

## **Sommaire :**

Chapitre I : introduction .....	8
I. Présentation de la SAMIR (Société Anonyme de l'Industrie de Raffinage).....	8
1) Historique .....	8
2) Fiche signalétique.....	9
3) Les produits de la SAMIR.....	10
4) organigramme .....	10
II. Présentation de la direction maintenance.....	11
1) Généralités sur la maintenance.....	12
2) Les formes de la maintenance.....	12
III. Généralité sur les pompes.....	12
IV. Présentation d'unité 73- Traitement des Effluents.....	14
V. Présentation des pompes 73-P-119 A/B/C et 73-P-121 A/B.....	16
3) Caractéristiques des pompes .....	17
4) Fonctionnement des pompes P-119 A/B/C et P-121 A/B .....	17
Chapitre III : Etude de la fiabilité .....	18
I. Analyse fonctionnelle des motopompes P-119 A/B/C et P-121 A/B.....	18
1) bêta corne .....	18
2) Diagramme pieuvre .....	19
II. Analyse de l'historique des pannes.....	21
1) Répartition des pannes.....	21
2) Identification des indicateurs de fiabilité.....	23
a) Durée de vie .....	23
b) Temps Moyen de Bon Fonctionnement MTBF.....	23
III. Décomposition fonctionnelle .....	27
IV. ETUDE AMDEC.....	27
1) Présentation de l'analyse AMDEC.....	27
2) La décomposition fonctionnelle de l'équipement à étudier .....	28
3) Définition des indices de criticité .....	28

4) Application AMDEC .....	30
Chapitre IV : Etude RCA .....	32
I. Généralité sur la RCA.....	32
1) Définition.....	32
2) Les avantages .....	32
3) La logique RCA.....	32
4) Outils de la RCA .....	33
II. Mise en œuvre de la RCA .....	34
1) Mauvais refroidissement des paliers.....	34
2) Mauvais alignement .....	35
3) Manque de débit .....	36
4) Bouchage .....	39
a) Application d'Ishikawa :.....	40
b) Conséquence du bouchage .....	40
Chapitre V : Solutions proposées .....	42
I. Solutions d'amélioration concernant le dégrilleur.....	42
1) Description général de dégrilleur .....	42
2) Système de dégrillage .....	42
3) Avantages et inconvénient.....	42
4) Schéma de principe .....	43
5) Etude de la faisabilité .....	45
6) Les exigences d'installation .....	45
7) Condition de l'emplacement .....	45
8) Proposition d'un type de dégrilleur disponibles sur le Marché .....	46
a) Présentation .....	46
b) Conception et fonction.....	47
c) Les avantages de Dégrilleur FJP.....	48
d) Spécificité géométriques de dégrilleur FJP .....	49
II. Achat de nouvelle pompe .....	49
1) Le choix d'une pompe .....	49
2) Le débit des pompes .....	49
3) Conception de la pompe .....	50

4) Le concept autonettoyant .....	50
5) La hauteur manométrique $H_m$ .....	50
6) Les pompes choisies .....	53
Chapitre VI : Etude technico-économique .....	54
I. Introduction.....	54
II. Etude de rentabilité d'un programme de maintenance préventive .....	54
1) Evaluation du coût de maintenance moyen annuel.....	54
III. Etude technico économique de solutions proposées .....	55
1) Nouvelles pompes .....	55
a) Visites intermédiaires.....	55
b) Révision complète .....	56
2) Dégrilleur .....	57
3) Conclusion .....	60
Annexe.....	61
Annexe A : Table déterminant les coefficients de loi de Weibull.....	61
Annexe B : Courbe de performance de pompe 73-P-121 A/B .....	62
Annexe C : Courbe de performance de pompe 73-P-119 A/B/C.....	63
Annexe D : PID de bassin U-108 .....	64
Annexe E : PID de bassin U-110.....	65

**Liste des figures :**

Figure I : organigramme de SAMIR.....	10
Figure II : organigramme du département maintenance.....	11
Figure III : Les différentes formes de la maintenance .....	12
Figure IV : Classification des pompes .....	14
Figure V : Présentation unité 73 .....	15
Figure VI : Présentation de pompe centrifuge .....	16
Figure VII : Bassin U 110 .....	17
Figure VIII : la courbe de baignoire.....	23
Figure IX : Weibull ++7.....	25
Figure X : Décomposition fonctionnelle .....	27
Figure XI : Diagramme d'Ishikawa .....	33

Figure XII :	Système de refroidissement.....	35
Figure XIII :	Plage de fonctionnement .....	37
Figure XIV :	Plage de fonctionnement de la pompe 73-P-119.....	38
Figure XV :	Plage de fonctionnement de la pompe 73-P-121.....	38
Figure XVI :	Ishikawa de bouchage .....	40
Figure XVII :	Dessin d'ensemble du dégrilleur .....	43
Figure XVIII :	Les dimensions du bassin U108 dans lequel le dégrilleur sera immergé.....	45
Figure XIX :	Positionnement du dégrilleur.....	46
Figure XX :	Dégrilleur FJP .....	47
Figure XXI :	Plan d'intégration dans génie civil.....	48

### Liste des tableaux :

Tableau 1 :	Fiche signalétique de la SAMIR.....	9
Tableau 2 :	Principaux fournisseur du pétrole brut .....	10
Tableau 3 :	Caractéristiques des pompes .....	17
Tableau 4 :	La fréquence des pannes.....	28
Tableau 5 :	La gravité des défaillances.....	29
Tableau 6 :	La détection des défaillances .....	29
Tableau 7 :	Calcul de la criticité.....	31
Tableau 8 :	Planning de lubrification.....	36
Tableau 9 :	Les avantages et inconvénients de dégrilleur .....	42
Tableau 10 :	Pertes de charges .....	52
Tableau 11 :	Visite intermédiaire des pompes.....	56
Tableau 12 :	Planning maintenance préventive.....	58

## Chapitre I : introduction

### *I. Présentation de la SAMIR (Société Anonyme de l'Industrie de Raffinage)*

#### *1) Historique*

Le Maroc, pays non producteur du pétrole, a décidé d'assurer la maîtrise de ses besoins en énergie et de prouver son indépendance énergétique en créant ; à la suite d'une convention signée entre l'état représenté par le bureau des études et des participations industrielles BEPI et l'Office Italienne des Hydrocarbures représenté par sa filiale ANIC ; une raffinerie proche du port de Mohammedia dénommée « Société Anonyme Marocaine Italienne De Raffinage ».

La société anonyme marocaine de l'industrie du raffinage « SAMIR » a connu depuis sa création un grand développement concernant la création de nouvelles unités.

La SAMIR a été créé cinq ans après l'indépendance du MAROC, parmi les faits les plus marquants on cite :

- 1959 : feu sa majesté Mohamed V pose la première pierre de la nouvelle Raffinerie;
- 1962 : La SAMIR fut inaugurée le 10 Janvier par feu sa majesté Hassan II. L'activité de la raffinerie démarre ainsi dans un contexte très favorable;
- 1972 : Une 2ème extension de la raffinerie ramène la capacité de 1.250.000 T/An à 2.250.000 T/An;
- 1974 : A la suite de la crise pétrolière de 1973 et pour éviter les répercussions sur le Maroc, il décida de procéder à la nationalisation de son capital et sa raison sociale est devenue « Société Marocaine de l'Industrie du Raffinage » ;
- 1975 : Face à la demande de plus en plus forte des produits pétroliers, la SAMIR décide d'investir et d'augmenter sa capacité de raffinage en créant une « 3ème extension de la raffinerie » portant la capacité totale de 2 250 000T/An à 6 500 000 T/An;
- 1980 : A l'achèvement de cette réalisation, un nouveau projet d'égale envergure est lancé. La SAMIR construit un complexe des huiles lubrifiantes de 100.000 T/An qui a été inauguré le 9 mars par feu SM Hassan II;
- 1984 : Démarrage du complexe des huiles ; bitumes et para raffinage;
- 1991 : La SAMIR entreprend le réarrangement de l'ensemble des installations existantes en vue d'améliorer la qualité de ses produits;

- 1996 : Dans le cadre de la première phase du processus de privatisation de la société, la SAMIR est introduite en bourse de Casablanca de 30% du capital Social;
- 1997 : Dans le cadre de la seconde phase de privatisation de la SAMIR, le Groupe Corral acquiert 67% du capital de cette dernière;
- 1999 : La fusion-absorption de la Société Chérifienne des Pétroles « SCP » par la SAMIR lui permet l'augmentation de son capital;
- 2002 : Création de Somirgy en partenariat avec le groupe Somepi, incendie du 25 novembre 2002;
- 2003 : Création de la Fondation SAMIR.

La Société Anonyme Marocaine d'Industrie de Raffinage (SAMIR), leader dans le domaine de raffinage de pétrole, est créée afin de satisfaire les besoins croissants en ce qui concerne les produits pétroliers.

Vu l'importance et la réputation de la SAMIR au niveau du marché national et international, il s'avère primordial de connaître les différentes activités et les actualités de cette société

## 2) Fiche signalétique

<b>Raison sociale</b>	Société Anonyme Marocaine d'Industrie de Raffinage.
<b>Forme juridique</b>	Société Anonyme (Statuts harmonisés avec la loi 17/95 sur les SA depuis le 9 octobre 1998)
<b>Date de constitution</b>	1959
<b>Capital social</b>	1.189.966.500 Dh
<b>Actionnariat</b>	CORRAL (67.27%) PUBLIC à travers la bourse (32.73%)
<b>Chiffres d'affaires</b>	PUBLIC à travers la bourse (32.73%)
<b>Effectif</b>	1528
<b>Registre de commerce</b>	B.P. 91, Mohammedia
<b>Adresse</b>	B.P. 89, Route Côtière 111, Mohammedia,
<b>Superficie</b>	190 Hectares
<b>Capacité de production</b>	7.750.0 tonnes/an

**Tableau 1 : Fiche signalétique de la SAMIR**

Le pétrole brut traité à Mohammedia est en totalité importé. Les principaux fournisseurs sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

pays	Société
Arabie Saoudite	Arabie light
Irak	Kirkuk
Iran	Iranien light
Russie	Ural

Tableau 2 : **Principaux fournisseur du pétrole brut**

Actuellement, la SAMIR exploite plusieurs puits dans le Gharb et à Essaouira. La production est de 10 000 tonnes par an de pétrole brut et de 20 millions de m<sup>3</sup> de gaz naturel. La SAMIR n'a rien à envier aux raffineries les plus modernes du monde, avec des unités de fabrication sophistiquées, un laboratoire garantissant la qualité des produits à tous les stades de leur élaboration, un service de sécurité sans faille et un réel souci de la protection de l'environnement.

### 3) Les produits de la SAMIR

La SAMIR assure la production de plusieurs types de produits finis d'une capacité variable suivant l'importance de chacun, on trouve ainsi comme capacité de stockage :

- |   |  |
|---|--|
| Le propane : 6.000 m <sup>3</sup> ;             | Les produits semi-finis : 186.000 m <sup>3</sup> . |
| La paraffine : 6.400 m <sup>3</sup> ;           | Le bitume : 46.000 m <sup>3</sup> ;                |
| Les huiles finis : 5.900 m <sup>3</sup> ;       | Les huiles de base : 25.100 m <sup>3</sup> ;       |
| Le résidu atmosphérique 30.000 m <sup>3</sup> ; | Le Fuel oil : 151.800 m <sup>3</sup> ;             |
| Le Gasoil : 103.000 m <sup>3</sup> ;            | Le carburacteur : 38.000 m <sup>3</sup> ;          |
| Le pétrole lampant : 31.000 m <sup>3</sup> ;    | L'essence ordinaire : 15.000 m <sup>3</sup> ;      |
| L'essence super : 36.000 m <sup>3</sup> ;       | Le butane : 17.000 m <sup>3</sup> ;                |

### 4) organigramme

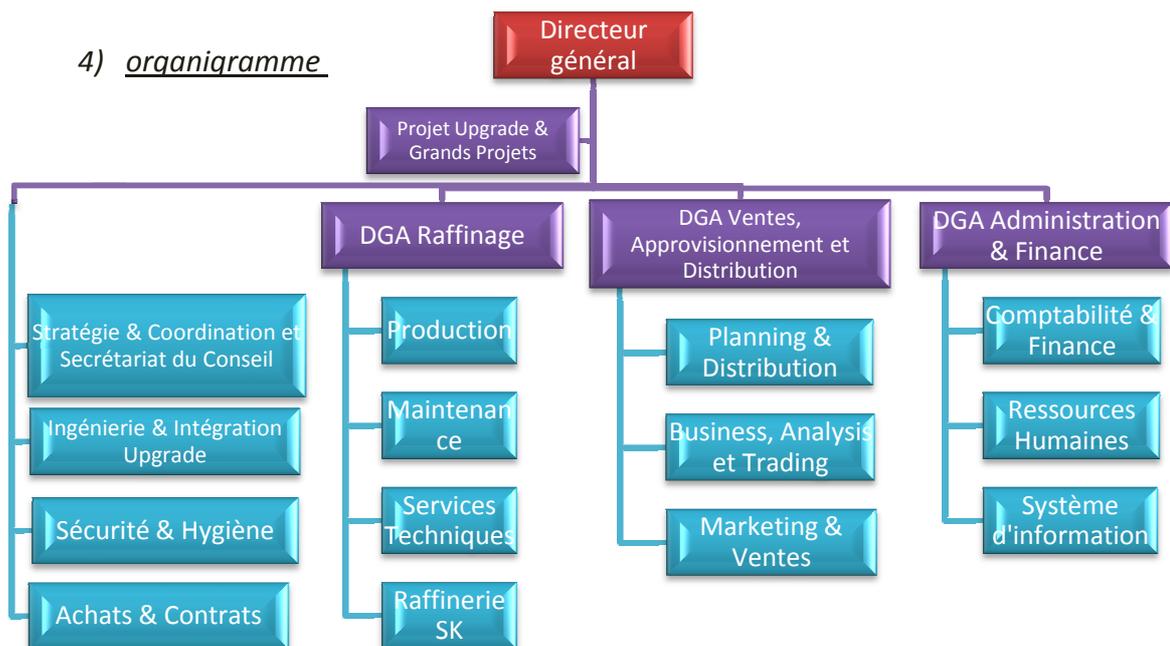


Figure I : **organigramme de SAMIR**

## II. Présentation de la direction maintenance

La direction de la maintenance a pour rôle la planification, la prévention et la réalisation de divers travaux de maintenance de la raffinerie. Cette direction comporte quatre départements à savoir :

Département maintenance FGP/CHL qui est chargé de la maintenance de la zone de la fabrication des grands produits et du complexe des huiles et lubrifiants

Département maintenance des utilités et mouvement produit qui est chargé de la maintenance des centrales (les centrales thermiques et la cogénération), des stations de traitement d'eau et les zone d'entrée et de sortie des produits

Département support maintenance qui est chargé de la préparation des arrêts, GMAO, fiabilisation et la gestion du magasin.

Département maintenance UPGRADE qui est chargé de la maintenance des équipements de nouveau projet UPGRADE.

Tous ces départements sont répartis selon l'organigramme suivant :

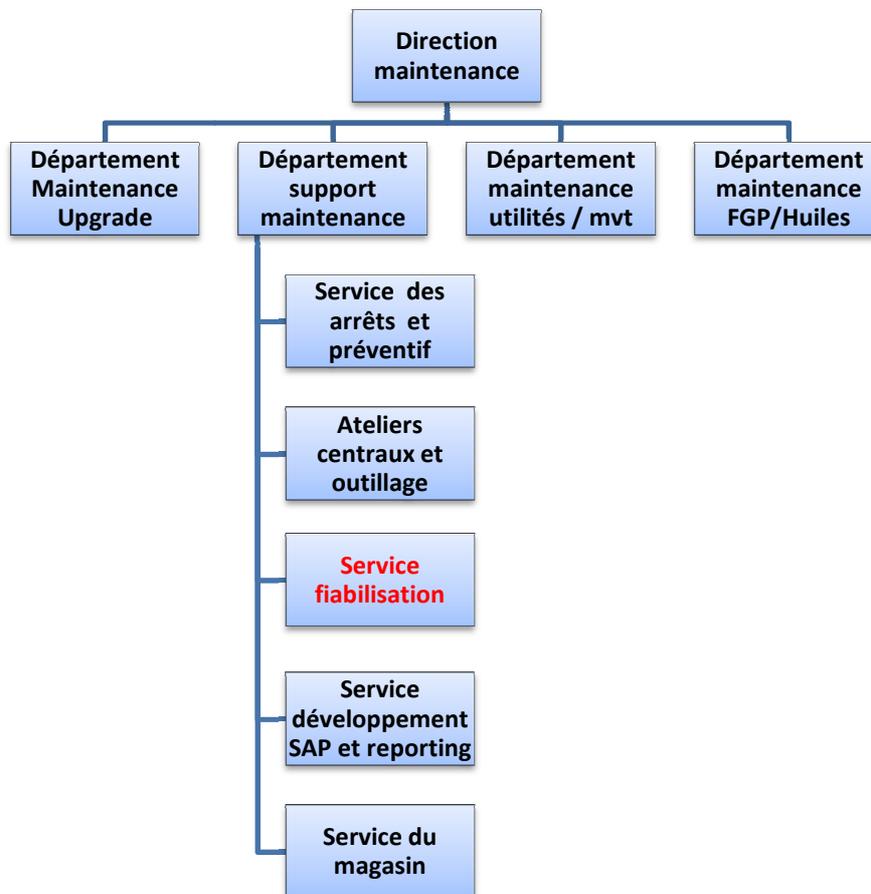


Figure II : organigramme du département maintenance

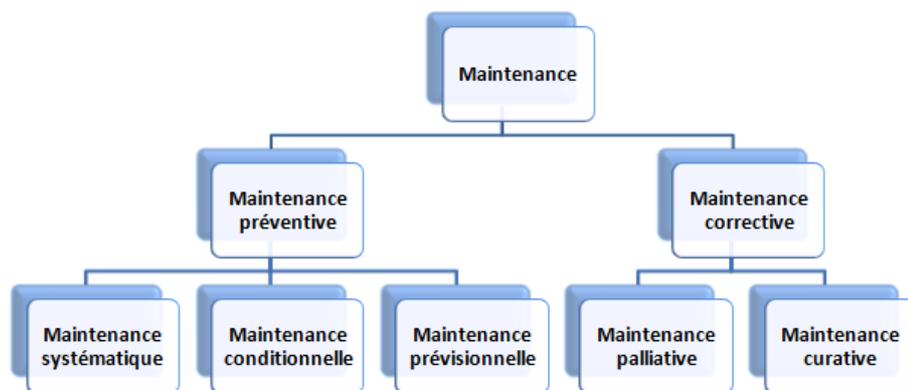
### 1) Généralités sur la maintenance

Pour avoir une bonne production il est nécessaire de respecter quatre points :

- ✓ Approvisionner en matières premières
- ✓ Transformer la matière première en produit fini
- ✓ Assurer la qualité
- ✓ Maintenir l'outil de production en état de marche.

Ainsi la maintenance est considérée comme une fonction essentielle de production.

### 2) Les formes de la maintenance



**Figure III : Les différentes formes de la maintenance**

### III. *Généralité sur les pompes*

La pompe transforme une énergie mécanique en énergie hydraulique. Elle aspire avec une très faible dépression comprise généralement entre 0,17 et 0,2 bar, le fluide contenu dans un réservoir à pression atmosphérique ou sous pression.

La pompe produit un débit et s'il y a freinage à la circulation de ce débit, la pression monte dans le circuit. C'est donc un générateur de débit dont la résistance mécanique est liée à une pression maximale de refoulement.

Une pompe est caractérisée par:

- ✓ Sa cylindrée : elle correspond au volume de fluide théorique débitée par tour en cm<sup>3</sup> ou en litre.
- ✓ Son débit : c'est le volume d'huile que la pompe peut fournir par unité de temps; elle est exprimée en litre par minute (L/min).
- ✓ Son rendement.
- ✓ Son sens de rotation.
- ✓ Sa vitesse de rotation.

• LES POMPES CENTRIFUGES :

Les pompes centrifuges sont les types les plus répandu en raffinerie et usine chimique. Leur fonction est d'assurer le débit du liquide souhaité par l'exploitant mais dans des conditions de pression imposé par les procédé et leur application, avec des contraintes particulières à l'installation, l'environnement, la fiabilité, la sureté ...

Une pompe centrifuge est constituée par:

- ✓ Le corps de pompe sur lequel se trouvent les tubulures et brides d'aspiration et de refoulement, la volute et les pieds (ou palette) de fixation sur le châssis
- ✓ Le corps de garniture (ou plateau de garniture) fermant l'arrière du corps de pompe, et traverse par l'arbre et reçoit le système d'étanchéité (tresses ou garniture mécanique)
- ✓ Le corps de pallier dans lequel sont montés les roulements ou les pallier à coussinet et qui contient le système de lubrification. Le corps de palier possède souvent une béquille de supportage.

Les parties tournants constituent un ensemble mobile appelé rotor celui-ci se compose :

- D'un arbre sur le quel sont monté :
  - ✓ Un impulseur (ou roue)
  - ✓ Un accouplement permettant la liaison avec la machine d'entraînement
  - ✓ Diverses pièces telles que chemise d'arbre .déflecteur ou labyrinthe d'étanchéité, écrous de fixation,...
- D'éléments liant le rotor et les pièces fixes et donc soumises à frottement :
  - ✓ Les roulements
  - ✓ La garniture d'étanchéité

Parmi ces différentes pièces, l'impulseur et la volute sont celles qui sont directement impliquées dans la fonction de pompage de la machine.au travers elles se produisent les variations de vitesse et de la pression du liquide.

