

N°Série :.../2019



UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des hydrocarbures et des énergies renouvelables

et des sciences de la terre et l'univers



Département de Forage et Mécanique des chantiers pétrolier

**MÈMOIRE**  
**Pour obtenir le Diplôme de Master**  
**Option : Forage**

**Présenté par :**

Bouslit Elhadj

Kahoul Said

Kabouche Yahia

**-THÈME-**

**Etude sur les problèmes des pertes de  
circulation dans le champ de Hassi R'mel.  
Application sur deux puits (HRC072 et HRI037).**

Soutenue le : 15/06/2019

Jury :

Président Mr : Bouchireb Abdelouahab U.K.M Ouargla

Examineur Mr : Gharbi Abderezak U.K.M Ouargla

Encadreur Mr : Helal Yazid U.K.M Ouargla

L'année universitaire: 2018/2019

# Remerciements

Nous souhaitons avant tout remercier notre Dieu de nous voir donné la force à achever nos études.

Un très grand merci à notre encadreur M.Helal YAZID pour le temps qu'il a consacré à nous apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche. Son exigence nous a grandement stimulé.

Ses remarques, ses conseils et ses critiques ont été très constructives.

Nous remercions également tous les travailleurs du chantier ENAFOR 03 de HassiR'Mel qui nous ont beaucoup aidé pour réaliser ce travail dans des bonnes conditions.

# Dédicace

**Nous dédions ce modeste travail, comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance à:**

**Nos chers parents qui n'ont jamais cessé de nous encourager et nous conseiller, ils nous ont beaucoup aidé tout en long de notre chemin grâce à leur amour, leur dévouement, leur compréhension, leur patience et leur soutien moral et matériel, nous ne saurions jamais traduire ce que nous ressentons vraiment envers eux.**

**À nos frères et sœurs, pour leur indulgence en notre faveur qu'ils touchent ici l'affection la plus intime que nous ressentons à leur égard.**

**À nos amis et collègues, pour leur compagnie et bons moments passés ensemble.**

# Sommaire

## Liste des figures

## Liste des tableaux

Introduction générale.....01

### Chapitre I : Généralité sur le champ HASSI RMEL.

I-1 Introduction.....02

I-2 Situation du champ de HASSI R'MEL .....02

I-2-1 Situation géographique.....02

I-2-2 Situation géologique.....03

I-3 Historique du champ de Hassi R'mel .....05

I-4 Colonne stratigraphique synthétique de Hassi R'mel .....07

I-6 Informations générale sur le puits HRI037.....08

I-6-1 Localisation.....08

I-6-2 Coordonnées (LSA & Géographique).....09

I-6-3 Formations traversées .....10

I-7 Informations générale sur le puits HRC72.....11

I-7-1 Localisation.....11

I-7-2 Coordonnées définitives UTM.....11

I-7-3 Résultats géologiques.....12

I-8 Conclusion.....15

### Chapitre II : La boue de forage

II-1 Introduction.....16

II-2 Définition d'un fluide de forage .....16

II-3 Les fonctions du fluide de forage.....16

II-3-1 Nettoyage du puits.....16

II-3-2 Maintien des déblais en suspension.....17

II-3-3 Sédimentation des déblais fins en surface.....	17
II-3-4 Refroidissement et lubrification de l'outil et du train de sonde .....	17
II-3-5 Dépôt d'un cake imperméable.....	17
II-3-6 Diminution du poids apparent du matériel de sondage.....	17
II-3-7 S'opposer aux venues d'eau, de gaz ou d'huile.....	17
II-3-8 Prévention du cavage et des resserrements des parois du puits.....	18
II-3-9 Autres fonctions.....	18
II-4 Circuit de la boue.....	18
II-5 Produits à boue.....	19
II-6 Classification des types des fluides de forage.....	20
II-6-1 Boue à base d'eau.....	20
II-6-1-2 Avantages.....	21
II-6-1-1 Inconvénients.....	21
II-6-2 Boues à base d'huile .....	22
II-6-2-1 Avantages.....	22
II-6-2-2 Inconvénients.....	22
II-6-3 Les fluides de forage gazeux.....	24
II-6-3-1 Forage à l'air.....	24
II-6-3-2 Forage à la mousse.....	24
II-6-3-3 Forage à la boue aérée.....	24
II-7 Importance du type de boue.....	25
II-8 Conclusion.....	25

### **Chapitre III : Les pertes de circulation**

III-1 Définition.....	26
III-2 Classification des zones à perte.....	27

III-2-1 les formations non consolidées ou perméables.....	27
III-2-2 Fractures ou fissures naturelles.....	29
III-2-3 Les formations cavernueuses.....	29
III-2-4 Les formations fragiles.....	29
III-3 Principaux types des pertes.....	30
III-3-1 Perte par filtration.....	30
III-3-2 Pertes partielles.....	30
III-3-3 Perte totale.....	30
III-3-3-1 Pertes naturelles.....	30
III-3-3-2 Pertes par craquage.....	31
III-4 Les indices de perte de circulation.....	31
III-4-1 Perte partielle.....	31
III-4-2 Perte totale.....	31
III-5 Les causes principales de la perte de circulation.....	32
III-5-1 Mauvaise estimation de la pression de gisement .....	32
III-5-2 Causes liée à la boue de forage .....	32
III-5-2-1 Mauvais traitement en surface .....	32
III-5-2-2 Pression au sein de la boue trop élevée.....	32
III-5-3 Causes liées aux caractéristiques rhéologiques .....	32
III-5-3-1 Causes liées à la thixotropie.....	32
III-5-4 Causes liées avec les caractéristiques de la formation.....	33
III-5-4-1 Formation poreuse à haute perméabilité.....	33
III-5-4-2 Formation fracturée.....	34
III-5-4-3 Formation cavernueuse .....	34
III-5-4-4 Formation déplétée.....	34
III-5-4-5 Formation naturellement fissurée.....	35
III-5-5 Causes diverses.....	36

III-5-5-1	Suppression et dépression dues aux manœuvres trop rapides .....	36
III-5-5-2	Reprises brutales de pompe .....	36
III-5-5-3	Ré forage systématique avant ajout de tige.....	36
III-5-5-4	Rétrécissement du puits .....	36
III-5-5-5	Pose de tubage dans une formation à faible pression.....	37
III-5-5-6	Changements brutaux des types d'écoulement .....	37
III-5-5-7	Grande vitesse d'avancement.....	37
III-6	Conséquences de la perte de circulation.....	37
III-6	Précautions à prendre lors du forage des zones à perte.....	38
III-7	Agents de colmatage dans la boue de forage.....	39
III-7-1	Les Colmatants granulaires.....	39
III-7-2	Les colmatants fibreux.....	39
III-7-3	Les Colmatants lamellaires.....	40
III-7-4	Colmatant gonflants.....	40
III-8	Procédures de mise en place pour les bouchons spéciaux.....	43
III-9	Système de mélange.....	43
III-9-1	Système de mélange en surface.....	43
III-9-2	Système de mélange au fond.....	44

#### **Chapitre IV : Etude de cas**

IV-1	Introduction.....	45
IV-2	Etude du puits HRC072.....	45
IV-2-1	But du sondage.....	45
IV-2-2	Objectif du sondage .....	45
IV-2-3	Appareil de forage utilise .....	45
IV-2-4	Description de l'appareil de forage.....	45
IV-2-5	Les équipements utilisés .....	45-46
IV-2-6	Etude les pertes de circulation au cours de forage (puits HRC72) .....	47

IV-2-6-1 La phase 26" .....	47
IV-2-6-2 La phase 16" .....	48
IV-2-6-3 La phase 12" ¼ .....	49
IV-6-2-4 La phase 8" ½ .....	50
IV-2-7 Etat final du puits (Forage – Tubage et Cimentation).....	51
IV-2-7-1 PHASE 26".....	51
IV-2-7-2 PHASE 16".....	51
IV-2-7-3 PHASE 12"¼ .....	52
IV-2-7-4 PHASE 8" ½.....	52
IV-2-8 Perte de circulation au niveau de puits HRC072 Dans la phase 12 ¼" .....	53
IV-2-9 Données sur puits HRC072 dans la phase 12 <sup>1/4</sup> .....	53
IV-2-10 Les remèdes et les procédures utilisées.....	54
IV-2-11 Calculs du bouchon de ciment .....	54
IV-2-11-1 Calcul de la masse de ciment .....	54
IV-2-11-2 Calcul du volume d'eau de gâchage .....	55
IV-2-11-3 Calcul de la hauteur de ciment .....	55
IV-2-11-4 Calcul de la hauteur de spacer .....	55
IV-2-11-5 Calcul la hauteur du boue de chasse .....	56
IV-2-11-6 Calcul du volume de boue de chasse .....	56
IV-2-11-7 Calcul de la masse de ciment (poudre).....	56
IV-2-12 Les procédure de SONATRACH pour remède ces problèmes de pertes.....	60
IV-3 Etude du puits HRI37 .....	61
IV-3-1 Information générales sur le puits HRI037 .....	61
IV-3-2 Le but de work-over.....	61
IV-3-3 Des données sur la boue pendant la perte :.....	61
IV-3-4 Perte de circulation au niveau de puits HRI037 (work-over).....	61
IV-3-5 Programme de Cimentation .....	61

IV-3-6 Les procédures et les opérations utilisées .....	62
IV-3-7 Programme de pompage d'un bouchon de ciment .....	63
IV-3-7-1 Objectif .....	63
IV-3-7-2 Les données de bouchon .....	63
IV-3-7-3 Procédure de pompage d'un bouchon de ciment .....	63
IV-3-7-4 Caractéristiques du bouchon de ciment .....	63
IV-3-8 Calculs du bouchon de ciment .....	63
IV-3-8-1 Calcul de la masse de ciment .....	63
IV-3-8-2 Calcul du volume d'eau de gâchage.....	64
IV-3-8-3 Calcul de la hauteur de ciment .....	64
IV-3-8-4 Calcul de la hauteur de boue de chasse.....	64
IV-3-8-5 Calcul de la hauteur du spacer.....	65
IV-3-8-6 Calcul du volume de spacer.....	65
IV-3-8-7 Calcul la masse de ciment (poudre).....	65
IV-4 Comparaison entre HRC072 et HRI037 .....	67
Conclusion générale .....	68
Bibliographie.....	69

## Liste des figures

Numéro de figure	Titre de figure	La page
FigI-1	Position du champ Hassi R'mel.	2
FigI-2	Situation géologique du champ Hassi R'mel.	4
FigI-3	Plan position des puits et réseau des failles.	6
FigI-4	Colonne stratigraphique synthétique de Hassi R'mel.	7
FigI-5	Localisation de puits HRI037.	9
FigI-6	Plan de position général de puits HRC72.	11
FigI-7	Position du sondage HRC072.	12
Fig I-8	Schéma de puits HRC072.	14
FigII-1	Circuit de la boue.	19
FigIII-1	Filtrat en fonction de la perte de circulation.	26
FigIII-2	Effet des gels sur la pression de pistonage.	33
Fig III-3	Différents type de formation	35
Fig III-4	Formation de bouchon.	36
Fig III-5	Type d'Action des agents colmatants.	40
Fig IV-1	Profile technique de puits HRC072.	53
Fig IV-2	Schéma prévisionnel du puits HRI37.	66

## Liste des tableaux

<b>Numéro du tableau</b>	<b>Titre du tableau</b>	<b>La page</b>
Tableau I-1	Les niveaux gréseux dans le champ de Hassi R'mel.	8
Tableau I-2	Les coordonnées de puits HRI037.	9
Tableau I-3	Les formations traversées par le puits HRI037.	10
Tableau I-4	Résultats géologiques de puits HRC72.	12
Tableau II-1	les rôles de produits à boue et des exemples.	19
Tableau II-2	Types, caractéristiques et domaines d'utilisation des boues à l'eau.	20
Tableau II-3	Types, caractéristiques et domaines d'utilisation des boues à l'huile.	22
Tableau III-1	Identification des futures zones à perte.	27
Tableau III-2	Degrés des pertes de circulation.	30
Tableau III-3	Agents colmatant typiques	41
Tableau IV-1	Les caractéristiques des équipements.	45
Tableau IV-2	Paramètres de boue, La phase 26"	48
Tableau IV-3	Paramètres de boue, La phase 16"	48
Tableau IV-4	Paramètres de boue, La phase 12" ¼.	50
Tableau IV-5	Paramètres de boue, La phase 8" ½.	51
Tableau IV-6	Rapport de cimentation :	57-59
Tableau IV-7	les informations générales sur le puits HRI037.	61
Tableau IV-8	les procédures et les opérations utilisées pour arrêter les pertes.	62
Tableau IV-9	Comparaison entre les deux puits ( HRC072 et HRI037) .	67

# **Introduction**

## **générale**

## Introduction générale

Par définition le forage est une opération qui consiste à construire un trou dans les Formations géologiques à l'aide d'outils appropriés pour atteindre les couches Productrices.

Pendant la réalisation d'un puits de forage, des difficultés de tout ordre peuvent surgir et retarder l'avancement et la continuité du forage et augmenter le coût.

Les pertes de circulation sont des problèmes qui se manifestent souvent dans l'une des phases de l'architecture du puits. C'est un risque majeur pour l'opération de forage.

Les pertes de boue au cours de forage imposent un arrêt de forage dont la durée est difficilement prévisible, les surcoûts de l'opération, la future production du puits ainsi que sa durée de vie dépendent de ce problème qui peut aussi causer d'autres problèmes tels que les coincements et les venues, pouvant aller jusqu'à la perte du puits. Les causes majeures de ce problème sont la nature de la formation, les propriétés de la boue et d'autres causes liées à l'opération de forage.

L'étude que nous avons faite dans le champ de Hassi R'mel sur le problème de pertes de circulation rencontré pendant l'opération de forage dans la phase 12<sup>1/4</sup> dans le puits HRC072 et un autre puits de HRI037 dans le Casing 9<sup>5/8</sup> pendant l'opération de work-over et au vu de notre travail, la présentation de ce mémoire sera faite en (04) chapitres.

Les chapitres sont détaillés comme se suit de la manière suivante :

- Chapitre I : présenter du champ de Hassi R'mel.
- Chapitre II : évoquer des généralités sur la boue de forage et leurs caractéristiques.
- Chapitre III : Parler des généralités sur le problème de pertes de circulation (leurs causes, leurs types de colmatage, du bouchon de ciment).
- Chapitre IV : réaliser une l'étude concernant ce problème sur les deux puits HRC072 et HRI037 avec toutes les opérations qui ont été effectuées afin éliminer les pertes.

Une conclusion générale sera présentée à la fin de ce mémoire.

# Chapitre I

*Généralité sur le  
champ HASSI  
RMEL.*

## I-1 Introduction

Le champ de Hassi R'MEL représente l'un des champs les plus complexes du monde. Dans notre travail nous avons choisi cette région pour faire une étude sur les problèmes des pertes de circulation.

## I-2 Situation du champ de HASSI R'MEL

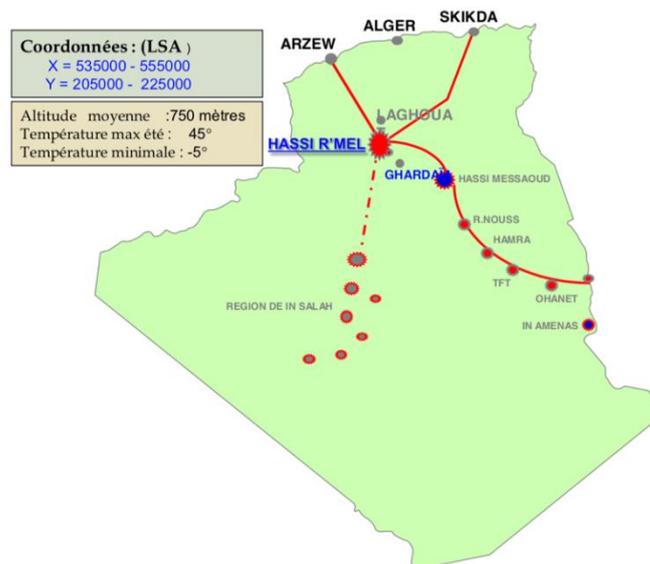
### I-2-1 Situation géographique

HASSI R'MEL, porte du désert se trouve, à 550km au sud d'ALGER et à 100km au sud de la ville de LAGHOUAT, il est compris entre les méridiens 2°55` et 3°50` Est et les parallèles 33°15` et 33°45` Nord. Géographiquement, cette région est limitée par le grand ERG OCCIDENTAL au Sud et à l'Ouest, L'Atlas Saharien au Nord et la région de TOUGOURT à l'Est.

L'altitude de la zone est de l'ordre de 750m. Les coordonnées Lambert Sud Algérien (LSA) sont : X : 510000 à 590000 m ; Y : 200000 à 310000m.

Il fait un climat sec de faible pluviométrie de 140mm/an et une humidité moyenne de 19 en été et 34 en hiver. Les amplitudes thermiques sont importantes variant entre -5°C en hiver et 45°C en été, les vents dominants sont de direction Nord-Ouest.

Le champ de HassiR'Mel s'étend sur 80km x 60km.



FigI-1: Position du champ Hassi R'mel.

**I-2-2 Situation géologique**

Le champ de HASSI R'mel est une structure anticlinale orientée Nord-Est/Sud-Ouest, situé à l'extrémité Occidentale de la Province Triasique. Cet anticlinal est greffé sur un relief paléozoïque érodé jusqu'au Cambro-Ordovicien. La structure est limitée au Nord par la flexure Sud-Atlasique, au Sud par les structures de HASSI R'MEL SUD et DJEBEL BISSA à l'Est par la dépression de OUED MYA et à l'Ouest par deux sillons profonds. SCHEMA STRUCTURAL La structure de Hassi R'mel apparaît comme un grand anticlinal ondulé, de direction NNE-SSE, affecté par un réseau assez dense de failles. Les dimensions de cette structure sont de l'ordre de 70 km du nord au sud et 50 km de l'ouest vers l'est. La structure Hassi R'mel est caractérisée par l'individualisation de trois zones marquées par de nombreuses culminations et dépressions d'ampleur variable.

1-Zone sud : Formée par une série d'ondulations de dimensions notables (5x10km), de forte amplitude verticale (50m) et affecté par de nombreuses failles de rejet parfois important (100m) .

2-Zone centre : Structuralement haute, elle apparaît comme un plateau faiblement ondulé pour les formations mésozoïques. Par contre, l'importance des chutes structurales des flancs Est et ouest lui assurent une bonne fermeture structurale.

3-Zone nord : ou périclinal nord du champ. Cette zone est fortement affectée par les mouvements tectoniques particulièrement pour les formations post jurassiques. Des failles assez profondes ont donné naissance à des horts et grabens et favorisant le dépôt du mio-pliocène.

