

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

**FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES
RENOUVELABLES ET DES**

SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

**DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS**



Mémoire de Master Professionnel

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Spécialité : Géologie Des Hydrocarbures

THEME

**La surveillance géologique
Dans la réalisation d'un forage
Pétrolier : Cas de Puits NHBZH-5 DE CHAMP
Rhourde Chegga**

Présenté par :

**BEN SALAH MAHFOUD
KHICHA KHALED
YAGOUB MAHMOUD**

Président :

Promoteur : BEGUIRAT Lilia

Examineur :

M.C.B. Univ. Ouargla

Année Universitaire :2023/2024

Remerciements :

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, tout puissant de nos avoir donné la force et le courage pour terminer ce mémoire.

En préambule à ce mémoire, je souhaite adresser ici tous mes remerciements Aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont ainsi contribué À l'élaboration de ce mémoire.

Précisément mon promoteur Mr. BEGUIRAT LILIA, Pour son précieux temps sacrifié, Je tiens de préciser qu'il n'avait épargné aucun effort afin que je réussisse mon travail.

Ainsi que tous ceux qui ont aidé de près ou loin à la réalisation de ce travail, Sans oublier mes collègues. Je remercie les membres du jurée qui ont bien voulu accepter, Et ce, Malgré leurs lourdes et exaltantes Responsabilités pour procéder À l'évaluation de ce modeste travail.

BEN SALAH MAHFOUD
YAGOUB MAHMOUD
KHICHA KHALED

Dédicace

C'est tout plein de joie que je dédie ce travail à mes très chers parents qui ont consenti beaucoup de sacrifices pour me permettre De réaliser mes objectifs. A mes frères et mes sœurs Et toute la famille BEN SALAH. Et tous mes collègues de la Promotion 2019/2024 du filière de géologie avec qui j'ai partagé les meilleurs moments De ma vie d'étude sans exception et toute qui connut Moi. Nous tenons aussi à remercier Monsieur Djouhri Laid qui nous a aidé beaucoup pendant la période de stage et tous les gens de Sonatrach DML.

Aussi à tous les enseignants de l'université d'Ouargla.

BEN SALAH MAHFOUD

Dédicace

Je dédie cet humble travail à celui qui m'a mis en avant, m'a élevé et
m'a appris ce qui est juste.

Et apprends-moi une lettre dans ce monde mortel ,à l'âme pure de
mon père. À mon cher père



A celui qui m'a appris la fermeté et un plus grand espoir, à celui qui
a un visage gentil et de bonnes actions.

A la personne la plus compatissante qui soit. à l'âme de ma chère



Tout cela grâce à mes parents. Ils sont décédés pendant que j'étais à
l'école. Que Dieu les bénisse.

Avec sa grande miséricorde .sa louange et ses remerciements à Dieu
toujours et pour toujours.



Et a tous mes frères et mon partenaire de vie qui m'ont soutenu dans
ma réussite et jusqu' au bout de mon parcours.



Tout cela grâce aux professeurs qui ont été la source de notre
savoir .et nous demandons à Dieu de faire de cet ouvrage un phare
pour chaque étudiant en connaissance.

YAGOUB MAHMOUD

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A mes parents. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A mes frères A toute ma famille, et mes amis

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible,

Je vous dis merci.

KHICHA KHALED

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE	13
Chapitre 1 : CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE	14
1 Généralité sur le môle d'Amguid Massoud :	15
1.1 Situation géographique du bassin D'Amguid-Messaoud :	16
1.2 Cadre géologique :	16
1.3 Cadre Structural :	17
1.4 Lithostratigraphie du bassin d'Amguid-Hassi Messaoud :	17
1.5 Système pétrolier :	18
2 GEOLOGIE LOCALE DU CHAMP Rhourde Chegga :	20
2.1 Situation Géographique et géologique de champ Rhourde Chegga (RDC) :	20
2.2 Litho stratigraphique de champ de Rhourde Chagga	20
2.3 Aspect structural :	25
2.4 Système pétrolier	27
Chapitre 2 : Matériels et Méthodes	30
1 Traitement et description des cutting	30
1.1 Techniques d'échantillonnage	30
1.1.1 Outillage	30
1.1.2 Echantillonnage	31
1.1.3 Types des échantillons	31
1.1.4 Préparation de L'échantillon :	31
1.1.5 L'analyse des échantillons	33
1.2 La méthode appropriée pour la description des cuttings :	33
1.3 Calcimètre :	33
1.3.1 Principe :	33
1.3.2 L'interprétation des résultats	34
1.4 Fluoroscopie	35
1.4.1 Fluorescence directe :	35
1.4.2 Fluorescence indirecte	35
1.5 Rôles des produits chimiques dans la surveillance géologique et leurs utilisations	36
1.6 Ordre de description d'une roche :	36
2 Le carottage	37
2.1 .Introduction	37
2.2 Définitions	37
2.3 Types de carottage	38
2.3.1 Le carottier standard	38
2.3.2 Le carottage avec un tube intérieur en fibres de verre	38
2.3.3 Le carottage avec un tube intérieur en aluminium	39
2.4 Carottage	39

2.4.1	Extraction de la carotte (avec extracteur)	39
2.4.2	Analyse des carottes	40
2.4.3	Préparation de carotte	41
2.4.4	Description visuelle des carottes	42
2.5	Les propriétés pétrophysiques	42
2.5.1	Les mesures pétrophysique :	42
2.5.2	Evaluation de Résultats	44
3	Les paramètres de forage	44
3.1	Les capteurs	44
3.1.1	Capteur de profondeur (draw works)	45
3.1.2	Capteur de poids au crochet (WOH)	45
3.1.3	Capteur de rotation RPM	46
3.1.4	Capteur de torque	46
3.1.5	Capteur de pression d'injection	47
3.1.6	Capteur de Coups de pompes (Flow in)	48
3.1.7	Capteur de débit de sortie (Flow out)	48
3.1.8	Capteur de densité d'entrée et de sortie	49
3.1.9	Capteur de Température à l'entrée et à la sortie	49
3.2	Observation en conséquence	50
3.3	Position des capteurs sur le rig	51
4	Les systèmes de gaz	51
4.1	Détermination de gaz	52
4.2	Sources de gaz dans la boue	52
4.3	Dégazeur	52
4.4	Échantillonnage	53
4.5	Détecteur de gaz	53
4.6	Détection de H₂S	53
4.7	La chromatographe	54
4.7.1	Définition de la chromatographe	54
4.7.2	Les principaux éléments.	54
4.7.3	L'analyseur chromatographique	55
CHAPITRE 3 : LA SURVEILLANCE GEOLOGIQUE AU NIVEAU DE		57
PUITS NHBHJ-5		57
1	PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	57
1.1	Situation géographique de puits NHBHJ-5.	57
2	DONNEES DE FORAGE ET DE BOUE	59
2.1	Le profil de puits :	59
2.2	Présentation des Phases	60
3	DONNEES DE LA GEOLOGIE DU Puits NHBHJ-5	71
3.1	Lithostratigraphie refaire du haut en bas	71
3.1.1	Dépôts Paléozoïques	71

3.1.2	Dépôts Mésozoïques	72
3.1.3	Dépôts Cénozoïque	75
3.1.4	Lithostratigraphique du puit NHBHJ-5 :	75
4	RELATION ENTRE LA LITHOLOGIE ET LES TIGES (TORQUE)	76
5	DONNEES DE GAZ	77
5.1	Equipements de détection	77
5.1.1	Détecteur de gaz	78
5.2	Analyse du gaz	79
5.2.1	Circuit de gaz	79
5.2.2	Les fractions utilisées :	79
6	Programmes à exécuter sur site :	80
6.1	Programme de diagraphie :	80
6.2	PROGRAMME VSP :	81
6.3	TEST DU PUIITS :	82
6.4	COMPLETION :	82
6.5	ASPECTS RESERVOIR DU PUIITS :	82
6.6	Les contacts des fluides	84
7	Surveillance géologique :	85
	CONCLUSION GENERALE	87

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique géologique du bassin Amguid Hassi Massoud (Sabaou et al, 2009)	16
Figure 2 : Carte structurale du bassin d'Amguid Massoud (McKenna et Hedley2002)	17
Figure 3 : colonne stratigraphique du bassin d'Amguid Massoud (Sonatrach 2022)	19
Figure 4 : situation géologique et géographique du Rhourde Chegga (WEC 2007)	20
Figure 5 : colonne Litho stratigraphique du rhourde chegga (sonatrach 2016)	25
Figure 6 : carte structurale du champ RDC	26
Figure 7 : Outillages utilisés pour le suivi géologique dans la cabine Mudlogging	31
Figure 8 : Collection des cuttings au niveau du tamis vibreu	32
Figure 9 : Étiquetage et emballage des échantillons	32
Figure 10 : Le microscope binoculaire	33
Figure 11 : Calcimètre Bernard	34
Figure 12 : L'échelle de pourcentage montre fluorescence (observation quantitative)	35
Figure 13 : L'échelle de couleur de la zone fluorescente (observation qualitative)	35
Figure 14 : La fluorescence indirecte	36
Figure 15 : tube fibre de verre	38
Figure 16 : tube aluminium	39
Figure 17 : Les étape d'Extraction de la carotte	40
Figure 18 : Des carottes dans les caisses avec ses renseignements	42
Figure 19 : Mesure de volume solide	42
Figure 20 : Pompe volumétrique à mercure	43
Figure 21 : Perméamètre	43
Figure 22 : Capteur de profondeur	45
Figure 23 : Capteur de poids au croche	45
Figure 24 : Capture de poids sur circuit hydrique du brin mort de l'appareil de forage	46
Figure 25 : Capteurs de rotation RPM	46
Figure 26 : Capteur de Torque	47
Figure 27 : Position Capteur de Torque sur le câble d'alimentation	47
Figure 28 : Capteur pression d'injection	48
Figure 29: Capteur de pompe (débit entrée)	48
Figure 30 : position d'installée de capture de débit entrée au niveau des pompes de forage	48

Figure 31 : Capteur Flow out	49
Figure 32 : Capteur de densité (d'in – d'out)	49
Figure 33 : Capteur de température (IN et OUT)	50
Figure 34 : Schéma d'une installation complète des appareils de diaggraphie en cours de forage	51
Figure 35 : le dégazeur	52
Figure 36 : principe de fonctionnement de dégazeur	53
Figure 37 : Capteur d'H₂S	54
Figure 38 : Chromatographe	54
Figure 39 : Ligue de gaz	55
Figure 40 : les analyses de chromatographe	55
Figure 41 : Plan de position de l'implantation NHBHJ-5(Sonatrach, juillet 2022)	58
Figure 42 : Schéma synoptique du forage NHBHJ-5 à partir de Hassi Messaoud	58
Figure 43 : profil de puits NHBHJ-5 (Sonatrach, .2022)	59
Figure 44 : Courbe d'avancement de puits NHBHJ-5	71
Figure 45 : Colonne Litostratigraphique du puits NHBHJ-5 (Sonatrach.12/2023)	76
Figure 46 : Master log de puits NHBG-5 (Sonatrach.2023)	77
Figure 47 : Principe de la chromatographie	80
Figure 48 : Coupe montrant la distribution de la porosité dans la SI du Trias	84
Figure 49 : Coupe montrant la distribution des contacts des fluides dans la SI	84
Figure 50 : Rapporte final du puits NHBHJ-5	86

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1 : Les résultats de la calcimétrie de quelques roches carbonatées	60
Tableau 2 : les Produits chimiques et leurs utilisations	36
Tableau 3 : les paramètres recommandés au cours de carottage	39
Tableau 4 : Un tableau montrant les différentes mesures pour chaque capteur	44
Tableau 5 : Les paramètres des outils	60
Tableau 6 : Les paramètres de la boue	60
Tableau 7 : Les paramètres des outils	61
Tableau 8 : Les paramètres de la boue	62
Tableau 9 : Les paramètres des outils	63
Tableau 10 : Les paramètres de la boue	63
Tableau 11 : Les paramètres des outils	65
Tableau 12 : les Paramètres de boue	65
Tableau 13 : les Paramètres des outils	67
Tableau 14 : les Paramètres de boue	67
Tableau 15 : les Paramètres des outils	68
Tableau 16 : les Paramètres de boue	68
Tableau 17 : Calibration de chromatographe (rapport final ENSP 2013).	78
Tableau 18 : Les résultats du jaugeage du puits NHBHJ-1	83
Tableau 19 : Les résultats du jaugeage du puits NHBHJ-2Bis	83
Tableau 20 : les contacts des fluides dans les puits du périmètre NHBHJ	85

LISTE D'ABREVIATION

RDC	Le champ pétrolier de Rhourde Chegga
NE-SO	direction Nord Est – Sud Ouest
S-N	direction Sud -nord
ROP	Rate of Penetration, Vitesse advancement
TDS	Top drive system
MW	Méga de watts
WOH	Weight On Hook
WOB	Weight On Bit, poids sur l'outil.
RPM	Rotation Par Minute, vitesse de rotation.
TORQE	Le travail de coupelle
SPP	Stand Pipe Pression, pression à l'intérieur du tubage
SPM	Strocks Par Minute
D'	Densité
T°	Température
H2S	Hydrogène sulfure
NHBHJ	gisement Nord Hassi BelHadj
RAA	gisement de Rahlet El Ouada
BRS-MOM	gisement de Bir Sbâa (BRS) et de Mouia Ouled Messaoud (MOM)
NHBHJ-1	puits de Nord Hassi BelHadj-1
NHBHJ-5	puits de Nord Hassi BelHadj-5
UTM	universelle Transverse de Mercator
HMD	Hassi Massoud
BOP	Blow Out Preventer
WBM	water base mud
OBM	oil base mud
TD	totale Depth
FID	flame ionization detector
Wh	Wetness Ratio
Bh	Balance Ratio
Ch	Character Ratio
ODT	Oil Down to Depth

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'exploration pétrolière vise la découverte des hydrocarbures dites économiquement rentable, cette découverte est liée aux services différents. Les techniques d'évaluation instantanée dans l'industrie pétrolière prennent un allure croissant considérable dans les dernières années.

Le forage pétrolier est l'ensemble de processus intégrés nécessaires pour forer une section circulaire dans le sous-sol pour accéder au pétrole et ou gaz.

C'est l'une de meilleures façons d'assurer la présence ou l'absence de pétrole dans une zone que ce soit dans les zones terrestres, marines ou océaniques.

L'opération de forage est un processus complexe impliquant un forage éventail d'Equipment et des outils et d'entreprise pour le compléter. Pendant cette opération forage d'un puit pétrolier L'un des unités nécessaires et plus important au cours de forage est l'unité de surveillance géologique (MUD LOGGING).

La réalisation de forage pétroliers nécessite la présence des diverses sociétés des services, parmi lesquelles la surveillance géologique qui représente une activité essentielle a suivi des forage et considérée comme un élément principal de sécurité pétrolier.

La présence de ces unités a contribué à l'avancement des opérations de forage et de faire ressortir les caractéristiques lithostratigraphiques des formations forées.

Connaitre les caractéristiques de formation traversée permet de contribuer vivement de préciser les aspects productifs de réservoirs.

Ce mémoire s'articule comme suit : la présentation de géologie régionale et locale, en passant au cadre théorique (Aspects théoriques sur la Surveillance géologique ; Généralités sur la cabine géologique) et le cadre pratique (Présentation des résultats obtenus par l'unité Mud logging).

L'objectif principal de ce travail est d'essayer de comprendre, décrire et expliquer l'importance de la surveillance géologique dans les forages pétroliers.

En vue d'atteindre ces objectifs, plusieurs chapitres ont été abordés, qui sont :

- Le premier chapitre est consacré à la présentation de géologie régionale et locale de la zone d'étude.
- Le deuxième chapitre est présent une description de la cabine géologique, dont l'objectif est de présenter les différents capteurs.
- Le troisième chapitre s'articule sur les principaux résultats de l'application de la surveillance géologique sur chantier.

CHAPITRE 1

CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

1 Généralité sur le môle d'Amguid Massoud :

La plateforme saharienne appartient au craton ouest -africain ou le socle cristallin. Considérablement affaissé est recouvert par une puissante couverture sédimentaire Paléozoïque et Mésozoïque.

Le Paléozoïque est représenté par tous ses termes du cambrien au carbonifère. Le mésozoïque comprend des sédiments continentaux, lagunaires et marines appartenant au Trias, Jurassique et Crétacé à différentes phases orogéniques, cette plateforme a été affectée par des mouvements tectoniques ayant donné naissance à des zones hautes et basses (Antéclises et synclises) et des dorsales (Amguid, Idjerran...). [ADDA Fatiha et HAMOUDA Mahmoud, 2015/2016]

On distingue d'Est en Ouest :

- Le bassin du môle Amguid-Messaoud ;
- Le bassin de Berkine ;
- Le bassin d'Oued Mya ;
- Les bassins d'Illizi ;
- Le bassin de Mouydir.

D'un point de vue pétrolier, le domaine minier algérien est subdivisé en trois provinces : occidentale, triasique et orientale.

➤ La province orientale :

Elle englobe les bassins d'Illizi, Berkine, Oued Mya et le môle Amguid-Messaoud. C'est au sein de cette province, où se trouvent les gisements géants de Hassi Messaoud (huile) et Hassi R'mel (gaz), que l'essentiel des découvertes d'huile et de gaz ont été réalisées jusqu'à aujourd'hui.

➤ La province occidentale

La province Ouest englobe les bassins de l'Ahnet, Timimoun, Béchar-Oued Namous, Reggane, Tindouf, Taoudeni et Sbâa. Cette province, essentiellement à gaz sec, suscite beaucoup l'intérêt des compagnies pétrolières.

➤ La province triasique

Elle est située dans la partie septentrionale de la plate-forme saharienne, la province triasique est un anticlinorium de direction Est -Ouest où les éléments majeurs suivants ont été individualisés [MOSTEFA Islam, 2018/2019]

- la voûte de Tilrhemt et le haut fond de Talemzane
- le système structural de Djemâa-Touggourt
- le système de dislocation d'El Agreb-Messaoud et
- le môle de Dahar.

1.1 Situation géographique du bassin D’Amguid-Messaoud :

Le bassin d’Amguid-Messaoud est situé à l’est de la plate-forme saharienne, correspondant à la Partie occidentale de la province orientale, Le bassin d’Amguid-Messaoud se situe à Hassi Messaoud avec une superficie totale de 157 793 km², Il fait partie des bassins les plus riches d’Algérie et renferme plusieurs gisements D’huile et de gaz dans les quartzites de Hamras et les grés d’Ouargla du Trias, qui constituent le principal objectif pétrolier (Fig.1).

Ce bassin est limité :

- Au Nord, par les permis Talémzine Touggourt ;
- Au Sud-Est par le Bassin d’Illizi ;
- A l’est, par le Bassin de Berkine ;
- A l’ouest par le bassin d’Oued Mya.

1.2 Cadre géologique :

La dorsale d’Amguid-Messaoud est de type intracratonique, elle est limitée : (Fig 1)

- ✓ Au Nord par le dôme de Hassi Messaoud,
- ✓ A l’Ouest par le bassin d’Oued Mya
- ✓ A l’Est par le bassin de Berkine. [MOSTEFA Islam, 2018/2019]

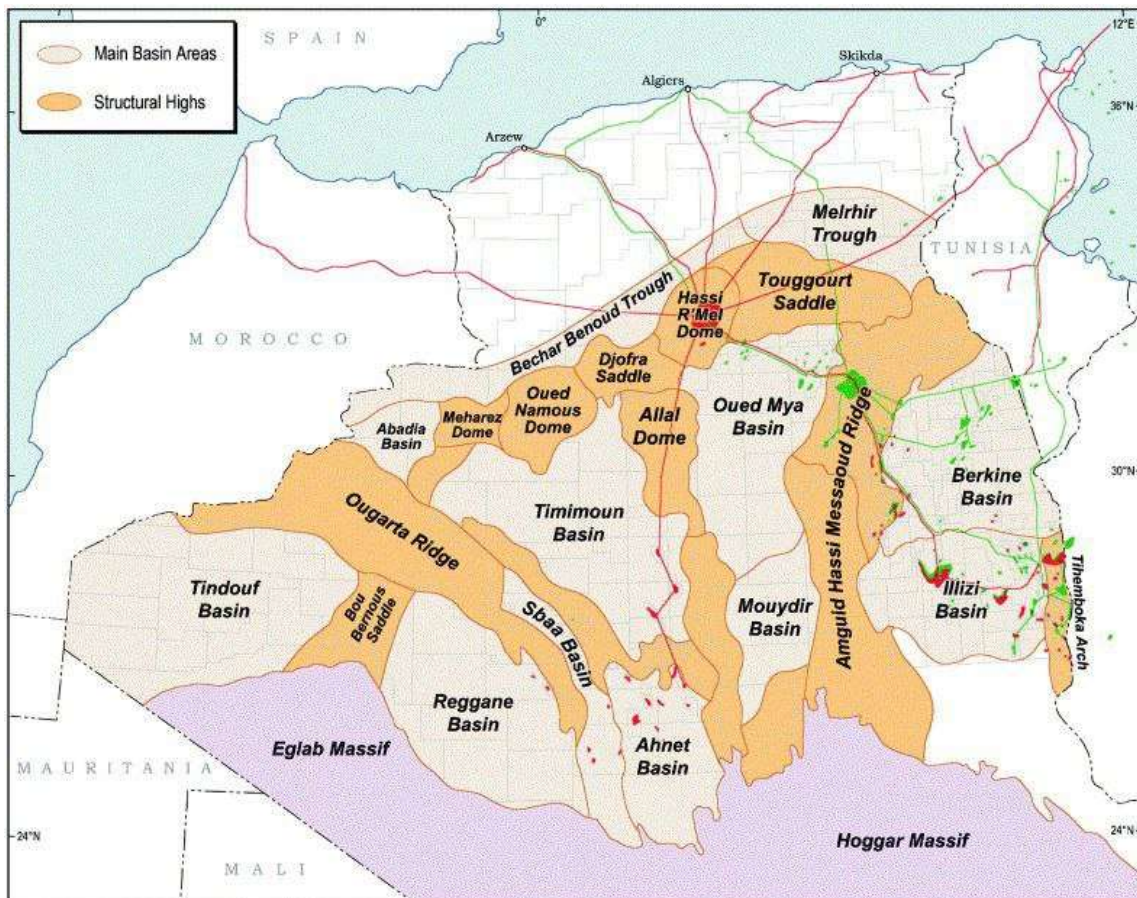


Figure 1 : Situation géographique et géologique du bassin Amguid Hassi Massoud (Sabaou et al, 2009)

1.3 Cadre Structural :

Le bassin d’Amguid-Messaoud est un bassin intra-cratonique qui occupe la région orientale de l’Algérie et qui se situe sur les bordures du bassin de Berkine (Fig.2).

[MOSTEFA Islam, 2018/2019]

Trois principaux linéaments structuraux confinent le bassin d’Amguid-Messaoud.

Il s’agit de :

- L’axe de Hassi Messaoud,
- Tallemzane,
- Mol de Dahar,
- Hoggar or touareg Shield.

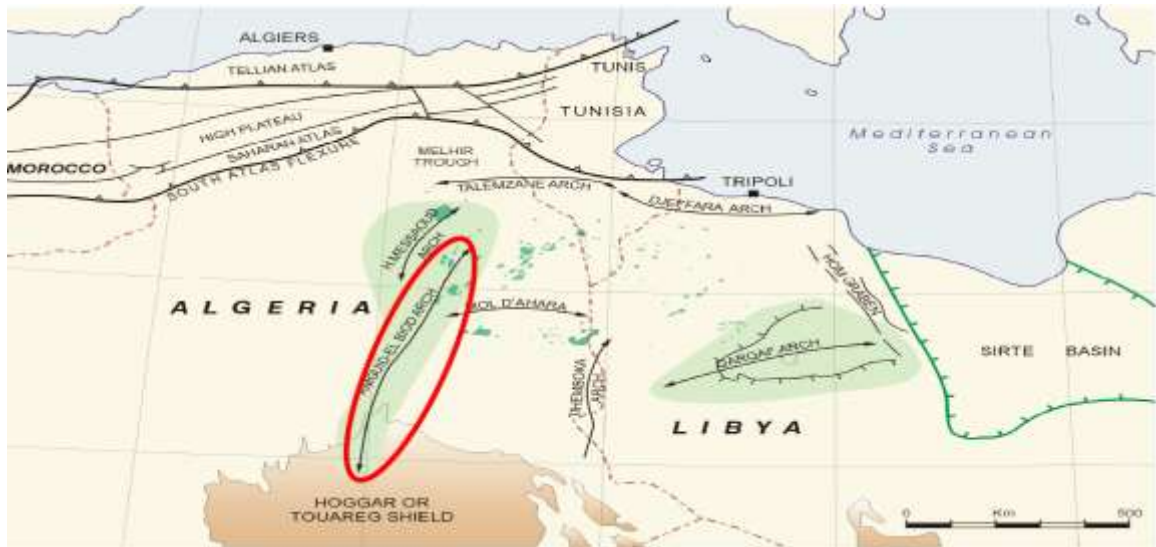


Figure 2: Carte structurale du bassin d’Amguid Massoud (McKenna et Hedley, 2

1.4 Lithostratigraphie du bassin d’Amguid-Hassi Messaoud :

Le môle d’Amguid-Messaoud se distingue par différents éléments tectoniques délimitant un bassin où la colonne stratigraphique est plus ou moins complète (fig.3).

La région de Hassi Messaoud, est connue pour ses puits productifs d’huile. Ce bassin est comblé par une puissante série sédimentaire paléozoïque et méso-cénozoïque qui recèle d’importants gisements d’hydrocarbures mis en évidence dans le Cambrien, l’Ordovicien et le Trias. [Oualid ET ZAMOUM Smail , 2019]

TRIAS :

Dans le bassin de l’Amguid Messaoud, le Trias argilo-gréseux correspond à un ensemble détritico-azoïque, recouvert par les dépôts évaporitiques du Trias salifère S4, et qui repose en discordance angulaire sur des formations d’âge variable du Cambrien au Dévonien inférieur. Le Trias est délimité à la base par la discordance hercynienne et au sommet par la base du repère dolomitique D2 d’âge Hettangien et d’extension régionale. Le Trias du bassin d’Amguid Messaoud, dont l’épaisseur moyenne est de 350 m, est subdivisé en quatre unités lithologiques qui sont, du bas vers le haut : Ø Trias (Série Inférieure), Trias Série inférieur (Roches Eruptives), Trias T2 +T1, Trias argileux inférieur, Trias S4.

Trias (Série Inférieure) :

La série inférieure est représentée par une alternance d'argile silteuse fins à grossiers et conglomératiques. Dans les zones les plus proches des sources d'apport, le matériel détritique est plus grossier et à conglomérats abondants (zones de Benkahla, Haoud Berkaoui, Garet Echouf, Guellala), avec de minces bancs d'argile intercalés. Ils se sont déposés dans un environnement fluviatile, provenant des môles de Hassi Messaoud et de Tirlhem-Hassi. L'épaisseur totale de la série inférieure est en moyenne de 50 à 70 m (variant de 0 m à plus de 90 m).

L'unité principale du Trias est la Série inférieure (Trias argilo gréseux inférieur) C'est une alternance d'argile grise à brun rouge rarement verdâtre, indurée silteuse et degrés gris sombre légèrement dolomitique.