Le liquide arrive dans l'axe de l'appareil par le distributeur et la force centrifuge le projette vers l'extérieur de la turbine. Il acquiert une grande énergie cinétique qui se transforme en énergie de pression dans le collecteur où la section est croissante.

L'utilisation d'un diffuseur (roue à aubes fixe) à la périphérie de la roue mobile permet une diminution de la perte d'énergie.

C'est le type des pompes P 121A/B ET P119 A/B/C.

	débit	pression
<b>Pompe centrifuge</b>	Elevé	Constante
<b>Pompe volumétrique</b>	Constant	Elevé

- Interprétation :

Dans notre réseau nous avons besoin d'une pompe de débit élevé pour vider le bassin le plus vite possible ce qui justifie le choix des pompes centrifuges

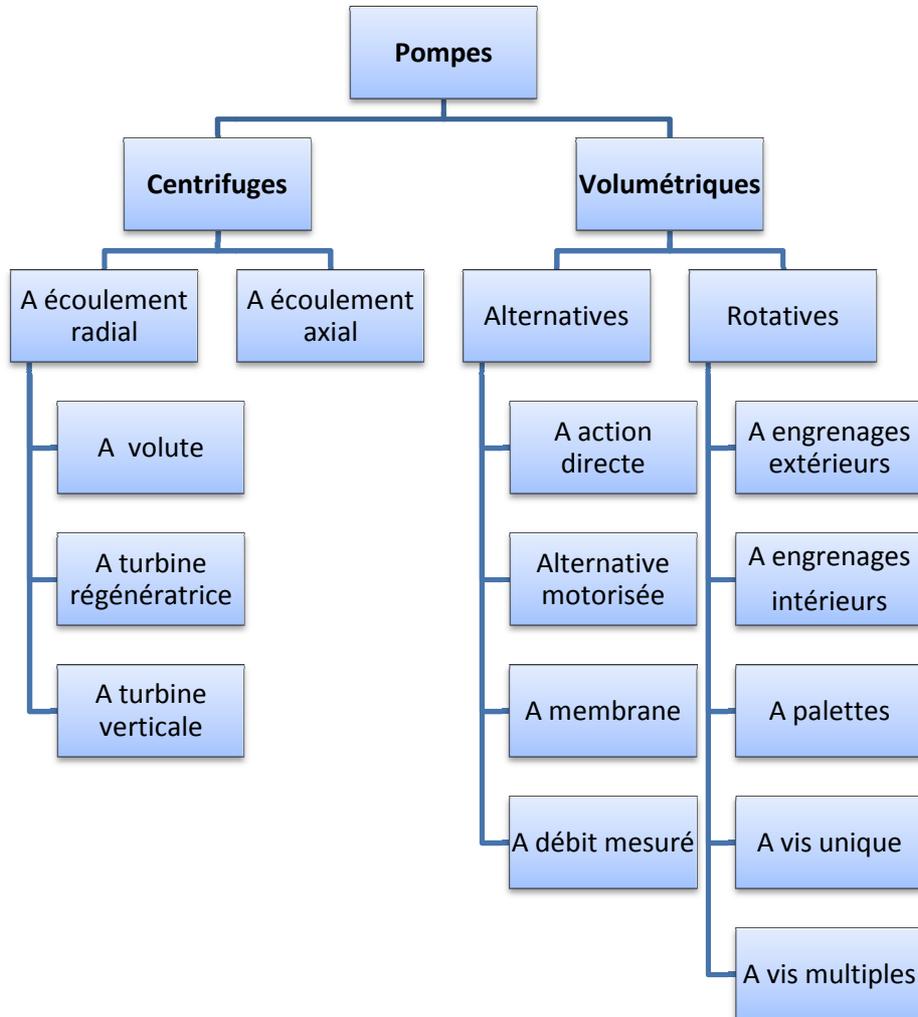


Figure IV : Classification des pompes

#### IV. Présentation d'unité 73- Traitement des Effluents

Le système effluent de la zone Upgrade comprend :

- ✓ Systèmes eaux pluviales :

Système de drainage gravitaire des eaux pluviale (OP) vers compartiments eaux pluviales des bassins 73-U-101(sud)/103(centre)/110(nord).

Eaux pluviale collecté et la décharge du bassin U-108 sont pompé via 73-P-101/103 A/B (800m<sup>3</sup>/h) vers le bassin de stockage U-110 pour séparation ensuite vers zone I, zone II, slop, et vers

la mer via les pompes 73-P-121 A/B à l'aide des vannes mis en parallèle pour éviter le refoulement dans les 4 zones en même temps. (Voir annexe 4)

✓ Système eaux process :

Système de drainage gravitaire des eaux process (OW) vers compartiments eaux process des bassins 73-U-101(sud)/103(centre)/110(nord).

Eaux process collectés et l'eau venant du bassin de la zone I, sont pompé via 73-P-104/105/106 A/B (90m<sup>3</sup>/h) vers 73-U-108(bassin des eaux process) puis vers zone 2 (traitement chimique) via 73-P-119 A/B/C. (voir annexe 5)

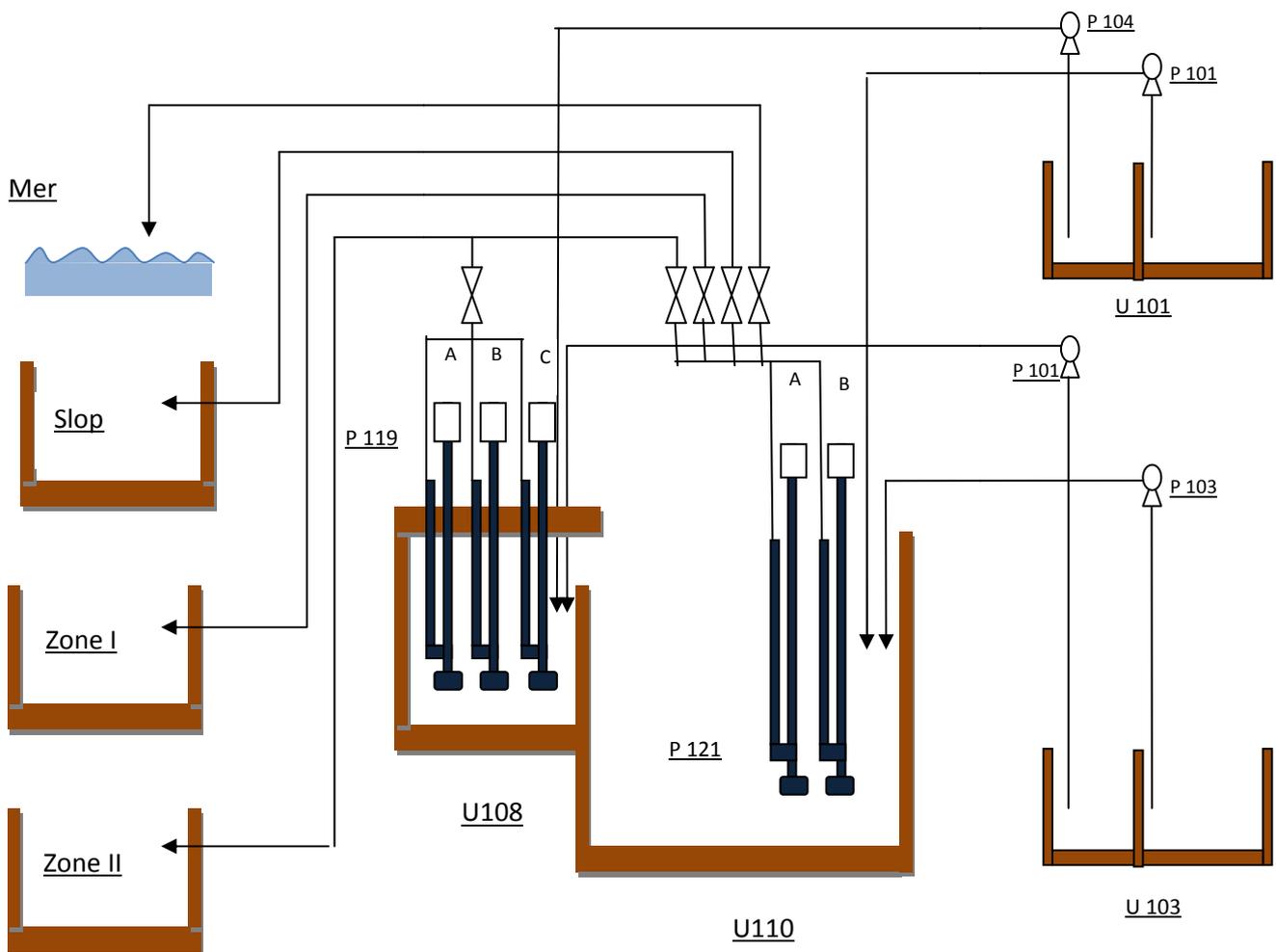


Figure V : Présentation unité 73

## V. Présentation des pompes 73-P-119 A/B/C et 73-P-121 A/B

La pompe centrifuge verticale à pied 73-P-121 A/B et 73-P-119 A/B/C

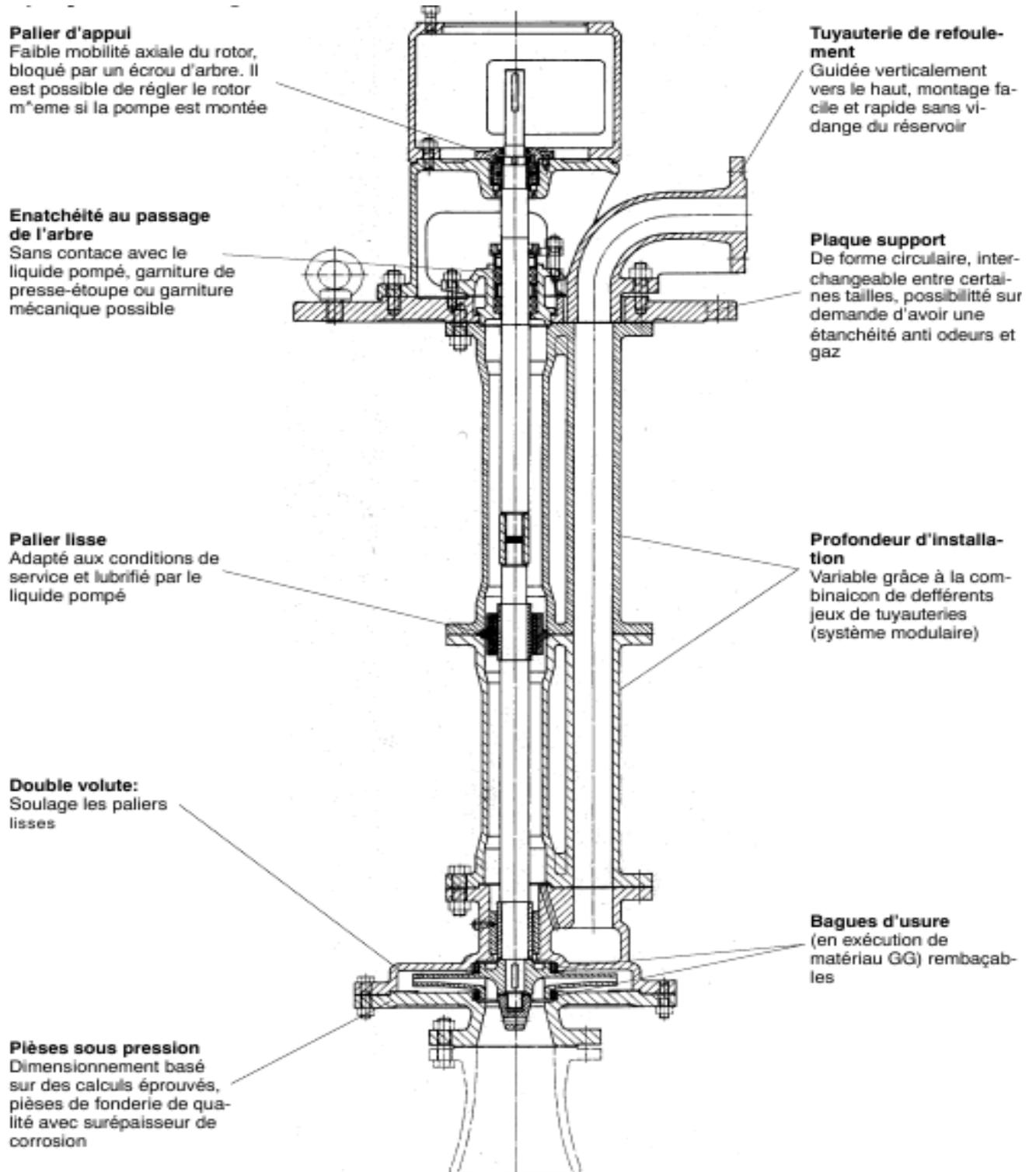


Figure VI : Présentation de pompe centrifuge

### 3) Caractéristiques des pompes

	P 121 A/B	P 119 A/B/C
Débit (m <sup>3</sup> /h)	08 / 33 / 33	25 / 98 / 100
Hauteur manométrique (m)	43.5	42
Impulseur (rotor)	fermé	fermé
Vitesse (tr/min)	2925	2930
Température de pompage (°C)	25 / / 35	25 / / 35
Viscosité (kg/m <sup>3</sup> )	0.9 / / 0.7	0.9 / / 0.7
Densité (cP)	997 / / 994	997 / / 994
NPSH requis (m)	3	4
Puissance (KW)	8.5	16.75
	min /norm/max	min /norm/max

**Tableau 3 : Caractéristiques des pompes**

### 4) Fonctionnement des pompes P-119 A/B/C et P-121 A/B

Les pompes P-119 A/B/C aspire l'eau huileuse du bassin U-108 et le refoule au bac ou bassin de la zone II selon le besoin de stockage.

Les pompes P-121 A/B aspire l'eau process du bassin U-110 et le refoule à l'un des quatre directions :

- ✓ Zone I API : traitement et séparation physique Le but de ce traitement est de séparer physiquement les hydrocarbures et la boue dite primaire de l'effluent, tout en se basant sur la densité des différent constituants, tel que, les hydrocarbures, qui ont une petite densité massique se flotte en surface, par contre la boue se précipite au fond du bassin. Et grâce à des systèmes mécaniques, on transporte les différents produits vers des destinations pour continuer leur traitement, dans ce qui suit on expliquera le fonctionnement des ces systèmes.
- ✓ Zone II : traitement chimique
- ✓ Slop : stockage des hydrocarbures pour sa réutilisation.
- ✓ La mer.

La salle de contrôle d'Upgrade est celle qui dirige le fonctionnement de ces pompes selon les différents niveaux du bassin.

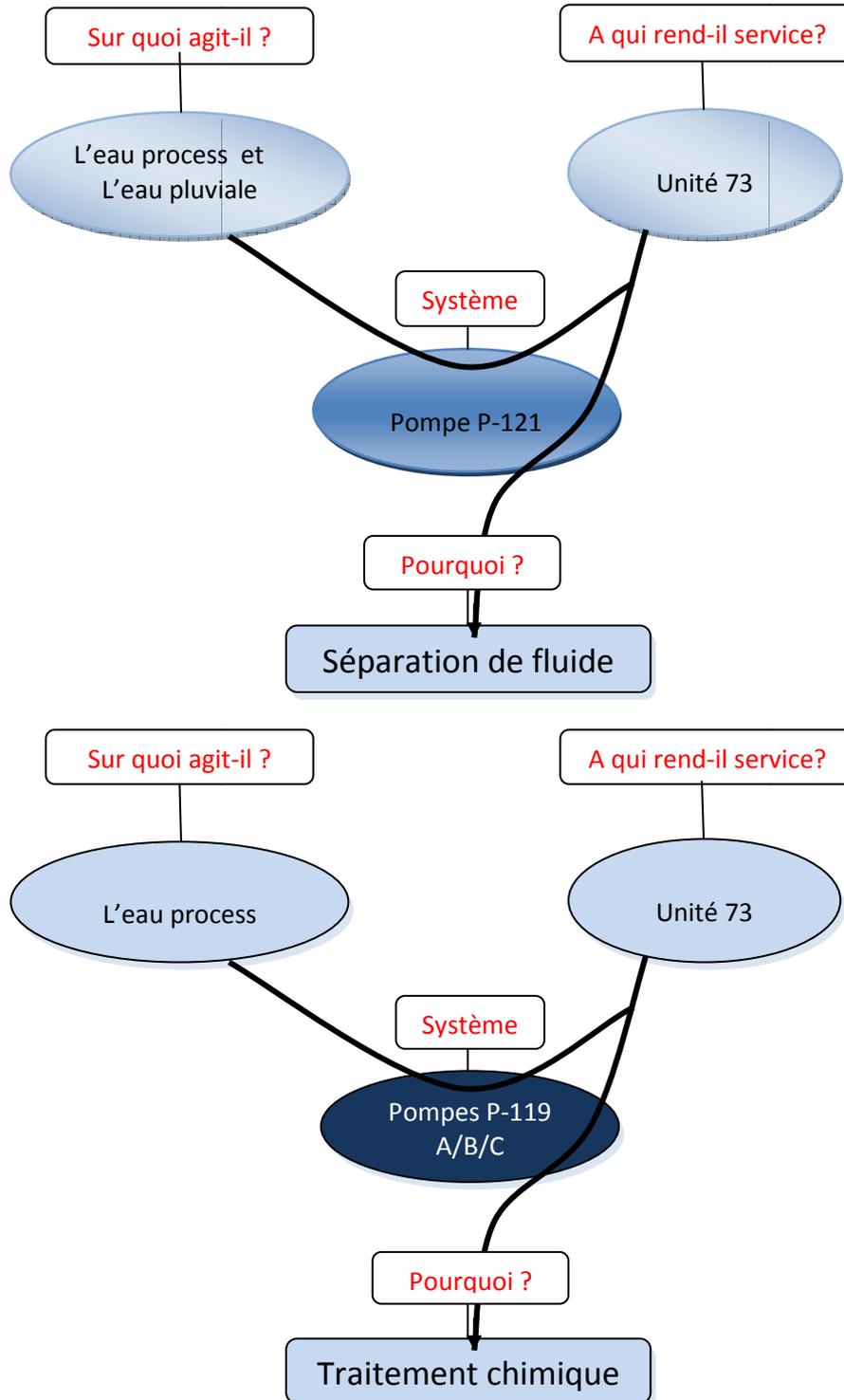


**Figure VII : Bassin U 110**

### Chapitre III : Etude de la fiabilité

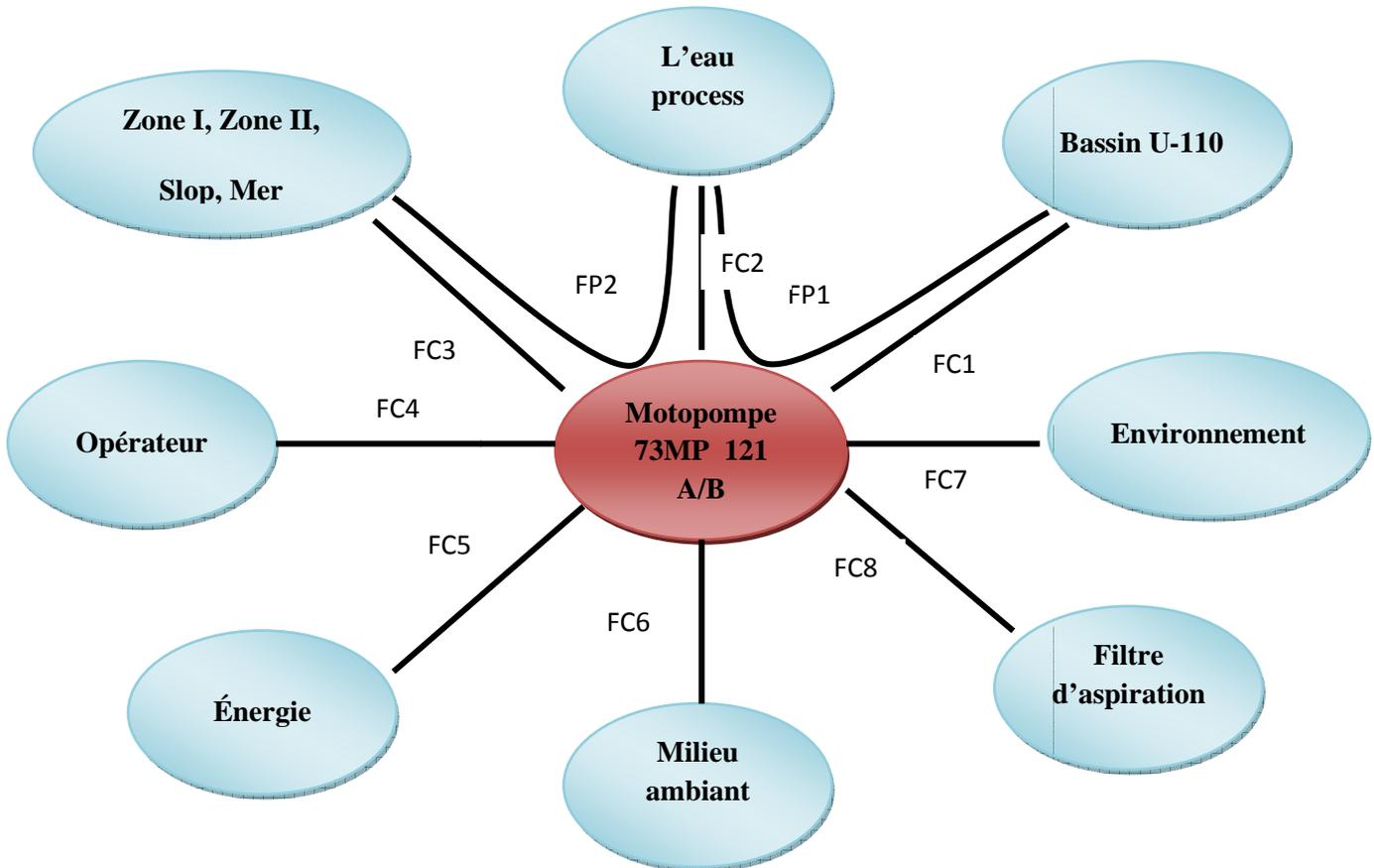
#### I. Analyse fonctionnelle des motopompes P-119 A/B/C et P-121 A/B

