

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA
FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET
DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT DE FORAGE ET MECANIQUE DES CHANTIERS
PETROLIERS



MEMOIRE
MASTER PROFESSIONNEL

Spécialité : Hydrocarbures
Option : forage pétrolier

Présenté par : Gridi Ridha
Belarbi Zineddine
Haouli Yahia

Thème

PROBLEME D'AVANCEMENT DE
FORAGE DANS LES QUARTZITES
DE HAMRA

Soutenu publiquement

Le : 06/06/2018

Devant le jury :

Mr. Fennazi Bilal	MA A	Président	UKM Ouargla
Dr. Mecibah Ilyes	MC B	Encadreur	UKM Ouargla
Mlle. Hadjadj Souad	MA A	Examinatrice	UKM Ouargla

Année universitaire : 2017/2018



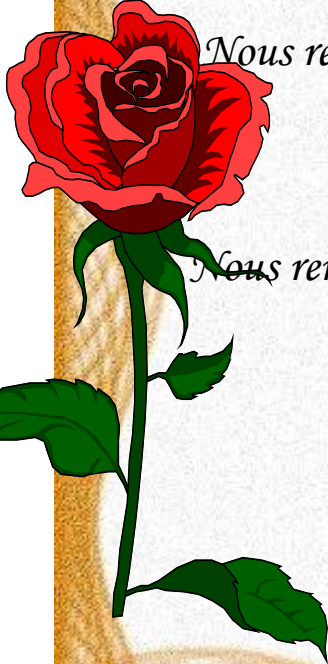
Remerciement

*Avant tout propos, je remercie ALLAH le tout puissant qui nous
donné sagesse et santé pour faire ce modeste travail.*

*nous adressons nos remerciements, et à exprimer nos
reconnaisances à toute les familles Gridi, Belarbi et haouli
et aussi à notre encadreur Dr :Mecibah Ilyes, présidents de jury*

Mr.Fennazi Bilal et l' examinatrice Mlle. Hadjadj Souad


Sans oublier tous les enseignants de département de l'hydrocarbure



*Nous remercions également toutes les personnes qui nous ont aidés
de près ou de loin pour la réalisation de ce travail*

*Nous remercions tout particulièrement SONATRACH pour son bon
accueil et pour avoir fourni les données nécessaires*

*Nous adressons aussi nos remerciements à
tous nos collègues de notre promotion.*





Dédicace.

*nous dédions notre travail à nos chers parents qui ils
nous ont éduqué et qui ils sont toujours présents dans
notre chemin d'apprentissage*

à toute les famille :

Gridi, Belarbi et Haouli

*A toutes les personnes qui nous ont enseigné et
orienté durant notre processus de recherche*

*A mos chers amis : Houcine, imad, seif, abdelhamid,
zakaria, issa, riadh, fathi, moustafa, naim, nasro et
tous.*

*A tous les enseignants et les étudiants de 2^{ème} master
forage 2017-2018.*



SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

CHAPITRE I : CADRE GEOLOGIQUE

1. Introduction	2
2. Généralités.....	2
3. Généralités géographiques et géologiques	3
3.1. Situation géographique de la zone d'étude	3
3.1.1. Bassin de l'oued Mya.....	3
3.1.2. Champ de Hassi Messaoud	3
3.1.3. Bassin de Berkine :	3
3.2. Cadre géologique de la zone d'étude.....	5
3.2.1. Aperçu géologique.....	5
3.2.1.1. sur le plan stratigraphique	5
3.2.1.2. sur le plan structural.....	8
3.2.1.2.1. Bassin de l'oued Mya.....	8
3.2.1.2.2. Champ de Hassi Messaoud.....	8
3.2.1.2.3. Bassin de bekine.....	9
4. Principaux réservoirs de la zone d'étude.....	9
4.1. Principaux réservoirs de bassin de l'oued Mya	9
4.1.1. Les réservoirs secondaires	9
4.2. Principaux réservoirs de bassin de Berkine.....	9
4.3. Principaux réservoirs de champ de Hassi Messaoud.....	10
4.3.1. Caractéristiques du réservoir.....	10
4.4. Ordovicien.....	10
4.5. Argiles d'El Gassi	11
4.6. Grès d'El Atchane	11
4.7. Quartzites de Hamra	11

4.7.1.	Bassin de l'oued Mya.....	11
4.7.2.	Champ de Hassi Messaoud	12
4.7.3.	Bassin de Berkine	14
4.8.	Caractéristiques des Q.H.....	15
4.9.	Carottage des Q.H.	15
5.	Conclusion.....	15

CHPITRE II : INTERPRETATION ET DIAGNOSTIQUE DES CARACTERISTIQUES PETROPHISIQYE DES QUARTZITES DE HAMRA.

1.	Introduction	16
2.	Analyse des carottes	16
2.1.	Analyse Conventionnelle	16
2.2.	Analyse spéciale	16
2.3.	Etude pétrophysique	17
2.3.1.	La porosité	17
2.3.1.1.	Méthode de mesure.....	17
2.3.2.	La perméabilité.....	17
2.3.2.1.	Méthode de mesure.....	18
2.4.	Classification des paramètres pétrophysiques (Selon Monicard)	18
2.4.1.	La porosité	18
2.4.2.	La perméabilité.....	18
3.	Analyse des carottes des Quartzites de Hamra	18
3.1.	Puits OMW-2.....	19
3.1.1.	Discussion.....	20
3.2.	Puits OMW-15.....	20
3.2.1.	Discussion.....	22
3.3.	Puits HDZ-2	22

3.3.1.	Discussion.....	24
3.4.	Puits HDZ-3	24
3.4.1.	Discussion.....	26
3.5.	Puits HDZ-7	26
3.5.1.	Discussion.....	29
3.6.	Résultats.....	29
4.	Conclusion.....	30

**CHAPITRE III : ETUDE STATISTIQUE ET INTEPRITATION DE PROBLEME
D'AVANCEMENT DE FORAGE DANS LES QUARTZITES DE HAMRA.**

1.	INTRODUCTION.....	31
2.	Liste des puits sélectionnés.....	31
3.	Epaisseur des Quartzites de Hamra	32
3.1.	Discussion	33
4.	Défis des Quartzites de Hamra au forage.....	33
5.	Durée du forage des Quartzites de Hamra.....	34
5.1.	Discussion	35
6.	Durée de forage des Quartzites de Hamra Vs durée totale pour forer un puits	36
6.1.	Discussion	37
7.	NPT dans les Quartzites de Hamra NPT total.....	38
7.1.	Bassin de l'oued Mya	38
7.1.1.	Discussion.....	39
7.2.	Bassin de Berkine.....	39
7.2.1.	Discussion.....	40
7.3.	Champ de Hassi Messaoud	40
7.3.1.	Discussion.....	41
7.4.	Résultats.....	41

8.	Analyse de temps non productif (NPT) dans les Quartzites de Hamra.....	41
8.1.	Discussion	43
9.	Analyse de coincement dans les Quartzites de Hamra	44
9.1.	Discussion	45
9.2.	Les causes de coincement dans les Quartzites de Hamra	46
9.2.1.	Coincement pour des raisons techniques	46
9.2.2.	Coincement pour des raisons géologiques.....	47
9.2.3.	Discussion.....	48
9.3.	Action de décoincement.....	48
9.3.1.	Décoincement en première action.....	48
9.3.2.	L'échec de décoincement en première action	49
10.	Coût de forage des Quartzites de Hamra	50
10.1.	Discussion.....	52
11.	Amélioration de l'avancement (ROP).....	53
11.1.	Choix des outils.....	53
11.2.	Les imprégnés	53
11.3.	Turbodrilling.....	53
12.	Solutions pratiques de coincement dans les Quartzites de Hamra.....	55
12.1.	Turbo drill Locking Clutch (LC).....	56
12.1.1.	Locking clutch mécanisme	56
12.1.2.	Indication sur la survenue d'un éventuel coincement durant le forage	57
12.2.	Anti Sticking Device (ASD)	57
12.2.1.	Les avantages de l'Anti sticking device	59
13.	CONCLUSION	59
	CONCLUSION GENERALE.....	60

