

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



UNIVERSITE KASDI MERBAH  
OUARGLA

INSTITUT DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT (HSE)



**Mémoire Pour l'obtention d'une licence professionnelle**  
**Filière Hygiène et Sécurité Industrielle,**  
**Spécialité Hygiène, Sécurité et Environnement.**

***THEME***

**La gestion des risques majeurs liées à l'opération forage**

- ALIOUANE Tayeb
- MENAI Rabia

**Composition du jury :**

**Encadré par : Mr KADRI Mohamed Mahdi.**

**President: Mr SIBOUKER Hicham**

**Examineur: Mr ABDELBARI Abbas**

**Année Universitaire: 2016 / 2017**

# **DEDICACE**

**NOUS DÉDIONS CE MODESTE TRAVAIL EN PREMIER LIEU, À NOS  
CHERS PARENTS POUR LEUR SACRIFICES ET ENCOURAGEMENT  
DURANT TOUTE LA PÉRIODE DE NOS ÉTUDES.**

**À NOS FRÈRES ET SŒURS.**

**À NOS CHERS AMIS TOUT EN GÉNÉRALE**

**À TOUS CEUX QUI ONT CONTRIBUÉ DE PRÈS OU DE LOIN À LA  
RÉALISATION DE CE TRAVAIL.**

**ALIOUANE TAYEB ET MENAI RABIA**

# Remerciements

NOUS TENONS À REMERCIER AVANT TOUT DIEU

TOUT PUISSANT DE NOUS AVOIR DONNÉ LE COURAGE DE TERMINER NOS  
ÉTUDES.

NOUS TENONS À REMERCIER EN PREMIER LIEU ET TRÈS  
CHALEUREUSEMENT NOTRE ENCADREUR

**MR. KADRI MOHAMMED MAHDI**

POUR AVOIR ACCEPTÉ DE DIRIGER NOTRE TRAVAIL, POUR SES  
PRÉCIEUX CONSEILS, POUR SON ESPRIT D'OUVERTURE ET SA  
DISPONIBILITÉ. GRÂCE À LUI, NOTRE TRAVAIL S'EST DÉROULÉ  
DANS LES MEILLEURES CONDITIONS.

DIRECTRICE DE L'INSTUTI DE TECHNOLOGIE

**MR. MAKHLFI AMINA**

**Liste d'abréviation :**

|           |   |
|-----------|---|
| Pf :      | Pression de formation                         |
| Pg :      | Pression de gisement                          |
| Ubd :     | Underbalance drilling                         |
| Sh /for : | Sonatrach dévision forage                     |
| Rop :     | Rate of pénétration ( vitesse de pénétration) |
| Pt :      | Pression de tête de tige                      |
| Pa :      | pression de l'annulaire                       |

**Listes des figures :**

| <b>Nom de figure</b>  | <b>Page</b> |
|---|-------------|
| <b>Fig 1</b> : Situation géographique du champ de Hassi Messaoud            | <b>5</b>    |
| <b>Fig 2.</b> Coupe stratigraphique type                                    | <b>7</b>    |
| <b>Fig 3</b> : Architecture d'un puits                                      | <b>10</b>   |
| <b>Fig 4</b> : Perte naturelle  | <b>12</b>   |
| <b>Fig 5</b> : Pertes par craquage  | <b>13</b>   |
| <b>Fig 6</b> : perte par filtration   | <b>14</b>   |
| <b>Fig 7</b> : différents types de formation                                | <b>16</b>   |
| <b>Fig 8</b> : Effet de la vitesse de descente sur la pression annulaire.   | <b>17</b>   |
| <b>Fig 9</b> : formation de bouchon annulaire                               | <b>18</b>   |
| <b>Fig 10</b> : les causes de perte de circulation                          | <b>19</b>   |
| <b>Fig 11</b> : représentation de récapitulatif des pertes enregistrées.    | <b>25</b>   |
| <b>Fig 12</b> : représentation de récapitulatif des venues enregistrées.    | <b>26</b>   |
| <b>Fig 13</b> : représentation de récapitulatif des coincements.            | <b>27</b>   |
| <b>Fig.14:</b> Pourcentages des pertes par rapport aux zones                | <b>36</b>   |
| <b>Fig 15:</b> histogramme des volumes des pertes en fonction de la densité | <b>37</b>   |

**Liste des tableaux :**

| <b>Nom de tableau</b>   | <b>Page</b> |
|---|-------------|
| <b>Tableau 1 :</b> récapitulatif des pertes enregistrées                          | <b>25</b>   |
| <b>Tableau 2 :</b> récapitulatif des venues enregistrées                          | <b>26</b>   |
| <b>Tableau 3 :</b> récapitulatif des coincements                                  | <b>27</b>   |
| <b>Tableau 4 :</b> Pertes enregistrées lors du forage des puits horizontaux à HMD | <b>28</b>   |
| <b>Tableau 5 :</b> cote des pertes  | <b>35</b>   |
| <b>Tableau 6 :</b> Volume total des pertes  | <b>37</b>   |

## **Résumé**

Dans notre travail : la gestion des risques majeurs liés aux opérations de forage, on a étudiée la perte de la boue de forage, parcequ'est un risque majeur qui peut provoquer des autres risques majeurs.

Dans cette étude on distingue deux parties ; partie théorique et partie pratique.

Dans la partie théorique on a interprété les principaux types des pertes, les indices des pertes de circulation, les causes des pertes, classification des zones à pertes, conséquences de la perte de circulation et le traitement des pertes en cours de forage.

Pour valider les informations de la partie théorique, on a étudié dans la partie pratique une base de données concernant les pertes de la boue lors du forage des drains horizontaux forés de 2003 à 2006.

D'après les analyses des statistiques de cette base de donné, on a déduis des causes plus réel des pertes et des recommandations qu'on doit les appliquer lorsqu'on a des pertes.

Mots clés : gestion des risques, risques majeurs, boue de forage, perte de circulation, contrôles des puits.

## **Abstract:**

In our work: the management of major risks recording at drilling operations, we have study the lost of drilling mud, because it's a major risk who can cause other major risks.

In this study we have two parts; a theoretical part and a practical part.

In the theoretical part we have explain the principal types of lost drilling mud, indices of lost mud, causes of lost mud, classification of lost mud areas, consequences of lost mud and lost mud treatment while drilling.

For validate the informations of theoretical part, we have study in the practical part a data basis recording to lost of drilling mud while drilling of some wells in 2003 unto 2006.

After studying the analysis of statistics of this data basis we have deduce causes more actual of lost of drilling mud and a recommendations that we should apply if we have a lost of drilling mud.

Key words: management of risks, risk major, drilling mud, lost circulation, well control.

|  |    |
|--|----|
| Dédicace:  |    |
| Remerciements:   |    |
| Liste d'abréviation :  |    |
| Listes des figures:  |    |
| Liste des tableaux III   |    |
| Introduction générale :  | 2  |
| Chapitre I : Aperçue générale sur la région d'étude (Hassi Mesaoud).....     | 3  |
| I.1 : Situation du champ de Hassi Messaoud :                                 | 4  |
| I.1.1 : Situation géographique: .....  | 4  |
| I.1.2 : Situation géologique : .....   | 6  |
| Chapitre II : les pertes de la boue de forage.....                           | 7  |
| II.1 : Introduction :  | 9  |
| II.2 : Le déroulement des opérations durant le forage :                      | 9  |
| II.3 : Architecture d'un puits :   | 10 |
| II.4 : LES PERTES DE BOUE :  | 11 |
| II.4.1 : Introduction: .....   | 11 |
| II.4.2 : Principaux types des pertes :                                       | 11 |
| II.4.2.1 : Pertes partielles. ....   | 11 |
| II.4.2.2 : Perte totale : .....  | 11 |
| II.5 : Les indices de perte de circulation :                                 | 14 |
| II.5.1 : Perte partielle :   | 14 |
| II.5.2 : Perte totale :  | 15 |
| II.6 : les causes des pertes :   | 15 |
| II.6.1 : Cause liée avec les caractéristiques de la boue :                   | 15 |
| II.6.2 : Cause liée avec les caractéristiques de la formation: .....         | 16 |
| II.6.3 : Causes diverses : .....   | 17 |
| II.6.3.1 : Suppression et dépression dues aux manœuvres trop rapides : ..... | 17 |
| II.6.3.2 : Reprises brutales de pompage: .....                               | 17 |
| II.6.3.3 : Rétrécissement du puits : .....                                   | 17 |
| II.6.3.4 : Changements brutaux des types d'écoulement : .....                | 18 |
| II.7 : Classification des zones à perte :                                    | 20 |
| II.8 : Conséquences de la perte de circulation :                             | 20 |
| II.9 : Traitement des pertes en cours de forage :                            | 21 |
| Chapitre III : L'étude de cas :  | 22 |
| III.2 : Forage la phase 6" :   | 23 |
| III.2.1 : Les coincements : .....  | 23 |
| III.2.2 : Les venues : .....   | 23 |
| III.2.3 : Les pertes : .....   | 24 |
| III.3 : Etude de cas I :   | 24 |
| III.3.1 : Problèmes enregistrés : .....                                      | 24 |
| III.3.2.2 : Le volume des pertes en fonction de la densité : .....           | 36 |
| III.4 Etude de cas II: ONIZ 413 .....  | 38 |
| III.4.1 Aspect général : .....   | 38 |
| III.4.1.1 : Caractéristiques pétro-physiques de réservoir Cambrien : .....   | 38 |
| III.4.1.2 : Subdivision de réservoir Cambrien: .....                         | 38 |



## [Sommaire]

---

|   |    |
|---|----|
| III.4.2 : Problème de puits ONIZ 413 : .....                  | 39 |
| .III.4.2.1 : Historique de la phase : .....                   | 39 |
| III.4.2.2 : Analyse de problème : .....                       | 39 |
| .III.4.2.2.1 : Formation poreuse à haute perméabilité : ..... | 40 |
| III.4.2.2.2 : Formation fracturée : .....                     | 40 |
| III.4.2.2.3 : Formation déplétée : .....                      | 41 |
| III.5 : Recommandation : .....                                | 42 |
| Conclusion : .....  | 43 |
| Bibliographie : .....   | 44 |

## **1. Introduction générale :**

Les conditions économiques et environnementales de l'industrie pétrolière imposent que les opérations de forage doivent être conduites avec un maximum d'efficacité et de sécurité. Le contrôle et la prévention au niveau des opérations de forage sont des priorités pour respecter de telles exigences.

Malgré les progrès de tout ordre réalisés au cours des dernières années, les pertes de boue constituent, de nos jours encore, un risque majeur au déroulement normal des opérations de forage.

La perte impose un arrêt de forage dont la durée est difficilement prévisible, les surcoûts de l'opération, la future production du puits et sa durée de vie, peut causer d'autres risques tel que les coincements et les venues, pouvant aller jusqu'à la perte de boue. Les causes majeures de ce problème sont la nature de la formation, caractéristiques de la boue et des causes diverses liées à l'opération de forage.

Dans ce cadre, notre étude présente une porte sur la gestion des risques majeurs liés aux opérations de forage dans le but de minimiser les conséquences de le risque majeur : la perte de la boue de forage. Une application a été faite généralement sur des puits se trouvant sur le champ de Hassi-Messaoud et des propositions de solutions seront proposées à ce problème, qui perdure encore dans des nombreux sondages pétroliers.

**CHAPITRE I : APERÇUE GENERALE SUR LA REGION D'ETUDE  
(HASSI MESAUD)**

### **I.1 : Situation du champ de Hassi Messaoud :**

#### **I.1.1 : Situation géographique:**

Le champ de Hassi Messaoud est considéré comme l'un des plus grands gisements dans le monde. Il fait partie d'un ensemble de structures formant la partie Nord de la province Triasique, et se situe à environ 850 km au Sud-Sud-est d'Alger, à 280 km au Sud-est du gisement de gaz-condensat de Hassi R'Mel et à 350 km à l'Ouest de la frontière tunisienne (Fig.1). Il s'étend sur 2500 km<sup>2</sup>, il a pour coordonnées Lambert :

$X = [790.000 - 840.000]$  Est ;

$Y = [110.000 - 150.000]$  Nord ;

Et il est encadré par les latitudes 31°.30' et 32°.00' et les longitudes 5°.40' et 6°.20'.