##### 1) bêta corne



2) Diagramme pieuvre

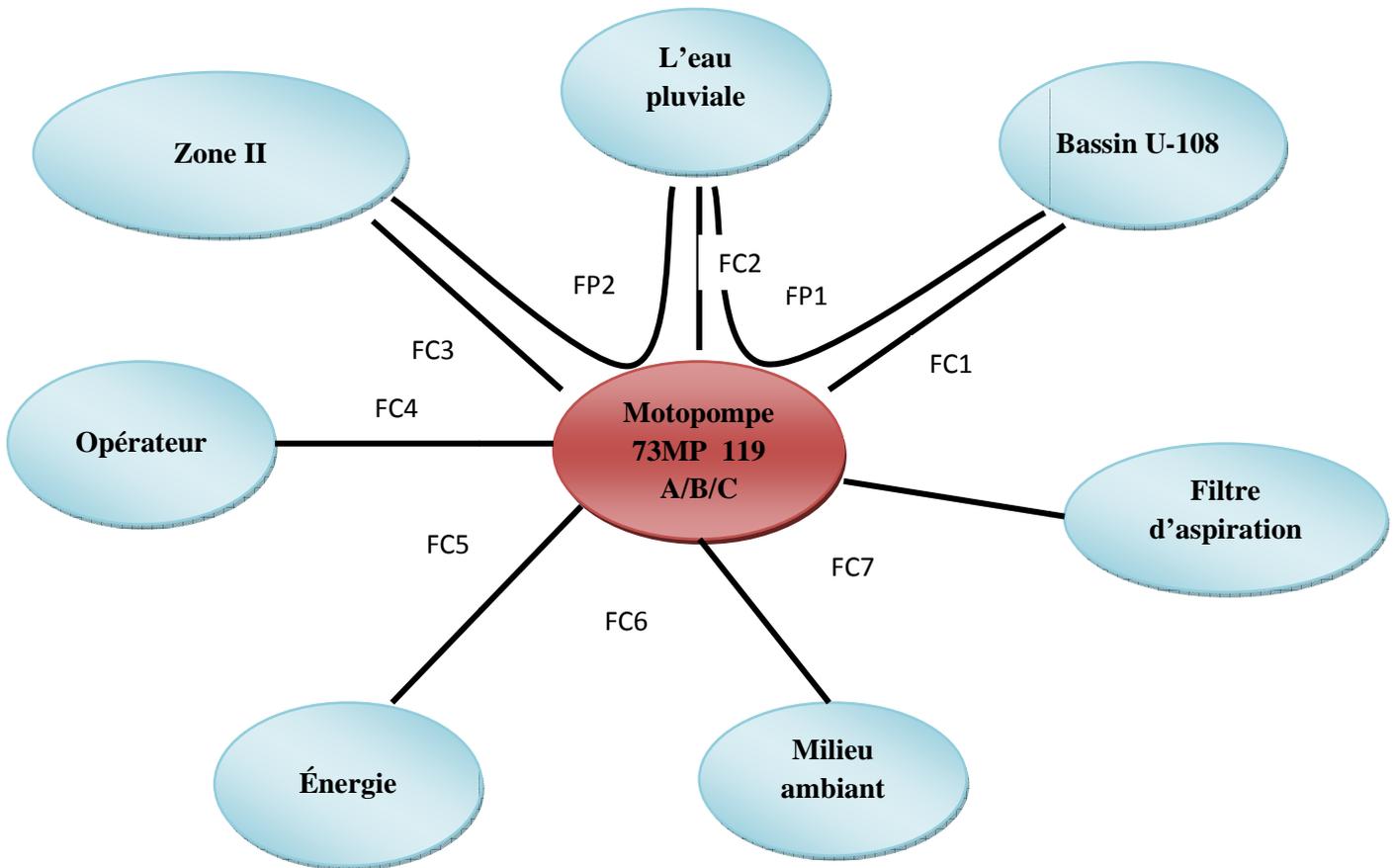
✓ Motopompe 73-MP-121 A/B :



Légende :

- FP 1 : Aspirer l'eau process du bassin U-101 et U-103,
- FP 2 : Refouler l'eau process vers les quatre directions zone I, zone II, Slop, et la Mer.
- FC 1: Position des bassins et/ou de bac par rapport à la motopompe 73-P-121A/B,
- FC 2 : S'adapter aux caractéristiques du produit circulant (l'eau process),
- FC 3 : Position des bassins de refoulement par rapport à la motopompe 73MP121 A/B,
- FC 4 : Assurer le fonctionnement de la pompe dans les bonnes conditions,
- FC 5 : alimenter la pompe par l'énergie électrique, minimiser la consommation de l'énergie électrique,
- FC 6 : S'adapter aux conditions physico-chimiques du milieu,
- FC 7 : Respecter l'environnement (éviter le rejet des eaux pollués dans la mer ...),
- FC 8 : Filtrer l'eau process refoulée par la pompe.

✓ Motopompe 73-MP-119 A/B/C :



Légende :

- FP 1 : Aspirer l'eau process du bassin U-101 et U-103.
- FP 2 : Refouler l'eau process vers les quatre directions zone II.
- FC 1: Position du bassin d'aspiration par rapport à la motopompe 73-P-119A/B/C.
- FC 2 : S'adapter aux caractéristiques du produit circulant (l'eau pluvieuse).
- FC 3 : Position du bassin ou bac de refoulement par rapport à la motopompe 73MP119 A/B/C,
- FC 4 : Assurer le fonctionnement de la pompe dans les bonnes conditions,
- FC 5 : alimenter la pompe par l'énergie électrique, minimiser la consommation de l'énergie électrique,
- FC 6 : S'adapter aux conditions physico-chimiques du milieu,
- FC 7 : Filtrer l'eau process refoulée par la pompe.

## II. Analyse de l'historique des pannes

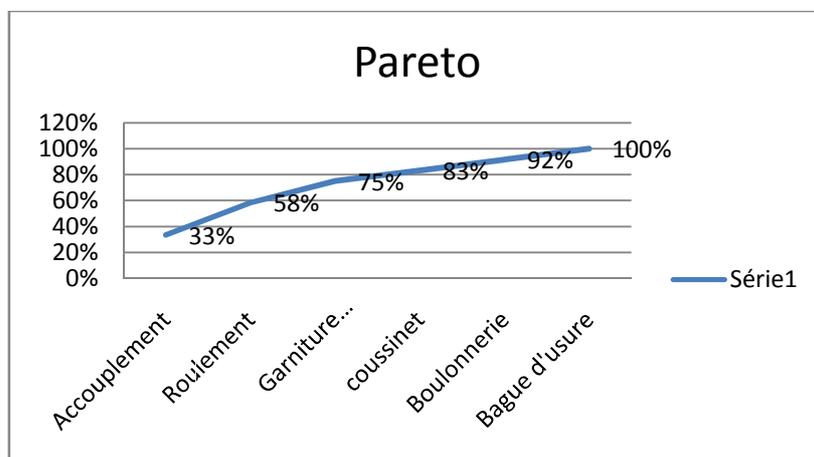
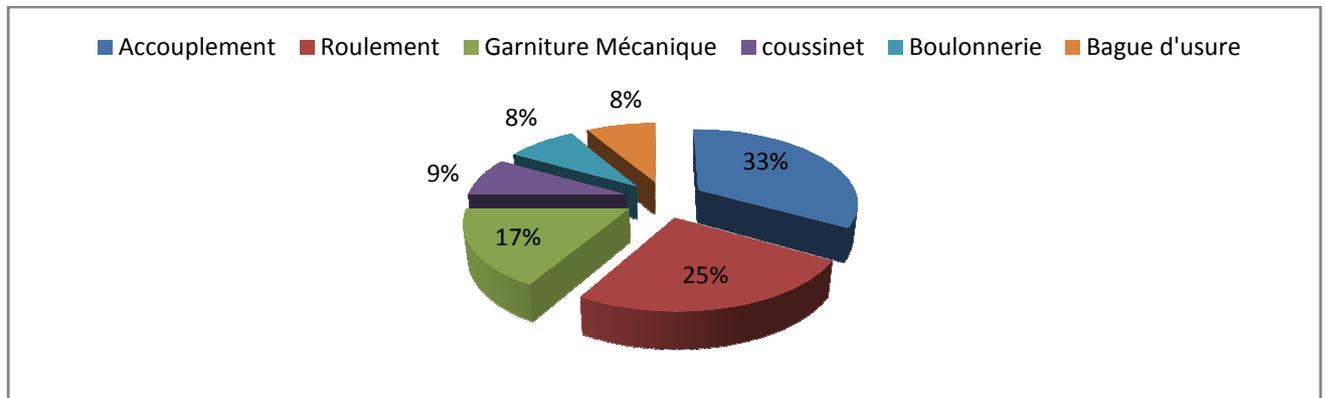
### 1) Répartition des pannes

En se basant sur l'historique des interventions depuis 2009, nous avons tracé la répartition des pannes au niveau de la pompe 73MP121A/B et 73MP119 A/B/C.

Les résultats figurent dans les tableaux ci-dessous.

✓ Pompe 73MP121A :

Organe	Nombre de panne	Pourcentage	Pourcentage cumulé
Accouplement	4	33%	33%
Roulement	3	25%	58%
Garniture Mécanique	2	17%	75%
Bague d'usure	1	8%	83%
Boulonnerie	1	8%	92%
Coussinet	1	8%	100%
TOTAL	12	100%	



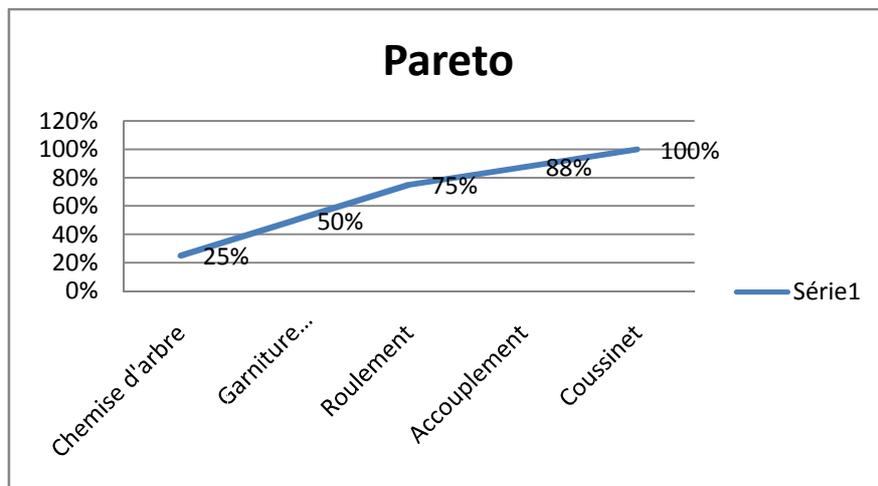
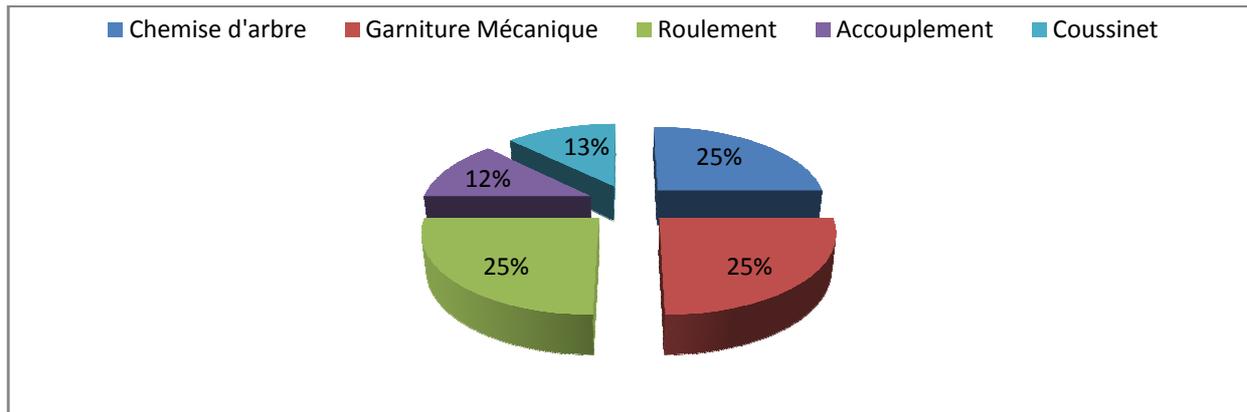
D'après la méthode de Pareto on ne va agir que sur 80% des causes pour éviter le gaspillage de temps.

✓ Pompe 73MP121B :

La pompe 73MP121B est rarement tombé en panne car il est utilisé au cas où la pompe MP 121A est en panne donc il n'y a pas un historique claire à analyser.

✓ Pompe 73MP119A :

Organe	Nombre de panne	Pourcentage	Pourcentage cumulé
Chemise d'arbre	2	25,00	25,00
Garniture Mécanique	2	25,00	50,00
Roulement	2	25,00	75,00
Accouplement	1	12,50	87,50
Coussinet	1	12,50	100,00
<b>TOTAL</b>	8	100	



D'après le diagramme de Pareto on peut agir sur les 80% des organes donc la chemise d'arbre, la garniture mécanique, et les roulements sont les éléments critiques.

✓ Pompe 73MP119B/C :

La pompe MP119 B est au service intermittent alors qu'elle est réservée au cas de la panne de la MP121A ou au cas de surcharge c'est pour cette raison on a pas un historique significatif.

La pompe MP119 C n'a jamais être en servisse.

## 2) Identification des indicateurs de fiabilité

### a) Durée de vie

✓ Pompe 73MP121/A :

	Roulement /GM	accouplement	boulonnerie	coussinets
de 0 a 3mois		1		
de 3 a 6 mois	3	2		1
de 6 a 9 mois	1	1		
de 9 a 12 mois	1		1	
de 12 a 16 moi				
plus de 16 mois				

✓ Pompe 73MP119/A :

	Roulement/GM	Chemise d'arbre	accouplement	coussinets
de 0 a 3mois			1	1
de 3 a 6 mois	3	2		

### b) Temps Moyen de Bon Fonctionnement MTBF

✓ Calcul du MTBF à l'aide de la loi de Weibull :

Le modèle de Weibull est d'une grande souplesse et il est recommandé dans de nombreux cas pratiques, car cette loi dispose de trois paramètres qui permettent souvent une meilleure concordance avec l'expérience que les autres lois. Contrairement au modèle exponentiel, la loi de Weibull couvre les cas où le taux de défaillance sont variables et permet donc de s'ajuster aux périodes de « jeunesse » et aux différentes formes d'obsolescence donc elle constitue ainsi le modèle le plus approprié aux matériels électromécaniques et plus précisément les machines tournantes objet de notre étude dont la durée de vie est décrite par la courbe de baignoire comme le montre le schéma ci-contre :

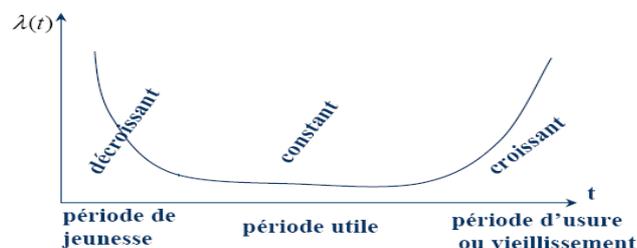


Figure VIII : la courbe de baignoire

## ✓ Définition de la loi de Weibull

C'est une loi de fiabilité à trois paramètres qui permet de prendre en compte les périodes où le taux de défaillance n'est pas constant (jeunesse et vieillesse). Cette loi permet :

- Une estimation du MTBF :

Avec :

$$MTBF = A\eta + \gamma$$

Où A est un paramètre issu des tables numériques adaptées (voir annexe 2).

Nous utiliserons la loi précédente dans l'étude de fiabilité pour le calcul du MTBF des équipements de l'unité 73.

Les calculs de taux de défaillance  $\lambda(t)$  et de la fiabilité  $R(t)$  et leurs représentations graphiques, Où la fonction de fiabilité  $R(t)$  selon la loi de Weibull possède pour expression (tout en sachant que la fonction de fiabilité  $R(t)$ , et la fonction de répartition  $F(t)$ , sont complémentaires):

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

Les trois paramètres de la loi sont :

Paramètre de forme  $\beta$  :

Ce paramètre donne des indications sur le mode des défaillances et sur l'évolution du taux de défaillances dans le temps.

- Si  $\beta > 1$ , le taux de défaillance est croissant, caractéristique de la zone de vieillesse
- Si  $1.5 < \beta < 2.5$  : phénomène de fatigue,
- Si  $3 < \beta < 4$  : phénomène d'usure,
- Si  $\beta = 1$ , le taux de défaillance est constant, caractéristique de la zone de maturité,
- Si  $\beta < 1$ , le taux de défaillance est décroissant, caractéristique de la zone de jeunesse.
- Paramètre d'échelle  $\eta > 0$  qui s'exprime dans l'unité de temps.

Ce paramètre permet d'utiliser le papier d'Allan Plait quelque soit l'ordre de grandeur de t. Il n'a donc pas à être interprété.

- Paramètre de position  $\gamma$

Ce paramètre s'exprime dans l'unité de temps et donne des indications sur le retard de la densité de probabilité  $f(t)$ .

- $\gamma > 0$  : La probabilité de défaillance dans les premières utilisations du système est nulle.
- $\gamma = 0$  : Une probabilité de défaillance sera présente dès la mise en service du système.
- $\gamma < 0$  : Une probabilité de défaillance est déjà présente au moment de l'installation du système.

✓ Préparation de données :

On commence par les relevés de temps de bon fonctionnement (TBF) ; sur l'historique le TBF est l'intervalle de temps écoulé entre deux pannes consécutives repérés par leurs dates. et pour déterminer le MTBF relatif à chaque équipement, on a calculé les temps de bon fonctionnement de ces éléments en se basant sur les fiches historiques depuis 2009.

Pour mieux exploiter nos données, nous avons utilisé le logiciel Weibull++7 qui offre la possibilité de déterminer les paramètres de Weibull ainsi que le tracé des courbes de fiabilités  $R(t)$  pour chaque équipement.

