnel de la maintenance mécanique pour leur accueil et leur amabilité.

Que tout ceux qui nous ont aidé, de près ou de loin, trouvent ici l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Nos vifs remerciements aussi aux membres du jury de la soutenance ayant accepté d'évaluer ce travail.

Table des matières

<i>Liste des abréviations de des symboles.....</i>	<i>i</i>
<i>Liste des tableaux.....</i>	<i>ii</i>
<i>Liste des figures.....</i>	<i>iii</i>
<i>Résumé.....</i>	<i>iv</i>
<i>Abstract.....</i>	<i>v</i>
<i>ملخص.....</i>	<i>vi</i>
<i>Introduction.....</i>	<i>1</i>
Chapitre 1	2
<i>Présentation de l'établissement d'accueil.....</i>	<i>3</i>
1- <i>Introduction</i>	<i>3</i>
2- <i>Généralités sur l'office chérifien des phosphates</i>	<i>3</i>
Chapitre 2	8
<i>Définition du problème et Planification.....</i>	<i>9</i>
1- <i>Présentation du cahier des charges du PFE</i>	<i>9</i>
2- <i>La Maintenance Basée sur la Fiabilité MBF.....</i>	<i>9</i>
3- <i>Planification de la concrétisation du projet.....</i>	<i>12</i>
Chapitre 3	13
<i>Analyse des données statistiques.....</i>	<i>14</i>
1- <i>Introduction</i>	<i>14</i>
2- <i>Equipements critiques selon leur non fiabilité</i>	<i>15</i>
3- <i>Equipements critiques selon leur non disponibilité.....</i>	<i>19</i>
4- <i>Liste des équipements critiques</i>	<i>24</i>
Chapitre 4	25
<i>Présentation des sous ensembles critiques.....</i>	<i>26</i>
Chapitre 5	37
<i>Evaluation de la politique de maintenance actuelle.....</i>	<i>38</i>
1- <i>Etude critique du type de la maintenance adoptée à l'atelier phosphorique</i>	<i>38</i>
2- <i>Audit de la maintenance</i>	<i>38</i>
Chapitre 6	42
<i>L'AMDEC.....</i>	<i>43</i>
1- <i>Présentation de la méthode</i>	<i>43</i>
2- <i>Démarche générale</i>	<i>44</i>
3- <i>Fiche AMDEC-moyen de production</i>	<i>44</i>
4- <i>Résultats de l'étude.....</i>	<i>44</i>
Chapitre 6	45
<i>Politique de maintenance préventive proposée.....</i>	<i>46</i>
1- <i>Généralités sur la maintenance préventive</i>	<i>46</i>
2- <i>Différents types de maintenance préventive</i>	<i>46</i>
3- <i>Les différentes sources aidant à définir les opérations de maintenance préventive</i>	<i>48</i>
4- <i>Les plans de maintenance préventive pour les équipements critiques.....</i>	<i>49</i>

Chapitre 7	50
<i>Dossier machine</i>	51
1- <i>Introduction</i>	51
2- <i>Contenu général du dossier machine</i>	51
3- <i>Détail activité et IT</i>	52
4- <i>Synthèse</i>	53
<i>Conclusion technique</i>	54
Conclusion générale	56
<i>Bibliographie et Webographie</i>	57

Liste des abréviations et des symboles

<i>OCP</i>	<i>Office chérifien des phosphates</i>
<i>AMDEC</i>	<i>analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité</i>
<i>PCR</i>	<i>Processus créatif de résolution des problèmes</i>
<i>MBF</i>	<i>Maintenance basée sur la fiabilité</i>
<i>RCM</i>	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
<i>DTE</i>	<i>Données techniques des équipements</i>
<i>CdC</i>	<i>Cahier des charges</i>
<i>GRP</i>	<i>Glass Reinforced Plastic</i>
<i>FRP</i>	<i>Fiber Reinforced Plastic</i>
<i>H.D</i>	<i>Heures d'arrêts.</i>
<i>IDJ /PA /M</i>	<i>Service maintenance de la division phosphorique</i>
<i>Fréq.</i>	<i>Fréquence</i>
<i>Acc.</i>	<i>Accumulé</i>
<i>SVR</i>	<i>Stratifié Verre – Résine</i>
<i>Dilatoflex</i>	<i>Constructeur des Manchons compensateurs</i>
<i>IT</i>	<i>Instruction de travail</i>
<i>Méca.</i>	<i>Mécanicien</i>
<i>Elect.</i>	<i>Électricien</i>
<i>Prod.</i>	<i>production</i>
<i>Instr.</i>	<i>Instrumentation</i>
<i>G. civil.</i>	<i>Génie civil</i>
<i>GMAO</i>	<i>Gestion de la maintenance assistée par ordinateur</i>
<i>AFNOR</i>	<i>Association française de la normalisation</i>
<i>P.D.R</i>	<i>Pièce de rechange</i>
<i>MO</i>	<i>Main d'oeuvre</i>

Liste des tableaux

N°	Titre du tableau	page
2-1	Groupe MBF pilote	12
3-1	Les familles d'équipements critiques selon leur non fiabilité	15
3-2	Les transporteurs critiques selon leur non fiabilité	16
3-3	Les composants critiques du Filtre UCEGO selon leur non fiabilité	17
3-4	Les pompes critiques selon leur non fiabilité	18
3-5	Les ventilateurs critiques selon leur non fiabilité	18
3-6	Les familles d'équipements critiques selon leur non disponibilité	20
3-7	Les transporteurs critiques selon leurs non disponibilité	21
3-8	Les pompes critiques selon leur non disponibilité	22
3-9	Les composants critiques du Filtre UCEGO selon leur non disponibilité	22
3-10	Les agitateurs critiques selon leur non disponibilité	23
3-11	Liste des équipements critiques.	24
5-1	Résultats du questionnaire d'autoévaluation de la fonction maintenance	39
5-2	Analyse des résultats du questionnaire d'audit de la maintenance	41
6-1	Les échelles de cotation de ces trois indices de l'AMDEC	44
8-1	forme de l'activité de maintenance.	52
8-2	Forme de l'IT	53

Liste des diagrammes

N°	Titre du diagramme	page
3.1	Pareto donnant les familles d'équipements critiques selon leur non fiabilité	15
3.2	Pareto donnant les transporteurs critiques selon leur non fiabilité	16
3.3	Pareto donnant les composants critiques du filtre UCEGO selon leur non fiabilité	17
3.4	Pareto donnant les pompes critiques selon leur non fiabilité	18
3.5	Pareto donnant les ventilateurs critiques selon leur non fiabilité	19
3.6	Pareto donnant les familles d'équipements critiques selon leur non disponibilité	20
3.7	Pareto donnant les transporteurs critiques selon leur non disponibilité	21
3.8	Pareto donnant les pompes critiques selon leur non disponibilité	22
3.9	Pareto donnant les composants critiques du filtre UCEGO selon leur non disponibilité	23
3.10	Pareto donnant les agitateurs critiques selon leur non disponibilité	24
5.1	Profil de la fonction maintenance	40
5.2	Diagramme des modules de la fonction maintenance	40

Liste des figures :

N°	Titre de la figure	page
1-1	Carte de répartition des gisements du phosphate à travers le Maroc	4
1-2	Schéma général de l'atelier phosphorique	5
2-1	les cinq étapes de la MBF et les outils à mettre en œuvre	11
2-2	Extrait de la planification du projet	12
3-1	Démarche générale de l'analyse de l'existant	14
4-1	Illustration de l'élévateur à godets T13	26
4-2	Illustration du Redler T22	27
4-3	Illustration de la pompe à bouillie P20	28
4-4	Illustration de la pompe acide fort P03	28
4-5	Illustration de la pompe acide moyen P04	29
4-6	Illustration de la pompe eau de lavage P08	29
4-7	Illustration de la pompe à bouillie P01	30
4-8	Illustration du dosomètre pondéral W01	30
4-9	Illustration de la table filtrante S01	31
4-10	Illustration de l'agitateur A01	32
4-11	Illustration de l'agitateur digesteur A15	32
4-12	Illustration de la jambe barométrique	33
4-13	Illustration des manchons compensateurs Dilatoflex	34
4-14	Illustration du circuit SVR	35
4-15	Illustration de l'unité broyage	35
4-16	illustration de l'unité attaque-filtration	36
6-1	Schéma explicatif de la méthode AMDEC	43
7-1	Principe de la maintenance conditionnelle	47

Résumé

Notre projet de fin d'étude de la troisième année cycle d'ingénieur conception mécanique et innovation s'est déroulé du 1^{er} février au 31 mai 2011 au sein de la division phosphorique de Maroc Phosphore Jorf Lasfer.

Ce rapport porte sur l'amélioration de la maintenance mécanique des unités de production d'acide phosphorique.

Le contenu de ce rapport décrit une démarche d'élaboration d'une politique de maintenance préventive,

Ce projet a été concluant et nous a permis d'apprendre beaucoup de connaissances techniques, surtout mécanique et a été une opportunité pour mettre en application notre savoir faire pour la réalisation d'un tel projet industriel.

Mots clés : maintenance préventive, disponibilité, fiabilité, audit, plan de maintenance.

Abstract

Our final project review cycle of the third year engineering mechanical design and innovation took place from February 1 to May 31, 2011 in the division of Morocco Phosphoric Phosphorus Jorf Lasfer.

This report focuses on improving the mechanical maintenance of production units of phosphoric acid.

The contents of this report describes an approach for developing a policy of preventive maintenance,

This project was successful and we can learn a lot of technical knowledge, especially mechanical and was an opportunity to apply our expertise to conduct such an industrial project.

Keywords: preventive maintenance, availability, reliability, auditing, maintenance plan.

ملخص

مشروع التخرج هذا لنيل شهادة مهندس دولة في التصميم الميكانيكي والابتكار والتي أجريناها اعتبارا من 1 فبراير إلى 31 مايو 2011 داخل قسم الفوسفوريك- فوسفور المغرب الجرف الأصفر.-

يركز هذا التقرير على تحسين سياسة الصيانة الميكانيكية لوحداث تصنيع الحمض الفسفوري لماروك فسفور بالجرف الأصفر للمكتب الشريف للفوسفات.

هذا العمل يقترح نهجا لوضع نهج سياسة الصيانة الوقائية،

وكان هذا المشروع ناجحا ومكنا من تعلم الكثير من المعرفة التقنية، الميكانيكية في المقام الأول، وكان فرصة لتطبيق خبرتنا في إجراء مثل هذا المشروع الصناعي.

الكلمات الرئيسية : الصيانة الوقائية، وتوافر، والموثوقية، وخطة التدقيق الصيانة.

Introduction générale

En industrie, les performances durables des équipements sont indispensables pour demeurer apte à produire et répondre aux exigences concurrentielles du marché et réaliser des économies rentables. La fonction maintenance vient accomplir cette mission qui vise souvent la mise en état des outils de travail, en se préparant à la rencontre de leur dysfonctionnement et l'anticiper. En effet, la totalité des entreprises s'occupe du développement des politiques appropriées de maintenance dans le souci de réduire les coûts directs et indirects des interventions, de réduire le temps de ces dernières causant l'arrêt de la production et la baisse du rendement. Cette mission fait de la maintenance un facteur imminent pour une productivité concurrentielle.

Le présent travail propose une démarche d'amélioration de la politique de maintenance mécanique des unités broyage-attaque-filtration du service phosphorique au sein de Maroc Phosphore de Jorf Lasfar filiale d'Office Chérifien des Phosphates.

Pour ce fait nous avons appliqué la méthode MBF, acronyme de maintenance basée sur la fiabilité, dont la démarche est la suivante :

1. En se basant sur l'historique des pannes des trois dernières années, nous avons dégagé les équipements les plus critiques de l'installation par un outil d'aide à la décision à savoir le diagramme de Pareto.
2. Nous avons présentés les équipements critiques tout en détaillant leurs rôles dans l'installation.
3. Par la suite, nous avons évalué la politique de maintenance mécanique mise en place par le service en question par une la méthode reconnue, universelle de Y. LAVINA et proposer des actions d'amélioration.
4. Nous avons mené une étude AMDEC (analyse des modes de défaillance, leurs effets et leurs criticités), pour les équipements critiques.
5. Ensuite, en se basant sur les résultats de l'étude AMDEC, nous avons établi les plans de maintenance pour chaque équipement.
6. finalement, nous avons élaboré un exemple de dossier machine englobant toutes les données exploitables par le service de maintenance mécanique afin de s'en servir au sein du service comme référence pour l'équipement le plus critique et comme modèle pour élaborer les dossiers machines des autres équipements.

CH 1

« Présentation de l'établissement d'accueil »

« Ce chapitre présente d'une manière brève, les unités de l'atelier phosphorique du complexe industriel Jorf Lasfar en tant qu'établissement d'accueil »

1. Introduction

L'acide phosphorique est le principal dérivé de la chimie du phosphore, il tire son importance du fait qu'il est utilisé dans plusieurs procédés, notamment : les engrais, les détergents, l'alimentation animale, les insecticides, les huiles lubrifiants, les plastifiants, etc.

La principale source du phosphore c'est les minerais phosphatés tels que les phosphates d'aluminium et ceux de calcium d'où on extrait la majeure partie du phosphore et de ses dérivés.

Du point de vue pétrographie, les formes sous lesquelles se présente le phosphore sont d'une extrême diversité, elles peuvent être des grains plus ou moins fins, des modules, des débris osseux fossilisés tels que vertèbres, dents, etc....

Il faut retenir que le phosphore est présent et très réparti dans les eaux et l'écorce terrestre sous différentes formes pétrographique et minéralogique. Du fait des gisements prépondérants de phosphate dont dispose le Maroc, l'exploitation de cette ressource se révèle un moteur qui fait booster le marché économique et commercial du pays. Ainsi, le Maroc est doté d'un établissement qui veille à la valorisation des phosphates du royaume depuis la prospection minière jusqu'à la commercialisation du minerai et de ces dérivés transformés localement. Par ailleurs, cet organisme s'avère le groupe OCP S.A, qui est un établissement privé à vocation industrielle et commerciale.

2. Généralités sur l'office chérifien des phosphates

2.1. Présentation du groupe office chérifien des phosphates

L'Office Chérifien des Phosphates (OCP) a été créé le 7 août 1920, sous la forme d'un Organisme d'Etat, mais étant donné le caractère de ses activités commerciales et industrielles, le législateur a tenu à le doter, dès sa création, d'une organisation lui permettant d'agir avec le même dynamisme et une compétitivité comparable à celles des entreprises privées internationales. Par la suite, l'évolution des activités de l'Office et l'ampleur de ses projets de valorisation ont conduit à la mise en place en 1974-1975, d'une structure de Groupe permettant l'intégration de différentes entités filiales complémentaires au sein d'un même ensemble : le Groupe OCP (créé en : 1975).

Chaque année, plus de 23 millions de tonnes de minerais sont extraites du sous-sol marocain. Le Maroc dispose des trois-quarts des réserves mondiales.

Premier exportateur mondial de phosphate sous toutes ses formes, le Groupe OCP écoule 95 % de sa production en dehors des frontières nationales. Opérateur international, il rayonne sur les cinq continents de la planète où il réalise un chiffre d'affaires annuel de 2 milliards de dollars.

Moteur de l'économie nationale, le Groupe OCP joue pleinement son rôle d'entreprise citoyenne. Cette volonté se traduit par la promotion de nombreuses initiatives, notamment en faveur du développement régional et de la création d'entreprises.

Dans un contexte de concurrence accrue, le Groupe OCP poursuit la politique de consolidation de ses positions traditionnelles et développe de nouveaux débouchés. Avec une exigence sans cesse

réaffirmée : améliorer la qualité de ses produits tout en maintenant un niveau élevé en matière de sécurité de qualité et de protection de l'environnement.

2.2. Emplacement géographique du groupe OCP

Les principales mines d'extraction du phosphate sont : Khouribga (Oulad-Abdoun), Benguérir, Youssoufia (Gantour) et Boucraa-laayoune qui est principalement utilisé dans la fabrication des engrais. Il subit Selon les cas une ou plusieurs opérations de traitement. Une fois traité, il est exporté tel quel ou bien livré aux industries chimiques du Groupe, à Jorf Lasfar ou à Safi, pour être transformé en produits dérivés commercialisables : acide phosphorique de base, acide phosphorique purifié, engrais solides.

En outre, le groupe O.C.P dispose de quatre ports d'embarquement :

- ✓ Casablanca : pour les produits de Oulad Abdoun.
- ✓ Jorf Lasfar : pour les produits locaux.
- ✓ Laâyoune : pour les produits de Boucraâ.
- ✓ Safi : pour les produits de Gantour.

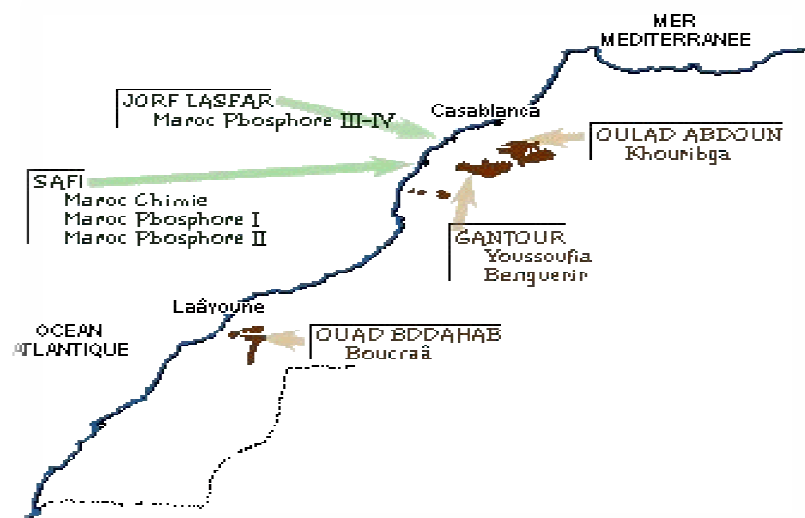


Figure 1-1 : Carte de répartition des gisements du phosphate à travers le Maroc

2.3. Présentation du pôle chimie Jorf Lasfar

Situé sur le littoral atlantique, à 20 km au sud-ouest d'El Jadida, le complexe industriel de Jorf Lasfar a démarré sa production en 1986. Cette nouvelle unité a permis au Groupe OCP de doubler sa capacité de valorisation des phosphates. Le site a été choisi pour ses multiples avantages : proximité des zones minières, existence d'un port profond, disponibilité de grandes réserves d'eau et présence de terrains pour les extensions futures.

Cet ensemble, qui s'étend sur 1.700 hectares, permet de produire chaque année 2 millions de tonnes P₂O₅ sous forme d'acide phosphorique et engrais, nécessitant la transformation de 7,7 millions de tonnes de phosphate extraits des gisements de Khouribga, 2 millions de tonnes de soufre et 0,5 million de tonnes d'ammoniac. Les besoins en énergie du complexe sont satisfaits par une centrale de 111 MW utilisant la chaleur de récupération.

Une partie de la production est transformée localement en engrais DAP, MAP, NPK et TSP, ainsi qu'en acide phosphorique purifié. L'autre partie est exportée sous forme d'acide phosphorique marchand.

Le complexe de Jorf Lasfar compte 3 entités. La plus ancienne est Maroc Phosphore III-IV qui a vu le jour en 1986. Avec la construction de l'usine Emaphos en 1997, en partenariat avec Prayon (Belgique) et CFB (Allemagne). Deux ans plus tard, la mise en service d'Imacid, en partenariat avec le Groupe indien Birla, lui a permis d'accroître sa capacité de production d'acide phosphorique de 25 % sur le site de Jorf Lasfar.

2.4. Présentation de l'atelier phosphorique

L'atelier phosphorique est composé de 8 unités de broyage de phosphate, de 8 lignes de production d'acide phosphorique P₂O₅ 29 % de 500 T/J chacune, de 20 échelons de concentration et d'unités de stockage et de clarification d'acide.

Afin d'augmenter la capacité de production de l'atelier, le Groupe OCP a lancé à partir de 1996 un programme de « Revamping » des unités d'acide phosphorique. Cette opération a concerné 5 lignes (A, C, D, X et U) tandis que les lignes B, Y et Z ont conservé le procédé Rhône Poulenc.