RECOMMENDATION

BIBLIOGRAPHIE

RESUME

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude.	4
Figure 2 : Détermination Top Quartzite de Hamra du bassin de l'oued Mya.	12
Figure 3 : Détermination Top Quartzite de Hamra du bassin de Hassi Messaoud.	13
Figure 4 : Détermination Top Quartzite de Hamra du bassin de Berkine.....	14
Figure 5 : Carottage de QH.....	15
Figure 6: Variation de la porosité en fonction de profondeur du puits OMW-2.....	19
Figure 7: Variation de la perméabilité en fonction de profondeur du puits OMW-2.....	19
Figure 8: Corrélation porosité perméabilité du puits OMW-2.	20
Figure 9: Variation de la porosité en fonction de profondeur du puits OMW-15.....	21
Figure 10: Variation de la perméabilité en fonction de profondeur du puits OMW15.....	21
Figure 11: Corrélation porosité perméabilité du puits OMW-15.	22
Figure 12: Variation de la porosité en fonction de profondeur du puits HDZ-2.....	23
Figure 13: Variation de la perméabilité en fonction de profondeur du puits HDZ-2.....	23
Figure 14: Corrélation porosité perméabilité du puits HDZ-2.	24
Figure 15: Variation de la porosité en fonction de profondeur du puits HDZ-3.....	25
Figure 16: Variation de la perméabilité en fonction de profondeur du puits HDZ-3.....	25
Figure 17: Corrélation porosité perméabilité du puits HDZ-3.	26
Figure 18: Photo de la carotte du puits HDZ-7	27
Figure 19: Variation de la porosité en fonction de profondeur du puits HDZ-7.....	28
Figure 20: Variation de la perméabilité en fonction de profondeur du puits HDZ-7.....	28
Figure 21: Corrélation porosité perméabilité du puits HDZ-7.	29
Figure 22: Epaisseur de QH dans le bassin de l'oued mya.	32
Figure 23: Epaisseur de QH dans le bassin de berkine.	32
Figure 24: Epaisseur de QH dans HMD.....	33
Figure 25: Durée pris pour forée les QH dans le bassin oued mya.	34
Figure 26: Durée pris pour forée les QH dans le bassin de berkina.	34
Figure 27: Durée pris pour forée les QH dans HMD.	35
Figure 28: Secteur de temps de forage des quartzites de hamra à oued mya.	36
Figure 29: Secteur de temps de forage des quartzites de hamra à berkine.....	36
Figure 30: Secteur de temps de forage des quartzites de hamra à HMD.	37

Figure 31: NPT de chaque puits à oued mya.	38
Figure 32: Secteur de NPT dans les QH dans le bassin de l'oued mya.	39
Figure 33: NPT de chaque puits dans le bassin de berkine.	39
Figure 34: Secteur de NPT dans les QH dans le bassin de berkine.	39
Figure 35: NPT de chaque puits à hassi messaoud.	40
Figure 36: Secteur de NPT dans les QH dans HMD.	40
Figure 37: NPT dans les quartzites de hamra à oued mya.	42
Figure 38: NPT dans les quartzites de hamra à berkine.	42
Figure 39: NPT dans les quartzites de hamra à HMD.	43
Figure 40: Durée de coincement à oued mya.	44
Figure 41: Durée de coincement à berkine.	44
Figure 42: Durée de coincement à HMD.	45
Figure 43: Breakout.	47
Figure 44: Raisons de coincement de 33 puits.	48
Figure 45: Le coût du forage des QH à oued mya.	51
Figure 46: Le coût du forage des QH à berkine.	51
Figure 47: Coût du forage des QH à HMD.	52
Figure 48: Performances des outils imprégné 6 pouce en mode rotary et en mode turbodrill dans les quartzites De hamra (berkine).	54
Figure 49: Mécanisme de verrouillage.	57
Figure 50: Anti Sticking Device.	57
Figure 51: Anti Sticking Device.	58

Liste des tableaux :

Tableau 1: La stratigraphie de la zone d'étude.	5
Tableau 2 : Constitution de réservoir de Hassi Messaoud.	10
Tableau 3: Liste des puits sélectionnés pour l'étude.	31
Tableau 4: Action pris pour le décoincement.	49
Tableau 5: Mécanisme d'activation de locking clutch.	56

Liste des abréviations

HMD : Hassi Messaoud

Km : Kilomètre

Q.H : Quartzites de Hamra

NE : Nord Est

SW : Sud West

NO : Nord-Ouest

API : American Petroleum Institute

Md : Mili darcy

NPT : No Productive Time

ROP : Rate of Penetration

BHA : Bottom Hole Assembly

Hi-Vis : High Viscosity

KD : Kilo Dinar

PDC : Polycrystalline Diamond Compact

TCI : Tungsten Carbide Insert

CPM : Coût Par Mètre

GR : Gamma Ray

WOB : Wight On Bit

PDM : Positive Displacement Motor

RPM : Rotation Par Minute

LC : Locking Clutch

LIH : Lost In Hole

SONATRACH : Société National de transport et commercialisation des hydrocarbures

ASD : Anti Sticking Device

INTRODUCTION GENERALE

Les ressources d'hydrocarbures non conventionnelles ont été largement découvertes au sein de formation de l'Ordovicien connue sous le nom de réservoir des Quartzites de Hamra. En effet, la recherche récente de forage a prouvé un potentiel important de pétrole dans l'Ordovicien inférieur qui est considéré comme le réservoir principal dans plusieurs bassins Algériens principalement de l'oued Mya, Hassi Messaoud, et Berkine ... ect. Par conséquent atteindre et produire cette cible devenir un élément clé dans les plans de SONATRACH.

Cependant et en raison de ses propriétés compacte dure et la nature très fracturée des Quartzites de Hamra présente plusieurs problèmes opérationnels de forage qui entraînent des coûts supplémentaires et No Productive Time. Les coincements sont considérés comme le principal de ces problèmes.

Jusqu'ici, le forage du réservoir des Quartzites de Hamra a été associé à des incidents de coincement. Dans de plusieurs cas ces incidents entraînent des coûts considérables liés aux procédures de libération (fishing, sidetrack).

Pour résoudre ce problème, des études et des analyses ont été fait pour détecter les causes contribuant à cela. Les défis de SONATRACH sont d'améliorer les opérations de forage en augmentant la sécurité et en réduisant les coûts en fournissant des solutions optimales.

Le but de cette étude est d'identifier le problème d'avancement de forage dans les Quartzites de Hamra, décrivant ses causes principales. En effectuant une analyse statistique et donnant des solutions pratiques réussies.

Ces travaux de mémoire sont présentés en trois (3) chapitres principaux, Le premier chapitre expose le contexte géographique et géologique du bassin d'oued Mya, champ de Hassi Messaoud, et le bassin de Berkine, qui se résume à ses conditions géologiques et les principaux réservoirs de la zone d'étude. Le deuxième s'articule sur l'interprétation et diagnostique des caractéristiques pétro-physique des quartzites de hamra où on a pu acquérir une vision plus précise sur l'analyse des carottes des Quartzites de Hamra. Le troisième mis l'accent sur l'étude statistique et interprétation de problème d'avancement de forage dans les quartzites de hamra, en étudiant les causes de coincement et les solutions pratiques de coincement.

C HAPITRE

I

CADRE GEOLOGIQUE

1. Introduction

Les Quartzites de Hamra sont des formations qui se trouvent aussi bien dans le champ d'Oued Mya, de Hassi Messaoud et de Berkine. Cette formation présente des problèmes lors des travaux de forage liés à leurs caractéristiques géologiques ou des fautes techniques. Dans cette partie, on trouve la localisation majeure ainsi que les caractéristiques des Quartzites de Hamra.

2. Généralités

La plateforme saharienne est située au Sud de l'Algérie alpine et appartient au Craton Nord-africain, elle comprend un socle précambrien sur lequel repose en discordance une puissante couverture sédimentaire, structurée au Paléozoïque en plusieurs bassins séparés par des zones hautes. La province triasique, dite également, la province Nord orientale du Sahara, située dans la partie septentrionale de la plateforme saharienne. La superficie approximative de cette province est de $300 \cdot 10^3 \text{ km}^2$, elle fait l'objet de plusieurs études et contient les plus grandes découvertes en Algérie. Cette province est comprise entre le bassin de Grand Erg oriental à l'Est et la frontière tunisienne, la flexure Sud atlasique au Nord et le Grand Erg occidental à l'Ouest, au Sud elle est limitée par le domaine d'existence des formations triasiques : c'est une ligne sinueuse qui va de l'Est de bassin du Bechar jusqu'au Nord de bassin d'Illizi. [10]

La province triasique est un soubassement antécambrien, métamorphique constituant la plateforme saharienne où les dépôts étalés du Paléozoïque seront affectés par la discordance hercynienne. Les formations du Trias par lesquelles débute le Mésozoïque sont donc discordantes sur le Paléozoïque. [11]

Dans la moitié occidentale de cette province, les accumulations d'hydrocarbures découvertes à ce jour peuvent être regroupées en quatre ensembles :

- A l'Est, le gisement de Hassi Messaoud et ses périphéries.
- A l'Ouest, le gisement de Hassi R'Mel.