✓ Pompe 73MP121/A :

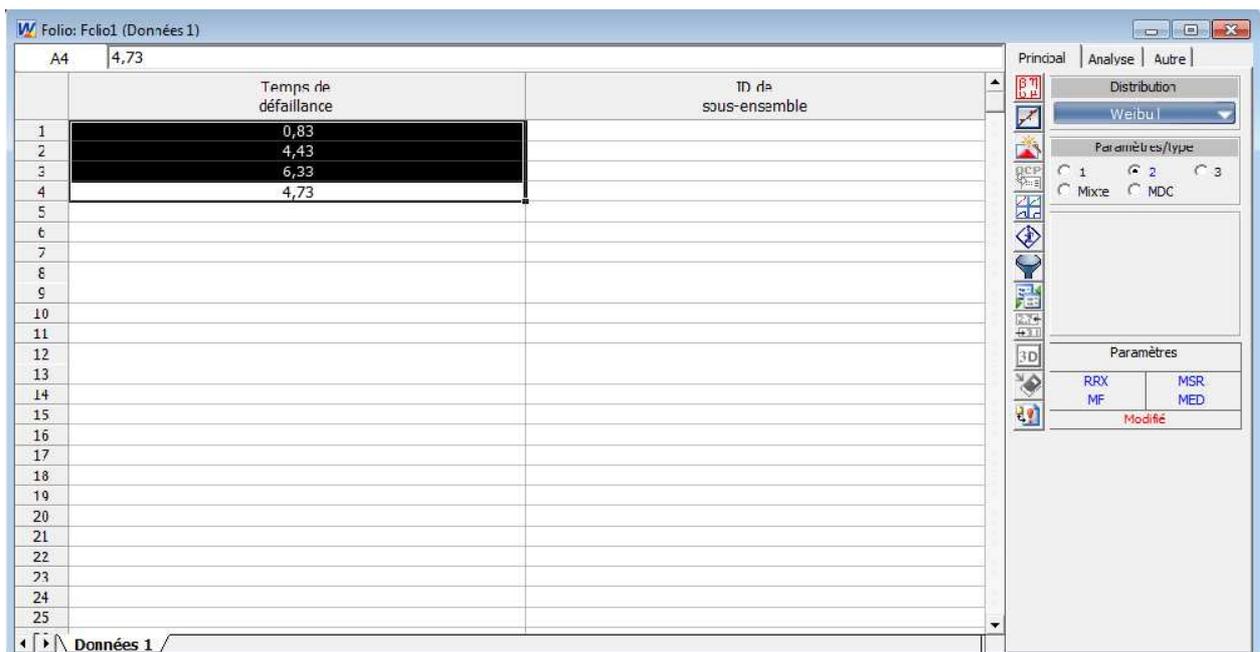
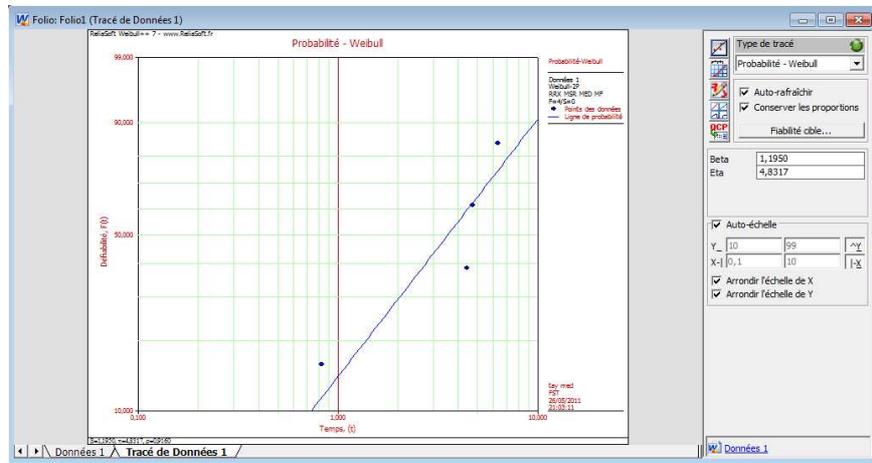


Figure IX : Weibull ++7

La motopompe 73-P-121 A/B : L'analyse des temps de bon fonctionnement de la motopompe 10MP01A par Weibull++ a montré qu'elle obéit à la loi de Weibull avec les paramètres suivant :

- $\beta = 1,195$
- $\eta = 4,8317$
- $\gamma = 0$

Le tracé est le suivant :

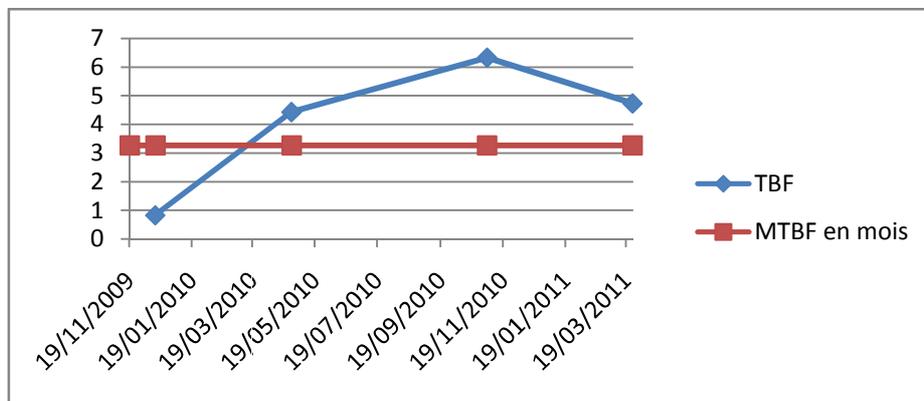


Avec la formule du MTBF pour le modèle de Weibull :

$MTBF = A \eta + \gamma$  avec pour  $\beta = 1,195$  on a  $A=0,9407$  (selon les tables dans l'annexe A).

D'où nous aurons :  $MTBF = 4,54$  mois.

Pour avoir de données chiffrées sur la durée de vie des deux pompes 73-P-121 A/B, nous avons calculé un indicateur pertinent qui est le Mean time between failures MTBF.



Pompe 73MP119/A

Date	TBF en jours	TBF en mois	MTBF en mois
26/01/10	126	4,2	4.2
01/06/10			
<b>MTBF en jour</b>	126		
<b>MTBF en mois</b>	4.2		

✓ Interprétation

Nous remarquons que le MTBF des deux pompes ne dépasse pas 6 mois. Suite à l'expérience les pompes ne doivent en aucun cas avoir une MTBF aussi bas surtout pendant la phase de jeunesse.

✓ Conclusion

A partir de l'analyse que nous avons menée sur les indicateurs de performance, nous avons constaté que la disponibilité de la pompe est loin de l'objectif déterminé par l'entreprise, ce qui nous a permis de mettre en valeur l'importance de l'analyse AMDEC et l'analyse RCA comme méthodes qui déterminent les éléments critiques et les causes racines des défaillances anormales des pompes 73-P-121 A/B et 73-P-119 A/B/C.

### III. Décomposition fonctionnelle

Nous procéderons au découpage fonctionnel de la motopompe, en partant du système qui est la motopompe jusqu'aux unités maintenables qui sont les composants internes de l'équipement et qui font l'objet de la maintenance (voir figure ci-dessous).

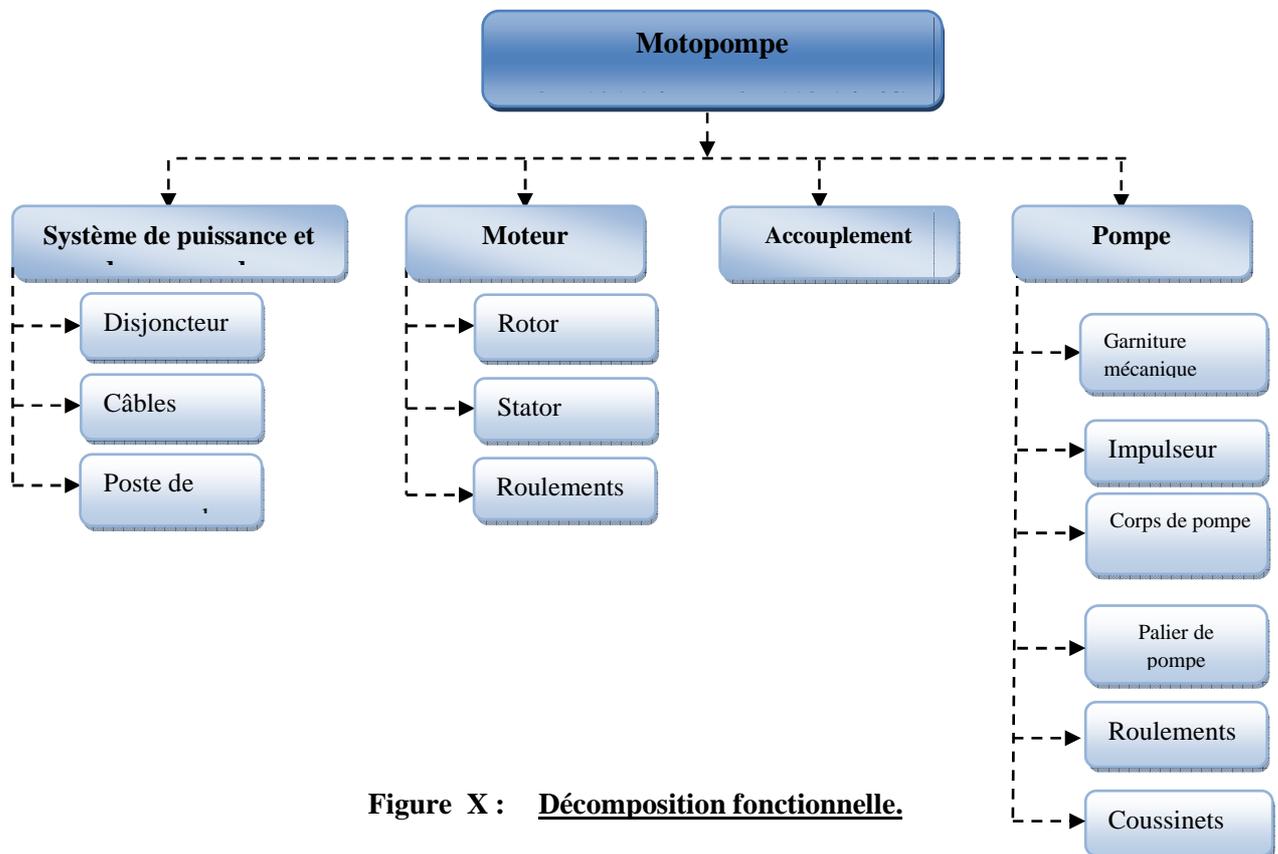


Figure X : Décomposition fonctionnelle.

### IV. ETUDE AMDEC

#### 1) Présentation de l'analyse AMDEC

✓ Introduction

L'analyse des modes de défaillances de leurs effets et leur criticité (AMDEC) est une démarche qui permet d'évaluer, d'analyser et de maîtriser les défaillances d'un système ou d'un moyen de production à partir d'une hiérarchisation par criticité, en tenant compte de la fréquence et de la gravité

des effets. Elle consiste à déterminer les défaillances critiques des équipements névralgiques en fonction des criticités de leurs causes et de leurs effets, puis à proposer des actions correctives afin de diminuer leurs criticités.

L'AMDEC constitue ainsi un excellent cadre de collaboration entre plusieurs activités. Il s'agit d'un apport vivant de la connaissance, du bon sens et de la réflexion créative qui donne lieu à diverses applications :

- établissement des diagrammes fonctionnels et de fiabilité,
- le chiffrage de la criticité,
- la révélation des sous-ensembles critiques,
- l'évaluation des sous-ensembles critiques,
- l'évaluation des actions à engager et la révision de la politique adoptée,
- l'enrichissement de la documentation et des banques de données de fiabilité,
- le développement et le traitement des données

Les étapes de l'analyse AMDEC sont les suivantes :

2) La décomposition fonctionnelle de l'équipement à étudier

- ✓ la notation de l'effet constaté en prenant chaque élément séparément
- ✓ La notation de la criticité

3) Définition des indices de criticité

Une défaillance d'un système ou d'un équipement est caractérisée par sa criticité. Afin de quantifier cette criticité on définit des indices qui reflètent la gravité des effets, la détectabilité des causes et la fréquence d'apparition de la défaillance.

La fréquence F : cet indice exprime la probabilité combinée d'apparition du mode de défaillance par l'apparition de la cause de la défaillance .l'indice F est déterminé à partir du barème de cotation suivant :

valeur F	Probabilité de l'apparition de la défaillance
1	défaillance pratiquement inexistante : 1 fois/2 ans
2	défaillance rarement apparue : 1 fois/ans
3	défaillance occasionnellement apparue : 2 fois/ 6 mois
4	défaillance fréquemment apparue : 1 fois/ mois

Tableau 4 : La fréquence des pannes

La gravité G : elle est relative aux effets provoqués par l'apparition du mode de défaillance en termes de temps d'intervention, de qualité et de sécurité. L'indice G, qui traduit la gravité d'une défaillance, est fixé à partir du barème de cotation suivant :

valeur de G	Gravité de la défaillance
1	sans impact sur la production; sans impact sur la sécurité; petite fuite et sans impact sur l'environnement.
2	Baisse de production unité < 20%; incident mineur; défaut qualité produit.
3	Baisse de production unité > 20%
4	Arrêt unité

**Tableau 5 : La gravité des défaillances**

La détection D: elle est relative à la probabilité de détecter la défaillance (couple mode de défaillance-cause) avant qu'elle ne produise l'effet. L'indice D, qui fait la cotation de la détection, est déterminé à partir du barème de cotation suivant :

valeur de D	CRITERE
1	Signe avant coureur de la défaillance que l'opérateur pourra éviter par une action préventive ou alerte automatique d'incident.
2	Il existe un signe avant coureur de la défaillance mais il y a un risque que ce signe ne soit pas perçu par l'opérateur.
3	Le signe avant coureur de la défaillance n'est pas facilement détectable.
4	Il n'existe aucun signe avant coureur de la défaillance.

**Tableau 6 : La détection des défaillances**

Après avoir défini les indices de criticité nous allons établir dans la suite du présent chapitre les grilles AMDEC propre à chaque équipement critiques en saisissant les différents modes de défaillance et la criticité correspondante

4) Application AMDEC

Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticité										
System : 73 MP 121										
Sous system : <b>Pompe</b>										
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	effets	Détection	criticité				Action a engagé
						F	D	G	C	
Garniture mécanique	Assurer l'étanchéité de la pompe	Fuite	-mauvais refroidissement	-Arrêt de pompe -pollution de l'environnement	Visuel  Analyse vibratoire	3	3	3	27	-Ronde de production pour détecter les fuites. -Control circulation et balayage de la vapeur
			-bouchage de la ligne de recirculation du produit			4	3	4	48	
			-mauvais alignement			1	3	2	6	
			-usure de face de friction			2	2	2	8	
accouplement	Assure le mouvement de rotation entre l'arbre et le moteur	Rupture lamelle	-mauvais alignement	-Arrêt de pompe	Visuel	1	3	2	6	Ronde de production pour détecter le bruit
Coussinets	Support et guidage en rotation	-Echauffement  -Vibration	-Frottement	Perte de performance	- Température	1	2	2	4	-Suivi des paramètres de température et vibration  -Lubrification
			-Mauvaise lubrification			1	3	2	6	
			-Usure			1	3	2	6	

Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticité										
System : motopompe 73 MP 121										
sous system : <b>Moteur</b>										
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	effets	Détection	Criticité				Action a engagé
						F	D	G	C	
Roulement	Assurer le guidage en rotation de l'arbre et minimiser la poussée axiale	Grippage	-Usure de cage, bille et bagues	Arrêt de pompe	Visuel  Analyse vibratoire	1	2	2	4	-Ronde de production pour détecter échauffement , bruit. -Control vibratoire -Vidange des corps de palier
		Echauffement								
		Vibration	-Mauvaise lubrification			2	1	3	6	
		Usure	-qualité d'huile dégradée			1	2	3	6	
		Bruit	-mauvaise alignement			2	3	3	18	

**Tableau 7 : Calcul de la criticité**

✓ Interprétation :

D'après l'étude AMDEC on remarque que les défaillances les plus créatiques sont sur la garniture mécanique et les roulements.

Les causes de défaillances les plus critiques sur la garniture mécanique sont le bouchage de la ligne de recirculation du produit et le mauvais refroidissement.

La cause de défaillances la plus critique sur les roulements est le défaut d'alignement

Par la suite nous allons faire une étude RCA pour identifier effectivement les causes racines de ces défaillances à fin d'y remédier et trouver des solutions racine pour augmenter la fiabilité de machine.

## Chapitre IV : Etude RCA

De puissants groupes industriels ont obtenu de bons résultats tout en améliorant la productivité en adoptant les méthodes d'analyses de causes racines qu'elles maintiennent et développent. La SAMIR n'en fera pas l'exception. Elle a introduit cette méthode il y a quelques années et l'a appliquée sur quelques unités pilotes. Vu que cela a donné des résultats positifs, actuellement, elle est entrain de la généraliser sur tous les équipements critiques.

Dans ce chapitre, nous essayerons d'introduire et d'expliquer l'efficacité de cette démarche et par la suite l'appliquer sur l'unité 73.

### *I. Généralité sur la RCA*

#### *1) Définition*

L'Analyse des Causes Racines (RCA) est une technique étape-par-étape qui se focalise sur rechercher la cause réelle d'un problème et le traiter. Plutôt que de traiter simplement ses modes de défaillances. La RCA est une procédure pour déterminer et analyser les causes des problèmes, pour déterminer comment ces problèmes peuvent être résolus et éviter leur apparition une fois pour toute.

#### *2) Les avantages*

La plupart des situations problématiques qui surgissent dans les industries ont des approches multiples pour les traiter. En raison de l'urgence perçue qui existe dans la plupart de ses situations, il y a tendance à opter pour la solution la plus indiquée en terme de traiter rapidement la défaillance.

En faisant ceci, la tendance est généralement de traiter les modes de défaillance plutôt que le problème fondamental sous-jacent qui est réellement responsable de l'occurrence de la panne (la cause racine). Cependant, en choisissant cette approche expéditive pour traiter les modes de défaillance, le problème peut refaire surface, et doit à nouveau être traitée à plusieurs reprises. Ainsi les coûts vont prendre de l'ampleur avec le temps.

Le but de l'Analyse des Causes Racines est de découvrir :

- ✓ Ce qui s'est produit
- ✓ Pourquoi il s'est produit
- ✓ Ce qui peut être fait pour empêcher le problème de se produire à nouveau

#### *3) La logique RCA*

La logique RCA ou bien la résolution des problèmes pour réduire les dommages, consiste en ceci :

- ✓ Organiser l'identification et l'analyse de la panne du matériel,
- ✓ Trouver les faits : quoi ? où ? quand ? et comment ?,
- ✓ Réparer les dommages des équipements,

Identifier la ou les cause(s) racine(s) de la panne : méthodes des pourquoi ? qui est aussi connu sous le nom de la méthode d'Ishikawa. Les causes sont regroupées selon leur appartenance à une catégorie prédéterminée (Machines, Opérateur, ..... ) (Voir Figure 10),

Actions correctives pour empêcher que le problème ne se reproduise : identifier, évaluer, choisir, exécuter et faire le suivi.

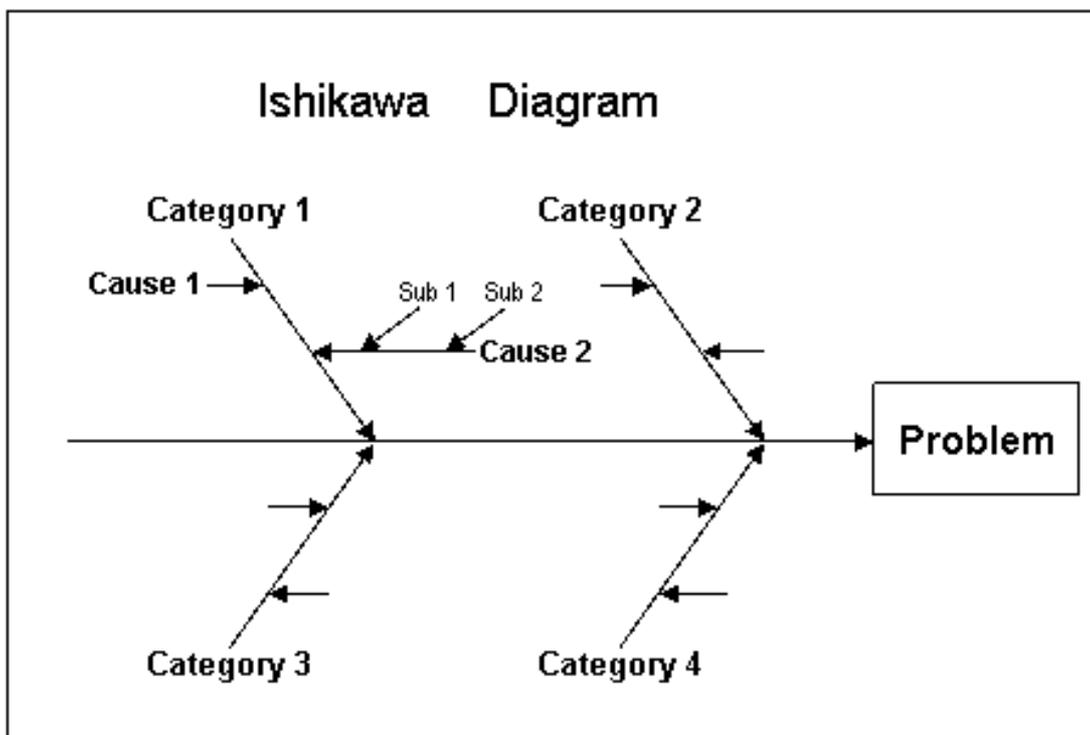


Figure XI : Diagramme d'Ishikawa

#### 4) Outils de la RCA

- ✓ Le rapport des pannes

Tous les dommages, défauts et pannes, si petits soient-ils, doivent faire l'objet d'un rapport. Il faut faire en sorte que les ouvriers qualifiés ne commencent pas les travaux de réparation tant qu'ils n'ont pas reçu l'ordre via le rapport de panne. Ils auront alors l'opportunité de vérifier si l'information qui leur a été transmise est correcte.

Tous les rapports sur les temps d'arrêts devront être basés sur le système de compte rendu des pannes mentionnent dans chaque cas le numéro du rapport concerné. Si une contestation se présente

concernant l'authenticité rapportée, elle sera validée en remontant jusqu'au numéro de rapport particulier (traçabilité).

Le rapport peut être publié quotidiennement soit par le service de maintenance, soit par le service de production. Il ne devra y avoir qu'un seul rapport utilisé à la fois par les services de maintenance et de production et devra être signé par les directeurs des deux services.

## II. Mise en œuvre de la RCA

Suite a AMDEC Les causes de défaillance possible des pompes P-121 A/B et P-119 A/B sont :

- ✓ Mauvais refroidissement des paliers.
- ✓ Mauvais alignement.
- ✓ Manque de débit
- ✓ Bouchage.

L'étude RCA ci-dessous va nous permettre d'identifier les causes originelles de ces défaillances.