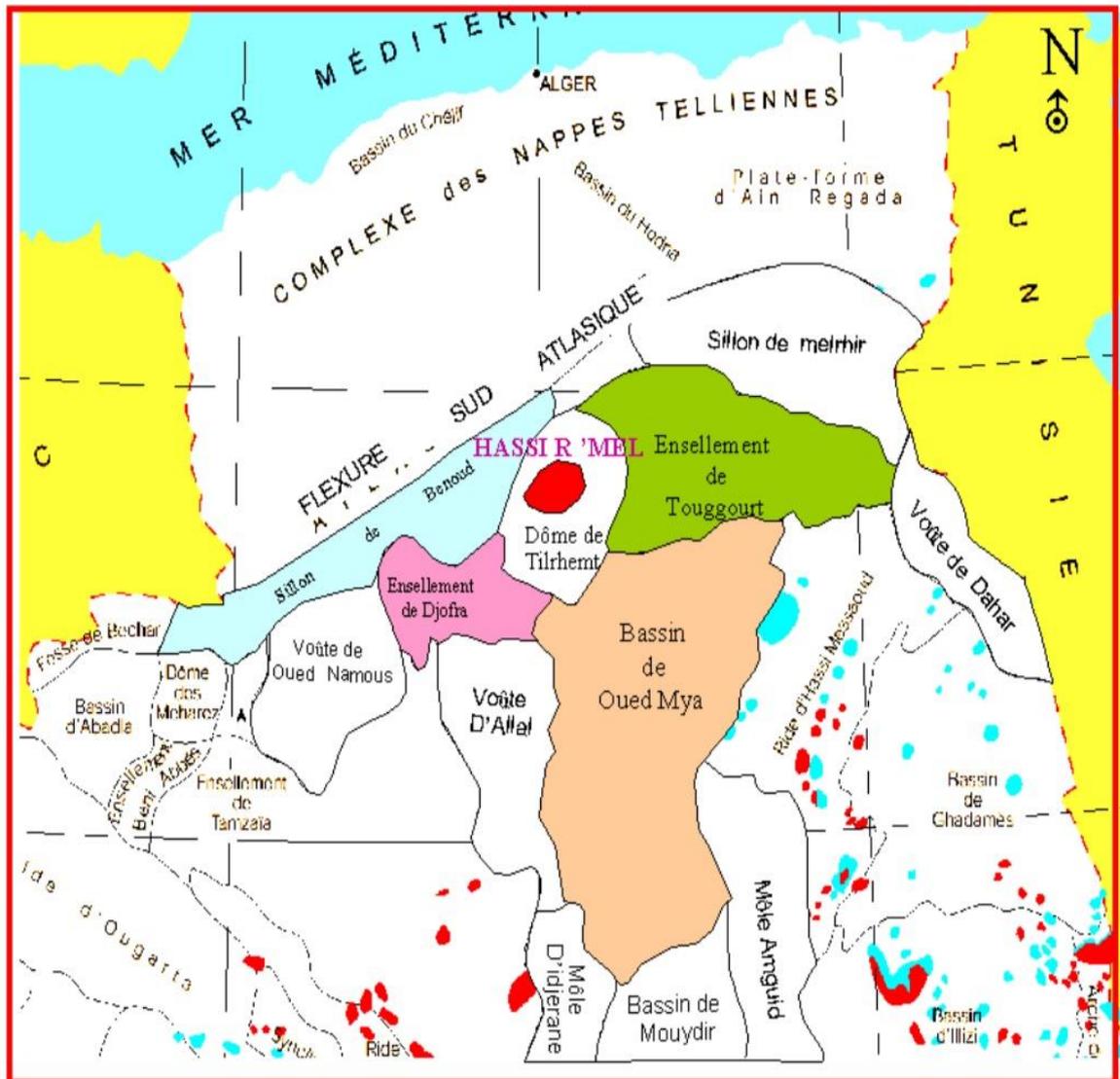


Fig-2: Situation géologique du champ Hassi R'mel.

**I-3 Historique du champ de Hassi R'mel :**

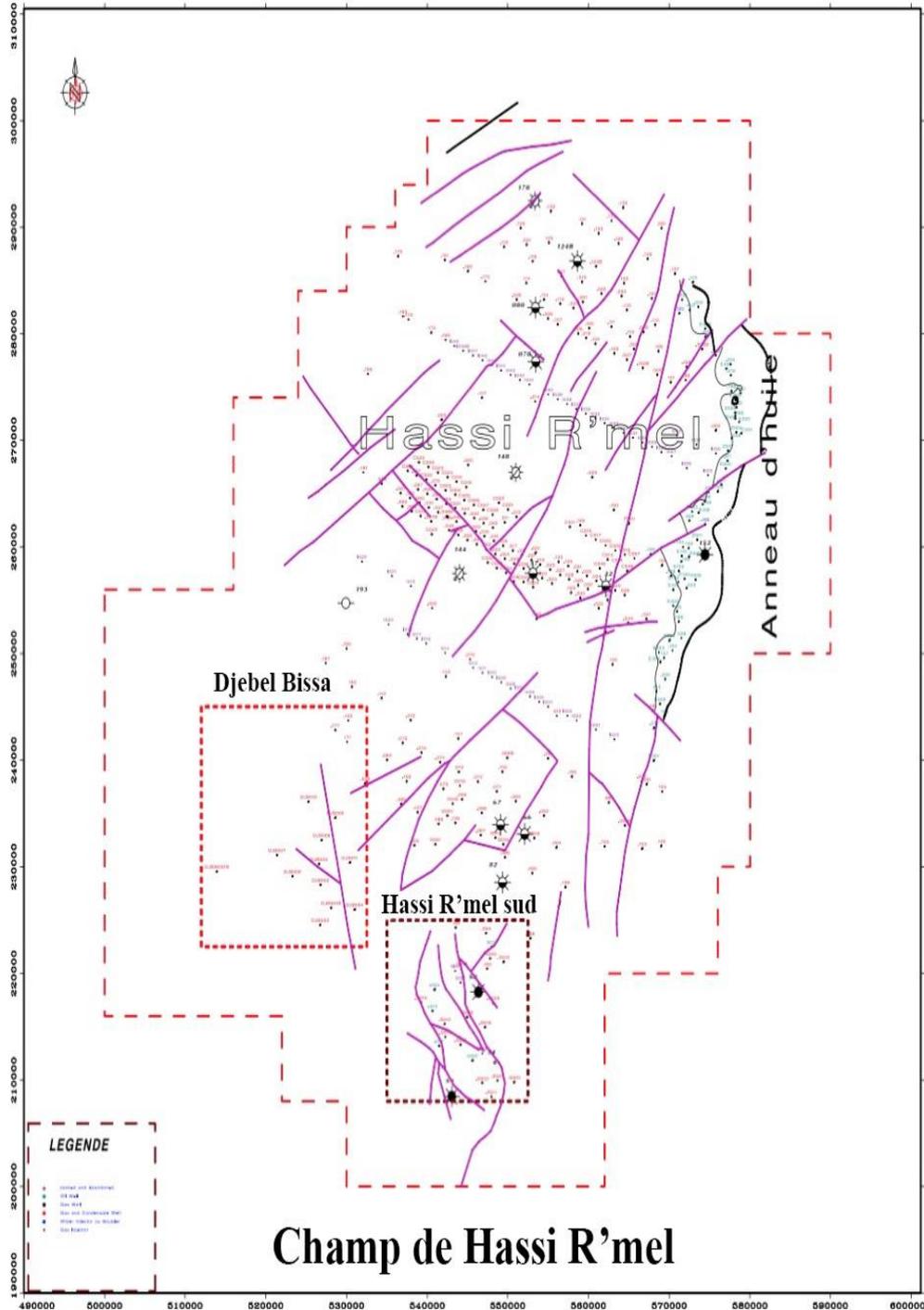
Une large campagne sismique déclenchée en 1952, non loin du BORDJ-NILITILGHEMT, a permis de déclarer une zone pouvant marquer un anticlinal. Cette campagne a été suivie d'un premier sondage Berriane-1 implanté à l'Est de la structure qui a révélé la présence d'un niveau réservoir dans les sédiments argilo-grès-salifère reposant sur les terrains paléozoïques érodés, surmontés par une série carbonatée.

Ces sédiments argilo-salifères et gréseux furent attribués au Trias. C'est ainsi que S.N. Repal entreprit en 1956 son premier sondage d'exploration. Ce dernier mit en évidence l'existence d'un gaz humide sous une très forte pression dans les grès du Trias à une profondeur de 2123m. Le sondage fut implanté sur le sommet d'un anticlinal.

Les sondages qui s'en suivent ont permis d'étudier avec précision les faciès des niveaux géologiques. De 1957 à 1960 les puits HR2, 3,4, ...9 furent forés. La C.F.P.A, voulant déterminer l'extension des réservoirs vers le Sud, avait implanté des sondages de délimitation AE1, AE2, AF1, AF2 et AF3 ou seuls, les puits AF1 et AF2 implantés au Sud de GHARDAIA ont rencontré le réservoir. Le puits HR8 réalisé en 1958 fut le premier à avoir rencontré des indices d'huile dans le gisement, ce qui a permis la découverte d'une accumulation d'huile dans le flanc Est de la structure (puits HR38) .

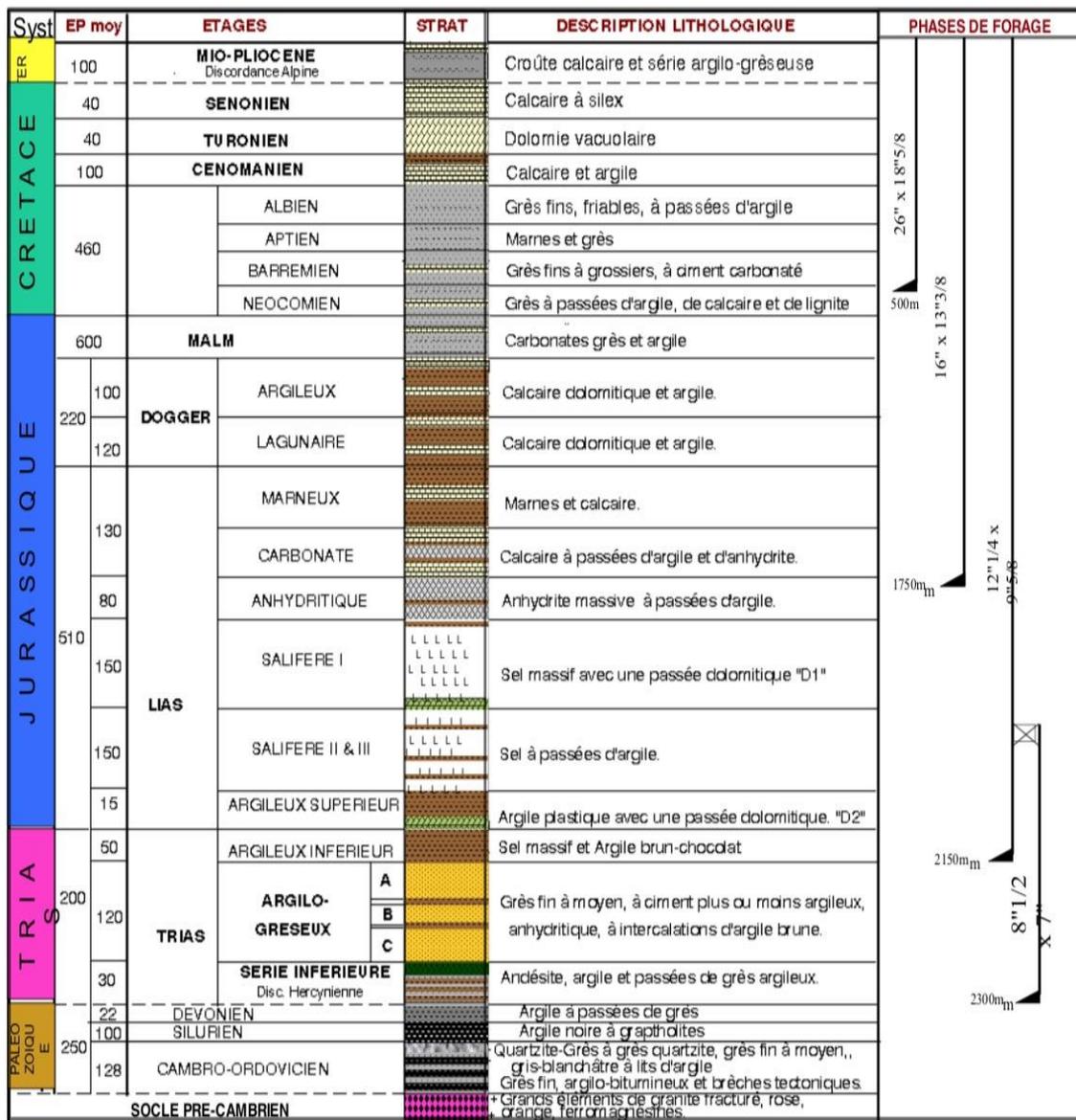
Dans les années 70-80 d'autres puits implantés à l'Est et Hassi R'mel Sud mettaient en évidence la présence d'une accumulation d'huile connue sous le nom anneau d'huile. Par la suite, la SONATRACH a élargi le programme de développement du gisement par l'implantation des puits à travers toute la structure. Parallèlement à cette action, des forages de reconnaissance sont lancés dans la prospection de la zone périphérique du gisement.

Les enregistrements diagraphiques nous ont permis de découper le réservoir en trois niveaux argileux d'épaisseur variable. Actuellement, le champ est en plein développement, il compte plus de 450 puits producteurs de gaz et d'huile avec ceux puits injecteurs.



FigI-3: Plan position des puits et réseau des failles.

I-4. Colonne stratigraphique synthétique de Hassi R'mel :



FigI-4:Colonne stratigraphique synthétique de Hassi R'mel.

I-5 Caractéristiques des réservoirs :

Le réservoir de gaz humide du champ de HassiR'Mel est situé dans le Trias Argilo-gréseux. D'une hauteur d'environ de 120 mètres il est constitué par la superposition de trois (03) niveaux gréseux « A », « B », « C » d'épaisseurs et caractéristiques variables, séparees par des passées d'argile. [1]

**Tableau I-1:** Les niveaux gréseux dans le champ de Hassi R'mel : [1]

Niveau \ Caractéristiques	A	B	C
<b>Hauteur (m)</b>	15à 35	10à20	10à60
<b>Porosité (%)</b>	15	15	20
<b>Perméabilité (mD)</b>	250	200	800
<b>Réservoir en places initiales</b> <b>(Milliards de m<sup>3</sup>)</b>	1700.46	409.37	1039.17
	45%	13%	33%
<b>Réserves récupérables</b> <b>(Milliards de m<sup>3</sup>)</b>	1 403,63	337,91	857,78

- Réserves initiales: en place : 3 149 Milliards de m<sup>3</sup>.
- Récupérables : 2 599,32 Milliards de m<sup>3</sup>.

## I-6 Informations générale sur le puits HRI037

### I-6-1 Localisation

Le puits HRI037 est situé à 1.260 Km au Nord-ouest de HRI036, à 1.240 Km au Sud-est de HRI038 et à 7 Km au Sud de HR106. [2]



FigI-5:Localistion de puits HRI037.

**I-6-2 Coordonnées (LSA & Géographique)**

Tableau I-2 : Les coordonnées de puits HRI037

LSA	Géographique
X : 55 8501.04 m	M :3° 19' 30.48990" E
Y : 27 2949.57 m	L : 33° 03' 12.98980" N

I-6-3 Formations traversées

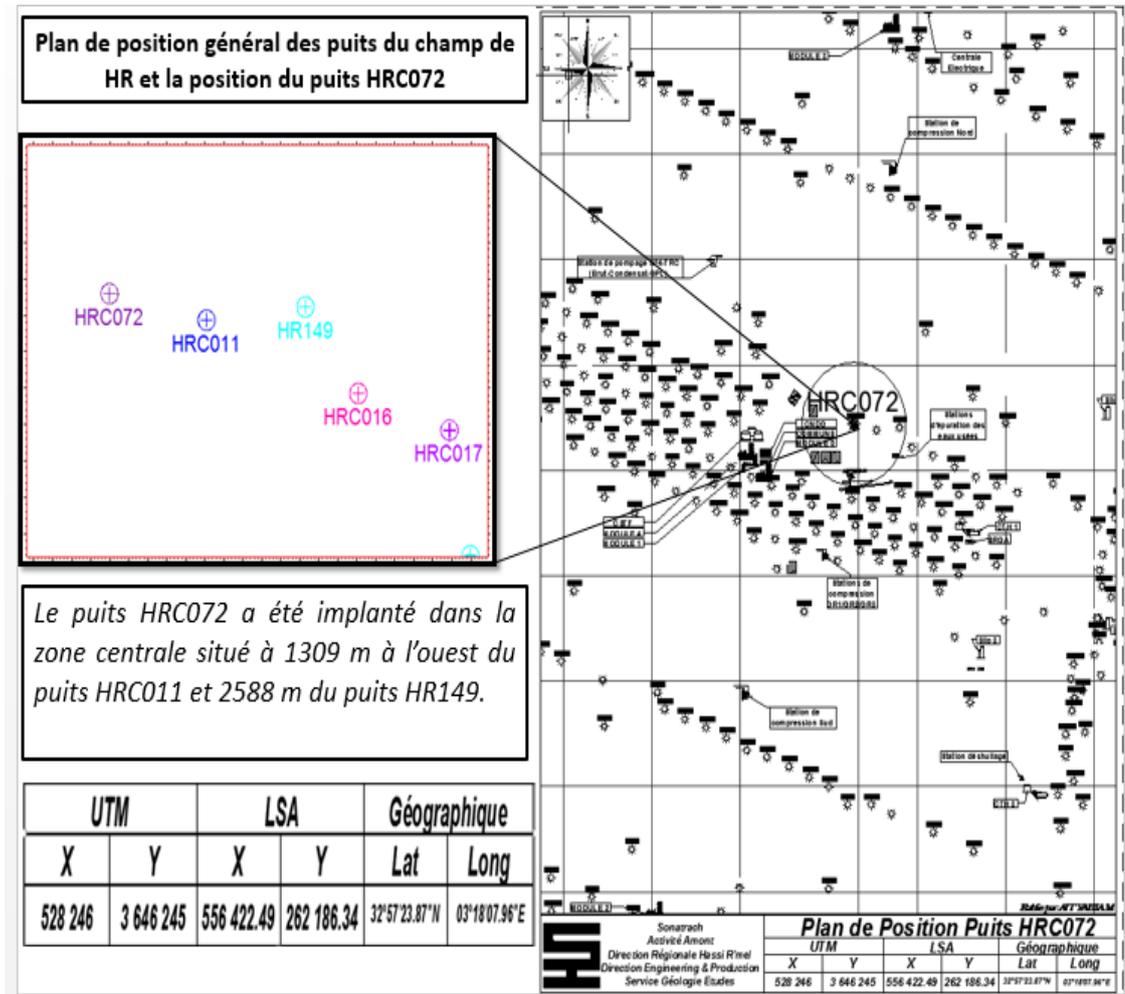
Tableau I-3 : Les formations traversé par le puits HRI037 : [2]

Formation	Toit		Mur		Épaisseur	Lithologie
	Profondeur	Absolu	Profondeur	Absolu		
TURONIEN	0	-772.25	81	-691.25	81	,
CENOMANIEN	81	-691.25	127	-645.25	46	,
ALBIEN	127	-645.25	334	-438.25	207	,
APTIEN	334	-438.25	358	-414.25	24	,
BARREMIEN	358	-414.25	377	-395.25	19	,
NEOCOMIEN	377	-395.25	707	-65.25	330	,
MALM	707	-65.25	1210	437.75	503	,
DOGGER ARGILEUX	1210	437.75	1410.5	638.25	200.5	,
DOGGER LAGUNAIRE	1410.5	638.25	1505	732.75	94.5	,
LIAS MARNEUX	1505	732.75	1633	860.75	128	,
LIAS CARBO	1633	860.75	1740	967.75	107	,
LIAS ANHYDRITIQUE	1740	967.75	1815	1042.75	75	,
LIAS SALIFERE I	1815	1042.75	2010	1237.75	195	,
REPERE D1	1994.5	1222.25	2010	1237.75	15.5	,
LIAS SALIFERE 3	2010	1237.75	2083	1310.75	73	,
LIAS ARGILEUX	2083	1310.75	2101	1328.75	18	,
D2	2091	1318.75	2101	1328.75	10	CARBONAT ES
TRIASARGILEUX	2101	1328.75	2138	1365.75	37	,
A0	2138	1365.75	-	-	-	,
A	2145	1372.75	2170.5	1398.25	25.5	GRES,
B	2189	1416.75	2191	1418.75	2	GRES,
C1	2203	1430.75	2218	1445.75	15	,
C	2203	1430.75	2276	1503.75	73	GRES,
C2	2230.5	1458.25	2276	1503.75	45.5	,
SERIE- INFER	2276	1503.75	2286	1513.75	10	,
CAMBRO- ORDOVICIEN	2286	1513.75	-	-	-	,

I-7 Informations générale sur le puits HRC72

I-7-1 Localisation

Le puits HRC072 a été implanté dans la zone centrale, situé à 1309 m à l'ouest du puits HRC011 et 2588 m du puits HR149.