## Chapitre I : Aperçue générale sur la région d'étude (Hassi Mesaoud)



Fig 1 : Situation géographique du champ de Hassi Messaoud

## **Chapitre I : Aperçue générale sur la région d'étude (Hassi Mesaoud)**

---

### **I.1.2 : Situation géologique :**

Par rapport aux gisements, le champ de Hassi Messaoud est limité:

- au Nord-Ouest par les gisements d'Ouargla (Guellela, 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.

Le môle de Hassi Messaoud est le résultat d'une histoire paléo tectonique assez compliquée, c'est le prolongement de la dorsale d'Amguid El Biod de plus de 800 km de long. Sa structure fait partie d'un ensemble de structures formant la province triasique Nord orientale.

Géologiquement, il est limité :

- à l'Ouest par la dépression d'Oued Mya ;
- au Sud par le môle d'Amguid El Biod ;
- au Nord par la structure Djammâa-Touggourt ;
- à l'Est par les hauts-fonds de Dahar, Rhourde El Baguel et la dépression de Ghadames.

Le champ de Hassi Messaoud est divisé en deux parties distinctes : le champ Nord (ex CFPA) et le champ Sud (ex SN REPAL), chacun ayant sa propre numérotation.

## Chapitre I : Aperçue générale sur la région d'étude (Hassi Mesaoud)

| ERE                                       | SYST           | ETAGES                                    |              | Ep moy  | DESCRIPTION   |
|---|----------------|---|--------------|---|---|
| CENO-ZOIQUE                               | NEOGENE        | MIO-PLIOCENE<br><i>discordance alpine</i> |              | 240   | Sable, calcaire, marne sableuse                                     |
|   |                | EOCENE                                    |              | 120   | Sable, calcaire à silice  |
| MESOZOIQUE                                | CRETACE        | SENONIEN                                  | CARBONATE    | 107   | Calcaire, dolomie, anhydrite  |
|   |                |   | ANHYSRITIQUE | 219   | Anhydrite, marne, dolomie   |
|   |                |   | SALIFERE     | 140   | Sel massif et traces d'anhydrite                                    |
|   |                | TURONIEN                                  | 90           | Calcaire crayeux avec quelques niveaux argileux                     |   |
|   |                | CENOMANIEN                                | 145          | Anhydrite, marne, dolomie   |   |
|   |                | ALBIEN                                    | 350          | Grés, sable avec intercalations d'argile silteuse                   |   |
|   |                | APTIEN                                    | 25           | Dolomie cristalline avec niveau argileux, calcaire                  |   |
|   |                | BARREMIEN                                 | 280          | Argile, grés, dolomie   |   |
|   |                | NEOCOMIEN                                 | 180          | Argile, marne, dolomie, grés  |   |
|   | JURASSIQUE     | MALM                                      |              | 225   | Argile, marne, calcaire, grés et traces d'anhydrite                 |
|   |                | DOGGER                                    | ARGILEUX     | 105   | Argile silteuse, marne dolomitique avec fines passées de grés       |
|   |                |   | LAGUNAIRE    | 210   | Anhydrite, marne dolomitique, marne grise                           |
|   |                | LIAS                                      | L.D 1        | 65  | Dolomie, anhydrite, argile  |
|   |                |   | L.S 1        | 90  | Alternances sel, anhydrite et argile                                |
|   |                |   | L.D 2        | 55  | Anhydrite et dolomie cristalline                                    |
|   |                |   | L.S 2        | 60  | Alternances sel et argile   |
|   |                |   | L.D 3        | 30  | Alternances de dolomie et de marne                                  |
|   |                | TRIAS                                     | SALIFERE     | TS 1  | 46  |
|   | TS 2           |   |              | 189   | Sel massif à intercalations d'anhydrite et argile gypsifère         |
|   | TS 3           |   |              | 202   | Sel massif et traces d'argile                                       |
| ARGILEUX                                  |                |   | 113          | Argile rouge dolomitique ou silteuse injectée de sel et d'anhydrite |   |
| GRESEUX                                   |                |   | 35           | Grés, argile  |   |
| ERUPTIF<br><i>discordance hercynienne</i> |                |   | 0.92         | Andésites altérées  |   |
| PALEOZOIQUE                               | ORDOVICIEN     | QUARTZITES D'EL HAMRA                     |              | 75  | Quartzites fines avec traces de tillites                            |
|   |                | GRES D'EL ATCHANE                         |              | 25  | Grés fins à ciment argileux, bitumineux                             |
|   |                | ARGILES D'EL GASSI                        |              | 50  | Argiles schisteuses, vertes ou noires, glauconieuses à graptolithes |
|   |                | ZONE DES ALTERNANCES                      |              | 20  | Alternance de grés et argile. Présence de tillites                  |
|   | CAMBRIEN       | R1  | 50           | Grés isométriques, fins, silteux                                    |   |
|   |                | Ra  | 120          | Grés à grés quartzitiques anisométriques à niveaux de silts         |   |
|   |                | R2  | 100          | Grés moyens à grossiers à ciment argileux illitique                 |   |
|   |                | R3  | 300          | Grés grossier à ciment argileux, argile silteuse                    |   |
|   | INFRA-CAMBRIEN |   | 45           | Grés argileux rouges  |   |
|   | S O C L E      |   |              |   |   |

Fig2. Coupe stratigraphique type

**CHAPITRE II : LES PERTES DE LA BOUE DE  
FORAGE.**



### **II.1 : Introduction :**

Généralement au niveau des opérations de forage, on a des problèmes qui peuvent provoquer des effets sur le matériel, l'être humain, l'environnement ou des effets économiques. Parmi ces problèmes on note les risques majeurs tel que ; le coincement de l'outil de forage, les pertes de boue de forage et les venues de gaz. Notre étude est focalisée essentiellement sur les pertes de la boue durant le forage.

### **II.2 : Le déroulement des opérations durant le forage :**

#### **a-Forage :**

C'est un opération pour foré un puits par utilisation des appareille et des équipements spéciale et aussi connaitre la coup lithologique de la formation pour utiliser des paramètres approprié de la fluide de forage.

#### **b-Descende tubage :**

Le tubage d'un puits de forage est une opération qui consiste à descendre dans le puits une colonne de tubes afin de protéger les parois de l'intervalle foré. Une fois la colonne dans le puits, l'espace annulaire sera rempli de ciment pour maintenir en place les formations sujettes à des éboulements.

L'opération de tubage et cimentation sont étroitement liés et se déroulent sans discontinuité.

En fonction de la coupe lithologique, le programme forage-tubage prévoit plusieurs colonnes de tubage.

#### **c-Cimentation :**

Cimenter une colonne de tubage consiste à mettre en place un laitier de ciment dans tout ou partie de l'espace annulaire entre le tubage et le trou foré.

Le ciment, en faisant prise, assurera la liaison entre la colonne de tubage et la paroi de formation.

Mr FODHIL est définie l'opération comme suit « L'opération de cimentation nécessite la présence des équipements, avec un raccordement standard qui nous aide a fournisse une opération réussite, c'est-à-dire faire une cimentation bien faite aux niveaux de puits et phases. »

### II.3 : Architecture d'un puits :

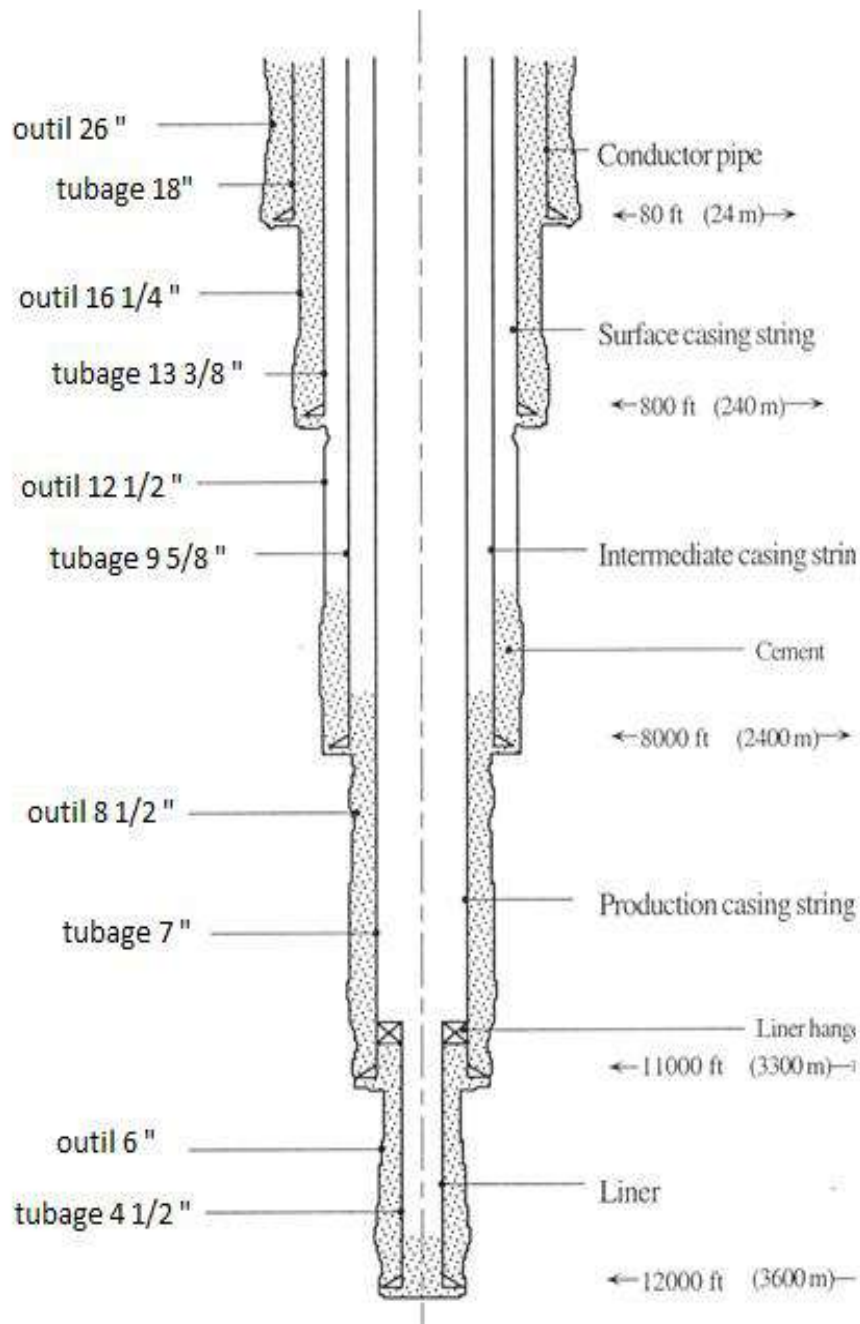


Fig 3 : Architecture d'un puits

### II.4 : LES PERTES DE BOUE :

#### II.4.1 : Introduction:

Les pertes de circulation sont la conséquence logique des déséquilibres de pression, existante ou créés, entre le milieu traversé et le fluide utilisé en forage.

Les pertes de circulation (lost circulation) sont définies comme la perte totale ou partielle du fluide de forage dans les formations de forte perméabilité, cavernueuses ou fissurées soit naturellement soit durant le forage ainsi des pertes provoquées durant les opérations de forage.

#### II.4.2 : Principaux types des pertes :

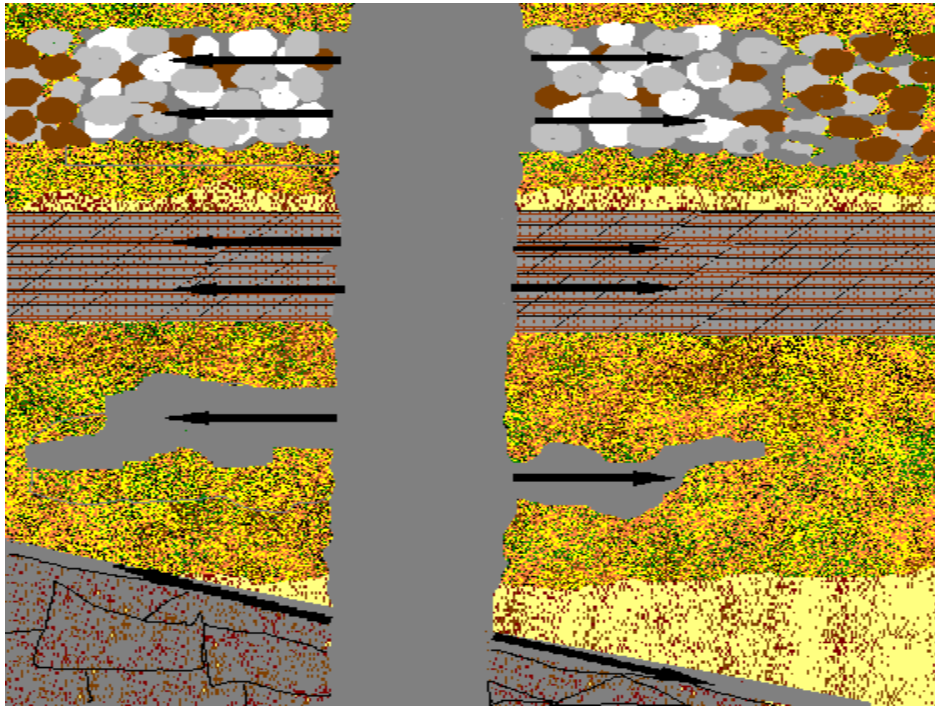
**II.4.2.1 : Pertes partielles :** Une perte est dite partielle, si la circulation se maintient même à une très faible valeur, le trou restant rempli, il y a donc une diminution de retour de boue.