### 1) Mauvais refroidissement des paliers

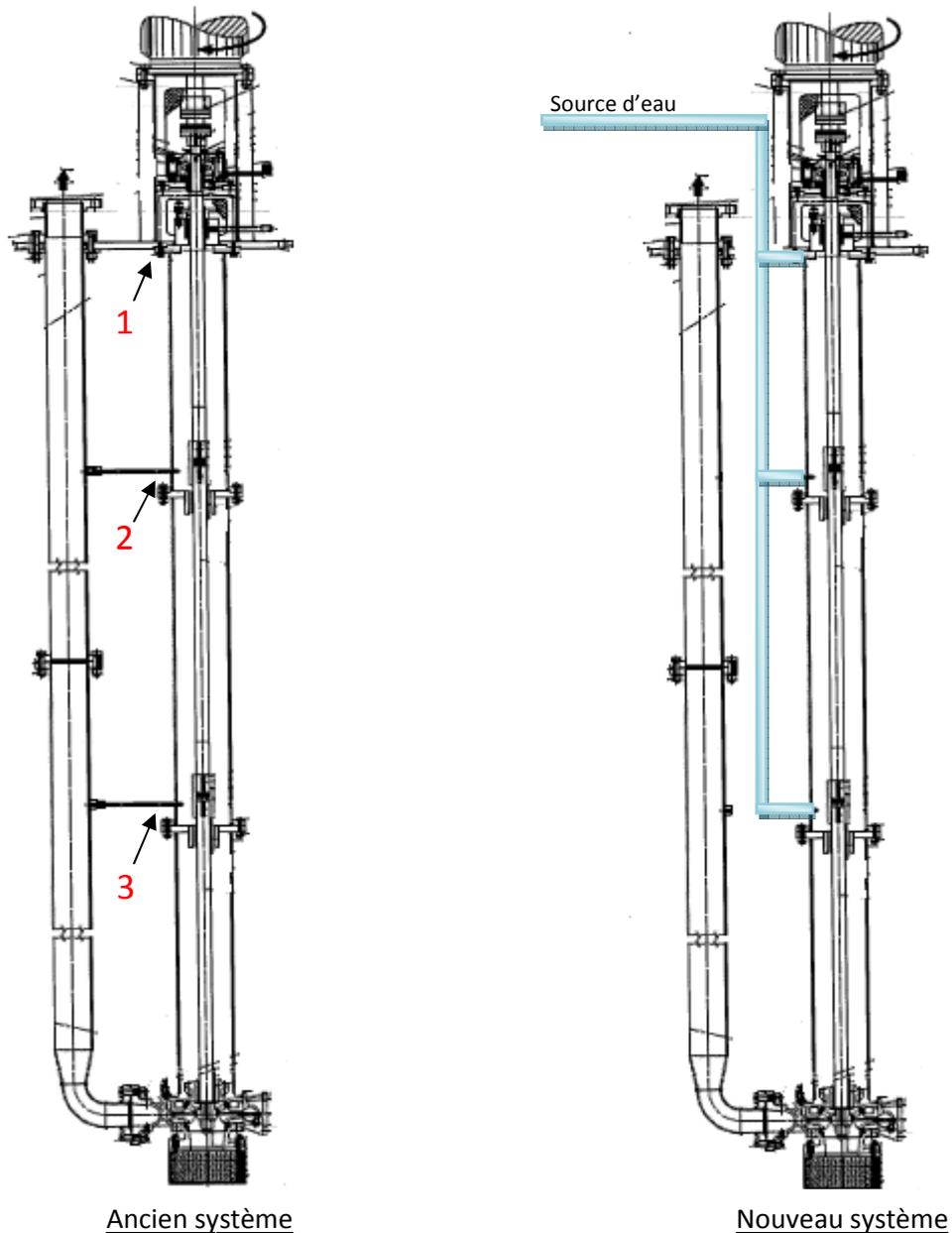
Le système de ces pompes consiste à l'utilisation d'une ligne de refroidissement de petit diamètre lié à la tuyauterie de refoulement de la pompe.

Lorsqu'on a un mauvais refoulement, l'eau n'arrive pas à la tuyauterie de refroidissement par conséquent les paliers fonctionnent à sec où il y aura usure ce qui explique les vibrations de l'arbre d'où la défaillance du coussinet et de la garniture mécanique.



Pour corriger ce problème l'équipe spécialisée a fait une modification consistant à ajouter une tuyauterie d'autre source pour assurer un refroidissement continu des paliers, permettant aussi une lubrification continue des coussinets même en cas de bouchage.

Voici deux schémas explicatifs de l'ancienne ligne de refroidissement et de lubrification et un autre de la nouvelle ligne :



**Figure XII : Système de refroidissement**

L'eau entrant aux paliers par les piquages 1,2 et 3 sort par des trous vers le bassin.

D'après l'historique des pannes réalisé après la modification, on remarque que les pompes ne tombent plus en panne a cause du refroidissement, donc cette modification a été réussie.

## 2) Mauvais alignement

D'après la vérification de l'historique des interventions sur les pompes P 121 A/B et P 119 A/B/C on a pu constater que toutes les actions préventifs de lubrification ont été réalisé de façon organisé ; donc on n'a pas une mauvaise lubrification.

Taches préventives	Date prévue	Date de clôture
VIDANGE POMPES VERTICALES U73/6M	15/03/2010	19/03/2010
VIDANGE POMPES VERTICALES U73/6M	15/09/2010	20/09/2010
VIDANGE POMPES VERTICALES U73/6M	15/03/2011	02/04/2011
VIDANGE POMPES VERTICALES U73/6M	15/09/2011	
VIDANGE POMPES VERTICALES U73/6M	15/03/2012	
VIDANGE POMPES VERTICALES U73/6M	15/09/2012	
VIDANGE POMPES VERTICALES U73/6M	15/03/2013	

**Tableau 8 : Planning de lubrification**

Pour atteindre les causes racine de mauvais alignement il faut vérifier toutes les composantes qui ont relation avec l'arbre ainsi que les coussinets, la garniture mécanique, et le roulement.

On remarque que l'usure des paliers entraîne l'apparition des jeux entre la bague intérieure de coussinet et l'arbre ce qui engendre un mauvais alignement et par conséquent des vibrations.

D'après ce qui précède le grippage des roulements est dû à l'usure des coussinets

### 3) Manque de débit

- ✓ Analyse des paramètres de marche et de la plage de fonctionnement des pompes 73MP119A/B /C et 73MP 121 A/B :

D'après la DATA SHEET On retient que les pompes 73MP119A/B /C et les pompes 73MP 121 A/B doivent être conçue pour assurer les conditions de service suivant : Débit de 100 m<sup>3</sup>/h, Hauteur de 42m, et débit de 33 m<sup>3</sup>/h, hauteur de 43,5 m consécutivement.

- Détermination du Point de Bon Fonctionnement

Le Point de Bon Fonctionnement de la pompe correspond au débit pour lequel le rendement de la pompe est maximal.

D'après la courbe d'essais des pompe 73MP119A/B /C on constate que le BEP (Best Efficiency Point) correspond à un débit de 98 m<sup>3</sup>/h et un rendement de 75%. Et pour les pompes 73MP 121 A/B le DEP correspondent au débit de 33 m<sup>3</sup>/h et un rendement de 55%.

- Détermination de la plage de bon fonctionnement de la pompe

Pour que la pompe 91MP201A/B soit fiable à 92%, elle doit être utilisée dans la plage de fonctionnement « Best Practice », les deux autres plages de fonctionnement « Better Practice » et « Good Practice » représentent respectivement 53% et 10% de fiabilité (R).

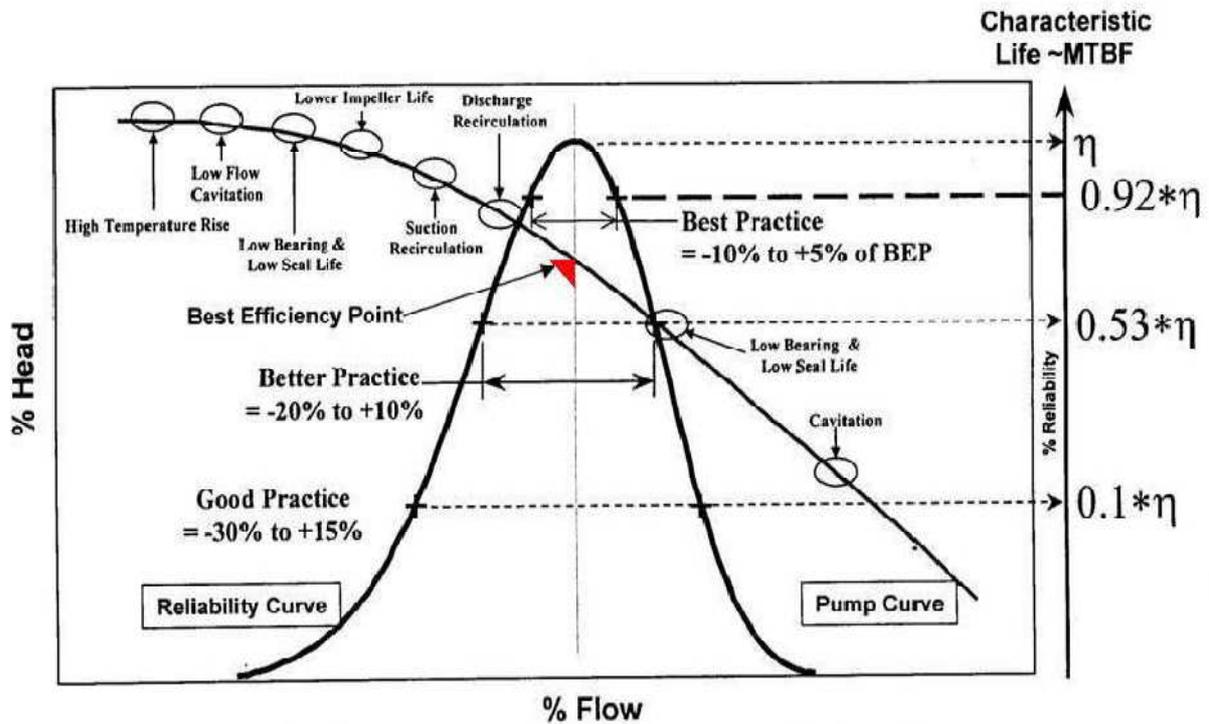


Figure XIII : Plage de fonctionnement

✓ Cas des pompes 73MP119 A et 73MP121 :

- Best Practice

Pour un excellent fonctionnement des pompes :

- 73MP119A, le débit doit être compris entre 88,2 et 102,9 m<sup>3</sup>/h, avec un rendement de  $\eta = 69\%$  et Fiabilité R de 92%.
- 73MP121A, le débit doit être compris entre 29,7 et 34,65 m<sup>3</sup>/h, avec un rendement de  $\eta = 50,6\%$  et Fiabilité R de 92%.

- Better Practice

Pour un très bon fonctionnement des pompes :

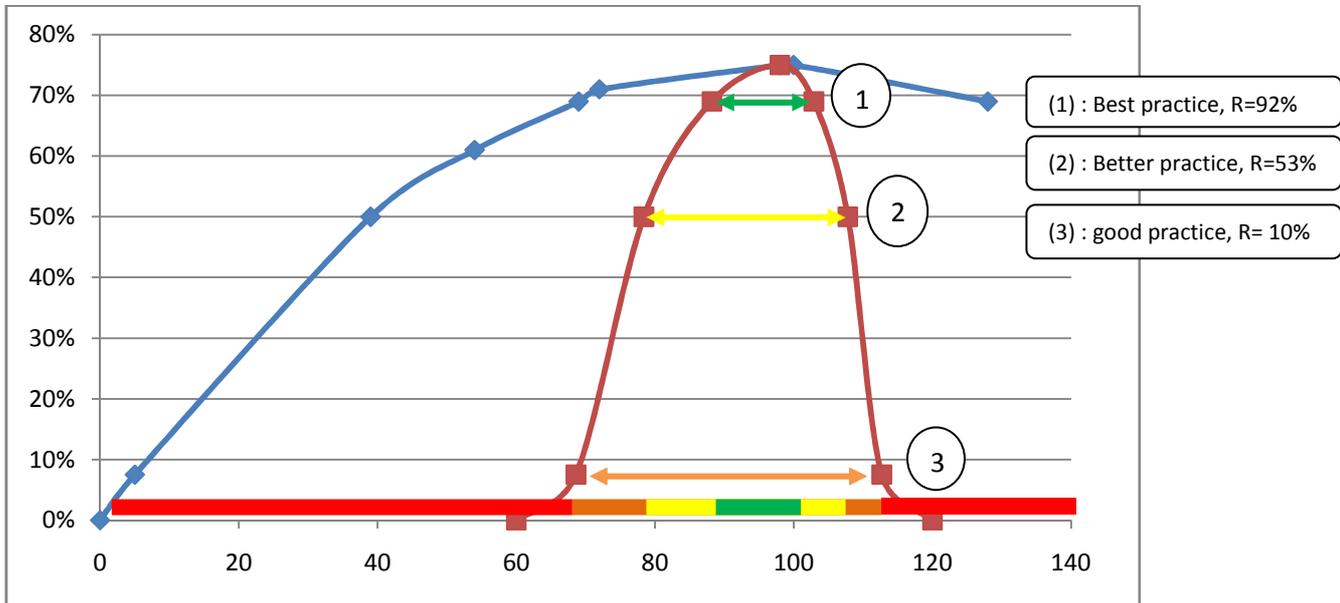
- 73MP119A, le débit doit être compris entre 78,4 et 107,8 m<sup>3</sup>/h, avec un rendement de  $\eta = 39\%$  et Fiabilité R de 53%.
- 73MP121A, le débit doit être compris entre 26,4 et 36,3 m<sup>3</sup>/h, avec un rendement de  $\eta = 29,15\%$  et Fiabilité R de 53%.

- Good practice

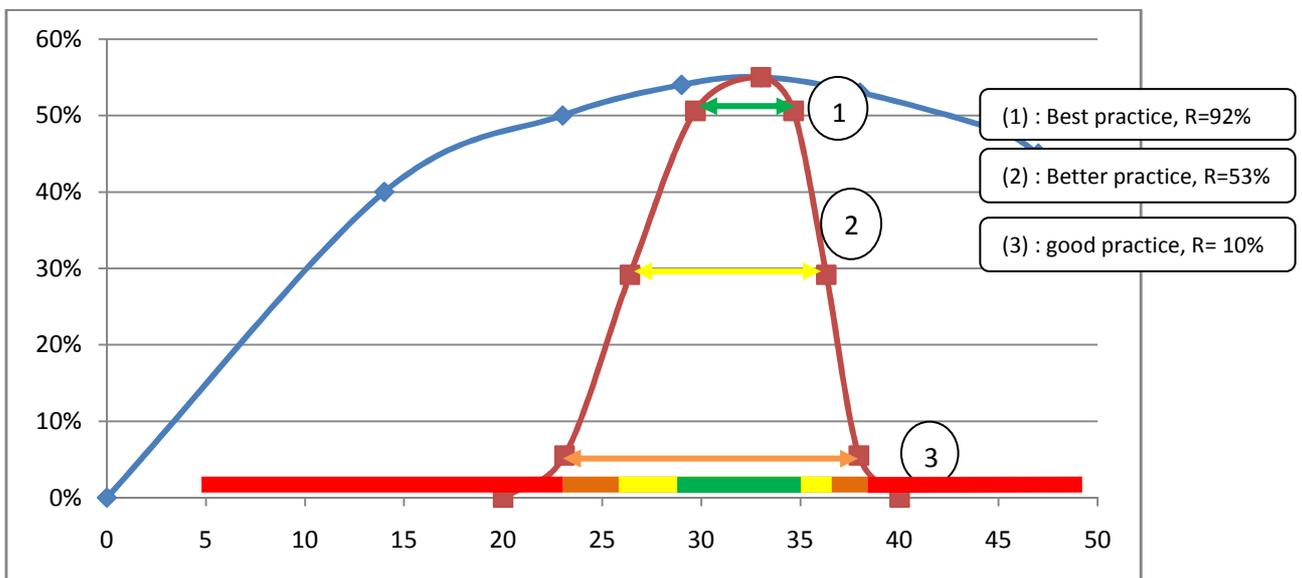
Pour un bon fonctionnement des pompes :

- 73MP119A, le débit doit être compris entre 68,6 et 112,7 m<sup>3</sup>/h, avec un rendement de  $\eta = 7,5\%$  et Fiabilité R de 10%.

- 73MP121A, le débit doit être compris entre 23,1 et 37,95 m<sup>3</sup>/h, avec un rendement de  $\eta = 5,5\%$  et Fiabilité R de 10%.



**Figure XIV : Plage de fonctionnement de la pompe 73-P-119**



**Figure XV : Plage de fonctionnement de la pompe 73-P-121**

- ✓ Paramètres de marche actuels ;

Le débit de marche varie selon les besoins de la direction de refoulement mais généralement ne sort jamais de la plage de bon fonctionnement, donc la variation de débit est tolérable.



Nous constatons que le débit n'est pas parmi les causes de défaillance des pompes.

#### 4) Bouchage

Pour examiner les causes de bouchage on doit vérifier l'apparition de la cavitation :

✓ Cavitation

La cavitation est la formation de cavité remplies de vapeur ou gaz dans un liquide en mouvement. Ce mot décrit un phénomène complexe pouvant exister dans une installation de pompage .dans le cas du pompage centrifuge : quand un liquide coule dans un tuyau d'aspiration et qu'il entre dans l'œil de l'impulseur.

Lors du bouchage de la crépine, le débit d'aspiration va diminuer et par conséquent il ya une forte probabilité de cavitation qui engendre les vibrations et le bruit.

- Calcul de NPSH<sub>disponible</sub>

Paramètres	valeurs
TV (Pa)	7000
Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	1000
G (m/s <sup>2</sup> )	9,81
Hauteur d'aspiration (m)	0,5
Hauteur géométrique (m)	2
Pression atmosphérique (Pa)	100000
NPSH requis (m)	4

Perte de charge(m)	NPSH <sub>disponible</sub> (m)
0,32	8,66
1	7,98
1,68	7,30
2,36	6,62
3,04	5,94
3,72	5,26
4,4	4,58
5,08	3,90
5,76	3,22

$$NPSH_{disponible} = \frac{P_{atm} - TV}{\rho * g} + \frac{V_e^2}{2g} - \sum H_v - H_{geo}.$$

Nous remarquons que les pertes de charge augmentent avec la croissance de la gravité de bouchage.

$\frac{V_e^2}{2g}$  : Est nul car la vitesse d'aspiration n'est négligeable.

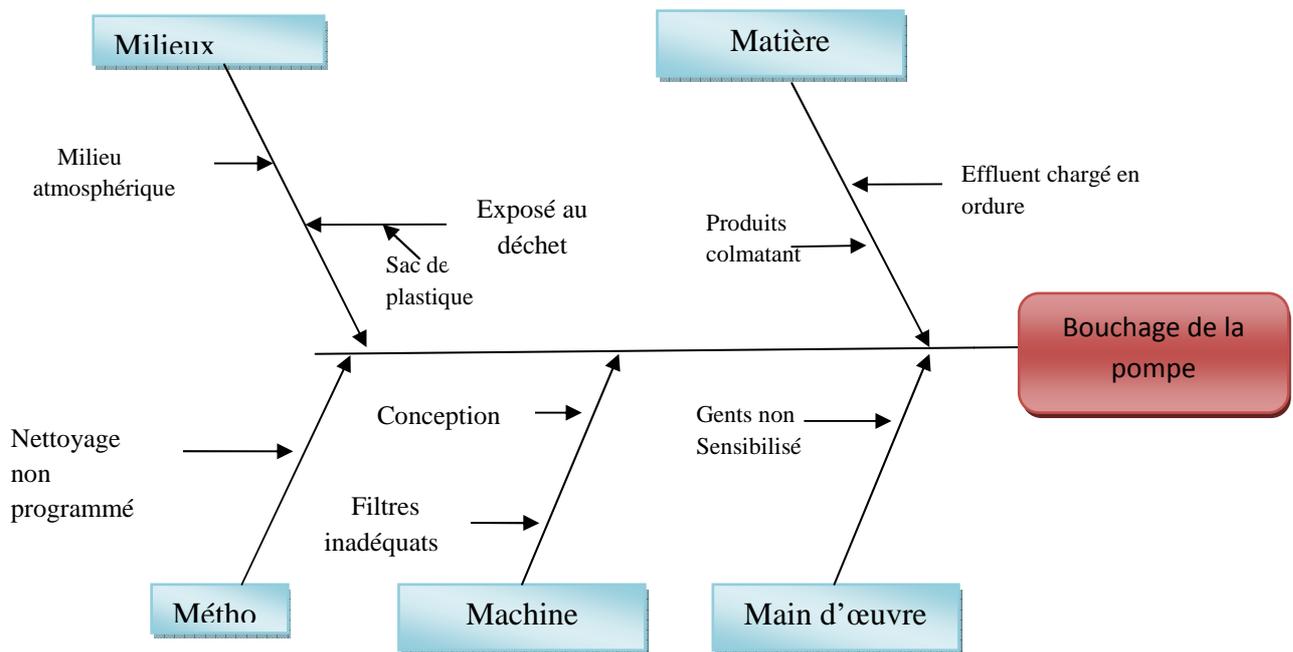
Pour éviter la cavitation il faut que  $NPSH_{disponible} > NPSH_{requis}$ , c'est-à-dire dans notre cas il faut que les pertes de charge ne dépassent pas 4m.

