

République algérienne démocratique et populaire  
Ministère de l'Enseignement supérieure et de la recherche scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla



Faculté des hydrocarbures, des énergies renouvelables et des sciences de la terre et de l'univers  
Département de forage et mécanique des chantiers

**Mémoire de fin d'études**  
**Pour obtenir le diplôme de Master**  
**Option : forage**

Présenté par :

- TAMMA ImadEddine
- IGUENANE Elhadi
- ZEKOUR FERHAT Fouad

**-Thème-**

---

***Analyse des coûts de maintenance et  
AMDEC de la partie hydraulique des pompes  
à boue***

---

Encadré par :

PROF : TOUMI Nabil

Année Universitaire : 2023/2024

# Dédicaces

Pour nos mères admirables, qui possèdent des cœurs en or et des âmes lumineuses, nous offrons cette dédicace avec tout notre amour et notre gratitude.

Pour nos cher et précieux pères, qui remplissent nos vies de tendresse et de sagesse, nous vous offrons cette dédicace en signe de reconnaissance et d'appréciation.

Pour nos chers et proches, qui rendent chaque jour plus joyeux et sécurisé, nous vous offrons cette dédicace en témoignage de notre affection et de notre respect.

Et à nos chers enseignants et amis, qui partagent avec nous la joie et la tristesse, le rire et le soutien, nous vous offrons cette dédicace solide.

Ainsi que nous dédions ce modeste travail à tous le personnel de départements des hydrocarbures de l'université d'Ouargla et le personnel de l'entreprise nationale de forage,

# Sommaire

## Sommaire

|  |    |
|--|----|
| Introduction générale.....   | 1  |
| <b>Chapitre I : Présentation de l'entreprise nationale de forage</b>     |    |
| I.1 : Présentation de l'entreprise nationale de forge (ENAFOR).....      | 2  |
| I.1.1 : Fiche technique.....   | 2  |
| I.1.2 : Historique.....  | 2  |
| I.2 : Les principales activités de l'entreprise nationale de forage..... | 3  |
| I.2.1 : Forage.....  | 3  |
| I.2.2 : Réparation des puits pétroliers (Work– Over).....                | 3  |
| I.3 : Organigramme.....  | 5  |
| I.4 : Composition de parc d'appareils.....                               | 6  |
| I.5 : Evolution du parc appareils.....                                   | 7  |
| I.6 : Ressource humaines.....  | 8  |
| I.6.1 : Formation et préparation de la relève.....                       | 8  |
| I.7 : Certification.....   | 9  |
| <b>Chapitre II: Notions et généralités sur la maintenance.</b>           |    |
| II.1 : Définition de la maintenance.....                                 | 11 |
| II.1.1 : Politique de maintenance.....                                   | 11 |
| II.1.2 : Stratégie de maintenance.....                                   | 11 |
| II.1.3 : Histoire du nom Le terme « maintenance.....                     | 11 |
| II.1.4 : Facteurs favorisant l'émergence du besoin de maintenir... ..    | 11 |
| II.1.5 : Les métiers de la maintenance.....                              | 12 |
| II.1.5.1 : Le responsable du service.....                                | 12 |
| II.1.5.2 : Ingénieur.....  | 13 |
| II.1.5.3 : Technicien du bureau des méthodes de maintenance.....         | 13 |
| II.1.5.4 : Technicien d'intervention de l'antenne de secteur.....        | 13 |
| II.1.5.5 : Technicien de l'atelier central.....                          | 13 |
| II.2 : Maintenabilité et maintenance.....                                | 14 |
| II.3 : Démontage .....   | 14 |
| II.4 : Définition du management de la maintenance.....                   | 14 |
| II.5 : Composantes du processus maintenance.....                         | 14 |
| II.5.1 : Main-d'œuvre.....   | 15 |
| II.5.2 : Milieu.....   | 15 |
| II.5.3 : Méthodologies.....  | 15 |
| II.5.4 : Matériel.....   | 15 |
| II.5.5 : Moyens.....   | 15 |
| II.6.: Types de la maintenance.....                                      | 15 |
| II.6.1.: Maintenance préventive.....                                     | 15 |
| II.6.1.1.: Différents types de maintenance préventive.....               | 16 |
| II.6 : Types de la maintenance.....                                      | 15 |

|  |    |
|--|----|
| II.6.1 : Maintenance préventive.....                           | 15 |
| II.6.1.1 : Différents types de maintenance préventive.....     | 16 |
| II.6.1.1.1: Maintenance préventive systématique.....           | 16 |
| II.6.1.1.2 : Maintenance préventive conditionnelle.....        | 17 |
| II.6.2 : Maintenance corrective.....                           | 17 |
| II.6.2.1 : Types de maintenance corrective.....                | 17 |
| II.6.2.1.1: Maintenance corrective palliative (Dépannage)..... | 17 |
| II.6.2.1.2 : Maintenance corrective curative (Réparation)..... | 17 |
| II.7 : Définition de la « fonction requise.....                | 18 |
| II.8 : Définition du terme (bien).....                         | 18 |

### **Chapitre III : Etude et analyse de la fiabilité et de la disponibilité des pompes à boue.**

|  |         |
|--|---------|
| III.1: Introduction.....   | 20      |
| III.1.1 : Choix de la pompe de forage .....  | 21      |
| III.1.2 : La puissance mécanique .....   | 21      |
| III.1.3 : La puissance hydraulique pour chaque phase.....  | 21      |
| III.1.4 : Calcul des pertes de charges .....   | 22      |
| III.1.4.1 : Les équations de pertes des charges utilisées en forage ...  | 22      |
| III.1.4.2 : Les pertes de charge aux installations de surface .....  | 23      |
| III.1.4.3 : Les pertes de charge dans les orifices de trépan.....  | 23      |
| III.1.4.4 : Les pertes de charge à l'intérieur de la garniture .....   | 23      |
| III.1.4.5 : Les pertes de charge dans l'espace annulaire .....   | 24      |
| III.1.4.6 : Calcul des pertes de charge pour chaque phase de forage selon le programme standard sur un champ de développement à HMD..... | 24 à 29 |
| III.2: Etude et analyse de la fiabilité et de la disponibilité de la partie hydraulique des pompes à boue durant l'année 2015.....       | 30      |
| III.2.1 : Critère de choix de l'année 2015.....  | 30      |
| III.3 : Présentation et description des pompes à boue (forage) triplex.....  | 32      |
| III.4 : Constitution de la pompe de forage.....  | 32      |
| III.4 .1: Partie mécanique.....  | 34      |
| III.4.2 Partie électrique.....   | 34      |
| III.4.3 : Partie Hydraulique.....  | 35      |
| III.5 : Différentes marques des pompes à boue sur ENAFOR.....  | 35      |
| III.6 : Classification des équipements ayant causés des arrêts (2015).....   | 36      |
| III.6.1 : Analyse des arrêts.....  | 37      |
| III.7 : Calcul le coût de la maintenance des pompes à boue (forage).....   | 41      |
| III 8.: Calcul le taux de fiabilité et le taux de disponibilité des pompes de forage par chantier.....                                   | 36      |
| III 8.1.: Définition de taux de fiabilité.....   | 36      |
| III 8.2.: Disponibilité.....   | 36      |
| III 8.3.: Calcul MTTR (Temps technique moyen de réparation) .....  | 37      |
| III.8. 3.7.1 : Calcul les coûts indirect.....  | 41      |

|  |    |
|--|----|
| III.7.2 : Calcul les coûts directs.....  | 41 |
| III.8 : Calcul le taux de fiabilité et le taux de disponibilité des pompes de forage par chantier..... | 45 |
| III.8.1 : Définition de taux de fiabilité.....   | 45 |
| III.8.2 : Disponibilité.....   | 45 |
| III.8.3 : Calcul MTTR (Temps technique moyen de réparation).....                                       | 46 |
| III.8.4 : Calcul MTBF (Temps moyen de bon fonctionnement) par chantier.....                            | 48 |
| III.8.5 : Conclusion.....  | 49 |

## **Chapitre IV: Analyse AMDEC de la partie hydraulique des pompes à boue**

|  |         |
|--|---------|
| IV.1 : Introduction.....   | 50      |
| IV.2 : Types AMDEC.....  | 50      |
| IV.2.1 : AMDEC produit.....  | 50      |
| IV.2.2 : AMDEC Processus.....  | 50      |
| IV.2.3 : AMDEC système ou moyen de production (Machine).....                     | 50      |
| IV.2.4 : AMDEC sécurité.....   | 50      |
| IV.2.5 : AMDEC service et organisation.....                                      | 51      |
| IV.3 : Étude de cas AMDEC Machine.....   | 51      |
| IV.3.1 : Principe de base AMDEC Machine.....                                     | 52      |
| IV.3.2: Objectif de l'étude AMDEC Machine.....                                   | 52      |
| IV.3.3 : Problématique.....  | 53      |
| IV.3.4 Défaillance.....  | 53      |
| IV.3.5 : Identification des défaillances.....                                    | 53      |
| IV.3.6 : Effet de la défaillance.....  | 53      |
| IV.3.7 : Causes de la défaillance.....   | 53      |
| IV.3.7.1 : Condition de travail.....   | 54      |
| IV.3.7.2 : Défaillance constructeur.....   | 54      |
| IV.3.7.3 : Défaillance Humaines.....   | 54      |
| IV.3.8 : Les grilles des cotations.....  | 55      |
| IV.3.8.1 : Estimation de la criticité.....                                       | 55      |
| IV.3.9 : Analyse des modes de défaillance, leurs effets et leurs criticités..... | 56      |
| IV.3.10 : Classifications des organes critiques.....                             | 57 @ 62 |
| IV.3.11 : Recommandations.....   | 63      |
| IV.3.12 : Introduction d'un ordre de travail préventif (OT).....                 | 64      |
| IV.3.13 : Conclusion.....  | 66      |

## Liste des figures

|   |    |
|---|----|
| I.1 : Photo illustrative d'un appareil de forage sur un champ pétrolier.....        | 4  |
| I.2 : Graphe des appareils selon leur puissance.....                                | 6  |
| I.3 : Graphe des appareils selon leur marque.....                                   | 7  |
| I.4 : Graphe évolution des appareils.....   | 8  |
| III.1 : Graphe des arrêts durant les années 2012, 2013, 2014 et 2015... ..          | 30 |
| III.2 : Circuit d'injection.....  | 31 |
| III.3 : Photo des pompes forage sur chantier.....                                   | 32 |
| III.4 : Photo éclatée de la partie mécanique.....                                   | 33 |
| III.5 : Photos partie hydraulique.....  | 34 |
| III.6 : Graphe des différentes marques des pompes à boue.....                       | 35 |
| III.7 : Graphe des arrêts de chaque équipement en 2015... ..                        | 37 |
| III.8 : Graphe des arrêts des pompes à boue par chantier.....                       | 38 |
| III.9 : Graphe des nombres d'intervention par chantier.....                         | 39 |
| III.10 : Graphe des arrêts (h) et nombre d'intervention par chantier.....           | 39 |
| III.11 : Graphe PDR consommée en 2015.....  | 40 |
| III.12 : Graphe des coûts de maintenances par chantier.....                         | 42 |
| III.13 : Schéma montrant MTTR et MTB.....   | 46 |
| III.14 : Histogramme des taux de disponibilité des pompes à boue par chantier. .... | 48 |

## Liste des tableaux

|  |         |
|--|---------|
| I.1 : Tableau répartition des appareils selon leur puissance et leur fabricant.....  | 6       |
| I.2 : Tableau des appareils selon leur puissance.....                                | 7       |
| III.3 : Tableau des appareils selon leur marque.....                                 | 7       |
| III.1.4.6 : Tableau de programme forage.....   | 24      |
| III.1.4.7 : Tableau des pertes de charge de chaque phase.....                        | 29      |
| III.1 : Tableau des arrêts durant les années 2012, 2013, 2014 et 2015.....           | 30      |
| III.2: Tableau des différentes marques des pompes à boue.....                        | 35      |
| III.3: Tableau des arrêts de chaque équipement en 2015.....                          | 36      |
| III.4 : Tableau des arrêts des pompes à boue par chantier.....                       | 38      |
| III.6 : Tableau des arrêts (h) et nombre d'intervention par chantier.....            | 40      |
| III.7: Tableau de la PDR consommée durant l'année 2015.....                          | 42      |
| III.8 : Tableau des prix unitaires de chaque PDR Consommée.....                      | 43      |
| III.9 : Tableau des coûts de maintenance par chantier en DA.....                     | 35      |
| III.10 : Tableau des durées de fonctionnement des pompes à boue en 2015.....         | 47      |
| III.11 : Tableau MTTR, MTBF, Fiabilité et Taux disponibilité de chaque chantier..... | 48      |
| IV.1 : Tableau estimation de criticité de chaque élément (C) .....                   | 55      |
| IV.2 Tableau fréquence d'apparition des défaillances (F).....                        | 55      |
| IV.3 : Tableau gravité .....   | 56      |
| IV.4 : Tableau de détection .....  | 56      |
| IV.5: Tableaux d'analyse AMDEC.....  | 56 @ 61 |
| IV.7 : Tableau des criticités avant et après les recommandations.....                | 54      |

## Listes des abréviations

**ENAFOR** : Entreprise nationale de forage.

**ALFOR**: Algérien de forage.

**SEDCO**: South Eastern Drilling Company.

**SPA** : Société par action.

**RGT** : Réalisation des grands travaux.

**IADC**: International Association of Drilling Contractor.

**HP** : House Power.

**IAP** : Institut Algérien de pétrole.

**ENTT** : Ecole nationale d'application des techniques de transport.

**IFEG** : Institut de formation en Electricité et Gaz.

**DTM** : Démontage, transport et montage.

**HSE** : Hygiène, sécurité et environnement.

**CPE** : Centre de perfectionnement des entreprises.

**MDI** : Institut de management et de développement internationale.

**ISO** : Organisation internationale des standards.

**GMAO** : Gestion de la maintenance assistée par ordinateur.

**DA** : Dinar Algérien

**PDR** : pièces de rechange.

**CMT** : Couts de main d'œuvre et transport.

**MTTR** : Moyen temps technique de réparation.

**MTBF** : Moyen temps de bonne fonction.

**C** : Criticité.

**G** : Gravité.

**F** : Fréquence.

**D** : Non détectivité.

**OT** : Ordre de travail



# **Introduction générale**

### **Introduction générale :**

La maintenance industrielle dans le secteur pétrolier est une stratégie et politique dont les entreprises pétrolières mettent leur potentiel humain et financier en vue de préserver leur patrimoine en machines, équipements et l'amélioration des capacités de productions sans faire appel à l'externalisation qui est souvent un choix couteau.

La continuité de la vie des entreprises est basée sur le rôle de la maintenance et le savoir-faire des maintenanciers qui sont mobilisés à remettre un équipement ou une machine de son état d'arrêt à sa fonction requise dans un intervalle de temps acceptable sans influence sur la chaîne de production.

La maîtrise de la technologie et du management constituent des facteurs primordiaux dans la maintenance industrielle, en effet plusieurs études et méthodes d'analyses ont été exploitées et mise en œuvre au fil du temps pour prolonger la durée de vie des équipements sans entraver la réglementation en vigueur, à savoir conformité, normes internationales et sécurité d'utilisateur.

La maintenance industrielle joue un rôle essentiel et contribue de manière extraordinaire dans la résolution des problèmes d'actualité et prévoir des solutions fiables grâce au suivi périodique des plans de maintenance préventif et correctifs.

En l'occurrence le service de maintenance est devenu un outil de réparation et de diagnostic bien organisé, réglementé, et une valeur ajoutée par l'introduction de système GMAO qui a fait une révolution dans le traitement des interventions, gestion de la pièce de rechange(PDR), historique des arrêts, classifications des organes..

Le parcours de la maintenance et son management dans l'industrie pétrolière algérienne a commencé depuis la nationalisation des hydrocarbures et continué en évolution avec la technologie et le climat économique.

Son effet est considérablement satisfaisant vu les résultats positifs enregistrés au cours de ces années.

L'entreprise nationale de forage est un échantillon concret de ce développement dans la maintenance industrielle et dans le management de la maintenance.

Et faisant suite à cette politique engagée dans le domaine de la maintenance et son management et pour répondre aux problèmes sérieux des arrêts et pannes considères non rémunérés à l'entreprise nationale de forage, nous avons choisi notre thème de

mémoire de fin d'études sur les arrêts et pannes de la partie hydraulique des pompes à boue (forage), pour faciliter et contribuer de manière efficace à la résolution et à la minimisation de ces derniers afin d'atteindre un rendement performant et acceptable au niveau de tous les chantiers.

Dans ce présent mémoire nous allons aborder en premier chapitre la présentation de l'entreprise nationale de forage, son domaine d'activité, ses moyens matériels et humains.

En deuxième chapitre nous allons donner quelques définitions et généralités sur la maintenance et le mangement de la maintenance.

Dans le troisième chapitre, nous allons étudier les arrêts de la partie hydraulique des pompes à boue sur quatre ans puis nous allons focaliser notre étude sur l'année 2015 en filtrant le nombre d'arrêts total, nombre d'interventions total, répartition des arrêts et des interventions sur 16 chantiers concernés par cette étude par la suite nous calculerons le coût global de la maintenance et ceux de chaque chantier. Ensuite nous allons calculer et illustrer par graphes MTTR, Fiabilité, et disponibilité de ces pompes en terminant ce chapitre par la classification des chantiers selon la disponibilité de leurs pompes et nous conclurons par la proposition de solutions, et ceci afin d'augmenter le taux de disponibilité.

En quatrième chapitre, nous allons utiliser AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances et leurs Effets et leurs Criticité) en commençant par quelques généralités puis identification des défaillances, effet de la défaillance sur l'entreprise, causes réelles des défaillances, estimation des criticités, comme nous allons analyser les organes et déduire leurs criticités. Ce chapitre sera terminé par la classification des éléments selon leur criticités et proposition des solutions pour réduire celles qui ont enregistré des valeurs majeures et inacceptables.

# **Chapitre I**

## **Présentation de l'entreprise nationale de forage**

## **I.1 : Présentation de l'entreprise nationale de forge (ENAFOR)**

### **I.1.1: Fiche technique I.1**

Entreprise nationale de forage est l'une des filiales de groupe SONATRACH son siège social sise à la zone industrielle, Bir Messaoud - Hassi Messaoud (Ouargla)

- Raison sociale : Entreprise Nationale de Forage (ENAFOR)
- Statut juridique : Société par actions.
- Capital social : Quatorze milliards et Huit Cent Millions (14.800.000.000,00)

Dinars détenu à 100% par la Société Holding Services Para Pétroliers SONATRACH.