Quand il y a perte partielle importante :  $Q_{perte} > 5m^3 / h$ .

**II.4.2.2 : Perte totale :** Une perte est dite totale, si la circulation ne se maintient plus, le puits se vide alors jusqu'à une cote telle que la pression hydrostatique exercée par la colonne restante dans le puits qui équilibré la pression propre de découvert.

**a. Perte naturelle :** Elle produit soit dans les vides de la roche (pores, fissures, fractures), lorsque  $P_{boue} > P_{couche}$ . Les pertes naturelles sont observées dans :

- les formations très mal consolidées (sable, gravier, etc.) ;
- les formations à perméabilité excessive : présence des vacuoles dues à la dissolution du les sivage d'une perte de la roche ;
- les formations cavernueuses, fissurées à forte perméabilité (sable, grès) ;
- les formations naturellement fissurées ou cavernueuse dans leur roche ;
- Les formations micro-perméables récentes et non cimentées telles que l'éélite de graviers de sables très grossiers ;
- les zones faillées, broyées, au sein desquelles les mouvements techniques on développe des ressauts de fissures sub-verticales qui sont restées ouvertes.



**Fig 4 :** Perte naturelle

### **b. Pertes par craquage:**

Elles se produisent dans les vides créés (fissures ou fractures) lorsque la pression exercée par la boue est supérieure à la pression de fracturation de la roche.

- Soit à peu près systématiquement dans n'importe quel type de formation chaque fois que la formation contient des grès, sables, sables argileux ou argiles sableuses ;
- Soit au niveau du plan de moindre corrosion tel que : surface de contact plan de schistosité ;
- Mauvais choix pour le placement du sabot.

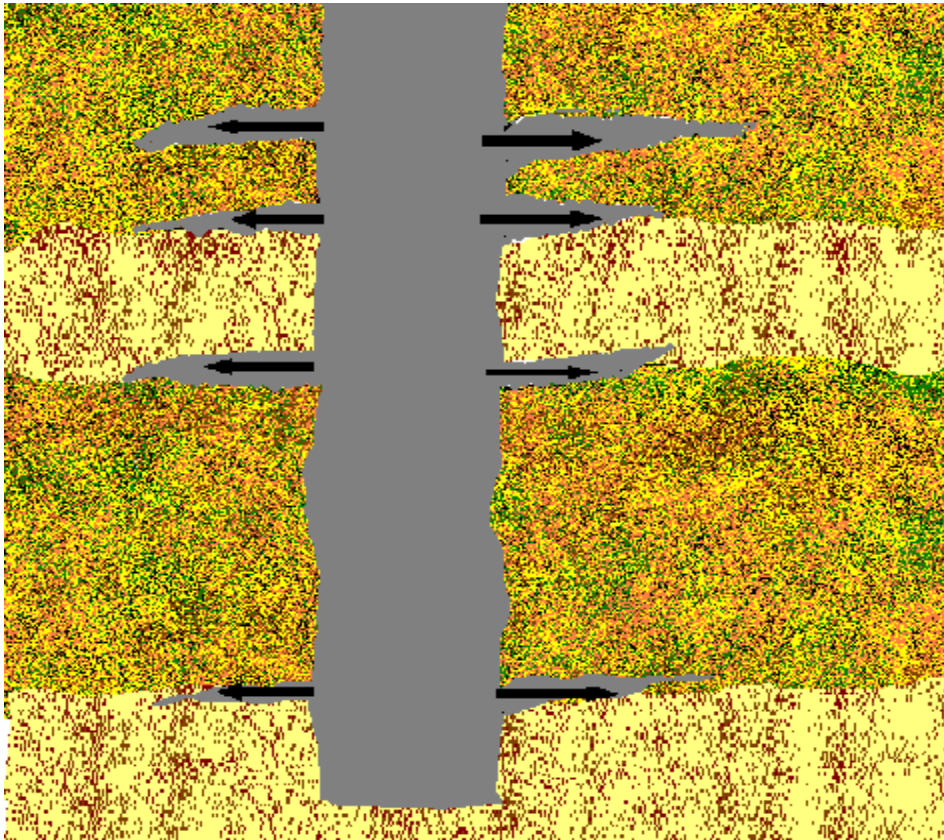


Fig 5 : Pertes par craquage

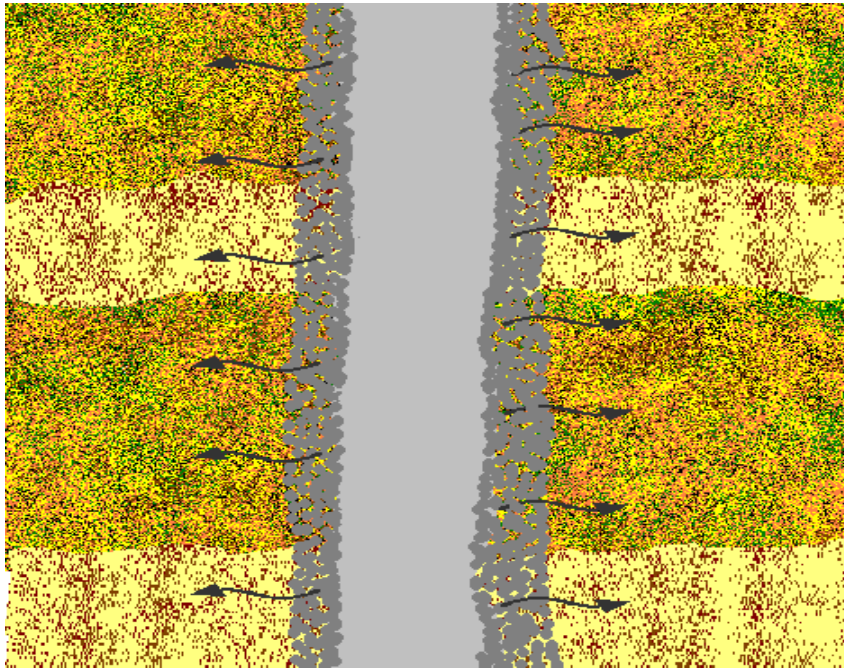
### **C-Perte par filtration:**

La filtration est le passage du filtrat dans la formation due à la différence de la pression ( $p_f$  et  $p_g$ )

Dans la mesure de prévenir contre la pénétration des fluides de formation dans le puits durant le forage (UBD), la pression hydrostatique de la colonne de boue doit être supérieure à celle de la formation.

Une large quantité de boue envahissant les formations perméables est pallié par la formation d'un cake relativement imperméable, à travers le quelle aucune filtration aura lieu. La boue est donc sujette à un traitement offrant les caractéristiques voulues, dans la mesure de préserver la stabilité des parois et de minimiser l'invasion par filtration des niveaux à potentiel productif

Plusieurs expériences ont été réalisées pour illustrer les paramètres gouvernant la filtration de fluide de forage dans un puits pétrolier.



**Fig 6 :** Perte par filtration

### **II.5 : Les indices de perte de circulation :**

#### **II.5.1 : Perte partielle :**

Dans le cas de perte de circulation partielle, on peut avoir les indices suivants :

- ✓ diminution du niveau de la boue sur les bacs.
- ✓ Si la pompe de forage en arrêt (cas de manœuvre) le niveau hydrostatique de la boue de forage dans le puits est diminué partiellement.

### II.5.2 : Perte totale :

Dans le cas de perte de circulation totale, on peut avoir les indices suivants :

- Si la pompe de forage en marche (cours de forage) on observe le retour de la boue est nul ;
- Si la pompe de forage en arrêt (cas de manœuvrer) le niveau hydrostatique de la boue de forage dans le puits est en diminution brusque.

### II.6 : les causes des pertes :

#### II.6.1 : Cause liée avec les caractéristiques de la boue :

##### a. Pression au sein de la boue trop élevée :

Comme les venues, les pertes de circulation sont la conséquence logique et directe d'un déséquilibre de pression existant ou crée, momentané ou permanent, entre le milieu traversé et les Fluides utilisés en forage. Ceci peut être soit d'une densité trop élevée, soit d'une pression de refoulement (débit, caractéristique rhéologique) trop élevée.

Donc la raison principale des pertes des circulations est que la pression dans le puits dépassé la pression de couche compte tenu de la résistance de milieu poreux au mouvement du fluide de circulation dans la couche.

##### b. Cause liée avec les caractéristiques rhéologiques :

La viscosité plastique et le yield value trop forte entraînant à grande profondeur des pertes de charge élevées dans l'annulaire.

##### c. Cause liée à la thixotropie:

Une reprise de circulation ou une manœuvre trop rapide avec une boue à gel élevé provoque une surpression importante au fond. il faut noter qu'à faible profondeur et dans le cas des pertes par Filtration dans les terrains perméabilité moyenne, le maintien d'une thixotrope élevée permet souvent l'arrêt des pertes. En effet, d'une part il y a colmatage des terrains en profondeur par la gelée et d'autre part, les pertes de charge dans l'annulaire sont négligeables pendant les premiers centaines de mètres forés en gros diamètre.

### d. Mauvais traitement en surface :

L'augmentation de la densité de la boue en circulation due à un mauvais traitement en surface (mécanique ou chimique).

### II.6.2 : Cause liée avec les caractéristiques de la formation:

Il existe quatre catégories de formation offrant des possibilités de perte :

- ✓ Les formations poreuses à haute perméabilité ;
- ✓ Les formations fracturées ;
- ✓ Les formations cavernueuses ;
- ✓ Les formations déplétées.

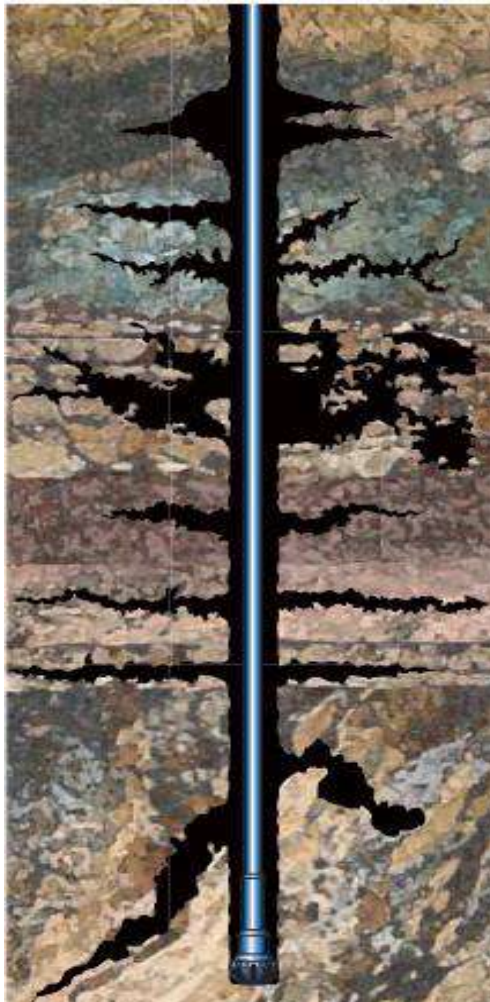


Fig 7 : différents types de formation



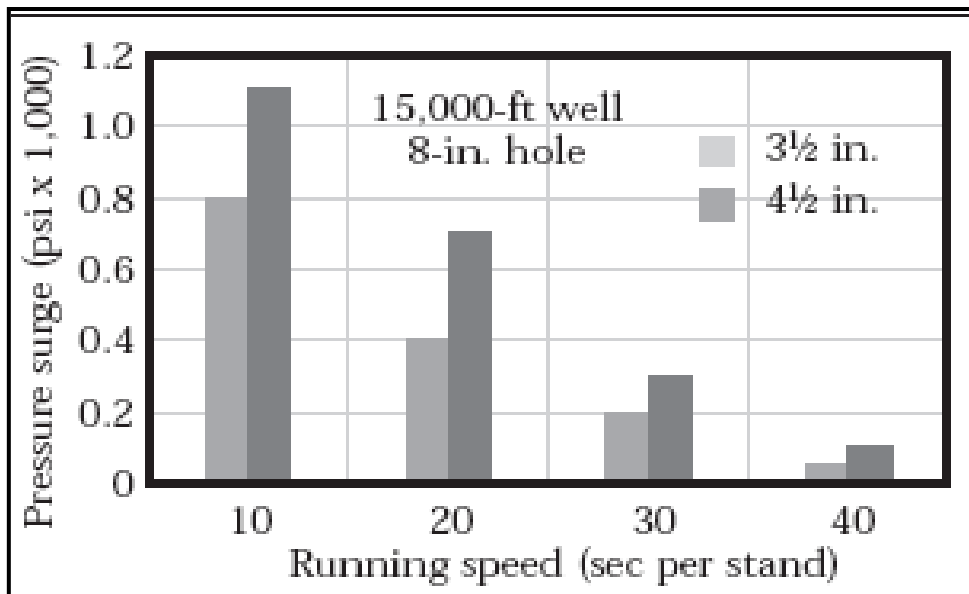


Fig 8 : Effet de la vitesse de descente sur la pression annulaire.

