

- Pr. A. Aboutajedine
- Pr. M. Belatik

AVANT PROPOS

Le contact direct avec le milieu du travail est le moyen très efficace pour aboutir à l'élargissement des connaissances aussi techniques que pratiques.

En effet le souci d'effectuer le stage dans les meilleures conditions d'apprentissage nous a conduit à bien choisir l'entreprise. C'est pour cela que nous avons choisi le groupe OCP vu l'importance de cet organisme dans l'économie nationale.

Les contacts des divers champs du travail permettent d'accéder à des nouvelles techniques qui collaborent à l'amélioration des connaissances par les stagiaires, ce qui est nécessaire pour réaliser une concordance logique au niveau de la formation.

REMERCIEMENT

« Nous remercions tout d’abord, sans fin, Dieu ALLAH pour ses innombrables bienfaits. »

Il nous est agréable de s’acquitter d’une dette de reconnaissance, auprès de toutes les personnes, dont l’intervention au cours de ce stage, a favorisé son aboutissement.

Au terme de ce travail, nous avons le grand plaisir d’adresser nos vifs remerciements à notre responsable de stage, le chef d’atelier mécanique de MRAH EL AHRACH **M. DAOUD Youssef** pour son encadrement, sa patience, son aide perpétuelle et ses précieuses consignes qui a mis à notre disposition pour accomplir notre stage d’application dans les meilleures conditions.

Nous adressons, nos sincères remerciements à Monsieur le Doyen de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès. Nous remercions **M. BELATIK** notre encadrant et tous le corps professoral qui nous ont préparés théoriquement et pratiquement durant nos années de formation, ainsi que tout le corps administratif de La FST de Fès.

Nos vifs remerciements sont adressés également aux responsables méthode **M. ELHADEF**, **M. BENOUMINI**, **M. JBILOU**, **M. EL MAZOUZI** et **M. ELFASSI** responsable GMAO planification, **M. ELHAWA**, **M. TAHOURI**, **M. HADDAD Samir** chef d’équipe et tous les opérateurs de l’atelier mécanique. Ainsi que **M. HIKIWI** chef du secteur lavage, pour son sympathie, soutien et conseils durant toute la période de stage.

Aussi, nous voudrions remercier en toute sincérité toute personne, qui nous a aidé du près ou du loin, afin d’accomplir ce modeste travail par un conseil, orientation, documentation, suggestion ou un simple encouragement.

ENONCE DU SUJET

Le complexe de bénéficiation MEA est composé de plusieurs secteurs : manutention, lavage, flottation, broyage, adaptation, décanteurs et digues, dont l'objectif est d'enrichir le phosphate à faible teneur issu de la mine pour répondre aux exigences des clients et préparer le slurry pour l'envoi à Jorf via le pipeline.

Afin de répondre aux exigences en matière de sécurité (0 incident) et fiabilité nécessaire à l'exploitation du slurry pipeline, la définition et la mise en place d'un certain nombre des actions techniques et managériales est nécessaire.

Compte tenu de ce qui précède, il nous est demandé ce qui suit:

- De faire une étude critique des équipements mécaniques du secteur lavage ;
- La fiabilisation des équipements névralgiques selon le référentiel OCP Production System (OPS) ;
- Définir et mettre en place le plan d'action nécessaire pour le fiabiliser ;

RESUME

Le traitement du phosphate revêt une importance particulière pour l'Office Chérifien des Phosphates, et donc pour l'économie nationale et pour la communauté internationale. Le Groupe OCP vient de conforter sa capacité de traitement des phosphates avec la mise en service de la laverie 'MEA' pour répondre à une demande commerciale qui ne cesse d'augmenter.

Les arrêts fréquents, la faible fiabilité de l'installation, le risque de livraison du produit avec une granulométrie inconvenable, les réclamations du client (Head Station) et la non maitrise des paramètres de marche, sont autant de freins du processus opérationnel de la laverie 'MEA', ce qui porte des effets énormes sur la pertinence de cette dernière, et par conséquent influence sur son rendement en terme de production.

Dans cette perspective, on met en évidence une section primordiale de la laverie qui est : « Lavage ». Cette partie du processus du traitement de lavage comprend en elle-même, 6 chaînes (7ème en cours de construction) qui comportent une suite d'équipements requis pour le lavage.

Des problèmes existent en permanence dans cette unité, d'où un impact négatif au niveau de la production. Ainsi, une fiabilisation des équipements de cette unité, s'avère une tâche nécessaire pour résoudre ces problèmes.

Cette fiabilisation ne peut être atteinte au chantier, que si elle se trouve conforme au référentiel de l'OPS. Ce dernier balaye plusieurs volets, en ce qui nous concerne, et dans le cadre de notre projet de fin d'étude, on va s'intéresser à une analyse des dysfonctionnements par le déploiement de la « Méthode de Résolution des Problèmes », sur les équipements de ce secteur.

En particulier, la mise en évidence des défaillances critiques et l'implantation d'un plan d'action, aura un impact concret au niveau des chaînes de lavage et par la suite, un apport satisfaisant des gains en termes d'augmentation de taux de disponibilité de l'outil de production, et la diminution du temps de réparation. Ce qui mène à une fiabilisation des chaînes en général.

- **Mots clés : chaînes de lavage, criticité, outil de production, fiabilisation, disponibilité, indicateur de performance, OPS, méthode de résolution des problèmes.**

GLOSSAIRE

5 M : Matière, Matériel, Méthode, Main-d'œuvre, Milieu.

5P : 5 Pourquoi.

AMDEC : Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leurs criticités.

BH : Batterie Hydrocyclone.

BPL : Bon phosphate of line.

BT : Basse teneur.

HT : Haute teneur.

ISO: International Standard Organization.

MEA : Mrah El Ahrach.

MRP : Méthode de Résolution des Problèmes.

MT : Moyenne teneur.

MTBF : Mean time between failures (temps moyen entre pannes).

OCP : Office Chérifien des Phosphates.

OPS: OCP Production System.

QQOQCPC : QUOI ? QUI ? OÙ ? QUAND ? COMMENT ? POURQUOI ? COMBIEN ?

SDC : Salle De Contrôle.

TBT : Très basse teneur.

TD : Temps de disponibilité.

THT : Très haute teneur.

UL : Unité de lavage.

TABLE DES MATIERES

AVANT PROPOS	1
REMERCIEMENT	2
ENONCE DU SUJET	3
RESUME	4
GLOSSAIRE	5
INTRODUCTION GENERALE	11
Chapitre I : présentation de l'organisme d'accueil	13
I. Présentation du groupe OCP	13
1. Fiche technique du groupe OCP.....	13
2. Historique	13
3. Activités du groupe OCP	14
II. Organisation de l'OCP	14
1. Objectifs	14
2. Organisation du personnel du groupe OCP	15
3. Organisation de la direction des exploitations minières	16
Conclusion	16
Chapitre II : Présentation du complexe de bénéficiation MEA.....	17
Introduction	17
I. Présentation du service d'accueil Laverie MRAH EL AHRACH (MEA).....	17
1. La laverie MEA.....	18
2. Procédé de traitement des phosphates dans la section de lavage.....	19
2.1. Débourbage.....	20
2.2. Criblage.....	20
2.3. Hydro classification.....	21
3. Procédé de traitement des phosphates dans la section de flottation.....	23
3.1. Attrition et deschlammage.....	24
3.2. Conditionnement et flottation.....	24
4. Procédé de traitement des phosphates dans la section de broyage.....	26

5. Procédé de traitement des phosphates dans la section des gestions des boues.....	27
5.1. Les décanteurs.....	27
5.2. Les bassins d'eau.....	27
6. Procédé de traitement des phosphates dans la section d'adaptation.....	28
Conclusion.....	31
Chapitre III : Etude critique des équipements du lavage	32
Introduction.....	32
I. Application de la méthode de résolution des problèmes	32
1. Présentation du projet.....	32
❖ Phase 1 : la définition du problème	32
1.1. Démarches adoptées	32
1.2. Problématique.....	34
1.3. Cadrage du projet.....	36
❖ Phase 2 : analyse des causes racines	36
II. Identification des équipements critiques	36
1. L'OPS (OCP Production System).....	36
1.1. Définition	36
1.2. Les grands principes de l'OCP PS.....	36
1.3. Les grands blocs de l'OCP PS	37
2. Classification TDPC.....	38
2.1. Grille d'évaluation	39
2.2. Equipements névralgiques	39
III. Etude des pompes	40
1. Définition	40
2. Analyse AMDEC	41
2.1. Définition	41
2.2. Les différents types de l'AMDEC	41
• Le brainstorming	42
2.3. AMDEC	43

2.4. Analyse PARETO	45
2.4.1. Définition	45
2.4.2. Construire le diagramme.....	45
❖ Phase 3 : recherche, proposition et choix des solutions	46
3. Resolution des problèmes de la pompe PP04	47
• Bête à cornes de la pompe PP04	47
• QQQQPC.....	48
• Comprendre le fonctionnement normal du système	48
➤ Présenter l'environnement de la pompe PP04	48
➤ Illustration de l'emplacement de PP04 dans les unités de lavage	49
➤ Principes et paramètres de marche	49
➤ Liste des composants et leurs fonctions	50
• Fixer les objectifs	52
• Les 5 pourquoi	53
• Analyse des causes-effet (5M ou diagramme d'Ishikawa)	54
▪ Définition	54
❖ Phase 4 : Mise en application, agir	55
➤ Actions à portées sur le planning de graissage	55
➤ Programme de graissage de la pompe WARMAN 12/10FAHR	55
➤ Graissage automatique des paliers des pompes Warman12/10FAHR...	55
➤ Présentation générale des indicateurs de performances	56
• Indice de fiabilité	56
• Indice de maintenabilité	56
• Taux de disponibilité	56
➤ Calcul	57
Conclusion	58
Ouverture	58
Bibliographie	59
Annexes	60

Liste des figures

Figure 1: Implantation du groupe OCP au Maroc	15
Figure 2: Organigramme du groupe OCP	16
Figure 3: Vue globale de la laverie MEA	17
Figure 4: Courbe de GAUSS de la distribution granulométrique du phosphate brut.....	18
Figure 5: Les composantes principales du débourbeur	20
Figure 6: Quelques composantes du crible	21
Figure 7: Les composantes principales d'une batterie d'hydrocyclones	22
Figure 8: Principe de fonctionnement	23
Figure 9 : Flowsheet d'une unité de lavage.....	23
Figure 10: Cellule d'attrition	24
Figure 11: Conditionneurs	24
Figure 12 : Les cellules de flottation	24
Figure 13: Flowsheet de l'atelier de flottation	25
Figure 14: Flowsheet de l'atelier de broyage	27
Figure 15: Flowsheet Décanteurs et bassins d'eau	28
Figure 16: Vue de haut de l'unité d'adaptation	29
Figure 17: Atelier broyage	29
Figure 18: décanteur d'adaptation	30
Figure 19: Zone de floculation	31
Figure 20: Graphe de répartition des arrêts par secteur.....	33
Figure 21: Capture de l'ancienne base de données des arrêts 2017	35
Figure 22: Capture de la nouvelle base de données des arrêts 2017	35
Figure 23: PARETO de criticité de tous les équipements de lavage	37
Figure 24 : Les blocs de l'OPS	39
Figure 25: PARETO de criticité des anomalies des pompes des unités de lavage.....	45
Figure 26: Fuites au niveau de la pompe PP04.....	46
Figure 27: Graphe de fréquence et durée d'arrêts des pompes.....	49
Figure 28: Bête à cornes de la pompe PP04	50
Figure 29: La pompe PP04	52
Figure 30: Emplacement de PP04.....	53
Figure 31: 5P coincement mécanique de la pompePP04.....	58
Figure 32: Diagramme Ishikawa de la pompe PP04.....	59

Liste des tableaux

Tableau 1: Fiche technique du groupe OCP.....	13
Tableau 2 : Capacités des unités des sections de la laverie MEA	19
Tableau 3: Criticité des secteurs de MEA 2017.....	32
Tableau 4: Tableau des installations modifiées	35
Tableau 5 : PARETO de criticité de tous les équipements de lavage	37
Tableau 6: Indices TDPC.....	40
Tableau 7 : Tableau de classification TDPC_atelier production	41
Tableau 8 : Analyse TDPC	42
Tableau 9: Types de l'AMDEC	43
Tableau 10: Notation de l'AMDEC	44
Tableau 11: Tableau PARETO de criticité des anomalies des pompes des unités de lavage.....	45
Tableau 12: AMDEC pompes	46
Tableau 13 : Fréquence et durée d'arrêts des pompes	49
Tableau 14 : QQQPC de la pompe PP04.....	51
Tableau 15: Paramètres de marche PP04 WARMAN	53
Tableau 16 : Liste des composants de la pompe PP04 et leurs fonctions	54
Tableau 17 : Calcul des indices de performances MTBF et TD des unités de lavage.....	61

INTRODUCTION GENERALE

Pour mettre en pratique les connaissances acquises durant nos années de formation à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, et pour faire apparaître les compétences d'analyse méthodique des étudiantes en Conception et Analyse Mécanique, nous avons entrepris un stage à la section « Maintenance Mécanique de laverie MEA » – Khouribga.

L'entreprise industrielle actuelle est soumise à des mutations majeures et profondes. Elle est sans cesse confrontée à un monde de concurrence impitoyable, qui vise continuellement à améliorer aussi bien la qualité et les prix de biens et/ou de services que les délais de leur réalisation.

Suite à ces contraintes, l'Office Chérifien des Phosphates a adopté le plan émergence qui vise entre autres à :

- ❖ Améliorer les performances actuelles des outils de production.
- ❖ Réduire les coûts de production.
- ❖ Développer la flexibilité industrielle.
- ❖ Amélioration continue de qualité industrielle
- ❖ Instaurer la culture de la performance et de l'amélioration continue.
- ❖ Étendre l'expertise industrielle de haut niveau auprès des collaborateurs.

A cet égard, et dans le cadre de conserver sa position du leader sur le marché international des phosphates. L'OCP a mis en service la récente laverie MEA qui s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre du projet industriel du groupe OCP et de sa stratégie ambitieuse conciliant expansion des activités industrielles, préservation des ressources en eau et respect de l'environnement, placés au cœur des préoccupations du groupe marocain. Cette dernière a pour objectif principal l'enrichissement des phosphates, ainsi que la préparation du produit fini pour faciliter son transport via Pipeline, reliant Khouribga à Jorf Lasfar. C'est pour cela que l'ensemble des départements de la laverie collaborent, et travaillent d'arrache-pied pour la maîtrise et le maintien de la qualité du produit fini.

Cette laverie est constituée de six chaînes de lavage (7ème en cours de construction), trois unités de flottation, deux unités de broyage, trois bassins de décantation et une unité d'adaptation. La laverie fait partie intégrante de la stratégie d'eau de l'OCP dans la mesure où 87% des eaux utilisées sont recyclées grâce aux décanteurs et digues, et 70% du besoin annuel en eau sont couverts par la station d'épuration d'eaux usées de la ville de Khouribga. L'unité de lavage comprend une série d'équipements qui rencontrent des coincements et des défaillances en continue. C'est pour cela qu'un œil critique sur leur fonctionnement est extrêmement nécessaire, non seulement pour les garder en bon état, mais encore pour trouver une meilleure configuration des paramètres de marche, pour maîtriser le procédé de lavage et enfin améliorer les indicateurs de maintenance mécanique (MTBF et TD). Dans le cadre de notre projet de fin d'études, notre responsable de stage à la laverie MEA, nous a confié la mission de faire une

« Étude critique des équipements mécaniques des chaînes de lavage, fiabilisation des équipements névralgiques selon le référentiel OCP Production System (OPS), puis le plan d'action nécessaire pour le fiabiliser ».

Pour organiser le déroulement de notre travail, nous avons subdivisé le rapport présent en trois chapitres.

Le premier décrit l'entreprise d'accueil OCP.

Dans le deuxième chapitre nous allons aborder une description de la laverie MEA avec ses différents services notamment celle du lavage.

Ensuite, dans le troisième chapitre, on va appliquer la méthode de résolution des problèmes présentés dans l'OPS, qui englobe en elle-même des étapes d'analyse fructifiant

Chapitre I : présentation de l'organisme d'accueil

I. Présentation du groupe OCP :

1. Historique :

L'Office Chérifiens Des Phosphates a été créé le 7 Août 1920. C'est un organisme d'état à caractère industriel et commercial avec une gestion privée. Il a débuté son activité par l'extraction des phosphates dans les régions de Khouribga. Ensuite il a aménagé le gisement de Gantour à Youssoufia, puis le gisement de Sidi Daoui, de Bocraâ...

En 1965, l'OCP créa à Safi, Maroc chimie la première unité de traitement et de valorisation du phosphate. Suivit ensuite par Maroc phosphore I et II à Safi et Maroc phosphore III et IV à El Jadida (1965).

A partir des années soixante-dix de nouvelles filiales du groupe OCP sont apparus, permettant une alliance entre l'OCP et d'autres partenaires (Indien, Belge et Allemand, Pakistané, Brésilien...). Ainsi l'office chérifien des phosphates est devenu le groupe OCP en 1975.

Actuellement l'OCP est devenu une société anonyme ayant un chiffre d'affaire de l'ordre de 59.4 Milliards de Dirhams en 2012 et son effectif est de l'ordre de 20000 employés dont 700 sont des ingénieurs.

2. Fiche technique du groupe OCP :

Raison social	OFFICE CHERIFIEN DES PHOSPHATES (OCP)
Numéro du registre de commerce	CASABLANCA 40327
Date de création	DAHIR DU 07/08/1920
Mise en place de la structure OCP	Juillet 1975
Statut juridique	Société anonyme
Siège social	Rue Al Abtal, Hay Erraha, 20200 Casablanca, Maroc
Président directeur général	M. MUSTAPHA TERRAB
Effectif en personnel	20000 dont 6 % ingénieur et assimilés
Produits commercialisés	Phosphate, Acide Phosphorique, Engrais
Chiffre d'affaires	59,4 milliards de Dirhams en 2012

Tableau 1 : Fiche technique du groupe OCP

3. Activités du groupe OCP :

Les différents sites du groupe OCP sont implantés au Maroc comme les présente la Figure 1 afin de réaliser les activités principales suivantes :

- L'extraction du phosphate brut des mines de Khouribga, Boucraâ, Youssoufia et Benguerir ;
- Le traitement du phosphate brut par lavage, séchage et calcination (Youssoufia, Khouribga, Safi) ;
- La valorisation du phosphate en acide phosphorique et engrais (Safi et Jorf Lasfar) ;
- La commercialisation du phosphate brut ou valorisé aux industries chimiques importatrices via les ports de Casa, Safi, El Jadida ou Lâayoune.