Trias Série inférieur (Roches éruptives) :

Roches éruptives gris brun à gris sombre, localement gris verdâtre mouchetées de vert. Elles sont composées essentiellement par des Andésites, fortement altérées à fissures, on note par endroit la présence de minces bancs de grés intercalés dans ces coulées volcaniques. Ces formations jouent le rôle de roche couverture pour les hydrocarbures de la série inférieure.

Trias T2 +T1 :

Ces niveaux T2+T1 sont représentés respectivement par des argiles silteuses légèrement dolomitique avec intercalations de grés fin silico argileuse, mal consolidé, et d'argiles tendre à indurée, silteuse, dolomitique, intercalée de grés fin à moyen, silico argileux, moyennement consolidé. L'épaisseur totale des unités T1 - T2 est de l'ordre de 122 m.

Trias argileux inférieur :

Il constitue la couverture des principaux réservoirs triasiques. Il est constitué tendre à indurée salifère et localement indurée silteuse, légèrement dolomitique. Il occupe une grande extension sur une épaisseur relativement constante de l'ordre de 41 m.

Trias S4 : Ce niveau constitue l'unité triasique qui marque l'installation du cycle évaporitique couvrant toute la série argilo-gréseuse du Trias. Il est formé de Sel blanc à translucide, rosâtre, massif, avec intercalations d'argile tendre à indurée. [Oualid ET ZAMOUM Smail , 2019]

1.5 Système pétrolier :**Roche mère et Migration :**

La principale roche mère connue sur toute la plateforme saharienne reste les argiles radioactives du Silurien, dont le potentiel pétrolier est assez important. Cette roche mère est à l'origine du remplissage des réservoirs Cambro - Ordoviciens et triasiques de la région.

Réservoirs :

Il existe deux types de réservoirs dans la région ; le quartzite de Hamra et le Trias série inférieur.

Couvertures :

La couverture régionale est assurée par les séries argilo - salifères du Trias et du Lias pour les réservoirs Ordoviciens.

AGE	ETAGE	STRATIGR	LITHOLOGIE	
CENOZ	Mio-Plio		Sable, Grès et argiles	
	CRETACE	Eocène		argile+ calcaire
SENON,		Carbonaté		Calcaire dolomitique + dolomie calcaire
		anhydritique		Anhydrites et dolomie
		Salifère		
Turonien			Calcaire crayeux	
Cénomanién			Argile grise, Anhydrite blanche, dolomie et marnes	
Albien			Grès fin à moyen et intercalation d'Argile brun rouge et de sable grossier à la base	
Aptien			Dolomie et Marnes	
Barremien			Sable fin à très grossier, passées de dolomie calcaire, Marnes et Anhydrite.	
Néocomien			Sable fin à très grossier, passées de dolomie calcaire, Marnes et Anhydrite.	
JURASSIQUE	Malm		Argile silteuse à intercalation de Dolomie de Calcaire et Marnes	
	Dogger	Argileux		Argile indurés, Dolomie Grès et Anhydrite.
		Lagunaire		Anhydrite et Dolomie, passées d'Argile silteuse
	Lias anhydritique		Anhydrites +Argiles	
	Lias Salifère HB		Sel +Argile Argile et Dolomie	
	S1 + S2		Sel massif rose Argile varicolore Anhydrite blanche et	
	S3		Sel massif	
	Lias Argileux		Argile brun rouge parfois salifère	
TRIAS	Trias S4		Sel massif	
	Trias Argileux		Argile silteuse+passées de grès	
	T2+T1		Argile brun rouge silteuse, micacée et grès brun	
	Série Inférieure		Alternance d'argile et de grès blanc à verdâtre et brun rouge,	
ORDOVICIEN	Grès d'Ouargla		Alternance de grès gris clair avec passées d'argiles,	
	Quartzites Hamra		Grès quartzitiques à quartzites	
	Grès Atchane		grès gris clair+ argile	
	Argile d'El Gassi		Argile gris sombre à noir	

Figure 3 : colonne stratigraphique du bassin d'Amguid Massoud (Sonatrach 2022)

2 GEOLOGIE LOCALE DU CHAMP Rhourde Chegga :

2.1 Situation Géographique et géologique de champ Rhourde Chegga (RDC) :

Le champ de Rhourde Chegga est situé dans la région de Beressof sur le bloc 433, situé à Touggourt dans la wilaya d'Ouargla, à 600 Km au sud d'Alger. Il a été découvert 1985 et mis en production en 1989 Par le puits RDC1.

Le champ contient trois réservoirs productifs qui sont :

- L'unité 1 d'âge Triasique (T1)
- Les grés de la série inférieure d'âge Triasique (GRDC)
- Les Quartzites de Hamra d'âge Ordovicien (QH)

La région de Rhourde Chegga se localise à environ 680 km Sud – Sud-Est de la capitale Alger, et à 100 km environ au Sud-Est de la ville de Touggourt et plus exactement à 35 km au Nord-Est du champ pétrolier de Hassi Messaoud, au Sud de la région d'exploration Touggourt. (Fig.4) Sa superficie est de 3914 km² (SONATRACH 2016).

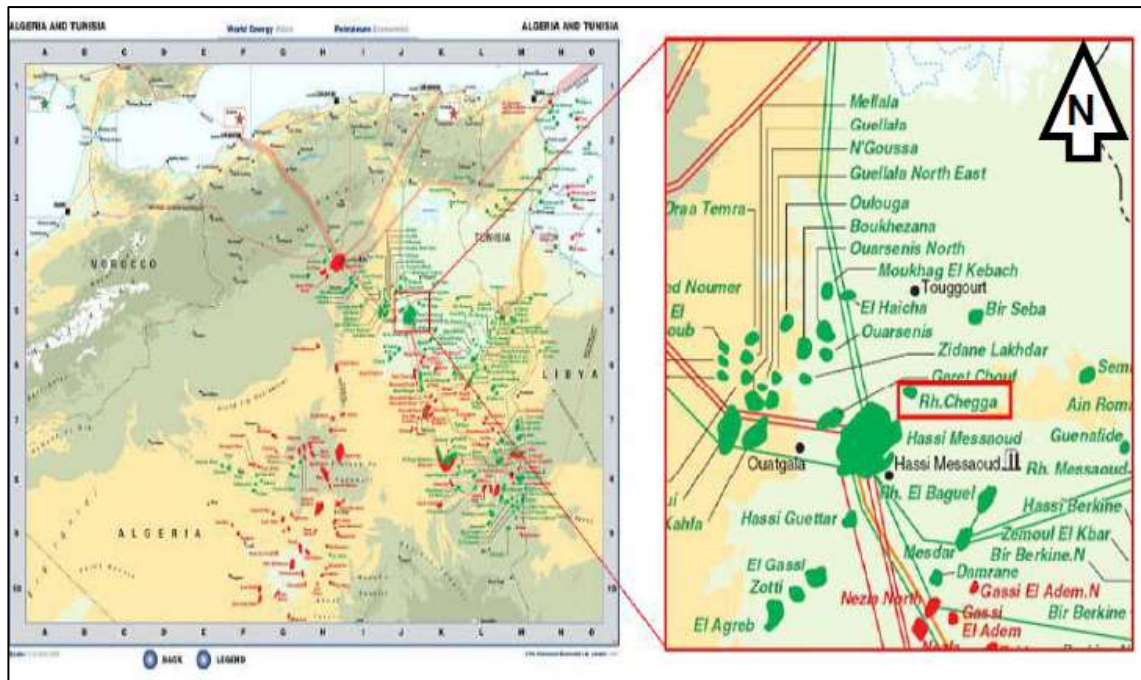


Figure 4 :situation géologique et géographique du Rhourde Chegga (WEC 2007)

2.2 Litho stratigraphique de champ de Rhourde Chagga

La structure de champ de Rhourde Chegga RDC est située sur le flanc Nord-Est du champ de Hassi Messaoud sur le plongement septentrional du horst d'El Biod Hassi Messaoud.

Ce dôme fait partie d'un trend structural de direction N-S, limité à l'Est par une faille poste hercynienne de même direction.

[Mekkaoui et Yakout, zitouni aissa et Rabehi Walid, 2018/2019]

La structure de Rhourde Chegga est limitée par :

- La zone de soulèvement tertiaire de Djemaa -Touggourt au Nord.
- La zone haute de Hassi Messaoud au Sud.
- Le sillon d'Abou Dorbane à l'Est qui s'incurve vers le Nord en direction de Hassi Amrane.
- Le bassin d'Oued Mya à l'Ouest.

Le champ pétrolier de Rhourde Chegga est situé dans la province triasique Nord orientale, cette dernière représente un soubassement antécambrien, métamorphique constituant la plate-forme saharienne où les dépôts étalés du Paléozoïque seront affectés à la fois par deux phases d'érosion majeures

- La discordance Tectonique qui sépare l'Ordovicien basal (Trémadoc) de l'Ordovicien sommital (Ashgill sup.) composé de formations fluvio-glaciaires et glaciomarines. Dans les parties ouest et est du dôme de Messaoud et matérialisée par une érosion due essentiellement à un rabotage glaciaire.
- La discordance hercynienne qui érode les dépôts paléozoïques (au Visien-Permien) jusqu'à l'Ordovicien et le Cambrien.

Les formations du Trias par lesquelles débute le Mésozoïque sont donc discordantes sur les couches du Cambro-ordovicien. De ce fait, la région est très complexe du point de vue structural et stratigraphique vue les nombreuses phases tectoniques subies et l'intensité de l'érosion hercynienne

Le socle

Le socle est constitué de terrains granitiques et métamorphiques, traversés par de nombreuses intrusions magmatiques. L'âge des formations de précambrien. Sur ce socle, se déposent, en discordance, les formations paléozoïques.

L' infracambrien

C'est l'unité lithologique la plus ancienne rencontrée constituée de grès argileux rouges. [Lebchek Soumia , Juillet 2018]

Le Paléozoïque

D'après les corrélations et les datations palynologiques, effectuées sur les sondages RDC 1, 2, 3 et 4, le Paléozoïque est formé d'un ensemble allant des argiles radioactives du silurien au Cambrien (Ra) reposant en discordance sur le socle.

-Cambrien : Le Cambrien est mal défini paléontologiquement. L'épaisseur moyenne traversée est de 79 m. Il est daté d'après sa situation entre l'Ordovicien inférieur et le socle daté à plus ou moins de 550 millions d'années ; ce socle n'a pas été atteint par les sondages de Rhourde Chegga. On fait référence au puits de Hassi Messaoud, il comprend successivement de bas en haut les subdivisions lithostratigraphiques suivantes :

- **Litho zone Ra :** Cette litho zone est constituée de grès grossiers, très grossiers à micro conglomératiques, anisométriques, siliceux à quartzitiques, avec des passées centimétriques d'argiles grisvert saleuses et dont l'épaisseur moyenne est de 125 mètres.
- **Litho zone Ri :** Elle est constituée de grès blancs à gris-blanc, moyens à grossiers, siliceux à quartzitiques, avec de nombreuses couches d'argiles noires à gris-noir. L'épaisseur moyenne est de 45 mètres. Les Tigillites sont très abondantes.

-L'Ordovicien

La zone des alternances : Son épaisseur moyenne est de 25 mètres.

Désignée ainsi en raison de la présence de nombreuses passées d'argiles indurées alternant avec des bancs de quartzites fins isométriques, à nombreux terriers verticaux et horizontaux.

- **Argiles d'el-Gassi** : Son épaisseur moyenne est de 110 m, il s'agit des argiles noires à grisnoir, feuilletées et indurées, finement silteuses, micacées, localement glauconieuses et pyriteuses, à fines passées de grès fins à très fins, gris à gris-noir et/ou gris-vert.

- **Les grés d'el- Atchane** : son épaisseur moyenne varie de 12 à 25 mètres.

Cette formation est constituée de grés fins à très fins, gris-beige à gris-sombre. Ces grés peuvent être argileux ou glauconieux admettant de nombreuses passées argileuses et silteuses.

- **Les quartzites de Hamra** : L'un des formations réservoirs objectives de cette étude, son épaisseur moyenne varie de 12 à 75 mètres. Ce sont des grés gris – clair à gris –blanc fin à moyen, silico – quartzitiques à quartzitiques, à rares intercalations d'argile noir indurée et silteuse, à nombreux joints stylolithiques et tapissage argileux noir. Les Tigillites sont très nombreux et bien développés.

- **Les Grés d'Ouargla** : L'épaisseur moyenne est de 25 mètres, ce sont des grés fins à moyens, silico argileux, micacés, gris-clair, à nombreuses et fines intercalations d'argiles noires.

- **Les Argiles Micro conglomératiques** : Ce sont des argiles noires, silteuses, micacées, à nombreux débris de roches dispersés dans La masse argileuse microconglomératique. Son épaisseur moyenne de 50 mètres.

-Silurien : IL est présent avec des argiles noires indurées, feuilletées, légèrement silteuses, très pyriteuses, très radioactives, à fines et minces passées de siltstones gris-foncé, argilo-micacés.

Le Mésozoïque : Il est subdivisé comme suit :

-Le Trias

Le Trias de Rhourde Chegga est constiué de **6 unités** lithostratigraphiques principales qui reposent en discordance sur les formations ordoviciennes. Son épaisseur moyenne est de 340 mètres. Il est composé de :

- **Série Inférieure (Grés du RDC)** : c'est une formation essentiellement gréseuse dont l'épaisseure varie d'un puits à un autre, elle est entre 2 m à 20 m, c'est un grés, gris à gris vert, moyen à ciment silico-argileux, moyennement dur, localement il peut être friable ou complètement compact.
- **Roche éruptive** : cette formation existe dans tous les puits du champ, elle présente une épaisseur qui varie entre 60 et 80 m, elle est constituée essentiellement de roches

andésitiques, de couleur gris à gris-vert, présentant des cristaux d'olivines et des filons de calcite. Cette formation est intercalée de niveaux argileux métriques, brun à brun rouge.

- **Trias T1** : Son épaisseur moyenne est de 20 à 30 mètres, présent des argiles brun-rouge, silteuse, micacées à Rares niveaux gris-vert et grès gris-foncé et brun-rouge, silico-argileux, fins à très fins et sont Rarement moyens.
- **Trias T2** : Il apparait avec une épaisseur moyenne de l'ordre de 80 mètres, constitué par des argiles brun-rouges, silteuses, micacées, à niveaux gris-vert et des grès très fins, argilo siliceux et carbonatés. Au sommet on trouve un niveau de dolomie microcristalline gris-clair, massif et parfois d'aspect vacuolaire.
- **Trias argileux** : Son épaisseur moyenne est de 35 mètres, présent avec des argiles brun-rouges et gris-vert, Silteuses, micacées, à passées de sel argileux et des nodules d'anhydrites blanches.
- **Trias S4(G20)** : Son épaisseur moyenne est de 110 mètres, contient des Sels massifs, blancs et rosés à intercalations d'argile brun-rouge et gris-vert, silteuses et micacée.

-**Le Jurassique** : IL a une épaisseur moyenne de 1500 mètres, composé essentiellement de :

- **Lias argileux** : Il s'agit généralement des argiles brun-rouges à gris verdâtres, tendres à pâteuses, à fines passées de sel blanc et translucide. Son épaisseur moyenne est 90 mètres.
- **Lias S3** : Il se présente par un sel massif, blanc à translucide, parfois rosâtre à fines passées d'argile gris-vert tendre à pâteuse, avec une épaisseur moyenne de 200 mètres.
- **Lias** : Leur épaisseur moyenne est de 270 mètres, contient généralement :
 - Au sommet** : on trouve des anhydrites massives blanches à intercalations d'argile grise pâteuse, légèrement carbonatée, et brun-rouge, tendre, salifère.
 - A la base** : IL s'agit d'une alternance de sel massif, blanc translucide, d'anhydrite et d'argile grise, pâteuse parfois brun-rouge.
- **Lias Horizon « B »** : Son épaisseur moyenne est de 40 mètres, composé de calcaires argileux avec des passées d'argiles carbonatées, et une présence de sel.
- **Lias Salifère** : C'est un Sel massif translucide, avec des passées d'argiles à prédominance carbonatée, et d'anhydrite. Son épaisseur moyenne est de 60 mètres.
- **Lias Anhydritique** : Son épaisseur moyenne est de 380 mètres, comprend une Anhydrite tendre, massive et microcristalline, avec de fines passées d'argiles et de rares passées marneuses
- **Le Dogger** : Il est subdivisé en deux (02) formations ; le Dogger lagunaire à la base et le Dogger argileux au sommet :

✚ **Le Dogger lagunaire** : Il se présente par des argiles tendres et carbonatées, avec intercalations de calcaire et de dolomie. Son épaisseur moyenne est de 100 mètres.

✚ **Le Dogger Argileux** : Il se trouve avec des alternances de calcaires argileux, Localement dolomitiques, d'argiles carbonatées et des anhydrites, où l'épaisseur moyenne est de 115 mètres.

- **Malm** : On trouve des alternances d'argile silteuse et carbonatée et de calcaires gréseux avec des passées d'anhydrites et de dolomies microcristallines. Son épaisseur moyenne est de 230 mètres.

-Crétacé :

- **Néocomien** : Son épaisseur moyenne est de 180 mètres, composant d'argiles silteuse et carbonatées, avec des passées de calcaires et de grès silico-argileux.

- **Barrémien** : Son épaisseur moyenne est de 275 mètres, il contient des grès à sables fins et grossiers avec des passées silto-sableuses. Le lignite est rencontré vers la base de cette série.

- **Aptien** : Son épaisseur est de 25 mètres, présenté par des Calcaire crayeux et dolomie beige microcristalline.

- **Albien** : Son épaisseur moyenne est de 360 mètres, caractérisé par des alternances de calcaire, de Dolomie, des argiles et de grès dans la partie supérieure. A la base on trouve des grès silico-argileux avec des passées d'agile silto-sableuses.

- **Cénomanién** : Son épaisseur moyenne est de 145 mètres, composé par des alternances d'argiles carbonatées, Des calcaires argileux et dolomitiques, de dolomie microcristalline et d'anhydrites.

- **Turonien** : Son épaisseur moyenne est de 115 mètres, composé par des Calcaires blancs crayeux et argileux.

- **Sénonien**

- **Sénonien carbonaté** : Caractérisé par des alternances de calcaire, d'argile avec des passées de dolomie, et d'anhydrite. Son épaisseur moyenne est de 185 mètres.

- **Sénonien lagunaire** : Il s'agit des alternances d'anhydrites, de calcaires argileux parfois dolomitiques, et d'argiles carbonatées avec des passées de dolomies microcristallines. Son épaisseur est de 220 mètres.

- **Sénonien salifère** : Son épaisseur moyenne est de 140 mètres, composé du sel translucide avec des passées D'anhydrite, de calcaires argileux et des argiles carbonatées. [Mekkaoui El Yakout,Zitouni Aissa ET Rabehi walid, 2018/2019]

Cénozoïque

- L'Eocène** : son épaisseur moyenne est de 122 mètres Formé de Dolomie blanche, dolomie calcaire ou argileuse blanche à grise, localement à silex.

- Le Mio-pliocène** : son épaisseur moyenne est de 240 mètres. Ce sont des formations sableuses à intercalations de bancs calcaires et de marnes sableuses et l'épaisseur de celui-ci est très variable avec la topographie actuelle de la région.

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

Figure 5: colonne Litho stratigraphique de champ de Rhourde Chagga (Sonatrach 2016).

2.3 Aspect structural :

Sur le plan structural, le champ RDC a une structure orientée NE-SO, c'est le résultat de l'action sur un substratum fracturé, plissé et érodé, et sur la couverture sédimentaire de

plusieurs phases tectoniques qui peuvent être soit distensives, soit compressives. Celles-ci sont souvent en relation avec les mouvements relatifs des plaques lithosphériques issues de la désintégration de la Pangée à partir du Trias.

Le champ de RDC est affecté par des failles sub-verticales orientées NE-SO à N-S, elles ont probablement été initiées pendant l'Orogenèse hercynienne.

Les failles soient s'achèvent vers le haut à la discordance Hercynienne ou s'étendent dans les formations Triasiques en raison de la réactivation tectonique.

La principale faille orientée Nord-Sud, qui plonge vers l'ouest et délimite la structure à l'est, Représente une faille inverse qui est probablement le résultat de la réactivation d'une faille normale.

Le mouvement inverse de cette faille semble avoir provoqué le repliement des sections triasiques et paléozoïques et, par conséquent, la formation d'une structure anticlinale douce N-S, plus prononcée vers le sud, là où cette faille majeure a été cartographiée

A l'ouest de la faille principale orientée N-S, une autre faille avec le même déplacement, mais plus court, a été interprétée, cette dernière traverse la section Triasique et une partie du Paléozoïque et limite la structure RDC à l'est.

Loin du nord, là où les deux failles (N-S) conjuguées s'arrêtent, la fermeture structurale du champ RDC est assurée par le pliage, qui résulte de la compression tectonique suite à la réactivation et à l'inversion d'une faille normale. Une autre structure anticlinale, orientée NE-SO. Cet anticlinal est le résultat d'une réactivation et d'une inversion de la faille normale majeure NE-SO, en coupant la section paléozoïque et en étant tronquée à la discordance Hercynienne. [Lebchek Soumia , Juillet 2018]

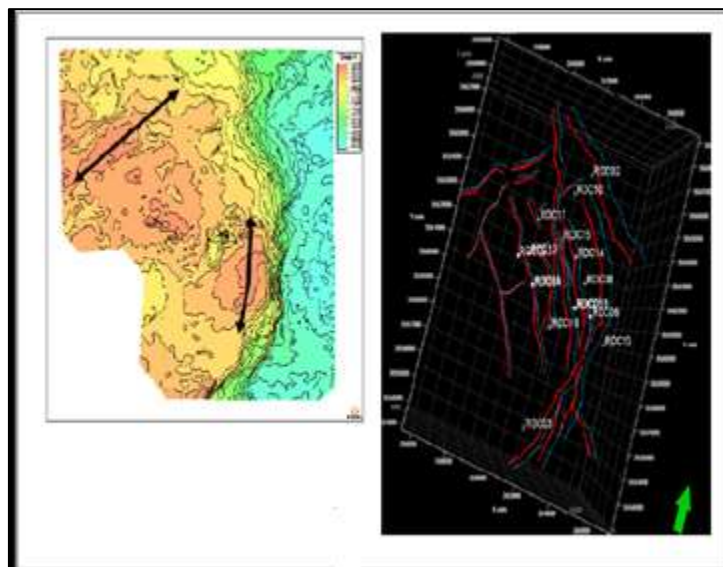


Figure 6 : Carte structurale du champ RDC (Wec 2007)

2.4 Système pétrolier**• Les réservoirs :**

Le champ de RDC contient à la fois des formations Paléozoïque (pré-hercynienne) et Trias (post-hercynienne), et qui comprennent des réservoirs contenant des hydrocarbures, des quartzites d'âge ordovicien (quartzites Hamra) et grès d'âge Triasique (RDC et Trias1).

Réservoir quartzites de Hamra

Dans le réservoir ordovicien, la section la plus importante est formée par les quartzites de Hamra, avec de nombreuses productions d'huile prouvées tout autour du gisement de Hassi Messaoud.

Les quartzites de Hamra se présentent sous la forme de grès massifs, propres et bien développés, avec une porosité allant de 2 à 10 % et des perméabilités variant de 0,1 à 100 md. [6]

Réservoir Grès RDC

Après l'érosion et le démantèlement hercynien des vallées ce sont créés propices au dépôt des grès fluviatiles de RDC qui sont caractérisés par une succession grano-décroissante vers le haut passant à des argiles de plaine d'inondation. Ces grès sont bien développés mais comme la composante stratigraphique et structurale influencent leur dépôt, ces grès montrent une hétérogénéité et une distribution latérale complexe. Les données de pressions montrent également qu'il n'y a pas de communication entre les deux chenaux ce qui prouve la présence de faille étanche près du puits.

Quant aux caractéristiques pétrophysiques les grès de RDC présentent des caractéristiques meilleures, avec une perméabilité variant de 25 à 10 md et une porosité de 7 à 10%.

Types de pièges :

L'essentiel de l'exploration est concentré sur les pièges structuraux et mixtes, et une attention toute particulière est portée aux pièges stratigraphiques (lentilles gréseuses du Trias).

Il s'agit de plis anticlinaux formés lors des différentes phases tectoniques, anticlinaux créés à la faveur d'une tectonique cassante ou limités sur leurs flancs par de grands accidents qui font partie du système très complexe de la dorsale-Hassi Messaoud.

Un autre type de pièges peut être constitué par les corps gréseux fermés par biseautage latéral.

Roches mères :

D'après toutes les études réalisées sur la région d'Oued Mya le Silurien (Argiles Radioactives) est le niveau principal de genèse en hydrocarbures. En effet, le Silurien est très riche en matière organique dont la maturation a été assurée par un enfouissement suffisant durant le Mésozoïque, son épaisseur atteint parfois 500m dans la zone axiale d'Oued Mya. La matière organique est contenue dans les argiles noires radioactives à graptolite, avec un bon potentiel de génération d'hydrocarbures. Ce sont des argiles noires, indurées, silteuse, micacées et pyriteuses avec des rares intercalations de grès quartzitiques.

D'après les études effectuées sur les roches mères

Siluriennes, la matière organique est de type Sapropélique et mixte.

Roches couvertures :

Au niveau de la région d'étude, la couverture est assurée par les argiles du Trias argilo-gréseux et les formations salifères du Trias et du Lias. Les roches éruptives quand elles existent assurent une bonne couverture pour les réservoirs de la Série Inférieure. [Lebchek Soumia , Juillet 2018]

CHAPITRE 2

Matériels et Méthodes

L'objectif de ce présent travail y compris les paramètres du forage au sein de l'unité de mud-logging dont l'évaluation géologique se fait en premier lieu par la collecte des données et le prélèvement des échantillons. Les équipements mis en œuvre sont les tamis, qui sont de l'ordre de sept, les coupelles métalliques, les alvéoles ou coupelles en porcelaine. Par la suite c'est la préparation de l'échantillon pour son étude et son analyse à travers la description et l'identification lithologique en déterminant la nature de la roche, la dureté, la texture, la fluorescence, nature du ciment à l'aide d'un microscope binoculaire, une balance précise et le fluoroscope, détection des indices hydrocarbures.

Lors de la surveillance géologique, l'enregistrement des paramètres de forage est basée sur un ensemble d'indicateurs prélevés sur des capteurs situés à différents points afin de surveiller tout ce qui se passe à l'intérieur du puits des paramètres de forage : (MD, WOH, RPM, Torque, SPM, Volumes bacs, T°) et de calculer : WOB, ROP, Lag time.

Les instruments de détection de gaz, par le capteur H₂S. Il existe d'autres appareils de séparation des composants d'un mélange de substances chimiques contenues dans un échantillon. La chromatographie en phase gazeuse, l'échantillon étant du gaz et une colonne chromatographique.