### **I.1.2: Historique**

En 1966, ENAFOR est créée sous la dénomination « ALFOR», dans le cadre de plan de Développement de SONATRACH, en tant que joint-venture entre SONATRACH avec 51% des parts, et la SEDCO USA (South Eastern Drilling Company, Dallas) avec 49% des parts.

En 1981, SONATRACH met fin à son partenariat avec la SEDCO, par la mise en place le 1er janvier 1982, de l'Entreprise National de Forage, par arrêté Ministériel du 31 décembre 1981, portant date d'effet de substitution d'ENAFOR-SONATRACH dans une partie de ses compétences.

En 1989, ENAFOR devient une entreprise autonome sous la forme d'une SPA, dont le capital social, de 20. 000,000 DA.

Par le biais de la Holding SSP (Société de Services Pétroliers), devient en 1998 l'actionnaire principal de l'Entreprise, avec 51% des parts à son actif. Les 49% sont détenus par la Holding RGT (Réalisation Des grands travaux). L'année 2005 marque l'intégration d'ENAFOR au Groupe SONATRACH qui devient dès lors 100% filiale de groupe de SONATRACH.

ENAFOR est actuellement membre de l'International Association Of Drilling Contractor (I.A.D.C).

## **I.2 : Les principes activités de l'entreprise nationale de forage**

### **I.2.1 : Forage**

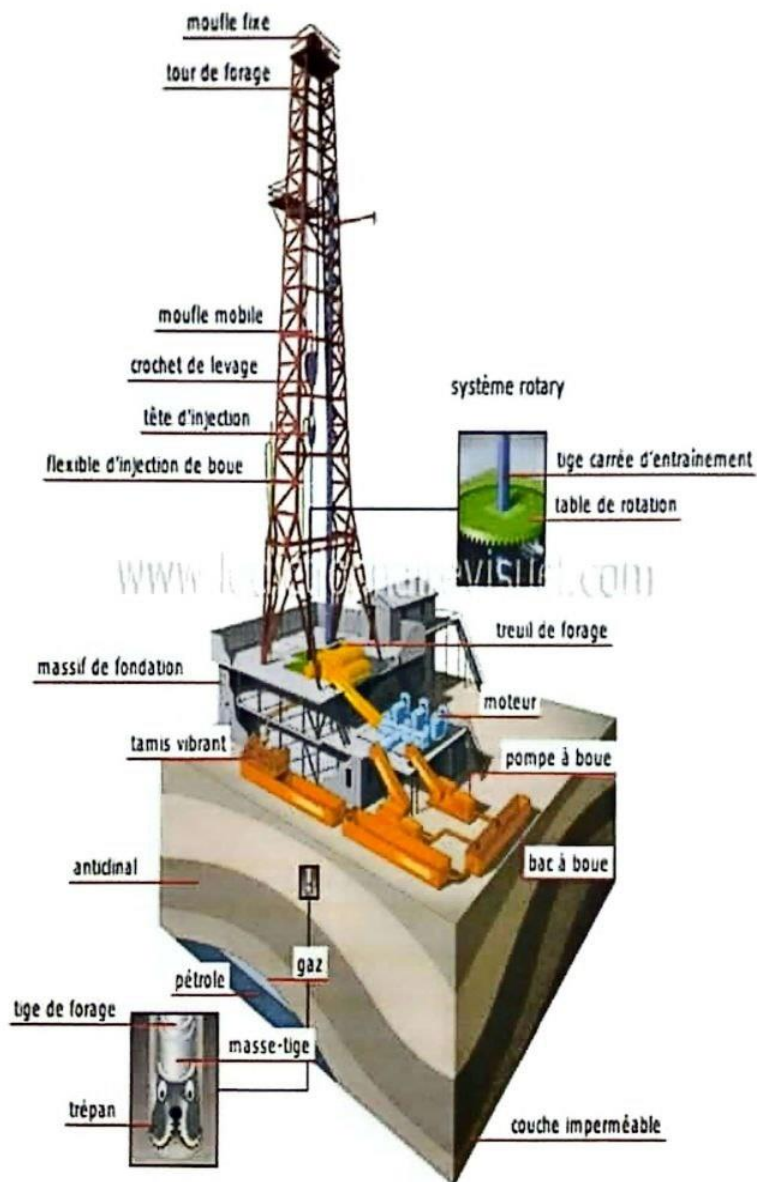
L'entreprise nationale de forage est spécialisée dans le domaine de forage des puits pétroliers et gaziers profonds et moyennement profond, ainsi que les puits hydrauliques, pour le compte de sonatrach et sociétés étrangères et cela grâce au nombre important des appareils destinés spécialement à la branche de forage qui consiste à creuser des terrains depuis la surface jusqu'à la cote voulue en commençant par 32'' ou 26 '' et en terminant par 6'' et installation en fin d'activité des tête de puits.

### **I.2.2 : Work-Over.**

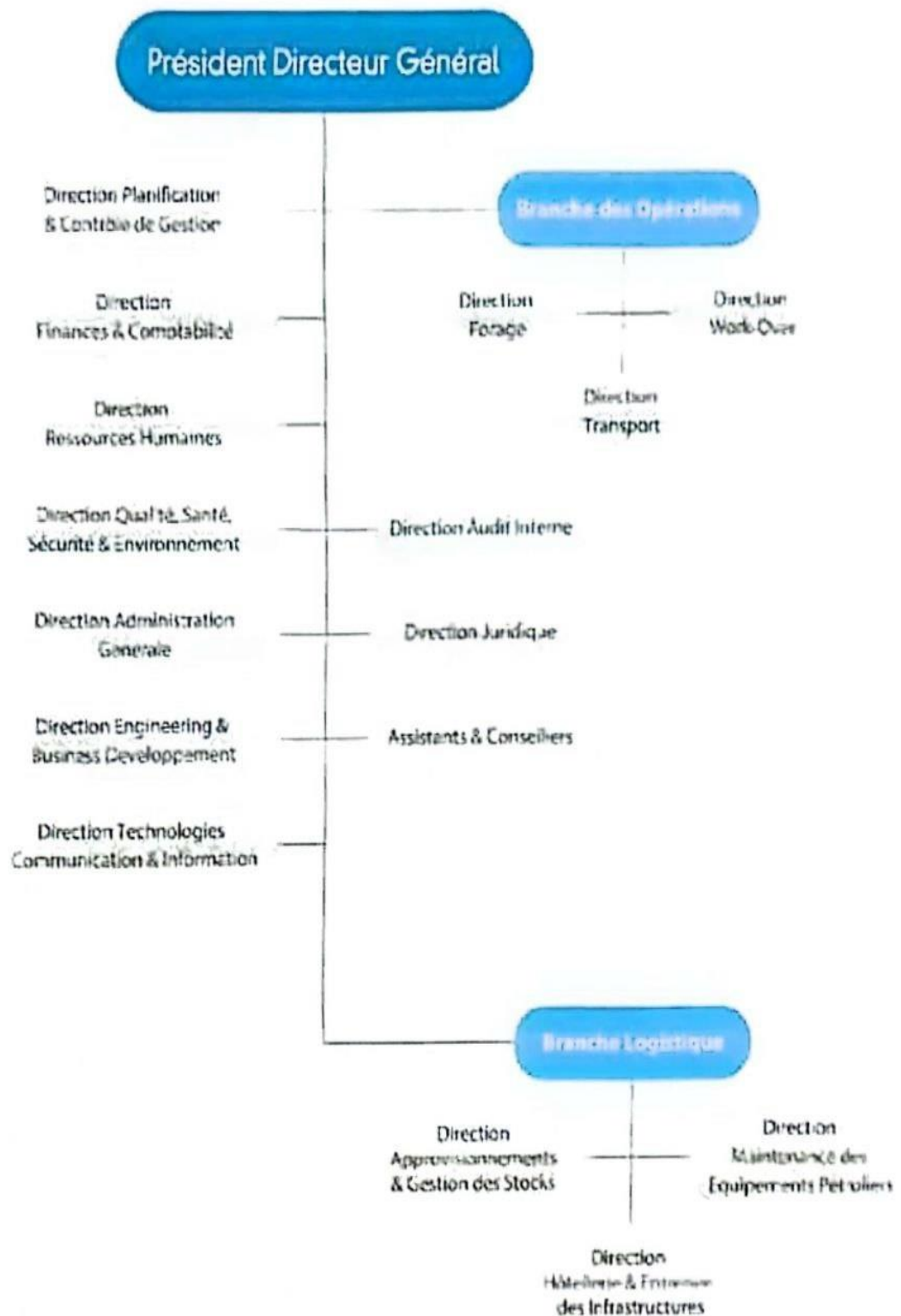
Suite aux différents problèmes que se manifestent sur les puits déjà forés et qui demandent des interventions lourdes à savoir fraisage et restaurations des csg et parfois forage en short radius, l'entreprise nationale a mis une flotte d'appareils lourds et soumis lourds pour répandre au besoin exprimé par le client, toute en créant une direction charge des de l'activité work-over destine pour réparations des puits.

### **I.2.3 : logistique**

Le nombre important des appareils de forage et work-over a imposé à l'entreprise nationale de forage à créer d'autres directions à savoir direction de transport pour faciliter les opérations de DTM selon les clauses contractuelles ainsi que le transfert des équipements tubulaire entre chantier et base ainsi que les équipements liés aux opérations dans un intervalle de temps très réduit.



I.1 : Photo illustrative d'un appareil de forage sur un champ pétrolier



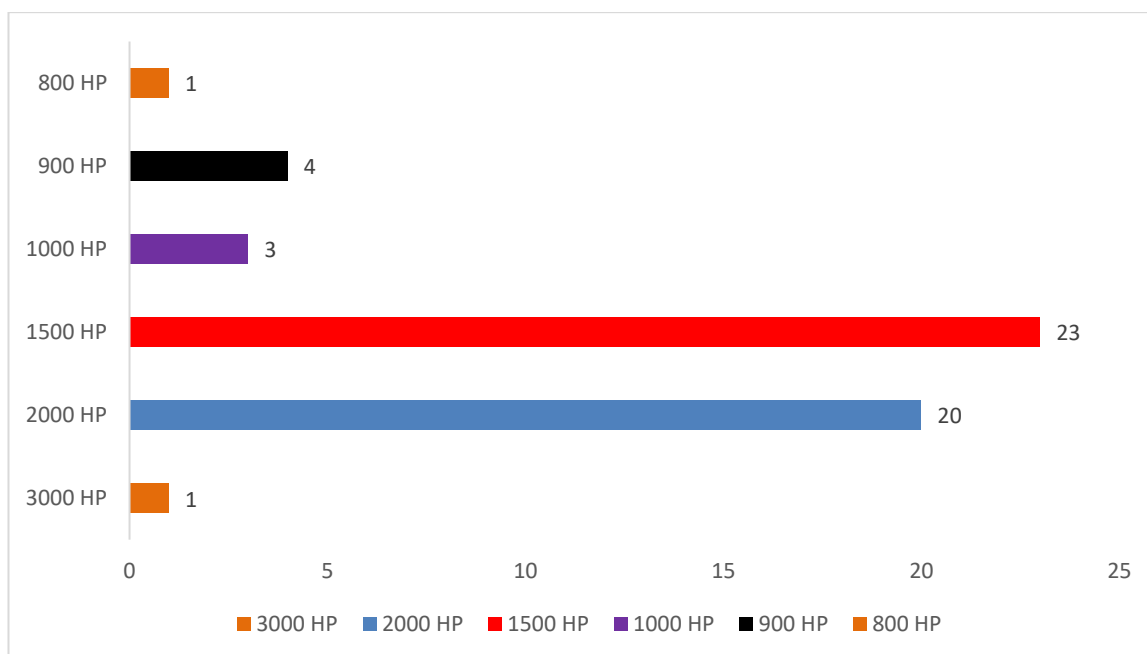


### I.4 : Composition du parc d'appareils I.4

ENAFOR dispose depuis sa création en 1966 jusqu'à 2024 de (52) appareils de différentes marques et puissances, lourds et moins lourds.

#### I.1 Tableau répartition des appareils selon leur puissance et leur fabricant

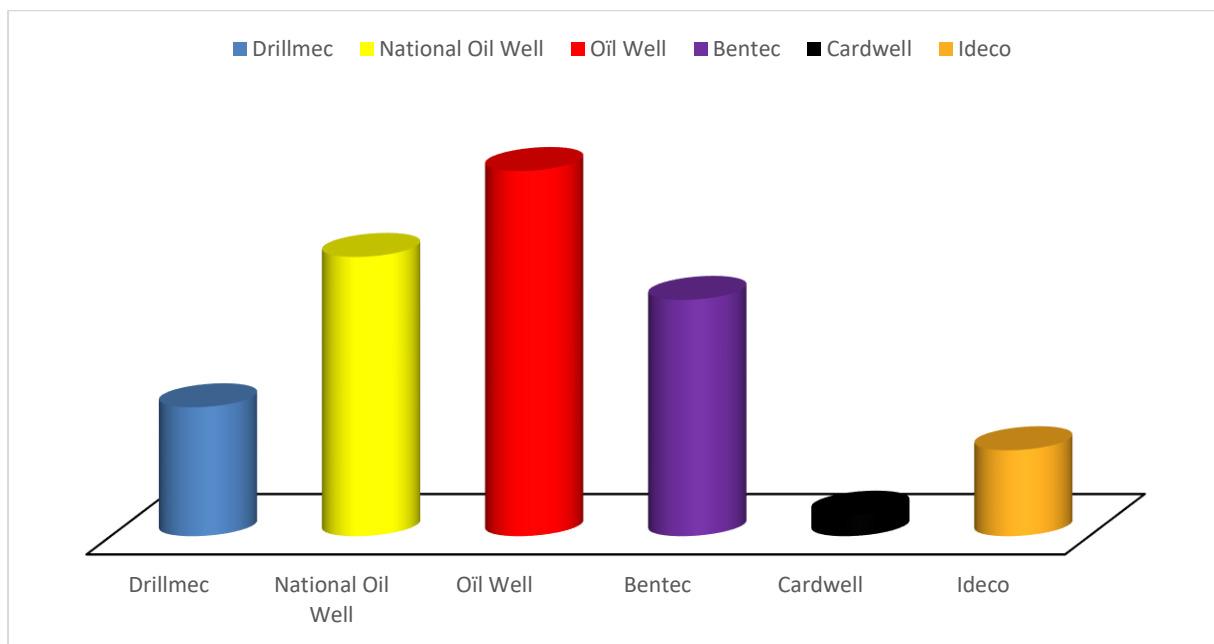
|        |   |
|--------|---|
| 3000HP | -01Drillmec MSA 800 GD  |
| 2000HP | -06 Nat oilwell 200 UE<br>-05 Oilwell E2000<br>-02 National 1320UE<br>-02 Bentec DWE2000<br>-05 Drillmec MAS700GD |
| 1500HP | -10 Oilwell 840E<br>-03 Nat oilwell D1500<br>-04 Bentec 1500 DC<br>- 05Bentec 1500AC<br>-01Oil well 840SE         |
| 1000HP | -01Cardwell k1000<br>-02Nat oilwell 760E  |
| 900HP  | 04Ideco 9000  |
| 800HP  | -01Oilwell 660E   |



#### I.2 : Graphe des appareils selon leur puissance

## I.4: Tableau des appareils selon leur marque

| Drillmec | National Oil Well | Oil Well | Bentec | Cardwell | Ideco |
|----------|-------------------|----------|--------|----------|-------|
| 6        | 13                | 17       | 11     | 1        | 4     |



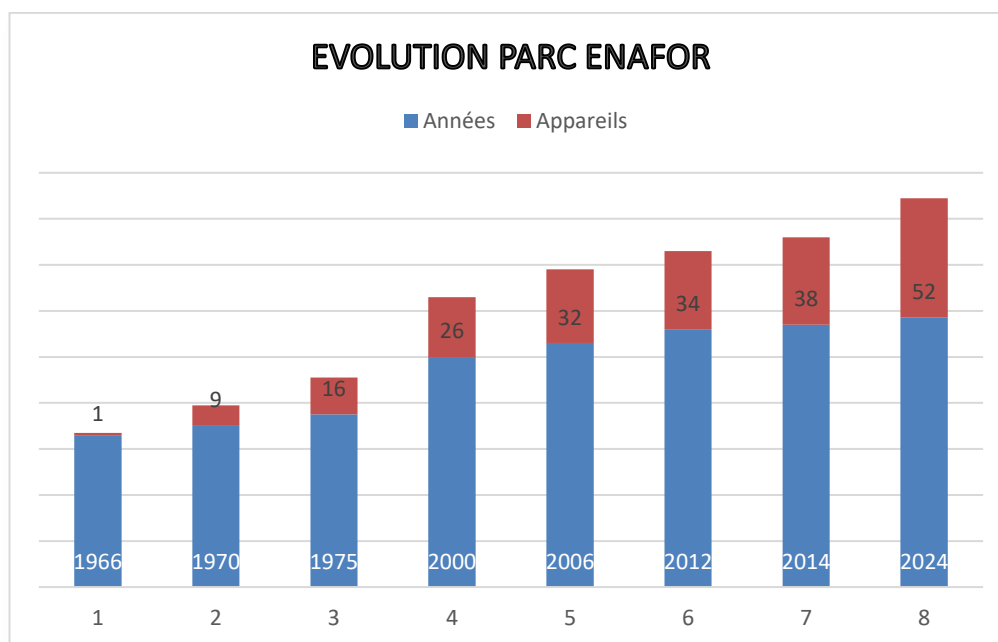
## I.3: Graphe des appareils selon leur marque

**I.4: Evolution du parc appareils**

Le parc d'appareils d'ENAFOR a été évolué d'un appareil en 1966 jusqu'à 52 appareils en 2023

## I.4: Tableau évolution du parc des appareils

| Années    | 1966 | 1970 | 1975 | 2000 | 2006 | 2012 | 2014 | 2024 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Appareils | 1    | 9    | 16   | 26   | 32   | 34   | 38   | 52   |



I.4: Graphe évolution des appareils

## I.6: Ressource humaines

Les Ressources Humaines, principal capital humain, constituent le facteur clé de la réussite pour ENAFOR. Sa politique dans la gestion de ses Ressources Humaines consiste à former et à retenir le personnel à haut potentiel dont l'Entreprise a besoin dans un environnement socio-économique de plus en plus ouvert et compétitif.

### I.6.1 : Formation et préparation de la relève

ENAFOR a mis une politique et une stratégie exceptionnelle afin de préparer la relève et de préserver sa richesse en ressource humaine.