Le schéma suivant présente les différentes unités existantes à l'atelier phosphorique :

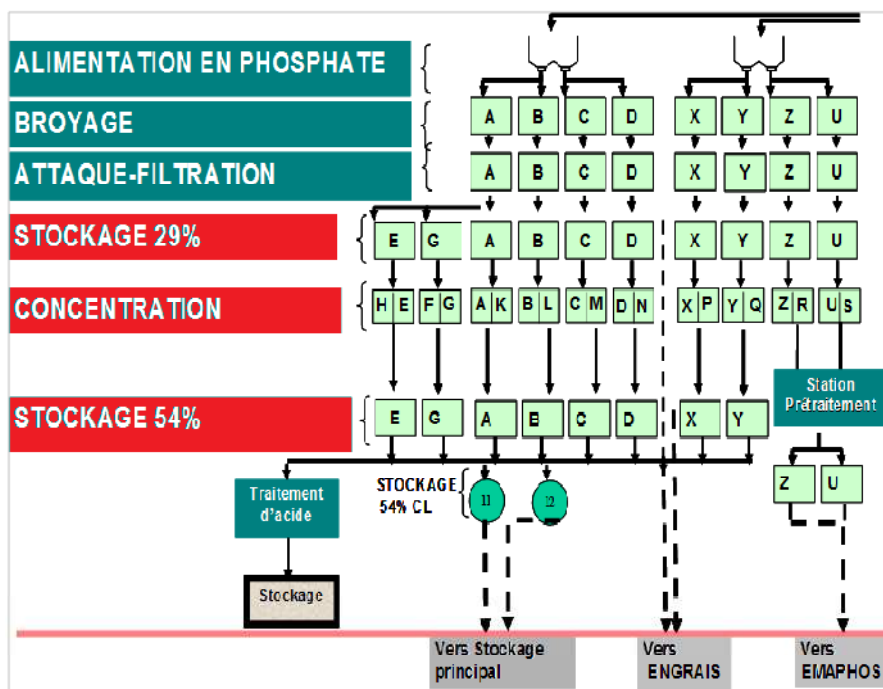


Figure 1-2 : Schéma général de l'atelier phosphorique

2.5. Procédé de fabrication d'acide phosphorique

En général, il existe deux procédés de fabrication d'acide phosphorique :

- ✓ Procédé par voie thermique : dans lequel l'acide phosphorique est produit à partir du phosphate, il consiste à oxyder le phosphate préparé au four électrique pour obtenir l'oxyde P_2O_5 qui est ensuite hydraté en acide phosphorique.
- ✓ Procédé par voie humide : qui consiste à attaquer directement le phosphate minéral par l'acide sulfurique, chlorhydrique ou nitrique. Les opérations générales de ce procédé existent à l'unité phosphorique du complexe industriel de Jorf Lasfar.

Pour obtenir l'acide phosphorique au sein de l'OCP Jorf Lasfar, il faut passer par les cinq unités déjà mentionnées.

2.5.1. Unité de broyage (Unité 02)

Le broyage est une opération de fragmentation du phosphate brute dans le but de réduire sa granulométrie à moins de $400\ \mu\text{m}$, et ce afin d'augmenter la surface d'attaque du minerai par l'acide sulfurique pour atteindre un bon rendement d'attaque chimique, en effet la réaction chimique est d'autant plus facile que la surface solide offerte aux réactifs est plus grande.

L'opération consiste à un broyage des phosphates en utilisant un broyeur à boulets jusqu'à une granulométrie bien déterminée. Les fines formées sont aspirées vers un filtre à manche, où une grande quantité de ces fines est arrêtée, alors qu'une fraction est évacuée à l'atmosphère via des cheminées.

On distingue deux systèmes de broyage :

- ✓ Le broyage en circuit continu ouvert (Revamping) : dans ce type de broyage, le produit passe une seule fois dans le broyeur, ce qui exige une quantité excessive d'énergie. Le phosphate brut subit un criblage, le passant est livré vers la cuve d'attaque, le refus est renvoyé au broyage pour être acheminé par la suite vers la section d'attaque, la cadence de ce procédé est 140 - 150 t/h.
- ✓ Le broyage en circuit continu fermé (Rhône-Poulenc) : c'est le système de broyage avec séparation, le produit surdimensionné est retourné pour être broyé à nouveau. Le phosphate brut subit un criblage, le passant est livré vers la cuve d'attaque, le refus est envoyé au broyage pour être acheminé ensuite vers quatre cribles, ce procédé a une cadence de 90 t/h.

Le produit grossier qui est retourné au broyage est appelé charge en circulation.

2.5.2. Unité d'attaque filtration (Unité 03)

Elle est constituée d'une cuve agitée où s'effectue l'attaque des phosphates broyés par l'acide sulfurique à 98.5% en présence d'acide phosphorique recyclé.

La cuve d'attaque est équipée d'un agitateur central qui assure l'homogénéisation, quatre dispersseurs d'acide sulfurique, six agitateurs refroidisseurs de la bouillie et dix carneaux d'aération.

Le refroidissement s'effectue par balayage d'air qui évacue les effluents gazeux de la cuve vers le venturi et la tour de lavage, avant d'être évacué par la cheminée, pour subir un lavage par l'eau brute. L'eau récupérée est utilisée pour le lavage des toiles des filtres.

La cuve d'attaque déborde vers la cuve de passage destinée à l'augmentation du temps de séjour de la réaction puis envoie la bouillie vers le filtre.

La filtration permet de séparer le gypse de l'acide phosphorique, au moyen d'un filtre. Il comporte essentiellement une table tournante fonctionnant sous vide.

À ce niveau, on récupère séparément l'acide moyen, l'acide fort et le gypse. Après séparation du 1er filtrat, on obtient l'acide fort. Le gâteau du filtre subit trois lavages à contrecourant tels que :

- ✓ 1er lavage se fait par l'acide faible pour obtenir l'acide moyen
- ✓ 2ème lavage se fait par l'eau gypseuse pour obtenir l'acide faible
- ✓ Le lavage des toiles se fait avec l'eau de procédé, le filtrat du secteur lavage toiles constitue l'eau gypseuse.

Le gypse produit est évacué vers la mer. Tandis que l'acide fort est envoyé vers le stockage d'acide 29% et l'acide moyen est recyclé vers la cuve d'attaque.

CH 2

« Cahier des charges du projet, définition de la démarche et planification »

« Ce chapitre est consacré à l'élaboration de la démarche de travail pour la réalisation de ce projet ainsi que la planification de la mise en marche du dite démarche »

1. Présentation du cahier des charges du PFE

Afin d'améliorer la maintenance mécanique des unités de production d'acide phosphorique section attaque filtration, il nous a été demandé de :

1. Analyser les données statistiques sur les disponibilités des équipements (fréquence, durées...), et évaluer leurs impacts.
2. Sur la base des statistiques et performances :
 - ✓ Evaluer les politiques de maintenance mises en œuvre pour les principaux équipements retenus.
 - ✓ Proposer des plans de maintenance préventifs à mettre en œuvre pour améliorer la fiabilité des équipements ciblés.
3. Proposer et mettre en place les actions d'améliorations nécessaires permettant d'assurer une gestion optimale de la maintenance à travers les plans de maintenance préventifs.

2. La Maintenance Basée sur la Fiabilité MBF

2.1. Introduction

La maintenance basée sur la fiabilité suivant ses origines, RCM (Reliability Centered Maintenance), a pour but de garantir une bonne fiabilité et à prévenir les défaillances à l'aide des techniques de maintenance préventive, la MBF ne fait appel qu'à des tâches de maintenance préventive efficaces et applicables, pour prévenir uniquement l'apparition de modes de défaillance sur les matériels critiques. Comme le taux de disponibilité des équipements de l'atelier est faible, il est nécessaire de réaliser, un programme efficace qui planifie les tâches nécessaires pour atteindre les objectifs prévus.

L'objectif de la présente partie est donc d'assurer la fiabilité, d'améliorer en conséquence la disponibilité des équipements critiques

2.2. Description de la MBF

2.2.1. Définition de la MBF

« La maintenance basée sur la fiabilité, est une méthode destinée à établir un programme de maintenance préventive permettant d'améliorer progressivement le niveau de disponibilité des équipements critiques ».

2.2.2. Etapes de la MBF

La mise en place d'un programme de maintenance planifiée se fait en cinq étapes. Ces étapes utilisent bon nombre d'informations et de supports faisant référence à la Production, et à la Maintenance. L'organigramme (figure 2-1), présente les étapes standards que nous suivrons et respecterons lors de l'implantation de la démarche.

2.2.3. Description de chaque étape

Pour maintenir la disponibilité d'un atelier définie comme objectif, il est nécessaire d'en définir le périmètre technique et le métier. On profite de l'étude la méthode MBF et de son analyse pour trouver des solutions à toutes les non-conformités en rapport avec l'atelier.

➤ Première étape : équipements concernés

Pour augmenter la disponibilité d'un atelier qui est en dessous de l'objectif qualité par exemple, la première étape consiste à identifier l'équipement ou les équipements qui posent problème dans l'atelier (ou ayant une influence sur l'atelier). On peut utiliser pour cela des outils tels que :

- ✓ Le diagramme de Pareto ;
- ✓ Le diagramme d'Ishikawa ;
- ✓ Les « 5 Pourquoi ».

On ciblera en premier lieu les équipements critiques.

➤ Deuxième étape : étude des causes envisageables

On réalise une analyse de toutes les informations que l'on possède afin de déterminer les causes de risque de non-atteinte de l'objectif, en tenant compte de la première étape :

- ✓ revue des non-conformités ;
- ✓ rapports d'audits ;
- ✓ plan(s) de progrès ;
- ✓ analyse des historiques de maintenance ;
- ✓ liste de criticité des équipements de l'atelier ;
- ✓ audit du (ou des) processus concerné(s) ;
- ✓ plan de maintenance ;
- ✓ données techniques des équipements (DTE) : fonction requise (cadence, vitesse, etc.), plans, schémas, données des constructeurs, modifications, liste de pièces de rechange minimale, etc.
- ✓ pièces de rechange consommées ;
- ✓ etc.

➤ Troisième étape : compréhension des causes

Pour déterminer les causes d'une éventuelle non-atteinte de l'objectif, on pourra animer un groupe de travail au sein duquel on trouvera des personnes travaillant dans des secteurs différents : maintenance (une personne par métier), L'AMDEC constitue un excellent outil d'amélioration, un support d'animation de groupe. Ce travail permet de déterminer :

- ✓ les causes des non-conformités de l'atelier phosphorique;
- ✓ les causes des pannes les plus importantes.

➤ Quatrième étape : définition des actions

On définit les actions à déployer qui permettront d'atteindre l'objectif de disponibilité visé et d'éviter que les non-conformités ne se produisent. Il s'agit de rédiger un plan d'actions.

Le plan d'actions sera très probablement constitué des items suivants :

- ✓ mise à jour du plan de maintenance ;
- ✓ mise à jour de la gestion des stocks ;
- ✓ mise à jour du plan de formation du personnel ;
- ✓ rédaction des avenants des contrats de sous-traitance de la maintenance ;
- ✓ mise à jour des criticités de certains équipements ;
- ✓ définition de cahiers des charges pour la modification de certains équipements ;
- ✓ modification du processus maintenance.

➤ **Cinquième étape : mise à jour du plan d’actions**

Les actions définies sont intégrées au plan d’actions du service maintenance. L’application de ce dernier sera suivie et les effets seront enregistrés pour s’assurer de l’efficacité des actions définies. L’application du plan d’actions fera l’objet de revues des actions

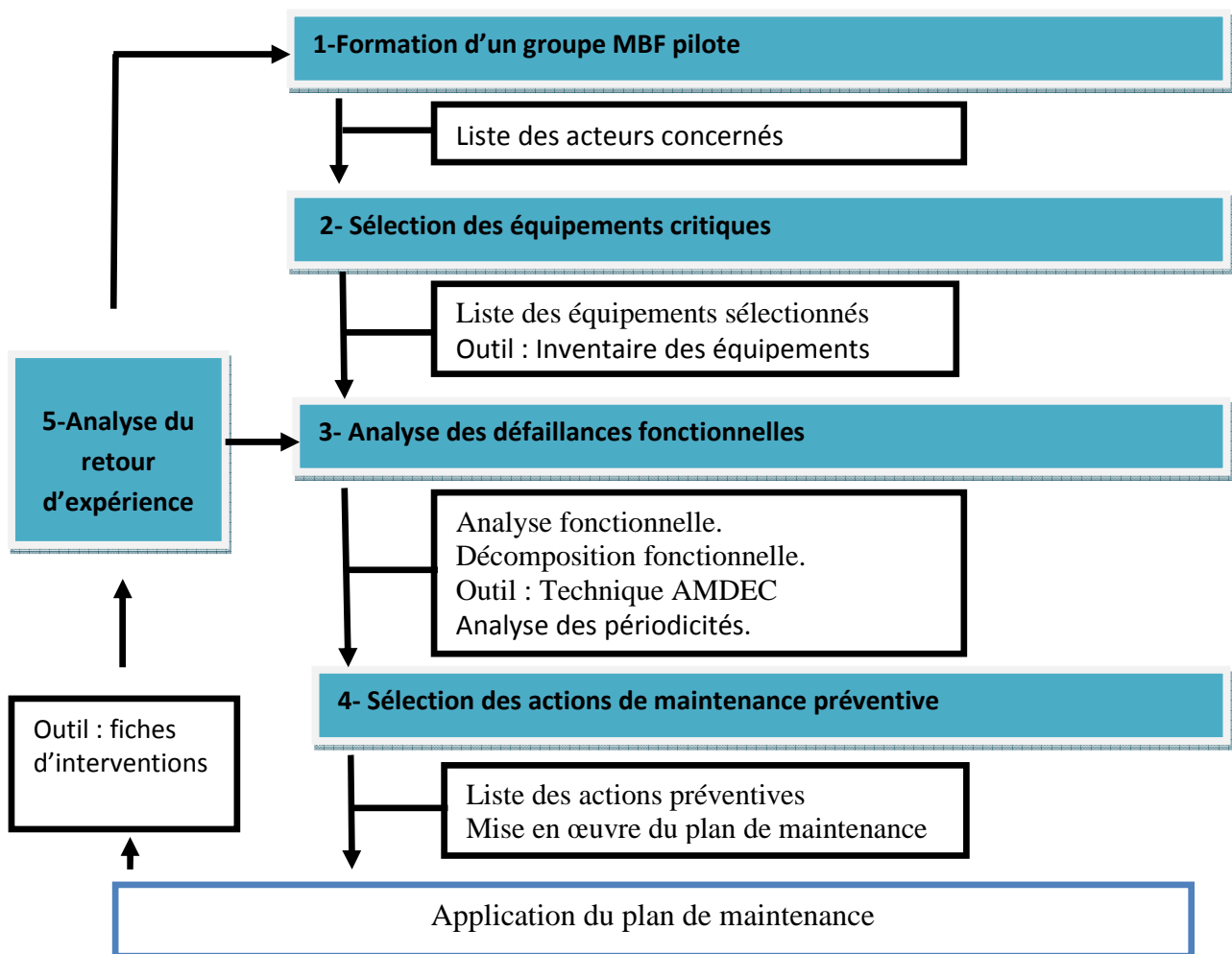


Figure 2-1 : les cinq étapes de la MBF et les outils à mettre en œuvre

2.2.4. Formation d’un groupe pilote MBF

Le tableau suivant, présente le groupe pilote de la démarche MBF:

Fonction	Nombre
Chef responsable de l'unité attaque-filtration	1
Contre maitre	5
Stagiaires	2
Chef d'équipe	6
Mécaniciens	Indéfini

Tableau 2-1 : Groupe MBF pilote

Plusieurs réunions de travail hebdomadaires (d'une durée unitaire de 30min), et des brainstormings quotidiens ont été nécessaires pour réaliser l'analyse. Ces réunions ont pour but, la formation des membres du groupe, la validation de l'analyse fonctionnelle, la détermination des modes et causes de défaillances, leurs effets sur le système ainsi que la mise au point du barème de cotation. Au travers de ces différentes étapes de la MBF, nous étions obligé, en permanence pour déterminer les objectifs qui sont prioritaires et de valider les résultats à toutes les phases pour permettre de poursuivre sans aucune dispersion excessive.

3. Planification de la concrétisation du projet

Pour réaliser cette planification nous avons eu recours à un outil informatique de planification de projets à savoir le GanttProject.

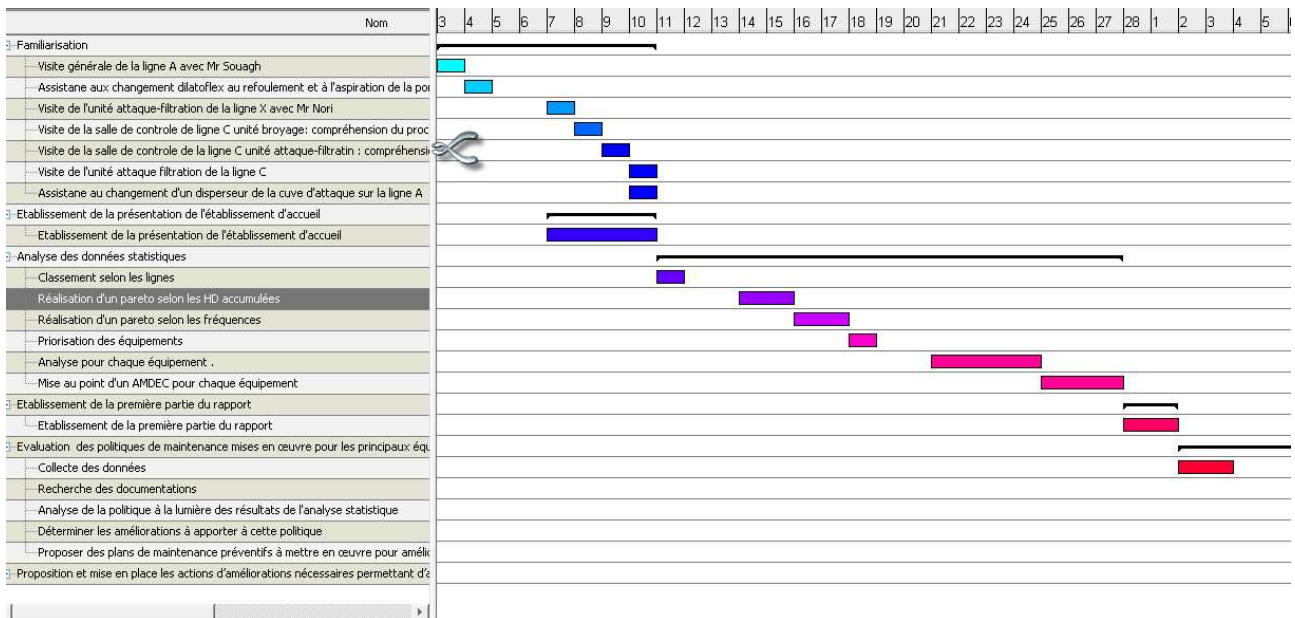


Figure 2-2 : extrait de la planification du projet

CH 3

« Analyse des données statistiques »

« Le présent chapitre est consacré à une analyse exhaustive de l'existant en aménageant un outil d'aide à la décision à savoir le diagramme de Pareto, afin d'identifier les équipements mécaniques névralgiques à base des historiques des pannes des trois dernières années »

1. Introduction

La connaissance parfaite du patrimoine à maintenir est une étape incontournable, le but est de fournir aux acteurs d'exploitation et de maintenance toutes les informations qualitatives et quantitatives nécessaires à la définition d'une stratégie sélective de maintenance selon la criticité des équipements et adaptée aux objectifs de l'entreprise. Afin de procéder à une analyse exhaustive de l'existant, nous avons suivi la chronologie présentée dans la figure suivante :