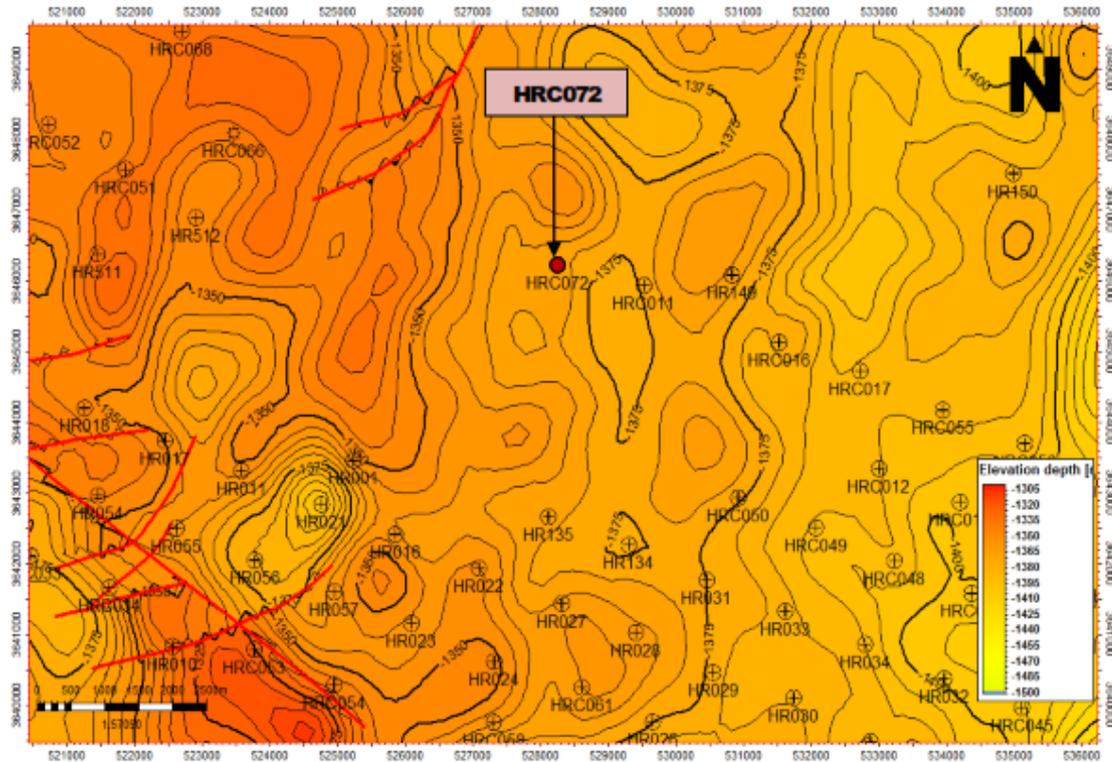


FigI-6: plan de position général de puit HRC72.

I-7-2 Coordonnées définitives UTM

X : 528 246.ENF-51

Y : 3 646 245.



FigI-7 : Position du sondage HRC072.

I-7-3 Résultats géologiques

Tableau I-4 : Résultats géologiques de puits HRC72 : [3]

Formation	Toit (m)		Mur (m)		Epaisseur (m)
	Profondeur	Absolu	Profondeur	Absolu	
SENO-TURONIEN	0	787,7	75,5	712,2	75,5
CENOMANIEN	75,5	712,2	157,5	630,2	82
ALBIEN	157,5	630,2	317	470,7	159,5
APTIEN	317	470,7	325	462,7	8
BARREMIEN	325	462,7	360	427,7	35
NEOCOMIEN	360	427,7	653	134,7	293
MALM	653	134,7	1151	-363,3	498
DOGGER ARGILEUX	1151	-363,3	1363	-575,3	212

DOGGER LAGUNAIRE	1363	-575,3	1465	-677,3	102
LIAS MARNEUX	1465	-677,3	1589	-801,3	124
LIAS CARBONATE	1589	-801,3	1702	-914,3	113
LIAS ANHYDRITIQUE	1702	-914,3	1780	-992,3	78
LIAS SALIFERE I	1780	-992,3	1985	-1197,3	205
REPERE D1	1985	-1197,3	1987	-1199,3	2
LIAS SALIFERE III	1987	-1199,3	2084	-1296,3	97
LIAS ARGILEUX	2084	-1296,3	2096	-1308,3	12
D2	2096	-1308,3	2102	-1314,3	6
TRIAS-ARGILEUX	2102	-1314,3	2141	-1353.3	39
Niv-A0-	2141	-1353.3	2145	-1357.3	4
Niv-A-	2145	-1357.3	2160	-1372.3	15
Niv-B-	2169	-1381.3	2192.5	- 1404.8	23.5
Niv-C-	2195	-1407.3	2213	-1425.3	18
SERIE INFERIEURE	2213	-1425.3	2221.5	-1433.8	8.5
CAMBRO-ORDOV	2221.5	-1433.8	-	-	

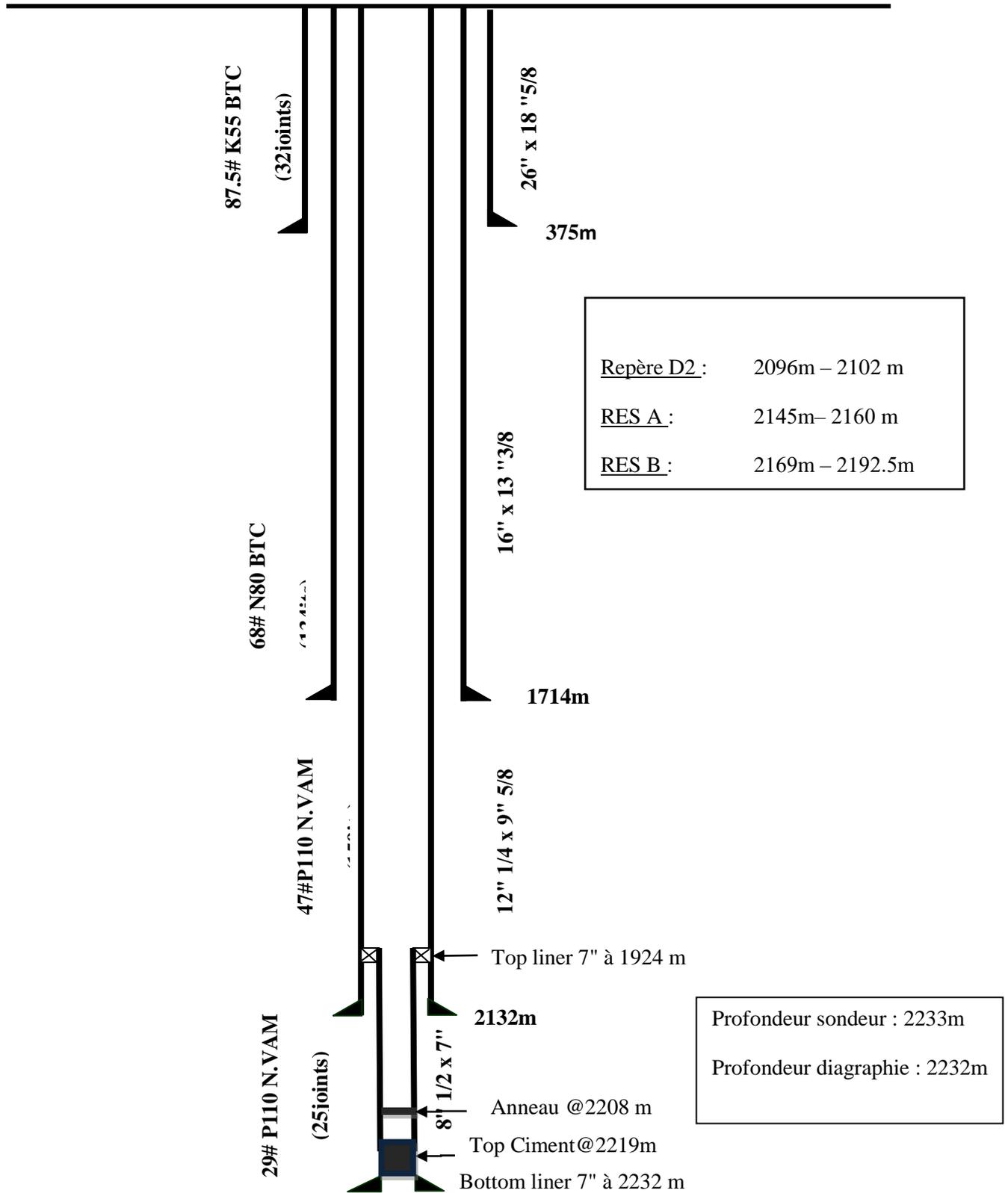


Fig I-8: schéma de puits HRC072.

**I-8 Conclusion :**

L'étude de champ de Hassi R'mel nous montre que les problèmes de perte de circulation se sont produits dans les phases qui contiennent dans les formations (turonien trias argileux gréseux...).

Pour éviter ces problèmes de perte de circulation dans ce cas, il faut bien ajuster bien les paramètres de la boue de forage qui sera notre étude dans le prochain chapitre.

# **Chapitre II**

*La boue de forage.*

### II-1 Introduction

Dans le domaine pétrolier, au cours du forage, un fluide est utilisé pour remonter les cuttings, refroidir et lubrifier l'outil de forage et soutenir les parois du trou par pression hydrostatique pour éviter les éboulements. Ce fluide est appelé « fluides ou boues de forage ».

### II-2 Définition d'un fluide de forage

Le fluide de forage, appelé aussi la boue de forage, est un système composé de différents constituants liquides (eau, huile) et/ou gazeux (air ou gaz naturel) contenant en suspension d'autres additifs minéraux et organiques (argiles, polymères, déblais, ciments, ...).

Le fluide de forage était déjà présenté en 1933 lors du premier Congrès Mondial du Pétrole, où il a fait l'objet de cinq communications (Darley et Gray, 1988). Le premier traité sur les fluides de forage a été publié en 1936 par Evans et Reid. En 1979, l'American Petroleum Institute (API) définit le fluide de forage comme un fluide en circulation continue durant toute la durée du forage, aussi bien dans le sondage qu'en surface. [7]

Le fluide est préparé dans des bacs à boues, il est injecté à l'intérieur des tiges jusqu'à l'outil d'où il remonte dans l'annulaire, chargé des déblais formés au front de taille. A la sortie du puits, il subit différents traitements, tamisage, dilution, ajout de produits, de façon à éliminer les déblais transportés et à réajuster ses caractéristiques physico-chimiques à leurs valeurs initiales. Il est ensuite réutilisé. [4]

### II-3 Les fonctions du fluide de forage

Les principaux rôles du fluide de forage sont :

#### II-3-1 Nettoyage du puits

La remontée des déblais du fond de trou jusqu'à la surface en raison de la circulation d'un fluide visqueux dans l'espace annulaire, l'une des fonctions principales que la boue doit assurer.

#### II-3-2 Maintien des déblais en suspension

Le fluide de forage doit non seulement débarrasser le puits des déblais de forage durant les périodes de circulation, mais il doit également les maintenir en suspension pendant les arrêts de circulation.

### **II-3-3 Sédimentation des déblais fins en surface**

Alors que la boue doit permettre maintien en suspension des déblais dans le puits durant les arrêts de circulation, ce même fluide doit laisser sédimenter les déblais fins en surface, afin de les éliminer. Bien qu'apparemment ces deux aptitudes semblent contradictoires.

### **II-3-4 Refroidissement et lubrification de l'outil et du train de sonde**

Du fait de son passage en surface, la boue en circulation se trouve à une température inférieure à celle des formations ce qui lui permet de réduire efficacement l'échauffement de la garniture de forage et de l'outil. Cet échauffement est dû à la transformation d'une partie de l'énergie mécanique en énergie calorifique.

### **II-3-5 Dépôt d'un cake imperméable**

La filtration dans les formations perméables d'une partie de la phase liquide de la boue crée un film sur les parois du sondage, ce film est appelé cake.

Le dépôt du cake permet de consolider et de réduire la perméabilité des parois du puits.

### **II-3-6 Diminution du poids apparent du matériel de sondage**

Bien que ce soit beaucoup plus une conséquence qu'une fonction, la présence d'un fluide d'une certaine densité dans le puits permet de diminuer le poids apparent du matériel sondage, garniture de forage et tubages ceci permet de réduire la puissance exigée au levage.

### **II-3-7 S'opposer aux venues d'eau, de gaz ou d'huile**

La pression hydrostatique doit contrebalancer la pression exercée par les fluides contenus dans la formation forée. Cependant, en cas de débit des couches, la boue ne doit pas contaminer trop le fluide afin d'éviter de varier ses caractéristiques. Enfin, la boue doit contenir des gels suffisamment bas pour permettre le dégazage rapide en surface en cas de venues de gaz.

### **II-3-8 Prévention du cavage et des resserrements des parois du puits**

La boue doit maintenir les parois du puits en raison de la pression hydrostatique exercée par le fluide en écoulement qui est en général supérieure à la pression de la formation forées ce qui permet d'empêcher la déstabilisation des terrains et de contrôler la venue des fluides de formation traversée. Le cavage est causé par des éboulements, par la dissolution du sel, par la dispersion des argiles, par une érosion due à la circulation de la boue au droit des formations fragiles...etc.

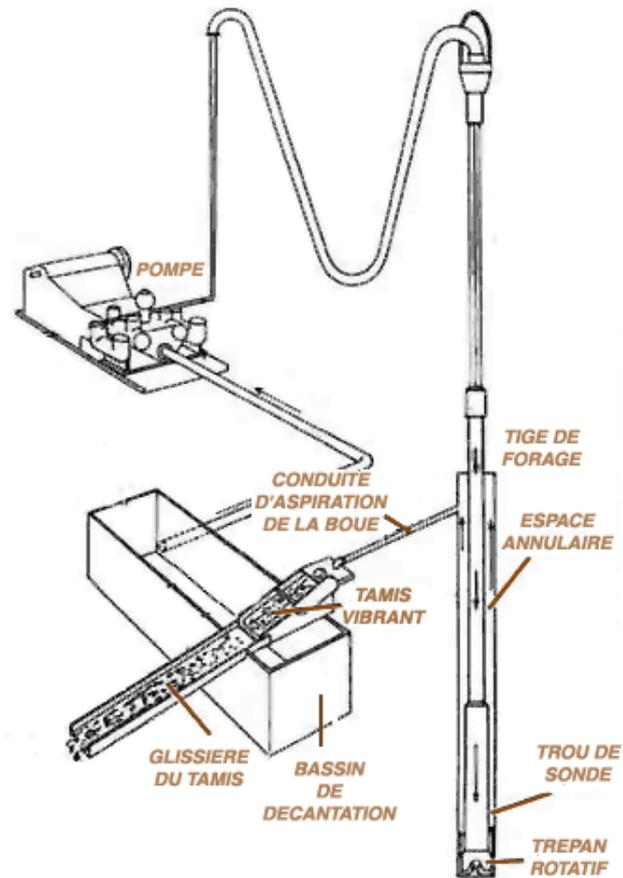
### II-3-9 Autres fonctions

La boue doit favoriser la vitesse de pénétration de l'outil. Par la conservation du faible teneur de solide, la viscosité March la plus basse et le filtrat le plus élevé. La boue ne doit pas être corrosive .

Il existe un certain nombre d'inhibiteurs de corrosion employés surtout dans la boue salée saturée. [5]

### II-4 Circuit de la boue

1. La boue est mélangée et conservée dans le bassin de décantation.
2. Une pompe achemine la boue dans la tige de forage qui descend jusqu'au fond du puits.
3. La boue sort de l'extrémité de la tige de forage et tombe au fond du puits où le trépan est en train de forer la formation rocheuse.
4. La boue emprunte ensuite le chemin inverse en remontant à la surface les morceaux de roche, appelés déblais, qui ont été arrachés par le trépan.
5. La boue remonte jusqu'à l'espace annulaire, entre la tige de forage et les parois du puits. Le diamètre type d'une tige de forage est d'environ 10 centimètres (4 pouces). Au bas d'un puits profond, le puits peut mesurer 20 centimètres (8 pouces) de diamètre.
6. A la surface, la boue circule dans la conduite d'aspiration de la boue, une tige qui mène au tamis vibrant.
7. Les tamis vibrants se composent d'un ensemble de crépines métalliques vibrantes servant à séparer la boue des déblais. La boue s'égoutte dans les crépines et est renvoyée vers le bassin de décantation.
8. Un traitement plus élaboré est effectué par un ensemble d'équipements d'épuration mécanique.
9. Les déblais de la roche glissent le long de la glissière du tamis pour être rejetés. En fonction des impératifs environnementaux, notamment, ils peuvent être lavés avant leur rejet. Une partie des déblais est prélevée pour être examinée par des géologues afin d'étudier les propriétés des roches souterraines présentes au fond du puits. [4]



FigII-1 : Circuit de la boue.

