

Introduction :

Quelque soient les efforts entreprise au stade de la conception et la fabrication des machines pour assurer leur sûreté de fonctionnement, des défaillances apparaissant au cours de leur exploitation, les causes d'apparition de ces défaillances sont variables. Elles vont du coût de simple remplacement d'une pièce détériorée à d'importants frais d'immobilisation pour la machine donnée, elles peuvent aussi provoquer de graves accidents corporels.

C'est pourquoi on fait appel à la maintenance à fin de maintenir en état les machines et rétablir leur performance après défaillance. La maintenance implique un certains nombres de mesures organisationnelles, techniques et économiques. Après avoir démontré sa rentabilité la maintenance représente une fonction principale dans beaucoup d'entreprises industrielles et de services .Voire **figure.1** dans ce chapitre on parle généralement sur la maintenance, leurs types et leurs méthodes, et après ca on va parler sur le programme et les équipements de forage par ce que le forage il est très important dans les connaissances scientifiques pour le domaines pétrolière.

I.A/ Généralités sur la maintenance des machines industrielles :**I.A.1/Définition de la maintenance:**

D'après la norme **AFNOR: X60-010/ décembre 1994.**

Ensemble des activités destinées à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise. Ces activités sont une combinaison d'activités techniques, administratives et de management .

I.A. 1.1/Les grands concepts de maintenance industrielle :

Les trois grands concepts de la maintenance tels que définis par l'Association française de normalisation (AFNOR).

➤ **La Fiabilité :**

La fiabilité est l'aptitude ou la probabilité d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions données et pour une période de temps déterminée

➤ **La Maintenabilité :**

Dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédure set des moyens prescrits.

➤ **La Disponibilité :**

La disponibilité est l'aptitude à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires soit assurée.

I.A.2/ Types de maintenance:

I.A.2.a/Maintenance préventive:

Maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un rendu, les activités correspondantes sont déclenchées selon:

- Un échancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage.
- Et / ou des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou de service.

Cette politique de maintenance s'adresse aux machines provoquant une perte de production ou des coûts d'arrêts imprévisibles classés comme important pour l'entreprise. Telle est le cas des machines des chantiers de forages. Il convient donc d'organiser un système de maintenance visant à minimiser ces arrêts souvent trop onéreux . Ainsi on aura à pratiquer trois formes de maintenance dite préventive:

I.A.2.a.1/ Maintenance Systématique:

Maintenance préventive effectuée selon un échancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage. La mise en pratique de cette maintenance nécessite de décomposer les machines en éléments maintenables. Ces éléments doivent être visités ou changés régulièrement.

La périodicité de ces visites s'établit par l'étude des lois de durée de vie .On harmonisera ces périodicités de façon à les rentres multiple les unes des autres. Des gammes d'entretien seront élaborées de façon à préciser le travail à exécuter par l'équipe de en résultats des diverses mesures maintenance, un rapport sera rédigé mettant relief les et les observations. L'intérêt de cette méthode est de diminuer les risques de défaillance. Ceux –ci restant néanmoins possible entre deux visites.

I.A.2.a.2/Maintenance conditionnelle:

Maintenance préventive subordonnée au franchissement d'un seuil prédéterminé significatif de l'état de dégradation du bien.

Note: le franchissement du seuil peut être mis en évidence par l'information donnée par un capteur ou par tout autre moyen.

I.A.2.a.3/Maintenance prévisionnelle:

Maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée des paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettant de retarder et de planifier les interventions.

I.A.2.b/Maintenance corrective :

Ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien, ou la dégradation de son fonctionnement, pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement.

Note: la maintenance corrective comprend en particulier:

- La localisation de la défaillance et son diagnostic.
- La remise en état avec ou sans modification.
- Le contrôle du bon fonctionnement.

I.A.2.b.1/Maintenance palliative:

Activités de maintenance corrective destinées pour permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou une partie d'une fonction requise.

Note: Appelée couramment "dépannage", la maintenance palliative est principalement à qui devront être suivies d'actions constituée d'actions caractère provisoire curatives.