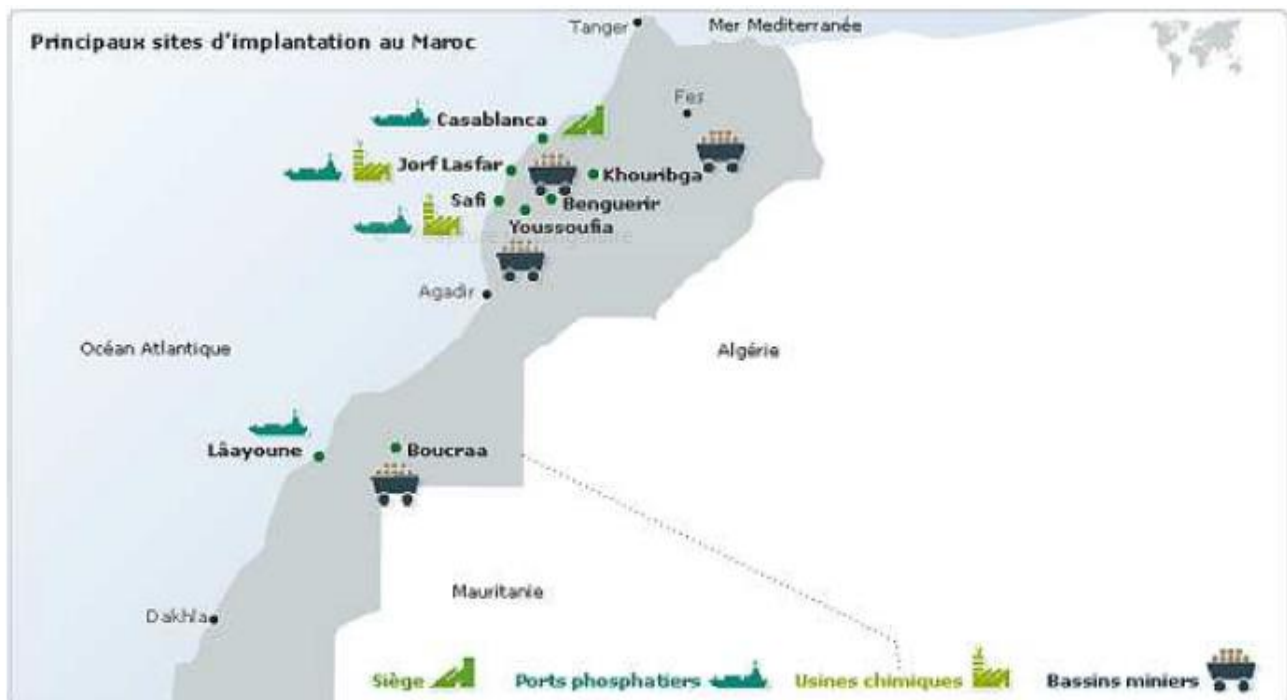


Figure 1 : Implantations du groupe OCP au Maroc

II. Organisation de l'OCP :

Depuis 2003, le Groupe OCP vit au rythme de sa nouvelle organisation.

1. Objectifs :

- Mobiliser, responsabiliser et capitaliser plus fortement sur les ressources de l'entreprise pour lui assurer un développement rentable et durable.
- Renforcer l'adhésion aux valeurs du Groupe et favoriser l'épanouissement individuel par la valorisation des compétences.

Cette réorganisation passe par une approche de contractualisations entre les entités du groupe à travers le développement de relations client-fournisseur. Sur le terrain, elle s'est traduite par la mise en place d'une logique de gestion en «Business Unit» à travers l'instauration des trois pôles d'activités (Mines,

Chimie, Finance et support logistique) à côté d'autres directions. (Ressources humaines, recherche et innovation, stratégie et développement, commercial...).

Pour développer d'avantage la responsabilité collégiale, ce nouveau cadre de travail s'est aussi accompagné de la création des comités chargés d'assister le Directeur Général dans sa prise de décisions stratégiques, de favoriser le transfert d'information et le développement des synergies.

Pour suivre de manière régulière l'exécution des programmes d'actions et le bon fonctionnement des activités, des outils de contrôle ont été mis en œuvre.

2. Organisation du personnel du groupe OCP :

Le groupe O.C.P est un organisme important au Maroc, son personnel est classé en trois catégories :

- ❖ Les Hors Cadres.
- ❖ Les Techniciens, Agents de Maîtrise et Cadre Administratif (TAMCA).
- ❖ Les Ouvriers et Employés (OE).

Les TAMCA et les OE sont eux-mêmes classés en six niveaux et sept Catégories :

TAMCA (Technicien, Agents de maîtrise et Cadre Administratif.)

- ❖ H.M (Haute Maîtrise) : X5 et X6.
- ❖ P.M (Petite Maîtrise) : X1 à X4.

OE (Ouvriers et Employés)

- ❖ PC (Petite Catégorie) : C2 à C4.
- ❖ GC (Grande Catégorie) : C5 à C7.

Reste à noter que chaque passage de grade n'aura lieu que suite à un concours.

Tout agent a un matricule qui le distingue et montre la catégorie à laquelle il appartient, et il travaille suivant trois horaires :

- ❖ Le premier poste de 06h30 à 14h00.
- ❖ Le deuxième poste de 14h30 à 22h30.
- ❖ Le troisième poste de 22h30 à 06h30.

Ceci d'une part, d'autre part les agents de bureau travaillent selon deux horaires le premier dit : «sirène» de 8h00 à 12h00 et de 14h00 à 18h00 et le deuxième dit : «Continu» de 07h00 à 15h00.

3. Organisation de la direction des exploitations minières :

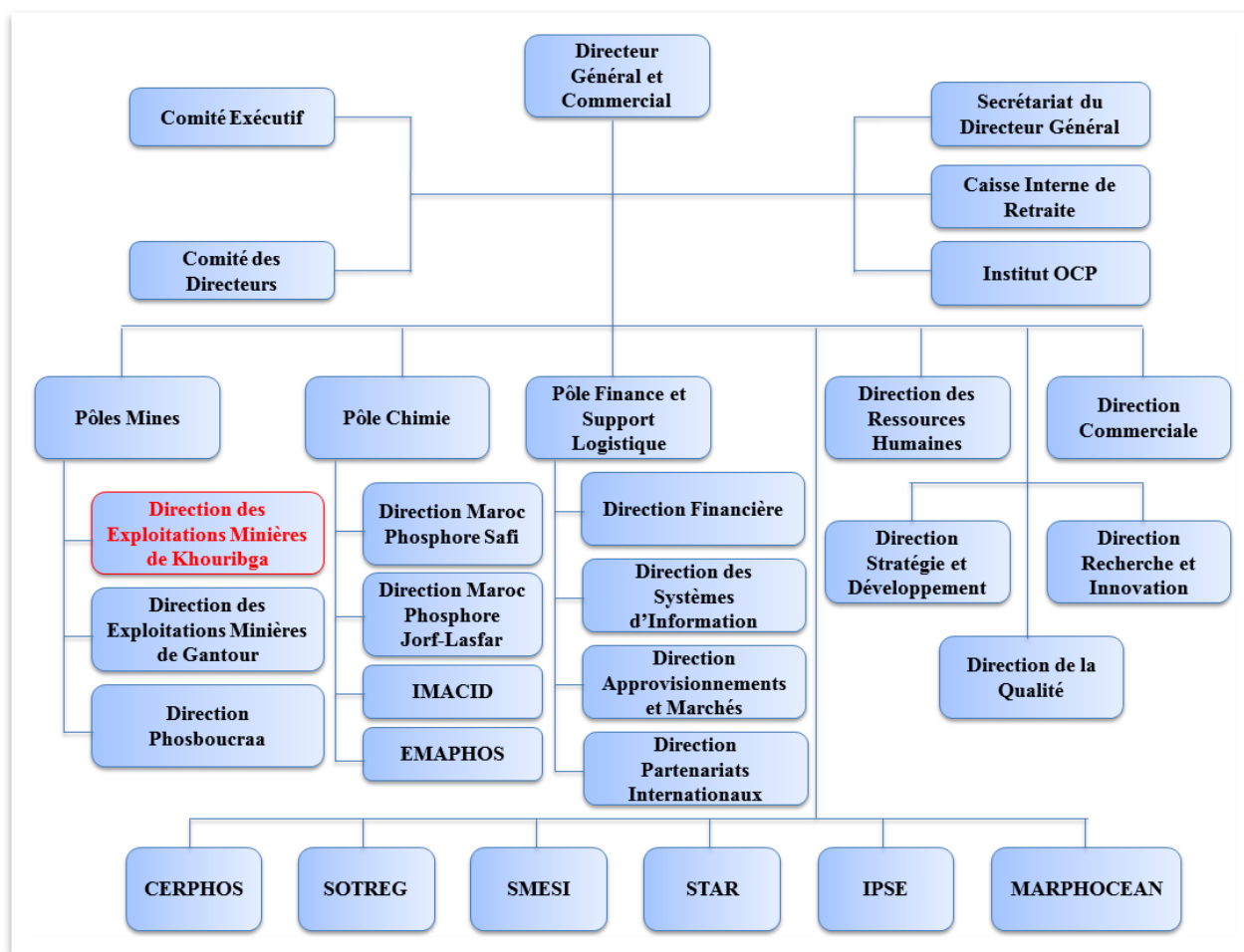


Figure 2 : organigramme du groupe OCP

Conclusion :

Ce premier chapitre d'initialisation, nous a donné une idée générale sur le groupe chérifien des phosphates.

En effet, il s'est avéré que ses activités sont organisées selon un modèle intégré, couvrant l'ensemble des opérations de la chaîne de valeur depuis l'extraction des phosphates jusqu'à la production et la commercialisation de différents produits. Notamment des engrais et de l'acide phosphorique. Il a donc ce rôle économique et social important au Maroc et une renommée mondiale incomparable.

Chapitre II : Présentation du complexe de bénéficiaction MEA

Introduction :

La laverie MEA est une usine d'enrichissement de phosphate par lavage, broyage et flottation d'une capacité de production de 7,2 MT/an.

Elle permettra de répondre aux besoins futurs en produit marchand, et d'assurer une exploitation rationnelle et équilibrée des gisements par la valorisation des niveaux phosphatés très pauvres.

I.Présentation du service d'accueil Laverie MRAH EL AHRACH (MEA) :

Le projet de doublement de la production concerne particulièrement la ville de Khouribga, véritable capitale mondiale du phosphate. Cet objectif passe essentiellement par la construction de nouvelles laveries dont la fonction est d'enrichir le phosphate et le préparer pour le transport via le Pipeline (Slurry Pipe).



Figure 3: Vue globale de la laverie MEA

1. La laverie MEA :

Le site de la laverie MEA est localisé à environ 25 km au sud-est de la ville de Khouribga, de part et d'autre de la route nationale RN11, en se dirigeant vers Fkih Ben Salah est l'une de ces laveries. Elle a commencé ses activités en 2010. Le 21 mars 2012, elle s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre du projet industriel du groupe OCP, et de sa stratégie ambitieuse conciliant expansion des activités industrielles, préservation des ressources en eau et le respect de l'environnement, placés au cœur des préoccupations du groupe marocain.

La mission de la laverie MEA consiste à faire l'enrichissement des phosphates provenant du site d'extraction de la zone centrale Merah El Ahrach. L'enrichissement consiste à débarrasser le minerai de ses fractions granulométriques les plus pauvres, à savoir les grains supérieurs à 125 μm et inférieurs à 40 μm . Cet enrichissement, se fait à l'aide des traitements spécifiques permettant d'élever sa teneur en BPL, et le préparer au transport par Pipeline vers Jorf Lasfar.

La figure suivante représente la distribution des différentes tranches, en fonction de leur teneur en BPL et le diamètre des graines, suivant une courbe de Gauss.

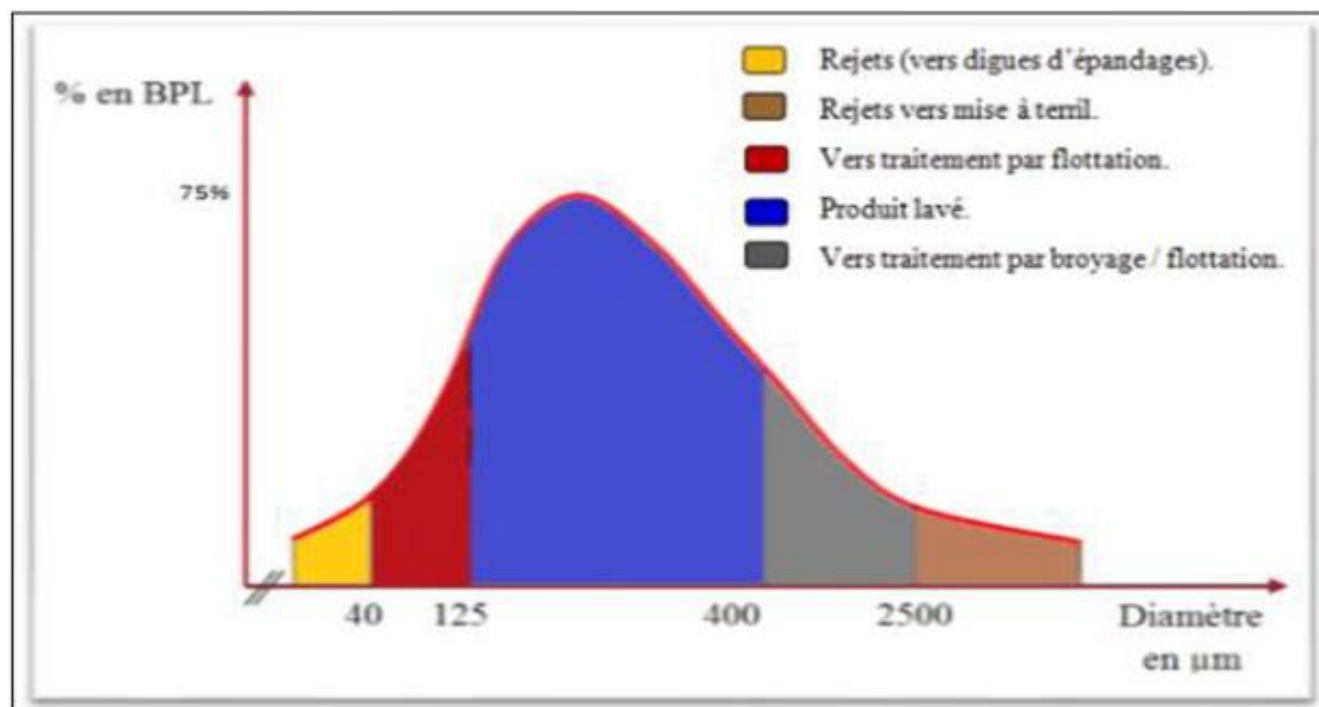


Figure 4 : Courbe de GAUSS de la distribution granulométrique du phosphate brut

La laverie MEA comporte cinq sections principales :

- ✓ Une section de lavage des phosphates, qui consiste en un débourbage, criblage et classification physique du produit (suivant la granulométrie des coupes) ;
- ✓ Une section de broyage en voie humide, qui assure la préparation du produit à la flottation et au transport hydraulique par pipeline ;

- ✓ Une section de flottation pour l'enrichissement des tranches fines pauvres et des tranches grossières broyées ;
- ✓ Une section d'adaptation pour rendre le produit compatible au mode du transport par Pipeline ;
- ✓ Une section de stockage des boues stériles et de récupération d'eau.

Section	Nombre	Capacité de l'unité
Lavage	6 chaines	350 tonnes/heure
Flottation	3 ateliers	300 tonnes/heure
Broyage	2 ateliers	240 tonnes/heure
Décanteurs	3 décanteurs	54000 m ³
Adaptation	2 décanteurs + 4 ateliers de broyage	1588 tonnes/heure
Stockage	1	800000 tonnes

Tableau 2 : Capacités des unités des sections de la laverie MEA

Les boues de lavage ainsi que les rejets de flottation, sont acheminés par gravité vers les décanteurs. L'eau est récupérée du trop-plein et la sous verse épaissie est pompée dans une aire de stockage des résidus. L'eau de retour des résidus est recyclée dans le système d'alimentation de l'usine.

Les flux de produit final de cette usine d'enrichissement doivent être encore transformés pour atteindre la rhéologie de pulpe requise. La préparation de la pulpe comprend deux étapes :

- ❖ Broyage pour obtenir la granulométrie de distribution désirée pour le produit.
- ❖ Épaississement pour obtenir la densité de pulpe désirée.

2. Procédé de traitement des phosphates dans la section de lavage :

Le lavage est un traitement que subissent les phosphates pour augmenter leurs teneurs en BPL, surtout pour les types BT et TBT, en subissant une série d'opérations par chaîne de lavage. L'usine comporte six chaînes de lavage identiques (la 7ème est en travaux de construction).

Chaque chaîne traite le phosphate brut suivant trois phases :

Le débouillage => Le criblage => L'hydro cyclonage

Et entre ces phases principales, il y'a des convoyeurs qui servent à transférer le produit d'un point vers un autre.

On va traiter ces trois étapes en détail, pour pouvoir mieux assimiler le processus de lavage.

1.1. Débouillage :

Le débouillage est la première des trois étapes du processus de lavage. Le rôle du débouilleur est de malaxer le minerai de phosphate mis en pulpe, afin de séparer les grains phosphatés de la gangue argilo-calcaire. La pulpe est ensuite envoyée vers le crible.

Le débourbeur est composé principalement d'une virole cylindrique munie d'ouvertures circulaires aux extrémités, pour l'alimentation et la sortie des produits. Il est monté sur 16 roues : Huit sont alimentées en rotation par quatre motoréducteurs, et huit sont des roues folles entraînées par la rotation de la virole et un système de guidage (deux roues montées sur le centre du châssis) permet un guidage longitudinal.