### II.6.3 : Causes diverses :

#### II.6.3.1 : Surpression et dépression dues aux manœuvres trop rapides :

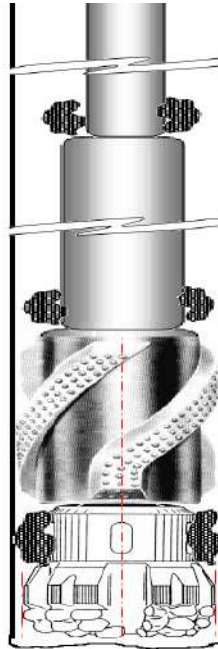
Suivant les articles qui regroupent et resouvent des procédés de calcul et des expérimentations directes sur puits, mettent l'accent sur l'importance que peuvent atteindre ces surpression et dépression ( 5 à 50 Kg/cm<sup>2</sup>) suivant ou si on préfère des augmentations ou diminutions artificielles de l'effet de la densité de la boue du même ordre qu'une augmentation ou diminution réelle de quelque point à plusieurs dizaines de points.

#### II.6.3.2 : Reprises brutales de pompage:

Mise en marche brutale des pompes provoquent des coups de pression au fond qui peuvent fracturer la formation.

#### II.6.3.3 : Rétrécissement du puits :

Ce phénomène peut être le résultat de confectionnement d'un épais cake ou de bouchons annulaires ce dernier est un assemblage de cuttings dans l'annulaire faisant face à l'écoulement.Ce phénomène prend une particularité dans les puits horizontaux d'où le nettoyage de drain est souvent sujet à la formation d'un lit de cuttings.



**Fig 9 :** Formation de bouchons annulaires

### **II.6.3.4 : Changements brutaux des types d'écoulement :**

Il arrive que des formations cavent, il arrive qu'on soit bien forcé de s'en accommoder ou qu'on fasse volontairement l'impasse sur le cavage et arrive aussi qu'au type d'écoulement laminaire (voulu ou pas) ces caves se remplissent de cuttings, abaisser brutalement la viscosité de la boue peut conduire à l'éboulement de cette masse de cuttings et en conséquence provoquer par obstruction de l'annulaire un à coup de pression susceptible de provoquer le craquage d'une formation.

Quand une diminution de viscosité et gel de la boue s'impose, il sera donc recommandé de procéder par diminution progressive.

## Chapitre II : les pertes de la boue de forage

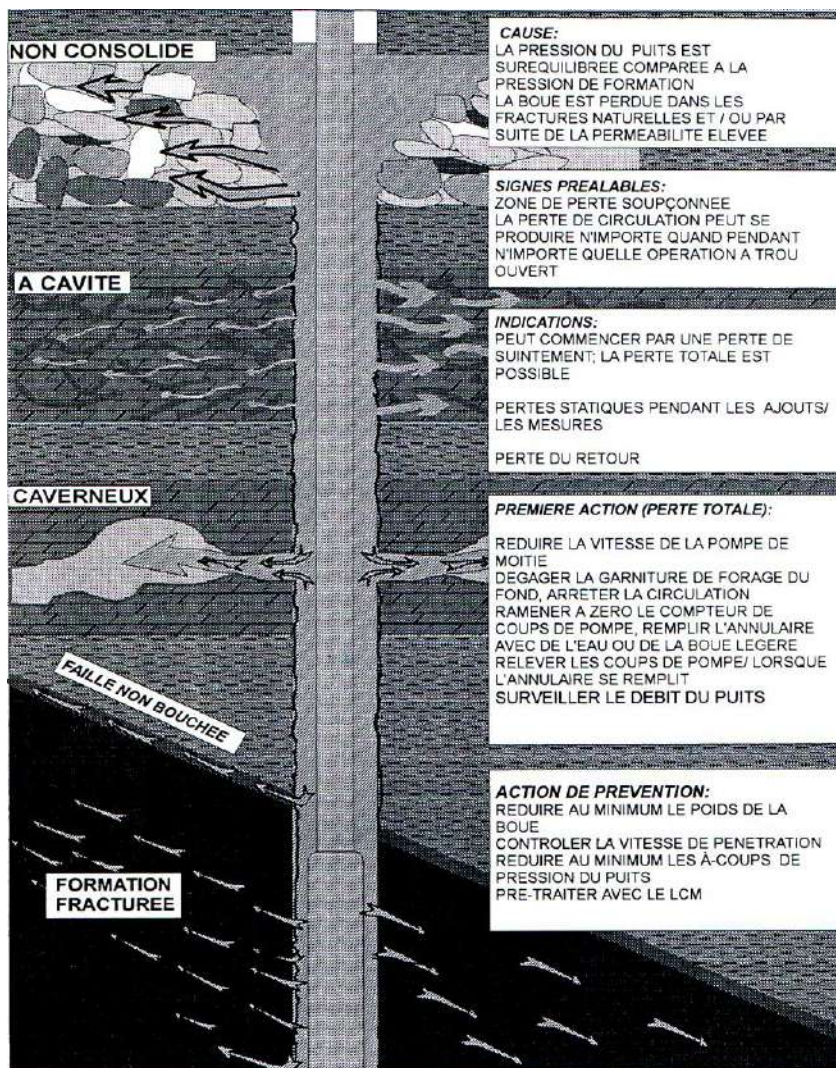


Fig 10 : les causes de perte de circulation

### II.7 : Classification des zones à perte :

Les zones de perte de circulation sont classées comme suit :

- ✓ Formation non consolidée ou à forte perméabilité ;
- ✓ Formation fracturée ou fissurée naturellement ;
- ✓ Formation fracturée par la boue ;
- ✓ Formation caverneuse.

### II.8 : Conséquences de la perte de circulation :

Les pertes de boue sont très coûteuses, les quantités de boue perdues peuvent être considérables malgré tous les remèdes utilisés, le colmatage étant dès fois impossible. Le temps des essais de colmatage est un temps mort pour le forage. Ces pertes peuvent varier à partir de la baisse du niveau du bac de circulation jusqu'à la perte complète du retour.

Les conséquences majeures de la perte de circulation sont :

- ✓ Possibilité de venue à cause de la baisse du niveau dans le puits ;
- ✓ Possibilité de coincement de la garniture à cause de la mauvaise remontée des déblais ;
- ✓ Coût très élevé à cause de la perte de boue ;
- ✓ Perte de zone de production résultant de l'endommagement excessif de la formation ;
- ✓ Pertes de temps lors de la restauration de la circulation ;
- ✓ Les surcoûts de forage ;
- ✓ Stimulation coûteuse.

Pour résoudre le problème de la perte de circulation avec des techniques Correctes, il est nécessaire de connaître le degré et le type de la zone à perte et l'historique du forage du puits juste avant la perte.

### II.9 : Traitement des pertes en cours de forage :

Le premier remède consiste à pomper des produits colmatant afin de boucher les pores ou les fissures des formations à perte.

Il existe une grande variété des colmatants dont peut citer :

- ✓ Agents de colmatage dans la boue de forage ;
- ✓ Système de mixage en surface ;
- ✓ Système de mixage au fond.

Selon l'importance du degré de la perte de circulation, on adopte une technique optimale appropriée à chaque cas.

## **Chapitre II : les pertes de la boue de forage**

---

## **CHAPITRE III : L'ETUDE DE CAS.**

### III.1 : Introduction :

L'aspect pratique de notre étude est basé sur deux cas particulier qui sont :

L'analyse des statistiques et des informations de 22 puits pour le but de généraliser notre travail. Une étude précise sur un seul puits d'une manière particulière pour une extension des informations et de résultats pour la confirmation de notre étude.

- D'après les études réalisées sur les puits forage on déduira que la plupart des problèmes sont connu dans la phase 6" dont les pertes sont les risques majeurs dans cette phase.
- La réalisation de l'étude suivante va confirmer notre thèse.

### III.2 : Forage la phase 6" :

Le forage de la phase 6" des puits horizontaux dans le champ de Hassi- Messaoud présentent un certain nombre de problèmes qui sont classés dans la liste qui suit :

#### III.2.1 : Les coincements :

Il est à noter que des risques de coincement se présentent lors du forage du réservoir et sont essentiellement dus à :

- ✓ Un mauvais nettoyage. Dans ce cas on procède à un backreaming avec injection de bouchons Low Vis/Hi Vis,
- ✓ Coincement par pression différentiel. Ce cas on diminue la densité de la boue en tenant compte de la pression de gisement,
- ✓ Collapse et effondrement du puits.

#### III.2.2 : Les venues :

Il y a venue lorsqu'un certain volume de fluide de formation pénètre dans le trou. Cette venue peut avoir les causes suivantes :

- ✓ Densité de boue insuffisante,
- ✓ Pistonnage à l'ajout d'une tige ou en cours de manœuvre,
- ✓ Baisse du niveau dans l'annulaire provoqué par :
  - Un remplissage insuffisant,
  - Une perte de circulation.
- ✓ Diffusion gazeuse à travers le cake.

### III.2.3 : Les pertes :

La perte de circulation peut être considérée comme l'un des problèmes majeurs et critiques rencontrés en forage, surtout dans les zones productrices.

Elles induisent :

- ✓ Des pertes de temps pour la restauration de la circulation,
- ✓ Des surcoûts de forage.
- ✓ L'endommagement des formations productrices,
- ✓ Parfois l'arrêt de forage avant d'atteindre la cote prévue initialement.

### III.3 : Etude de cas I :

Les pertes de boue apparaissent brusquement dans le réservoir Cambrien, à des vitesses plus ou moins variables, ces pertes sont dans la majorité partielle parfois sévères et apparaissent dans tous les drains du réservoir, et que leur virulence est indépendante de la lithologie de la zone forée.

Nous avons établi une base de données concernant les pertes de boue lors du forage du drain horizontal foré de 2003 à 2005 et selon les statistiques on a enregistré 24,7 % de puits avec des pertes, très souvent partielles et parfois totales. Le volume de la boue perdue dans la formation varie de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres cubes.