I.A.2.b.2/Maintenance curative:

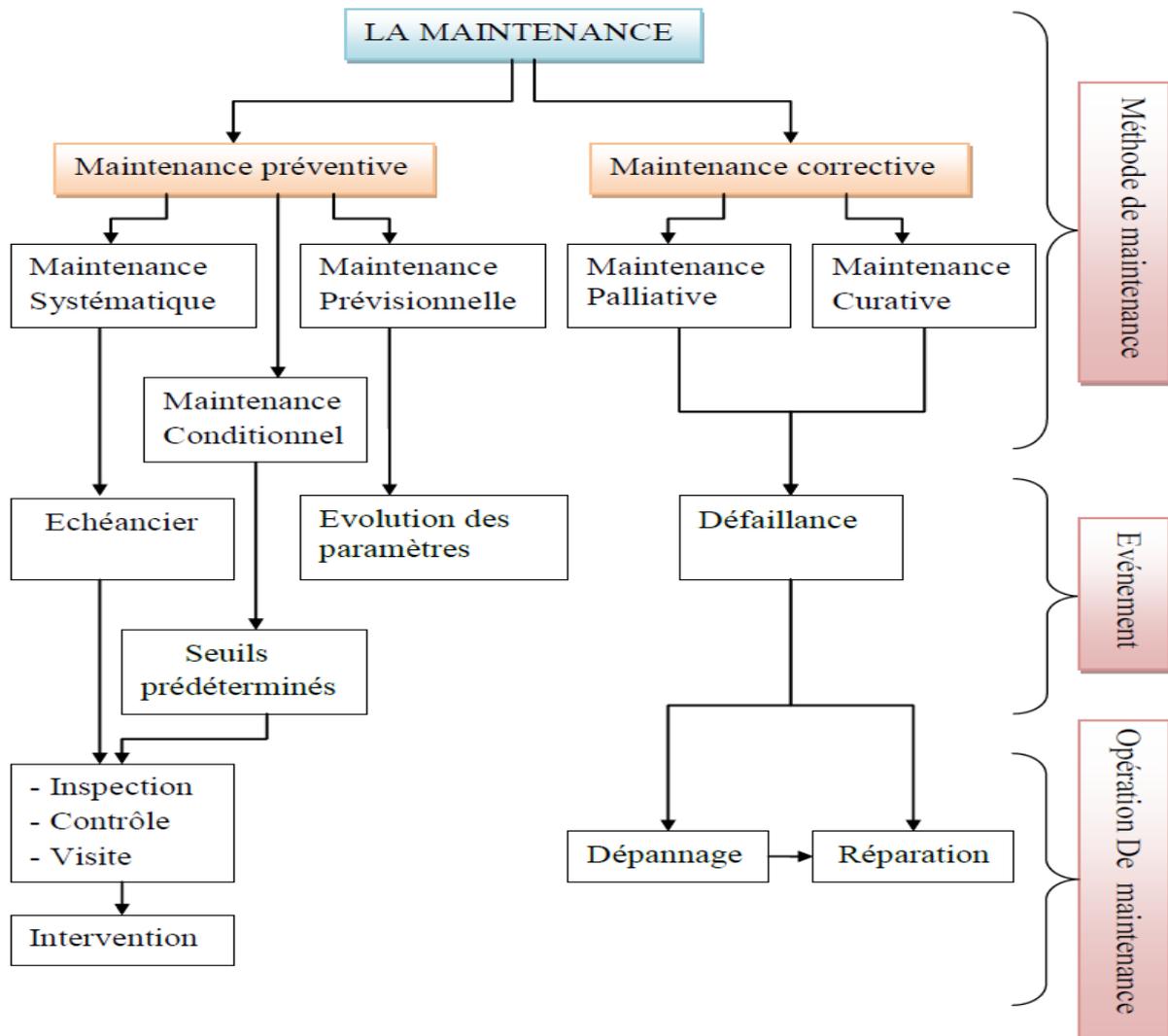
Activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des activités réalisées doit présenter un permanent, ces activités peuvent être:

- Des réparations.
- Des modifications ou améliorations ayant pour objet de supprimer la (ou les) défaillance(s).

I.A.3/ But de la maintenance:

La maintenance à pour but:

- Le maintien du capital machine.
- Minimiser les arrêts et les chutes de production.
- Améliorer la sécurité de personnel et la protection de l'environnement.

Figure. I.1 : types de maintenance.**I.A.4/ Notion De Disponibilité :**

I.A.4.1/Définition : "Aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa fiabilité, maintenabilité et de l'organisation de la maintenance, à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées" (NF X60-010). Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit :- avoir le moins possible d'arrêts de production- être rapidement remis en bon état s'il tombe en panne La disponibilité d'un équipement dépend de nombreux facteurs :

L'A.M.D.E.C. : -En français: **A**nalyse des **M**odes de **D**éfaillance de leurs **E**ffets et de leur **C**riticité.