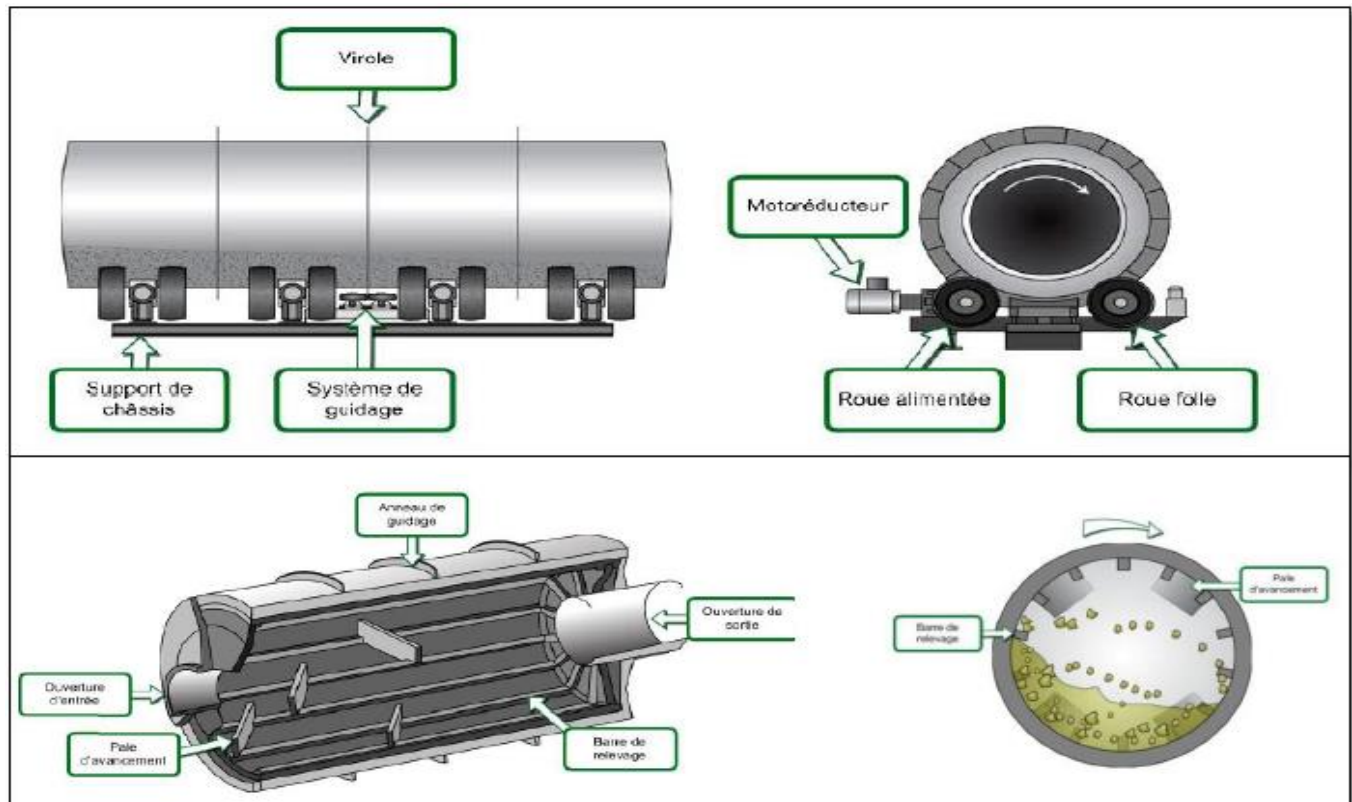


Figure 5 : Les composantes principales du débourbeur

1.2. Criblage :

La pulpe homogénéisée est ensuite passée dans un crible vibrant (CR) afin d'éliminer les gros grains qu'elle contient. Le mouvement vertical du crible tamise le produit, et son inclinaison évacue les grains retenus. La grille à ouvertures (mailles) ne laisse passer que les grains de moins de 2,5 mm, appelés « passants ». Les grains de taille supérieure, le « refus », sont évacués vers la mise à teruil par une série de convoyeurs. Le crible est muni d'un système d'arrosage, qui favorise la récupération des produits attachés au stérile (rinçage).

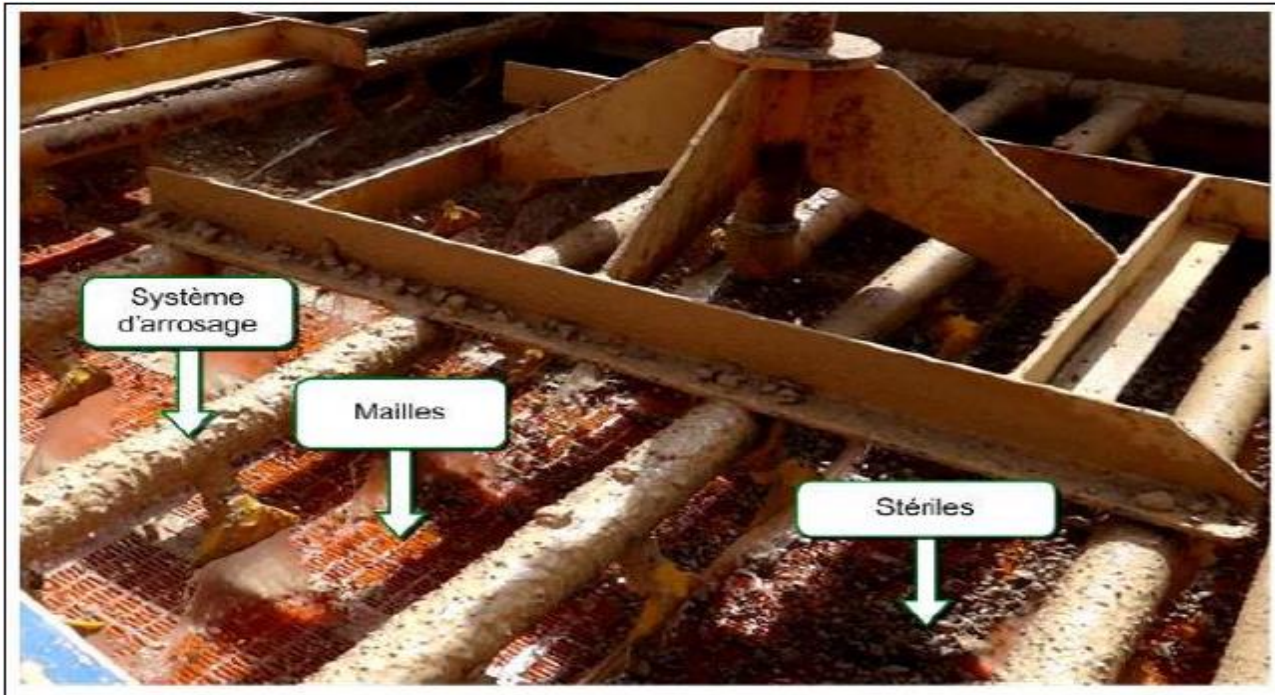


Figure 6 : quelques composantes du crible

1.3. Hydro classification :

Les passants du crible (fraction inférieure à 2,5 mm) alimentent le système d'hydro classification réalisant la coupure : 125 μ m. Ce système est constitué de deux batteries d'hydro cyclones BH1 et BH2 montées en série. La surverse de ce système alimente une batterie d'hydro cyclones BH4 réalisant la coupure à 40 μ m pour évacuer les fines au système de décantation et la tranche 40 μ m << 125 μ m, vers l'atelier de flottation.

Pour la Couche 2 : la sousverse du système d'hydro classificateurs BH1 et BH2, constitue le concentré de lavage, est épaissi dans un hydrocyclone épaississeur BH3. La pulpe ainsi obtenue est égouttée sur des convoyeurs séparateurs, avant d'alimenter la série des convoyeurs de mise en stock du concentré.

La surverse de l'épaississeur alimente le débourbeur en eau.

Pour la couche 3 : la sousverse de la batterie d'hydrocyclones BH1, alimente l'hydroséparateur HD réalisant la coupure 400 μ m, la surverse de ce système constituant le concentré de lavage, est épaissie dans l'épaississeur BH3. La pulpe ainsi obtenue est égouttée sur des convoyeurs séparateurs, avant d'alimenter la série des convoyeurs de mise en stock du concentré.

La tranche 400 μ m << 2500 μ m est déversée dans un bac BP13 pour alimenter ensuite l'atelier de broyage.

⇒ Composantes principales d'une batterie d'Hydrocyclone :

Toutes les batteries d'Hydrocyclones ont les mêmes composantes principales, bien que leurs dimensions et le nombre d'unités qu'elles contiennent varient. Chaque hydrocyclone peut être isolé du distributeur d'alimentation par une vanne à guillotine (vanne d'isolation), situé sur sa conduite d'alimentation tangentielle

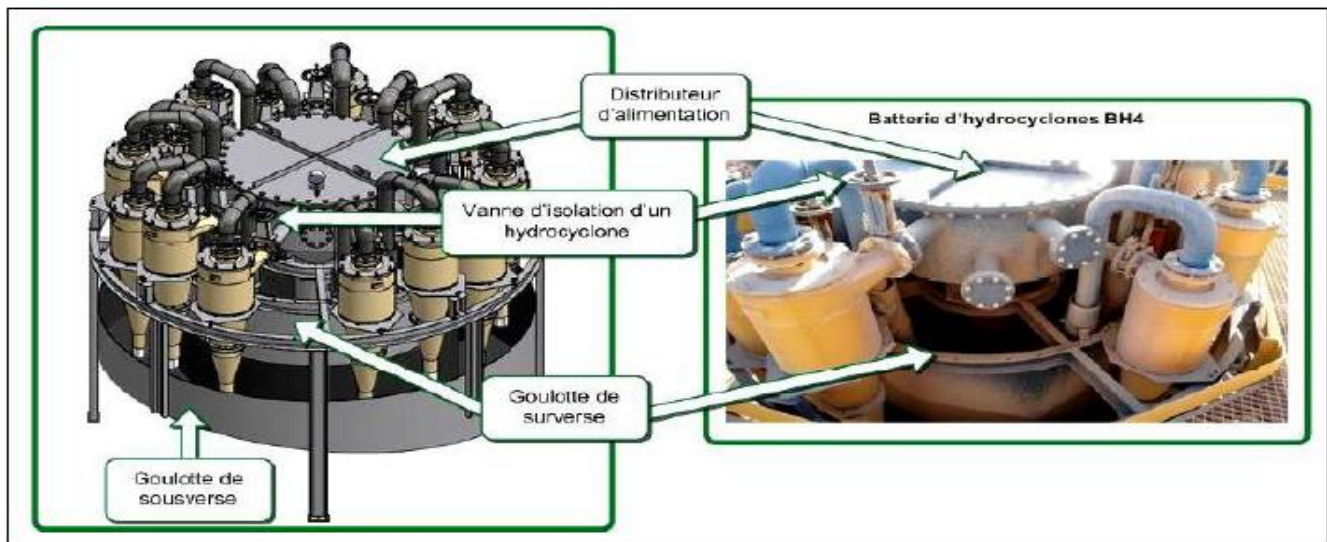


Figure 7 : les composantes principales d'une batterie d'Hydrocyclones

⇒ Principe de fonctionnement :

Les Hydrocyclones sont des équipements de classification et d'épaississement, sans composantes mobiles, qui convertissent la pression d'un fluide en force centrifuge. Cette force accélère la séparation due à la gravité naturelle, et rend la classification plus rapide.

La pulpe de phosphate entre à haute pression dans l'hydrocyclone par la conduite d'alimentation tangentielle. Cette haute pression est transformée en force centrifuge : la pulpe se déplace vers le bas en spirales et les particules de phosphate se séparent selon la taille. Les plus grosses particules se rapprochent des parois et les plus petites que la dimension de coupure se dirigent vers le centre.

Le diaphragme force la pulpe à effectuer un mouvement circulaire le long des parois de l'unité. Il empêche aussi la pulpe de traverser la conduite de décharge de la surverse dès qu'elle entre dans l'équipement.

Lorsque la pulpe tourbillonne vers le bas, elle atteint l'ouverture apex, les particules grossières circulant le long des parois sont évacuées par celui-ci. Cette pulpe est appelée la « sous verse ».

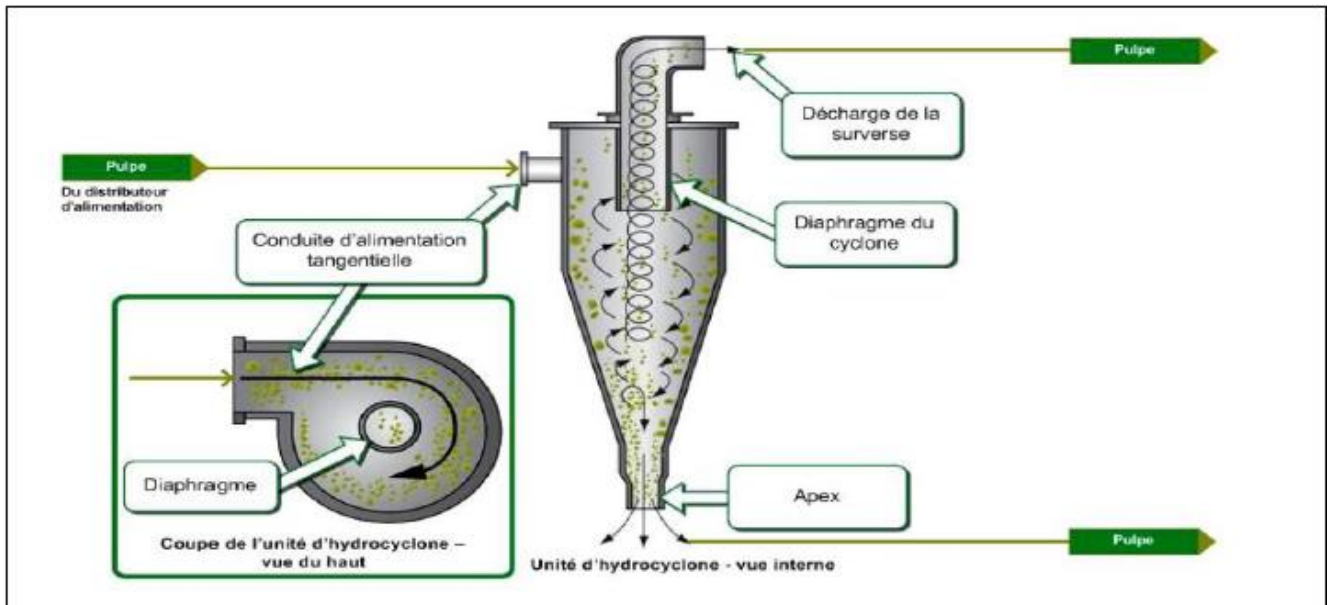


Figure 8 : Principe de fonctionnement

Voici un flowsheet représentant une unité de lavage entière.

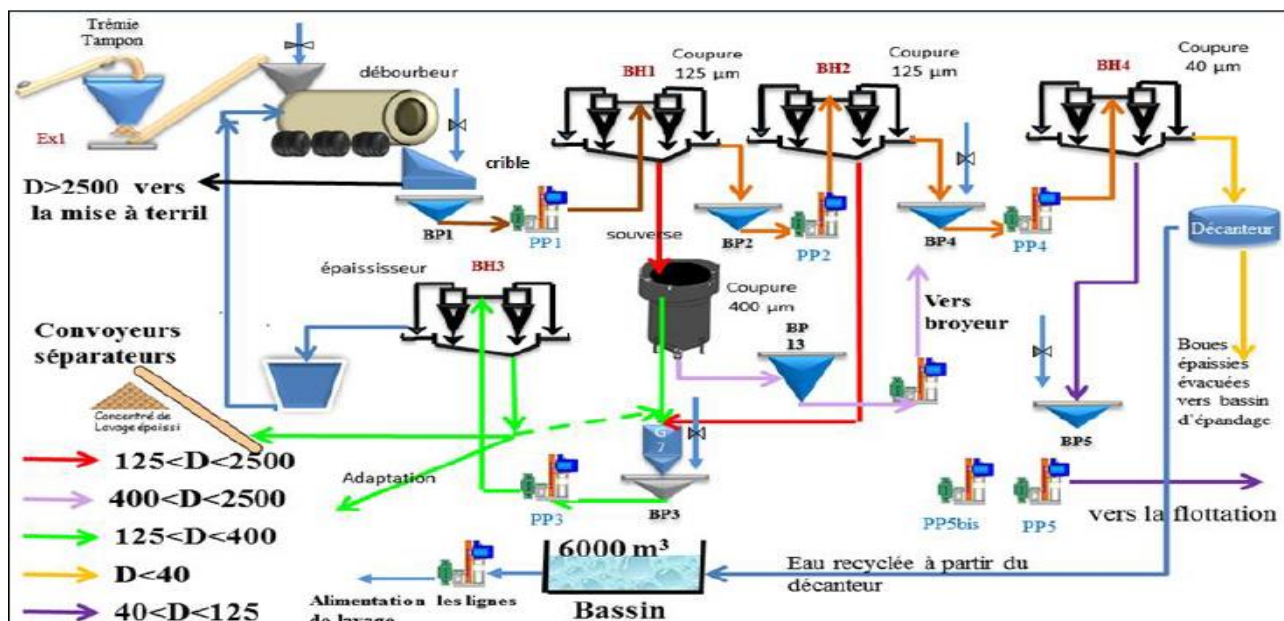


Figure 9 : Flowsheet d'une unité de lavage

3. Procédé de traitement des phosphates dans la section flottation :

La flottation est un traitement physico-chimique par voie humide. Elle consiste à déprimer le minéral de valeur et à flotter les minerais indésirables par l'addition des réactifs. Ainsi, pour augmenter sa teneur du minéral en BPL, le traitement va s'effectuer selon deux phases :

3.1. Attrition et deschlammage :



Figure 10 : cellule d'attrition

Le circuit d'attrition est alimenté à partir du bac tampon en tête d'attrition. Ce bac reçoit la tranche (40 - 125 μ m) issue du lavage et alimente une batterie d'hydrocyclones BH5 qui assure une meilleure élimination des fines inférieures à 40 μ m.

La surverse de cette batterie d'hydrocyclones constituée de boues inférieures à 40 μ m est transférée vers le décanteur.

La sousverse, constituée de la fraction granulométrique (- 125; + 40 microns) alimente, par gravité une machine d'attrition pour assurer un nettoyage énergétique de la surface des grains.

Les schlamms, de dimensions inférieures à 40 microns, générés par l'attrition, sont éliminés en deux étages d'hydrocyclonage BH6 et BH7.

Le produit ainsi obtenu est prêt à être enrichi par flottation.

3.2. Conditionnement et Flottation :



Figure 11 : Conditionneurs



Figure 12 : Les cellules de flottation

La pulpe issue de l'étape d'attrition/deschlammage alimente les conditionneurs de réactifs de flottation. Ces conditionneurs sont montés en série et reçoivent également, les flux de réactifs de flottation préalablement préparés.

Ainsi :

Dans les trois premiers conditionneurs arrivent la pulpe et le flux du réactif (l'acide phosphorique déprimant des phosphates).

Les trois derniers conditionneurs reçoivent la pulpe en provenance des trois premiers conditionneurs et le flux du réactif (l'ester) collecteur des carbonates.

La pulpe ainsi conditionnée alimente par gravité la boîte d'alimentation de la première cellule de flottation, où a eu lieu l'ajout du collecteur (l'amine) de la silice.

Le circuit de flottation est constitué des cellules montées en série. Les produits flottés des cellules constituent le rejet de flottation. Ces produits sont collectés dans un bac, puis évacués vers le décanteur.

Le produit non flotté, constituant le concentré de flottation, de la dernière cellule de flottation tombe par gravité dans un bac BP11, puis il est soutiré pour être épaissi dans les hydrocyclones BH8.

La surverse de ces Hydrocyclones est recyclée dans un bac en tête du premier conditionneur.

La sousverse épaissie (concentré de flottation) rejoint le circuit de séparation solide liquide de la laverie (convoyeurs séparateurs) pour égouttage.