- Ateliers de Mécanique pétrolière,
- Ateliers de Soudure et de construction métallique,
- Ateliers électrotechniques et électricité industrielle,
- Machine SHOPS,
- Base de Maintenance pour véhicules et engins lourds,
- Base d'équipements tubulaires (M.D.T)
- Le REVAMPING (Yards) pour la rénovation, la re-certification et la remise à niveau de ses appareils,
- Aire de Montage pour le montage et la réception de nouveaux appareils, ENAFOR a introduit le système de Gestion de la Maintenance Assistée par ordinateur (GMAO) qui assure régulièrement:

- Les travaux de maintenance préventive de l'ensemble de ses moyens de production et de logistique,
- Les mises à jour de la banque de données relative au cycle de vie de ses moyens.

### **I.7 : Certification**

Après la certification de son système de management de la qualité le 13 Janvier 2004, conformément à la norme ISO 9001-2000 et la certification de son système de management environnemental, selon la norme 14001-2004 le 06 Décembre 2005, ENAFOR a obtenu la certification triple de ses systèmes de management Qualité, Santé, Sécurité et Environnement (QHSE) le 06 Juin 2008 ISO 14001-2004 et OHSAS 18001-2007 à l'issue de deux audits de surveillance de son Système de Management Intégré (SMQHSE) déroulés respectivement en juin 2012 et juin 2013.

# **Chapitre II : Notions et généralités sur la Maintenance**

## **II.1: Définition de la maintenance**

NF EN 13306 (juin 2001): Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

Afnor (NF X 60-010): la maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifique ou en mesure d'assurer un service déterminé.

Dans une entreprise maintenir c'est donc effectuer des opérations (dépannage, réparation, graissage, contrôle,.....etc.) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la production avec efficacité et qualité.

### **II.1.1: Politique de maintenance**

XP X60-020 (1995): Orientation et objectifs généraux d'une entreprise, en ce qui concerne la maintenance, tels qu'ils sont exprimés formellement par la direction générale.

### **II.1.2: Stratégie de maintenance**

NF EN 13306 (juin 2001): Méthode de management utilisée en vue d'atteindre les objectifs de maintenance.

### **II.1.3: Histoire du nom Le terme maintenance**

Forgé sur les racines latines Manus et Ténéré, elle est apparue dans la langue française au XIIe siècle. L'étymologiste Wace a trouvé la forme main-teneor (celui qui soutient), utilisée en 1169 : c'est une forme archaïque de «< mainteneur.<<

### **II.1.4 : Facteurs favorisant l'émergence du besoin de maintenir**

La maintenance n'est pas une fin en soi, mais la réponse à l'émergence d'un besoin. D'où vient ce besoin ? Au niveau de l'entreprise, la recherche de réactivité, de qualité et de productivité est un objectif « moteur » rendant obligatoires et accompagnant les mutations de la maintenance comme de la production.

D'autres facteurs peuvent accélérer le passage de l'entretien à la maintenance:

A) La sensibilisation des décideurs aux économies et aux gains de performance que l'on peut espérer d'une maintenance optimisée du parc. Or tous ne sont pas également sensibilisés.

B) Le potentiel d'investissement de l'entreprise, qui favorise la dotation en équipements cohérents en disponibilité propre et qui donne les moyens de préserver cette disponibilité.

C) La nature du parc à maintenir des équipements homogènes, dont les technologies sont standardisées, de conception modulaire, se prêtent mieux à la maintenance qu'un parc disparate.

D) L'automatisation des processus, bien sûr, intégrant des technologies diverses dans un environnement informatisé.

E) La criticité d'un matériel, sur le plan de la sécurité ou des coûts indirects engendrés par une défaillance.

Deux matériels identiques peuvent être l'un critique, l'autre non, suivant leur position dans le processus.

F) La présence de techniciens acceptant le travail en équipe polyvalente, prêts à prendre des initiatives en temps réel et à participer à des démarches « diagnostic. »

G) L'embauche de jeunes techniciens formés dans l'état d'esprit « maintenance. »

H) Certains aspects réglementaires peuvent favoriser la structuration d'un service Maintenance. Il en est ainsi de façon caractéristique pour la maintenance hospitalière (par l'accréditation des établissements et l'organisation du réseau de matériau-vigilance, par exemple).

Ces facteurs sont bien sûr interdépendants, la performance résultant aussi bien des hommes que des matériels et de leur environnement.

Lorsque ces facteurs n'existent pas, il est légitime de rester dans une logique d'entretien traditionnel.

## **II.1.5: Métiers de la maintenance**

### **II.1.5.1 : Responsable du service**

Souvent ingénieur généraliste, il est peut-être issu de la promotion interne, car le poste exige une bonne connaissance du terrain (organisation, environnement.

ressources humaines et matérielles), mais aussi de la pathologie des équipements sensibles. Outre la responsabilité classique de la gestion et de l'animation d'un service technique, le poste présente plusieurs aspects particuliers.

- **Le Contrôle de gestion** : l'exigence en matière de maîtrise économique des activités du service devient de plus en plus rigoureuse. Une aide extérieure peut être nécessaire à assurer cette fonction.

- **La Veille organisationnelle** » : la maintenance étant très évolutive, il lui faudra s'ouvrir aux organisations mises en œuvre ailleurs, en Europe et au-delà. Pensons à la TPM et à la MBF et rappelons que la maintenance se fait avec des hommes, et que l'efficacité du travail de ces hommes dépend de l'organisation dans laquelle ils s'insèrent.

- **Le Management de projets** » le chef de service sera souvent associé ou maître d'œuvre dans le management d'un ou de plusieurs projets concernant la maintenance (TPM, supervision, GMAO, ISO 9000 ou 14000, etc.).

**II.1.5.2 : Ingénieur** : « Études et travaux neufs » Légitimement rattachés à la maintenance, les techniciens des travaux neufs » ont pour mission de définir, puis de mettre en place et de démarrer les nouveaux équipements, ainsi que la logistique et tous les réseaux s'y rapportant.

**II.1.5.3 : Technicien du bureau des méthodes de maintenance** : Le bureau des méthodes est au centre des activités de la maintenance. Les agents des méthodes ont pour missions principales :

- L'exploitation des retours d'expérience en temps, en coûts et en analyse qualitative des défaillances, ces retours devant être partagés avec le terrain,

- L'amélioration des performances des équipements et des intervenants,

- La préparation des actions préventives ou correctives, ce qui implique en amont la gestion de la documentation technique, en aval la maîtrise logistique associée à ces actions.

**II.1.5.4: Technicien d'intervention de l'antenne de secteur**

Une forte technicité adaptée aux technologies du secteur est requise pour ces techniciens travaillant en équipe. Surveillance, dépannages et réparations, mise en œuvre d'amélioration et d'actions préventives, ils sont amenés à former et à soutenir les opérateurs en auto-maintenance, le cas échéant.



### **II.1.5.5: Technicien de l'atelier central**

Nous retrouverons ici les «< vieux métiers >> de l'entretien tourneurs, soudeurs, tuyauteurs, ajusteurs, chaudronniers, mais aussi électriciens, automaticiens, etc. Ils sont chargés de la remise à niveau d'équipements « déposés » à l'atelier central. Le magasin de maintenance fournit les moyens nécessaires aux différentes spécialités.

## **II.2 : Maintenabilité et maintenance**

Pour un technicien de maintenance, la maintenabilité est la capacité d'un équipement à être rétabli lorsqu'un besoin de maintenance apparaît. L'idée de (facilité) de maintenir se matérialise par des mesures réalisées à partir des durées d'intervention. Il est évident que la maintenabilité intrinsèque est le facteur primordial pour que la maintenance soit performante sur le terrain. En effet, une amélioration ultérieure de la maintenabilité initiale n'est jamais chose facile. Il est donc indispensable que la maintenance sache définir ses besoins et les intégrer au cahier des charges d'un équipement nouveau afin que celui-ci puisse être facilement maintenable.

## **II.3 : Démontage**

Elle concerne l'accès plus ou moins facile et plus ou moins rapide à des composants potentiellement «< fragiles >> et inaccessibles lorsque le sous-ensemble est monté. Elle se caractérise par des manœuvres rapides (portes de visites et capots avec verrous et charnières) demandant un minimum d'outils standards et facilitées par une documentation efficace (perspective éclatée montrant le fractionnement des éléments.)

## **II.4: Définition du management de la maintenance**

FD X60-000 (mai 2002): Toutes les activités des instances de direction qui déterminent les objectifs, la stratégie et les responsabilités concernant la maintenance et qui les mettent en application par des moyens tels que la planification, la maîtrise et le contrôle de la maintenance, l'amélioration des méthodes dans l'entreprise y compris dans les aspects économiques.

## **II.5 : Composantes du processus maintenance**

Une façon rigoureuse et systématique de s'assurer de la maîtrise des risques ayant un impact sur la conformité du produit consiste à maîtriser le processus et ses composants. Le management de l'activité de maintenance doit assurer la maîtrise de toutes ses composantes opérationnelles.

Catégories appelées les 5M

### **II.5.1: Main-d'œuvre (qui réalise)**

Le personnel, la hiérarchie, toutes les personnes qui concourent au fonctionnement de l'organisme ainsi que tout ce qui est relatif à l'action humaine: compétence, comportement, formation, qualification, communication, motivation, etc;.

### **II.5.2 : Milieu (quel est l'environnement de travail)**

Les conditions de travail (Température, bruit, propreté, éclairage, encombrement), l'ergonomie, les espaces verts, le parking, l'ambiance de travail, les relations, les contacts, les clients, les fournisseurs.

### **II.5.3: Méthodologies (comment réalise-t-on)**

En relation avec l'organisation procédures, spécifications, modes opératoires, procédés, gammes, modes d'emploi, consignes, notices, instructions;

### **II.5.4: Matériel (sur quoi agit-on)**

Tout ce qui nécessite un investissement et qui est donc sujet à amortissement : locaux, installations, machines, équipements et gros outillages, moyens de production et de contrôle;

### **II.5.5 : Moyens (avec quoi réalise-t-on)**

Tout ce qui est consommable, donc non investi: fluides, matières premières, énergie, composants, outillage, Logiciels, pièces de rechange.

## **II.6: Types de la maintenance**

Il existe dans le domaine de la maintenance deux de types de maintenance à savoir.

### **II.6.1: Maintenance préventive**

Ensemble des actions de contrôles, visites et intervention de maintenance effectuée préventivement.

La maintenance préventive s'oppose en cela à la maintenance corrective déclenchée par des perturbations ou par les évènements.

La maintenance préventive comprend:

- Contrôle et visite systématique.
- Les expertises, les actions et les remplacements effectués à la suite des contrôles et des visites.
- Remplacements systématique.
- La maintenance conditionnelle et les contrôles non destructifs.

### **II.6.1.1: Différents types de maintenance préventive**

#### **II.6.1.2: Maintenance préventive systématique**

##### **a) Visite systémique**

Ce sont des visites effectuées selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage. A chaque visite, on détermine l'état de l'organe qui sera exprimé soit par une valeur de mesure (Température, Intensité, Epaisseur) soit par appréciation visuelle.

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

##### **b) Remplacement systématique**

Selon un échéancier défini, on remplace systématiquement un composant un organe ou un sous ensemble par des visites systématique plutôt que par des remplacements systématique sauf dans le cas suivants

-Lorsque des raisons de sécurité s'imposent,

Lorsque le cout de la pièce concernée est si faible qu'il ne justifie pas des visites systématiques,

-Lorsque la durée de vie est connue avec exactitude par l'expérience.

Le risque de remplacement systématique est de changer des éléments encore capable d'assumer le bon fonctionnement pendant un temps non négligeable.

La visite systématique permet tout d'abord de capitaliser les expériences sur le comportement des organes soumis aux conditions d'utilisation réelle.

**c) Ronde ou visite en marche**

La visite systématique effectuée pendant le fonctionnement permet d'optimiser l'arrêt machine. Pour ce type de maintenance on suit l'effet de la dégradation ou l'usure.

Pour éviter le démontage indésirable, le contrôle est simple à réaliser lecture des paramètres, examens sensoriel. Les valeurs des paramètres pour fonctionnement normal sont connues à l'avance.

**II.6.1.3: Maintenance préventive conditionnelle**

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

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

Cela concerne certains types de défaut, de pannes arrivant progressivement ou par dérive. L'étude des dérives se fait dans le cadre des interventions de maintenance.

**II.6.2 : Maintenance corrective**

**NORME NF EN 13306X60-319** : Maintenance corrective après une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.

Elle est destinée à remettre un bien dans un état où il peut accomplir une fonction requise la maintenance corrective débouche sur deux types d'interventions

**II.6.2.1 : Types de maintenance corrective****II.6.2.2 : Maintenance corrective palliative (Dépannage)**

C'est un ensemble d'activités de maintenance corrective destiné à permettre à un bien d'accomplir provisoirement une fonction.

**II.6.2.3 : Maintenance corrective curative (Réparation)**

C'est un ensemble d'activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans état spécifié.

La maintenance corrective assure

-Amélioration éventuelle (Correction) visant à éviter la répétition de panne ou à minimiser ses effets sur le système (surveillance par analyse de vibration)

-Une mise en mémoire d'intervention permettra une amélioration ultérieure.

### **II.7 : Définition de la fonction requise.**

NF N 13306 (juin 2001) Fonction, ou ensemble de fonctions d'un bien considérées comme nécessaires pour fournir un service donné.

### **II.8 : Définition du terme (bien)**

FD X60-000 (mai 2002) Tout élément, composant, mécanisme, sous-système, unité fonctionnelle, équipement ou système qui peut être considéré individuellement.

**Chapitre III : Etude et  
analyse de la fiabilité et de la  
disponibilité des pompes à  
boue.**

### **III.1 : Introduction**

L'économie nationale est basée sur les hydrocarbures (pétrole et gaz) avec plus de 90 %, cette richesse naturelle constitue une source d'énergie très importante avec une valeur inestimable, l'exploitation de cette richesse souterraine demande des moyens financiers, humains, matériels et des étapes fondamentales bien déterminées, le forage est la première étape dans ce processus d'exploitation en thème d'exécution et l'opération la plus coûteuse et la plus délicate dans ce système. L'objectif principal des foreurs est la réalisation d'un trou conforme au programme planifié qui leur a été fourni, et aux meilleurs coûts possibles et dans des bonnes conditions techniques.

La technique et la technologie de forage des puits de pétrole et de gaz demandent des équipements de fond très développés tel que les outils et les turbines, ainsi que des équipements de surface lourds et puissants tel que les Tops Drives, Treuils, Tête d'injection, Table de rotation, BOP, Kommey et circuit de circulation.

Injection et la circulation de la boue de forage de différentes natures et rhéologies conçue pour maintenir les parois de trou, refroidir l'outil de forage et la barrière de sécurité qui fait face à une éventuelle venue, commence de la conduite de refoulement de la pompe à boue(forage) passant à travers les conduites montantes vers la tête d'injection puis injectée dans la garniture de forage et sortie à travers les trous (duses) de l'outil et remontée en espace annulaire.

Pour effectuer cette opération d'injection et de circulation avec une pression et un débit important il est nécessaire d'utiliser un équipement volumétrique puissant et robuste appelé la pompe à boue ou la pompe de forage.

### III.1.1 : Choix de la pompe de forage :

Le choix des pompes de forage a une grande importance pour assurer une circulation satisfaisante durant le forage des puits. Le choix consiste à déterminer à partir du programme de forage les paramètres principaux nécessaires pour la remontée des déblais et permettre un bon avancement de l'outil pendant toute la durée de forage. Et à partir de ces paramètres on détermine la pompe à utiliser correspondante pour le forage et on procèdera au choix de la pompe adéquate à partir de toutes les variétés existantes.

Le choix de la pompe se fait suivant deux paramètres importants :

- Le débit max, que la pompe peut atteindre.
- La pression maximale, que la pompe peut développer pour atteindre ce débit.

On calcul la puissance de pompage pour chaque phase de forage puis On compare la puissance maximale de chaque phase avec la puissance de service des pompes en place.

### III.1.2 : La puissance mécanique :

La puissance d'entrée des pompes de forage est suivant la formule suivant :

$$P_{mec} = P_{ref} Q_r / \eta_t \cdot \eta_m \cdot 44750$$

### III.1.3 : La puissance hydraulique pour chaque phase.

$$P_{hy} = P_{ref} \cdot Q_r / 44750 = P_m \eta_m \eta_t$$

Dont :

$P_{mec}$  : La puissance d'entrée des pompes pour fournir  $P_{ref}$  et  $Q_r$  [HP] (Horse Power)

$P_{hy}$  : La puissance hydraulique [HP]

$P_{ref}$  : La pression de refoulement en [kpa]



$\eta_m$  : Rendement mécanique interne de la pompe

$\eta_t$  : Rendement mécanique interne de la transmission

$Q_r$  : Le débit réel mesuré en [L/min]

### III.1.4 : Calcul des pertes de charges :

#### III.1.4.1 : Les équations de pertes des charges utilisées en forage :

Dans une conduite, tout fluide en mouvement perd une partie de son énergie par dissipation en forces de frottement : Frottement interne au fluide dus à sa viscosité ; Frottement externe dus à la rugosité des parois de la conduite Cette partie d'énergie est appelée perte de charge et s'exprime par la différence de pression du fluide entre deux points de la conduite. Par exemple, la boue de forage en circulation possède au départ une énergie représentée par la pression à la sortie de la pompe. Cette énergie est entièrement perdue dans le circuit boue puisque, au retour dans les bassins, la pression de est nulle.

La pression à la sortie de la pompe exprime, dans ce cas, la somme des pertes de charge dans le circuit. Ces pertes de charge se produisent :

- A l'intérieur des duses de l'outil
- Dans le circuit de surface
- A l'intérieur de la garniture
- A l'intérieur des tiges de forage
- A l'intérieur de masse tige
- A l'intérieur de tige lourde
- A l'intérieur de l'espace annulaire
- Tubage / tiges de forage
- Trou / tiges de forage
- Trou / masse tige
- Trou / tige lourde

On prend en considération la perte de charge à l'intérieur de tool-joint des tiges de forage, tel que la somme des longueurs de la tool-joint correspond 5% la somme des longueurs des tiges, ainsi que le diamètre intérieur de la tool-joint égale à (3" ¼). On néglige la différence du diamètre entre les tool-joint et les tiges de forage dans le Cas

du calcul des pertes à l'intérieur de l'espace annulaire c-à-dire on a le même diamètre extérieur.