-En Anglais: **FMECA** : **F**ailure **M**ode and **E**ffect **C**riticality **A**nalysis.

L'**AMDEC** est une méthode participative qui se pratique en groupe de travail pluridisciplinaire. Elle est fondée sur la mise en commun des expériences diverses et des connaissances de chaque participant dont la réflexion en commun est source de créativité. Le succès d'une étude AMDEC dépend la composition du groupe de travail.

Cette méthode est utilisée pour identifier les défaillances potentielles sur des équipements existants ou en cours de développement; soit pour éliminer, soit pour anticiper des écarts de performance, de sécurité, de qualité etc...

L'analyse peut démarrer sur l'ensemble d'un procès en listant les fonctions de chaque élément (AMDEC primaire) et finir sur l'organe mécanique d'une machine en détaillant la fonction de chaque pièce (AMDEC secondaire, tertiaire ...). Le niveau de détail est fonction du sujet traité et doit être croissant au cours de l'étude. Comme le montre la **figure I.2**.

G	5: Panne supérieure à 1 jour
R	4: Panne supérieure à 1 quart
A	3: Panne supérieure à 1 heure
V	2: Panne supérieure à 5 minutes
.	1: Panne inférieure à 5 minutes
F	5: Au moins une fois par quart
R	4: Au moins une fois par jour
E	3: Au moins une fois par semaine
Q	2: Au moins une fois par mois
.	1: Moins d'une fois par mois
D	5: Défaut indétectable
E	4: Défaut détectable à l'autocontrôle
T	3: Défaut détectable en visuel
E	2: Défaut signalé par la machine sans arrêt
C	1: Défaut signalé par la machine avec arrêt

Figure. I.2: Exemple de base de calcul de la criticité

I.A.4.2/Les concepts :

L'analyse des différentes formes de maintenance repose sur 4 concepts :

- 1. Les événements:** qui sont à l'origine de l'action : référence à un échancier, relation à un type d'événement (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), l'apparition d'une défaillance.

- 2. **Les méthodes de maintenance** : qui leur seront respectivement associées : maintenance préventive systématique, maintenance préventive conditionnelle, maintenance corrective.
- 3. **Les opérations de maintenance** : proprement dites : inspection, contrôle, dépannage, réparation, etc.
- 4. **Les activités connexes** : maintenance d'amélioration, rénovation, reconstruction, modernisation, travaux neufs, sécurité, etc.

Cette réflexion terminologique et conceptuelle représente une base de référence pour :

- L'utilisation d'un langage commun pour toutes les parties (conception, production, prestataires de services, etc.).
- La mise en place de systèmes informatisés de gestion de la maintenance.

I.A.4.3/ Les méthodes :

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise.

Pour choisir, il faut donc être informé des objectifs de la direction, des directions politiques de maintenance, mais il faut connaître le fonctionnement et les caractéristiques des matériels, le comportement du matériel en exploitation, les conditions d'application de chaque méthode, les coûts de maintenance et les coûts de perte de production. Le diagramme suivant synthétise selon la norme NF X 60-000 les méthodes de maintenance. Comme le montre la **Figure I.3**.