1 Traitement et description des cutting

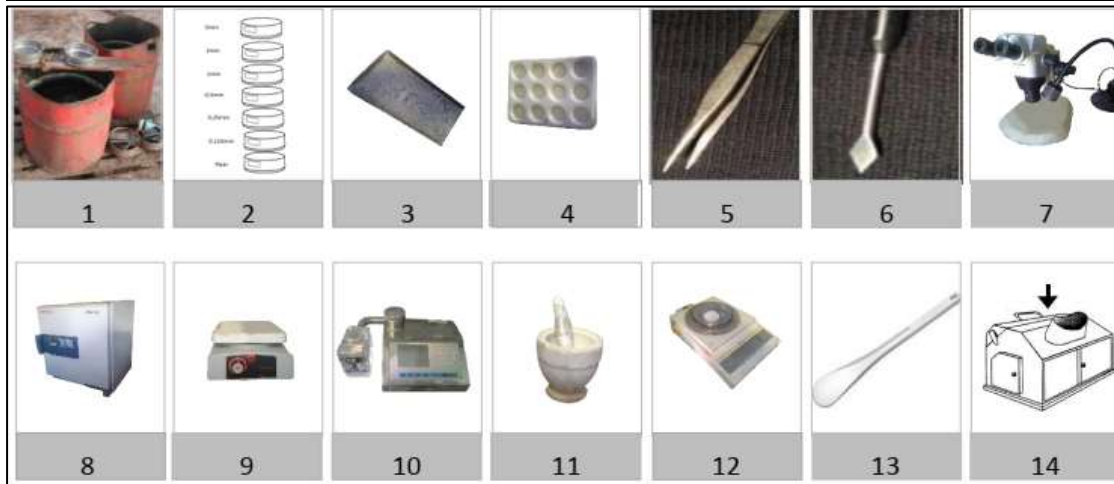
1.1 Techniques d'échantillonnage

1.1.1 Outillage

Les matériels et produits nécessaires pour les analyses géologiques sont présentés dans la (Fig 7) [ASSAMI YASSER, 2019]

Pour le suivi géologique l'unité Mudlogging est dotée de :

1. Deux demi-fûts.
2. Sept 7 tamis.
3. Des coupelles métalliques.
4. Des alvéoles ou coupelles en porcelaine
5. Des pinces brucelles
6. Des aiguilles montées
7. Une loupe ou un microscope binoculaire
8. Une étuve.
9. Une plaque chauffante.
10. Un calcimètre Bernard, Manocalcimère ou Autocalcimètre 10.
11. Mortier et pilon.
12. Une Balance précise.
13. Une Spatule (petite pelle).
14. Le fluoroscope.



1. Deux demi-fûts.- 2. Sept 7 tamis.- 3. Des coupelles métalliques.- 4. Des alvéoles ou coupelles en porcelaine-5. Pincés brucelles grand modèle et petit modèles.6-Aiguilles montées grand modèle et petit modèles. 7- Loupe binoculaire.8-Etuve. 9-Plaque chauffante.10-Calcimètre Bernard ou Mano calcimètre. 11- Mortier et pilon. 12-Balance précise.13 Spatule (petite pelle). 14 Fluoroscope

Figure 7 : Outillages utilisés pour le suivi géologique dans la cabine Mud logging

1.1.2 Echantillonnage

Les déblais sont collectés à une planche fixée au droit de la pente du tamis vibrant en tenant compte du pas d'échantillonnage, ces échantillons prélevés doit être représentatifs de tout l'intervalle entre deux prélèvements. Après chaque prélèvement on doit nettoyer la planche. (fig 8) [Rahmouni.H 2012]

1.1.3 Types des échantillons

- **Cutting brute (PALYNO)** : Ce type d'échantillon est utilisé dans les puits d'exploration, et il destiné aux études micropaléontologiques et géochimiques généralement chaque 10 mètres.

- **Lavé & Tamisé** : Ce type utilise pour l'examen binoculaire et la fluorescence direct ou/et indirect.

- **Lavé & Tamisé et séché** : Ces cuttings utilisent essentiellement pour l'examen de calcimètre soit de Bernard ou l'autocalcimètre après de les broyer.

- **SPOT** : Est un échantillon spécifique dans une profondeur déterminée selon la demande de géologue.

- **Chips** : Ce sont des petits morceaux généralement à chaque mètre de carotte selon la demande de géologue.

1.1.4 Préparation de L'échantillon :

Le Mudlogger récupère l'échantillon dans un tamis (une plaque est mise sous les tamis vibrants pour recevoir les cuttings) l'échantillon est lavé soit à l'eau ou au gasoil selon type

de boue, puis mis dans une coupelle et séché a l'aire libre ou dans une étuve. (Fig.8) [Rahmouni.H 2012]

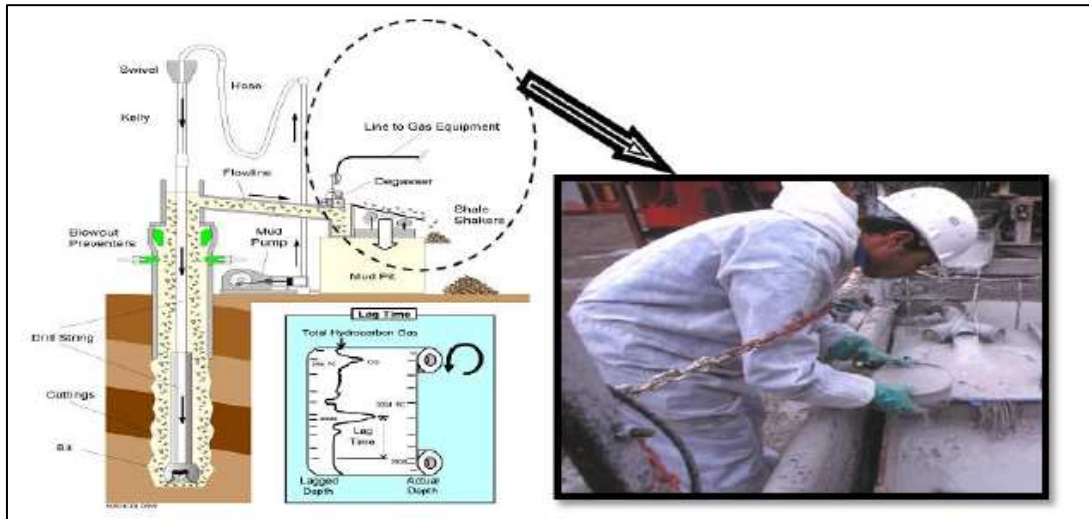


Figure 8 : Collection des cuttings au niveau du tamis vibreur

• **Lavage et Tamissage**

Après avoir collecté au niveau de tamis vibrant l'échantillon doit être mis dans une série de tamis de différents diamètre (de haut au bas) afin d'être lavé par le gasoil si la boue de forage est une boue à base de gasoil (OBM). Si la boue de forage est de base d'eau alors on utilise l'eau pour le lavage.

Après le lavage on prend une petite quantité de chaque tamis dans une coupelle. Il faut prendre soin que la couche formé dans la coupelle est mince est que l'échantillon est facile de décrire avec la loupe binoculaire.

• **Séchage**

après le lavage et le tamisage on procède au séchage, par prendre une quantité de l'échantillon dans une coupelle métallique est de le mettre dans l'étuve. Après le séchage soit on met l'échantillon dans des sachets en carton soit (si il est nécessaire) on procède à un broyage par le mortier pour une analyse de calcimétrie.

• **Mise en sachet de l'échantillon frais**

Juste après la collecte de l'échantillon et avant le lavage et le tamisage, un nombre définie d'échantillons frais sont mis dans des sachets spéciaux. Ils sont envoyés au laboratoire pour des études de palynologie et de géochimie.

• **Étiquetage et emballage des échantillons frais**

Une fiche est agrafée au sachet comportant les informations suivantes : palyno, mud logging, contractor, company, well et la profondeur. Les sachets sont emballés ensuite dans des boites pour le dispat. (Fig 9)



Figure 9 : Étiquetage et emballage des échantillons

1.1.5 L'analyse des échantillons

L'échantillon lavé est ensuite examiné à l'œil nu puis au microscope, à partir de cette étape et après l'estimation des pourcentages de mélange qui complété par l'identification partielle de la couleur, la nature de la roche. **(Fig.10)**

On peut déjà identifier : les grès, les argiles et les sels.

L'échantillon destiné pour l'examen binoculaire est prélevé dans une coupelle, puis imbibé d'eau suffisamment pour éliminer la boue et incliner de façon à ce qu'elle s'égoutte, et les déblais doivent être sur une couche mince bien distribuée. Une fois l'échantillon est débarrassé de son eau, on pose la coupelle sous la loupe binoculaire pour la description.

On peut aussi tester l'effervescence des cuttings avec le HCL dilué à 10% si le test est positif, le passage à la calcimétrie est indispensable pour déterminer la nature lithologique de l'échantillon.



Figure 10 : Le microscope binoculaire

1.2 La méthode appropriée pour la description des cuttings :

La description des cuttings (échantillon) se fait à l'aide d'une loupe binoculaire et selon un ordre bien déterminé :

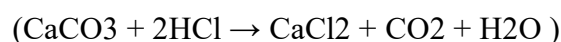
- Déterminer La nature de la roche.
- Estimer les pourcentages (des % approximatifs, inférieur à 5% signalé comme traces et supérieur à 5% les rendre 10%).
- Mentionner la couleur (coloré, incolore ou présente des éclats).
- La dureté (induré, moyennement dure, dure ou très dure).
- La texture (pour des grés, calcaire et dolomie)
- Nature du ciment.
- Les accessoires (comme la présence des micas, pyrite....etc.)
- La fluorescence (pour les échantillons de réservoir).

1.3 Calcimètre :

La calcimétrie est la détermination du pourcentage et la nature des carbonates dans les cuttings. Cette information permet l'identification de la nature lithologique de la roche. [ASSAMI YASSER, 2019]

1.3.1 Principe :

Les mesures de calcimétrie s'effectuent avec un calcimètre (Bernard ou **Autocalcimètre**) afin de déterminer la teneur en carbonates CaCO_3 dans les échantillons de roche pour l'identification de la nature de la roche. On enregistre donc l'augmentation de pression due au dégagement de gaz carbonique en attaquant un échantillon de roche par l'acide chlorhydrique. La réaction chimique en jeu est la suivante :



Puis on mesure le pourcentage de CO₂ dégagé en 1, 3 et 10 minute, pour l'interprétation de ces lectures, on utilise le tableau (Tab.1)

• **Calcimètre de Bernard :**

L'échantillon à analyser doit être au préalable lavé et séché puis moulu finement dans un mortier. La fraction à retenir doit être de 0.2 grammes et mise dans un flacon Erlmeyer. L'acide chlorhydrique HCl (diluée à 50%) est rempli dans un tube de 3.7 CC et mise dans le même flacon que l'échantillon (sans qu'il y ait le moindre contact HCl – échantillon). Fermer hermétiquement ce flacon à l'aide du bouchon raccordé au flexible du calcimètre. On lit le repère '0' sur le tube gradué (**Fig 11**)

Mettre en contact l'acide et l'échantillon. On assiste alors à la réaction acide / carbonates. Faire des lectures à 1,3 et 10 minutes. Les lectures seront corrigées à partir d'un tableau de correction (T° / lecture brute). La saisie des valeurs de calcimétrie sur ordinateur se fera seulement pour celles obtenues pour 1 et 10 min afin de retracer les courbes de calcimétrie et de dolomimétrie dans le Master log par exemple

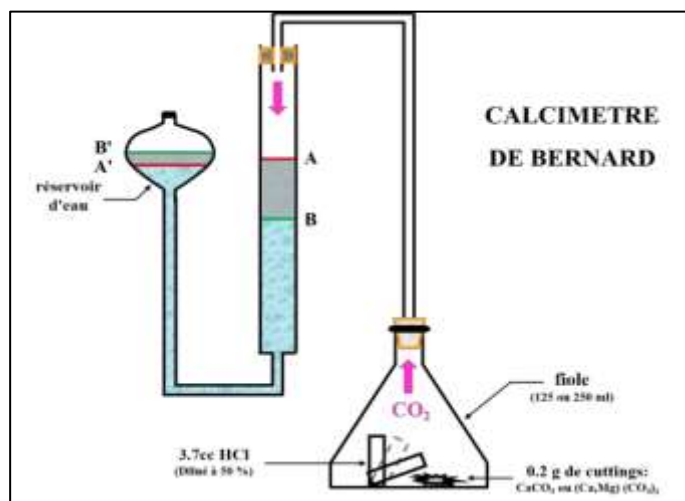


Figure 11 : Calcimètre de Bernard.

1.3.2 L'interprétation des résultats

L'interprétation des lectures, nécessite l'utilisation de tableau suivant les roches décrites sont pures. (**Tabs 1**).

Tableau 1 : Les résultats de la calcimétrie de quelques roches carbonatées

Roche pure	1 min	3 min	10 min
Calcaire	90	95	100
Calcaire marneux	70	80	90
Calcaire dolomitique	45	70	100
Dolomie	25	50	95
Dolomie calcaire	10	30	90
Marne	35	50	65
calcaire Argile	05	06	10
calcaire Argile	00	07	15

1.4 Fluoroscopie

Le fluoroscope est une boîte noire éclairée par des rayons ultraviolets. En introduisant l'échantillon à l'intérieur et en regardant à travers une ouverture appropriée aux yeux, les réflexions fluorescentes sont en fonction des couleurs émises indiquant la présence et la nature de l'hydrocarbure contenu dans l'échantillon.

En distinguant deux types de fluorescence : la fluorescence directe et indirecte. [ASSAMI YASSER, 2019]

1.4.1 Fluorescence directe :

Prendre une coupelle, y placer une petite quantité de cuttings lavés puis placer l'échantillon dans le fluoroscope et y déterminer le pourcentage de fluorescence (observation quantitative) et la couleur de la zone fluorescente (observation qualitative)

- L'estimation quantitative de la fluorescence est basée sur le rapport de surface fluorescente sur la surface totale de l'échantillon en %. Selon la valeur de pourcentage on décrit quantitativement la fluorescence. (Fig.12):

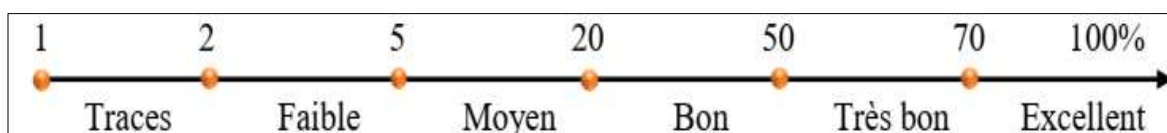


Figure 12 : L'échelle de pourcentage montre fluorescence (observation quantitative)

L'estimation qualitative de la fluorescence est basée la couleur de la zone fluorescente. (Fig.13)

Marron brun	Orange - Or	Jaune brun	Blanche	Blue blanche	à violette
Très lourd	Lourd	Moyen	Léger	Très léger	

Figure 13 : L'échelle de couleur de la zone fluorescente (observation qualitative)

1.4.2 Fluorescence indirecte

a-Test tube

Une petite quantité (1.5-2g) de l'échantillon lavé et broyé est posée dans un tube avec 3cm de cyclo-hexane et agité le tube, ensuite analysé le mélange par le fluoroscope.

b-papier filtre

Placer la même quantité de poudre sur un papier filtre d'un grand diamètre. Humidifier par le solvant et mettre quelques descends de solvant directement sur le papier. Laissez-lui dessécher et secouer le papier pour enlever la poudre. Regarder sous le fluoroscope pour un anneau possible.

Écrire sur le papier filtre la profondeur et le type de solvant utilisés (de cyclo-hexane seulement). Garder le papier filtre. Donner la couleur de solvante sous léger normal et sous la lumière d'U.V. (Fig14)

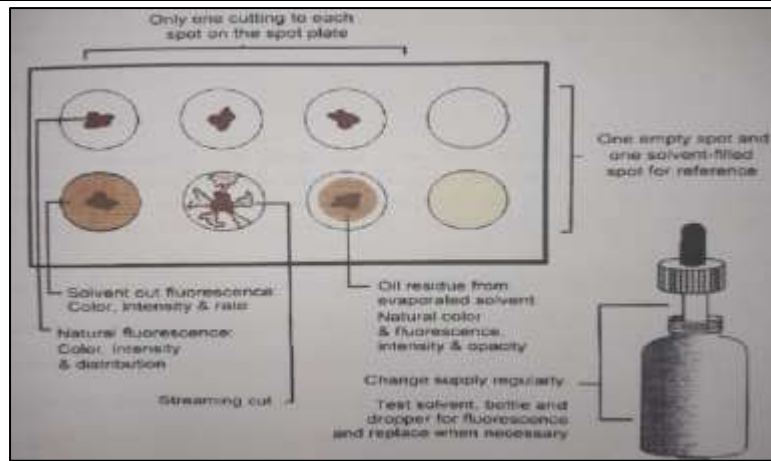


Figure 14 : La fluorescence indirecte

1.5 Rôles des produits chimiques dans la surveillance géologique et leurs utilisations

Les produits chimiques utilisés pour l'identification de différents types des roches et pour la distinction entre eux, ils utilisés aussi comme des desséchants.

Le tableau suivant résume les produits chimiques et leurs utilisations. (Tabs.2)

Tableau 2 : les Produits chimiques et leurs utilisations

Produit	Utilité et utilisation
Acide chlorhydrique (HCl) dilué à 10%	Test d'effervescence
Acide chlorhydrique (HCl) dilué à 50%	Calcimétrie
Phénolphtaléine	Détection des traces de ciment
Trichloroéthane ou chloroforme	Fluorescence indirecte
Alizarine rouge	Distinction des carbonates par teinture
Méthyle bleu	Porosité
Bromoforme	Distinction entre le gypse et l'anhydrite
Chlorure de baryum BaCl ₂	Détection des sulfates
Chlorure de calcium CaCl ₂	Desséchant
Carbonate de calcium	Etalon de calcimétrie
Dolomie	Etalon de calcimétrie
Silicagel	Déshumidificateur
Nitrate d'argent	Détection de chlorures

1.6 Ordre de description d'une roche :

La description lithologique d'une roche est faite après la synthèse de l'examen binoculaire, de la calcimétrie et de la fluorescence. L'ordre de la description est le suivant :

- a- Nom de la roche : ce dernier doit correspondre à un type de roches qui existe dans la classification des roches selon leur type comme Grès, Sable, Calcaire, Dolomie....etc.
- b- Classification de la roche : préciser le type de la roche selon les classifications standard des roches (noms des classifications).
- c- Couleur de la roche : à décrire de préférence avant l'assèchement total de la roche.

- d-** Description des éléments de la roche (taille, arrondissement, sphéricité et classement de gains pour les clastiques et nature et taille des orthochèmes pour les carbonates).
- e-** Liant : préciser l'abondance et la nature de ciment ou matrice.
- f-** Les fossiles et les éléments secondaires.
- g-** Dureté : Tendre, induré, moyennement dure, dure, très dure.
- h-** Porosité visuelle : Selon l'estimation visuelle ou à l'aide d'un colorant.
- i -** Indice des hydrocarbures : Fluorescence direct et/ou indirect.
- j -** Autres caractères.

1.8. Fonction de résultat d'un analyse l'échantillonnage

En général, l'échantillonnage se fait systématiquement dans chaque pas, et faire l'analyse nécessaire pour chaque étape (Calcimétrie , fluorescence , examine microscope)

Dans ce cas, le résultat de chaque analyse prend une grande importance et détermine sa place au sein de la méthodologie générale des résultats, qui se présente sous la forme de Masterlog ,il contient la somme des données générées précédemment, et commencer à partir de détermination de la nature lithologique d'un cutting par Estimer le pourcentage de la partie non carbonatée de l'échantillon étudié exemple : 40% (20% gypse, 20% argile)et (préciser l'abondance et la nature de ciment ou matrice, indice des hydrocarbures)

Les résultats l'analyse le test calcimètre à propos la courbe de la réaction en pourcentage résultant d'un réaction (cuttinge, HCl , CaCO₃)en fonction de temps.

Par conséquent, la plupart des analyse d'échantillons sont basées sur des pourcentages pour chacun d'eux, ce qui suggère la présence d'un certaine chose exemple : (argile, Calcaire, hydrocarbure)

Finalement il est exécuté le Masterlog est réalisé après l'ouverture de logiciel WellWizard, et commencer entrer les pourcentages de lithologie, et entrer les lectures de la calcimétrie, Entrer les valeurs de pourcentage de la(1ère)minute et la (10^{ème}) minute Chaque élément de ce qui précédé est placé dans la colonne avec l'ajout d'un colonne l'interprétation géologique, et la description lithologique, et l'âge géologique

2 Le carottage

2.1 .Introduction

Le carottage est une technique de prélèvement un cylindre de roche qu'il existe dans la profondeur, cette carotte fournit des informations précieux sur le réservoir, c'est un échantillon représentatif de ce dernier, sur le quelle, on fait des essais et des mesures directes sur la roche et connaître les propriétés des fluides contenus dans le réservoir

2.2 Définitions

Le carottage est une technique de prélèvement d'échantillons de roche qui consiste à forer sous-sol à l'aide d'un instrument s'appelle carottier, pour but d'obtenir un cylindre de matière.

La carotte est un échantillon cylindrique de roche que l'on prélève, généralement dans la phase finale de forage (réservoir). Une carotte donne des informations précieux sur les caractéristiques de la roche généralement le réservoir, et permet une meilleures calibration et interprétation de signaux électriques (logs) [F. GRONDIN, juin 2004]

2.3 Types de carottage

Il ya plusieurs types de carottage, mais généralement le carottage conventionnel, de tube en fibre ou en aluminium sont les plus utilisés. elle nous renseigne sur des informations précieuses quant à l'exploitation de gisement telles que les mesures, structures sédimentologiques, études pétrographiques et par conséquent la modélisation du réservoir.

2.3.1 Le carottier standard

compose d'un tube intérieur qui peut contenir la carotte, et d'un autre extérieur pour loger et protéger les autres éléments du carottier et transmet le poids, la rotation, et le fluide de forage à la couronne de carottage. Aussi, il est composé d'un joint de sécurité qui procure également le moyen de séparer les tubes extérieurs et intérieurs en cas de coincement dans le puits pour l'entretien des éléments internes du carottier. Des stabilisateurs, d'une couronne et des deux systèmes, l'un est utilisé pour la rotation et l'autre de retenue qui permet de casser la carotte du fond et de la retenir à l'intérieur du tube intérieur.

2.3.1.1 Principales rubriques de description d'une carotte

- Lithologie générale Couleur, texture, friabilité, granulométrie, teneur en argile, carbonates,
- Nature du litage : Nature des contacts, géométrie du litage.
- Structures sédimentaires : Figures de dépôt, stratifications obliques, rides ..
- Structures et éléments d'origines biologiques : Bioturbation, fossiles, débris organiques
- Déformations secondaires : failles, slumps, figures de charge
- Éléments annexes: hydrocarbures, pyrite, minéraux etc..
- Echelle : 1/40 est le plus pratique [F. GRONDIN, juin 2004]

2.3.2 Le carottage avec un tube intérieur en fibres de verre

Les tubes intérieurs en fibre de verre sont conçus pour améliorer considérablement la qualité de la carotte et sa récupération. Le carottage est plus sûr, plus efficace et la carotte est plus facilement manipulable. (Fig15)

Les tubes intérieurs en fibre de verre sont facilement adaptables au carottier conventionnel. Ils sont équipés à leurs extrémités d'un raccord en acier fileté (récupérable) pour permettre la connexion au carottier conventionnel.

Les tubes intérieurs en fibre de verre deviennent le système de conditionnement (emballage) de la carotte dès le moment où elle est récupérée jusqu'à ce qu'elle atteigne le laboratoire d'analyse. Ces types de tubes intérieurs offrent peu de résistance à l'entrée de la carotte, réduisant le coincement à l'intérieur du tube (jamming) et la perte de la carotte. Ils augmentent ainsi de manière significative la récupération des carottes et l'efficacité du carottage. L'utilisation des tubes en fibre de verre est limitée à la température du puits (maxi 150°C).

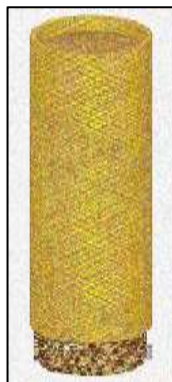


Figure 15: tube fibre de verre

2.3.3 Le carottage avec un tube intérieur en aluminium

Les tubes intérieurs en aluminium (lisses ou rainurés) fournissent les mêmes avantages que les tubes intérieurs en fibre de verre. Ils sont utilisés dans les puits où la température est trop élevée pour l'usage des tubes intérieurs jetables en fibre de verre. Limite de température d'utilisation 220°C

Les tubes servent d'emballage au transport de la carotte (il n'y a pas besoin de couper la carotte). (Fig16)



Figure 16 : tube aluminium

2.4 Carottage

Appliquer le poids recommandé au départ (voir tableau 3 des paramètres) sans rotation ; noter l'augmentation de pression,

Mettre la rotation 30/40 tours (bien souvent le poids décroche et remonte brusquement, il faut très rapidement remettre le poids recommandé).

Carotter 40 à 50 cm en laissant remonter le poids jusqu'à une valeur moyenne.

Augmenter alternativement le poids par fraction de 1 tonne et la rotation de 10 tours, afin de mettre en évidence le paramètre donnant le meilleur avancement. Il faut noter les avancements chaque 10 cm pour mieux suivre le déroulement du carottage et noter les paramètres optimums

Les paramètres recommandés au cours de carottage dans les tableaux suivants: (Tabs.3)

Tableau 3 : les paramètres recommandés au cours de carottage

Diamètre couronne	POIDS (Tonnes)			ROTATIONS(tr/mn)		DEBITS (l/mn)	
	Recommandé au départ	MINI	MAXI	MINI	MAXI	MINI	MAXI
4" à 5"	3	1.5	5	40	100	200	600
5" à 6"	4	2	6	40	100	250	700
6" à 7"	5	2.5	7	30	90	300	800
7" à 8"	5	3	7	30	80	400	900
8" à 9"	6	4	10	20	80	600	1200
9" à 10"	8	4	12	20	70	800	1600
10" et plus	10	6	14	20	60	1000	1800

2.4.1 Extraction de la carotte (avec extracteur)

Sortir le carottier et remplacer la couronne par le protecteur court. Redescendre Le carottier dans le trou. Engager les coins et le collier de sécurité juste sous les côtés du stabilisateur supérieur. Débloquer le joint de sécurité et dévisser avec précaution à la clé à la chaîne. Sortir lentement le tube intérieur en vérifiant soigneusement que tous les filetages sont bien

Bloqués pour avoir la certitude de travailler ensuite en toute sécurité. [F. GRONDIN, juin 2004]

Lorsque le tube intérieur a été dégagé et après vérification d'usage, il est recommandé

d'opérer de la manière suivante(Fig.17):

Etape 1 :Placer la clé de sabot du tube intérieur dans le joint de sécurité et descendre le sabot dans la clé.

Etape 2- Positionner les mâchoires de l'extracteur de carottes sur la partie supérieure du sabot de tube intérieur de telle manière que la base du collier soit au ras de l'épaulement du filetage mâle.

Etape 3 - Dégager le tube intérieur du joint de sécurité et mettre en place la chandelle du support spécial dans son embase

Etape 4 - Descendre le tube intérieur sur la chandelle jusqu'à déblocage du ressort arrache carotte(cor catcher).

Dévisser la partie inférieure du sabot de tube intérieur de façon à dégager la carotte qui est alors supportée par le support carotte spécial

Etape 5 - Rabattre les mâchoires vers le bas et enclencher le bras de manœuvre. En supportant le manche avec son épaulement, l'opérateur a les deux mains libres pour finir le montage

Etape 6 - Dégager le tube intérieur et le placer dans la position désirée pour la sortie de la carotte.