Entre ces deux gisements géants, on distingue :

- La région d'Oued Nommer.
- L'axe de sillon d'Oued Mya. [11]

3. Généralités géographiques et géologiques

3.1. Situation géographique de la zone d'étude

3.1.1. Bassin de l'oued Mya

L'Oued Mya est un bassin de la plate-forme saharienne, correspondant à la partie occidentale de la province triasique, couvrant une superficie de 400 000 km², Les limites géographiques se présentent comme les meilleurs repères. Ce bassin s'étend du 6° 15' au 6° 30' de longitude Est et du 31°15' au 33°00' de latitude Nord. Englobant les blocs :438-425-422-437-436-420-419-418-417et416, appartenant au district IV de la SONATRACH. Le bassin est limité par le haut structural Djemaa-Touggourt au Nord, le bassin du Mouydir au Sud, le haut structural d'Amguid-Messaoud à l'Est, et la voûte d'Allal l'Ouest (fig.1). [10, 11]

3.1.2. Champ de Hassi Messaoud

Le champ de Hassi Messaoud se situe à 850 km Sud-est d'Alger et à 350 km de la frontière tunisienne, Le gisement de "Hassi Messaoud"(H.M.D) est situé à 85 Km au Sud-est du chef-lieu de la Wilaya d'Ouargla (fig.1). Sa localisation en coordonnées Lambert Sud Algérie est de 790.000 à 840.000 km, Est et 110.000 à 150.000 km, Nord [3]

3.1.3. Bassin de Berkine :

Le bassin de Berkine se situe dans l'erg oriental, du Sahara Algérien entre les latitudes 29° et 34° Nord et les longitudes 5° et 10° Est, à l'Est des champs de Hassi Messaoud, Rhourde El Baguel et Rhourde Nouss. Il s'étend sur trois pays, La partie occidentale située en Algérie, la partie orientale située en Libye et le Sud de la Tunisie pour sa partie septentrionale (fig.1). [2]

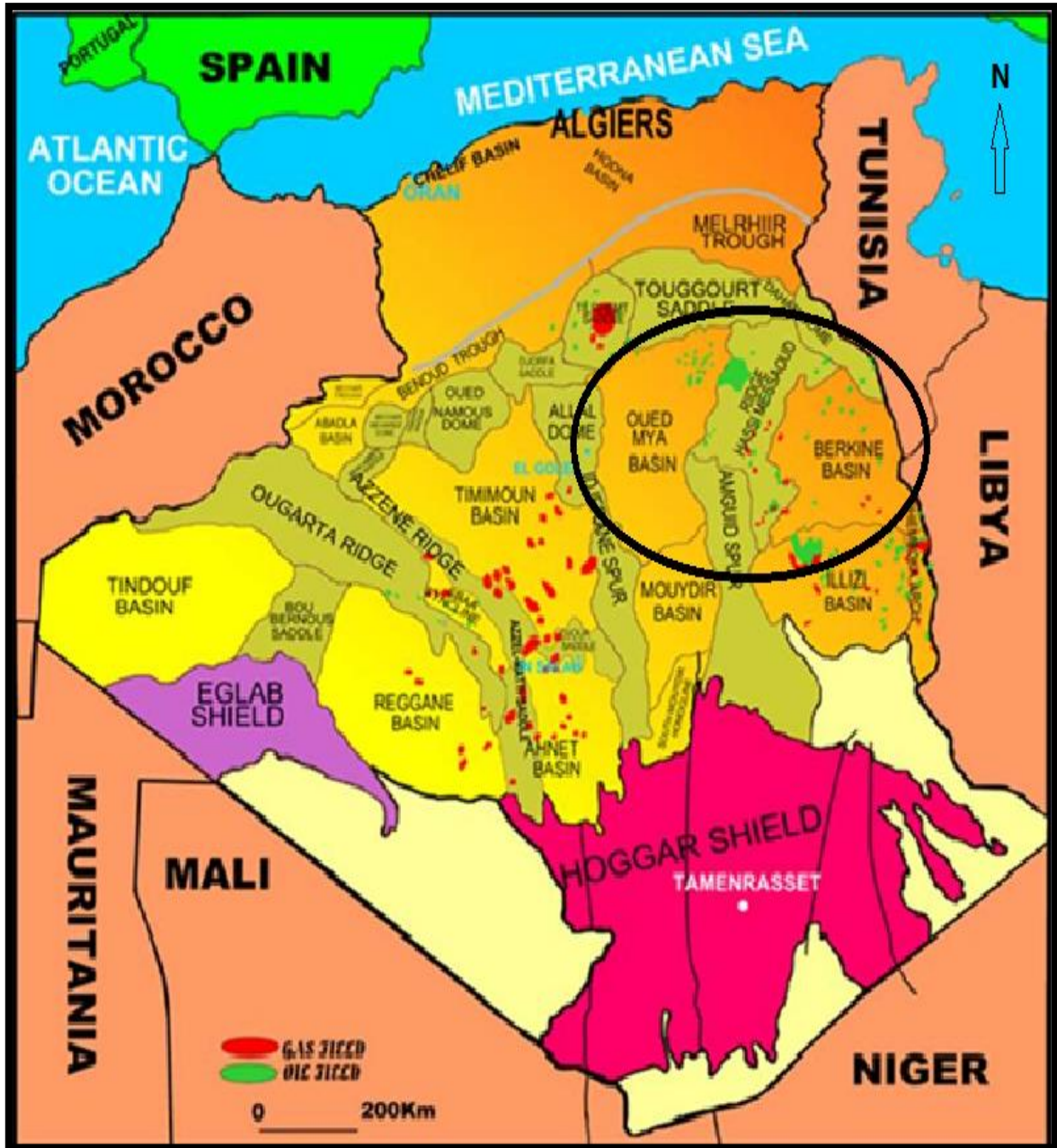


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude. [16]

3.2. Cadre géologique de la zone d'étude

3.2.1. Aperçu géologique

3.2.1.1. Sur le plan stratigraphique

Le tableau ci-dessous contient la colonne stratigraphie de bassin de l'oued Mya, bassin du Berkine et champ de Hassi Messaoud.

Tableau 1: la stratigraphie de la zone d'étude. [2, 10, 11, 13]

ERE	SYSTEMES	ETAGES	OUED MYA	HMD	BERKINE
CEN- OZOIQUE	NEOGENE	MOI-PLIOCENE	Sable fin argilo- carbonaté	Sable, calcaire, marne sableuse	sable, calcaire argileux, argile
		EOCENE	marne, calcaire marneux	Sable, calcaire à silex	Calcaire
MESOZOIQUE	CRETACE	SENONIEN	Calcaire à silex	Calcaire, dolomie, anhydrite, marne, sel massif	Anhydrite, argile, dolomie, sel
		TURONIEN	dolomie	Calcaire crayeux, argile	Argile, limestone
		CENOMANIEN	Argile, dolomie, anhydrite	Anhydrite, marne, dolomie	Limestone, sel, argile
		ALBIEN	Grés fin	Grés, sable, argile silteuse	Lignite, Grés
		APTIEN	Dolomie et marnes	Dolomie	Dolomie
		BARREMIEN	Grés carbonaté	Argile, sable	Grés, argile, lignite
		NEOCOMIEN	Grés, dolomie, argile	Dolomie, marne, argile	Argile, Grés, dolomie

ERE	SYSTEMES	ETAGES	OUEDMYA	HMD	BERKINE
	JURASSIQUE	MALME	Grés, carbonate, argile	Argile, marne, calcaire	Argile, Grés, anhydrite, dolomie
		DOGGER	Argile, carbonate	Argile, marne, anhydrite, dolomie	Argile, limestone
		LIAS	Marne, calcaire, anhydrite, sel argile, dolomie, sel, argile, sel massif, argile dolomitique	Dolomie, anhydrite, argile, sel, marne, sel massif	Anhydrite, argile, sel, limestone
	TRIAS	Argilo-salifaire (argilo-carbonate pour le bassin de Berkine)	Sel massif, argile	Sal massif, argile, anhydrite	Argile, sel, anhydrite, dolomie, Grés
		Argilo-grisieux	Argile silteuse, grés argileux	Argile, grés, andesite	Grés, argile
PALEOZOIQUE	ORDOVICIEN	OUED MYA	Dalle de m'kratta	Argile et grés	
			Argiles micro- conglomeratique	Argile à micro- Conglomerat	

CHAPITRE I : CADRE GEOLOGIQUE

ERE	SYSTEMES	ETAGES	OUEDMYA	HMD	BERKINE
			Grés d'Oued saret	Grés argileux	
			Argile d'azzel	Argile	
			Grés d'ouargla	Argile gréseux	
			Quartzites de Hamra	Grés quartzitique	
			Grés d'el-atthane	Grés quartzitique, argile silteuse	
			Argile d'el-gassi	Argile	
		HMD	Quartzites de Hamra	Grés très fin	
			Grés d'el-atthan	Grés fin glauconieux	
			Argile d'el-gassi	Argiles vertes	
			Zone d'alternance	Grés et argile	
		BERKINE	Les grés de Ramade		Grés
			Argiles micro-conglomératiques		Argile à micro-Conglomerat
			Grés d'Oued saret		Grés argileux
			Argile d'azzel		Argile
			Grés d'ouargla		Argile gréseux
			Q.H.		Grés quartzitiq
			Grés d'el-atthan		Grés fin glauconieux
		Argile d'el-gassi	Argiles vertes		

ERE	SYSTEMES	ETAGES	OUEDMYA	HMD	BERKINE
	CAMBRIEN	Ri	Grés quartzitique, argile	Grés isométrique, siltes	Grés quartzitique
		Ra	Grés quartzitique, argile	Grés anisométrique, siltes	Grés quartzitique, conglomérat
		R2	Grés feldspatique ± grossier	Grés grossiers, argile	Grés quartzitique, argile
		R3	Grés feldspatique fin à grossier et siltons	Grés grossiers, argile	Quartzites à passées conglomératique
PRO-TERO-ZOIQUE	INFRA-CAMBRIEN	SOCLE	Granite	Granite prophyroïde rose	Granite

3.2.1.2. Sur le plan structural

3.2.1.2.1. Bassin de l'oued Mya

Le bassin de l'oued Mya est affecté par plusieurs bourrelets de direction NE-SW dont la majorité est liés à un système de failles de même direction. Parmi les plus importants dans le bloc 438, on peut citer : le bourrelet d'Erg Djouad qui s'étend jusqu'à Benkahla, Haoud Berkaoui et se prolonge jusqu'au bloc 417 en passant par Guellala, N'goussa et Boukhezana, le bourrelet de Tahtani, le bourrelet de Kef el Argoub et le bourrelet de Djerrah. [11]

3.2.1.2.2. Champ de Hassi Messaoud

La structure du champ de Hassi Messaoud se présente comme un vaste dôme anticlinal aplatit de direction générale Nord-Est / Sud-Ouest. Les accidents affectant le réservoir sont de deux types [13] :

* Les failles de direction subméridienne Nord-Nord-Est / Sud-Sud-Ouest ainsi que d'autres failles qui leur sont perpendiculaires de direction Nord-Ouest / Sud-Est, ceci fait ressortir le caractère tectonique en Horst et Graben.

