



## RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES

*Pour l'Obtention du*

**Diplôme de Master Sciences et Techniques**

**Spécialité : Génie Mécanique et Productique**

**Thème :**

*Etude de sûreté de fonctionnement du circuit GSW et des pompes de train de pompage*

*Présenté par :*

*Debbagh Jaber*

*Encadré par :*

*- Imane Moutaouakkil, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès*

*- Figuigui Ismail, Encadrant à Ocp Khouribga*

*Effectué à : La station de tête pipeline Ocp khouribga*

*Soutenu le : le 13/06/2018*

*Devant le jury :*

• Pr. Imane Moutaouakkil	Faculté des Sciences et Techniques de Fès
• Pr. Abouchita Jalil	Faculté des Sciences et Techniques de Fès
• Pr. Jabri Abdelouahhab	Faculté des Sciences et Techniques de Fès

**Année Universitaire : 2017-2018**

## Dédicace :

Je dédie ce modeste travail :



### **A mes parents :**

Qui m'ont donné beaucoup de soutien et d'encouragement, symbolisant pour moi le sacrifice et la source d'où naît la lumière qui éclaire ma vie, et pour qui aucune dédicace n'exprimera la profondeur de mon amour.



### **A mes frères :**

Pour leur véritable et sincère amour. Je les souhaite, une vie pleine de succès avec beaucoup de bonheur,



### **A mes formateurs :**

Qui m'ont dirigé vers le chemin de succès par leur compréhension et leur conseil. Veuillez trouver dans ce travail, l'expression de mes profondes reconnaissances et ma grande estime.



### **A tous mes amis et collègues :**

Pour les moments forts et agréables que nous avons passés ensemble, à tous ce qui m'aime et me souhaite le bonheur et à tous qui ont contribué de près ou de loin à l'étude de ce stage et à l'élaboration de ce rapport.

### Remerciement :

Je ne saurais commencer ce rapport sans remercier DIEU le tout puissant, le tout miséricordieux, qui m'a donné Grâce et bénédiction pour mener à terme ce projet.

À Mr. FIGUIGUI Ismail. Responsable maintenance, qui m'a soutenu pendant la période de stage, par ses orientations et ses conseils qui m'ont aidé à réaliser ce projet de fin d'étude.

Je tiens à remercier tout particulièrement mon encadrent Mm Imane Moutaouakkil, non seulement pour son encadrement de très haut niveau, ses précieux conseils et orientations, mais également pour sa disponibilité et son dévouement. Qu'il sache combien ses conseils perfectionnistes, sa disponibilité et ses encouragements m'ont été d'une grande utilité.

À Messieurs les membres du Jury pour avoir accepté de juger mon travail de fin d'études.

Ma gratitude s'adresse au cadre professoral et administratif de la faculté des sciences et techniques de Fès (FSTF) qui m'ont dispensé une formation de qualité durant ces Cinq ans d'études.

Enfin, je ne peux que saluer l'esprit d'équipe de OCP Khouribga, qui n'a pas cessé de m'apporter son soutien. Je m'adresse à chacun mes remerciements les plus vifs.

## Résumé

Les équipements de la station de pompage présentent un élément essentiel, leur bon suivi et leur maintenance représentent un défi pour le service maintenance de la Station Tête du Pipeline. C'est dans ce cadre qu'il est primordial de faire une étude de sûreté de fonctionnement de ces équipements afin d'améliorer leurs fiabilités.

Après une présentation de l'OCP et une description du fonctionnement de la Station Tête du Pipeline, nous avons suivi la méthodologie de la sûreté de fonctionnement afin d'établir une étude AMDEC permettant de déterminer les modes de défaillances les plus critiques, leurs effets et leurs criticités.

A la lumière des résultats obtenus par cette étude, nous avons établi un plan de maintenance détaillé de notre système, qui consiste à améliorer la fiabilité des équipements critiques, au niveau de la station de pompage du pipeline.

Pour conclure nous avons proposé des solutions, comme actions d'amélioration du processus de la filtration basée sur un problème concret.

<b>DEDICACE :</b> .....	<b>0</b>
<b>REMERCIEMENT :</b> .....	<b>2</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>3</b>
<b>CHAPITRE I : PRESENTATION D'ENTREPRISE ET ORGANISME D'ACCUEIL</b> .....	<b>10</b>
<b>I. INTRODUCTION</b> .....	<b>11</b>
<b>II. GENERALITES SUR LE GROUPE OCP</b> .....	<b>11</b>
<b>1. Historique</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Activités de l'OCP</b> .....	<b>12</b>
<b>3. Organigramme</b> .....	<b>12</b>
<b>4. Perspectives de développement</b> .....	<b>13</b>
<b>5. Direction du site de Khouribga</b> .....	<b>14</b>
<b>A. Pôle industries de Khouribga (GIK)</b> .....	<b>14</b>
<b>B. Organisation</b> .....	<b>14</b>
<b>III. L'ENTITE SLURRY PIPELINE</b> .....	<b>15</b>
<b>1. Présentation de Pipeline</b> .....	<b>15</b>
<b>A. L'ancienne technologie Pour Transporter le phosphate</b> .....	<b>15</b>
<b>B. La nouvelle technologie pour transporter le phosphate</b> .....	<b>15</b>
<b>C. Chiffres clés</b> .....	<b>16</b>
<b>2. Principe de fonctionnement du pipeline</b> .....	<b>17</b>
<b>A. La pulpe de phosphate</b> .....	<b>17</b>
<b>B. Propriétés chimiques du minerai de phosphate</b> .....	<b>17</b>
<b>3. Base de conception</b> .....	<b>17</b>
<b>A. Présentation du système</b> .....	<b>17</b>
<b>B. Pipelines d'alimentation</b> .....	<b>18</b>
<b>4. Description de la procédure</b> .....	<b>19</b>
<b>A. Ligne d'alimentation MEA</b> .....	<b>19</b>
<b>B. Ligne d'alimentation de DAOUI et BNI AMIR</b> .....	<b>20</b>
<b>C. Station de tête, ligne principale et station terminale</b> .....	<b>23</b>
<b>IV. MISE EN SITUATION :</b> .....	<b>27</b>
<b>V. CONTEXTE DE PROJET :</b> .....	<b>27</b>
<b>VI. NOTRE CONTRIBUTION :</b> .....	<b>27</b>
<b>CHAPITRE II : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA STATION DE POMPAGE</b> .....	<b>29</b>
<b>I. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT</b> .....	<b>30</b>
<b>1. Introduction :</b> .....	<b>30</b>
<b>2. Description du système :</b> .....	<b>30</b>
<b>A. Les pompes à pulpe :</b> .....	<b>31</b>
<b>A. 1. Introduction :</b> .....	<b>31</b>
<b>A. 2 : notions relatives aux pompes :</b> .....	<b>31</b>
<b>A. 3 : La technologie WARMAN :</b> .....	<b>32</b>
<b>B. Les pompes d'arrosage :</b> .....	<b>33</b>
<b>B. 1 : Introduction :</b> .....	<b>33</b>
<b>B. 2 : Peroni Spa :</b> .....	<b>33</b>
<b>C. Système de filtration :</b> .....	<b>34</b>
<b>C. 1 : Introduction :</b> .....	<b>34</b>
<b>C.2 : Fonctionnement :</b> .....	<b>34</b>
.....	<b>37</b>
.....	<b>37</b>
<b>CHAPITRE III : ETUDE CRITIQUES DES EQUIPEMENTS, ET ELABORATION DES PLANS</b> .....	<b>37</b>

<b>DE MAINTENANCE.....</b>	<b>37</b>
<b>I. INTRODUCTION :</b> .....	38
<b>II. LA METHODE DE SURETE DE FONCTIONNEMENT :</b> .....	38
<b>1. DEFINITION :</b> .....	<b>38</b>
<b>III. CALCULE DES INDICATEURS DE MAINTENANCE</b> .....	39
1. <i>Notions de base</i> .....	39
2. <i>Les indicateurs de maintenance</i> .....	40
<b>IV. PRINCIPE POUR MENER UNE ETUDE AMDEC :</b> .....	40
1. <i>Historique :</i> .....	40
2. <i>But d'AMDEC :</i> .....	41
3. <i>La démarche d'une analyse AMDEC :</i> .....	41
<i>De 6 à 12 heures</i> .....	44
<b>V. ETUDE AMDEC DES POMPES A PULPE</b> .....	46
1. <i>Etape 1 : Initiation</i> .....	46
2. <i>Etape2 : décomposition fonctionnelle :</i> .....	47
3. <i>Etape 3 : Analyse AMDEC de la pompe a pulpe</i> .....	50
<b>VI. ETUDE AMDEC DU SYSTEME GSW</b> .....	50
1. <i>Etape 1 : Initiation</i> .....	50
2. <i>Etape2 : décomposition fonctionnelle :</i> .....	50
3. <i>Etape 3 : Analyse AMDEC du système GSW</i> .....	53
<b>VII. RESULTAT D'ETUDE :</b> .....	53
<b>VIII. PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIF ET CORRECTIF :</b> .....	55
1. <i>Introduction :</i> .....	55
2. <i>Définition :</i> .....	55
3. <i>Objectifs :</i> .....	55
4. <i>Démarche d'établissement du plan de maintenance :</i> .....	55
5. <i>Plan de maintenance</i> .....	56
6. <i>Conclusion :</i> .....	56
<b>CHAPITRE IV : AMELIORATION DE PROCES DE FILTRATION</b> .....	<b>57</b>
<b>I. INTRODUCTION</b> .....	58
<b>II. AMELIORATION DU PROCESSUS DE FILTRATION</b> .....	59
1. <i>Problème déclencheur :</i> .....	59
2. <i>Solution proposé :</i> .....	60
a) <i>Les types de filtrations :</i> .....	61
b) <i>Résultat final :</i> .....	63
<b>III. DIMENSIONNEMENT DU FILTRE</b> .....	63
1. <i>Méthodologie utilisée pour dimensionner l'unité de filtration</i> .....	63
2. <i>Méthodologie utilisée pour déterminer les conditions de rétrolavage</i> .....	64
3. <i>Dimensionnement de l'unité de filtration</i> .....	64
4. <i>Dimensionnement de la phase de rétrolavage :</i> .....	66
5. <i>Fiche technique du filtre et système de rétrolavage :</i> .....	72
<b>ANNEXE</b> .....	<b>75</b>
<b>I. TABLEAU AMDEC DES POMPES A PULPE :</b> .....	76
<b>II. AMDEC DE SYSTEME GSW</b> .....	79
1. <i>Tableau AMDEC filtre Timex</i> .....	79
2. <i>Tableau AMDEC pompe d'arrosage</i> .....	84

<b>AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ .....</b>	<b>84</b>
<b>III. PLANT DE MAINTENANCE :.....</b>	<b>90</b>
1. <i>Plan de maintenance- planning de 4 ans .....</i>	<i>94</i>
2. <i>Plan de maintenance-planning mensuel.....</i>	<i>98</i>
<b>IV. FILTRE PROPOSE .....</b>	<b>101</b>

## Liste de figures

Figure 1: organigramme de l'OCP.....	13
Figure 2:Organigramme du site de Khouribga.....	14
Figure 3:Pipeline entre Khouribga et Jorf Lasfer.....	15
Figure 4:Composants du système.....	18
Figure 5: Réservoir de stockage .....	20
Figure 6 : train de pompage.....	21
Figure 7 :Système d'eau de service pour le joint d'étanchéité .....	21
Figure 8 :Arrivé de pulpe .....	22
Figure 9 : Racleur de conduit .....	22
Figure 10 : station de choc .....	22
Figure 11 : Réservoirs de stockage au niveau de la station de tête .....	24
Figure 12 : trains de pompage .....	24
Figure 13 : teste loupe .....	25
Figure 14:plan d'action.....	28
Figure 15 : circuit hydraulique de la station de pompage .....	30
Figure 16 : composants de la pompe à pulpe .....	33
Figure 17 : pompe d'arrosage et accessoires .....	33
Figure 18 : vu éclaté de la pompe d'arrosage .....	34
Figure 19 : l'unité de filtration.....	35
Figure 20 : les composants de filtre .....	35
Figure 21 : sureté de fonctionnement.....	38
Figure 22 : diagramme de pieuvre de la pompe a pulpe .....	47
Figure 23 : décomposition fonctionnelle de la pompe à pulpe .....	48
Figure 24 : diagramme de pieuvre du système GSW.....	50
Figure 25 : les unités de la station de pompage.....	58
Figure 26 : cercle de la maintenance de la station de pompage .....	59
Figure 27 : les types de filtration, leurs avantages et inconvénients .....	61
Figure 28 : : les perte de charge en fonction de la porosité.....	66
Figure 29 : circuit de filtration proposé.....	69
Figure 30 : dimensions du circuit de filtration .....	70



## Liste des tableaux

Tableau 1:Catégorie de phosphate commercial .....	17
Tableau 2:Capacités et gradient hydraulique maximal du pipeline d'alimentation .....	19
Tableau 3:Station de contrôle des vannes et stations de contrôle de la pression .....	26
Tableau 4: nomenclature de filtre.....	36
Tableau 5 : indices de maintenance.....	40
Tableau 6 : définition des coefficients de temps d'approvisionnement .....	44
Tableau 7 : définition des coefficients de temps d'intervention .....	44
Tableau 8 : définition des coefficients de l'impact sur la disponibilité .....	44
Tableau 9 : définition des coefficients de l'impact sur la sécurité .....	45
Tableau 10 : les fonction du diagramme de pieuvre .....	47
Tableau 11 : composants et fonctions de la pompe à pulpe .....	49
Tableau 12 : fonction principal, et de contrainte de système GSW .....	51
Tableau 13 : décomposition fonctionnelle du système GSW .....	52
Tableau 14 : les composant et les fonction du système GSW .....	53
Tableau 15: matrice morphologique des filtre .....	62
Tableau 16 : sondage pour choix de filtre .....	63
Tableau 17 : qualité d'eau en fonction de la vitesse de filtration .....	64
Tableau 18 : propriétés du lit.....	65
Tableau 19 :gain lié au coût de main d'œuvre .....	73
Tableau 20 : gain de la productivité .....	73

## **Introduction**

Dans le cadre de la concurrence mondiale, et la grande compétitivité dans le monde industriel, les entreprises sont appelées à améliorer la qualité de leurs produits et services. A cet effet, elles doivent adopter une politique qui tient compte de l'évolution économique et technologique actuelle. Face à ses contraintes et afin de consolider son rang de leader, le groupe OCP considère l'adoption des nouvelles technologies, et l'amélioration de la fiabilité des équipements, et leur rentabilité comme étant un choix prioritaire dans sa stratégie industrielle.

C'est dans cette perspective, qu'il nous a été proposé comme sujet de projet de fin d'études de faire une étude de sûreté de fonctionnement du train de pompage et de circuit GSW.

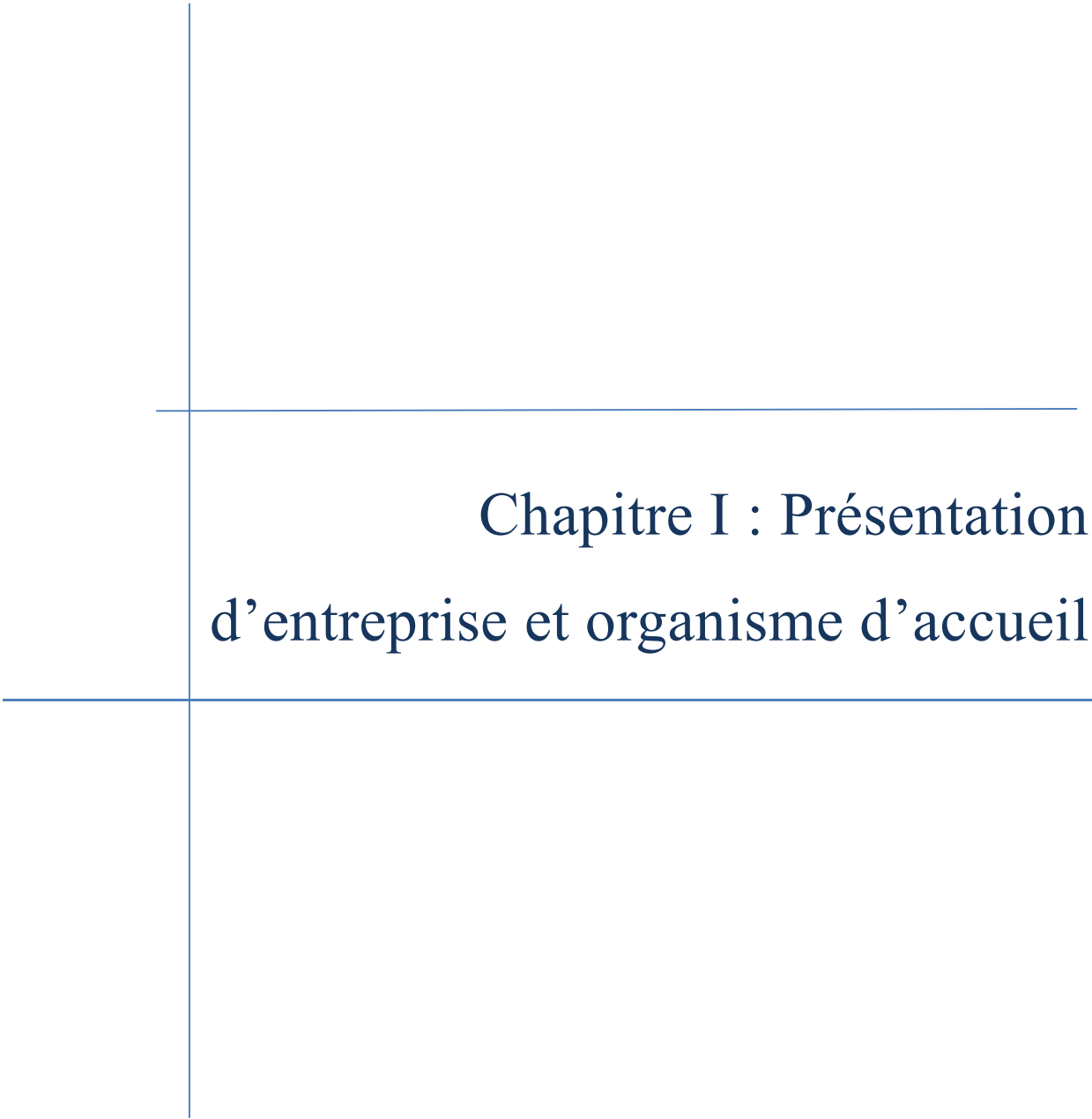
Le présent rapport s'articule sur plusieurs axes détaillés selon les chapitres suivants :

Le premier est dédié à la présentation générale d'organisme d'accueil (OCP) et le site de déroulement de stage HEAD STATION, ensuite le principe de fonctionnement du Pipeline.

Le deuxième sera consacré à une description de la Station de Pompage.

Le troisième chapitre, concerne une étude AMDEC faite afin de déterminer les modes de défaillance les plus critiques, leurs effets et leurs criticités, et a la lumière des résultats obtenu, nous avons élaboré des plans de maintenance.

Puis nous consacrons le quatrième chapitre à la proposition des actions amélioratives concernant l'amélioration du processus de la filtration.



# Chapitre I : Présentation d'entreprise et organisme d'accueil

## **I. Introduction**

Ce chapitre sera consacré à la présentation de l'organisme qui nous a accueillis dans le cadre de notre projet de fin d'études, baptisé l'office chérifien des phosphates (OCP).

Après la présentation de l'OCP S.A d'une manière générale, à travers un aperçu historique, ses domaines d'activités et sa structure d'organisation, nous allons présenter les grandes lignes du plan de sa stratégie de développement.

La deuxième section et la troisième sont dédiées respectivement à la présentation du pôle des industries de Khouribga et à la direction PIPELINE qui est le site de déroulement de ce stage.

## **II. Généralités sur le groupe OCP**

Le Groupe OCP, formé d'OCP SA, de ses filiales et participations, est le plus grand exportateur mondial de roche phosphatée et de produits dérivés du phosphate. Ses activités couvrent la totalité de la chaîne de valeur du phosphate, depuis l'extraction minière de la roche jusqu'à la production d'acide phosphorique et d'engrais phosphatés.

### **1. Historique**

L'Office Chérifien de Phosphate est l'une des grandes entreprises Marocaines. Il a été créé en 1920 par le Dahir du 7 août 1920 pour exploiter les gisements des phosphates.

Depuis sa création, le groupe OCP a connu une large évolution. Les étapes les plus importantes dans son évolution sont :

1920 Création, le 7 août, de l'office chérifien des Phosphates (OCP).

1921 Début de l'extraction du phosphate à Boujniba (Khouribga).

1930 Ouverture d'un nouveau centre de production de phosphate (Youssoufia).

1965 Démarrage de Maroc phosphore I-II à Safi

1998 Début de la production d'acide phosphorique purifié (Jorf Lasfar) 2003 L'OCP est devenu le seul actionnaire de Phosphate

2008 La société anonyme OCPSA est née le 22 Janvier. 2010 Mise en service d'une nouvelle station d'épuration des eaux usées de la ville de Khouribga

2011 Démarrage des travaux d'excavation du pipeline entamés par l'entreprise Tekfen.

2014 Début d'exploitation du pipeline liant khouribga et Jorf Lasfar pour l'envoi de phosphate dans les laveries Daoui et Merah Lahrach

## **2. Activités de l'OCP**

OCP est spécialisé dans l'extraction, la valorisation et la commercialisation de phosphate et de ses produits dérivés. Chaque année, plus de 23 million de tonnes du minerai sont extraites du sous-sol marocain.

Principalement utilisés dans la fabrication des engrais, les phosphates proviennent des sites de Khouribga, Bengurir, Youssoufia et Boucraa.