Celle-ci peut être dégagée du tube intérieur en relâchant plus ou moins la pression des mâchoires par l'intermédiaire du bras de manœuvre. Le déplacement vertical du tube intérieur permet de couper la carotte à la longueur désirée.

Il est bon de faciliter la manœuvre du tube intérieur en l'amarrant.
- Le bouchon repère (core marker) indique la fin de la carotte

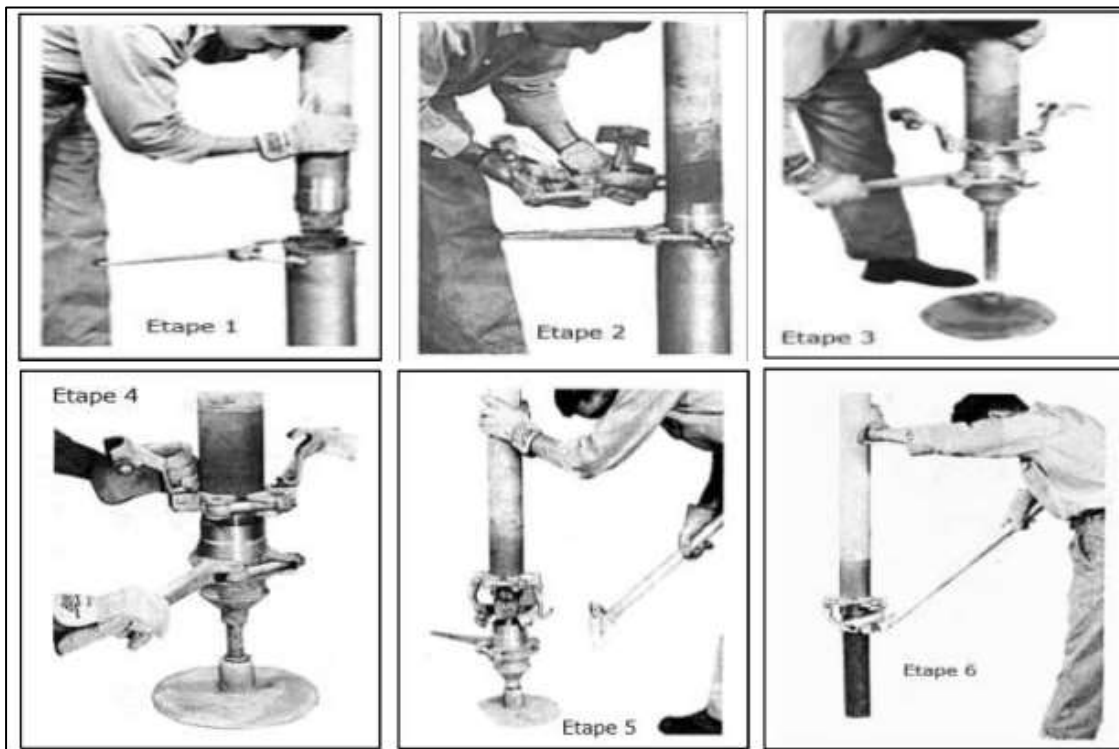


Figure 17 : Les étape de Extraction de la carotte

2.4.2 Analyse des carottes

L'analyse de la carotte récupérée fourni les données qui permettront l'interprétation du réservoir ou de l'intervalle de formation carottée.

2.4.2.1 Type de l'analyse des carottes

L'analyse de la carotte est divisée en deux catégories ; l'analyse conventionnelle et l'analyse spéciale.

• L'analyse conventionnelle comprend les tests qui déterminent les propriétés pétrophysiques suivantes :

- Lithologie
- Porosité de la roche
- Perméabilité de la roche
- Saturation de l'effluent contenu dans la roche.
- La lithologie inclut le type de roche et les caractéristiques de la roche.
- La porosité de la roche déterminera le volume de l'effluent dans le réservoir.
- La perméabilité de la roche déterminera la capacité de l'effluent du réservoir à débiter
- La saturation de l'effluent indique la présence et le type d'hydrocarbure dans la roche

Les autres informations obtenues de l'analyse conventionnelle comprennent le type de fluide produit, le contact entre fluides, et permet l'optimisation du positionnement des intervalles de complétion.

• L'analyse spéciale de la carotte inclut un nombre de tests plus sophistiqués que ceux réalisés dans l'analyse conventionnelle. Ces tests permettent la détermination de :

- Quantité et distribution des fluides du réservoir.
- La perméabilité relative
- Volume de fluide restant dans le réservoir après abandon.

Les données produites par l'analyse spéciale de la carotte peuvent également être utilisées pour améliorer les interprétations obtenues par les mesures de diagraphie électrique.

2.4.3 Préparation de carotte

Après la remontée du carottier, la carotte subit les traitements suivants (**Fig.18**) :

- 1) Accouchement de la carotte du carottier sur le plancher.
- 2) Mesurer puis couper la carotte chaque mètre.
- 3) Transfert de la carotte vers la cabine par les caisses de transport.
- 4) Orientation de la carotte en traçant tous les morceaux de la base au sommet ou deux traits un rouge et un blanc, le rouge à droite et le blanc à gauche.
- 5) Examen de la fluorescence de la carotte dans la cabine, et déterminer la porosité visuelle.
- 6) Choisir des échantillons à paraffiner.

Ce sont généralement les niveaux à meilleurs indices pétroliers et à meilleure caractéristique pétrophysiques (porosité, perméabilité).

- 7) On oriente l'échantillon à paraffiner avec une flèche de la base vers le sommet.
- 8) Mettre les échantillons paraffinés avec leur fiche dans un papier aluminium avant de les paraffiner, on mentionne sur la fiche les cotes de l'échantillon paraffiné.
- 9) Mettre les échantillons paraffinés dans une caisse spéciale.
- 10) Remplacer chaque échantillon paraffiné par un bout de bois.

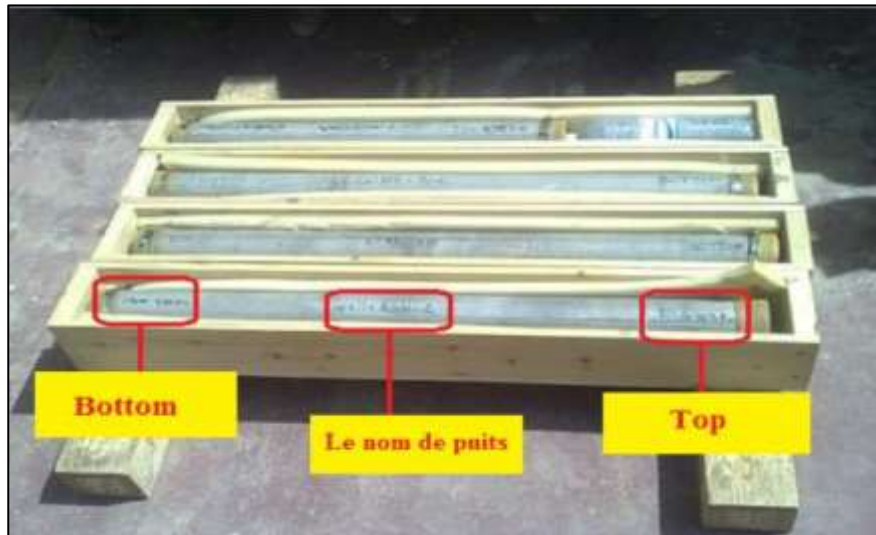


Figure 18 : Des carottes dans les caisses avec ses renseignements

2.4.4 Description visuelle des carottes

Cette méthode consiste de faire une description à l'œil nu, ou par l'aide d'un loupe, pour ressortir des données détaillées, déterminer la lithologie et les faciès de l'intervalle carotté, et définir les figures sédimentaires s'il existe dans la carotte, les fractures ou bien les fissures existante,

Sur le plant structural, et à l'aide d'imagerie, la carotte donne des informations détaillées sur les fractures ou bien les fissures horizontaux et verticaux dans la carotte, avec cette analyse structurale, on peut détecter le régime structural compressif ou bien distensif, et même estimé les contraintes qui affectent ce gisement.

Elle nous permet de mesurer l'ouverture, le degré de remplissage, la longueur, l'orientation par rapport à la verticale et l'azimut du plan de fissuration, La connaissance de la largeur et le nombre de fractures dans les carottes permettent d'estimer la porosité de fractures. Dans la plupart des champs pétroliers en Algérie, les carottes de puits ne sont pas orientées, ce qui rend la mesure de l'orientation et l'azimut de fractures difficile.

On peut faire aussi une analyse sédimentologique, et pétrographique sur le réservoir pour avoir le milieu de dépôt et paléo climat

2.5 Les propriétés pétrophysiques

2.5.1 Les mesures pétrophysique :

2.5.1.1 Mesure de la porosité

La porosité est calculée indirectement après l'obtention de VS et VT, par la relation suivante : $VP = VS / VT$.

-Le volume solide est déterminé à l'aide d'un Ultra-Porosimètre à hélium basé sur la loi de BOYLE-MARIOTTE. ($P1 * V1 / T1 = P2 * V2 / T2$) (**Fig.19**)



Figure 19 : Mesure de volume solide

-Le volume total est mesuré à l'aide d'une pompe volumétrique à mercure basée sur la loi d'Archimède. (Fig.20)



Figure 20 : Pompe volumétrique à mercure

2.5.1.2 Mesure de perméabilité

On peut mesurer la perméabilité d'un plug à l'aide d'un perméamètre, sous une pression de confinement de 400PSI, manufacture est basée sur la loi de DARCY.(Fig.21)



Figure 21: Perméamètre

2.5.1.3 Mesure du grain densité

A l'aide d'une balance électronique, on peut peser le poids de l'échantillon, celui-ci est répertorié dans le programme de Winpore où le grain densité est calculé automatiquement sous la formule : Poids/volume solide = densité des grains [BEN SALAH MAHFOUD , 2023]

Mesure de saturation SW par méthode Retort

La méthode consiste à broyer grossièrement 125 grammes de roches, extraite du cœur de la carotte fraîche ou sur un morceau de carotte préservé dans de la paraffine. L'échantillon est placé dans un capaciteur qui sera placé dans un retort ; et en fonction de l'augmentation de la température, l'extraction des deux fluides (eau et huile) se fait progressivement.

Lorsque la température atteint les 800°F, toute l'eau est extraite des pores (valeur initiale de l'eau). A 1200°F, on note le volume d'eau finale et le volume d'huile.

2.5.2 Evaluation de Résultats

Carottée c'est un échantillon ne diffère pas des autres échantillons précédents extraits du réservoir en termes d'importance, mais il est prélevé, généralement au stade final du forage (réservoir)

C'est l'un des processus les plus importants et l'échantillon fournit des informations précieuses sur le réservoir, quels tests et mesures directes sont effectués sur la roche et la connaissance des propriétés des liquides présents dans le réservoir par un ensemble d'analyses (• Lithologie , Porosité de la roche , Perméabilité de la roche Saturation , Etc) La mesure de la radioactivité naturelle de la roche sur les parties (slabbing, Pluggage) à l'aide d'un appareil de mesure appelé (Core Gamma Logger) est le résultat de la transformation spontanée d'un noyau atomique au cours de laquelle ce dernier émet un rayonnement dans les roches sédimentaires, (le résultat de ce processus donne l'enregistrement global et spectral de la radioactivité

(Deuxièmement, la mesure de la porosité et de la perméabilité de la roche à l'aide de dispositifs notamment permet de connaître l'étendue de la richesse du réservoir pétrolier présentant ces caractéristiques

La réalisation du résultat de l'étude de la perméabilité et de la porosité est Graphe Variation des valeurs de perméabilité et porosité , Être marqué de points colorés ou de courbes ondulées selon les valeurs tirées des mesures effectuées sur Prélèvements de carottes par une méthode perpendiculaire au réservoir (développement vertical de la porosité et de la perméabilité)

3 Les paramètres de forage

Le suivi des paramètres de forage en temps réel est assuré par l'équipe du Mud logging , à l'aide des capteurs installés dans les différents endroits .

3.1 Les capteurs

Un capteur est un instrument de mesure physique permettant de transformer une variation physique ou chimique, du milieu dans lequel il est installé en une différence de potentiel ou de résistance électrique du circuit sur lequel il est branché. Le signal émis par le capteur peut être analogique (variation continue du signal) ou en pulses. [DOKKAR BELKHIR , 2013/2014]

Les principaux paramètres dans les tableaux suivants (**Tab.4**)

Tableau 4 : Un tableau montrant les différentes mesures pour chaque capteur sont :

Le Capteurs	Paramètre Mesuré et Calculé
Position crochet (DRAWORK)	Avancement/Profondeur verticale
Poids au crochet (WOH)	Poids au crochet /Poids sur outil
Rotation de la table (RPM)	RPM rotation et / ou TDS (AMPS)
Torque	Rotation torque ou TDS torque (AMPS)
Pression d'injection (SPP)	Pression d'injection
Coups de pompes (SPM et FLOW in)	Totaliseur coups & Débit d'entrée Boue
Densité IN (MW in)	Densité boue entrée
Densité OUT (MW out)	Densité boue sortie
Température IN (T° in)	Température de boue entrée
Température OUT (T° out)	Température de boue sortie

3.1.1 Capteur de profondeur (draw works)

A l'origine on a deux systèmes de capteur l'un de crown block et l'autre de Géographe line, le développement de ces deux donne un autre système de Draw works, le capteur est placé sur le treuil, le décalage de deux bobines S1/ S2 permet d'avoir des émissions à partir d'elles on peut déterminer la profondeur et le sens de mouvement qui correspond à une remonté ou à une descente.(Fig.22)

Pour que le capteur fonctionne, il faut entrées les données fixes de treuil, mais dans le calibrage on ait besoin de re-entrer seulement le nombre de couches pleines sur treuil et le nombre de spires sur la dernière couche.

✓ **La mesure de profondeur est utilisée pour déterminer :**

- Le sens de déplacement du moufle.
- La vitesse de déplacement du moufle(Hook SPEED).
- La profondeur(Total depth).
- Position du moufle (Hook position).
- La vitesse d'avancement(ROP).
- La profondeur de l'outil (Bit depth).



Figure 22 : capteur de profondeur .

3.1.2 Capteur de poids au crochet (WOH):

Le poids sur l'outil est l'un des principaux paramètres à mesurer pendant le forage.

Le capteur de poids installé sur le Réa et le branché directement sur le circuit de mesure du foreur, il constitué par une jauge hydraulique de contrainte installée sur ce circuit, la traction exercée sur le câble est transformée en une pression qui est mesurée par le capteur, Ceci est approximativement exact dans les puits verticaux, mais certainement faux dans les puits très déviés.(Fig.23 et 24) [ASSAMI YASSER, 2019]

✓ **La mesure de poids au crochet est utilisée pour :**

- Poids sur l'outil WOB ($WOB = W_{string} - WOH$).
- Détection des frottements de la garniture.
- Détection des coincements.
- Surveillance de la limite de traction des tiges.
- Manoeuvre des outils de fond.



Figure 23 : Capteur de poids au crochet

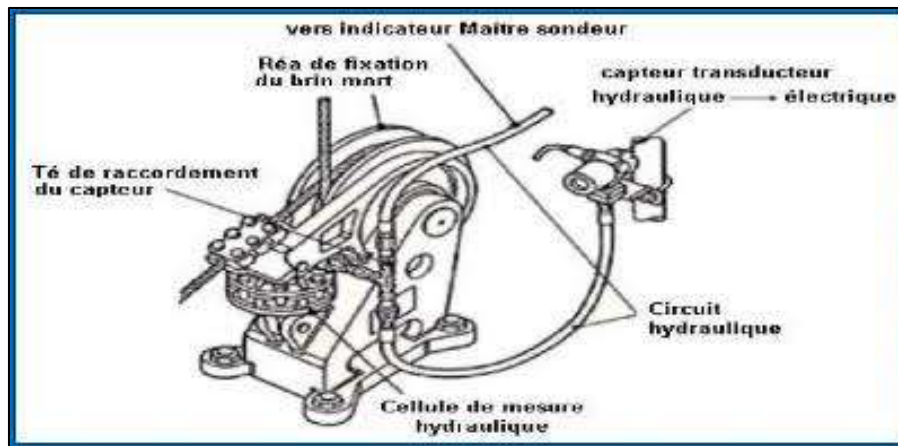


Figure 24 : capture de poids sur circuit hydrique du brin mort de l'appareil de forage

3.1.3 Capteur de rotation RPM:

C'est un capteur de proximité qui détecte le nombre des pulses électriques générées à chaque rotation de la table par un leurre solidaire de celle-ci ou de l'arbre d'attaque, l'intégration de ce dernier en un temps donné indique la vitesse de rotation, on distingue deux types : DATALOG et GEOSERVICE.(Fig.25)

- ✓ **La mesure de rotation est utilisée pour :**
 - Recherche des paramètres d'avancement optimum.
 - Corrélation de vitesse d'avancement entre différents puits.
 - Interprétation de lithologie.



Figure 25: Capteurs de rotation RPM

3.1.4 Capteur de torque:

Un capteur à effet Hall est installé autour du conducteur d'amenée du courant (mesure de la consommation de courant électrique par le moteur de la table de rotation). Il est à signaler que ce capteur ne marche pas sur les câbles blindés et à armature métallique.(Fig.26 et 27)

- ✓ **La mesure de torque est utilisée pour Détecter:**
 - Les changements de lithologie.
 - Transmission du couple lors d'un back-off.
 - Molette coincée.
 - L'état de l'outil et surtout de ses roulements.
 - Tentative de décoincement.
 - Eboulement sur l'outil.



Figure 26 : Capteur de Torque.



Figure 27 : Position Capteur de Torque sur le câble d'alimentation

3.1.5 Capteur de pression d'injection:

La pression SPP est mesurée à l'aide d'un capteur sur le manifold de plancher (Stand Pipe Pressure) qui est la pression de refoulement et sur choke manifold (CASING PRESSURE ou bien WELL HEAD PRESSURE) pour la pression en tête d'annulaire utilisée surtout lors des contrôles de venues et des éruptions, Les jauges utilisées transforment la pression en signal électrique.(Fig.28)

Le capteur à l'injection doit être compatible avec la pression maximum de fonctionnement du système de refoulement (400 bars).

Le capteur annulaire doit être aussi compatible avec la série de la tête de puits pour permettre des mesures correctes (750 bars).

✓ **La mesure de stand pipe pressure est utilisée pour Détecter:**

- Déroulement des opérations lorsque le puits est mis sous pression (étanchéité d'un packer)
- Surveillance du déplacement des bouchons de densités différentes (ciment, boue lourde, venues, etc.)
- Manœuvre hydraulique d'équipements de fond (gonflement de packer, cisaillement de goupille)
- Perte ou bouchage d'une duse - Sifflure ou rupture de garniture
- Contrôle de kick- Déplacement des bouchons de cimentation
- Détection de pertes importantes dans le découvert par surveillance de la chute de pression



Figure 28 : Capteur pression d'injection

3.1.6 Capteur de Coups de pompes (Flow in)

On doit compter le nombre de coups de pompe, connaissant le débit unitaire pour chaque coup et le rendement de la pompe, le débit de forage pourra être calculé. Il est facile de mesurer le nombre de coups de pompe par des détecteurs de proximité.(Fig.29 et 30)

✓ La mesure des coups strocks par minute utilise dans :

- Suivre les consignes.
- Réalisation de la chasse de ciment.
- La mesure du temps de remontée des échantillons (lag time).
- Déplacement des bouchons de cimentation (Top & Bottom Plug).



Figure 29 : Capteur de pompe (débit entrée).

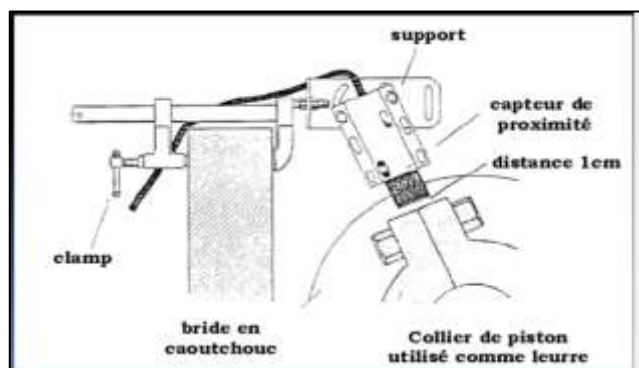


Figure 30 : position d'installation de capture de débit entrée au niveau des pompes de forage

3.1.7 Capteur de débit de sortie (Flow out)

La détermination du débit de sortie effectuée à l'aide d'un débitmètre placé sur la goulotte qui mesure le pourcentage de passage du fluide de forage en fonction de la déflexion de la

palette de 0 jusqu'à 100%. Sa mesure est erronée si des dépôts de déblais obstruent sa section de passage.(Fig.31)

- ✓ **La mesure de débit de sortie est utilisé pour :**
- Détecter les venues ou des bouchons de gaz.
 - Détecter les pertes de boue.

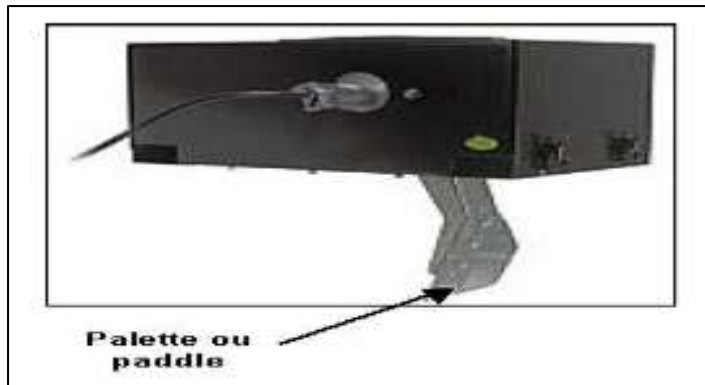


Figure 31 : Capteur Flow out(débit de sortie).

3.1.8 Capteur de densité d'entrée et de sortie:

Un capteur est placé dans le bassin actif pour la densité d'entrée (*IN*) ou dans le Mud box pour la densité de sortie (*OUT*), la mesure de densité s'effectue par la mesure de la pression hydrostatique différentielle entre deux membranes des hauteurs différentes.(Fig.32)

- ✓ **La mesure de densité d'entrée et de sortie permet :**
- Détecter les venues par la chute de densité.
 - Le contrôle continu du traitement de la boue.



Figure 32 : Capteur de densité (d'in - d'out).

3.1.9 Capteur de Température à l'entrée et à la sortie :

La température de la boue à l'entrée dans le bassin actif et à la sortie dans le Mud box est enregistrée à l'aide de cannes thermométriques par la variation d'une résistance, une augmentation de résistance implique une augmentation de température. (Fig.33)

- ✓ **La mesure de température IN et OUT nous permet de détecter:**
- Les zones anormalement compactées par une température élevée.
 - Les venues de gaz qui se manifestent par une baisse de la température due à la détente du gaz.



Figure 33 : Capteur de température (IN et OUT).

3.2 Observation en conséquence

Les capteurs sont considérés comme l'œil qui voit tout ce qui est limité dans (un puits pétrolier) ils sont placés à certains endroits et chacun d'eux a ses indicateurs de son changement ou de sa stabilité et sont connectés à la cabine géologique pour pouvoir (chef de cabine) analyser les changements incarnant des changements au niveau de cabine sont des fréquences verticales représenté par (le tim plot), montre timplot les réponses de différents capteurs de surveillance pendant un forage pétrolier, Il effectue chef de forage interprétez réponses face aux anomalies remarquées ces dans lequel un changement est avec une augmentation ou une diminution indiquant un dysfonctionnement dans le forage, Ce qui conduit parfois à la décision d'arrêter le forage doit être analysé (timplot) pour détecter le problème survenant Pour prendre la décision cruciale, l'analyse comprend nom de puits et profondeur, la présence des paramètres, Nous nions les variables observées dans rapporte

3.3 Position des capteurs sur le rig

Les appareils de diagrapie en cours de forage sont installatalés comme suit (Fig.34).

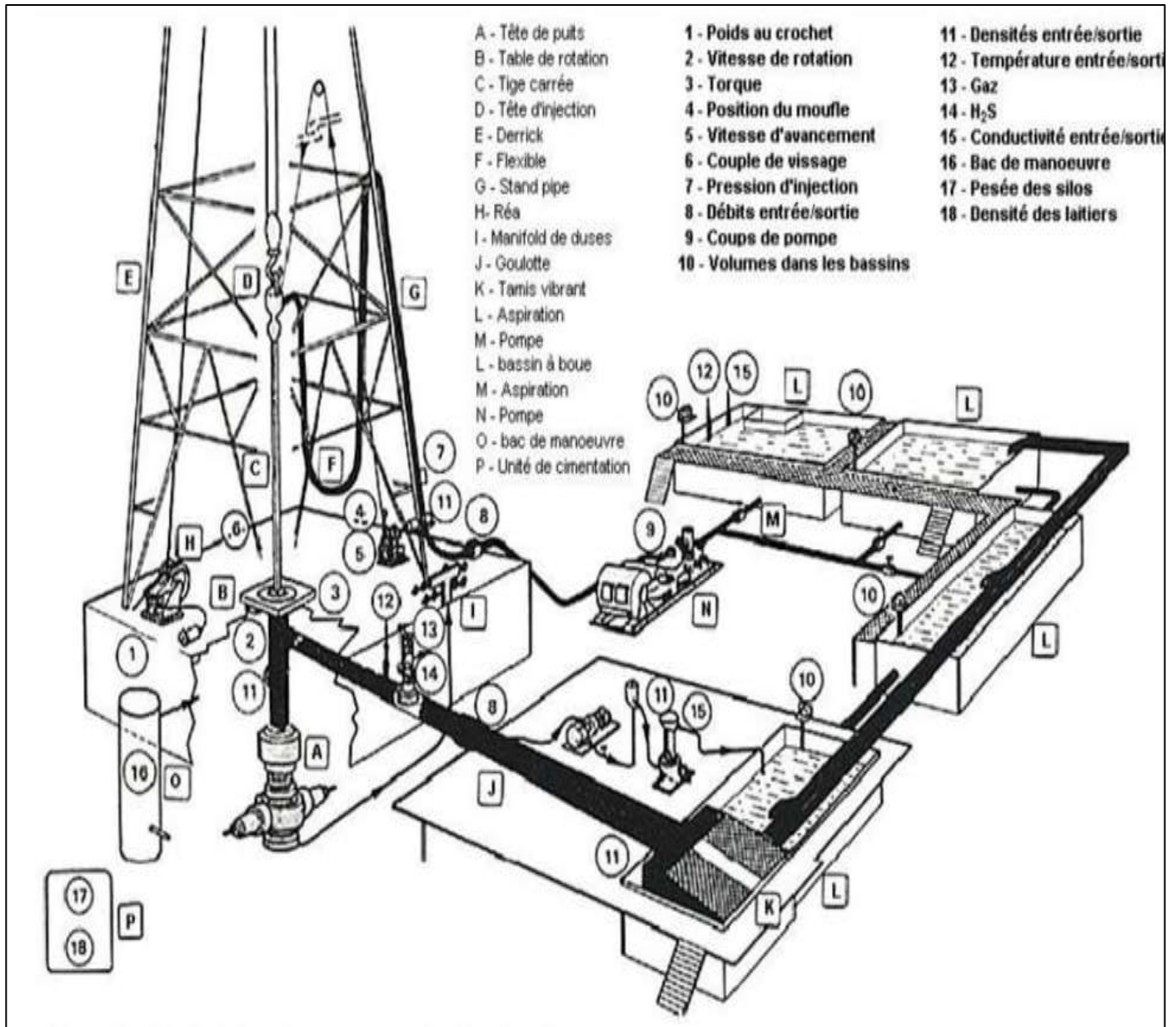


Figure 34 : Schéma d'une installation complète des appareils de diagrapie en cours de forage.