* Les cassures sans rejets qui ont eu un grand effet sur la fracturation du réservoir

3.2.1.2.3. Bassin de Berkine

Le bassin de Berkine est caractérisé par deux domaines principaux qui sont :

- Domaine Ouest : c'est un domaine très structuré, où les accidents présentent des rejets importants et les structures sont de grande amplitude.

- Domaine centre : c'est un domaine, où les structures sont relativement moins prononcées avec une remontée monoclinale vers le nord au niveau de la voûte de Dahar, pour les formations paléozoïques.

Les failles qui résultent de la tectonique cassante, ayant affectée les deux domaines sont multidirectionnelles, Les études structurales ont montré que les accidents NE-SW seraient dues principalement aux mouvements distensifs à la fin Trias / début Jurassique. - Les failles régionales ont défini des trends structuraux majeurs sur lesquels viennent se greffer les pièges et gisements d'huile et de gaz dans le bassin. [2]

4. Principaux réservoirs de la zone d'étude

4.1. Principaux réservoirs de bassin de l'oued Mya

Dans le bassin, sont constitués par les grès fluviatiles du trias qui incluent :

- L'unité série inférieure (centre du bassin et sud de Hassi R'mel) ;
- L'unité T1 (Nord de la partie centrale du bassin et région de Hassi R'mel) ;
- L'unité T2 (région de Hassi R'mel).

Les grès quartzitiques de l'unité Quartzites de Hamra (Ordovicien) considérés comme objectif principal depuis la récente découverte de l'huile dans la structure de Berkaoui (puits BKP). [10]

4.1.1. Les réservoirs secondaires

- Les grès du dévonien inférieur, les grès quartzitiques de L'Ordovicien (dalle de M'kratta, grès de l'oued Saret, grès de Ouargla, grès d'El Atchane) et les grès du cambrien

- Les grés et carbonates du moscovien au NO du bassin et les carbonates du Jurassique au NE.

4.2. Principaux réservoirs de bassin de Berkine

Les principaux réservoirs du bassin sont ceux du Trias, du Carbonifère, du Dévonien inférieur, de l'Ordovicien et du Cambrien. [2]

4.3. Principaux réservoirs de champ de Hassi Messaoud

Le réservoir est constitué de trois ensembles ou litho zones, qui sont à partir du bas : R2, Ra, Ri.

Tableau 2 : constitution de réservoir de Hassi Messaoud. [3], [13]

Réservoir		Constitution
Ri	3207 à 3257	Grés Quartzites isométriques moyens à fins, à ciment argileux avec nombreuses passées silteuses
Ra	3257 à 3348	Grés Quartzites et parfois micacés à ciment argileux assez abondant
R2	3348 à 3430 m	Grés Quartzites anisométriques moyens

Le Ra, compris entre 3257 à 3348 m avec une épaisseur de 91 m représente le réservoir principal dans sa partie supérieure. Il est formé de grés Quartzites anisométriques moyens s'intercalant de manière irrégulière.

Le R2, compris entre 3348 à 3430 m avec une épaisseur de 82 m est constitué de grés Quartzites et parfois micacés à ciment argileux assez abondant. [3], [13]

4.3.1. Caractéristiques du réservoir

Le gisement de Hassi Messaoud se caractérise par [3] :

- Formation Cambro-Ordovicien, sa profondeur entre 3361 et 3473 m ;
- La légèreté de son huile (API =54,5) ;
- Sa pression initiale élevée (482 kg/cm²) ;

- Pression de bulle entre 140 et (200 kg/cm²).

4.4. Ordovicien

Les réservoirs Ordoviciens, sont relativement nombreux, et sont situés dans les formations suivantes:

- Les grès argileux de l'Oued Mya et les grès d'El Atchane (Trémadoc).
- Les Quartzites d'el Hamra (Arenig).
- Les grès de Ouargla (Lianvirn).
- Les grès de l'Oued Saret (Caradoc inférieur).
- Les grès de Ramade ou la Dalle de Mkratta (Caradoc supérieur- Ashgill).

Les grès proviennent des milieux très variés, allant du marin à fluvio-glaciaire, d'où une très grande diversité de géométrie de réservoirs ainsi qu'une certaine disparité dans la distribution de la plupart des faciès. [4]

4.5. Argiles d'El Gassi

Argile grisâtre à noirâtre parfois verdâtre, indurée, silteuse alternée avec grès blanc laiton a beige, gris à gris verdâtre, translucide, fin a moyen, localement arrondi, siliceux à silicoquartzitique, compact, très dur. [4]

4.6. Grès d'El Atchane

Grès gris-blanc à beige, translucide, fin à moyen, sub arrondi à arrondi, sub anguleux siliceux à silico-quartzitique, moyennement, dur. Avec intercalation d'argile grise à gris noire, indurée, silteuse. [4]

4.7. Quartzites de Hamra

Les Quartzites de Hamra se localisent dans l'Ordovicien de couleur blanchâtre, transparent et translucide fortement compacté. [4]

4.7.1. Bassin de l'oued Mya

Top Quartzites de Hamra @ 3652m

Grès gris-clair a gris-blanc, fin a moyen, silico-quartzitique a quartzitique et d'Argile noire indurée (fig.2).

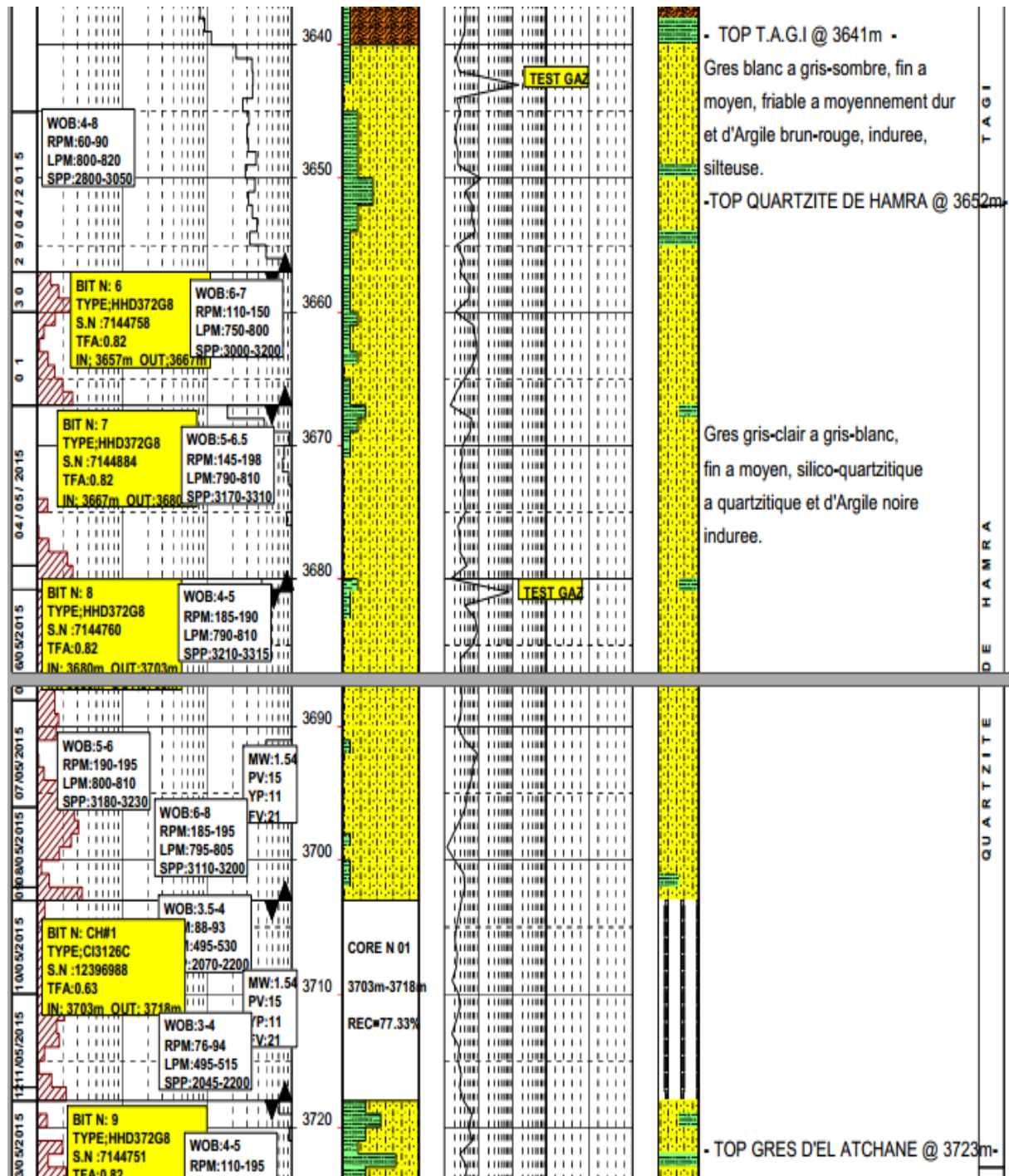


Figure 2 : détermination Top Quartzite de Hamra du bassin de l'oued Mya [16].