Premier exportateur mondial des phosphates sous toutes leurs formes, OCP écoule 95% de sa production en dehors des frontières nationales, il a réalisé un chiffre d'affaires de 1.5 milliards de dollars en 2009.

Moteur de l'économie nationale, OCP joue son rôle d'entreprise citoyenne. Ce rôle se traduit par la promotion de nombreuses initiatives notamment aux termes du développement régional et de la création d'entreprises.

Dans un contexte de concurrence accrue, OCP poursuit sa politique de consolidation de ses positions traditionnelles et développe de nouvelles débouchés avec une exigence sans cesse réaffirmée : améliorer la qualité de ses produits tout en maintenant un niveau élevé en matière de sécurité et de protection de l'environnement.

## **3. Organigramme**

Concentré sur ses métiers de base, OCP s'appuie sur une structure organisée qui s'articule autour de ses filiales intégrées. Dans le cadre de sa stratégie de développement à l'international, il a également noué au fil des années des partenariats avec de grands opérateurs étrangers

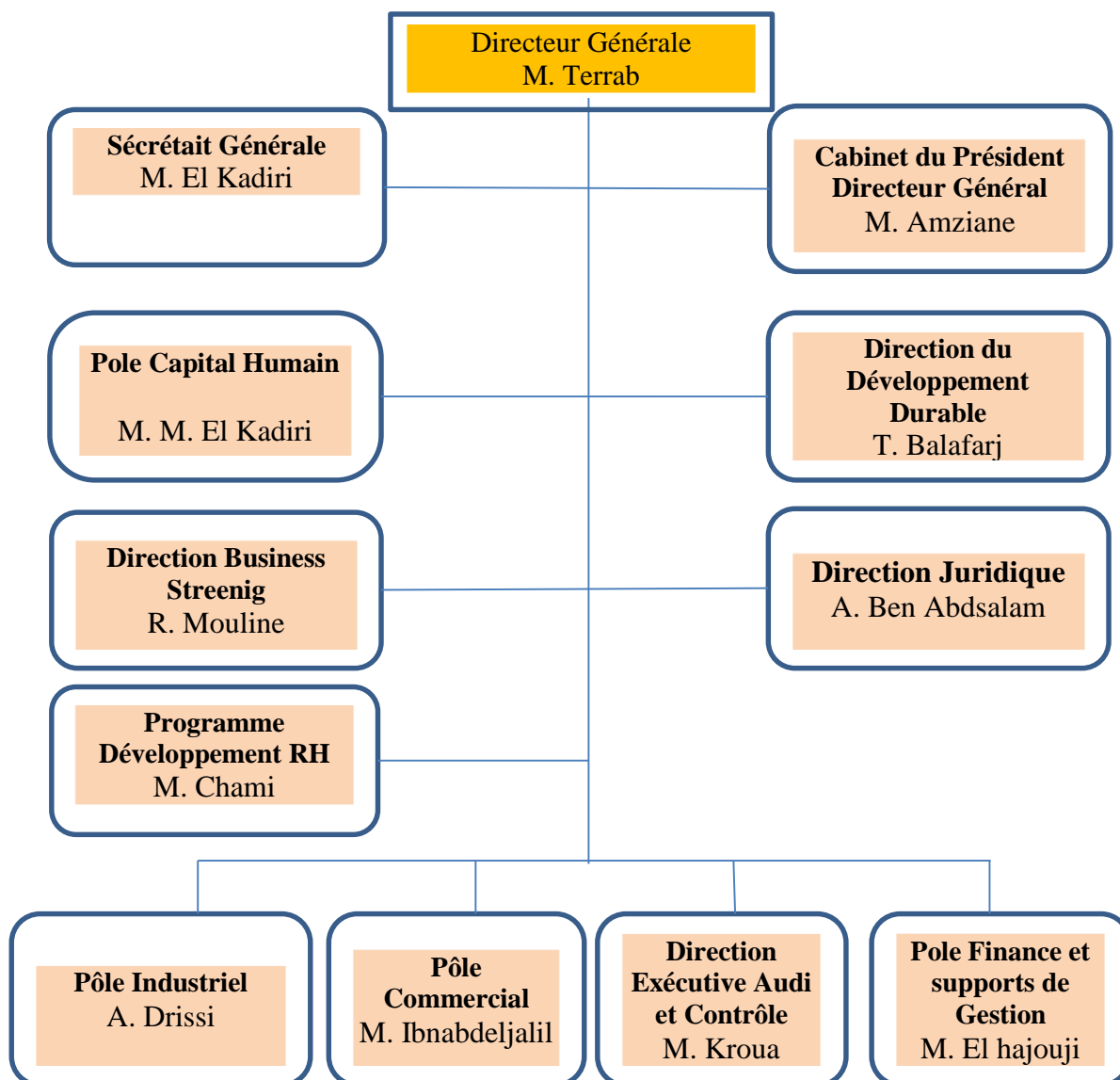


Figure 1: organigramme de l'OCP

#### 4. Perspectives de développement

L'Office Chérifien des Phosphates présente désormais des perspectives de développement fort prometteuses. En effet, pour renforcer sa position de leader sur le marché des phosphates en augmentant sa capacité de production de 35 million de tonnes à 55 million de tonnes, l'OCP a adopté une stratégie de développement à long terme.

Cette stratégie porte, pour l'essentiel, sur un plan de développement industriel de 115 milliards de dirhams d'ici 2020. Et ce non seulement dans le but d'améliorer la productivité et diminuer les couts, mais aussi pour augmenter la compétitivité et contrôler le marché

international. Le projet de pipeline, qui servira à transporter les phosphates des sites de Khouribga au port de Jorf Lasfar et se substituera au chemin de fer, en constitue un bel exemple.

## 5. Direction du site de Khouribga

### A. Pôle industries de Khouribga (GIK)

A 120 km au sud-est de Casablanca, Khouribga constitue la plus importante zone de production de phosphate de l'OCP. Elle a permis la création de quatre agglomérations regroupant plus de 200.000 habitants : Khouribga, Boulanouar et Hattane

Le site minier comporte trois zones d'extraction et quatre zones de traitement, dont deux pour le séchage (OUED ZEM et BENI INDIR) et deux pour le lavage (la laverie MEA et la laverie DAOUI). Le gisement est de type sédimentaire et les réserves estimées à plus de 35 milliards de m<sup>3</sup>. Les premiers coups de pioche ont été donnés en 1921 par la méthode souterraine.

### B. Organisation

L'exploitation des sites de Khouribga est organisée suivant l'organigramme suivant :

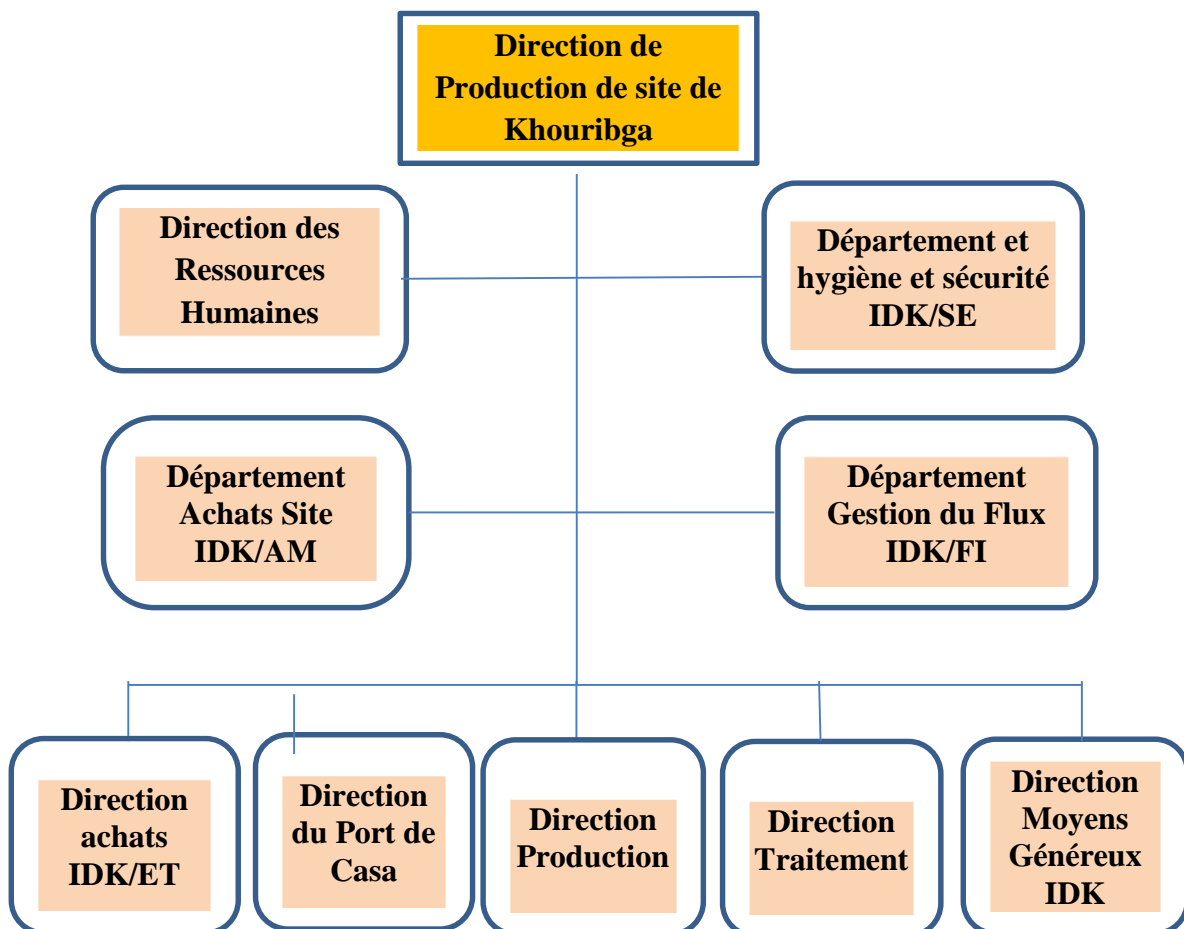


Figure 2: Organigramme du site de Khouribga

### III. L'entité Slurry Pipeline

#### 1. Présentation de Pipeline

##### A. L'ancienne technologie Pour Transporter le phosphate

Avant le pipeline, le phosphate extrait était en partie lavé, broyé et flotté. La quasi-totalité est séchée pour s'adapter aux exigences de transport et stockée à la mine. Le phosphate à exporter est transporté par voie ferroviaire vers le port de Casablanca, alors que la part destinée à la valorisation chimique prend la destination de Jorf Lasfar. Pour être valorisés, les phosphates secs sont mis en pulpe par ajout de l'eau, soit 60% de phosphate et 40% d'eau.

##### B. La nouvelle technologie pour transporter le phosphate

Le pipeline permettra le transport par voie hydraulique de la totalité du phosphate extrait des mines de Khouribga vers le site de Jorf Lasfar pour être transformé en acide phosphorique dans les unités chimiques, ou vers le port pour être exporté. Le coût du transport par pipeline rendu à Jorf Lasfar sera divisé par huit, soit moins d'un dollar US par tonne au lieu de huit dollars US par voie ferroviaire. En outre, le pipeline permettra des économies en eau et en énergie en éliminant les opérations de séchage requises pour le transport par train de la roche destinée à la valorisation locale.



Figure 3: Pipeline entre Khouribga et Jorf Lasfer



Un pipeline est un ensemble de canalisations en acier (souvent appelé « la ligne ») presque toujours enterrées, de stations de pompage pour faire avancer le liquide, de « terminaux » aux extrémités de la ligne destinée à prendre en charge le produit concerné au transporteur (aussi appelé pipeline) et à restituer le produit au client en quantité et qualité égales à celles du point d'entrée. Un pipeline permet l'échange de produits entre raffineries, dépôts pétroliers et installations portuaires.

Les pipelines représentent le moyen le plus sûr et le plus efficace de transport de grandes quantités de phosphates par voie de terre.

Les pipelines sont une solution sensée :

- Le transport à grande échelle de gaz naturel par camion-citerne ou wagon de chemin de fer n'est pas faisable
- Les pipelines sont plus rentables que les autres options de transport
- Leur exploitation exige beaucoup moins d'énergie que celle des camions ou des chemins de fer et favorise la réduction des gaz à l'effet de serre
- Les pipelines souterrains sont plus sûrs que les autres moyens de transport

### **C. Chiffres clés**

Un pipeline présente de nombreux avantages, dont certains sont décisifs, par rapport aux autres moyens de transport

- 38 millions de tonnes par an de phosphate transporté contre 18 millions de tonnes auparavant
- 187 Km : longueur du pipeline principal
- 48 Km : longueur des pipelines secondaires
- 98% : taux de disponibilité
- 90% : Réduction des coûts logistiques
- 930 337 tonnes par an de réduction des émissions CO2
- 3 millions m3 par an d'économie en eau

## 2. Principe de fonctionnement du pipeline

### A. La pulpe de phosphate.

La pulpe est un mélange de particules de matières solides avec l'eau dans lequel les phases solides et liquides n'interagissent pas chimiquement. La pulpe de phosphate se compose généralement de particules de tailles très diverses dont le périmètre varie entre 1  $\mu\text{m}$  et 250  $\mu\text{m}$ , et se caractérise par une densité sèche du solide qui se mesure en Kilogramme par mètre cube ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), dans le cas de la pulpe du phosphate la densité des solides égales normalement à 3.0  $\text{t}/\text{m}^3$ .

### B. Propriétés chimiques du minerai de phosphate

Le minerai de phosphate est traité dans des usines de lavage pour produire quatre catégories "K" de produits mis en vente. Les catégories de phosphate produites sont indiquées dans tableau suivant :

Catégorie commerciale	% BPL
K09	67.5% à 68.5%
K10	69.4% à 70.0%
K12	70.0% à 70.7%
K20	71.5% à 72.5%

Tableau 1: Catégorie de phosphate commercial

## 3. Base de conception

### A. Présentation du système

Le minerai de phosphate est extrait de divers endroits, traité (préparé pour son transport dans un pipeline de minerai) et pompé vers la station de tête du pipeline de minerai principal à Khouribga (situé au niveau de l'usine de valorisation MEA). Le minerai de phosphate est stocké dans le parc de réservoirs de la station de tête, à partir d'où il est pompé vers la station terminale à Jorf Lasfar. Différentes qualités de phosphate préparées au niveau des usines de lavage sont maintenues séparées à travers cette procédure et sont transférées à travers le pipeline vers Jorf

Lasfar en lots séparés par des bouchons d'eau afin de minimiser le mélange des catégories de produits. Les composants de base du système sont illustrés dans la figure suivante :

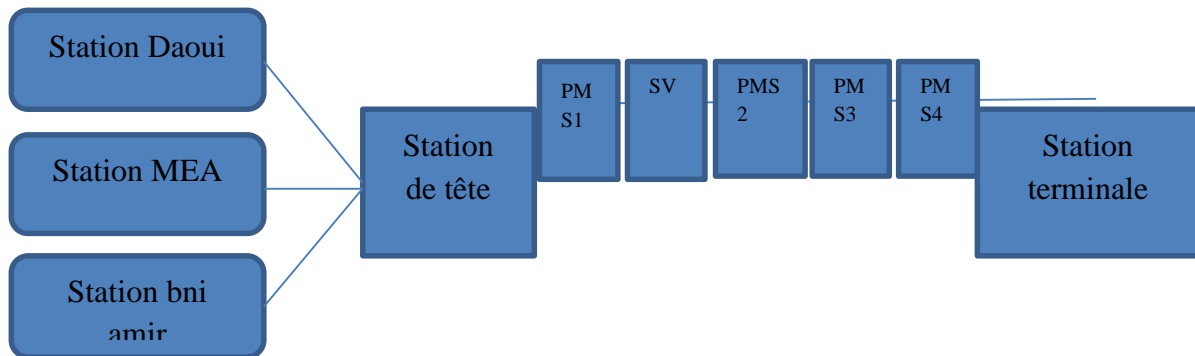


Figure 4: Composants du système

### B. Pipelines d'alimentation

- L'usine de valorisation de Daoui (pipeline d'alimentation unique de 22,2 km). L'usine de lavage produit une catégorie unique de produit (K09) qui est transférée à travers le pipeline d'alimentation unique.
- L'usine de valorisation d'El Halassa (pipeline d'alimentation unique de 14,9 km). La gamme complète des catégories de produits est transférée par lots à travers le pipeline d'alimentation unique.
- L'usine de valorisation MEA (pipelines basse qualité et haute qualité distincts de 1763 m transférant le minerai directement depuis les épaisseurs respectifs)

Description	Pipeline d'alimentation basse qualité MEA	Pipeline d'alimentation haute qualité MEA	Pipeline d'alimentation DAOUI	Pipeline d'alimentation de Béni Amir
Production de l'usine de lavage (max) (Mt/a)	6,1	4,4	5,9 à 8,0	9,6
<b>Capacité maximale du pipeline</b>				
Capacité du Pipeline (max)	1400t/h	700t/h	1400t/h	1500t/h

<i>(t/h) basée sur les performances garanties</i>				
Concentration en minerai (%m)	61%	61%	61%	61%
Gradient hydraulique maximum (m/km)	28,1	25,3	14,0	7,48

*Tableau 2: Capacités et gradient hydraulique maximal du pipeline d'alimentation*

#### **4. Description de la procédure**

##### **A. Ligne d'alimentation MEA**

L'usine de traitement MEA et la station de tête sont situés l'une à proximité de l'autre. Deux systèmes de pompage transfèrent le minerai de l'usine de lavage MEA vers la station de tête. Le premier système de pompage s'appelle Système de pompage basse qualité MEA et l'autre s'appelle Système de pompage haute qualité MEA. Pour les deux systèmes, le pipeline court sur une longueur d'environ 1763 m avec peu de dénivélé.

##### **□ Système de pompage basse qualité MEA**

Le système de pompage basse qualité MEA peut recevoir du minerai de chacun des deux épaisseurs basse qualité au niveau de l'usine de lavage MEA. Le système de basse qualité transporte les catégories de minerai de phosphate K09 et K12 vers le collecteur de distribution au niveau de la station de tête.

##### **□ Système de pompage haute qualité MEA**

Le système de pompage haute qualité MEA peut recevoir du minerai de chacun des deux épaisseurs haute qualité au niveau de l'usine de lavage MEA. Le minerai est pompé par la pompe de surverse de l'épaisseur haute qualité à travers le pipeline haute qualité et vers le collecteur de distribution au niveau de la station de tête. Le système transporte les catégories de minerai de phosphate K09, K10 et K20.

## **B. Ligne d'alimentation de DAOUI et BNI AMIR**

Le système est utilisé pour pomper le minerai depuis l'usine de lavage de Daoui vers la station de tête à travers un pipeline unique. Ce système a le même principe de fonctionnement que celui utilisé pour la ligne d'EL HALASSA, dans ce qui suit nous allons présenter seulement la ligne DAOUI.

### **□ Réception du minerai**

La qualité K09 de minerai de phosphate est reçue depuis les deux épaisseurs de l'usine de lavage de Daoui. Le débit dans le pipeline de surverse de l'épaisseur doit être supérieur à la vitesse minimale. Le minerai est reçu à travers un pipeline unique vers le réservoir de stockage du minerai de Daoui.

L'eau de traitement pour le rinçage du pipeline entre les pompes de surverse de l'épaisseur et le réservoir de stockage de Daoui doit être fournie dans chacune des lignes d'alimentation en minerai à partir des deux épaisseurs. Le point de connexion est en amont des limites d'installation mécaniques du projet. L'eau de rinçage du pipeline doit être fournie pour rincer



*Figure 5: Réservoir de stockage*

l'ensemble du pipeline depuis les pompes de surverse de l'épaisseur jusqu'au réservoir de Stockage de minerai de Daoui. L'eau de rinçage doit être fournie à un débit et une pression suffisants pour maintenir le débit dans le pipeline à l'intérieur des limites de débit.

### **□ Réservoir de stockage agité**

Un réservoir de stockage, 07-TK-001, possédant un diamètre de 20 m et une hauteur de 20 m est fourni au niveau de la station d'alimentation de Daoui. Le réservoir est équipé de l'agitateur 07-AG-001. Une conduite d'aspiration alimente en minerai les deux trains de pompage.

### **□ Pompes de minerai**

La station de pompage se compose de deux trains de pompage de minerai. Un train de pompage est actif tandis que l'autre est en veille. Chaque train comprend quatre pompes à minerai grande puissance installées en série. Chaque train est équipé de variateurs de vitesse sur les pompes 1 et 4 et de régulateur de vitesse sur les pompes 2 et 3.



*Figure 6 : train de pompage*

#### □ **Système d'eau de service pour le joint d'étanchéité**

Un système d'eau de service pour le joint d'étanchéité est fourni pour alimenter les pompes à minerai en eau, l'eau de service préparée et filtrée est reçue de l'usine de lavage de Daoui dans le réservoir GSW 07-TK-101. Depuis le réservoir, l'eau de service est fournie à travers deux têtes vers 8 pompes volumétriques. Chaque pompe à minerai possède sa propre pompe à eau de service GSW.



*Figure 7 :Système d'eau de service pour le joint d'étanchéité*



## Pipeline

Le pipeline de minerai court le long d'une pente descendante sur une distance de 22,2 km. Un racleur de conduit est fourni au niveau de la station d'approvisionnement de Daoui pour envoyer les outils de raclage dans le pipeline de haute qualité.

Un récepteur est fourni au niveau de la station de tête pour recevoir les outils de nettoyage envoyés depuis la station de pompage de Daoui.