4 Les systèmes de gaz

Parmi les nombreux paramètres qui sont enregistrés au cours de forage, la détection dugaz est certainement celui qui a sensibilisé et qui sensibilise toujours à la fois les foreurs et les géologues. C'est une préoccupation permanente qui s'explique par des problèmes de sécurité qui touchent les personnes et les puits, et par le fait que la quantité et la nature du gaz qui sera détecté et analysé sont des éléments très importants pour le géologue d'exploration. Il est composé de deux panels :

- Total gaz : étude quantitative % en TG contenu dans la boue .

- chromatographe : étude qualitative déterminant les différents composés du gaz de C1 jusqu'à nC₅.

Le système de gaz est une série de dispositifs reliés entre eux, pour permettre la séparation et la détermination du pourcentage des gaz contenus dans le fluide de forage. D'abord, une pompe centrifuge doit être installée sur le puits contenant la boue de renvoi pour permettre, l'extraction du gaz

Après, le mélange de ce gaz passe dans un tube vers la cabine pour déterminer sa quantité, ce gaz passe par un dispositif appelé chromatographe, pour la détermination de la séparation et du contenu détaillé. (C1, C2, C3, C4, C5, CO₂)

4.1 Détermination de gaz

Lors du forage des hydrocarbures, plusieurs gaz sont, l'analyse de ces types de gaz permet de déterminer les limites de gisement, les différents types de contacts entre les fluides la productivité des réservoirs, ainsi que la qualité des hydrocarbures dans le gisement.

4.2 Sources de gaz dans la boue

Le gaz peut provenir d'une formation via un certain nombre de mécanismes. C'est nécessaire pour l'enregistreur de boue pour isoler et surveiller ces causes pour dessiner la conclusion. Le gaz provenant d'autres sources ou indirectement de la formation sera également être vu dans le flux de boue [HIMOURA HOUCINE 2017/2018]

Il y a quatre sources de gaz dans la boue. Ceux-ci sont :

- GAZ libre .
- GAZ produit.
- GAZ recycle.
- GAZ DE contamination.

4.3 Dégazeur

Le procédé communément utilisé sur chantier est le dégazage par agitation. Le dégazeur est installé le plus près possible de la sortie de la boue du puits au niveau de la goulotte (**Fig.35**).

Il agite violemment la boue afin de séparer le gaz de la phase liquide. De l'air balaie l'intérieur du dégazeur et transporte l'indice jusqu'au détecteur par aspiration de la cabine, Le Gas Distribution System fournit en permanence des échantillons de gaz avec un débit et une pression constants à différents analyseurs de gaz / détecteurs de gaz



Figure 35: le dégazeur

Les principaux gaz extraits de la boue, Ce sont essentiellement de la série des paraffines (C_n H_{2n+2}): le méthane CH₄ (C1) , l'éthane C₂H₆(C2), le propane C₃H₈ (C3), l'isobutane C₄H₁₀ (iC4); Butane normal C₄H₁₀ (nC4), le Pentane C₅H₁₂ (C5). (**Fig.36**)

En général, les gaz sont classés comme suit :

- gaz secs : exclusivement C1 .
- gaz humides : essentiellement C1 avec des proportions variables de C2, C3, C4 et rarement des traces de C5.
- gaz acides : contenant l'H₂S qui agit comme acide sur les métaux et perturbe les caractéristiques boues.

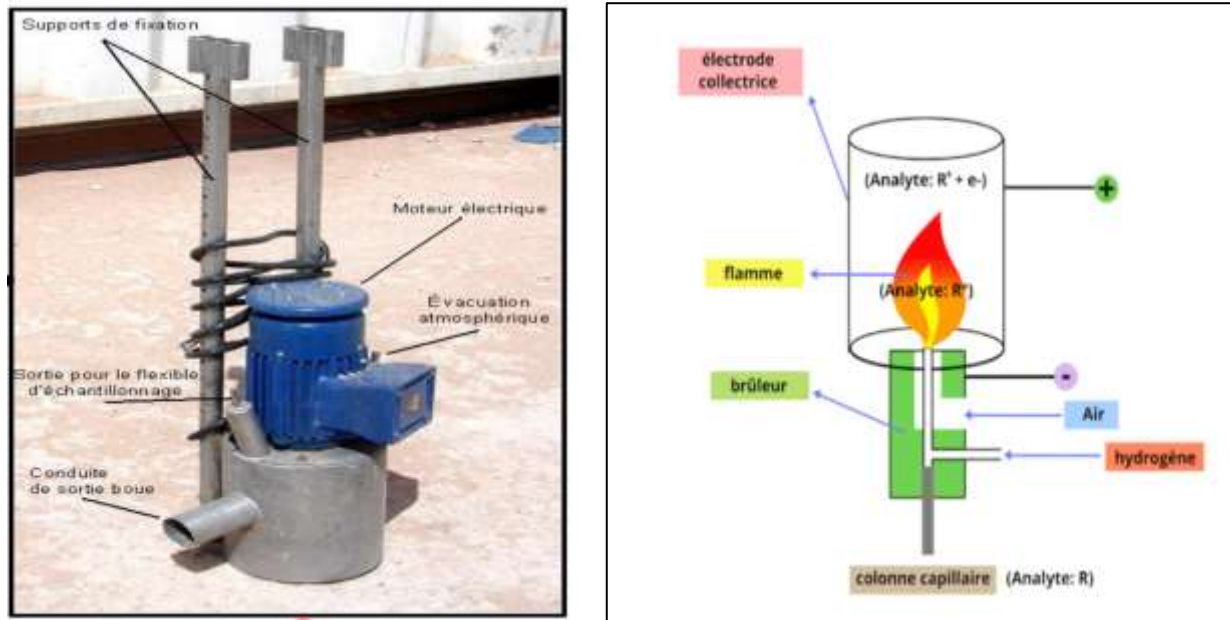


Figure 36: principe de fonctionnement de dégazeur.

4.4 Échantillonnage

Les gaz extraits de la boue par le dégazeur sont aspirés au travers d'une conduite (3mm) jusqu'à lacabine. Là, ils passent dans un système de vases permettant de les déshumidifier (silicagel) et de les dessécher (chlorure de calcium). A ce stade l'échantillon "propre" passe dans la pompe puis au travers d'un régulateur de pression et de débit pour arriver enfin au détecteur.

4.5 Détecteur de gaz

Les détecteurs de gaz sont basés sur les principes physiques suivants :

La conductivité thermique et la combustion catalytique (DATALOG), l'ionisation de flammes(GEOSERVICES et HALLIBURTON).

L'analyse est faite à l'aide de chromatographe qui sépare les gaz et les dose avec des détecteurs très sensibles.

4.6 Détection de H₂S

On rappelle que l'hydrogène sulfuré H₂S (d=1.17) est un gaz extrêmement dangereux, la concentration maximale admise dans l'atmosphère est 20ppm. Son odeur repoussante très caractéristique d'œufs pourris est perceptible dès 0,03ppm et devient très intense à partir de 1ppm. L'odeur désagréable disparaît vers 200ppm en raison de l'anesthésie du système olfactif, et l'inhalation d'air pollué à cette concentration ou plus peut être mortelle. Les effets de H₂S sur l'organisme humain dépendent de sa concentration dans l'air.

- 100ppm : perte de l'odorat dans les 3 à 15mn avec brûlures aux yeux et à la gorge.
- 200ppm : perte rapide de l'odorat et sensation de piqûre yeux et à la gorge.
- 500ppm : troubles de l'équilibre avec difficultés respiratoires rapides.
- 700ppm : perte de connaissance rapide, suivie de la mort si il n'y a pas de secours rapide
- 1000ppm : atteinte du système nerveux irréversible puis mort si aucun immédiat.

Un capteur pour l'hydrogène sulfuré est, en général continuellement en service en cours de forage. (Fig.37) [HIMOURA HOUCINE 2017/2018]

Son utilité est double :

- mesurer la teneur de la boue en H₂S ;
- mesurer aussi la teneur en différents points du chantier (cave, goulotte) et aussi dans la cabine pour raison de sécurité.

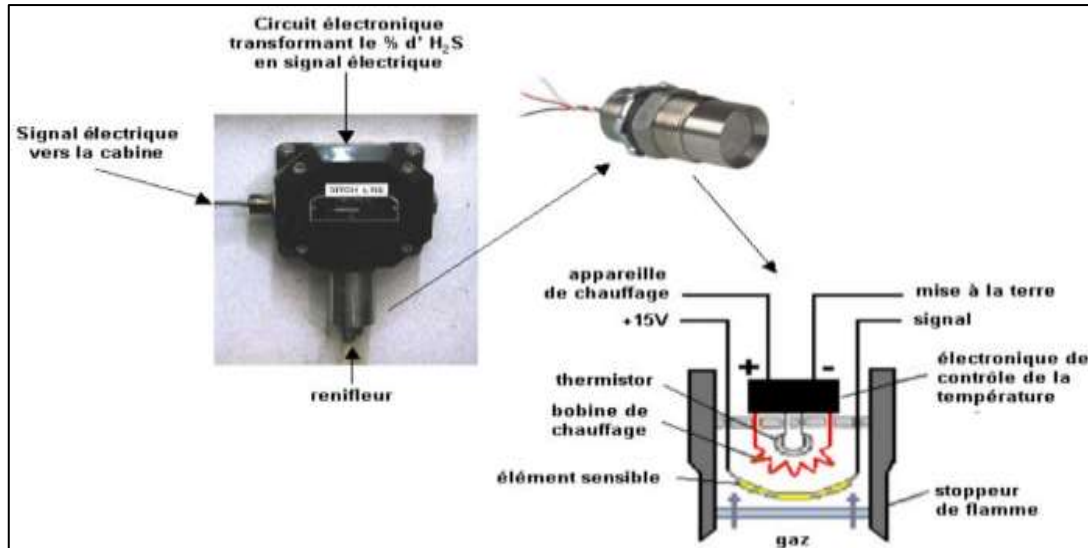


Figure 37 : Capteur d'H₂S .

4.7 La chromatographe

4.7.1 Définition de la chromatographe

C'est la séparation des composants d'un mélange de substances chimiques contenues dans un échantillon. Dans le cadre du Mud Logging. (Fig 38)



Figure 38 : Chromatographe.

4.7.2 Les principaux éléments sont

- un injecteur.
- une colonne chromatographique (tube en laiton spiralé contenant un mélange de silicagel et de squalane).
- une cellule de détection.
- un dispositif de circulation inverse (refoulement de tous les gaz vers l'extérieur).
- enregistreur.

4.7.3 L'analyseur chromatographique

L'échantillon est mélangé à un gaz vecteur ou porteur (air → GEOSERVICES et HALLIBURTON ou hélium → DATALOG) avant d'être introduit dans la colonne remplie de particules inertes calibrées granulométriquement, ensuite le mélange est déplacé à travers la colonne. chaque colonne présente le principal avantage de ne pas contenir chaque type de gaz à des moments différents jusqu'à ce que chacun d'entre eux atteigne la chambre du détecteur ((conduction pour DATALOG) à un moment bien précis du cycle d'analyse. Le pourcentage du type de gaz est fonction de la valeur du pic ou de la surface de la courbe.

les gaz peuvent être séparés s'ils sont le chromatographe dans un état vertical, et la deuxième colonne permet de séparer les gaz lourds C3-nC5. (Fig39)

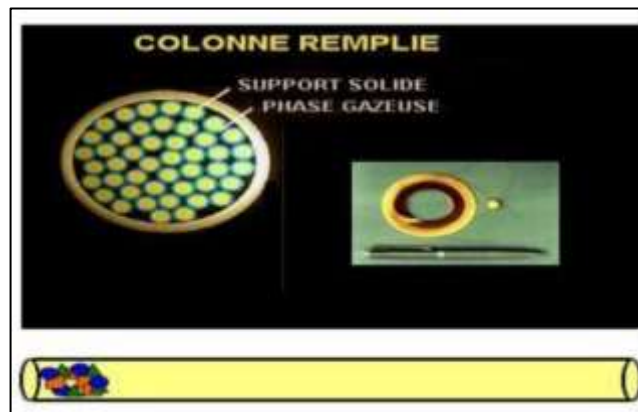


Figure 39 : Ligne de gaz

En fin, le gaz porteur est inversé ("back flush") pour repousser hors du circuit les gaz en cours d'analyse .

Ces analyses durent 3-4 minutes pour les cabines GEOSERVICES et HALLIBURTON, et 30 secondes pour DATALOG

Le chromatographe donne automatiquement cinq courbes depuis C1 à nC5 en fonction du temps. Les valeurs de concentrations sont stockées sur mémoires analogiques et peuvent être lues après digitalisation par ordinateur. (Fig.40)

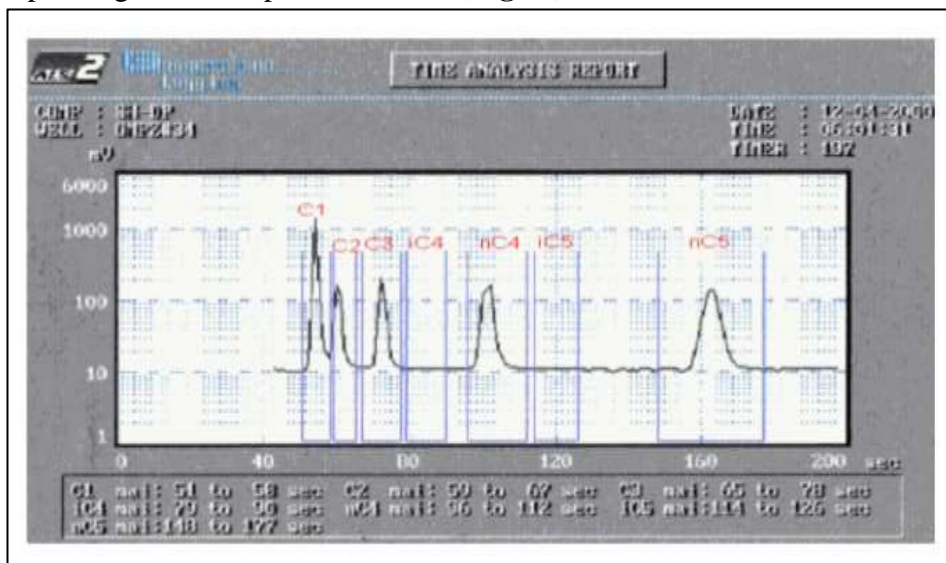


Figure 40 : les analyses de chromatographe

CHAPITRE 3

LA SURVEILLANCE GEOLOGIQUE AU NIVEAU DE PUIITS **NHBHJ-5**

CHAPITRE 3 : LA SURVEILLANCE GEOLOGIQUE AU NIVEAU DE PUIITS NHBHJ-5

Les géologues ont comme rôle la reconstitution de l'histoire des dépôts ainsi que l'identification et la discussion des déformations tectoniques qui les affectent, pour cerner les emplacements de piégeage du pétrole. Ce type de recherche s'appuie sur des travaux et des observations faites sur le terrain et au laboratoire.

En forage, les déblais remontés par la circulation de fluide de forage ou boue de forage. Ce fluide est circulé ou pompé de la surface, vers le bas à travers le train de sonde et l'outil de forage (trépan), et revient à la surface par l'annulaire. Généralement le traitement des déblais a pour but l'acquisition des données nécessaires.

L'analyse lithologique des formations peut optimiser de futures considérations de forage. Les données obtenues en surveillance géologique incluent les informations géologiques, de réservoir, et de production.

Ce chapitre est ciblé à la présentation de la surveillance géologique appliquée au sein de NHBHJ-5.

1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1 Situation géographique de puits NHBHJ-5.

Le gisement Nord Hassi BelHadj (NHBHJ) est situé dans la partie Sud-Est du périmètre de recherche et d'exploitation Touggourt II, blocs 433 du bassin Amguid Messaoud. Il se situe à 20Km à l'Est du champ Rhourde Chagga, à 23km au Sud du gisement BRS-MOM et à 25Km au Sud-ouest du gisement de RAA (**Fig. 41**) [Rapport d'implantation du puits vertical NORD HASSI BELHADJ-5 ,2023]

Les coordonnées géographiques et en UTM 32 de la plate-forme du puits NHBHJ-5 sont les suivantes :

COORDONNEES UTM 32

X : 292311.00

Y : 3559397.05

COORDONNEES GEOGRAPHIQUES

Longitude : 32° 09' 15.6141" N

Latitude : 6° 47' 52 .1020" E

ALTITUDE(m) :

Z- sol :121.685m

Z-table :132.38m

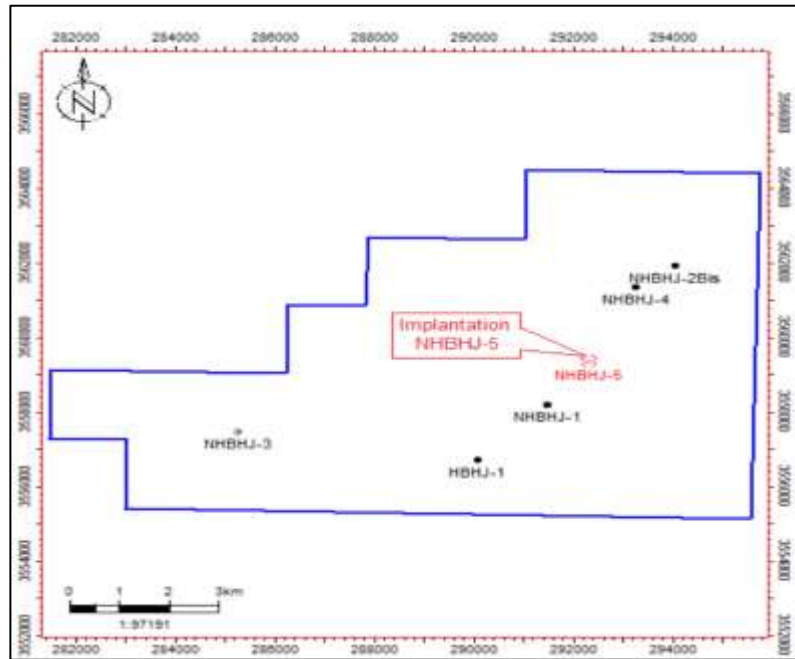


Figure 41 : Plan d'implantation de NHBHJ-5 (SONATRACH, juillet 2023)

Le forage Nord Hassi Belhadj-5 est le troisième puits de développement du périmètre Nord de Hassi Belhadj, il a été proposé à 1438m au Nord- Est du NHBHJ-1 dans le même trend, et à 2200m au Sud-Ouest.

Le forage Nord Hassi Belhadj-2bis a produit lors du test de formation DST-1 dans le réservoir série inférieure un débit de 15.22m³/h (Duse 32/64’’).

A partir de la base 24 Février (HMD), prendre la route goudronnée vers BIR SBAA en passant par ZCINA sur un parcours de 82Km puis dévier à droite et suivre la piste du forage NHBHJ-2Bis sur une distance de 37.5Km, se trouve l'emplacement du futur forage NHBHJ-5 (Fig.42)

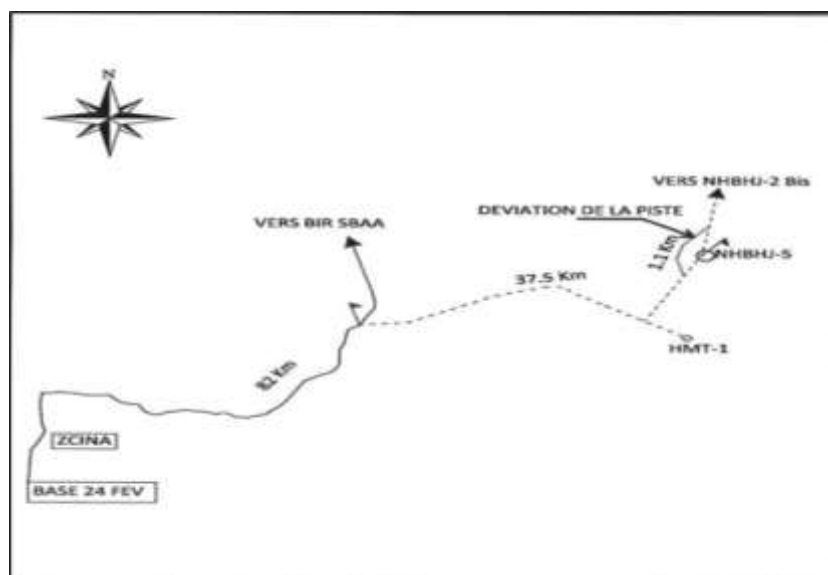


Figure 42 : Schéma synoptique du forage NHBHJ-5 à partir de Hassi Messaoud (Sonatrach, .2023)

2 DONNEES DE FORAGE ET DE BOUE

2.1 Le profil de puits :

Le forage " NHBHJ-5 " a été foré comme suit :

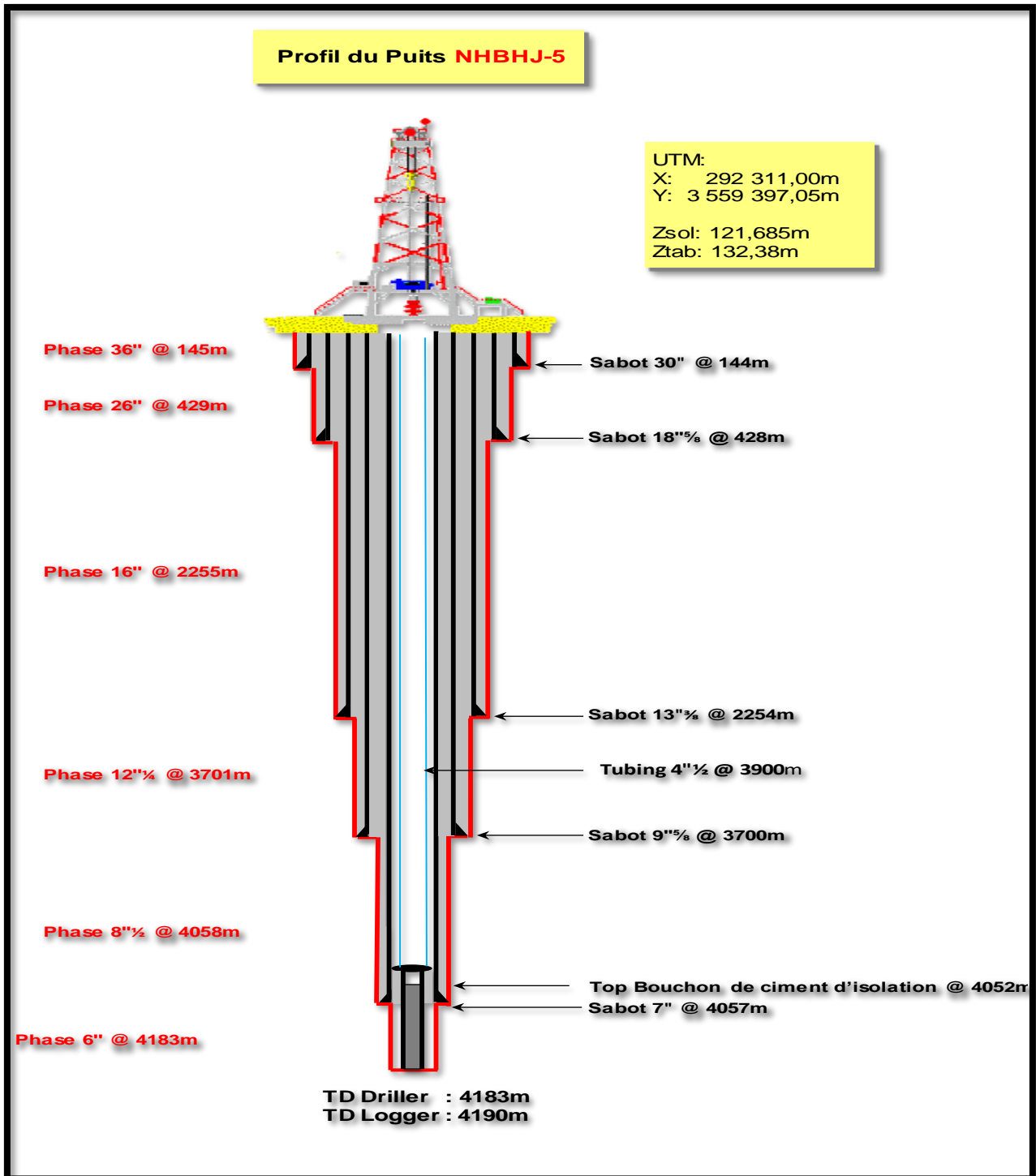


Figure 43 : profil de puits NHBHJ-5 (Sonatrach, .2023)

2.2 Présentation des Phases

La surveillance géologique du puits a débuté le 01/08/2023 à la côte 13m. Le puits NHBHJ-5 a été foré en cinq (05) phases, traversant une série de dépôts de 4183m.

A/ Phase 36" (Tubage 30"; 3m -145m):

Le début de la surveillance géologique à commencer par la phase 36" le 01/08/2023 à 06h00, à la côte de 13m, les formations traversées sont : sables blancs à jaunâtres, fins à moyens parfois grossiers, subarrondis avec des passées d'argiles jaunâtres, tendres à pâteuses, et des calcaires blancs, moyennement durs.

Durant cette phase, le forage a enregistré des avancements de l'ordre de 4.49 m/h vu la caractéristique géologique des formations traverser. Le sabot du sable a 144m.

La phase 36" est terminée en 05/08/2023, plus précisément à 12h :00min et cela a duré environ 4.25 jours.

Le forage a traversé l'étage Mio-Pliocène (Partiel) à une Intervalle de 13 145 (m).

La phase 36" a été entamée par la descente d'un outil tricône 26" N°01RR de type SB115C, duse en (3*18+1*16)/32", et portant le numéro de série SN°RG5625, pour entamer le forage dans les formations du Mio-pliocène de la surface jusqu'à la côte 50m, avec un avancement de 3m/h. A cette côte l'outil a été remonté librement à la surface en vue d'être remplacé par un outil 36" pour élargissement du trou.

Un outil tricône 36" N°02 RR de type EB1GS, duse en (2*32+4*28)/32", et portant le numéro de série SN° 1627395, a été descendu pour élargir l'intervalle foré en 26" et continuer le forage de la section de la côte 50m jusqu'à la côte 145m, (Total Depth de la phase 36"), cet intervalle de 95m a été foré avec un avancement moyen de 4.49m/hr. Après une circulation d'une heure de temps, l'outil a été remonté librement jusqu'à la surface.

