

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ 20 AOÛT 1955 SKIKDA  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



# Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

## Master

**Filière :** Hygiène et sécurité industrielle

**Spécialité :** Sécurité des procédés industriels et maîtrise des risques

**Evaluation des risques d'éruption de forge  
pétrolière par L'Application de la méthode  
AMDEC au niveau de L'ENAFOR**

Soutenu le 24/06/2023

**Réalisé par :**

Mr. MOKHTARI Abderrahmene Moussab

Mr. SBAI Ahmed Elamine

**Encadré par :**

M<sup>me</sup> MEHRI Karima

Année Universitaire 2022- 2023

## Résumé :

Le forage est un domaine de travail très difficile, la sécurité des personnes, des biens et la protection de l'environnement sont les vrais vecteurs de besoin d'amélioration. L'une des étapes d'amélioration est l'évaluation des risques qui baser sur l'identification des dangers. Le problème majeur existant au niveau de l'activité d'extraction des hydrocarbures est la "VENUE" si elle n'est pas bien contrôlée due à l'éruption. Alors pour la maîtriser, un système de sécurité pour la prévention contre les éruptions est mise en place. C'est le système anti-éruption Blow-Out Preventer (BOP) et l'Unité d'accumulation de pression (KOMMEY). Dans ce modeste travail, nous avons essayé d'étudier l'analyse fonctionnelle ce système qui a nos permis d'appliquer la méthode d'analyse des modes de défaillances de leurs effets et leurs criticité (AMDEC).

**Mots clés : BOP, AMDEC, Forage, Eruption, venue, ENAFOR.**

## ABSTRACT:

Drilling is a very difficult and complicated field of work and is very dangerous to carry out, the safety of the persons; equipment and protection of the environment are the real vectors of need for improvement. One of the improvement steps is the risk assessment based on the identification of hazards. The major problems existing at the level of hydrocarbon extraction activity is the "KICK" if it is not well controlled due to the eruption"; the drilling disaster. To control it, a safety system for prevention against eruption is put in place. It is the Blow-Out Preventer System (BOP) and the Pressure Accumulation Unit (KOMMEY).

In this modest work, we have tried to study this system in a way of functional analysis that has allowed us to apply the method of Failure Modes, Effects and Criticality Analysis (FMECA).

**Keywords: BOP, FMECA, Drilling, Eruption, kick , ENAFOR.**

## الملخص:

التنقيب هو مجال عمل صعب ومعقد للغاية ومن الخطورة جداً القيام به بسبب عدة عوامل. إن سلامة الأشخاص والمعدات وحماية البيئة هي العوامل الحقيقية وراء هذه الحاجة إلى التحسين. تتمثل إحدى خطوات التحسين في تقييم المخاطر بناءً على تحديد المخاطر. المشاكل الرئيسية الموجودة على مستوى نشاط استخراج الهيدروكربونات هي "ثوران البئر" إذا لم يتم التحكم فيه بشكل جيد بسبب الانفجار "؛ كارثة الحفر. ولسيطرة عليها، تم وضع نظام أمان للوقاية من (BOP) ووحدة تراكم الضغط (KOMMEY) الاضطرابات. يتكون هذا النظام من مانع الانفجار.

في هذا العمل المتواضع، حاولنا دراسة هذا النظام بطريقة التحليل الوظيفي التي سمحت لنا بتطبيق طريقة تحليل الإعطاب وتأثيراتها.

**الكلمات المفتاحية: ENAFOR، الحفر، الانفجار، رفس ، BOP ، AMDEC**

## Remerciement

*Nous adressons nos plus vifs remerciements à notre encadreur Mme MEHRI KARIMA Pour ses conseils et son suivi durant la période de la Réalisation de ce travail.*

*On remercie également tous les membres du jury qui ont accepté de nous honorer de leur présence, de lire et d'évaluer ce modeste travail.*

*Nous devons exprimer notre profonde gratitude à l'égard de nos tuteurs au sein de l'entreprise ENAFOR pour sa disponibilité, et sa précieuse aide pour réaliser notre projet.*

*Nos vifs remerciements au personnel (Mahmoud, Radhia) pour nous avoir bien accueilli et beaucoup appris tout le long de notre stage.*

## Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma très chère Mère et à mon cher Père, en témoignage et en

Gratitude de Leurs dévouements, de leurs soutiens permanent

durant toutes mes années d'études ;

A mes chères frères et sœurs qui m'ont toujours souhaité le

meilleur

A la mémoire de mes grands-parents ;

A toutes ma grande famille et tous ceux que j'aime ;

A mon binôme et sa famille ;

A tous mes enseignants et camarades de promotion Sécurité Des

Procédé Industrielle et Maitrise Des Risque

Ahmed Elamine

## Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail Pour le secret de ma  
fierté, le boguet qui se brûle pour notre éclaircissement  
« mon chère papa Abd Allah »*

*Le soleil qui a éclairé ma vie et, qui m'entouré par ses  
belles sentiments « ma chère maman Ch. Assia »*

*Pour mes chères frères : « Soufyane , Akram »*

*Pour mes chères sœurs  
« Djihad, Boutheyna, Wedjdane , Douaa, Israa »*

*Pour notre professeur encadré : « Dr. Mehri »*

*Et mes professeurs qui ont joué un rôle important  
dans mon parcours scolaire : « Ben Hamlaoui  
Wafia et B. Khadidja »*

*Pour mon Binôme « Sbai Ahmed Elamine » et leur famille.*

*Pour tous mes amis qui j'ai faits à l'université*

*Pour toutes les familles : Mokhtari*

**MOUSSAB**

## Liste des figures

### Liste des figures

Figure	Signification	Page
Figure.I.1	Moufle fixe et rochet	4
Figure.I.2	L'ensemble table de rotation et tige d'entraînement	5
Figure.I.3	Système de forage classique	8
Figure.I.4	Circuit hydraulique du BOP Hydril	14
Figure.I.5	Hydril type GK avec chapeau vissé	15
Figure.I.6	Enregistrement d'un test BOP	18
Figure.I.7	Schéma type d'une unité de commande de BOP de surface	23
Figure.I.8	Panneau de commande à distance	27
Figure.I.9	Arrangement typique sur un rig à terre	27
Figure.I.10	Schéma montrant les liaisons BOP – circuit manifold (montage BOP surface)	29
Figure.II.1	Processus de la gestion des risques	39
Figure.II.2	Exemple de grille de criticité	44
Figure.III.1	L'Organigramme de L'ENAFOR	55
Figure.III.2	L'Organigramme du Département HSE	56
Figure.III.3	L'Organigramme de chantier	57
Figure.III.4	Représentation du système « anti-éruption »	69

## Liste des tableaux

### Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Signification</b>	<b>Page</b>
Tableau. I.1	Déférant type de boue	9
Tableau. II.1	Exemple d'échelle de cotation en gravité	42
Tableau. II.2	Exemple de cotation en probabilité	43
Tableau. II.3	Exemple de grille de criticité	44
Tableau II.4	Indice de fréquence	51
Tableau II.5	Indice de graviter G	52
Tableau II.6	Indice de non-détection D	52
Tableau. III.1	Analyse de Criticité	80
Tableau .III.2	La matrice de classification de criticité	80
Tableau .III.3	Check-list D'un Plan d'Inspection Préventive du BOP	85
Tableau .III.4	Check-list d'un Plan d'Inspection Préventive du BOP Annulaire	86
Tableau .III.5	Check-list MENSUELLE d'un Plan d'Inspection Préventive d'unité de commande hydraulique	87

## Sommaire

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

### **Chapitre I : Généralité sur le forage, leurs risques et les équipements de contrôle venue**

<b>Introduction .....</b>	<b>2</b>
<b>I.1. Définition et principe de forage .....</b>	<b>2</b>
<b>I.2. Les principales opérations de forage.....</b>	<b>2</b>
<b>I.3. Les équipements de forage .....</b>	<b>4</b>
<b>I.4. Définition de la boue de forage .....</b>	<b>8</b>
<b>I.5. Les obturateurs de têtes de puits .....</b>	<b>12</b>
<b>I.6. Test des têtes de puits.....</b>	<b>16</b>
<b>I.7. Unité d'accumulation et de commande du BOP.....</b>	<b>17</b>
<b>I.8. Le circuit de contrôle de venue.....</b>	<b>28</b>
<b>I.9. Généralité sur les risques de forage.....</b>	<b>27</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>34</b>

### **Chapitre II : Démarche pour l'analyse et gestion des risques**

<b>Introduction.....</b>	<b>35</b>
<b>II.1. Généralités sur le risque .....</b>	<b>36</b>
<b>II.2. La gestion des risques.....</b>	<b>37</b>
<b>II.3 Choix des outils d'analyse des risques.....</b>	<b>41</b>
<b>II.4 Les principaux outils d'analyse des risques.....</b>	<b>44</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>52</b>

### **Chapitre III : Application AMDEC sur un système anti-éruption**

<b>Introduction.....</b>	<b>53</b>
<b>III.1. Présentation de l'Entreprise.....</b>	<b>53</b>
<b>III.1.2. Filiales et participations d'ENAFOR.....</b>	<b>54</b>
<b>III.1.3. Activités de l'entreprise.....</b>	<b>54</b>
<b>III.1.4. Organisation de l'ENAFOR.....</b>	<b>55</b>

## Sommaire

<b>III.1.5. Ressources humaines.....</b>	<b>58</b>
<b>III.2. La Politique HSE de l'ENAFOR.....</b>	<b>64</b>
<b>III.2.1. Politique de sécurité.....</b>	<b>64</b>
<b>III.2.2. Politique environnementale.....</b>	<b>65</b>
<b>III.2.3. Les Normes de l'ENAFOR.....</b>	<b>65</b>
<b>III.2.4. Description d'un chantier de forage d'ENAFOR.....</b>	<b>66</b>
<b>III.3. L'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets leurs Criticités (AMDEC)...</b>	<b>68</b>
<b>III.3.1. Le système « anti-éruption » .....</b>	<b>68</b>
<b>III.3.2. Résultat de la méthode AMDEC.....</b>	<b>71</b>
<b>III.3.3. Interprétations des résultats méthode AMDEC.....</b>	<b>83</b>
<b>III.3.4. Plan d'action.....</b>	<b>84</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>88</b>
<b>Recommandations.....</b>	<b>90</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>92</b>
<b>Références Bibliographie.....</b>	<b>93</b>

## Liste des abréviations

### Liste des abréviations

- ✓ **AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets**
- ✓ **BOP : Blow Out Prevented**
- ✓ **DC : drill collars DP: drill pipe**
- ✓ **DTM : Démontage, Transport et Montage**
- ✓ **ENAFOR : Entreprise National Algérienne de Forage**
- ✓ **ISO : Organisation Internationale for Standardisation**
- ✓ **QHSE : Qualité, Hygiène, Sécurité, Environnement**
- ✓ **MP : Maintenance Préventive**
- ✓ **PSI: Pound Square Inch**
- ✓ **TF: Taux de fréquence**
- ✓ **TG: Taux de gravité**

## Introduction générale

### **Introduction générale**

Le pétrole et le gaz jouent un rôle fondamental dans l'économie mondiale, ils constituent la source la plus importante d'énergie.

Le forage est l'opération la plus délicate et la plus coûteuse du processus d'exploitation de cette énergie. Il présente énormément de risques en matière de sécurité, aussi bien pour les foreurs que pour les équipements et l'environnement. Le risque le plus dangereux est celui d'avoir une venue notamment de gaz qui pourrait être suivie d'une éruption incontrôlable.

Les pertes de puits ou des équipements consécutives aux éruptions incontrôlées grèvent lourdement chaque année l'industrie pétrolière et des vies humaines peuvent être mises en danger au cours d'opérations quelques fois périlleuses, particulièrement lorsqu'elles se déroulent en mer. Enfin la pollution de l'environnement peut avoir des effets incalculables surtout sur la santé humaine.

Les ingénieurs de forage ont mis des barrières de sécurités pour empêcher l'intrusion des fluides dans le puits. On peut considérer que l'éruption comme le problème le plus délicat et le plus dangereux dans le forage. Pour cela, nous avons choisi notre sujet concernant la Sûreté de fonctionnement du système anti éruption.

Afin de mieux connaître les barrières de sécurités existantes dans un chantier de forage on a réalisé un travail de terrain en se basant sur l'utilisation des outils de fonctionnement particulièrement AMDEC.

Pour atteindre cet objectif, mon mémoire est structuré en trois chapitres :

- Chapitre 1 : Généralité sur le forage , leurs risques et les équipements de contrôle venue ;
- Chapitre 2 : Démarche pour l'analyse et gestion des risques ;
- Chapitre 3 : Application AMDEC sur système anti-éruption.

Chapitre I :  
Généralité sur le  
forage, leurs risques  
et les équipements de  
contrôle venue

## **Introduction**

Avant d'entamer notre étude, une description générale concernant le forage est indispensable. L'objectif de ce chapitre est de définir dans une première partie les différents types de forage (forage par battage, forage horizontal et forage rotary), ainsi que ses différentes opérations. La seconde partie, consiste en une description du système anti éruption et son rôle dans l'installation de forage.

### **I.1. Définition et principe de forage**

Le principe de forage rotary consiste à mettre en rotation un outil sur lequel s'applique une force orientée dans la direction d'avancement ; ce procédé permet de creuser un trou de rayon égale à celui de l'outil. Les copeaux (cutting) générés au fond du trou suite à la destruction de la roche par l'outil remontent en continu à la surface grâce à la circulation du fluide de forage qui set généralement une boue bentonique à base d'eau ou d'huile. Ce fluide est pompé depuis la surface vers l'intérieur des tiges de forage pour être injecté au travers de l'outil sur le front de coupe. La boue remonte ensuite dans l'espace annulaire entre les tiges et les parois du puits et entraîne ainsi les copeaux de roche vers la surface. Le poids sur l'outil (weight on bit : wob) est obtenue par la gravité grâce à l'introduction de tiges lourdes appelées la masse tiges. Le couple de rotation est obtenu soit à partir d'un couple en surface transmis vers l'outil via un train de tiges soit à partir d'un moteur fond de trou au-dessus de l'outil et piloté en surface [1].

### **I.2. Les principales opérations de forage**

Nous allons décrire les opérations de montage et de test en considérant le programme de forage et de tubage suivant : forage 17 1/2" tubage 13 3/8", forage 12 1/4", tubage 9 5/8", forage 8 1/2", tubage 7", forage 6" puis complétion [2].

#### **I.2.1. Phase de démarrage (forage 17 1/2")**

L'architecture du puits est alors inexistante ou seulement constituée par le tube fontaine (ou conductor pipe). Il n'y a que dans le cas de risque de shallow gas ou gaz de surface ou il est nécessaire d'installer un équipement de sécurité appelé diverteurs ,c'est un

obturateur annulaire dont la pression de service est en générale faible(2000PSI) dont la fonction n'est pas de fermer le puits , car cela serait illusoire puisque sans casing le terrain de surface craquerait immédiatement, le seul rôle de cet équipement est de canaliser (divert) l'éruption vers une torchère et de protéger ainsi l'installation de forage des risques d'incendie. L'opération de forage étant terminée on procède à la descente du tubage de surface et à la cimentation jusqu'au jour. Après l'attente nécessaire à la prise du ciment on peut alors commencer le montage du premier élément de tête de puits qui est dénommé tête de tubage de base ou casing Head housing.

Terminer le montage de la tête de puits pour cette phase du forage, c'est adjoindre la croix de circulation et l'empilage de BOP recommandé par le maître d'œuvre [2].

### **I.2.2. Phase de forage 12 ¼"**

Le forage se poursuit en 12 ¼" à travers la tête de puits précédemment montée. Après la descente de la colonne technique 9 5/8", elle est cimentée jusqu'à une certaine hauteur à partir du sabot ; après séchage et après avoir enlevé la chemise de protection (wear bushing) du casing Head housing, le casing peut être ancre en tension, dans ce dernière [2].

### **I.2.3. Phase de forage 8 ½"**

Nous considérons dans cet exemple que la colonne de tubage descendue sera une colonne de production 7" ; le principe est le même que pour la phase précédente.

- Ancrage de la colonne après extraction de chemise de protection ;
- Coupe du tube en fonction des éléments qui viendront coiffer cette extrémité de la colonne 7" ;
- Mise en place d'une bride (testing flange ou pack-off flange) cette bride raccordée sur la face supérieure d'une tête de tubage augmente le nombre d'étanchéité annulaire sur le tubage ancré ; des orifices de teste (test ports) permettent le contrôle d'étanchéité ;
- Mise en place d'une tête de tubing semblable à une tête de tubage, avec alésage conique pour recevoir cette fois l'olive de suspension du tubing [2].

#### **I.2.4. Phase de forage 6”**

Supposons que le tubage 7” a été descendu et cimenté au toit du gisement le forage s’effectuée dans la couche et la phase peut se terminer par la descente d’un liner 5” ancré dans le tubage 7”

- Après perforation, mise en place d’un packer de production ;
- Descente du tubing avec une olive de suspension ;
- Après démontage des BOP, la tête de puits se termine par une bride de réduction s’adaptant sur le tubing Head et recevant à la partie inférieure des vannes maîtresses [2].

#### **I.2.5. Complétion**

Consiste à descendre dans le puits l’équipement de production : packer, tubing, vanne de sécurité, ...etc. ; il faut souvent parachever la liaison couche/trou par forage, perforation, acidification, fracturation, ...etc. [2].

### **I.3. Les équipements de forage**

Un système de forage rotary classique se compose principalement de :

#### **I.3.1. Un système de production d’énergie**

L’énergie est produite par des moteurs diesels, puis elle est acheminée sous forme électrique ou mécanique vers les différents systèmes de l’installation : pompe à boue, treuil et table de rotation. Le coût énergétique est un facteur essentiel dans l’évaluation du coût globale de forage ; il s’avère donc impératif de bien l’estimer et de le réduire au maximum tout en garantissant le succès de l’opération de forage [1].

#### **I.3.2. Un appareil de levage**

Cet appareil est constitué d’un derrick, d’un crochet, et d’un treuil. Elle permet d’effectuer les manœuvres de tiges (remonté du puits ou descente) et la complétion, mais aussi de contrôler le poids appliqué sur l’outil [1].



**Figure I .1.** Moufle fixe et rochet [1].

### **I.3.3. Système de rotation**

Il est constitué d'une table de rotation, d'une tige d'entraînement à section carré (Kelly) ainsi que d'une tête d'injection qui peut être motorisée (top drive) [1].



**Figure I.2.** L'ensemble table de rotation et tige d'entrainement (Kelly) [11].

### **I.3.4. Un système hydraulique**

Ce système se compose d'un ensemble de bacs à boue, de pompes à boue ainsi que d'un système de traitement de la boue [1].

### **I.3.5. Une garniture de forage**

Le terme garniture de forage désigne toute la partie du système à l'intérieur du trou de forage. Se compose de bas en haut, les éléments suivants :

#### **I.3.5.1. Un outil de forage**

Extrémité basse de la garniture, l'outil est entraîné en rotation et permet la progression de la garniture par son action directe sur le front de taille on distingue deux types d'outils, à molettes (tricônes) et monoblocs (diamant, PDC) [1].

#### **I.3.5.2. Des masses- tiges (drill collars, DC)**

Il s'agit d'une série de tubes massifs en acier dont le rôle est d'assurer une poussée suffisante sur l'outil. par conséquent, pendant la phase de forage, le train de masses tiges est en partie, voire en totalité, en état de compression [1].

#### **I.3.5.3. Un train de tiges (drill pipe, DP)**

C'est la partie la plus longue de la garniture ; elle est constituée d'une série importante de tubes minces d'acier qui s'étendent jusqu'à la surface et dont le rôle est de transmettre le couple vers l'outil et de soutenir plus ou moins le train de masses tiges. Chaque tige munie à ses extrémités de renflements appelés tool-join (TJ) servant pour le vissage des tiges entre elles et comme points d'appui du train de tiges sur la paroi de puits. En conditions normales on s'arrange pour que le train de tiges soit en traction afin d'éviter son flambement car celui-ci favorise l'apparition de forces de contacts très élevé entre les tiges et les parois de puits. Ce train de tiges comporte par fois (cas du forage dirigé ou du forage horizontal) une série supplémentaire de tiges lourdes (heavy weight drill pipe, HWDP) plus épaisses placées souvent juste après les masses tiges ces tiges lourdes ont pour but de réduire les risques de flambement des tiges [1].

#### **I.3.5.4. Eléments complémentaires**

Parmi les éléments complémentaires, on trouve :

##### **I.3.5.4.1. Le système de déviation**

Ce système comporte le plus souvent des stabilisateurs et/ou des moteurs fonds du trou (PDM). Les stabilisateurs sont des tubes d'une longueur souvent 2m et dotés sur leur pourtour de lames droites ou spiralées leurs rôle essentiel est de contrôler la direction de forage en

jouant sur leur nombre et leurs positions, On distingue deux types de stabilisateurs : ceux à diamètre fixe et ceux à diamètres variable pouvant être actionnée hydrauliquement ou mécaniquement à partir de la surface. Les moteurs fond du trou (PDM) sont incorporés dans la partie inférieure de certaines garnitures afin de permettre la rotation de l'outil de forage indépendamment de la rotation du train de tiges. Ce procédé est généralement utilisée pour amorcer des déviations ou pour faire des corrections de trajectoire (mode sliding) [1].