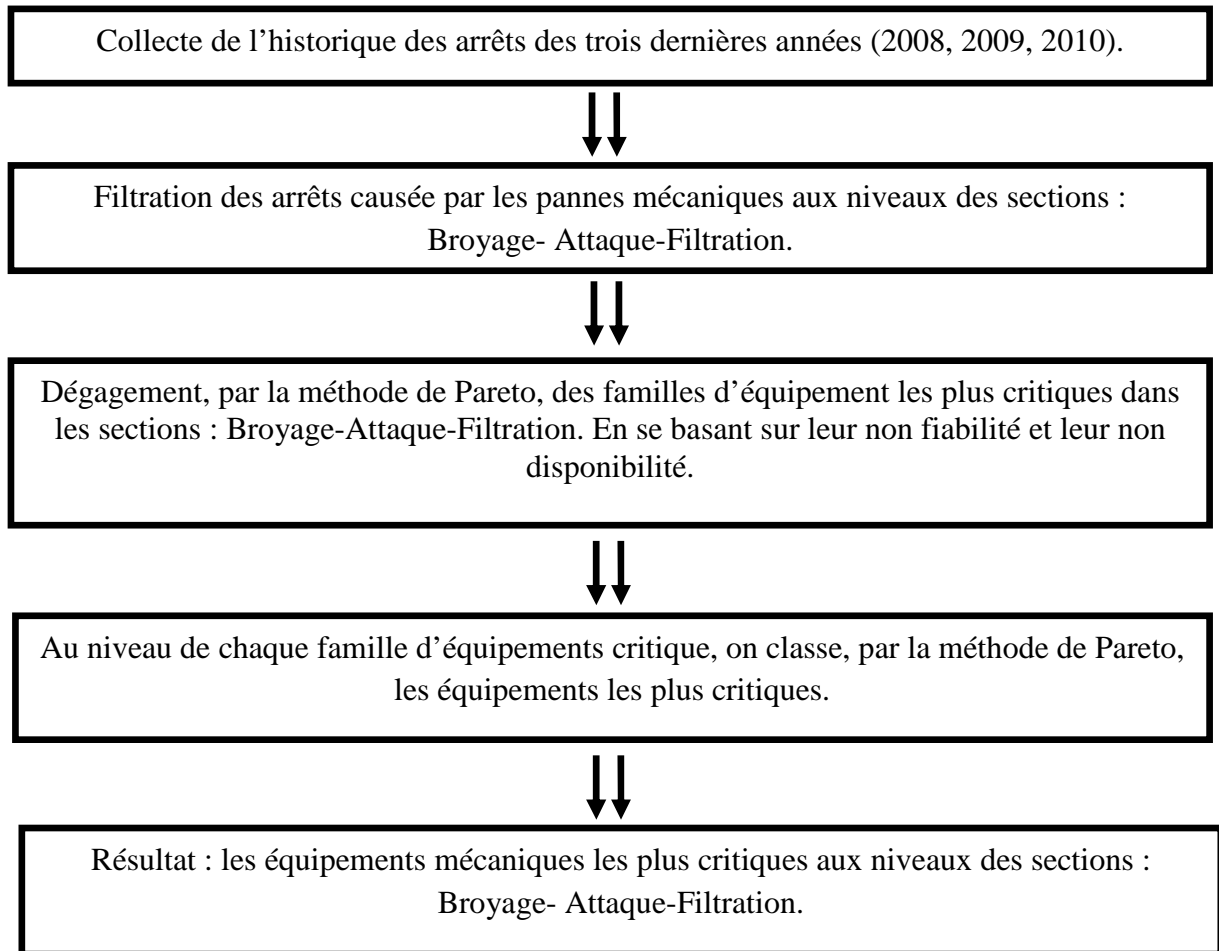


Figure 3-1 : démarche générale de l'analyse de l'existant

Remarque :

- ✓ **Arborescence des équipements** : Pour avoir une idée sur la désignation des équipements des unités broyeur-attaque filtration ainsi que leurs numéros (Voir l'annexe A).
- ✓ **Historique des pannes** : Pour entamer l'analyse Pareto, nous avons eu besoin d'un historique des pannes signalées pendant ces 3 dernières années 2008, 2009 et 2010 auprès du secrétariat technique du service d'accueil IDJ /PA /M (Voir l'annexe B).
- ✓ Plus que la fréquence d'arrêt d'un équipement est grande plus qu'il est non fiable.
- ✓ Plus que le nombre d'heur d'arrêt d'un équipement est grand plus qu'il n'est pas disponible.

2. Equipements critiques selon leur non fiabilité

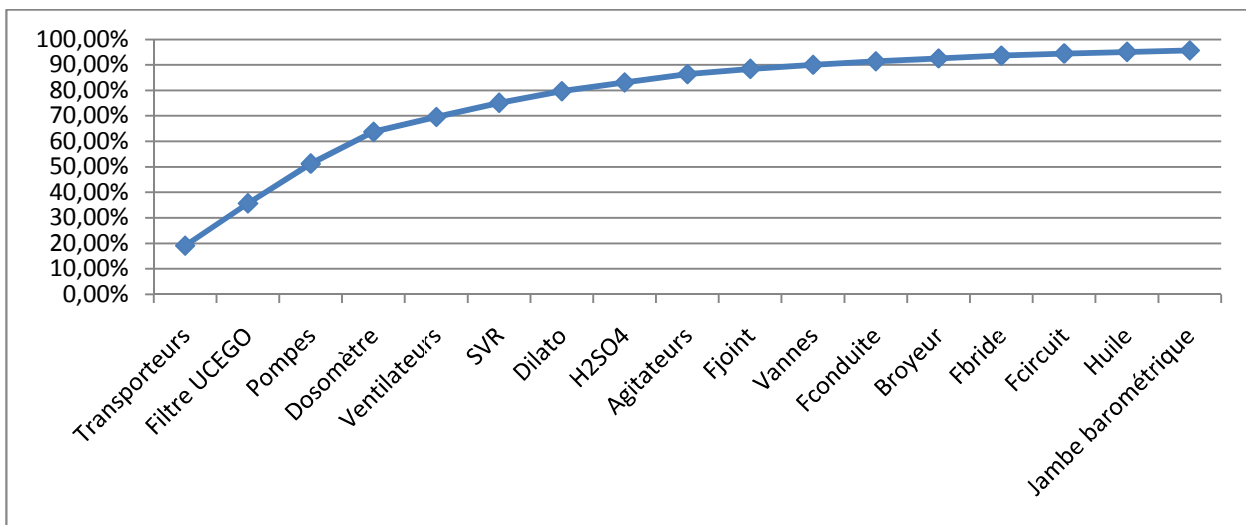
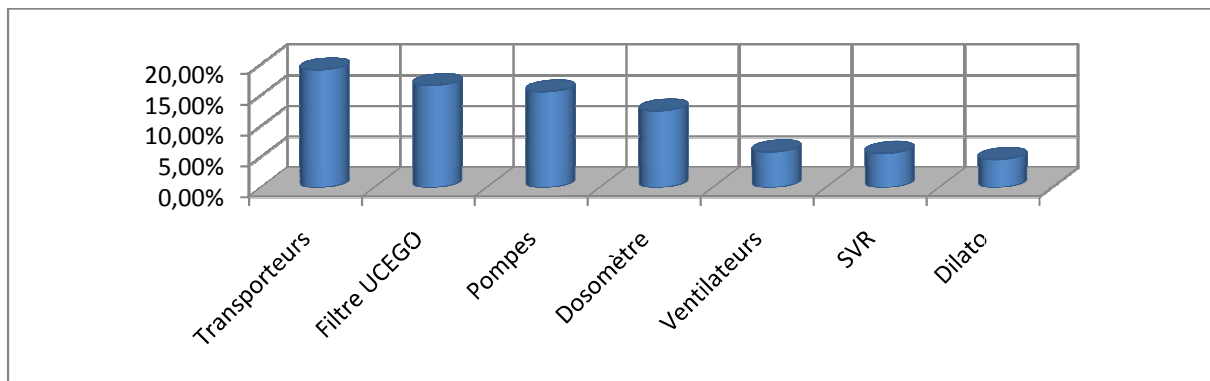
2.1. Famille d'équipements critiques selon leur non fiabilité

Puisqu'il y a plusieurs lignes de production qui comportent quasiment les mêmes équipements, dans un premier temps, nous avons groupé les équipements par famille. Et nous les avons classifiées par la méthode de Pareto suivant leurs non fiabilité afin de dégager les 20 % de famille d'équipements qui cause les 80 % de pannes (Voir l'annexe C).

A l'aide de l'Excel, on obtient le tableau et les diagrammes de Pareto suivants :

Famille d'équipement	Fréq.	Acc. Fréq.	% Fréq.	% Fréq. Acc.
Transporteur.....	816	816	19,12%	19,12%
Filtre UCEGO.....	708	1524	16,59%	35,71%
Pompe.....	664	2188	15,56%	51,27%
Doseur.....	532	2720	12,46%	63,73%
Ventilateur.....	248	2968	5,81%	69,54%
SVR.....	238	3206	5,58%	75,12%
Manchon compensateur.....	195	3401	4,57%	79,69%

Tableau 3-1 : Les familles d'équipements critiques selon leur non fiabilité



Diagrammes 3.1 : Pareto donnant les familles d'équipements critiques selon leur non fiabilité

Selon leur non fiabilité, les familles d'équipement les plus critiques sont :

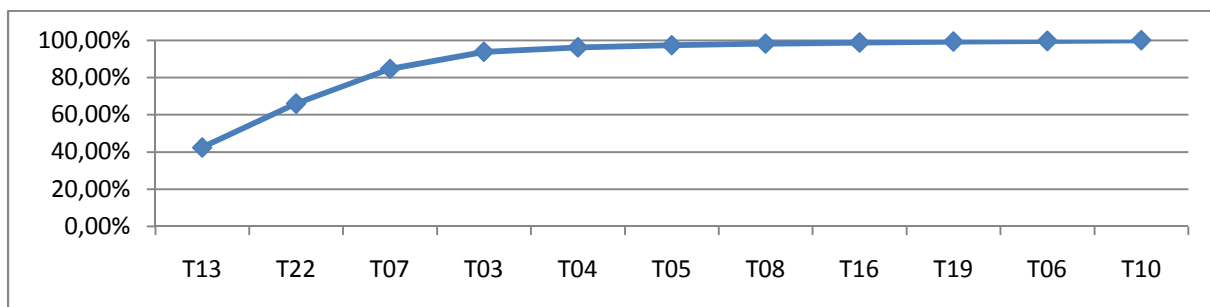
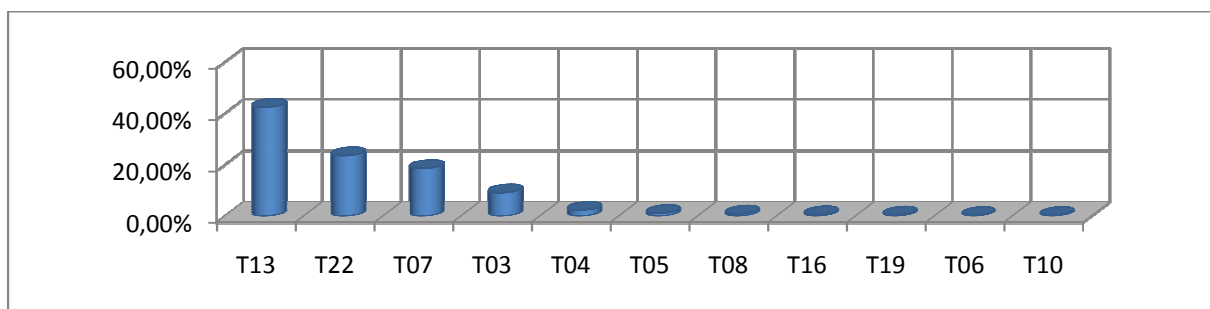
- ✓ Transporteur ;
- ✓ Filtre UCEGO ;
- ✓ Pompe ;
- ✓ Doseur ;
- ✓ Ventilateur ;
- ✓ circuits SVR ;
- ✓ Manchon compensateur.

Après avoir dégagé les familles des équipements critiques, nous allons par la suite dégager les sous ensembles critiques de chaque famille critique.

2.2. Les Transporteurs critiques selon leur non fiabilité

équipement	Fréq.	Acc.Fréq.	%Fréq.	% Acc.Fréq.
T13.....	342	342	42,43%	42,43%
T22.....	190	532	23,57%	66,00%
T07	150	682	18,61%	84,62%
T03	74	756	9,18%	93,80%
T04	19	775	2,36%	96,15%
T05	9	784	1,12%	97,27%
T08	7	791	0,87%	98,14%
T16	5	796	0,62%	98,76%
T19	4	800	0,50%	99,26%
T06	3	803	0,37%	99,63%
T10	3	806	0,37%	100,00%

Tableau 3-2 : Les transporteurs critiques selon leur non fiabilité



Diagrammes 3.2 : Pareto donnant les transporteurs critiques selon leur non fiabilité

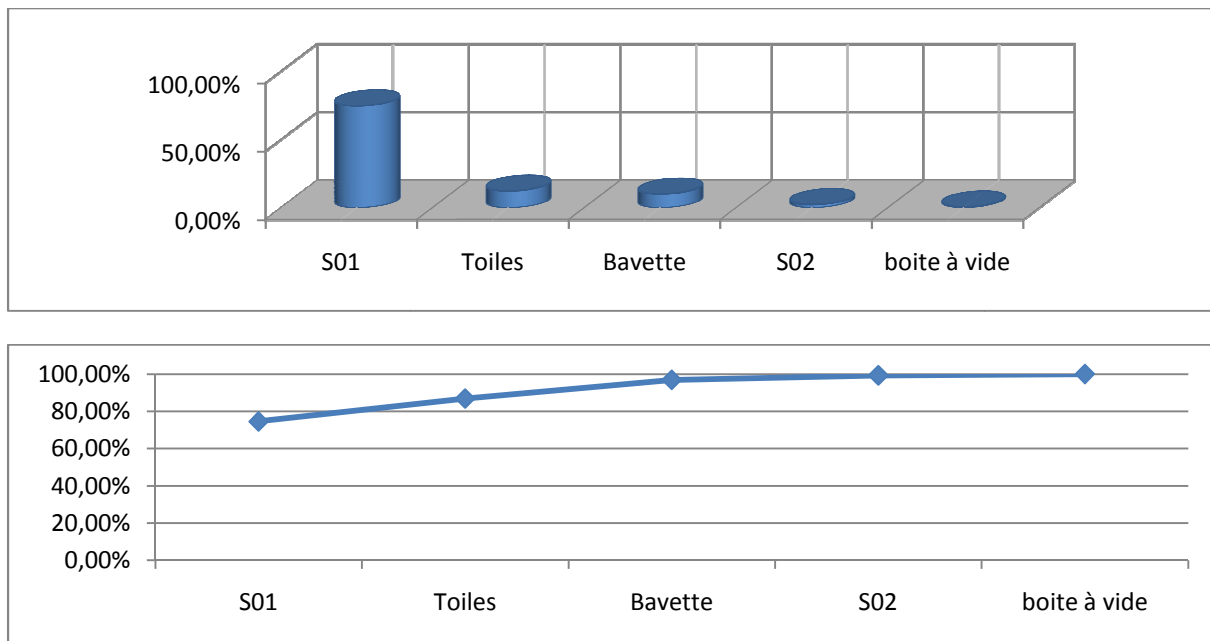
Selon leur non fiabilité, les transporteurs les plus critiques sont :

- ✓ T13 : Elévateur à godets ;
- ✓ T22 : Transporteur en masse.

2.3. Les composants critiques du Filtre UCEGO selon leur non fiabilité

équipement	Fréq.	Acc.Fréq.	%Fréq.	% Acc.Fréq.
S01.....	528	528	74,58%	74,58%
Toiles	87	615	12,29%	86,86%
Bavette	71	686	10,03%	96,89%
S02	17	703	2,40%	99,29%
boite à vide	5	708	0,71%	100,00%

Tableau 3-3 : Les composants critiques du Filtre UCEGO selon leur non fiabilité



Diagrammes 3.3 : Pareto donnant les composants critiques du filtre UCEGO selon leur non fiabilité

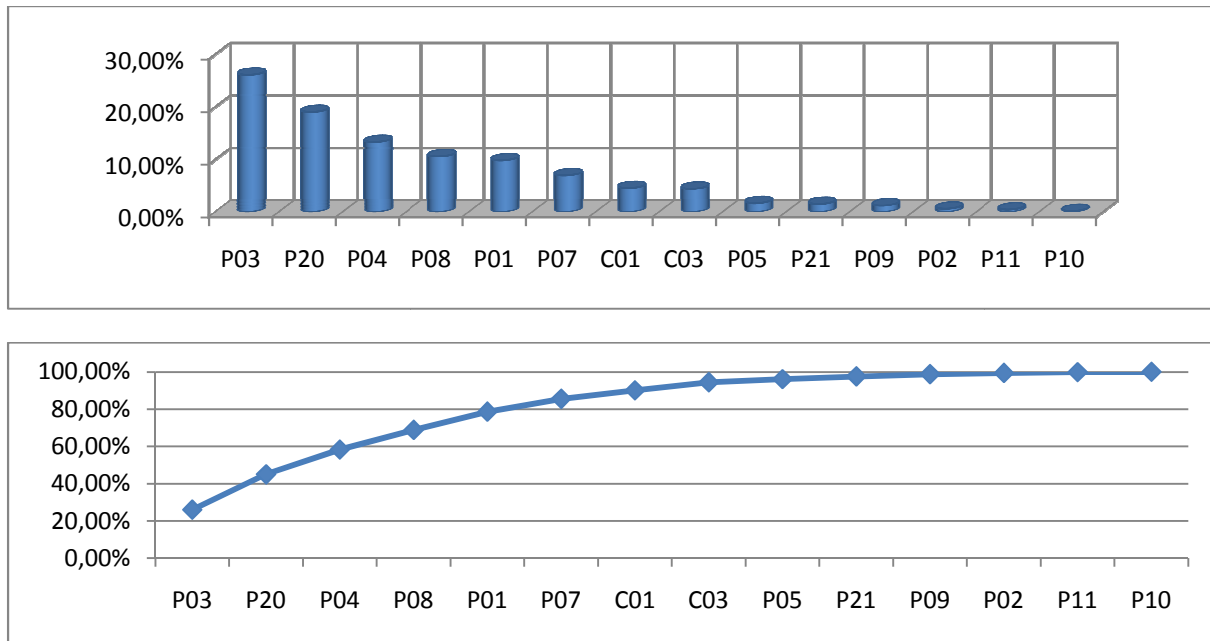
A partir de ce Pareto nous avons constaté que la table « S01 » est le composant le plus critique du Filtre UCEGO.

2.4. Les pompes critiques selon leur non fiabilité

équipement	Fréq.	Acc.Fréq.	%Fréq.	% Acc.Fréq.
P03.....	173	173	26,05%	26,05%
P20.....	126	299	18,98%	45,03%
P04.....	88	387	13,25%	58,28%
P08.....	70	457	10,54%	68,83%
P01.....	65	522	9,79%	78,61%
P07	46	568	6,93%	85,54%

C01	30	598	4,52%	90,06%
C03	29	627	4,37%	94,43%
P05	11	638	1,66%	96,08%
P21	10	648	1,51%	97,59%
P09	8	656	1,20%	98,80%
P02	4	660	0,60%	99,40%
P11	3	663	0,45%	99,85%
P10	1	664	0,15%	100,00%

Tableau 3-4 : Les pompes critiques selon leur non fiabilité



Diagrammes 3.4 : Pareto donnant les pompes critiques selon leur non fiabilité

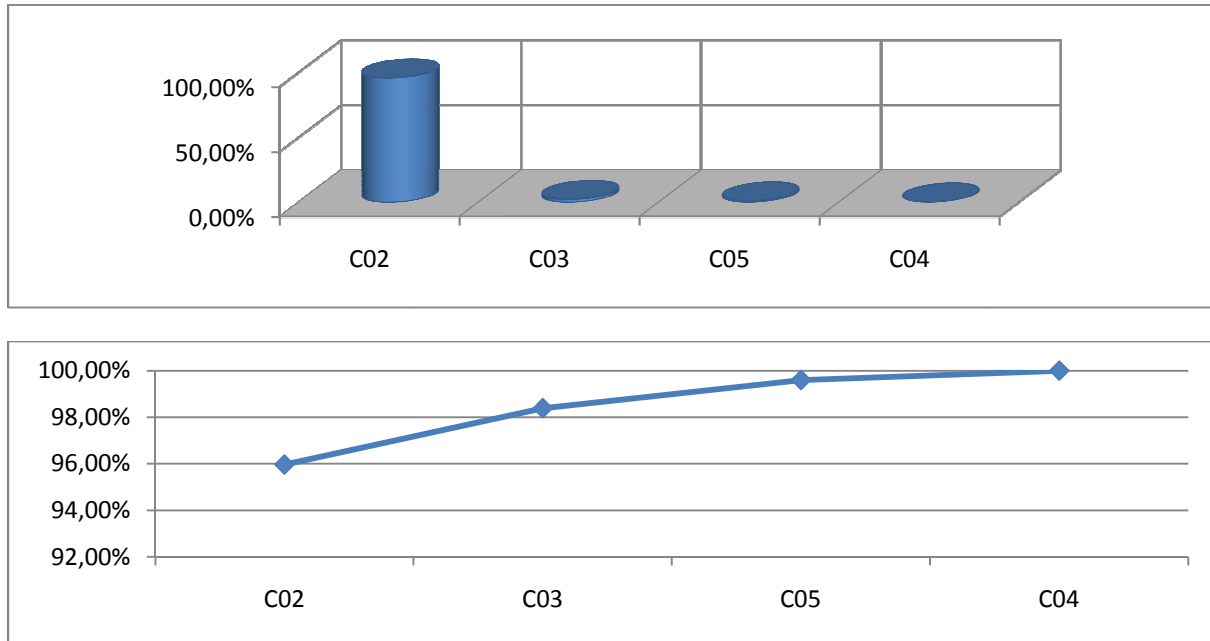
Selon leur non fiabilité, les pompes les plus critiques sont :

- ✓ P03 : pompe acide fort.
- ✓ P20 : Pompe de circulation.
- ✓ P04 : pompe acide moyen.
- ✓ P08 : pompe eau de lavage.
- ✓ P01 : pompe à bouillie.