## II-5 Produits à boue

Un très grand nombre de produits sont employés dans les fluides de forage. Sont classés selon leurs rôles.

**Tableau II-1:** les rôles de produits a boue et des exemples: [6]

<b>Produis</b>	<b>Rôles</b>	<b>Exemple</b>
Viscosifiants.	Pour l'augmentation de la viscosité d la boue.	Les bentonites. Les attapulgités.
Réducteurs de filtrat.	pour réduire la quantité d'eau qui s'infiltré dans la formation.	L'amidon. La C.M.C.
Fluidifiants.	Pour diminution de la viscosité.	Les tanins. Les lignines.
Les additifs minéraux.	pour empêcher, réduire et surmonter l'effet de contamination.	Le gypse. Carbonate de soude.
Les alourdisants.	pour augmenter la densité de la boue selon les besoins.	La barytine. La galène.
Les colmatants.	pour colmater les zones perméables.	LCM (plastique ,calcaire ..)

## **II-6 Classification des types des fluides de forage**

Les fluides de forage sont des fluides complexes classés en fonction de la nature de leurs constituants de base. Traditionnellement, ils ont été classés en trois catégories Selon la nature de fluide de base utilisé dans leur préparation : l'eau, l'huile et l'air.

Les fluides à base d'eau (water based mud).

Les fluides à base d'huile (oil based mud).

Les fluides de forage gazeux.

### **II-6-1 Boue à base d'eau**

Ils constituent le type de boues les plus utilisées dans le domaine du forage. Ce sont des fluides dont la phase continue est l'eau, notamment chargée en électrolytes et autres additifs, dont les polymères.

En fonction de la teneur en **NaCl**, la boue à base d'eau se subdivise en :

- **Boues douces** : salinité de l'ordre de quelques **g/l**.
- **Boues salées** : présentant une teneur d'environ une dizaine de **g/l**.
- **Boues salées saturées** : la saturation est atteinte pour une concentration de **320g/l** environ, en **NaCl**.

### II-6-1-1 Inconvénients

- Hydratation des argiles.
- Dissolution des sels (chlorures les plus solubles).
- Filtration dans les formations poreuses perméables (L'eau mouille les roches et pénètrecilement dans les pores).
- Endommagement des formations (colmatage, précipités).

### II-6-1-2 Avantages

- Sécurité, santé et environnement. [6]

**Tableau II-2:** Types, caractéristiques et domaines d'utilisation des boues à l'eau: [6]

Type de la boue	Caractéristiques de la boue	Cas principaux d'utilisation
Boues naturelles	Densité 1.16-1.2 Viscosité 36-42 Filtrat < 10 ml	Forage de surface; Forage à faible profondeur <1500m
Boues bentonitiques	Densité 1.03-1.05 (faible) Viscosité 40-70 s (trop élevée) Filtrat 12 -25 8.5<PH<9.5	Boues de démarrage Forage à faible profondeur < 1200m
Boues bentonitiques traité au mélange tannin, soude , boue rouge	Filtrat 2 -4 cm3 PH<11	Forage des marnes Formations gypseuses ou d'anhydrite
Boues bentonitiques traité au mélange FCL-soude	PH>9 Bonne résistance en température 200 °C	Forage à moyenne profondeur <3000m Forage des marnes

Boues à la chaux	$150\text{ °C} < T < 160\text{ °C}$	Forage à grande profondeur et à $T < 150\text{ °C}$ Forage des couches à fortes pression Forage des marnes Ré forage de ciment
Boues au gypse	$\text{PH} > 9$ Bonne résistance en Température $200\text{ °C}$	Formations gypseuses ou d'anhydrite Argiles à haute pouvoir de dispersion Forage à $T. > 150\text{ °C}$ Forage des marnes Forage des couches à fortes pression Argiles gonflantes
Boues salées saturées	Densité $< 1.2$ $130\text{ °C} < T < 140\text{ °C}$ corrosive	Forage du sel massif et argile salifère Forage en cas de venue d'eau salée Formations gypseuses ou d'anhydrite
Boues à eau de mer	Densité 1.1-1.15 $9.5 < \text{PH} < 10.5$ Bonne résistance en température $200\text{ °C}$	Offshore Boues de démarrage Formations gypseuses ou d'anhydrite Formations argileuses

### II-6-2 Boues à base d'huile

Ce sont des fluides dont la phase continue est de l'huile (pétrole, fuel, huile minéral, gazole,.....) et la phase dispersée est de l'eau Elles ont les avantages et les inconvénients suivants :

#### II-6-2-1 Avantages

- Permet de résoudre les problèmes rencontrés avec la boue à base d'eau
- Pas d'hydratation des argiles.
- Pas de dissolution des sels.
- Pas de filtration.
- Pas d'endommagement des réservoirs.

#### II-6-2-2 Inconvénients

- Polluant.
- Inflammable (risque d'incendie).
- Santé du personnel.

- Problèmes pour de propreté des zones de travail ⇒ accidents.
- Coût de fabrication et de destruction généralement plus élevé que celui des boues à base d'eau.
- Difficulté pour "voir" les hydrocarbures (dans les déblais et avec certains outils de logging).
- Détérioration des caoutchoucs ne résistant pas aux hydrocarbures.

Nous distinguons deux catégories :

- Les boues à l'huile.
- Les boues émulsionnées inverses (eau dans huile). [8]

**NB** : On distingue deux catégories de boues à base d'huile : les boues conventionnelles (95 à 98 % d'huile) et les boues à émulsion inverse.

**Tableau II-3** : Types, caractéristiques et domaines d'utilisation des boues à l'huile : [18]

Type de la boue	Caractéristiques de la boue	Cas principaux d'utilisation
Boues conventionnelles	-Filtrat faible	-Forage d'une couche productrice. -Forage du sel massif. -Reprise et entretien du puits. - Argiles gonflantes et à fort pouvoir de dispersion. -Problèmes de coincement.
Boues à émulsion inverse	-Filtrat faible - Prix de revient mois élevé	-Forage d'une couche productrice -Problèmes de forage à haute température -Problèmes de deviation grande épaisseur de sels ou d'anhydrite -Forage dans des zones trop froides

### II-6-3 Les fluides de forage gazeux

La phase continue de ces fluides est constituée par du gaz qui peut être de l'air, du gaz naturel, de la mousse, ou du brouillard. Notamment, mélangée avec des proportions d'eau provenant des formations, ou ajoutées intentionnellement.

Différents fluides gazeux sont communément utilisés, de sorte qu'on distingue :

#### II-6-3-1 Forage à l'air

Le forage à l'air apporte sous toutes ses formes une solution à des problèmes compliqués parfois impossible à résoudre avec les méthodes de forage à la boue conventionnelle. Il est recommandé dans le cas des pertes totales répétées de la boue lors de la circulation ainsi que le forage des couches productrices à faible pression. Mais le forage à l'air devient difficile lors des venues d'eau importantes et parfois très difficile de contrôler la pression.

#### II-6-3-2 Forage à la mousse

Les mousses sont des dispersions d'un volume (relativement) important de gaz dans un volume relativement faible de liquide. Elles sont utilisées comme fluides de forage lorsque les terrains traversés sont fracturés, ou bien le forage à l'air est impossible parce que la pression nécessaire ne peut être fournie sur le chantier.

L'avantage du forage à la mousse se résume en sa faible pression hydrostatique au fond et son excellent pouvoir de remonter des déblais à moins que la mousse ne refroidisse pas convenablement les terrains traversés ainsi que le train de sonde et ne contrôle la tenue des parois du puits (pas de cake).

#### II-6-3-3 Forage à la boue aérée

Afin d'éviter les pertes de circulation et d'avoir un fluide de forage plus léger, on utilise le forage à la boue aérée. L'avantage qu'elle présente : une bonne tenue des parois grâce à un cake contrôlé, une tendance aux pertes de circulation est fortement réduite et une vitesse d'avancement plus rapide, une assez bonne capacité de refroidissement des terrains traversés et du train de sonde..., à moins que la stabilité de la boue aérée est liée à une circulation effective des fluides.

### II-7 Importance du type de boue

Pour un forage déterminé, le but à atteindre concernant la boue est fonction des prévisions géologiques et techniques :

- Les prévisions géologiques détermineront le ou les types de boues à utiliser, d'où les constituants ;
- Les prévisions techniques détermineront les volumes de boue à utiliser, d'où les consommations et le prix. [8]

### II-8 Conclusion

Au cours du forage ou les autres opérations dans le domaine pétrolier, la boue de forage est très importante grâce à ces objectifs.

Les propriétés et le type de la boue de forage doivent être modifiés en fonction des couches géologiques, la température et la profondeur.

La densité de la boue de forage doit être égale ou légèrement inférieure à la densité de la formation pour éviter les pertes de circulation qui sera notre étude dans le prochain chapitre.

# **Chapitre III**

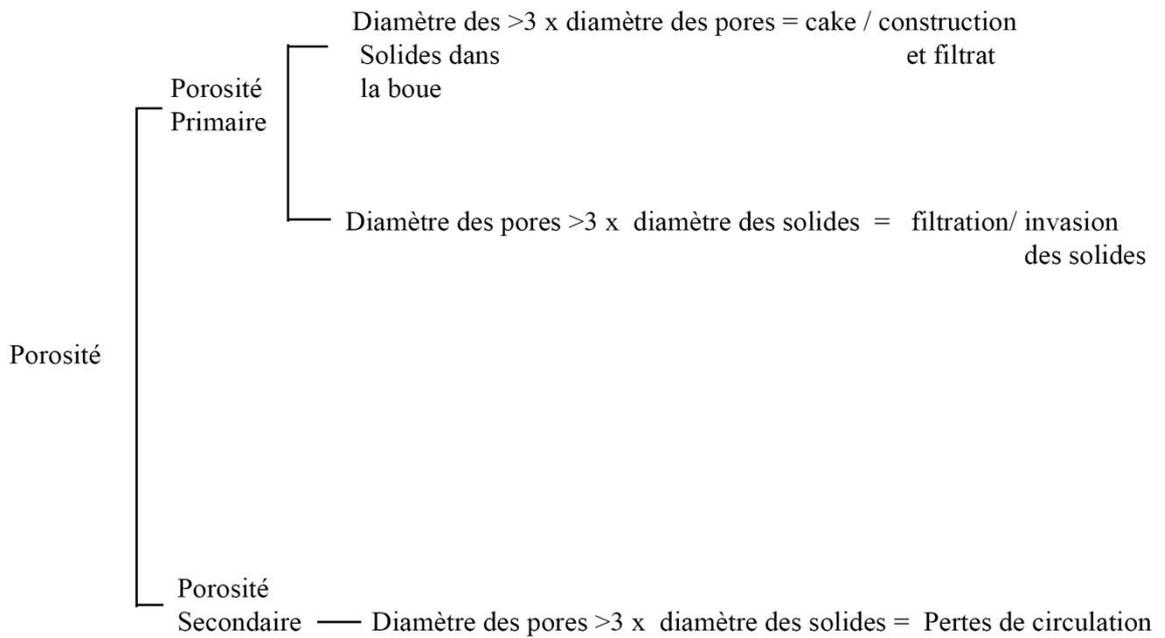
## ***Les pertes de circulation.***

III-1 Définition

Les pertes de circulation (ou perte de retour) 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 sont définies comme la perte totale ou partielle du fluide de forage ou du laitier de ciment dans les formations de forte perméabilité, cavernueuses ou fissurées soit naturellement soit durant le forage.

Les pertes de circulation ne devrait pas être confondue avec les pertes de filtrat, cela est indiqués sur la figure III.1 qui présente la relation du procédé du filtrat avec la porosité primaire, et aussi comment la perte de circulation puisse arriver dans les formations avec la porosité primaire et secondaire.



FigIII-1 : Filtrat en fonction de la perte de circulation.

### **III-2 Classification des zones à perte**

Il existe quatre catégories de formation offrant des possibilités de pertes, ces sont classées par ordre de gravité croissant :

- Les formations non consolidées ou très perméables.
- Les formations fracturées naturellement.
- Les formations fragiles.
- Les formations cavernueuses.

#### **III-2-1 les formations non consolidées ou perméables**

- Bien qu'il soit impossible de déterminer exactement la formation capable d'arrêter la boue, il faut retenir que, pour qu'il y ait perte il est nécessaire que les ouvertures des pores soient plus grandes que les dimensions des particules de boue.
- L'élément solide d'une boue n'entre pas dans les pores des couches ordinairement rencontrées telles que les argiles, les marnes ou les sables de perméabilité normale. Par contre certaines couches laissent pénétrer les phases liquides et solides de la boue en offrant des ouvertures suffisantes :
- les sables grossiers, contenant des particules de grandes dimensions, se rencontrent le plus souvent à de faibles profondeurs et constituent des terrains très perméables et peu compactés.
- les graviers contiennent un nombre insuffisant de petites particules (petits graviers ou sables) permettant d'empêcher les pertes. les réservoirs gréseux, les pertes dans ces zones sont des pertes par filtration. Ces dernières seront contrôlées de très près de façon à minimiser le rayon d'invasion de la formation par le fluide de forage. On réduira le plus possible le filtrat de la boue par un choix très strict des produits à utiliser dans la boue.
- les dolomies, ce sont très souvent des couches très peu consolidées s'effritant très facilement sous l'action de l'outil et sujettes à des pertes de boue.
- Certaines couches rocheuses sont souvent fissurées par suite des pressions de compaction dues à l'enfouissement (pression géostatique). [9]

**Tableau III-1 : Identification des futures zones à perte : [9]**

<b>Sable poreux et graviers</b>	<b>Fractures naturelles</b>	<b>Fractures induites</b>	<b>zones cavernueuses</b>
<p>1. Diminution graduelle du niveau des bacs</p> <p>2. La perte devient totale si le forage continue</p> <p>3. Pour qu'il y ait pénétration totale de la boue dans une formation il faut que sa perméabilité dépasse 10 d.</p> <p>La perméabilité des sables non Consolidés qui contiennent l'huile et le gaz, dépasse rarement 3.5 d. Il est improbable qu'il y ait perte de boue dans ce type de formation à moins qu'elle soit fracturée</p>	<p><b>1.</b> Peuvent arriver à n'importe qu'elle type de roche</p> <p><b>2.</b> La perte est approuvée par la perte graduelle de la boue dans les bacs. Si le forage continue et plusieurs fractures sont exposées, la perte totale du retour peut être atteinte</p> <p><b>3.</b> La fracture doit avoir une largeur de soutènement définie pour recevoir la boue</p>	<p><b>1.</b> Arrivent à n'importe quelle type de formation sous la colonne de boue où les fractures sont horizontales</p> <p><b>2.</b> La perte est toujours soudaine et accompagnée par une perte totale du retour, les conditions sont favorables pour créer des fractures induites lorsque la densité de la boue dépasse 10.5lb/gal</p> <p><b>3.</b> Une augmentation brusque de pression ou une descente rapide de garniture peut être suivie par une perte.</p> <p><b>4.</b> Lorsqu'une perte arrive et que dans le puits adjacent il n'y avait pas de perte alors la perte est due à des fractures induites.</p>	<p><b>1.</b> Normalement associées aux formations calcaire</p> <p><b>2.</b> Perte de retour peut être soudaine est totale</p> <p><b>3.</b> L'avancement du forage est faible avant la perte.</p>

### III-2-2 Les formations fracturées naturellement

Si la pression du découvert dépasse la pression de formation, il y a création de fractures permettant la perte de boue ou de laitier de ciment, ceci peut arriver lorsque :

- Un anneau solide de boue immobile est développé dans l'annulaire (la pression de circulation résultante peut initier des fractures hydrauliques).
- Durant le forage d'une formation sous-compactée.
- Forage à partir du sommet d'une montagne, il est possible de forer à travers une formation où la pression géostatique est faible et la fracturation arrive facilement. Les irrégularités du puits, la densité de la boue élevée et la manipulation brute des outils peuvent aussi induire des fractures.

La perte de circulation dans les fractures induites est plus fréquente avec une boue à base d'huile qu'avec une boue à base d'eau à cause de la compressibilité d'huile sous les conditions de fond. Les fractures induites ne se colmatent pas rapidement avec une boue à base d'huile. Lors d'une perte partielle avec une boue à base d'eau, la pratique utilisée est de laisser la boue en contact avec la paroi du puits pendant un certain temps. La filtration de la boue permet aux fractures de se remplir avec les solides de la boue. Le problème de perte peut être résolu sans réduction de la densité de la boue.

La filtration de la boue à base d'huile est souvent très faible pour être utile. L'extension de la fracture créée avec une boue à base d'huile peut être développée jusqu'à ce que la pression dans le découvert diminue sauf s'il y a colmatage de cette fracture.

### III-2-3 Les formations cavernieuses

Elles se présentent surtout en terrains calcaires par suite du phénomène de dissolution. Dans ces zones cavernieuses, les chemins de passage du fluide sont généralement de très grande surface et constituent soit des cavités, soit des crevasses, soit des canaux.

### III-2-4 Les formations fragiles

Elles sont sensibles aux fractures provoquées. Ce sont préférentiellement des terrains de faible structure comme les argiles. Ces terrains sont influencés par la pression

hydrostatique de la boue de forage. Ce qui provoque des pertes partielles même parfois totales. [9]

### **III-3 Principaux types des pertes**

#### **III-3-1 Pertes par filtration**

Dans la mesure de prévenir contre la pénétration des fluides de formation dans le puits durant le forage (OBD), 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.

#### **III-3-2 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 retour de boue.

Quand il y a perte partielle importante :  $Q_{\text{perte}} > 5 \text{ m}^3 / \text{h}$ , et quand il y a perte partielle moins important :  $Q_{\text{perte}} < 5 \text{ m}^3 / \text{h}$ .

#### **III-3-3 Pertes totales**

Dans le forage lorsqu'on dit qu'on a une perte totale cela veut dire qu'on n'a pas de retour de boue au niveau de la goulotte et les tamis. Cette perte est fréquente dans les terrains caverneux, fissurés et les terrains fracturés par la boue de forage.