#### **I.3.5.4.2. Les appareils de mesures**

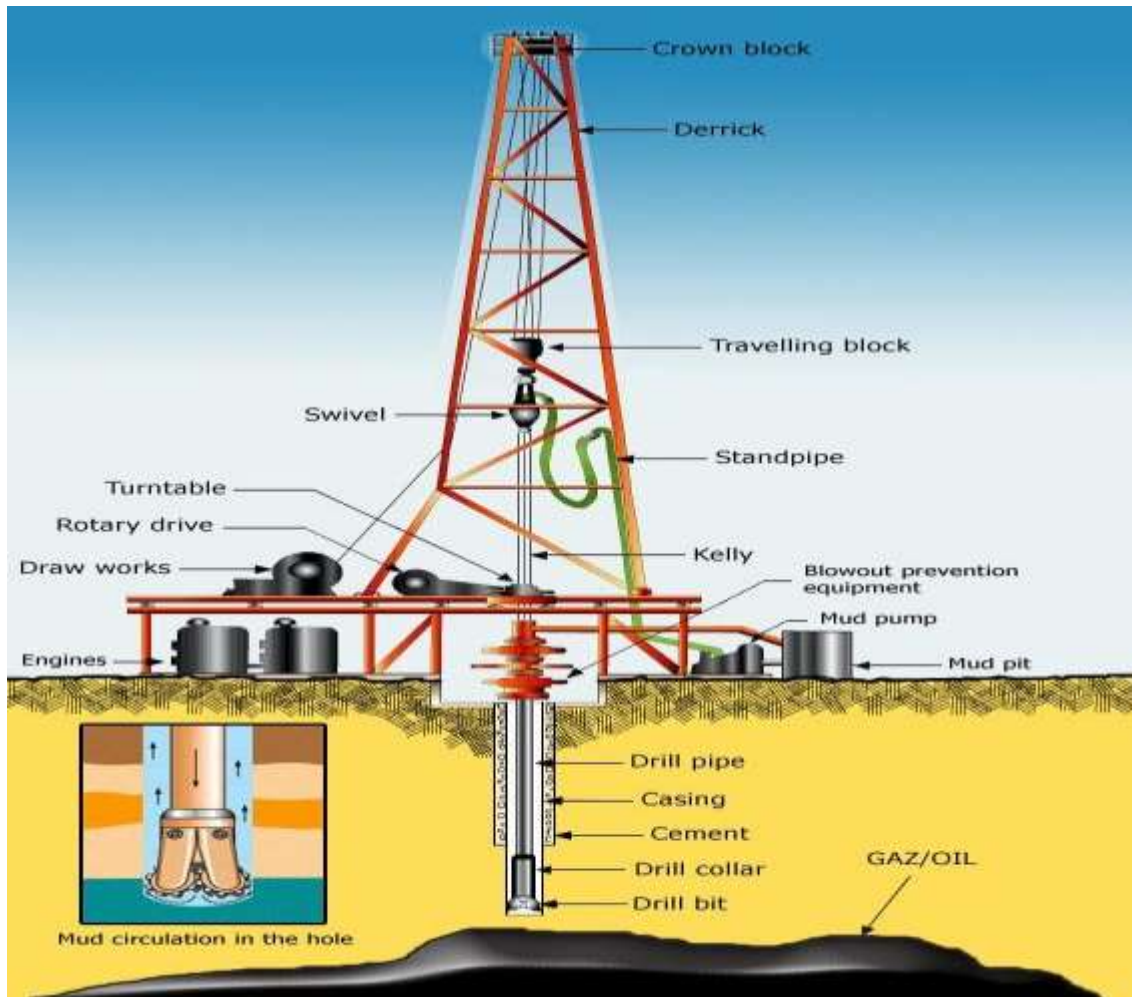
Ce sont des appareils embarqués avec la garniture afin de mesurer l'évolution des certains paramètres comme l'inclinaison et l'azimut en fonction de la profondeur forée [1].

#### **I.3.5.4.3. Les raccords**

Ce sont des pièces mécaniques servant à raccorder les différents composants de la garniture, elles sont généralement de petite taille afin de ne pas encombrer la garniture.

La partie intérieure de la garniture de forage est communément appelée la BHA (bottom hole assembly). Elle est principalement constituée de l'outil de forage, des masses tiges et des stabilisateurs. La BHA a un effet prépondérant sur le comportement directionnel du système de forage.

Lorsqu'on dit le fluide de forage on parlera donc sur la boue cette dernière a des caractéristiques et un rôle très important pour le forage [1].



**Figure. I.3.** Système de forage classique [3]

## **I.4. Définition de la boue de forage**

La boue que l'on appelle **mud-cake**. Ce mud-cake finit par empêcher toute circulation de fluide entre le trou de forage et la formation [4].

Une boue ne peut jouer convenablement tous les rôles que nous avons énumérés ci-dessous que si elle est bien conditionnée, c'est-à-dire que si ses principales caractéristiques physiques et chimiques sont maintenues à des valeurs appropriées.

### **I.4.1. Les types de la boue de forage**

Plusieurs classifications des types de boue peuvent être adoptées. Il est cependant habituel de présenter les boues en fonction de la phase continue. Nous allons donc rencontrer tout ça dans le tableau suivant [5] :

**Tableau I.1 : Différent type de boue [5].**

Type de boue	Composition moyenne (/m <sup>3</sup> )	caractéristiques	Stabilité aux contaminations	Domaine D'application
Boue à l'eau de mer	Polymères : 4kg Chlorure chromique : 1-2kg Soude :8-10kg Bactericide :0-0.5kg Bentonite :15kg (FCL+CMC)	Faible teneur en solides d<1.03 Filtrat>12cm <sup>3</sup>	Moyenne	Formation peu problématiques amélioration ROP
Boue bentonitique simple	Bentonite : 40-60kg CMC : 0-5kg	PH : 8.5-9.0 T<150C°	faible	Boue de démarrage peu de risque de contamination
Boue bentonitique tannique	Bentonite : 40-60kg Tannin :2-4kg Soude :0.5-1kg CMC :1-5kg	PH<11 Filtrate:2-4cm <sup>3</sup> T<150C°	Moyenne Calcium :300g/l Chlorure : 20g/l	Pro fendeur<300m Gypse, anhydrite, argile.
Boue à huile	Huile : 715l Eau : 205l CaCl <sub>2</sub> :55kg Emulsifiant : 15l Réducteur de filtrat : 18l	O/W=80/20 PV=16-18 YP=16-18 ES=600	excellente	Puits fortement déviés Puits haute pression Puits haute température Formation argile.
	Chaux : 30kg Viscofiant : 15kg (mouillant=f (solides) alourdissant=f (densité))			

#### **I.4.2. Rôle de la boue de forage**

La boue de forage ont un rôle important se représente dans :

- 1- La remontée des déblais ;

- 2- Le maintien des déblais en suspension après arrêt de la circulation ;
- 3- Refroidir l'outil et diminuer les frottements de la garniture de forage ;
- 4- Le maintien des parois du trou foré ;
- 5- Le contrôle des fluides des formations traversées. ;
- 6- L'intervention des fluides comme un paramètre de forage ;
- 7- La transmission de la puissance au moteur de fond ;
- 8- La remontée des informations géologiques [2]. .

### **I.4.3. Le contrôle d'une venue**

#### **I.4.3.1. Définition d'une venue**

Elle est définie comme étant l'intrusion d'un fluide indésirable d'une formation perméable dans le puits, dès que la pression de fond devient inférieure à la pression de pores [4].

#### **I.4.3.2. Les causes d'une venue**

La prévention des venues est un processus qui doit d'abord commencer par l'étude et la compréhension des causes qui sont à l'origine de ces venues. Les causes de venue les plus fréquentes sont [4] :

- ✓ Le défaut de remplissage du puits pendant les manœuvres de garniture ;
- ✓ Le pistonage vers le haut et vers le bas pendant les manœuvres ;
- ✓ Les pertes de circulation ;
- ✓ La densité du fluide de forage insuffisante ;
- ✓ Les situations spéciales (DST, avancement non contrôlé dans une formation contenant du gaz ...) ;
- ✓ Les statistiques ont révélé que les majorités des venues surviennent en cours de manœuvres ou la réduction de la pression de fond est essentiellement due à :
- ✓ L'annulation des pertes de charge annulaire à l'arrêt des pompes ;
- ✓ La chute de niveau de boue dans l'annulaire pendant la remontée ;
- ✓ Le pistonage vers le haut (swabing).

### **I.4.3.3. Signes avertisseurs**

La sécurité du puits dépend essentiellement de la détection rapide des signes précurseurs d'une venue, toute fois la détection d'un seul signe peut ne pas être un indicateur définitif d'une venue, c'est la raison pour laquelle il est très important d'observer les autres indicateurs ; donc les signes sont [2] :

- 1- Augmentation de la vitesse d'avancement (drilling break) ; est en fonction des paramètres suivants (le poids, la vitesse de rotation, la nature de la formation, l'hydraulique, le type de l'outil, la pression différentielle, la porosité de la formation ;
- 2- Anomalie de remplissage du puits ;
- 3- Perte de circulation ;
- 4- Boue gazée ;
- 5- Augmentation du débit à la goulotte (augmentation du niveau de bacs) ;
- 6- Observation puits fermée ;
- 7- La sécurité de puits.

### **I.4.3.4. Signes positifs d'une venue (en cours de forage)**

Les Signes positifs d'une venue (en cours de forage) sont [4] :

- L'augmentation du débit à la goulotte ;
- L'augmentation du niveau de bacs ;
- Le débit à la goulotte, pompes à l'arrêt.

### **I.4.3.5. Signes positifs d'une venue (en cours de manœuvre)**

Les Signes positifs d'une venue (en cours de manœuvre) sont [4] :

- La différence entre le volume de boue remplie et le volume d'acier extrait à la remontée ;
- La différence entre le volume d'acier introduit et le volume de boue récupérée à la descente.

### **I.4.3.6. Principe de contrôle d'une venue**

Le principe est de remplacer un ensemble de flotteurs (un par bac) permettent de mesurer le niveau dans les bassins, les dimensions du bac étant connues, une conversion niveau/volume est alors réalisée [4].

## **Chapitre I : Généralité sur le forage, leurs risques et les équipements de contrôle venue**

Cet équipement est accompagné par une alarme audiovisuelle pour une détection plus rapide d'une baisse ou augmentation du niveau le système est dénommée (pit volume totalizer).

Dans la goulotte, un débitmètre différentiel (système à palette) donne les variations du débit retour en pourcentage ; si les débits de l'entrée et de sortie ne sont pas exactement les mêmes, il y a immédiatement indication de gain ou de perte par une alarme audiovisuelle préalablement activée [4].

Les caractéristiques, le rôle de fluide de forage, et le principe de contrôle de venue tout ça présentent le contrôle primaire d'une venue de sorte que le contrôle secondaire est la fermeture du puits par les équipements de sécurité s'il y a-t-il un non contrôle de venue [4].

### **I.5. Les obturateurs de têtes de puits**

#### **I.5.1. Généralités et définitions**

Les obturateurs et leurs accessoires ont pour fonctions :

- D'assurer la fermeture du puits quand nécessaire ;
- De permettre de reprendre le contrôle du puits.

Les BOP assurent le contrôle secondaire (deuxième barrière de sécurité) alors que la boue assure le contrôle primaire (première barrière).

Un obturateur est défini par [6] :

- Sa marque (les principaux fabricants étant : Cameron, Shaffer, Hydril) ;
- Son type ;
- Sa dimension nominale (diamètre du passage intérieur) ;
- Sa série (pression maximale de travail et de test en psi).

#### **I.5.2. Différents types d'obturateurs**

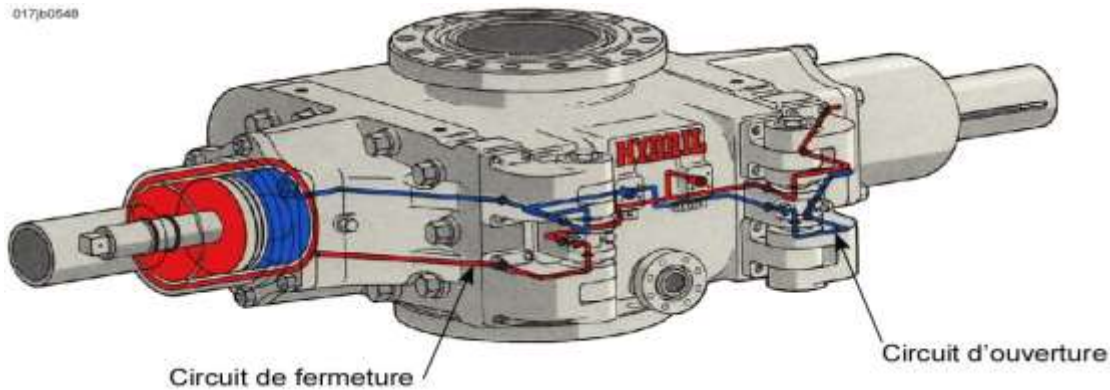
##### **I.5.2.1. Obturateurs à mâchoires (rams BOP)**

Ils peuvent être équipés de différents types de mâchoires :

- Fermeture sur une dimension donnée : "pipe rams" ;
- Fermeture totale "blind rams" ;
- Fermeture totale et cisailante "blind shear rams" ;
- Fermeture sur une gamme de diamètres donnés "variable rams, flex packer" ;
- Fermeture sur deux tubes : "dual rams" pour les complétions doubles.

Le nombre d'obturateurs à mâchoires de l'empilage dépend de la pression attendue dans les formations à forer. La position des différents types de mâchoires varie suivant les opérateurs.

Rappelons qu'il y a trois marques de BOP à mâchoires le plus souvent utilisées (Hydril, shaffer, Cameron) et la marque recommandée en Algérie est l'Hydril.



**Figure. I.4.** Circuit hydraulique du BOP Hydril [6]

Lors de la fermeture du BOP, le mouvement de la tige de piston fait tourner le lock nut qui entraîne le plateau avant, les 2 plateaux sont engagés mais la forme des dents permet la rotation du plateau avant dans ce sens. Si la pression est relâchée dans la chambre de fermeture, le BOP ne peut pas s'ouvrir car les dents ne permettent pas la rotation dans l'autre sens. Il faut appliquer une pression dans la chambre d'ouverture pour désengager le mécanisme.

Lors de l'ouverture du BOP, la pression dans la chambre d'ouverture repousse vers l'arrière la chemise, qui à son tour repousse le transfert ring et le plateau arrière de l'embrayage libérant ainsi la plaque avant qui peut tourner librement avec le lock nut sur la tail rod [6].

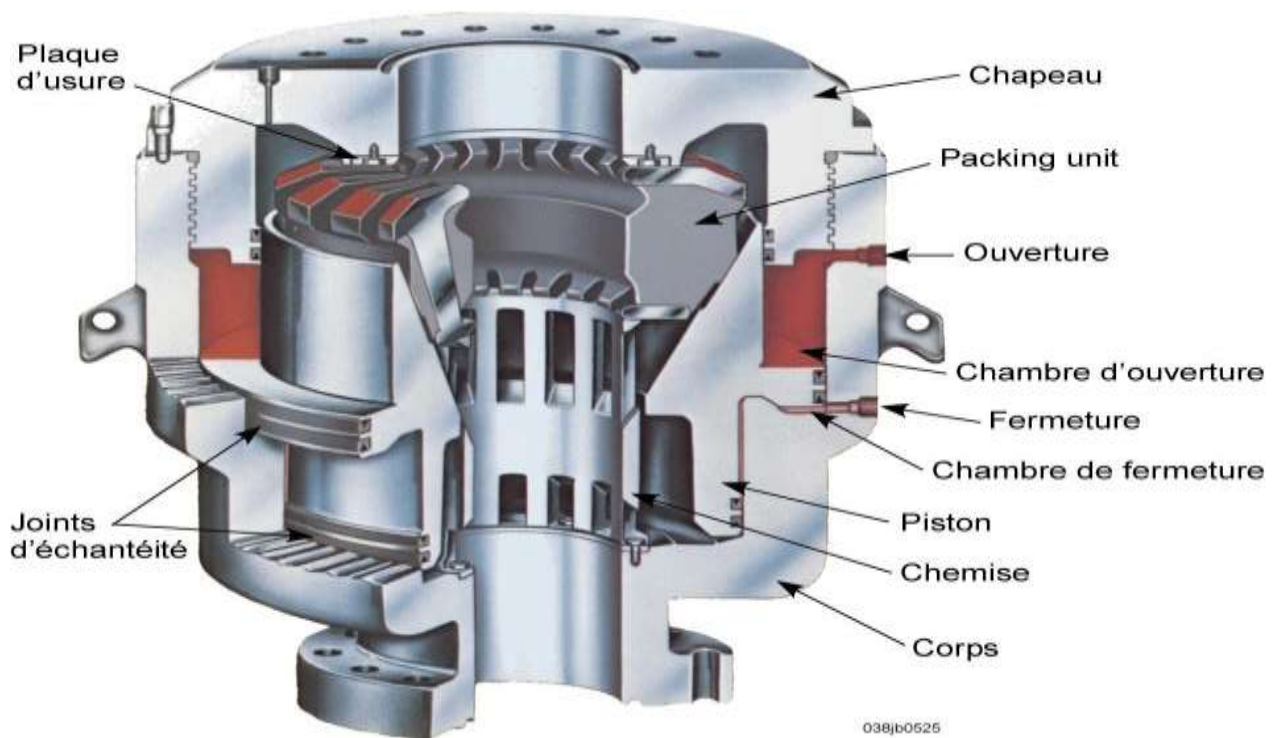
#### **I.5.2.2. Obturateurs annulaire (annuler BOP)**

Ils sont également appelés "bag type". Ils peuvent se fermer et faire étanchéité sur des équipements de section régulière de différents diamètres (tubulaire et câbles) et même sur le trou vide (mais pas vraiment recommandé). Ils permettent la manœuvre du train de tiges, obturateur fermé avec de la pression dans le puits (stripping).

Ils sont toujours placés au sommet de l'empilage. Leur pression de service est généralement immédiatement inférieure à la pression de service des BOP à mâchoires. C'est en général le BOP que l'on fermera en cas de venue avec une tubulaire dans le puits.

Le principal fabricant de BOP annulaires est Hydril. Les modèles les plus courants sont GK, GL, GX, MSP pour les grands diamètres et basses pressions. Le modèle GS est conçu plus spécialement pour les opérations de snubbing et de stripping. Nous décrirons également les BOP Shaffer et Cameron avec le type D.

Les BOP annulaires sont équipés d'une garniture élastique armée permettant la fermeture sur n'importe quel tubulaire présentant une surface régulière (Kelly par exemple) ou sur un trou vide (non recommandé). Il ne sera pas possible de fermer et faire étanchéité sur tous les équipements descendus dans le puits (pas d'étanchéité possible sur des stabilisateurs par exemple !!) [6].



**Figure I.5.** Hydril type GK avec chapeau vissé [6].

### **I.5.2.3. Obturateurs internes (I-BOP)**

Les obturateurs internes (Inside Blow out preventers) sont les différents équipements que l'on place dans le train de tiges pour le fermer. Leur pression de service est égale ou supérieure à la pression de service des BOP. Ce sont les équipements qui permettent d'obturer "plus ou moins facilement et rapidement" l'intérieur de la garniture de forage pour éviter le retour de fluide. Leur pression de travail doit être égale ou supérieure à la pression de service de la tête de puits [6].

Certains équipements sont placés en surface (Kelly coke, Gray valve), d'autres au niveau de l'outil (check valve, flapper valve), d'autres doivent être mis en place par pompage drop in (check valve) [6].

### **I.5.2.4. Obturateurs rotatifs**

Ils permettent la rotation et la manœuvre des tiges et sont placés au-dessus des obturateurs normaux. Ils sont utilisés pour forer sous pression en conservant une boue de faible densité (forage underbalance, forage à l'air ou à la boue aérée).

Le principal fabricant de BOP annulaires est Hydril. Les modèles les plus courants sont GK, GL, GX, MSP pour les grands diamètres et basses pressions (diverters). Le modèle GS est conçu plus spécialement pour les opérations de snubbing et de stripping. Nous décrirons également les BOP Shaffer et Cameron avec le type D [6].

## **I.6. Test des têtes de puits**

Les équipements utilisés pour contrôler et circuler une venue doivent être testés à intervalle régulier. Les tests à effectuer sont de deux types : tests de fonctionnement et test en pression.

En aucun cas, lors du test en pression d'un équipement, la pression de travail (ou pression de service, working pressure) de cet équipement doit être dépassée.

**Remarque :** Pression de service (working pressure) – pression d'épreuve (test pressure) : elle est égale à 2 fois la pression de travail pour les équipements qui ont des pressions de service inférieures ou égales à 5 000 psi, elle est égale à 1.5 fois pour les pressions de service supérieures à 5 000 psi [6].

### **I.6.1. Les tests de fonctionnement**

L'API recommande (API RP 53. Section 7.A.4) de faire des tests de fonctionnement au montage et à chaque manœuvre mais pas plus d'une fois par jour. Le test doit être effectué pendant la manœuvre de tiges avec l'outil dans le casing. L'API recommande la procédure suivante :

- Installer un BOP intérieur sur le train de tige,
- opérer les HCR,
- opérer les duses,

## Chapitre I : Généralité sur le forage, leurs risques et les équipements de contrôle venue

- Vérifier le choke manifold en circulant à travers chaque duse pour s'assurer qu'elles ne sont pas bouchées,
- Fermer tous les BOP à mâchoires

Il n'est pas nécessaire de tester les BOP annulaires à chaque manœuvre, cependant ils doivent être opérés à intervalles réguliers ne dépassant pas 7 jours [6].

### **I.6.2. Les tests en pression**

L'API RP 53 (section 7. A) recommande de faire des tests en pression-

- À chaque montage,
- En début de chaque phase,
- À l'entrée d'une zone de transition,
- Chaque fois qu'un démontage, même partiel, a été effectué (changement d'une vanne, ouvertures des portes pour changement de mâchoires, etc.),
- Au moins une fois tous les 21 jours.

Avant d'effectuer un test, il faut :

- Analyser les éléments qui sont soumis à la pression, afin de vérifier que l'élément le plus faible supporte la pression de test prévue,
- Envisager la possibilité de la fuite du fluide de test et les conséquences que cela peut avoir (montée en pression dans l'annulaire, etc.).

Chaque test doit être précédé d'une circulation à l'eau claire à travers tous les circuits et chaque élément sera testé séparément avec la pression venant du puits.

Les tests seront effectués pour commencer à basse pression (20 à 30 bar environ, 200 à 300 psi, souvent 500 psi sur le chantier) avant d'être effectués à haute pression.