2.5. Les ventilateurs critiques selon leur non fiabilité

équipement	Fréq.	Acc.Fréq.	%Fréq.	% Acc.Fréq.
C02.....	238	238	95,97%	95,97%
C03	6	244	2,42%	98,39%
C05	3	247	1,21%	99,60%
C04	1	248	0,40%	100,00%

Tableau 3-5 : Les ventilateurs critiques selon leur non fiabilité



Diagrammes 3.5 : Pareto donnant les ventilateurs critiques selon leur non fiabilité

A partir de ce Pareto nous avons dégagé, selon la non fiabilité des équipements, que le ventilateur le plus critique est « C02 : ventilateur d'assainissement. »

Remarque :

Pour les familles d'équipements suivants :

- ✓ Le doseur pondéral ;
- ✓ Le circuit SVR ;
- ✓ Le manchon compensateur ;

Ne contiennent qu'un seul sous ensemble chacune.

3. Equipements critiques selon leur non disponibilité

3.1. Famille d'équipements critiques selon leurs non disponibilité

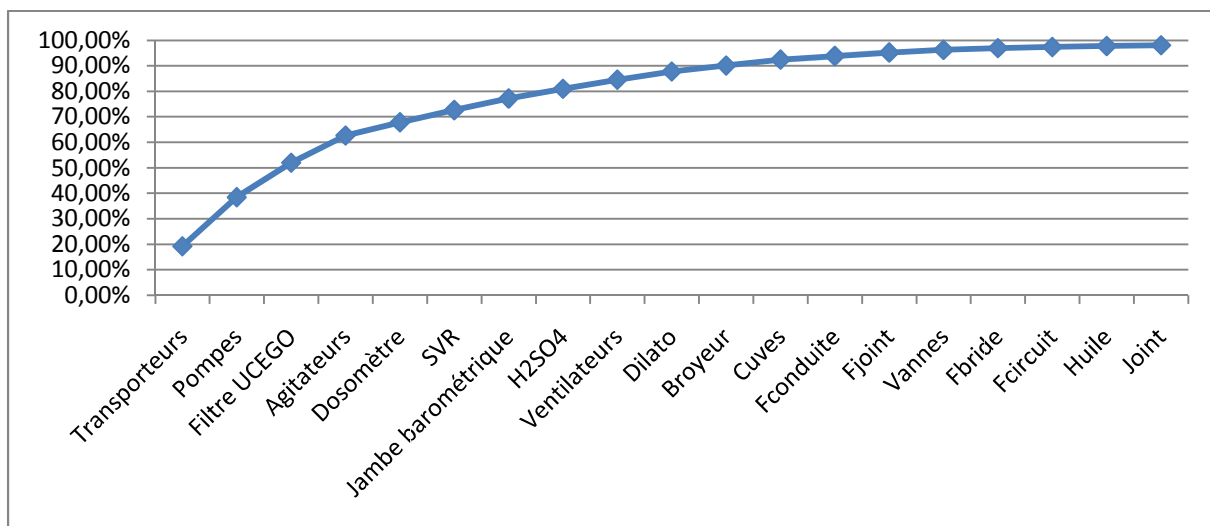
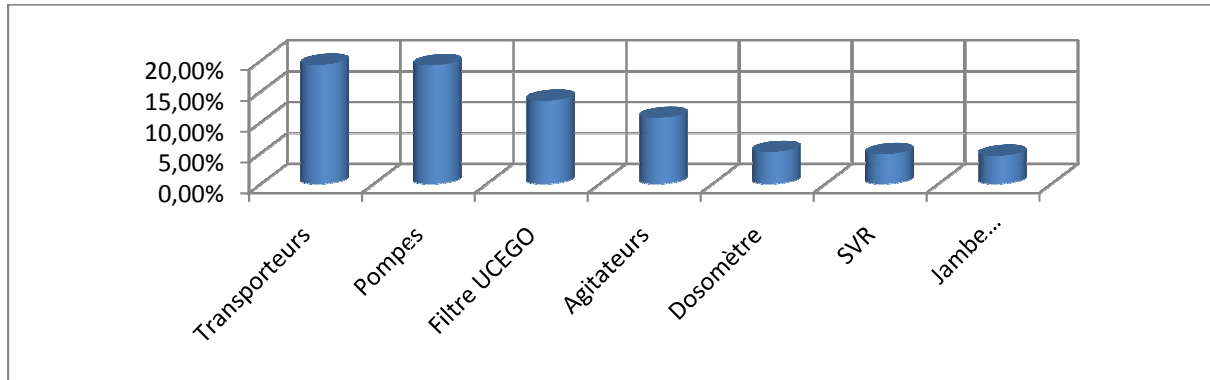
Puisqu'il y a plusieurs lignes de production qui comportent quasiment les mêmes équipements, dans un premier temps, nous avons groupé les équipements par famille. Et nous les avons classifiées par la méthode de Pareto suivant leurs non disponibilité afin de dégager les 20 % de famille d'équipements qui cause les 80 % de pannes (Voir l'annexe C).

A l'aide de l'Excel, on obtient le tableau et les diagrammes de Pareto suivants :

Famille d'équipement	H.D	Acc. H.D	% H.D	% H.D acc.
Transporteurs	2246:31:00	2246:31:00	19,29%	19,29%
Pompes	2238:22:00	4484:53:00	19,22%	38,51%
Filtre UCEGO	1571:11:00	6056:04:00	13,49%	52,00%

Agitateurs	1245:53:00	7301:57:00	10,70%	62,70%
Doseurs	601:27:00	7903:24:00	5,16%	67,86%
SVR	559:21:00	8462:45:00	4,80%	72,67%
Jambe barométrique	528:38:00	8991:23:00	4,54%	77,21%

Tableau 3-6 : Les familles d'équipements critiques selon leur non disponibilité



Diagrammes 3.6 : Pareto donnant les familles d'équipements critiques selon leur non disponibilité

Selon leur non disponibilité, les familles d'équipement les plus critiques sont :

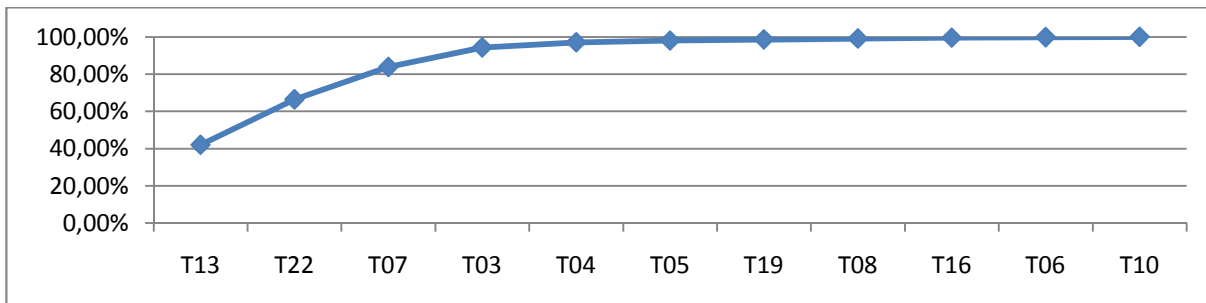
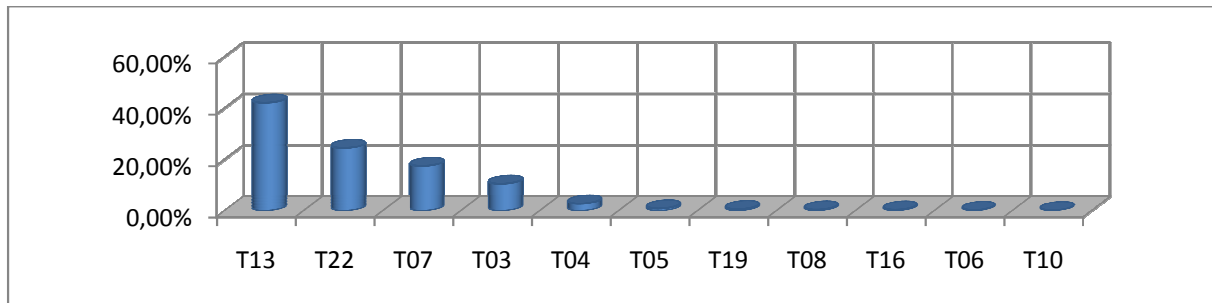
- ✓ Transporteurs ;
- ✓ Pompes ;
- ✓ Filtre UCEGO;
- ✓ Agitateurs ;
- ✓ Doseurs ;
- ✓ SVR ;
- ✓ Jambe barométrique ;

A ce stade, pour chacune de ces familles nous avons établi un Pareto pour prioriser les équipements névralgiques.

3.2. Les Transporteurs critiques selon leur non disponibilité

équipement	H.D	acc H.D	% H.D	% acc H.D
T13.....	943:58:00	943:58:00	42,02%	42,02%
T22.....	547:53:00	1491:51:00	24,39%	66,41%
T07	391:11:00	1883:02:00	17,41%	83,82%
T03	235:36:00	2118:38:00	10,49%	94,31%
T04	61:58:00	2180:36:00	2,76%	97,07%
T05	20:18:00	2200:54:00	0,90%	97,97%
T19	14:14:00	2215:08:00	0,63%	98,60%
T08	10:20:00	2225:28:00	0,46%	99,06%
T16	9:38:00	2235:06:00	0,43%	99,49%
T06	6:50:00	2241:56:00	0,30%	99,80%
T10	04:35:00	2246:31:00	0,20%	100,00%

Tableau 3-7 : Les transporteurs critiques selon leurs non disponibilité



Diagrammes 3.7 : Pareto donnant les transporteurs critiques selon leur non disponibilité

Selon leur non disponibilité, les transporteurs les plus critiques sont :

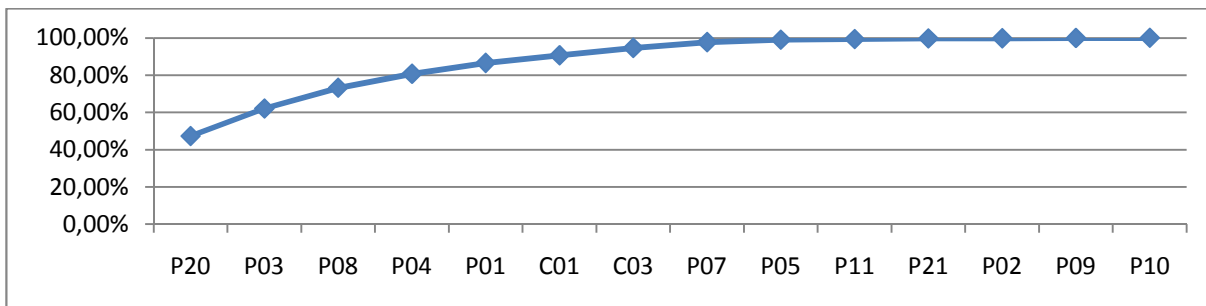
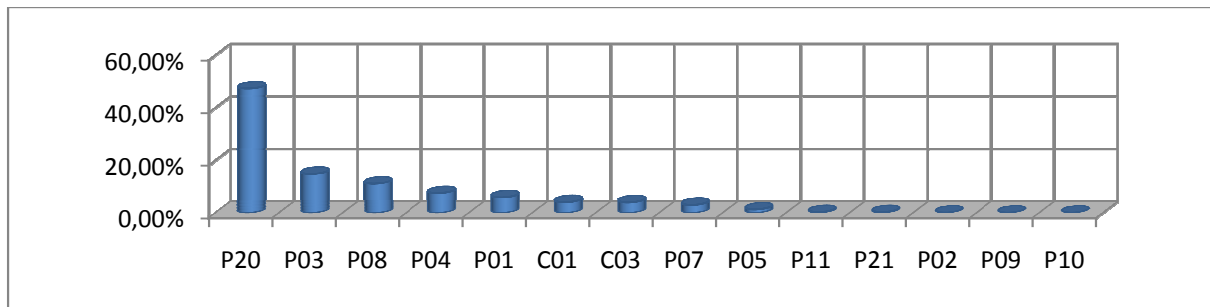
- ✓ T13 : Elévateur à godets ;
- ✓ T22 : Transporteur en masse.

3.3. Les pompes critiques selon leur non disponibilité

équipement	H.D	acc H.D	% H.D	% acc H.D
P20.....	1057:56:00	1057:56:00	47,26%	47,26%
P03.....	331:05:00	1389:01:00	14,79%	62,05%
P08.....	249:01:00	1638:02:00	11,12%	73,18%
P04.....	167:46:00	1805:48:00	7,50%	80,67%
P01	131:36:00	1937:24:00	5,88%	86,55%

C01	90:58:00	2028:22:00	4,06%	90,62%
C03	89:46:00	2118:08:00	4,01%	94,63%
P07	68:30:00	2186:38:00	3,06%	97,69%
P05	29:54:00	2216:32:00	1,34%	99,02%
P11	7:20:00	2223:52:00	0,33%	99,35%
P21	6:55:00	2230:47:00	0,31%	99,66%
P02	2:50:00	2233:37:00	0,13%	99,79%
P09	2:25:00	2236:02:00	0,11%	99,90%
P10	2:20:00	2238:22:00	0,10%	100,00%

Tableau 3-8 : Les pompes critiques selon leur non disponibilité



Diagrammes 3.8 : Pareto donnant les pompes critiques selon leur non disponibilité

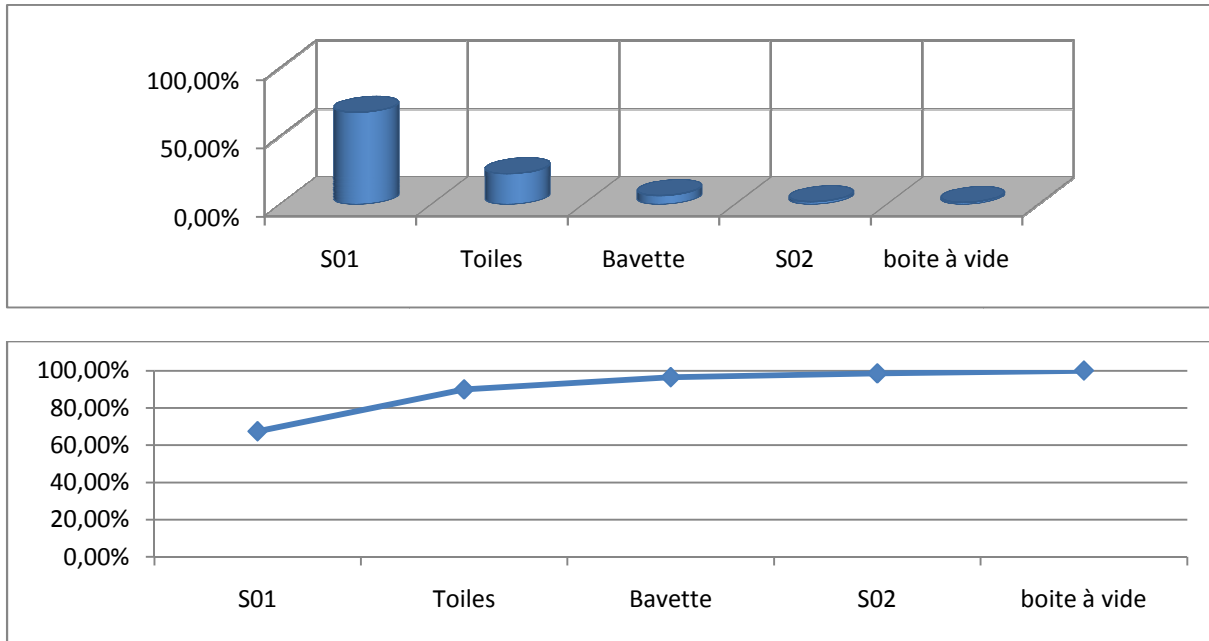
Selon leur non disponibilité, les pompes les plus critiques sont :

- ✓ P20 : Pompe de circulation.
- ✓ P03 : pompe acide fort.
- ✓ P08 : pompe eau de lavage.
- ✓ P04 : pompe acide moyen.

3.4. Les composants critiques du Filtre UCEGO selon leur non disponibilité

équipement	H.D	acc H.D	% H.D	% acc H.D
S01.....	1059:34:00	1059:34:00	67,44%	67,44%
Toiles	352:59:00	1412:33:00	22,47%	89,90%
Bavette	103:00:00	1515:33:00	6,56%	96,46%
S02	31:58:00	1547:31:00	2,03%	98,49%
boîte à vide	23:40:00	1571:11:00	1,51%	100,00%

Tableau 3-9 : Les composants critiques du Filtre UCEGO selon leur non disponibilité



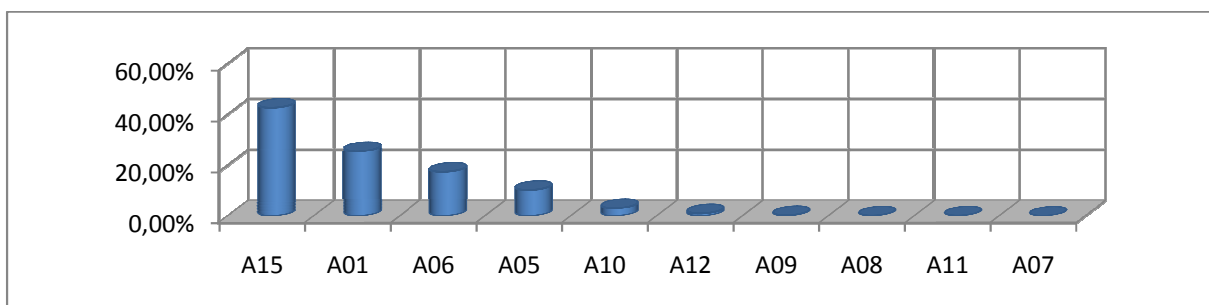
Diagrammes 3.9 : Pareto donnant les composants critiques du filtre UCEGO selon leur non disponibilité

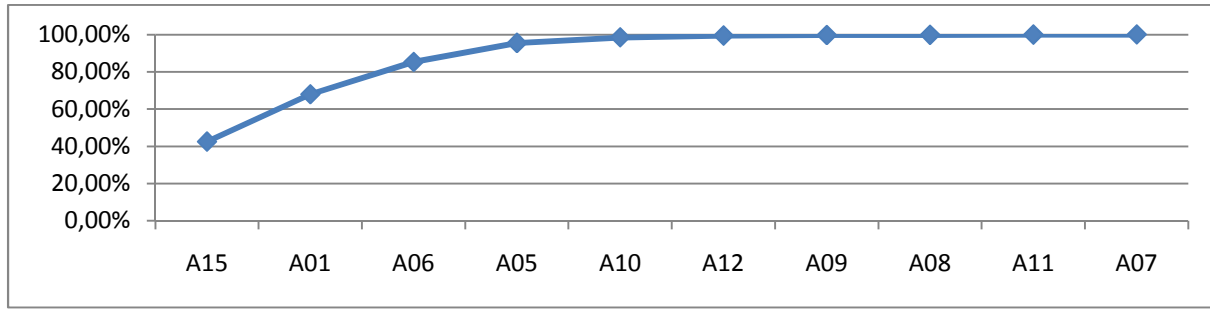
A partir de ce Pareto nous avons constaté que la table « S01 » est le composant le plus critique du Filtre UCEGO selon la non disponibilité.