On distingue deux types de perte totale :

##### **III-3-3-1 Pertes naturelles**

Elles se produisent dans les vides de la roche (pore, fissures, fractures), lorsque  $P_{\text{boue}} > P_{\text{couche}}$ .

Les pertes de circulation naturelle sont observées dans :

- les formations très mal consolidées (sable, gravier, etc.).
- les formations à perméabilité excessive: présence des vacuoles dues à la dissolution du lessivage 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 zones faillées, broyées, au sein desquelles les mouvements tectoniques ont développé des ressauts de fissures.
- verticales qui sont restées ouvertes.

### III-3-3-2 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. [10]

Tableau III-2 : Degrés des pertes de circulation : [10]

Types de pertes	Degré
Par filtration (faible)	<1.5m <sup>3</sup> /hr(10bbl/hr)
Partielle (moyenne)	1.5à75m <sup>3</sup> /hr(10à500bbl/hr)
Totale (sévère)	Totale (impossibilité de garder le puits plein)

## III-4 Les indices de perte de circulation

### III-4-1 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 et cette diminution revienne pas directement à la fois (dans le cas où la pompe de forage en marche c'est à dire la boue en circulation).
- Si la pompe de forage est en arrêt (cas de manœuvre) le niveau de la pression hydrostatique de la boue de forage dans le puits est diminué partiellement.

### III-4-2 Perte totale

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

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

### **III-5 Les causes principales de la perte de circulation**

#### **III-5-1 Mauvaise estimation de la pression de gisement**

Qui est beaucoup plus rencontré pour le forage d'exploration, dont la zone est mal connue.

#### **III-5-2 Causes liée à la boue de forage**

Le forage de réservoir est toujours accompagné par une circulation de boue dans l'ordre des raisons reconnues. Cependant, les particules fines et le filtrat de boue pouvant envahir et endommager les zones environnantes.

Pratiquement on utilise des boues types à base d'huile, à base d'eau ou émulsionnée (eau/huile). Usuellement, des fines particules sont à additionner comme agents alourdissant.

##### **III-5-2-1 Mauvais traitement en surface**

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

##### **III-5-2-2 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. Elles peuvent avoir une densité trop élevée ou une pression de refoulement (débit, caractéristiques rhéologiques) trop élevée.

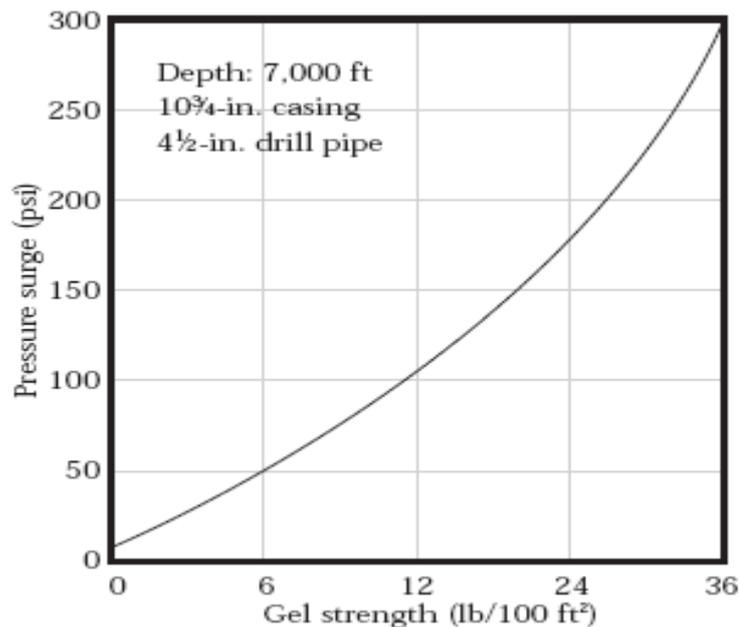
Donc la raison principale des pertes de circulation est que la pression dans le puits dépasse la pression de couche.

#### **III-5-3 Causes liées aux caractéristiques rhéologiques**

Une viscosité plastique et un yield-value trop fort entraînent à grande profondeur des pertes de charge élevées dans l'annulaire, facteur susceptible de provoquer une perte.

##### **III-5-3-1 Causes liées à la thixotropie**

Une reprise de circulation ou une manœuvre trop rapide avec une boue à gel élevée provoque une surpression importante au fond. il faut noter qu'à faible profondeur et dans le cas des pertes par infiltration dans les terrains de perméabilité moyenne, le maintien d'une thixotrope élevée permet souvent l'arrêt des pertes. En effet, il y a colmatage des terrains en profondeur par la gelée d'une part et d'autre part, les pertes de charge dans l'annulaire sont négligeables pendant les premières centaines de mètres forés en gros diamètre. [10]



FigIII-2 : Effet des gels sur la pression de pistonage.

### III-5-4 Causes liées 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.
- Formation naturellement fissurée.

#### III-5-4-1 Formation poreuse à haute perméabilité

Ce type de pertes se manifeste dans les formations à grande perméabilité dont les pores sont de dimensions 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).

Les pertes ne peuvent être que partielles dans les milieux dont la forte perméabilité est due à des vacuoles ou des fissures de faible épaisseur.

Elles peuvent devenir totales si des à-coups dont la pression au fond du puits par la boue provoque l'élargissement des fissures.

### III-5-4-2 Formation fracturée

Deux types distincts de fractures peuvent être envisagées, naturelles 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 parfois totale. Ce type est lié originalement à l'activité tectonique du champ.

Les études sismiques montre que en les fractures existantes sont à des profondeurs qui n'arrivent pas au réservoir Cambrien.

Le deuxième type de pertes est dit par craquage, apparaissant lorsque la densité Equivalente de Circulation (ECD) dépasse la densité de fracturation, à cause de :

- Densité de boue élevée.
- Mauvais nettoyage du puits.
- Mauvais choix du sabot de tubage.
- Pistonnage vers le bas.

Suppression due à un démarrage brusque des pompes

### III-5-4-3 Formation caverneuse

Lors de processus de l'évolution des diverses lithologies, un lessivage des minéraux solubles par les eaux souterraines est possible, ce qui conduit à la création des vides sur un étendu plus au moins important. La traversée par forage de ces endroits favorise les pertes de circulation.

Elle se produit le plus souvent dans les calcaires présentant des cavernes suite au phénomène de dissolution et érosion. Ces pertes sont difficilement colmatables.

### III-5-4-4 Formation déplétée

Vu le nombre important des puits implantés 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.[11]

### III-5-4-5 Formation naturellement fissurée

Une perte de boue est déclenchée la droite de ces formations (calcaire) dès que la pression de la colonne de la boue dépasse la pression de couche. Cette perte sera proportionnelle à la vitesse d'avancement dans la zone fracturée.

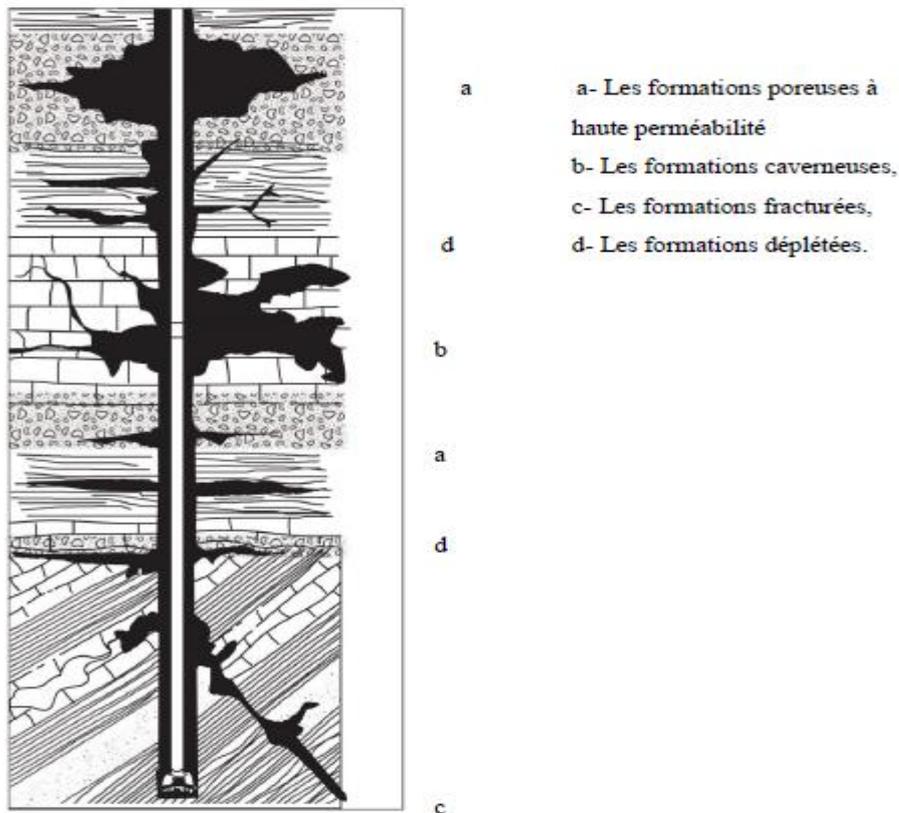


Fig III-3 : Différents type de formation.

### III-5-5 Causes diverses

#### III-5-5-1 Surpression et dépression dues aux manœuvres trop rapides

Suivant les articles qui regroupent 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 point.

#### III-5-5-2 Reprises brutales de pompe

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

#### III-5-5-3 Ré forage systématique avant ajout de tige

Cette pratique a pour effet immédiat de supprimer les pertes de charges normales liées au débit et les surpressions dues à la manœuvre rapide.

Pour conclure, nous disons que les pertes sont les conséquences de surpressions brutales (50% des cas) qui peuvent être évitées ou pour le moins minimisées.

La prise de conscience des valeurs possibles de ces surpressions et des méthodes qu'il convient de mettre en œuvre pour les réduire, constitue la meilleure approche d'une politique de prévention.

#### III-5-5-4 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.

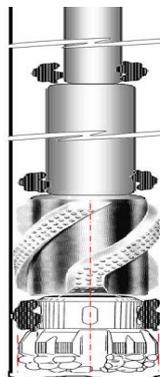


Fig III-4 : Formation de bouchon.

### III-5-5-5 Pose de tubage dans une formation à faible pression

Le choix du pose de tubage est très important et ce fait dans une formation à forte pression et consolidée ce qui nous a permis d'augmenter l'intervalle ECD au maximum pour ne pas fracturer au niveau du sabot.

### III-5-5-6 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 cutting, 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 à un 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.

### III-5-5-7 Grande vitesse d'avancement

Du fait que l'avancement sera trop rapide ce qui implique une grande quantité de cuttings dans la boue ce qui provoque une augmentation de densité dans l'espace annulaire qui signifie une pression de fond plus grande. Lorsque la pression de fond est proche de la pression de fracturation il faut maintenir la concentration des cuttings inférieure à 4%. [12]

## III-6 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.

### III-6 Précautions à prendre lors du forage des zones à perte :

- S'assurer que l'eau est disponible en quantité suffisante.
- Contrôler le forage (si possible) à raison d'un joint par heure.
- Se dégager du fond tous les 3 mètres de forage pour s'assurer d'un éventuel éboulement.
- Garder continuellement la tige en mouvement de translation (ramonage), pour faire remonter au maximum les cuttings.
- Garder une réserve de boue visqueuse prête à être pompée.
- Arrêter le forage et envisager de remonter en surface si des réparations s'avèrent de longue durée (exemple top drive, pompe de forage).
- Démarrer lentement les pompes et réduire au minimum la vitesse de descente de la garniture pour éviter le craquage de la formation.[13]

**III-7 Agents de colmatage dans la boue de forage :**

Ces produits appelés également LCM (Lost Circulation Matériel) sont ajoutés directement dans la boue.

Les LCM existent sous 4 formes :

- granulaires.
- lamellaires.
- fibreux.
- Gonflants.<sup>[15]</sup>

**III-7-1 Les Colmatants granulaires :**

De par leur forme anguleuse et leur répartition granulométrique, Ils agissent en bloquant en profondeur les fissures. Ils ont une grande résistance mécanique aux Pressions différentielles.

On emploie des produits durs et calibrés. Citons :

- les coquilles de noix.
- les noyaux d'abricots, cerise, olive, etc....

Les granulométries utilisées sont les suivantes

- Super  $\Phi$  : produit brut tout venant.
- Gros  $\Phi$  : de 1,6 à 5 mm.
- Moyen  $\Phi$  : de 0,5 à 1,6 mm.
- Fin  $\Phi$  : de 0,16 à 1,6 mm.

L'efficacité des colmatants granulaires dépend principalement de la distribution de La taille propre des particules. Avec les grandes particules se forme le premier colmatage contre ou à l'intérieur des vides ensuite avec les petites particules se colmate le vide entre les grandes particules.

**III-7-2 Les colmatants fibreux**

Les colmatants fibreux sont mieux utilisés pour contrôler les pertes dans des formations poreuses avec haute perméabilité car ils sont capables de former une trame sur l'ouverture de pore. Cette dernière réduit la taille des ouvertures de la formation et permet aux particules colloïdales dans la boue de se déposer en formant un cake. Les colmatants floconneux ont le même procédé que les colmatants fibreux, ce qui donne un meilleur résultat quand le traitement de perte est dans une formation poreuse et perméable. L'utilisation du mélange de colmatants granulaires, floconneux et fibreux est

efficace pour résoudre le problème de perte de circulation dans les différents types de zones à perte.

Le but des colmatants fibreux est de tisser une enveloppe autour des colmatants granulaires. Ces colmatants ont une faible résistance mécanique à l'extension (rupture des colmatants fibreux sous l'influence des pressions différentielles).

### Exemple

- les fibres de bois de canne à sucre
- les fibres de produits cellulosiques

### III-7-3 Les Colmatants lamellaires

Ils forment un colmatage surtout superficiel, ils sont en générale utilisés pour améliorer le colmatage réalisé par les colmatants granulaires et fibreux.

**Exemple :** les déchets de cellophane ou de mica

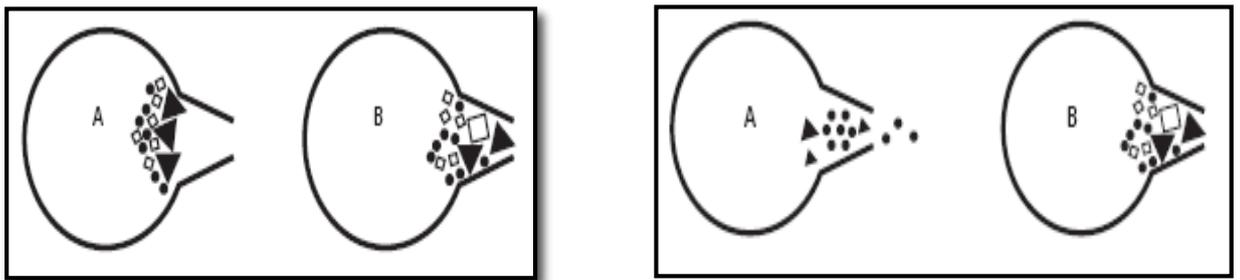


Fig III-5 : Type d'Action des agents colmatants .

### III-7-4 Colmatant gonflants

Forment une gelée très visqueuse - peuvent servir de support à un bouchon de ciment, ou forment un mélange plastique ou durcis sable.

Ils sont plus ou moins efficaces en fonction de la dimension des fractures. Ils forment deux types de colmatage :

- Face à la formation aux abords du puits.
- A l'intérieur de la formation.

Le deuxième type de colmatage est recherché car il est permanent et difficile à détruire par le mouvement de la garniture.

Les colmatants granulaires sont préférables car ils pénètrent aisément dans la formation.

### NB

- L'efficacité des colmatant granulaires dépend principalement de la distribution de la taille propre des particules. Avec les grandes particules se forme le premier colmatage contre ou à l'intérieur des vides ensuite avec les petites particules se colmate le vide entre les grandes particules.

Ce procédé continu jusqu'à ce que l'espace des vides devienne plus petit que la dimension des particules solides dans la boue, le problème devient finalement une filtration. Un mélange des grandes, moyennes et petites particules ou un mélange des grandes et petites particules sont souvent utilisées. Tels systèmes sont usuellement plus rentables avec un taux élevé de solide comme laitier de ciment.

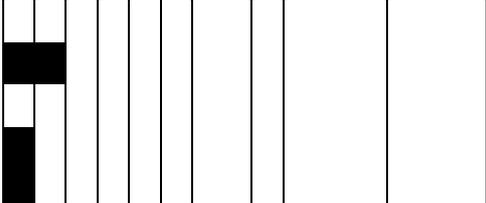
La taille moyenne des particules du colmatant utilisé devrait, être égale ou supérieur au 1/3 de la taille moyenne des pores. De plus la concentration minimale des solides du colmatant doit être égale à 5% par volume de solide dont après mixage.

- Les colmatant fibreux sont mieux utilisés pour contrôler les pertes dans les formations poreuses avec haute perméabilité car ils sont capables de former une trame sur l'ouverture de pore. Cette dernière réduit la taille des ouvertures de la formation et permet aux particules colloïdales dans la boue de se déposer en formant un cake.
- Les colmatant floconneux ont le même procédé que les colmatant fibreux, ce qui donne un meilleur résultat de traitement de perte dans une formation poreuse et perméable.

L'utilisation du mélange de colmatant granulaires, floconneux et fibreux est efficace pour résoudre le problème de perte de circulation dans les différents types de zones à perte. [14]

Tableau III-3 : Agents colmatant typiques : [13]

Agent colmatant	Type	Taille	Concentration (lb/bbl)	Largeur des fractures à colmater					
				0	0.04	0.08	.12	.16	0.2
Coquille de noix	Granulaire	50%--- 3/16+10 mesh	20	[Barre noire]					
		50%---10+100 mesh		[Barre blanche]					
Plastique	Granulaire	50%---10+100 mesh	20	[Barre noire]					
Calcaire	Granulaire	50%---10+100 mesh	40	[Barre noire]					
Soufre	Granulaire	50%---10+100 mesh	120	[Barre noire]					
Coquille de noix	Granulaire	50%---10+16 mesh	20	[Barre noire]					
		50%---30+100 mesh		[Barre blanche]					
Perlite expansé	Granulaire	50%--- 3/16+10 mesh	60	[Barre noire]					
		50%---10+100 mesh		[Barre blanche]					
Cellophane	Lamellaire	¾ in. écailles	8	[Barre noire]					
Sciure de bois	Fibreux	¼ in - particules	10	[Barre noire]					
Foin	Fibreux	½ in -fibres	10	[Barre noire]					
Ecorce	Fibreux	¾ in – fibres	10	[Barre noire]					
Ecorce de grain de coton	Granulaire	fines	10	[Barre noire]					
Foin	Fibreux	¾ in - particules	12	[Barre noire]					
Cellophane	Lamellaire	½ in - écailles	8	[Barre noire]					

Fibres de bois	Fibreux	¼ in – fibres	8	
Sciure de bois	Fibreux	1/16 in- particules	20	

### III-8 Procédures de mise en place pour les bouchons spéciaux

- Il est préférable de localiser la zone à perte.
- Si possible, forer tout l'intervalle de perte.
- Consulter le guide des produits LCM et choisir le bon colmatant selon les équipements de fond (outil, moteur, turbine...)
- Préparer 5 m<sup>3</sup> d'un bouchon désiré.
- S'assurer que la viscosité de la boue de base permettra la suspension du volume de LCM ajouté.
- Placer la garniture à +/- 30 m au-dessus de la zone à perte.
- Pomper dans la garniture de forage et placer dans la zone à perte.
- Si l'annulaire n'est pas plein, pomper de la boue dans l'annulaire tout en pompant le bouchon dans la garniture de forage.
- Lorsque l'annulaire est plein et le produit de colmatage est en place, appliquer 150 - 200 psi sur l'annulaire.