La pression de test ne devra pas dépasser la pression de service de la tête de puits et sera d'au minimum 70 % de la pression de travail des obturateurs. Cependant, cette pression se limitera à la plus faible pression de service de la tête de puits ou à 70 % de la pression d'éclatement de la partie supérieure du casing, mais en aucun cas la pression de test ne sera inférieure à la pression attendue en tête.

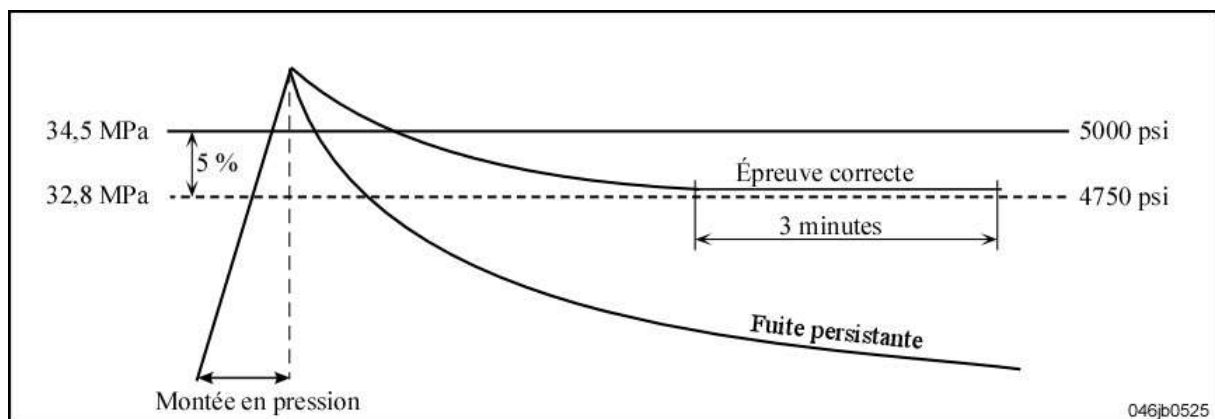
Les obturateurs annulaires ne seront testés en général qu'à 50 % de leur pression de service [5].

Les BOP internes (Kelly coke, Gray valve, DICV, check valves, etc.) seront testés à la même pression que les éléments du stack BOP. Ils doivent être testés avec la pression appliquée en dessous.

Les tests en pression peuvent être fait avec un tester cup et un tester plug. Avec le tester cup, une partie du casing est mise en pression, ce qui permet de tester les étanchéités entre le casing et le spool correspondant [6].

### I.6.3. Résultats des tests

L'essai en pression est considéré satisfaisant lorsque la pression est restée stable pendant au moins 3 minutes (recommandation API). Et lorsque sa valeur est également restée à l'intérieur d'une fourchette comprise entre la pression de test et cette pression moins 5% [6].



**Figure. I.6.** Enregistrement d'un test BOP [6].

## I.7. Unité d'accumulation et de commande du BOP

### I.7.1. Unité de commande de BOP surface

L'unité de commande fournit le fluide hydraulique sous pression pour opérer les différents obturateurs de surface et les vannes annexes. La pression de fonctionnement du système habituellement utilisé est de 3000 psi. Un poste de commande à distance permettant de réaliser toutes les fonctions sera installé sur le plancher de forage. Un ou plusieurs autres postes permettant de réaliser un nombre réduit de fonctions peuvent être installés sur le chantier [6].

L'unité de commande comprend :

Un réservoir de stockage contenant le fluide hydraulique à pression atmosphérique,

## Chapitre I : Généralité sur le forage, leurs risques et les équipements de contrôle venue

Au moins deux systèmes de pompage qui aspirent le fluide hydraulique dans le réservoir pour le porter à la pression de fonctionnement de l'unité (en général 3 000 psi),

Un ensemble de bouteilles (accumulateurs oléopneumatiques) pour stocker ce fluide à la pression de fonctionnement de l'unité,

Des régulateurs pour régler la pression du fluide hydraulique dirigé vers les différents composants du stack BOP. Des distributeurs 4 voies – 3 positions pour opérer les différentes fonctions [6].

### **I.7.1.2. Description d'une unité standard 5**

La figure 5 représente une unité standard avec ses différents composants.

- 1 Arrivée d'air (pression de l'ordre de 120 psi) ;
- 2 Hui leur ;
- 3 Vanne qui permet de by passer la vanne d'admission automatique d'air n°4. En position ouverte, elle permet d'alimenter en continu les pompes à air. Elle doit être normalement en position fermée ;
- 4 Vanne d'admission hydropneumatique automatique. Elle permet de régler la pression de démarrage et l'arrêt des pompes à air ;
- 5 Vannes manuelles d'isolement des pompes pneumatiques. Normalement, elles doivent être en position ouverte ;
- 6 Pompes à air ;
- 7 Vannes manuelles d'isolement de l'aspiration des pompes à air. Normalement, elles doivent être en position ouvertes ;
- 8 Filtre à huile équipé d'une crépine sur la ligne d'aspiration ;
- 9 Clapet anti-retour ;
- 10 Pompe triplex entraîné par moteur électrique ;
- 11 Manocontact : permet de régler les pressions de démarrage et d'arrêt de la pompe électrique. Il est réglé de telle façon que le moteur électrique démarre lorsque la pression dans l'unité chute sous un certain seuil (en général, 2700 psi) et s'arrête lorsque la pression atteint un certain seuil (3 000 psi) ;
- 12 Coffret de démarrage contenant un commutateur à 3 positions (OFF, ON, AUTO). L'interrupteur doit être normalement sur la position AUTO ;

## Chapitre I : Généralité sur le forage, leurs risques et les équipements de contrôle venue

- 13 Vanne manuelle d'isolement de l'aspiration de la pompe électrique. Normalement, elle doit être en position ouverte ;
- 14 Filtre à huile équipé d'une crépine sur la ligne d'aspiration ;
- 15 Clapet anti-retour ;
- 16 Vanne manuelle d'isolement des bouteilles. En fonctionnement normal, cette vanne doit être ouverte ;
- 17 Accumulateur. Le pré charge en azote doit être de 1000 psi  $\pm$  10 % ;
- 18 Soupape de sécurité, tarée entre 3300 et 3500 psi. Le retour est connecté au réservoir ;
- 19 Filtre à huile sur le circuit haute pression ;
- 20 Régulateur de pression : Il réduit la pression de 3000 psi à 1500 psi pour le circuit "manifold". Son réglage se fait manuellement ;
- 21 Clapet anti-retour ;
- 22 Distributeurs 4 voies - 3 positions. Ces distributeurs, équipés de vérins pneumatiques, peuvent être pilotés à distance ;  
Elles permettent l'envoi du fluide hydraulique sous pression vers les BOP ou les opérateurs de vannes, pour ouvrir ou fermer ceux-ci ;
- 23 Vanne de by-pass : permet de by passer la régulation 3 000 - 1500 psi et d'envoyer directement dans le manifold le fluide hydraulique à la pression des accumulateurs (3 000 psi). Cette vanne doit être normalement en position fermée. Elle peut être commandée à distance ;
- 24 Soupape de sécurité avec retour au réservoir de stockage du fluide hydraulique. Elle est réglée vers 5 500 psi ;
- 25 Vanne de purge de la partie HP. Elle est normalement en position fermée ;
- 26 Sélecteur à 2 positions : Il permet de sélectionner le point de commande du régulateur de pression du BOP annulaire n° 27. Lorsqu'il est sur Remonte, 27 peut être réglé à partir du panel de commande à distance. Lorsque le sélecteur est sur Local, 27 ne peut pas être réglé à distance ;
- 27 Régulateur de pression annulaire : Il permet de régler la pression du fluide hydraulique envoyer vers le BOP annulaire afin d'ajuster la pression de fermeture de celui-ci. Ce régulateur est piloté pneumatiquement et peut être ajusté à distance ;
- 28 Manomètre de pression de la partie "accumulateur" ;
- 29 Manomètre de pression de la partie "manifold" ;
- 30 Manomètre de pression de la partie "annulaire" ;

## **Chapitre I : Généralité sur le forage, leurs risques et les équipements de contrôle venue**

- 31 - 32 - 33 Transmetteurs pneumatiques de pression de l'accumulateur, du manifold et de l'annulaire vers le ou les panneaux de commande à distance ;
- 34 Filtre à air ;
- 35 Régulateur permettant de régler la pression d'air envoyée vers le régulateur 27 ;
- 36 – 37 – 38 Régulateurs à air pour les transmetteurs pneumatiques de l'annulaire, de l'accumulateur et du manifold ;
- 39 Platine de connexion du faisceau de télécommande pneumatique ;
- 40 Indicateur de niveau de fluide hydraulique dans le réservoir ;
- 41 Bouchon de remplissage et de mise à l'air du réservoir ;
- 42 Vannes 4 voies - 3 positions ;
- 43 Clapet anti-retour ;
- 44 Soupape de sécurité sur la ligne auxiliaire avec retour au réservoir de stockage du fluide hydraulique ;
- 45 Ligne auxiliaire qui peut être utilisée pour le skidding ;
- 46 Ligne auxiliaire qui peut être utilisée pour tester des équipements en pression ;
- 47 Retour vers le réservoir lors de l'utilisation d'une ligne auxiliaire ;
- 48 Bouchon d'inspection du réservoir de stockage de fluide hydraulique ;

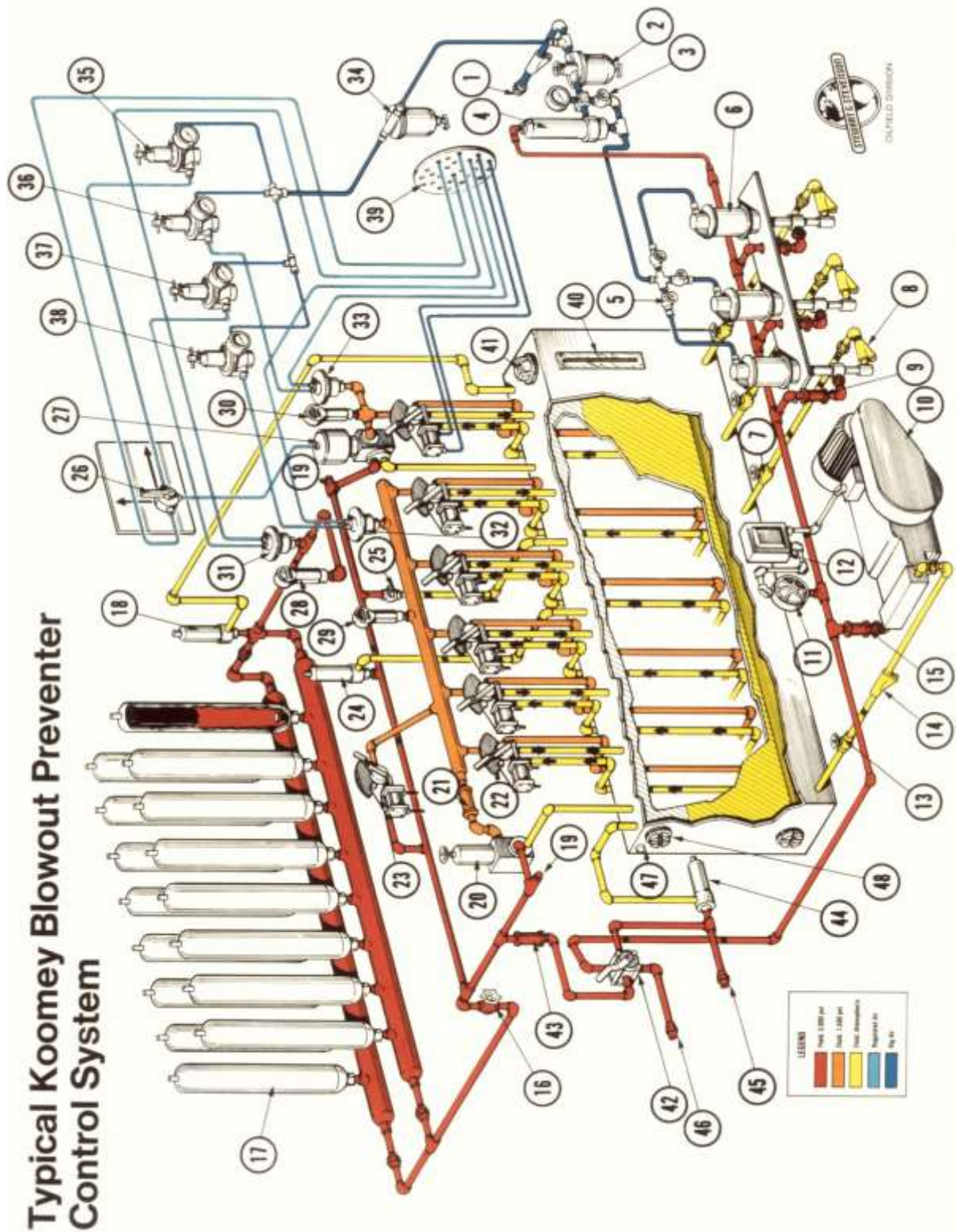


Figure. I.7. Schéma type d'une unité de commande de BOP de surface [6].

### **I.7.1.3. Principe de fonctionnement de l'unité et recommandations API**

L'unité doit être placée dans un endroit protégé à distance du plancher de forage (hors du périmètre de sécurité) et facilement accessible au personnel du chantier en cas d'urgence [6].

#### **I.7.1.3.1. Systèmes de pompage**

L'unité doit être équipée d'au moins deux systèmes de pompage ayant des sources d'alimentation (électrique, pneumatique,) indépendantes. Les pompes aspirent le fluide hydraulique dans le réservoir et doivent être capables de le refouler au moins à la pression (maximum) de fonctionnement de l'unité. Le fluide hydraulique est stocké sous pression dans les accumulateurs oléopneumatiques [6].

Chaque système de pompage est équipé d'un dispositif lui permettant de démarrer automatiquement lorsque la pression dans l'accumulateur est en dessous d'un certain seuil et de s'arrêter automatiquement lorsque cette pression atteint la pression de fonctionnement de l'unité. Les recommandations de l'API 16 E sont :

- Démarrage des pompes lorsque la pression dans l'unité d'accumulation est tombée approximativement à 90 % de sa pression de fonctionnement (soit environ 2 700 psi pour une unité fonctionnant à 3 000 psi) ;
- Arrêt lorsque la pression de l'unité est comprise entre sa pression de fonctionnement et cette pression moins 100 psi (soit entre 2 900 psi et 3 000 psi) [6].

#### **A. Système de pompage pneumatique**

La figure montre un système composé de trois pompes à air (item 6). La vanne d'admission automatique de l'air (item 4) permet de régler le seuil de démarrage et d'arrêt des pompes. Lorsque la pression dans l'unité descend sous le seuil de démarrage (en général un peu en dessous de 2 700 psi), cette vanne s'ouvre et permet la mise en route des pompes. Elle ferme l'arrivée d'air lorsque la pression dans l'unité atteint le seuil d'arrêt. Ce seuil est en général de 2 900 psi lorsque le système pneumatique est utilisé avec un système électrique et de 3 000 psi (pression de fonctionnement de l'unité) si l'on utilise uniquement des systèmes pneumatiques [5].

La vanne 3 permet de by passer cette vanne d'admission automatique de l'air. Les vannes 5 permettent d'isoler les pompes du circuit d'air. En fonctionnement normal, la vanne 3 doit

être fermée, les vannes 5 ouvertes et la vanne automatique 4 doit permettre le démarrage et l'arrêt automatiquement aux seuils voulus.

### **B. Système de pompage électrique**

Les pompes électriques sont des pompes triplex. Le manocontact (item 11) enregistre la pression dans l'unité et actionne le contacteur électrique (item 12). Ce contacteur a trois positions :

Position **OFF** : le moteur électrique n'est pas sous tension quelque soit la pression dans l'unité d'accumulation ;

Position **ON** : le moteur électrique est en permanence sous tension quelque soit la pression dans l'unité d'accumulation ;

Position **AUTO** : le moteur démarre lorsque la pression dans l'unité d'accumulation mesurée par le manocontact test en dessous du seuil fixé pour le démarrage (90 % de sa pression de fonctionnement, soit 2 700 psi pour une unité standard), le moteur s'arrête lorsque la pression atteint le seuil fixé pour l'arrêt (3 000 psi) [6].

#### **I.7.1.3.2. Les bouteilles**

Elles permettent de stocker l'huile hydraulique sous pression. Il existe des systèmes avec chambre à air et avec flotteur ; La pression de pré charge dépend des conditions spécifiques de fonctionnement des équipements. La valeur habituellement recommandée est de 1 000 psi, elle est considérée correcte si elle se trouve dans une fourchette de 100 psi (± 10 %) autour de cette valeur. La pression de pré charge doit être vérifiée à la mise en service de l'unité et au début de chaque puits, l'intervalle de contrôle ne doit pas dépasser 2 mois.

L'azote est le seul gaz recommandé pour pré charger les bouteilles [6].

#### **I.7.1.3.3. Distribution du fluide hydraulique**

La distribution du fluide hydraulique vers le BOP annulaire et vers les obturateurs à mâchoires et les opérateurs des vannes de kill et de choke line sur la figure sont séparés. Cela permet de régler indépendamment la valeur de la pression pour opérer le BOP annulaire et pour opérer les autres composants du stack [6].

#### **I.7.1.3.4. Réservoir et fluide hydraulique**

Le fluide utilisé doit permettre le fonctionnement de l'unité dans toutes les circonstances. Il peut être nécessaire d'ajouter des produits comme le glycol pour éviter le gel du fluide [6].

#### **I.7.1.3.5. Panneau de commande à distance**

Ce panneau doit être accessible au chef de poste pendant les opérations de forage et représenter fidèlement l'empilage BOP [6].

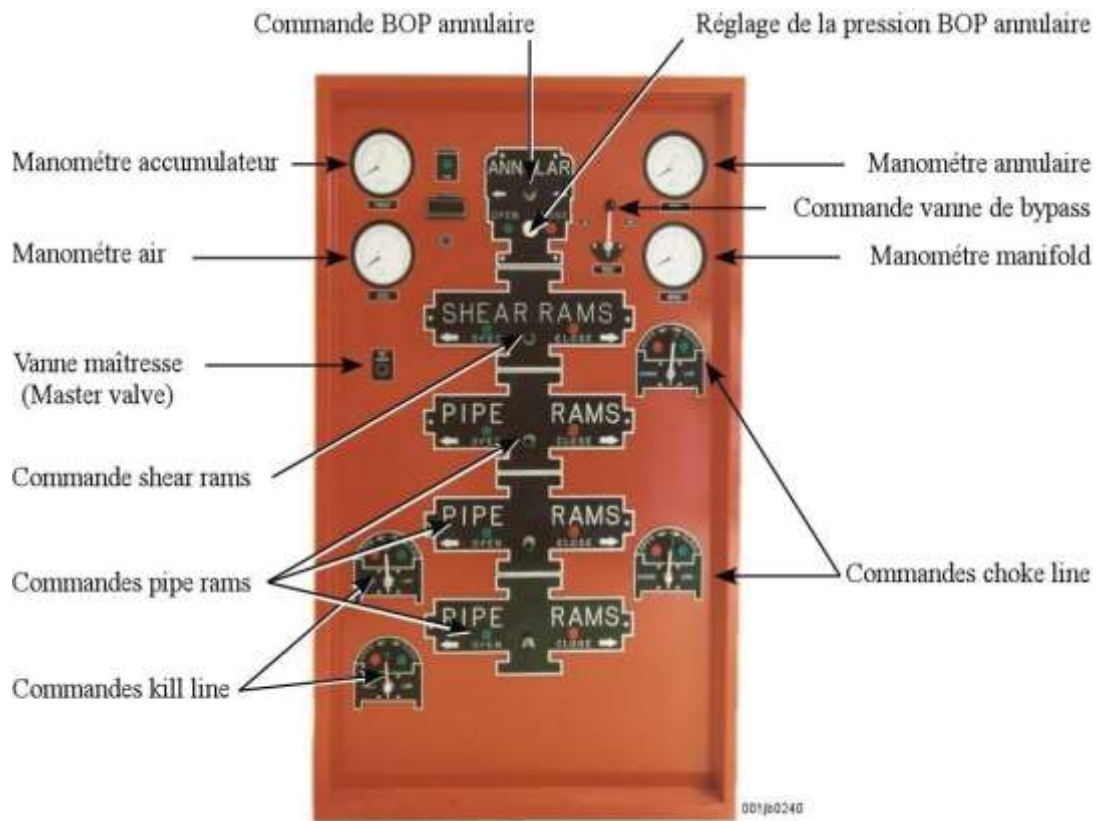
Le panneau de commande à distance doit :

- Permettre d'opérer tous les BOP et les vannes de kill et de choke line ;
- Permettre de régler la pression du BOP annulaire ;
- Permettre d'opérer la vanne de by pass (item 23) ;
- Indiquer la pression de l'accumulateur, du manifold, de l'annulaire et la pression d'air ;
- Le panneau de commande doit avoir en plus des alarmes visuelles et sonores indiquant ;
- Une pression trop faible dans l'accumulateur ;
- Une pression d'air trop faible ;
- Un niveau de fluide hydraulique trop faible dans le réservoir ;

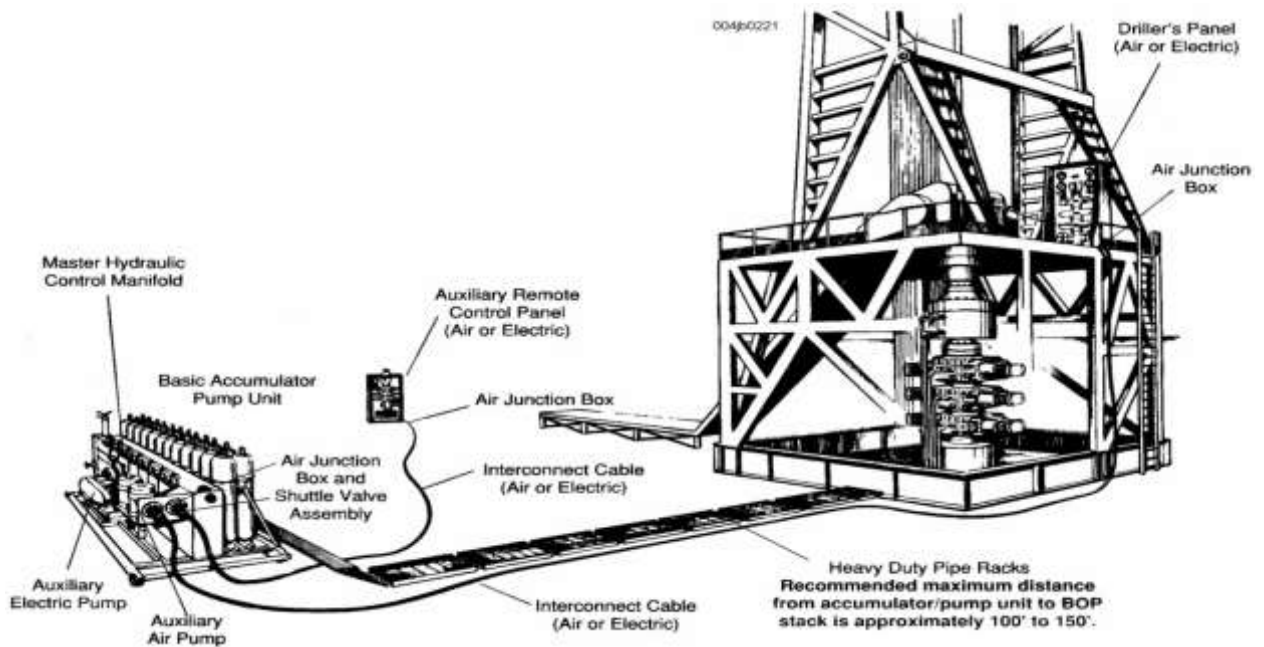
#### **Remarque :**

Le temps de réponse dépend du moyen de transmission utilisé, les liaisons électriques permettent d'avoir les temps de réponse les plus courts. Il n'est pas conseillé d'utiliser un système pneumatique si la distance entre l'unité et le panneau de commande est supérieure à 150 pieds (soit environ 45 m).