Figure 9 : Racleur de conduit



Figure 8 : Arrivé de pulpe



Figure 10 : station de choc

### □ Station d'étranglement de Daoui

Une station d'étranglement est installée dans la ligne d'alimentation de Daoui au niveau de la station de tête afin de garantir un débit serré dans le pipeline. Les vannes hydrauliques de la station d'étranglement de Daoui sont alimentées par le distributeur hydraulique au niveau du récepteur d'alimentation de la station de tête

### **C. Station de tête, ligne principale et station terminale**

Au niveau de la station de tête, le minerai est reçu à travers la ligne d'alimentation de Daoui, des deux lignes d'alimentation MEA et de la ligne d'alimentation d'El Halassa. À l'avenir, le minerai sera aussi reçu à travers la ligne d'alimentation d'Oulad Fares. Au niveau de la station de tête, le minerai reçu est stocké dans deux groupes de réservoirs. Depuis la station de tête, différentes catégories de minerai sont pompées de manière ordonnée à travers le pipeline principal vers la station de tête de Jorf Lasfar.

Une station de contrôle des vannes est installée le long du pipeline pour le segmenter. Les stations de contrôle de la pression vérifient celle-ci le long du pipeline.

Au niveau de la station terminale, une station d'étranglement est installée dans la ligne principale afin de garantir un débit serré.

Au niveau de la station terminale, deux groupes de réservoirs de stockage pour les catégories exportées et un groupe de réservoirs pour les utilisateurs locaux sont fournis.

#### **□ Station de tête - réservoirs de stockage agités, Collecteur de distribution et boîtes de répartition.**

Deux groupes de réservoirs de stockage avec deux réservoirs par groupe sont fournis dans le cadre de la phase actuelle. Au cours d'une prochaine phase, un troisième réservoir sera ajouté à chaque groupe.

Le minerai reçu des stations d'alimentation peut être orienté vers chacun des deux collecteurs. Le minerai de catégorie K09 est orienté vers le collecteur alimentant la boîte de répartition 10-SB-001.

La boîte de répartition 10-SB-001 distribue de manière égale le minerai entre les réservoirs 10-TK- 001, 10-TK-002 et le futur réservoir 10-TK-003. Le minerai de catégorie K10, K12 et K20 est orienté vers le collecteur alimentant la boîte de répartition 10-SB-011.

Tous les réservoirs de stockage de minerai au niveau de la station de tête mesurent 20 m de diamètre et 20 m de haut. La conduite de déversement de chaque réservoir est reliée à la tête d'aspiration de la pompe. La tête d'aspiration envoie le minerai vers chacun des deux trains de pompage.





*Figure 11 : Réservoirs de stockage au niveau de la station de tête*

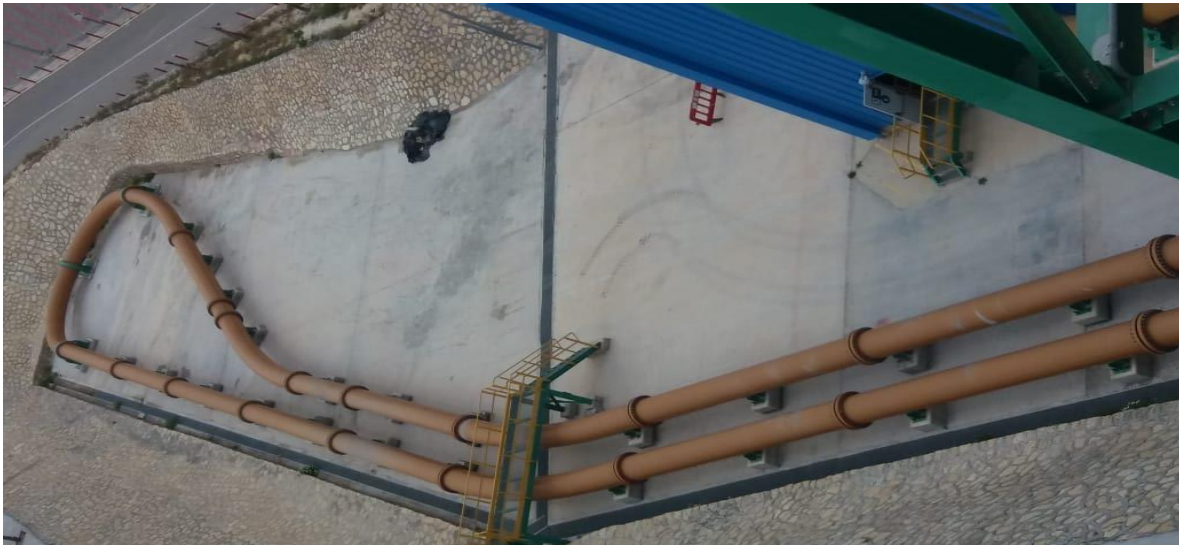
#### □ Pompes de minerai principales

Un train est fonctionnel à tout moment, l'autre étant mis en veille. Chaque train comprend six pompes à minerai grande puissance installées en série. Chaque train est équipé de variateurs de vitesse sur les pompes 1, 2, 5 et 6 et de régulateur de vitesse sur les pompes 3 et 4.

Une boucle de test est installée pour déterminer le gradient de perte de la tête. La boucle de test peut être utilisée en conjonction avec le train de pompage A ou B. A partir de la boucle de test, le minerai peut être orienté vers la deuxième pompe de chaque train ou renvoyé vers l'une des deux boîtes de répartition (10-SB-001 & 10-SB-011). La boucle de test peut aussi être contournée.



*Figure 12 : trains de pompage*



*Figure 13 : teste loupe*

#### □ **Station d'étranglement du pipeline principal**

Une station d'étranglement est installée dans la ligne principale au niveau de la station terminale afin de garantir un débit serré dans le pipeline.

#### □ **Pipeline, Station de contrôle des vannes et stations de contrôle de la pression**

Le pipeline de minerai mesure 187 km de longueur et possède une section soumise à une déclinaison importante.

Quatre stations de contrôle de la pression et une station de contrôle des vannes sont installées le long du pipeline.

Les instruments de contrôle de la pression sont installés dans l'ensemble des stations de contrôle de pression et dans la station de contrôle des vannes. Les vannes à boisseau sphérique sont installées dans la ligne principale au niveau de la station de contrôle des vannes pour segmenter le pipeline et ainsi réduire les pressions de pipeline pendant la mise à l'arrêt.

La durée maximale pendant laquelle le pipeline peut être arrêté tandis qu'il contient du minerai est de 24 heures. Les alarmes se déclenchent lorsque le pipeline est à l'arrêt depuis 23 heures, et de nouveau lorsque le chronomètre atteint 24 heures avec du minerai dans le pipeline.

Un racleur de conduit est fourni au niveau de la station de tête pour envoyer les outils de raclage dans le pipeline.

Un récepteur est fourni au niveau de la station terminale pour recevoir les outils de raclage envoyés depuis la station de tête. Station

station	Description
PMS1	La station de surveillance de la pression PMS1 est Située à 46 Km de la station de tête afin de surveiller les conditions intermédiaires dans le pipeline principal au niveau de la pression.
STATION DES VANNES	La station des vannes intermédiaire est Située à 68 Km de la station de tête, elle divise la pression hydrostatique pendant l'arrêt de pipeline principale de telle sorte que la ligne principale en dessous de la station de vanne ne soit pas en surpression pendant l'arrêt.
PMS2	La station de surveillance de la pression PMS2 est Située à 101 Km de la station de tête pour surveiller les conditions intermédiaires dans le pipeline principal au niveau de la pression.
PMS3	La station de surveillance de la pression PMS3 est Située à 129 Km de la station de tête dans le but de surveiller les conditions intermédiaires dans le pipeline principal au niveau de la pression.
PMS4	La station de surveillance de la pression PMS4 est Située à 161 Km de la station de tête pour surveiller les conditions intermédiaires dans le pipeline

*Tableau 3: Station de contrôle des vannes et stations de contrôle de la pression*

#### **IV. Mise en situation :**

Nous allons, dans ce qui suit, mettre l'accent sur le contexte du projet, ses enjeux, ainsi que notre contribution. Nous parlerons aussi des outils à l'aide desquels nous avons effectué nos analyses et mené mon étude.

#### **V. Contexte de projet :**

Pour garantir une production stable dans un niveau optimal, il faut lutter contre toute sorte de perte.

Les arrêts de production dus aux pannes au niveau des équipements, sont la cause majeure des pertes. Les équipements de la station de pompage sont comptés parmi les équipements les plus critiques, vu l'importance du rôle qu'elles jouent, à savoir le déplacement de la pulpe entre le site de Khouribga et le pôle de Jorf Lasfar, et leur impact sur les performances de l'unité toute entière.

Notre projet vient dans le contexte, d'analyser les modes de fonctionnement de ces équipements, leurs maintenances pour éviter les pannes les plus critiques qui peuvent arriver, garder un rendement satisfaisant, et prolonger leurs durées de vie en mettant en question la façon avec laquelle se fait la maintenance.

#### **VI. Notre contribution :**

Pour lutter contre des pannes critiques, et afin de garder le niveau de la disponibilité actuelle, nous avons décidé de prévenir tous les pannes possibles pour l'ensemble des équipements qui font partie de notre projet, des pannes qui peuvent être la cause de la diminution de ce niveau dans le futur, afin de faire un plan de maintenance capable de prolonger la durée de vie des éléments constituant notre système, et aussi des actions amélioratives pour les équipements qui nécessitent une reconception. Le planning que nous allons suivre afin de répondre à ces besoins sera comme suite :

La définition du principe de fonctionnement de la station de pompage sujet de notre étude (Chapitre II).

Une description détaillée de chapitre précédent, afin de faire une analyse fonctionnelle des équipements, et une étude AMDEC. Les résultats de cette dernière nous permettront par la suite d'élaborer les plans de maintenances. (Chapitre III).

Proposition des action amélioratives (Chapitre IV).

La réalisation de ce travail sera effectuée selon le planning ci-dessous :

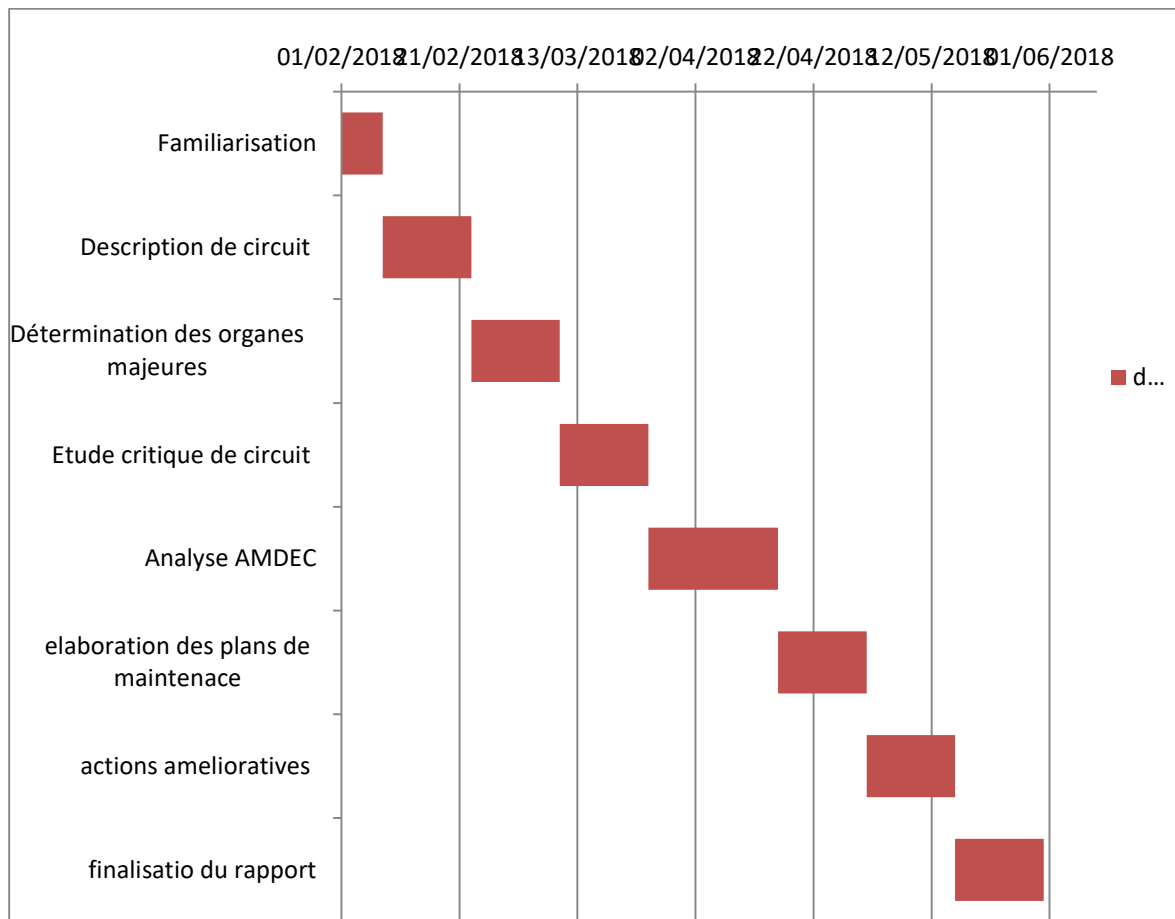


Figure 14:plan d'action

**Conclusion :**

Après cette description de l'ocp khouribga, la station pipeline est leur différente activité, nous allons zoomer sur la station de pompage, qui représente un élément principal dans le transport de la pulpe vers Jorf Lasfar, afin d'expliquer le principe de fonctionnement des équipements hydraulique au sien de cette station.

---

CHAPITRE II : Principe de  
fonctionnement de la station de  
pompage

---



## I. Principe de fonctionnement

### 1. Introduction :

Afin de transporter la pulpe de khouribga à JORF-LASFAR, la station de tête utilise deux train de pompage en parallèle chacun des deux se compose de 6 pompes centrifuge en série, les pompes sont fabriqués spécialement pour la station de tête par l'entreprise WARMAN technologie, et pour avoir un bon fonctionnement de cette dernière les concepteurs ont utilisé un système gland seal water (GSW) pour assurer l'arrosage et le refroidissement des tresses d'étanchéité, et contribuer aussi à l'étanchéité des pompes à pulpe, ce système qui se compose de 6 pompes à piston (PERONI), nécessite de son rôle une eau filtré d'une finesse de filtration de 50µm, cette eau est garantie par l'unité de filtration (TIMEX).

### 2. Description du système :

Le dessin d'ensemble dans la figure si-dissous montre le fonctionnement du système ainsi que l'emplacement de chaque équipement dans le système :

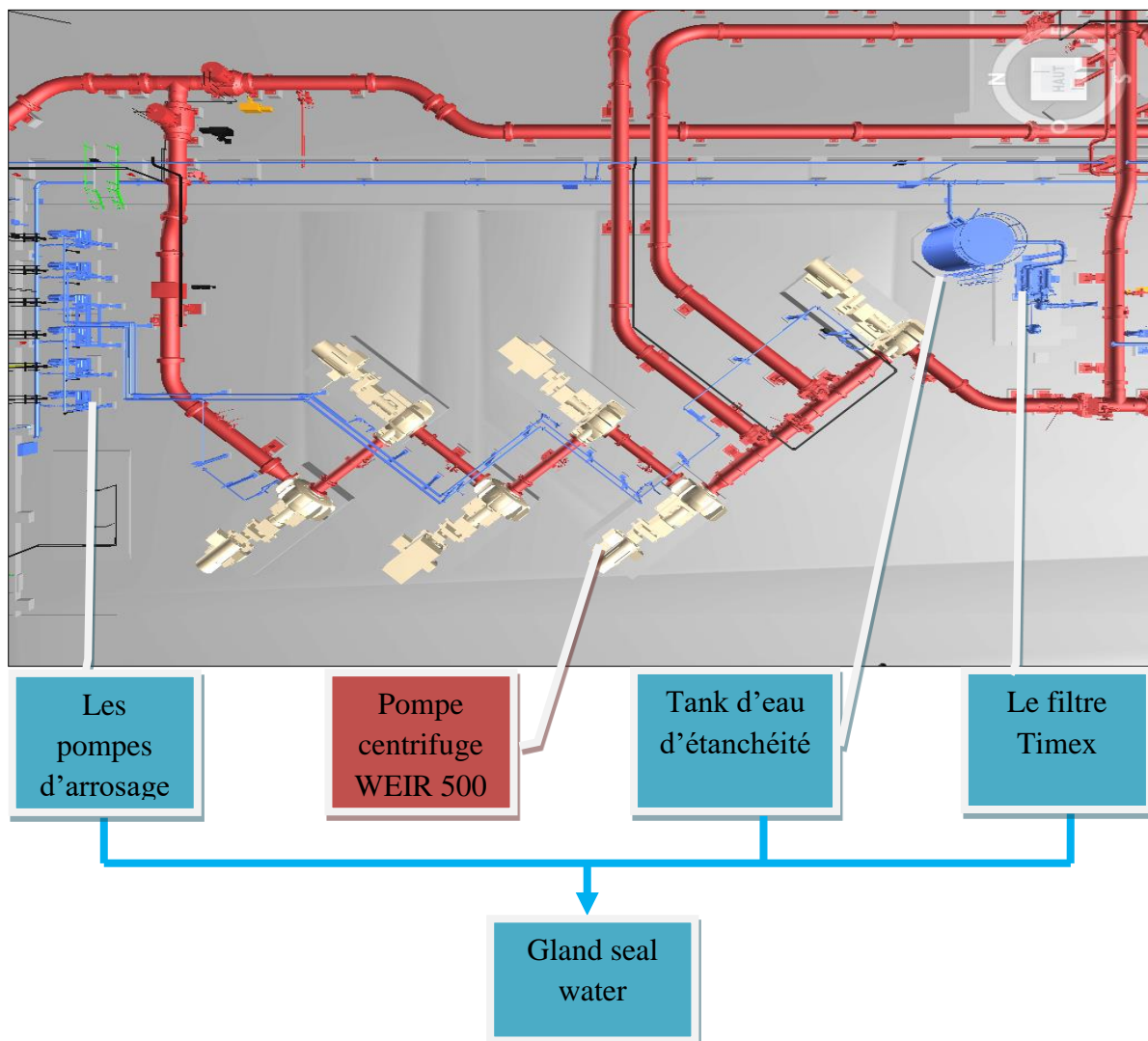


Figure 15 : circuit hydraulique de la station de pompage

## **A. Les pompes à pulpe :**

### **A. 1. Introduction :**

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.

### **A. 2 : notions relatives aux pompes :**

#### L'aspiration :

Cette opération consiste à créer un vide à l'entrée de la pompe, pour s'alimenter en fluide à partir du réservoir d'alimentation.

#### Le refoulement :

Le liquide aspiré est transporté puis refoulé par différents mécanismes, tels que la réduction du volume contenant une portion du fluide ou la centrifugation

#### La hauteur d'aspiration :

C'est la hauteur à partir de laquelle la pompe peut s'alimenter en fluide, elle dépend de plusieurs paramètres. Cette hauteur est à respecter pour éviter les phénomènes qui perturbent la marche de la pompe comme la cavitation.

#### Pression d'utilisation :

C'est la pression recueillie à la sortie de la pompe d'une manière quasi-permanente (parfois il y a des surpressions ou pression de pointe ou encore une baisse de pression).

#### Puissance d'entraînement :

C'est la puissance nécessaire pour entraîner la pompe, elle dépend des performances désirées (débit et pression).

#### Le rendement :

Le rendement mesure le niveau de la prestation offerte par la pompe. Il y a plusieurs types de rendement : Volumétrique, Mécanique, Hydraulique et global



### A. 3 : La technologie WARMAN :

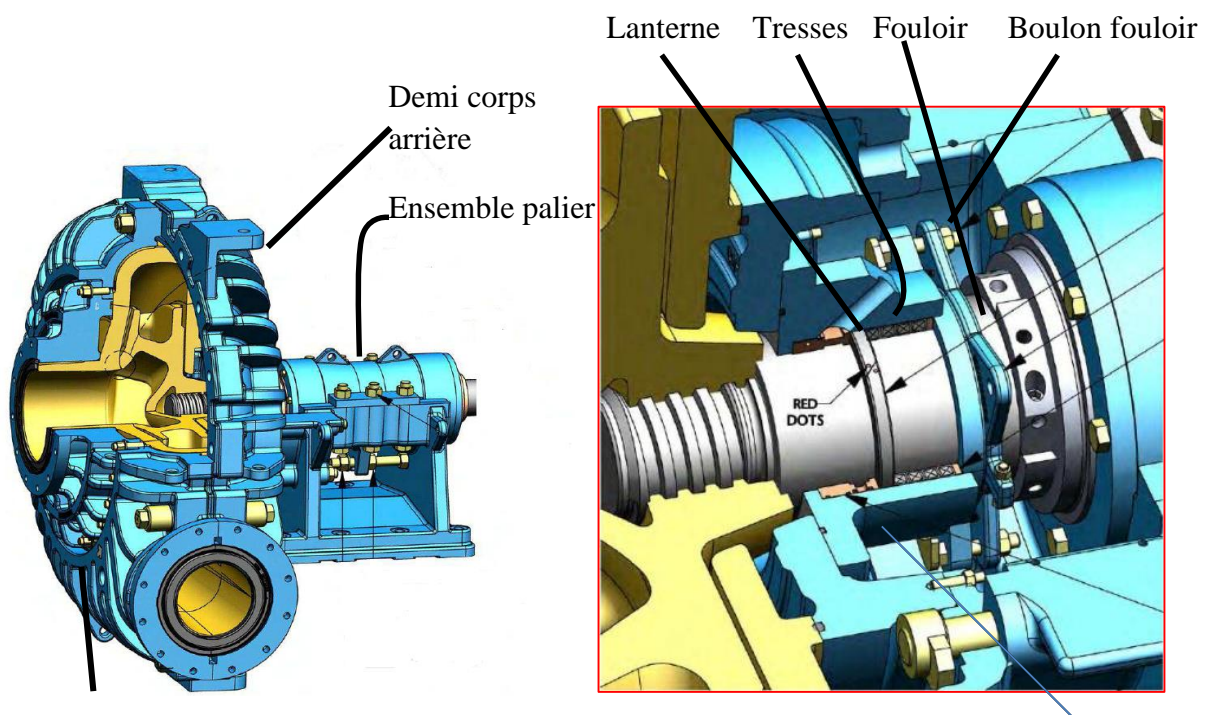
#### Le profile WARMAN :

Le groupe australien C.H. Warman mène des activités diversifiées allant de la conception à la fabrication des pompes et du matériel de traitement. Il s'intéresse aussi au développement de processus de récupération de minéraux, aux secteurs des ressources, ainsi qu'à la technologie et au matériel d'ingénierie robotique océanographique. Le groupe dont le siège et le centre principal de la recherche se trouvent à Sydney, compte plus de trois cents employés répartis sur trois continents. Leader du marché et renommées pour leur qualité et leur fiabilité, les pompes à pulpe Warman destinées au marché africain et à l'exportation, sont fabriquées en Afrique du Sud et au Zimbabwe. Cette gamme de pompes constitue l'activité pivot du groupe C.H. Warman.