L'usure de l'outil était : **1-1-NO-A-E-I-NO-T**

L'ensemble des paramètres des outils et de la boue a cours de cette phase sont regroupés dans les tableaux suivants (**Tab. 5 et 6**)

Tableau 5: Les paramètres des outils

N°	Type	NS	Diam (")	Duses/32" TFA (in ²)	Intervalle (m)	ROP (m/h)	Débit (l/min)	RPM (t/min)	SPP (psi)	WOB (t)
1RR	SB115C	RG5625	26	3*18+1*16	13-50	3.00	480-610	45-50	0-20	1-3
2RR	EB1GS	1627395	36	2*32+4*28	50-145	4.49	1480-2110	20-80	0-100	2-16

Tableau 6 : Les paramètres de la boue

MW (Sg)	FV (Sec/quot)	PV (Cp)	YP (lbs/100ft ²)	Filtrat (ml/30 min)	H/E
1.05	83-85	7-8	50-52	-	-

Une colonne de tubage 30" 157.5 * X52, composée de 12 joints a été descendue jusqu'à la côte 144m et cimentée jusqu' surface

B/ Phase 26" (Tubage 18 5/8" ; 145m –429m)

Cette phase a débuté le 05/08/2023 à 12h0. Elle à commencer à 145m, Au cours de 8.38 jours, le forage traversé les étages suivants : Mio-Pliocène (Partiel), Eocène, Sénonien Carbonaté, Sénonien Anhydritique (Partiel).

Avec un avancement moyen de 4.36m/h. Les données de gaz, ne sont pas enregistrées, un pourcentage de carbonate varié par endroit (50% pour le calcaire et 50 % pour la dolomie) Le sabot 18"5/8 posé a la cote 428m dans un intervalle composé d'anhydrite blanche et faible de dolomie et de calcaire. La phase 26" est terminée en 13/08/2023 à 21h00.

Cette phase a été entamée par la descente d'un outil Tricône N°03RR de type SB115C, open et portant le numéro de série RG3392. Après avoir topé le ciment à 142m et reforcé le ciment ainsi que le sabot de la côte 142m à la côte 145, pour ensuite entamer le forage jusqu'à la côte 224m d'où l'enregistrement des valeurs de torque élevés, avec une perte de rotation plusieurs fois, Donc une décision de remonter a été prise ; L'avancement moyen de l'outil est 4.36m/h.

Après le pompage de 15 m³ LCM au fond, l'outil fut remonté librement jusqu'en surface. L'usure de l'outil était : **2-2-WT-A-1- I-BU-BHA**.

Après l'intégration de deux stabilisateurs 25"7/8 dans le BHA, un outil Tricône N°04RR de type GTX-CMS03 dusé en (3*18+1*16)/32" portant le numéro de série 5331144 a été descendu dans le découvert avec circulation et rotation jusqu'à la côte 224m, de cette dernière il continu le forage dans les formations du Sénonien carbonaté jusqu'à la côte 429 (TD de la phase 26") avec un avancement de 5.39m/hr. Après une circulation de deux heures et demi de temps, avec pompage d'un bouchon Hi-vis de 15m³ et de 30m³ d'un bouchon LCM, l'outil a été remonté librement sans incidents techniques jusqu'à la surface. L'usure de l'outil était : **1-1-WT-A- E- I-BU-TD**.

Après montage des équipements ENSP de descente tubage, une colonne de tubage 18 5/8" 87.5# J-55 BTC a été descendue jusqu'à la côte 169m (14 joints), à cette côte il était impossible de descendre le tubage et cela en essayant de descendre en circulation mais en vain, alors qu'il a été décidé de remonter la colonne du tubage descendue pour effectuer un control trou (aucun filetage endommagé et aucun centreur perdu)

Un contrôle trou a été effectué avec le même outil N°4 qui a été redescendu librement jusqu'à la côte 429m, suivi d'une circulation de deux heures et demi de temps, pour ensuite faire remonter la garniture librement jusqu'en surface.

Les paramètres des outils et de la boue au cours de cette phase sont mentionnés dans les tableaux suivants (**Tab. 7 et 8**) :

Tableau 7 : Les paramètres des outils

N°	Type	NS	Diam (")	Duses/32'' TFA (in ²)	Intervalle (m)	ROP (m/h)	Débit (l/mn)	RPM (t/mn)	SPP (psi)	WOB (t)
1	SB115C	RG3392	26	open	145-224	4.36	1970- 2240	35-80	40- 210	1-13
2	GTX- CMS03	5331144	26	3*18+1*16	224-429	5.39	2040- 3045	68- 100	530- 1230	3-21

Tableau 8 : Les paramètres de la boue

MW (Sg)	FV (Sec/quit)	PV (Cp)	YP (lbs/100ft ²)	Filtrat (ml/30 min)	H/E
1.05	82-87	7-8	51-52	-	-

A la fin de cette phase, une colonne de tubage 18 5/8" 87.5# K-55 BTC composée de 37 joints a été descendue jusqu'à la côte 428m et cimentée jusqu'en surface.

Le BOP a été installé et testé comme suit :

- Annular BOP at 250 & 1350psi –OK-.
- Kill line + Choke line + master valves at 250psi & 1350psi –OK-.

C/ Phase 16" (Tubage 13 3/8" 429m à 2255m)

Cette phase a eu lieu le 13/08/2023 à 21h00. Elle a commencé à la cote de 429 m. Le forage a duré 22.56 jours, en traversant les étages suivants :

Lias Anhydritique (partiel), Dogger Lagunaire, Dogger Argileux, Malm, Barrémien, Aptien, Albien, Cénomanién, Turonien, Sénonien Anhydritique (partiel)

- Avec un avancement moyen 14.27 m/hr.
- Pour le Gas Data, on a enregistré un pourcentage important de totale Gas atteindre jusqu'à 20% a la cote (774 m-918m) matérialiser par des argiles.
- Un pourcentage de carbonate varié, peut atteindre dans certain endroit ; 20% pour le calcaire et 40 % pour la dolomie.

Le sabot 13 3/8" posé a la cote 2254m dans un intervalle composé d'anhydrite blanche et faible quantité d'argile et de calcaire. La phase **16"** est terminée en 05/09/2023 à 10h30.

Cette phase a été entamée par la descente de l'outil **N°05**, PDC 16", de type T609S portant le numéro de série 5328987 dusé en 9*12/32", qui a topé le ciment à la côte 427m, suivi par un déplacement de la boue WBM de densité 1.05sg par une boue OBM de densité 1.25sg, et après homogénéisation de la boue et reforage du ciment et du sabot jusqu'à 429m, l'outil a entamé le forage de cette phase jusqu'à la côte 2255m TD de cette phase, avec un avancement moyen de 14.27 m/h.

Après pompage d'un bouchon Hi-vis suivi par une circulation de trois heures et demi de temps. L'outil a été remonté jusqu'au surface avec un back reaming à des intervalles respectivement ;

- De la côte 2017m au 2004m (Dogger Argileux).
- De la côte 2000m au 1976m, de 1949m au 1947m et de 1910m au 1746m (Malm).
- De la côte 1746m au 1603m et 1483m au 1467m (Néocomien).
- De la côte 1467m au 1431m et 1419m au 1261m (Barrémien).
- De la côte 1130m au 1003m et de 972m au 938m (Albien).
- De la côte 938m au 742m (Cénomanién), et la fin avec un Hard Back reaming de la côte 742m au 630m (Turonien),
- De la côte 630m a la côte de sabot à 428m (Sénonien Anhydritique). Après il fut remonté librement jusqu'en surface.

Chapitre 3 La Surveillance Géologique au Niveau de puits NHBHJ-5

L'intervalle allant de la côte 1130m à la côte 1212m a été foré avec des paramètres réduits de 12m au-dessus du top de l'Aptien et 40m après le top du Barrémien (Consignes de forage).

L'usure de l'outil était : **1-3-BT-C-X-I-CR-TD**.

Des opérations électriques ont été réalisées par la compagnie SLB (Rapport Logging, **14/08/2023**).

- Run 01: GR-SONIC-CALIPER
- Run 02: GR-Density

Après démontage des équipements de logging, un contrôle de trou a été effectué avec le même outil N°05, qui a été redescendu jusqu'au fond soit à 2255m. Après pompage d'un bouchon Hi-Vis de 08m³ suivi par une circulation de 05 heures pour le bon nettoyage du puits, l'outil fut remonté en surface.

Les paramètres des outils et de la boue au cours de cette phase sont mentionnés dans les tableaux suivants (**Tab. 9 et 10**) :

Tableau 9 : Les paramètres des outils

N°	Type	NS	Diam (")	Duses (/32")	Intervalle (m)	ROP (m/h)	Débit (l/mn)	RPM (t/mn)	SPP (psi)	WO (t)
05	T609S	5328987	16	9*12	29-2255	14.27	2180-3030	35-170	40-2300	1-22

Tableau 10 : Les paramètres de la boue

MW (Sg)	FV (Sec/quit)	PV (Cp)	YP (lbs/100ft ²)	Filtrat (ml/30 min)	H/E
1.25	50-55	17-23	8-16	8-12	71/29-80/20

Une colonne de tubage 13 3/8" (68# N80 - BTC), composée de 193 joints a été descendue jusqu'à la cote 2254m, puis cimentée avec succès

Le BOP a été installé et testé comme suit :

- Annular BOP @ 250 & 3000psi – OK
- Choke & kill lines + Check valve + 03 master valves + Pipe rams @ 250psi & 3000psi - OK
- Blind rams operational.

D/ Phase 12 1/4" (Tubage 9 5/8" 2255m à 3701m)

Cette phase est débutée le 05/09/2023 à 10h30 et a commencé à la cote de 2255 m, Durant une phase de 32.63 jours, le forage a traversé les étages suivants :

- Lias Anhydritique (partiel), Lias Salifère, Lias Horizon B, Lias S1+S2, Lias Argileux,
- Trias S4(Partiel). Avec un avancement lent de 9.45 m/h

Pour le Gas Data, un pourcentage important de totale Gas a été enregistré, il atteint jusqu'à 25% à la cote (2330m-2390m), matérialisé par l'anhydrite blanche. Il est à noter l'absence de carbonate

Le sabot 9 5/8" **posé** à la cote 3700 m dans un intervalle composé de sel blanc. La phase 12 1/4" est terminée en 08/10/2023 à 01h30.

Cette phase a été entamée par la descente d'une packed BHA munie d'un outil PDC N°06 de type T606S, SN°5330890, un dusé de 9*20/32 a descendu jusqu'à la cote 2255m, qui correspond au top ciment où il a commencé le reforage du ciment jusqu'à la cote 2290m, Après le déplacement de la boue OBM de densité 1.25sg par une boue OBM de densité 2.25sg après une circulation pour homogénéiser la boue. L'outil a continué le reforage du ciment jusqu'à 2255m, puis a foré un mètre dans la formation soit à 2256m un test de sabot a été effectué, (SBT) fut réalisé comme suit :

- P max= 765psi, P stabilized @ 710psi, EMW=2,48sg
- V Pumped = 3,4bbl, V returned = 3,2bbl (95%)

Une fois le test terminé, l'outil a continué le forage de la cote 2256m jusqu'à la cote 2690m, où à chuter une crépine dans la garniture de forage qui nécessite une remontée, l'outil fut foré un 435m dans la formation avec un avancement lent de 4.16m/h, ensuite la garniture fut remontée sans circulation de fond, un soft back reaming enregistré dans les intervalles : de 2633m à 2604m et 2430m à 2405m et 2391m à 2375m, puis librement jusqu'à la surface sans incidents techniques.

L'usure de l'outil était : **2-1-WT-A-X-I-B -DSF.**

Le même outil PDC **06RR** de type T606S, SN°5330890, dusé de 9*20/32 est redescendu jusqu'à le fond pour continuer le forage, après une descente avec un travail de Wash down, il fut foré de 2690m à 3701m (Côte TD phase 12 1/4) avec un avancement lent de 9.45 m/h. Après 3.75heures de circulation pour nettoyage de fond, l'outil fut remonté avec un soft back reaming dans les intervalles :

- 3380m à 3352m (Lias Argileux),
- 3313m à 3228m et 3020m à 2994m (Lias TS3),
- 2994m à 2950m (Lias S1+S2),
- 2432m à 2406m et 2289m à 2263m (Lias Anhydritique)

Puis librement de 2263m jusqu'au sabot à 2254m, ensuite la garniture fut remontée jusqu'en surface sans incidents techniques.

L'usure de l'outil était : **4-8-RO-S-X-1-BU -TD.**

Des opérations électriques et Vibrations Sismiques VSP ont a été réalisées par la compagnie Schlumberger.

Le même outil a été descendu pour un contrôle de trou jusqu'à la cote 3701m, ou' un léger reforage a été enregistré dans les intervalles : 2413m à 2432m, 2469m à 2489m. Après une circulation de trois heures pour un bon nettoyage de fond, il fut remonté jusqu'au 3003m ou' un soft back reaming a la cote 3003m to 2981m, Après la remontée a été continue jusqu' au sabot, une circulation de deux heures pour bien homogénéiser la boue, un test FIT a été effectué comme suit :

- Le test FIT @ EMW 2.39sg – à 2254m.
- P max= 630psi, P stab= 610psi

Chapitre 3 La Surveillance Géologique au Niveau de puits NHBHJ-5

- V pumped= 3.8bbl, V return= 3.8bbl (100%)

L'outil a été redescendu au fond de 2254m jusqu'à 3701m pour un court contrôle de trou. Après une circulation de trois heures pour nettoyage de fond, l'outil fut remonté avec un soft back reaming dans l'intervalle : 3003m à 2954m, puis librement jusqu'au sabot à 2254m, ensuite la garniture fut remontée jusqu'en surface sans incidents techniques. L'ensemble des paramètres des outils et de la boue a cours de cette phase sont regroupés dans les tableaux suivants (**Tab. 11 et 12**) :

Tableau 11 : Les paramètres des outils

N°	Type	NS	Diam (")	Duses (/32")	Intervalle (m)	ROP (m/h)	Débit (l/mn)	RPM (t/mn)	SPP (psi)	WO (t)
6	T606S	5330890	2 1/4	9*20	240-2690	4.30	2270-2790	48-150	40-3815	3-23
6RR					690-3685	9.31	2200-2255	135-175	70-3800	2-25

Tableau 12 : les Paramètres de boue

MW (Sg)	FV (Sec/qut)	PV (Cp)	YP (lbs/100ft ²)	Filtrat (ml/30 min)	H/E
2.25	106-175	45-85	10-63	08-10	91/09-96/04

Une colonne de tubage 9 5/8" composée de 150 joints 53.5 # P110 BTC et 166 joints 47 # P110 BTC a été descendue jusqu'à la cote 3700m et cimentée (Voir rapport des tubages et cémentations).

Après l'installation du BOP, des tests ont été effectués comme suit :

- * Test Annular @ 300 // 5000psi -Ok.
- * Upper variable Pipe Rams, check valve, Master valve, Hyd Choke Line, Hyd Kill line@ 300 //8500psi -Ok.
- * Manual Choke Line, manual Kill line @ 300psi // 8500psi -Ok-
- * Lower Pipe Rams @ 300psi // 6000psi -Ok.
- * Operating Blind Rams -Ok.
- * Install 11" wear bushing.

A la fin de la phase, ils ont procédé au dégerbage de la BHA 12"1/4.

E / Phase 8 1/2" (Tubage 7"3701m à 4058m)

Cette phase est début 08/10/2023 à 01h30min a commencé à la cote de 3701 m, Durant une phase de 30.60 jours, le forage a traversé les étages suivants : Trias S4 (partiel), Trias Argileux inférieur, Trias T2, Trias T1, Trias Série inférieure, Silurien, Dalle de M'kratta Argile Microconglomératique.

- Avec un avancement moyen de 5.03m/h
- Pour le Gas Data on a enregistré un pourcentage important de totale Gas atteindre jusqu'à 75% a la cote (3720m-4057m) matérialiser par Anhydrite blanche
- Un pourcentage de carbonate variée atteindre dans certain endroit a 15% pour le calcaire et 30 % pour la dolomie.

Le sabot 7" posé a la cote 4057m dans un intervalle composer grés. La phase 8" est terminé en 07/11/2023 à 16h00min

La phase 8 1/2" a été entamée par la descente de l'outil N°07, PDC, de type GT84DHE, portant le numéro de série 13525058, et dusé en 4*16/32", le déplacement de la boue OBM de densité 2.25sg par celle OBM de densité 1.57sg fut effectué en deux paliers, le premier à la cote 3674m et le deuxième palier à la cote 3691m, l'outil continua le reforage du ciment et du sabot 9 5/8" (Top ciment @ 3691m) jusqu'à la cote 3701m, qu'il est signalé un ciment dure, puis entama le forage de la formation jusqu'à la cote 4031m avec un avancement moyen de 5.03m/h, suite à une chute brusque de torque et un avancement nul, il a été décidé de le remonté.

Après 2.25 hrs de circulation, la garniture fut remontée jusqu'au 3930m, un soft back reaming enregistré jusqu' à 3918m (série inf), de 3733m à 3718m (Trias T2), la garniture a été remonté en surface mais sans outil, d'après les paramètres signalés, il a été cisaillé au fond.

Suite à cela, des opérations de repêchage ont été effectuées (descente d'un taper TAP fishing), une garniture de repêchage a été descendu au fond pour repêcher l'outil, ce dernier a été récupérer à une seule tentative. La garniture fut remontée librement sans incidents jusqu'en surface

Un outil N°08, PDC, de type DSF, portant le numéro de série A287927, et dusé en (4*10+4*12)/32", fut descendu continue le forage de 4031m à 4058m avec un avancement moyen de 2.66m/h, et remonté librement au sabot, puis redescendu (short trip) au fond pour un contrôle de trou au fond, une circulation de deux heures de temps pour nettoyage du puits et évacuer le bouchon de gaz BRF, après une observation de puits stable, l'outil fut remonté librement jusqu'au surface.

L'usure de l'outil était : **1-1-WT-A-1-I-BT-TD**

Des opérations électriques et vibrations sismiques VSP ont été réalisées par la compagnie SLB.

La même garniture de forage a été redescendue pour un contrôle de trou au fond, une circulation de deux heures pour nettoyage du puits a été effectuée, ensuite l'outil fut remonté librement jusqu'au surface.

Continue les opérations électriques (MDT) par la compagnie SLB.

La même garniture de forage, a été redescendue pour un contrôle de trou, au fond, une circulation de deux heures pour nettoyage du puits évacuer le BRF, L'outil fut remonté librement à la cote de sabot à 3700m en attendant l'unité de cimentation suit à chaque 48 heures, un short trip a été effectué jusqu'à à fond à 4058m.

Après un quatre jours et un demi d'attente la même garniture de forage a été redescendue pour un contrôle de trou au fond, une circulation de deux heures pour nettoyage du puits, l'outil fut remonté librement jusqu'en surface en débloquent toute la garniture DP 5''½, 5'', HWDP 5'' et DC 6''½.

L'ensemble des paramètres des outils et de la boue a cours de cette phase sont regroupés dans les tableaux suivants (**Tab. 13 et 14**) :

Tableau 13 : les Paramètres des outils

N°	Type	NS	Diam (")	Duses (/32") TFA (in2)	Intervalle (m)	ROP (m/h)	Débit (l/mn)	RPM (t/mn)	SPP (psi)	WO (t)
07	GT84DHE	13525058	8 ½	4*16	3771-4031	5.03	1785-	70-130	15-2220	1-17
08	DSF811	A287927		4*10+4*12	4031-4058	2.66	1705-	75-100	25-2580	3-14

Tableau 1 : les Paramètres de boue

MW (Sg)	FV (Sec/qut)	PV (Cp)	YP (lbs/100ft ²)	Filtrat (ml/30 min)	H/E
1.55-1.56	65-68	16-18	10-14	4.8-5.8	94/06-96/04

A la fin de cette phase, une colonne de tubage 7" 32* P110 N-Vam, composée de 345 joints a été descendue jusqu'à la côte 4057m, puis cimenté avec succès (Voir rapport de Tubages et Cimentations).

Après l'installation du BOP, des tests ont été effectués comme suit :

* Tested Annular & Master valve @ 300 Psi // 5000 Psi -Ok-

* Upper Pipe Rams, check valve, Master valve, Hyd Choke Line, Hyd Kill line @ 300 Psi //6000 Psi -Ok-

* Test Lower Pipe Rams @ 300psi // 6000psi -Ok-

* Blind Rams Operating -Ok-

Une décision de 72 heures d'attente pour solidité de ciment, ils ont été prise de dégermée tous les longueurs 5" ½ DP's (Total: 351 jts) + 5" HWDP (06 jts) + 5" DP (Total 54jts) + L/D 8"1/2 BHA: NBS 8"7/16 + Short DC 6"½ + 2 x IBS 8"7/16 + 17 DC 6"½ pour gerbée la BHA de phase 6

F/ Phase 6" (Liner 4 ½"4058m à 4183m)

Début Cette phase est dans l'histoire 07/11/2023 à 16h00min

La phase à commencer à 4058m, Durant cette forage 17.21 jours, le forage traversé les étages suivants : Argile Microconglomératique (partiel), Grès d'Ouargla, Quartzite de Hamra.

Avec un avancement moyen 2.19m/h. pour les gaz data enregistrement un pourcentage important de totale Gas atteindre jusqu'à 50% a la cote (4060m-4180m) matérialiser par grés. Un pourcentage de carbonate ne pas enregistrement

Top Bouchon de ciment à 4052m, La phase 6" est terminé en 24/11/2023 à 21h00min.

Elle a été entamée par la descente avec gerbage d'une BHA de forage composée d'un outil neuf 6" de type GT74HE, portant le N°S 13708359, avec dusé en 2*12+4*12/32", 25 DC 4 ¾" + 06 HWDP 3 ½", il a été descendue avec gerbage des DP 3 ½" jusqu'au Top ciment confirmé avec une pose de 3 tonnes de poids à la côte 3993m, l'outil continua le reforage du ciment à 4058m pour confirmer le float collar à 4034m, puis entama le forage de la formation jusqu'à la cote 4178m avec un avancement moyen de 2.19m/h, suite à une lentement d'avancement après la pénétration de formation Quartzite de Hamra , il a été décidé de le remonté.

L'usure de l'outil était de : **1-2-WT-S-X-I-PN-PR.**

Un outil N°10, Imp, de type K505BPX, portant le numéro de série JV9137, et dusé en 7*12/32", fut descendu continue le forage de 4178m à 4183m avec un avancement moyen

Chapitre 3 La Surveillance Géologique au Niveau de puits NHBHJ-5

de 1.08m/h. Après 02hrs de circulation pour nettoyage de fond, l'outil fut remonté avec un soft back reaming dans l'intervalle : 4183m à 4058m puis librement jusqu'en surface.

L'usure de l'outil était de : **1-1-WT-A-X-I-BT-TD**.

Des opérations électriques et vibrations sismiques VSP ont été réalisées par la compagnie SLB, (Voir rapport Opérations électriques).

La même garniture de forage porte l'outil de type : DT4GMRS et le numéro de série 1659613 a été redescendue, pour un contrôle de trou, au fond, une circulation de 1.75 hrs pour nettoyage du puits et évacuer le BRF, L'outil fut remonté librement à la surface, suivi par une autre série d'opérations électriques réalisée par la compagnie SLB (Voir rapport Opérations électriques).

Un autre contrôle trou a été réalisé pour continuer les opérations électriques MDT (Voir rapport Opérations électriques).

Après un contrôle trou et une attente de 08 heures (attente de programme et de l'unité de cimentation et des produits), un bouchon de 2.6m³ de ciment d'isolation a été posé dans l'open hole à la côte 4183m avec 2³/₈ OE TBG garniture (Voir rapport de Tubages & Cimentations).

La même garniture de forage portant l'outil de type : MM94R et le numéro de série 12833621 a été redescendue pour refoyer le ciment (topé @ 4050m) de 4050m à 4105m, la garniture fut remontée en surface sans incidents technique

L'ensemble des paramètres des outils et de la boue a cours de cette phase sont regroupés dans les tableaux suivants (**Tab 15 et 16**) :

Tableau 15 : les Paramètres des outils

N°	Type	NS	Diam (")	Duses (/32") TFA (in2)	Intervalle (m)	ROP (m/h)	Débit (l/mn)	RPM (t/mn)	SPP (psi)	WO (t)
09	GT74HE	13708359	6	7*12	4058-4178	2.19	695-795	55-85	00-3600	1-9
10	K505BPX	JV9137		0.773	4178-4183	1.08	730-740	168-170	80-3550	7-8

Tableau 16 : les Paramètres de boue

MW (Sg)	FV (Sec/qut)	PV (Cp)	YP (lbs/100ft ²)	Filtrat (ml/30 min)	H/E
1.55	72-74	18	08-09	4.4-4.8	94/06-96/04

G/ Complétion :

Cette phase de complétion a commencé le 24/11/2023 à 21h00, elle a duré 29.13 jours (Fin de complétion le 23/12/2023 à 24h00)

Cette phase a été entamée par la descente de même garniture composée d'un outil 6" (RR) de type DT4GMRS, portant le N°S 1659613, dusé en 3*13/32" muni d'un scraper 7'' jusqu'à la cote 3500m ou l'intervalle 3500m à 4020m fut scrapé en deux passes, suivi d'une circulation de deux heures et demi de temps pour un bon nettoyage puits, puis une observation puits stable. La remontée fut sans contrainte jusqu'en surface.

Un test BOP a été effectué comme suivant :

- Test Annular & Master valve @ 300 psi // 5000 psi -Ok
- Upper Pipe Rams, check valve, Master valve, Hyd Choke Line, Hyd Kill line @ 300 Psi //6000 psi -Ok
- Operating Blind Rams -ok

Un train de test DST N°01 a été assemblé, testé à 7000psi, puis descendu pour tester le réservoir Ordovicien (Grès d'Ouargla), le test est techniquement réussi (Voir Chapitre IV : résultats de production).

Une fois le test est terminé, la suite des opérations se résume par la descente de l'outil 6" (RR) jusqu'à la cote 4105m pour effectuer un contrôle de trou. Au fond, un bouchon de gaz (BRF=16.84%) a été évacué, après une circulation de 2.75hrs la garniture fut remontée librement jusqu'en surface sans incidents techniques.

Dans l'attente du programme de SH/DP, une extension des tiges nues 2"7/8 a été descendue avec les tiges DP 3"1/2 comme étant une garniture de sécurité jusqu'à la cote sabot 7" soit à 4047m, après une attente de 2.77 jours, la garniture fut descendue jusqu'à la 4105m où un bouchon d'abandon a été posé (Voir rapport de Tubages et Cimentations).

La même garniture de forage muni d'une slick BHA portant l'outil de type : MM94R et le numéro de série 12833621 a été redescendue pour reforer le ciment (topé @ 3945m) de 3945m à 4052m (soit 5m au-dessus du sabot 7"), suivi d'une circulation de une heure et demi de temps pour un bon nettoyage du puits, ensuite la garniture fut remontée jusqu'en surface sans incidents techniques. L'usure de l'outil était de : **1-1-WT-A-X-I-PN-BHA**.

La même garniture composée d'un outil 6" (RR) de type DT4GMRS, portant le N°S 1659613, dusé en 3*13/32" muni d'un scraper "7 fut descendue jusqu'à la cote 3850m, l'intervalle (3850m-3950m) fut scrapée en deux passes, suivi d'une circulation de deux heures de temps pour un bon nettoyage du puits, puis une observation puits stable. La remontée fut sans contrainte jusqu'en surface. Fig 46

Un test annulaire a été effectué comme suivant :

- * Test annular 18"5/8 x 13"3/8 @ 400psi -OK-
- * Test annular 13"3/8 x 9"5/8 @ 800psi -OK-
- * Test liner 7" & CSG 9"5/8 @ 1500 psi-OK-

Après pose de la RBP, suivi d'un travail sur tête de puits (Nipple down delta casing spool 13"5/8 5M x 11" 10M, Nipple up & Test FMC tubing head 13"5/8 5M x 11" 5M @ 6500psi -Ok-, Nipple up 13"5/8 X 10M BOP Stack).