La figure 7 représente un arrangement typique (BOP – unité de commande – panneaux de commande à distance) sur un rig à terre. La figure 6 représente le détail d'un panneau de commande à distance (driller's panel) [6].



**Figure. I.8.** Panneau de commande à distance [6].



**Figure. I.9.** Arrangement typique sur un rig à terre [6].

### **I.7.1.3.6. Conduites**

Les lignes reliant l'unité et le bloc d'obturation doivent avoir une pression de service égale à la pression de fonctionnement de l'unité (3 000 psi). Les flexibles, les conduites rigides et les connections constituant ces lignes doivent résister au feu [6].

## **I.8. Le circuit de contrôle de venue**

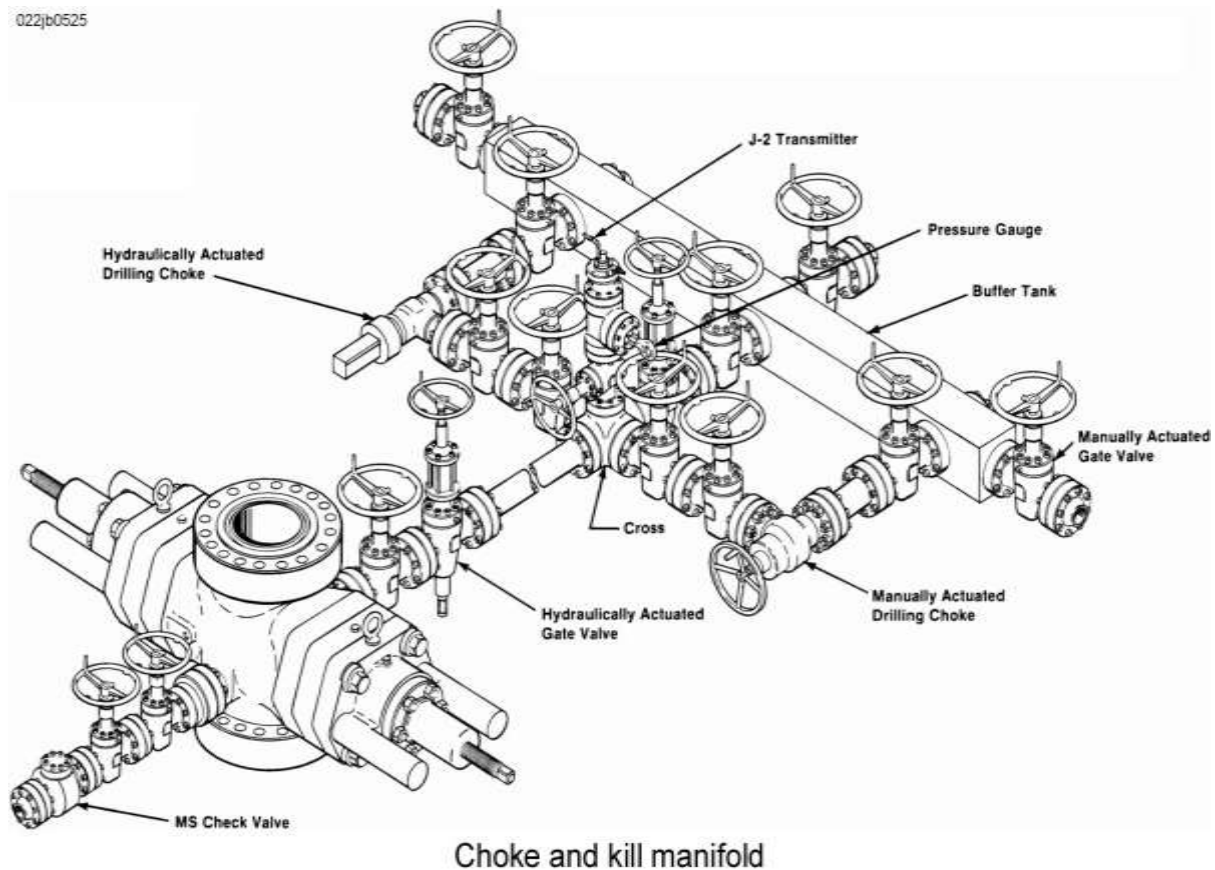
Pour contrôler une venue, il faut circuler tout en maintenant une pression, en face de la couche qui a débité, légèrement supérieur à la pression de pore de cette couche. La pression hydrostatique produite par la colonne dans l'espace annulaire n'est pas suffisante. La duse permettra de créer en tête de l'espace annulaire la pression manquante nécessaire pour maintenir une pression de fond correcte. On utilisera le circuit duse jusqu'au rétablissement du contrôle primaire. La perte de charge produite dans une duse dépend des caractéristiques du fluide (densité, viscosité, ...), du débit et de l'ouverture de la duse (l'ouverture de la duse produit une diminution de la perte de charge) [6].

Sous les obturateurs, une liaison (choke line) entre l'espace annulaire et le manifold de duse (choke manifold) permet de diriger l'effluent selon sa nature vers :

- Les bassins ;
- Le séparateur atmosphérique (poor boy degasser, mud – gas separator) ;
- La "torche" ;
- Le borbier.

Il existe plusieurs types de duses :

- Les duses fixes (positive) employées sur les puits en production ;
- Les duses réglables (ajustables choke) soit manuellement (manuel choke) soit commandées à distance (remote operated choke) utilisées en forage car la valeur de la pression nécessaire en tête de l'espace annulaire varie au cours du contrôle [6].



**Figure. I.10.** Schéma montrant les liaisons BOP – circuit manifold (montage BOP surface) [6].

## **I.9. Généralité sur les risques de forage**

Dans la première phase des opérations (pendant le démontage) les risques ce sont inhérents aux Conditions et actions dangereuses qu'il faut s'attacher à supprimer.

Certains de ces risques sont faciles à éliminer d'autre le sont beaucoup moins, la réglementation générale concernant l'utilisation, l'examen et le contrôle des équipements ainsi que les mesures de protection et de sécurité applicables aux travaux de chantier fait l'objet du décret N° 65-48 du 23 /08/1947 complété par celui du 08/01/1965.

Un organisme agréé doit procéder périodiquement aux examens et épreuves réglementaires. Les résultats de ces opérations portées sur un registre particulier doivent être pris en considération. Pour le matériel de chantier soumis à réglementation, les chefs de chantier doivent être en mesure de présenter aux services désignés par le directeur, les certificats de contrôle délivrés par un organisme accrédité.

A cet effet, des recommandations et consignes de sécurité sont incorporées à l'attitude des Personnels et aux méthodes de travail.

En présence de conditions dangereuses, les actions dangereuses provoquent l'accident avec ses Conséquences imprévisibles. IL convient donc de :

- Supprimer les circonstances dangereuses chaque fois qu'elles se présentent ;
- Eviter les actes dangereux.

### **I.9.1. Les conditions dangereuses sur un chantier de forage**

Au cœur des opérations de forage, démontage, les risques les plus probablement rencontré sont les suivants :

#### **I.9.1.1. Risque de glissade et chute**

La surface du plancher de travail, des escaliers, des sols, manquent d'adhérence, de résistance et d'entretien.

La manque d'adhérence entraînant des glissades à plein pieds, des chutes dues à la pression d'eau, de corps gras, de poudre fine (produits à boue) ou à la présence simultanée de plusieurs de ces éléments sur les planchers de travail ou le sol.

Le manque de résistance entraînant également des chutes dues à l'usure, la présence de trous (nids de poules), la dénivellation résultant d'effondrement quelconque.

Le manque d'entretien laissant subsister les défauts cités ci -dessus, et points dangereux tels que obstacles intitulés ou non signalés. Chutes de grandes hauteurs (cas de travaux sur le mat) [11].

#### **I.9.1.2. Risque ergonomique**

Les outils à mains (surtout de fortune), qui leur utilisation entraînant des accidents graves aussi pour la manipulation que pour son une mauvaise posture de l'entourage.

Une mauvaise posture de l'ouvrier pour soulever, ou transporter une charge, ou que le poids de la charge n'est pas proportionnel avec sa force physique, engendre facilement des discales ou hiatales [11].

#### **I.9.1.3. Risques liés aux levages et manutention**

En ce qui concerne les appareilles de levage et de manutention utilisés lors d'un forage où DTM d'un appareil de forage, il convient de considérer quatre principales sortes des risques, la manque de puissance des engins,

Leurs mauvaises conditions d'utilisation, des défauts des appaiaux et l'insuffisance d'entretint.

### **1. Manque de puissance des engins**

- Risque inhérent aux basculements, aux chutes et aux ruptures d'organes Essentiels.

### **2. Mauvaises conditions d'utilisation**

- Risques dus aux mauvais amarrages des charges, à leurs positions Défectueuses et à leurs Balancements.

- Risque dus à l'utilisation des engins par des personnels non habilités [11].

### **3. Défauts des appareilles**

Ces matériels (qui doivent être conforme d'une part aux normes en vigueur et d'autre part aux réglementations existantes), sont souvent causes d'accidents graves.

Les crochets, câbles, chaînes, élingues et autre accessoire ne sont pas souvent prévus pour l'usage au quel ils sont destinés. Leurs caractéristiques techniques se retrouvent modifier, entraînant leur rupture et chute des charges sur le sol [11].

### **4. Insuffisance d'entretien**

Il arrivé que par manque de temps parfois et par négligence, l'entretien Préventif ne soit pas assuré comme il devrait.

- Cette lacune (manque) conduit à des risques importants quand il s'agit de Commande des mécanismes de levage.

- Ces commandes lors qu'elle existe, ne sont pas toujours bien employées Puisque l'on rencontre des risques résultant de :

- La sensibilisation des commandes (dureté ; souplesse) ;
- L'absence d'arrêt d'usage (coup de point) ;
- Les mises en marche intempestives (mauvaise réglage ou usures) ;
- Verrouillage défectueux ;
- Mauvaise repérage des organes de mise en route, d'arrêt d'urgence ou de sélection.

En présence de telle situation dégradant, la maîtrise des manœuvres de levage et de manutention devient aléatoire provoquant ainsi des dangers, chutes de charge sur le sol avec dégâts corporels possible [11].

#### **I.9.1. 4. Risques d'origine électrique :**

Les dangers d'origine électrique qui peuvent se rencontrer sur un chantier sont de trios ordres :

##### **✓ Electrocutation**

Provoquée par le contact du personnel avec une partie d'installation sous tension, le contact est d'autant plus dangereux que la tension est plus élevée et le milieu humide et plus

conducteur, les tension courant : 127V ,220V ,380V peuvent être mortelles (mains humides, à proximité de mass métallique, sol conducteur).

✓ **L'incendie**

Provoquée soit par étincelle électrique, soit par échauffement local de Conducteurs détériorés ou de dimension insuffisante, soit par Fonctionnement prolongé en surcharge l'explosion : Mise à feu d'un mélange gazeux explosif par étincelle ou échauffement. Un Mélange explosif peut se trouver réalisé au voisinage de toute capacité Contenant du pétrole brute ou des produits pétroliers, ou encore aux environs de tous les orifices par les quelles se dégagent des gaz inflammables.

✓ **Les brûlures**

Les rayons émis par un arc électrique blessent les yeux, brûle la chaire, mettant Feu aux vêtements,

**I.9.1.5. Les risques chimiques**

Risques liés à la manipulation des produits chimiques : le contrôle de la boue De forage implique l'utilisation des produits chimiques dangereux. Les brûlures par la soude caustique (NaOH) sont les accidents plus fréquents. La soude caustique est une base très forte qui brûle la peau en particulier quand elle est humide.

Les boues de forage très basiques brûlent également la peau soit directement, soit après imprégnation des vêtements.

Le carbonate de baryum ( $BaCO_3$ ) qui est une poudre blanche parfois utilisée dans les traitements des anhydrites est un poison (indiqué sur l'emballage).

Le chromate de sodium (dichromate) est également un produit irritant et un poison.

La plupart des inhibiteurs de fermentation sont à base de formaldéhyde et peuvent contenir bactéricides, ce sont des poisons pour le corps humain et les effluent, affecte sérieusement les pommons et les yeux.

Nous avons les gaz toxiques comme l'hydrogène sulfureux dégagé. L'hydrogène sulfureux ( $H_2S$ ) est un gaz incolore, inflammable ayant une odeur semblable à celle des œufs pourris qui peut provoquer l'affaiblissement de l'adorât, en paralysant neuroleptique,  $H_2S$  en grande quantité (Concentration) provoque irritation des yeux.

**I.9.1.6. Risque de pression**

Les éléments composants le circuit de refoulement doivent être tous du type haute pression et le terrage des pompes doit être normal. Alors, il peut y avoir :

Eclatement ou rupture de canalisation de conduites sous l'effet de la pression qui peut avoir des valeurs très importantes allant de 1000 à 10.000 psi.

- Soupapes de sécurité non nettoyées
- Stationnement à proximité des conduites à la tuyauterie sous pression.
- Machine à vapeur et pompes actionnées par du gaz sous pression.

Donc, pour éviter qu'une explosion ou un incendie se produise, on ne doit pas dépasser les pressions de sécurité et veiller à ce que le circuit boue soit parfaitement contrôlé sans oublier les pompes [11].

#### **I.9.1.7. Les risques mécaniques**

Une grande partie des accidents de travail surviennent aux alentours de la tour de forage là où se déroulent les manœuvres du train de sonde, mains coincées entre les clés de forage (clés blocage et déblocages des tige de forage), doigts écrasés entre la tige et l'élévateur, gerbage des longueurs de tige nécessite des efforts physiques importants ce qui provoque des accidents au niveau de dos et de la poitrine.

b) La manipulation du matériel tabulaire et la rupture des chaînes, et câbles provoque des accidents aux niveaux des bras jambes, genoux et chevilles.

c) Pendant la manœuvre : la descente et la remontée du train de tige et la descente de tubage se fait avec une accélération remarquable afin de réduire le temps de manœuvre qui ne sont pas productifs, la mauvaise maintenance du matériel tabulaire, et les machines de forage peuvent créer des dangers réels pour le personnel travaillant sur la tour de forage ainsi que l'appareil de forage par rupture des câbles et matériel usé.

Effectuer une manœuvre de tige de forage ou une colonne de tubage à une profondeur de 300m nécessite beaucoup de travaux manuels qui demandent un certain angle de rotation de la main avec des charges lourdes provoquent des accidents au niveau du poignet.

d) Au cours de la descente la remontée peut se créer le back flow dû à la différence de densité et à l'hétérogénéité du fluide de forage, peut rejaillir en éclaboussant du haut en bas du derrick ainsi que les alentours de la plateforme du plancher ce qui rend les lieux glissants et dangereux créent les risques d'accidents de chute si le plancher n'est pas muni des garde corps. En manœuvre en période des vents forts balance le moufle mobile et l'élévateur qui heurt les traverses du derrick et le tool joint des tiges provoque des accidents.

Afin de permettre l'évacuation des déblais et une bonne circulation du fluide de forage demande une pression minimale de 2000(Psi) qui vaut  $140\text{Kg} / \text{Cm}^2$  provoque la rupture des flexibles, des conduits, et le matériel tabulaire, et causent des accidents.

e) encombrement auprès de la table de rotation où se déroule la majorité de travaux pendant la manœuvre crée des risques, ainsi que le travail sans le matériel de protection, casque, lunette et soulier de sécurité provoque des dangers d'accidents [1].

#### **I.9.1.8. Risque d'incendie**

Parmi les dangers multiples que présentent de nos jours l'établissement industriel, il faut faire une place très importante à l'incendie et à l'explosion. Ces risques sont d'autant plus marqués et aigus. La vocation de l'établissement conduit à traiter des produits inflammables. C'est le cas notamment de toutes les activités de l'industrie du pétrole de l'exploitation à l'utilisation en passant par la transformation, le risque subsiste. Tous les stades de l'exploitation du pétrole sont menacés par l'incendie.

- Lors du forage d'un puits, une éruption peut se transformer en catastrophe ;
- L'exploitation d'un gisement est à la merci d'une fausse manœuvre, ou d'une erreur pour qu'un incendie se déclare ;

Les conséquences d'un incendie sont lourdes à la fois sur le plan humain et sur le plan économique, l'importance des investissements consentis explique l'importance de la sécurité dans cette industrie.

Alors pour ce qui est incendie, on peut dire que à titre d'exemple, si un incendie se déclare dans un chantier de forage et non combattu ou décédé (maîtrise dès sa naissance) peut engendrer des conséquences graves aux matériels et personnel opérants sur les lieux [11].

### **Conclusion**

D'après cet aperçu théorique sur les notions générales de forage, on peut dire que l'élément le plus faible dans le système de forage et qui peut présenter un risque majeur pour ce dernier est : le système anti-éruption avec tous ses composants essentielles et auxiliaires.

C'est pour cette raison que ce système fait l'objet de notre étude.

Pour atteindre notre objectif, nous proposons d'appliquer une analyse des risques dans un but de voir si le dysfonctionnement est toujours d'origine technique ou non ?

# Chapitre II :

## Démarche pour l'analyse et gestion des risques

## **Introduction**

Tout système industriel ou système d'activité est susceptible de générer des risques de nature variée. Le risque défini dans le guide [ISO/CEI 73] comme la "combinaison de probabilité d'un événement et de ses conséquences". D'un point de vue général, les conséquences peuvent être positives ou négatives. Dans le domaine de la sécurité, on s'intéresse plus particulièrement aux conséquences négatives, qui se traduisent par un dommage causé à un élément vulnérable. Dans ce cas le risque est défini comme la « combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » [7].

Gérer un risque est un processus itératif qui a pour objectif d'identifier, d'analyser et de réduire au maximum le risque ou de le maintenir dans des limites acceptables. La gestion des risques est une des composantes fondamentales de la gestion d'un système. Elle est essentielle à la réussite des entreprises, que ce soit en terme économique ou environnemental. L'analyse de risques est une étape clé du processus de gestion des risques. Sa réalisation nécessite de mettre en œuvre une démarche structurée systématique.

C'est ce à quoi sont destinées les méthodes que nous présentons dans ce chapitre. L'analyse de risques, constitue une démarche d'identification et de réduction des risques réalisée sous la responsabilité de l'exploitant. Elle décrit les scénarios qui conduisent aux phénomènes dangereux et accidents potentiels. Aucun scénario ne doit être ignoré ou exclu sans justification préalable explicite.

Cette démarche d'analyse de risques vise principalement à qualifier ou à quantifier le niveau de maîtrise des risques, en évaluant les mesures de sécurité mises en place par l'exploitant, ainsi que l'importance des dispositifs et dispositions d'exploitation, techniques, humains ou organisationnels, qui concourent à cette maîtrise.

La méthode d'évaluation des risques vise avant tout à renforcer l'objectivité et la transparence, et à fournir des bases solides à l'évaluation des besoins et au programme de travail annuel en matière d'audit. Les méthodes d'analyse des risques ne sont que des outils d'aide à la réflexion et, en ce sens, leur qualité est fortement liée à leurs contexte et conditions de mise en œuvre. Il est donc indispensable de se pencher brièvement sur les raisons qui justifient l'utilisation de telles méthodes.

## **II.1. Généralités sur le risque**

### **II.1.1. Danger**

Le « **danger** » est une situation, une condition ou une pratique qui comporte en elle-même un potentiel à causer des dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement.

### **II.1.2. Dommage**

Représente la lésion physique ou atteinte à la santé, aux biens, ou à l'environnement.

### **II.1.3. Risque**

Le « risque » est la **probabilité** (possibilité) de survenance et la gravité d'un dommage résultant d'une **exposition** à un danger.

### **II.1.4. Caractéristiques d'un risque**

Un risque est une caractéristique d'un événement, définie conjointement par sa vraisemblance d'occurrence et la gravité de ses conséquences.

#### **II.1.4.1. La vraisemblance de survenance de l'événement**

Elle est définie en terme de fréquence d'apparition ou de probabilité d'occurrence pendant une période de temps ou un nombre d'opérations.

Probabilité de réalisation d'un évènement. Les facteurs à prendre en considération dans la détermination de cette probabilité sont les suivants : origine de la menace, potentiel de l'origine, type de vulnérabilité, existence de contrôles et efficacité de ces contrôles.