#### Les pompes à pulpe :

Les pompes à pulpe utilisés à la station de tête forment une série des grandes pompes centrifuges qui garanties un grand débit et une hauteur manométrique voulu, grâce à leurs performances représenté par une roue de très grand diamètre capable de rendre cette fonction. Mais cette caractéristique nous pousse à poser la question sur la difficulté de maintenance de ces pompes, sachant bien qu'une seule pompe pèse 40 tonne.

#### Vue éclaté :



Demi  
corps  
avant

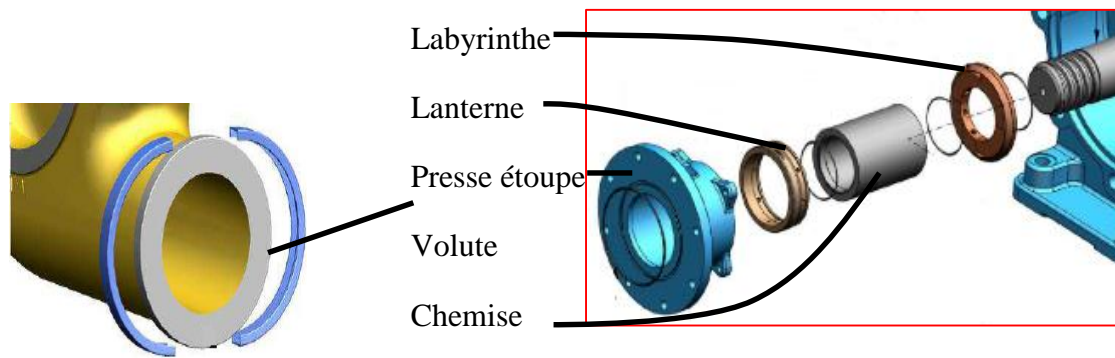


Figure 16 : composants de la pompe à pulpe

## B. Les pompes d'arrosage :

### B. 1 : Introduction :

Pour assurer l'étanchéité des pompes à pulpes les concepteurs ont pensé à l'utilisation d'une garniture consommable par des tresses, et afin de garantir le bon fonctionnement de ces derniers ils ont utilisé des pompes à piston pour l'arrosage et le refroidissement des tresses. Ces pompes sont fabriquées par la compagnie italienne Peroni Spa.

### B. 2 : Peroni Spa :

Le leader italien connu dans son domaine (Peroni Spa) a offert un bon choix des pompes à piston permettant de garantir un débit constant, et une pression variable jusqu'à 50 bar, représenté par son model titano 3130N, comme elle le montre la figure ci-dessous

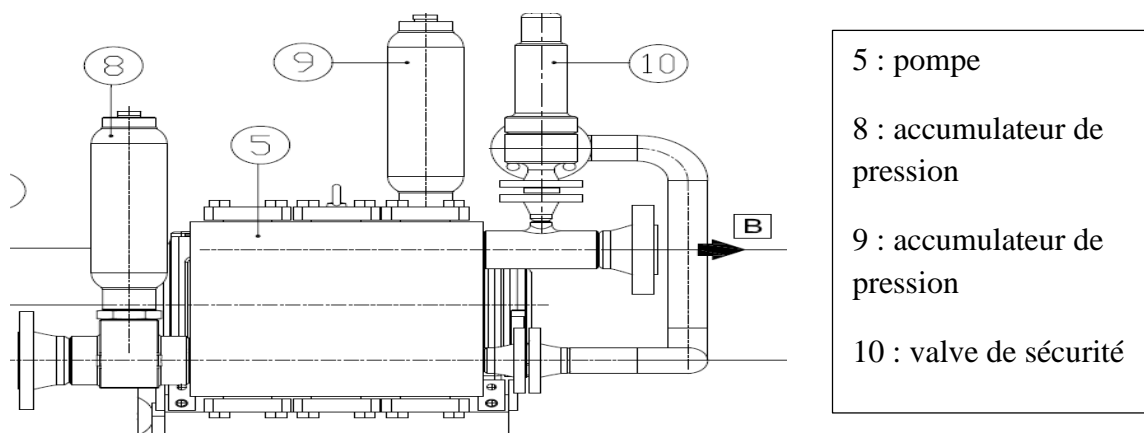


Figure 17 : pompe d'arrosage et accessoires

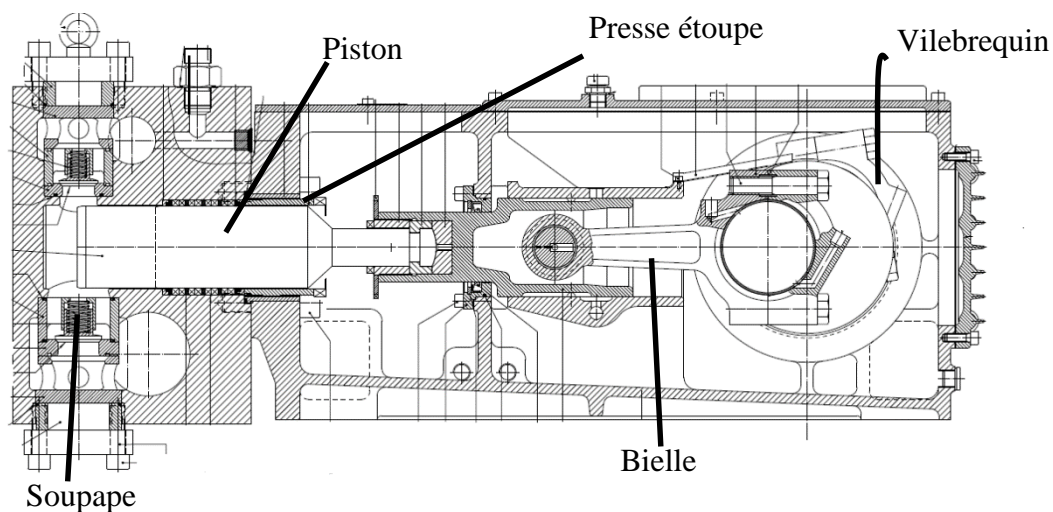


Figure 18 : vu éclaté de la pompe d'arrosage

## C. Système de filtration :

### C.1 : Introduction :

Le filtre à cartouche (Timex) apparaît comme un choix convenable, pour filtrer l'eau et offrir des bonnes conditions de travail aux pompes d'arrosage (Peroni).

### C.2 : Fonctionnement :

La filtration se fait en deux grande partie :

- Filtration au niveau d'un séparateur hydrocyclone : le séparateur filtre l'eau des particules ayant une grande masse grâce aux forces centrifuges, ce dernier est autonettoyant grâce à une électrovanne qui s'ouvre automatiquement lorsque la différence de pression entre l'entrée et la sortie atteint sa valeur maximale.
- Filtration au niveau de filtre horizontal : cette dernière se fait en deux phase, la première est la filtration des particules de moyenne taille, dans une chambre à cartouche grossier, et la deuxième au niveau de la chambre à cartouche fin qui permet une finesse de filtration jusqu'à 50 micron. Le système est aussi autonettoyant grâce à un système de raclage commander par un automate. Le principe de nettoyage est basé sur la différence de pression entre l'entrée et la sortie du filtre.

NB : le système est composé de deux filtres en parallèle pour assurer un bon niveau de disponibilité, comme elle montre la figure ci-dessous :

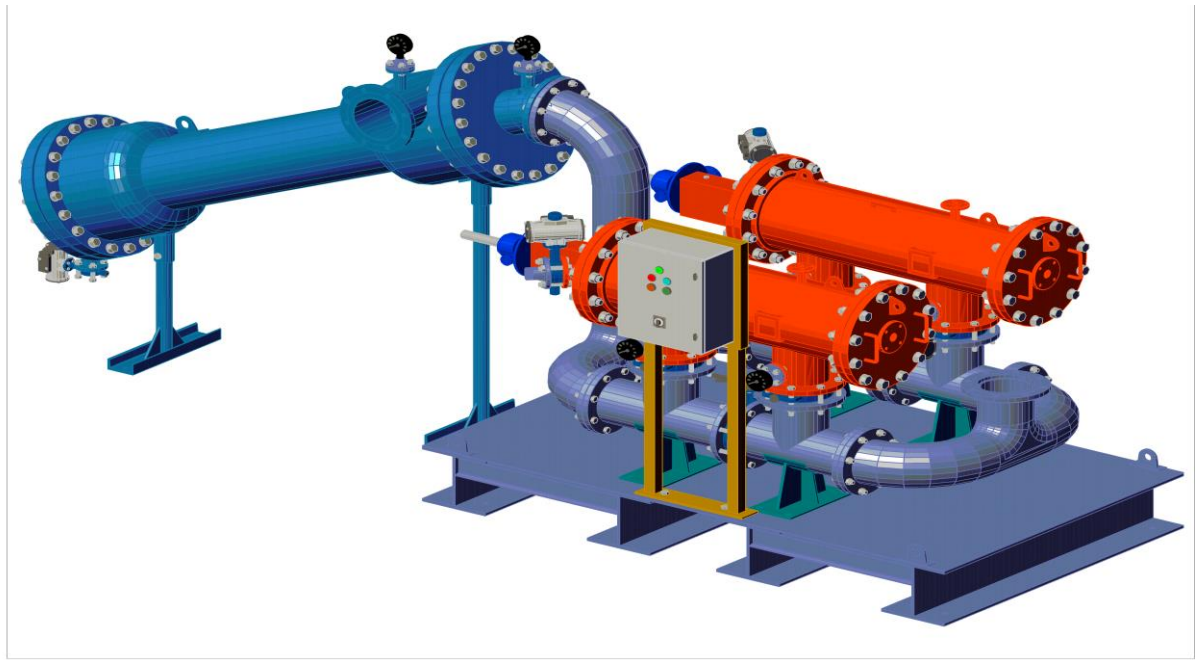


Figure 19 : l'unité de filtration

Vue éclaté :

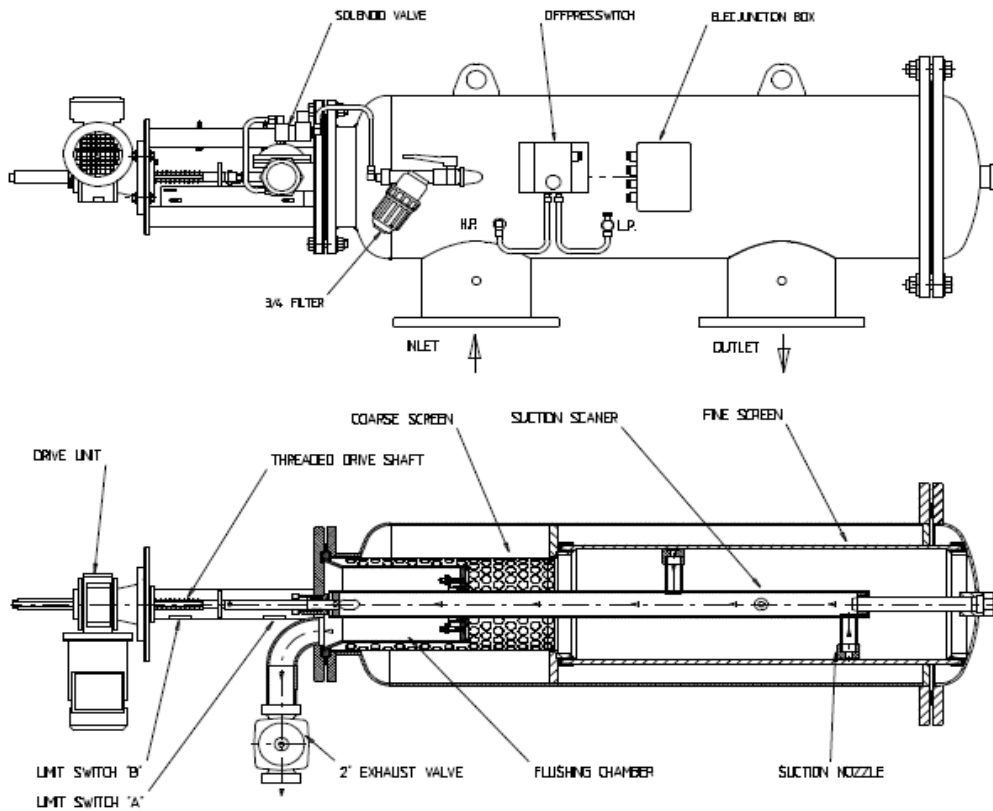


Figure 20 : les composants de filtre

inlet	Entré
outlet	Sortie
Suction nuzzle	Les buses
Flashing chamber	La chambre d'évacuation
Exhaust valve	Vanne de drainage
Fine screen	Cartouche fin
Coarche screen	Cartouche grossier
Suction scaner	Le racleur

*Tableau 4: nomenclature de filtre*

Conclusion :

Après description de système objet de notre projet, une étude critique de la fiabilité de ce système est une étape primordiale pour connaître ces équipements névralgiques, afin de proposer des actions capables d'assurer le bon fonctionnement de ce système.

---

**CHAPITRE III : Etude critiques des  
équipements, et élaboration des plans  
de maintenance**

---

## I. Introduction :

Dans cette partie, et après la description du système étudié, nous allons nous focaliser sur les équipements les plus névralgiques du système, et détecter les éléments qui ont le grand effet sur le fonctionnement de ces derniers.

## II. La méthode de sûreté de fonctionnement :

### 1. Définition :

La sûreté de fonctionnement est un terme générique qui regroupe 4 grands domaines (FMDS)

:

- la fiabilité
- la maintenabilité
- la disponibilité
- la sécurité

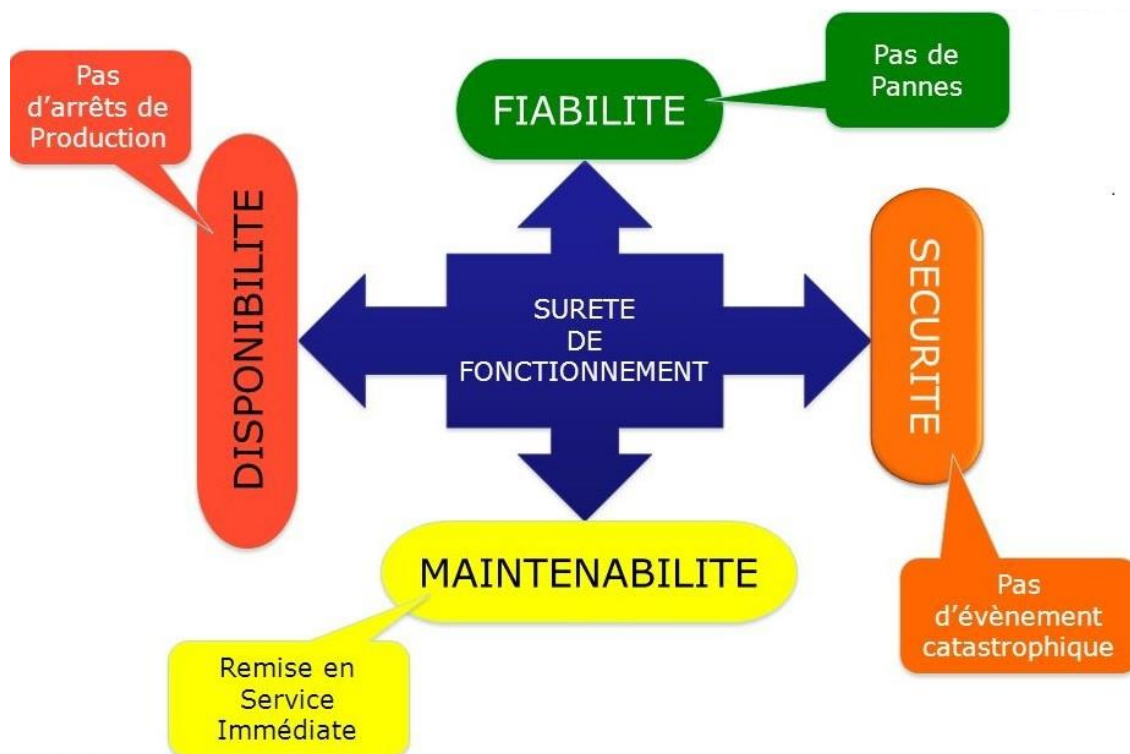


Figure 21 : sûreté de fonctionnement

- a) La fiabilité : c'est l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données, durant un intervalle de temps donné. On suppose bien sûr que le bien est en état d'accomplir la fonction requise au début de l'intervalle de temps donné.



- b) **Maintenabilité** : Dans des conditions données d'utilisation, c'est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits. Il est clair que si le technicien n'est pas aidé dans sa tâche (aide au diagnostic, démontage aisé, formation, etc..), la maintenabilité est fiable.
- c) **Sécurité** : c'est la probabilité d'éviter la génération de tout événement catastrophique sur les biens et les personnes dans une application donnée. Elle a donc pour but d'obtenir un système sûr, c'est à dire ne risquant pas d'occasionner :
- La perte ou des blessures de personnes
  - Des dommages ou des pertes d'équipement que le système soit en état de fonctionnement normal, dégradé ou en état de non-fonctionnement
- d) **Disponibilité** : c'est l'aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données et à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires soit assurée. Cette aptitude est fonction d'une combinaison de la fiabilité, de la maintenabilité et de la logistique de maintenance du bien, de la sécurité.

### III. Calcule des indicateurs de maintenance

#### 1. Notions de base

- Taux de défaillance

On définit le taux de défaillance de la manière suivante :

$$\lambda(t) = \frac{\text{nombre de défaillants sur un intervalle de temps}}{\text{nombre de défaillants de la période } x \text{ intervalle de temps}}$$

- MTTR (Mean Time to Restore) : c'est le temps moyen de réparation, et il est défini comme suite :

$$MTTR = \frac{\sum \text{temps d'intervention qui contiennent } N \text{ pannes}}{\text{le nombre des pannes}}$$

- MTBF (Mean Time Between Failures) : c'est le temps moyen entre les pannes et il s'écrit sous la forme suivante :



$$MTBF = \frac{\sum(\text{durée de fonctionnement} - \text{durée de panne})}{\text{le nombre des pannes}}$$

- Disponibilité D : la disponibilité est l'aptitude d'un bien/d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

## 2. Les indicateurs de maintenance

Equipement	$\lambda(t)$	MTTR	MTBF	D	R(1000)
Train de pompage	<b>0.001</b>	<b>1.28</b>	<b>1500</b>	<b>98.9%</b>	<b>73.35%</b>
Pompe d'arrosage	<b>0.0013</b>	<b>1.62</b>	<b>735.29</b>	<b>98.7%</b>	<b>40.87%</b>
Filtre Timex	<b>0.0013</b>	<b>2.18</b>	<b>735.29</b>	<b>98.5%</b>	<b>27.25%</b>

Tableau 5 : indices de maintenance

## IV. Principe pour mener une étude AMDEC :

### 1. Historique :

La méthode AMDEC a été utilisée originellement dans le traitement des risques potentiels inhérents aux activités de production de l'armement nucléaire. Progressivement, elle a été adaptée à l'ensemble des activités à risques (nucléaire civil, domaine aéronautique, spatial, grands travaux...), puis a été intégrée dans les projets industriels. De nos jours, son emploi est très répandu dans le monde industriel soit pour améliorer l'existant, soit pour traiter préventivement les causes potentielles de non performance des nouveaux produits, procédés ou moyens de production.

L'utilisation de l'AMDEC peut paraître fastidieuse ; cependant, les gains qu'elle permet de réaliser sont très souvent bien plus importants que les efforts de mise en œuvre qu'elle suggère. La mise en œuvre de l'AMDEC offre une garantie supplémentaire pour l'entreprise industrielle de l'amélioration de ses performances.

L'AMDEC est une technique d'analyse rigoureuse qui s'effectue par un travail de groupe, très efficace par la mise en commun de l'expérience et de la compétence de chaque

participant. Par une procédure systématique, bien définie, le groupe évalue et analyse les différents modes et causes de défaillances potentielles d'un produit, d'un processus, d'un moyen de production ou de tout autre système. La méthode fait ressortir la nécessité de mettre en place des actions correctives et/ou préventives.

A condition :

- De définir le système étudié de façon rigoureuse (analyse fonctionnelle)
- D'examiner de manière exhaustive l'ensemble des défaillances et des risques qui leurs sont liés
- De quantifier ces défaillances en évaluant leur criticité.

## **2. But d'AMDEC :**

- Réduire le nombre des défaillances.
- Prévention des pannes.
- Améliorer la maintenance préventive.
- Réduire les temps d'indisponibilité parés défaillance.
- Prise en compte de la maintenabilité dès la conception.
- Améliorer la maintenance corrective.
- Améliorer la sécurité.

## **3. La démarche d'une analyse AMDEC :**

Une étude AMDEC machine comporte quatre étapes successives, soit un total de 21 opérations. La puissance d'une étude AMDEC réside autant dans son contenu que dans son exploitation. Une étude AMDEC reste sans valeur si elle n'était pas suivie par la mise en place effective des actions correctives préconisées par le groupe, accompagnées d'un contrôle systématique

ETAPE1 : INITIALISATION

### **But :**

L'initialisation de l'AMDEC machine est une étape préliminaire à ne pas négliger. Elle est menée par le responsable de l'étude avec l'aide de l'animateur, puis précisée avec le groupe de travail.