D'après le formulaire du foreur et en supposant que le fluide est un modèle de BINGHAM,

Nous sommes basés sur les équations suivantes :

### III.1.4.2 : Les pertes de charge aux installations de surface :

$$P = N1 \times B \quad \text{dont} \quad B = d^{0.8} \cdot \mu^{0.2} \dots\dots\dots \text{(Formulaire de foreur)}$$

B : Coefficient correspond à la boue en circulation

N1 : Coefficient des pertes de charge

d : Masse volumique de la boue en [kg/L]

$\mu$  : Viscosité en [cp]

### III.1.4.3: Les pertes de charge dans les orifices de trépan :

$$P = d \cdot Qr^2 / 2959,41 \cdot C^2 \cdot A^2 \dots\dots\dots \text{(Formulaire de foreur)}$$

Dont :

$Qr$  : Le débit réel mesuré en [L/min]

A : aire totale des duses en [in<sup>2</sup>] ;

C : coefficient d'orifice :

C=0,80 pour les outils sans jet ;

C=0.95 pour les outils à jet

### III.1.4.4: Les pertes de charge à l'intérieur de la garniture :

$$P = Qr^{1.8} \times B / 901.63D^{4.8} \dots\dots\dots N \dots\dots \text{(Formulaire de foreur)}$$

Dont :

L : longueur en [m]

D : diamètre intérieur garniture [in]

B : coefficient correspond à la boue en circulation

### III.1.4.5: Les pertes de charge dans l'espace annulaire :

$$P_{\text{esp-an}} = Q^{1.8} \times L \times B / 706.96 (D_{o/h} + D_{\text{ex tige}})^{1.8} \times (D_{o/h} - D_{\text{ex tige}})^3$$

Dont :

$D_o$  : Diamètre extérieur annulaire [in] ;

$D_{\text{ext}}$  : Diamètre intérieur annulaire (extérieur garniture) [in] ;

### III.1.4.6: Calcul des pertes de charge pour chaque phase de forage selon le programme standard sur un champ de développement à HMD

| Programme standard de forage d'un puits sur un Champ de développement HMD |                   |               |               |                |                |
|---|-------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| Puits à forer   | Diamètre (in)     | Phase 26"     | Phase 16"     | Phase 12 1/4 " | Phase 8 1/2"   |
|   | Prof - forée      | 353           | 2106          | 241            | 1440           |
| Tubage  | Diamètre ext      | 18",625       | 13"3/5        | 9 "5/8         | 7"             |
|   | Diamètre int      | 87,5          | 68            | 47             | 29             |
|   | Longueur tbg      | 17,755        | 12,415        | 8,681          | 6,184          |
|   | Poind linéaire    | 413           | 2519          | 2760           | 1716           |
| Paramètres de forage  | Débit (l/m)       | 3400          | 3000          | 2800           | 1800           |
|   | Densité           | 1,05          | 1,3           | 2,05           | 1,3            |
|   | Viscosité         | 66            | 58            | 50             | 40             |
| Tige de forage  | Diamètre ext (in) | 5,5           | 5,5           | 5,5            | 5,5" et 5"     |
|   | Diamètre int (in) | 4,778         | 4,778         | 4,778          | 4,778 et 4,276 |
|   | longueur (m)      | 183,84        | 2263,5        | 5,5            | 2519 et 1426   |
| Tige lourdes  | Diamètre ext (in) | 5,5           | 5,5           | 3,25           | 5              |
|   | Diamètre int (in) | 3,25          | 3,25          | 55,8           | 3              |
|   | longueur (m)      | 55,5          | 55,8          | 8              | 55,8           |
| Masse tige  | Diamètre ext (in) | 8 et 9,5      | 8 et 9,5      | 8              | 6,5            |
|   | Diamètre int (in) | 2,81 et 3     | 2,81 et 3     | 2,81           | 2,813          |
|   | longueur (m)      | 139,5 et 22,6 | 158,1 et 22,6 | 148,8          | 179,7          |
| Outil ( Trépan)   | Diamètre          | 26            | 16            | 12" 1/4        | 8,5            |
|   | TFA               | 0,942         | 0,994         | 1,553          | 1,2            |

### 3.1.4.6 : Tableau de programme forage

1<sup>ère</sup> phase :(26")

## A) Calcul pertes de charge à intérieur de la garniture :

➤ 1. Tool-joint

$$P_{jt} = Q^{1.8} \times L_{jt} \times B / 901.63 D_{jt}^{4.8} \dots\dots\dots \text{(Formulaire de foreur)}$$

La longueur totale de tous les tool-joint égale à 5% de la longueur totale des tiges de forage pour chaque phase :

LTJ= 0,05. 183,84=9,192 m et DTJ=3" ¼=3,25".

Application numérique :

$$P_{jt} = 1.05^{0.8} \times 3400^{1.8} \times 9.192 \times 66^{0.2} / 901.63 \times 3.25^{4.8} = 194.18 \text{ kpa}$$

➤ Tige de forage :

$$P_{dp} = Q^{1.8} \times L_{dp} \times B / 901.63 D_{DP}^{4.8} \dots\dots\dots \text{(Formulaire de foreur)}$$

Application numérique :

$$P_{dp} = 3400^{1.8} \times 174.65 \times 66^{0.2} / 9.192 \times 4.778^{4.8} = 580,27 \text{ Kpa}$$

➤ Tige lourdes :

$$P_{hw} = Q^{1.8} \times L_{hw} \times B / 901.63 D_{hw}^{4.8} \dots\dots\dots \text{(Formulaire de foreur)}$$

Application numérique :

$$P_{dp} = 3400^{1.8} \times 55.8 \times 66^{0.2} / 9.192 \times 3.25^{4.8} = 1178.8 \text{ Kpa}$$

➤ Masse tiges :

$$P_{DC} = Q^{1.8} \times L_{DC} \times B / 901.63 D_{DC}^{4.8} \dots\dots\dots \text{(Formulaire de foreur)}$$

Application numérique pour DC 8 et 9 5/8

**Cas 01 :**  $P_{DC} = 3400^{1.8} \times 139.1 \times 66^{0.2} / 9.192 \times 3^{4.8} = 5893.92 \text{ Kpa.}$

**Cas 02 :**  $P_{DC} = 3400^{1.8} \times 22.6 \times 66^{0.2} / 9.192 \times 3^{4.8} = 701.09 \text{ Kpa.}$

Perte de charge  $DC_T = DC_1 + DC_2 = 5893.92 + 701.09 = 6595.01 \text{ kpa}$

Les pertes de charge totale à l'intérieur de la garniture sont :

$$P_{\text{int-garniture}} = P_{tj} + P_{DP} + P_{HW} + P_{DC} \dots\dots\dots \text{(Formulaire de foreur)}$$

Application numérique :

$P_{\text{int-garniture}} = 194.18 + 580.27 + 1178.8 + 6595.01 = 8548.26 \text{ kpa}$

**B) Calcul les pertes de charge espace annulaire :**

➤ Trou - tige de forage

$$P_{DP/OH} = Q^{1.8} \times L_{DP} \times B / 706.66 \times (D_{O/H} - D_{e-tige})^{1.8} \times (D_{O/H} - D_{e-Ttige})^3$$

Application numérique :

$P_{DP} = 3400^{1.8} \times 183.84 \times 1.05^{0.8} \times 66^{0.2} / 706.66 \times (26-5.5)^{1.8} \times (26-5.5)^3$

$P_{dp-o/h} = 0.33 \text{ kpa.}$

➤ **Trou / Tige lourdes :**

$$P_{HW-O/H} = Q^{1.8} \times L_{HW-O/H} \times B / 706.66 \times (D_{O/HW} - D_{e-HW})^{1.8} \times (D_{O/HW} - D_{e-hw})^3$$

$$P_{DP} = 3400^{1.8} \times 55.8 \times 1.05^{0.8} \times 66^{0.2} / 706.66 \times (26-5.5)^{1.8} \times (26-5.5)^3$$

$P_{hw-o/h} = 0.1 \text{ kpa.}$

➤ **Trou / masse tige :**

$$P_{DC-O/H} = Q^{1.8} \times DC-O/H \times B / 706.66 \times (D_{O/HW} - D_{e-DC})^{1.8} \times (D_{O/HW} - D_{e-DC})^3$$

Application numérique pour DC 8” et 9 1/2 ”

$$P_{dc-o/h} = 3400^{1.8} \times 139.5 \times 1.05^{0.8} \times 66^{0.2} / 706.66 \times (26-8)^{1.8} \times (26-8)^3$$

$P_{dc-o/h} = 0.32 \text{ kpa}$

$$P_{dc-o/h} = 3400^{1.8} \times 22.6 \times 1.05^{0.8} \times 66^{0.2} / 706.66 \times (26-9.5)^{1.8} \times (26-9.5)^3$$

$P_{dc-o/h} = 0.06 \text{ kpa.}$

$$P_{dc(8\ 9\ 1/2)-O/H} = 0.32 + 0.6 = 0.38 \text{ kpa}$$

- **Perte de charge totale annulaire = 0.33+0.1+0.38 = 0.81 kpa**

**C) Calcul perte de charge trépan :**

➤ **Trépan**

$$P_{outil} = d \times Q^2 / 2959.41 \times c^2 \times A^2 \dots\dots\dots(\text{Formulaire de foreur})$$

Application numérique :

$$P_{outil} = 1.05 \times 3400^2 / 2959.41 \times 0.95^2 \times 0.942^2$$

$$P_{\text{outil}} = 5121.82 \text{ kpa}$$

➤ **Equipement de surface :**

$$P_{\text{Epts-surface}} = N \times B$$

**N1** =378 (cas n°04) est déduite en fonction des équipements de surface dans le chantier qui

Correspond au cas n°04 d'après le formulaire du foreur

Application numérique :

$$P_{\text{Eqpt-surface}} = 378 \times 1.05^{0.8} \times 66^{0.2}$$

$$P_{\text{Eqpt-surface}} = 907.2 \text{ kpa}$$

$$P_{\text{pertes de charge totale}} = P_{\text{surface}} + P_{\text{intérieur}} + P_{\text{outil}} + P_{\text{annulaire}}$$

- $P_{\text{pertes de charge totale}} = 907.2 + 8548.26 + 5121.82 + 0.81 = 14577.55 \text{ KPA.}$

E) Les pertes de charge de chaque phase sont résumées dans le tableau ci-dessous.

| Phases à forer                | Phase I | Phase II | Phase III | Phase IV |
|-------------------------------|---------|----------|-----------|----------|
| Tool-joint                    | 194,18  | 2202,83  | 3032,82   | 2560,15  |
| Tige de forage                | 580,27  | 6582,7   | 9062,71   | 1534,44  |
| Tige lourde                   | 1178,8  | 1086,08  | 1343,64   | 403,34   |
| Masse tige                    | 6595,01 | 6800,41  | 8258,58   | 2597,85  |
| Csg -tige                     | /       | 5,53     | 371,86    | 1976,86  |
| Csg - tige lourdes            | /       | /        | /         | /        |
| Csg - masse tiges             | 0,33    | 45,41    | /         | 536,88   |
| Trou- tige lourdes            | 0,1     | 1,36     | 9         | 31,7     |
| Trou - masse tiges            | 0,38    | 8,92     | 127,04    | 453,11   |
| Trépan                        | 5121,28 | 4433,81  | 2507,33   | 1095,15  |
| Equipement de surface         | 907,2   | 717,43   | 888,52    | 265,74   |
| Pression de refoulement (psi) | 1473    | 1537     | 3012      | 3860     |

3.1.4.7 : Tableau des pertes de charge de chaque phase.



## III.2: Etude et analyse de la fiabilité et de la disponibilité de la partie hydraulique des pompes à boue durant l'année 2015

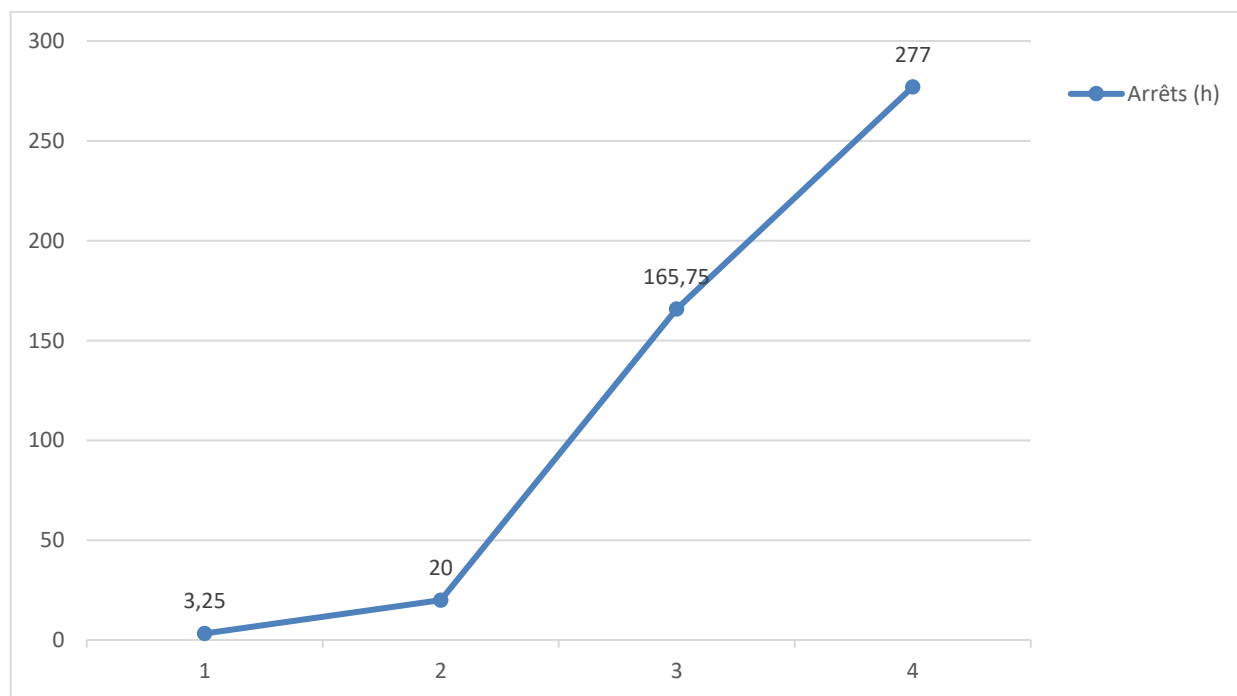
Le rôle des pompes à boue à travers les chantiers de forage et leurs influences sur le rendement de la production nécessite des études sur leurs fiabilités et leurs disponibilités pour évaluer leurs fonctionnements.

### III.2.1: Critère de choix de l'année 2015

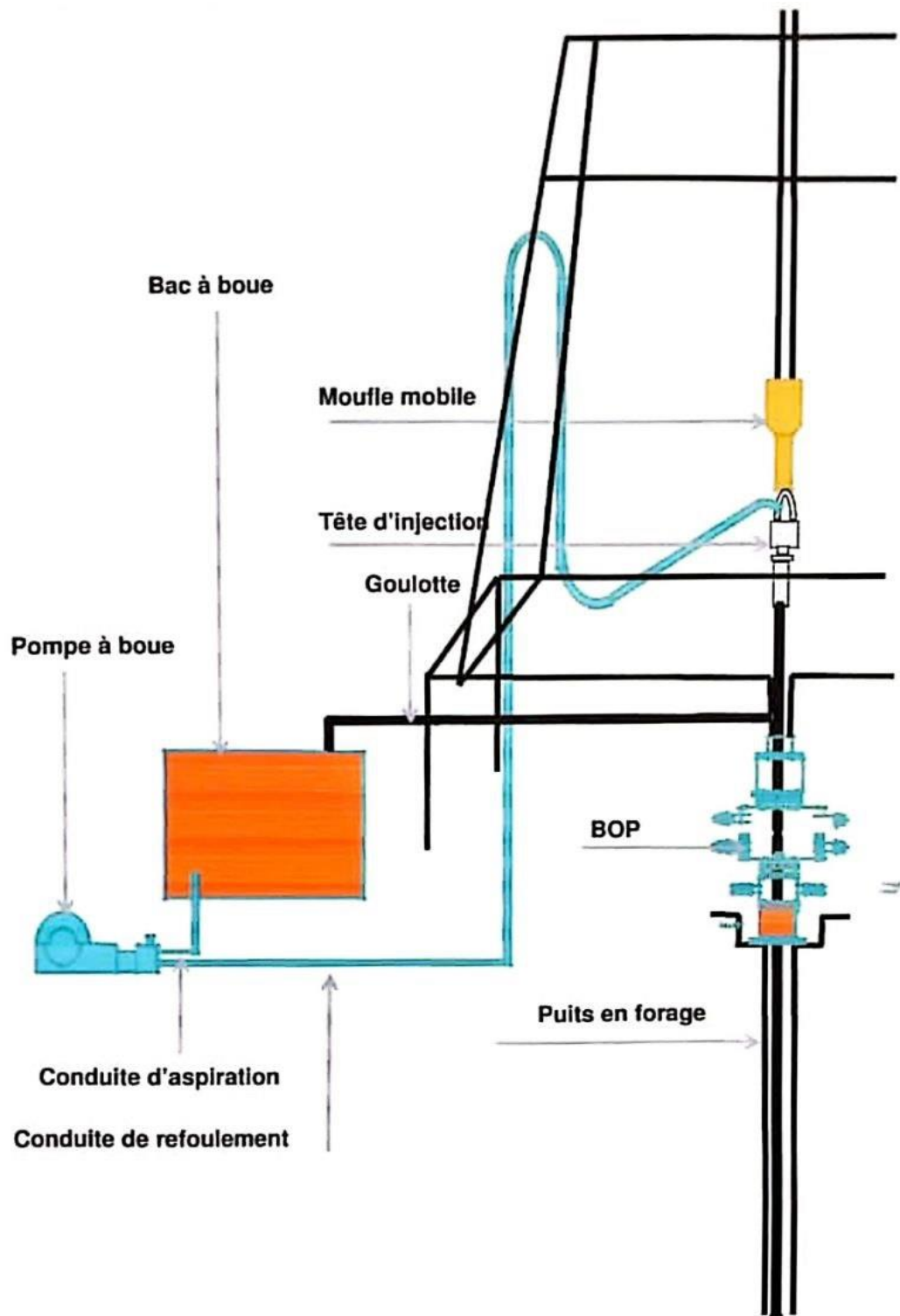
La filtration des arrêts sur les fiches historiques de la partie hydraulique des pompes à boue durant les années 2012, 2013, 2014, et 2015 nous a montré que cette dernière (2015) est classée en seuil avec un nombre d'arrêts assez important, ce chiffre élevé nous a mené à choisir 2015 comme objet dans notre étude.