Le diagramme suivant illustre le procédé de traitement par flottation :

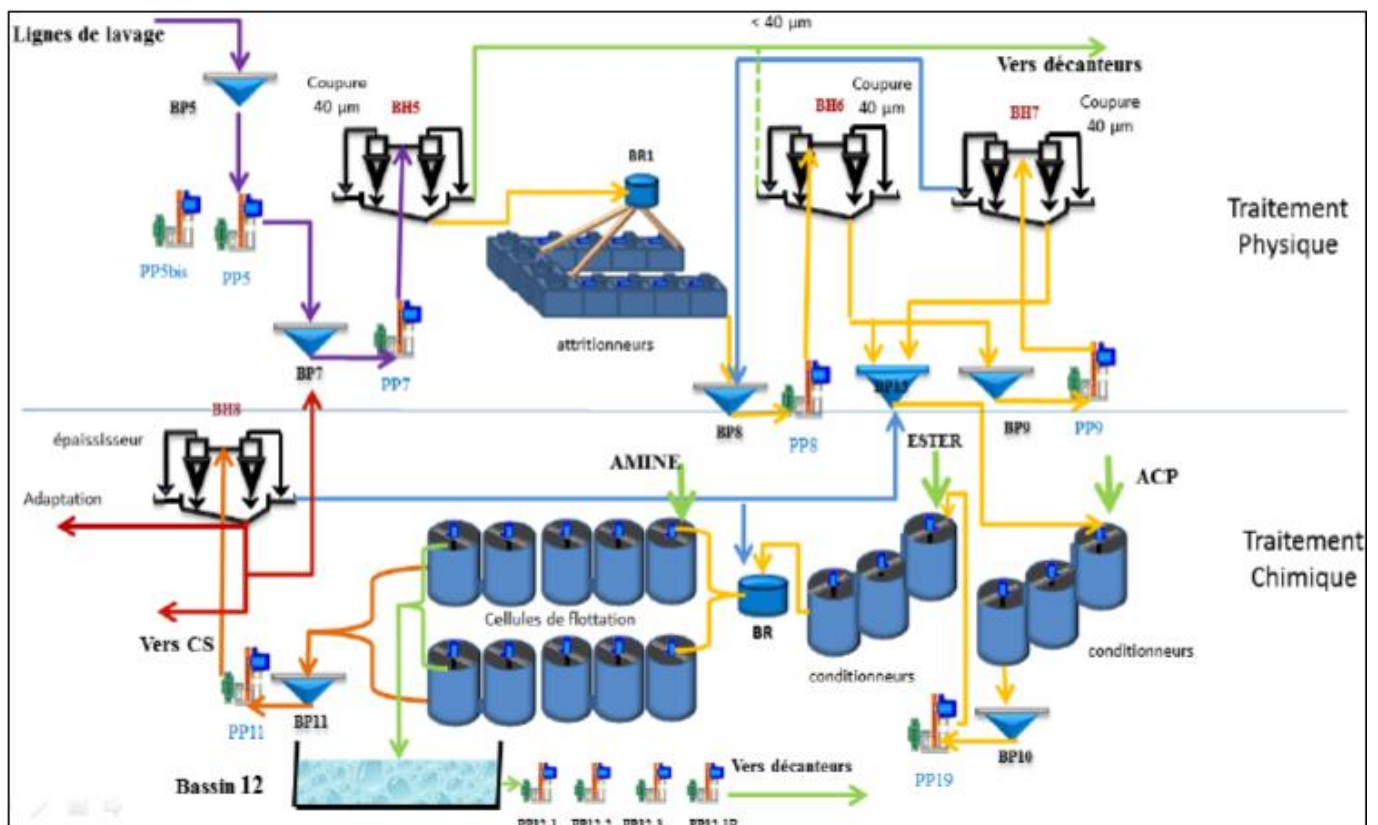


Figure 13 : flowsheet de l'atelier de flottation

4. Procédé de traitement des phosphates dans la section broyage :

L'unité de broyage MEA compte deux ateliers identiques de broyage, chaque atelier dispose de deux broyeurs d'une capacité nominale de 120 t/h/broyeur de produit sec. Soit une capacité totale de 480 t/h.

La pulpe de phosphate issue de la sousverse de la batterie d'hydro-cyclones BH1 passe par une classification au niveau des hydro-classificateurs à 400 μm . Les décharges (surverses) des HD alimentent les deux seguias qui alimentent à leur tour le bac à pulpe BP13, avec un produit de granulométrie comprise entre 400 et 2500 μm .

Alimenté par le bac BP13, le bac BP14 dispose de 3 pompes PP14i, qui assurent l'alimentation des batteries d'hydro-cyclones BH9 de chaque atelier en pulpe de phosphate ; avec un taux de solide de 30%. La mise en place de ces batteries doit permettre de faire une pré-séparation à l'entrée des broyeurs. Les batteries BH9 assurent une coupure à 180 μm pour éviter de sur-broyer les grains de phosphate qui ont déjà un diamètre inférieur à 180 μm . La sousverse de BH9 doit alimenter les deux broyeurs d'un même atelier avec un produit concentré à 68%. Quant à la surverse, le produit est beaucoup moins concentré, et peut atteindre un taux de solide de 1%, permettant ainsi de diluer le produit au niveau des bacs à pulpe BP16 et BP17.

A la sortie des broyeurs, le produit ayant un taux de solide de 55%, passe dans les bacs à pulpe BP16 et est pompé par les pompes PP16 vers les batteries d'hydro-cyclones BH10. En assurant une coupure de 180 μm , ces batteries sont considérées comme des batteries de correction. Les grains sortant des broyeurs et ayant un diamètre supérieur à 180 μm sont récupérés à la souverse des BH10 et retournés à l'entrée des broyeurs avec un taux de solide de 75%. Le produit obtenu à la surverse des BH10 et ayant un taux de solide de 30% passe aux bacs à pulpe BP17. Ceux-ci alimentent, par le biais des pompes PP17, les batteries d'hydro-cyclones BH11 qui coupent sur 40 μm , afin d'envoyer les particules fines vers les décanteurs.

Le produit obtenu à la souverse des BH11 est caractérisé par des dimensions comprises entre 40 et 180 μm . Il est récupéré dans les bacs à pulpe BP18, puis pompé vers les unités de flottation par l'intermédiaire des pompes PP18.

Le schéma suivant résume le FlowSheet d'un atelier de broyage :

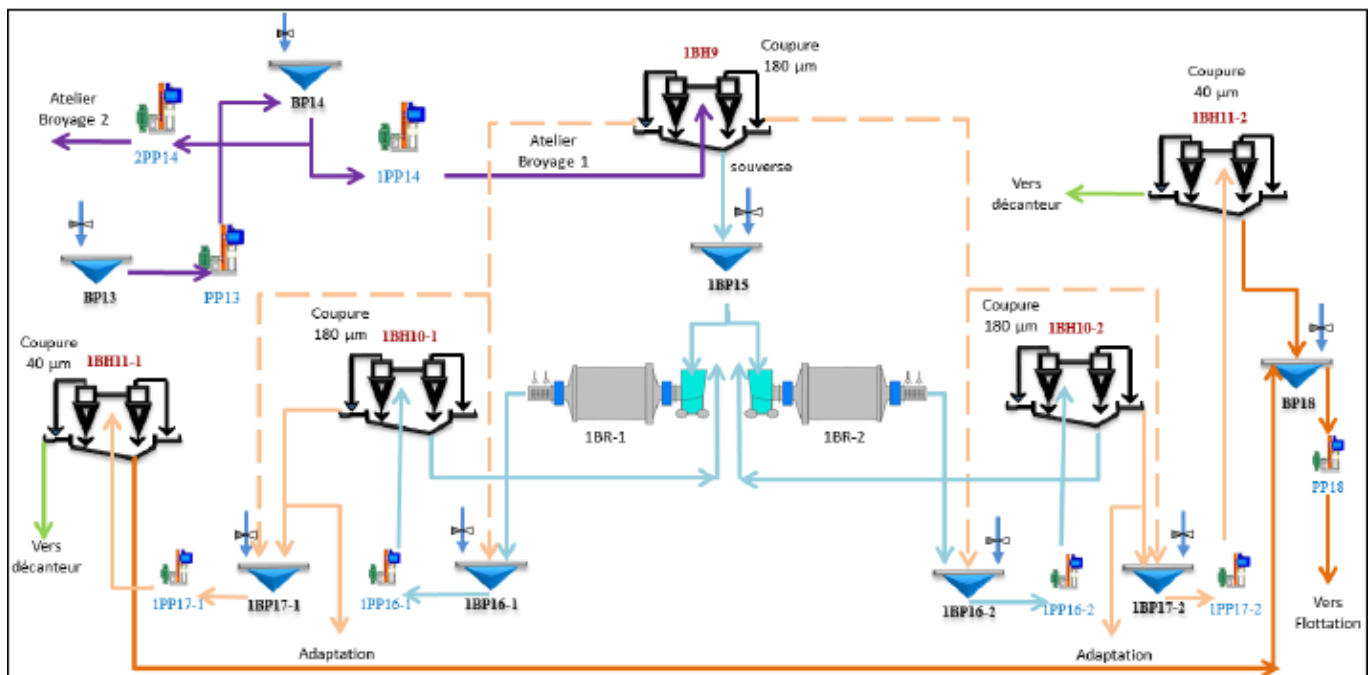


Figure 14 : flowsheet de l'atelier de broyage

5. Procédé de traitement des phosphates dans la section des gestions des boues :

5.1. Les décanteurs :

La laverie est équipée de trois décanteurs qui permettent de traiter les boues en provenance des lignes de lavage, des ateliers de broyage et des unités de la flottation. L'eau surnageant est recyclée, et utilisée comme eau de process. Les boues sont soutirées par gravité (ou par pompage) alimentant le bassin 500, qui dirige la boue vers les digues d'épandage.

5.2. Les bassins d'eau :

L'alimentation en eau fraîche de toute la laverie est assurée par deux bassins d'eau d'une capacité de 8000 m³ et 6000 m³. Les deux bassins sont alimentés à la base par l'eau claire des décanteurs, la STEP, les eaux de forages (utilisées qu'en cas d'extrême urgence) et le retour des digues. Le bassin 8000 est alimenté en plus par le bassin 100 (Bassin 100 récupère l'eau égouttée du stock lavé).

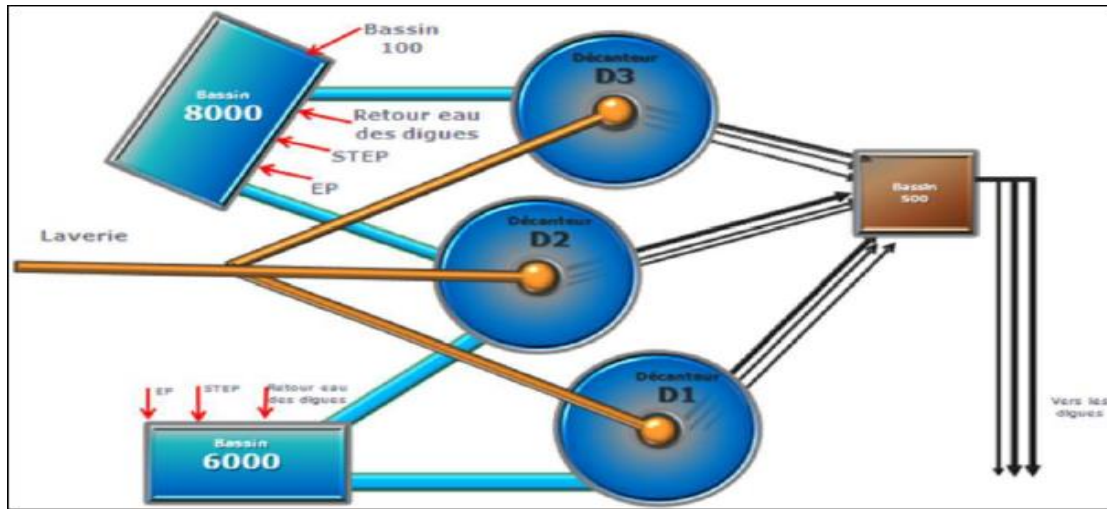


Figure 15 : Flowsheet décanteurs et bassins d'eau

6. 3 Procédé de traitement des phosphates dans la section d'adaptation :

Le projet d'Adaptation est un projet Phare ; il constitue un maillon entre les unités de production et de traitement à la Direction de Khouribga, et les sites de valorisation des phosphates ; il permettrait d'approvisionner ces sites en quantités suffisantes et régulières en produits adaptés.

L'objectif de cette unité d'adaptation consiste à rendre le produit compatible au mode de transport par Pipeline.

Ce projet constitue une rupture avec les modes de transports traditionnels par train. Ce mode de transport traditionnel, engendrait des frais de transport très importants et un trafic non régulier en raison de la flotte ONCF qui n'a pas pu répondre au besoin de L'OCP (suppression des trains et retard).

Il va sans dire que ce projet a pour finalité d'adapter les phosphates des niveaux C2 et C3, traités et enrichis au niveau de la laverie MEA par mode de lavage et flottation seul : cas de C2 ou lavage, flottation et broyage cas de C3.

L'adaptation du produit traité à la laverie MEA, consiste en l'adaptation de sa granulométrie, afin de garder un régime turbulent de l'écoulement de la pulpe à l'intérieur du pipeline, durant tout le trajet de transport (Khouribga-Jorf). Il aura procédé à un rebroyage à une granulométrie $D_{80} = 40\mu m$ d'une quantité de 23 à 30% du volume total du Mill Product Tank TK003. Cette opération est faite au niveau des broyeurs secondaires A, B et C (ML002, ML003, ML004).

Après aboutissement à la granulométrie ciblé ($D_{97} = 210\mu m$, $D_{80} = 160\mu m$, $D_{20} = 40\mu m$) un épaississement du slurry à taux de solide $T_s = 60 \pm 2\%$ s'avère nécessaire dans les deux décanteurs (TH001, TH002), avec la récupération de l'eau dans un bassin appelé Process Water TK 009, dans le but de faciliter son transport par voie humide par pipeline, afin d'éviter les bouchages et les arrêts dus au colmatage.



Figure 16 : Vue de haut de l'unité d'adaptation

La réalisation de ce projet est un grand défi des stratégies adoptées par l'O C P, qui va lui donner une grande synergie dans sa nouvelle stratégie de développement.

De ce fait, et dans ce contexte qu'une usine d'adaptation est implantée à proximité de l'usine de lavage MEA, formant ainsi un complexe de traitement, d'enrichissement et d'adaptation.

Outre l'infrastructure existante ; cette usine va comprendre les installations suivantes :

Un atelier de broyage comprenant :

- ❖ 1 broyeur principal assurant une fragmentation de 160um.
- ❖ 3 broyeurs effectuant une fragmentation de 40um.

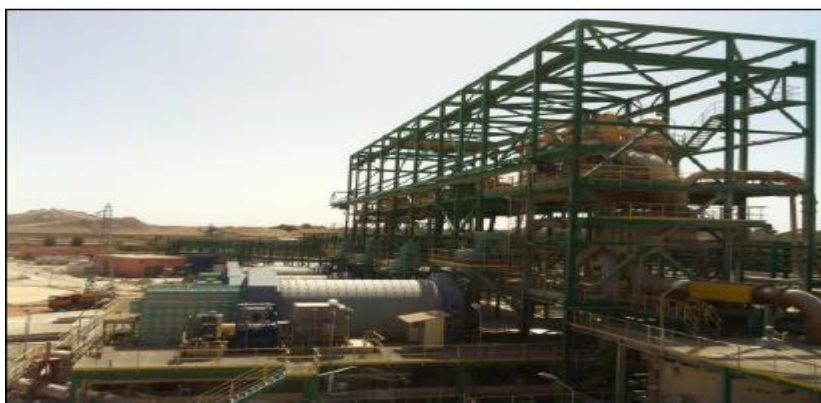


Figure 17 : Atelier broyage

- ❖ 2 décanteurs à l'instar en forme à ceux installés à l'OCP (ces derniers vont assurer le stockage du produit adapté en vue de récupérer l'eau recyclée moyennant le phénomène de décantation, et permet d'évacuer le produit adapté vers Head station (circuit pipeline).



Figure 18 : Décanteur de l'adaptation

- ❖ Des bacs équipés d'agitateurs, pour maintenir la fluidité du produit en respectant le taux de solide tout en assurant la liaison avec la suite du circuit.
- ❖ Des pompes véhiculant la pulpe de phosphates, et le refroidissement des paliers des broyeurs et des tresses des pompes.
- ❖ des conduites de transport du produit.
- ❖ des conduites de l'eau de procédé (eau de procédé).
- ❖ des appareils de mesures des débits, taux de solides, granulométrie, des teneurs.
- ❖ des chaînes de régulation et d'asservissement.
- ❖ des bassins d'eau de procès (existants).
- ❖ Une station de floculation.



Figure 19 : Zone de floculation

Conclusion :

Dès sa mise en service, la laverie MEA a fait preuve d'un travail acharné au niveau de toutes ses unités, pour assurer une image favorable en termes de production. Néanmoins, et comme toute autre laverie elle rencontre des difficultés, qu'elle cherche constamment à résoudre pour tenir un profil à la hauteur.

Chapitre III : Étude critique des équipements du lavage

Introduction :

Dans ce chapitre, on va appliquer la méthode de résolution des problèmes présentés dans l'OPS, qui englobe en elle-même des étapes d'analyse fructifiant

I. Application de la méthode de résolution des problèmes :

1. Présentation du projet :

❖ **Phase 1 : La définition du problème**

1.1. Démarches adoptées :

Afin de mener à bien notre projet on a dû suivre les étapes suivantes :

- Sorties quotidiennes au chantier pour assimiler le processus général du lavage.
- Collecte d'informations.
- Modification de la base de données des arrêts 2017 comme suit :

Le responsable maintenance nous a donné un fichier Excel, comportant le suivi des arrêts de 2017. Cependant, la saisie de toute l'année est mal écrite (en termes d'orthographe, de faute de désignation ou mauvais remplissage de la base de données), chose qui sera un blocage pour nos calculs à venir.

Pour cela, on a rectifié toute la base de données de la manière suivante :

- Choix du secteur « Lavage » et élimination des externes, tels que : Adaptation, flottation, broyage, Mlikate, Décantation, Mise à terrils et Zone centrale.
- Classification des équipements par catégories :
 - ✓ Bhi : Batterie hydrocyclone
 - ✓ Cri : Cribles
 - ✓ DBi : Débourbeur
 - ✓ Cai : Convoyeur d'alimentation
 - ✓ Exi : Extracteur
 - ✓ PPi : Pompes
 - ✓ Vannes : Vannes
 - ✓ Lavage, fuites : circuit pulpe
 - ✓ Bac à pulpe : Bpi
 - ✓ Goulottes : Gtti
 - ✓ Les fosses : FRi

✓ Trémie : TRi

- Se focaliser sur les arrêts de maintenance :

✓ Mécanique

✓ Installation

✓ Régulation

✓ Électrique

- Trie des arrêts internes liés aux unités de lavage uniquement (afin que le calcul des indicateurs de performances MTBF 'mean time between fail' et TD 'taux de disponibilité', soit exacte et lié à l'unité elle-même pour traiter sa fiabilité).