4.7.2. Champ de Hassi Messaoud

Top Quartzites de Hamra @ 3345m

Grès quartzitique: blanc à gris blanc, translucide, rarement vitreux, fin à moyen, arrondi à sub-arrondi, siliceux à silico-argileuse

Argile: noire à gris noire, parfois brune, silteuse, micacée, indurée.

Argile, brun rouge, rouge brique, fortement silteuse, tendre.

Grès blanc à gris blanc, parfois gris foncé, fin à moyen, siliceux sub-anguleux à sub-arrondi, dur à moyennement dur par endroits, translucide (fig.3).

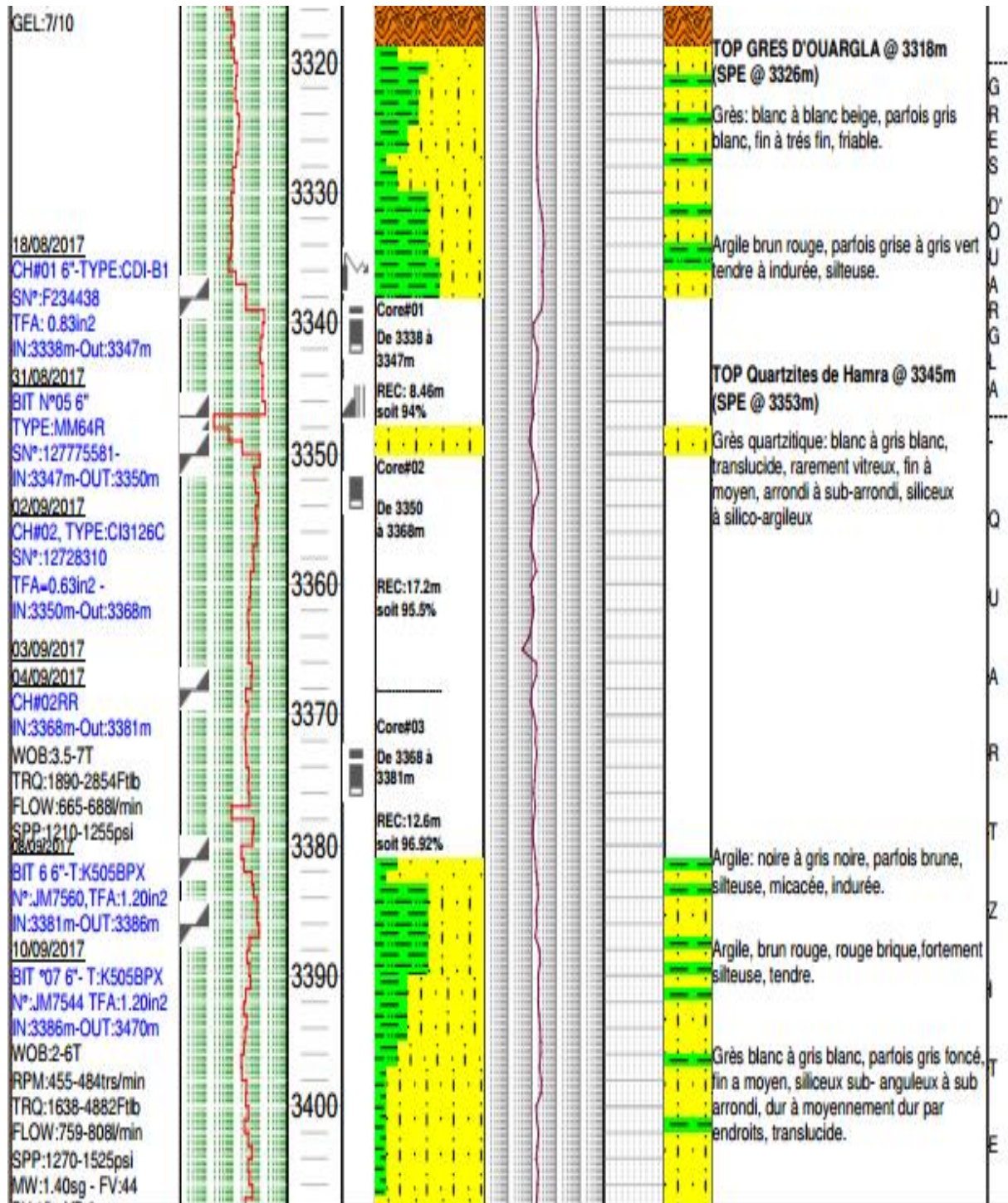


Figure 3 : détermination Top Quartzite de Hamra du bassin de Hassi Messaoud [16].

4.7.3. Bassin de Berkine

Top Quartzites de Hamra @ 4335m

Grès : blanc, rarement gris blanc fin a moyen, siliceux, compact très dur, quartzitique avec fines passées d'argile: grise a gris noir, indurée, silteuse (fig.4).

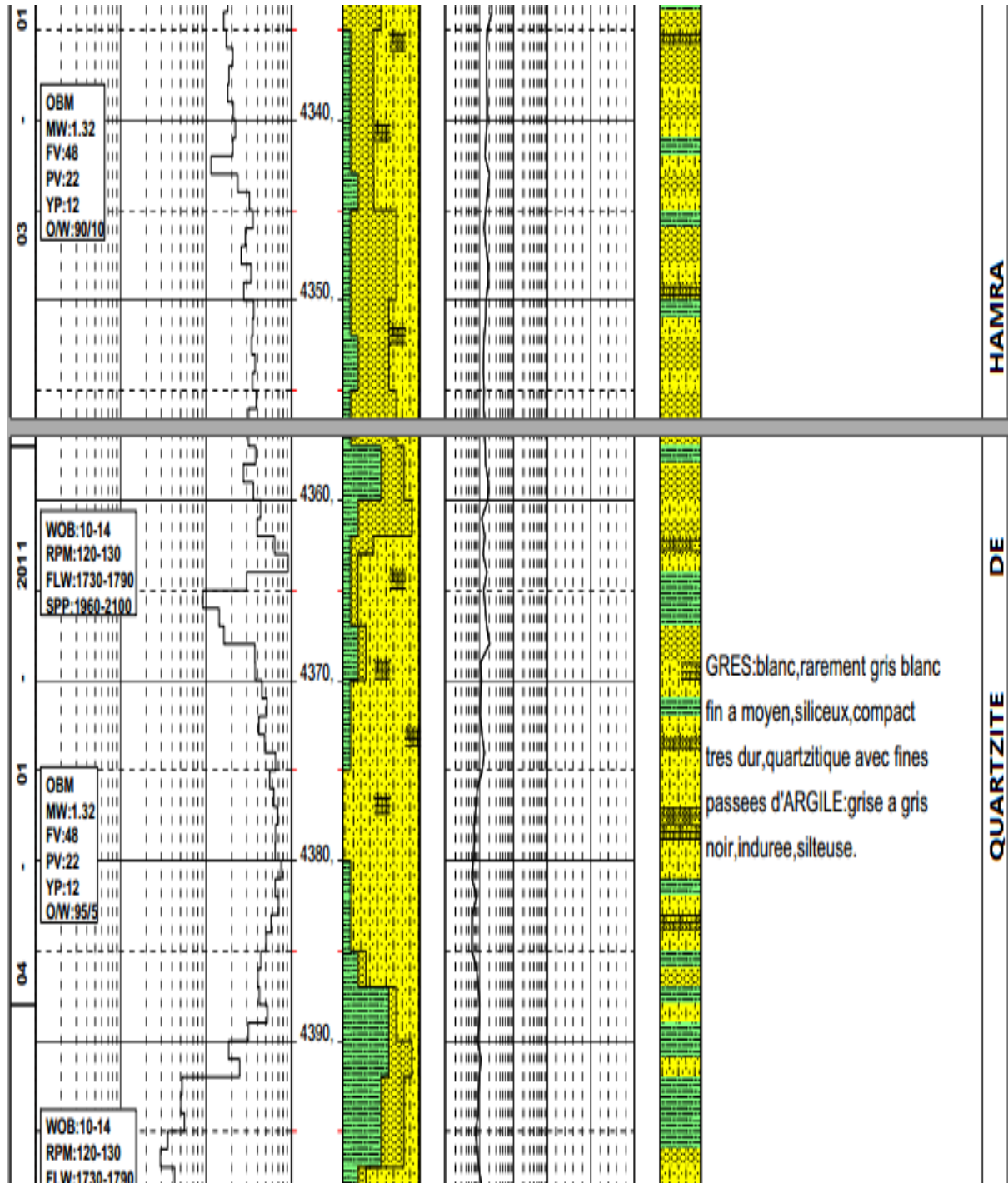


Figure 4 : détermination Top Quartzite de Hamra du bassin de Berkine [16].