✓ Conclusion

Nous remarquons que le bouchage est le problème majeur de ces pompes, car il affecte au même temps les organes de transmission comme les accouplements en plus il provoque des dégâts sur les organes d'étanchéités et de guidage à savoir les roulements et les garnitures mécaniques.

L'arbre cause à effet (Ishikawa) ci-dessous est pour lister tous les causes possible, vu précédemment puis on procède à une élimination progressive des causes redondante.

a) Application d'Ishikawa :



**Figure XVI :Ishikawa de bouchage**

✓ Interprétation d'Ishikawa :

D'après Ishikawa on remarque que les déchets (bouteilles, sac de plastique .....), arrive au bassin dû au vent ce qui engendre un colmatage au niveau de la crépine de la pompe donc l'effluent et le milieu du bassin joue un rôle important dans le bouchage, ainsi la conception vertical de la pompe qui ne convient pas généralement aux eaux usées.

b) Conséquence du bouchage

Lors du bouchage, il y a des difficultés d'aspiration au niveau de la crépine ce qui engendre une absence de refoulement. Et puisque le système de lubrification et de refroidissement est lié au système de refoulement on constate que:

- Une usure des coussinets suite au frottement entre leur surface interne et celle externe de l'arbre.

- Empreintes corps roulant par déformation des roulements.
- La rupture de l'accouplement à cause du mauvais alignement.

Toutes ces causes engendrent un arrêt de la pompe.

✓ Conclusion

Les pompes P-119 A/B/C et P-121 A/B fonctionnent dans un milieu des eaux usées qui cause le bouchage des machines donc nous proposons deux solutions une concernant la mise en place d'un dégrilleur filtre à l'entrée du bassin, l'autre à l'adoption d'un autre type de pompe immergé adéquate adapté au cas actuel des eaux usées des bassins.

↪ Une seule solution est retenu est celle la plus économique.

## Chapitre V : Solutions proposées

### *I. Solutions d'amélioration concernant le dégrilleur*

#### *1) Description général de deqrilleur*

A travers l'études AMDEEC il parait claire l'état de fluide joue un rôle extrêmement négative dans le déroulement de fonction de l'installation, il demeure nécessaire de résoudre à ce type de problème, or, dans le domaine de traitement des eaux résiduaire, le dégrillage constitue la première opération que subit l'effluent, c'est pour cela, dans cette partie on va étudié la possibilité d'installer une grilleur pour éviter le passages des particules dure et volumineux qui sont d'après l'études le cause principale de la défaillance.

#### *2) Système de dégrillage*

Afin de légitimer l'amélioration proposée, on fait appel à un extrait significatif de la collection scientifique "technique de l'ingénieur" dans lequel on préconise les recommandations suivantes :

Extrait de la technique de l'ingénieur:

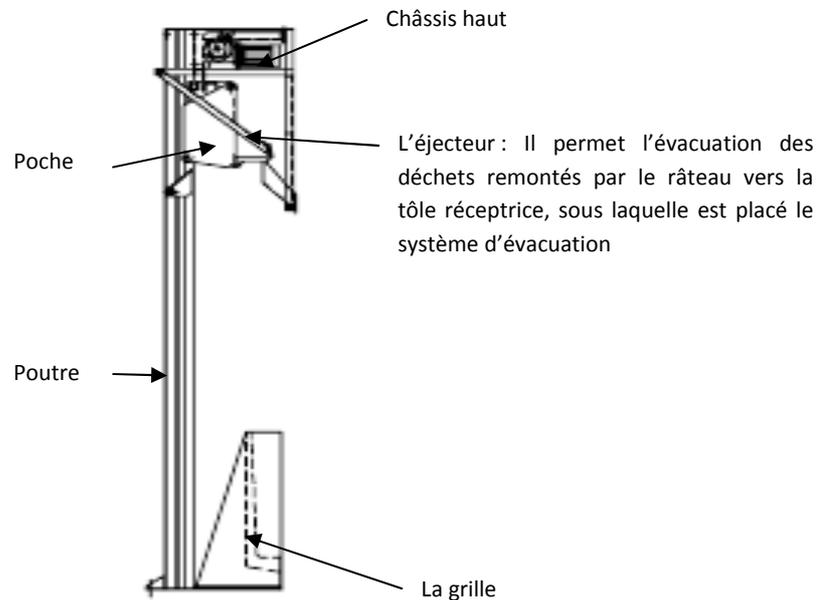
«Tout traitement de dépollution doit comporter ce qu'il est convenu d'appeler un « prétraitement » qui consiste en un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne ultérieurement.

#### *3) Avantages et inconvénient*

	Avantages	inconvénients
Avec dégrilleur	Captation des rejets qui ne perturbent le fonctionnement des pompes en aval et éviterons les bouchages	Colmatage rapide des grilles et un ralentissement des opérations de dépotage. Corrosion des grilles sauf si les grille en inox Pour le dégrilleur manuel, les conditions d'hygiène et de travail sont difficiles.

**Tableau 9 : Les avantages et inconvénients de dégrilleur**

#### 4) Schéma de principe



**Figure XVII : Dessin d'ensemble du dégrilleur**

Le dégrillage permet d'évacuer, aussi bien des eaux de surfaces que des eaux résiduaires, les gros objets du type (bouteille, objets métalliques ...), tous ces rejets peuvent être mis dans la classe : "matières grossières".

Aussi il permet de protéger les ouvrages aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation (que ce soit chez des industriels ou dans les stations de traitement ou d'épuration). Il rend également plus efficace les traitements suivants car ils ne sont pas gênés par ces matières grossières et s'appliquent donc directement sur l'eau.

Une fois les déchets stoppés par la grille, il faut les remonter:

- ✓ soit manuellement, ce qui est de plus en plus rare ;
- ✓ soit mécaniquement à l'aide d'un peigne, celui-ci remonte le long de la grille emmenant avec lui les déchets qui vont se déverser dans un réceptacle placé derrière la grille.
- ✓ les grilles à nettoyage automatique ou semi automatique.

Le peigne fonctionne de façon discontinue et cyclique : par exemple 5 mn toutes les heures ou bien avec un indicateur permettant de savoir la quantité de déchets approximative que la grille a stoppée depuis le dernier passage du peigne et ce dernier se déclenche lors du dépassement d'une valeur seuil. Ce peigne doit être équipé d'un limiteur d'effort permettant d'éviter une détérioration du matériel en cas de surcharge ou de blocage.

La vitesse de passage à travers la grille doit être suffisante [La vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s] pour obtenir l'application des matières sur la grille, sans provoquer une perte de charge trop importante, ni entraîner un colmatage en profondeur des barreaux ou un départ des matières avec le flot.

Ces vitesses n'étant pas très élevées, il faudra surveiller la formation de dépôts en amont de la grille et prévoir un système d'évacuation (brassage ou curage).

Cet équipement doit être correctement dimensionné de manière à obtenir une vitesse de passage de l'eau suffisante pour plaquer les déchets contre la grille mais pas trop élevée afin d'éviter de les ré-entraîner.

Il est à noter que le dégrillage optimal est obtenu lorsque la grille est légèrement colmatée.



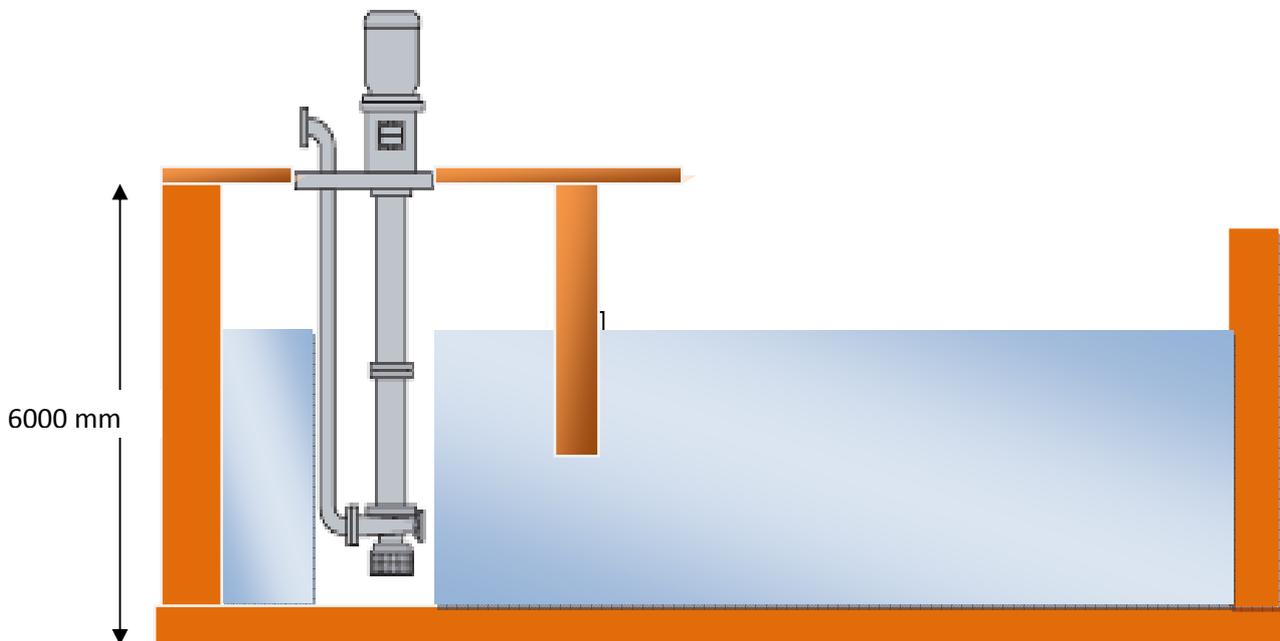
**Dégrillage en image**



**Le râteau remonte les déchets le long de la grille**

### 5) Etude de la faisabilité

➤ Dimensionnelle :



**Figure XVIII : Les dimensions du bassin U108 dans lequel le dégrilleur sera immergé**

### 6) Les exigences d'installation

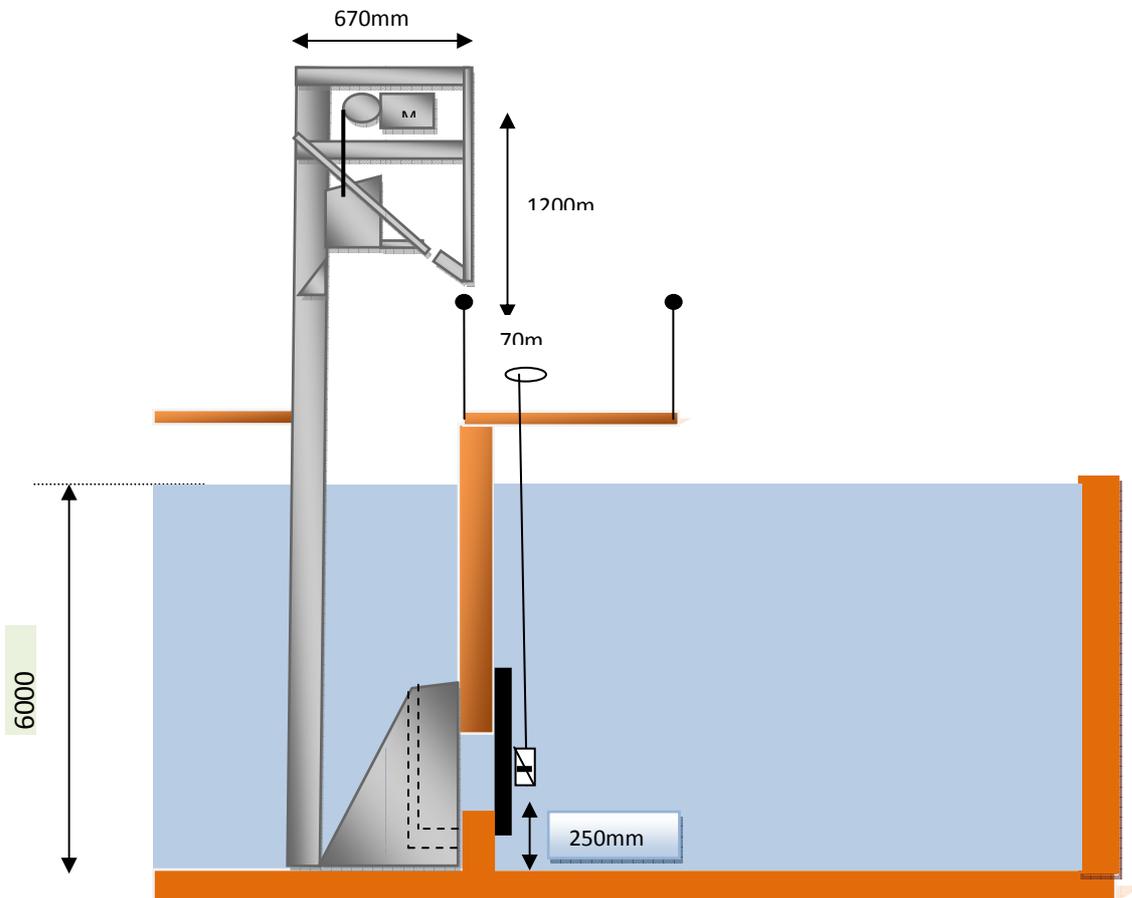
Condition de colmatage et de débordement:

- ✓ La vitesse doit être suffisante pour que les déchets se colmatent sur les grilles, c'est-à-dire qu'il faut bien choisir la distance entre les barreaux métalliques ainsi que la surface passante du dégrilleur.
- ✓ Cette propriété dépend également du poids des débris (en général, inférieur à 100g : morceaux de plastiques, petits copeaux métalliques) et leur tailles (supérieure à 6mm), on arrive ainsi à augmenter la fiabilité des équipements à 80%.
- ✓ Le débordement de l'effluent dépend de sa charge en ordure, or la quantité de celle-ci est aléatoire, donc nous proposons d'installer un capteur de niveau attaché au dégrilleur, qui stimule le nettoyage une fois le niveau de l'effluent dépasse un seuil critique.

### 7) Condition de l'emplacement

- ✓ Tout d'abord, il faut bâtir un goulot ayant une largeur, de sorte qu'il englobe aussi bien les conduites d'effluent que les cotés droites et gauches du dégrilleur
- ✓ Il s'avère assez important de laisser un jeu suffisant entre le point bas du dégrilleur et le mur d'entrée du bassin, dans lequel, on préconise de placer une plaque métallique inoxydable inclinée juste au dessous des conduites de manière à forcer les déchets à se plaquer contre les barreaux du dégrilleur.

➤ Description du positionnement du dégrilleur:



**Figure XIX : Positionnement du dégrilleur**

Dans ce rapport on a juste donné les spécificités techniques et fonctionnelles de l'installation, ainsi que l'étude de la faisabilité du projet, sans rentrer dans les détails de choix de dégrilleur qu'on laissera au soin de la société qui gagnera cet appel d'offre.

8) Proposition d'un type de dégrilleur disponibles sur le Marché

a) Présentation

Pendant notre étude, et dans le cadre de valoriser notre travail, nous avons contacté des fournisseurs travaillant sur les dégrilleurs soit par Email ou par la visite de leurs sites sur internet.

Dans ce qui suit on présente un dégrilleur qu'on trouve convenable à notre installation, appelé « **Dégrilleur FJP** » ou « -Dégrilleur droit à raclage continu- celui-ci est construit par la société « **ITT Industrie** ».



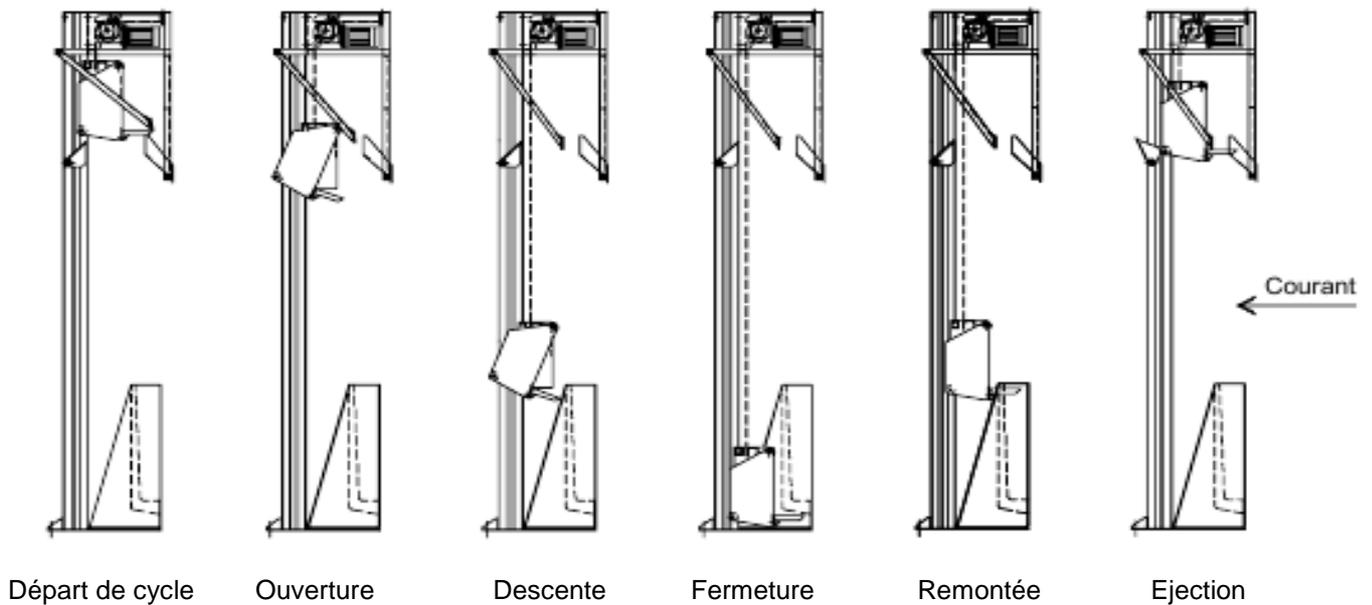
Figure XX : **Dégrilleur FJP**

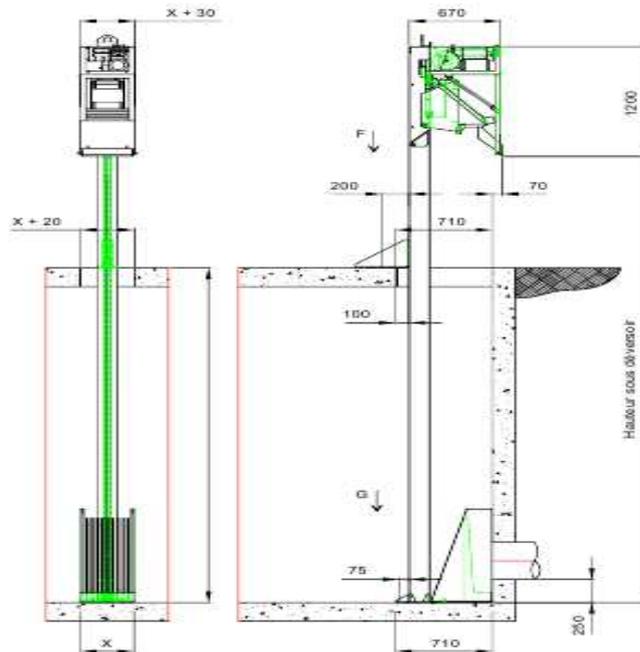
b) Conception et fonction

Le **Dégrilleur FJP** est parfaitement adapté au dégrillage des eaux usées municipales, industrielles et aux eaux de process.

Le dégrilleur FJP a été conçu pour un dégrillage par l'aval, soit en canal, soit en applique sur une paroi verticale (remplacement d'un panier dégrilleur, par exemple).

✓ Cinématique





**Figure XXI : Plan d'intégration dans génie civil**

c) Les avantages de Dégrilleur FJP

- ✓ Très faibles pertes de charge – Haut pouvoir de séparation.
- ✓ L'ajustement précis des râteliers de nettoyage avec les barreaux assure une haute fiabilité de fonctionnement.
- ✓ Installation possible sans marche en pied de dégrilleur.
- ✓ Conception compacte avec faible hauteur d'installation au dessus du canal.
- ✓ Rétention complète des odeurs avec simplicité d'enlèvement des capots.
- ✓ Facilité de réhabilitation de canaux existant, installation possible sans encastrement.
- ✓ Le dégrilleur est constitué de profils autoportants en acier inoxydable qui permettent une extraction aisée du canal.
- ✓ Pour les canaux peu profonds le dégrilleur est disponible avec support sur pivot.
- ✓ Insensible aux graviers et sables.

En outre, l'ajustement précis du râtelier de nettoyage et des barreaux garantit une haute fiabilité de fonctionnement.

- ✓ Facilité et simplicité d'accès aux chaînes d'entraînement.
- ✓ Toutes les parties en contact avec le fluide (hors chaînes, motoréducteur et paliers) sont intégralement fabriquées en acier inoxydable décapé et passivé par bain. En option les chaînes sont proposées en acier inoxydable.
- ✓ Haute capacité de déchargement des dégrillés grâce au choix du type d'élément de nettoyage.
- ✓ Système de contrôle de sécurité autonome à déverrouillage automatique.
- ✓ Remplacement séparé des dispositifs de nettoyage sur les râteliers.

d) Spécificité géométriques de dégrilleur FJP

- les exigences du bassin U108 :
  - ✓ Largeur du goulot < 4000mm ;
  - ✓ Hauteur de déchargement < 20m ;
  - ✓ Le débit de l'effluent est de 150m<sup>3</sup>/h, et pour protéger plus l'installation, on propose l'espacement minimal de 6mm.