#### III.1: Tableau des arrêts durant les années 2012, 2013, 2014 et 2015

| Années     | 2012 | 2013  | 2014   | 2015   |
|------------|------|-------|--------|--------|
| Arrêts (h) | 3.25 | 20.00 | 165.75 | 277.00 |



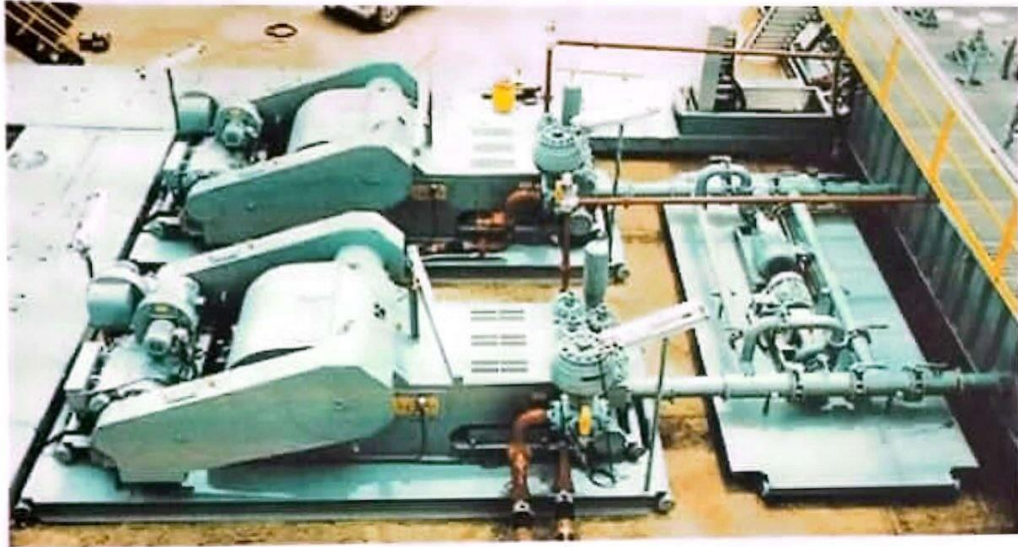
III.1 : Graphe des arrêts durant les années 2012, 2013, 2014 et 2015



III.2 : Circuit d'injection

### III.3 : Présentation et description des pompes à boue (forage) triplex

Sur un chantier de forage les pompes à boue sont des équipements puissants, robustes et consommatrices principales de la puissance, le forage d'un puits profond s'effectue à une pression de refoulement à la sortie de la pompe de 170 bars à 240 bars et un débit significatif de 500 à 900 L/min.



3.3: Photo des pompes forage sur chantier

### III.4 : Constitution de la pompe de forage

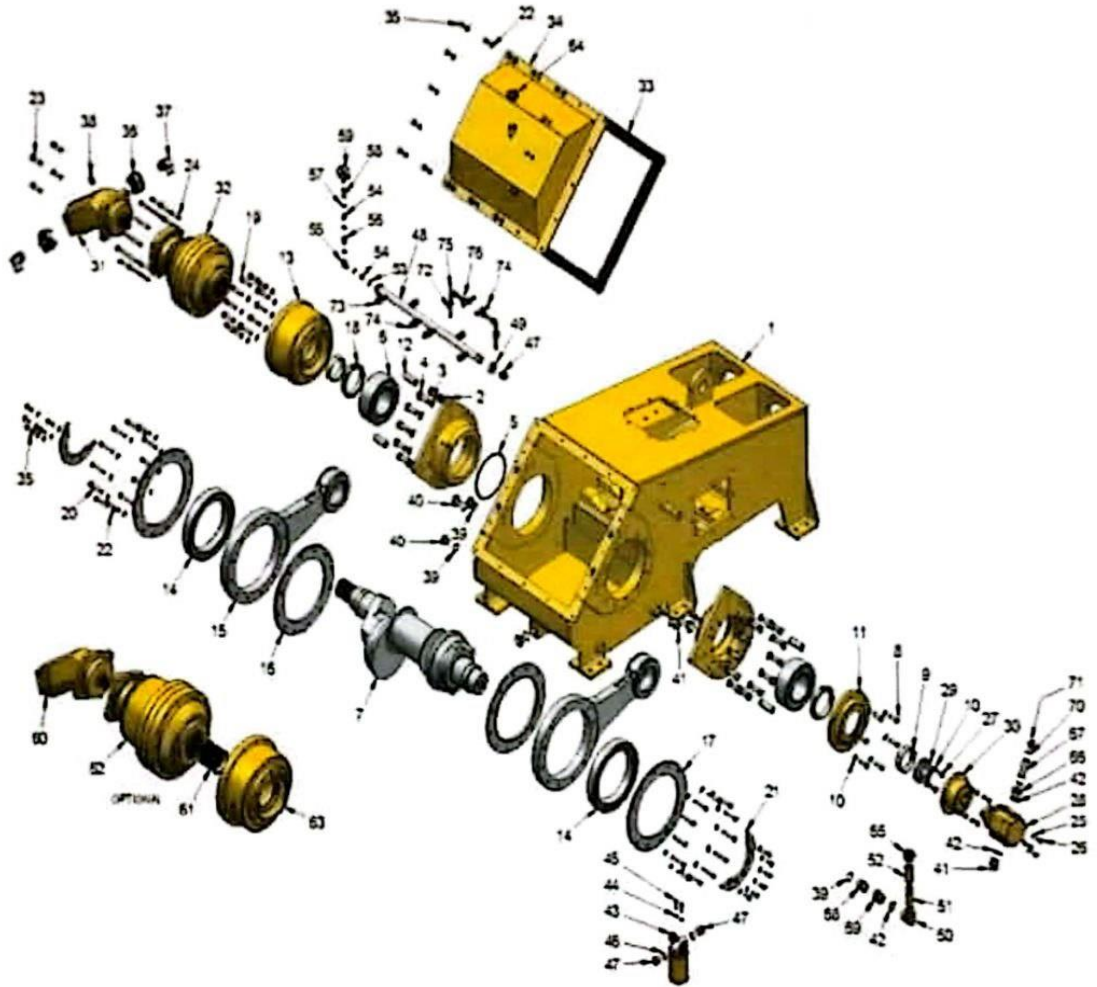
Les pompes de forage triplex sont constituées principalement de trois parties.

#### III.4.1 : Partie mécanique :

La partie mécanique représente la somme la plus élevée des achats, elle doit être robuste puissante pour accomplir sa mission et assurer une longue durée de vie, elle est constituée des organes suivants :

- Arbre à grand vitesse,
- Arbre petite vitesse ou vilebrequin,
- Système bielle, manivelle,

- La crosse et la rallonge de crosse,
- Le bâti /carter lubrificateur,
- Le système d'entraînement (pignon, chaines, roue denté,...).
- Des roulements.



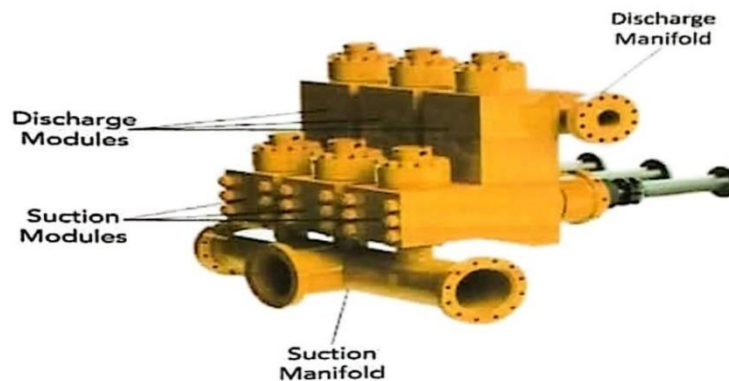
III.4 : Photo éclatée de la partie mécanique

### III.4.2 : Partie électrique

Cette partie est composée de moteurs électriques qui entraînent le système (pignon, chaîne et roue dentée) pour assurer la rotation de l'ensemble en transformant la rotation en mouvement translatif des pistons (système bielle-manivelle).

### III.4.3 : Partie Hydraulique

La partie hydraulique est fabriquée en acier, elle est fixée sur le ski et au carter de la partie mécanique. Elle est constituée d'un ensemble d'organes tel que siège, pistons, ressort, chemise, clapet, porte et corps robuste résistant aux différentes contraintes créées à l'intérieur des chambres d'aspiration et de refoulement, c'est la partie qui représente le plus de pannes et des arrêts.



Discharge module : Corps refoulement  
Suction module : Corps d'aspiration  
Suction manifold : Conduite d'aspiration  
Discharge manifold : Conduite de refoulement



3.5 Photos module hydraulique

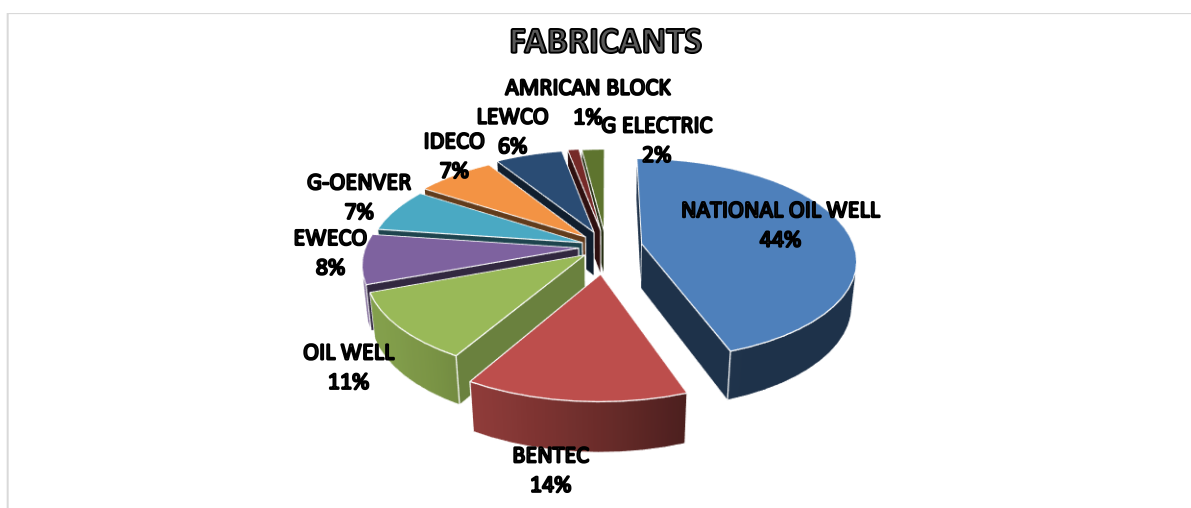
### III.5 : Différentes marques des pompes à boue sur ENAFOR

L'activité principale de l'ENAFOR est le forage des puits du pétrole et du gaz, cette tâche nécessite un équipement essentiel et fondamental qui est la pompe de forage afin de réaliser l'objectif selon les normes et le programme de client.

Depuis sa création en 1966 L'ENAFOR a développé et augmenté son parc de pompes en parallèlement avec les appareils de forage par l'acquisition des nouvelles marques reconnues et réputées mondialement.

#### III.2 : Tableau des différentes marques des pompes à boue

| FABRICANTS           | POMPES     |
|----------------------|------------|
| NATIONAL OIL WELL    | 45         |
| BENTEC               | 14         |
| OIL WELL             | 11         |
| EWECO                | 8          |
| G-OENVER             | 7          |
| IDECO                | 7          |
| LEWCO                | 6          |
| AMRICAN BLOCK        | 1          |
| G ELECTRIC           | 2          |
| <b>TOTALE POMPES</b> | <b>101</b> |



III.6: Graphe des différentes marques des pompes à boue

### III.6 : Classification des équipements ayant causés des arrêts en 2015

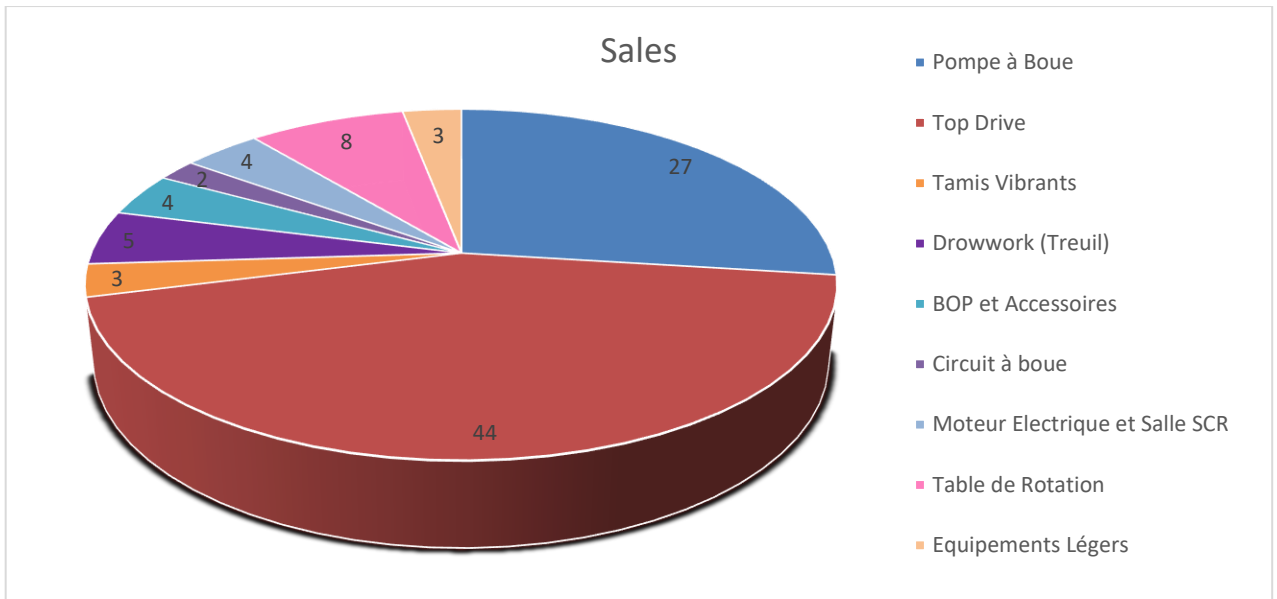
Cette classification relative aux arrêts et pannes de différents équipements est basée sur les données historiques de 16 chantiers collectées et traitées dont l'intérêt est de détecter le temps d'arrêt de chacun et celui causé par les pompes à boue (forage) afin de pouvoir

- Analyser les arrêts de chaque équipement.
- Calculer le coût de la maintenance des pompes à boue et ce de chaque chantier.
- Etudier et analyser leurs fiabilités et leurs disponibilités.

#### III.3 : Tableau des pannes de chaque équipement en 2015

| Equipements                    | Arrêt (h)     | Pourcentage (%) |
|--------------------------------|---------------|-----------------|
| Pompe à Boue                   | 227.00        | 23.52 %         |
| Top Drive                      | 447.75        | 46,26 %         |
| Tamis Vibrants                 | 25.50         | 2,63 %          |
| Drowwork (Treuil)              | 54.00         | 7%              |
| BOP et Accessoires             | 41.00         | 5,59 %          |
| Circuit à boue                 | 19.00         | 1.96 %          |
| Moteur Electrique et Salle SCR | 42.75         | 4.41 %          |
| Table de Rotation              | 85.75         | 8.86 %          |
| Equipements Légers             | 25.00         | 2.58 %          |
| <b>Total</b>                   | <b>967.75</b> | <b>100%</b>     |





III.7 : Graphe des pannes de chaque équipement en 2015

### III.6.1 : Analyse des pannes

Les données de ce graphe nous ont montré que:

- Les Tops drives sont classés en première position avec un pourcentage de 46.26% des arrêts, en effet plusieurs études ont été réalisées par les ingénieurs de service maintenance en vue de remédier à ce problème.

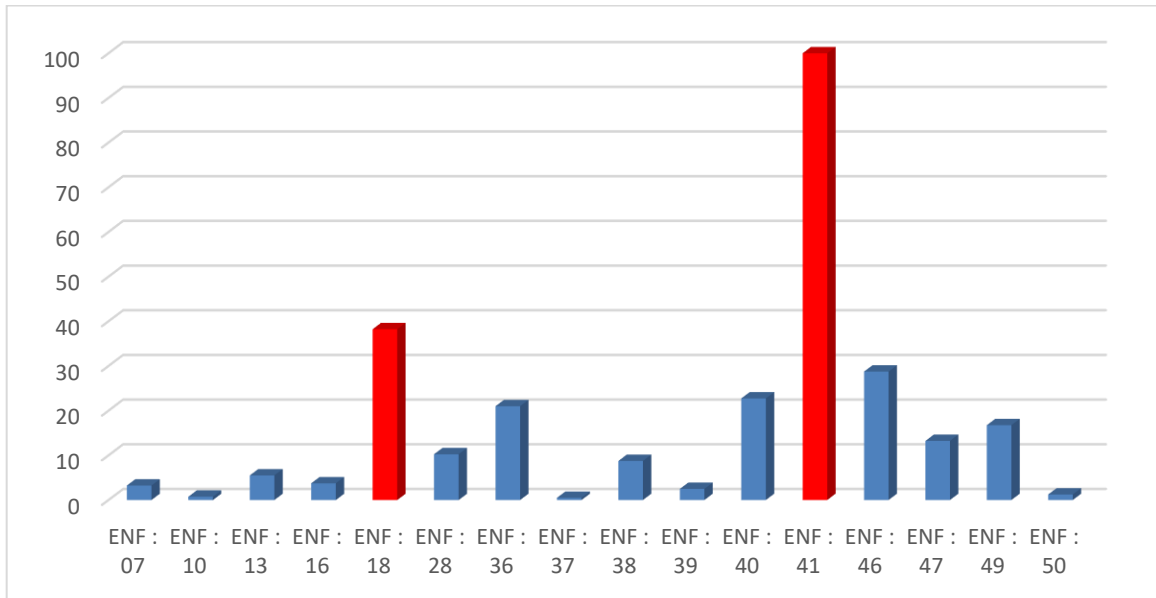
La deuxième position des pannes sont dus aux défaillances de la partie hydraulique des pompes à boue (forage) avec un pourcentage de 23.52 % ce qui nous a amené à faire une étude à ce sujet dans le but d'analyser les points ayant causés les pannes et de proposer des solutions adéquates et fiables.

- Les autres équipements tell que la table de rotation, treuil, moteurs, matériel léger, tête d'injection, circuit à boue, tamis vibrant, BOP et ses accessoires ont un pourcentage de défaillance acceptable avec moins de 10%.