Elle consiste à poser clairement le problème, définir le contenu et les limites de l'étude à mener et à réunir tous les documents et informations nécessaires à son bon déroulement.

**Méthodes :**

- 1- Définition du système à étudier.
- 2- Définition de la phase de fonctionnement.
- 3- Définition des objectifs à atteindre.
- 4- Constitution du groupe de travail.
- 5- Etablissement du planning.
- 6- Mise au point des supports de l'étude.

ETAPE 2 : DECOMPOSITION FONCTIONNELLE

**BUT :**

Il ne s'agit pas dans cette étape de faire l'analyse critique de l'adéquation des fonctions de la machine au besoin, mais seulement d'identifier clairement les éléments à étudier et les fonctions à assurer.

C'est une étape indispensable car il est nécessaire de bien connaître les fonctions de la machine pour en analyser ensuite les risques de dysfonctionnement. Elle facilite l'étape ultérieure d'analyse des défaillances. Elle permet également au groupe de travail d'utiliser un vocabulaire commun. Elle peut être menée de manière plus ou moins détaillée selon les besoins.

**Méthodes :**

- 7- Découpage du système.
- 8- Identification des fonctions des sous-ensembles.
- 9- Identification des fonctions des éléments.

ETAPE 3 : ANALYSE AMDEC

L'analyse AMDEC proprement dite consiste à identifier les dysfonctionnements potentiels ou déjà constatés d'une machine, à mettre en évidence les points critiques et à proposer des actions correctives pour y remédier. En pratique, on procède souvent à une

estimation approximative qui se traduit par une note attribuée pour le groupe AMDEC, ils s'agit donc d'une échelle de notation pour calculer la criticité.

#### Phase d'analyse des mécanismes de défaillance :

10- Identification des modes de défaillance.

11-Recherche des causes.

12-Recherche des effets.

13-Recensement des détections.

#### Choix des facteurs de criticité :

Différemment à l'AMDEC traditionnelle, pour calculer la criticité nous avons choisi de travailler avec des nouveaux facteurs au lieu de la gravité, la fréquence, et la non-détection, vu que l'historique existant n'est pas fiable, et aussi parce que la station est encore jeune, autrement dit, dans cette analyse nous sommes censés imaginer des scénarios des modes de défaillance ayant actuellement une fréquence nulle, d'où ce dernier n'est pas utile, de plus tous les pannes probables peuvent causer un arrêt de la station, d'où le facteur gravité aussi incapable de donner une vision sur la criticité des équipements. Finalement les circuits sont supervisés automatiquement par un système SCADA, et alors la non détection aussi est un facteur à éviter.

La non signification de ces facteurs nous a poussé à penser à des facteurs qui peuvent mener notre étude, des facteurs qui sont capables de nous diriger vers des valeurs réelles et logiques de la criticité, et qui font partie de notre sujet, les facteurs des tableaux suivants sont les meilleurs facteurs qui peuvent valoriser notre étude :

#### ❖ Temps d'approvisionnement $T_a$ :

C'est le temps nécessaire pour lancer l'achat d'une pièce, en prenant compte la zone géographique des constructeurs, le nombre des fournisseurs, et aussi l'existence des pièces de rechange au stock des constructeurs.

Ta	Définition
3	Pièce de rechange assuré par plusieurs fournisseurs
2	Pièce de rechange consommable existant chez le fabricant
1	Pièce de rechange fabriquer à la demande par le fabricant
0	Pièce de rechange fabrique à la demande par sous-traitants

*Tableau 6 : définition des coefficients de temps d'approvisionnement*

❖ Temps d'intervention Ti :

C'est le temps nécessaire pour remettre un équipement en marche après une défaillance.

Ti	Coefficient	Définition
Moins de 6 heures	3	Temps d'intervention normale
De 6 à 12 heures	2	Temps d'intervention tolérable
De 12 à 18 heures	1	Temps d'intervention moyen
Plus que 18 heures	0	Temps d'intervention très élevé

*Tableau 7 : définition des coefficients de temps d'intervention*

❖ L'impact sur la disponibilité :

C'est le degré d'influence sur la disponibilité d'une fonction, d'un équipement, d'un circuit, ou de toute la station.

D	Coefficient	Définition
Disponible	3	La défaillance n'a aucune influence sur la disponibilité
Arrêt partiel	2	La défaillance cause un arrêt de l'équipement endommager
arrêt total après quelque heures	1	La défaillance cause un arrêt total après une durée, si aucune action n'est pas faite pour la réparé
Arrêt total immédiat	0	La défaillance cause un arrêt total de la station à l'immédiat

*Tableau 8 : définition des coefficients de l'impact sur la disponibilité*

❖ L'impact sur la sécurité :

Ce sont les dégâts dû à la défaillance d'un composant sur les autres composants, ou les autres équipements.

S	Coefficient	Définition
Sécurisé	3	La défaillance n'a aucune influence sur aucun équipement
Danger locale	2	La défaillance peut endommager l'équipement il-même
Danger partiel	1	La défaillance peut causer un endommagement une partie la machine mère et par la suite l'arrêt de cette dernière
Danger total	0	La défaillance à des dégâts catastrophique

*Tableau 9 : définition des coefficients de l'impact sur la sécurité*

❖ La criticité :

Elle permet de discriminer les actions à entreprendre, et elle se calcule à partir du temps d'approvisionnement, temps d'intervention, l'impact sur la disponibilité, et l'impact sur la sécurité, selon la formule suivante :

$$C = Ti * Ta * D * S$$

Pour être plus exigeons dans le calcul de la criticité, nous avons attribuer des coefficients entre 0 et 3 à tous les facteurs précédents, dans le but d'élaboré un plan de maintenance pour tous les équipements ayant une valeur de criticité nulle.

ETAPE 4 : SYNTHESE

**BUT :**

Cette étape consiste à effectuer un bilan de l'étude et à fournir les éléments permettant de définir et lancer, en toute connaissance de cause, les actions à effectuer. Ce bilan est essentiel pour tirer vraiment parti de l'analyse.

**Méthodes :**

10- Hiérarchisation des défaillances

11- Liste des points critiques

12- Liste des recommandations

## **V. Etude AMDEC des pompes à pulpe**

### **1. Etape 1 : Initiation**

Nous allons effectuer une analyse AMDEC sur une pompe à pulpe, dont les résultats vont être généralisés à toutes les autres pompes similaires installées à l'usine.

Les pompes à pulpe, objet de mon étude, constitue le système global que je vais décomposer en deux sous-systèmes, à savoir le corps de la pompe et l'ensemble de palier aussi appelé canon.

Le corps de la pompe comporte deux demi corps, la volute, l'impulseur, les boulons de fixations et les dispositifs d'étanchéité.

Quant au palier, il comporte l'arbre qui entraîne l'impulseur, les roulements, les dispositifs d'étanchéité (tresse, joints...).

L'objectif de cette étude est d'aboutir aux différents modes de défaillance des constituants de la pompe à pulpe, afin d'évaluer leurs criticités et proposer des actions correctives et préventives permettant d'améliorer la disponibilité et le rendement de ces équipements dont la phase d'étude est la marche normale.

La constitution d'un groupe de travail capable de mener une analyse AMDEC bien détaillée est une obligation. Pour ce faire, nous avons proposé l'idée aux agents de l'usine ; des mécaniciens, des électriciens et des exploitants. Ci-dessous, la liste des personnes qui sont impliquées dans notre analyse AMDEC :

- ✓ ISMAIL. FIGUIGUI : responsable de maintenance.
- ✓ CHARAF BOUAABIDI : Chef d'atelier
- ✓ ALI AQIL : Chef d'atelier
- ✓ ABDELTIF MANSSOURI : chef d'atelier
- ✓ YOUSSEG ALAMI : Sous-Chef d'atelier
- ✓ ABDELHADI QORCHI : responsable d'approvisionnement

## 2. Etape2 : décomposition fonctionnelle :

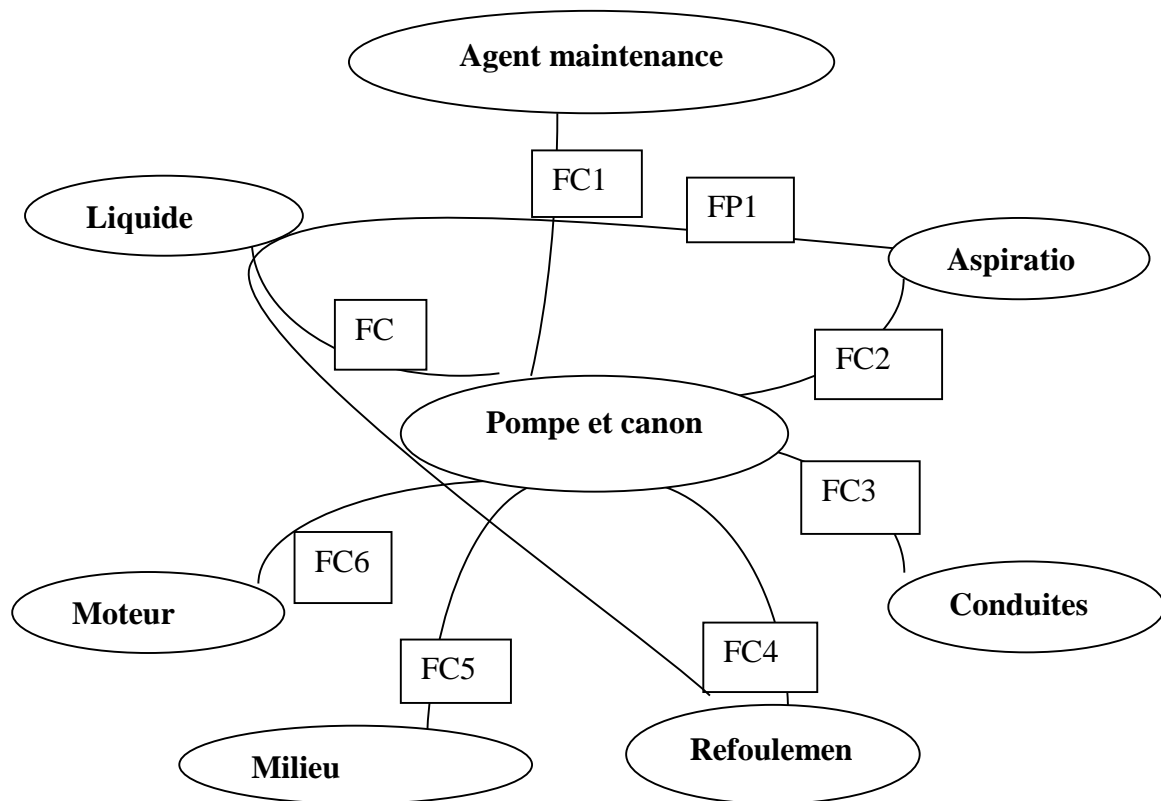


Figure 22 : diagramme de pieuvre de la pompe à pulpe

Fonction	Désignation
FP1	Pomper la pulpe de l'aspiration vers le refoulement
FC1	Etre facile à entretenir
FC2	Ne pas aspirer à vide ou à débit faible
FC3	Avoir une vitesse d'aspiration et de refoulement à des directions adéquates
FC4	Pouvoir refouler à des hauteurs spécifiques
FC5	S'adapter au milieu ambiant
FC6	S'adapter à la vitesse du moteur
FC7	Résister à l'abrasion et la corrosion de la pulpe

Tableau 10 : les fonction du diagramme de pieuvre



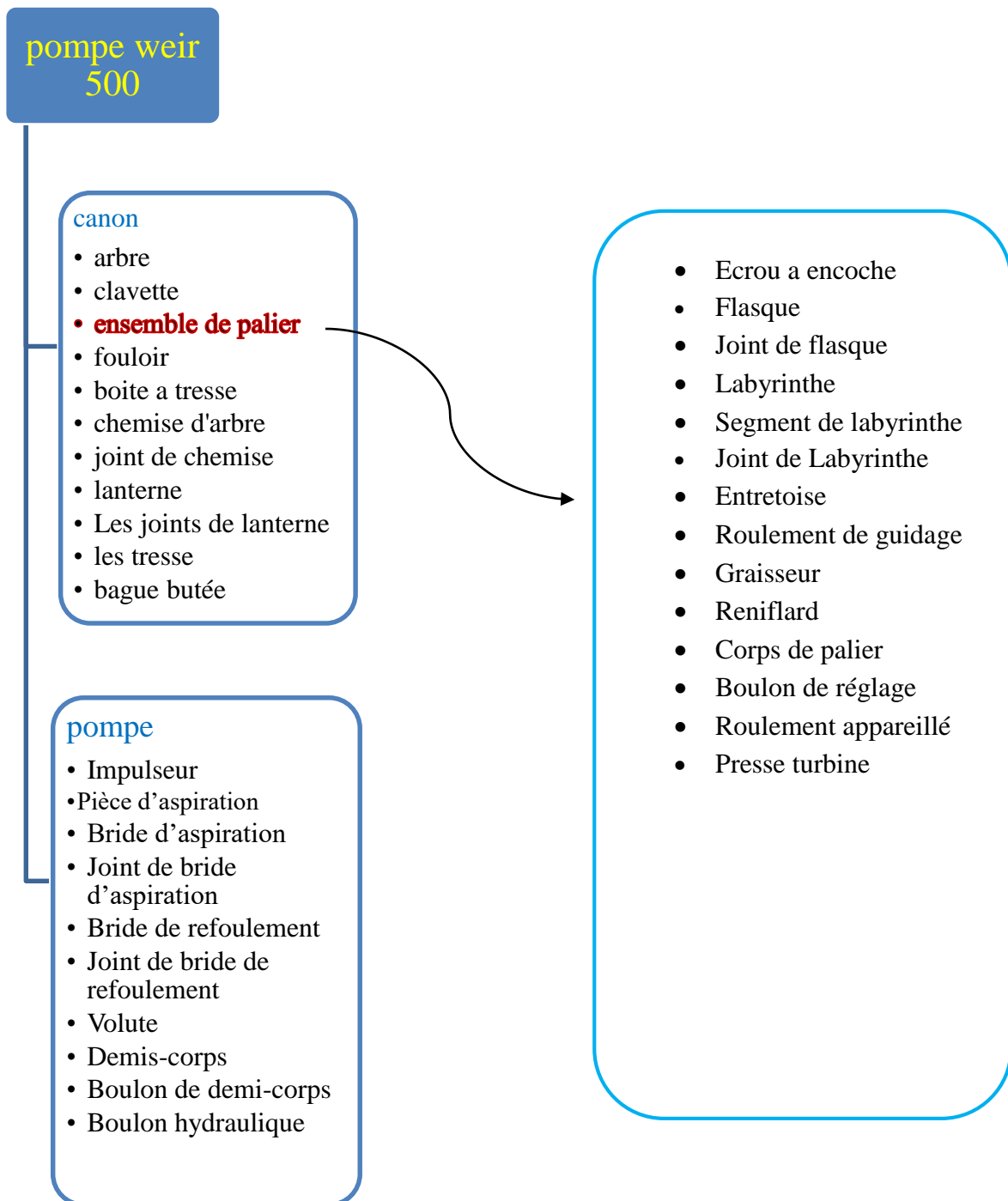


Figure 23 : décomposition fonctionnelle de la pompe à pulpe

Elément	fonction
Arbre	Transmettre le mouvement du moteur a l'impulseur
Clavette	Empêché le glissement en rotation
ensemble de palier	Guider l'arbre de l'impulseur en rotation
Chemise d'arbre	Eviter l'usure d'arbre
Joints de chemise	Assuré l'étanchéité entre arbre et chemise
Boite a tresse	Assurer l'étanchéité hydrodynamique
Fouloir	Serrer les tresses
Bague butée	Augmenter la surface d'appui entre les tresses et la presse étoupe
Les tresses	Assuré l'étanchéité
Lanterne	Assurer l'arrosage et le refroidissement des tresses
Les joints de lanterne	Assuré l'étanchéité
Impulseur	Transmettre l'énergie cinétique de l'arbre au fluide
Pièce d'aspiration	Eviter l'abrasion du demi corps avant
Bride d'aspiration	Serrage de joint d'aspiration et assemblage avec la conduite
Joint de bride d'aspiration	Assurer l'étanchéité des brides
Bride de refoulement	Serrage de joint de refoulement et assemblage avec la conduite
Joint de bride de refoulement	Assurer l'étanchéité des brides
Volute et plaques arrière	Eviter l'abrasion du demi corps avant
Demis-corps	Recueillir la pulpe qui sort de la roue et la diriger vers l'orifice de refoulement
Boulon de demi corps	Assemblage des demi corps
Boulon hydraulique	Le maintien du serrage des brides

*Tableau 11 : composants et fonctions de la pompe à pulpe*

### 3. Etape 3 : Analyse AMDEC de la pompe a pulpe

Tableau AMDEC : Voir annexe I.

## VI. Etude AMDEC du système GSW

### 1. Etape 1 : Initiation

Nous allons effectuer une étude AMDEC de système d'alimentation hydraulique GSW

Le système GSW, objet de mon étude, constitue le système global que je vais décomposer en deux sous-systèmes, à savoir le l'unité de filtration (Timex), et les pompes d'arrosage (pompes peroni).

L'unité de filtration est composée de deux sous ensemble le séparateur hydrocyclone, et le filtre ce dernier se constitué de deux cartouche, un système de raclage, et un système de drainage.

L'objectif de cette étude est d'aboutir aux différents modes de défaillance des constituants du système GSW, afin d'évaluer leurs criticités et proposer des actions correctives et préventives permettant d'améliorer la disponibilité et le rendement de ces équipements dont la phase d'étude est la marche normale.

Le groupe de travail qui va mener cette étude est le même groupe de l'analyse AMDEC des pompes à pulpe.

### 2. Etape2 : décomposition fonctionnelle :

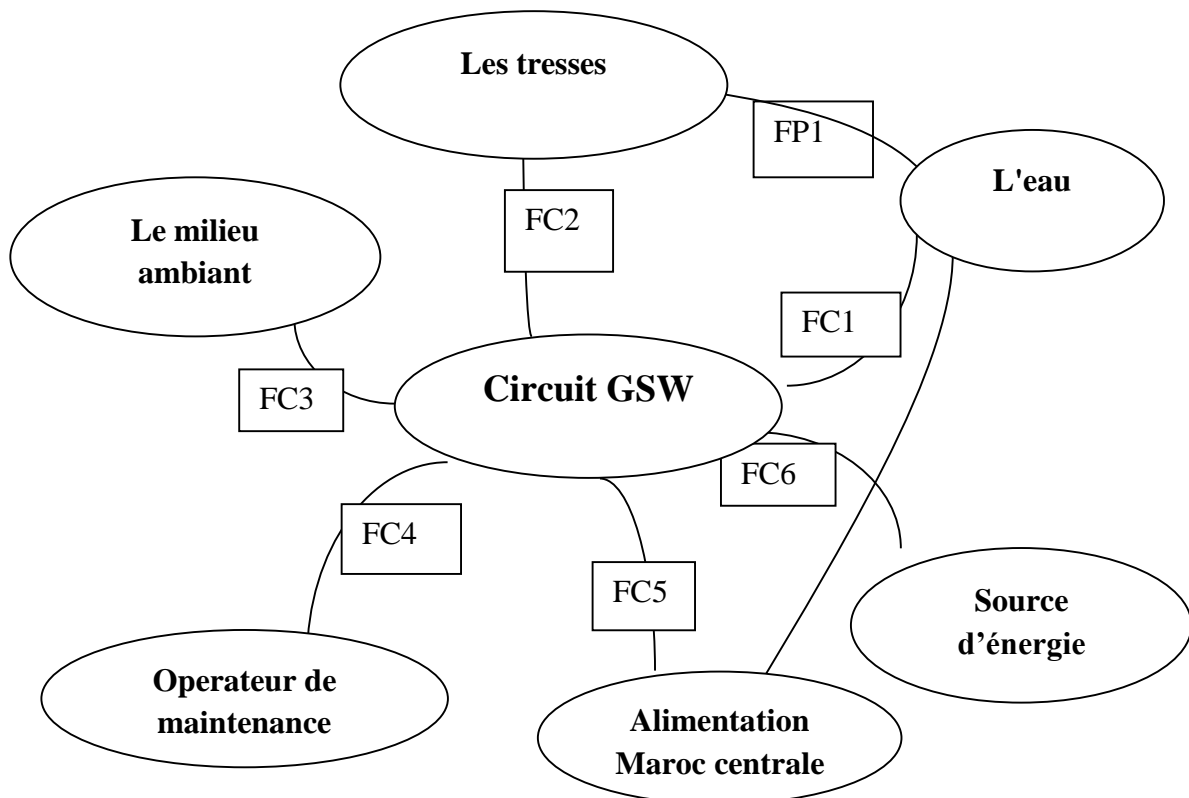


Figure 24 : diagramme de pieuvre du système GSW

Fonction	Désignation
FP1	Faire l'arrosage des tresse au niveau des presses étoupe
FC1	Résister à la corrosion de liquide
FC2	Stocker l'eau filtrée
FC3	S'adapter au milieu ambiant
FC4	Etre facile à maintenir
FC5	Filtrer et transporter l'eau
FC6	Etre compatible avec au caractéristiques énergétiques

Tableau 12 : fonction principal, et de contrainte de système GSW

SYSTEME GSW	UNITE DE FILTRATION	Séparateur Hydrocyclone	Indicateur de colmatage
			Vanne de drainage
		Filtre Timex	racleur
			Cartouche grossier
			Cartouche fin
			Vanne de drainage
			Indicateur de colmatage
			Joint hydraulique
	UNITE DE STOCKAGE	Réservoir	Niveau contact
			Indicateur de niveau
		UNIT	Les soupapes

	Partie hydraulique	Les filtres
		Les pistons
		La valve de sécurité
		Accumulateur de pression
	Partie mécanique	Vilebrequin
		Roulements
		Système bielle-manivelle
		Système d'étanchéité

Tableau 13 : décomposition fonctionnelle du système GSW

Elément	Fonctionnement
Indicateur de colmatage	Calculer la différence de pression entre l'entrée et la sortie d'eau
Vanne de drainage du séparateur	Auto nettoyage De séparateur
racleur	L'auto nettoyage de cartouche fin
Cartouche grossier	Filtré l'eau des grandes particules
Cartouche fin	Filtré l'eau des petites particules
Vanne de drainage	Refouler les impuretés ailleurs lors du nettoyage de filtre
Manomètre de pression	Calculé la différence de pression entre l'entré et la sortie de filtre
Joint hydraulique	Faire l'étanchéité entre les chambres des cartouches
Moteur de racleur	tourner l'arbre de racleur
Niveau contact	Démarrage et arrêt du filtre
Indicateur de niveau	Indication de niveau d'eau dans la réservoir

Les soupapes	Guidé le sens de l'écoulement
Les filtres	Filtrer les impuretés infiltrer par le filtre
Les pistons	Aspirer et refouler l'eau
La valve de sécurité	Protégé la pompe contre les surpressions
Accumulateur de pression	Ajuster les vibrations de la pompe et absorber les chocs
Vilebrequin	Transformer le mouvement de rotation en un mouvement transitoire rectiligne
Roulements	Guidé la rotation de l'arbre
bielle	Transmettre le mouvement du vilebrequin vers les pistons
Système d'étanchéité	Assurer l'étanchéité entre la partie mécanique et hydraulique

*Tableau 14 : les composant et les fonction du système GSW*

### **3. Etape 3 : Analyse AMDEC du système GSW**

Tableau AMDEC : Voir annexe II.