La probabilité peut être considérée comme élevée, moyenne ou faible :

- **Elevée** : l'événement devrait se produire dans la plupart des cas,
- **Moyenne** : l'événement se produira probablement dans de nombreux cas,
- **Faible** : l'événement peut se produire à un moment donné.

#### **II.1.4.2. La gravité**

Elle représente l'importance des conséquences directes ou indirectes en termes de dommages ou de préjudices, relatives à la survenance d'un état redouté.

Conséquences éventuelles qu'un risque peut avoir pour l'organisation s'il se réalise. Il convient de mentionner que les menaces n'auront pas toutes les mêmes répercussions car

chaque système de l'organisation a une valeur différente. L'ampleur des conséquences peut aussi être considérée comme élevée, moyenne ou faible :

- **Élevée** : conséquences sérieuses sur le fonctionnement, la réputation, le financement ou l'environnement ;
- **Moyenne** : conséquences importantes sur le fonctionnement, la réputation, le financement ou l'environnement ;
- **Faible** : conséquences moins importantes sur le fonctionnement, la réputation, le financement ou l'environnement.

### **II.1.5. Les indicateurs de risques**

Sont définis comme suit :

#### **II.1.5.1. Taux de fréquence**

Rapport du produit du nombre d'accidents de travail avec arrêt fois un million que divise le nombre d'heures hommes travaillées (Temps d'exposition aux risques).

$$\text{TF} = (\text{Nombre d'accidents avec arrêt} \times 1000000) / \text{Nombre d'heures travaillées}$$

#### **II.1.5.2. Taux de gravité**

Rapport du nombre total des journées perdues fois mille que divise le nombre d'heures hommes travaillées.

$$\text{TG} = (\text{Nombre journées perdues} \times 1000) / \text{Nombre d'heures travaillées}$$

## **II.2. La gestion des risques**

La gestion des risques est l'une des composantes fondamentales de la réussite d'une entreprise, que ce soit en terme économique ou environnemental.

Gérer un risque est un processus itératif fondé sur l'analyse des risques, étape qui permet d'identifier et de réaliser une première évaluation des risques.

Il existe, à l'heure actuelle, de nombreux outils dédiés à l'analyse des risques et il serait illusoire de vouloir les décrire tous dans le détail. Le parti a été pris dans ce chapitre de présenter quelques-uns des outils dont l'usage est particulièrement répandu.

Dans le cadre d'une démarche exhaustive d'analyse des risques, il convient également de caractériser les risques d'agressions externes de l'environnement sur cette installation (par exemple, catastrophes naturelles, effets dominos ...).

Les objectifs poursuivis peuvent concerner par exemple :

- Le gain de rentabilité, de productivité ;
- La gestion des coûts et des délais ;
- La qualité d'un produit.

### II.2.1. Principe pour la gestion des risques.

La gestion du risque peut être définie comme l'ensemble des activités coordonnées en vue de réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable [8].

De manière classique, la gestion du risque est un processus itératif qui inclut notamment les phases suivantes :

- Appréciation du risque (analyse et évaluation du risque) ;
- Acceptation du risque ;
- Maîtrise ou réduction du risque.

L'enchaînement de ces différentes phases est décrit de manière schématique dans là-ci-dessous.

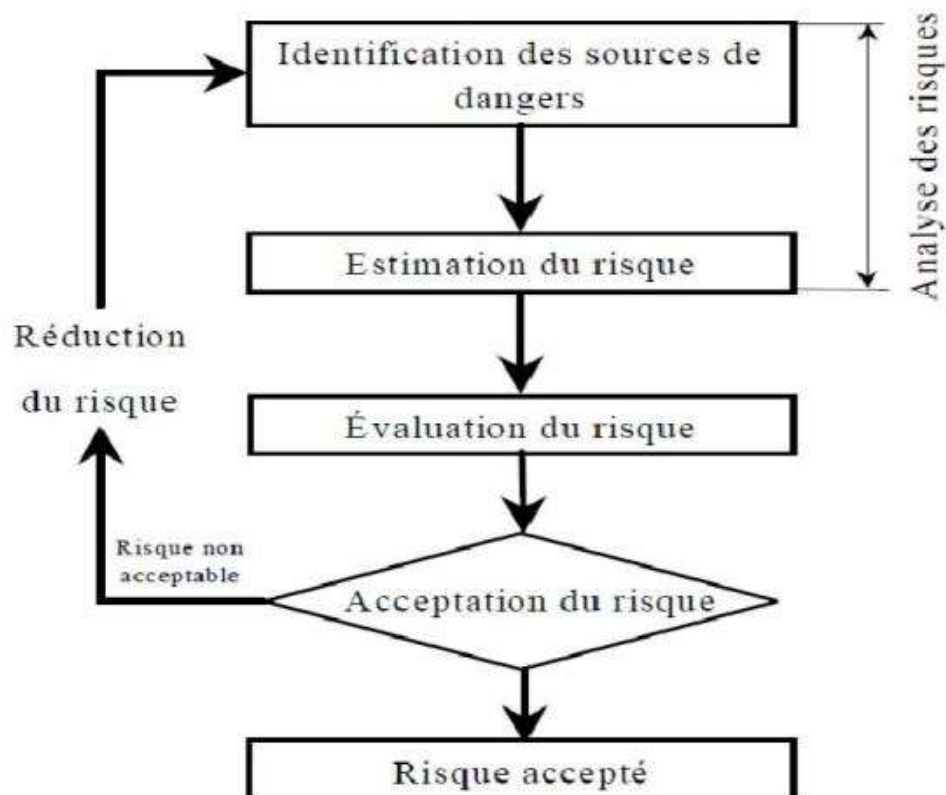


Figure. II.1 Processus de la gestion des risques [8].

**II.2.2 Analyse des risques.**

L'analyse du risque est définie dans le Guide ISO/CEI 51 : 1999 comme « l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque ». L'analyse des risques vise tout d'abord à identifier les sources de dangers et les situations associées qui peuvent conduire à des dommages sur les personnes, l'environnement ou les biens [8].

Dans un second temps, l'analyse des risques permet de mettre en lumière les barrières de sécurité existante en vue de prévenir l'apparition d'une situation dangereuse (barrières de prévention) ou d'en limiter les conséquences (barrières de protection) [7].

Consécutivement à cette identification, il s'agit d'estimer les risques en vue de hiérarchiser les risques identifiés au cours de l'analyse et de pouvoir comparer ultérieurement ce niveau de risque à un niveau jugé acceptable.

Son estimation peut être effectuée de manière semi-quantitative à partir :

- D'un niveau de probabilité que le dommage survienne ;
- D'un niveau de gravité de ce dommage.

Bien entendu, l'acceptation de ce risque est subordonnée à la définition préalable de critères d'acceptabilité du risque

**II.2.3 Evaluation des risques.**

L'évaluation du risque désigne une procédure fondée sur l'analyse du risque pour décider si le risque tolérable est atteint (Guide ISO/CEI 51). Elle revient à comparer le niveau de risque estimé à un niveau jugé acceptable ou tolérable. En pratique, cette phase peut être accompagnée d'une quantification détaillée et précise (par opposition à l'estimation des risques qui reste très simplifiée) des grandeurs qui caractérisent le risque. Comme précisé ci-avant, ce processus peut être plus ou moins complexe selon les critères retenus pour définir l'acceptation du risque. [8]

**II.2.4 Acceptation des risques.**

La définition des critères d'acceptabilité du risque est une étape-clé dans le processus de gestion du risque dans la mesure où elle va motiver la nécessité de considérer de nouvelles mesures de réduction du risque et rétroactivement, influencer les façons de mener l'analyse et l'évaluation des risques [8].

Cette étape cruciale est bien souvent la plus délicate. Il est entendu que ces critères sont fonction du contexte de l'établissement concerné et des objectifs poursuivis dans la gestion des risques.

**Risque tolérable :** Risque accepté dans un certain contexte et fondé sur les valeurs admises par la société. Ainsi, l'acceptation du risque peut dépendre de facteurs éthiques, moraux, économiques ou politiques. Pour ce qui concerne le domaine des risques accidentels, la décision d'acceptation des risques repose également dans les mains des autorités compétentes. Quels que soient les critères d'acceptation retenus, il est indispensable qu'ils soient connus et explicites préalablement à toute phase d'analyse des risques [8].

### **II.2.5 Réduction du risque**

La réduction du risque (ou maîtrise du risque) désigne l'ensemble des actions ou dispositions entreprises en vue de diminuer la probabilité ou la gravité des dommages, associés à un risque particulier. De telles mesures doivent être envisagées dès lors que le risque considéré est jugé inacceptable.

De manière très générale, les mesures de maîtrise du risque concernent :

- **La prévention**, c'est-à-dire réduire la probabilité d'occurrence de la situation de danger à l'origine du dommage ;
- **La protection**, visant à limiter la gravité du dommage considéré. Notons que, suivant cette définition, l'intervention pourra être considérée comme un moyen de protection. Des mesures de réduction du risque doivent être envisagées et mises en œuvre tant que le risque est jugé inacceptable.

## **II.3. Choix des outils d'analyse des risques**

Il existe un grand nombre d'outils dédiés à l'identification des dangers et des risques associés à un procédé ou une installation.

### **II.3.1 évaluations semi-quantitative des risques**

Dans certains cas, une évaluation semi-quantitative des risques doit être réalisée afin de hiérarchiser les risques identifiés et de les comparer à un niveau jugé acceptable par le groupe de travail.

Dans ces cas, il faut définir en amont de l'analyse des échelles de cotation des risques en terme de probabilité et de gravité ainsi qu'une grille de criticité explicitant les critères d'acceptabilité retenus par le groupe de travail.

Notons que cette évaluation semi-quantitative est indispensable dans le cadre de l'analyse des risques d'accidents majeurs dans l'étude des dangers par exemple.

**II.3.1.1 Echelles de probabilité et de gravité**

Les échelles de probabilité et de gravité, utilisées pour une évaluation quantitative simplifiée des risques doivent être adaptées à l'installation étudiée. A cet égard, les exploitants possédant la meilleure connaissance de leurs installations, il est légitime de retenir les échelles de cotation choisies qu'ils proposent. Il faut néanmoins s'assurer que ces dernières sont bien adaptées à la problématique à traiter (étude des dangers, risques au poste de travail ...).

**Tableau II.1 :** Exemple d'échelle de cotation en gravité [8].

<b>Niveau De Gravité</b>	<b>Cibles humaines</b>	<b>Cibles matérielles</b>	<b>Cibles environnementales</b>
<b>4</b>	Effets critiques (létaux ou irréversibles) sur au moins une personne à l'extérieur du site ou au niveau de zones occupées- du site Exemple : Au moins une victime à l'extérieur du site ou au moins deux victimes sur le site	Atteinte d'un bien, équipement dangereux ou de sécurité à l'extérieur du site Atteinte d'un équipement dangereux ou d'un équipement de sécurité critique sur le site conduisant à une aggravation générale des conséquences	Atteintes critiques à des zones vulnérables (ZNIEFF, points de captage ...) avec répercussions à l'échelle locale
<b>3</b>	Effets critiques (létaux ou irréversibles) limités à un poste de travail sur le site Exemple : Une victime à un poste de travail occupé en permanence	Atteinte d'un équipement dangereux ou d'un équipement de sécurité critique sur le site sans aggravation générale des conséquences	Atteintes sérieuses à l'environnement nécessitant des travaux lourds de dépollution
<b>2</b>	Aucun effet critique au niveau des zones occupées ou postes de travail du site. Des effets peuvent être observés de façon très localisée. Exemple : Effet critique pour une personne se trouvant de façon fortuite à proximité du siège de l'accident	Atteintes à des équipements dangereux du site sans synergie d'accidents ou à des équipements de sécurités non critiques	Atteintes limitées au site et nécessitant des travaux de dépollution Mimes

1	Pas d'effets significatifs sur le personnel du site Exemple: Aucun effet ou accident corporel sans arrêt de travail	Pas d'effets significatifs sur les équipements du site	Pas d'atteintes Significatives à l'environnement
---	--	--	--

Tableau II.2 : Exemple de cotation en probabilité [8].

Niveau de Probabilité	Critères de choix	
	Traduction qualitative	Traduction en barrières de sécurité
4	Evénement très probable dans la vie d'une Installation S'est déjà produit sur le site ou de nombreuses fois sur d'autres sites	Performances limitées des barrières de sécurité Exemples : Le non-respect d'une procédure de sécurité entraîne l'accident ou Barrières de sécurité mises en place insuffisamment dimensionnées.
3	Evénement probable dans la vie d'une installation. Ne s'est jamais produit de façon rapprochée sur le site mais a été observé de façon récurrente sur d'autres sites.	Performances moyennes des barrières de sécurité. Au moins un contrôle permanent nécessaire Exemple : L'accident suppose le non-respect d'une procédure de sécurité et la défaillance d'un contrôle Permanent
2	Evénement peu probable dans la vie d'une installation. Ne s'est jamais produit de façon rapprochée sur le site mais quelques fois sur d'autres sites	Performances des barrières de sécurité fortes. Au moins une barrière de sécurité indépendante Exemple : L'accident suppose le non-respect d'une procédure de sécurité, la défaillance d'un contrôle et la défaillance d'une barrière de sécurité indépendante
1	Evénement improbable dans la vie d'une installation. Ne s'est jamais produit de façon rapprochée sur le site mais très rarement sur d'autres sites.	Performances des barrières de sécurité maximales. Plusieurs barrières de sécurité indépendantes nécessaires (ou une barrière particulièrement performante)

### II.3.1.2 Grille de criticité

La grille de criticité permet au groupe de définir les couples (Probabilité ; Gravité) correspondant à des risques jugés inacceptables.

L'objet de cet outil est bien entendu de mettre en lumière ces risques jugés inacceptables afin d'envisager des actions prioritaires pour réduire leur probabilité ou leur gravité.

La grille présentée ci-dessous est un exemple de grille utilisée par nous dans le cadre de l'étude des dangers. Elle est compatible avec les échelles présentées dans les tableaux précédents.

**Tableau II.3 :** Exemple de grille de criticité [12].

Niveau de gravité					
4					
3					
2					
1					
	1	2	3	4	Niveau de Probabilité

	<b>Risques jugés inacceptables</b>
	<b>Risques critiques</b>

Dans cette grille, le domaine gris foncé désigne les couples (gravité ; probabilité) des scénarios d'accidents qui sont considérés comme inacceptables.

Le domaine gris clair représente les risques jugés critiques pour lesquels les mesures de sécurité mises en place ont été jugées suffisantes en regard des risques. Néanmoins, compte tenu de la gravité de ces accidents potentiels, un niveau de maîtrise optimal doit être maintenu pour assurer les performances des barrières de sécurité mises en place.

Dans le cadre de la maîtrise des accidents majeurs, cela passe notamment par des tâches organisationnelles et l'identification d'éléments Importants Pour la Sécurité.

## **II.4 Les principaux outils d'analyse des risques**

Les principaux outils d'analyse des risques d'accidents sont :

- L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) ;
- L'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité

(AMDEC) ;

- L'Analyse des risques sur schémas type HAZOP ;
- L'Analyse par arbres des défaillances ;
- L'Analyse par arbres d'évènements.

### **II.4.1. AMDEC**

#### **II.4.1.1. Historique et domaine d'application**

L'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE) a été employée pour la première fois dans le domaine de l'industrie aéronautique durant les années 1960. Son utilisation s'est depuis largement répandue à d'autres secteurs d'activités telles que l'industrie chimique, pétrolière ou le nucléaire [12].

L'AMDEC est une méthode inverse de celle mise en œuvre pour la conception, puisqu'elle est réalisée pour analyser comment un dispositif conçu peut être amené à ne pas fonctionner et quelles seront les conséquences de ses dysfonctionnements sur le dispositif de production, le produit fabriqué et la sécurité des personnes et des biens. L'AMDEC est une méthode d'analyse inductive rigoureuse qui permet une recherche systématique :

- Des modes de défaillance d'un moyen de production (par Exemple : perte d'une fonction, dégradation dans la réalisation d'une fonction, réalisation intempestive de la fonction) ;
- Des causes de défaillance générant les modes de défaillance. Ces causes peuvent se situer au niveau des composants du moyen de production ou être dues à des sollicitations extérieures. ;
- Des conséquences des défaillances sur le moyen de production, sur son environnement, sur le produit ou sur l'homme ;
- Des moyens de détection pour la prévention et/ou la correction des défaillances.

La méthode est qualifiée d'inductive car son point de départ est la recherche des événements élémentaires pour en déduire les conséquences finales. Par opposition, les

méthodes déductives consistent à analyser la conséquence finale pour en rechercher les événements élémentaires.

L'AMDEC est une méthode de travail de groupe qui réunit :

- Des compétences dans le domaine des études et des méthodes ;
- Des expériences dans le domaine de la maintenance, des méthodes, de la fabrication et de la qualité.

La création du groupe de travail permet l'apport « vivant » de la connaissance, de l'expérience et du bon sens. Elle permet également la réunion des personnes qui n'ont pas tendance à se rencontrer naturellement dans un esprit constructif. La constitution du groupe de travail facilite l'association des différents acteurs à l'œuvre commune qu'est la construction de la disponibilité [12].

#### **II.4.1.2. Types d'AMDEC**

Il existe globalement trois types d'AMDEC suivant que le système analysé est :

- Le produit fabriqué par l'entreprise ;
- Le processus de fabrication du produit de l'entreprise ;
- Le moyen de production intervenant dans la production du produit de l'entreprise.

##### **a) AMDEC-Produit**

L'AMDEC-Produit est utilisée pour l'aide à la validation des études de définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise.

Elle est mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels du nouveau produit et leurs causes. Cette évaluation de tous les défauts possibles permettra d'y guérir, après hiérarchisation, par la mise en place d'actions correctives sur la conception et préventives sur l'industrialisation [12].

##### **b) AMDEC-Process**

L'AMDEC-Process est utilisée pour étudier les défauts potentiels d'un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication. Elle est mise en œuvre pour évaluer et hiérarchiser les défauts potentiels d'un produit dont les causes proviennent de son processus de fabrication. S'il s'agit d'un nouveau procédé, l'AMDEC-Process en permettra l'optimisation, en visant la suppression des causes de défaut pouvant agir négativement sur le produit. S'il s'agit d'un procédé existant, l'amélioration [12].

**c) AMDEC- Moyen de production**

L'AMDEC - Moyen de production, plus souvent appelée AMDEC-Moyen, permet de réaliser l'étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d'exploitation.

- **À la conception du moyen de production**, la réalisation d'une AMDEC permet de faire le recensement et l'analyse des risques potentiels de défaillance qui auraient pour conséquence d'altérer la performance globale du dispositif de production, l'altération de performance pouvant se mesurer par une disponibilité faible du moyen de production [12].

Dans ce cas de figure, l'analyse est conduite sur la base des plans et/ou prototypes du moyen de production.

L'objectif est généralement ici de :

- Modifier la conception ;
  - Lister les pièces de rechange ;
  - Prévoir la maintenance préventive.
- 
- **Pour un moyen de production en cours d'exploitation**, la réalisation d'une AMDEC permet l'analyse des causes réelles de défaillance ayant pour conséquence l'altération de la performance du dispositif de production. Cette altération de performance se mesure par une disponibilité faible du moyen de production. Dans ce cas de figure, l'analyse est conduite sur le site, avec les récapitulatifs des pannes, les plans, les schémas, etc[12].

L'objectif est généralement ici de :

- Connaître l'existant ;
- Améliorer. ;
- Optimiser la maintenance (gamme, procédures, etc.) ;
- Optimiser la conduite (procédures, modes dégradés, etc.).

**II.4.1.3. Terminologie**

Un certain nombre de notions sont utilisées dans l'AMDEC. Il est important de les connaître parfaitement afin de comprendre précisément le fonctionnement de l'AMDEC et d'en assurer la meilleure application possible [12].

**a) Fonction**

La norme NF EN 1325-1 définit la notion de fonction comme l'action d'un produit ou de ses constituants exprimée exclusivement en termes de finalité. Une fonction peut être :

- Une fonction de service : action attendue d'un produit (ou réalisée par lui) pour répondre au besoin d'un utilisateur donné ;
- Une fonction technique : action interne au produit (entre ses constituants) définie par le concepteur réalisateur, dans le cadre d'une solution pour assurer les fonctions de service ;
- Une fonction principale : fonction pour laquelle le produit ou le constituant est créé ;
- Une fonction secondaire (ou complémentaire) : toute fonction autre que la ou les fonctions principales ;
- Une fonction d'estime (ou esthétique) : ces fonctions, du type « être esthétique » ou « être en or » ou le paraître, n'ont pas d'usage à proprement parler ;
- Une fonction de contrainte : elle traduit des réactions ou des résistances à des éléments du milieu extérieur, la contrainte étant l'action de ce milieu extérieur sur le moyen de production étudié [12].

**b) Critère d'appréciation**

C'est le critère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte respectée. Les fonctions seront nommées à chaque fois que cela est possible en utilisant un verbe plus un nom qui ont des paramètres mesurables[12].

**c) Défaillance**

Une défaillance est la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise (norme X 60-500). Une défaillance désigne tout ce qui paraît anormal, tout ce qui s'écarte de la norme de bon fonctionnement [12].

La défaillance peut être complète ; il s'agit de la cessation de la réalisation de la fonction du dispositif. La défaillance peut être partielle ; il s'agit de l'altération de la réalisation de la fonction d'un dispositif [12].

**d) Mode de défaillance**

Un mode de défaillance est la manière par laquelle un dispositif peut venir à être défaillant, c'est-à-dire à ne plus remplir sa fonction. Le mode de défaillance est toujours relatif à la fonction du dispositif. Il s'exprime toujours en termes physiques [12].

**e) Cause de défaillance**

Une cause de défaillance 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 [12].

**f) Effet de la défaillance**

L'effet d'une défaillance est, par définition, une conséquence subie par l'utilisateur. Il est associé au couple (mode-cause de défaillance) et correspond à la perception finale de la défaillance par l'utilisateur [12].