4.8. Caractéristiques des Q.H.

Les Quartzites de Hamra sont un réservoir: hétérogène, compact, très dur et fissuré avec une très faible porosité Il est composé essentiellement de grès quartzitiques (jusqu'à 90%) En étant un réservoir compact sous l'effet des contraintes, il s'est fracturé puis colmaté par l'effet de la circulation de fluides chargés en éléments chimiques. La silice et localement de l'argile et des oxydes. [4]

4.9. Carottage des Q.H.

Ces images représentent le carottage de Quartzites de Hamra



Figure 5 : Carottage de Q.H. [4].

5. Conclusion

La zone d'étude caractérisée par un réservoir des Quartzites de Hamra composée essentiellement de grès quartzitiques (jusqu'à 90%) En étant une roche réservoir dure et compacte sous l'effet des contraintes, il est considéré comme objectif principal depuis la récente découverte de l'huile, son profondeur varie d'une zone à l'autre.

C

HAPITRE

II

INTERPRITATION ET DIAGNOSTIQUE DES
PAREMENTRES PERTOPHYSIQUES DES
QUARTZITES DE HAMRA

1. Introduction

En forage, les déblais remontés par la circulation ne sont pas toujours représentatifs. Pour le géologue, les renseignements sont incomplets. Ces déblais peuvent provenir de niveaux différents (cas de retombées) et la vitesse de remontée des déblais est incertaine. Dans l'industrie de l'huile et du gaz, carotter peut-être défini comme " couper et enlever un échantillon cylindrique de roche de la paroi du puits". Le carottage procure des spécimens intacts de la formation. C'est la seule méthode pour faire des mesures directes sur la roche et connaître les propriétés des fluides contenus. Ces échantillons de carotte sont une des sources les plus précieuses de données pour l'étude de roches de sub-surface et de réservoirs. Par conséquent, carotter est une méthode très importante d'obtention de données pour les géologues, les ingénieurs de forage, les pétrophysiciens et les ingénieurs de réservoir. [5] [15]

2. Analyse des carottes

2.1. Analyse Conventiennelle

Détermine les propriétés pétrophysiques [5]:

- Lithologie inclut le type et les caractéristiques de la roche.
- Porosité de la roche détermine le volume de l'effluent.
- Perméabilité de la roche détermine la capacité de la roche à débiter.
- Saturation indique la présence et le type d'hydrocarbure dans la roche
- Autres : contact entre fluides, position des intervalles

2.2. Analyse spéciale

Détermine [5] :

- La quantité et distribution des fluides du réservoir.
- La perméabilité Relative.
- Le réserve de fluide dans le réservoir après abandon.
- Également utilisée pour améliorer les interprétations des diagraphies électriques.

2.3. Etude pétrophysique

2.3.1. La porosité

La porosité d'une roche (\emptyset_t) est sa propriété de présenter des vides, des pores et des fissures. Elle s'exprime quantitativement par le pourcentage du volume poreux (V_v) par rapport au volume total de la roche (V_t). $\emptyset_t (\%) = (V_v/V_t)$.

La porosité est influencée par la taille des grains, leur arrangement, leurs formes, le ciment et la compaction. [6]

2.3.1.1. Méthode de mesure

Il existe deux méthodes de mesure [6]:

- Méthode directe : les mesures de porosité par cette méthode se font au laboratoire sur des échantillons extraits.
- Méthode indirecte : Cette méthode est basée sur l'utilisation des procédés diagaphiques électriques et nucléaires.

2.3.2. La perméabilité

Un milieu poreux ne permet le déplacement des fluides que dans la mesure où ses pores sont liés entre eux ; on dit alors qu'il est perméable.

La perméabilité (K) représente ainsi la facilité avec laquelle une formation permet à un fluide de viscosité donnée de la traversée. La perméabilité est exprimée par la lois de darcy, comme étant : la connectivité d'un milieu d'un centimètre de long (dl), laissant passer un volume de 1 cm^3 (Q) par unité du temps (s), d'un fluide avec une viscosité d'un centipoise (u) sous l'effet d'un gradient de pression (Δp) d'une atmosphère à travers une section (A) d'un cm^2 .

La formule est exprimée comme suit :

$$K(md) = \frac{dl \times Q \times u}{\Delta p \times A}$$

Perméabilité de milieu fracturé est plus grande à celle du milieu matriciel, c'est pourquoi le fluide circule à travers les fractures. [6]

2.3.2.1. Méthode de mesure

La perméabilité peut être calculée à partir de trois mesures [6] :

- 1- Au laboratoire.
- 2- A partir des essais des puits.
- 3- A partir des diagraphies.

2.4. Classification des paramètres pétrophysiques (Selon Monicard)

2.4.1. La porosité

La porosité est classée comme [6]:

Faible : $\emptyset < 5\%$.

Médiocre : $5\% < \emptyset < 10\%$.

Moyenne : $10\% < \emptyset < 20\%$.

Bonne : $20\% < \emptyset < 30\%$.

Très bonne : $\emptyset > 30\%$

2.4.2. La perméabilité

La gamme de perméabilité rencontrée est très étendue, elle varie de 0.1 md à plus de 10 darcy pour mieux spécifier les valeurs on admet [6] :

Très faible : $K < 1\text{md}$.

Faible : K de 1 à 10 md.

Médiocre : K de 10 à 50 md.

Moyenne : K de 50 à 200 md.

Bonne : K de 200 à 500md.

Excellente : K est > 500 md.

3. Analyse des carottes des Quartzites de Hamra

Plusieurs carottes ont été réalisées dans les puits de la zone d'étude, pour but la caractérisation et évaluation de réservoir Quartzites de Hamra, dans notre étude on a essayé de faire une analyse des cinq carottes effectuées dans cinq puits, 2 puits à l'oued Mya et 3 puits à Hassi Messaoud. [15]

3.1. Puits OMW-2

La carotte a un taux de récupération de 100%, l'épaisseur de la carotte est : 31.5 m, elle est caractérisée par des grés gris-blanc à blanc silico quartzitique à quartzitique compact dur, avec passées d'argile noire, mouchet pyriteux, avec présence des fissures verticale sub-verticale et horizontale subhorizontale semi-ouvert.

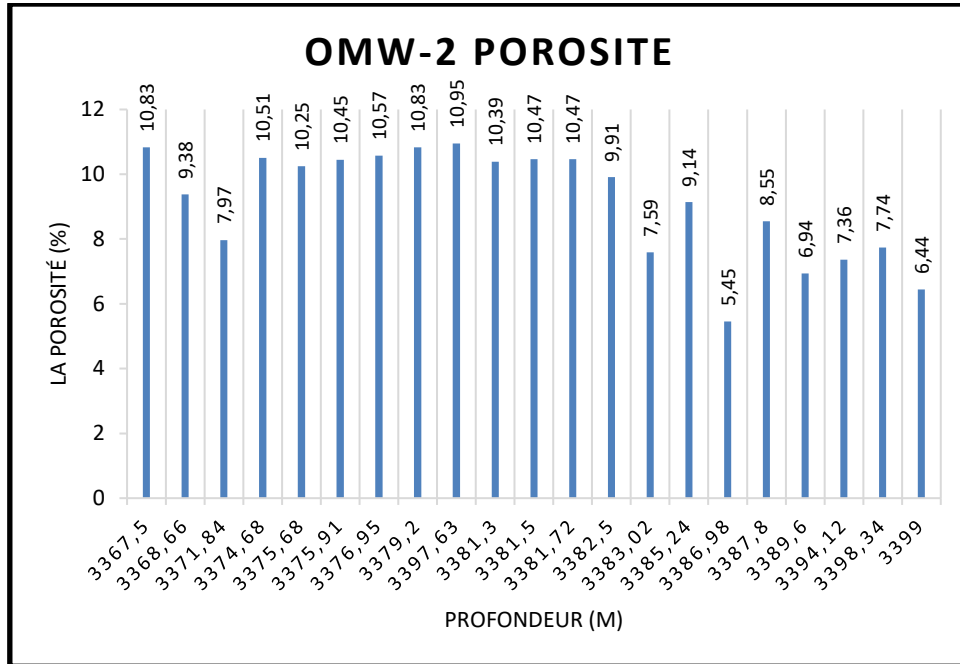


Figure.6 Variation de la porosité en fonction de profondeur du puits OMW-2.