Exemple : la roue pelle, les convoyeurs séparateurs, convoyeur stacker libre ou brut... se trouvent hors l'unité de lavage, et donc leur arrêt ne veut pas dire qu'il y'a un problème dans les équipements des unités de lavages qui, eux peuvent être en bon état en ce moment d'arrêt.

- Identifier lisiblement les arrêts d'exploitation, planification et externes.

- Ancienne base de données :

DATE	SECTEUR	UNITE	INSTALL	NATURE	CATEGORIE	DESCRIPTION	Debut	Fin	DUREE
20/09/2017	Lavage	UL5	CA5	Installation	CAi	Déport bande CA5	17:05	17:35	0,5
20/09/2017	Lavage	UL5	CA5	Installation	CAi	Déport bande CA5	18:48	19:24	0,6
20/09/2017	Lavage	UL6	PP04	Mécanique	Pompe	Changement courroies PP04	00:40	02:10	1,5
21/09/2017	Lavage	UL1	PP04	Mécanique	Pompe	Coincement mécanique PP04	17:36	19:00	1,4
21/09/2017	Manutention	UL5	CA5	Installation	CAi	Changement bande CA5	09:00	19:36	10,6
21/09/2017	Manutention	UL5	CA5	Installation	CAi	Changement bande CA5	20:00	00:00	4
22/09/2017	Lavage	UL1	EX1	Installation	EXi	Déport bande EX1	00:42	01:06	0,4
22/09/2017	Lavage	UL1	PP04	Régulation	Pompe	Défaut électrique	08:00	08:18	0,3
22/09/2017	Lavage	UL1	PP04	Mécanique	Pompe	Coincement canon PP04	09:30	10:24	0,9
22/09/2017	Lavage	UL1	PP04	Mécanique	Pompe	Travaux mécanique PP04	20:00	20:36	0,6
22/09/2017	Lavage	UL2	CA2	Électrique	CAi	Défaut rotation CA2	09:42	10:06	0,4
22/09/2017	Lavage	UL4	BH4	Mécanique	BHi	Travaux mécanique BH4	12:30	12:48	0,3
22/09/2017	Lavage	UL5	CA5	Installation	CAi	Changement bande CA5	00:00	08:18	8,3
23/09/2017	Lavage	UL1	PP04	Mécanique	Pompe	Travaux mécanique PP04	07:42	15:12	7,5
24/09/2017	Lavage	UL2	EX2	Électrique	EXi	Défaut rotation	02:30	03:18	0,8
24/09/2017	Lavage	UL2	CA2	Mécanique	CAi	Changement d'huile CA2	16:36	17:42	1,1
24/09/2017	Lavage	UL3	CA3	Installation	CAi	Déport bande CA3	03:54	04:42	0,8
24/09/2017	Lavage	UL5	CA3	Installation	CAi	Tension bande CA5	03:54	04:06	0,2
25/09/2017	Lavage	UL5	CA5	Installation	CAi	Déport bande CA5	02:36	02:48	0,2
25/09/2017	Lavage	UL6	PP03	Régulation	Pompe	Travaux régulation PP03	16:30	18:54	2,4
28/09/2017	Lavage	Commun	CA	Installation	CAi	Déport bande	07:30	07:48	1,8
28/09/2017	Lavage	UL4	CA4	Installation	CAi	Contrôle CA4	11:36	11:54	0,3
28/09/2017	Lavage	UL5	CA4	Installation	CAi	Travaux installation CA5	16:48	20:48	4
29/09/2017	Lavage	UL1	PP02	Régulation	Pompe	Défaut discordance PP02	12:30	13:30	1
29/09/2017	Lavage	UL2	CA2	Installation	CA2	Déport bande CA2	09:42	10:12	0,5
02/10/2017	Flottation	UL1	BH8	Mécanique	Bhi	Travaux mécanique sur BH8	16:12	17:18	1,1
02/10/2017	Flottation	UL5	BH8	Mécanique	Bhi	Travaux mécanique sur BH8	16:12	17:18	1,1
03/10/2017	Lavage	UL5	CA5	Régulation	Cai	Défaut électrique CA5	08:42	09:18	0,6

Figure 21 : Capture de l'ancienne base de données des arrêts 2017

- Nouvelle base de données :

DATE	SECTEUR	UNITE	INSTALL	NATURE	CATEGORIE	DESCRIPTION	Debut	Fin	DUREE	FREQUE
03/01/2017	lavage	UL3	CA3	Installation	Cai	Déport bande	03:36	04:06	0,5	1
04/01/2017	lavage	UL5	CA5	Mécanique	Cai	Fusion fusible	04:54	09:18	4,4	1
04/01/2017	lavage	UL6	PP02	Régulation	Pompes	Défaut régulation	06:54	11:18	4,4	1
05/01/2017	lavage	UL5	PP01	Mécanique	Pompes	Vibration PP1	10:18	20:06	9,8	1
06/01/2017	lavage	UL5	CA5	Mécanique	Cai	Défaut rotation	09:01	09:55	0,9	1
06/01/2017	lavage	UL5	CA5	Mécanique	Cai	Défaut rotation	11:57	13:21	1,4	1
06/01/2017	lavage	UL5	CA5	Mécanique	Cai	Fusion fusible	16:42	17:48	1,1	1
06/01/2017	lavage	UL6	PP03	Régulation	Pompes	Défaut électrique	00:00	01:18	1,3	1
06/01/2017	lavage	UL6	PP03	Régulation	Pompes	Défaut électrique	01:30	09:00	7,5	1
06/01/2017	lavage	UL6	PP02	Régulation	Pompes	Défaut électrique	09:00	14:12	5,2	1
07/01/2017	lavage	UL1	CA1	Installation	CAi	Déport bande	01:54	02:12	0,3	1
07/01/2017	lavage	UL1	CA1	Installation	CAi	Tension bande	10:18	11:48	1,5	1
07/01/2017	lavage	UL4	BH2	Mécanique	Bhi	Elimination des fuites	11:30	12:00	0,5	1
07/01/2017	lavage	UL5	BH4	Mécanique	BHi	Fuite exagéré	14:00	14:30	0,5	1
07/01/2017	lavage	UL5	EX5	Régulation	EXi	Défaut régulation	22:30	22:54	0,4	1
08/01/2017	lavage	UL1	PP02	Electrique	Pompes	Défaut électrique	01:42	02:06	0,4	1
08/01/2017	lavage	UL1	PP02	Electrique	Pompes	Défaut électrique	02:30	03:00	0,5	1
09/01/2017	lavage	UL1	PP02	Régulation	Pompes	Défaut régulation	18:00	18:18	0,3	1
09/01/2017	lavage	UL2	PP02	Régulation	Pompes	Défaut régulation	23:00	00:00	1	1
09/01/2017	lavage	UL3	CA3	Installation	CAi	Tension bande	12:48	13:12	0,4	1
09/01/2017	lavage	UL3	BH4	Mécanique	BHi	fuite exagéré	15:18	16:42	1,4	1
09/01/2017	lavage	UL3	BH4	Mécanique	BHi	fuite exagéré	17:18	17:24	0,1	1
09/01/2017	lavage	UL6	PP03	Régulation	Pompes	Travaux régulation	13:30	17:06	3,6	1
10/01/2017	lavage	UL1	PP02	Régulation	Pompes	Défaut régulation	00:00	07:00	7	1
11/01/2017	lavage	UL2	CA2	Installation	CAi	Agraffage	16:30	19:00	2,5	1
11/01/2017	lavage	UL5	EX5	Régulation	EXi	Défaut régulation	05:36	06:12	0,6	1
11/01/2017	lavage	UL5	BH2	Mécanique	BHi	Travaux mécaniques	16:12	18:30	2,3	1
11/01/2017	lavage	UL6	PP03	Electrique	Pompes	Défaut électrique	03:18	13:42	10,4	1

Figure 22 : Capture de la nouvelle base de données des arrêts 2017

Tableau de désignation des équipements, pour faciliter la saisie de donnée. Cela va nous faire, gagner du temps, et déduire des résultats exacts.

Désignation	Catégorie	Installation
Bac à pulpe	Bpi	BP01...BP05
Batterie Hydrocyclone	Bhi	BH1...BH4
Convoyeur d'alimentation	Cai	CA1...CA6
Cribles	Cri	CR1...CR6
Débourbeur	Dbi	DB1...DB6
Extracteur	Exi	EX1...EX6
Fuites	Circuit pulpe	Circuit pulpe
Goulottes	Gtti	Gtt1...Gtt4
Pompes	Ppi	PP01...PP05
Trémies	Tri	TR1...TR4
Vannes	Vannes	Vannes

Tableau 4 : Tableau des installations modifiées

1.2. Problématique :

L'objectif de production en 2017 était fixé à 6,4 millions de tonnes sec et marchand (MTSM). Cependant à la fin de l'année 2017 la laverie de MEA n'a pu atteindre que 96% 'mtsm', et cela difficilement.

En se basant sur les arrêts de production et les problèmes qui ont eu lieu en 2017, on a constaté que l'outil de production a connu une défaillance continue, et une dégradation avancée. Plus précisément, les chaînes de lavage, qui représentent le point faible du complexe.

Notre sujet consiste alors à travailler sur l'historique d'arrêts de la laverie pour remettre en état l'outil de production. Ainsi, cette fiabilisation va aider à améliorer les indicateurs de performance de maintenance. 8884.03

Voici un calcul justificatif sur les arrêts de l'année 2017, sur l'ensemble des secteurs existants à la laverie MEA.

Secteur	Durée d'arrêts (en h)	Fréquence d'arrêts	moyenne D	moyenne F	criticité (D*F)	criticité en %	criticité cumulée
Lavage	3998.7	2313	73.72	56.69	4179.25	84.79	84.79
Manutention	1109	1469	20.45	36.00	736.14	14.93	99.72
Adaptation	98.7	113	1.82	2.77	5.04	0.10	99.83
Broyage	90.9	106	1.68	2.60	4.35	0.09	99.92
Flottation	124.2	74	2.29	1.81	4.15	0.08	100.00
Mise à térril	2.7	5	0.05	0.12	0.01	0.00	100.00

Tableau 3 : Criticité des secteurs de MEA_2017

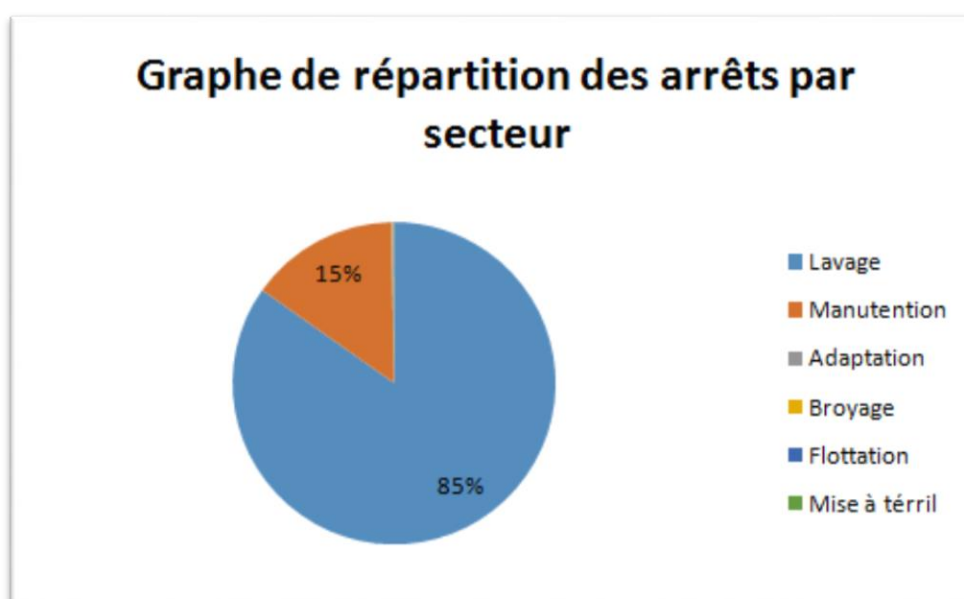


Figure 22 : Graphe de répartition des arrêts par secteur

⇒ D'où la nécessité de se focaliser sur le secteur de Lavage.

1.3. Cadrage du projet :

Qui ? Office Chérifien des phosphates de Khouribga.

Quoi ? Fiabilisation des équipements mécaniques des chaînes de lavage.

Où ? Laverie MEA – Atelier de maintenance mécanique.

Quand ? Du 01/04/2018 au 31/05/2018.

Comment ? Analyse des problèmes de l'année 2017 et élaboration d'actions d'intervention pour assurer la fiabilisation.

Pourquoi ? Maintenir à bien les équipements pour qu'ils assurent à bien leur travail en termes de production.

❖ Phase 2 : Analyse des causes racines

II. Identification des équipements critiques :

1. L'OPS (OCP Production System) :

1.1. Définition :

L'OPS (OCP Production System) est un nouveau système de production lancé en 2010 en collaboration avec Serge BOULOT, un consultant formateur et professeur à l'École Centrale de Paris. Ceci contient toute une boucle complète des méthodes et concepts, qui a pour objectif de rendre l'OCP une entreprise d'une classe mondiale. Cette notation de l'OPS est inspirée de l'entreprise japonaise TOYOTA, qui est la première à créer le TPS (Toyota Production System), comme une forme d'organisation du travail, dont l'ingénieur japonais Taïchi OHNO est considéré comme l'inventeur mise en avant par Toyota en 1962.

1.2. Les grands principes de l'OCP PS :

L'objet du projet OCP PS, en cohérence avec la stratégie du groupe, est :

- ✓ d'amener le système de production OCP à un niveau de performance mondiale: World Class.
- ✓ d'avoir un système de référence mondiale pour les industries de processus continu comme Toyota l'est pour les industries manufacturières.

En s'appuyant sur 3 principes fondamentaux:

1. Le travail en équipe : mettre les collaborateurs au cœur de l'entreprise,
2. Dans une société World Class, la voix du client doit être entendue dans l'usine, par tous,
3. Dans une société World Class, les leaders ont la passion du détail: Les managers s'intéressent aux phénomènes physiques, à la cause de la cause...

L'OCP PS est un système complet destiné à améliorer la productivité et les performances de l'entreprise par :

- ✓ L'identification des pertes : ce qui consomme des ressources sans apporter de valeur au client,
- ✓ La concentration des moyens sur les pertes principales : pannes, déchets, ... en appliquant des méthodes avec rigueur,

L'OCP PS nécessite l'implication de l'ensemble des employés pour atteindre des résultats de classe mondiale.

Éliminer les pertes, ce qui consomme de la ressource sans apporter de valeur au client.

1.3. Les grands blocs de l'OCP PS :

L'OCP PS dans sa constitution est assimilé à un bon homme ambitieux dont ses pieds qui lui permettent de se maintenir debout sont :

- Le management du terrain ;
- Le développement durable et le capital humain.

Ses mains qui lui permettent de pratiquer son métier dans les meilleures conditions sont :

- La maîtrise de l'outil de production ;
- Qualité-maîtrise des processus et des procédés.

Son cœur est le pilotage de la performance et enfin son cerveau est la maîtrise des flux.

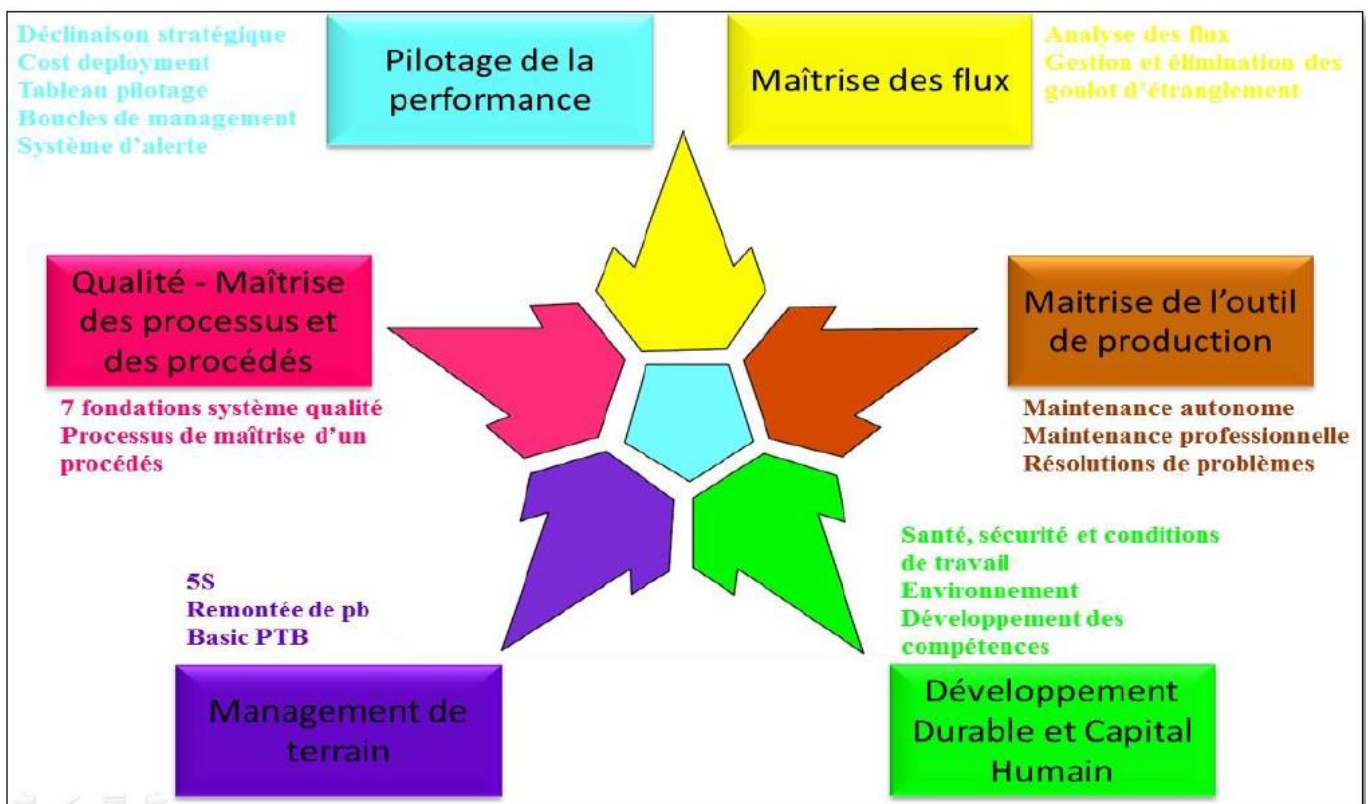


Figure 23 : Les blocs de l'OPS

2. Classification TDPC :

La méthode de classification consiste à :

- ✓ lister tous les équipements ;
- ✓ évaluer tous les équipements selon la méthode **TDPC** de la maintenance professionnelle du référentiel OCP PS.