III.4 : Tableau des pannes des pompes à boue par chantier

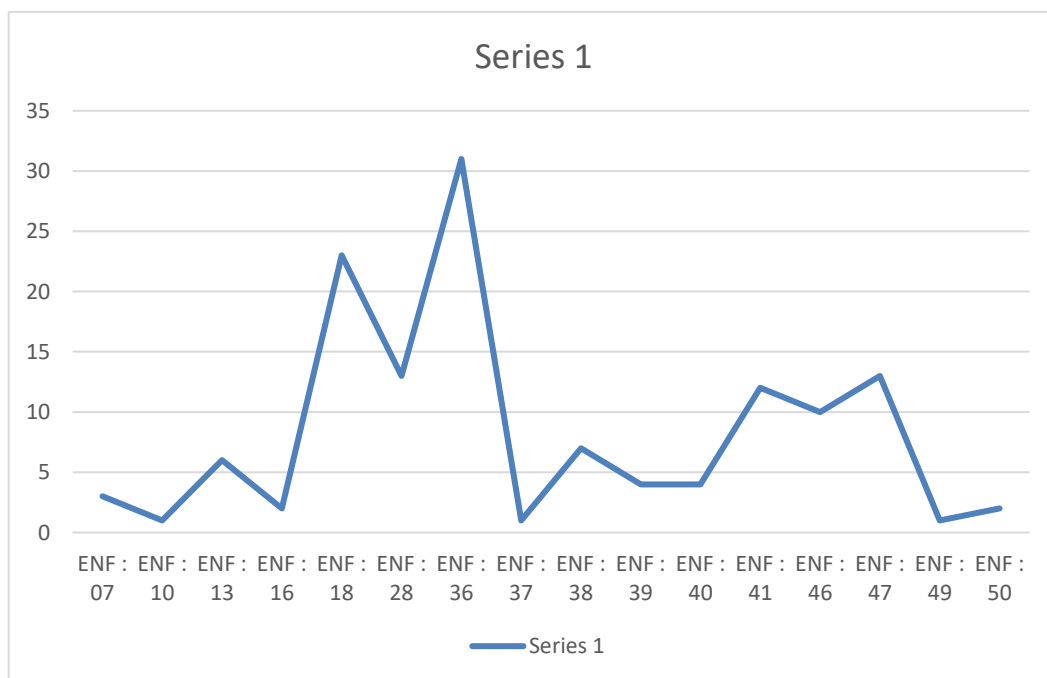
| Chantiers | Arrêts (h) |
|-----------|------------|
| ENF : 07  | 3.25       |
| ENF : 10  | 0.75       |
| ENF : 13  | 5.50       |
| ENF : 16  | 3.75       |
| ENF : 18  | 38.25      |
| ENF : 28  | 10.25      |
| ENF : 36  | 21.00      |
| ENF : 37  | 0.50       |
| ENF : 38  | 8.75       |
| ENF : 39  | 2.50       |
| ENF : 40  | 22.75      |
| ENF : 41  | 100.00     |
| ENF : 46  | 28.75      |
| ENF : 47  | 13.25      |
| ENF : 49  | 16.75      |
| ENF : 50  | 1.25       |



III.8 Graphes des temps d'arrêt

III.5 : Tableau des nombres d'intervention par chantier

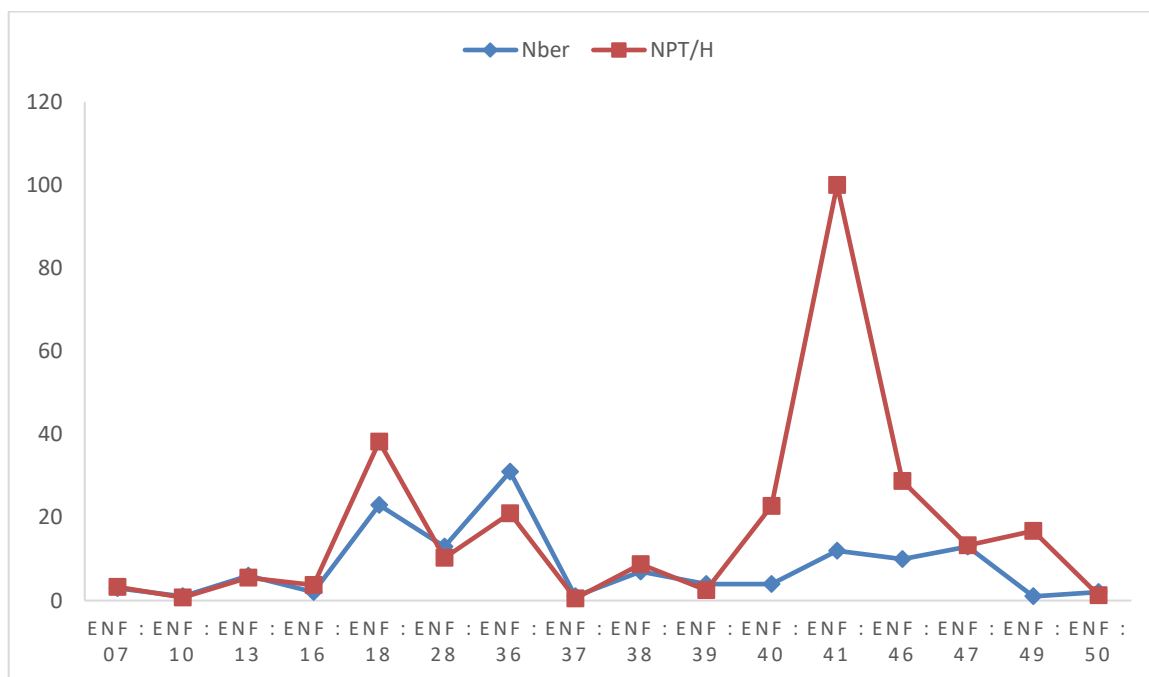
| Chantiers | Nombre d'intervention |
|-----------|-----------------------|
| ENF : 07  | 3                     |
| ENF : 10  | 1                     |
| ENF : 13  | 6                     |
| ENF : 16  | 2                     |
| ENF : 18  | 23                    |
| ENF : 28  | 13                    |
| ENF : 36  | 31                    |
| ENF : 37  | 1                     |
| ENF : 38  | 7                     |
| ENF : 39  | 4                     |
| ENF : 40  | 4                     |
| ENF : 41  | 12                    |
| ENF : 46  | 10                    |
| ENF : 47  | 13                    |
| ENF : 49  | 1                     |
| ENF : 50  | 2                     |



III.9 : Tableau des nombres d'intervention par chantier

III.6: Tableau des arrêts (h) et nombre d'intervention par chantier

| Chantiers | Intervention | Arrêts (h) |
|-----------|--------------|------------|
| ENF : 07  | 3            | 3.25       |
| ENF : 10  | 1            | 0.75       |
| ENF : 13  | 6            | 5.50       |
| ENF : 16  | 2            | 3.75       |
| ENF : 18  | 23           | 38.25      |
| ENF : 28  | 13           | 10.25      |
| ENF : 36  | 31           | 21.00      |
| ENF : 37  | 1            | 0.50       |
| ENF : 38  | 7            | 8.75       |
| ENF : 39  | 4            | 2.50       |
| ENF : 40  | 4            | 22.75      |
| ENF : 41  | 12           | 100.00     |
| ENF : 46  | 10           | 28.75      |
| ENF : 47  | 13           | 13.25      |
| ENF : 49  | 1            | 16.75      |
| ENF : 50  | 2            | 1.25       |



III.10 : Graphe des arrêts (h) et nombre d'intervention par chantier

### III.7 : Calcul le coût de la maintenance des pompes a boue (forage )

$$\text{Coût de maintenance} = \text{Coûts direct} + \text{coûts indirects}$$

#### III.7.1 : Calcul les coûts indirects

**Coûts indirects :** Ce sont des coûts engendrés en fonction du temps suite à la défaillance d'un équipement, cette perte est estimée à 100 376.21 DA /H.

$$\text{Cout indirect} = 100\ 376.21 \times 277 = 27\ 804\ 210.17 \text{ DA}$$

**Commentaire :** le chiffre est élevé donc la nécessité de réduire les temps d'intervention est très demandée.

#### III.7.2 : Calcul les coûts directs

**Coûts direct :** Ce sont des frais de la pièce de rechange (PDR), de la main d'œuvre et de transport.

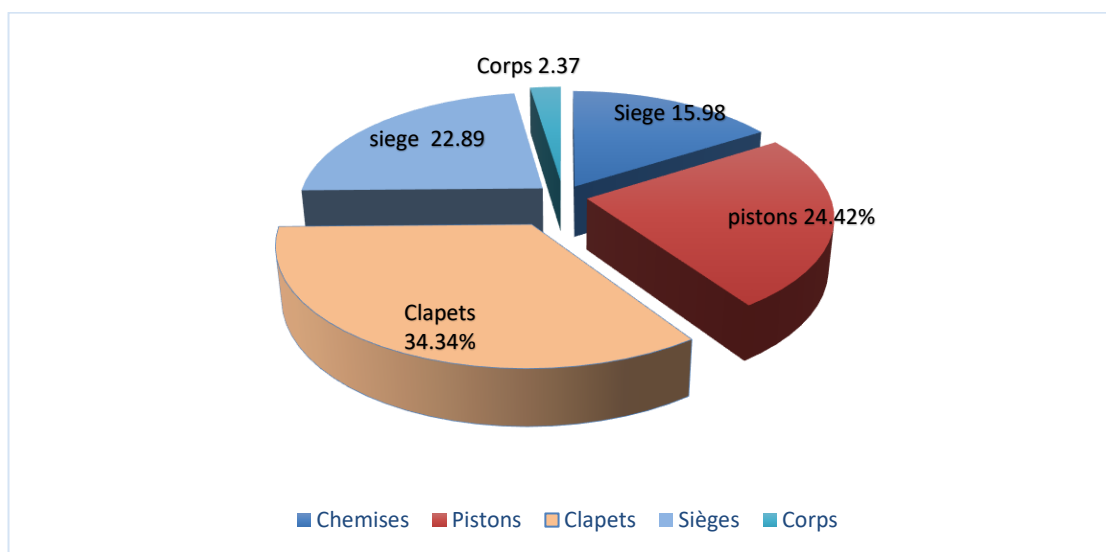
-La pièce de rechange est disponible sur chantier, la réparation de la partie hydraulique des pompes à boue (forage) ne fait pas appel à un personnel spécialisé, elle se réalisée avec la main d'œuvre du chantier donc les coûts de la main d'œuvre et de transport sont estimées à 3000 DA.

Pour pouvoir calculer les coûts directes de la maintenance nous avons besoin de la pièce de rechange consommée durant l'année 2015 et leurs tarifications (Coûts d'achat). Suite à nos recherches effectuées, nous avons recensé la pièce de rechange et nous l'avons reporté dans le tableau ci-dessous, notons que le nombre mentionné de la pièce de rechange peut être plus élevé pour des raisons suivantes:

- Fausse de déclaration.
- Consommation non déclarée.

III.7: Tableau de la PDR consommée durant l'année 2015 approximativement

| Chantiers     | Chemises  | Pistons    | Clapets    | Sièges     | Corps          | Total PDR  |
|---------------|-----------|------------|------------|------------|----------------|------------|
| ENF : 07      | 1         | 2          | 6          | 3          | 1 Refoulement  | 13         |
| ENF : 10      | 2         | 3          | 10         | 7          | 0              | 22         |
| ENF : 13      | 2         | 7          | 10         | 7          | 0              | 26         |
| ENF : 16      | 4         | 7          | 11         | 11         | 0              | 33         |
| ENF : 18      | 1         | 4          | 7          | 4          | 2 (ASP+ Ref)   | 18         |
| ENF : 28      | 11        | 18         | 33         | 17         | 3 (2Ref+1Asp)  | 82         |
| ENF : 36      | 9         | 13         | 27         | 21         | 2 ( ASP+ Ref ) | 72         |
| ENF : 37      | 7         | 12         | 12         | 9          | 0              | 40         |
| ENF : 38      | 14        | 15         | 24         | 17         | 0              | 70         |
| ENF : 39      | 0         | 0          | 2          | 2          | 0              | 4          |
| ENF : 40      | 0         | 2          | 2          | 1          | 2 Aspirations  | 7          |
| ENF : 41      | 15        | 23         | 5          | 4          | 0              | 47         |
| ENF : 46      | 2         | 1          | 3          | 0          | 0              | 6          |
| ENF : 47      | 2         | 2          | 3          | 1          | 0              | 8          |
| ENF : 49      | 3         | 2          | 2          | 1          | 1 Refoulement  | 9          |
| ENF : 50      | 1         | 2          | 2          | 1          | 0              | 6          |
| <b>TOTALE</b> | <b>74</b> | <b>113</b> | <b>159</b> | <b>106</b> | <b>11</b>      | <b>463</b> |



III.11: Graphe de la pièce de rechange consommé en 2015

**Commentaire :** Les pistons et clapets sont les plus usés et cela est dû à la pression des pompes lors de forage ainsi que les déblais et cutting.

III.8: Tableau des prix unitaires de chaque PDR Consommée

| <b>PDR</b>           | <b>PRIX UNITAIRE</b> |
|----------------------|----------------------|
| Corps d'aspiration   | 277.288,40           |
| Corps de refoulement | 554.576, 80          |
| Chemise              | 29.597,07            |
| Siege                | 5.957, 23            |
| Piston               | 5. 556,41            |
| Clapet               | 5. 457,56            |

$$\begin{aligned} \text{Coûts direct} = & PU_{corps} \times Nbre_{corps(Refoulement/aspiration)} + PU_{chemise} \times Nbre_{chemise} \\ & + PU_{siège} \times Nbre_{siège} + PU_{piston} \times Nbre_{piston} \\ & + PU_{clapet} \times Nbre_{clapet+couts M} + Nbre_{ametsXCMT} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coûts direct} = & 5 \times 277288.40 + 6 \times 554576.8 + 74 \times 29597.07 + 106 \times 5957.33 \\ & + 113 \times 5556.41 + 159 \times 5457.56 = 9862178,73 \text{ DA} \end{aligned}$$

$$\text{Coûts direct année 2015} = 98\,621\,78,73 \text{ DA}$$

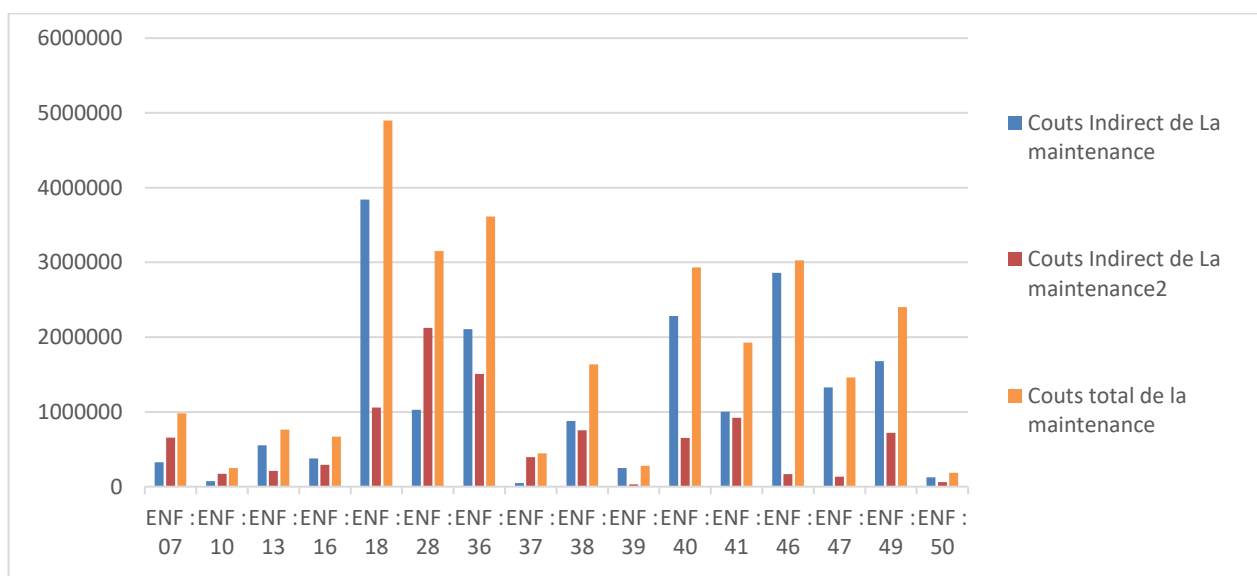
$$\text{Coûts de maintenance} = 27804210.17 + 9862178,73 = 37666388,90 \text{ DA}$$

$$\text{Coûts de la maintenance} = 37666388,90 \text{ DA}$$

**Commentaire :** couts total de la maintenance est celui engendré par les arrêts des pompes à boue plus de cout de la PDR.

III.9 : Tableau des coûts de maintenance par chantier en DA

| Chantiers    | Couts Indirect de La maintenance | Cout direct de La maintenance | Cout total de la maintenance |
|--------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| ENF : 07     | 326222,6825                      | 655653.74                     | 981876.42                    |
| ENF : 10     | 50188,105                        | 174389.58                     | 249671.73                    |
| ENF : 13     | 552069,155                       | 210865.22                     | 762934.37                    |
| ENF : 16     | 376410,7875                      | 294095.84                     | 670506.62                    |
| ENF : 18     | 3839390,033                      | 1060469.75                    | 4899859.78                   |
| ENF : 28     | 1028856,153                      | 2124147.54                    | 3153003.69                   |
| ENF : 36     | 2107900,41                       | 1505928.11                    | 3613828.52                   |
| ENF : 37     | 50188,105                        | 394462.20                     | 444650.30                    |
| ENF : 38     | 878291,8375                      | 756209.48                     | 1634501.31                   |
| ENF : 39     | 250940,525                       | 30329.58                      | 281270.10                    |
| ENF : 40     | 2283558,778                      | 650811.97                     | 2934370.74                   |
| ENF : 41     | 10037621                         | 922870.20                     | 1926632.20                   |
| ENF : 46     | 2885816,038                      | 166623.23                     | 3027345.21                   |
| ENF : 47     | 1329984,783                      | 132386.87                     | 1462371.65                   |
| ENF : 49     | 1681301,518                      | 721603.18                     | 2402904.69                   |
| ENF : 50     | 125470,2625                      | 61332.24                      | 186802.50                    |
| <b>Total</b> | <b>27 804 210.17 DA</b>          | <b>9862178.73 DA</b>          | <b>37666388, 90DA</b>        |



III.12 : Graphe des coûts de maintenances par chantier

### **III.8 : Calcul le taux de la fiabilité et le taux de disponibilité des pompes de forage par chantier.**

L'objectif principal de ces calculs est de déterminer le rendement des pompes de forage et d'évaluer la technicité et la maîtrise du personnel.