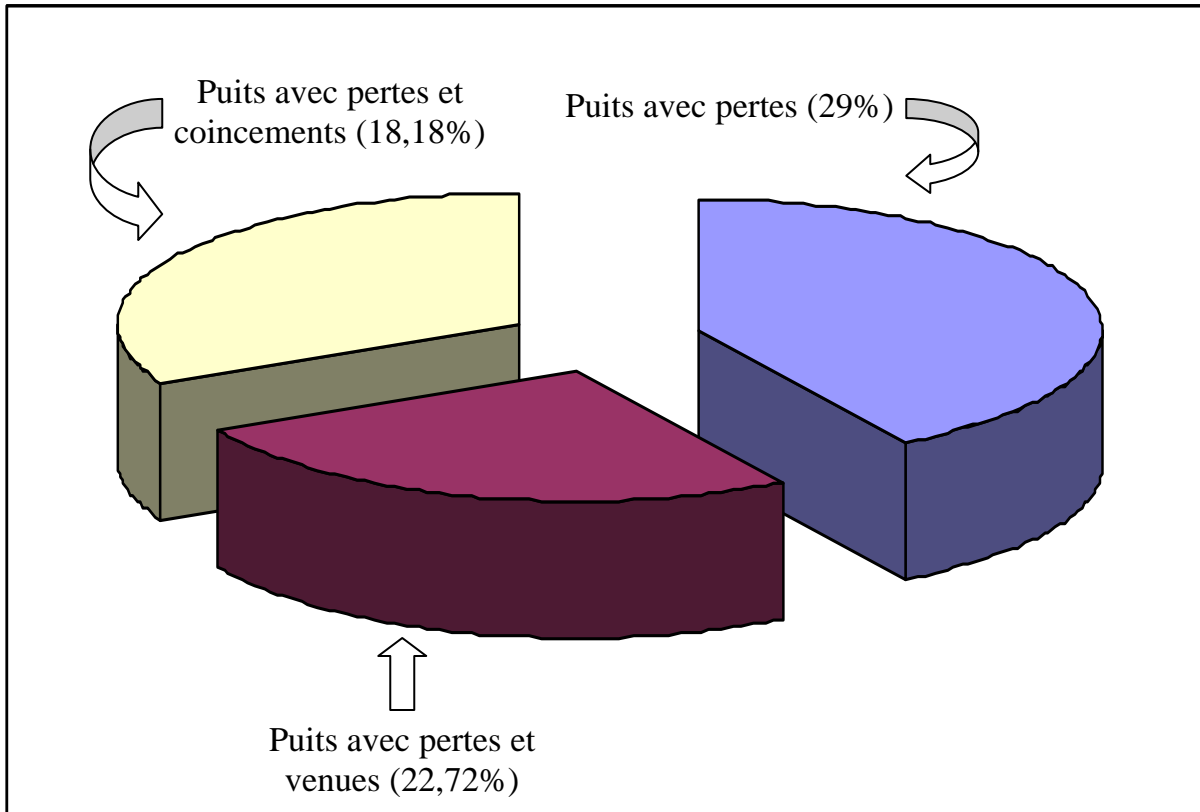
#### III.3.1 : Problèmes enregistrés :

L'étude concerne les pertes de circulation enregistrées sur 22 puits.

**Tableau 1:** récapitulatif des pertes enregistrées

| <b>Pertes</b>       |                                    |                               |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| % puits avec pertes | % puits avec pertes et coincements | % puits avec pertes et venues |
| 29                  | 18,18                              | 22,72                         |



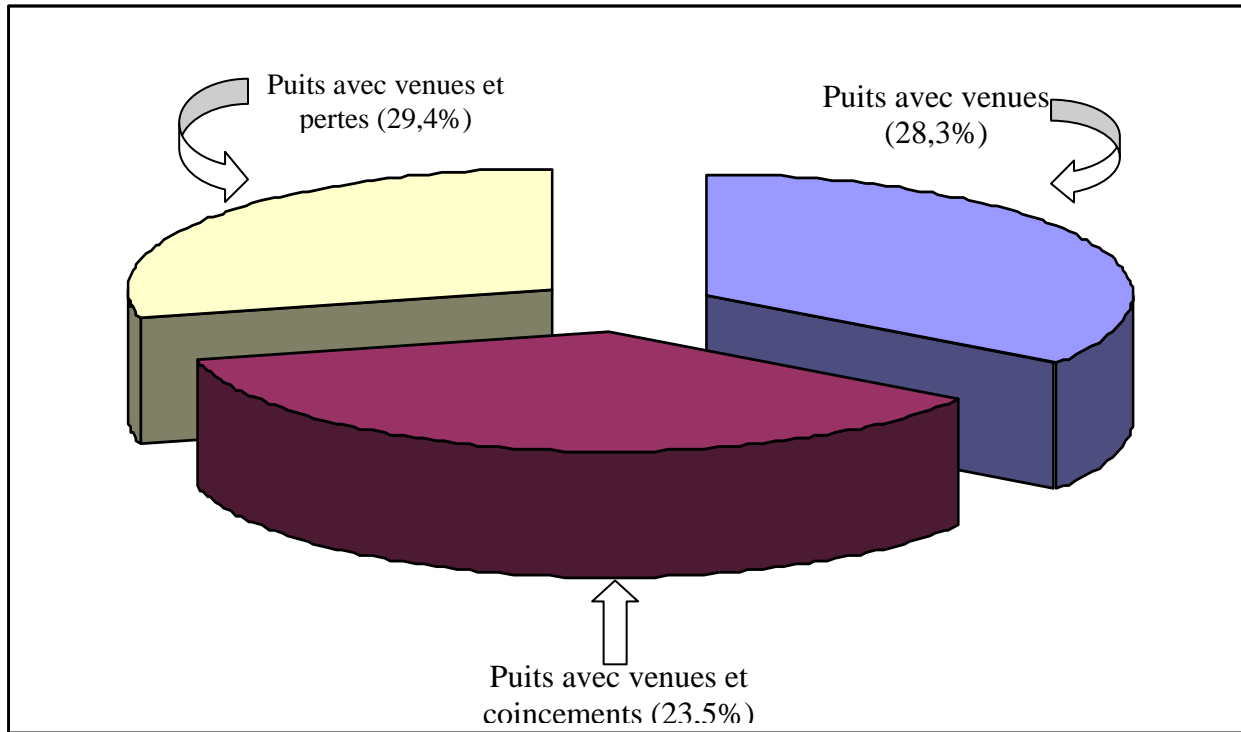


**Fig 11** : présentation de récapitulatif des pertes enregistrées.

D'après ces secteurs qui représentent le phénomène des pertes et les conséquences dues aux pertes on constate que les pertes peuvent nous conduire à des problèmes sévères tels que les coincements et les venues. On remarque que les venues sont les plus souvent rencontrées lorsqu'on aura des pertes.

**Tableau 2** : récapitulatif des venues enregistrées

| Venues              |                               |                                    |
|---------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| % puits avec venues | % puits avec venues et pertes | % puits avec venues et coincements |
| 28,3                | 29,4                          | 23,5                               |



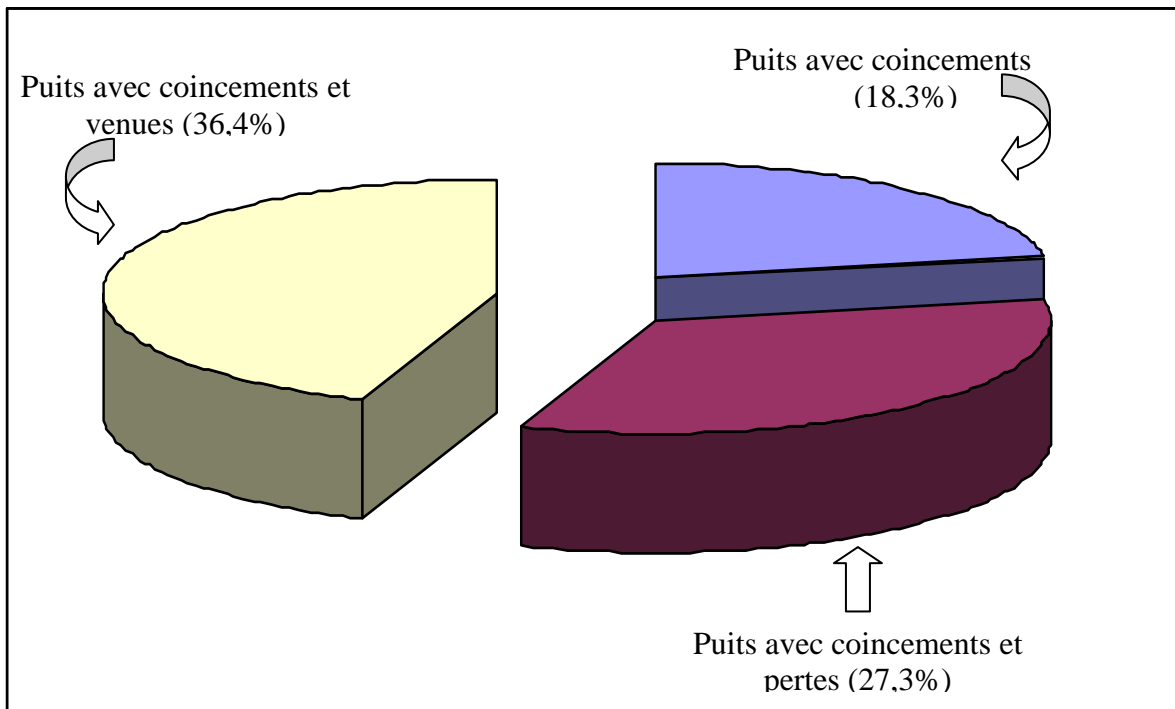
**Fig12** : représentation de récapitulatif des venues enregistrées.

On remarque que les puits qui ont subi des venues accompagnant des pertes cela interprétait par l'augmentation de la densité pour tuer le puits.

Cette dernière créait des fractures au niveau du réservoir qui peuvent engendrer une perte.

**Tableau 3** : récapitulatif des coincements

| <b>Coincements</b>       |                                    |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| % puits avec coincements | % puits avec coincements et pertes | % puits avec coincements et venues |
| 18,3                     | 27,3                               | 36,4                               |



**Fig 13** : représentation de récapitulatif des coincements.

D'après ces secteurs on constate que les coincements sont l'un des problèmes majeurs des pertes.

Parmi lesquels : - coincement par pression différentielle,

- coincement par éboulement.
- coincement par chute des objets.

### III.3.2 : Pertes enregistrées en phase 6'' :

L'exploitation de la base de données SH/FOR a permis de faire une analyse générale des pertes dans la phase 6'' des drains horizontaux du champ de Hassi Messaoud. Sur le nombre de 22 puits forés on a noté plusieurs séries de pertes, dans le réservoir à des niveaux de virulence plus au mois différent, les tableaux ci après résumant l'essentiel de ces constatations.

## Chapitre III : L'étude de cas

**Tableau 4** : Pertes enregistrées lors du forage des puits horizontaux à HMD

| Nom du puits | Mud density (sg) | Profondeur au début 6'' | Date début 6'' | Profondeur au moment de la perte (m) | Pertes (m <sup>3</sup> /h) | Temps (heures) | Volume (m <sup>3</sup> ) |
|--------------|------------------|-------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|--------------------------|
| MDZ553       | 0,88             | 3519                    | 27/12/2003     | 3 840,0                              | 3                          | 21,5           | 3                        |
| OMPZ473      | 0,87             | 3396                    | 10/11/2003     | 3 982,0                              | 4 à 18                     | 4              | 72                       |
|              | 0,88             |                         |                | 3 987,0                              | 3 à 6                      | 3,75           | 22,5                     |
|              | 0,88             |                         |                | 3 994,0                              | 4 à 6                      | 4              | 24                       |
|              | 0,88             |                         |                | 4 007,0                              | 2 à 4                      | 8              | 32                       |
|              | 0,88             |                         |                | 4 030,0                              | 2,5 à 5                    | 2              | 10                       |
|              | 0,88             |                         |                | 4 035,0                              | 2,5                        | 11,5           | 28,75                    |
|              | 0,88             |                         |                | 4 060,0                              | 2,5                        | 4,5            | 11,25                    |
|              | 0,88             |                         |                | 4 062,0                              | 1,8                        | 8              | 14,4                     |
|              | 0,88             |                         |                | 4 074,0                              | 0,05                       | 18,25          | 1                        |
| MDZ547       | 1,2              | 3354,9                  | 14/05/2003     | 3 654,9                              | 3                          | 19             | 57                       |
| MDZ546       | 0,9              | 3332                    | 14/04/2003     | 3714                                 | 2                          | 22             | 44                       |
|              | 0,9              |                         |                | 3784                                 | 1,09                       | 22             | 24                       |
|              | 0,9              |                         |                | 3839                                 | 1,9                        | 24             | 47                       |
|              | 0,9              |                         |                | 3886                                 | 2                          | 1,75           | 3,5                      |
|              | 0,9              |                         |                | 3887                                 | 2                          | 4,5            | 9                        |
|              | 0,9              |                         |                | 3901                                 | 4,5                        | 13             | 58,5                     |
|              | 0,9              |                         |                | 3948                                 | 3,5                        | 7,25           | 25,375                   |
|              | 0,9              |                         |                | 3965                                 | 2,5                        | 16,5           | 41,25                    |
|              | 0,9              |                         |                | 3997                                 | 2                          | 2              | 4                        |
|              | 0,88             |                         |                | 3997                                 | 2,44                       | 9              | 22                       |
|              | 0,88             |                         |                | 4030                                 | 3                          | 12             | 36                       |
|              | 0,88             |                         |                | 4044                                 | 1,8                        | 15             | 27                       |
|              | 0,88             |                         |                | 4100                                 | 2                          | 15             | 30                       |
|              | MDZ549           | 0,9                     | 3350           | 02/06/2003                           | 4 350                      | total loss     |                          |