La classification TDPC est l'un des outils offerte par l'OPS, qui permet d'une part d'identifier les équipements névralgiques d'une installation, afin de mieux utiliser les ressources de maintenance, la main d'œuvre, et les moyens financiers. Et d'autre part, de s'aligner avec les objectifs généraux de la laverie, et aussi avec les résultats du Cost déploiement.

Pour classer, on commence par élaborer une hiérarchie des équipements (arborescence des équipements) pour définir et localiser tous les équipements de la laverie par secteur, et identifier les sous-ensembles et les composants de chaque équipement.

Ensuite, évaluer chaque équipement selon la méthode TDPC :

- **T** : le temps de réparation qui est caractérisé par l'indicateur MTTR ;
- **D** : le degré d'influence de l'équipement suivant huit facteurs ;
 - la charge de la machine (Taux d'utilisation) ;
 - effet sur la qualité (Indice qualité) ;
 - coût du non qualité (Réclamations clients) ;
 - les pertes d'énergie ;
 - l'impact sur le rendement ;
 - l'impact sur la sécurité ;
 - l'impact du l'environnement.
- **P** : la probabilité des pannes, c'est un critère qui caractérise la fiabilité de l'équipement à base de la fréquence mensuelle des pannes.
- **C** : la criticité de l'équipement suivant son impact sur la production en fonction de la durée d'arrêt.

Indices	Abréviation	Description
Temps de réparation	T	Temps moyen pris dans l'historique - MTTR (Mean time to repair)
Degré d'Influence	D	Effet sur la sécurité, l'environnement, la qualité produit, les coûts
Probabilité de panne	P	Basé sur l'historique (si disponible) - MTBF (Mean Time Between Failure)
Criticité de l'équipement	C	Basé sur la durée d'arrêt de production
Score de classification = T + D + P + C		

Tableau 6 : Indices TDPC

2.1. Grille d'évaluation :

Pour noter l'analyse TDPC, on doit se référer à une grille d'évaluation. Cette dernière est définie dans l'atelier de production comme suit :

Maintenance Professionnelle Feuille de classification par équipement		Atelier de production	Étape du procédé	Page
		Nom et N°Équipement :	Préparé le	sur
Classification	No	Item	Critères	Évaluation
Temps de Réparation (T)	1	Arrêts moyen (perte de production)	Inférieur à 1h=1 Inférieur à 4h=5 Sup ou égale à 4h=10 Sup ou égale à 8h=15 Sup ou égale à 16h=20 Egale à 24h=25 Supérieur strictement à 24h= 30	0,00
	2	Utilisation de l'équipement	100% = 5, inférieur à 60% = 1	0,00
Facteur d'influence (D)	3	Impact sur la Qualité produit (Index	Impact sur l'index qualité > 10% = 5, sans effet =	0,00
	4	Coût d'une non qualité (Réclamation	> 2,500 EURO = 5, 250 EURO = 1	0,00
	5	Perte d'énergie	> 4,000 EURO(Puissance requise élevée) = 5,	0,00
	6	Impact sur le rendement	Impact fort = 5	0,00
	7	Aspect sécurité de l'anomalie	Très fort risque pour le personnel = 5, sans	0,00
	8	Aspect environnement de l'anomalie	Fort impact = 5, faible impact = 1	0,00
Probabilité de Panne (P)	9	Fréquence des pannes (MTBF)	Supérieur à 4 fois par mois = 35, Egale à 4 fois par mois=30, Egale à 2 fois par mois=15, Egale à 1 fois par mois= 5, Inférieure à 1 fois par mois= 1	0,00
Criticité de l'équipement (C)	10	Criticité de l'équipement en fonction des arrêts de production	20 Pas d'impact sur la production 40 Impact < 24hrs 60 Impact > 24hrs 80 Impact sur plus d'un atelier < 24hrs 100 Impact sur plus d'un atelier > 24hrs	0,00
Évaluation Totale:				0,00

Tableau 7 : Tableau de classification TDPC _ atelier production

2.2. Équipements névralgiques :

On va calculer l'évaluation totale (T+D+P+C) et classer les équipements sous forme de :

- 5% : Classe AA
- 15% : Classe A
- 60% : Classe B
- 20% : Classe C

	Temps de Réparation (T)	Facteur d'influence (D)								Probabilité de Panne (P)	Criticité de l'équipement (C)	Évaluation Totale:	
	1	2	3	4	5	6	7	8		9	10		
EQUIPEMENT	Arrêts moyen (perte de production)	Charge machine	Impact sur la Qualité produit (Indice Qualité)	Coût du non qualité (Réclamation client)	Perte d'énergie	Impact sur le rendement	Aspect sécurité de l'anomalie	Aspect environnement de l'anomalie	Score D	Fréquence des pannes	Criticité de l'équipement en fonction des arrêts de production	Évaluation Totale:	Classement
PP04	10,0	3	1	1	5	5	5	1	21	35	60	126,0	AA
CR1	5,0	5	1	1	5	5	5	1	23	35	60	123,0	A
PP03	5,0	3	1	1	5	5	3	1	19	35	40	118,0	A
CR2	5,0	5	1	1	5	5	5	1	23	30	60	118,0	A
CA5	10,0	5	3	1	5	5	5	1	25	35	40	110,0	B
CA3	5,0	5	1	1	5	5	5	1	20	35	40	100,0	B
PP02	5,0	3	1	1	5	5	2	1	18	35	40	98,0	B
CA2	1,0	5	1	1	5	5	5	1	20	35	40	96,0	B
CR6	5,0	5	3	1	5	5	2	1	22	35	20	82,0	B
CA1	5,0	5	5	1	2	1	5	1	20	35	20	80,0	B
PP01	5,0	3	1	1	5	5	3	1	19	15	40	79,0	B
CA4	10,0	3	3	1	5	5	5	1	23	15	20	68,0	B
CR4	10,0	5	3	1	5	5	2	1	22	15	20	67,0	B
CR3	5,0	5	3	1	5	5	2	1	22	15	20	62,0	B
CR5	5,0	5	3	1	5	5	2	1	22	15	20	62,0	C
CA6	10,0	5	1	1	5	5	5	1	23	1	20	54,0	C
PP010	5,0	3	1	1	5	5	3	1	19	5	20	49,0	C

Tableau 8 : Analyse TDPC

La méthode TDPC nous donne les résultats de criticité A et AA suivant :

AA	A
PP04	CR1
	PP03
	CR2

⇒ En se basant sur les deux analyses précédentes, on déduit que notre analyse qui viendra par la suite, va se focaliser sur l'équipement névralgique suivant :

- Les pompes.

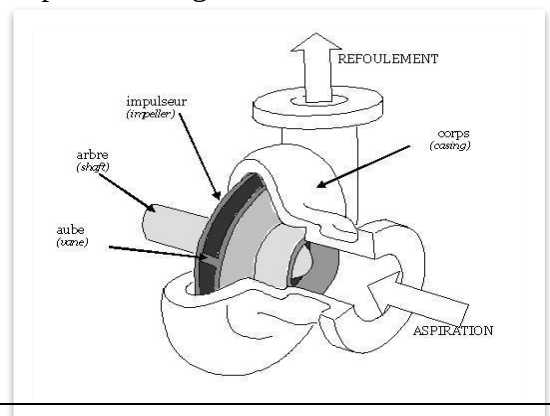
III. Étude des pompes :

1. Définition :

Le but derrière l'utilisation des pompes est la conversion de l'énergie mécanique fournie par un moteur thermique ou électrique, en énergie hydraulique communiquée par la suite au fluide, pour pouvoir circuler le long d'un circuit spécifique. La conversion se fait en deux temps : Aspiration puis Refoulement.

Les pompes qui existent dans les chaînes de lavage sont des pompes centrifuges.

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 (souvent nommée improprement turbine). 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 tangentiellement.

2. Analyse AMDEC :

2.1. Définition :

La méthode AMDEC a pour objectif :

- d'identifier les causes et les effets de l'échec potentiel d'un procédé ou d'un moyen de production
- d'identifier les actions pouvant éliminer (ou du moins réduire) l'échec potentiel

Cette méthode consiste à imaginer les dysfonctionnements menant à l'échec avant même que ceux-ci ne se produisent. Elle est donc considérée essentiellement comme méthode prédictive.

2.2. Les différents types de l'AMDEC :

Types d'AMDEC	Rôle	Document de travail associé
AMDEC Fonctionnelle	Analyse des défaillances et de ses causes à l'étape de la conception.	• Plan de construction • Brevet
AMDEC Produit	Analyse les demandes des clients en termes de fiabilité.	Plan de fiabilisation
AMDEC Process	Analyse des risques liés aux défaillances d'un produit.	• Plan de surveillance • Contrôle qualité
AMDEC Moyen de Production	Analyse les risques liés aux défaillances de la chaîne de production.	Guide de maintenance
AMDEC Flux	Analyses les risques liés à l'approvisionnement, le temps de réaction et de correction et leurs coûts.	• Plan de gestion des stocks • Procédure de sécurité

Tableau 9 : Types de l'AMDEC

✓ La grille d'évaluation de l'AMDEC :

Une fois l'AMDEC mise en place, les résultats obtenus sont classés et analysés grâce aux grilles d'évaluation.

Dans ces grilles, une note comprise entre 1 et 10 est donnée pour chacun des points suivants :

- la fréquence des défaillances,
- la gravité des défaillances,
- la qualité du système de détection.

✓ La note de criticité :

Une fois que les notes de fréquence, de gravité et de détection ont été données, la note de criticité est calculée.

$$\text{Criticité} = \text{Fréquence} \times \text{Gravité} \times \text{Détection}$$

Plus la note de criticité est élevée, plus la défaillance est importante. Le plus souvent, les entreprises fixent une note de criticité à ne pas dépasser.

⇒ Les grilles de notation sur lesquelles, on va se baser dans le chapitre suivant sont :

<i>FREQUENCE : F</i>	
1	1 défaillance maxi par an
2	1 défaillance maxi par trimestre
3	1 défaillance maxi par mois
4	1 défaillance maxi par semaine
<i>NON DETECTION : D</i>	
1	Visible par l'opérateur
2	Détection aisée par un agent de maintenance
3	Détection difficile
4	Indécelable
<i>GRAVITE (INDISPONIBILITE) : G</i>	
1	Pas d'arrêt de production
2	Arrêt =1 heure
3	1 heure < arrêt <1jour
4	Arrêt >1 jour

Tableau 10 : Notation de l'AMDEC

On va chercher les modes de défaillance des constituants de la pompe, pour évaluer leurs criticités. Ensuite, on va définir le ou les problèmes sur lesquels va se baser la méthode de résolution de problème.

En faisant part à des brainstormings par votes avec 4 techniciens, le responsable de maintenance, et notre encadrant, on a élaboré une analyse AMDEC sur les pompes.

- **Le brainstorming :**

Le brainstorming ou remue-ménages est une technique d'étude qualitative et de créativité utilisée pour générer des concepts, des idées ou des marques.

Une réunion de brainstorming prend la forme d'une réunion de groupe ou chacun est invité à émettre des idées ou suggestions en relation avec le sujet de l'étude.

L'animateur doit s'assurer de l'absence de jugements négatifs portés sur les suggestions sous peine de nuire à la « productivité » et à la créativité de la séance de brainstorming.

2.3. AMDEC :

AMDEC– ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ

Système : Pompe centrifuge

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité			
						F	G	D	C
Palier de la pompe (canon)	Guider l'arbre de la turbine en rotation	Vibrations importantes	Mauvais alignement	Détérioration du système de transmission (poulies-courroies)	Son + Visuel	3	1	1	3
				Dégradation de l'étanchéité	Contact	3	2	3	18
				Usure des roulements	Contact	3	2	3	18
				Voilage de l'arbre (arbre décentré)	Son + Visuel	2	2	3	12
			Lubrification par graisse	Infiltration de la pulpe dans les éléments du canon	Contact	4	1	3	12
			Dégradation de la turbine de la pompe	Cisaillement de l'arbre	Visuel	2	3	2	12
				Dégradation des éléments de guidage (roulements + éléments d'étanchéité)	Contact	3	2	3	18
			Desserrage des boulons de fixation du canon	Coincement de la turbine	Son + Visuel	2	3	1	6
				Détachement des courroies (délogement)	Contact	2	3	1	6
			Étranglement au niveau de l'aspiration	Cavitation	Son	4	3	2	24
		Échauffement du canon	Mauvais graissage (quantité/qualité)	Usure des roulements	Contact	3	1	2	6

Chemise de l'arbre	Protéger l'arbre contre l'usure		Mauvaise étanchéité du canon	Disparition de la graisse du labyrinthe	Contact	3	1	2	6
			Tension excessive des courroies	Détérioration courroies	Contact + Visuel	2	1	2	4
			Mauvais alignement (pompe-moteur)	Détérioration courroies	Contact + Visuel	2	1	1	2
			Mauvais montage des roulements/ mauvaise révision	Dégradation rapide des roulements	Contact	1	1	3	3
		Coincement de l'arbre d'entraînement	Colmatage de la pompe	Déclenchement du moteur	Son	4	2	1	8
			Infiltration de corps étranger solide	Arrêt de la pompe	Son + Visuel	4	1	2	8
		Fuites exagérées (pulpe)	Usure de la surface de contact (tresse-chemise)	Grippage des roulements	Contact	3	1	3	9
Tresses	Élimination des fuites prévenantes du corps de la pompe (partie hydraulique)	Fuites sur tresses	Fouloir non serrée	Étanchéité non assurée	Contact	2	1	1	2
			Non-respect des conditions du constructeur lors du montage (nombre de tresses...)	Mauvaise étanchéité	Contact	2	1	2	4
Impulseur	Transmettre à la pulpe l'énergie fournie par le moteur	Débit faible	Usure de la turbine (qui est non revêtue)	HMT faible	Son + Contact	3	2	3	18
			Jeu exagéré entre la turbine et le fond	HMT faible	Son + Contact	3	1	3	9

			Bouchage du circuit (aspiration / refoulement)	HMT faible	Son + Contact	3	2	2	12
		Usure	Cavitation (micro-explosion)	Dégradation du canon	Son + Contact	4	2	2	16
Système poulies-courroies	Transmettre le mouvement et la puissance du moteur vers la pompe	Patinage des courroies	Mauvaise tension des courroies	Transmission du mouvement non conforme aux conditions de bases	Visuel	2	1	1	2
			Usure prématurée	Rupture des courroies	Visuel	2	1	1	2
		Échauffement	Surpression des courroies	Fatigue des courroies	Contact	2	1	1	2
Moteur	Entrainer la pompe en rotation	Arrêt de rotation	Fuites au niveau du carter	Déclenchement moteur	Visuel	2	4	1	8
		Mauvaise rotation	Problème électrique	Déclenchement moteur	Visuel	2	2	1	4

Tableau 11 : AMDEC des pompes

2.4. Analyse PARETO :

2.4.1. Définition :

Le diagramme de Pareto permet de hiérarchiser les problèmes en fonction du nombre d'occurrences et ainsi de définir des priorités dans le traitement des problèmes.

Cet outil est basé sur la loi des 80/20. Autrement dit cet outil met en évidence les 20% de causes sur lesquelles il faut agir pour résoudre 80 % du problème. Il sera utile pour déterminer sur quels leviers on doit agir en priorité pour améliorer de façon significative la situation.

2.4.2. Construire le diagramme :

Le diagramme de Pareto est composé de deux axes. L'axe des abscisses représentant les causes, l'axe des ordonnées représentant les effets sur le problème.

Pour construire le diagramme, les étapes suivantes devront être menées :

1. Recueillir les données.

2. Placer les valeurs dans un tableau.
3. Trier les valeurs par ordre décroissant.
4. Calculer les pourcentages cumulés.
5. Établir le graphique.
6. Établir les conclusions.

composants	criticité moyenne	criticité en %	criticité cumulée en %
le Palier	13.75	32.53	32.53
la chemise	9	21.29	53.82
les tresses	8.52	20.16	73.98
impulseur	6	14.19	88.17
système poulie courroies	3	7.10	95.27
moteur	2	4.73	100.00

Tableau 12 : Criticité moyenne des composants de la pompe PP04

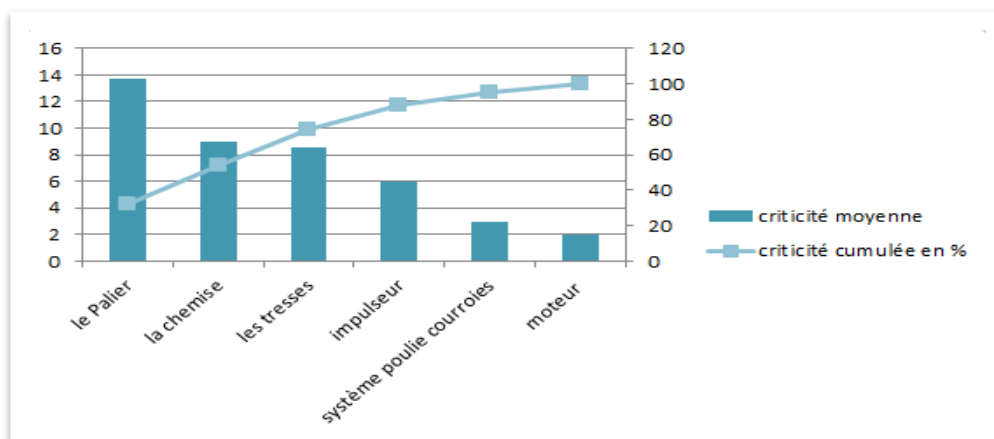


Figure 25 : criticité moyenne des composants de la pompe PP04

Remarque :

Les problèmes de la pompe PP04 venaient le plus au niveau du :

- ⇒ **Palier**
- ⇒ **Tresses**
- ⇒ **La chemise**

❖ Phase 3 : Recherche, proposition et choix des solutions

3. Résolution des problèmes de la pompe PP04 :

- Bête à cornes de la pompe PP04 :

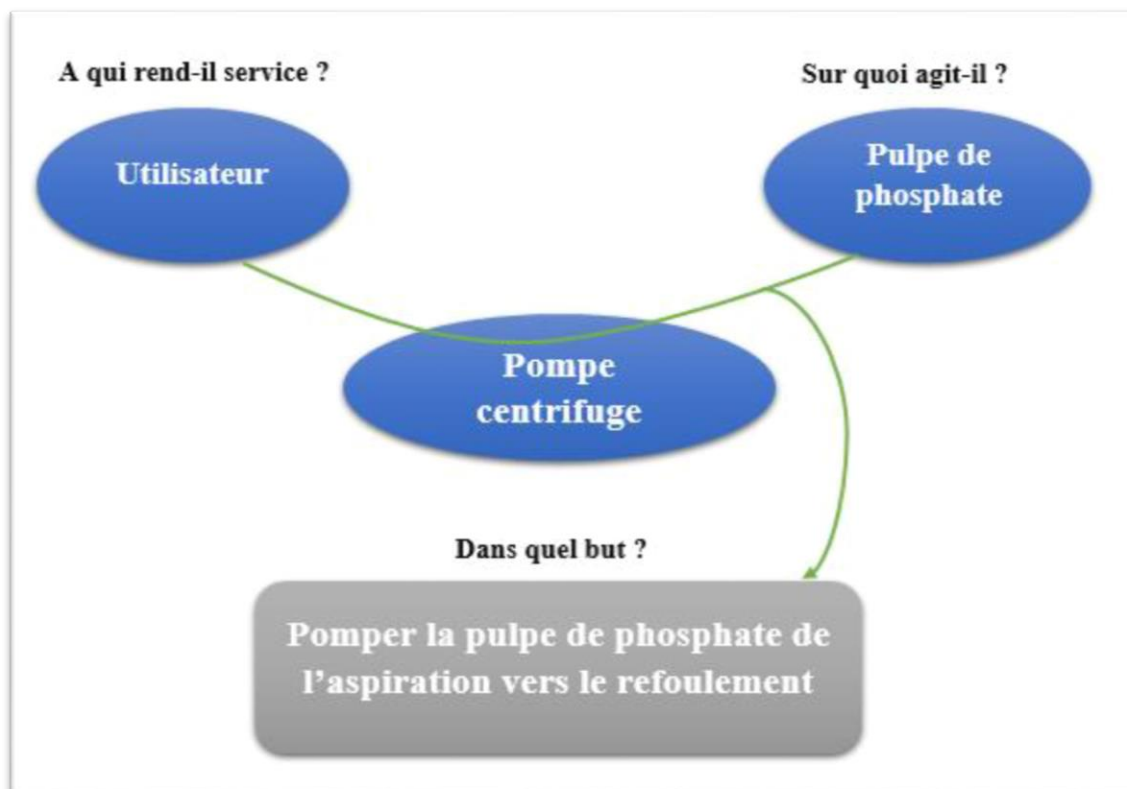


Figure 26 : Bête à cornes de la pompe centrifuge

- QQQQPC :

QQQQPC	
Quoi ?	Coincement de la pompe PP04 / déclenchement ou bien refus de démarrage / Fuites
Quand ?	Lors du transfert de la pulpe (granulométrie < 125µm) vers BH4
Où ?	Pompes à boue horizontales PP04
Pourquoi ?	❖ La non fiabilisation du graissage et d'arrosage
Comment ?	❖ Problème au niveau du palier et les tresses de la pompe
Synthèse	Refus de démarrage des pompes à boue horizontales suite au coincement au niveau du Canon

Tableau 13 : QQQQPC de la pompe PP04

- **Comprendre le fonctionnement normal du système :**

Avant d'attaquer les cause racines du problème il faut d'abord, comprendre le principe du fonctionnement de l'équipement, ses paramètres de marche nominales et le rôle de chaque sous ensemble.