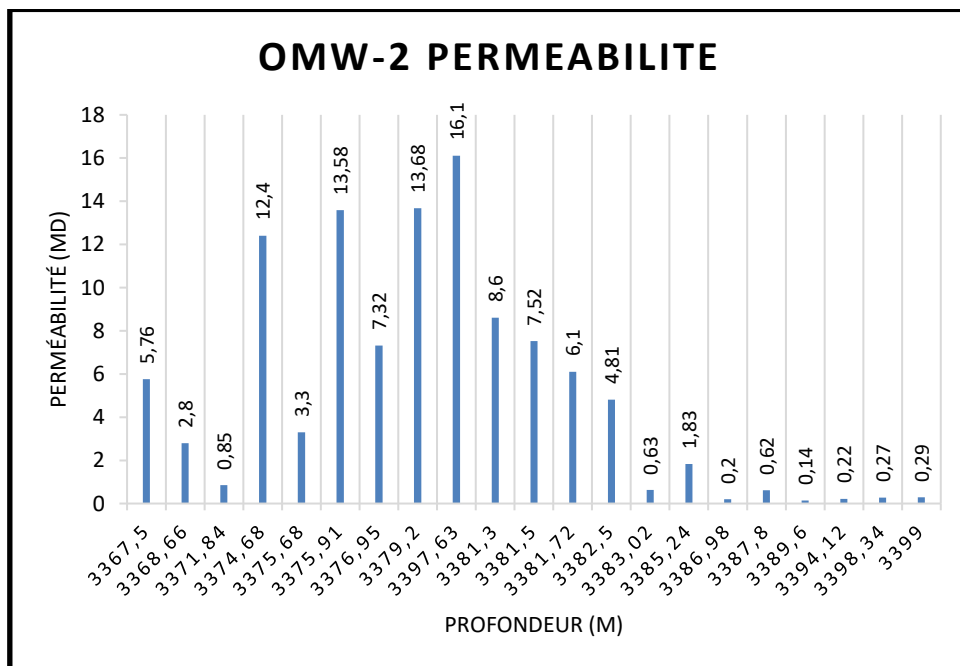


Figure.7 Variation de la perméabilité en fonction de profondeur du puits OMW-2.

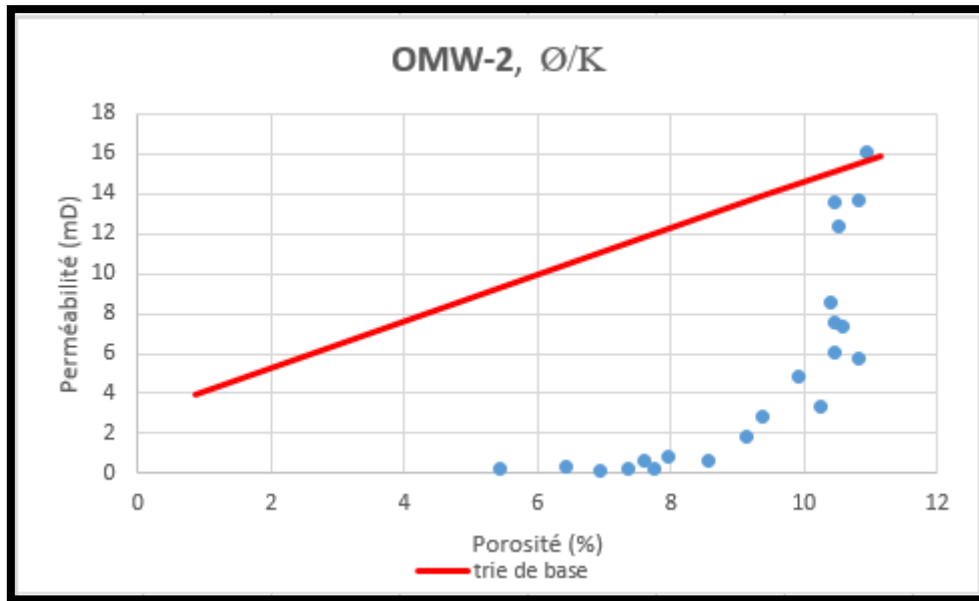


Figure.8 corrélation porosité perméabilité du puits OMW-2.

3.1.1. Discussion

À partir des histogrammes précédant en remarque une inégalité dans la valeur de la porosité et la perméabilité en fonction de la profondeur. La porosité est comprise entre 5.45% et 10.95%, au temps que la perméabilité variée entre 0.14 md et 16.10 md (fig.6,7). Toutes ces mesures montrent que les caractéristiques pétrophysiques primaires de réservoir sont faibles à médiocres. Toutes les valeurs de perméabilité supérieures à 1md montrent des fractures au niveau de la formation (fig.7). Faible corrélation entre la porosité et la perméabilité (fig.8). La porosité et la perméabilité ont une relation directe puisque la porosité a une relation inverse avec la minéralogie de la matrice.

3.2. Puits OMW-15

La carotte a un taux de récupération de 100%, son épaisseur est 40.3m, elle est caractérisée par des grés blanc à gris blanc, translucide, siliceux à silico-quartzitiques, compact, dur, fin à moyen, mouchet pyriteux, avec des films a passées d'argile noire silteuse indurée, présence des fractures partial.

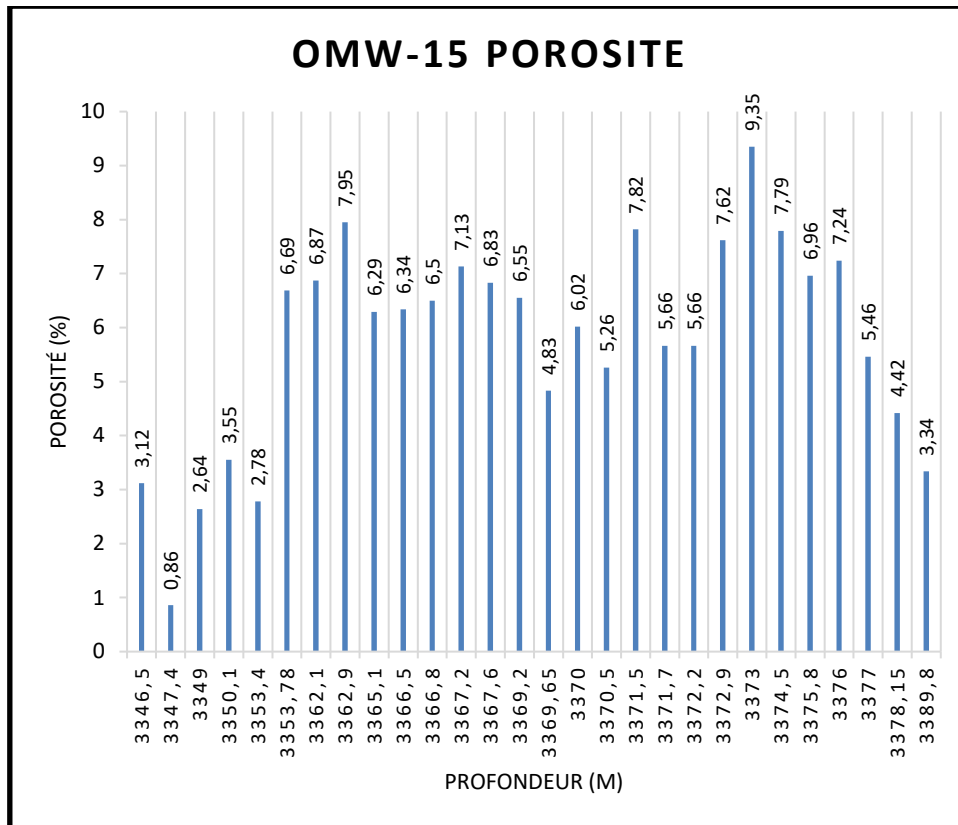


Figure.9 Variation de la porosité en fonction de profondeur du puits OMW-15.

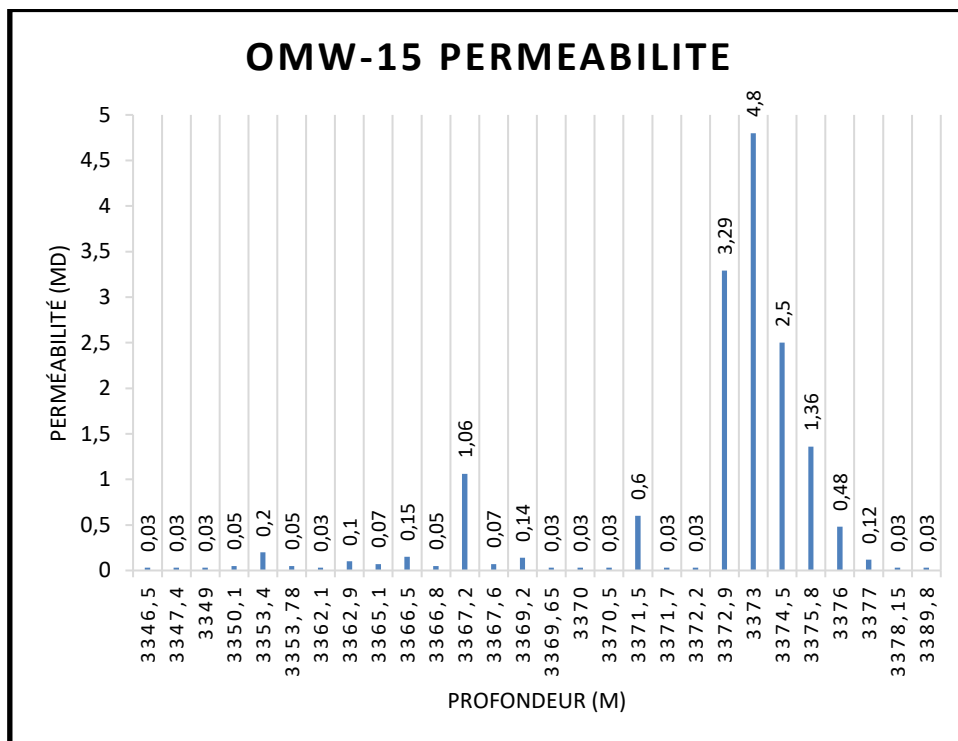


Figure.10 Variation de la perméabilité en fonction de profondeur du puits OMW-15.