3.5. Les agitateurs critiques selon leur non disponibilité

équipement	H.D	acc H.D	% H.D	% acc H.D
A15.....	529:53:00	529:53:00	42,53%	42,53%
A01.....	316:22:00	846:15:00	25,39%	67,92%
A06	216:06:00	1062:21:00	17,35%	85,27%
A05	126:44:00	1189:05:00	10,17%	95,44%
A10	37:33:00	1226:38:00	3,01%	98,45%
A12	12:20:00	1238:58:00	0,99%	99,44%
A09	3:05:00	1242:03:00	0,25%	99,69%
A08	1:40:00	1243:43:00	0,13%	99,83%
A11	01:40:00	1245:23:00	0,13%	99,96%
A07	0:30:00	1245:53:00	0,04%	100,00%

Tableau 3-10 : Les agitateurs critiques selon leur non disponibilité





Diagrammes 3.10 : Pareto donnant les agitateurs critiques selon leur non disponibilité

Selon leur non disponibilité, les agitateurs les plus critiques sont :

- ✓ A15 : Digesteur;
- ✓ A01 : Agitateur central.

Remarque :

Pour les familles d'équipements suivants :

- ✓ Le doseur pondéral ;
- ✓ Le circuit SVR ;
- ✓ La jambe barométrique ;

Ne contiennent qu'un seul sous ensemble chacune.

4. Liste des équipements critiques

Nous résumons les résultats obtenus dans ce chapitre dans le tableau suivant :

N°	Famille	N° d'équipement	Equipement
1	Transporteur	JL-MP-PA-02-J-T13	Transporteur à godets
2	Transporteur	JL-MP-PA-02-J-T22	Redler
3	Filtre UCEGO	JL-MP-PA-03-J-F11	Filtre UCEGO
4	Pompe	JL-MP-PA-03-J-P03-P	Pompe acide fort
5	Pompe	JL-MP-PA-03-J-P20-P	Pompe circulation de bouillie
6	Pompe	JL-MP-PA-03-J-P04-P	Pompe acide moyen
7	Pompe	JL-MP-PA-03-J-P08-P	Pompe eau de lavage
8	Pompe	JL-MP-PA-03-J-P01-P	Pompe à bouillie
9	Doseur	JL-MP-PA-03-J-W01-T	Dosomètre pondéral
10	Jambe barométrique		Jambe barométrique
11	Manchon compensateur		Dilatoflex
12	Circuits en SVR		SVR
13	Agitateur	JL-MP-PA-03-J-A15-A	Agitateur cuve digesteur
14	Agitateur	JL-MP-PA-03-J-A01-A	Agitateur central
15	Ventilateur	JL-MP-PA-02-J-C02-V	Ventilateur

Tableau 3-11 : Liste des équipements critiques.

CH 4

« Présentation des sous ensembles critiques »

« Ce chapitre est consacré à une description des sous ensembles critiques en détaillant leurs spécificités et leurs rôles dans l'installation de la section phosphorique»

Pour avoir une idée sur les sous ensembles critiques que nous avons dégagé par l'analyse de l'historique, dans cette partie nous allons détailler la description de ces sous ensembles :

1. Transporteurs

1.1. T13 Transporteur à godets

Un élévateur à godets est une installation assurant l'ascension de matières solides en vrac, généralement pondéreuses, à l'aide de récipients fixés à intervalles réguliers sur une bande souple refermée sur elle-même.

On distingue dans un élévateur à godets trois sous-ensembles :

- ✓ la base de l'élévateur, où sont remplis les godets par gravité,
- ✓ la colonne, dans laquelle la chaîne monte et redescend,
- ✓ le sommet de l'élévateur, où se fait la vidange des godets. Le tambour est motorisé.

Rôle dans l'installation : dans l'unité de broyage, cet élévateur permet d'ascension du phosphate broyé vers le Redler T22 qui va l'acheminer vers l'unité attaque-filtration.

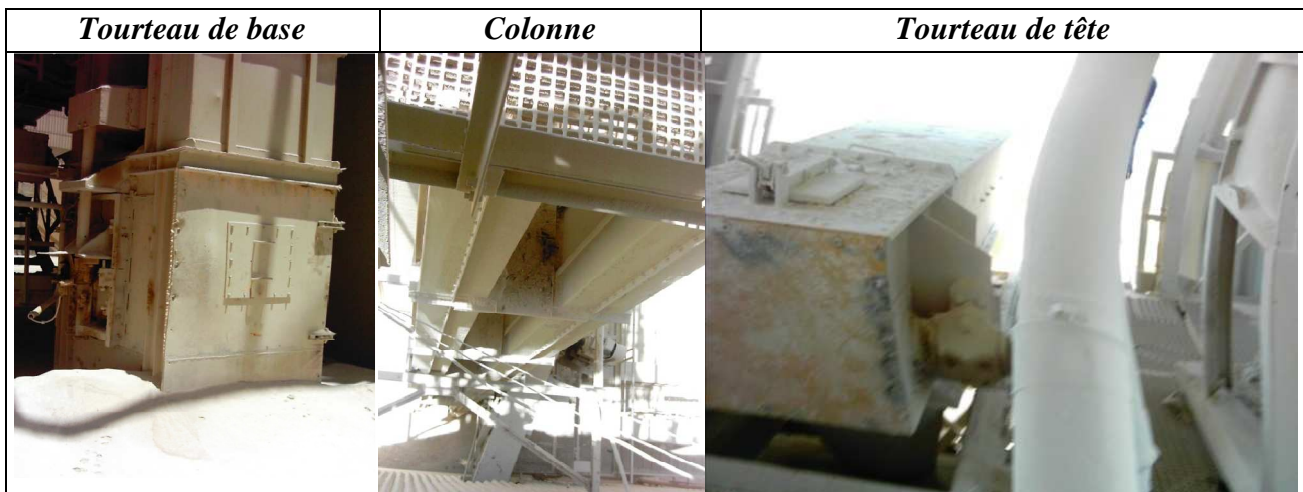


Figure 4-1 : illustration de l'élévateur à godets T13

1.2. T22 Redler

Le Redler est un transporteur en masse qui permet de transporter de la matière solide horizontalement à l'aide de raclettes fixées à intervalle régulier sur une chaîne logée dans des caissons.

On distingue dans un Redler quatre sous-ensembles :

- ✓ Le tourteau de tête : où se trouve le mécanisme d'entraînement cinématique.
- ✓ Le tourteau de déviation : permet de dévier la chaîne et assurer l'emplacement où la matière sera reçue.

- ✓ Les caissons : ou la matière est raclée.
- ✓ Le tourteau de queue : se fait la vidange par gravité.

Rôle dans l'installation : dans l'unité broyage le transporteur T22 transporte le phosphate broyé vers le doseur.

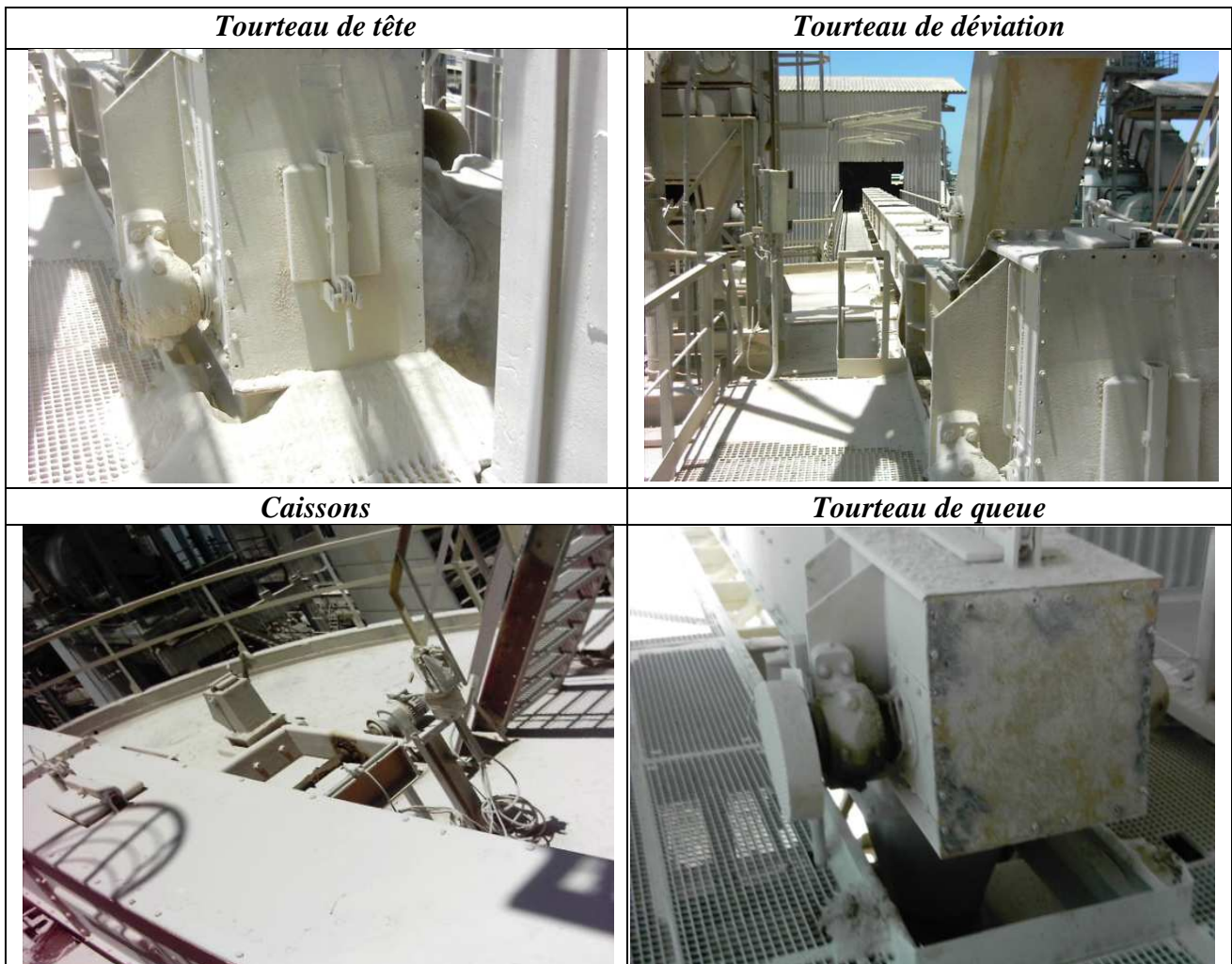


Figure 4-2 : illustration du Redler T22

2. Pompes

2.1. P20 pompe centrifuge

Cette pompe est une pompe centrifuge qui permet de véhiculer,

Une pompe centrifuge est une machine rotative qui pompe un liquide en le forçant au travers d'une roue à aube ou d'une hélice appelée impulseur. C'est le type de pompe industrielle le plus commun. Par l'effet de la rotation de l'impulseur, le fluide pompé est aspiré axialement dans la pompe, puis accéléré radialement, et enfin refoulé tangentiuellement.

Dans l'installation le groupe moto-pompe est composé de :

- ✓ Pompe : un escargot, un boitard, la garniture mécanique et une turbine plus d'autre composant.
- ✓ Un boitard intermédiaire : assurant le guidage en rotation de l'arbre qui transmet la puissance à la pompe.
- ✓ Moteur électrique : assure la puissance et la transmis à l'arbre via un système poulie courroies.

Rôle dans l'installation : dans l'unité attaque filtration, cette pompe permet de pomper la bouillie à partir de la cuve d'attaque vers le flash cooler.

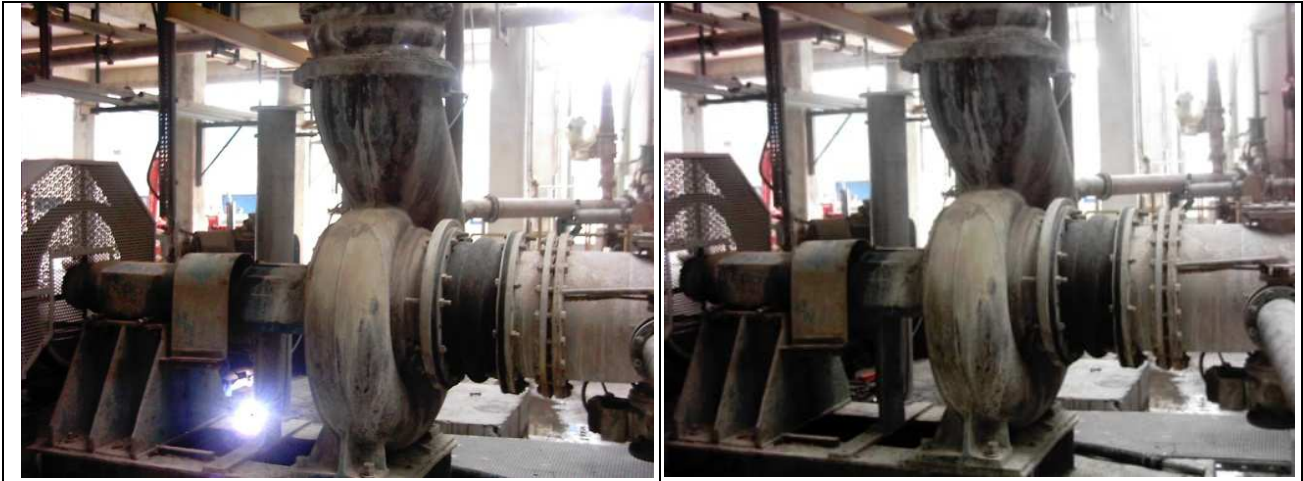


Figure 4-3 : illustration de la pompe à bouillie P20

2.2. P03 pompe centrifuge

Cette pompe se compose :

- ✓ Pompe : composé d'un corps, un système d'étanchéité, et un boitard
- ✓ Moteur : fournit la puissance via un système poulie courroies.

Rôle dans l'installation : dans l'unité attaque filtration, cette pompe sert à véhiculer l'acide fort 29% vers les bacs de stockage de l'unité 04.



Figure 4-4 : illustration de la pompe acide fort P03

2.3. P04 pompe centrifuge

De même type que la pompe P03.

Rôle dans l'installation : dans l'unité attaque-filtration, la pompe P04 récupère l'acide moyen et le pompe vers la table filtrante.



Figure 4-5 : illustration de la pompe acide moyen P04

2.4. P08 pompe centrifuge

De même famille que les pompes P03 et P04.

Rôle dans l'installation : cette assure le pompage de l'eau de lavage pour le filtre.



Figure 4-6 : illustration de la pompe eau de lavage P08

2.5. P01 pompe centrifuge

Rôle dans l'installation : la pompe P01 permet de véhiculer la bouillie à partir de la cuve de passage vers la table filtrante.



Figure 4-7 : illustration de la pompe à bouillie P01

3. Dosomètre pondéral

Doseur gravimétrique par perte de poids : Il effectue une dose en contrôlant la perte de poids du doseur ;

Rôle dans l'installation : commandé pas un système automatique le dosomètre pondéral permet de réguler la quantité de phosphate broyé à destination de la cuve d'attaque selon les exigences de la production.



Figure 4-8 : illustration du dosomètre pondéral W01

4. Table filtrante

Entièrement en acier inoxydable, elle est réalisée en éléments à augets multiples assemblés par boulons et soudure d'étanchéité au montage. La surface supérieure est garnie de tôles perforées démontables exécutées en acier inoxydable et fixées par vis. Cette surface porte des toiles filtrantes qui sont maintenues par des profilés en caoutchouc flexible antiacide.

L'évacuation du jus filtrés se fait par des tuyauteries collectrices soudées sous les augets et de même nuance d'acier inoxydable.

La table de filtration est supportée par une structure en acier au carbone placée à l'abri des projections d'acide et qui maintient l'horizontalité du filtre. Cette structure est fixée sur une poutre circulaire appelé couronne de la table.

Rôle dans l'installation : L'attaque du phosphate par l'acide sulfurique forme une bouillie qui contient en plus de l'acide phosphorique et des particules solides : le gypse. A l'aide d'une pompe, cette bouillie est ramenée au dessus du filtre. Une nacelle l'étale sur la surface pour former une couche uniforme de bouillie appelée gâteau. A l'issue de cette première nacelle, une dépression est créée sous la table pour faciliter la filtration, on est en secteur fort et les filtrats obtenus sont de l'acide à 29% de concentration qui sera acheminé vers les bacs de stockage en attente de concentration. Ce secteur est délimité par une deuxième nacelle qui à son tour étale un acide dilué pour effectuer un premier lavage du gâteau.

L'acide obtenu à l'issue de ce lavage est appelé acide moyen et il est renvoyé à la cuve d'attaque pour faciliter la réaction entre le phosphate et l'acide sulfurique. Le gâteau est lavé pour une deuxième et dernière fois par l'eau gypseuse obtenue lors du lavage des toiles filtrantes. Cette eau gypseuse est étalée sur le filtre par l'intermédiaire d'une troisième nacelle. Les filtrats obtenus sont de l'acide dilué. C'est cet acide qu'on a utilisé précédemment pour le premier lavage. Après ce secteur, il ne reste que le gypse sur la table qui sera évacué par une vis d'archimède. Les toiles filtrantes subissent ensuite un lavage par l'eau pulvérisé à l'aide d'une rampe et de buses. Le cycle peut ensuite recommencer

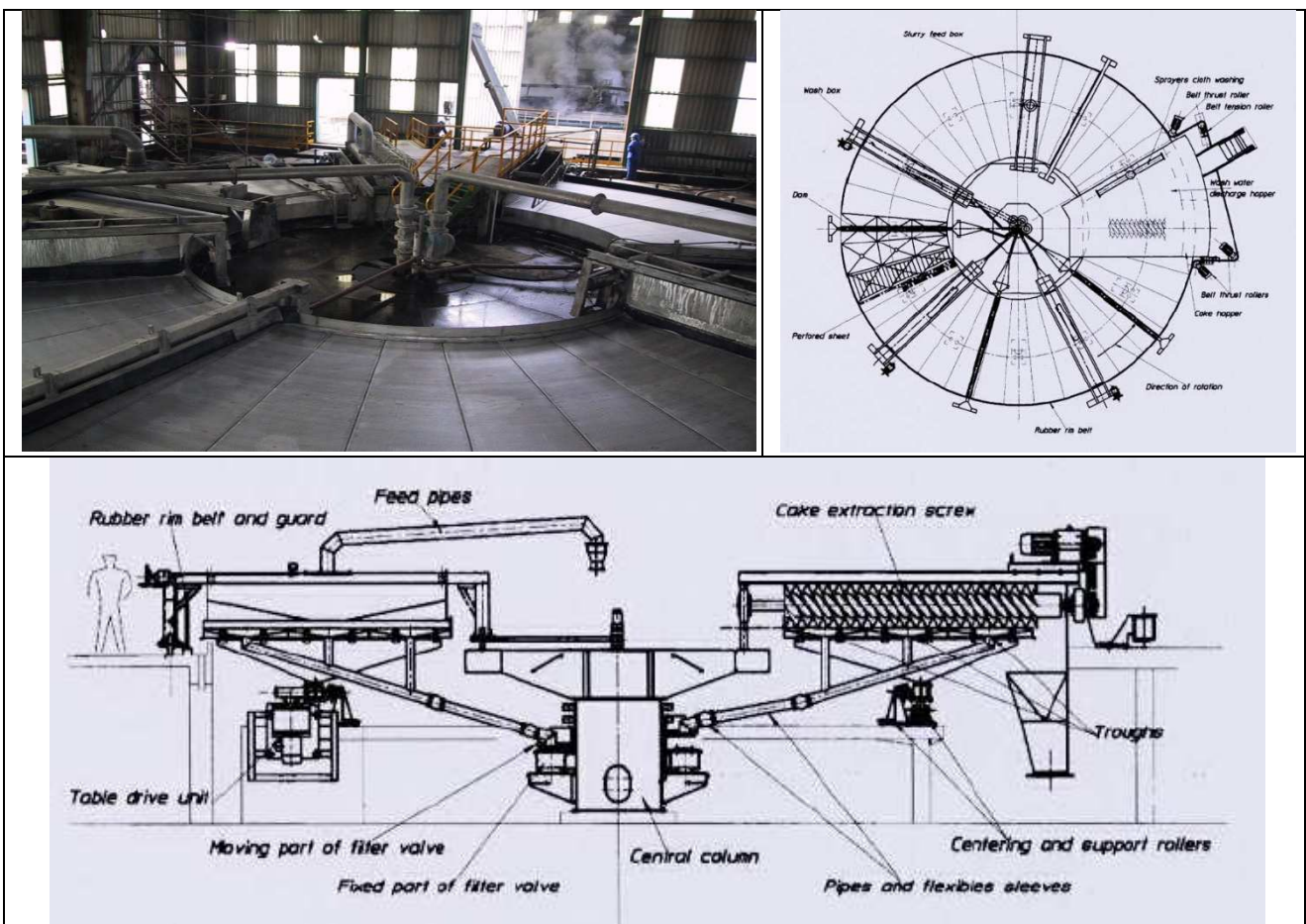


Figure 4-9 : illustration de la table filtrante S01

5. Agitateurs

5.1. A01 agitateur central

C'est un agitateur de cuve constitué de :

- ✓ Un moteur : qui fournit l'énergie mécanique.
- ✓ Un coupleur.
- ✓ Un arbre d'agitation
- ✓ Une hélice.