➤ **Présenter l'environnement de PP04 :**

PP04 (LCC-R 300-710.4)

Type : Pompe centrifuge horizontale

LCC-R : Type hydraulique

300 : bride de refoulement

710.4 : Type du palier pompe (canon / boitard)

Diamètre d'admission : 350mm

Diamètre d'évacuation : 300mm

Nature du fluide : **Pulpe de phosphate**

Corps escargot : revêtu caoutchouc naturel moulé sous pression

Demi-corps pompe : revêtu caoutchouc

Mode de refroidissement : Ventilateur à ailettes



Figure 27 : La pompe PP04

- ✓ Dessin de fabrication voir annexe 1
- ✓ Dessin d'ensemble voir annexe 2

➤ **Illustration de l'emplacement de PP04 dans les unités de lavage :**

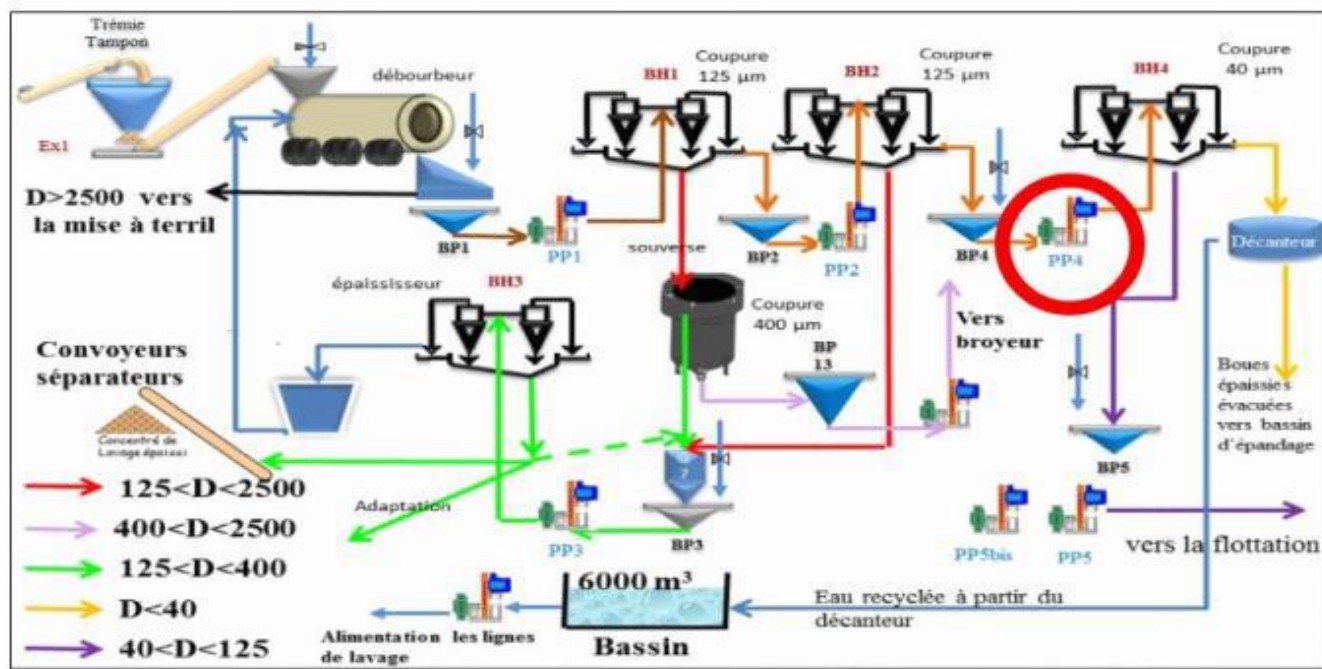


Figure 28 : Emplacement de PP04

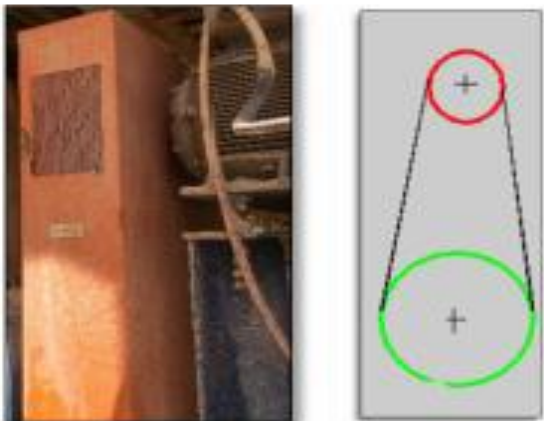
➤ **Principes et paramètres de marche :**

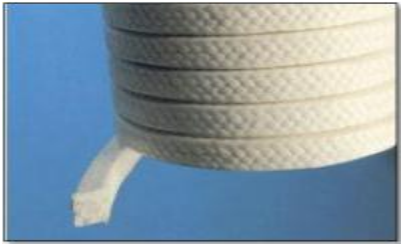
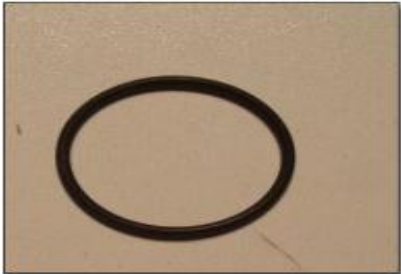
Désignation	Unités	Données réquisition	Données WEIR
Débit unitaire (minimum/nominale/maximum)	m ³ /h	à définir/1350/1500	300/1350/1500
Granulométrie	microns	<160	<160
HMT	M	36,2	36,2
Densité du fluide		1,33	1,33
Température du fluide	°C	20 à 60	20 à 60
Puissance nominale du moteur	KW	250	250
Tension aux bornes du moteur	V	525	525
Fréquence	Hz	50	50

Tableau 14 : Paramètres de marche PP04 WARMAN

➤ Liste des composants et leurs fonctions :

Les principales composantes sur lesquelles on a basé notre analyse, sont définies comme suit sous deux grandes catégories : Partie mécanique et partie hydraulique

Partie mécanique	Système d'entraînement	Moteur	Entrainer la pompe en rotation	
	Système de transmission	Poulies courroies	Transmettre le mouvement et la puissance du moteur vers la pompe	
	Système de guidage en rotation (Canon)	Ensemble des paliers de la pompe	Guider l'arbre et la turbine en rotation	
		Les roulements	Guidage en rotation	

		Fouloir	Serrer les tresses	
		Lanterne	Assurer le graissage et le refroidissement des tresses	
		Tresse	Assurer l'étanchéité du canon	
		Joint torique	Assurer l'étanchéité de l'arbre	
		Chemise	Support où sont posées les tresses	
Partie hydraulique	Corps de la pompe	Roue (Turbine)	Permet de transmettre à l'aide de ses aubes l'énergie cinétique de l'arbre au fluide	

		Joint de bride d'aspiration	Assurer l'étanchéité des brides	
		Les deux demi-corps	Recueillir la pulpe qui sort de la roue et la diriger vers l'orifice de refoulement	
		Les deux demi-volutes	Éviter l'abrasion du demi-corps avant	

Tableau 15 : Liste des composants de la pompe PP04 et leurs fonctions

• **Fixer les objectifs :**

Les objectifs de cette résolution de problème est de :

- ☐ Identifier les causes racines,
- ☐ Éviter les arrêts de production prolongés,
- ☐ Verrouiller et standardiser les actions pour éviter la reproduction du phénomène,
- ☐ Fiabiliser les chaînes de lavage.

Afin de remédier à ce problème, on va procéder par la vérification des différentes causes possibles, via les outils : des 5 pourquoi-et des 5M

• **Les cinq « pourquoi » :**

Les cinq « pourquoi » (en anglais : 5 Whys), est la base d'une méthode de résolution des problèmes (problem solving) proposés dans un grand nombre de systèmes de qualité. Il s'agit de poser la question pertinente commençant par un pourquoi, afin de trouver la source et la cause principale de la défaillance. Avec cinq questions commençant par « pourquoi », on essaie de trouver les raisons les plus importantes ayant provoqués la défaillance, pour aboutir à la cause principale.

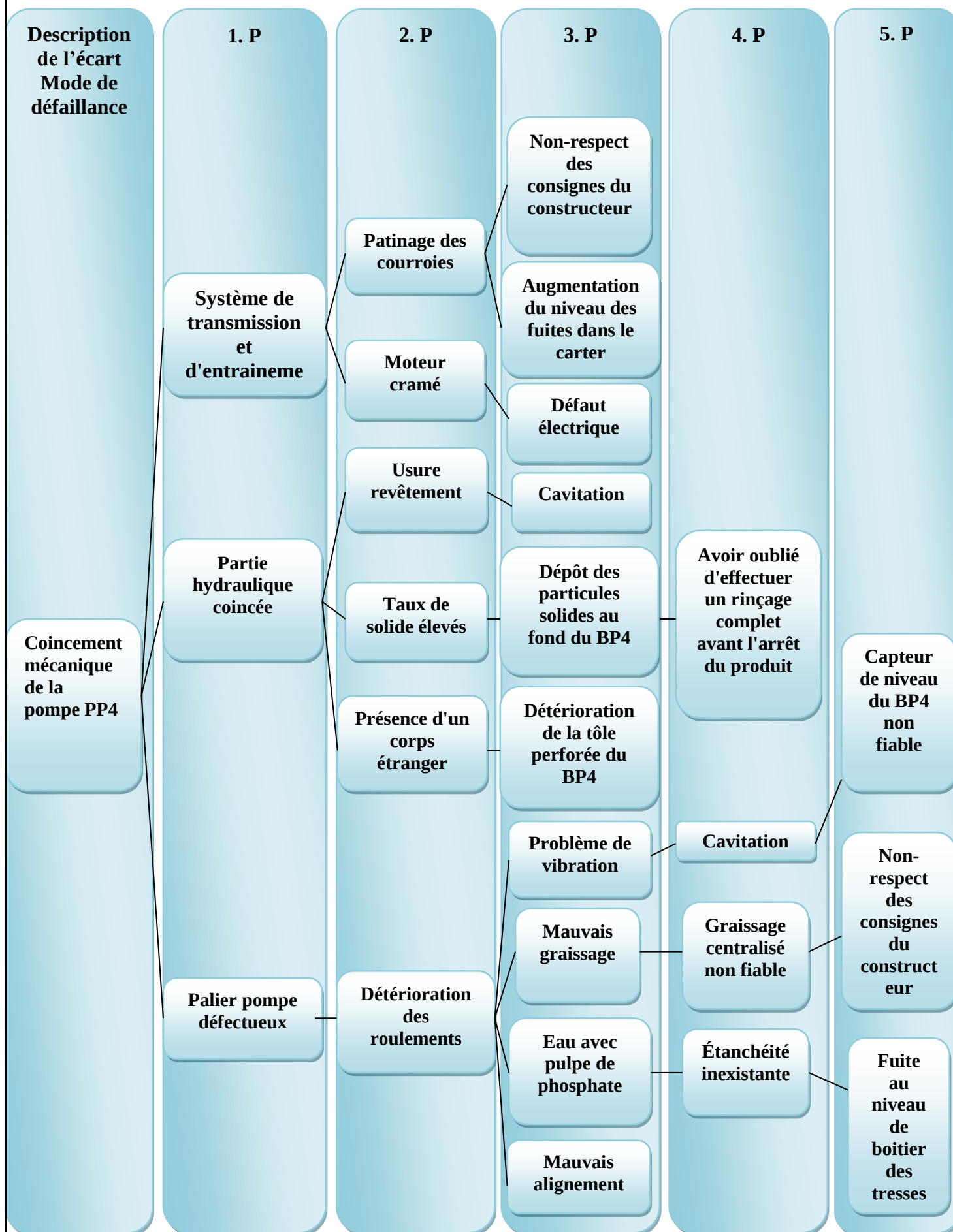


Figure 29 : 5 P coincement mécanique de la pompe

• Analyse de cause-effet (5M ou diagramme d'Ishikawa) :

▪ Définition :

Une analyse de cause-effet génère et trie des idées ou des hypothèses concernant des causes possibles de problèmes à l'intérieur d'un processus. Elle agence des éléments de manière schématique à l'aide d'un diagramme d'Ishikawa.

Ce diagramme représente de façon graphique les causes aboutissant à un effet. Il peut être utilisé comme outil de modération d'un remue-méninge et comme outil de visualisation synthétique et de communication des causes identifiées. Il peut être utilisé dans le cadre de recherche de cause d'un problème, ou d'identification et gestion des risques lors de la mise en place d'un projet.

Ce diagramme se structure habituellement autour du concept des 5 M :

- ✓ **Matière** : les matières et matériaux utilisés entrant en jeu, et plus généralement les entrées du processus.
- ✓ **Matériel** : l'équipement, les machines, le matériel informatique, les logiciels et les technologies.
- ✓ **Méthode** : le mode opératoire, la logique du processus, la recherche et le développement.
- ✓ **Main-d'œuvre** : les interventions humaines.
- ✓ **Milieu** : l'environnement, le positionnement, et le contexte.

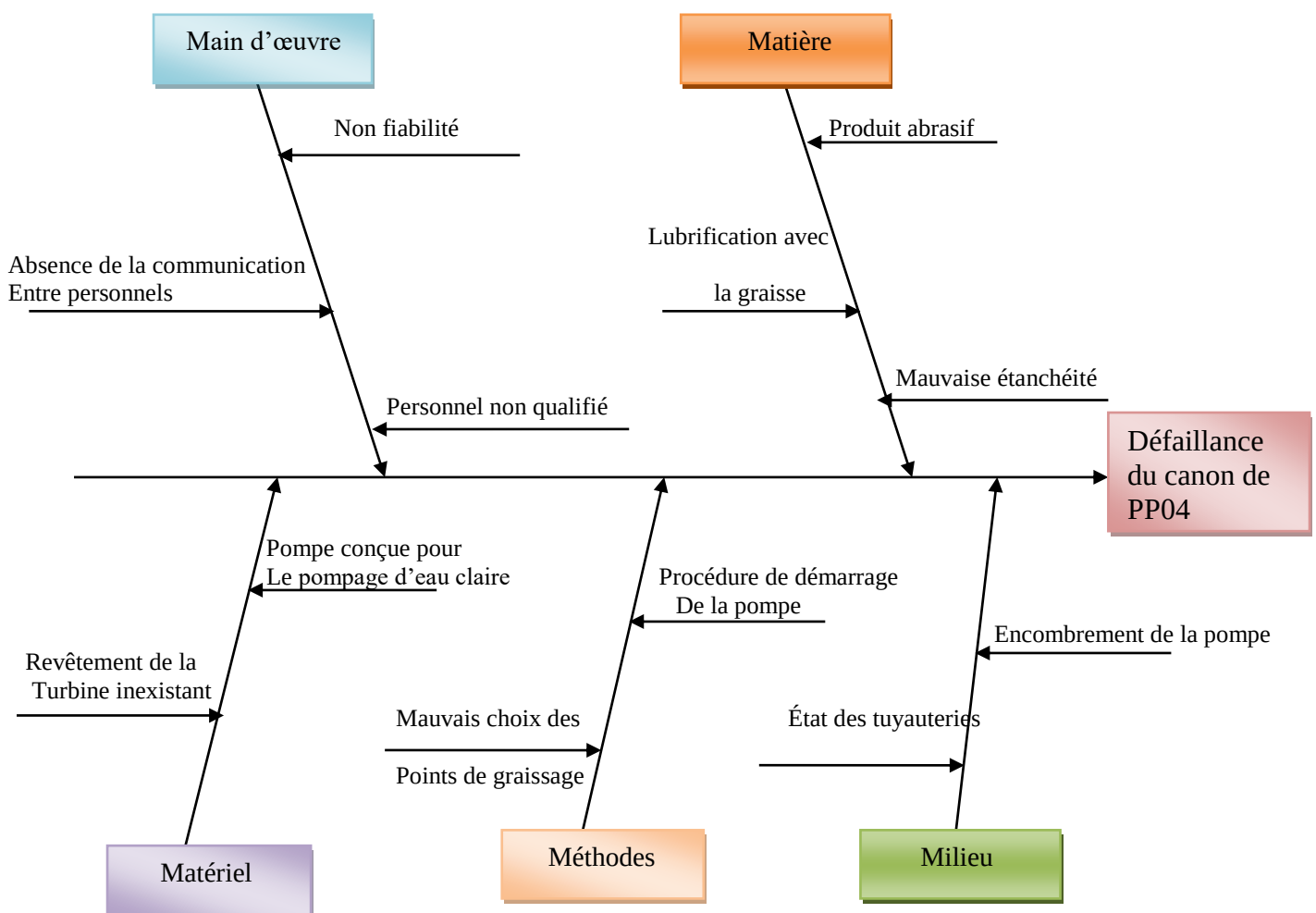


Figure 30 : Diagramme Ishikawa de la pompe PP04

L'analyse d'Ishikawa nous a mené à déduire que le coincement de la pompe est dû principalement au :

- planning de graissage suivi

❖ **Phase 4 : Mise en application, agir**

Dans la dernière phase de la MRP, on a procédé par une méthode de calcul. En effet pour fiabiliser l'équipement, il faut nécessairement prendre en compte les indicateurs de maintenance mécanique. On va calculer le Taux de Disponibilité et la MTBF, de l'année 2017 et les comparer avec les nouveaux indicateurs qui prennent en compte les contres mesures et plan d'actions qu'on a établi au préalable.