#### **VII. Résultat d'étude :**

A partir des tableaux AMDEC, nous pouvons hiérarchiser les causes des pannes pertinentes selon leurs criticités. Après, moi, et avec l'aide du groupe constitué, nous avons fixé le seuil de criticité limite à 0, pour lequel nous caractérisons les défaillances dangereuses.

Pour exploiter les résultats de cette analyse AMDEC, nous avons procéder de la manière suivante :

Proposer des solutions techniques pour arriver à réduire la criticité des modes de défaillances pénalisants et par la suite atteindre un taux de disponibilité maximal.

Déterminer une politique de maintenance en se basant sur les actions que nous avons préconisé dans l'étape de l'analyse AMDEC

C'est à partir de ces actions nous allons établir un plan de maintenance corrective et préventive.

Pourtant les action amélioratives, vont être traité après une recherche des problèmes concret qui ont un impact sur la majorité des équipements.

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons décomposé les équipements, afin de s'arrêter sur chaque élément, pour déterminer les modes de défaillance, la criticité, et les actions à engager.

Les résultats que nous avons obtenus montrent que le palier, la boîte à tresse, lanterne, et le fouloir sont bien à la tête de la liste des éléments critiques pour la pompe à pulpe, de l'autre côté les vannes de drainage du filtre et de séparateur hydrocyclone, sont aussi des éléments critiques, alors que pour les pompes d'arrosage se sont les soupapes, le vilebrequin, les pistons, et la valve de sécurité qui ont une criticité très importante.

Puisque la réduction de la criticité est parmi mes objectifs, nous avons proposé des actions correctives pour l'ensemble des éléments. Ces actions sont à mettre en application pour un meilleur fonctionnement et une durée de vie optimale.

## **VIII. Plan de maintenance préventif et correctif :**

### **1. Introduction :**

Le plan de maintenance est parmi les fruits de l'étude critique de la maintenance et de l'analyse AMDEC réalisées précédemment.

Ce plan contient les éléments les plus critiques des équipements de train de pompage et de système GSW, en indiquant le type de maintenance à effectuer, les actions à mener, la périodicité ainsi qu'une estimation des ressources à engager et quelques remarques à prendre en considération.

### **2. Définition :**

Selon la norme NF X 60-010, c'est « un document énonçant les modes opératoires, les ressources et la séquence des activités liées à la maintenance d'un bien ».

### **3. Objectifs :**

L'établissement du plan de maintenance permet d'atteindre les objectifs suivants :

- Garantir une continuité de service
- Garantir un niveau de disponibilité connu à un coût global maîtrisé
- Maintenir une qualité de service contractuelle
- Prévenir les risques

### **4. Démarche d'établissement du plan de maintenance :**

Nous avons établi les documents constituant le plan de maintenance en suivant une démarche méthodique.

Nous avons commencé par un découpage de nos équipements en sous-ensembles fonctionnelles (figure 23, et tableau 13), pour faire ensuite une analyse AMDEC (tableau Annexe, tableau Annexe 2) Puis, nous avons classé les actions préventives et correctives issues de cette analyse. Et nous avons procédé ensuite à l'établissement des documents formant le plan de maintenance.



## **5. Plan de maintenance**

Voir annexe III.

## **6. Conclusion :**

Le plan que nous avons établi, résume toutes les actions à mener pour les deux types de la maintenance. Il permet également d'agir d'une façon organisée, et avec plus d'efficacité.

---

**CHAPITRE IV : Amélioration de  
Procès de filtration**

---

## I. Introduction

Après élaboration du plan de maintenance, il est indispensable de parler sur les équipements qui ont besoin plus qu'une maintenance spéciale, mais une amélioration au niveau du concept de fonctionnement, c'est pour cela nous avons décidé de refaire une analyse de mode fonctionnement globale de toute l'installation, pour trouver la cause racine de la majorité des arrêts au niveau de la station. Mais avant d'entamer cette étude, nous allons tout d'abord commencer par une description du mode de fonctionnement général de la station pour montrer le lien entre les unités, comme il le montre le schéma ci-dessous :

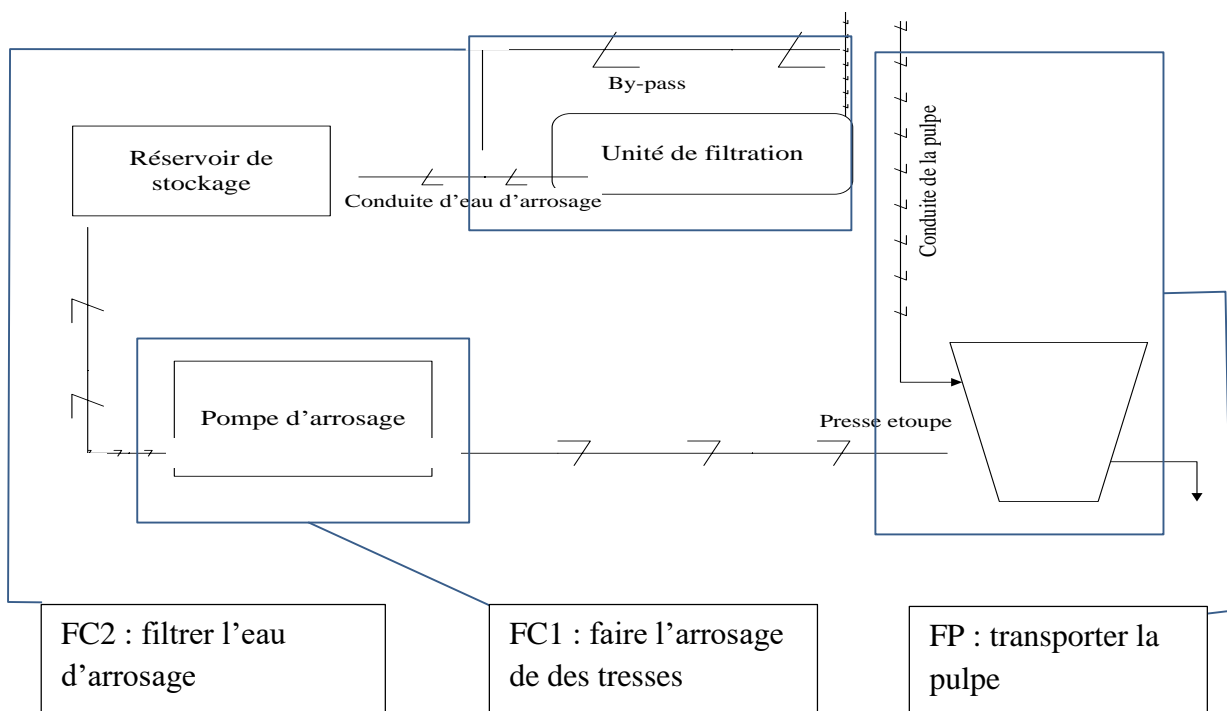


Figure 25 : les unités de la station de pompage

### Résumé :

L'acquisition de la fonction principale (FP), fonction des pompes centrifuges (WIER) nécessite obligatoirement l'arrosage de la garniture de ces dernières (FC1) cette fonction assurée par les pompes d'arrosage (PERONI), qui ont aussi besoin pour fonctionner correctement une eau bien filtrer (FC2), cette fonction garantie par le filtre (TIMEX).

Alors d'une manière ou d'autre, on peut dire que le fonctionnement global de la station de pompage est un circuit en série, et que le dysfonctionnement d'un seul équipement cause l'arrêt total de la station.

## II. Amélioration du processus de filtration

### 1. Problème déclencheur :

La qualité d'eau d'arrosage est une contrainte principale pour le fonctionnement des pompes à pistons, cependant les ressources d'eau ne garantissent pas toujours une bonne qualité d'eau facile à filtrer, chose qui cause une fréquence de colmatage très élevée, et par la suite une incapacité du filtre de rivaliser cette fréquence, mais pour garder l'alimentation hydraulique des pompes à pistons le basculement vers le by-pass reste la seule solution, une solution qui se finisse par stagnation des saletés au niveau des filtres, et des soupapes des pompes peroni, et comme ça la procédure de maintenances se retrouve dans un cercle visqueux. De plus l'unité de stockage d'eau destinée aux peroni est passible à la constitution des algues qui s'accumulent à la fin au niveau des filtres des pompes d'arrosage.

NB :by-pass : passage d'eau sans filtration.

Le schéma ci-dessous explique le cercle visqueux de la maintenance :

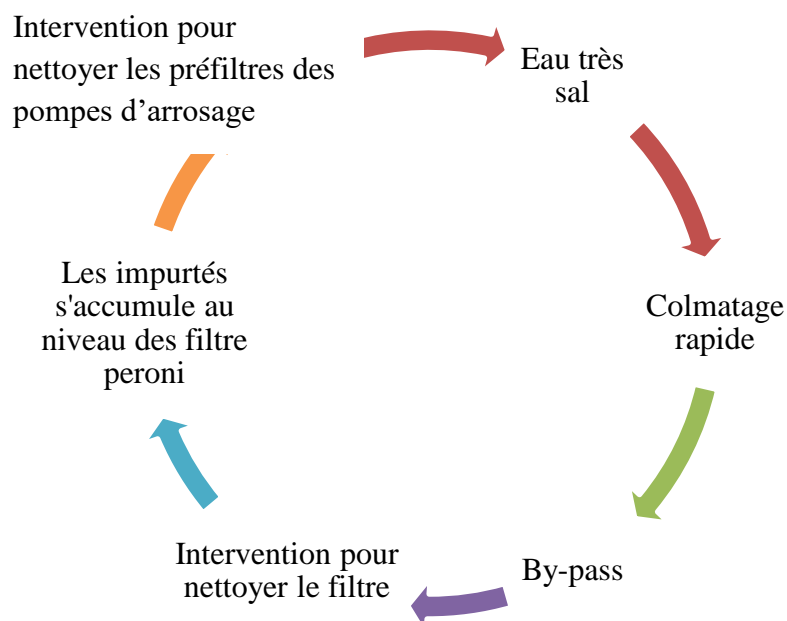


Figure 26 : cercle de la maintenance de la station de pompage

## **2. Solution proposé :**

Afin d'améliorer la qualité de la filtration, il est nécessaire de penser à une procédure de filtration à ajouter à l'unité existante. C'est pour cela nous avons décidé de chercher les différentes méthodes existantes de filtration d'eau, leurs avantages, ainsi que leurs inconvénients, et de choisir par la suite la procédure la plus convenable après constitution de la matrice morphologique.

a) Les types de filtrations :

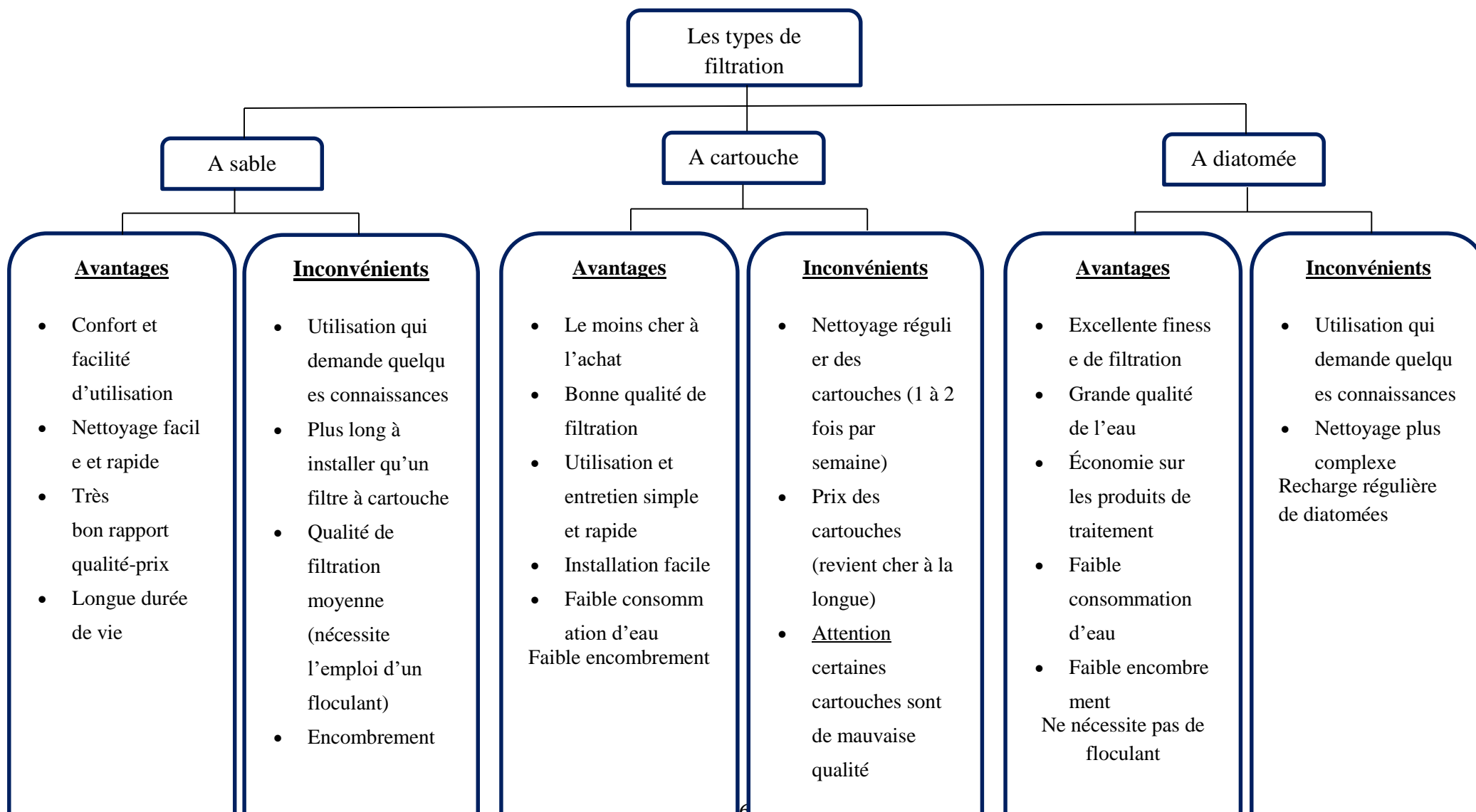


Figure 27 : les types de filtration, leurs avantages et inconvénients

Pour effectuer le bon choix de mon filtre j'ai procédé à la matrice morphologique

Paramètres	Alternative		
Pression (en bar )	De 1 à 10	De 10 à 20	Supérieur à 20
Débit (en m <sup>3</sup> /h)	De 10 à 120	De 120 à 200	Supérieur à 200
Finesse de filtration En micron	5 à 10	10 à 40	40 à 100
Nettoyage	Autonettoyant	Facile	Difficile
Maintenance	Facile	Difficile	Très difficile
Durée de vie	Courte	Moyenne	Longue
Coût	Pas cher	raisonnable	Trop cher
Orientation	Horizontale	Verticale	Quelconque
Positionnement	En amont du filtre	Entre filtre et réservoir	En aval du réservoir

Tableau 15: matrice morphologique des filtre

Conclusion :de

Notre filtre alors doit être d'une pression de 1 à 10 bar, un débit entre 120 et 200 m<sup>3</sup>/h, et une finesse 40 à 100 microns, aussi un nettoyage et une maintenance facile, d'un coût raisonnable, et qui peut du vivre pour une longue durée, de plus il doit être capable de lutter contre les algues.

Pour savoir le type de filtre qui a tous ces caractéristiques, nous allons attribuer pour chaque caractéristique voulu le type de filtre approprié, le type qui a plus des caractéristiques sera suite de notre étude.

Caractéristique	Filtre approprié
Pression de 1 à 10 bar	A sable ; a cartouche
Débit entre 120 et 200	A sable a cartouche
Finesse entre 40 et 100	A sable , cartouche
Nettoyage facile	A sable ; a cartouche
Maintenance facile	A sable
Longue durée de vie	A sable
Coût raisonnable	A sable
Meilleur contre les algues	A sable

*Tableau 16 : sondage pour choix de filtre*

#### **b) Résultat final :**

Les résultats du tableau précédent montres que les statistiques tendent vers un filtre à sable pour l'amélioration de la qualité de filtration du système GSW. Il reste alors de dimensionner le filtre.

### **III. Dimensionnement du filtre**

Pour dimensionner le filtre nous avons procédé à une démarche méthodologique qui suit les étapes suivantes :

#### **1. Méthodologie utilisée pour dimensionner l'unité de filtration**

- 1) Fixer le débit de production souhaité
- 2) Calculer la surface de lit nécessaire en fonction de la vitesse de filtration
- 3) Calculer les pertes de charge engendrées par le filtre à sable selon la méthode adaptée au régime d'écoulement



## 2. Méthodologie utilisée pour déterminer les conditions de rétrolavage

- 1) Déterminer la vitesse de sédimentation du média filtrant
- 2) Déterminer le débit d'eau et d'air de lavage
- 3) Déterminer la perte de charge engendrée par le média filtrant
- 4) Déterminer le volume d'eau nécessaire à la phase de rétrolavage

## 3. Dimensionnement de l'unité de filtration

- 1) Le débit utiliser pour alimenter les pompes d'arrosage est 120 m<sup>3</sup>/heure, mais pour des raisons de sécurité je vais choisir un débit d'à peu près 10% de plus. C-à-d. que le débit choisit sera de 130 m<sup>3</sup>/heure.
- 2) Calculer la surface de filtration

La surface de filtration est représentée par la relation suivante :

$$S = \frac{Q}{U}$$

Avant de se lancer dans le calcul, il est indispensable de connaître certaines notions de base baser sur des expériences et des remarques pratiques. Le tableaux ci-dessous montre de façon sommaire l'influence la plus souvent observée de divers paramètres sur la qualité de l'eau et la durée des cycles.

	Diamètre des grains ↗	Hauteur de couche ↗	Vitesse de filtration ↗	Perte de charge disponible ↗
Qualité de l'eau filtrée	= ou ↘	↗	= (ou ↘)	= (ou ↘)
Durée des cycles	↗	↗	↘	↗
Charge au m <sup>2</sup>	↗	↗	=	↗

Tableau 17 : qualité d'eau en fonction de la vitesse de filtration

On remarque bien que lorsque la vitesse de filtration augmente la qualité de filtration diminue et inversement, or cette unité de filtration a rôle de filtrer les algues constituer au niveau

du réservoir et aussi de remplacer le filtre Timex lors de son indisponibilité, c'est pour cela il est nécessaire que notre filtre doit avoir la même finesse que le filtre Timex, qui est de 50 microns.

En plus de ça des résultats pratiques exigent que la surface minimale de filtration doit vérifier la relation suivante :

$$S_{min} = \frac{Q}{50}$$

Dans ce cas la surface min sera égale à 2.6 mètre carré.

Nous allons fixer la vitesse de filtration  $U=30\text{m/h}$ , et comparer le résultat obtenu

$$S = \frac{130}{30} = 4.3\text{m}^2$$

Conclusion : 4.3 est supérieur à 2.6 donc on est loin de la zone du risque.

3) Calculer les pertes de charge engendrées par le filtre à sable selon la méthode adaptée au régime d'écoulement :

Diamètre moyen des particules de sable ( $d_p$ )	1 mm
Masse volumique du sable	2200 $\text{Kg/m}^3$
Porosité initiale du lit ( $\epsilon$ )	0.53
Vitesse de filtration (U)	30m/h
Débit de production (Q)	130 $\text{m}^2/\text{h}$
Hauteur du lit	1m
viscosité de l'eau à 5°C	1,48.10 <sup>-3</sup> Pa.s

Tableau 18 : propriétés du lit

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150 * (1 - \epsilon)^2 * \mu * U}{d_p^2 * \epsilon^3} + \frac{1.75 * (1 - \epsilon) * \rho * U^2}{d_p * \epsilon^3}$$

$$\Delta P = 0.036 \text{ bar}$$

D'après la relation d'Ergun et dans les conditions opératoires fixées, la perte de charge dans le filtre à sable est estimée à 0,036 bar par mètre de profondeur de lit filtrant. Sachant qu'une

pression de 1 bar correspond à la force exercée par une colonne d'eau de 10 mètres, elles seront compensées par une hauteur d'eau de 36 cm au-dessus du lit de sable.