**g) Mode de détection**

Une cause de défaillance étant supposée apparue, le mode de détection est la manière par laquelle un utilisateur (opérateur et/ou mainteneur) est susceptible de détecter sa présence avant que le mode de défaillance ne se soit produit complètement, c'est-à-dire bien avant que l'effet de la défaillance ne puisse se produire [12].

**h) Criticité**

La criticité est une évaluation quantitative du risque constitué par le scénario (mode cause effet-détection) de défaillance analysée. La criticité est évaluée à partir de la combinaison de trois facteurs :

- La fréquence d'apparition du couple mode-cause ;
- La gravité de l'effet ;
- La possibilité d'utiliser les signes de détection.

**i) Buts de l'AMDEC**

L'AMDEC est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (Sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité) d'un moyen de production [12].

L'AMDEC doit analyser la conception du moyen de production pour préparer son exploitation, afin qu'il soit fiable et maintenable dans son environnement opérationnel. Pour parvenir à ce but, le propriétaire de l'installation exige :

- Qu'elle soit intrinsèquement fiable ;
- De disposer des pièces de rechange et des outillages adaptés ;
- De disposer des procédures ou aides minimisant les temps d'immobilisation du moyen par la diminution du temps d'intervention (diagnostic, réparation ou échange et remise en service) ;
- Que les personnels (d'exploitation et de maintenance) soient formés ;
- Qu'une maintenance préventive adaptée soit réalisée, afin de réduire la probabilité d'apparition de la panne.

L'AMDEC va permettre d'atteindre ces objectifs en traitant systématiquement les paramètres suivants.

Recensement et définition des fonctions :

- Du moyen de production ;
- Des sous-systèmes ;
- Des composants.

Analyse des défaillances par :

- Le recensement des modes de défaillance ;
- L'identification des causes de défaillance ;
- L'évaluation des risques ;
- La recherche des modes de détection.

### **Hierarchisation des défaillances avec la cotation de la criticité**

Qui va permettre d'estimer, pour chaque défaillance, trois critères de définition :

- La fréquence d'apparition de la défaillance (indice F) ;
- La gravité des conséquences que la défaillance génère (indice G) ;
- La non-détection de l'apparition de la défaillance, avant que cette dernière ne produise les conséquences non désirées (indice D).

Chacun de ces critères sera évalué avec une table de cotation établie sur 4 niveaux, pour le critère de gravité, et sur 4 niveaux, pour les critères de fréquence et de non-détection. Les tableaux 1, 2 et 3 présentent un exemple de barème de cotation de la criticité.

L'indice de criticité est calculé pour chaque défaillance, à partir de la combinaison des deux critères F et G, par la multiplication de leurs notes respectives :

$$C = F * G$$

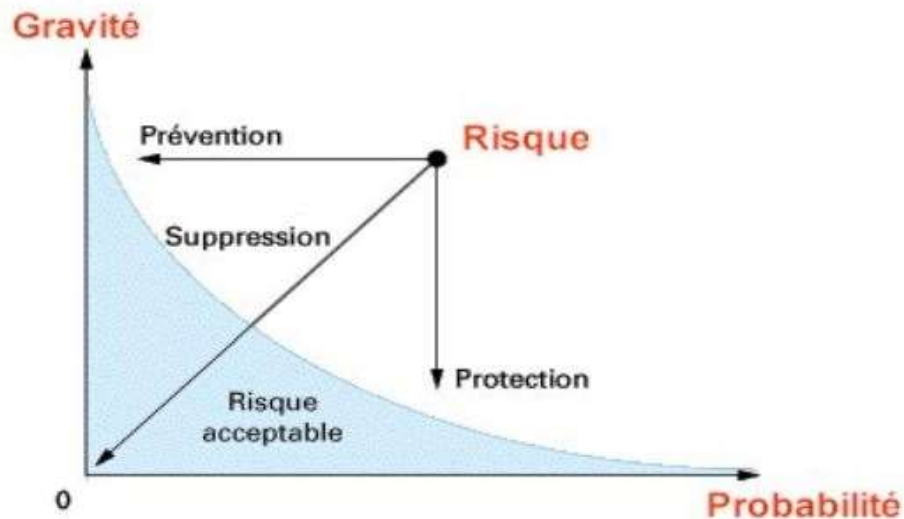


Figure. II.3 Indice de Criticité [8].

Tableau II.4 Indice de fréquence [12].

Valeurs de F	Fréquence d'apparition de la défaillance
1	Défaillance pratiquement inexistante sur des installations similaires en exploitation, au plus un défaut sur la durée de vie de l'installation.
2	Défaillance rarement apparue sur du matériel similaire existant en exploitation (exemple : un défaut par an) ou Composant d'une technologie nouvelle pour lequel toutes les conditions sont théoriquement réunies pour prévenir la défaillance, mais il n'y a pas d'expérience sur du matériel similaire.
3	Défaillance occasionnellement apparue sur du matériel similaire existant en exploitation (exemple : un défaut par trimestre)
4	Défaillance fréquemment apparue sur un composant connu ou sur du matériel similaire existant en exploitation (exemple : un défaut par mois) Ou Composant d'une technologie nouvelle pour lequel toutes les conditions ne sont pas réunies pour prévenir la défaillance, et il n'y a pas d'expérience sur du matériel similaire.
<b>L'indice de fréquence F est établi pour chaque association composant, mode, cause</b>	

**Tableau II.5.** Indice de gravité G [12].

Valeurs de G	Gravité de la défaillance (1)
1	Défaillance mineure : aucune dégradation notable du matériel.
2	Défaillance moyenne nécessitant une remise en état de courte durée.
3	Défaillance majeure nécessitant une intervention de longue durée
4	Défaillance catastrophique très critique nécessitant une grande intervention

**Tableau II.6.** Indice de non-détection D [12].

Valeurs de D	Non- détection de la défaillance (1)
1	Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant ainsi d'éviter l'effet le plus grave provoqué par la défaillance pendant la production.
2	Il existe un signe avant-coureur de la défaillance mais il y a risque que ce signe ne soit pas perçu par l'opérateur. La détection est exploitable.
3	La cause et/ou le mode de défaillance sont difficilement décelables (détectables) où les éléments de détection sont peu exploitables. La détection est faible.
4	Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise : il s'agit du cas sans détection
<b>1) Signes avant-coureurs : bruit, vibration, accélération, jeu anormal, échauffement, visuel...</b>	

## Conclusion

L'intérêt principal de ce chapitre se présente les différentes méthodes d'analyse des risques et les objectifs principaux de leurs utilisations sont les suivants :

Apprendre les concepts de la perte, du danger, du risque et de l'évaluation des risques.

Apprendre comment s'assurer que les méthodes appropriées de gestion des risques sont appliquées par le personnel sur le lieu de travail et pour s'assurer que les risques ont été réduits aux niveaux acceptables. (Outils opérationnels de gestion des risques.

Chapitre III :  
Application AMDEC  
sur système anti-  
éruption

## **Introduction**

Pendant le développement économique mondial, l'Algérie pour s'aligner à son tour, a procédé ces dernières années à la valorisation des hydrocarbures et à cause des nouvelles explorations des nouvelles réserves pétrolières notre pays a entamé des collaboration avec les sociétés étrangères pour l'amélioration quantitative et qualitative de la production.

A titre d'exemple l'entreprise ENAFOR, qui est une entreprise spécialisée dans le domaine du forage.

### **III.1. Présentation de l'Entreprise**

#### **III.1.1. Historique de l'entreprise ENAFOR**

1966 : Plan de Développement de SONATRACH, création de la filiale « ALFOR », dans le cadre de joint-venture entre SONATRACH (51% des parts) et la SEDCO, USA (49%) (South Eastern Drilling Company, Dallas).

1981: Fin partenariat de SONATRACH avec la SEDCO, création d'ENAFOR.

1998 : Restructuration du secteur des hydrocarbures : substitution d'ENAFOR à SONATRACH dont une partie de ses compétences.

2005 : ENAFOR devient à 100% filiale de SONATRACH.

En tant qu'Entreprise spécialisée dans le Forage et le Work-Over, ENAFOR, détient actuellement plus de 30% du marché national de Forage.

ENAFOR dispose d'un parc de 36 appareils de forage type lourds, moyens et légers:

- 19 forages
- 16 work-over
- 01 centre formation

ENAFOR est en mesure de réaliser des forages pouvant atteindre des profondeurs de 6000 m. L'entreprise possède également des infrastructures opérationnelles ainsi qu'une flotte de véhicules spéciaux adaptés aux conditions rigoureuses du désert.

Les réalisations de l'entreprise totalisent au 31 décembre 2008 :

- Développement : 659 puits
- Exploration : 327 puits

- Hydraulique : 118 puits
- Work-over : 917 puits

### **III.1.2. Filiales et participations d'ENAFOR**

- **FORAQUA** : Société de forage de puits d'eau dont ENAFOR détient 67% des actions.
- **SWCS** : Société de forage pétrolier clés en main dont ENAFOR détient 49%.
- **JSS** : Entreprise sportive contrôlée par ENAFOR à hauteur de 75% du capital social.
- **ALBARYTE** : Société minière constituée entre **ENAFOR (20%), ENSP, ENTP, ENOF** [10].

### **III.1.3. Activités de l'entreprise**

Les principales activités de l'entreprise **ENAFOR** sont comme suit :

- ✓ Activités forage et work-over ;
- ✓ Activité Mécanique ;
- ✓ Activités Electriques ;
- ✓ Atelier Usinage ;
- ✓ Activité Atelier Soudure ;
- ✓ Activité Atelier Froid ;
- ✓ Activité Matériel Fond Instrumentation / Matériel Sécurité Puits ;
- ✓ Activité Tubulaire ;
- ✓ Activité maintenance transport (léger, lourd, super lourd) ;
- ✓ Activité des Ateliers entretien véhicules et engins ;
- ✓ Activité d'entreposage et stockage de matière et produit ;
- ✓ Atelier sécurité et Intervention ;
- ✓ Activité Atelier Radio Activité ;
- ✓ Activité du Centre médicosocial ;
- ✓ Activité hôtellerie et restauration ;
- ✓ Activités Ateliers Réalisation Activités liées à l'administration ;
- ✓ Activité de la Station de Déminéralisation d'Eau ;
- ✓ Activité du bloc Ravitaillement [10].

### III.1.4. Organisation de l'ENAFOR

L'Organigramme de L'ENAFOR se représente comme suit :

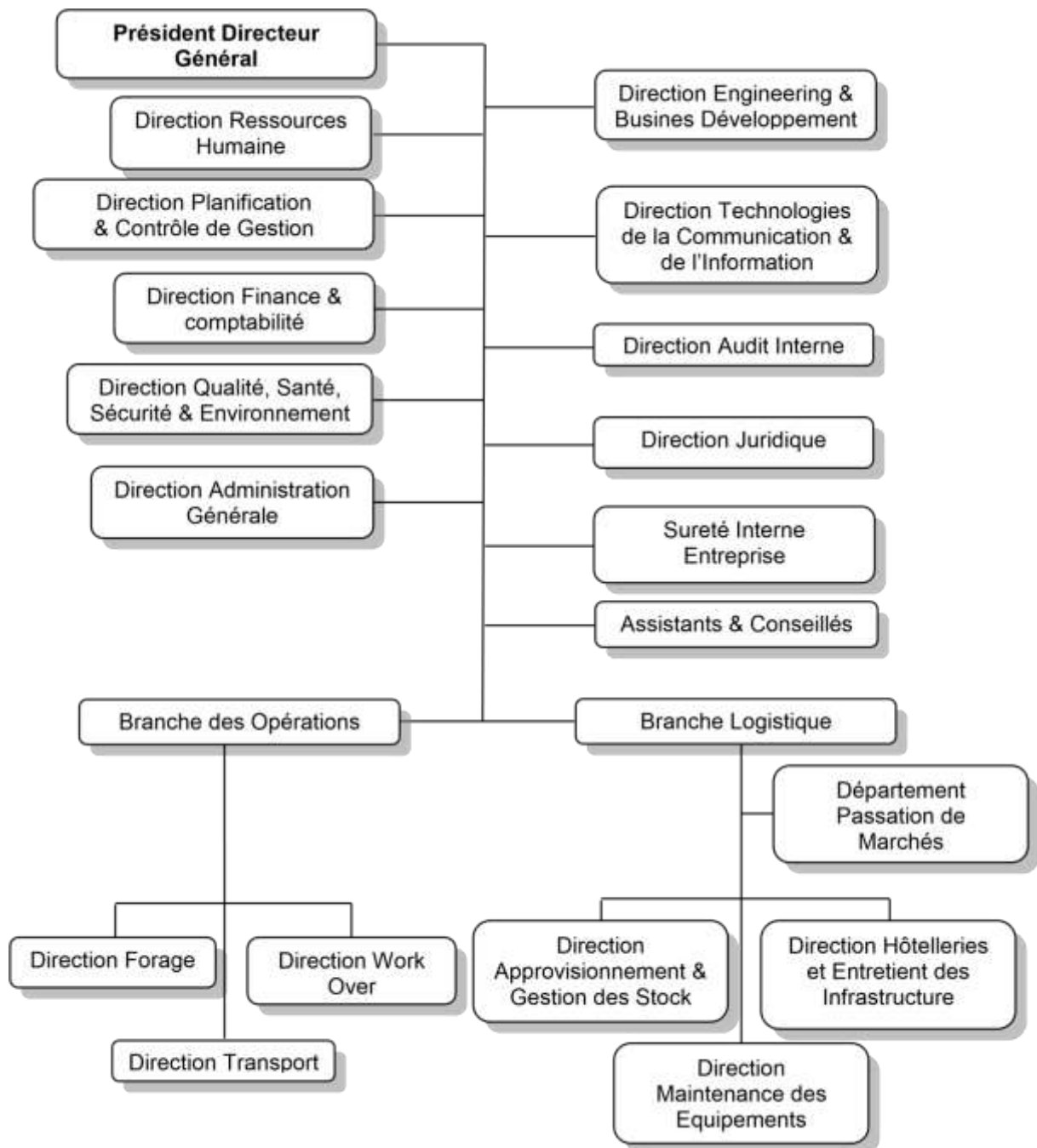
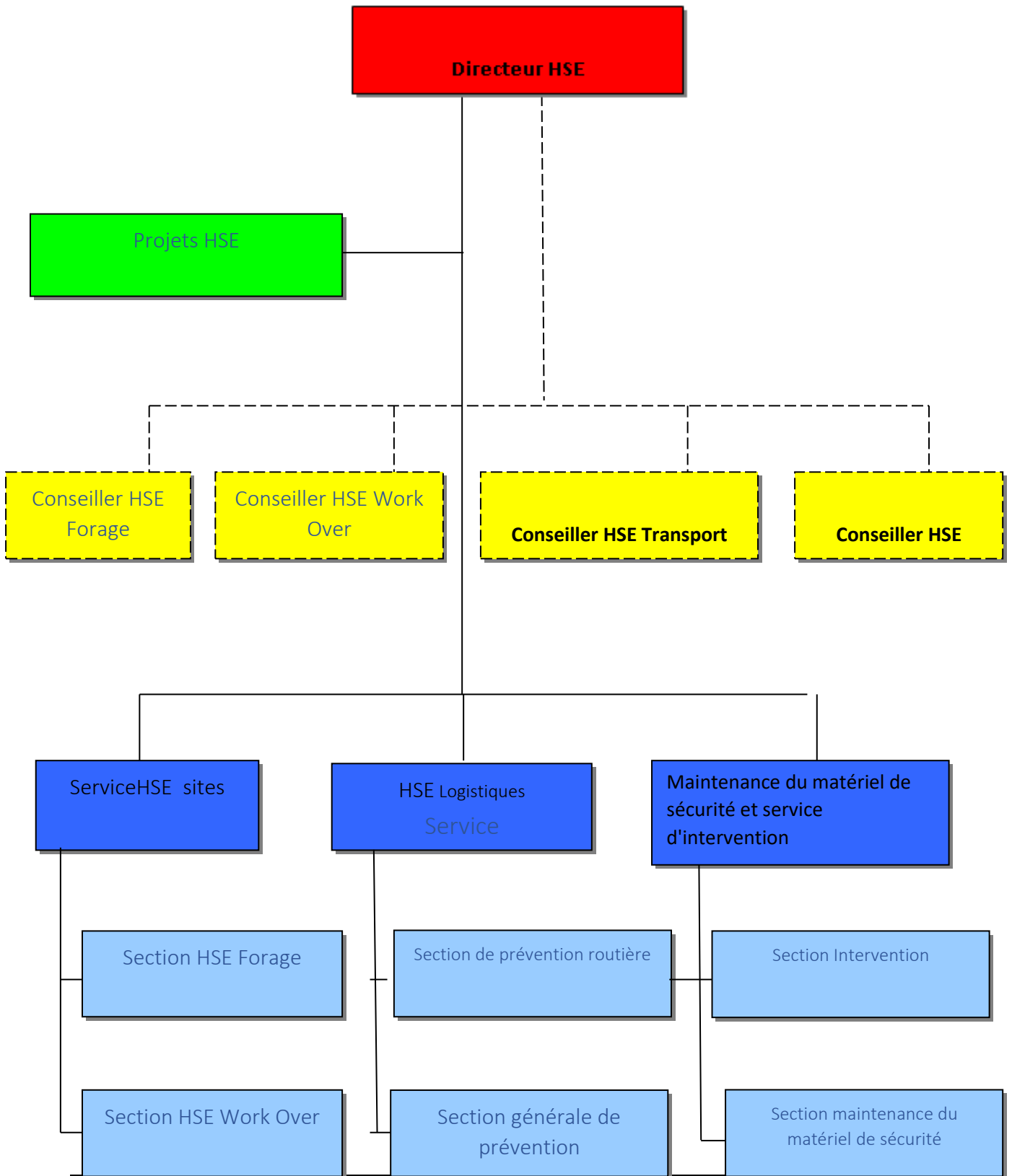


Figure.III.1 : L'Organigramme de L'ENAFOR [10].

L'Organigramme du Département HSE est comme suit :



**Figure.III.2 : L'Organigramme du Département HSE [10].**

Le chantier est montré dans L'Organigramme suivant :

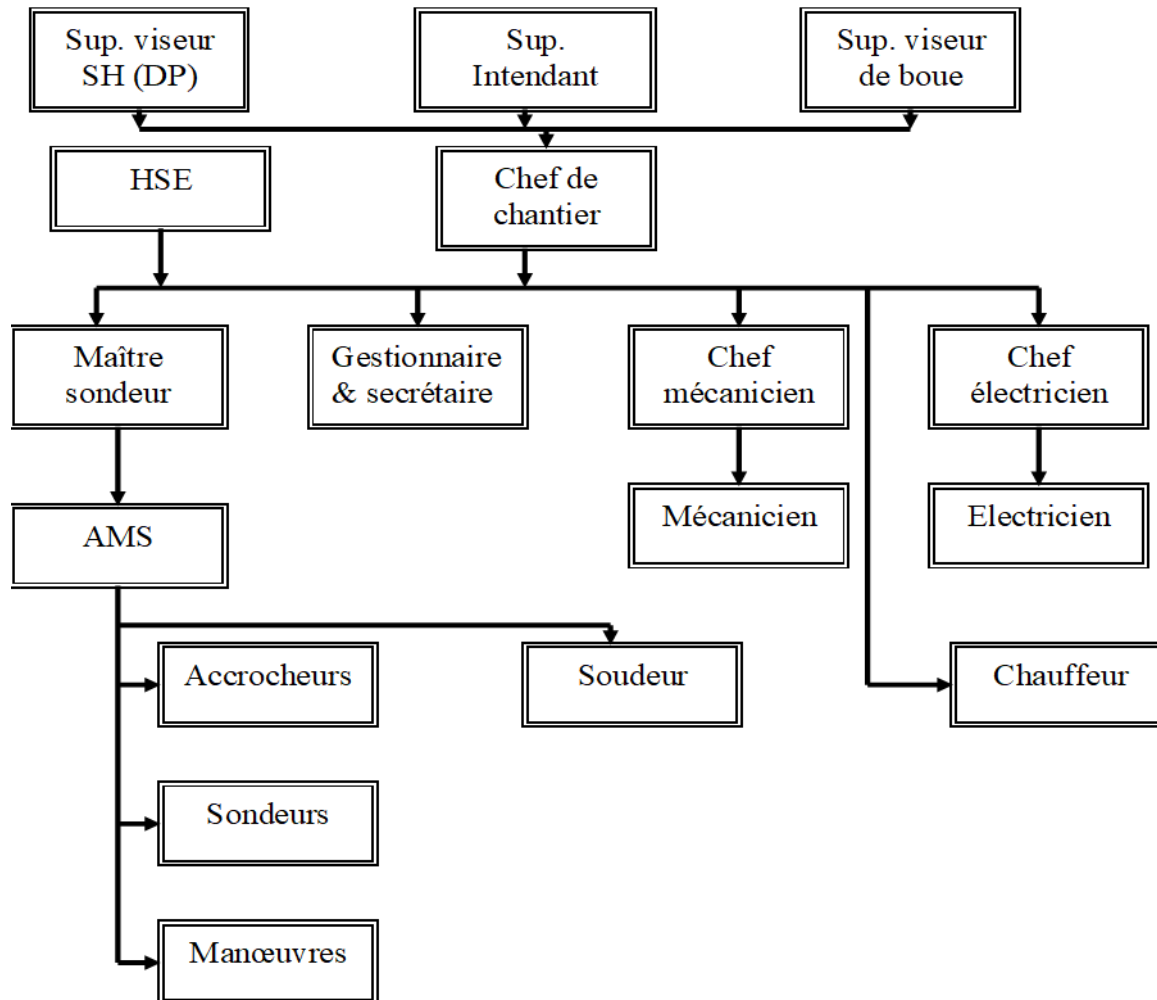


Figure.III.3 : L'Organigramme de chantier [10].

### **III.1.5. Ressources humaines**

La gestion des ressources humaines est stratégique pour notre développement. L'acquisition, le maintien, le repérage des compétences sont les éléments clés sur lesquels compte l'entreprise pour faire son avantage concurrentiel.