Un test BOP a été effectué avec succès comme suit :

Pick up & make up tester cup

- Annular 300 psi & 5000 psi ;
- Lower & upper Pipe Rams 300psi & 6000 psi;
- Hydraulic Choke & kill lines + Manual choke & kill lines + 03 master valves 300psi & 6000psi;
- Operating Blind Ram.

Après récupérer de la RBP a la cote 1004m sans incident, la garniture de forage fut descendue jusqu' au 1260m, et remonté librement jusqu'en surface en débloquent toute la garniture.

Chapitre 3 La Surveillance Géologique au Niveau de puits NHBHJ-5

Une colonne de complétion 4 1/2" tubing composée de 389 joints 13,5 * P-110 New Vam a été descendue jusqu'à la cote 3900m au fond et le Packer à 3894m, Pour confirmer la cote réel une opération slick line a été effectuée comme suivante.

Des opérations slick line HESP furent réalisées comme suite :

- * PJSM & montage Slackline équipements
- * Descente avec 96mm tubing drift jusqu'à Nipple R à 3886m
- * descente avec 92 mm tubing drift jusqu'à 3900m
- * Démontage Slickline equipments

Après une attente d'un jour d'unité de pression, Des opérations pressure test line ont été réalisées par la compagnie LOURS pump :

Test LOURS PUMP unit and lines

- * Test pump unit -ok
- * Test pump line at 6000 Psi - negative
- * Try many times - without success
- * Test pump line at 6000psi - ok

Ancrage mécanique du tubing avec Packer, puis ajuster la colonne de production, un test annulaire a été effectué et succès suit un déplacement par une Saumur de densité 1.20sg.

Un test annulaire a été effectué comme suivant :

- * Pressure test annulus 4"1/2 tubing x 7" csg through tubing head.
- * Tubing hanger x Ancher seal x Prod Packer @ 2500psi for 30min -ok.

Une deuxième opération slick line HESP fut réalisée comme suite :

- * PJSM & montage Slickline equipments
- * Descente avec 96mm tubing drift jusqu'à Nipple R à 3886m
- * descente avec 92 mm tubing drift jusqu'à 4054m
- * Démontage Slickline equipments

Le BOP a été démonté pour installer ADAPTER 7" 1/16 X 4" 1/16 5M avec X-MAS TREE 4" 1/16 5M, cette dernière sera testée à 8500 psi, une fois le test positif.

Nippling up 7"1/16.10k x 4"1/16.10k adapter & lower master valve 4"1/16.10k

- * Test Adapter at 8500 psi -ok
- * Test Adapter seals at 8500 psi -ok
- * Close master valve

Nipple up FMC Christmas tree 4"1/16 -10K

- * Test all valves @ 8500psi -Ok
- * Closed all well head valves.
- * Tighten all Well head bolts

La garniture de forage a été degerbée pour tous les stocks du rack

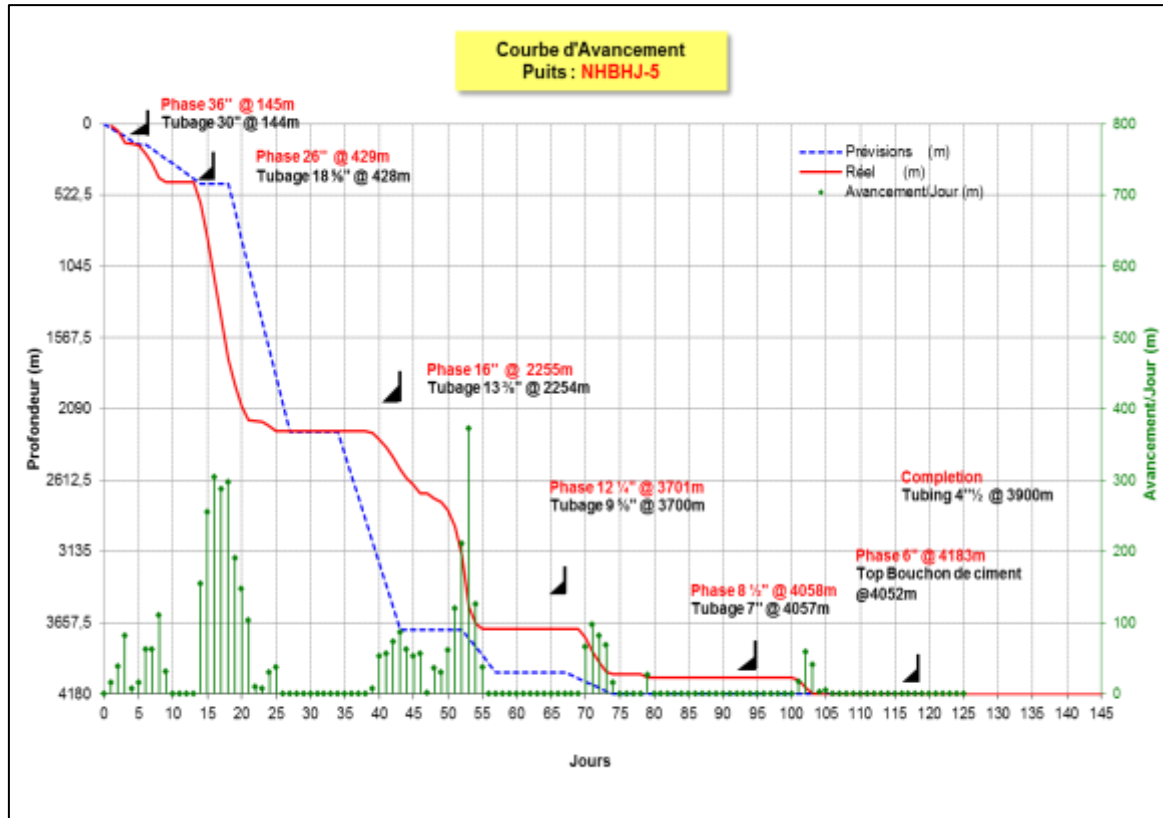


Figure 44 : Courbe d'avancement de puits NHBHJ-5

3 DONNEES DE LA GEOLOGIE DU PUIT NHBHJ-5

Le forage du puits NHBHJ-5 a traversé une série de dépôts de 4183m d'épaisseur, représentée par des terrains d'âge Cénozoïque, Mésozoïque et Paléozoïque. La surveillance géologique du puits a débuté le 01/08/2023 à la côte 13m, soit dans le Mio-Pliocène.

3.1 Lithostratigraphie refaire du haut en bas

3.1.1 Dépôts Paléozoïques

A / SILURIEN de 3950 à 4026m Ep : 76m

De 3950m à 4010m : Argile grise, gris-noir à noire, fortement micacée, charbonneuse, feuilletée par endroits, tendre à indurée.

De 4010m à 4026m : Argile gris-foncé à noire, fortement silteuse tendre à indurée. Traces de Grès gris sombre à gris, fin, silico-quartzitique.

B / ORDOVICIEN

- **Dalle de M'kratta de 4026 à 4031m Ep : 05m**

Grès gris sombre, gris à gris blanc, très fin à fin, silico argileux, moyennement consolidé.

- **Argile Micro-Conglomératique de 4031 à 4060m Ep : 29m**

De 4031m à 4055m : Argile gris sombre à noire, feuilletée, silteuse indurée.

De 4055m à 4060m : Grès gris à gris-blanc, parfois gris-sombre translucide, très fin, fin à moyen, siliceux à silico-quartzitique, dur, avec passée d'Argile noire, silteuse, feuilletée, indurée

- **Grès d'Ouargla de 4060 à 4179m Ep : 119m**

De 4060m à 4085m : Grès blanc beige, fin à moyen, siliceux à silico argileux, friable, et Argile gris noir à noir, indurée, silteuse.

De 4085m à 4113m : Grès gris sombre, fin à très fin, silico-argileux, moyennement dur et passées d'Argile gris noir à noire, indurée silteuse. Traces de Grès blanc quartzitique translucide.

De 4113m à 4179m : Grès quartzitique blanc, translucide, fin à moyen, localement grossier, mal classé, siliceux à silico-quartzitique, très dur, et passées d'Argile gris sombre, silteuse, indurée

- **Quartzite de Hamra 4179 à 4183m Ep : 04m**

Grès quartzitique, translucide, siliceux à silico quartzitique, dur.

3.1.2 Dépôts Mésozoïques

A/ CRETACE

- **Sénonien Carbonaté de 209 à 390 m Ep : 181m**

De 209m à 310m : Dolomie calcaire beige à beige blanc, microcristalline, vacuolaire, moyennement dure et fines passées de Gypse blanc, translucide, lamellaire, fibreux.

De 310m à 390m : Dolomie calcaire beige, gris blanc, jaunâtre, microcristalline, dure et Calcaire dolomitique blanc, vacuolaire, fossilifère, dur, avec passées d'Argile grise à gris-foncée, légèrement carbonatée, indurée et d'Anhydrite blanche, pulvérulente, localement microcristalline, moyennement dure et Gypse translucide, fibreux.

- **Sénonien Anhydritique de 390 à 630m Ep : 240m**

De 390m à 430m : Anhydrite blanche à grise microcristalline, dure avec intercalations de Dolomie Calcaire grise à gris-beige, microcristalline, dure et fines passées d'Argile grise à gris-foncée, légèrement carbonatée, indurée et Gypse translucide, fibreux.

De 430m à 560m : Calcaire Dolomitique gris beige crayeux, tendre, parfois microcristallin, moyennement dur avec passées de Marne gris clair à gris foncé, indurée et d'Anhydrite blanche, pulvérulente parfois microcristalline, dure et fine passée d'Argile gris agris fonce, indurée.

De 560m à 630m : Anhydrite blanche à gris blanc, microcristalline, parfois cristalline, dure avec des passés de Dolomie calcaire grise à gris-beige, microcristalline, dure et d'Argile gris sombre, légèrement carbonatée

- **Turonien de 630 à 742 m Ep : 112 m**

De 630 à 730m : Calcaire blanc, beige, blanc beige, microcristallin, moyennement dur, avec passées d'Argile grise, gris clair, tendre à indurée.

De 730 à 742m : Calcaire blanc, beige, blanc beige, microcristallin, moyennement dur, avec passées d'Argile grise, gris clair, tendre à indurée et fins passées d'Anhydrite blanche, pulvérulente, dure.

- **Cénomaniens de 742 à 938 m Ep : 196 m**

De 742 à 820m : Anhydrite blanche, pulvérulente, parfois grisâtre, dure, avec intercalations d'Argile grise à gris-vert, localement brun- rouge légèrement carbonatée, indurée et de Calcaire dolomitique gris à gris clair, microcristallin, dur.

De 820 à 938m : Alternance d'Argile gris à gris foncé tendre à indurée légèrement carbonatée et Anhydrite blanche pulvérulente dur et calcaire Dolomitique gris blanc à blanc beige microcristallin tendre.

- **Albien de 938 à 1158 m Ep : 220 m**

De 938 à 1110 m : Grés gris blanc, gris vert, blanc, très fin à fin, argileux, friable avec passées d'Argile grise à gris vert, brun rouge, silteuse, indurée.

De 1110 à 1158 m : Grés gris blanc, gris vert, blanc, très fin à fin argileux, friable avec passées d'Argile grise à gris vert, brun rouge, silteuse, indurée et de Calcaire dolomitique blanc, microcristallin, moyennement dur.

- **Aptien de 1158 à 1188 m Ep : 30 m**

De 1158 à 1188m : Calcaire dolomitique beige à blanc beige, microcristallin, dur avec passées d'Argile grise à gris vert, brun rouge, silteuse, indurée.

- **Barrémien de 1188 à 1483m Ep : 295m**

De 1188 à 1196m : Grés gris à gris blanc, brun-rouge, gris-vert à la base, très fin à fin, silico argileux, friable et de Sable blanc à translucide, fin à moyen, grossier par endroits, arrondi à subarrondi et d'Argile brun-rouge, brune, marron à chocolat, silto-sableuse, tendre à indurée.

De 1196 à 1296m : Grés gris à gris blanc, brun-rouge, gris-vert à la base, très fin à fin, silico-argileux, friable et de Sable blanc à translucide, fin à moyen, grossier par endroits, arrondi à subarrondi et d'Argile brun-rouge, brune, marron à chocolat, silto-sableuse, tendre à indurée, trace de Calcaire dolomitique gris claire, argileux.

De 1296 à 1483m : Grés gris à gris blanc, brun-rouge, gris-vert à la base, très fin à fin, silico argileux, friable et de Sable blanc à translucide, fin à moyen, grossier par endroits, arrondi à subarrondi et d'Argile brun-rouge, brune, marron à chocolat, silto-sableuse, tendre à indurée, trace de Calcaire dolomitique gris claire, argileux.

- **Néocomien de 1483 à 1740m Ep : 257 m**

De 1483 à 1510m : Argile gris-vert à verte, verdâtre, localement grise, rarement brun-rouge silteuse, indurée avec passées de Grès blanc à gris vert, fin, silico-argileux, friable et fines passées d'Anhydrite blanche, pulvérulente.

De 1510 à 1620m : Argile brun rouge, grise à gris vert, silteuse, tendre à indurée avec fines passées de Grés blanc, grise vert, très fin à fin, friable à moyennement consolidé, et d'Anhydrite blanche, microcristalline, dure. Traces de Calcaire dolomitique, beige, gris blanc microcristalline, moyennement dur.

De 1620 à 1740m : Argile gris vert à verte, verdâtre, brun-rouge, silteuse à silto-sableuse, indurée avec intercalations de Grés gris blanc à blanc, brun-rouge, très fin à fin, silico-argileux, friable et d'Anhydrite blanche, pulvérulente.

B / JURASSIQUE

- **Malm de 1740 à 2018m Ep : 278m**

De 1740 à 1850m : Anhydrite blanche, pulvérulente et de l'Argile gris foncé à gris-vert, localement brun rouge, silteuse, légèrement carbonatée, indurée, et de Calcaire Dolomitique gris à gris clair, moucheté en noir, microcristalline, moyennement dure.

De 1850 à 2018m : Calcaire Dolomitique gris à gris-blanc, microcristallin, dur et d'Argile grise à gris-vert, silteuse, tendre à indurée, légèrement carbonatée et d'Anhydrite blanche,

pulvérulente, avec fines passées de Grès gris blanc, gris vert, blanc, très fin à fin, argileux, friable.

- **Dogger Argileux de 2018 à 2097m Ep : 79m**

De 2018 à 2050m : Argile gris verdâtre à vert, indurée, légèrement carbonatée avec intercalation de Calcaire Dolomitique gris à gris beige, microcristallin, moyennement dur, passées d'Anhydrite blanche pulvérulente, dure.

De 2050 à 2097m : Argile grise à gris-vert, silteuse, légèrement carbonatée, tendre à indurée avec intercalations de Calcaire Dolomitique gris à gris-blanc, microcristallin, moyennement dur et fines passées d'Anhydrite blanche, pulvérulente.

- **Dogger Lagunaire de 2097 à 2226m Ep : 129m**

De 2097 à 2226m : Anhydrite blanche, pulvérulente, et Calcaire Dolomitique gris-blanc à beige, Argile gris à gris-verdâtre, parfois verte, indurée, silteuse.

- **Lias Anhydritique de 2226 à 2634m Ep : 408m**

De 2226 à 2295m : Anhydrite blanche, pulvérulente avec passées d'Argile grise à gris-vert, Silteuse légèrement carbonatée, indurée et de Calcaire Dolomitique gris à gris-blanc, microcristallin, moyennement dur.

De 2295 à 2440m : Anhydrite blanche, pulvérulente, moyennement dur, avec quelques passées de d'Argile grise a gris vert, silteuse, indurée.

De 2440 à 2550m : Anhydrite blanche, pulvérulente, parfois grise, cristalline, dure avec fines passées d'Argile grise à gris-vert, silteuse, indurée et de Sel blanc à rosâtre, translucide.

De 2550 à 2634m : Anhydrite blanche, pulvérulente, parfois grise, cristalline, dure avec fines passées d'Argile grise à gris-vert, silteuse, indurée et de Calcaire gris à gris clair, microcristallin.

- **Lias Salifère de 2634 à 2694m Ep : 60m**

Sel massif blanc, translucide, avec fines passées d'Argile brun-rouge, localement verdâtre, silteuse, moyennement dure, et d'Anhydrite blanche, pulvérulente.

- **Lias Horizon "B" de 2694 à 2736m Ep : 42m**

Calcaire dolomitique, gris vert, parfois gris blanc à blanc, crayeux, moyennement dure avec des passées d'Argile grise, brun rouge, silteuse, tendre à indurée. A la base des passées d'Anhydrite blanche, pulvérulente, massive, et Sel blanc, translucide.

- **Lias S1+S2 de 2736 à 3010m Ep : 274m**

Anhydrite blanche pulvérulente, massive avec quelques fines passées d'Argile grise a gris verdâtre, moyennement dure, et Calcaire dolomitique gris blanc à blanc parfois gris vert, induré.

- **Lias S3 de 3010 à 3331m Ep : 321m**

Sel massif blanc parfois rosâtre, translucide avec fines passées d'Argile grise à gris-vert et brun-rouge, silteuse, salifère, tendre.

- **Lias Argileux de 3331 à 3562m Ep : 231m**

Argile brun-rouge parfois gris-vert salifère, tendre à indurée, et localement passées de Sel blanc, rosâtre, translucide, massif. Traces d'Anhydrite blanche, pulvérulente.

C / TRIAS

- **Trias Salifère S4 de 3562 à 3716m Ep : 154m**

De 3562 à 3615m: Sel blanc, translucide avec intercalations d'Argile, brun-rouge, grise à gris vert et verte, salifère, indurée. Traces d'Anhydrite blanche, microcristalline, dure.

De 3615 à 3716m: Alternance de Sel blanc, translucide et Argile, brun-rouge, grise à gris vert et verte, silteuse, salifère, indurée. Traces d'Anhydrite blanche microcristalline, dure.

- **Trias Argileux de 3716 à 3730m Ep : 14m**

Argile brune à brun-rouge, silteuse, légèrement salifère, avec passé de Sel translucide, blanc à rosâtre, massif, légèrement Anhydritique, et rare passé de Dolomie blanc beige, microcristalline.

- **Trias T2 de 3730 à 3782m Ep : 52m**

Dolomie blanc beige, microcristalline, et Argile brune à brun-rouge localement verte, silteuse, légèrement dolomitique, indurée. Trace de silt.

- **Trias T1 de 3782 à 3907m Ep : 125m**

De 3782m à 3863m : Argile brune à brun-rouge localement verte, silteuse a fortement silteuse, légèrement dolomitique, indurée, et traces de Dolomie blanc beige, microcristalline, argileux, dure, et de Grès gris blanc à blanc beige très fin à fin, silico-argileux, moyennement dur.

De 3863m à 3907m : Argile brune à brun-rouge, gris vert à vert-fonce, silteuse, parfois dolomitique, indurée, avec fines passées de Dolomie blanc beige, microcristalline, argileux, dure, et de Grès gris blanc à gris vert, très fin, silico argileux, légèrement carbonaté, moyennement consolidé.

- **Trias Série inférieure de 3907 à 3950m Ep : 43m**

Grès gris, gris-blanc à blanc, parfois beige, fin à moyen, silico-argileux friable. Présence d'Argile grise à gris- foncé et noire, tendre à indurée, et de Calcaire dolomitique blanchâtre, moucheté, microcristallin, moyennement dure.

3.1.3 Dépôts Cénozoïque

A/ NEOGENE

- **Mio-Pliocène de 13 à 148m Ep : 135m**

De 13 à 50m : Sable blanc à jaunâtre, fin à moyen parfois grossier, sub arrondi avec passées d'Argile jaunâtre, tendre à pâteuse, et de Calcaire blanc, moyennement dur.

De 50 à 140m : Sable blanc à jaunâtre, translucide, fin à moyen parfois grossier, sub-anguleux à sub-arrondi, mal classé.

De 140 à 148m: Sable a blanc a jaunâtre, fin a moyen parfois grossiers, subarrondi a arrondi et fin passes de Calcaire dolomitique blanc a beige, microcristallin, dur.

B/ PALEOGENE

- **Eocène de 148 à 209m Ep : 61m**

De 148 à 190m: Calcaire dolomitique blanc à beige, vacuolaire, microcristallin, moyennement dur, avec passées de Sable blanc à jaunâtre.

De 190 à 209m : Calcaire dolomitique blanc à beige, vacuolaire, argileux à silico-argileux, crayeux microcristallin, moyennement dur avec fines passées de Sable blanc à jaunâtre et de Gypse translucide, fibreux. Présence de silex. [12]

3.1.4 Lithostratigraphique du puit NHBHJ-5 :

Les différentes formations Tops de NHBHJ-5 sont illustrées par la figure suivante (**Fig.45**) :

CENO Ere	Système	Formation		Tops (m)			Epaisseur	
				Géologiques				
				Prévision	Réels			
MD	SPE							
CENO	Néogène	Mio-Pliocène		10	13	13	135	
	Paléogène	Eocène		160	148	160	61	
MESOZOÏQUE	Crétacé	Sénonien	Carbonaté	220	209	209	181	
			Anhydritique	398	390	390	240	
			Salifère	-	-	-	-	
				Turonien	645	630	635	112
				Cénomanién	752	742	751	196
				Albien	955	938	940	220
				Aptien	1174	1158	1156	30
				Barrémien	1204	1188	1189	295
				Néocomien	1489	1483	1486	257
		Jurassique		Malm	1758	1740	1735	278
			Dogger	Argileux	2020	2018	2013	79
				Lagunaire	2084	2097	2102	129
			Lias	Anhydritique	2227	2226	2227	408
				Salifère	2593	2634	2638	60
				Horizon " B"	2655	2694	2700	42
				S 1 + S 2	2704	2736	2736	274
				S 3	2986	3010	3018	321
			Argileux	3300	3331	3330	231	
		Trias	S4	3539	3562	3568	156	
			Argileux	3706	3718	3725	40	
			T2	3738	3758	3765	52	
			T1	3790	3810	3817	97	
			Série inférieure.	3887	3907	3914	43	
	DISCORDANCE HERCYNIENNE							
	PALEOZOÏQUE	Silurien			3899	3950	3956	76
		ORDOVICIEN	Dalle de M'Kratta		3990	4026	4033	5
			Argile Conglomératique	Micro		3998	4031	4038
Grés d'Ouargla					4017	4060	4067	119
Quartzites Hamra					4163	4179	4186	4
Profondeur Finale (m)				4180	4183	4190		

Figure 45 : Colonne lithostratigraphiques du puits NHBHJ-5 (Sonatrach.12/2023)

4 RELATION ENTRE LA LITHOLOGIE ET LES TIGES (TORQUE)

La figure suivante (Fig. 46) est prise comme exemple pour montrer que résistance de rotation sur les tiges (Torque) varie selon la lithologie de formation.

En remarquant que résistance de rotation des tiges de forage est élevée à profondeur 4000m jusqu'à la profondeur 4030 m, parce que la formation se représentée par une argile tendre

et indurée. Ensuite la vitesse a diminué de profondeur 4060m jusqu'à 4090m parce que la formation très dure.

Le paramètre torque revêt une importance considérable au cours de forage, il nous donne une idée sur l'état de l'outil, la garniture de forage, et la nature de la formation forée.

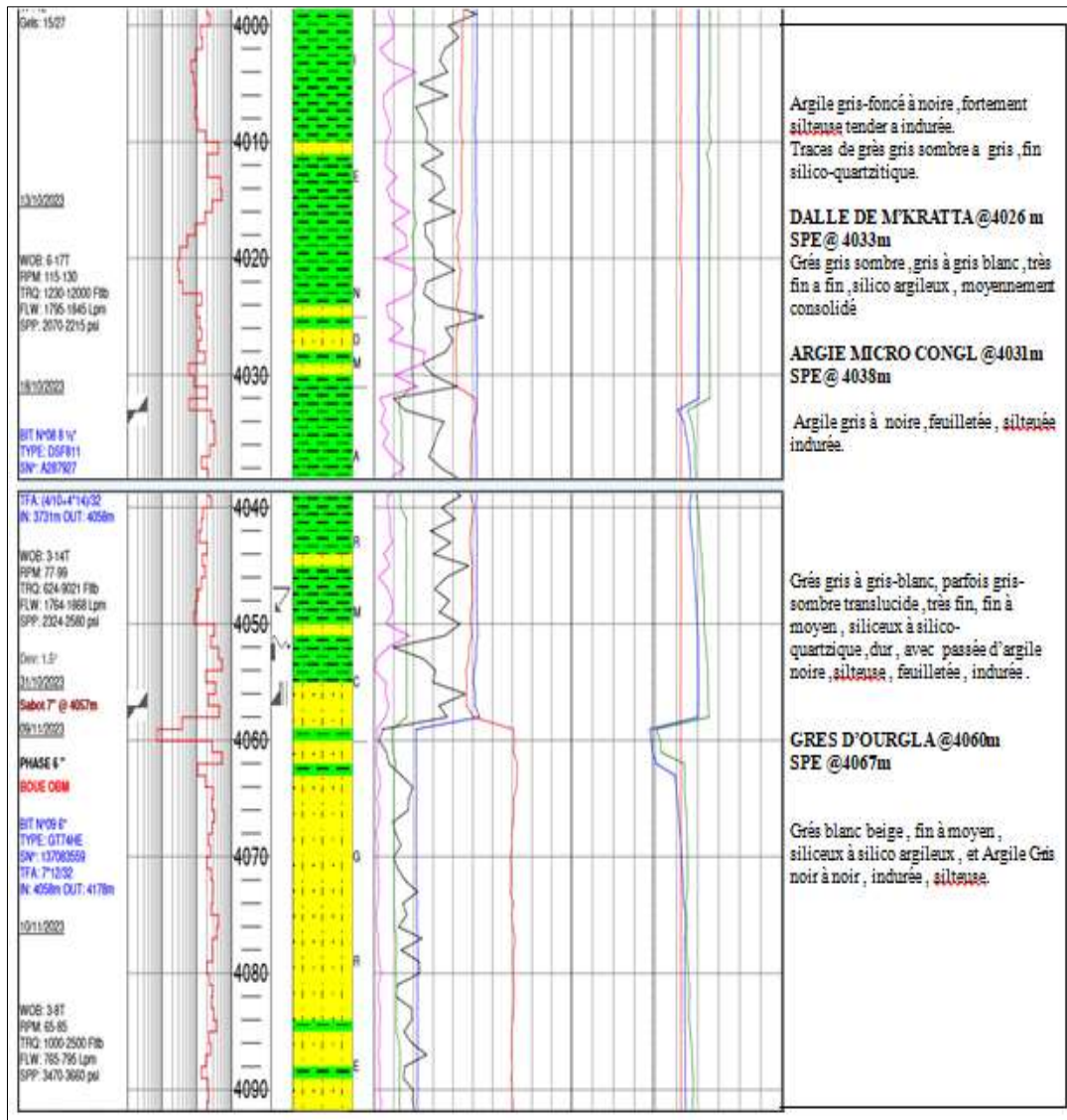


Figure 46: Master log de puits NHBG-5 (Sonatrach.2023)

5 DONNEES DE GAZ

5.1 Equipements de détection

Les indices de gaz furent détectés et analysés par un Equipement de type FID Gas Detector et Mono FID Gas Chromatographe (Type-B), basés sur une détection par ionisation de flamme et que l'on peut très rapidement définir ainsi :

5.1.1 Détecteur de gaz

A. Le FID Gas Detector Mod.101

C'est un analyseur fabriqué et conçu spécialement pour la détection des hydrocarbures légers et lourds au cours du forage. Les gaz à analyser sont aspirés par une pompe externe dans l'analyseur et dont le débit peut être contrôlé de manière continue tout au long du forage. L'instrument est initialement calibré manuellement au début des opérations en utilisant le port frontal de l'instrument.