Cependant, cette perte de charge n'est pas constante dans le temps. Elle augmente avec le colmatage engendré par les particules en suspension retenues dans le média filtrant. Dans une première approximation, nous estimons que le colmatage entraîne une diminution de la porosité du média filtrant et que d'après la relation d'Ergun la perte de charge dans le milieu filtrant  $\Delta P$  augmente lorsque la porosité diminue. Le graphique ci-dessous représente cette approximation :

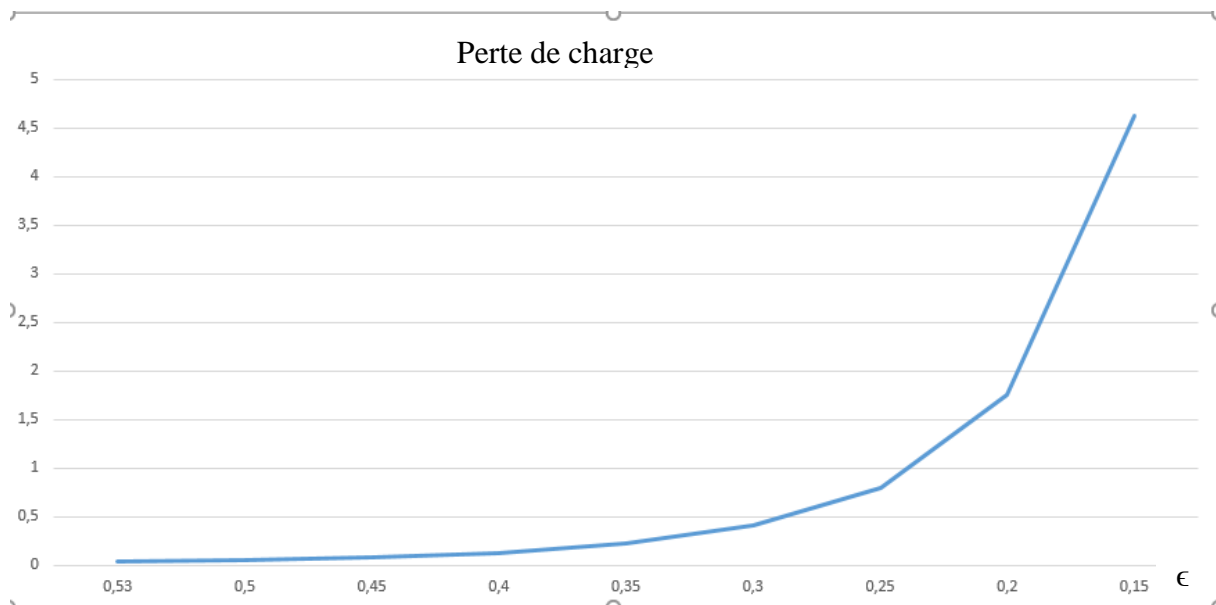


Figure 28 : : les perte de charge en fonction de la porosité

Nous allons considérer qu'à partir d'une certaine perte de charge une phase de rétrolavage du filtre à sable débutera. Le cycle peut être automatisé en installant un capteur de niveau dans le filtre à sable. Le rétrolavage débutera lorsque la hauteur d'eau au-dessus du filtre à sable atteindra 0,8 mètres. Cette valeur est fixée par une consigne.

#### 4. Dimensionnement de la phase de rétrolavage :

1) Déterminer la vitesse de sédimentation du média filtrant :

Le rétrolavage sera effectué au moyen d'une injection successive d'air et d'eau à contre-courant dans le lit de filtration. Les caractéristiques physico-chimiques de ces fluides nécessaires au dimensionnement de cette étape sont reportées dans le tableau suivant :

masse volumique de l'eau à 5°C	1000,2 kg/m <sup>3</sup>
masse volumique de l'air sec à 5°C	1,27 kg/m <sup>3</sup>
viscosité de l'eau à 5°C	1,48.10 <sup>-3</sup> Pa.s
viscosité de l'air sec à 5°C	1,85.10 <sup>-5</sup> Pa.s

Vitesse de sédimentation du média filtrant :

La relation simplifiée de Haider et Levenspiel, les vitesses de sédimentation du média filtrant nous permet de calculer la vitesse de l'eau et de l'air de rétrolavage :

$$U_t = U_t^* * \left( \frac{\rho_f^2}{\mu_f * (\rho_p - \rho_f) * g} \right)^{-\frac{1}{3}}$$

Avec :

$$U_t^* = \frac{18}{d_p^{*2}} + \left( \frac{2,335 - 1,744 * \phi}{d_p^{*0.5}} \right)^{-1}$$

Ou  $\phi=1$  : Facteur de forme des particules du sable.

Et :

$$d_p^{*3} = \left( \frac{d_p^3 * \rho_f * (\rho_p - \rho_f) * g}{\mu_f^2} \right)$$

Finalement on obtient :  $U_t(air) = 418\text{m/min}$

Et  $U_t(eau) = 10,83\text{m/min}$

2) Débit d'eau et d'air de lavage :

Le débit d'eau et d'air de lavage sachant que la vitesse ascendante de l'eau doit être égale à approximativement 10% de la vitesse de sédimentation du média filtrant (Hubert Cabana, 2013)

:

$$Q = 0,1 * U_t * \text{Slit}$$

$Q(\text{eau})=4,65m^3/\text{min}$     Soit  $279,41 m^3/\text{heure}$

$Q(\text{air})=179m^3/\text{min}$     soit  $10.784,4 m^3/\text{heure}$

3) Déterminer la perte de charge engendrée par le média filtrant. Celle-ci est égale à la masse de média présent dans le lit :

$$\Delta P = L * g * (1 - \epsilon) * (\rho_p - \rho_f)$$

On fait l'hypothèse que la phase de rétrolavage démarre lorsque la perte de charge dans le média filtrant entraîne une hauteur d'eau de 0,8 m au-dessus du lit de sable. D'après la figure 28, cette perte de charge est atteinte lorsque la porosité est égale à 0,25.

La perte de charge à contre -courant dans le lit de sable est égale à la masse de média filtrant présent, soit 8829 Pa, soit environ 9 mètres d'eau.

4) Fixer la durée et la fréquence des phases de rétrolavage en fonction de la qualité de l'eau à traiter :

La durée d'une phase de rétrolavage est fixée à 5 minutes avec une première injection d'air pendant 2 minutes suivie d'une injection d'eau pendant 3 minutes. On suppose qu'un rétrolavage tous les 5 jours est suffisant à maintenir une perte de charge raisonnable dans le filtre à sable dans le cas d'indisponibilité du filtre Timex

5) Volumes d'eau et d'air nécessaires :

$V(\text{eau})=14 m^3$

$V(\text{air})=382 m^3$

6) Dimensionnement de la pompe de rétrolavage :

Avant de penser au dimensionnement de la pompe de rétrolavage, il faut au préalable prendre en compte la source d'alimentation d'eau c'est pour cela l'implantation d'un nouveau réservoir est obligatoire, cependant l'eau de nettoyage doit être une eau filtré, l'idée pour répondre à ce besoin se résume dans la combinaison de deux réservoir au lieu d'un seul, le premier il va garder sa fonction usuelle (alimentation hydraulique des pompes d'arrosage), et le deuxième sera charger pour le stockage d'eau de nettoyage avec une capacité de  $14 m^3$ . Le remplissage du deuxième réservoir sera pendant le temps d'arrêt de la station, à savoir que le fonctionnement de filtre est

indépendant de l'état d'arrêt de la station. L'arrêt du filtre se fait grâce à un flotteur qui fait l'action sur une vanne pour arrêter la filtration une fois que le réservoir est rempli.

Afin de réaliser tout ça nous allons procéder à la modification suivante :

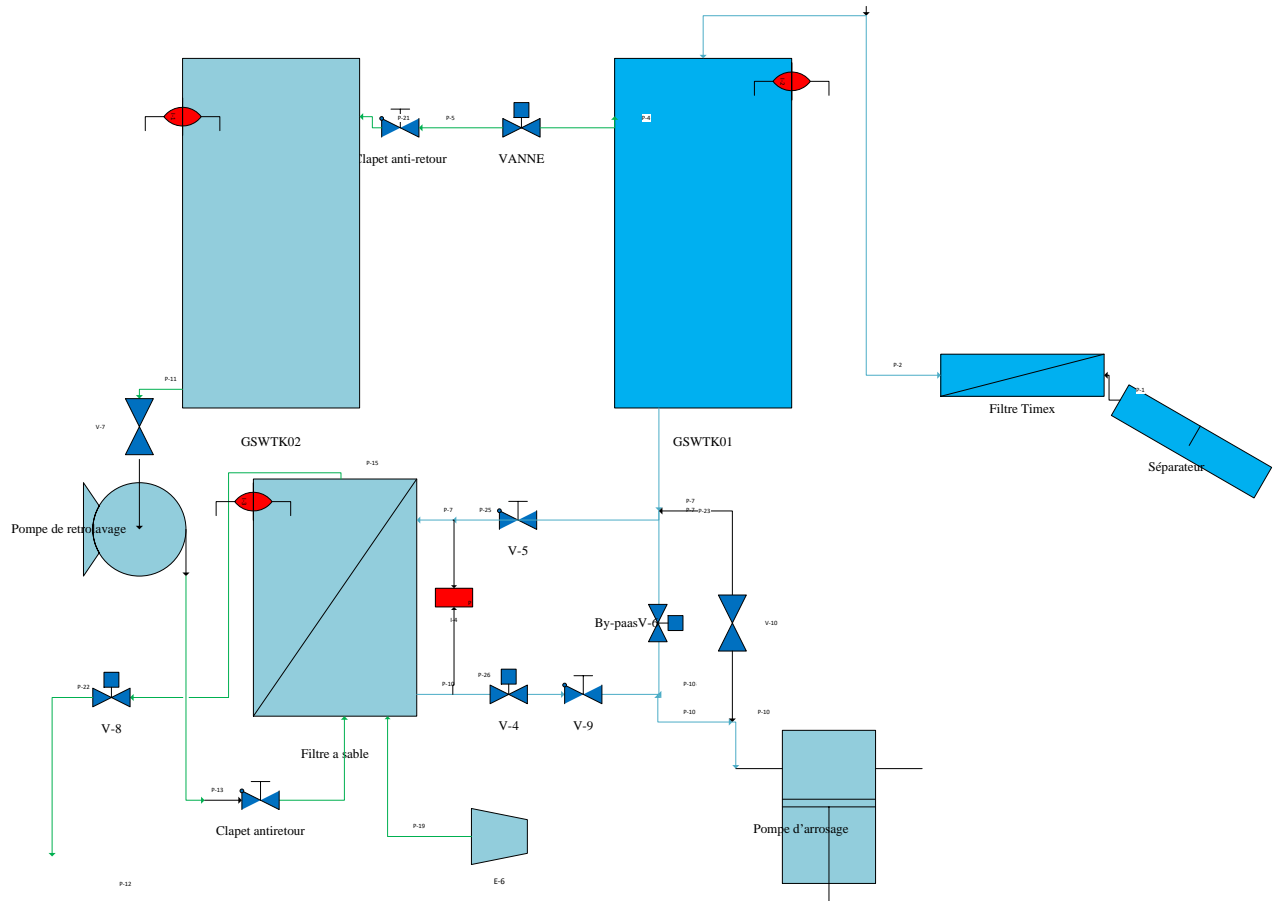


Figure 29 : circuit de filtration proposé

Il reste maintenant de dimensionner les conduites de nettoyage et la pompe selon sa position par rapport au réservoir comme il montre le schéma ci-dessous :

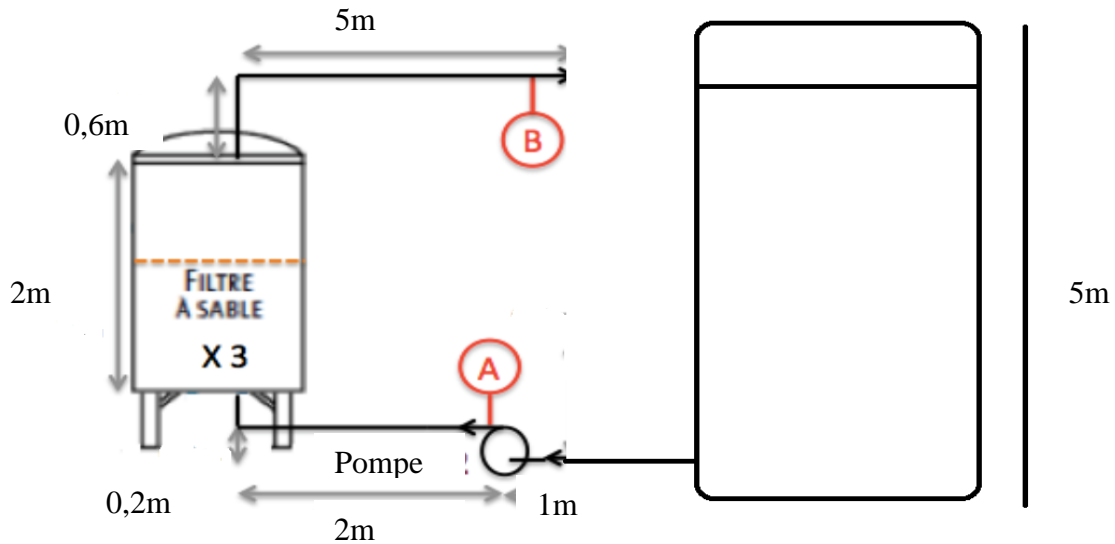


Figure 30 : dimensions du circuit de filtration

- a) Détermination du diamètre des conduites d'alimentation en fonction du débit et de la vitesse de l'eau souhaitée :

$$d = \left( \frac{4Q}{U * \pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

U choisit est de 9,86m/s, ce qui nécessite une conduite d'un diamètre 100 mm

- b) Détermination de l'état d'écoulement dans les conduites par le calcul du nombre de Reynolds :

$$R_e = \frac{\rho U d}{\mu}$$

$$R_e = 9,86 \cdot 10^5$$

- c) Calcul des pertes de charge linéaires et singulières entre A et B :

- Pertes de charge linéaires :

Equation de Darcy-Weisbach :

$$\Delta H = \frac{\lambda * L * U^2}{2 * d * g}$$

Le coefficient de perte de charge  $\lambda$  est déterminé par la formule de Colebrook en régime d'écoulement turbulent :

$$\frac{1}{\lambda} = -2 \log_{10} \left( \frac{\epsilon}{3,71 * d} + \frac{2,51}{R_e * \sqrt{\lambda}} \right)$$

$\lambda = 0,025$  selon le diagramme de Moody-Nikuradse (voir annexe).

$$\Delta H = 13 \text{ mCE}$$

-Pertes de charge singulières :

$$\Delta H = \frac{k * U^2}{2 * g}$$

La valeur de K pour l'ensemble des accessoires (clapet anti-retour, 2 coudes) est de 1,6, alors :  $\Delta H = 7 \text{ mCE}$

- d) Détermination de la pression à appliquer par la pompe en appliquant l'équation de Bernoulli entre les points A et B :

$$Z_A + \frac{P_A}{\rho * g} + \frac{U_A^2}{2 * g} = Z_B + \frac{P_B}{\rho * g} + \frac{U_B^2}{2 * g} + \Delta H_{liniare} + \Delta H_{singulaire}$$

la pression au point A (sortie de la pompe) doit être de  $P_A = 4,14 \text{ bar}$ , afin de vaincre les pertes.

- e) Choix de la pompe et calcul de la puissance à fournir par la pompe :

-Déterminer la hauteur manométrique totale (Hmt) à développer par la pompe en fonction du système :

$$Hmt = H_{gp} + H_{ga} + \Delta H_{total}$$

$$hmt = 26,6 \text{ m}$$

- f) Déterminer le NPSH disponible pour une pompe en charge



$$NSPH = \frac{P_{atm} - P_v - J_{asp} + H_h}{\rho g}$$

$$NSPH = 13,56m$$

g) Calcul de la puissance absorbée qui correspond à la puissance à fournir sur l'axe de la pompe pour assurer son fonctionnement.

$$P_u = \rho * g * Q * Hmt$$

$$P_u = 20 kw$$

### 5. Fiche technique du filtre et système de rétrolavage :

#### Caractéristiques du filtre

- ❖ Surface de filtration : 4,3 m<sup>2</sup>.
- ❖ Débit :130 m<sup>3</sup>/h
- ❖ Hauteur de lit : 1 m
- ❖ Finesse de filtration : 50
- ❖ Pression min : 2,25 bar
- ❖ Pression max : 2,9 bar

#### Caractéristiques de la pompe de rétrolavage :

- ❖ Diamètre de refoulement : 100 mm
- ❖ Débit :279 m<sup>3</sup>/h
- ❖ Hmt : 26 ,6 m
- ❖ NSPH : 13,56 m
- ❖ La puissance utile : 20 KW

#### Caractéristiques du compresseur a air :

- ❖ Débit 179 m<sup>3</sup>/min

NB : Un modèle de filtre est proposé (voir Annexe IV)

### IV. Le gain

Cette action va apporter des gains de productivités, et celles lié au temps, et coûts de la maintenance.

Le gain lié au coûts du main d'œuvre :

Opération	Temps de la maintenance	Fréquence actuelle	Fréquence futur	Coût annuel d'opération actuel	Coût annuel d'opération futur
Nettoyage du filtre	1	1/ semaine	0	14976	0
Nettoyage des préfiltres des pompes d'arrosage	3	½ semaine	1/3 mois	14976	2496
Nettoyage et soupapes	9	1/ mois	1/6 mois	33696	5616

Tableau 19 : gain lié au coût de main d'œuvre

➤ Le gain total de main d'œuvre, après implantation du nouveau filtre est de 63648Dh.

Le gain lié à la productivité annuel :

La disponibilité actuelle de la station de tête pipeline, représenté dans son objectif de 98%, a pu réaliser un gain de productivité annuel de 1 milliard de dirhams, approximativement 2000 dirhams pour chaque minute de production.

L'opération	Temps d'arrêt actuel	Temps d'arrêt futur	Le gain
Basculement de train pour nettoyage des préfiltres des pompes d'arrosage	240 minutes	40 minutes	393675 Dh
Basculement de train pour nettoyage, et révision des soupapes des pompes d'arrosage	120 minutes	20 minutes	196837 Dh

Tableau 20 : gain de la productivité

➤ Le gain total de l'action (main d'œuvre, et non production) est : 654160 Dh

## Conclusion et perspectives

Ce travail a pour but d'exposer les résultats, auxquels nous avons abouti durant notre projet de fin d'étude, dans l'intention de montrer notre apport au sujet.

Nous avons commencé par une présentation de l'organisme d'accueil, et les différents procédés suivis pour transporter la pulpe de phosphate. Ceci nous a permis d'avoir une idée sur les conditions, dans lesquelles, les équipements hydrauliques de la station de pompage du pipeline ; objet de notre étude ; fonctionnent.

Nous avons exposé ensuite, le principe de fonctionnement de ces équipements, et la technologie adaptée pour vaincre les contraintes imposées par les caractéristiques de la pulpe, et d'eau.

L'analyse des causes de pannes est une tâche nécessaire, pour bien comprendre l'origine des défaillances. Pour cela, nous avons appliqué la méthode AMDEC, qui nous a aidé à savoir les modes critiques pour chaque élément, et proposer des actions pour réduire la criticité. Parmi les résultats de notre analyse AMDEC, l'élaboration d'un plan de maintenance assez complet, dans le but d'organiser la maintenance et améliorer son efficacité.

Finalement, une phase d'amélioration au niveau de l'unité de filtration afin d'élever la fiabilité de cette dernière.

Durant cette période, nous avons proposé plusieurs solutions et actions afin d'améliorer la fiabilité des équipements de la station de pompage du pipeline, parmi ces action l'élaboration des plans de maintenance pour les différents composants critiques, aussi une amélioration de l'unité de filtration. Cette dernière nécessite prochainement une automatisation, et supervision au niveau du système SCADA, ainsi qu'une maintenance appropriée capable d'atteindre les performances souhaitées.