Rôle dans l'installation : logé sur la cuve d'attaque, cet agitateur à grandes hélices permet de mélanger la matière pour favoriser la réaction et éviter la précipitation des réactifs.



Figure 4-10 : illustration de l'agitateur A01

5.2. A15 agitateur digesteur

De même famille que le précédent avec une taille petite des hélices et un moteur moins puissant, ainsi que la puissance se transmis à l'aide d'un système poulie courroies.

Rôle dans l'installation : cet agitateur a comme fonction de malaxer le contenu de la cuve digesteur.

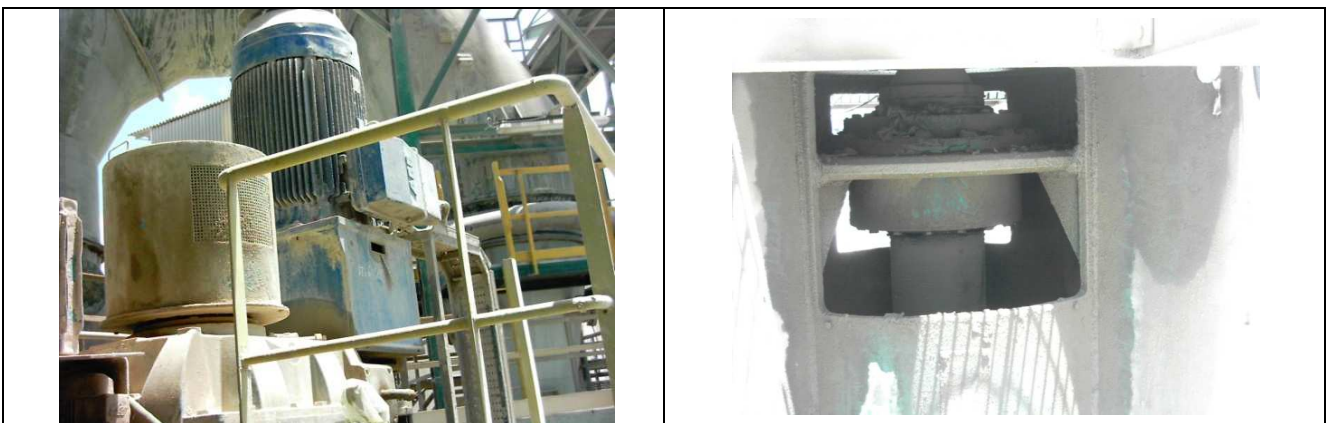


Figure 4-11 : illustration de l'agitateur digesteur A15

6. Ventilateur C02

C'est un ventilateur centrifuge : Il est constitué de deux parties principales : une roue à aube entraînée par un moteur, tourne dans un stator épousant la roue, ce stator comporte deux ouverture, une alimente la partie centrale de la roue en fluide, lequel pénètre par dépression et est soufflé par effet centrifuge par le deuxième orifice.

Il permet d'atteindre une pression par accélération de l'air dans des roues à aubes en rotation puis par décélération dans les diffuseurs à large rayon de courbure. Ce ventilateur permet une régulation modulée du débit d'air en maintenant une pression constante par simple action d'une vanne en aspiration.

Rôle dans l'installation : le ventilateur C02 assure l'assainissement d'air dans l'unité de broyage, de telle sorte que le phosphate broyé reste sec dans le silo ou il est stocké.

7. Jambe barométrique

La jambe barométrique est constituée par une ligne verticale plongeant dans un réservoir au sol avec un niveau de liquide. Pour assurer le soutirage des condensâts, formés sous vide, la hauteur h doit compenser le vide et les pertes de charge de la ligne, afin de ramener en bas de la jambe barométrique la pression à la pression atmosphérique.

Rôle dans l'installation : Une jambe barométrique permet de maintenir le vide dans l'installation : cette jambe barométrique est une canalisation de 10 mètres de hauteur qui tombe dans un réservoir ouvert dans lequel l'eau condensée sort par trop-plein.

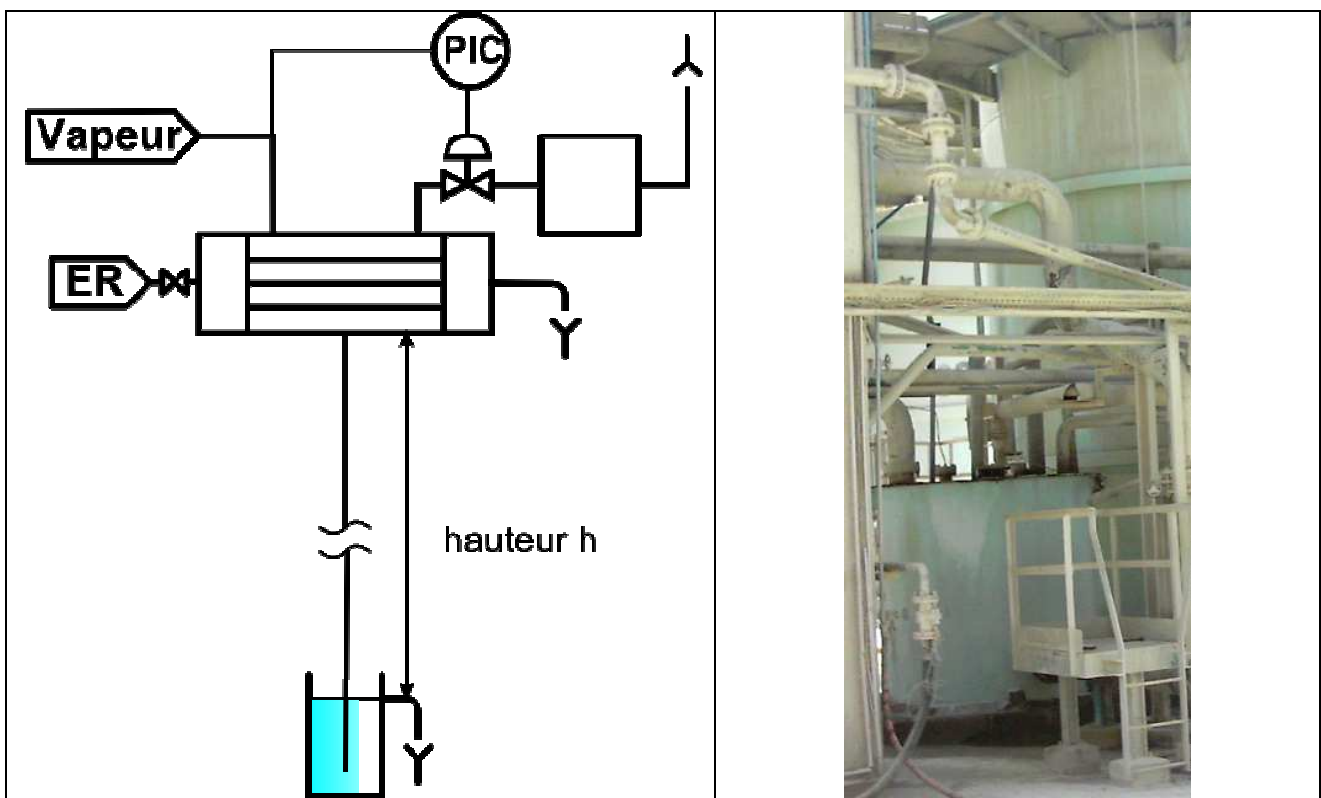


Figure 4-12 : illustration de la jambe barométrique

8. Manchon compensateur

Les manchons compensateurs *DILATOFLEX* en élastomères armés, sont des éléments de sécurité souples, dynamiques de longueur adaptable que l'on intercale dans les circuits canalisations.

Le manchon compensateur permet de :

- ✓ Protéger l'installation et les équipements : en absorbant les variations dimensionnelles, en limitant les vibrations et en atténuant les coups de bélier.
- ✓ Améliorer le confort : en réduisant les nuisances acoustiques.
- ✓ Faciliter la maintenance et les raccordements : en permettant autant de montages et démontages que souhaités et en acceptant des désalignements occasionnelles.

Rôle dans l'installation : dans l'unité attaque-filtration le Dilatoflex est utilisé pour protéger les pompes des vibrations, et aussi

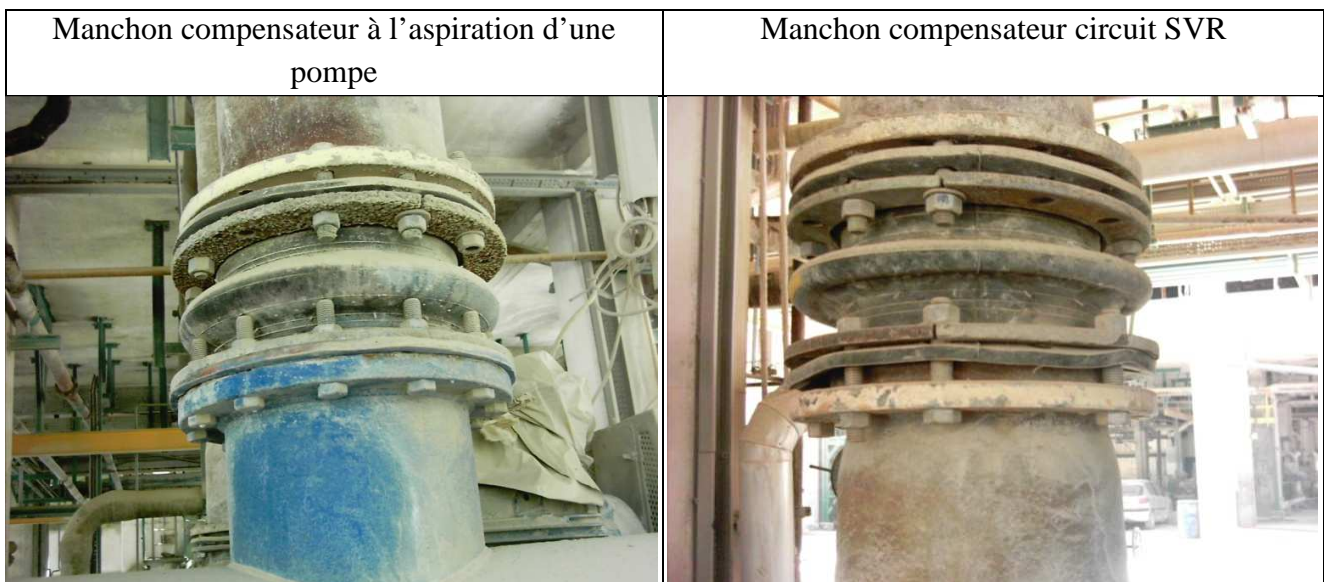


Figure 4-13 : illustration des manchons compensateurs Dilatoflex

9. Circuit SVR

Le stratifié verre résiné, généralement appelé SVR, mais aussi GRP (Glass Reinforced Plastic), ou encore FRP (Fiber Reinforced Plastic) possède d'excellentes caractéristiques mécaniques.

Les nombreux atouts du SVR sont :

- ✓ Réalisations de formes libres
- ✓ Excellente tenue chimique
- ✓ Résistance mécanique importante et durabilité face aux intempéries et aux rayons solaires
- ✓ Produit respectant toutes les normes sanitaires et d'alimentarité
- ✓ Qualité de surface après finitions
- ✓ Insensible aux intempéries
- ✓ Absence de corrosion
- ✓ Excellente tenue dans le temps

- ✓ Choix de la couleur du revêtement sur une gamme étendue de teintes

Rôle dans l'installation : dans l'unité attaque filtration, on trouve tout un circuit fait du matériau SVR véhiculant la matière abrasif.

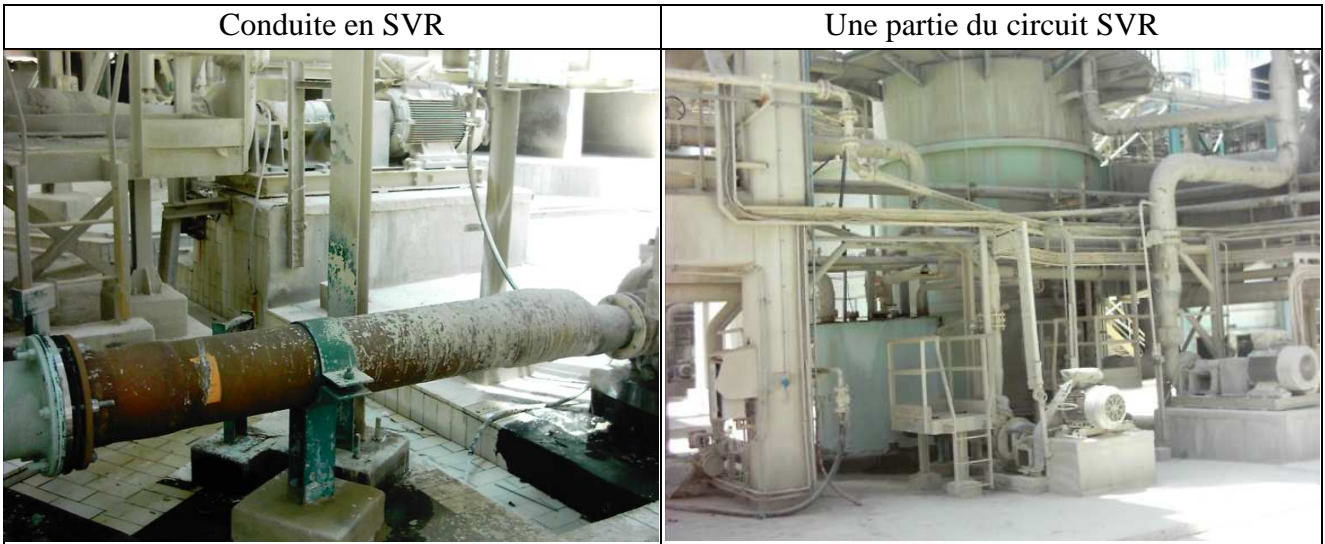


Figure 4-14 : illustration du circuit SVR

10. Circuits des lignes de production d'acide phosphorique 29%

10.1. Unité Broyage

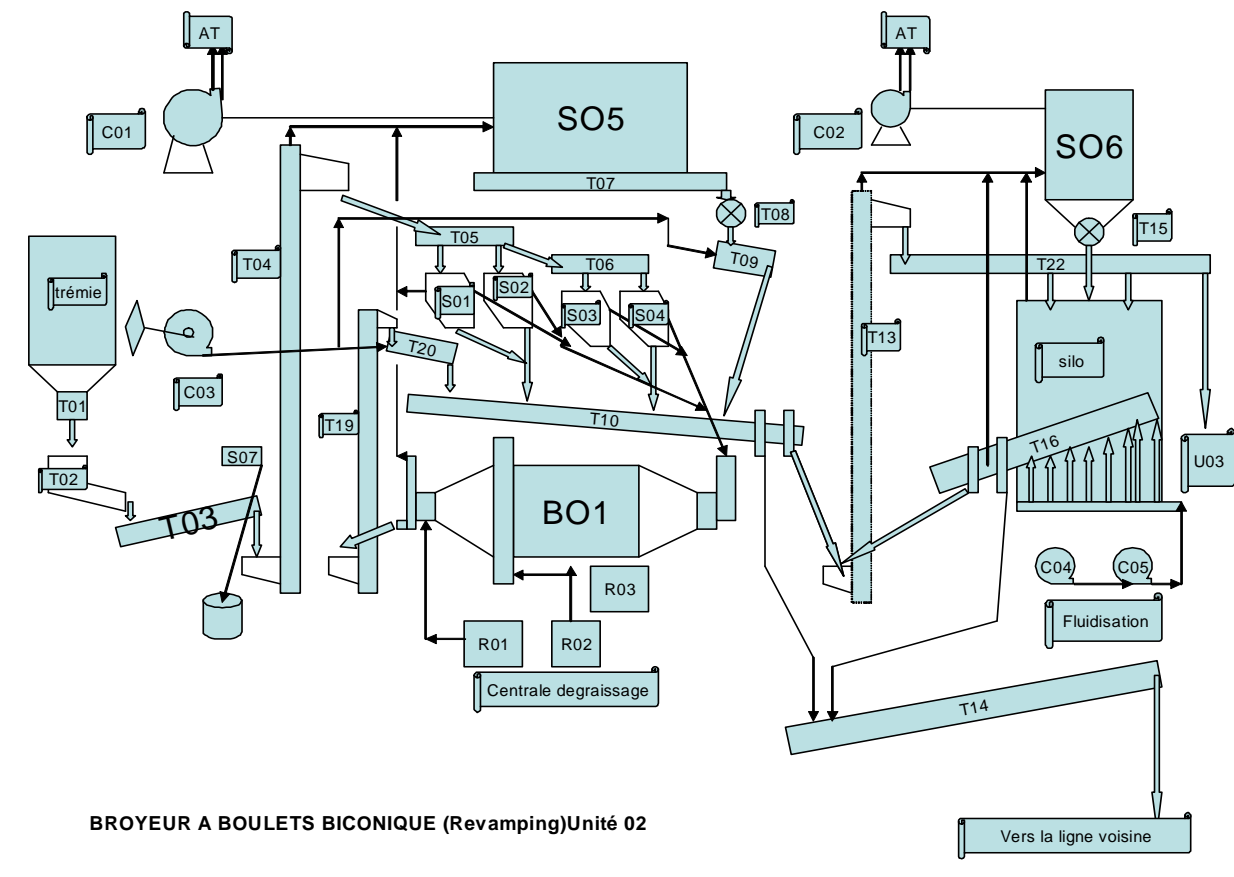


Figure 4-15 : illustration de l'unité broyage

10.2. Unité attaque-filtration

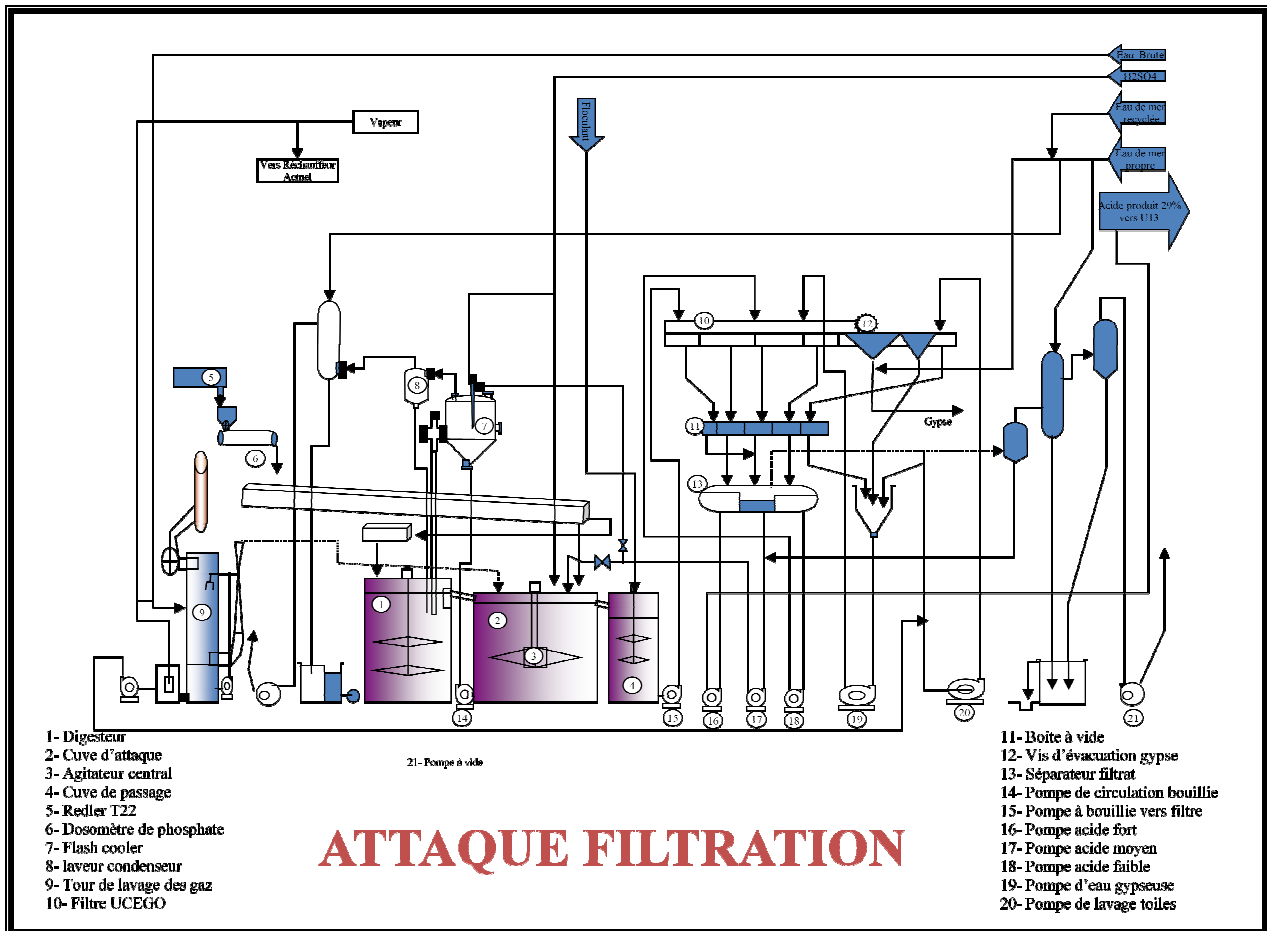


Figure 4-16 : illustration de l'unité attaque-filtration

CH 5

« *Evaluation de la politique de maintenance actuelle* »

« Ce volet concerne la politique de maintenance des équipements mécaniques au sein de l'atelier phosphorique. et l'évaluation de la politique maintenance adapté en utilisant la méthode universelle d'audit de la maintenance d'Y.LAVINA »

1. Etude critique du type de la maintenance adoptée à l'atelier phosphorique :

Dans cette partie nous allons aborder un autre volet du sujet. Ce volet concerne la politique de maintenance des équipements mécaniques au sein de l'atelier phosphorique.