### III-9 Système de mélange

#### III-9-1 Système de mélange en surface

Le laitier de ciment pur est très efficace pour résoudre le problème de perte par filtration ou de faible débit de perte avec l'avantage de donner une contrainte de compression finale très élevée. Le laitier avec des filtrats limités peut être utilisé pour résoudre les pertes par filtration partielle ou totale. (Ce laitier contient un mélange d'argiles terre à diatomée et des colmatant). La taille des produits colmatant est augmentée avec la sévérité de la perte.

Le laitier de ciment de faible densité est utilisé généralement pour résoudre tous les problèmes de perte de circulation. L'avantage qu'il a de plus est de réduire la pression hydrostatique.

### III-9-2 Système de mélange au fond

Les systèmes mélangés au fond contiennent deux fluides ou plus qui en faisant contact dans le découvert en face des zones à pertes, forment un bouchon visqueux ou précipitant qui étanche la zone. Il est pratiquement nécessaire d'éviter le mélange des fluides jusqu'à ce qu'ils soient devant la zone à perte par pompage d'un spacer ou par pompage d'un fluide par la garniture pendant que l'autre fluide est simultanément pompé par l'annulaire.

Ces systèmes ne conviennent pas avec les pertes totales où le taux de déplacement actuel n'est pas connu, du fait de la difficulté de contrôler le mélange des fluides. Pour les pertes partielles, en utilisant un bouchon boue « diesel-oil bentonite » (M-DOB) à la place des LCMS.

Les bouchons M-DOB sont d'une combinaison d'huile et de bentonite. Ces mélanges sont appelés « gust plugs ».

Quand ce mélange se met en contact avec l'eau ou avec une boue à base d'eau, une masse avec un gel élevé est formée. Des bouchons tendres, moyens ou durs peuvent être formés en contrôlant les propriétés des composants. Le laitier de D.O.B est pompé à travers les tiges et la boue par l'annulaire.

Les inconvénients des bouchons M-DOB sont :

- dégradation avec le temps,
- difficiles à appliquer pour les grands intervalles,
- Impossible d'atteindre le taux de pompage réel par l'annulaire donc le degré de mélange ne peut être contrôlé quand la perte est très sévère,
- Aucune contrainte de compression n'est développée.

Pour augmenter la contrainte du gel des bouchons M-DOB en mélangeant un polymère soluble dans l'eau avec la bentonite dans l'huile. Au contact de l'eau, le polymère s'hydrate et l'argile gonfle pour former un bouchon de dureté permanente comme du ciment. [14]

# **Chapitre IV**

*Etude de cas.*

**IV-1 Introduction :**

Dans ce travail, nous avons fait une étude que dans le champ de Hassi R'mel sur le problème de pertes de circulation rencontré pendant l'opération de forage dans la phase 12<sup>1/4</sup> dans le puits HRC072 et un autre puits de HRI037 dans Casing 9<sup>5/8</sup> pendant l'opération de work-over.

Le puits HRC-72 a été foré en quatre (04) phases, traversant une série de dépôts de 2233m (Voir le profil technique du puits).

**IV-2 Etude du puits HRC072**

**IV-2-1 But du sondage**

Le forage HRC072 a pour objectif d'augmenté la production dans le boosting centre et de récupérer le maximum de condensât.

**IV-2-2 Objectif du sondage**

L'objectif principal ciblé dans ce puits est le réservoir Trias-Argilo-Gréseux (A, B et C).

**IV-2-3 Appareil de forage utilise**

L'appareil utilise dans le puits HRC072 est ENF51.

**IV-2-4 Description de l'appareil de forage [16]**

ENF-51 : est un appareil de forage désigné pour forer ce puits. Il est du type BENTEC, La hauteur de la table de rotation est de 9.18m par rapport au sol.

**IV-2-5 Les équipements utilisés**

Les équipements utilisé dans l'appareil ENF51 sont détaillées comme se suit :

**Tableau IV-1 : Les caractéristiques des équipements : [16]**

<b>Equipement</b>	<b>Caractéristiques</b>
<b>Mat :</b>	Type : MDL-750-142-30 . Serial : 0037 Static hook load capacity: 375T Diamètre tiges: DP 5", DP 3.5"
<b>Substructure</b>	Constructeur: BENTEC Serial : SSU-750-450-30 Max rotary load of set back : 375T Max pipe set back load of rotary load: 375T Rigfloor élévation : 9.15m
<b>Treuil</b>	Marque: BENTEC

	Type : DW-E-1500-DC-1 3/8 Puissance: 1500 HP Tambour : 18'' Câble de forage: 1 3/8 '' Nombre de spires: 50 Nombre de lignes : 04
<b>Top Drive</b>	Fabricant : BENTEC Type : TD-500-HT Serial n° : 0079 Working pressure: 500 bar
<b>Moufle Mobile</b>	Marque : TB-500-6-60-1 3/8 Capacité : 500T Maître d'œuvre : SH/EXPLORATION Forage : ENAFOR Boue de forage : BASP Cimentation : SCHLUMBERGER Opérations Electriques : BAKER HUGHES
<b>Moufle Fixe</b>	Constructeur : BENTEC Max ratedstatichookload : 500T
<b>Câble De Forage</b>	Diamètre : 35mm Charge de rupture effective :
<b>Crochet :</b>	Marque : BENTEC Type : HH-500 Capacité: 500T
<b>Table De Rotation</b>	Marque : BENTEC Type : RDF-375-490-VAR-350-37.3 Staticload rating: 350 t/m Diamètre: 37 ½
<b>Pompes à boue</b>	Nombre:2 Marque:BENTEC Type:E-160012-P-160. Puissanced'entrée:1200KW,1415A Rendement : 98%

**IV-2-6 Etude les pertes de circulation au cours de forage (puits HRC72)****IV-2-6-1 La phase 26''**

Le forage a commencé par la descente de l'outil N°01, Hughes de type GTXC03, portant le numéro de série 5261971, dusé en  $(3*18+1*16)/32''$ , et qui fora l'intervalle de 14m à 34m, avec un avancement moyen de 1.31m/h. Il fut remonté suite à une perte totale à cette dernière cote.

- Un ensemble de tige nues DP 5'' fut descendu au fond en vue de poser un bouchon colmatant de ciment.
- Le même outil N°01RR1, fut redescendu pour continuer le forage dans la formation de 34m à 46m, avec un avancement moyen de 3.26m/h. Il fut remonté en surface suite à une perte totale
- Une colonne de tiges nues fut descendue pour poser le 2ème bouchon colmatant de ciment.
- L'outil précédent N°01RR2, fut redescendu pour continuer le forage dans la formation de 46m à 49m, avec un avancement moyen de 1.48m/h. Il fut remonté en surface suite à une perte totale
- Une colonne de tiges nues fut descendue pour poser le 3ème bouchon colmatant de ciment.
- L'outil N°01RR3, fut redescendu pour continuer le forage dans la formation de 49m à 51m, avec un avancement moyen de 1.06m/h. Il fut remonté en surface suite à une perte totale à 51m.
- Une colonne de tiges nues fut descendue pour poser le 4ème bouchon colmatant de ciment.
- L'outil N°01RR4, fut redescendu pour continuer le forage dans la formation de 51m à 53m, avec un avancement moyen de 2.50m/h. Il fut remonté en surface suite à une perte totale à cette dernière cote.
- L'outil N°01RR5, fut redescendu pour continuer le forage dans la formation de 53m à 65m, avec un avancement moyen de 2.71m/h. Il fut remonté en surface en vue d'ajouter les stabilisateurs dans la garniture de forage.
- L'outil N°01RR6, fut redescendu pour continuer le forage dans la formation de 65m à 367m, avec un avancement de 5.77m/h. Il fut remonté en surface, suite au bourrage de l'outil et les deux stabilisateurs.

- Une fois le nettoyage de l’outil et des stabilisateurs achevé, le même outil N°01RR7, fut descendu pour continuer le forage dans la formation de 367m à 376m, avec un avancement moyen de 0.75m/h. l’outil fut remonté en surface.
- L’usure de l’outil était de : 1-2-WT-C-E-I-BU-TD.
- Une colonne de tubage 18’’<sup>5</sup>/<sub>8</sub> (87.5# K55 BTC) composée de 33 joints fut descendue à 375m puis cimentée sans incident.

**Tableau IV-2 : Paramètres de boue :**

Type	MW(sg)	PV(cp)	YP	(sec) FV	Solides (%)	Eau (%)
Bentonitique.	1.05	10-11	50-52	74-76	2	98

**IV-2-6-2 La phase 16''**

Elle a été entamée par la descente de l’outil N°02, NOV de type TFF913S, usé en 9\*12/32’’. Il reforta le ciment et le sabot 18’’<sup>5</sup>/<sub>8</sub> de 372m à 376m, puis il continua le forage dans la formation de 376m à 1715m, avec un avancement moyen de 12.61m/h. il fut remonté en surface, avec Back-Reaming sur quelques intervalles.

Des opérations électriques ont été effectuées par la compagnie BAKER HUGHES à savoir :

- 1st Run: GR+ SONIC +CALIPER + ORIT.
- 2nd Run: GR + DENSITY.
- VSP.

Un contrôle de trou fut effectué avant le VSP.

Des travaux et un test de BOP sont réalisés à la fin de cette phase avec succès.

**Tableau IV-3 : Paramètres de boue :**

Type	MW(sg)	PV(cp)	YP	(sec) FV	Filtrat	Solides %	H/E
OBM Invermull	1.02	12-14	14-21	44-57	9-10	6-7	73/27-80/20

Une colonne de tubage 13’’<sup>3</sup>/<sub>8</sub> (68# N80 BTC), composée de 134 joints fut descendue à 1714m puis cimentée (Voir le rapport de tubages et cimentations).

### IV-2-6-3 La phase 12" ¼

- Elle a été débutée par la descente de l'outil N°03, dusé en 9\*18/32" pour reforer le ciment et les équipements du tubage 13" 3/8 de 1686m à 1715m, en même temps la boue OBM de 1.01sg de densité fut remplacée par une autre de 1.54sg, puis l'outil continua le forage 1m dans la formation de 1715m à 1716m, en vue de faire un SBT comme suit :  
Pt = 750 Psi & Pst = 740Psi ; Vp = 2.5 bbl & Vrt = 2.4bbl (96 %).
- Ensuite il a continué le forage de 1716m à 2127m (TD), avec un avancement moyen de 19.59m/h. Notant bien qu'à la cote 2021m un coincement de la garniture fut enregistré, et après battage et travail de la garniture et aussi augmentation de la densité de 1.54sg à 1.58sg, la garniture fut libérée.  
Avant de remonter l'outil en surface librement un test d'intégrité de formation (F.I.T) fut effectué positivement en donnant les résultats suivants :  
\* D eqv=1.75sg .  
\* Pt= 580psi, Ps= 570psi // Vp= 2.6bbl & Vr= 2.5 bbl (96%).
- Des opérations électriques ont été effectuées par la compagnie BAKER HUGHES à savoir : GR – SONIC – CAL – CBL – VDL – CC dans la 1<sup>ère</sup> descente et GR – DENSITY dans la 2<sup>ème</sup>.
- Vue les résultats de la diagraphie, une décision a été prise de continuer le forage en descendant l'outil précédent N°03RR, pour forer de 2127m à 2137m, avec un avancement moyen de 7.69m/h. notant aussi qu'au cours de la circulation géologique, une perte totale de la boue a été enregistrée, à cet effet l'outil fut remonté à la cote 1938m, avec un tirage et coincement de la garniture à la cote 2086m.
- Puis devenu libre après battage et travail de la garniture, l'outil a continué la remontée avec reforage vers le haut et sans retour de la boue jusqu'à 1938m. A cette cote, une autre décision a été prise de redescendre l'outil en vue de colmater la perte par un bouchon LCM mais en arrivant à la cote 2098m le retour de la boue au lieu avec en même temps l'augmentation brusque de débit de sortie, suivi par un pourcentage de total gaz allant de 9% indiquant doute une venue de gaz.

- Suivie par la fermeture du puits, puis une observation de l'évolution de la pression (Pt & Pa dont les valeurs maximums ont atteint sont Pt= 350PSI, Pa= 100PSI).
- Une colonne de tubage 9''<sup>5</sup>/<sub>8</sub> (47# P110 N.VAM), composée de 159 joints fut descendue à 2131m puis cimentée sans incidents

**Tableau IV-4 : Paramètres de boue :**

Type	PV(cp)	YP	(sec) FV	Filtrat	Solides %	H/E
OBM Invermull	18-20	8-12	53-56	10	22-23	82/18- 86/14

**IV-6-2-4 La phase 8'' ½**

Elle a été débutée par la descente de l'outil N°04, dusé en 7\*12/32'', pour toper et reforer le ciment et les équipements de 2104m à 2130m, après une circulation au fond l'outil fut remonté en surface.

- Un Scaper 9''<sup>5</sup>/<sub>8</sub> fut descendu pour scraper l'intervalle 1500m à 2103m en vue de réaliser l'opération électrique SBT.
- Vue les difficultés de diagraphie dans le tubage, une décision a été prise de redescendre le même scraper 9''<sup>5</sup>/<sub>8</sub> avec la BHA précédente afin de scraper de nouveau le tubage de surface à 400m.
- Les opérations électriques ont été effectuées par la compagnie BAKER HUGHES à savoir : SBT dans une seule descente.
- L'outil N°04RR, fut redescendu, où la boue OBM de 1.58sg de densité fut remplacée par une autre de 1.18sg, pendant le reforage du ciment de 2130m à 2137m, une circulation à travers le Poor Boy a été effectuée pour évacuer un bouchon de gaz de 18%, puis il continua le forage dans la formation de 2137m à 2139m, avec un avancement moyen de 7.14m/h. l'outil fut remonté en surface en vue de descendre le carottier.
- L'outil N°05 tricônes Open, de type DT4GMRS, portant le numéro de série 1495297 fut descendu avec la BHA précédente et un Junk Basket. L'outil continua le forage dans la formation de 2140m à 2141m, avec un avancement

de 0.60m/h. après une circulation de 02heures l’outil fut remonté en surface afin de récupérer les Junk basket (1.20kg).

- L’outil N°06RR, de type DSF713M, portant le numéro de série : E234887, dusé en 7\*12/32’, fut descendu pour continuer le forage de 2224m à 2233m (TD), avec un avancement moyen de 0.83m/h. Il fut remonté librement jusqu’en surface.
- Le même outil précédent fut redescendu pour un contrôle de trou après Logging, ensuite il fut remonté librement jusqu’en surface.
- Une colonne de Liner 7’’ (32# P110. N.VAM), 25 joints fut descendue à 2232m, puis cimentée sans incidents (Top Liner à 1924m),

**Tableau IV-5 : Paramètres de boue :**

Type	PV(cp)	YP	(sec) FV	Filtrat	Solides %	H/E
OBM Invermull	17	10	47-56	7	12	90/10

**IV-2-7 Etat final du puits (Forage – Tubage et Cimentation)**

**IV-2-7-1 PHASE 26" (De 0m à 376m)**

- **Forage** : en boue à base d’eau, densité 1.05, viscosité 74 ; Mf=0.30.
- **Tubage** : Descente tubage 18’’5/8, 87.5# K55 BTC (32joints).  
Le sabot posé à la cote 375m, Néocomien.
- **Cimentation** : pompage de 06m<sup>3</sup> d’eau et 68.85 m<sup>3</sup> de ciment lead slurry d=1.58 suivi par pompage de 23.25 m<sup>3</sup> de ciment tailslurry d=1.90.
- Déplacé le ciment avec 2.8m<sup>3</sup>d’eau.

**IV-2-7-2 PHASE 16" (De 376m à 1715m)**

- **Forage** : Boue OBM, densité 1.02, viscosité 44 ,Mf :0.3.
- **Tubage** : Descente tubage 13’’3/8, N80 ; 68# BTC (134joints).  
Le sabot posé à la cote 1714m, Lias Anhydrite.

- **Cimentation** : Pompage 06 m<sup>3</sup> de spacer d=1.15 suivi par mixage et pompage de 65.48 m<sup>3</sup> de ciment lead slurry d=1.3 et 10.37 m<sup>3</sup> de ciment tailslurry d=1.90 + 01 m<sup>3</sup> de spacer d=1.15.
- Ciment déplacé avec 129 m<sup>3</sup> de boue.
  - Perte de 21 m<sup>3</sup> durant le déplacement
  - Retour de 03 m<sup>3</sup> de boue contaminé avec spacer plus 04 m<sup>3</sup> de spacer

### IV-2-7-3 PHASE 12" 1/4 : (De 1715m à 2137m)

- **Forage** : boue OBM, densité 1.56, viscosité 56 .
- **Tubage** : Descente tubage 9" 5/8 47# P110 N.VAM (159 joints).  
Le sabot posé à la cote 2132m.
- **Cimentation** : pompage de 6 m<sup>3</sup> de spacer d=1.7, suivi 22.08 m<sup>3</sup> de ciment slurry d=1.9, 1 m<sup>3</sup> de spacer d=1.7 .  
Ciment déplacé avec 79.63 m<sup>3</sup> de boue

### IV-2-7-4 PHASE 8" 1/2 : (2137m à 2233m)

- Forage en 8" 1/2 de 2137m à 2233m en boue OBM (d=1.18 ; V=47).
- Carotte n°1 (de 2139m à 2140m)
- Carotte n°2 (de 2142m à 2156m)
- Carotte n°3 (de 2156m à 2176m)
- Carotte n°4 (de 2176m à 2193m)
- Carotte n°5 (de 2193m à 2218m)
- Carotte n°6 (de 2218m à 2224m)

Descente du Liner 7" CSG 29# P110 N.VAM (25 joints).