### Chapitre III : L'étude de cas

|        |      |      |            |         |           |       |       |
|--------|------|------|------------|---------|-----------|-------|-------|
|        | 0,9  |      |            | 4355    | 1,2       | 1,75  | 2,1   |
|        | 0,9  |      |            | 4365    | 2 à 3     | 13,5  | 40,5  |
|        | 0,89 |      |            | 4384    | 1         | 5     | 5     |
|        | 0,9  |      |            | 4397    | 1,5       | 24    | 36    |
|        | 0,9  |      |            | 4463    | 0,5       | 7,75  | 3,875 |
| MDZ551 | 0,88 | 3348 | 22/08/2003 | 3433    | 0,5       | 24    | 2     |
|        | 0,88 |      |            | 3544    | 0,6       | 20,5  | 12,3  |
|        | 0,89 |      |            | 3568    | 0,6       | 5,25  | 3,15  |
| MDZ561 | 1,01 |      |            | 3 702,0 | 0,8 à 1,3 | 23    | 25,5  |
|        | 1,01 |      |            | 3 766,0 | 0,4 à 0,8 | 24    | 14,4  |
|        | 1,01 |      |            | 3 805,0 | 0,3 à 0,6 | 18,5  | 8,325 |
|        | 1,01 |      |            | 3 843,0 | 0,6 à 2   | 13,42 | 17,44 |
|        | 1,01 |      |            | 3 930,0 | 0,9       | 24    | 21,6  |
|        | 1,01 |      |            | 3 972,0 | 0,8 à 1,4 | 24    | 26,4  |
|        | 1,01 |      |            | 4 008,0 | 0,8 à 1,2 | 13,5  | 13,5  |
|        | 1,01 |      |            | 4 049,0 | 0,6 à 1   | 24    | 19,2  |

| Nom du puits | Mud density<br>(sg) | Profondeur<br>au début 6" | Date début<br>6" | Profondeur<br>au moment<br>de la perte<br>(m) | Pertes<br>(m <sup>3</sup> /h) | Temps<br>(heures) | Volume<br>(m <sup>3</sup> ) |
|--------------|---------------------|---------------------------|------------------|---|-------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| MDZ558       | 1,07                | 3324                      | 18/05/2004       | 3 512,0                                       | 3,4                           | 7                 | 23,8                        |
|              | 1,07                |                           |                  | 3578  | 0,4                           | 5                 | 2                           |
|              | 1,07                |                           |                  | 3617  | 0,1                           | 22                | 2,2                         |
|              | 1,07                |                           |                  | 3649  | Total losse                   |                   |                             |
|              | 1,07                |                           |                  | 3 652,0                                       | 2 à 5                         | 1,75              | 8,75                        |
|              | 1,07                |                           |                  | 3 655,0                                       | 0,7 à 2                       | 3,75              | 7,5                         |
|              | 1,07                |                           |                  | 3 663,0                                       | 0,8 à 2,5                     | 24                | 60                          |
|              | 1,07                |                           |                  | 3 695,0                                       | 0,8 à 2                       | 24                | 48                          |
|              | 1,07                |                           |                  | 3 720,0                                       | 0,2 à 2,5                     | 24                | 60                          |
|              | 1,07                |                           |                  | 3 753,0                                       | 0,6 à 1,8                     | 15,5              | 27,9                        |
|              | 1,07                |                           |                  | 3774  | 0,16                          | 24                | 4                           |
|              | 1,07                |                           |                  | 3817  | 0,5                           | 24                | 12                          |

### Chapitre III : L'étude de cas

|         |      |      |            |           |           |       |       |
|---------|------|------|------------|-----------|-----------|-------|-------|
|         | 1,07 |      |            | 3849      | 0,29      | 24    | 7     |
|         | 1,07 |      |            | 3879      | 0,375     | 24    | 9     |
|         | 1,07 |      |            | 3 682,0   | 9,14      | 1,75  | 16    |
|         | 1,07 |      |            | 3 700,0   | 13,5      | 2     | 27    |
|         | 1,07 |      |            | 3 908,0   | 0,3 -1,3  | 16,5  | 13,2  |
|         | 1,07 |      |            | 3 939,0   | 0,125     | 24    | 3     |
|         | 1,07 |      |            | 3 973,0   | 0,21      | 24    | 5     |
|         | 1,07 |      |            | 4 010,0   | 0,21      | 24    | 5     |
|         | 1,07 |      |            | 4 044,0   | 0,5       | 18,75 | 9,38  |
|         | 1,07 |      |            | 4 080,0   | 2         | 3,5   | 7     |
|         | 1,07 |      |            | 4 087,0   | 1,46      | 10,25 | 15    |
|         | 1,07 |      |            | 4 166,0   | 0,37      | 19    | 7     |
|         | 1,07 |      |            | 3 976,0   | 1,5       | 5,75  | 8,625 |
|         | 1,07 |      |            | 4 102,0   | 0,375     | 24    | 9     |
|         | 1,07 |      |            | 4 144,0   | 0,29      | 24    | 7     |
| OMJZ633 | 0,87 | 3392 | 30/04/2004 | 3 493,0   | 0,7 - 1   | 24    | 20,4  |
|         | 0,87 |      |            | 3 543,0   | 0,7 - 1   | 24    | 20,4  |
|         | 0,87 |      |            | 3 609,0   | 0,3 à 0,9 | 21,5  | 12,9  |
|         | 0,87 |      |            | 3 670,0   | 0,2 à 0,5 | 21    | 10,5  |
|         | 0,87 |      |            | 3 751,0   | 0,3 à 0,7 | 24    | 16,8  |
|         | 0,87 |      |            | 3 841,0   | 0,2 à 0,6 | 24    | 14,4  |
|         | 0,87 |      |            | 3 399,0   | 0,3 à 0,5 | 19,5  | 7,8   |
|         | 0,88 |      |            | 3 830,0   | 0,3 à 0,5 | 21,5  | 8,6   |
|         | 0,88 |      |            | 3 972,0   | 0,3 à 0,5 | 2,5   | 1     |
|         | 0,88 |      |            | 3 981,0   | 0,5       | 24    | 12    |
|         | 0,88 |      |            | 4 076,0   | 0,3 à 0,5 | 19    | 7,6   |
|         | 0,88 |      |            | 4 150,0   | 0,5 à 1   | 14,5  | 14,5  |
|         | 0,88 |      |            | 4 228,0   | 0,3 à 0,6 | 24    | 14,4  |
| 0,88    |      |      | 4 201,0    | 0,2 à 0,4 | 9,75      | 2,925 |       |
| OMNZ252 | 1,15 | 3328 | 28/08/2003 | 3 858,0   | 1,4       | 24    | 33,6  |
|         | 1,15 |      |            | 3 903,0   | 1         | 12    | 12    |
|         | 1,12 |      |            | 3 942,0   | 1,2       | 24    | 28,8  |
|         | 1,1  |      |            | 3 979,0   | 0,9       | 12    | 10,8  |
|         | 1,1  |      |            | 4 017,0   | 0,6       | 6,5   | 3,9   |
|         | 1,1  |      |            | 3 194,0   | 0,7       | 16    | 11,2  |

### Chapitre III : L'étude de cas

| Nom du puits | Mud density<br>(sg) | Profondeur<br>au début 6" | Date début<br>6" | Profondeur<br>au moment<br>de la perte<br>(m) | Pertes<br>(m <sup>3</sup> /h) | Temps<br>(heures) | Volume<br>(m <sup>3</sup> ) |
|--------------|---------------------|---------------------------|------------------|---|-------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| MDZ576       | 0,89                | 3391                      | 19/08/2005       | 3 413,0                                       | 6                             | 2                 | 12                          |
|              | 0,89                |                           |                  | 3 393,0                                       | 3                             | 14,5              | 43,5                        |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 278,0                                       | 20                            | 0,75              | 15                          |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 278,0                                       | 28                            | 0,5               | 14                          |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 418,0                                       | 7                             | 0,5               | 3,5                         |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 418,0                                       | 7                             | 0,5               | 3,4                         |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 418,5                                       | 6 à 8                         | 8                 | 64                          |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 431,0                                       | 7                             | 9                 | 63                          |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 443,0                                       | 7                             | 9,5               | 66,5                        |
|              | 0,87                |                           |                  | 3 457,0                                       | 5 à 7                         | 24                | 168                         |
|              | 0,87                |                           |                  | 3 494,0                                       | 5.5                           | 2,75              | 15,125                      |
|              | 0,87                |                           |                  | 3 497,0                                       | 5                             | 6,5               | 32,5                        |
|              | 0,87                |                           |                  | 3 512,0                                       | 4                             | 4,5               | 18                          |
|              | 0,87                |                           |                  | 3 519,0                                       | 3.5                           | 16,5              | 57,75                       |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 558,0                                       | 3.5                           | 24                | 84                          |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 610,0                                       | 3                             | 24                | 72                          |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 666,0                                       | 4                             | 24                | 96                          |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 715,0                                       | 4                             | 7,5               | 30                          |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 728,0                                       | 3.5                           | 14,25             | 49,87                       |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 754,0                                       | 3                             | 24                | 72                          |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 808,0                                       | 3                             | 24                | 72                          |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 845,0                                       | 3.5                           | 10,5              | 36,75                       |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 873,0                                       | 2                             | 6,5               | 13                          |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 892,0                                       | 2                             | 13,5              | 27                          |
|              | 0,88                |                           |                  | 3 925,0                                       | 2                             | 0,5               | 1                           |
|              | 0,89                |                           |                  | 3 926,0                                       | 2.5                           | 11                | 27,5                        |
| 0,88         |                     |                           | 3 951,0          | 2.7   | 24                            | 64,8              |                             |

### Chapitre III : L'étude de cas

|         |      |      |            |         |           |      |       |
|---------|------|------|------------|---------|-----------|------|-------|
|         | 0,88 |      |            | 4 000,0 | 2.7       | 24   | 60    |
|         | 0,88 |      |            | 4 041,0 | 2.6       | 3,25 | 8,45  |
|         | 0,88 |      |            | 4 046,0 | 2         | 15   | 30    |
|         | 0,88 |      |            | 4 074,0 | 1         | 2    | 2     |
|         | 0,89 |      |            | 4 077,0 | 1.2       | 24   | 28,8  |
|         | 0,88 |      |            | 4 121,0 | 1.5       | 24   | 36    |
|         | 0,89 |      |            | 4 154,0 | 1.7       | 24   | 40,8  |
|         | 0,89 |      |            | 4 181,0 | 1.7       | 2    | 3,4   |
|         | 0,89 |      |            | 4 183,0 | 1.3       | 13   | 16,9  |
|         | 0,89 |      |            | 4 203,0 | 1.7       | 17   | 28,9  |
|         | 0,89 |      |            | 4 235,0 | 1.7       | 1,5  | 2,55  |
| OMOZ821 | 0,88 | 3309 | 14/07/2005 | 3 604,0 |           | 24   | 19,5  |
|         | 0,88 |      |            | 3 678,0 | 1.4       | 5,5  | 7,7   |
|         | 0,88 |      |            | 3 695,0 | 1,15      | 17,5 | 20,2  |
|         | 0,88 |      |            | 3 738,0 | 0.8       | 24   | 19,2  |
|         | 0,88 |      |            | 3 814,0 | 0.3       | 24   | 7,2   |
|         | 0,88 |      |            | 3 891,0 | 0.4       | 24   | 9,4   |
|         | 0,88 |      |            | 3 984,0 | 0.4 à 1.5 | 24   | 36    |
|         | 0,88 |      |            | 4 083,0 | 0.4 à 1.5 | 18,5 | 27,75 |

| Nom du puits | Mud density<br>(sg) | Profondeur<br>au début 6" | Date début<br>6" | Profondeur<br>au moment<br>de la perte<br>(m) | Pertes<br>(m <sup>3</sup> /h) | Temps<br>(heures) | Volume<br>(m <sup>3</sup> ) |
|--------------|---------------------|---------------------------|------------------|---|-------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| OMKZ32       | 1,15                | 3332                      | 28/07/2005       | 3 349,0                                       | 2                             | 19,75             | 39,5                        |
|              | 1,15                |                           |                  | 3 396,0                                       | 2                             | 1,5               | 3                           |
|              | 1,15                |                           |                  | 3 666,0                                       | 0,2 à 0,3                     | 24                | 7,2                         |
|              | 1,15                |                           |                  | 3 727,0                                       | 0.2 à 0.3                     | 24                | 7,2                         |
|              | 1,15                |                           |                  | 3 796,0                                       | 0.2 à 0.4                     | 9                 | 3,6                         |
|              | 1,15                |                           |                  | 3 833,0                                       | 1.0 à 1.2                     | 15,5              | 18,6                        |
|              | 1,15                |                           |                  | 3 880,0                                       | 0.4                           | 24                | 9,6                         |
|              | 1,15                |                           |                  | 3 943,0                                       | 0.1 à 0.2                     | 24                | 4,8                         |
|              | 1,15                |                           |                  | 4 031,0                                       | 0.1 à 0.2                     | 24                | 4,8                         |