Tout d'abord, nous allons définir le type de politique adoptée actuellement, ensuite nous allons présenter et analyser les contraintes auxquelles est exposé cette politique afin d'arriver par la suite à proposer des actions d'amélioration et de remise en état.

1.1. La politique actuelle de maintenance :

D'après l'historique des arrêts on constate que la politique actuelle de maintenance est basée sur deux types : la maintenance curative et la maintenance préventive.

1.1.1. La maintenance curative :

Cette maintenance consiste à intervenir lors d'un arrêt forcé d'un équipement. Dans l'industrie ce type de maintenance est non souhaitable puisqu'il exige l'arrêt de la production. Ce type de maintenance représente 25% de la politique de maintenance globale de l'atelier phosphorique.

1.1.2. La maintenance préventive :

Elle permet de maintenir en avance les équipements, ce qui permet d'éviter les arrêts forcés pour réparations. Ce type de maintenance est décomposé en deux types de maintenance : la maintenance préventive systématique et la maintenance préventive conditionnelle. **(Ce type de maintenance sera traité en détail dans le chapitre 5).**

2. Audit de la maintenance :

L'audit est un outil pour analyser les véritables failles de la gestion de maintenance au niveau de l'atelier phosphorique. Le processus d'audit consiste à détecter les éventuels écarts entre une situation réelle et une situation de référence visée, puis à prendre des dispositions correctives appropriées.

2.1. Démarche de l'audit :

Afin de pouvoir déceler les points faibles et les points forts concernant la gestion de la maintenance au niveau de l'atelier phosphorique, nous avons opté pour la méthode d'Y.LAVINA, puisque c'est la méthode jugée favorable, nécessitant la distribution du questionnaire présenté en *annexe D* qui visent tous les axes du fonctionnement du service maintenance et qui sont :

- **L'organisation générale** : Elle couvre les procédures générales d'organisation du service et les éléments de sa politique.
- **Les méthodes de travail** : Assurer une préparation du travail avec, en particulier, les estimations de temps, les méthodes d'intervention.
- **Le suivi technique des installations** : Il regroupe toutes les actions d'analyse, et de traitement des informations concernant les installations.
- **La gestion du portefeuille de travaux** : Cette rubrique couvre le traitement des demandes de travaux et des plans de maintenance, programmation, ordonnancement, lancement.

- **La gestion des pièces de rechange** : Comment sont tenus les stocks ? Comment les pièces sont-elles stockées ? Quels modes de gestion sont-t-ils adoptés ? ...etc.
- **Les achats de pièces et matières** : Vérifier si les procédures permettent-t-elles de s’approvisionner (commandes, contrats et marchés) dans de bonnes conditions, auprès des fournisseurs les plus appropriés.
- **La documentation technique** : Il faut avoir une documentation complète, avec un accès facilité par un classement irréprochable et bénéficiant d’une mise à jour systématique.
- **Le personnel et la formation** : Cette rubrique évalue les compétences du personnel ainsi que le climat de travail.
- **La sous-traitance** : A-t-on de bons contrats ? Evalue-t-on les sous-traitants ? Comment assurer les suivis sur site ?
- **La GMAO**: Evaluer l’informatisation de la gestion de maintenance, son efficacité, ses limites, ses horizons...etc.

Le questionnaire contient les dix rubriques citées ci-dessus, chacune de celles-ci est composée d’une série de questions à choix multiples. Ce questionnaire a été proposé au responsable entretien mécanique, en effet il est le mieux placé pour répondre à ses questions, vu son statut et son expérience. Grace aux réponses explicatives qu’il nous a données sur chaque module constituant le questionnaire, nous avons pu avoir une idée globale sur l’organisation de la maintenance et dégager les points faibles à traiter, et par la suite proposer des recommandations.

2.2. Résultats de l’audit :

Les questions à choix multiples proposées sont notées de 1 à 5 selon la réponse, le score de chaque rubrique est calculé par addition des notes des différentes questions. Le score maximal est égale au nombre de questions fois cinq, ainsi le niveau de satisfaction est calculé par le quotient du score obtenu sur le score maximal.

Le tableau suivant présente les résultats de l’audit pour les dix modules traités :

Modules d’analyse	Scores obtenus	Score maximal	% de satisfaction
1. Organisation générale	39	50	78,00%
2. Méthodes de travail	21	50	42,00%
3. Suivi technique des équipements	32	50	64,00%
4. Gestion portefeuille des travaux	38	45	84,44%
5. Tenue de stock de pièces de rechange	40	50	80,00%
6. Achat et approvisionnement des pièces	37	40	92,50%
7. Documentation technique	24	40	60,00%
8. Personnel et formation	39	65	60,00%
9. Sous-traitance	47	50	94,00%
10. GMAO	32	45	71,11%
SCORE TOTAL	349	485	71,96%

Tableau 5-1 : Résultats du questionnaire d’autoévaluation de la fonction maintenance.

Pour mieux illustrer les résultats obtenus, nous avons tracé le radar suivant qui montre le niveau de satisfaction pour les différents modules traités :

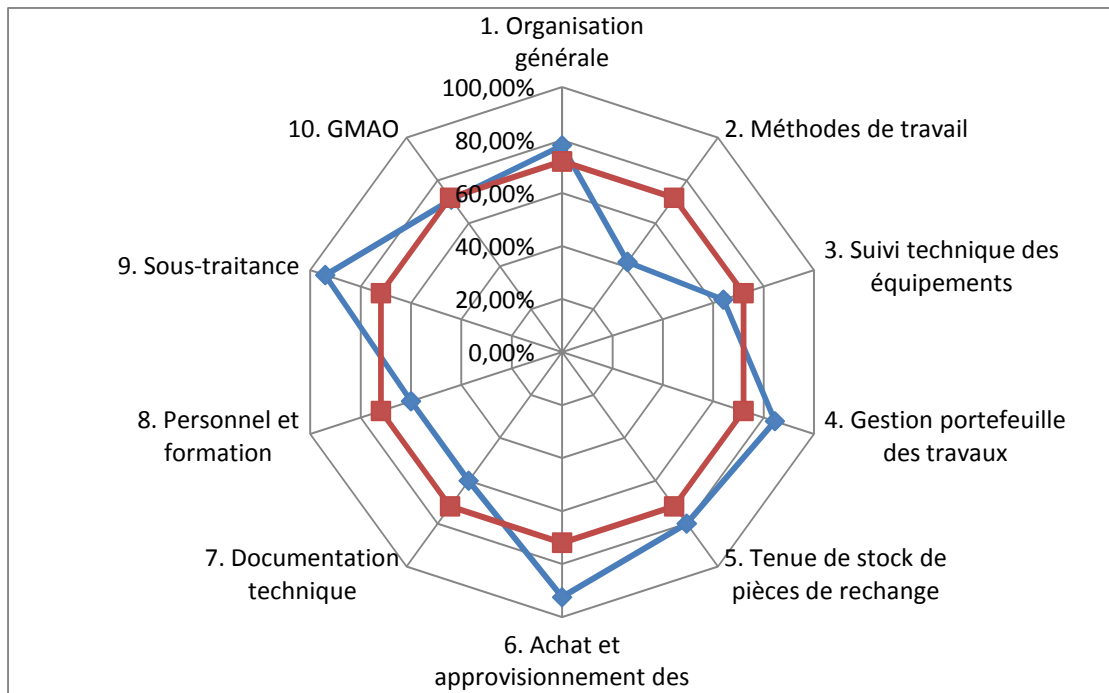


Diagramme 5.1 : Profil de la fonction maintenance.

Afin de relever les modules qui présentent une carence au niveau du pourcentage de satisfaction, et par la suite proposer des actions d'amélioration, nous avons mis en graphique les résultats obtenus :

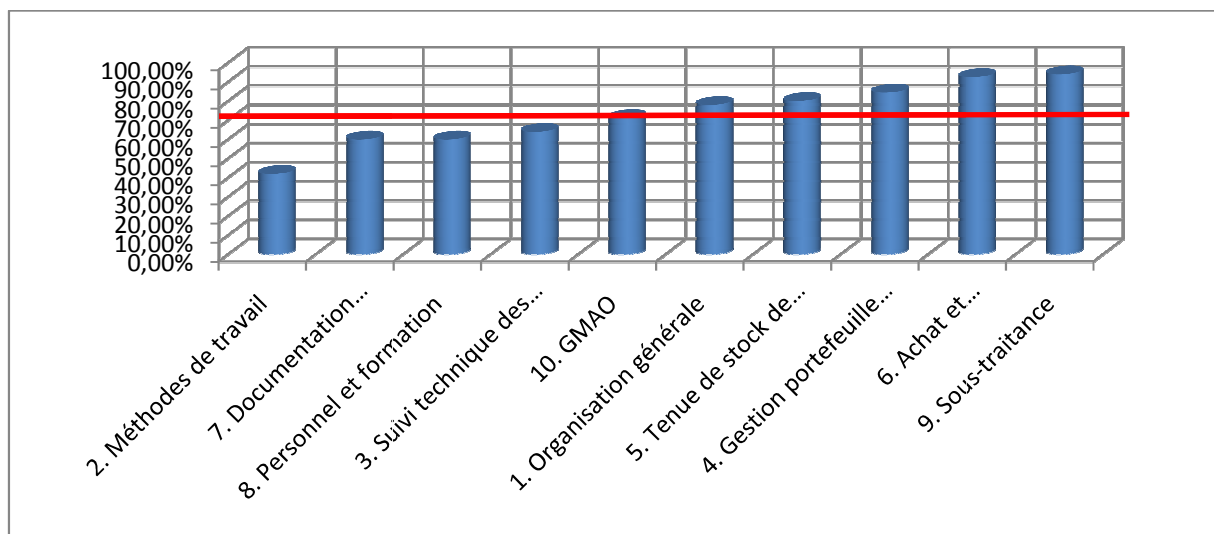


Diagramme 5.2 : Diagramme des modules de la fonction maintenance.

Sur la base de ce diagramme, nous déduisons les modules ayant un pourcentage au-dessous de valeur moyenne, qui sont :

- ✓ Les méthodes de travail.
- ✓ Le suivi technique des équipements.
- ✓ La documentation technique.
- ✓ Personnel et formation.
- ✓ La GMAO.

2.3. Recommandations d'amélioration des modules critiques :

Afin de remédier aux problèmes rencontrés au niveau des rubriques critiques, en premier lieu nous avons étalé les points faibles aperçus, et en deuxième lieu nous avons proposé des actions d'améliorations, le tableau suivant résume l'analyse des résultats du diagnostic de chaque rubrique à part.

<i>Domaine d'analyse</i>	<i>Points faibles</i>	<i>Actions d'améliorations</i>
<i>Méthodes de travail</i>	<ul style="list-style-type: none"> • absence d'un plan de maintenance préventif basé sur des méthodes de type MBF, AMDEC,... • inefficacité du système d'historisation des pannes et des pièces de rechange consommables. • non respect des consignes de révision des équipements par les agents. • absence d'une procédure de gestion de la documentation technique. 	<ul style="list-style-type: none"> • analyse des risques (AMDEC, arbres de défaillance...) débouchant sur des choix de maintenance préventive (systématique et/ou conditionnelle) au l'acceptation des risques et l'intervention curative. • organisation de l'information technique de base, documentaire et informatisée, sur tout le patrimoine à maintenir. • réalisation des gammes de révision des équipements et les distribuer aux agents. • formalisation des actions préventive.
<i>Suivi technique des équipements</i>	<ul style="list-style-type: none"> • manque des numéros d'identification de certains équipements sur chantier. • les modifications des nouvelles installations ou suppression d'équipements ne sont pas enregistrées systématiquement. 	<ul style="list-style-type: none"> • mise en place des plaques résistant à l'effet corrosif de l'acide qui seront collées sur les équipements, permettant ainsi la visualisation sur place de la codification qui lui est associés. • mise à jour des changements associés aux installations sur support informatique.
<i>Documentation technique</i>	<ul style="list-style-type: none"> • les plans des installations sont difficilement accessibles. • insuffisance des moyens de reprographie et de classement. • manque au niveau de la mise à jour des plans et schémas. 	<ul style="list-style-type: none"> • la gestion et la tenue à jour de la documentation. • approvisionnement des moyens de reprographie de la documentation. • permettre l'accès facile des plans de l'installation.
<i>Personnel et formation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • absence des formations des agents aux nouvelles technologies. • absence des entretiens annuels d'appréciation du personnel d'encadrement et exécutant. 	<ul style="list-style-type: none"> • encouragement du personnel à l'aide des primes annuelles quantifiées par rapport à l'effort qu'ils fournissent. • programmation des formations pour les agents.
<i>GMAO</i>	<ul style="list-style-type: none"> • les informations du système GMAO ne sont pas à jour. • le personnel concerné par la GMAO n'est pas correctement formé aux différentes fonctions. 	<ul style="list-style-type: none"> • élaboration d'un programme de formation du personnel selon les priorités. - mise à jour des données du système, pour permettre une bonne exploitation.

Tableau 5-2 : Analyse des résultats du questionnaire d'audit de la maintenance.

CH 6

« Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et leurs criticités »

« Ce volet illustre d'une manière détaillée une analyse qualitative des défaillances des équipements critiques sous forme d'une fiche AMDEC dans laquelle nous avons déterminé la criticité de chaque mode en se basant sur les critères suivant : fréquence d'occurrence, gravité et la non détection »

1. Présentation de la méthode :

L'AMDEC est une technique d'analyse exhaustive et rigoureuse de travail en groupe, très efficace par la mise en commun de l'expérience et de la compétence de chaque participant du groupe de travail. Cette méthode fait ressortir les actions correctives à mettre en place.

Elle a pour but d'évaluer l'impact, ou la criticité, des modes de défaillances des composants d'un système sur la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité de ce système. On peut schématiser la démarche de l'AMDEC par l'arbre suivant :

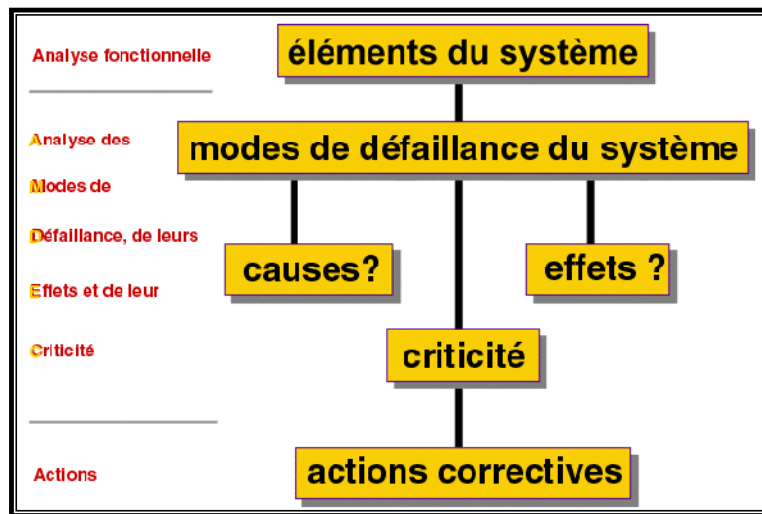


Figure 6-1 : Schéma explicatif de la méthode AMDEC.

L'arborescence fonctionnelle et l'analyse qualitative des défaillances faites auparavant constituent une bonne préparation pour l'analyse AMDEC, grâce à ces analyses on a pu déterminer:

- ✓ Les modes de défaillances: manière par laquelle un composant de la pompe peut venir à être défaillant, c'est-à-dire à ne plus remplir sa fonction.
- ✓ Les causes: l'événement initial pouvant conduire à la défaillance d'un organe par l'intermédiaire de son mode de défaillance.
- ✓ Les effets : conséquences subies par l'utilisateur (arrêt de la production, détérioration de l'équipement, pollution...etc.).
- ✓ La criticité : Il s'agit d'une cotation des défaillances qui permet leur hiérarchisation. Elle est évaluée à partir de trois paramètres, qui sont: la fréquence F, la gravité G et la détection D.

La formule établie pour coter la criticité est la suivante : $C = F \times G \times D$ Avec : F : la fréquence d'occurrence G : la gravité D : la non-détection.

Les échelles de cotation de ces trois indices sont présentées dans le tableau ci-dessous :

note	Fréquence : F	Non détection : D	Gravité: G
1	1 défaillance maxi par an	Visite par opérateur	Pas d'arrêt de la production
2	1 défaillance maxi par trimestre	Détection aisée par un agent de maintenance	Arrêt < 1 heure
3	1 défaillance maxi par mois	Détection difficile	1 heure < arrêt < 1 jour
4	1 défaillance maxi par jour	Indétectable	Arrêt > 1 jour

Tableau 6-1 : Les échelles de cotation de ces trois indices de l'AMDEC.

2. Démarche générale :

Avant d'entamer notre étude AMDEC, nous avons posé une démarche générale de travail à suivre pour arriver enfin aux fins désirées. Les axes fondamentaux de cette démarche s'étalent comme le suivant :

- ✓ Collecte des informations à l'aide d'une enquête d'auprès les techniciens et les contremaîtres des ateliers centraux et ceux de l'atelier phosphorique.
- ✓ Identification des différents modes de défaillances, leurs causes et leurs effets.
- ✓ Formalisation de l'étude sous forme d'une fiche AMDEC-moyen de production et détermination de la criticité de chaque cause.
- ✓ Proposition des actions correctives et préventives.

3. Fiche AMDEC-moyen de production

Après la mise en évidence des risques de défaillances critiques, il est impératif que des actions correctives ou préventives afin de réduire la criticité. Cette diminution pourra être obtenue en jouant sur un (ou plusieurs) terme(s) du produit $G \cdot F \cdot D$.

Les tableaux englobant les résultats obtenus à l'aide de l'étude AMDEC, pour les équipements critiques :

(Voir annexe E)

4. Résultats de l'étude

Dans un premier temps l'AMDEC nous a permis de dénombrer les causes des défaillances et de les hiérarchiser suivant leur criticité. Dans un deuxième temps nous sommes arrivés à fixer un seuil de criticité limite pour chaque équipement, qui le $\frac{1}{4}$ de la criticité maximale, au delà duquel nous caractérisons les défaillances dangereuses.

L'exploitation des résultats de cette étude se fera dans la réalisation des plans de la maintenance préventive systématique et conditionnelle.

Remarque : Sur les fiches AMDEC de chaque équipement, les indices de criticité qui reflètent les défaillances à traiter dans les plans de maintenance sont colorés en rouge.