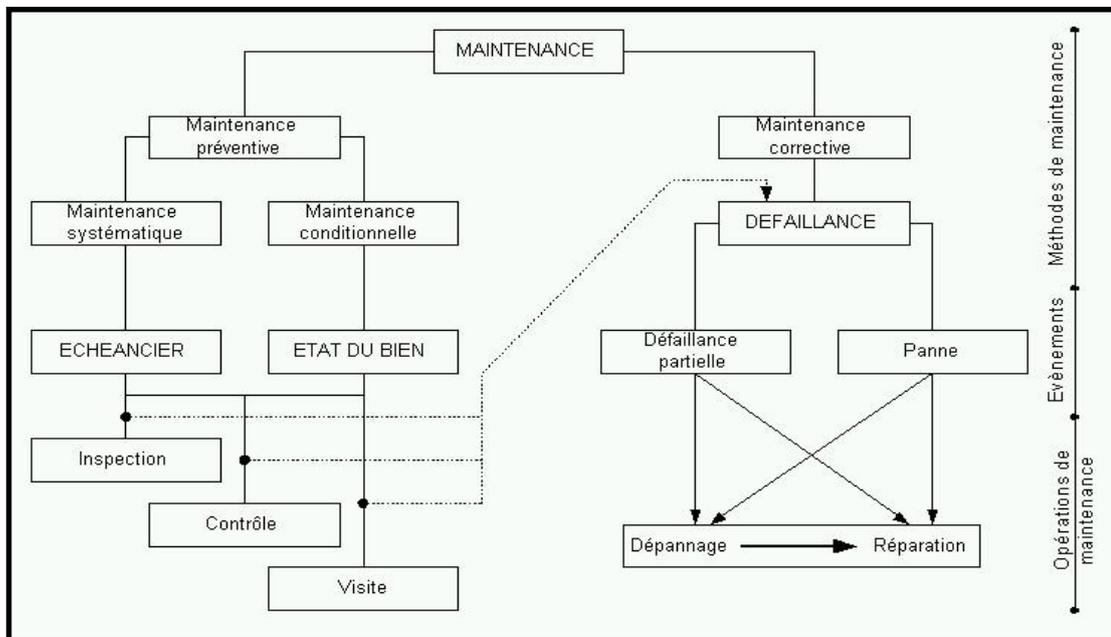


Figure. I.3: les méthodes de maintenance

I.B/Programme de forage :**I.B.1/Situation géographique :**

Le champ de Hassi-Messaoud est situé à 850 Km au Sud-est d'Alger, et à 300 Km de la frontière algéro-tunisienne, il est considéré, comme étant le plus grand gisement de la province triasique. Sa localisation en coordonnées Lambert (Sud Algérie).

- 790.000 @ 840.000 EST
- 110.000 @ 150.000 NORD

Le champ de Hassi-Messaoud occupe la partie centrale de la province triasique. Par sa superficie et ses réserves, il est le plus grand gisement de pétrole d'Algérie qui s'étend sur près de 2200 km² de superficie. Il est limité au Nord-Ouest par les gisements d'Ouargla [Gellala, Ben Kahla et Haoud Berkaoui], au Sud-ouest par les gisements d'El Gassi, Zotti et El Agreb, au Sud-est par les gisements; Rhourde El Baguel et Mesdar. Géologiquement, il est limité au l'Ouest par la dépression d'Oued M'ya, au Sud par le môle d'Amguid El Biod, au Nord par la structure Djammâa-Touggourt, au l'Est par les hauts fonds de Ghadamès comme le montre la **Figure I.4** et **Figure I.5**.



Figure. I.4: Situation géographique

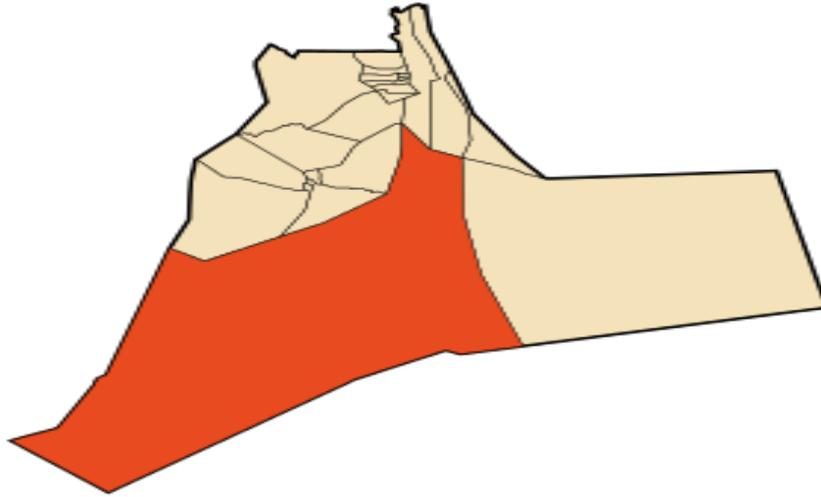


Figure. I.5: Localisation de Hassi Messaoud

I.B.2/Le programme de forage : Le programme de forage horizontal du champ de Hassi-Messaoud comprend 5 phases :

I.B.2.1/PHASE 26" :

a) **But :** Forage vertical depuis la surface jusqu'à 30 à 40m dans le Sénonien anhydritique, soit à une profondeur de 494 m. Le tubage 18 5/8" J55 87.5# est posé à la cote 492m.

b) **Paramètres de forage :**

Poids (t)	Rotation (rpm)	Débit (l/mn)
1 – 25	60 - 130	2000-4000

Tableau I-1 : Paramètre phase 26"

c) **La boue :** Pour cette phase on utilise une boue bentonitique qui convulse aux formations fragiles et peu consolidées parce qu'elle offre :

- Filtrat élevé pour formation d'un cake épais et colmatage des sables.
- Une grande viscosité pour un meilleur transport du sable de mio-pliocène.