Durant son cycle de vie l'Entreprise a comptabilisé un savoir-faire technique considérable en matière de Forage et de Work Over.

L'expérience moyenne de notre staff technique (management, personnel des équipes de chantiers, mécaniciens/électriciens de sondes, .etc.) est de l'ordre de 20 à 25 années

La fonction Ressources Humaines, joue un rôle capital, à l'instar des autres fonctions dans notre organisation, évolue au sein d'un environnement socioculturel et professionnel en perpétuelle transformation.

Afin d'assurer la pérennité de l'entreprise par le maintien de l'outil de production à son rendement optimal, la direction des Ressources Humaines prête une attention particulière quant à la dotation en personnel et au renouvellement de ses effectifs (turnover).

Le processus de recrutement obéit à une procédure rigoureuse (prospection, présélection, entretiens, tests), et s'inscrit dans le cadre du plan de développement à long terme, en respectant avec rigueur les critères fixés (aptitudes, qualifications, compétences).

Le plan de formation et de perfectionnement continu, s'appuie sur une matrice englobant l'ensemble des besoins inhérents aux différentes activités.

Pour concrétiser ces formations ENAFOR possède son propre Centre de formation, mais utilise également d'autres organismes externes réputés [10].

#### **III.1.5.1. Fonctions de la direction générale**

Les fonctions de la direction générale sont :

- Définir la stratégie générale, la politique et les objectifs QHSE ;
- Approuver les budgets pour acquérir les moyens nécessaires au développement de l'Entreprise et à la qualité de ses prestations ;

- Manager l'organisation de l'Entreprise ;
- Participer à la définition et à la promotion du système de Management de la QHSE auprès de l'ensemble du personnel ;
- S'assurer, au travers des revues de Direction :
  - De la pertinence des objectifs fixés et de leur planification dans le temps,
  - De l'adéquation du SMQHSE à ces objectifs en termes de procédures, de moyens, etc.
  - Du bon fonctionnement du Système de Management QHSE [10].

### **III.1.5.2. Descriptions des fonctions**

L'Entreprise Nationale de Forage est organisée comme suit :

- Les Directions Centrales ;
- La branche des Opérations ;
- La branche Logistique.

#### **III.1.5.2.1. Les Directions Centrales**

Relevant de la direction générale et placées sous l'autorité du Président Directeur Général, se compose de :

- La Direction Ressources Humaine (DRHU) ;
- La Direction Planification et Contrôle de Gestion (DPCG) ;
- La Direction Finance et Comptabilité (DFIN) ;
- La Direction Qualité, Santé, Sécurité et Environnement (DQSE) ;
- La Direction Administration Générale (DAGE) ;
- La Direction Engineering et Business Development (DEBD)
- La Direction Technologie de la Communication et de l'Information (DTCI) ;
- La Direction Audit Interne (DAUD) ;
- La Direction Juridique (DJUR);
- La Sureté Interne Entreprise (SIE) ;
- Assistants ET Conseillers [10].

#### **III.1.5.3. Branche des Opérations**

Placée sous l'autorité du Directeur Générale Adjoint Opérations, est composée des structures Opérationnelles suivantes :

- La Direction Forage (DFOR) ;
- La Direction Work-Over (DWOK);
- La Direction Transport (DTRS).

Les missions dévolues à la branche des opérations sont :

- S'assurer de la réalisation du forage et du work-over des puits confiés par le client de l'Entreprise dans les conditions optimales de couts, de délais, de sécurité et de respect de l'environnement
  - Veiller à la mise en place et à la mise en œuvre des plans d'actions, des moyens humains, matériels et des ressources nécessaires à l'atteinte des objectifs opérationnels assignés à chacune des structures à charge ;
  - Veiller à la déclinaison et à la réalisation des objectifs opérationnels de l'Entreprise.
- Les missions dévolues aux structures relevant de la branche des Opérations [10].

## **III.2 .La Politique HSE de l'ENAFOR**

La réalisation et l'amélioration continue de la performance HSE sont un objectif économique égal et intégral de l'entreprise. Pour réaliser une performance responsable et vérifiable en matière HSE, L'ENAFOR prendra à tous les niveaux de l'organisation, commençant par la direction, toutes les précautions nécessaires pour prévenir les accidents, les incidents, les presque-accidents, les blessures personnelles, la mort accidentelle ou les dommages indus à l'environnement comme résultat des activités de l'entreprise.

### **III.2.1.Politique de sécurité**

Concernant la Santé et la Sécurité Professionnelles, l'ENAFOR fera spécifiquement :

- Développer et communiquer régulièrement les objectifs en matière de sécurité et santé professionnelle pour mener les politiques HSE en consultant et impliquant le personnel dans le développement et la mise en œuvre des objectifs et des politiques.
- Prendre toutes les précautions nécessaires pour protéger les travailleurs, le public, et l'environnement.
- Garantir et maintenir un milieu de travail sain et propre dans les locaux, les installations et les sites des opérations.

- Veiller à ce que tous les équipements et les installations soient maintenus en des conditions de fonctionnement sûres.

### **III.2.2. Politique environnementale**

Concernant la protection de l'environnement, l'ENAFOR devrait spécifiquement:

- Se conformer aux réglementations et lois algériennes relatives à la protection de l'environnement et contrôler constamment ces lois afin d'incorporer les modifications nécessaires..
- Diriger nos opérations de manière à démontrer le respect pour la qualité de l'environnement
- Assurer des programmes de formation en Environnement pour les employés tout en insistant sur la responsabilité individuelle pour une bonne gestion de l'environnement.
- Quant à la gestion des déchets, utiliser le principe de l'ordre de priorité : réduire /Éliminer, recycler ou réutiliser, traitement approprié ou disposition appropriée.

### **III.2.3. Les Normes de l'ENAFOR**

#### **III.2.3.1. Sélection des normes**

ENAFOR reconnaît l'importance de l'adhérence aux normes internationalement reconnues et aux meilleures pratiques de l'industrie de gaz et de pétrole. Puisque les normes fournissent une fondation solide pour le programme HSE et le programme de qualité de l'ENAFOR, elles doivent être identifiées et adaptées pour le but. Les normes peuvent également être développées au sein de l'ENAFOR où une exigence existe, mais n'est pas couverte par une norme internationale ou par une meilleure pratique de l'industrie.

#### **III.2.3.2. Sources**

ENAFOR sélectionne et adapte des normes à partir de plusieurs sources. Certaines de celles-ci comprennent:

- ISO (Organisation Internationale de Normalisation);
- OHSAS (Séries d'Evaluation de Santé et Sécurité Professionnelles);
- CPSC (Le Conseil Canadien de Sécurité dans le domaine Pétrolier);
- AFNOR (Organisation Française de Normalisation);
- OSHA (Administration de Sécurité et de Santé Professionnelles des USA);
- OSHA européen;

- Plusieurs autres sources;

### **III.2.3.3. Les Normes**

#### **➤ Normes de l'ENAFOR sur la qualité**

ENAFOR a adopté ISO 9000 comme norme sur la qualité.

#### **➤ Normes de l'ENAFOR sur le management de l'environnement**

ENAFOR a adopté ISO 14000 comme norme sur les systèmes de management environnementaux.

#### **➤ Norme de l'ENAFOR sur le management de la santé de la sécurité professionnelle**

ENAFOR a adopté les directives contenues dans BSI 8800 et OHSAS 18001 comme norme sur le management de santé et de sécurité professionnelles

### **III.2.4. Description d'un chantier de forage d'ENAFOR**

#### **III.2.4.1. Le chantier de forage**

En plus de l'appareil de forage Le chantier comporte :

- Une ambulance ;
- Une citerne d'eau ;
- Une citerne de gasoil ;
- Un mini réfectoire.

#### **III.2.4.2. État environnementale du chantier**

L'activité de forage nécessite l'utilisation de la boue. On voit là l'utilité des sacs de produits de boue présents sur la plateforme (baryte, bentonite) seulement leur mode de stockage est délabré. Les sacs sont disposés sur le sol directement sans abris.

Un autre aspect du chantier attire l'attention de l'observateur c'est le borbier.

#### **III.2.4.3. Règlement de sécurité**

Un règlement de sécurité est mis en place sur l'ensemble des sites ENAFOR, ce règlement comprend :

- L'accès des personnes étrangères au chantier.
- La consommation d'alcool et drogue.
- La consommation des médicaments.

- Les règles de conduite et la discipline sur le chantier.
- Les visites médicales, les soins et l'hygiène.
- L'ordre et la propreté des lieux de travail et de vie.
- L'utilisation des équipements de protection et les respects des mesures de prévention.

#### **III.2.4.4. Signalisation**

Tous les dangers (électricité, produit chimiques dangereux, haute pression, bruit) et les mesures de sécurité, sont nettement signalés par des pancartes. Par ailleurs, le stationnement et la circulation des véhicules sont réglementés à l'intérieur des sites ENAFOR :

- Stationnement en position départ ;
- La vitesse est limitée à 10km/heure.

#### **III.2.4.5. Cas d'urgence**

L'alerte est donnée par une sirène d'alarme :

- Feu : 2 longs Klaxons ;
- Contrôle d'éruption : 4 longs Klaxons.

Si vous entendez l'alarme, dirigez-vous sans panique vers le point de rassemblement situé à l'entrée du Rig.

Une équipe de première intervention, composée de l'équipe de forage, est formée entraînée pour intervenir en cas d'urgences.

Le chantier dispos des moyens de lutte contre l'incendie, à savoir :

- Des extincteurs du type CO2 et poudre sèche de différentes capacités
- D'une motopompe avec un système de production de mousse physique.

En cas d'incident grave nécessitant des secours à partir de Hassi Messaoud, les renforts seront les lieux les 30 minutes après l'alerte.

#### **III.2.4.6. Équipements de protection individuelle**

Les équipements de protection individuelle sont obligatoires sur un site de forage ainsi l'application des consignes de sécurité établies par la direction HSE.

Chaque ouvrier est équipé es EPI (casque, lunette de protection, des gants, des souliers de sécurité...). A ceci s'ajoute des équipements spécifiques quand il s'agit d'effectuer des tâches spécifiques à savoir :

- Les travaux en hauteur : harnais de sécurité ;

- Les travaux de soudure : masque et écran facial ;
- Les travaux de boue et de la cave : combinaison imperméable, bottes, masques à gaz.
- Les travaux dans les zones bruyantes : casque anti bruit et bouchon d'oreille [4].

### **III.3. L'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets leurs Criticités (AMDEC)**

L'AMDEC est un outil méthodologique permettant l'analyse systématique des dysfonctionnements potentiels d'un produit, d'un procédé ou d'une installation. Permet d'identifier les modes communs de défaillances pouvant affecter le système étudié.

#### **III.3.1. Le système « anti-éruption »**

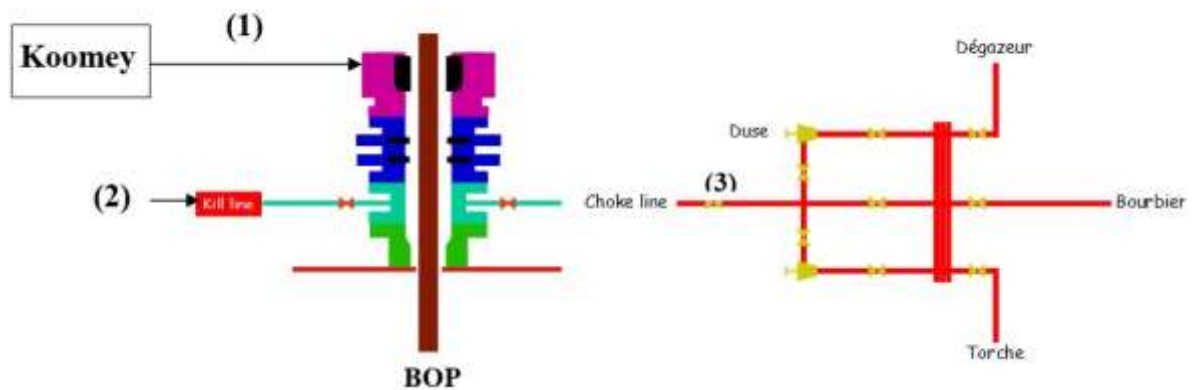
##### **III.3.1.1. Description du système « anti-éruption »**

On considère le système anti-éruption comme une entité, un ensemble de sous-systèmes, caractérisée et définissable à partir de plusieurs critères, dit « modèles ». On pourra représenter ce système suivant les critères de : finalité ; structure ; fonctionnement et organisation ; évolution et environnement.

Le système anti-éruption a pour but d'assurer la sécurité du puits, il se compose de deux sous système principales qui sont : l'unité de commande et le BOP, avec les autres organes auxiliaires qui sont : le panneau de commande, le circuit de contrôle de venue et les conduites.

Le fonctionnement du système est assuré par une équipe qualifiée lors de l'opération des tests et par le chef de poste dans les situations spécifiques (venue) de sorte que la commande de BOP se fait par l'unité de commande grâce à une commande à distance (panneau de commande) ou annuellement (au niveau de l'unité elle-même) [2].

Le principe de fonctionnement du système repose sur la pression hydraulique pour la fermeture du BOP et la pression pneumatique pour la commande à distance de l'unité de commande, toutes les opérations ce fait dans un environnement de forage trop précis.



(1) : pression pour la fermeture /ouverture de BOP.

(2) : injection d'un la boue plus lourd.

(3) : le rejet de la boue mixte.

**Figure.III.4** : Représentation du système « anti-éruption ».

### III.3.1.2. Les missions du système « anti-éruption »

#### ➤ Le bloc d'obturateur de prévention (BOP)

Un BOP est employé pour empêcher les fluides de formation d'atteindre la surface, et les dirige vers le MANIFOLD. La manœuvre de l'obturateur est commandée par une vanne à quatre voies.

Pour fermer, le fluide sous pression envoyé par l'orifice de fermeture passe à l'intérieur de la tige et du piston et arrive dans le cylindre central à l'arrière du piston de commande. Celui-ci, poussé vers l'avant, entraîne la mâchoire. Le retour du fluide, chassé par le mouvement des pistons, s'effectue par l'orifice d'ouverture.

Pour ouvrir, après manœuvre de la vanne à quatre voies, le fluide sous pression est envoyé par l'orifice d'ouverture. Il passe par la tige du piston plein et arrive dans le cylindre de manœuvre à l'arrière du piston de commande. Le retour du fluide de fermeture s'effectue suivant le trajet inverse.

➤ **Unité de Commande hydraulique des obturateurs (koomey)**

La fonction principale de l'unité est de fournir une pression de fluide et assure la fermeture et l'ouverture à distance de tous les obturateurs et les vannes hydrauliques, rapidement et facilement, sans apport d'énergie extérieure.

➤ **Circuit de vannes (manifold)**

La fonction principale de la Circuit de vannes est de contrôler une venue, il faut circuler en injectant une boue de densité requise, tout en maintenant une contre pression sur la formation, légèrement supérieure à la pression du fluide contenu dans cette formation.

Il faut donc, sous les obturateurs, une liaison (choke line) entre l'espace annulaire et un Manifold permettant de diriger l'effluent selon sa nature, vers les bassins, le dégazeur, la torche ou le borbier [9].

### **III.3.1.3. Décompositions du système « anti-éruption »**

❖ **Le bloc d'obturateur de prévention (BOP)**

- Le piston ;
- Les orifices ;
- Membrane (la garniture élastique) ;
- Tiges d'arrêt ;
- Les joints ;
- Couvercles vissés.

❖ **Commande hydraulique des obturateurs (koomey)**

- Accumulateurs ;
- Clapets anti-retour ;
- Pompes ;
- Vannes ;
- Manomètre ;
- Panneau de commande pneumatique ;
- Conduite ;
- Filtre ;
- Joints.

**✚ Circuit de vannes (manifold)**

- Vannes ;
- Duse ;
- Indicateur de pression ;
- Canalisation tampon ;
- Joints d'assemblages.

**III.3.2. Résultat de la méthode AMDEC**

Les résultats d'application de la méthode AMDEC sur les composants de système anti-éruption (d'Obturateur de prévention « BOP », Unité de commande hydraulique (koomey) et Circuit de vannes « MANIFOLD ») sont présentés dans les tableaux suivants :

		Analyse de mode de défaillance, de leurs effets et de leur criticité								
		Système : anti-éruption Sous-système : BOP annulaire / à mâchoire								
Eléments	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effets de la défaillance	Détection	Criticité				Action correctives
						F	G	D	CR	
Piston	Comprimer la membrane sur la tige (annulaire fermer) vers le haut	-Usure.	Commande erronée Sur utilisation	Le piston n'arrive pas (point mort bas ou haut , déchirure)	-Test du BOP	2	3	4	24	-Surveillance permanente d'huile de service
		-blocage	-fermeture des orifices (utilisation d'huile Qui perd ses caractéristiques).	-Venue non contrôlée (risque d'éruption)	Test du BOP  Visuel	2	4	3	24	-L'entretien périodique de BOP (nettoyage) -Formation des travailleurs sur
		-détérioration des joints	-mauvais graissage  Causes mécaniques	-risque de non fermeture de BOP	/	3	3	2	18	L'ampleur de risque de sa tâche
		Fermeture et ouverture incomplète ou intempesive	-La pression d'huile insuffisante (fuite ou encombrement dans la chambre d'ouverture et fermeture)	Fermeture incomplète du puits	Test du BOP.	2	4	3	24	Test et contrôle périodique du BOP (pression)
Chambre de Ouverture/fermeture	Passage d'huile a l'intérieure	-bouchage	-présence des impuretés	-risque de non ouverture /fermeture de BOP	-Test du BOP	2	4	4	32	-nettoyage des orifices

		-Corrosion	-Vieillessement	-Fermeture incomplète du puits.	-Contrôle Visuel.	2	4	4	32	Test et contrôle périodique du BOP (pression)
Membrane (la garniture élastique)	-Assure l'ouverture et la fermeture sur tige	-Déchirure et Usure.	-frottement avec les tiges -Fonction excessive	-Fermeture incomplète du puits.	-auditive -Test du BOP	3	3	1	9	-Graissage des tiges
		-mauvais fermeture ou pas de fermeture	-fermeture à vide	-risque d'éruption qui conduit à un incendie	/	2	3	2	12	-rechange de garniture
			-mauvais graissage	-risque d'éruption qui conduit à un incendie	-visuel	2	2	2	8	-Graissage des garnitures
		Rayure	Frottement avec les tiges.	-Fermeture incomplète du puits.	-Test du BOP	3	3	4	36	
Les joints (06 joints à lèvres) + joint de sécurité	-Assure l'étanchéité des chambres.	-Déchirure.	-Fonction excessive.	-Fuite d'huile	-visuel -Test du BOP	2	3	3	18	-Test et contrôle périodique du BOP. -Contrôle l'huile de service

	-Assure l'entraînement de piston vers le haut et vers le bas	-Fuite	-La surpression. -usure	Perte de pression qui conduit à une mauvaise fermeture et ouverture -Effet sur piston (blocage).	-visuel  -Test du BOP	3	3	3	27	-Surveillance permanente des règles du travail. -L'entretien périodique de BOP et changement des joints selon les normes.
		-Rayure	-Les déblais métalliques. -L'échauffement	-Frottement de la membrane avec les tiges -Venue non contrôlée (risque d'éruption	-visuel  -Test du BOP	3	3	3	27	-Le suivie régulier des opérations de forage. -Test et contrôle périodique du BOP (pression)
Corps de BOP	-Maintenir les mâchoires dans leur cavité (un alésage central vertical pour le passage des outils	-Usure.	-Vieillessement. -Corrosion.	-perte de pression de fond (venue non contrôlé) - risque d'éruption.	Visuel (démontage)	1	3	4	12	-L'entretien périodique de BOP (nettoyage). -Test et contrôle périodique du BOP (pression).