CH 7

« Politique de maintenance préventive proposée »

« Le chapitre suivant illustre l'élaboration des plans de maintenance préventifs : systématiques & conditionnels des équipements critiques »

1. Généralités sur la maintenance préventive :

Dans la définition de la maintenance préventive, nous incluons l'ensemble des contrôles, visites et interventions de maintenance effectuées préventivement.

La maintenance préventive s'oppose en cela à la maintenance corrective déclenchée par des perturbations ou des pannes, et donc subie par la maintenance.

La maintenance préventive comprend :

- ✓ les contrôles ou les visites systématiques ;
- ✓ les expertises, les actions et les remplacements effectués à la suite des contrôles ou des visites ;
- ✓ les remplacements systématiques ;
- ✓ la maintenance conditionnelle.

2. Différents types de maintenance préventive :

2.1. Maintenance préventive systématique :

2.1.1. Visites systématiques :

Les visites sont effectuées selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre des unités d'usage. A chaque visite, on détermine l'état de l'organe qui sera exprimé soit par une valeur de mesure (épaisseur, température, intensité, etc.), soit par une appréciation visuelle et on pourra interpréter l'évolution de l'état d'un organe par les degrés d'appréciation : rien à signaler, début de dégradation, dégradation avancée et danger.

Par principe, la maintenance préventive systématique est effectuée en fonction des conditions qui reflètent l'état d'évolution d'une défaillance, l'intervention peut être programmée juste à temps avant l'apparition de la panne.

2.1.2. Remplacements systématiques :

Selon un échéancier défini, on remplace systématiquement un composant, un organe ou un sous-ensemble complet.

Dans la mise en place d'une maintenance préventive, il vaut toujours mieux commencer par des visites systématiques plutôt que par des remplacements systématiques, sauf dans les cas suivants :

- ✓ Lorsque des raisons de sécurité s'imposent ;
- ✓ Lorsque le coût de l'arrêt de production est disproportionné par rapport au coût de la pièce concernée et si faible qu'il ne justifie pas de visites systématiques ;
- ✓ Lorsque la durée de vie est connue approximativement par l'expérience.

Le risque de remplacement systématique est de changer des éléments encore capables d'assumer le bon fonctionnement pendant un temps non négligeable, la visite systématique permet tout d'abord de capitaliser les expériences sur le comportement des organes soumis aux conditions d'utilisation réelle.

2.1.3. Ronde ou visite en marche:

La visite systématique effectuée pendant le fonctionnement permet d'optimiser l'arrêt de la machine. Pour ce type de maintenance, on suit l'effet de la dégradation ou de l'usure pour éviter le démontage indésirable. Les contrôles sont simples à réaliser ; lecture des valeurs des paramètres, examens sensoriels ... les valeurs des paramètres pour un fonctionnement normal sont connues à l'avance.

2.2. Maintenance préventive conditionnelle :

D'après la définition AFNOR, il s'agit de la « maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé (autodiagnostic, information d'un capteur mesure...) »

La maintenance conditionnelle permet d'assurer le suivi continu du matériel en service, et la décision d'intervention est prise lorsqu'il y a une évidence expérimentale de défaut imminent ou d'un seuil de dégradation prédéterminé.

Cela concerne certains types de défaut, de pannes arrivant progressivement ou par dérive. L'étude des dérives dans le cadre des interventions de maintenance préventive permet de déceler les seuils d'alerte, tant dans les technologies relevant de la mécanique que celles de l'électronique.

Le suivi de l'évolution des paramètres permet de préciser la nature et la date des interventions. Le paramètre suivi peut être :

- ✓ une mesure électrique (tension, intensité ...)
- ✓ une mesure de température ;
- ✓ un pourcentage de particules dans l'huile ;
- ✓ un niveau de vibration.

On choisit comme paramètre à suivre celui qui caractérise le mieux la dégradation des composants ou la cause de la perturbation de fonctionnement.

2.2.1. Principe de la maintenance conditionnelle :

La maintenance conditionnelle repose sur le suivi par mesures périodiques d'une dégradation jusqu'au seuil d'alarme qui déclenche une intervention préventive conditionnelle notée I_{pc} (figure 6.1).

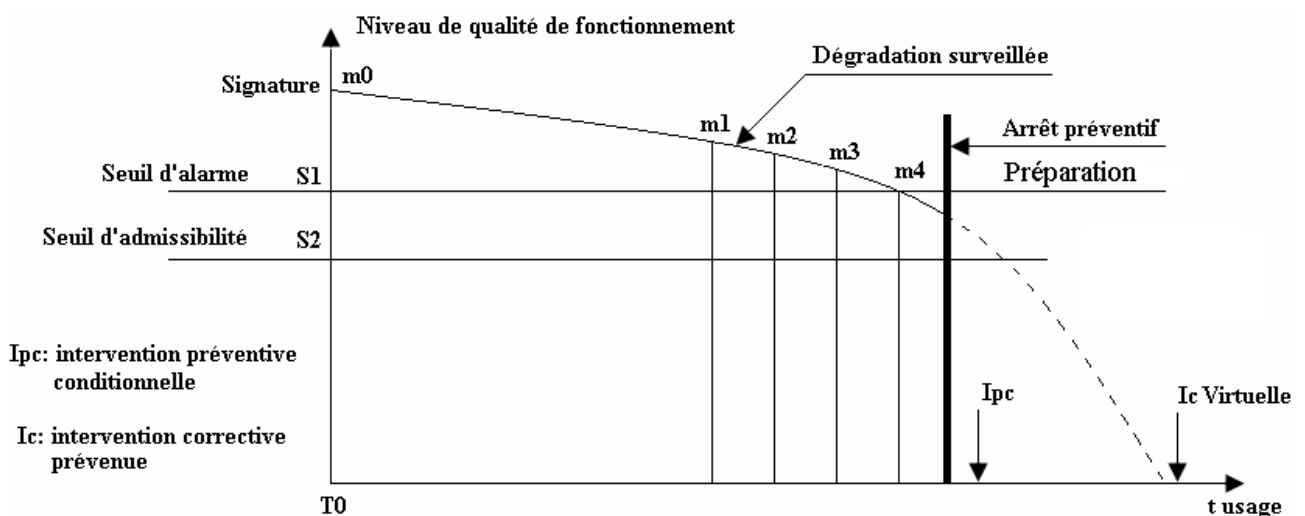


Figure 7-1 : Principe de la maintenance conditionnelle.

- ✓ La « signature » est une prise de référence de l'état de « bon fonctionnement » à l'origine.
- ✓ Les mesures (m_i) peuvent être de simples observations visuelles (état constaté), des images (spectre, radios, etc.). Elles peuvent être remplacées par des alarmes préétablies (fusible par exemple). Les mesures m_i peuvent être continues ou périodiques, espacées de Δt de telle manière que la dégradation à prévenir ne puisse échapper à la surveillance :
 $\Delta t < t_{\text{admissible}} - t_{\text{alarme}}$
- ✓ Les mesures peuvent ne pas commencer à t_0 (sauf signature) si l'on connaît la loi de dégradation. Les mesures peuvent être collectées par rondes ou faites depuis le central de surveillance.
- ✓ L'arrêt sera généré automatiquement par l'alarme (cas d'un fusible), ou différé par décision volontaire jusqu'à l' I_{pc} programmée et organisée.
- ✓ L'intervention I_{pc} sera programmée à partir de l'alarme, suivant un temps de « réaction » du service maintenance à prédéterminer.

3. Les différentes sources aidant à définir les opérations de maintenance préventive :

3.1. Les documents techniques constructeurs :

Les documents constructeurs permettent de connaître d'une manière approfondie la machine à étudier. En général, on peut trouver les renseignements suivants :

- ✓ Pièces d'usure, pièces de rechange ;
- ✓ Types et références des articles ;
- ✓ Types des lubrifiants, produits consommables ;
- ✓ Paramètres de surveillance, de réglage ;
- ✓ Modes opératoires de maintenance ;
- ✓ Précautions particulières et consignes de sécurité.

Les recommandations du constructeur sont souvent à caractère général. Il faut les adapter aux conditions réelles d'utilisation. Les données proposées, très importantes, doivent servir de base de référence particulière pour la machine concernée.

3.2. Conditions d'utilisations :

- ✓ **Taux d'engagement** : Posté 3/8, 24h/24h, matériel de secours, matériel doublé ou triplé.
- ✓ **Ambiance** : Propre, sec, gazeux, poussiéreux, humide, chaud, sans abri, immergé, corrosive.
- ✓ **Mode de fonctionnement** : Marche en continu, arrêt ou démarrage fréquent.

3.3. Analyse historique :

On recherche dans l'historique d'une installation la nature et la fréquence d'apparition des défaillances, de remplacement afin de trouver les moyens pour détecter les défaillances avant leurs apparitions et déduire la périodicité des opérations de contrôle et la fréquence de remplacement systématique, et ainsi faire la distinction entre les défaillances répétitives et accidentelles.

3.4. Expériences professionnelles :

En général, le document historique est souvent insuffisant ou inexistant. Les avis des dépanneurs et des conducteurs de machine sont très intéressants. Chacun possède des petites notes personnelles qui peuvent servir aux échanges de connaissance.

L'élaboration du plan de maintenance comporte plusieurs étapes :

- ✓ Le recueil des opérations de maintenance ;
- ✓ La codification des tâches ;
- ✓ La détermination des durées et périodicité des interventions ;
- ✓ La rédaction du programme annuel des interventions de maintenance préventive.

4. Les plans de maintenance préventive pour les équipements critiques :
(Voir annexe E)

CH 8

« *Elaboration des dossiers machine pour l'équipement* »

- *Pompe 03JP20*

« Ce chapitre contient le dossiers machines de l'équipement le plus critique de l'installation ainsi que la démarche d'élaboration du dossiers en question »

1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'élaborer un dossier machine pour l'équipement le plus névralgique au sein des unités de production d'acide phosphorique, et qui servira de modèle pour les autres équipements pour élaborer leurs propres dossier dans l'avenir,

Cet équipement est :

- ✓ La pompe de circulation de bouillie : 03JP20 ;

2. Contenu général du dossier machine

Le dossier machine se compose des éléments suivant (*annexe G*):

- ✓ **Désignation et repère géographique** : c'est les codes et numéro permettant d'identifier l'équipement géographiquement et au niveau du système GMAO.
- ✓ **Dessins et spécification technique** : dans ce volet on trouve toutes les données nécessaires à identifier l'équipement en passant par les dates, la référence et les dessins d'ensemble de l'équipement.
- ✓ **Historique des pannes** : cette partie est consacré à l'historiques de la non fiabilité et la non disponibilité de l'équipement pour les trois dernières années.
- ✓ **Fiche AMDEC** : c'est la reprise de l'analyse des modes de défaillances, de leurs effets et leurs criticités comme élément clé dans le dossier-machine de l'équipement.
- ✓ **Plan de maintenance systématique** : c'est le volet le plus important puisqu'il reflète le fruit du travail d'étude et d'analyse faite avant ainsi que le plan des interventions des changements systématiques futures ; cette partie comporte en plus des désignation des changements à effectuer les gammes et les instructions de travail attachées, en outre le schéma et le plan de graissage de l'équipement ...etc. Ce point nous allons le bien détailler dans ce qui suit dans ce chapitre.
- ✓ **P.D.R** : la liste des pièces de rechange nécessaires pour mettre en œuvre le plan de maintenance systématique, ainsi que l'historique des achats des pièces de rechange pour capitaliser les données et réaliser les analyses statistiques des l'évolution des achats en pièces de rechange.
- ✓ **Plan de maintenance conditionnelle** : consacré aux contrôles à effectuer au niveau de l'équipement et des fréquences d'occurrence des ces contrôles, et en représentant une feuille modèle de fiche de suivi.

3. Détail activité et IT

3.1. Détail activité

Sur la figure suivante on illustre le modèle de tableau adapté pour élaborer les activités de maintenance :

Nom du plan de maintenance :	
Code activité :	
Nom de l'IT :	
Repère Gamme :	

Désignation de l'activité :

N° phase	Description des phases	précédent	Durée (H)	RESSOURCES					Temps MO	Temps d'arrêt	équipement de rechange	pièce de rechange				
				Méca	Elect	Instr	G. civil	Prod				code	désignation	unité	quantité	

Tableau 8-1 : forme de l'activité de maintenance.

- ✓ **Nom du plan de maintenance** : c'est le nom donné au plan pour le différencier des autres, surtout utilisé au niveau de la GMAO.
- ✓ **Code activité** : c'est le code de la gamme correspondant à la tâche ou aux tâches à réaliser.
- ✓ **Nom de l'IT** : c'est le code affecté à l'instruction de travail de l'activité en cours.
- ✓ **Repère Gamme** : le repère permettant d'identifier la gamme au niveau du système GMAO pour l'ensemble des gammes de tous les équipements.
- ✓ **Désignation de l'activité** : dans laquelle en titre les changements à effectuer.
- ✓ **N° phase** : numéro de phase ou de l'activité.
- ✓ **Description des phases** : donne la désignation et l'objectif principal de la phase sans entrer dans les détails.
- ✓ **Précédent** : préciser la ou les phases précédentes à la phase en cours, cette option permet de faire le jalonnement au niveau du calcul du temps total nécessaire pour réaliser l'activité de maintenance.
- ✓ **Durée** : le temps nécessaire pour réaliser la phase.
- ✓ **Ressources** : permet de mettre le point sur le besoin en matière des compétences humaines pour réaliser l'activité.
- ✓ **Temps MO** : le temps total de main d'œuvre.
- ✓ **Équipement de rechange** : permet de désigner l'équipement de rechange.
- ✓ **Pièce de rechange** : dans cette partie on mentionne les pièces de rechange identifiées par les éléments suivant :
 - **Code** : son code affecté par l'OCP.
 - **Désignation** : le nom de la pièce.
 - **Unité** : unité ou grandeur de cette pièce (Kg, m, ...)
 - **Quantité** : nombre de pièces demandé de même type.

3.2. Détail IT :

Sur le tableau suivant nous avons établi les instructions de travail liées aux activités :

Nom du plan
de
maintenance:

Repère Gamme:

N° Phase	Description des phases	Durée (H)	RESSOURCES					Temps MO	Temps d'arrêt	Outillage	Observations, Autorisation et mesures de sécurité nécessaires (nom de fichier)
			Méca	Elect	Instr	G. civil	prod				

Tableau 8-2 : forme de l'IT

- ✓ **Nom du plan de maintenance** : c'est le nom donné au plan pour le différencier des autres, surtout utilisé au niveau de la GMAO.
- ✓ **Repère gamme** : repère permettant d'identifier la gamme au niveau du système GMAO pour l'ensemble des gammes de tous les équipements.
- ✓ **N° phase** : numéro de phase ou de l'activité.
- ✓ **Description des phases** : donner la désignation et l'objectif principal de la phase mais cette fois en bien expliquant les détails et décomposer la phase en sous phase.
- ✓ **Durée** : le temps nécessaire pour réaliser chaque sous phase.
- ✓ **Ressources** : permet de mettre le point sur le besoin en matière des compétences humaines pour réaliser l'activité.
- ✓ **Temps MO** : le temps total de main d'œuvre, pour le calculer on fait multiplier la somme de l'effectif des ressources par la Durée.
- ✓ **Outillages** : l'ensemble des outils de manipulation et d'intervention sur l'équipement pour réaliser la phase en cours.
- ✓ **Observation, autorisation et mesures de sécurité nécessaires** : englobe les remarques sur le mode de travail, la manière de faire et les mesures à prendre pour réaliser le travail.

4. Synthèse

Pour élaborer ce dossier nous avons dû nous référer aux documents constructeurs, aux avis des experts, adapter le travail aux normes en vigueur pour réaliser un document clair et dense, permettant l'accès facile aux informations exploitables et pertinentes concernant la pompe P20.

Ce document machine résume le patrimoine technique et représente une référence essentielle pour l'équipement.

Conclusion Technique

En termes de conclusion, notre projet de fin d'études avait pour objectif l'amélioration de la maintenance mécanique des unités broyage-attaque-filtration du service Phosphorique du Jorf Lasfer, et dont le but était l'élaboration d'une politique de maintenance préventive, la réduction du temps des arrêts de production et l'optimisation des moyens humains et matériels. Cette finalité se ponctue dans une stratégie de chasse aux pertes poursuivie par le groupe OCP.

Nous avons entamé ce projet par la mise en évidence de la névralgie des équipements dans le processus de production d'acide phosphorique, la description et la division en sous systèmes de ces équipements par le biais d'analyse fonctionnelle. Ainsi, en s'inspirant de l'historique des pannes, nous avons pu dégager les sous ensembles critiques.

Nous avons également effectué une analyse qualitative et quantitative des défaillances des quinze sous ensemble, en les classifiant en premier lieu au moyen du diagramme Pareto. Le résultat de cette classification nous a permis d'établir une étude AMDEC sur seulement les équipements critiques.

Ensuite, nous avons évalué la politique de maintenance suivie par le service maintenance mécanique de l'atelier phosphorique et proposer des actions d'amélioration pour remédier aux problèmes dégagés.

Prévenir mieux que guérir est un principe impliquant le développement de contrôle et planification, pour cela le chapitre sur la politique de maintenance préventive nous proposons des plans de maintenance préventifs afin de déceler les pannes en leurs débuts et d'éviter leur déflagration.

Dans le cadre de l'amélioration de la maintenance mécanique des unités Broyage-Attaque-Filtration Comme perspectives, nous proposons d'aborder les problèmes suivants :

- ✓ Penser à la planification préalable des interventions et des tâches avant le commencement des travaux de maintenance.

- ✓ Faire des formations de personnel de maintenance concernant les méthodes de travail, d'analyse et de la maîtrise des données machines.
- ✓ la sous-traitance doit être revue en termes d'exigences de qualification des agents et des méthodes de travail,
- ✓ il est souhaitable de penser à une étude d'investissement dans les moyens de contrôle et d'avoir un service de contrôle propre à l'atelier attaché au service de maintenance.
- ✓ Se procurer les instruments nécessaires pour réaliser les contrôles qui permettent de prévoir l'état de marche de chaque équipement.
- ✓ Se doter d'une salle de documentation bien équipée et bien structurée, ainsi qu'elle offre les conditions nécessaires pour se référencier au patrimoine du service.

Conclusion générale

Ce stage au sein du groupe OCP nous a fait découvrir la vie industrielle dans une entreprise de taille. Nous avons eu l'opportunité de passer ces quatre mois de stage dans une grande école de technologies, ceci nous a permis d'enrichir notre bagage scientifique et technique dont a besoin tout ingénieur.

Cette période, nous a permis de développer une méthodologie rigoureuse et efficace pour mener à bien un projet industriel. Nous avons pris conscience de l'importance du savoir-être (être dynamique, être motivé...) et des relations humaines seules capables de faire avancer les choses.

Le fait de travailler en binôme et avec une équipe professionnelle est une expérience intéressante.

Nous avons pu voir de proche et exercer le travail d'ingénieur mécanicien.

Bibliographie :

Documents OCP :

- [1] Dossier technique pompe SULZER.
- [2] Dossier technique élévateur à godet FRAG
- [3] Dossier technique dosomètre pondéral

Ouvrages :

- [4] Cours « démarche PCRCP », M. Mohamed Elmajdoubi, Professeur à la FST de Fès.
- [5] « Technic of maintenance », Dr. Khalid Belmadhi, université Pierre and Marie Curie- Paris VI. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data
- [6] «Memotech maintenance industrielle », F. Castellazzi, D. Cogniel et Y. Gangloff ; Collection : A.Capliez. ELeducalivre.
- [7] « la gestion des équipements, guide pour la PME vers l'entretien préventif », Marc saint Marseille et Jean Bruno Lapointe, ASP métal électrique.
- [8] « Maintenance Planning & Scheduling Handbook », Doc Palmer.
- [9] « Pratique De La Maintenance Preventive », Jean Héng ; Dunod 2002.
- [10] « Maintenance Engineering Handbook » Sixth edition, Lindley R. Higgins, R. Keith Mobley; McGRAW-Hill STANDARD HANDBOOKS.
- [11] « Audit de la maintenance », Y. LAVINA, Edition d'organisation Paris 1992.
- [12] « Amélioration continue de la maintenance», Y.LAVINA, Dunod 2002.

Webographie :

- [11] www.stroc.ma
- [12] www.fourlagadec.ma
- [13] www.sulzer.ma
- [14] www.rpatechnologies.com
- [15] www.processustechnology.com

Contact us:

EL YADOUN Radouane

elyadoun@gmail.com

SBAI Youness

younessbai@hotmail.fr