#### **III.8.1: Définition de la fiabilité**

La fiabilité caractérise l'aptitude d'un système ou d'un matériel à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné.

$$\text{Le Taux de Fiabilité} = 1/ \text{MTBF}$$

#### **III.8.2 : Disponibilité**

La politique de maintenance dans une entreprise est fondamentalement basée sur la disponibilité du matériel impliqué dans le système de production, pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit:

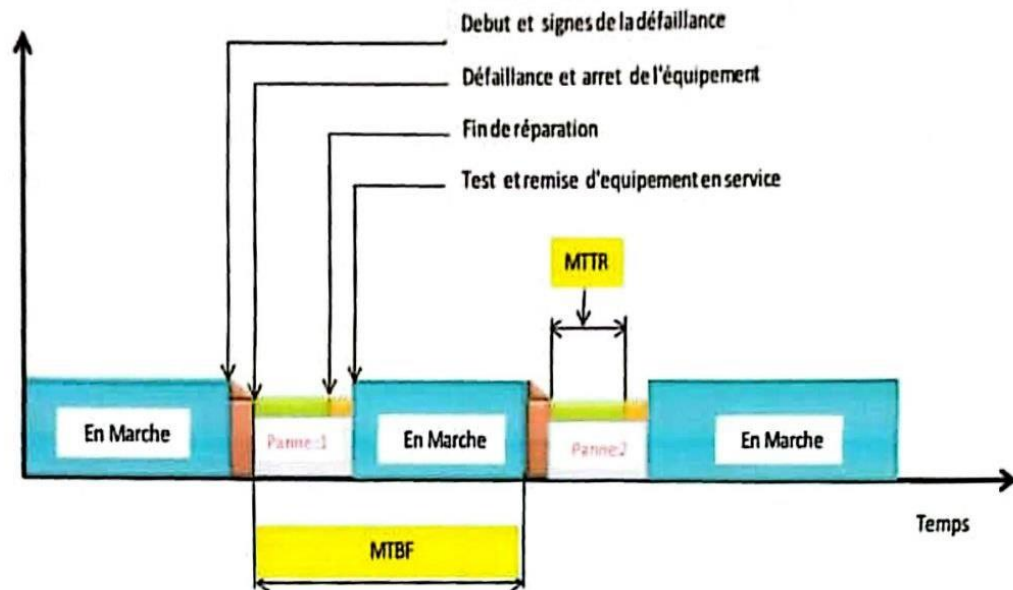
- Avoir le moins possible d'arrêts de production.
- Être rapidement remis en bon état s'il tombe en panne.

$$\text{Disponibilité} = \text{MTBF} / (\text{MTTR} + \text{MTBF})$$

- **MTTR (Moyen Temps Technique de Réparation)**
- **MTBF (Moyen Temps de Bon Fonctionnement)**

Le MTBF (Mean Time Between Failure) est souvent traduit comme étant la moyenne des temps de bon fonctionnement mais représente la moyenne des temps entre deux défaillances. En d'autres termes, Il correspond à l'espérance de la durée de vie.





3.1.:3 Schéma montrant MTTR et MTBF

### III.8.3 : Calcul MTTR (Temps technique moyen de réparation)

$$\text{MTTR} = \text{Temps Total d'Arrêts} / \text{Nombre d'Arrêts}$$

D'après la consultation des données historiques sur le système SAP nous avons trouvé le temps total d'arrêt des pompes à boue (forage) à travers 16 chantiers égal à 277 h et le nombre d'interventions de 139.

$$\text{MTTR} = 277 / 139 = 1.99 \text{ h}$$

Donc le moyen temps technique de réparation est **1.99 heures**.

**Commentaire :** le MTTR peut être réduit pour les pannes liées aux pistons et chemises ainsi que les clapets à 30 minutes car ces pannes sont fréquentes et leur changement ne demande qu'un simple démontage.

## III.8.4 : Calcul MTBF (Temps moyen de bon fonctionnement) par chantier :

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

Les durées de fonctionnement des pompes à boue de chaque chantier nous les avons collectées et filtrées approximativement, ci-dessous les données.

## III. 10 : Tableau des durées de fonctionnement des pompes a boue en 2015.

| Durée de fonctionnement (h) | Chantiers |
|-----------------------------|-----------|
| 985,00                      | ENF : 07  |
| 2458,00                     | ENF : 10  |
| 2161,25                     | ENF : 13  |
| 2218,75                     | ENF : 16  |
| 2089,50                     | ENF : 18  |
| 3346,75                     | ENF : 28  |
| 3059,00                     | ENF : 36  |
| 1777,25                     | ENF : 37  |
| 3235,00                     | ENF : 38  |
| 2172,25                     | ENF : 39  |
| 686,00                      | ENF : 40  |
| 1846,00                     | ENF : 41  |
| 2140,00                     | ENF : 46  |
| 2228,00                     | ENF : 47  |
| 1179,50                     | ENF : 49  |
| 683,25                      | ENF : 50  |

III.11 : Tableau MTTR, MTBF, Fiabilité et Taux disponibilité de chaque chantier

| Chantiers | MTTR (H) | MTBF                | Fiabilité<br>(arrêt/jour) | Taux de<br>disponibilité |
|-----------|----------|---------------------|---------------------------|--------------------------|
| ENF : 07  | 0.96     | 327.25 (13.63jrs)   | 0.073                     | 99.70                    |
| ENF : 10  | 1.48     | 2457.25 (102.38jrs) | 0.097                     | 99.93                    |
| ENF : 13  | 1.46     | 359.29 (14.97 jrs)  | 0.066                     | 99.58                    |
| ENF : 16  | 0.75     | 1107.5 (46.14 jrs)  | 0.021                     | 99.93                    |
| ENF : 18  | 1.60     | 89.18 (3.71 jrs)    | 0.269                     | 98.23                    |
| ENF : 28  | 1.58     | 256.65 (10.69 jrs)  | 0.093                     | 99.38                    |
| ENF : 36  | 0.80     | 98 (4.08 jrs)       | 0.245                     | 99.19                    |
| ENF : 37  | 1.13     | 1776.75 (74.03 jrs) | 0.013                     | 99.93                    |
| ENF : 38  | 1.06     | 460.89 (19.20 jrs)  | 0.052                     | 99.77                    |
| ENF : 39  | 0.68     | 542.43 (22.60 jrs)  | 0.044                     | 99.87                    |
| ENF : 40  | 2.35     | 165.81 (6.9 jrs)    | 0.165                     | 98.60                    |
| ENF : 41  | 2.25     | 145.5 (6.06 jrs)    | 0.165                     | 98.47                    |
| ENF : 46  | 2.30     | 211.12 (8.79 jrs)   | 0.113                     | 98.92                    |
| ENF : 47  | 1.04     | 170.36 (7.09jrs)    | 0.141                     | 99.39                    |
| ENF : 49  | 5.78     | 1162.75 (48.44 jrs) | 0.020                     | 99.50                    |
| ENF : 50  | 1.55     | 341 (14,20 jrs)     | 0.070                     | 99.56                    |

### III.8.5 : Conclusion

Les chantiers ENF 10, ENF 37 ont enregistré un excellent MTBF cela indique que des entretiens et des réparation préventives se font de manière régulière et en temps masqué à savoir (DTM et pendant d'autres opérations dont la fonction de la pompe est exclue).

Les chantiers Enf :10, Enf :16, Enf: 13, Enf :39, Enf: 49 et Enf :50 ont une très bonne disponibilité plus 99.50 %, les chantiers Enf:28, Enf :47 et Enf :36 ont une disponibilité proche de 99.50, les chantiers 18, 41, 40, 46 ont enregistrés un taux de disponibilité loin de taux recommandé.

Les chantiers Enf 18, Enf 38, Enf 40, Enf 46, Enf 47 ont enregistré un taux d'arrêt par jour important par rapport aux autres chantiers.

Et pour améliorer MTBF, augmenter le taux de disponibilité et diminuer le taux d'arrêt des pompes à boue nous proposons des actions suivantes.

- Formation du personnel chargé de la réparation des pompes en vue de diminuer le MTTR.
- Revoir les conditions de fonctionnement de ces pompes pour diminuer les nombre d'arrêts.
- Se baser sur la maintenance préventive en procédant aux contrôles périodiques et systématiques dans des temps masqués.
- Le temps dans les chantiers de forage est très couteux et pour le préserver en sens productif, il est nécessaire d'unifier les efforts techniques, professionnels et financiers afin de pouvoir minimiser les arrêts et augmenter en parallèle la disponibilité des équipements

# **Chapitre VI**

## **Analyse AMDEC de la partie hydraulique des pompes à boue**

### **IV.1 : Introduction**

L'analyse des modes de défaillance, leurs effets et leur criticité (AMDEC) est une méthode d'analyse de la fiabilité et de la qualité d'un système qui permet de recenser les défaillances dont les conséquences affectent directement le fonctionnement de la machine, système de gestion, sécurité et la production.

Le présent chapitre est consacré à l'étude AMDEC de la partie hydraulique des pompes à boue (forage).

### **IV.2 : Types AMDEC**

Ils existent plusieurs types AMDEC à savoir:

#### **IV.2.1 : AMDEC produit**

C'est une étude d'analyse de la conception d'un produit dont l'objectif est d'améliorer la qualité et la fiabilité provisionnelle. Les solutions technologiques doivent être liées au cahier des charges, cette AMDEC est sous la responsabilité du bureau d'études.

#### **IV.2.2 : AMDEC Processus**

C'est l'étude d'analyse des opérations de production en vue d'améliorer la qualité de fabrication d'un produit, cette AMDEC est régie sous la responsabilité de bureau des méthodes de fabrication.

#### **IV.2.3 : AMDEC système ou moyen de production (Machine)**

C'est une étude qui permet d'analyser le fonctionnement de la machine en conception et en exploitation en vue d'améliorer la FMDS en basant sur la collecte des données historiques liées principalement à l'équipement en sujet.

Cette étude AMDEC est régie sous la responsabilité de service de maintenance.

#### **IV.2.4 : AMDEC sécurité**

C'est une étude d'analyse des défaillances et des risques prévisionnels sur la machine et le personnel afin d'améliorer sa sécurité.

#### **IV.2.6 : AMDEC service et organisation**

C'est une étude d'analyse basée sur plusieurs processus à savoir la gestion, informatique, la production, la gestion des ressources humaines et le marketing.

### **IV.3: Étude de cas AMDEC Machine**

Nous avons choisi AMDEC Machine dans notre étude comme une méthode d'analyse pour des raisons logiques liées au domaine de la maintenance et aux objectifs d'amélioration de processus de la maintenance.

#### **IV.3.1: Principe de base AMDEC Machine**

Il s'agit d'une analyse critique constituant à identifier de façon inductive et systématique les risques de dysfonctionnement des machines puis à rechercher les organes et leurs conséquences, elle permet de mettre en évidence les points critiques et de proposer des actions correctives et préventives adaptées.

#### **IV.3.2: Objectif de l'étude AMDEC Machine**

Cette étude AMDEC vise à:

**A) Réduire le nombre de défaillances en basant sur:**

- Préventions des pannes.
- Fiabilisation de la conception.
- Amélioration de la surveillance et des tests.
- Amélioration de la maintenance préventive.
- Optimisation de l'utilisation de la machine.

**B) Réduire le temps de l'indisponibilité après défaillance par:**

- Amélioration des méthodes de contrôles et testabilité.
- Amélioration de la qualité de la formation.
- Amélioration des méthodes de diagnostic des pannes.

### **IV.3.3: Problématique.**

Durant notre analyse sur les arrêts non rémunérés des équipements de forage enregistrés à ENAFOR durant 2015, nous avons constaté que 23.52 % sont dues à la défaillance de la partie hydraulique des pompes à boue (forage)

En conséquence l'analyse AMDEC Machine répond clairement au problème de taux important des arrêts non rémunérés.

Cette analyse AMDEC nous permet d'identifier, d'évaluer et de maîtriser les défaillances pour assurer et garantir FMD c'est-à-dire la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité.

### **IV.3.4: Défaillance**

Une défaillance est la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise (Norme X 60-500), une défaillance peut être complète, dans ce cas, il s'agit de la cessation de la fonction.

### **IV.3.5 : Identification des défaillances**

Afin d'identifier les modes de défaillance des éléments en relation avec les fonctions à assurer et suite à notre étude de vérification sur les suivis historiques des arrêts des pompes à boue, nous avons constaté que les organes suivants (clapets, chemises, sièges, pistons, portes et joints de porte, corps) enregistrent la majorité des défaillances dans la partie hydraulique des pompes à boue durant l'année 2015.

### **IV.3.6: Effet de la défaillance**

L'effet de la défaillance est par définition une conséquence subie par l'utilisateur.

Dans le cas de la partie hydraulique des pompes à boue, l'effet de la défaillance est l'arrêt des pompes puis le temps non rémunéré pour l'entreprise.

### **IV.3.7: Causes de la défaillance**

C'est l'événement initial pouvant conduire à la défaillance d'un dispositif par l'intermédiaire de son mode de défaillance, plusieurs causes peuvent être associées à un même mode de défaillance, une même cause peut provoquer plusieurs modes de défaillance.

Dans la partie hydraulique des pompes à boue, les causes suivantes sont la source de la plus parts des défaillances.



### **IV.3.7.1: Condition de travail**

Les pompes de forage fonctionnent dans des conditions défavorables à savoir :

- Boue de forage : La boue de forage contient différents réactifs tel que (soude caustique, acide, chaux) qui attaquent fortement les pièces en caoutchouc cet action augmente avec les températures élevées.

-Débris des couches géologiques (Cuttings): Ce sont des particules de terrains qui ont une dureté proches de celle des pièces en acier, ces derniers circulent à travers la boue en provoquant usures et détérioration des pièces en contact (Piston et Chemise.)

-Morceaux de ferrailles: ce sont des petits morceaux très fins qui s'échappent à travers les tamis vers les bacs à boue puis circulent à une vitesse importante dans les chambres des pompes en provoquant des usures sur les clapets, sièges, pistons et chemises.

### **IV.3.7.2 : Défaillance constructeur**

Système de refroidissement insuffisant le circuit de refroidissement des pompes de forage est exposé au bouchage complet ou partiel de ses conduites, l'insuffisance d'eau augmente progressivement l'échauffement du piston et de la chemise jusqu'au seuil d'usure.

-Les conduites du système de refroidissement sont restreintes: les diamètres réduits des conduites de systèmes du refroidissement peuvent être une cause directe de l'insuffisance de refroidissement qui par conséquence engendre des usures.

### **IV.3.7.3 : Défaillances Humaines**

Mauvais emplacement des organes usés : la pompe de forage fonctionne selon ses norme de travail si un mauvais emplacement aura lieu durant le montage des organes usés un déséquilibre se crée et une autre défaillance sera déclarée systématiquement.

Serrage de la porte anormale : Si un couple de serrage de la porte est important le risque d'écraser le joint de porte augmente et si le couple de serrage est faible le risque de la déchirure du joint augmente et aussi la détérioration de la porte à l'effet de la pression sera inévitable.

Suivi d'entretien insuffisant:

## **Chapitre IV: Analyse AMDEC de la partie hydraulique des pompes à boue**

Les conduites d'aspirations des bacs à boue et les carter de refroidissement ont une influence sur le bon fonctionnement de la pompe de forage.

### **IV.3.8: Les grilles des cotations**

#### **IV.3.8.1 : Estimation de la criticité**

Cette phase consiste à évaluer la criticité des défaillances de chaque élément, à partir de plusieurs critères de cotation indépendants, pour chaque critère de cotation on attribue un niveau soit une valeur ou une note, par la suite, le niveau de criticité est déduit ce qui permet de hiérarchiser les défaillances et d'identifier les points critiques.

$$C=G \times F \times D$$

C: Criticité

G: Gravité

F : Fréquence

D: Non détection

IV.1 : Tableau estimation de criticité de chaque élément (C)

| <b>Criticités</b> | <b>Estimation</b> |
|-------------------|-------------------|
| 1 à 3             | Faible            |
| 3 à 6             | Moyenne           |
| 6 à 18            | Majeure           |
| Plus 18           | Inacceptable      |

IV.2 : Tableau fréquence d'apparition des défaillances (F).

| <b>Niveau</b> | <b>Valeur</b> | <b>Définition</b>  |
|---------------|---------------|--|
| Très faible   | <b>1</b>      | Défaillance rare= Une défaillance au maxi par an             |
| Faible        | <b>2</b>      | Défaillance possible = Une défaillance au max par semestre   |
| moyenne       | <b>3</b>      | Défaillance occasionnelle = Une défaillance au max trimestre |
| Elevé         | <b>4</b>      | Défaillance fréquente = Une défaillance au max par mois      |
| Très élevé    | <b>5</b>      | Plus de défaillance par mois                                 |

## **Chapitre IV: Analyse AMDEC de la partie hydraulique des pompes à boue**

---

### IV.3 : Tableau gravité

| <b>Niveau</b> | <b>Valeur</b> | <b>Définition</b>                |
|---------------|---------------|----------------------------------|
| Mineure       | <b>1</b>      | Arrêt moins 01 h                 |
| Moyenne       | <b>2</b>      | Arrêt moins 02 h                 |
| Majeure       | <b>3</b>      | Arrêt critique du 02 h à 12 h    |
| Grave         | <b>4</b>      | Arrêt très critique dépasse 12 h |

### IV.4 : Tableau non détection (D)

| <b>Niveau</b> | <b>Valeur</b> | <b>Définition</b>  |
|---------------|---------------|--|
| Evident       | <b>1</b>      | Défaillance détectable à 100%  |
| Possible      | <b>2</b>      | Défaillance détectable mais une action particulière visite ou inspection |
| Improbable    | <b>3</b>      | Défaillance détectable difficilement (Démontage)                         |
| Impossible    | <b>4</b>      | Défaillance détectable difficilement (Aucune signe)                      |

#### IV.3.9 : Analyse des modes de défaillance, leurs effets et leurs criticités

D'après le traitement des données, citation des éléments à étudier et consultation en groupe, nous avons analysé dans les tableaux ci-dessous les modes de défaillance de chaque organe causes de défaillance, leurs effets sur la production et leurs criticités