B. Le détecteur de gaz FID

Il utilise les dernières technologies disponibles sur le marché. Le traitement des données, le calibrage automatique, l'auto test, le changement automatique de la sensibilité et de la faute de diagnostic permettent à l'opérateur de se concentrer sur l'interprétation des données et le contrôle de la qualité. Un écran frontal permet un affichage en temps réel de la lecture et des courbes de gaz avec la possibilité de choisir différents écrans de présentation graphique. Les paramètres du gaz sont automatiquement envoyés sur le système en ligne et intégrés avec les autres paramètres mesurés

- **Calibration du FID Gas Detector Mod.101**

La Calibration Certifiée par mélange de CH₄/Nitrogène

Point* 1 : 0.1% ► Equivalent 0.05% (501 ppm).

Point* 2 : 1% ► Equivalent 0.512% (5120 ppm).

Point* 3 : 10% ► Equivalent 2.25% (22500 ppm).

Point* 3 : 100% ► Equivalent 100% (1.000.000 ppm).

C. Le FID Chromatographe

L'analyse du Chromatographe (TYPE B), représente une percée majeure dans la Chromatographie pour l'industrie pétrolière. Il combine un cycle rapide d'analyse (45 secondes) avec la séparation complète de tous les composants de gaz allant du méthane à l'iso et normal pentane (de C1 à n-C5) dans les échantillons de gaz provenant du puits. Ce résultat est obtenu à l'aide d'un circuit analytique avec un maximum de (04) boucles de l'échantillon. La mesure n'est pas affectée par l'azote, l'oxygène, le dioxyde de carbone et l'humidité. Le gaz à analyser est poussé par une pompe externe reliée à l'analyseur. Sur la partie antérieure de l'analyseur il y a une seconde entrée pour les calibrations et les tests. L'analyse est exécutée par la séparation de sept éléments : C1, C2, C3, n-C4, i-C4, n-C5 et i-C5. Le temps d'analyse se situe entre 0 et 45 secondes avec une parfaite séparation du méthane au normal pentane. Cet objectif a été obtenu en utilisant une seule analyse.

- **Calibration du FID chromatographe (TYPE-B)**

Calibration Certifiée par un mélange d'hydrocarbures et d'azote à différentes concentrations (Tab.17)

Tableau 17 : Calibration de chromatographe (rapport final ENSP 2013).

Echelles	C1	C2	C3	IC4	NC4	IC5	NC5
Faible concentration : C1 _1%	5120	-	-	-	-	-	-
Haute concentration	89900	15000	15200	15400	15.400	7010	7000
C1 _ 100%	1.000.000	-	-	-	-	-	-

5.2 Analyse du gaz

Le puits NHBHJ-5 suivi par DML SONATRACH a utilisé le système de détection de gaz suivant :

5.2.1 Circuit de gaz

Un QGM installé sur le Mud box, raccordé à une ligne monoflèche qui conduit le gaz extrait de la boue vers la cabine de Mud logging. Dans la cabine, l'échantillon de gaz est séché par un cylindre de CaCl₂ et passe à travers deux autres filtres pour enlever toute trace d'humidité puis vers le système de distribution de gaz GDS (Gas Distribution System) qui va répartir les échantillons de gaz avec des débits choisis vers les appareils de mesures.

A. Distributeur de gaz

Le GDS distribue l'échantillon de gaz vers les deux détecteurs :

B. Le FID Gas Detector

Avec un temps d'échantillonnage de 7 secondes utilisant l'hydrogène comme véhicule du gaz vers une chambre à combustion à flamme.

C. Le FID Chromatographe Monofid

Il analyse les composants du gaz de C₁ à nC₅ avec un cycle de 45 secondes.

L'hydrogène est généré par un générateur d'hydrogène et utilisé pour véhiculer les hydrocarbures vers la chambre de combustion.

5.2.2 Les fractions utilisées :

A. Le contrôle de qualité du gaz (QC)

Pour contrôler la qualité des données du gaz enregistrées, on utilise différents ratios.

B. Le ratio contrôle de la qualité du gaz

Le gaz total mesuré par le Gas Detector est en fonction de la somme corrigée des hydrocarbures mesurés par le chromatographe. Nous avons conventionnellement considéré l'intervalle $0.8 < TG < 1.2$ comme étant une spécification requise pour la qualité des données de gaz

$$\text{Gas QC} = T \text{ Gas} / [C_1 + (2 \times C_2) + (3 \times C_3) + (4 \times C_4) + (5 \times C_5)].$$

C. La chromatographie

Elle nous renseigne sur les variations des différents alcanes enregistrés et leurs rapports mutuels.

Pour l'analyse des données de gaz, nous avons utilisé les fractions suivantes

D. Cut off ou bien C1 fonction des HC

Pour la mise en évidence de la variation de la composition des fluides. Il sert pour enlever les valeurs du gaz qui ne sont pas utiles pour l'interprétation. Cut off à 300 ppm. Les courbes de la chromatographie montrent une bonne répartition des courbes pour les cinq alcanes (C₁, C₂, C₃, C₄ et C₅) (**fig. 47**).

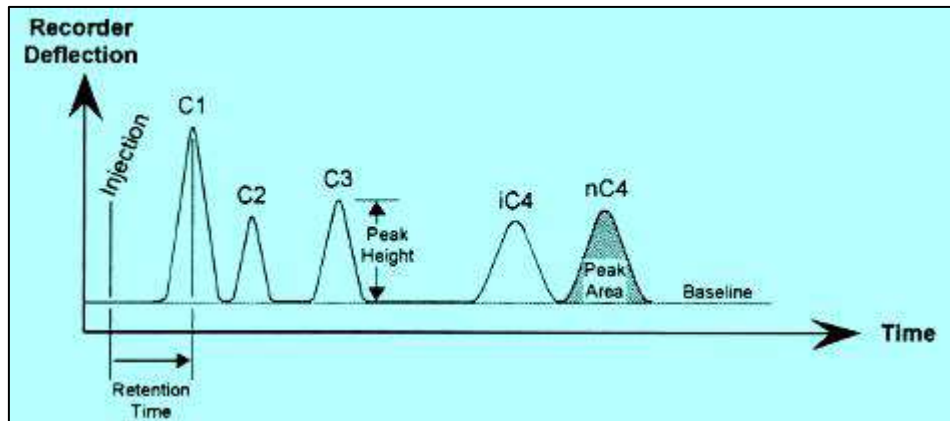


Figure 47: Principe de la chromatographie

E. Analyse des données du gaz

Wetness (Wh) : elle augmente avec la densité du fluide.

$$Wh = 100 * (C2 + C3 + C4 + C5) / (C1 + C2 + C3 + C4 + C5)$$

Balance (Bh) : Inverse à la fraction de la Whetness.

$$Bh = (C1 + C2) / (C3 + C4 + C5)$$

Character (Ch) : Compare la proportion des hydrocarbures pour déterminer quel type de fluide est associé aux données de gaz c'est à dire résoudre le problème de l'ambiguïté de la phase des alcanes.

$$Ch = (C4 + C5) / C3$$

6 Programmes à exécuter sur site :

6.1 Programme de diagraphie :

Tous les enregistrements de diagraphie seront effectués à l'échelle 1/200 et 1/500.

- **Les phases 36", 26"**
Néant
- **La phase 16"**:
Gamma Ray - Sonic (P & S) – Densité - Caliper (GR jusqu'en surface)
- **Après la pose du casing 13"3/8**
Un log de cimentation approprié du 13"3/8.
- **La phase 12"1/4 :**
Gamma Ray - Sonic (P & S) – Densité – Caliper
VSP
- **Après la pose du casing 9"5/8**
Un log de cimentation approprié du 9"5/8
- **La phase 8"1/2 :**
GR Spectral - Caliper - Sonic Dipôle (P & S) - Résistivité
Gamma Ray - Caliper - Densité – Neutron
Outil de Résonance Magnétique en option selon l'état du Borehole.
VSP
Mesure de pression optionnelle (selon l'interprétation pétro physique et l'état du Borehole)
- **Après la pose du casing 7" :**
Un log de cimentation approprié du 7".

- **La phase 6" :**

GR Spectral - Caliper - Sonic Dipôle (P & S) - Résistivité

Gamma Ray - Caliper - Densité – Neutron

Outil de Résonance Magnétique en option selon l'état du Borehole.

Mesure de pression optionnelle (selon l'interprétation pétro physique et l'état du Borehole).

Imagerie électrique & Acoustique en option selon l'état du Borehole.

6.2 PROGRAMME VSP :

Le programme du zéro offset VSP prévu au niveau du puits NHBHJ-5 est comme suit

- La distance séparant le Vibroseis du puits doit être inférieure à 100m.
- Nombre de tirs par niveau : 05 bons tirs.
- Type d'outil: Triaxial.

Le traitement du VSP prendre :

- Une fourchette de fréquences de 08 à 80 HZ,
- Une longueur de sweep qui peut aller jusqu'à 12s,
- Sweep zéro phase: Up Linear.
- Echantillonnage: 2 ms.

Ce VSP est programmé sur deux Runs :

Prévoir un overlap de cinq (05) points de tirs entre les phases 16" et 12"1/4

Un Premier Run / phase 12"1/4(en open hole) :

- Prendre un pas de 15 m du TD de la phase 12" 1/4 jusqu'à la profondeur de 440m.
- De 440 m jusqu'à la surface : prendre un pas de 100 m.

Un Deuxième Run / Phase 8"1/2(en open hole) :

De préférence placer le Vibroseis dans le même azimut que le premier Run.

Prendre un pas de 15 m du TD prévu à 4180 m de la phase 8"1/2 (fond du puits)

Jusqu'à 75m au-dessus du sabot de la Phase 12"1/4.

Prévoir des points de contrôles à la montée et à la descente pour les tops des horizons :

Grès de Ouargla

- Top Série Inférieure
- Top T2+T1
- Top Trias S4 (G20)
- Top Malm
- Top Lias Salifere (LS2)
- Top Aptien
- Top Sénonien Salifère

Le traitement doit se faire par rapport à un DP=150m et une vitesse de comblement : $V_c=2000$ m/s. Les tops réels des formations vous seront communiqués par le géologue du Chantier.

6.3 TEST DU PUIITS :

Selon l'interprétation des diagraphies, Le drill Steam test « DST » sera réalisé pour trois niveaux feront l'objet de test : L'Ordovicien Grès d'Ouargla, Trias série inférieure, Trias T1

Le programme de test est le suivant :

- Après forage de la phase 6" jusqu'à la TD, des mesures de pression de formation seront effectuées sur le puits avec échantillonnage.
- DST en open hole des réservoirs à intérêt sur la base de l'évaluation des diagraphies de tous les réservoirs Ordovicien, pour évaluation.

Pose d'un bouchon de ciment pour isoler les réservoirs Ordovicien.

DST-1/TCP : test du Trias Série inférieure, suivant ses résultats la suite du programme sera : s'il est positif avec un débit important donc **complétion du puits** ; sinon

DST-2/TCP au droit du réservoir Trias T1 selon les résultats de l'interprétation des diagraphies

6.4 COMPLETION :

La complétion du puits NHBHJ-5 se fera en fonction des résultats du DST et des interprétations des diagraphies.

6.5 ASPECTS RESERVOIR DU PUIITS :

Le réservoir principal au niveau du périmètre NHBHJ est le Trias ; Série Inférieure, toutefois le Trias T1 et les Grès de Ouargla demeurent des objectifs secondaires.

Au niveau de la série inférieure ; le puits NHBHJ-5 se trouve dans un environnement pétrolier favorable, justifié par le potentiel observé aux puits NHBHJ-1 et NHBHJ-2Bis. En effet les résultats des tests de pression (DST) de ces puits sont avantageux à savoir :

Le puits NHBHJ-1 a donné lors de son DST un débit de 19.39 m³/h d'huile et 11348.75 m³/h de gaz, ce même puits continue à produire jusqu'au 16/03/2022 avec un débit moyen de 2m³/h, il a cumulé jusqu'au 01/07/2022 des volumes de 73654m³ d'huile.

À 4.5Km, au Nord-est se trouve le puits NHBHJ-2Bis, ce dernier a révélé au DST des débits de 10.44 et 4095 m³/h d'huile et de gaz respectivement. Depuis sa mise en production (mai 2021) jusqu'au 01/07/2022, ce puits a donné un volume cumulé de 24472 m³ d'huile.

Concernant le Trias (T1), le puits NHBHJ-1 ne présente pas un intérêt pétrolier, et ce contrairement au puits NHBHJ-2Bis où un intérêt a été observé suite à l'interprétation pétrophysique sur la base des logs synthétiques (aussi appelés logs géologique ou coupes stratigraphiques synthétiques , sont représentations graphiques de la succession des couches géologique dans un sous-sol) , par ailleurs au niveau du puits NHBHJ-3 l'indice d'existence du potentiel a été confirmé par le prélèvement d'un échantillon au niveau de cette formation.

Pour les Grès d'Ouargla, un débit de 3.15m³/h mesuré sur le puits NHBHJ-1, inopportunément aquifère au niveau de NHBHJ-2 et non productif à NHBHJ-3.

Les résultats du jaugeage des puits NHBHJ-5 et NHBHJ2Bis sont représentés dans les tableaux suivants (**Tab. 18 et 19**).

Tableau 18 : Les résultats du jaugeage du puits NHBHJ-1

Date	Duse	Débit huile (m3/h)	Débit Gaz (m3/h)	GOR	Pression (kg/cm2)			Débit d'Eau (m3/h)
					Tête	Pipe	Séparateur	
15/02/2017	9,53	14.04	4082,04	291	211.5	38.5	38.95	0
16/03/2022	9	1.5	531.05	354	33.78	27.62	27.85	0

Tableau 19 : Les résultats du jaugeage du puits NHBHJ-2Bis

Date	Duse	Débit Huile (m3/h)	Débit Gaz (m3/h)	GOR	Pression (kg/cm2)			Débit d'Eau (m3/h)
					Tête	Pipe	Séparateur	
13/02/2020	9.53	1440	10.23	4014.66	392	176	15	0
02/11/2021	8	1440	3.15	851.43	270	59.69	32.1	0

L'estimation des propriétés pétrophysiques de la cible a été réalisée sur la base des logs synthétiques dérivés du modèle du gisement NHBHJ, ces logs ont montrés de bonnes propriétés pétrophysiques au niveau de la série inférieure. Elle dépendant que la porosité et perméabilité et saturation d'huile.

Les valeurs moyennes au niveau de la SI sont comme suit :

- **Série inférieure:**

La porosité moyenne est de l'ordre de : 13%

La perméabilité moyenne est de l'ordre : 30 md

La saturation d'huile moyenne est de l'ordre de : 12%

Les coupes montrant la distribution de la porosité dans la Série inférieure du Trias des différents puits NHBHJ-1, NHBHJ-2Bis, NHBHJ-4 et NHBHJ-5. (Fig.48)

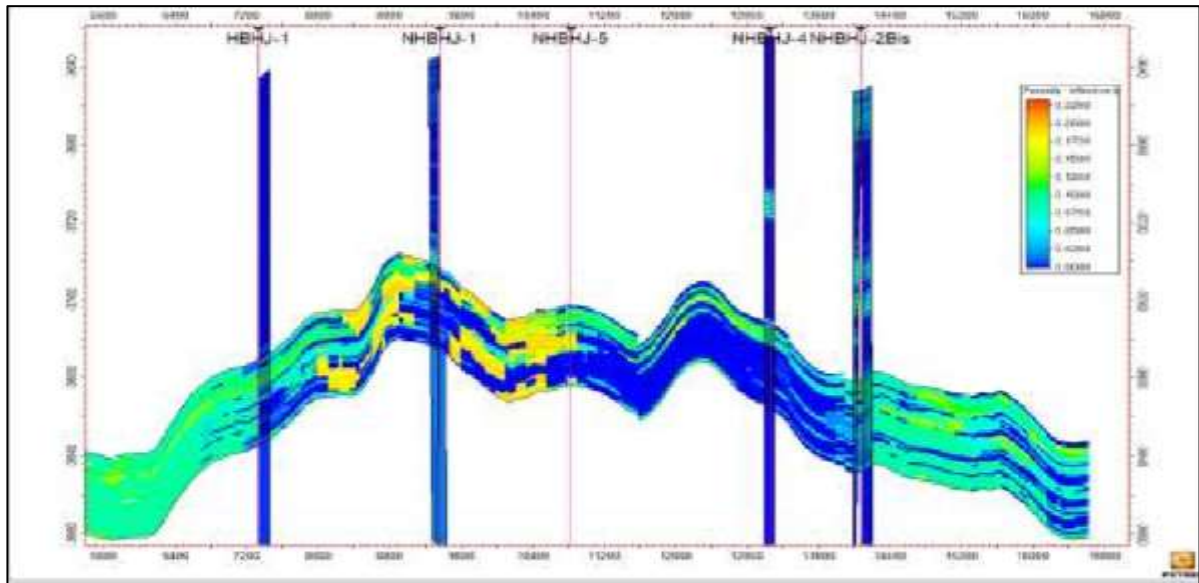


Figure 48 : Coupe montrant la distribution de la porosité dans la SI du Trias (Sonatrach.2023)

6.6 Les contacts des fluides

Aucun contact franc huile – eau n’a été identifié sur les puits du périmètre NHBHJ, toutefois, des Oil Down To Depth (ODT) ont été déterminés suite à l’interprétation pétrophysique. Les contacts des fluides et les résultats sont représentés dans la figure et le tableau suivant (Tab.20, fig.49).

Coupe montrant la distribution des contacts des fluides dans la Série inférieure des différents puits NHBHJ-1, NHBHJ-2Bis, NHBHJ-4 et NHBHJ-5.

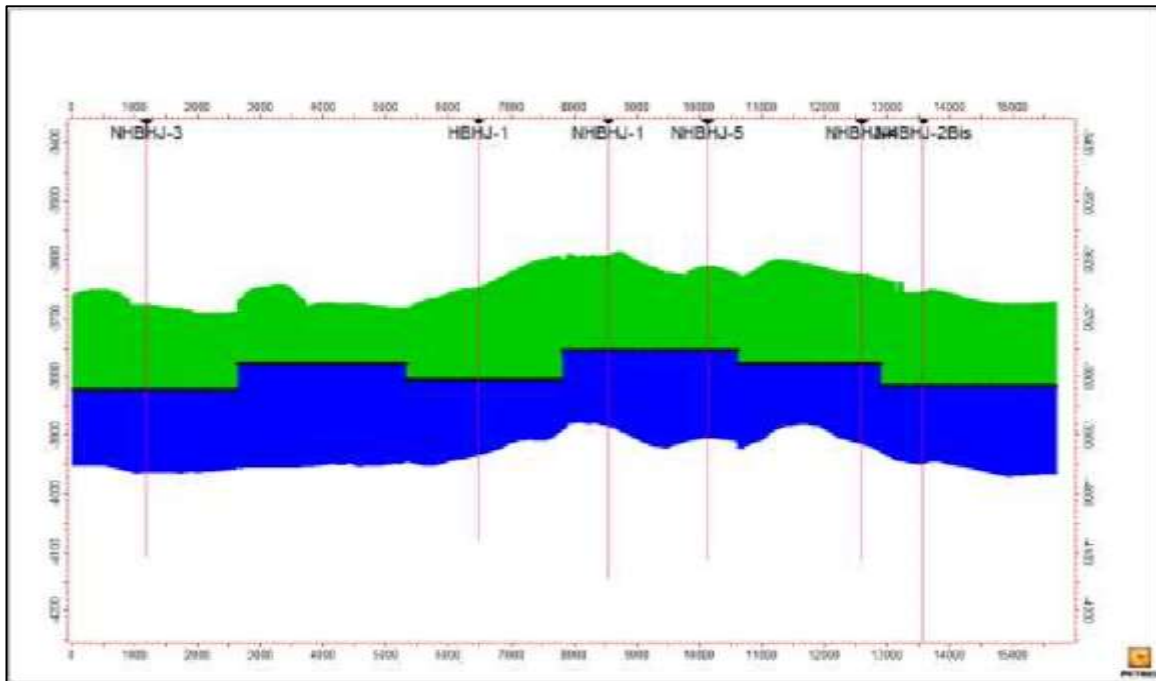


Figure 49 : Coupe montrant la distribution des contacts des fluides dans la SI(Sonatrach.2023)

Tableau 20 : les contacts des fluides dans les puits du périmètre NHBHJ

Puits	Formation	Cote du contact (TV DSS)	Type du contact des fluides
NHBHJ1	SI	-3754m	ODT
	Grés d'Ouargla	-3955m	ODT
NHBHJ2-ST1	T1	-3766m	ODT
	SI	-3815m	ODT
NHBHJ3	T1	-3773.7m	ODT
	SI	-3822m	OWC (par diagraphie)
NHBHJ4	SI	-3778 m	OWC probable (par diagraphie)

7 Surveillance géologique :

- **Programme d'échantillonnage :**

Un échantillon doit être effectué tous le 5m à partir jusqu'à la base du Trias argileux inférieure. Ensuite, à chaque mètre (01) jusqu'à la profondeur finale.

Un Master-Log devra être transmis au Département Projets (Direction SPJ), Le prélèvement d'une carotte de reconnaissance est recommandé.

- **Programme de carottage :**

Le carottage sera effectué selon les conseils du géologue résident. Cependant, ce sera fait dans des phases déterminées. Dans ce le carottage de ces puits disponible mais un élément important de réalisation de master log.

- **TRANSMISSIONS DE DATA**

La situation quotidienne et la transmission des données du puits devront se faire dans les délais :

- Rapport journalier de forage par courrier électronique. **(Fig.50)**
- Rapport journalier de géologie par courrier électronique.
- Master log journalier format PDF et courbe de gaz (échelle 1/500) par courrier électronique.
- Les jeux de logs seront adressés au fur et à mesure de leurs enregistrements par courrier électronique.

Chapitre 3 La Surveillance Géologique au Niveau de puits NHBHJ-5

RAPPORTS JOURNALIERS DE FORAGE			
Rapport n° 01		(01-08-2023)	Côte à 24h00: 16m
Horaires		Opérations	
00:00	06:00	RD =100% RU =100% Fixed SH reserves-ok-	
06:00	20:00	Drilling 36" hole section from surface to 50m * PJSM * Drill 26" Pre-Hole from surface to 50m * Drilling with controlled parameter's WOB=1-3T, RPM=20-40 tr/min , Q=500-1000 l/min * No surface communication recorded * Partial mud losses recorded 08-10m3/h @ 42m * Pooh to surface & Clean bit at 19m & 22m (Bit Balled Up) * Drilling with severe jumping at 34m, 36m, 43m * Spot 08m3 of LCM	
20:00	23:00	POOH to surface & change 26" R- BIT by 36" new R-BIT from 50m to surface * NEW 36" BIT SERVICE type EB1G SN°1627395	
23:00	23:30	RIH 36"drilling BHA to 13m	
23:30	24:00	Drilling 36" hole section from 13m to 16m * Q=500-1800 lpm, WOB=1-5T, RPM=40-70 * 36" Hole Opening From 12m to 16m * No surface communication recorded	

Figure 50: Rapporte final du puits NHBHJ-5

CONCLUSION GENERALE

Le champ de Rhourde chagga constituer un champ des hydrocarbures dans le sud de l'Algérie, fait partie du bassin de d'Amguid Massoud, le puit (Nord Hassi Belhadj-5) implanté afin de l'objectif de développement du champ dans le périmètre d'exploitation Nord Hassi Belhadj.

La réalisation du forage NHBHJ-5 a pour objectif principal la production du Le réservoir Triasique, Série inférieure, alors que les réservoir Trias T1 et les Grès d'Ouargla représentent des objectifs secondaires.

Dans ce contexte et à travers cette étude, on a pu mettre en évidence le rôle de la cabine géologique et le rôle de géologue dans le suivi de forage de puits. Ce suivi a pour but de veiller sur les méthodes géologiques correctes, pour un puits pétrolier adéquat qui doit répondre aux exigences des pétroliers producteurs.

La cabine géologique est accompagné l'appareil de forage pour l'enregistrement des paramètres de forage qui se fait par des capteurs de mesure des différents paramètres installes dans le train de tige, on a essayé de présenter un résumé sur l'appareil de forage comment fonctionne et enfin quelques résultats obenus dans le forage NHBHJ-5.

Bibliographie :

- A - ADDA Fatiha et HAMOUDA Mahmoud, 2015/2016: Contribution à l'étude d'un réservoir en chenaux Région Rhourde Chegga (sud_Est Algérien) Diplôme Master Université Kasdi Merbah Ouargla.
- B - MOSTEFA Islam, 2018/2019: Etude du réservoir Cambrien à caractéristiques pétrophysiques hétérogènes du champ de Rhourd EL Baguel, Bassin de Berkine, Filière Hydrocarbures Diplôme Master Université M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES.
- C - SEGUENI Mahmoud et Oualid ET ZAMOUM Smail , 2019 : L'impact du ciment salifère sur les Diagraphies et les paramètres pétrophysique des réservoirs traisiques du bassin d'amguid massoud.
- D - Mekkaoui El Yakout, Zitouni Aissa ET Rabehi walid, 2018/2019 : Etude de faisabilité de la fracturation hydraulique et la reprise d'un puits en short radius au niveau de réservoir QEH dans le champ de Rhourde Chegga cas du puits RDC19.
- E - LEBCHEK Soumia , Juillet 2018 : Caractérisation des réservoirs du champ de Rhourde Chegga (Grés T1, Grés RDC et Quartzites de Hamra) Nord-Est de Hassi Messaoud. diplôme d'Ingénieur spécialisé En Géologie Pétrolière de Institut Algérien du pétrole école de Boumerdes.
- F - Rahmouni.H, Thème Mud-logging Métier de Géoscience Université Kasdi Merbah Ouargla, 2012.
- G - ASSAMI YASSER, 2019 : rapporte sanatrach division exploitation .
- H F. GRONDIN, juin 2004 : rapporte carottage de fin stage sonatrach division forage.
- I - BEN SALAH MAHFOUD , 2023 : rapport de stage l'analyse des carottes a base 24 fevrier sontrach division laboratoires hassi massoud .
- J - DOKKAR BELKHIR , 2013/2014 : La surveillance géologique durant la réalisation d'un forage pétrolier TGF3 (Région de AOULEF).
- K - HIMOURA HOUCINE, KHELLAF AMIR ET DOUADI SALAH EDDINE 2017/2018 : L'importance de la surveillance géologique (mud logging) dans les forages pétroliere.
- L - Rapport d'implantation du puits vertical NORD HASSI BELHADJ-5 ,2023 .