- Top liner 7" à 1924m .
- Bottom liner 7" à 2232 m.
- Landing collar à 2208m.

**Cimentation** : Pompage de 05 m<sup>3</sup> de spacer d=1.3, suivi par 7.51 m<sup>3</sup> de slurry d=1.90 sg.

- Chassé avec 1 m<sup>3</sup> de spacer + 3.46 m<sup>3</sup> de boue + 1.5 m<sup>3</sup> de spacer + 16.65 de boue.

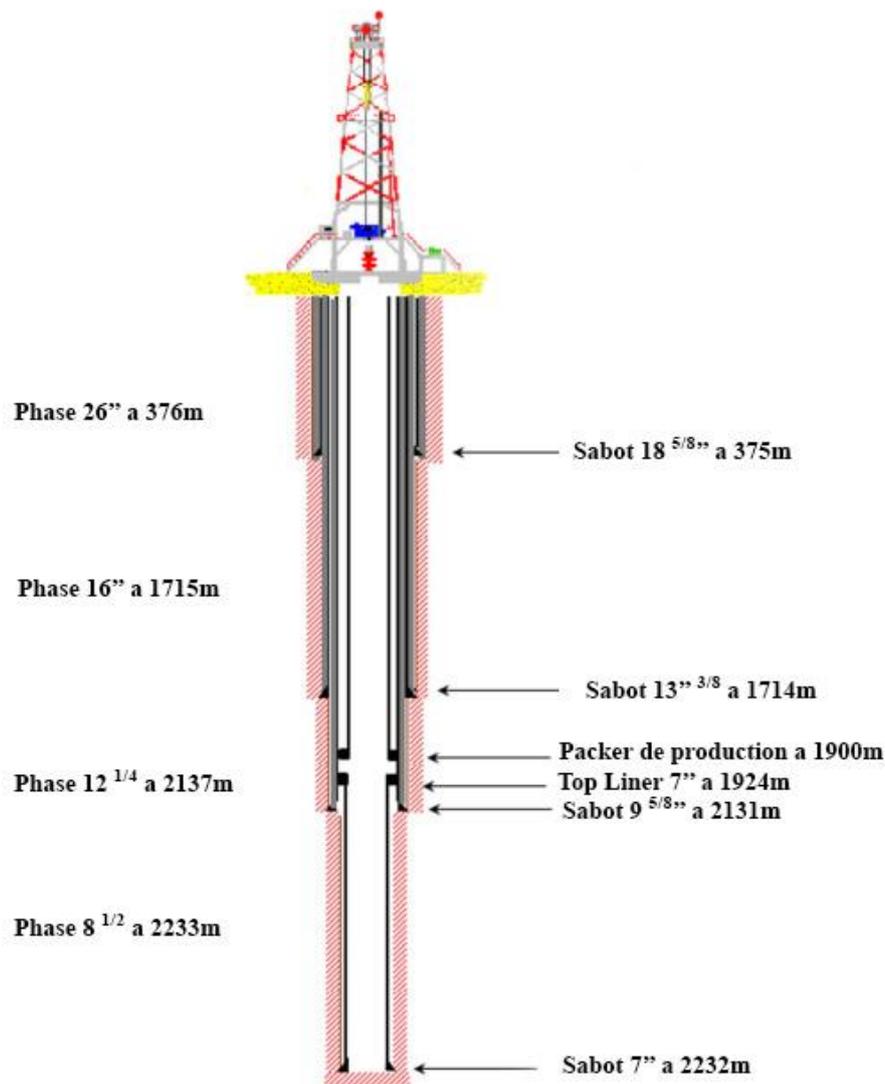


Fig IV-1 Profile technique de puits HRC072.

#### IV-2-8 Perte de circulation au niveau de puits HRC072 Dans la phase 12 1/4"

Dans la phase 12 1/4" a l'intervalle 2127m à 2137m les personnels du chantier remarquent une perte totale (pas de retour de la boue).

#### IV-2-9 Données sur puits HRC072 dans la phase 12 1/4"

- Densité  $d = 1.56$
- Yield point = 12 lb /100 ft<sup>2</sup>
- Type de boue: OBM .
- Profondeur totale de la phase 12 1/4" = 2137 m.
- Diamètre de forage :  $D = 12 \frac{1}{4}"$  .

- Volume de spacer1 :  $V_{s1} = 6 \text{ m}^3$  (  $d = 1.70 \text{ sg}$  )
- Volume de spacer 2 :  $V_{s2} = 1 \text{ m}^3$  (  $d = 1.70 \text{ sg}$  )
- Volume de ciment :  $V_c = 22.08 \text{ m}^3$  (  $d = 1.90$  )

**IV-2-10 Les remèdes et les procédures utilisés**

Les procédures utilisées comme remède pour ces problèmes sont :

Mise en place d'un bouchon de ciment : Pour poser un bouchon de ciment dans notre cas on doit suivre les étapes suivantes :

- Remonter la garniture de forage.
- descendre les tiges nues.
- Pompage spacer de  $06 \text{ m}^3$   $d = 1.70 \text{ sg}$ .
- Mixage et Pompage de  $22.08 \text{ m}^3$  de laitier  $d = 1.90 \text{ sg}$ .
- Pompage de  $01 \text{ m}^3$  de spacer  $d = 1.70 \text{ sg}$
- Chasse ciment avec de boue OBM de densité  $1.56 \text{ sg}$ .
- Remonter les tiges nues.
- attente prise de ciment.
- Reforage de ciment.

**IV-2-11 Calculs du bouchon de ciment**

**IV-2-11-1 Calcul de la masse de ciment**

On a la relation :  $d_c = \frac{M_c}{V_c}$  ..... IV .1

Alors :  $M_c = d_c \times V_c$

Mais  $V_c = 22.8 \text{ m}^3 = 22800 \text{ L}$ .

Donc :  $M_c = 1.9 \times 22800 = 43320 \text{ kg}$ .

$M_c = 43.32 \text{ Tonnes}$ .

Tell que :

$d_c$  : densité de bouchon de ciment

$V_c$  : volume de bouchon de ciment

$M_c$  : la masse de ciment.

**IV-2-11-2 Calcul du volume d'eau de gâchage**

Volume d'eau de gâchage = **44.2L** pour **100 kg** du masse de ciment

(d'après le formulaire ) .....IV .2

c.-à-d.: Volume d'eau de gâchage égale à :  $\frac{44.2 \text{ L} \times 43320 \text{ kg}}{100\text{Kg}}$ .

Veg = 19147.44 Litres .

Tell que Veg : volume d'eau de gâchage.

**IV-2-11-3 Calcul de la hauteur de ciment**

Vc int + Vc ea = Vc.....IV .3

( Hc x V Linéaire DP5" ) +( Hc x V linéaire ea ) = Vc

$$Hc = \frac{Vc}{V_{\text{linéaire DP 5''}} + V_{\text{linéaire ea}}}$$

$$Hc = \frac{22800 \text{ L}}{(9.05+62.84) \text{ l/m}}$$

HC =317.15 m.

**Tell que**

Vcint : Volume de ciment à l'intérieur de la tige .

Vcea : Volume de ciment dans (Drill Pipe 5" – Espace annulaire **12 ¼"**).

Hc :Hauteur de ciment .

Vc: volume de ciment .

V Linéaire DP: Volume linéaire de la tige Drill Pipe 5".

V linéaire ea : Volume linéaire (Drill Pipe 5" – Espace annulaire **12 ¼"**).

D'après le tableau des volumes :

Volume linéaire de la tige Drill Pipe 5" =9.05 l/m .

Volume linéaire (Drill Pipe 5" – Espace annulaire **12 ¼"**) = 62.84 l/m.

Volume acier DP5"= 4.15 l/m.

**IV-2-11-4 Calcul de la hauteur de spacer**

Vs1 + Vs 2 =Vs.....IV.4

(Hs xV Linéaire DP5" ) +( Hs x V linéaire ea ) =Vs

$$Hs = \frac{Vs}{V_{\text{Linéaire DP5''}} + V_{\text{linéaire ea}}}$$

$$AN : Hs = \frac{7000}{9.05+62.84}$$

Hs=97.37 m.

**Tell que**

V Linéaire DP5"=9.05 l/m.

V linéaire ea=62.84m<sup>3</sup>

Vs<sub>1</sub>: Volume de spacer1 = 6 m<sup>3</sup> ( d =1.70 sg) .

Vs<sub>2</sub> : Volume de spacer 2 = 1 m<sup>3</sup> (d= 1.70 sg).

Vs : volume totale de spacer =7 m<sup>3</sup>.

Hs: la hauteur de spacer.

**IV-2-11-5 Calcul de la hauteur de la boue de chasse**

**On** : H total = Hc + Hs + H boue de chasse.....IV

.5

**Donc** : H boue de chasse= H total -(Hc +Hs ).

**AN** : H boue de chasse= 2137-(317.15+97.37 ).

H boue de chasse= 1722.48 m.

**Tell que :**

H totale : profondeur totale de la phase12 ¼" = 2137 m.

Hs : la hauteur du spacer .

Hc :la hauteur de ciment .

**IV-2-11-6Calcul du volume de boue de chasse**

**Ona**

V boue de chasse = Hb x V Linéaire DP5" .....IV

.6

**AN** : Vboue de chasse =1722.48 ×9.05

Vboue de chasse =15588.44 L .

Vboue de chasse = 15.59 m<sup>3</sup> .

**Tell que**

Hb:la hauteur de boue de chasse.

**IV-2-11-7 Calcul de la masse de ciment (poudre)**

D'après le formulaire du foreur on a : Volume de laitier = 75.8 l pour 100 kg de ciment

.....IV.7

**AN** :  $M_{cp} = \frac{22800 \times 100}{75.8}$

Mcp =30079.16 Kg .

Mcp =30.08 Tonnes.

**Tell que :**

Mcp : la masse de ciment (poudre).

**NB :** Tous les calculs pour la phase 12" ¼ .

**Tableau IV-6 :** Rapport de cimentation :

<b>Phases</b>	<b>Bouchon</b>	<b>Formation</b>	<b>Les opérations</b>
<b>Phase 26"</b>	N° 01	Sénonien +Turonien	-Descente tige nue à 34m. -Montage tête et lignes de cimentation -Mixage et pompage de 07m <sup>3</sup> du ciment de densité d=1.58sg. -Chasse le ciment par 0.5m <sup>3</sup> d'eau . * Pas de retour après la purge. -Remontée de tige nue de 34m à la surface.
	N° 02	Turonien	-Descente tige nue à 46m. -Montage tête et lignes de cimentation -Mixage et pompage de 08m <sup>3</sup> du ciment de densité d=1.58sg. -Chasse le ciment par 0.7m <sup>3</sup> d'eau par l'unité de cimentation. * Pas de retour après la purge.
	N° 03	Turonien	-Descente tige nue à 49m. -Montage tête et lignes de cimentation -Mixage et pompage de 08m <sup>3</sup> du ciment de densité d=1.58sg. -Chasse le ciment par 0.7m <sup>3</sup> d'eau par l'unité de cimentation. * Pas de retour après la purge. Remontée de tige nue de 49m à la surface
	N° 04	Turonien	-Descente tige nue à 40m. -Montage tête et lignes de cimentation -Mixage et pompage de 12m <sup>3</sup> du ciment de densité d=1.58sg. -Chasse le ciment par 0.6m <sup>3</sup> d'eau par l'unité de

			<p>cimentation.</p> <p>* Pas de retour après la purge.</p>
	N° : 05	Turonien	<p>-Descente tige nue à 40m.</p> <p>- Montage tête et lignes de cimentation</p> <p>- Mixage et pompage de 15m<sup>3</sup> du ciment de densité d=1.58sg.</p> <p>- Chasse le ciment par 0.7m<sup>3</sup> d'eau par l'unité de cimentation.</p> <p>* Pas de retour après la purge.</p>
	N° : 06	Turonien	<p>- Descente tige nue à 15m.</p> <p>-Montage tête et lignes de cimentation</p> <p>- Mixage et pompage de 15m<sup>3</sup> du ciment de densité d=1.58sg.</p> <p>- Chasse le ciment par 0.7m<sup>3</sup> d'eau par l'unité de cimentation.</p> <p>* Pas de retour après la purge.</p> <p>Remontée de tige nue de 15m à la surface</p>
	N° : 07	Turonien	<p>- Descente tige nue à 15m.</p> <p>-Montage tête et lignes de cimentation</p> <p>- Mixage et pompage de 15m<sup>3</sup> du ciment de densité d=1.58sg.</p> <p>- Chasse le ciment par 0.7m<sup>3</sup> d'eau par l'unité de cimentation.</p>
	N° : 08		<p>- Descente tige nue à 40m.</p> <p>-Montage tête et lignes de cimentation</p> <p>- Mixage et pompage de 12m<sup>3</sup> du ciment de densité d=1.58sg.</p> <p>- Chasse le ciment par 0.6m<sup>3</sup> d'eau par l'unité de cimentation.</p>
<b>Phase 16"</b>	N° 01	Lias	<p>-Test de la ligne de cimentation à 5000psi.</p> <p>-Circulation avant cimentation pendant 3h</p> <p>Q= 1200 l/mn P=360psi.</p> <p>-Pompage 06 m<sup>3</sup> de spacer d=1.15</p>

			<p>-Mixage et pompage de 65.48m<sup>3</sup> de laitier de tête d=1.30sg + 10.37m<sup>3</sup> de laitier de queue d=1.90sg.</p> <p>- Pompage de 01 m<sup>3</sup> de spacer par l'unité de cimentation.</p> <p>* Pas de perte après pompage de ciment</p> <p>Chasse ciment avec 129m<sup>3</sup> de boue à l'huile de densité 1.02sg par les pompes de forage.</p>
<b>Phase 12''¼</b>	Bouchon colmatant en balance	TriasA0 (partiel)	<p>-Test de la ligne de cimentation de 4000psi.</p> <p>-Circulation Q= 700 lpm, Pr= 300psi – Pas de perte.</p> <p>-Pompage spacer 06 m3 d= 1.70 sg.</p> <p>-Largage bouchon inférieur.</p> <p>-Mixage et Pompage de 22.08 m<sup>3</sup> de laitier d= 1.90sg.</p> <p>-Largage bouchon supérieur.</p> <p>-Pompage de 01 m<sup>3</sup> de spacer d=1.70sg</p> <p>*Pas de perte de boue pendant le pompage du ciment</p>
<b>Phase 8''1/2</b>	N°01	Trias	<p>- Circulation, Q=600lpm, SPP=150psi.</p> <p>- Ajustage colonne a 2232m</p> <p>- Test de la ligne de cimentation à 5000 psi.</p> <p>- Montage tête et ligne de cimentation</p> <p>- Ancrage mécanique du packer</p> <p>- Circulation, Q=1000lpm, SPP=350psi.</p> <p>- Pompage de 7.51m3 de laitier d=1.90sg.</p> <p>- Chasse ciment avec :1m<sup>3</sup> spacer + 3.46m<sup>3</sup> OBM d= 1,18sg +1.5m<sup>3</sup> spacer +16.65m<sup>3</sup> OBM d= 1,18sg.</p> <p>- Le 1er a coup après pompage 17m<sup>3</sup> avec 1700psi.</p> <p>Pas de 2ème a coup après déplacement.</p>

**IV-2-12 Les procédures de SONATRACH pour remède ces problèmes de pertes**

Poser un bouchon de ciment selon les étapes suivantes :

1-Remonter la garniture de forage jusqu'à l'intérieur du tubage et essayer de regagner le retour, dans le cas où pas de retour, continuer la remonter jusqu'à la surface et stocker la garniture de forage ;

2-Descendre des tiges nues (openended), descendre au fond et ne pas oublier de descendre en circulation les deux derniers joints même s'il n'y a pas de retour ;

3-Mixer et pomper 25 m<sup>3</sup> de ciment, déplacer et le poser à l'équilibre (entre l'intérieur des tiges et l'espace annulaire) ;

4-Remonter en surface et attendre pour la prise de ciment (généralement 24 heures) ;

5-Essayer de remplir le puits pour regagner le retour ;

A- si le puits est toujours plein après l'arrêt des pompes, descendre avec la garniture de forage pour réferer le ciment, dans le cas où le retour est regagné après ré forage du ciment continuer le forage, si le retour est perdu encore une fois, répéter les opérations 2 et 5.

B- si le puits ne se remplit pas :

1- Descendre avec les tiges nues et ne pas oublier de commencer la circulation depuis le top théorique du ciment ; répéter les opérations 3et 5 ;

2- Si les tiges n'arrivent pas a atteindre le fond avec circulation, une décision sera prise si on refore ou non le ciment avant de pomper un 2ème bouchon. [18]

**IV-3 Etude du puits HRI37**

**IV-3-1 Information générales sur le puits HRI037**

Ce tableau représente des informations sur le puits HRI037 :

**Tableau IV-7** : les informations générales sur le puits HRI037 [02]

<b>Société</b>	SONATRACH	<b>Fond Sondeur</b>	2290
<b>Pays</b>	ALG	<b>Puits Dévié</b>	Oui
<b>Wilaya</b>	LAGHOUAT, 03	<b>Champs</b>	HASSI RMEL
<b>Appareil</b>	ENF 03	<b>Objectif</b>	GAZ
<b>Date Début WO</b>	26/01/2019	<b>Statut Actuel</b>	INJECTEUR-GAZ
<b>Date Fin WO</b>	25/04/2019	<b>Complété</b>	OUI
<b>Z_Table</b>	772.25	<b>Mise en service</b>	10/02/1981
<b>Z Sol</b>	765.6	<b>Relié</b>	SCN
<b>Fond Diagraphique</b>	2290	<b>Zone</b>	NORD

**IV-3-2 Le but de work-over**

Changement équipement de fond et de surface pour augmenter la production.

**IV-3-3 Des données sur la boue pendant la perte**

- Densité  $d = 1.41$
- Yield point = 24 lb /100 ft<sup>2</sup>.
- Epaisseur de Cake = 0.5
- Boue = BSS.

**IV-3-4 Perte de circulation au niveau de puits HRI037 (work-over)**

Durant le fraisage de Packer de à 2069,25 m on a remarqué une perte de 25 m<sup>3</sup> de boue sans retour (perte totale).

**IV-3-5 Programme de Cimentation**

- Descente garniture de 2050 m DP 3'' ½ et de 150 m DP 2''3/8 au Top bouchon visqueux de 78 m ;2203 m
- Pompage laitier de ciment (Neat Slurry),  $d = 1.90$
- Attente prise ciment.

- Toper ciment et Reforage au top fond à 2275.