Caractéristiques de la boue:

- ✚ Densité de boue $\delta_b = 1.05$
- ✚ Yield point $Y_p > 40 \text{ lb}/100\text{ft}^2$.
- ✚ Viscosité plastique $V_p = 8-10 \text{ cp}$.

d) Tubage :

La colonne 18" 5/8 J55 87.5# est dite de surface, elle permet de :

- ✓ Maintenir les couches de surfaces non consolidées.
- ✓ Isoler les nappes prédictive d'eau douce.
- ✓ Supporter tous les éléments de la tête de puits ainsi que tous les autres colonnes de tubage.

e) Outil de forage :

L'outil utilisé pour forer cette phase est un outil tricône, du type GTXCG1 (RB), avec un d'usage de 3*18 et 3*11, de code IADC 115M.

N°	Type	Utilisation	Poids	Métrage réalisé
01	GTXCG1	Forage	1-25 T	494

Tableau I-2: Poids d'Outil phase 26"

I.B.2.2/PHASE 16" :

a) But : L'objectif de cette phase intermédiaire est de tuber en 13''3/8 les formations du Crétacé et une partie du Jurassique (l'Argileux et le Lagunaire).

b) Paramètres de la phase :

Forage sous le sabot 18" 5/8 avec des paramètres réduits, tant que les stabilisateurs sont dans le tubage.

Poids (t)	Rotation (rpm)	Débit (l/min)
5-20	80 - 150	2800-3000

Tableau I-3 : Paramètre phase 16"

c) Boue :

Pour cette phase on utilise une boue émulsionnée inverse qui a pour but d'éviter le contact eau argile, donc limiter la dispersion des argiles du Malm et Dogger.

caractéristique de la boue :

- ❖ Densité de boue $\rho_b = 1.25$
- ✚ Yield point $Y_p = 18-24 \text{ lb}/100\text{ft}^2$.
- ✚ Viscosité plastique $V_p = 16-22 \text{ cp}$.

b) Tubage :

La colonne 13" 3/8 est descendue pour permettre de coffrer les couches de Crétacé et une partie du Jurassique (Malm et Dogger) qui ne supportent pas la densité requise pour la traversée du Lias. La colonne est dite intermédiaire car elle permet d'éviter de poursuivre dans un découvert non consolidé. Descente d'une colonne de tubage mixte: de la surface à 1300m tubage 13"3/8 54.5# k55 et de 1300m au fond un casing 13"3/8 68# N-80.

d) Outil de forage :

L'outil utilisé pour forer cette phase est un outil PDC, du type DSX92, avec un d'usage de 9*12, de code IADC: S434.

Type	Utilisation	Poids	Métrage réalisé
DSX92	Forage	5-20 T	1811

Tableau I-4: Poids d'Outil phase 16"

I.B.2.3/PHASE 12"1/4:**a) But:**

- Le but de cette phase est de tuber en 9"5/8 les formations du Jurassique (Malm et Dogger), formations qui ne supporteraient pas la densité requise à la traversée du Lias. C'est une phase intermédiaire sans intérêt pétrolier qui doit être réalisée rapidement.
- La côte d'arrêt se situe à environ 450 mètres sous le toit du LD3, soit aux environs de 3185m.

b) Paramètres de forage :**Forage de la section verticale :**

WOB	RPM	Débit
8-18 T	100- 200	2700 l/min

Tableau I-5: Paramètre phase 12"1/4**c) Outil de forage :**

L'outil utilisé pour forer cette phase est un outil PDC, du type DSX619M avec un d'usage de 6*15 + 3*20, de code IADC: M433.

Type	Utilisation	Poids	Métrage réalisé
DSX619M	Forage	8-18 T	880 m

Tableau I-6: Poids d'Outil phase 12"1/4**Forage de la formation en déviation:**

WOB	RPM	Débit l/mn
1 - 12 T	140-200	2000-2400

Tableau I-7: Paramètre phase 12"1/4**d) Boue :**

Pour cette phase on utilise une boue lourde à émulsion inverse pour éviter le cavage de la formation au niveau du Trias et du Lias à cause de la présence des couches salifères d'un côté, et d'autre côté pour éviter la contamination de la boue de forage par les eaux chlorurées calciques .