### Chapitre III : L'étude de cas

|         |      |      |            |         |            |       |       |
|---------|------|------|------------|---------|------------|-------|-------|
|         | 1,15 |      |            | 4 121,0 | 0,16       | 24    | 4     |
|         | 1,15 |      |            | 4 174,0 | 0,16       | 24    | 4     |
|         | 1,15 |      |            | 4 223,0 | 0,37       | 10,75 | 4     |
| OMNZ153 | 1,09 | 3368 | 28/07/2004 | 3 438,0 | 4          | 1     | 4     |
|         | 1,09 |      |            | 3 449,0 | 0,8        | 7,5   | 6     |
|         | 1,09 |      |            | 3 524,0 | 0,5        | 9,5   | 4,75  |
|         | 1,09 |      |            | 3 524,0 | 0,5        | 7     | 3,5   |
|         | 1,09 |      |            | 3 727,0 | 0,2 à 0,4  | 16    | 6,4   |
|         | 1,09 |      |            | 4 111,0 | 1          | 5     | 5     |
|         | 1,09 |      |            | 4 124,0 | 1          | 7     | 7     |
|         | 1,09 |      |            | 4 306,0 | 0,4        | 24    | 9,6   |
| ONMZ473 | 1,05 | 3449 | 05/05/2005 | 3 658,0 | 1,9        | 10,5  | 20    |
|         | 1    |      |            | 3 772,0 | 1,4        | 24    | 33,6  |
|         | 1    |      |            | 3 813,0 | 0,5 à 0,8  | 24    | 31,2  |
|         | 1    |      |            | 3 862,0 | 0,5        | 24    | 12    |
|         | 1    |      |            | 3 914,0 | 0,4        | 19    | 7,6   |
|         | 1    |      |            | 3 957,0 | 0,4        | 7     | 2,8   |
|         | 1    |      |            | 3 973,0 | 0,5 à 0,65 | 24    | 13,68 |
|         | 1    |      |            | 4 030,0 | 0,5 à 0,7  | 24    | 14,4  |
|         | 1    |      |            | 4 083,0 | 0,8        | 24    | 19,2  |
|         | 1    |      |            | 4 135,0 | 0,65       | 13,5  | 8,77  |
|         | 1    |      |            | 4 163,0 | 0,65       | 10,25 | 6,66  |
|         | 1    |      |            | 4 182,0 | 0,5        | 24    | 12    |
|         | 1    |      |            | 4 226,0 | 0,5        | 5,5   | 2,75  |
|         | 1    |      |            | 4 235,0 | 0,5        | 18    | 9     |
|         | 1    |      |            | 4 279,0 | 0,5        | 14,5  | 7,25  |
| OMNZ47  | 0,89 | 3380 | 16/08/2003 | 4 055,0 | 9,33       | 2,25  | 21    |
|         | 0,89 |      |            | 4 062,0 | 6          | 1     | 6     |
|         | 0,89 |      |            | 4 064,0 | 2          | 1     | 2     |
|         | 0,89 |      |            | 4 064,0 | 2 à 5      | 1,15  | 4     |
|         | 0,89 |      |            | 4 066,0 | 5,3        | 0,75  | 4     |
|         | 0,89 |      |            | 4 068,0 | 5 à 10     | 1,75  | 17,5  |
|         | 0,89 |      |            | 3 600,0 | 3          | 1,6   | 4,8   |
|         | 0,89 |      |            | 4 074,0 | 3 à 8      | 1,75  | 14    |
|         | 0,89 |      |            | 4 083,0 | 12         | 0,25  | 3     |

## Chapitre III : L'étude de cas

| Nom du puits | Mud density<br>(sg) | Profondeur<br>au début 6" | Date début<br>6" | Profondeur<br>au moment<br>de la perte<br>(m) | Pertes<br>(m <sup>3</sup> /h) | Temps<br>(heures) | Volume<br>(m <sup>3</sup> ) |
|--------------|---------------------|---------------------------|------------------|---|-------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| OMKZ212      | 0,9                 | 3381                      | 21/05/2003       | 3 468,0                                       | 1,5 - 4                       | 24                |                             |
|              | 0,9                 |                           |                  | 3 518,0                                       | 0,5                           | 24                | 12                          |
|              | 0,9                 |                           |                  | 3 585,0                                       | 1 à 1,5                       | 24                | 36                          |
|              | 0,9                 |                           |                  | 3 632,0                                       | 1 à 1,5                       | 24                | 36                          |
|              | 0,9                 |                           |                  | 3 669,0                                       | 0,5 à 1                       | 15,25             | 15,25                       |
|              | 0,9                 |                           |                  | 3 688,0                                       | 1                             | 8,25              | 8,25                        |
|              | 0,9                 |                           |                  | 3 706,0                                       | 1                             | 14,25             | 14,25                       |
|              | 0,9                 |                           |                  | 3 756,0                                       | 1                             | 9,5               | 9,5                         |
|              | 1,03                |                           |                  | 3 796,0                                       | 0,2 à 1                       | 18,25             | 18,25                       |
|              | 1,03                |                           |                  | 3 854,0                                       | 0,3 à 1,2                     | 24                | 28,8                        |
|              | 1,03                |                           |                  | 3 933,0                                       | 0,25                          | 24                | 6                           |
|              | 1,03                |                           |                  | 4 020,0                                       | 0,5                           | 7,75              | 3,875                       |
|              | 1,03                |                           |                  | 4 049,0                                       | 0,7                           | 9,25              | 6,475                       |
|              | 1,03                |                           |                  | 4 091,0                                       | 0,4                           | 12,25             | 4,9                         |
|              | 1,03                |                           |                  | 4 140,0                                       | 0,2                           | 15                | 3                           |
| OMLZ321      | 1,17                |                           |                  | 3 791,0                                       | 0,3                           | 24                | 7                           |
|              | 1,17                |                           |                  | 3 835,0                                       | 0,5                           | 24                | 12                          |
|              | 1,17                |                           |                  | 3 940,0                                       | 0,55                          | 12,75             | 7                           |
|              | 1,17                |                           |                  | 4 000,0                                       | 0,4                           | 24                | 9,6                         |
|              | 1,17                |                           |                  | 4 113,0                                       | 1,23                          | 3,25              | 4                           |
|              | 1,17                |                           |                  | 4 124,0                                       | 0,23                          | 21,25             | 5                           |
| OMLZ322      | 1,16                |                           |                  | 3 523,0                                       | 0,125                         | 24                | 3                           |
|              | 1,16                |                           |                  | 3 622,0                                       | 0,08                          | 24                | 2                           |
|              | 1,16                |                           |                  | 3 802,0                                       | 0,125                         | 24                | 3                           |
|              | 1,16                |                           |                  | 3 882,0                                       | 0,3                           | 10                | 3                           |
|              | 1,16                |                           |                  | 4 252,0                                       | 0,11                          | 8,5               | 1                           |

## Chapitre III : L'étude de cas

|         |      |  |  |         |       |      |      |
|---------|------|--|--|---------|-------|------|------|
| OMOZ232 | 0,89 |  |  | 4 196,0 | 1     | 12   | 12   |
| OMOZ273 | 0,88 |  |  | 3 503,0 | 0,9   | 1,4  | 1,26 |
|         | 0,88 |  |  | 3 552,0 | 0,09  | 21,5 | 2    |
|         | 0,88 |  |  | 3 768,0 | 0,45  | 24   | 0,45 |
|         | 0,88 |  |  | 3 817,0 | 0,2   | 24   | 0,2  |
| ONMZ503 | 0,96 |  |  | 3 845,0 | 0,125 | 24   | 3    |
|         | 0,96 |  |  | 4 125,0 | 0,11  | 22,5 | 2,5  |

On constate d'après les résultats obtenus, que le niveau de virulence des pertes soit plus ou moins variable, et peut atteindre 28 m<sup>3</sup>/h. Le volume total perdu lors du forage complet de la phase peut atteindre 1400 m<sup>3</sup>.

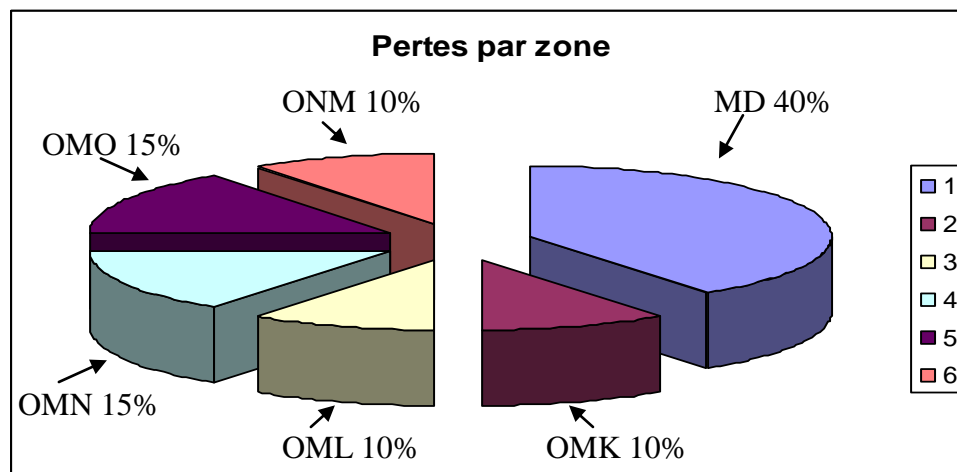
On note aussi que deux pertes totales ont été signalées, cas du MDZ549 et MDZ558.

**Tableau 5 : cote des pertes**

| Puits  | Profondeur (m) | Drains |
|--------|----------------|--------|
| MDZ549 | 4362           | ID     |
| MDZ558 | 3649           | D4     |

### III.3.2.1 : Les Pertes par zone :

Dans ce cas on va comparer les pertes enregistrées par rapport les zones de champ de Hassi-Messaoud selon la nomenclature :



**Fig.14: Pourcentages des pertes par rapport aux zones**

## Chapitre III : L'étude de cas

L'histogramme montre que la zone MD subit des pertes sévères causées par

- un système des fracturations étendu,
- l'exploitation intensive.

Pour cela dans cette zone il faut prendre en considération les paramètres suivants:

- ✓ Densité de boue,
- ✓ Rhéologie de la boue,
- ✓ ROP,
- ✓ Régime d'écoulement,
- ✓ Mouvement de la garniture.