		Déformation.	-Chute des objets	-perte de pression de fond (venue non contrôlé) - risque d'éruption.	-Contrôle Visuel	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	-Surveillance permanente pour éviter les travaux hors norme. -Poser des obstacles contre la chute des objets solides
		-Rayure	-Glissement avec les rams (frottement) -Fonction démesurée.	-perte de pression de fond (venue non contrôlé) - risque d'éruption	-Test de BOP.	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	Surveillance permanente pour éviter les travaux hors norme. -Test et contrôle périodique du BOP (pression) -Le suivi régulier des opérations de forage

Analyse de mode de défaillance, de leurs effets et de leur criticité										
Système : anti-éruption										
Sous système : circuit de vannes (manifold)										
Eléments	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effets de la défaillance	Détection	Criticité				Action correctives
						F	G	D	CR	
Vannes	Diriger le fluide de retour vers les bacs, séparateurs, torche ou bournier	Bouchage	Débris dans la vanne	Perte d'amorçage de la pompe		2	3	2	12	-Nettoyage périodique des vannes
			Joint usés ou endommagés	Perte d'amorçage de la pompe	Visuel	2	2	2	8	-Rechange des joints (selon plan de maintenance)
		Blocage	Corrosion	Dysfonctionnement de la vanne	Visuel	3	2	2	12	-rechange des vannes
Duse	Réglage de débit par l'application d'une contre pression	Bouchage	Débris dans la vanne	- Difficulté de contrôle de venue		2	3	2	12	-Nettoyage périodique
		Blocage	Corrosion	Difficulté de contrôle de venue	Visuel	2	3	2	12	-Maintenance de Duse
Indicateur de pression	Indiquer les valeurs de pression	Mauvaise indication	- cause hydraulique	Perturbation de commande	Visuel	2	3	2	12	-préparation -rechange

			-défaillance des manomètres	Perturbation de commande	Visuel	3	2	2	12	-préparation -rechange
Canalisation tampon	Passage de fluide vers les bourbiers les torches	- fuite	-corrosion	-Perte de pression	Visuel	2	2	2	8	Rechange
		-bouchage	-des impuretés dans le fluide	-condensation des fluides		3	2	2	12	Nettoyage
Joints d'assemblage	Assurer le bon assemblage entre les vannes et les conduites	-détérioration des joints	-excès de serrage	-dégradation de processe	Visuel	2	3	1	6	Vérification de serrage
			-usure	-dégradation de processe	Visuel	3	2	2	12	-rechange des joints

Analyse de mode de défaillance, de leurs effets et de leur criticité										
Système : anti-éruption Sous système : le commande hydraulique (kommey)										
Eléments	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effets de la défaillance	Détection	Criticité				Action correctives
						F	G	D	CR	
Accumulateurs	Le stockage du fluide à haute pression	-perte de pression de pré charge.	-une vanne de pré charge défectueuse permet à l'azote de s'échapper	-arrêt de système de sécurité	visuel	2	3	3	18	-Réparation ou Rechange de vanne pré chargé
			- rupture de vessie	-arrêt de système de sécurité	visuel	2	3	2	12	- rechange de vessie
Clapet anti-retour	Assurer le passage de fluide sous pression d'un seul sens	-blocage	-corrosion	-perturbation de système de pompage	visuel	2	3	2	12	-Inspection visuel - réparation
			-présence débris	-perturbation de système de pompage	visuel	1	3	3	9	-nettoyage

Pompe	Fournir une source de fluide de travail à haute pression	Les pompes fonctionnent excessivement/insuffisant	Les vannes défectueuses.	Manque de pression : arrêt de système de sécurité	visuel	2	3	2	12	-Rechange les vannes
			- les joints perdu leur étanchéité	Manque de pression : arrêt de système de sécurité	visuel	3	2	2	12	Rechange Les joints
			- vanne de pré charge défectueuse	Manque de pression : arrêt de système de sécurité	visuel	2	3	2	12	-rechange de vanne de pré charge
		- les pompes ne produisent pas de pression	Perte d'amorçage de l'une des pompes par suite d'un faible niveau de fluide	Pas de pression : arrêt de système de sécurité	Visuel	2	3	2	12	-Vérifier le niveau de fluide
		-blocage	- la vanne d'aspiration est fermée	Pas de pression : arrêt de système de sécurité		2	3	2	12	-ouvertures la vanne d'aspiration

Vannes	-assurer l'ouverture et la fermeture	-blocage	- débris dans la vanne	-dégradation de système de sécurité		2	3	2	12	-nettoyage
			-joints usés ou endommagés	-dégradation de système de sécurité	Visuel	3	2	1	6	-Rechange les joints -Maintenance préventive -La bonne qualité du joint
			-corrosion	-dégradation de système de sécurité	Visuel	3	3	1	9	- rechange les vannes
Manomètres	-surveiller les pressions de fonctionnement de système	-déréglage	- chocs dus à un traitement dur	Arrêt de système	Visuel	2	3	1	6	-préparation
			- réponse lente ou irrégulière des manomètres hydrauliques	-chocs dus à un traitement dur	Arrêt de système	Visuel	3	3	1	9
Panneaux de commande pneumatique	Un contrôle partiel ou total du système de	- fonctions lentes ou non existantes	-basse pression d'air d'alimentation aux panneaux	dégradation de système de commande	visuel	2	3	2	12	Augmenter pression d'air d'alimentation

	contrôle de BOP									
		-poignée de vanne difficile à bouger	- vanne de contrôle hydraulique bouché	dégradation de système de commande	Visuel	3	2	2	12	-Préparer la vanne de contrôle hydraulique MP et Test de Fonctionnement
		- les voyants d'indication de position ne fonctionnent pas	- câbles pneumatiques endommagés	Dégradation de système de commande	-Visuel	2	3	2	12	Rechange les câbles pneumatiques (selon la durée de vie)
Conduits	Distribuer le fluide sous pression	Bouchage	-présence des débris	-Perte de pression envoyée au BOP	/	2	4	2	16	Nettoyage de conduits(MP) -Système de Détection
				-perte de pression au niveau de l'accumulateur	/	2	3	2	12	Nettoyage de conduits (MP) -Système de Détection
		Fissure	-pression insupportable	-Perte de pression envoyée au BOP	-Visuel	2	3	2	12	-rechange des conduits
				-perte de pression au niveau de l'accumulateur	-Visuel	3	2	2	12	-rechange des conduits

Filtres	Filtrer le fluide	Mauvaise filtration	Endommagement Le filtre	- risque de défaillance de l'accumulateur	-Visuel	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	Rechange de filtre (MP)
---------	-------------------	---------------------	----------------------------	---	---------	----------	----------	----------	-----------	----------------------------

		Bouchage	-présences des impuretés diverses	- risque de défaillance de l'accumulateur		<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	Nettoyage
Joints	Eviter l'apparition des fuites aux points de contact	Fuite	Détérioration	-perte de pression qui conduit a une mauvaise fermeture et ouverture	Visuel	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	Rechange de joints (selon plan du MP)
			Usure	-perte de pression qui conduit à une mauvaise fermeture et ouverture	Visuel	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	Rechange de joints

### III.3.3. Interprétations des résultats méthode AMDEC

Le tableau AMDEC du présent document nous a permis d'identifier l'ensemble des défaillances liées au système étudié ; Parallèlement l'analyse par AMDEC nous a permis de faire une hiérarchisation des niveaux de criticité des modes de défaillances selon la gravité de ces modes, la fréquence d'occurrence et la non détection de ces modes.

Donc la criticité est égale :  $C = G * F * D$

**Tableau III.1.** Analyse de Criticité [12].

<b>G</b>	<b>Gravite</b>	<b>F</b>	<b>Fréquence d'occurrence</b>	<b>D</b>	<b>Non Détection</b>
<b>1</b>	<b>Effets Mineurs</b>	<b>1</b>	<b>Très Faible</b>	<b>1</b>	<b>Très Efficace</b>
<b>2</b>	<b>Effets Significatifs</b>	<b>2</b>	<b>Faible</b>	<b>2</b>	<b>Efficace</b>
<b>3</b>	<b>Effets Critiques</b>	<b>3</b>	<b>Moyenne</b>	<b>3</b>	<b>Détection peu Faible</b>
<b>4</b>	<b>Effets catastrophiques</b>	<b>4</b>	<b>Forte</b>	<b>4</b>	<b>Aucune détection possible</b>

Le tableau suivant représente la matrice de classification de criticité (C) des différents modes de défaillance :

**Tableau III.2.** La matrice de classification de criticité [12].

<b>Catégorie du Criticité</b>	<b>Définition</b>
<b>1-11</b>	Risque acceptable
<b>12-23</b>	Risque sérieux
<b>24-47</b>	Risque inacceptable
<b>48-64</b>	Risque catastrophique

Dans ce chapitre, on s'est basé sur l'analyse AMDEC pour l'inventaire des interventions sur le système anti éruption. Pour atteindre les objectifs du plan des actions préventives, une démarche méthodologique a été suivie pour son établissement. Le plan des actions préventives est parmi les fruits de l'étude critique du système anti-éruption et de l'analyse AMDEC réalisés précédemment.

### **III.3.4. Plan d'action**

Selon la norme ISO 9001, le plan des actions préventives est « un document contenant des mesures prises pour éliminer les causes potentielles d'une non-conformité ». Elles s'intègrent dans l'évaluation et la prévention du risque et donc dans l'amélioration continue des performances.

#### **III.3.4. 1.Objectifs**

L'établissement de plan des actions préventives permet d'atteindre les objectifs

Suivants :

- Garantir une continuité de service ;
- Garantir un niveau de disponibilité connu ;
- Prévenir l'apparition d'une non-conformité ;
- Prévenir les risques.

#### **III.3.4. 2. Plan d'Action Préventive**

##### **A. Programme d'Inspection préventive du BOP**

Tableau III.3. Check-list D'un Plan d'Inspection Préventive du BOP [12].

Essai	Résumé		TYPE D'Intervention	Remarques (Pour Faire le Suivi)
<b>Quotidien</b>	-Inspection générale de sûreté (écrasement, dommage physique...etc)	OK		
	-Maintenir propre en extérieur (Nettoyage)	OK		
	-Recherche les fuites hydrauliques externes aux points : -connexion hydraulique - entre assemblage	OK		
<b>Hebdomadaire</b>	-Test de Pression. (mettre en place l'épreuve de test)	OK		
	-Inspection visuel a l'extérieur du corp BOP	OK		
	-Assurer la bonne connexion des lignes hydrauliques. (aux point Bop et Koomey)	OK		
	-Assurer la bonne connexion entre assemblage. (boulon ou écrous manquants)	OK		
	-Faire fonctionner les obturateurs à mâchoires.	OK		
<b>Trimestriel</b>	-Ouvrir les portes et inspecter visuellement tout les organes du BOP (pour détecter tout signe de nonconformité).	OK		
		OK		
		OK		
	-Essai à la pression du puits (Test de Pression)	OK		
<b>Annuel</b>	-Essai de tension des arbres des mâchoires	OK		
	-Mesurer les mâchoires et les cavités des mâchoires (en intérieur)	OK		
	-Révision approfondie du BOP	OK		
	-Essai à la pression du puits	OK		
<b>Tri-Annuel</b>	-Réparer en remplaçant les pièces selon l'état	OK		
	-Remplacer tous les joints	OK		
	-Essai de tension des arbres de mâchoires	OK		
	-Essai à la pression	OK		

### B. Programme de Plan d'Inspection Préventive du BOP annulaire

Tableau III.4. Check-list d'un Plan d'Inspection Préventive du BOP Annulaire [12].

Essai	Résumé		Type d'intervention/Action (si nécessaire)	Commentaire
<b>Quotidien</b>	Inspecter visuellement les fuites ou les dommages physiques aux points suivants :			
	1/La goujonée supérieure de connexion	OK		
	2/Le fond de bride de connexion	OK		
	3/Les lignes hydrauliques d'opération et de connexion	OK		
	Inspection générale de sûreté autour de l'espèce du BOP	OK		
	Nettoyer tous les débris, les débordements de boue et de l'huile (Maintenir propre)	OK		
<b>Bihebdomadaire</b>	BOP annulaire est correctement snobé et centré sous la table de rotation	OK		
	Nettoyer tous les débordements de boues et de l'huile	OK		
	Effectuer test de Pression du BOP	OK		
	Inspection générale approfondie de sûreté autour de l'espèce BOP (écrasement, dommage physique... )	OK		
	Assurer la bonne connexion des lignes hydrauliques d'Operations	OK		
	Assurer la bonne connexion du goujonée supérieure de BOP	OK		

	Assurer la bonne connexion de fond de bride (Botton flanged connexion)	OK		
<b>Biannuel</b>	Démontage partielle le Bop pour changer les joints hydrauliques	OK		
	Graissage avec graisse à base de plomb ou de cuivre, mais sans excès	OK		
	Remise en état et Faire un test des BOP	OK		

### Révision générale du BOP

Envoyez l’obturateur annulaire à un atelier de construction mécanique certifié pour une révision générale, et pour des inspections dimensionnelles et des inspections de contrôle non destructif (CND).

### C. Programme d’Inspection Préventive d’unité de commande hydraulique

Le tableau suivant se présente une check-list d’inspection Mensuelle d’unité de Commande hydraulique. Pour l’objet d’obtenir un taux de disponibilité proportionnellement élevée, les problèmes des éléments d’unité soulevées sont mentionnés pour remettre en service.

**Tableau III.5.** Check-list MENSUELLE d’un Plan d’Inspection Préventive d’unité de commande hydraulique [12].

<b>Organe</b>	<b>Etat Requis</b>	<b>YES/ NO</b>	<b>Commentaire</b>
<b>alimentation d’air</b>	-pression normale : 90 à 125 psi -bon état du manomètre		
<b>Humidificateur d’air</b>	-placé à l’entrée des pompes à air - Vérifier le niveau d’huile		
<b>Vanne by pass d’air</b>	-A ouvrir lorsque la pression dépasse 3000 psi. -Maintenir fermée en tout cas		

<b>Switch pneumatique</b>	-démarrage à 2750 psi -réglage arrêt à 2900 psi		
<b>Vannes d'isolation pompes à air</b>	-vérifier l'état-positions toujours ouvertes		
<b>Pompe à air</b>	-état de marche -Aucune fuite d'huile		
<b>Vanne d'aspiration pompe à air</b>	-Position toujours ouvertes-vérification et nettoyage du filtre d'aspiration (crépine)		
<b>Clapets anti-retour</b>	-placés sur la ligne de refoulement pompes à air. (chute de pression en cas d'usure)		
<b>Pompe électrique</b>	-état de marche-niveau d'huile carter-cache pièces en mouvement, en place		
<b>Switch électrique</b>	-démarrage à 2900 psi -Arrêt à 3000 psi		
<b>Commande pompe électrique</b>	-Vérifier l'état de marche -Toujours en position automatique		
<b>Vanne d'aspiration pompe électrique</b>	-position toujours ouverte-Vérification et nettoyage du filtre d'aspiration (crépine)		
<b>Clapet anti-retour pompe électrique</b>	-placé sur la ligne de refoulement pompe électrique (chute de pression en cas d'usure)		
<b>Accumulateurs</b>	-précharge à 1000 psi plus ou moins 100 psi, -précharge uniquement avec de l'azote. -Assurer le serrage correcte du		

	raccordement au circuit		
<b>Soupape de sécurité accumulateurs</b>	réglage à 3500 psi		
<b>Robinet d'isolement accumulateur</b>	-bon état de fonctionnement -Vérifier les fuites d'huile		
<b>KR valve manifold (Koomey Regulator)</b>	-réglage à 1500 psi , (usée lorsque la pression de réglage chute)		
<b>Vanne à 4 voies</b>	-graissée (Usure signalé par fuite d'huile)		
<b>Vanne by-pass</b>	-Vérifier l'état (usure lorsqu'il y a augmentation de pression dans le circuit 1500 psi)		
<b>filtres à huile</b>	-A nettoyé		
<b>Vanne de purge</b>	-position fermée (fuite en cas d'usure)		
<b>KR valve pneumatique</b>	-réglage à 1000 psi , (usée lorsque la pression de réglage chute)		
<b>Manomètre accumulateur -</b>	-indication Pression 3000 psi		
<b>Manomètre manifold</b>	-indication pression 1500 psi		
<b>Manomètre annulaire</b>	-indication pression 1000 psi		

<b>transmetteur</b>	-conduites d'air en bon état		
<b>accumulateur</b>	-bien nettoyé		
<b>Transmetteur manifold</b>	-conduite d'air en bon état, nettoyé		
<b>Transmetteur annulaire</b>	-conduite d'air en bon état, nettoyé		
<b>Filtre à air</b>	-Bien nettoyé		
<b>Boite de connections d'air</b>	-vérification des connections		
<b>Bouchons de réservoir</b>	toujours fermés pour éviter les pénétrations de sable		
<b>BOP control panel</b>	-manomètres en bon état		
<b>Conduites Koomey</b>	-Protégées, Aucune fuite		

L'élaboration des check-lists de plan d'action préventive est parmi les résultats de L'analyse AMDEC, qu'o n'a aidé à savoir les modes critiques pour chaque élément de système anti éruption, et proposer des actions pour réduire la criticité ; et cela pour augmenter le taux de disponibilité et assurer un bon fonctionnement de notre système.

## Conclusion

L'application de la méthode AMDEC, sur notre système 'anti-éruption' permet d'identifier et d'hierarchiser les défaillances potentielles et / ou les éléments critiques et de propose les actions correctives nécessaires.

## **Recommandation**

### **Recommandation**

A travers ce modeste travail, on a essayé d'identifier quelques risques majeurs existants aux niveaux d'une opération de forage et en cours d'évaluation de ces risques on a déjà appliqué la méthode AMDEC que nous permis d'établir quelques recommandations résumées comme suite :

- Former et informer un groupe de travail intègre pour la réalisation des études d'évaluation des risques et des actions d'amélioration de la maîtrise des risques ;
- L'amélioration continue de niveau de formation de groupe de travail pour acquies les différentes informations concernant la sécurité ;
- Sensibilisation des opérateurs de l'entreprise de respecter les règles et les consignes de sécurité ;
- Réaliser des inspections générales de groupe HSE (superviseurs - ingénieurs) en cours des opérations de forage ;
- Déterminer des points sensibles d'équipement de forage à base d'expérience et assurer une surveillance continue ;
- Respecter les normes d'efficacité selon les recommandations d'ingénierie après la réparation de la sonde (soudeur, puissance, capacité ...etc.) ;
- Former des gens spécialisés à la maintenance préventive.

#### **Pour des recommandations opérationnelles on a situé :**

- Assurer la disponibilité des équipements de protection individuelle (EPI) selon les normes internationales ;
- Assurer des tests périodiques de disponibilité ;
- Étendre la compétence de responsable de la sécurité dans le groupe de forage (un grade sous-chef de chantier) pour réaliser son objectif (sécurité des personnes et des biens, la protection de l'environnement) ;
- Obligation de pré-job –meeting avant toutes activités inhabituelles ;
- En a recommandé a ajouté sur le deuxième panel de commande dehors de périmètre de sécurité plus des signes lumineux ;
- Respecte l'empilage de la tête de puits ; nombres et emplacement des obturateurs de BOP
- Les conduites de commande (la nappe) KOMMEY-BOP doivent être des tuyaux métalliques continue (sans raccord au milieu) ;

## Recommandation

- Vérification de l'état des mâchoires de chaque obturateur chaque semaine, et un test de fonctionnement chaque mois, test d'efficacité chaque DTM ;
- Changement périodique des joints des obturateurs chaque changement des mâchoires
- Contrôle de serrage en cas de réparation.

### **Interdit de :**

- Remplir des accumulateurs en azote pendant la nuit, même pendant le jour sans présence d'un HSE ;
- Manipuler des vannes de commande sans responsabilité ;
- Entrer à la zone de périmètre de sécurité sans EPI ;
- Emplacement des conduites de commande (la nappe)" BOP – Koomey" sauf par le personne spécialiser (chef mécanicien) ;
- Activités inhabituelles sans permis de travail (voire annexe I) ou dépasser la durée de permis de travail ;
- Déménagement d'unité de commande hydraulique (Koomey) sans déchargement de pression existant (300 psi) dans les accumulateurs (sauf la valeur de pré-charge 1000psi) ;
- Serrer, desserrer n'importe quels équipements sous pression sans confirmer l'isolation ;
- Remettre en service une sonde (réparé) avant un test de fiabilité ;
- Utiliser des appareils amovibles non autoriser ou non conforme (Les passerelles des bacs les passages et les escaliers doivent être maintenue propre et dégager de tout obstacles) ;
- Des audits internes ou visites sécurité ces visites peuvent être systématique "tous les 6 moins " et conjecturelles suite a la divers evenement "nombres d'accidents et /ou panne a répétition " ;
- Prendre en considération que la defaillance au niveau de systeme anti-venue conduit à l'arrêde la sonde de forage ;
- Les systèmes à pression sont vérifiés, étalonnés avant la remise en service ;
- Les manomètres et autre matériel de pression sensible doit etre de **qualité** (test en pression).

## Conclusion générale

### **Conclusion générale**

La sécurité est une culture et une procédure des instructions liées au travail. Elle doit être instaurée en milieu professionnel à l'ensemble du personnel, tant que le responsable ainsi que le personnel de production.

L'objectif principal du travail de ce mémoire est de mettre l'accent sur un système de sécurité des puits pour une éventuelle analyse des risques.

Durant notre stage parmi le personnel de l'ENFOR, et sur évaluation de fonctionnement du système de fermeture des puits pétroliers BOP –KOOMEY contre les phénomènes des éruptions liées à l'appareil de forage ; on a remarqué qu'il existe un risque qui se définit à l'éruption.

Le choix de l'ENFOR pour notre étude pratique nous a permis de découvrir le milieu industriel et de mettre en œuvre sur terrain une méthode d'analyse AMDEC.

L'application de la méthode AMDEC basée sur l'identification des effets de défaillance des éléments du système et le but de la méthode, est d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (Sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité) de ce système de sécurité.

Donc après l'application de la méthode AMDEC sur le dit système de sécurité ont abouti à l'évaluation de la fiabilité de système qui se base sur les paramètres de la fiabilité des composants techniques.

La prévention contre les éruptions est basée sur des instructions HSE (hygiène et sécurité environnement) et PMU (plan de mesure d'urgence en cas d'éruption).

Enfin, on peut dire que la sécurité des puits contre l'éruption est d'abord, une nécessité et une obligation, et c'est à ses systèmes que nous pouvons dire que la vie humaine, et la sauvegarde matérielle sont préservés ; il y a de plus le rendement de travail augmenté et la performance est assurée.

## Références Bibliographique

### Références Bibliographique

[1] : ABD ESSALAM BELAID. Technique et économie de l'exploitation du sous-sol. Thèse de doctorat. École nationale supérieure des mines de Paris. 2005.

[2] : JEAN PAUL NGUYEN, ingénieur principale à l'institut français du pétrole "techniques d'exploitation pétrolière-Le FORAGE " Edition technique 27 rue Ginoux 75737 Paris Cedex.

[3] : ENTP. Rapport environnemental. 2006.

[4] : SONATRACH. Manuel de contrôle de venue.

[5] : THIERRY MAYSOUNADE. Guide de fluide de forage.

[6] : ENSPM, "Équipement de contrôle de venue"

[7] : ISO/IEC Guide 51. Aspects liés à la sécurité Principes directeurs pour les inclure dans les normes. 2014.

[8] : GHERBI ABDELOUAHED. Prévention et protection contre le risque d'éruption. Mémoire de fin d'étude de master. Université Batna 2 .2009.

[9] Analyse des dysfonctionnements liés aux opérations de forage. Application de la démarche MADS/MOSAR. Cas : ENTP- TP169. (2006/2008).

[10] Manuel Qualité, Santé/Sécurité et Environnement.

[11] BOUKHETALA TAREK. Analyse de sûreté de fonctionnement concernant un système anti-éruption par l'application de la méthode AMDEC cas BOP et KOOMEY. Mémoire de fin d'étude de master. Université de Skikda .2013.

[12] BENATALLAH ABDENOUR. Sûreté de fonctionnement de système anti-éruption Par L'Application des Méthodes AMDEC-HAZOP. Mémoire de fin d'étude d'Ingénieur Professionnel. Institute Algérien du pétrole Boumerdes .2015.