Caractéristique de la boue :

- ✚ Densité de la boue $\delta_b = 2.04$.
- ✚ Yield point $Y_p = 10-14$ lb/100ft².
- ✚ Viscosité plastique $V_p = 38-48$ cp.

e) Tubage :

La colonne de tubage 9"5/8 à pour rôle d'isoler les formations productrices, LD2 su Lias ainsi les couches du Trias Salifère et surtout le TS2 (Argile fluentes) le Sabot 9"5/8 est posé dans le Trias argileux. Descente d'une colonne de tubage mixte de la surface à 1500m tubage 9"5/8 P-110 47# et de 1500m au fond un casing 9"5/8 P-110 53.5#.

f) Outil de forage :

L'outil utilisé pour forer cette phase est un outil PDC, du type SE3843 avec un d'usage de 8*15, de code IADC: M433. Tête de puits et BOP 13"5/8 5000 psi.

Type	Utilisation	Poids	Métrage réalisé
SE3843	Forage	1-12 T	164 m

Tableau I-8: Poids d'Outil phase 12"1/4

I.B.2.4/PHASE 8"3/8:**a) But:**

L'objectif de cette phase est de poser le liner 7" dans le réservoir en traversant le TAG, Trias Argileux Gréseux avec une boue de densité 1.4 sg. Cette phase est très importante sinon la plus importante en terme de forage dirigé. La phase 8"3/8 prolonge la partie déviée qui va conduire le puits vers sa cible finale en rentrant dans le Cambrien avec une forte inclinaison environ 85.

b) Paramètres de forage :

WOB (T)	RPM (rpm)	Débit (l/min)
3-12	140-190	1500- 1800

Tableau I-9: Paramètre phase 8"3/8

c) **Boue :**

Pour cette phase on utilise une boue à émulsion inverse.

Caractéristique de la boue :

- + Densité de la boue $\delta_b = 1.40$.
- + Yield point $Y_p = 10-12 \text{ lb}/100\text{ft}^2$.
- + Viscosité plastique $V_p = 14-16 \text{ cp}$.

d) **Tubage :**

Le tubage approprié est un liner 7" P-110 32# ancré à la côte 2535 mètres et descendu avec des tiges 5 1/2".

e) **Outil de forage :**

L'outil utilisé pour forer cette phase est un outil PDC, du type SE38411 avec un d'usage de 4*16, de code IADC: M432.

Type	Utilisation	Poids	Métrage réalisé
SE38411	Forage	3-12 T	212 m

Tableau I-10: Poids d'Outil phase 8"3/8

f) **Tête de puits :**

C'est même assemblage seulement il faut mettre en place les pipe-rams variable 2"3/8 –5".

I.B.2.5/PHASE 6" :

a) **But de la phase :** Forer un drain dans le réservoir. De profil de cette phase selon la fiche du puits : build up éventuel, puis partie stabilisée ou drop off.

b) **Paramètres de forage :**

WOB (T)	RPM (rpm)	Débit (l/min)
1– 8 t	150 - 200	750-900

Tableau I-11 : Paramètre phase 6"

c) **Boue :**

Boue à émulsion inverse, avec phase eau saturée au Na Cl. Alourdie si nécessaire au CaCO₃ (pas de baryte qui pourrait endommager le réservoir).

Caractéristiques requises pour la boue :

- ✚ Densité de la boue $\delta_b = 0.87$.
- ✚ Yield point $Y_p = 12 \text{ lb}/100\text{ft}^2$
- ✚ Viscosité plastique $V_p = 8-14 \text{ cp}$.

d) **Outil de forage :** L'outil utilisé pour forer cette phase est un outil imprègne, du type XR40 avec un d'usage de 3*13.

Type	Utilisation	Poids	Métrage réalisé
XR40	Forage	1-8 T	807 m

Tableau I-12: Poids d'Outil phase 6''

e) **Complétion et tête de puits :**

Tête de puits pour descente tubing de production.

I.B.3/Implantation du puits: Le puits ONMZ 313 est situé au nord de la zone 15 du champ de Hassi-Messaoud, correspondant aux coordonnées Lambert sud Algérie (LSA) comme le montre la **Figure. I.6**

- ✓ $X = 833549.54 \text{ m}$
- ✓ $Y = 131616.16 \text{ m}$

Ce puits est à 153,702 m au-dessus de la mer, avec un niveau de la table de niveau rotation par rapport au sol de 164m.