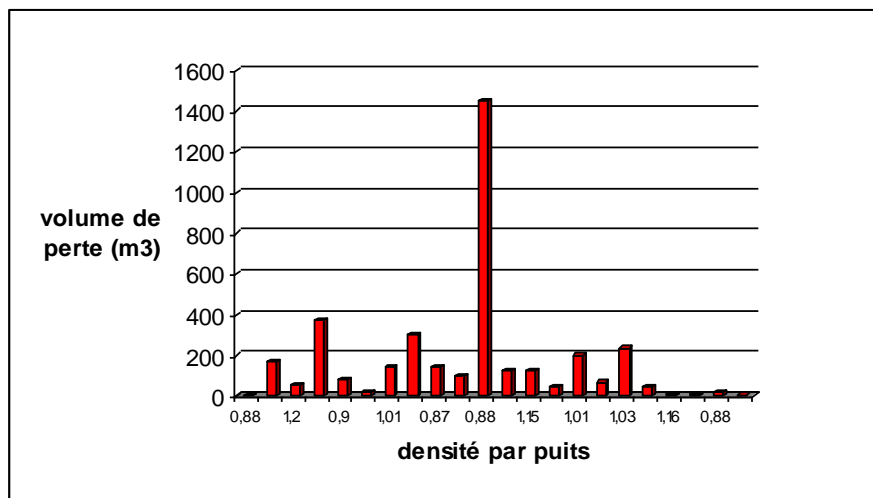
### III.3.2.2 : Le volume des pertes en fonction de la densité :

| Puits   | Densité | Volume total des pertes (m <sup>3</sup> ) | Débit moyen des pertes (m <sup>3</sup> /h) |
|---------|---------|---|--|
| MDZ553  | 0,88    | 3   | 0,14                                       |
| MDZ547  | 1,2     | 57  | 3  |
| MDZ546  | 0,9     | 371,625                                   | 2,4  |
| MDZ549  | 0,9     | 80,725                                    | 7,6  |
| MDZ551  | 0,88    | 17,45                                     | 0,43                                       |
| MDZ561  | 1,01    | 145,105                                   | 0,9  |
| MDZ558  | 1,07    | 302,9175                                  | 1,77                                       |
| OMJZ633 | 0,87    | 144,25                                    | 0,51                                       |
| OMNZ252 | 1,15    | 100,3                                     | 1,04                                       |
| MDZ576  | 0,88    | 1447,845                                  | 6,02                                       |
| OMOZ821 | 0,88    | 123,44                                    | 0,96                                       |
| OMKZ32  | 1,15    | 124,3075                                  | 0,68                                       |
| OMNZ153 | 1,09    | 44,65                                     | 1,14                                       |
| ONMZ473 | 1,01    | 200,8675                                  | 0,75                                       |
| OMNZ47  | 0,89    | 69,2925                                   | 6,13                                       |
| OMKZ212 | 1,03    | 234,6375                                  | 0,86                                       |

## Chapitre III : L'étude de cas

|         |      |         |      |
|---------|------|---------|------|
| OMLZ321 | 1,17 | 44,6975 | 0,54 |
| OMLZ322 | 1,16 | 11,855  | 0,15 |
| OMOZ232 | 0,89 | 12      | 1    |
| OMOZ273 | 0,88 | 18,795  | 0,41 |
| ONMZ503 | 0,96 | 5,475   | 0,11 |

**Tableau 6 : Volume total des pertes**



**Fig 15:** histogramme des volumes des pertes en fonction de la densité

D'après cet histogramme on constate que :

- ✓ La variation des volumes de pertes **ne dépend pas seulement à la densité** de fluide utilisé,
- ✓ Mais dépend aussi à la nature de la formation et la situation de puits (MD, OMN, OMK, OMO....),
- ✓ Parfois la densité influe sur les pertes c'est-à-dire on aura des pertes par craquage,  
Par exemple le puits MDZ553 a été foré avec une densité de 0,88 le volume de perte est de 3 m<sup>3</sup>. Par contre le puits OMOZ821 a été foré avec la même densité (0,88), le volume des pertes est important 123,44 m<sup>3</sup>, et dans la même zone on a une perte très importante de 1400 m<sup>3</sup> du puits MDZ576

### III.4 : Etude de cas II: ONIZ 413

#### III.4.1 Aspect général :

##### III.4.1.1 : Caractéristiques pétro-physiques de réservoir Cambrien :

Le réservoir de champs Hassi Messaoud est caractérisé par :

- Le fluide existant est de l'huile légère sous saturé à degré API de 43,7 à 45,4.
- La densité est de l'ordre de 0,8.
- Viscosité de 0,24cP.
- Facteur volumétrique égal à 1,7.
- Compressibilité total moyenne sur l'huile  $C_0=35 \cdot 10^{-5} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}^{-1}$ .
- Teneur en soufre nulle.
- La pression de gisement variable entre 120 et 400 Kgf/cm<sup>2</sup>.
- La température est de l'ordre de 115 à 120°C.
- La porosité est faible de l'ordre de 5 à 10 %.
- La perméabilité est très faible, inférieur à 10 mDarcy.
- GOR de 160 à 200 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

##### III.4.1.2 : Subdivision de réservoir Cambrien:

Rappelons que les grès de Cambrien en été subdiviser au début de la reconnaissance de gisement en quatre termes :

1. Zone RI : grés fin isométrique, zone habituellement très compacte, représente 13% de réserve.
2. Zone Ra : grés an-isométriques représentent le réservoir principal de champs de Hassi Messaoud, 68% de réserve. Il est constitué principalement de grés à grés quartzitique et de silt-stone de volume de 5% d'argile de type kaolinite et d'illite.
3. Zone R2 : grés grossiers très argileux, ne représente que rarement des quantités de réservoir, représente 19% de réserve.
4. Zone R3 : grès grossier à micro-conglomératique très argileux, sans intérêt pétrolier.

### III.4.2 : Problème de puits ONIZ 413 :

#### III.4.2.1 : Historique de la phase :

- Un outil 6" a été descendu avec un BHA directionnel équipé d'une turbine pour entamer le reforage des équipements de cimentation de Liner 7" à la cote 3455(MD).
- Le déplacement de la boue de 1.45 par une boue de densité 1.05.
- Forage de la phase jusqu'à la cote 3471 MD (3390 TVD).
- Arrêt de forage par suite de gain de 800 litres
- Fermeture du puits selon la procédure HARD.
- La pression stabilisée à Pt= 400 PSI, Pa = 500 PSI
- Préparation d'une boue de densité 1.12 pour contrôler le puits par la méthode (Wait and Weigt Method).
- Pression en tête différente de zéro Pt=180 PSI, Pa=200 PSI.
- Alourdir la boue une deuxième fois à une densité de 1.18.
- La pression de gisement est de 385 Bars.
- Forage jusqu'à la cote 3675 MD.
- Une perte de  $\pm 0.32\text{m}^3/\text{h}$  est enregistrée au début, la perte a augmenter progressivement jusqu'à ce quelle a arrivé à  $\pm 0.45\text{m}^3/\text{h}$  vers la fin de la phase (4200MD).
- Le volume total de la perte dans la phase est évalué de  $90\text{ m}^3$ .

#### III.4.2.2 : Analyse de problème :

Les pertes ont fait l'objet de plusieurs études qui ont énoncé des hypothèses explicatives de ce phénomène, cette ensemble de recherches à été concentré sur la nature de la formation .Néanmoins d'autres éléments ont pu rentrer en jeu, telle que la composition, le type et les caractéristiques du fluide utilisé. Sur la base des données préalablement citées les causes ont été classées de la façon suivante :

### **III.4.2.2.1 : Formation poreuse à haute perméabilité :**

Ce type de pertes se manifeste dans les formations à grande perméabilité dont les pores sont de dimension élevées, d'où les solides de la boue n'arrivent pas à obstruer les chenaux de la matrice.

Puisque la perméabilité du réservoir gréseux est faible (au voisinage de 5m Darcy, ce type de perte est éloigné.

### **III.4.2.2.2 : Formation fracturée :**

Deux types distincts de fractures peuvent être envisagées, naturelle et provoquées.

Les pertes dans les fractures naturelles se manifestent brusquement à des cadences assez rapides, et dans n'importe quel type de réservoir à compacité plus ou moins considérable, l'écoulement de la boue riche en solides à travers les fractures conduit logiquement à l'obstruction et le bouchage de celles-ci par suite d'agrégation des solides à différentes tailles, car le flux est important et les fractures sont assez restreintes. Cependant, une continuité de forage avec le même régime risque de provoquer une perte partielle voir par fois totale. Ce type est lié originalement à l'activité tectonique du champ.

Les études sismiques montrent que les fractures (les failles) existantes sont à profondeur qui n'arrive pas au réservoir Cambrien .Donc ce genre de pertes inconvenable.

Le deuxième type de pertes est dit par craquage, apparaissant lorsque la Densité Equivalente de Circulation dépasse la densité de fracturation, cela est pour raison :

- densité de boue élevée ;
- nettoyage mauvais,
- pistonnage vers le bas,
- surpression due à démarrage brusque des pompes.



### **III.4.2.2.3 : Formation déplétée :**

Vu le nombre important des puits implanté sur le champ de Hassi Messaoud et leur mise en production en continu une quantité considérable de matière était extraite ; d'où une chute intense de pression est enregistrée. Dans un contexte pareil et sans révision des paramètres hydrauliques de forage, des pertes de boue par filtration peuvent se manifester. Cette hypothèse porte une partie de la réalité. Mais elle n'est pas la seule raison, puisque le phénomène de filtration est régit par plusieurs paramètres et non seulement par la différence de pression.

### III.5 : Recommandation :

- Une différence de pression minimale entre le réservoir et le fond du puits doit être maintenue de telle façon à éviter l'intrusion des fluides de formations dans le puits d'un part et de minimiser le flux de filtration de l'autre part.
- La granulométrie de la phase solide de boue doit avoir une distribution étendue des particules entre fines et grossières, permettant de sceller la formation d'une manière parfaite (cake externe). Cette étude doit tenir compte des caractéristiques pétro-physiques de la formation notamment la taille des pores et la nature de perméabilité.
- Lors de traverser des horizons à potentiel productif, il est à recommander d'établir un régime d'écoulement dans l'annulaire suffisamment élevé pour améliorer le nettoyage du drain sans dépasser la vitesse d'érosion du cake externe.
- Les additifs solides ajoutés dans la boue tel que les alourdisants doivent répondre ou exiger de stimulation par acidification en cas de nécessité.
- La viscosité de fluide de forage ne doit pas être supérieure à la viscosité requise de nettoyage, pour éviter toute pression supplémentaire au fond du puits (due aux pertes de charge).
- Pour éviter toute obstruction du trou par formation de lit de cuttings, une injection systématique des bouchons visqueux (low/high vis) est primordiale.
- La vitesse d'avancement doit être limitée de telle manière à ce que la boue ne soit pas chargée à plus de 1% en volume (maintien de densité).
- Assurer en continu une teneur en solide le minimum possible, par mise en marche des équipements de traitement mécanique.

Le contrôle primaire de l'hydratation d'argile peut être réduit (supprimé), en contrôlant la composition de l'eau de fabrication, en augmentant la concentration des ions  $K^+$ , et en limitant la concentration en  $Na^+$  pour des raisons d'adsorption.

## CONCLUSION

---

Après avoir analysé un nombre important de puits au niveau du champ de Hassi-Messaoud, nous avons permis de confirmer que :

Les pertes de circulation sont un problème qui se manifeste dans la phase 6''',

Les causes des pertes sont des causes liées aux caractéristiques de la boue de forage, aux caractéristiques de la formation forée, ou des causes diverses liées à l'opération de forage.

La variation des volumes de pertes ne dépend pas seulement de la densité de fluide utilisé, mais dépend aussi de la nature de la formation et de la situation de puits (MD, OMN, OMK, OMO...),

Les pertes de circulation sont la source principale de certains problèmes tels que les coincements et les venues,

D'après ces informations importantes, on peut conclure des recommandations pour éviter ou au moins minimiser les effets des pertes :

- ✓ Contrôler le débit de retour en permanence ;
- ✓ Contrôler le forage (si possible) ;
- ✓ Surveiller attentivement la pression de la pompe pendant le forage pour tout signe de colmatage ;
- ✓ Se dégager du fond tous les 3 mètres de forage pour s'assurer que le trou ne se colmate pas ;
- ✓ Garder continuellement la tige en rotation et en mouvement de translation pour faire remonter au maximum les cuttings ;
- ✓ Garder une réserve de boue visqueuse prête à être pompée ;
- ✓ Arrêter le forage et envisager de remonter au sabot si des réparations (pompe, top drive) sont nécessaires ;
- ✓ Démarrer lentement les pompes et réduire au minimum la vitesse de descente de la garniture pour éviter le craquage de la formation.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- [1] Documentation « ENAFOR » Situation géographique de Hassi Messoud
  - [2] Documentation « SONATRACH » Mémoire d'Étude en vue de l'obtention du diplôme Ingénieur Spécialisé, Option : forage, Promotion : 2006
  - [3] Introduction à la prévention des éruptions ENSPM (formation industrie)
  - [4] Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état spécialisé en forage thème « Etude analytique des pertes de circulation le long du drain horizontal » réalisé par : Mr Toumi Abdelali ,promotion 2007
  - [5] Le cours SONATRACH de pertes en cours de forage fait par division de forage par Mr Daddou avril 2005 « Rapport d'incident du puits ONIZ 413 »
  - [6] Documentation SONATRACH (GDF, les fiches des puits ...)
- **Sites Internet**