➤ Le contact de la société :

ITT France S.A.S.  
29 rue du Port - Parc de l'Île 92022 Nanterre cedex  
Tél. : 01 46 95 33 33  
fax : 01 46 95 33 79  
www.ittwww.fr

**La gamme des prix de cette dégrilleur est dans l'environ de 300000 Dh, comprend les montants d'implantation.**

## II. *Substitution des pompes*

### 1) Le choix d'une pompe

Pour des raisons évidentes, on doit orienter son choix vers une pompe submersible pour les eaux d'égout. Mais il faut aussi tenir compte des points suivants:

- ✓ Conception de la pompe
- ✓ Les pertes de charges dans la conduite de refoulement
- ✓ Le débit des eaux usées

### 2) Le débit des pompes

Pour que la pompe soit optimale il faut que son débit peut évacuer le bassin dans une durée de 24 heures.

Le plus grand bassin U 108 à un volume de 1875 m<sup>3</sup> (15\*25\*5). On va appliquer la règle de trois pour voir le débit convenable :

1875 m<sup>3</sup> —————> 24 heures

Q —————> 1 heures       $Q = (1 \cdot 1875) \div 24 = 78,75 \text{ m}^3/\text{h} = 21,7 \text{ l/s}$ .

↪ Donc le débit choisit doit être environ 21,7 l/s.

### 3) Conception de la pompe

Pour la conception de la pompe on doit prendre en considération que les pompes fonctionnent dans les eaux usées pour cela on doit choisir :

#### ✓ **Pompe immergé avec la roue à effet vortex :**

Avec une roue à effet vortex, le flux n'est généré par la roue elle-même, mais par un fort tourbillon qui est créé par la roue. Ce type de pompe a deux avantages principaux et un inconvénient. Le pompage provenant du tourbillon, les particules en suspension dans le liquide ne sont pas en contact avec la roue, ce qui minimise l'usure. Le deuxième avantage réside dans la conception ouverte de la volute : placée haut dans celle-ci, la roue prend peu de place, permettant aux particules volumineuses de passer librement et de fluidiser ainsi la circulation à travers la pompe. L'inconvénient étant qu'avec une volute très ouverte, les pertes hydrauliques sont plus importantes qu'avec des roues à canaux (shrouded) La roue à effet vortex est résistante à l'abrasion

Les pompes à effet vortex sont plus solides que pompes en fonte. Mais les pompes à effet vortex aux extrémités renforcées le sont encore plus. Le renforcement de la volute et de la roue fait la différence; ces pompes sont trois fois plus résistantes que les pompes à effet vortex non renforcées.

### 4) Le concept autonettoyant

La roue semi-ouverte et la rainure de dégagement du fond de volute fonctionnent ensemble.



Etape 1 : Les aubes de la roue N avec ses bords d'attaque inclinés vers l'arrière guident les solides du centre vers la périphérie de la roue.



Etape 2 : la rainure de dégagement et le guide pin intégré au fonds de volute évacuant les solides tels que les chiffons



Donc la pompe doit être une pompe immergée avec roue à effet vortex.

### 5) La hauteur manométrique $H_m$

La hauteur manométrique  $H_m$  est la différence des hauteurs de charge entre la sortie et l'entrée de la pompe. Elle a comme relation :



$$H_m = H_{geo} + \frac{P_a - P_e}{\rho * g} + \frac{V_a^2 - V_e^2}{2g} + \sum H_v.$$

Tel que :

$H_{\text{géométrique}}$  : différence de hauteur entre les niveaux de liquide coté aspiration et coté refoulement .lorsque la tuyauterie de refoulement aboutit au dessus de niveau de liquide,  $H_{\text{geo}}$  se rapporte au milieu de la section de sortie.

$\frac{P_a - P_e}{\rho * g}$  : Différence des pressions entre les niveaux de liquide coté aspiration et coté refoulement en cas de réservoir fermé sinon c'est égale à zéro.

$\sum H_v$  : Somme de toutes les pertes de charge dans les tuyauteries d'aspiration et de refoulement (tuyauterie, robinetterie, accessoire de tuyauterie...)

$\frac{V_a^2 - V_e^2}{2g}$  Différence des vitesses.

Dans la pratique on peut négliger la différence des vitesses.

Pour des réservoirs fermés on doit appliquer :

$$H_m = H_{geo} + \frac{P_a - P_e}{\rho * g} + \sum H_v$$

Et pour des réservoirs ouvert

$$H_m = H_{geo} + \sum H_v$$

Pour notre cas la relation a utilisé est :

$$H_m = H_{geo} + \sum H_v$$

➤ Calcul de la hauteur manométrique :

✓ Perte de charge :

La tuyauterie ne comporte pas que les longueurs droites, mais aussi des «accidents» tel que robinets, coudes, réduction...qui comporte des pertes de charge supplémentaire généralement non négligeables.

Celles-ci peuvent quelque fois calculer avec précision (coudes, TEE, réduction de section ...) mais au prix de calculs complexe qui ne sont nécessaire que dans certain cas particulier (pipe-line, feeder,...).

En pratique courante, on assimile chaque « accident » à une certaine longueur de tuyauterie droite, et on admet que cette équivalence est valable pour toutes conditions vitesse, viscosité, rugosité. On trouvera à annexes 3 le tableau des équivalences des principaux « accident ».

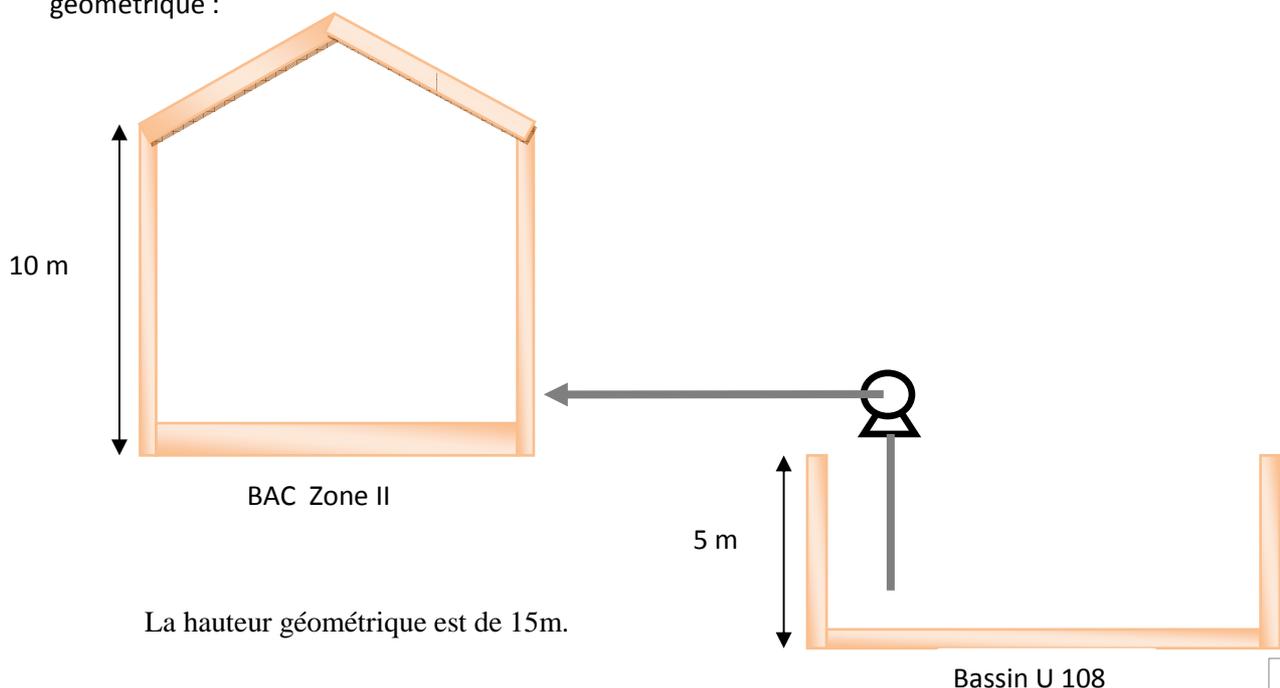
Quand une tuyauterie comporte des « accident », on commence par déterminer la longueur équivalente à chacun d'eux. En faisant le total celui-ci à la longueur développée de la tuyauterie, on obtient sa longueur droite fictive.

Pertes de charge singulières	Equipements	Nombre des accidents	Longueur équivalent
	DIAMETRE		
2,2	vanne	4	8,8
2,3	coude 45° 10"	3	6,9
3	COUDES 90° 10"	88	264
3,4	TEE 10*10	4	20
5	TEE 14*10	1	0,9
0,8	réduction 7/8	4	3,2
0,9	réduction 3/4	2	1,8
	Coefficient		1,7
	LONGEUR Linéaire de la tuyauterie(m)		1800
	LONGUEUR EQUIV DES ACCESSOIRES		305,6
	LONGUEUR TOTAL LINEAIRE EQUIVALENTE		2105,6
	Pertes singulières Hvs m/100m		0,12
<b>Longueur droite fictive</b>	(coefficient*LT*perte singulier pour 100m)/100		4,295424

Tableau 10 : Pertes de charges

✓ Hauteur géométrique :

La différence entre la profondeur du bassin U 110 et la longueur du bac zone II est la hauteur géométrique :



✓ Conclusion :

Les pertes de charge et la somme des pertes de charge et la hauteur géométrique :

$$H_m = 15 + 4,29 = 19,29 \text{ m}$$

### 6) Les pompes choisies

Les pompes choisies sont de marque ITT France qui se caractérise par son excellente réputation au marché de l'hydraulique, puis elle possède une série N FLYGT qui convient à nos besoins.



✓ Caractéristiques :

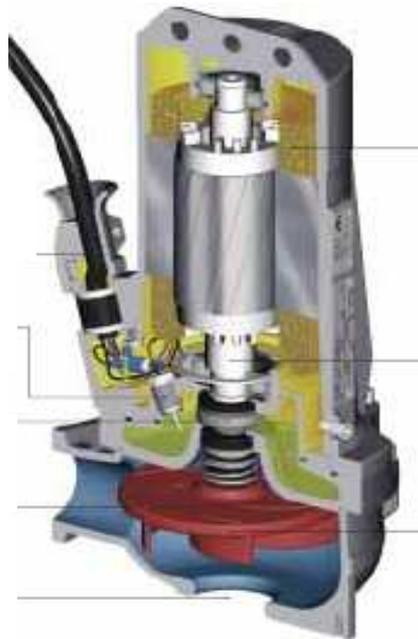
**Entrée de câble.** L'entrée de câble assure les fonctions d'étanchéité et de résistance à la traction afin d'obtenir une installation sûre.

**Capteurs.** Les capteurs de fuite dans le logement du stator et la chambre à huile sont disponibles en option. À connecter au système de commande.

**Deux garnitures mécaniques.** Fonctionnement indépendant afin d'assurer une double sécurité.

**Balayage arrière de turbine.** Des ailettes situées à l'arrière de la turbine empêchent les corps solides de pénétrer dans l'espace d'étanchéité.

**Importante section de passage.** Autorise le passage libre de corps solides volumineux et de particules abrasives de diamètres allant jusqu'à 100 mm.



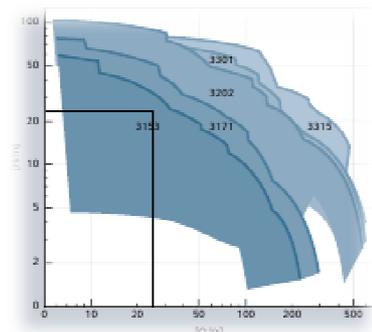
**Moteur à induction de type cage d'écureuil haute performance.** Assure un fonctionnement fiable. Isolation de classe H, conception et fabrication spéciales par ITT en vue d'une utilisation submersible.

**Arbre.** Le porte-à-faux court supprime toute flexion de l'arbre. Réduit le niveau sonore et les vibrations, tout en augmentant sensiblement la durée de vie des garnitures et des roulements.

**Roue vortex en semi-retrait.** Génère un effet de pompage en transférant l'énergie au fluide pompé, produisant ensuite un écoulement tourbillonnant secondaire.

La pompe choisie est de numéro de série 3135 car elle convient aux paramètres souhaités :

- ✓ Conception : immergée à roue à effets vortex.
- ✓ Débit : 25 l/s (environ 80 m<sup>3</sup>/h).
- ✓ Hauteur manométrique : 25 m.



## Chapitre VI : Etude technico-économique

### *I. Introduction*

L'applicabilité et l'acceptation de n'importe quelle solution améliorative ou modification technique d'une installation donnée est fondée principalement sur les gains financière que génère pour l'entreprise à moyen et à long terme. Dans ce cadre, une évaluation technico-économique complémentaire nous est apparue indispensable pour la mise en valeur de notre projet. Pour ce faire on va adopter la méthodologie d'analyse suivante :

- ✓ Choix économique entre solutions améliorative proposées
- ✓ Evaluation économique des solutions recommandées.
- ✓ Evaluation économique du plan de maintenance préventive proposée
- ✓ Evaluation économique de la situation actuelle
- ✓ Synthèse économique.

Avant d'entamer l'analyse économique des différentes propositions, il est bien nécessaire de définir les coûts engendrés par la pratique de la maintenance ainsi que leurs répartitions.

### *II. Etude de rentabilité d'un programme de maintenance préventive*

#### *1) Evaluation du coût de maintenance moyen annuel*

Afin d'évaluer les potentiels de gain et la rentabilité de la mise en place d'une politique de maintenance préventive, nous allons évaluer le coût de maintenance moyen annuel actuel pour toute la station.

- ✓ Coûts directs :

La maintenance corrective sur les pompes est de durée de 8.67 jour sur les Cinq équipements :

Charge opérateur : 130 DH/jour.

Coût main d'œuvre :  $8.67 * 130 = 1127 \text{DH}$ .

Le coût annuel de la maintenance :  $1127 * 12/19 = 712.38 \text{DH}$

Coût annuel moyen de pièce de rechange :  $49575 * 12/19 = 31310 \text{DH}$

**Coûts direct= 32022 DH.**

✓ Conclusion :

A partir de ce qui précède nous pouvons conclure le bien fondé de la mise en place des solutions efficaces. L'objectif étant de minimiser au maximum la maintenance corrective résiduelle qui représente une source de perte économique.

Ainsi, la marge bénéficiaire potentielle annuelle d'un tel programme de maintenance préventive est de l'ordre d'environ **32022DH.**

Nous remarquons que le coût de la maintenance est très élevé ce qui nécessite l'obligation d'appliquer les solutions proposées

### III. *Etude technico économique de solutions proposées*

D'après ce qui précède nous avons proposé deux solutions :

- ✓ Achat de nouvelles pompes
- ✓ Achat de dégrilleur en gardant les anciennes pompes.

Dans ce qui suit nous allons faire une interprétation économique des deux solutions afin de choisir la moins coûteuse.

#### 1) Nouvelles pompes

- Plan préventif :

Des contrôles et des entretiens réguliers de la pompe sont la meilleure garantie d'un fonctionnement fiable, ces contrôles sont réparties sur deux axes principaux :

- ✓ Visites intermédiaires : chaque tous les 8000 heures.
- ✓ Révision complète auprès d'un atelier agréé : toutes les 20000 heures (peut varier considérablement selon les conditions de services.

#### a) Visites intermédiaires

Entretien de ...	Action
<b>Câbles</b>	1. si la gaine est endommagée remplacer les câbles. 2. contrôler que les câbles ne forment pas de plis et ne sont pas pincés.
<b>Protection contre les surcharges et autres protection</b>	Contrôler les réglages.
<b>Dispositif de sécurité pour le personnel</b>	Contrôler les rambardes, les capotages et autre protections
<b>Chambre d'étanchéité</b>	1. Refaire la plaine de liquide de refroidissement si nécessaire. 2. Vérifier que les points de congélation est inférieur à -13°C (9°F).
<b>Bornier plaque à borne</b>	Contrôler que toute la connexion est bien serrée.
<b>Joint toriques</b>	1. remplacer les joints toriques du bouchon d'huile.

	2. Remplacer les joints toriques du couvercle d'entrée ou du couvercle du boîtier à borne. 3. Graisser les nouveaux joints toriques.
<b>Sens de rotation</b>	Contrôler du sens de rotation de la turbine.
<b>Thermosondes</b>	Vérifier la résistance du détecteur de fuite. Circuit normalement fermé ; intervalle 0-1ohm.
<b>Thermistance</b>	Vérifier que la résistance est comprise entre 20 et 250 ohms et que la tension mesurée est de 2VDC maximum.
<b>Tension et intensité</b>	Contrôler les valeurs de marche.

**Tableau 11 : Visite intermédiaire des pompes**

b) Révision complète

Une révision complète inclut les opérations suivantes, en plus des tâches décrites dans la rubrique visite intermédiaire.

Entretien de ...	Action
<b>Roulement auxiliaire et principale</b>	Remplacer les roulements par des roulements neufs
<b>Joint mécanique</b>	Remplacer par un des ensembles d'étanchéité neufs.

✓ Interprétation économique :

- Prix total des pompes :

L'achat de nouvelle pompe va coûter 30809,76 € répartie comme ce qui suit :

Prix de pompe : **4331 €**.

Pièces de rechanges :

Pièce de rechange	Prix (€)
<b>Roue</b>	1364
<b>Ensemble garniture mécanique</b>	930
<b>Sonde d'étanchéité</b>	171
<b>Kit joint torique nitrile</b>	175
<b>Certificat de matière</b>	340
<b>Totale</b>	<b>2980 €</b>

Dédouanement : **216,72 €**

Transit : **174,72 €**.

Le prix total de pompes est donc : 7702,44 €

Le prix total des 4 pompes est : **30809,76 €**.

- Coût de maintenance préventif :

Coût de maintenance de routine par pompe :

Pièces	Prix unitaire(DH)	quantité	Prix total (DH)
Joint torique du bouchon d'huile	136	1	136
Joint torique du couvercle d'entrée/boitier à borne	136	1	136
<b>Total</b>	<b>272</b>		<b>272</b>

La maintenance de routine se fait une fois par ans, donc le coût de maintenance annuel est 272 DH

Coût de maintenance systématique par pompe :

Pièces	Prix unitaire(DH)	quantité	Prix total (DH)
Joint de garniture mécanique WCCR/WCCR	300	2	600
Roulement double rangée de bille à contacte angulaire	306	2	612
<b>Total</b>	<b>606</b>		<b>1212</b>

La maintenance systématique se fait une fois par 2 ans, donc le coût de maintenance annuel est : 606 DH

Coût totale de la maintenance préventive annuel par pompe est : 878 DH.

Pou les quatre pompes la maintenance préventive annuel est : 3512 DH.

- Coût total des pompes

Coût total des pompes = prix achat des pompes + coût de la maintenance préventive.

D'où : Coût total annuel des pompes=308097,6 +3512=**311609 DH.**

Au bout de quatre ans le coût total est : 322145,6 DH.

## 2) Dégrilleur

Après avoir contacté la société « ITT Industrie» par email a propos du dégrilleur FJP on a pus constaté que son prix total est 150000 DH y compris toutes les charges possible tel que l'installation (génie civile), livraison et la taxe de douane.

Dans notre cas on a besoin de deux dégrilleur un pour le bassin U108 et l'autre pour le bassin U110 donc le prix total est **300000** DH.

L'analyse de l'historique des pannes d'un dégrilleur installé a l'unité 99 SP 124, on a pu constater la maintenance des dégrilleurs n'est pas couteuse d'où on va négliger le coût la maintenance des dégrilleur.

✓ Maintenance préventive de l'ancienne pompe

Unités maintenables critiques	Tâches préventives	Périodicité
<b>Coussinets</b>	- Ronde de production - La ronde d'inspection - Analyse d'huile	8h 2mois 1mois
<b>Garniture mécanique</b>	- Ronde de production - Ronde d'inspection	8h 2mois
<b>Accouplement</b>	- Ronde de production - Ronde d'inspection - Contrôle systématique d'alignement	8h 2mois 6mois
<b>Roulement</b>	- Ronde de production - Ronde d'inspection - changement de roulement - changement d'huile	8h 2 mois 2 ans 6 mois

**Tableau 12 : Planning maintenance préventive**

D'après le tableau nous estimons le coût annuel de la maintenance est répartie comme ce qui suit :

Service production :  $54h \times 130 \text{ DH} = 7020 \text{ DH}$

Service inspection :  $6h \times 130 \text{ DH} = 780 \text{ DH}$

Charge opérateur :  $3 \text{ jour} \times 130 \text{ DH} = 390 \text{ DH}$

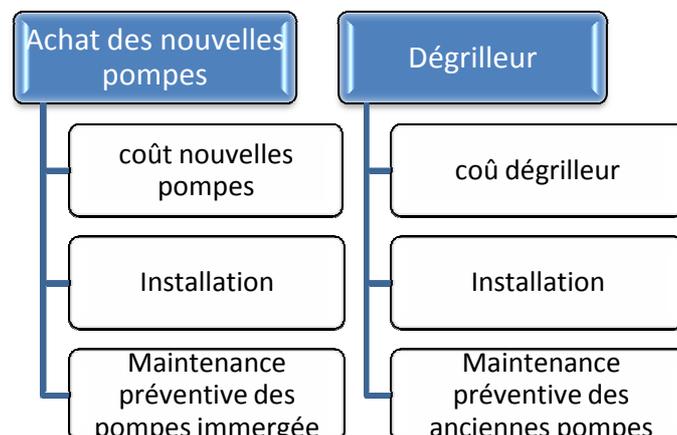
Roulement :  $300 \text{ DH} / 2 \text{ ans} = 150 \text{ DH} / \text{ans}$ .