➤ **Actions à portées sur le planning de graissage :**

En se déplaçant au chantier, et en révisant les plannings de lubrification, on a pu déduire que l'opération de graissage des pompes PP04 connaît quelques obstacles pour lesquels on a essayé de trouver des contres mesures citées ci-dessous :

- ✓ Respect des points de graissage centralisé conformément aux recommandations du constructeur :
 - Graissage des canons via les labyrinthes en marche / graissage des roulements via les bouchons à l'arrêt
 - Vérification du dimensionnement et paramétrage du système de graissage centralisé
- ✓ Vérification des courroies de transmission installés par pompes en termes de type et dimension et comparer avec les préconisations du constructeur,
- ✓ Fiabiliser l'arrosage de blocage aux niveaux : qualité d'eau / pression & branchement pour empêcher la pénétration de la pulpe dans le Canon, la contamination, l'usure et coincement des roulements,
- ✓ Resserrage, fixation et renforcement des châssis.

➤ **Programme de graissage de la pompe WARMAN 12/10FAHR :**

Au cours du fonctionnement de la pompe, le graissage du palier devra s'effectuer avec quantités et fréquences ci-après :

- ✚ Graisseurs au niveau des labyrinthes (situés aux extrémités) : 80 grammes de graisse dans chaque graisseur tous les 5 jours.
- ✚ Graisseurs au niveau des roulements : Ne pas mettre de graisse au cours de fonctionnement car si les graisseurs situés au niveau des labyrinthes sont graissés régulièrement, une quantité de la graisse servira à la lubrification des roulements et le reste servira à la purge des labyrinthes.

➤ **Graissage automatique des paliers des pompes WARMAN 12/10FAHR :**

Durant la visite et l'inspection des pompes on a remarqué que le graissage automatique alimente les roulements directement ce qui peut entraîner l'excès de graissage et par suite l'échauffement et la défaillance prématurée des roulements. Le graissage automatique devrait alimenter les graisseurs installés au niveau des labyrinthes et qui sont situés aux extrémités des canons des paliers.



Position non correcte du graisseur automatique



Position correcte du graisseur automatique

➤ **Présentation générale des indicateurs de performances :**

• **Indice de fiabilité : MTBF**

MTBF désigne le temps moyen entre défaillances consécutives.

$MTBF = \text{Somme des temps de bon fonctionnement} / \text{nombre de défaillances}$.

La somme des temps du bon fonctionnement, inclut les temps d'arrêt hors défaillance, et les temps de micro arrêt. La MTBF peut s'exprimer en unités plus parlantes pour les opérationnels,

Par exemple : nombre de pannes pour 100 heures de production. Indice de maintenabilité : MTTR

• **Indice de maintenabilité : MTTR**

L'indicateur MTTR (Mean Time To Repair) littéralement : temps moyen pour réparer, exprime la moyenne des temps de tâches de réparation. Il est calculé en additionnant les temps actifs de maintenance, ainsi que les temps annexes de maintenance, le tout divisé par le nombre d'intervention

• **Taux de disponibilité : TD**

La notion de disponibilité, exprime la probabilité qu'une entité soit en état de « disponibilité » dans des conditions données, et à un instant donné en supposant que la fourniture des moyens extérieurs soit assurée. La disponibilité, ou taux de disponibilité est le rapport du « temps effectif de disponibilité » / temps requis ou encore le rapport du Temps de fonctionnement / (Temps de fonctionnement + Temps propre d'indisponibilité)

➤ Calcul :

Formules utilisées :

$$\text{Heures Théorique} = 365 \times 24$$

$$\text{Heures d'Ouverture} = \text{H.T} - \text{A. Externes}$$

$$\text{Heures Disponibles} = \text{H.O} - \text{A. Subis} - \text{A. Planifiés}$$

$$\text{MTBF} = \text{H.D} / (\text{Fréquence des arrêts subis} + 1)$$

$$\text{TD} = \text{H.D} / \text{H.O}$$

Chaines	HT	A. Externe	HO	A. Subis	A. Planifiés	HD	Fréquence	MTBF 2017	TD 2017
UL1	8760	188	8572	229	39	8304	229	36,104	96,9
UL2	8760	398	8362	379	4	7979	381	20,887	95,4
UL3	8760	613	8147	427	26	7694	519	17,977	94,4
UL4	8760	682	8078	229	28	7821	230	33,857	96,8
UL5	8760	1391	7369	282	21	7066	283	24,88	95,9
UL6	8760	2811	5949	236	8	5705	236	24,072	95,9

Tableau 16 : Calcul des indices de performance MTBF et TD des unités de lavage

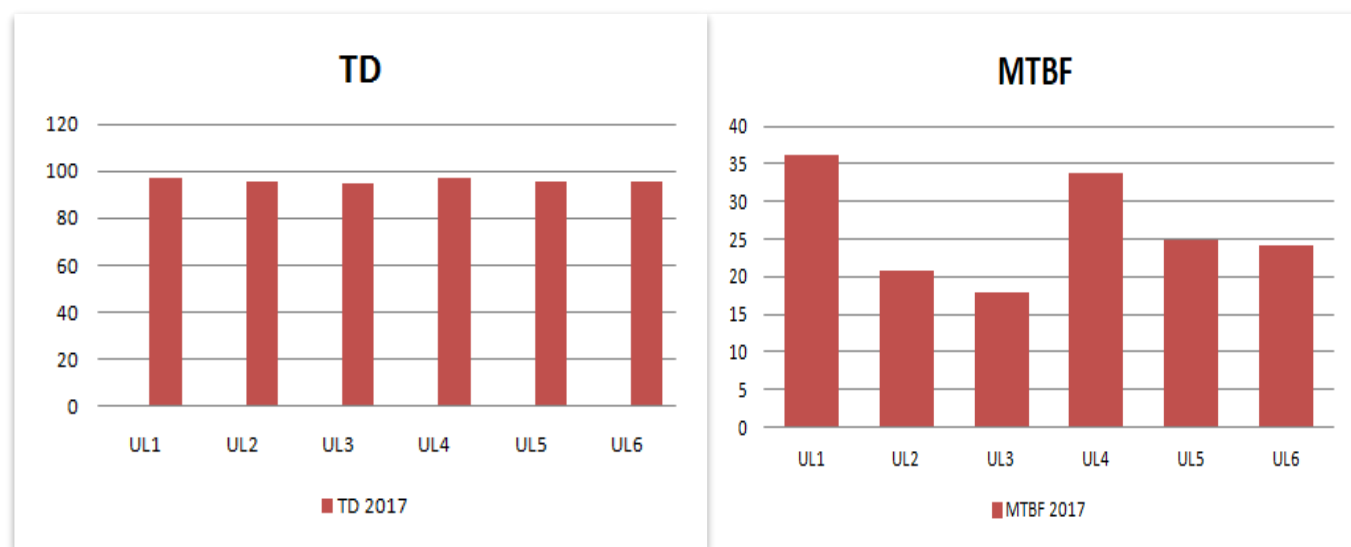


Tableau 17 : Tableau de bord des indicateurs de performance

Remarque :

- Pour les unités UL1 et UL4 le MTBF est très élevé. Par contre les unités UL2 et UL3 ont un MTBF plus bas, donc pour les fiabiliser on a proposé de faire des entretiens pour connaître les vrais problèmes qui causent cette diminution.

En tenant compte des analyses AMDEC déjà entretenue, et en se basant sur la méthode de résolutions des problèmes, sur les pompes des chaînes de lavage critiques :

De nouveaux calculs seront élaborés, pour présenter l'évolution des indicateurs de performances (TD et MTBF), et donner une comparaison avec les anciens calculs. On n'a pas pu effectuer cette étape de l'étude car notre stage n'a duré que 2 mois. Le responsable maintenance a confié la tâche à une autre personne, et il était sûr que l'AMDEC et l'étude de la MRP auront un impact valorisant sur l'équipement critique étudié, et mèneront à une fiabilisation.

Conclusion :

Le chapitre qu'on a traité, représente le travail qu'on a effectué concernant l'application de la Méthode de résolution de problème sur les pompes PP04 des chaînes de lavage, qui sont considérés parmi les équipements les plus critiques.

En d'autres termes, les pompes représentent des équipements critiques, qui nuisent au bon fonctionnement des chaînes de lavage. Néanmoins, grâce aux résultats qu'on a obtenus et les remarques tout au long de nos analyses, on a pu constater des améliorations à faire, et qui auront un impact positif et mélioratif sur l'outil de production.

Ouverture :

Durant notre stage de PFE à la laverie MEA, nous avons remarqué que chaque action réalisé par une équipe, au chantier ou à l'intérieur de l'atelier mécanique, été noté et enregistré manuellement sous forme d'un rapport journalier.

Pour une meilleure gestion, nous avons proposé au responsable de maintenance de travailler à l'aide d'un logiciel pour centraliser toutes les données de maintenance de l'entreprise, et ainsi faciliter la communication entre le service maintenance et les autres services de l'entreprise.

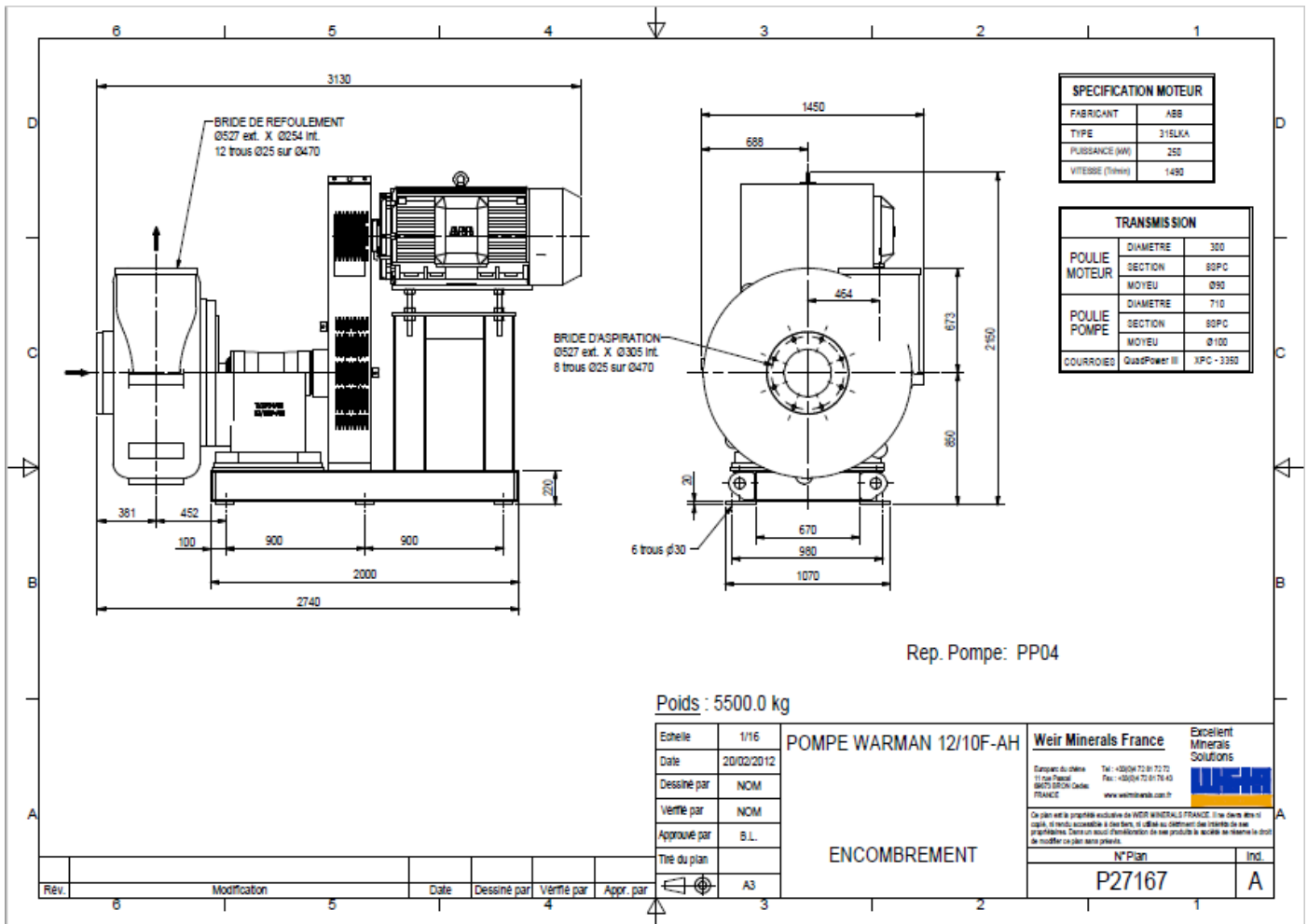
Dans ce sens, on met en place la gestion de maintenance assistée par ordinateur GMAO comme étant un outil d'aide à la décision grâce à la fourniture d'indicateurs plus pertinents, notamment des indicateurs liés aux décisions de renouvellement de matériel (LCC).

Bibliographie

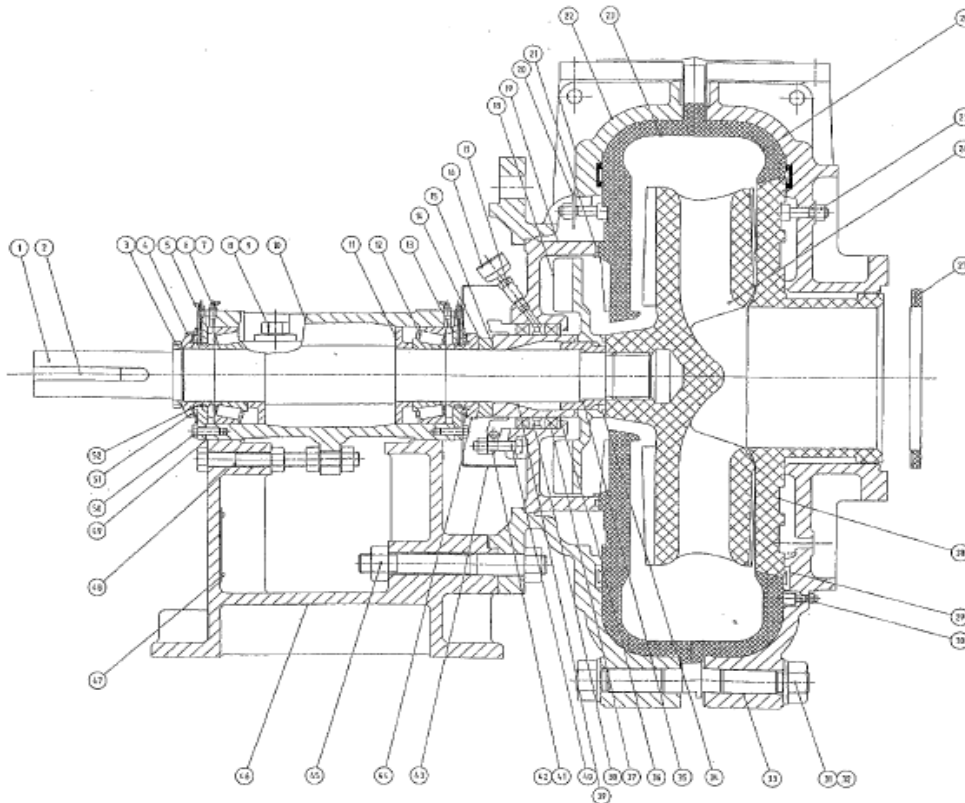
- « **QU'EST CE QUE L'OCP PRODUCTION SYSTEM ?** » : Management Industriel OCP – 2012
- « **QU'EST CE QUE LA RESOLUTION DES PROBLEMES ?** » : Management Industriel OCP – 2012
- « **RÉSOLUTION DE PROBLÈMES ET CULTURE D'ENTREPRISE** » : IQLAA Résolution de problèmes - 2011
- « **FIABILITÉ ET MAINTENANCE** » : IQLAA Résolution de problèmes - 2011
- Le site web officiel d'OCP : www.ocpgroup.ma
- Le site web Google : www.Google.com/images

Annexes

Annexe 1 : Dessin de fabrication de la pompe PP04



Annexe 2 : Dessin d'ensemble de la pompe PP04



ITEM	DESCRIPTION	PART No.
1	SHAFT	SH000000
2	SHAFT KEY	KEY00000
3	IMPELLER LOCKWASHER	LOCKWASHER
4	IMPELLER	IMPELLER
5	IMPELLER NUT	IMPELLER NUT
6	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
7	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
8	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
9	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
10	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
11	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
12	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
13	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
14	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
15	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
16	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
17	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
18	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
19	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
20	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
21	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
22	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
23	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
24	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
25	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
26	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
27	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
28	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
29	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
30	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
31	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
32	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
33	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
34	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
35	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
36	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
37	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
38	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
39	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
40	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
41	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
42	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
43	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
44	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
45	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
46	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
47	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
48	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
49	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
50	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
51	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER
52	IMPELLER NUT WASHER	IMPELLER NUT WASHER

Copyright © 1998 Warran Group Limited. All rights reserved. This document is the property of Warran Group Limited. It is to be used for the purpose of the design and manufacture of the product only. It is not to be used for any other purpose without the written consent of Warran Group Limited.

DESIGNER	DATE	SCALE
REVISOR	DATE	SCALE
APPROVED	DATE	SCALE

PROJECT	WARRAN PUMP
ITEM	155150/001
DESCRIPTION	COMPONENTS DIAGRAM OF 1210 F-AH PUMP CENTRIFUGAL SEAL, RUBBER LINED.
WARRAN GROUP LIMITED	WARRAN GROUP LIMITED
WARRAN GROUP LIMITED	WARRAN GROUP LIMITED
WARRAN GROUP LIMITED	WARRAN GROUP LIMITED