# Annexe

**I. Tableau AMDEC des pompes à pulpe :**

Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Criticité					Action Corrective
					$T_i$	$T_a$	S	D	C	
<b>AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ</b>										
Date de l'analyse :										
Phase de fonctionnement : pompage			page :							
Système : train de pompage			Sous système :pompe Warman		Nom :					
Ensemble de palier	Guidage en rotation de l'arbre d'entraînement de la turbine	Bruit ou vibration excessives	Mauvais alignement du réducteur	Grippage des roulements	0	2	2	2	0	Contrôle régulier de la vibration des paliers
		Echauffement du boîtier de roulement	Manque de lubrification	Grippage des roulements	3	2	3	0	0	Appoint d'huile
			Labyrinthe non étanche	Grippage des roulements	0	2	1	2	0	Purge de labyrinthe

			Fuite exagérée	Disparition d'huile du labyrinthe	0	2	2	0	0	Contrôle régulier des joints et de labyrinthe
		Coincement de l'arbre d'entraînement	Colmatage de la pulpe	Usure des engrenages de réducteur	0	2	2	0	0	Vérification des arrêts urgents de la station
			Coincement de roulement	Arrêt de la pompe	1	2	2	0	0	Analyse vibratoire
Chemise d'arbre	Protéger l'arbre contre l'usure	Usure de la chemise	Abrasion pulpe chemise.	Usure fréquente des tresses et arrêt de la pompe	1	2	1	1	2	Contrôle de débit d'arrosage
			Frottement tresses chemise		1	2	1	1	2	
Boite a tresse	Assurer l'étanchéité hydrodynamique	Fuite exagérée	jeu excessif entre lanterne et corps de la boite à tresses	Dégradation de la boite a tresse	0	2	1	0	0	

Fouloir/Boulon de fouloir	Serrage du presse-étoupe	Fuite exagérée de pulpe	Manque de serrage	Usure de tresses et chemise	3	2	1	0	0	Vérification de serrage Des boulon de fouloir
		Dégagement des tresses et de la lanterne	Usure des tresses	Endommagement de la presse étoupe	3	2	1	0	0	Vérification de serrage Des boulon de fouloir
lanterne	Assurer l'arrosage refroidissement des tresses	Usure	Usure de la presse étoupe	Changement fréquent des tresses	0	2	1	0	0	Contrôle de la lanterne
Tresse	Elimination des fuites	Fuite exagérée	Fouloir non serré	Etanchéité non assurée	3	3	1	1	9	Contrôle régulier de serrage du fouloir
			Tresses et chemise d'arbres usés	Changement fréquent des tresses	3	3	1	1	9	Ajustement de serrage de fouloir Contrôle de débit d'eau d'arrosage
L'impulseur	Transmettre à la pulpe l'énergie fournie par le moteur	Débit faible	Usure abrasive de l'impulseur	Chute du débit HMT faible	1	2	3	2	12	Contrôle de niveau de pulpe dans les tanks
		Usure	Cavitation	Dégradation de la	1	2	1	1	2	Contrôle de débit d'eau

				turbine						d'arrosage. Contrôle de serrage de fouloir
Volute	Protéger les demi corps	Fuites au niveau des JOINT	Usure abrasive	Rendement faible	1	2	2	2	8	Contrôle des caractéristiques de la pulpe
Boulon hydraulique	Assurer le maintien du corps de pompe	Desserrage	Vibration	Fuite	2	2	2	3	18	Contrôle régulier de serrage

## II. AMDEC de système GSW

### 1. Tableau AMDEC filtre Timex

Date de l'analyse :	<b>AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ</b>									
	Système : GSW		Sous système : le filtre Timex							
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	criticité					
					$T_i$	$T_a$	s	D	c	Action corrective
		Blocage	Câble électrique	• Infiltration	3	1	3	3		Contrôle régulier de câblage



Vanne de drainage du séparateur hydrocyclone	Auto nettoyage De séparateur	d'ouverture ou de fermeture	débranché	d'eau					54	
			Défaillance du servomoteur	• Usure des joints d'étanchéité	3	1	3	3	27	Vérifier l'étanchéité du joint torique
			Vanne grippé	• Pression faible	3	1	3	3	27	Eviter tous les sources de corrosion
			Automate défaillant	• Débit faible	1	1	0	1	0	Installation d'un automate de secours
Indicateur de colmatage	Calculer la différence de pression entre l'entrée et la sortie d'eau	Bouchage de la conduite	Pénétration des grain dans le tube	L'action sur la vanne ne se fait pas	3	2	1	1	6	Nettoyage régulier de la conduite d'indicateur de colmatage
		Le capteur donne des faux résultats	Etalonnage du capteur n'est pas fait depuis une longue durée		3	2	2	3	36	Etalonnage régulier des capteurs
Racleur	L'auto nettoyage de cartouche	scanner ne tourne pas	Moteur-réducteur défaillant	Colmatage de filtre	3	2	2	3	36	Changement de moteur
			Clavette usé		3	2	2	2	24	Changement de la clavette
			Vis-écrou usé		3	2	2	2	24	Changement du vis écrou

	fin		Automate défaillant		3	2	2	1	12	Implantation d'un automate de secours
		Buses bouché	Calcaire ou des grandes particules adhérentes l'orifice des buses		3	2	2	2	24	Nettoyage régulier des buses
Cartouche grossier	Filtré l'eau des grandes particules	colmatage	Pénétration de l'eau par des grandes particules	Endommagement du cartouche Grossier	3	2	2	3	36	Contrôle de fonctionnement de l'hydrocyclone
Cartouche fin	Filtré l'eau des petites particules	Colmatage	Accumulation et coincement des petites particules dans le tamis de filtre	Endommagement du cartouche Fin	3	2	1	0	0	Nettoyage régulier du cartouche
Vanne de drainage du filtre	Refouler les impuretés ailleurs lors du nettoyage de filtre	Blocage d'ouverture ou de fermeture	Câble électrique débranché	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usure des joints d'étanchéité</li> <li>Colmatage de filtre</li> </ul>	3	1	3	1	18	Contrôle régulier de câblage
			Défaillance du servomoteur		3	1	3	1	9	Changement de moteur
			Vanne grippé		3	1	3	2	18	Eliminer les cause de corrosion

			Automate défaillant		3	1	3	0	0	Implantation d'un automate de secours
Indicateur de colmatage	Calculé la différence de pression entre l'entrée et la sortie de filtre	Bouchage de la conduite	Pénétration des grain dans le tube	L'action sur la vanne ne se fait pas	3	2	3	2	36	Nettoyage régulier de la conduite d'indicateur de colmatage
		Le capteur est défaillant	Etalonnage du capteur n'est pas fait depuis une longue durée		3	2	3	2	36	Etalonnage régulier des capteurs
Joint hydraulique	Faire l'étanchéité entre les chambres des cartouches	Usure de joint	Usure	Communication entre les deux chambres	3	2	3	1	18	Contrôle chimique de l'eau Changement du joint
			Des produits chimiques qui attaquent les élastomères		3	2	3	2	36	
Moteur du racleur	Entrainer l'arbre de racleur	Défaillance	Alignement incorrect	L'action sur la vanne ne se fait pas	3	0	2	2	0	Vérifier l'alignement
			Déséquilibre de l'arbre		3	0	2	2	0	Contrôle de maintien du moteur
			Desserrement de l'arbre		3	0	2	1	0	Remonter l'arbre
			Usure des roulements		3	0	2	2	0	Changement de roulement

Servomoteur	Ouverture et fermeture des vannes	défaillance	Puissance moteur faible	L'action sur la vanne ne se fait pas	3	0	3	2	0	Révision de bobinage
			Câble coupé		3	0	3	2	0	Entretien des câbles électrique
			Surtension		3	0	1	2	0	Contrôle de l'installation électrique
Joint torique	Faire l'étanchéité	Usure	produits chimiques qui attaquent les élastomères	Fuite d'eau	3	1	1	2	6	Faire des analyse chimique d'eau Changement du joint
			Vanne ne s'ouvre pas alors que les pertes de charge sont très élevé		3	1	1	2	6	Diagnostiquer la cause de panne de la vanne. Changement du joint.

## 2. Tableau AMDEC pompe d'arrosage

Date de l'analyse :	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					criticité				
	Système : GSW		Sous - Ensemble : système de pompage (pompe peroni)							
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	$T_i$	$T_a$	S	D	C	Action corrective
Les soupapes	Guidé le sens de l'écoulement	bruit accentué et non cadencé.	Les surfaces du guide de soupape sont usées	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Débit faible</li> <li>• Vibration anormale</li> </ul>	3	1	3	0	0	Révision complète des soupapes et remplacement de celles qui sont usées.
		Détonations qui, de façon sporadique, couvrent le bruit habituel des soupapes	Une des soupapes se ferme en retard et provoque un défaut dans le fonctionnement		3	1	3	0	0	Révision totale des soupapes et de leurs sièges
		Le débitmètre et la jauge de pression oscillent avec la pompe.	Une des soupapes ne se ferme pas Correctement		3	1	3	0	0	Si les oscillations dépassent 5 par min il faut arrêter l'installation et inspecter les soupapes.

		La pompe fonctionne de façon irrégulière (saccadée) et l'indicateur de vitesse oscille considérablement	Une des soupapes de décharge ne s'ouvre pas complètement et se bloque		3	1	3	0	0	Remplacer la soupape.
		Les soupapes ne s'ouvrent pas correctement	Des saletés adhérentes la soupape		3	1	3	0	0	Nettoyage des soupapes
Les pistons		Usure	Des produits chimiques dans l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vibration</li> <li>• Débit faible</li> <li>• Pression faible</li> </ul>	2	0	3	1	0	Contrôle chimique d'eau d'arrosage
			Mauvaise étanchéité		3	0	3	1	0	Changement de la garniture
Vilebrequin	Transformer le mouvement de rotation en un mouvement transitoire	Usure au niveau de contact avec la bielle	Défaut de construction	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vibration anormale</li> <li>• Température d'huile élevée</li> </ul>	1	0	1	1	0	Changement du vilebrequin
			Défaut de montage		1	0	1	1		Contrôle et vérification de montage

	rectiligne								0	
			Défaut d'alignement		1	0	2	2	0	Vérification d'alignement après chaque remontage
			Niveau d'huile insuffisant		3	0	1	1	0	Appoint d'huile
Roulements	Guidé la rotation de l'arbre	Usure	Roulement trop serré	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bruit excessive</li> <li>• Température de roulement élevé</li> <li>• Endommagement de coupleur ou du moteur</li> </ul>	1	1	2	1	2	Contrôle de serrage des roulements
			des particules abrasives		1	1	2	2	4	Entretien de milieu de fonctionnement
			une lubrification inadéquate		3	1	1	1	3	Utilisation de lubrification demander par le constructeur
			vibrations		2	1	2	2	8	Faire des analyses vibratoire
		Écaillage	défaut d'alignement		1	1	2	1	2	Vérification d'alignement
		Empreintes	un mauvais montage ou une surcharge		1	1	2	1	2	Contrôle de de surcharge

			des corps étrangers		1	1	1	1	1	Entretien de milieu de fonctionnement
Bielle	Transmettre le mouvement du vilebrequin vers les pistons	fissure	fatigue		1	0	2	1	0	Changement de bielle
Système d'étanchéité	Assuré l'étanchéité	Fuites excessives	La garniture/ la bague a perdu.	Communication entre l'eau et l'huile	2	1	1	0	0	Remplacer la garniture/ bague.
			Usure anormale des garnitures		2		1	1	1	2
La soupape de sécurité	Protégé la pompe contre les surpressions	La soupape de sécurité ne s'ouvre pas	Grippage entre le siège et la surface du disque	La pression de l'installation dépasse les normes limitent de sécurité	3	1	0	0	0	Arrêter l'installation et contacter le Service Assistance Besa.
			Une cristallisation du milieu ou de la		3		1	0	0	0



			polymérisation sur l'axe, le disque et le guide.							
			des saletés entre le disque et le guide.		3	1	0	0	0	Arrêter l'installation, retirer la soupape en conditions de sécurité et les corps étrangers qui bloquent la soupape
			des saletés entre les spirales du ressort (sur les soupapes avec capuchon).		3	1	0	0	0	Arrêter l'installation et retirer la soupape en conditions de sécurité. Contrôler que la soupape ne soit pas endommagée et signaler le problème au responsable de la sécurité de
			l'axe est voilé		3	1	0	0	0	Arrêter l'installation et contacter le service Assistance Besa. S'assurer que le problème ne se reproduise pas.
		Fermeture manquée	Présence de corps étrangers entre le siège et le disque liée par exemple à la	Fluide n'arrive pas à la destination souhaité	3	1	3	0	0	Arrêter l'installation et contacter le service assistance Besa.

			fragmentation des disques de rupture							
Accumulateur de pression	Ajuster les vibrations de la pompe et absorber les chocs	Visée crevé	Pénétration des corps étranges qui attaque les élastomères	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vibrations anormales</li> <li>• Coup de bélier</li> </ul>	3	1	3	2	18	Contrôle chimique d'eau

### III.Plant de maintenance :

Equipement	Elément	Action	Périodicité	Marche/ arrêt	Niveau de maintenance
Pompe a pulpe	Le canon	Contrôle du débit de fuite des tresses	2/j	marche	Premier niveau
		Contrôle de la température des roulements	1/j	marche	Deuxième niveau
		Contrôle de niveau d'huile	1/Semaine	marche	Premier niveau
		Contrôle régulier de la vibration des paliers	1/20j	marche	Check liste
		Réglage de fuite d'eau d'étanchéité	1/2mois	marche	Deuxième niveau
		Changement d'huile de palier	6mois (2000h)	Arrêt	Deuxième niveau
		changement des tresses	1/6mois	Arrêt	Deuxième niveau
		Contrôle d'alignement	1/an	Arrêt	Deuxième niveau
		Changement de châssis de canon	1/4ans	Arrêt	Check liste
	Révision générale du canon	1/4ans	Arrêt	Deuxième niveau	
	Boite a tresse	Réglage de la coaxialité du boite a tresse avec la chemise	1/3mois	Arrêt	Check liste

		Changement du joint d'étanchéité de la boite a tresse	1/4ans	Arrêt	Check liste
		Changement de la boite a tresse	1/4ans	Arrêt	Check liste
	Lanterne	Changement des joints d'étanchéité du lanterne	1/2ans	Arrêt	Check liste
		Changement du lanterne	1/2ans	Arrêt	Check liste
	Fouloir	Vérification du bon serrage du fouloir	1/j	marche	Deuxième niveau
		Changement du fouloir	1/2ans	Arrêt	Check liste
Filtre Timex	Vanne de drainage de l'hydrocyclone	Contrôle de blocage de la vanne	2/mois	marche	1 er niveau
		Contrôle de fuite de la vanne et des brides	2/mois	marche	1 er niveau
		Changement des joints torique des bagues	1/4 ans	Arrêt	Deuxième niveau
		Révision de la vanne	1/4 ans	Arrêt	Check liste
	Cartouche fin	Nettoyage régulier du cartouche fin	1/semaine	Arrêt	Deuxième niveau
		Changement du cartouche	1/2ans	Arrêt	Deuxième niveau
	Vanne de drainage du filtre	Contrôle de blocage de la vanne	2/mois	marche	Premier niveau
		Contrôle de fuite de la vanne et des brides	2/mois	marche	Premier niveau
		Changement des joints torique des bagues	1/4 ans	Arrêt	Deuxième niveau

		Révision de la vanne	1/4 ans	Arrêt	Check liste
	Moteur du racleur	Graissage de la vise sans fin	1/mois	marche	Deuxième niveau
Pompe d'arrosage GSW	Soupapes	Changement des soupapes, des siège de soupapes et des joints toriques	1/2ans	Arrêt	Check liste
		Changement des ressorts de rappel	1/2ans	Arrêt	Check liste
		Révision générale du bloc soupape	1/4ans	Arrêt	Check liste
	Vilebrequin	Contrôle du niveau d'huile	2/j	marche	Première niveau
		Révision générale du mécanisme vilebrequin	1/ 4 ans	Arrêt	Check liste
	Bielle	Contrôle des bielles	1/ 4 ans	Arrêt	Check liste
	piston	Révision générale des pistons	1/ 4 ans	Arrêt	Check liste
	Système d'étanchéité	Remplacement des tresses	1/6mois	Arrêt	Check liste
		Changement des tresses et des anneaux de tresses	1/2ans	Arrêt	Check liste
		Changement du fouloir	1/3ans	Arrêt	Check liste
	Inspection des fuites	2/j	marche	Première niveau	

	Soupape sécurité	de	Réglage de pression de tarage	1/2 ans	Arrêt	Check liste
			Révision générale	1/2 ans	Arrêt	Check liste

### 1. Plan de maintenance- planning de 4 ans

Année	1												2												3												4													
Mois	j	f	m	a	m	j	j	o	s	o	n	d	j	f	m	a	m	j	j	o	s	o	n	d	j	f	m	a	m	j	j	o	s	o	n	d	j	f	m	a	m	j	j	o	s	o	n	d		
Réglage de fuite d'eau d'étanchéité																																																		
Changement d'huile de palier																																																		
changement des tresses																																																		
Contrôle d'alignement																																																		
Changement de châssis de canon																																																		
Révision générale du canon																																																		
Réglage de la coaxialité du boite a tresse avec la chemise																																																		









## 2. Plan de maintenance-planning mensuel

Mois	Semaine 1							Semaine 2							Semaine 3							Semaine 4							Semaine 5						
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
Contrôle du débit de fuite des tresses																																			
Contrôle de la température des roulements																																			
Contrôle de niveau d'huile																																			
Contrôle régulier de la vibration des paliers																																			
Vérification du bon serrage du fouloir																																			
Nettoyage régulier du cartouche fin du filtre Timex																																			



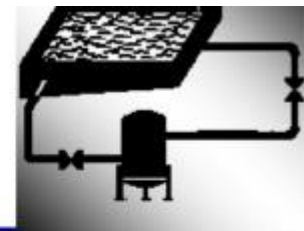
**Plan de maintenance- check liste 01**

Installation	N				Code de document					
					Page :					
					Indice :					
Niveau de maintenance					Technique					
1	2	③	4	5	Elec	meca	auto	hydro	pneu	réglage
Operations					Bon	Fait	A faire	Remarque		
Contrôle régulier de la vibration des paliers										
Changement de châssis de canon										
Réglage de la coaxialité du boite a tresse avec la chemise										
Changement du joint d'étanchéité de la boite a tresse										
Changement de la boite a tresse										
Changement des joints d'étanchéité du lanterne										
Changement du lanterne										
Changement du fouloir										
Révision de la vanne										
Changement des soupapes, des sièges de soupapes et des joints toriques										
Changement des ressorts de rappel										
Révision générale du bloc soupape										
Révision générale du mécanisme vilebrequin										
Contrôle des bielles										
Révision générale des pistons										
Remplacement des tresses										
Changement des tresses et des anneaux de tresses										
Changement du fouloir										
Réglage de pression de tarage										
Révision générale										

	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Date			
Nom			
Signature			

#### IV. Filtre proposé

  
**TECNOFIL Industries**  
**Filtre à sable vertical à collecteur**



UTILISATION	Filtration mécanique destinée au secteur des loisirs : Piscine publique, collective, fontaine, parc animalier, etc...
CONSTRUCTION	Acier. Variante : construction INOX toutes nuances.
PRESSION DE SERVICE	De 0,5 à 10 bars (autres : nous consulter).
EQUIPEMENT INTERIEUR	Diffuseur supérieur en <b>PEHD</b> . Collecteur de reprise PEHD équipé de tubes crépinés (lavage eau / air). Ensemble entièrement démontable ( <b>Norme DN 19,643</b> ).
FOND BOMBE	Torisphérique.
RACCORDEMENT DES ORIFICES	Brides taraudées M 16 / M 20 <b>Normalisées PN 10 / PN 16</b> .
PURGE D'AIR & VIDANGE	Vannes manuelles 1/4 de tour 20/27 et 40/49.
PIEDS DE SUPPORT	Filtres Ø < 2.00 m = 3 pieds en <b>U</b> avec platines . Filtres Ø > 2.00 m = 4 pieds en <b>H</b> avec platines .
MAINTENANCE	1 trou d'homme Ø 427 mm sur le fond supérieur ( <b>Norme NFE 86,800</b> ).
MANUTENTION	Crochets de levage sur fond bombé supérieur.
REVETEMENT INTERIEUR	Sablage SA 2,5 + large gamme de revêtements armés ou non-armés adaptés aux besoins : - pour contact eau agressive (piscines) - pour contact eau de mer <b>(Voir fiches techniques n°11.3)</b>
REVETEMENT EXTERIEUR	Sablage SA 2,5 + apprêt époxy + polyuréthane. (autres : nous consulter).
TEMPERATURE D'UTILISATION	De 5° à 40° selon revêtement.
PH D'UTILISATION	De 6,5 à 8,2 selon revêtement.
GARANTIE	Anti-corrosion intérieure : de 2 à 10 ans. <b>(Voir fiches techniques n°11.3)</b>

OPTIONS Filtres : Fiches 4.3  
 OPTIONS Panoplies : Fiches 5.3  
 Revêtements : Fiches 11



$\theta$ (mm)	Poids à vide	Support 0.10 m	Sable 1.00 m	Poids en marche	Charge/pied en marche	Filtre à sable à collecteur
950	510	280	1080	2550	850	
1100	550	400	1440	3380	1127	
1250	620	560	1880	4260	1420	
1600	790	1000	3040	5310	1770	
1800	1000	1400	3840	9370	3124	
2000	1170	1840	4720	11815	2954	
2200	1480	2400	5720	14850	3713	
2500	1920	3400	7400	19900	4975	
2800	2310	4560	9240	25780	6445	
3000	2670	5560	10640	30300	7575	

Références ACIER / INOX		$\theta$ (mm)	Surface (m <sup>2</sup> )	Débit (m <sup>3</sup> /h) V ≈ 25 m/h	Débit (m <sup>3</sup> /h) V ≈ 30 m/h	Débit (m <sup>3</sup> /h) V ≈ 35 m/h	Débit (m <sup>3</sup> /h) V ≈ 40 m/h	Lavage eau / air (m <sup>3</sup> /h) V ≈ 45 / 40 m/h selon application
001.0950.D	001.0950.X	950	0.71	18	21	25	28	32 / 28
001.1100.D	001.1100.X	1100	0.95	24	28	33	38	43 / 38
001.1250.D	001.1250.X	1250	1.23	31	37	43	49	55 / 50
001.1600.D	001.1600.X	1600	2.00	50	60	70	80	90 / 80
001.1800.D	001.1800.X	1800	2.54	63	76	89	102	114 / 102
001.2000.D	001.2000.X	2000	3.14	78	94	110	126	141 / 126
001.2200.D	001.2200.X	2200	3.80	95	114	133	152	171 / 152
001.2500.D	001.2500.X	2500	4.90	122	147	171	196	220 / 196
001.2800.D	001.2800.X	2800	6.15	154	184	215	246	277 / 246
001.3000.D	001.3000.X	3000	7.06	176	212	247	282	318 / 282

## Références

PERONIPOMP SUBCONTRACTOR (By takfen)

TIMEX FILTRATION WATER. (By takfen)

WEIR MINERALS EUROPE LIMITED. (by takfen)

<http://hmf.enseeiht.fr/travaux/bei/beiere/content/2015/methodologie>.

<https://www.google.fr>

<https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-physico-chimique-en-traitement-de-l-eau/filtration/filtration-sur-lit-granulaire>.