Le coût total de la maintenance préventive annuelle d'une pompe est **8340 DH** ; et pour les quatre pompes nous avons une somme de **33360 DH**.

Au bout de 4 ans le coût de la maintenance préventive vas arriver à 133440 DH.

✓ Conclusion :

Pour conclure ce chapitre nous allons admettre une comparaison entre les solutions pour voir celle la mieux adapté économiquement :



Le coût total annuel de l'achat de nouvelles pompes est : **311609 DH.**

Le coût total annuel de la solution du dégrilleur est : **333360 DH.**

Calcul d'amortissement :

Au bout de 4 ans les coûts totaux seront :

Nouvelles pompes : **322145,6 DH.**

Dégrilleur : **433440 DH.**

Pour un investissement au bout de quatre ans la solution de l'achat des nouvelles pompes est la moins coûteuse donc c'est la solution la mieux adaptée.

## *Conclusion*

La fiabilisation des équipements à LA SAMIR se présente comme étant une politique à adopter plutôt qu'une tâche à effectuer. C'est cette vision qu'on a essayé d'éclaircir tout au long de notre rapport de fin d'étude.

Nous rappelons que notre sujet a porté sur la fiabilisation de pompes verticales à l'usine UPGRADE, sujet qu'on a entamé grâce à une méthodologie d'analyse structurée et cohérente en vue de déceler les causes racines des défaillances de ces équipements considérés comme vitaux pour la production, ainsi que d'établir des plans et des gammes de maintenance préventive

Notre étude a été répartie en trois grandes phases, à savoir :

La première phase a consisté à déterminer les éléments critiques nécessitant des actions préventives et amélioratives pour assurer leur disponibilité permanente. Pour cerner notre étude, on s'est basé sur une séquence de filtration à deux niveaux :

- ✓ Détermination les organes ayant un seuil de MTBF < 6 mois.
- ✓ Détermination des causes critiques en se basant sur l'étude AMDEC.

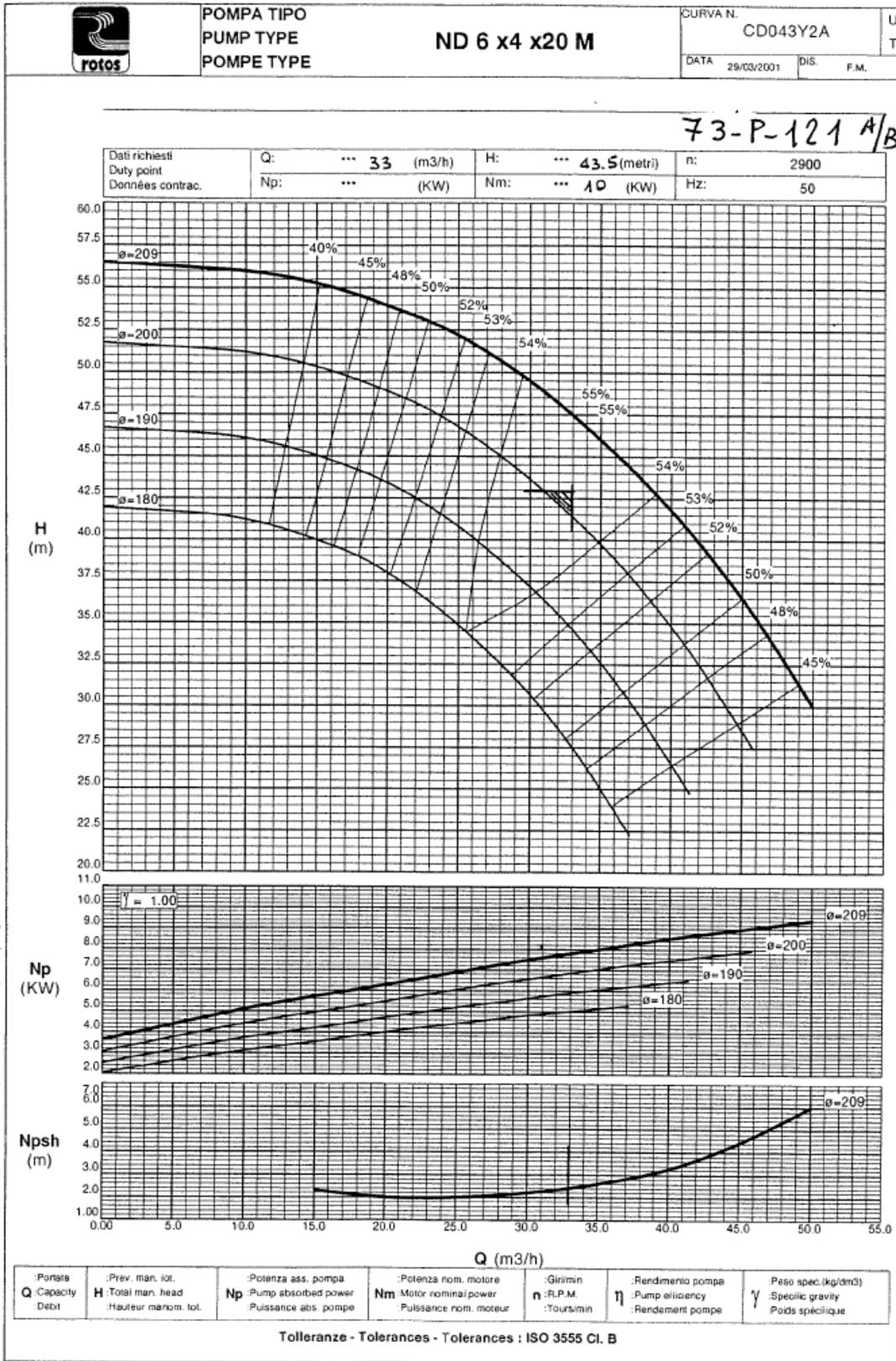
La deuxième phase, et ce pour approfondir notre étude en matière de fiabilité, consisté à chercher les causes racines des modes de défaillances dans le cadre d'une étude RCA des unités maintenables critiques à savoir : garniture mécanique, roulements, accouplement et coussinets ,ce qui nous a permis de proposer des solutions optimisés tout en se basant sur l'arbre cause à effet ISHIKAWA afin de faciliter leur application en relation avec les contraintes de production et la disponibilité des personnels.

### Annexe

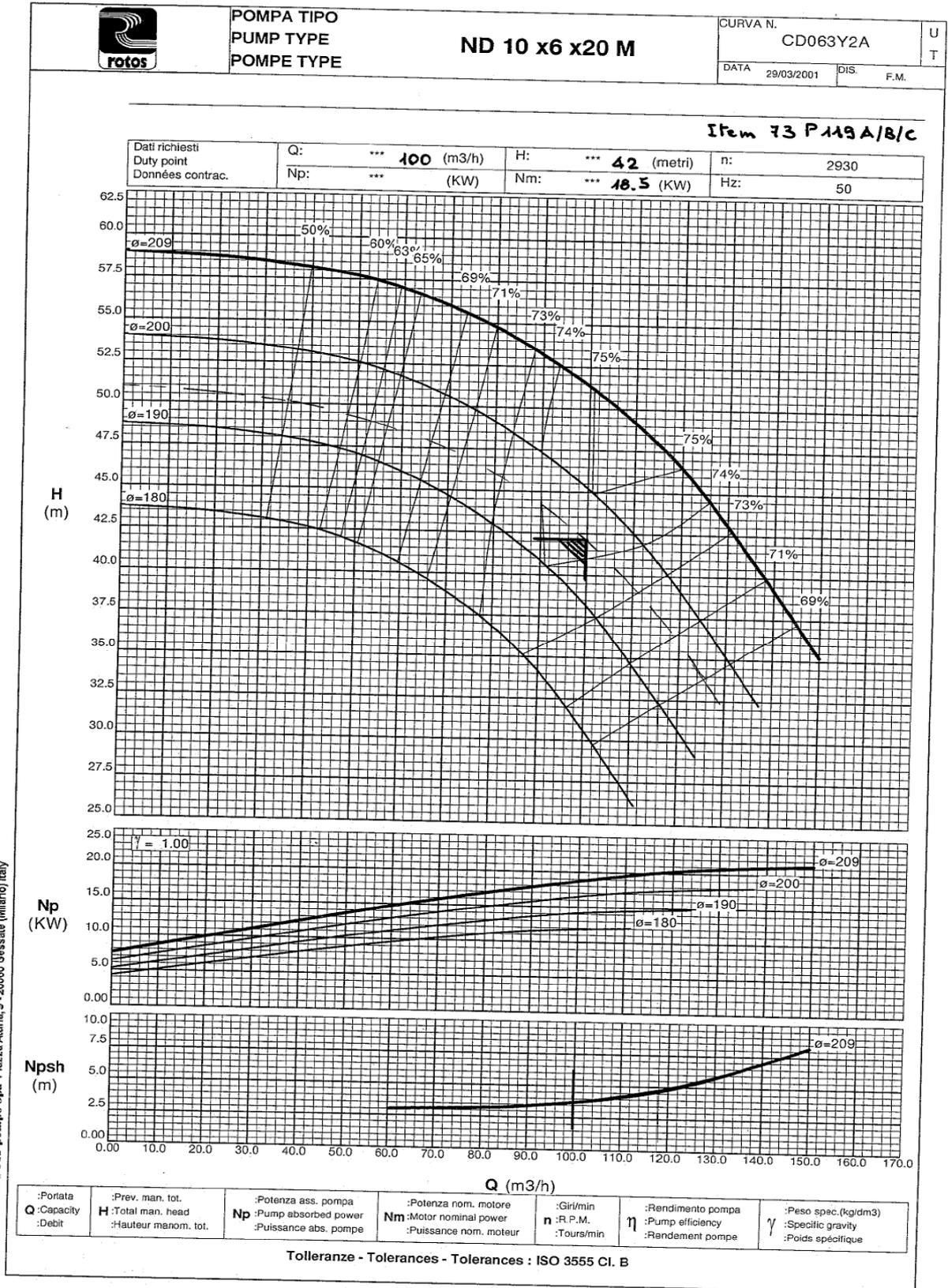
LOI DE WEIBULL :  $MTBF = A \eta + \gamma$  ; écart-type =  $B \eta$

$\beta$	A	B	$\beta$	A	B	$\beta$	A	B
0,20	120	1901	1,5	0,9027	0,613	4	0,9064	0,254
0,25	24	199	1,55	0,8994	0,593	4,1	0,9077	0,249
0,30	9,2605	50,08	1,60	0,8966	0,574	4,2	0,9089	0,244
0,35	5,0291	19,98	1,65	0,8942	0,556	4,3	0,9102	0,239
0,40	3,3234	10,44	1,70	0,8922	0,540	4,4	0,9114	0,235
0,45	2,4786	6,46	1,75	0,8906	0,525	4,5	0,9126	0,230
0,50	2	4,47	1,80	0,8893	0,511	4,6	0,9137	0,226
0,55	1,7024	3,35	1,85	0,8882	0,498	4,7	0,9149	0,222
0,60	1,5046	2,65	1,90	0,8874	0,486	4,8	0,9160	0,218
0,65	1,3663	2,18	1,95	0,8867	0,474	4,9	0,9171	0,214
0,70	1,2638	1,85	2	0,8862	0,463	5	0,9182	0,210
0,75	1,1906	1,61	2,1	0,8857	0,443	5,1	0,9192	0,207
0,80	1,1330	1,43	2,2	0,8856	0,425	5,2	0,9202	0,203
0,85	1,0880	1,29	2,3	0,8859	0,409	5,3	0,9213	0,200
0,90	1,0522	1,77	2,4	0,8865	0,393	5,4	0,9222	0,197
0,95	1,0234	1,08	2,5	0,8873	0,380	5,5	0,9232	0,194
1	1	1	2,6	0,8882	0,367	5,6	0,9241	0,191
1,05	0,9803	0,934	2,7	0,8893	0,355	5,7	0,9251	0,186
1,10	0,9649	0,878	2,8	0,8905	0,344	5,8	0,9260	0,185
1,15	0,9517	0,830	2,9	0,8917	0,334	5,9	0,9269	0,183
1,20	0,9407	0,787	3	0,8930	0,325	6	0,9277	0,180
1,25	0,9314	0,750	3,1	0,8943	0,316	6,1	0,9286	0,177
1,30	0,9236	0,716	3,2	0,8957	0,307	6,2	0,9294	0,175
1,35	0,9170	0,687	3,3	0,8970	0,299	6,3	0,9302	0,172
1,40	0,9114	0,660	3,4	0,8984	0,292	6,4	0,9310	0,170
1,45	0,9067	0,635	3,5	0,8997	0,285	6,5	0,9318	0,168
			3,6	0,9011	0,278	6,6	0,9325	0,166
			3,7	0,9025	0,272	6,7	0,9333	0,163
			3,8	0,9038	0,266	6,8	0,9340	0,161
			3,9	0,9051	0,260	6,9	0,9347	0,160

**Annexe A : Table déterminant les coefficients de loi de Weibull**

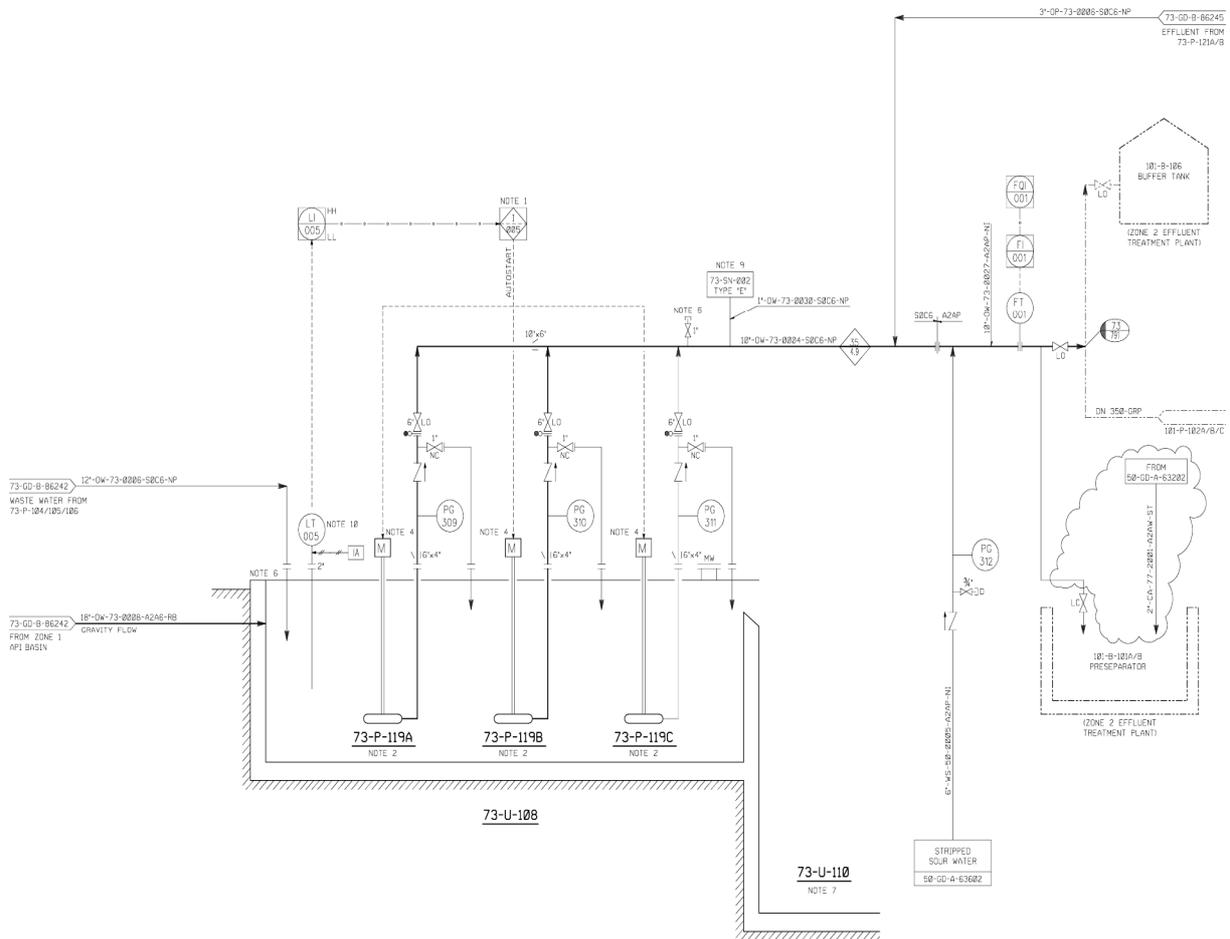


Annexe B : Courbe de performance de pompe 73-P-121 A/B

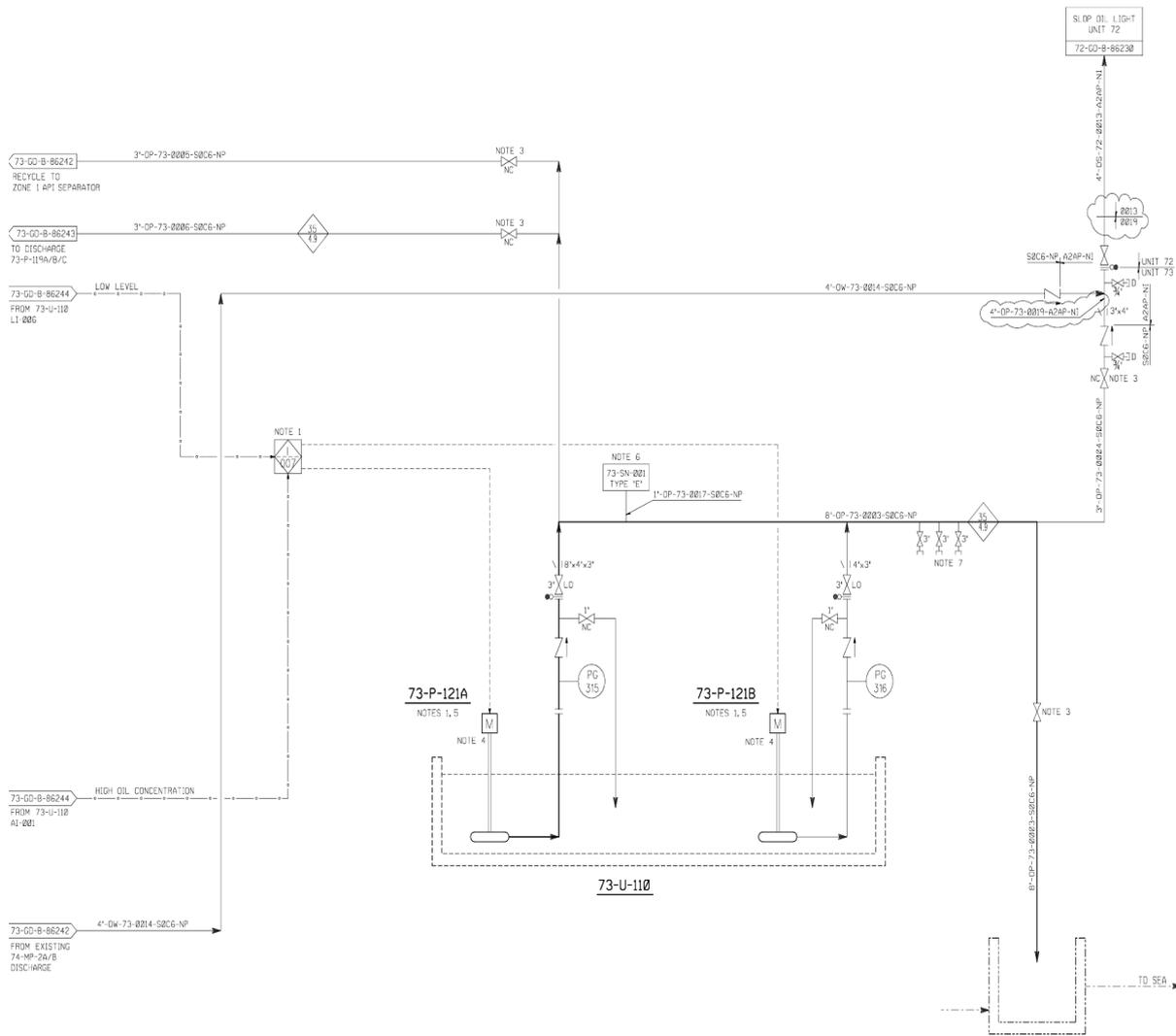


aturia pompe spa Piazza Atria, 9 - 20060 Gessate (Milano) Italy

Annexe C : Courbe de performance de pompe 73-P-119 A/B/C



Annexe D : PID de bassin U-108



Annexe E : PID de bassin U-110