### **IV.5 : Tableaux d'analyse AMDEC**

| Date d'analyse<br>01/05/2024 | AMDEC MACHINE - Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticités             |                        |                                    |                            | Phase de fonctionnement<br>Forage des puits du pétrole<br>et du gaz |           |   |   | Page 1 |  |
|------------------------------|---|------------------------|------------------------------------|----------------------------|---|-----------|---|---|--------|--|
| Elément                      | Equipement : Pompe a boue (forage)  |                        | Sous ensemble : Partie hydraulique |                            |   | Criticité |   |   |        | Actions correctives  |
|                              | Fonction  | Mode de<br>défaillance | Causes de<br>défaillance           | Effet de la<br>défaillance | Détection   | F         | G | D | C      |  |
| <b>Clapet</b>                | Fermeture de la chambre d'aspiration après le remplissage et ouverture de la chambre de Refoulement | Usure                  | 1) Débris des couches géologiques  | Arrêt de la pompe          | 1) Vibration  | 5         | 1 | 2 | 1      | 1) Minimiser les débris par les tamis adéquats                       |
|                              |   |                        | 2) Ferrailles                      |                            | 2) Chute de pression  |           |   |   |        | 2) Nettoyer les crépines à titre systématique                        |
|                              |   |                        | 3) Types de boue utilisée          |                            | 3) Bruits   |           |   |   |        | 3) Choisir les garnitures des clapets selon le type de boue utilisée |
|                              |   |                        |                                    |                            |   |           |   |   |        | 4) Vérifier et contrôler les clapets dans des temps masqués          |
|                              |   |                        |                                    |                            |   |           |   |   |        | 5) Renforcer des aimants durant le l'opération de fraisage           |

| Elément        | Fonction                                    | Mode de défaillance | Causes de défaillance  | Effet de la défaillance                  | Détection                                   | Criticité |   |   |   | Actions correctives  |
|----------------|---|---------------------|--|--|---|-----------|---|---|---|--|
|                |   |                     |  |  |   | F         | G | D | C |  |
| Joint de porte | Fixation de l'ensemble des organes Internes | Détérioration       | 1) Pression de refoulement n'est pas respectée<br>2) Mauvais montage par personnel non qualifié<br>3) Débris et ferrailles | Manque de rendement et arrêt de la pompe | 1) Fuite en surface<br>2) Chute de pression | F         | G | D | C | Page 2   |
|                |   |                     |  |  |   | 2         | 1 | 2 | 4 | 1) Respecter le couple de serrages des portes<br>2) Graisser les filetages des portes.<br>3) Vérifier et contrôler périodiquement et systématiquement<br>4) Superviser l'opération de montage par une personne qualifiée<br>5) Former le personnel |

| Elément | Fonction  | Mode de défaillance | Causes de défaillance                           | Effet de la défaillance | Détection           | Criticité            |   |   |    | Actions correctives  |
|---------|---|---------------------|---|-------------------------|---------------------|----------------------|---|---|----|--|
|         |   |                     |   |                         |                     | F                    | G | D | C  |  |
| Chemise | Remplissage de liquide de forage (boue de forage) | Détérioration       | 1) Pression de refoulement n'est pas respectée  | Arrêt de la pompe       | 1) Fuite en surface | 5                    | 2 | 2 | 20 | 1) Traiter la boue et renforcer Les amants pendant L'opération de fraisage<br>2) Tarer les soupapes de Sécurité selon la pression admissibles des chemises<br>3) Vérifier et contrôler périodiquement et systématiquement<br>4) Nettoyer le circuit de refroidissement<br>5) Former le personnel et superviser le montage<br>6) Vérifier ou modifier le Système de refroidissement En cas de défaut constructeur |
|         |   |                     | 2) Insuffisance de refroidissement              |                         |                     | 2) Chute de pression |   |   |    |  |
|         |   |                     | 3) Débris des couches géologiques et ferrailles |                         |                     |                      |   |   |    |  |

| Elément       | Fonction                              | Mode de défaillance | Causes de défaillance  | Effet de la défaillance | Détection                                       | Criticité |   |   |    | Actions correctives   |
|---------------|---------------------------------------|---------------------|--|-------------------------|---|-----------|---|---|----|---|
|               |                                       |                     |  |                         |   | F         | G | D | C  |   |
| <b>Piston</b> | Aspirer la boue de forage et refouler | Usure               | 1) Pression de refoulement n'est pas respectée                     | Arrêt de la pompe       | 1) Fuite en surface<br><br>2) Chute de pression | 5         | 2 | 2 | 20 | Page 4<br><br>1) Utiliser une garniture adéquate pour la boue en cours<br><br>2) Entretenir le circuit de refroidissement et le modifier Si un défaut de constructeur a lieu<br><br>3) Stocker les garnitures dans un endroit climatisé<br><br>4) Traiter la boue en utilisant des aimants durant le fraisage<br><br>5) Superviser l'opération de montage par une personne qualifié<br><br>6) Former le personnel |
|               |                                       |                     | 2) Non-respect des garnitures adéquates à la boue en cours         |                         |   |           |   |   |    |   |
|               |                                       |                     | 3) La boue n'est pas bien traitée présence des particules abrasifs |                         |   |           |   |   |    |   |
|               |                                       |                     | 4) Ferrailles  |                         |   |           |   |   |    |   |
|               |                                       |                     | 5) Insuffisance de refroidissement                                 |                         |   |           |   |   |    |   |

| Elément | Fonction                 | Mode de défaillance          | Causes de défaillance   | Effet de la défaillance  | Détection                         | Criticité |   |   |    | Actions correctives   |
|---------|--------------------------|------------------------------|---|--|-----------------------------------|-----------|---|---|----|---|
|         |                          |                              |   |  |                                   | F         | G | D | C  |   |
| Siège   | Positionnement de Clapet | Dégradation et détérioration | 1) Pression de refoulement Importante<br>2) Présence de particules abrasives dans la boue | 1) Déterioration partielle risque de détériorer le clapet<br>2) Déterioration complète risque de détériorer le corps | 1) Chute de pression<br>2) Bruits | 5         | 2 | 3 | 30 | Page 5  |
|         |                          |                              |   |  |                                   | 5         | 2 | 3 | 30 | 1) Démontage et vérification périodique<br><br>2) Suivi des bruits<br><br>3) Traitement de la boue<br><br>4) Formation de personnel pour la détection rapide des défaillances |



| Chantiers     | Porte     |   |   |   | Joint de porte |   |   |   | Chemise   |   |   |    | Piston    |   |   |    | Siege     |   |   |    | Corps     |   |   |    | Clapet    |   |   |    |
|---------------|-----------|---|---|---|----------------|---|---|---|-----------|---|---|----|-----------|---|---|----|-----------|---|---|----|-----------|---|---|----|-----------|---|---|----|
|               | Criticité |   |   |   | Criticité      |   |   |   | Criticité |   |   |    | Criticité |   |   |    | Criticité |   |   |    | Criticité |   |   |    |           |   |   |    |
|               | F         | G | D | C | F              | G | D | C | F         | G | D | C  | F         | G | D | C  | F         | G | D | C  | F         | G | D | C  | F         | G | D | C  |
| ENF : 07      | 2         | 1 | 2 | 4 | 3              | 1 | 2 | 6 | 1         | 2 | 2 | 4  | 2         | 2 | 2 | 8  | 2         | 3 | 2 | 12 | 1         | 3 | 6 | 18 | 3         | 1 | 2 | 6  |
| ENF : 10      | 1         | 1 | 1 | 1 | 2              | 1 | 2 | 4 | 2         | 2 | 2 | 8  | 2         | 2 | 2 | 8  | 3         | 3 | 2 | 18 | 1         | 1 | 1 | 1  | 3         | 1 | 2 | 6  |
| ENF : 13      | 1         | 1 | 1 | 1 | 1              | 1 | 2 | 4 | 2         | 2 | 2 | 8  | 3         | 2 | 2 | 12 | 3         | 3 | 2 | 18 | 1         | 1 | 1 | 1  | 3         | 1 | 2 | 6  |
| ENF : 16      | 1         | 1 | 2 | 2 | 3              | 1 | 2 | 6 | 3         | 2 | 2 | 12 | 3         | 2 | 2 | 12 | 4         | 3 | 2 | 24 | 1         | 1 | 1 | 1  | 4         | 1 | 2 | 8  |
| ENF : 18      | 2         | 1 | 2 | 4 | 3              | 1 | 2 | 6 | 1         | 2 | 2 | 4  | 5         | 2 | 2 | 20 | 3         | 3 | 2 | 18 | 2         | 3 | 5 | 36 | 3         | 1 | 2 | 6  |
| ENF : 28      | 2         | 1 | 2 | 4 | 3              | 1 | 2 | 6 | 4         | 2 | 2 | 16 | 5         | 2 | 2 | 20 | 5         | 3 | 2 | 30 | 3         | 3 | 5 | 36 | 5         | 1 | 2 | 10 |
| ENF : 36      | 1         | 1 | 1 | 1 | 2              | 1 | 2 | 4 | 3         | 2 | 2 | 12 | 5         | 2 | 2 | 20 | 5         | 3 | 2 | 30 | 2         | 3 | 5 | 36 | 5         | 1 | 2 | 10 |
| ENF : 37      | 1         | 1 | 1 | 1 | 1              | 1 | 2 | 2 | 4         | 2 | 2 | 16 | 5         | 2 | 2 | 20 | 4         | 3 | 2 | 24 | 1         | 1 | 1 | 1  | 5         | 1 | 2 | 10 |
| ENF : 38      | 1         | 1 | 2 | 2 | 2              | 1 | 2 | 4 | 5         | 2 | 2 | 20 | 5         | 2 | 2 | 20 | 5         | 3 | 2 | 30 | 1         | 1 | 1 | 1  | 5         | 1 | 2 | 10 |
| ENF : 39      | 1         | 1 | 1 | 1 | 1              | 1 | 2 | 2 | 1         | 1 | 1 | 1  | 0         | 0 | 0 | 0  | 2         | 3 | 2 | 12 | 1         | 1 | 1 | 1  | 2         | 1 | 2 | 4  |
| ENF : 40      | 2         | 1 | 2 | 4 | 3              | 1 | 2 | 6 | 1         | 1 | 1 | 1  | 2         | 2 | 2 | 8  | 1         | 3 | 2 | 6  | 2         | 3 | 5 | 30 | 2         | 1 | 2 | 4  |
| ENF : 41      | 1         | 1 | 2 | 2 | 1              | 1 | 2 | 2 | 5         | 2 | 2 | 20 | 5         | 2 | 2 | 20 | 3         | 3 | 2 | 18 | 1         | 1 | 1 | 1  | 3         | 1 | 2 | 6  |
| ENF : 46      | 1         | 1 | 1 | 1 | 2              | 1 | 2 | 4 | 2         | 2 | 2 | 8  | 1         | 2 | 2 | 4  | 1         | 1 | 1 | 1  | 1         | 1 | 1 | 1  | 2         | 1 | 2 | 4  |
| ENF : 47      | 1         | 1 | 1 | 1 | 2              | 1 | 2 | 4 | 2         | 2 | 2 | 8  | 2         | 2 | 2 | 8  | 1         | 3 | 2 | 6  | 1         | 1 | 1 | 1  | 2         | 1 | 2 | 4  |
| ENF : 49      | 1         | 1 | 1 | 1 | 1              | 1 | 2 | 2 | 3         | 2 | 2 | 12 | 2         | 2 | 2 | 8  | 1         | 3 | 2 | 6  | 1         | 3 | 6 | 18 | 2         | 1 | 2 | 4  |
| ENF : 50      | 1         | 1 | 1 | 1 | 1              | 1 | 2 | 2 | 1         | 2 | 2 | 4  | 2         | 2 | 2 | 8  | 1         | 3 | 2 | 6  | 1         | 1 | 1 | 1  | 2         | 1 | 2 | 4  |
| <b>ENAFOR</b> | <b>4</b>  |   |   |   | <b>6</b>       |   |   |   | <b>20</b> |   |   |    | <b>20</b> |   |   |    | <b>30</b> |   |   |    | <b>18</b> |   |   |    | <b>10</b> |   |   |    |

### 4.6 Tableau des criticités

| Organes Critiques | Criticité Faible | Criticité Moyenne | Criticité Majeure | Criticité inacceptable |
|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
| Clapet            | -                | -                 | 10                | -                      |
| Porte             | -                | 4                 | -                 | -                      |
| Joints de porte   | -                | 6                 | -                 | -                      |
| Piston            | -                | -                 | -                 | 20                     |
| Chemise           | -                | -                 | -                 | 20                     |
| Corps             | -                | -                 | 18                | -                      |
| Chemise           | -                | -                 | -                 | 30                     |

L'analyse AMDEC nous a permis de détecter que les organes suivants présentent

Des criticités différentes qui sont représentées ci-dessous:

- Porte et joint de porte ont une criticité moyenne.
- Clapet et corps ont une criticité majeure.

Piston, Chemise et siège ont une criticité inacceptable.

Les criticités majeure et inacceptable sont les causes des arrêts non rémunérés et pour éviter leurs reproductions, nous proposons des actions d'amélioration dans le processus de la maintenance sous forme de recommandations.

#### IV.3.11 : Recommandations

Basé sur les causes physiques des défaillances nous proposons les actions suivantes pour réduire la criticité:

##### A) Contrôle de la fréquence (F) par:

- Un bon suivi de fonctionnement de la pompe.
- Un bon entretien de circuit du refroidissement et des autres organes.
- Un bon choix de la garniture des pistons selon le type et la nature de la boue.

##### B) Cerner la gravité (G) Par:

\* Une bonne qualification du personnel pour augmenter la rapidité de la détection des défaillances et la rapidité de réparation (diminution MTTR.)

## **Chapitre IV: Analyse AMDEC de la partie hydraulique des pompes à boue**

---

\* Une bonne organisation et préparation des outils d'intervention pour minimiser MTTR.

### **D) Suivi la non détectivité (D) par:**

\* Une bonne vérification et contrôle (donner l'importance à la pompe en cours de travail).

\* Faire des suivis périodiques et systématiques des différents organes de la pompe pour anticiper les défaillances.

\* Faire des contrôles non destructifs (CND) pour anticiper les défaillances des corps.

\* Formation de personnel pour une bonne qualification professionnelle.

**Commentaire :** Si l'entreprise engage à prendre en considération les recommandations citées ci-dessus elle va faire des bons résultats à son compte et sans doute va passer de criticité tops élevées au criticité acceptable.

IV.7 : Tableau des criticités avant et après les recommandations.

| Criticité avant |   |   |    | Criticité après recommandation |   |   |   |
|-----------------|---|---|----|--------------------------------|---|---|---|
| F               | G | D | C  | F                              | G | D | C |
| 5               | 1 | 2 | 10 | 3                              | 1 | 1 | 3 |
| 5               | 2 | 2 | 20 | 3                              | 2 | 1 | 6 |
| 5               | 2 | 2 | 20 | 3                              | 2 | 1 | 6 |
| 5               | 2 | 3 | 30 | 3                              | 2 | 1 | 6 |
| 1               | 6 | 3 | 18 | 1                              | 6 | 1 | 6 |
| 2               | 1 | 2 | 4  | 2                              | 1 | 2 | 6 |
| 3               | 1 | 1 | 6  | 3                              | 1 | 2 | 6 |

### **IV.3.12 : Introduction d'un ordre de travail préventif (OT)**

L'introduction d'un (OT) pour la partie hydraulique des pompes à boue sous la direction du chef de chantier ou chef mécanicien (Démontage, vérification, contrôle visuel des éléments critiques et montage) dans des temps masqués peut anticiper les défaillances et minimiser les arrêts en cours d'activité.

### **IV.3.12 : Conclusion**

Dans notre analyse des modes de défaillances, leurs effets et leurs criticités sur la partie hydraulique des pompes à boue, nous avons cité les organes critiques à savoir siège, corps, piston, chemise et clapets qui sont généralement les causes des arrêts non rémunérés survenus à l'entreprise nationale de forage. De plus, nous avons proposé des recommandations en vue de diminuer la criticité de chacun pour être dans la limite tolérable.

## **Conclusion générale:**

Le travail que nous avons effectué sur les arrêts de la partie hydraulique des pompes à boue à travers 16 chantiers de l'entreprise nationale de forage a fait l'objet d'une recherche approfondie quant à leur effet sur l'entreprise, sur leur fonctionnement, leur rendement, et le diagnostic de leurs conditions de fonctionnement.

Par conséquent nous avons remarqué que l'effet de la défaillance une valeur enregistrée durant l'année 2015 de plus de 36,000000 DA. De plus, le moyen temps technique de réparation est estimé à (MTTR = 1.99 h). Ce temps est très élevé par rapport aux objectifs attendus dans la maintenance et la réparation.

Et comme prévu nous avons cité les chantiers dont leurs pompes à boue ont une disponibilité inférieure à celle recommandée, à savoir ENF : 41, ENF : 40, ENF : 46, et ENF : 18.

Nous avons diagnostiqué les raisons principales des défaillances et analysé la criticité des organes qui sont à l'origine de la plupart des arrêts de ceux des clapets, chemises et pistons qui ont vraiment une criticité inacceptable de plus de 20. Pour minimiser ces arrêts, nous avons proposé les solutions suivantes:

- Anticipation de la détection au premier stade de la défaillance des corps (refoulement et aspiration) par contrôle non destructif (CND) infrarouge afin de les changé dans des temps masqués.

- Préparation d'une fiche relative aux garnitures de clapets et pistons selon la nature et le type de boue à utiliser afin de minimiser la détérioration sous forme d'usure de ces derniers sous l'effet de produits chimiques existants dans la composition de la boue de forage.

Procéder à la formation du personnel (Accoucheurs / Sondeurs / Manœuvres), et ceci, dans le but de minimiser le moyen temps technique de réparation (MTTR).

- Revoir le contrat avec le client en négociant la possibilité de ne pas prendre le temps non rémunéré (To) lorsqu'il s'agit d'une réparation suite aux opérations de fraisage des liners, casing et forage de couches géologiques ayant une dureté importante ou abrasive.

De plus, nous avons proposé un ordre de travail préventif (OT) concernant la partie hydraulique des pompes à boue prenant en considération l'inspection visuelle des organes ainsi que le responsable exécutant de la tâche.

Ce travail a pour but de minimiser le nombre important d'arrêts non rémunérés qui représente un handicap, et pour l'entreprise compte tenu des pertes engendrées par ces arrêts, et pour le client qui cherche à optimiser les performances dans le forage des puits de pétroliers et de gaziers.

## Bibliographie

1. Francois Monchy, Jean Pierre Vernier. Maintenance - Méthodes et Organisation. Usine Nouvelle 3ème édition Dunot.
2. Site de National OilWellVarco sur internet ([www.nov.com](http://www.nov.com))
3. Site Web ENAFOR ([www.enafor.dz](http://www.enafor.dz)).
4. Cours de forage pétrolier Dr: MALEK ABDERHMAN de la faculté des hydrocarbures et de la chimie EX (INH) Université de Boumerdès.
5. Cours INPED - Méthodologie de Diagnostic et Analyse Fiches historique ENAFOR.
6. <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-13306/maintenance-terminologie-de-la-maintenance/fa159291/1103>
7. <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/x60010/maintenance-concepts-et-definitions-des-activites-de-maintenance/fa039463/56989>.
8. <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/xp-x60020/maintenance-indicateurs-de-maintenance/fa040761/56845>.
9. <https://www.bing.com/search?q=GMAO%2c+ISO+9000+ou+14000&FORM=HDRSC1>.
10. Formulaire de foreur version 1979
11. Drilling data handbook, Editions TECHNIP IFP,