**IV-3-6 Les procédures et les opérations utilisées**

Le fraisage du packer crée une fuite dans le tubage qu'est provoquée une perte de circulation, pour arrêter cette dernière dans notre cas on doit suivre les étapes de tableau suivantes :

**Tableau IV-8 : les procédures et les opérations utilisées pour arrêter les pertes**

Day	boue			Les opérations
	Base	Densité	Volume perdu	
60	BSS	1.41	25	Fraisage Packer à 2069,25 m Pompage bouchon colmatant
61	BSS	1.41	90	Pompage 15 m <sup>3</sup> de boue d=1,40 sans retour Pompage 75 m <sup>3</sup> de boue d=1,30 sans retour
62	EAU	1	91	Pompage 10 m <sup>3</sup> du bouchon colmatant
63	OBM	0.94	82	Pompage 82 m <sup>3</sup> de boue d= 0,94 sans retour
64	OBM	0.94	30	Pompage bouchon colmatant soit 30 m <sup>3</sup> sans retour
65	OBM	0.87	18	Pompage du bouchon colmatant soit 18 m <sup>3</sup>
66	OBM	0.87	50	Pompage 27 m <sup>3</sup> de l'eau douce (Retour après pompage de 14 m <sup>3</sup> et perdre retour à 20 m <sup>3</sup> ) Pompage 25 m <sup>3</sup> de l'eau douce (sans retour) Pompage 18 m <sup>3</sup> du bouchon colmatant
67	GasOil	0.87	27	Pompage 14 m <sup>3</sup> du bouchon colmatant (Retour à 100%) Pompage 112 m <sup>3</sup> de GasOil Circulation (pas de perte en dynamique)
68	GasOil	0.87	27	Remontée Milling Tool 8" <sup>9/32</sup> x 6" <sup>13/32</sup> Descente Packer de test 9" <sup>5/8</sup> en cours
69	GasOil	0.87	1	Localisation fuite au niveau du Packer (test dessus de 2067,7 m à 2000 psi, OK) Descente tiges nues 5" à 2068 m
70	GasOil	0.86	1	Pompage 07 m <sup>3</sup> de colmatant + 30 m <sup>3</sup> de ciment d= 1,60, chassé par 9,17 m <sup>3</sup> de Gasoil, fermeture de Pipe Rams et squeeze avec 9 m <sup>3</sup> de GasOil
71	GasOil	0.88	1	Reforage ciment de 2033,70 à 2069,10 m Top Packer.

**IV-3-7 Programme de pompage d'un bouchon de ciment****IV-3-7-1 Objectif**

Pompage d'un bouchon de ciment en vue d'arrêter les pertes de circulation.

**IV-3-7-2 Les Données de bouchon**

Fond : Packer de production à 2069.25 m.

Casing: 9"5/8 – 47 lb/ft.

Boue : eau claire  $d=1.00$

Fluide de chasse : eau  $d=1.00$

Volume de bouchon de ciment :  $30 \text{ m}^3$ .

Top Liner 7" 29 lbs/ft – N80: 2095 m.

Garniture : Shoe Mill 8"1/2 +DC 6"1/2 soit 83 m + 5" soit 1986 m [19]

**IV-3-7-3 Procédure de pompage d'un bouchon de ciment**

Descente garniture 5" 19.50 # G105 au top Packer à 2069.25 m DP 5".

Pompage laitier de ciment (BentoniticSlurry), soit  $V=30 \text{ m}^3$ .

**NB** : Utilisation d'un débit très réduit pendant le pompage.

- Remontée DP jusqu'à 1170 m .
- Circulation inverse.
- Attente prise ciment.
- Toper ciment.

**IV-3-7-4 Caractéristiques du bouchon de ciment**

Ciment classe G.

Laitier de ciment (BentoniticSlurry).

Densité :  $d_c = 1.60$

Volume de bouchon de ciment :  $30 \text{ m}^3$ .

**IV-3-8 Calculs du bouchon de ciment****IV-3-8-1 Calcul de la masse de ciment**

D'après V.1 on a la relation :  $d_c = \frac{M_c}{V_c}$

Mais  $V_c = 30 \text{ m}^3 = 30000 \text{ L}$ .

**Donc** :  $M_c = 1.6 \times 30000 = 48000 \text{ kg}$ .

$M_c = 48 \text{ Tonnes}$ .

**Tell que :**

dc : densité de bouchon de ciment.

Vc : volume de bouchon de ciment.

Mc : la masse de ciment.

**IV-3-8-2 Calcul du volume d'eau de gâchage**

Volume d'eau de gâchage = 44.2L pour 100kg du masse de ciment

(D'après le formulaire) .....IV .2

c.-à-d.: Volume d'eau de gâchage égale à :  $\frac{44.2L \times 48000kg}{100Kg}$

Veg = 21216 Litres .

Tell que Veg :volume d'eau de gâchage

**IV-3-8-3 Calcul de la hauteur de ciment**

Vc int + Vc ea = Vc..... IV .3

( Hc x V Linéaire DP5" ) +( Hc x V linéaire ea ) = Vc

$$Hc = \frac{Vc}{V \text{ linéaire DP 5" } + V \text{ linéaire ea}}$$

$$Hc = \frac{30000 \text{ L}}{(9.05+24.98) \text{ l/m}}$$

Hc=881.58 m.

**Tell que :**

Vcint : Volume de ciment à l'intérieur de la tige ;

Vcea : Volume de ciment dans (Drill Pipe 5" – Tbg9"58# 47).

Hc : Hauteur de ciment.

Vc : Volume de ciment.

V Linéaire DP: Volume linéaire de la tige Drill Pipe 5".

V linéaire ea : Volume linéaire (Drill Pipe 5" – Tbg9"58# 47 ).

D'après le tableau des volumes :

Volume linéaire de la tige Drill Pipe 5"=9.05 l/m .

Volume linéaire (Drill Pipe 5" – Tbg9"58# 47) = 24.98 l/m.

Volume acier DP5"= 4.15 l/m.

**IV-3-8-4 Calcul de la hauteur de boue de chasse:**

Vboue chasse = V Linéaire DP5" x H boue de chasse.....IV .4

$$H \text{ boue de chasse} = \frac{V \text{ boue chasse}}{V \text{ Linéaire DP5"}}$$

$$H \text{ boue de chasse} = \frac{9.17 \times 1000}{9.05}$$

H boue de chasse = 1013.26 m.

Tell que :

V Linéaire DP5" = 9.05 l/m.

V boue chasse = 9.17 m<sup>3</sup>

**IV-3-8-5 Calcul de la hauteur du spacer**

**On a :** H total = Hc + Hs + H boue de chasse .....IV.5

**Donc :** Hs = H total – (Hc + H boue de chasse)

**AN :** Hs = 2069.25 – (881.58 + 1013.26 )

Hs = 174 .41 m

**Tell que :**

H totale : profondeur totale au niveau de packer hyd .

Hs : la hauteur du spacer.

Hc : la hauteur de ciment .

**IV-3-8-6 Calcule du volume de spacer**

Vs = Hs x (V Linéaire DP5" + V linéaire ea) .....V .8

**AN :** Vs = 174 .41 × (9.05 + 24.98 )

Vs = 5935.17 L .

Vs = 5.94 m<sup>3</sup>

Vs : le volume de spacer .

Hs : la hauteur despacer .

**IV-3-8-7 Calcul la masse de ciment (poudre)**

D’après le formulaire du foreur .....IV.7

**on a :** Volume de laitier = 75.8 l pour 100 kg de ciment.

**AN :**  $M_{cp} = \frac{30000 \times 100}{75.8}$

Mcp = 39577.84 Kg .

Mcp = 39.58 Tonnes .

**Tell que :** Mcp : la masse de ciment (poudre).

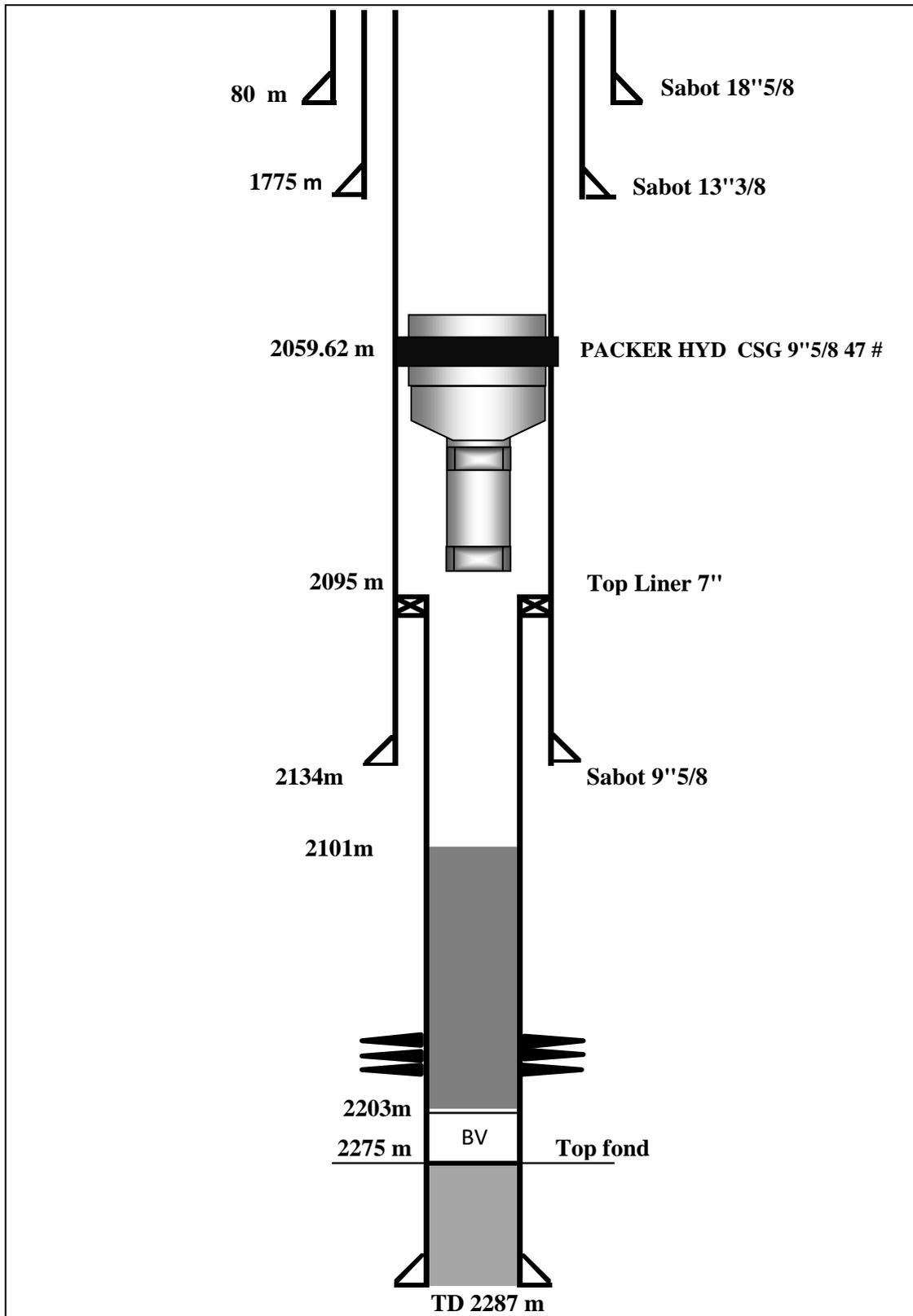


Fig IV-2 : Schéma prévisionnel du puits HRI37.

**IV-4 Comparaison entre HRC072 et HRI037**

On va comparer entre les deux puits précédents par le tableau suivant :

Tableau IV-9 : Comparaison entre le puits HRC072 et HRI037 :

	<b>Puits HRC072 (forage)</b>	<b>Puits HRI037 (work-over)</b>
<b>Région</b>	Hassi R'Mel	Hassi R'mel
<b>Profondeur finale</b>	2233 m	2290 m
<b>Profondeur diagraphie</b>	2235 m	2290 m
<b>Opérateur</b>	Enafor	Sonatrach
<b>Appareil de forage</b>	ENF-51	ENF-03
<b>Nombre des pertes</b>	06	01
<b>Localisation de la perte de notre étude.</b>	La phase 12 ¼"  2127 à 2137 m	Casing 9 <sup>5/8</sup> – 47 lbs/ft  2069.10 à 2069 .25
<b>Types de pertes</b>	Totale	Totale
<b>La masse de ciment de laitier</b>	43.32 Tonnes	48 Tonnes
<b>La masse de ciment (poudre)</b>	30.08 Tonnes	39.58 Tonnes
<b>volume d'eau de gâchage</b>	19147 .44 Litres	21216 Litres
<b>Bouchon de ciment</b>	Vc=22.08 m <sup>3</sup> Hc = 317.15 m	Vc=30 m <sup>3</sup> Hc=881.58 m
<b>Spacer.</b>	Vs=07 m <sup>3</sup> Hs=97.37 m	Vs=5.94 m <sup>3</sup> Hs=174.41 m
<b>La boue de chasse</b>	Vb =15.59 m <sup>3</sup> Hb=1722.48 m	Vb =09.17 m <sup>3</sup> Hb=1013.26 m

# **Conclusion**

## **générale**

### Conclusion et recommandations

Les pertes de circulation sont les conséquences logiques d'un déséquilibre de pression existant ou créé, momentané ou permanent, entre le milieu traversé et les fluides utilisés en forage.

Après avoir fait notre étude sur les deux puits situés dans la région de Hassi R'mel, nous avons découverts que ce problème de perte de circulation se crée dans les phases qui contiennent : turonien -trias -argileux gréseux...

Après L'analyse de deux puits au niveau du champ de Hassi R'mel, nous sommes certains que :

- Les pertes de circulation sont des problèmes qui se manifestent dans la plupart des cas dans la phase 26''.
- Les pertes de circulation sont la source principale de certains problèmes tels que les coincements et les venues.
- Les pertes de circulation sont dues:
  - Les failles.
  - Les zones déplétées.
  - La densité excessive de la boue de forage.

Il est utile de rappeler qu'un grand nombre de pertes pourraient être évités en suivant les règles appropriées de forage :

- Adapter les fluides aux conditions de forage.
- Eviter la reprise brutale de pompage.
- Eviter les changements brusques des types d'écoulement.
- Eviter les suppressions et les dépressions dues aux manœuvres trop rapides

## Bibliographie

- [1] Présentation du champ HRM (Document sonatrach DP service géologique).
- [2] Rapport d'implantation de puits HRMi37 (Document Sonatrach DP service géologique).
- [3] Rapport d'implantation de puitsHRMC72.
- [4] GARCIA C., PARIGO P., « Boues de Forage», Institut Français du Pétrole (I.F.P).
- [5]NGUYEN J., P., «fluide de forage » Technique d'exploitation pétrolière, le Forage.
- [6] Module fluide de Forage 'M.Bouhadda' U. K. M. OUARGLA.
- [7] Thèse de Doctorat 'Optimisation des paramètres de forage dans la série triasique et du cambrien de la région de Hassi-Messaoud' MME Nadia KHERFELLAH (2016-2017).
- [8]Mémoire de magister 'Amélioration des propriétésrhéologiques des fluides de forage à base de bio polymères : « APPLICATION AUX PUITES HORIZONTAUX »' Mr FOURAR Karim (Boumerdes 2007).
- [9] Thèse d'ingénieur " Etude des pertes de Circulation le long du drain horizontal Application puits ONIZ 413" par SAADI ALI et BOUCHAKOUR ABDERRAHMAN Université de Boumerdes, promotion 2006.
- [10] Module 'Problème de forage ' Mr DOBBI ABDELMADJID (Univ Ouargla).
- [11] Mémoire fin d'étude MASTER 'Etude des pertes de circulation dans un appareil de forage' Mr ARIF Amer et MESSAOUDI Ali (2013-2014).
- [12] Control of lost circulation in fractured limestone reservoirs, document SPE.
- [13] Mémoire de fin d'étude MASTER 'Etude des pertes de circulation dans la phase 8<sup>1/2</sup> dans le champs de Haoud Berkaoui ' Promotion 2007.
- [14] Thèse de doctorat CRD, perte de boue dans le TAG (HASSI Messaoud).
- [15] «Les perte de fluide », document SONATRACH.
- [16]Rapport Final du Puits HRC#72 SH/DP/HASSI R'MEL.
- [17]Rapport journalier deforage puits HCR072.
- [18] MI-lost circulation, document MI (31/03/1998).
- [19]Programme de pose bouchon de ciment document SONATRACH.

## المخلص

تحدث عدة مشاكل تعيق من استمرار عملية الحفر أو العمليات على البئر. ومن بينها ضياع (تسرب) سائل الحفر لذلك يتوجب الأخذ بالاحتياطات اللازمة لتفادي أي تأخر قد ينجز عن هذا المشكل.

قد يكون هذا الضياع ضياعا كليا أو جزئيا لمائع الحفر أو لسائل الإسمنت وهذا على مستوى الطبقات ذات النفاذية الكبيرة أو التجايف والتشققات التي تكون طبيعية أو ناتجة أثناء الحفر. طريقة علاج هذا المشكل من ضياع (تسرب) السائل تكون:

إما ضخ سداة من نوع LCM أو ضخ سداة من الإسمنت من أجل توقيف هذا الضياع. بعد تحليل البئر على مستوى حقل حاسي الرمل تأكدنا بأن:

- الضياعات في سائل الحفر تظهر بكثرة في الطبقة الأولى 26 ”بالنسبة للبئر HRCO72 .
  - الضياعات في سائل الحفر تكون نادرة في عملية Work-over بالنسبة للبئر HRI037.
- الكلمات المفتاحية : ضياع مانع الحفر . ضياع كلي . ضياع جزئي . سداة إسمنت . سداة

LCM

## Résumé

Au cours du forage et les autres opérations de puits, beaucoup de difficultés peuvent survenir et entraver la poursuite des opérations, les pertes de circulation du fluide de forage constituent un sérieux problème qu'il faut traiter rapidement pour éviter les retards et les conséquences qui en découlent.

Les pertes de circulation sont définies comme la perte totale ou partielle du fluide de forage ou du laitier de ciment dans les formations de forte perméabilité, cavernueuses ou fissurées soit naturellement soit durant le forage.

La méthode de traitement de problème de pertes de circulations est :

soit un pompage d'un bouchon LCM (Lost Circulation Matériel) ou bien mise en place un bouchon de ciment pour arrêter les pertes.

Après L'analyse de deux puits au niveau du champ de Hassi R'mel nous sommes assurées que :

- Les pertes de circulation sont un problème qui se manifeste dans la plupart des cas dans la phase 26'' dans le puits HRCO72,

- les pertes de circulation sont rarement dans l'opération de Work-Over. (HRI037) .

**Mots Clés : pertes de circulation, perte totale, perte partielle, bouchon de ciment, bouchon**

LCM