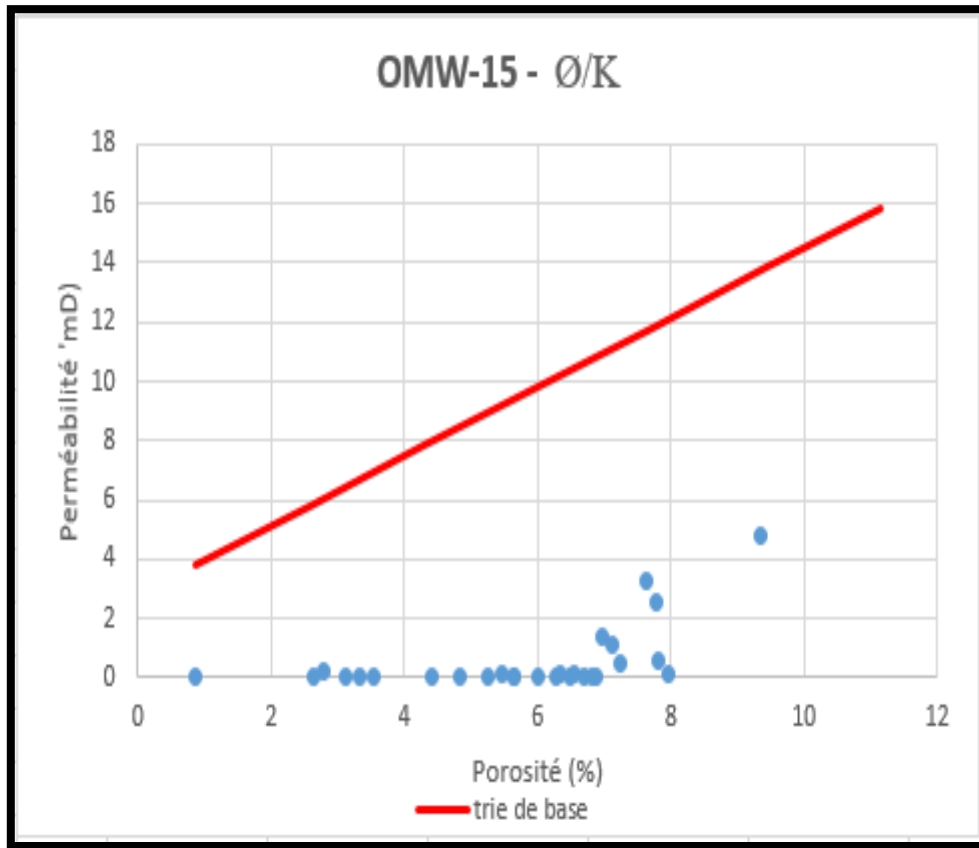


Figure.11 corrélation porosité perméabilité du puits OMW-15.

3.2.1. Discussion

Selon les histogrammes précédents en remarque une hétérogénéité dans la valeur de la porosité et la perméabilité en fonction de la profondeur. La porosité est comprise entre 0.86% et 9.35%, tandis que la perméabilité variée entre 0.03 md et 4.8 md (fig.9et10). Les mesures précédant montrent que la perméabilité est très faible à faible. La porosité est faible à médiocre.

Toutes les valeurs de perméabilité supérieur à 1md, probablement dues à des fractures au niveau de la carotte. Faible corrélation entre la porosité et la perméabilité (fig.11).

3.3. Puits HDZ-2

La carotte a un taux de récupération de 100%, l'épaisseur est de 18 m, elle est caractérisée par des grès blanc à blanc beige fin à moyen, mouchet pyriteux, par endroits sub-anguleux bien classé bien consolidés, silico-quartzitique compacte et dur.

**CHPITRE II : INTERPRETATION ET DIAGNOSTIQUE DES CARACTERISTIQUES
PETROPHYSIQUE DES QUARTZITES DE HAMRA.**

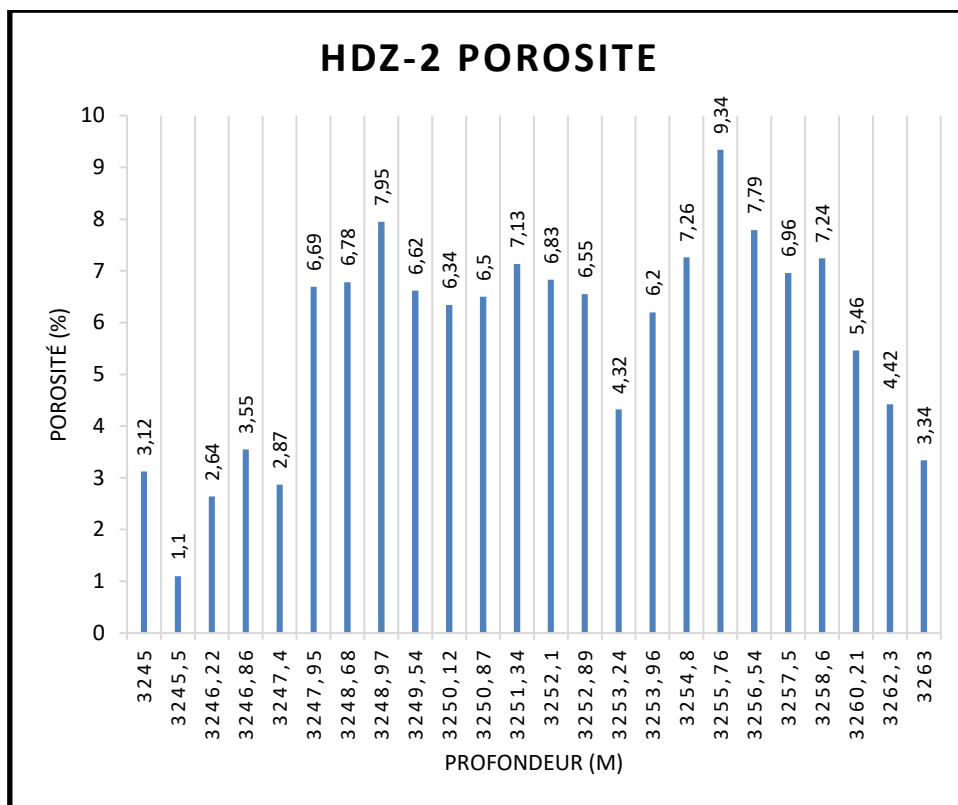


Figure.12 Variation de la porosité en fonction de profondeur du puits HDZ-2.

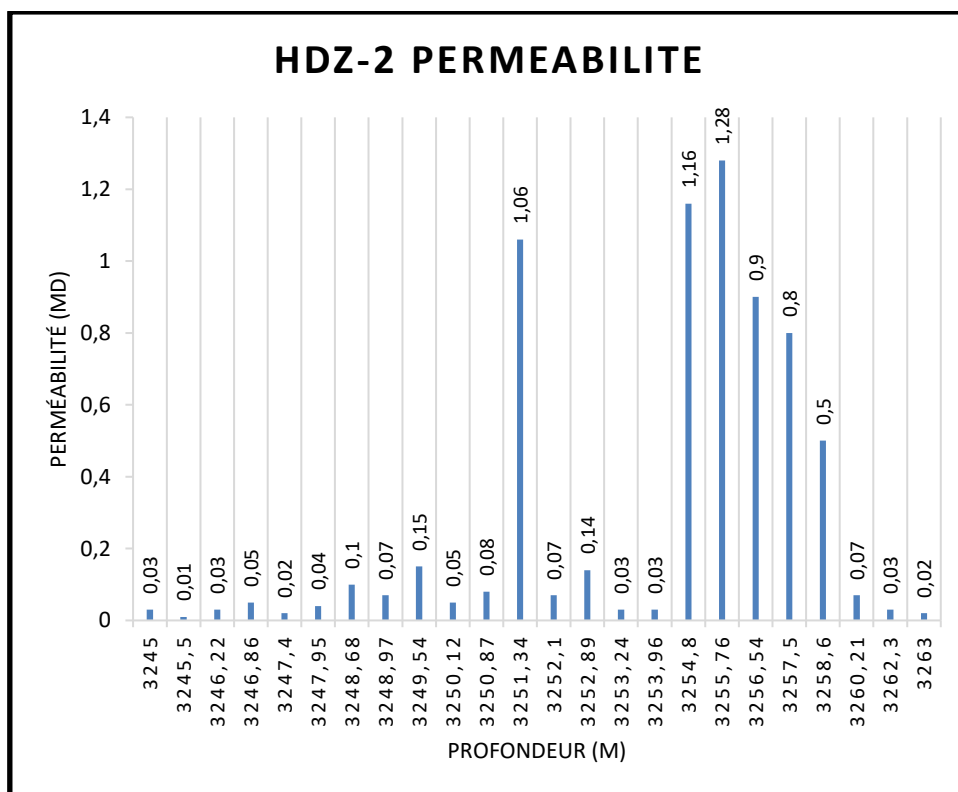


Figure.13 Variation de la perméabilité en fonction de profondeur du puits HDZ-2.

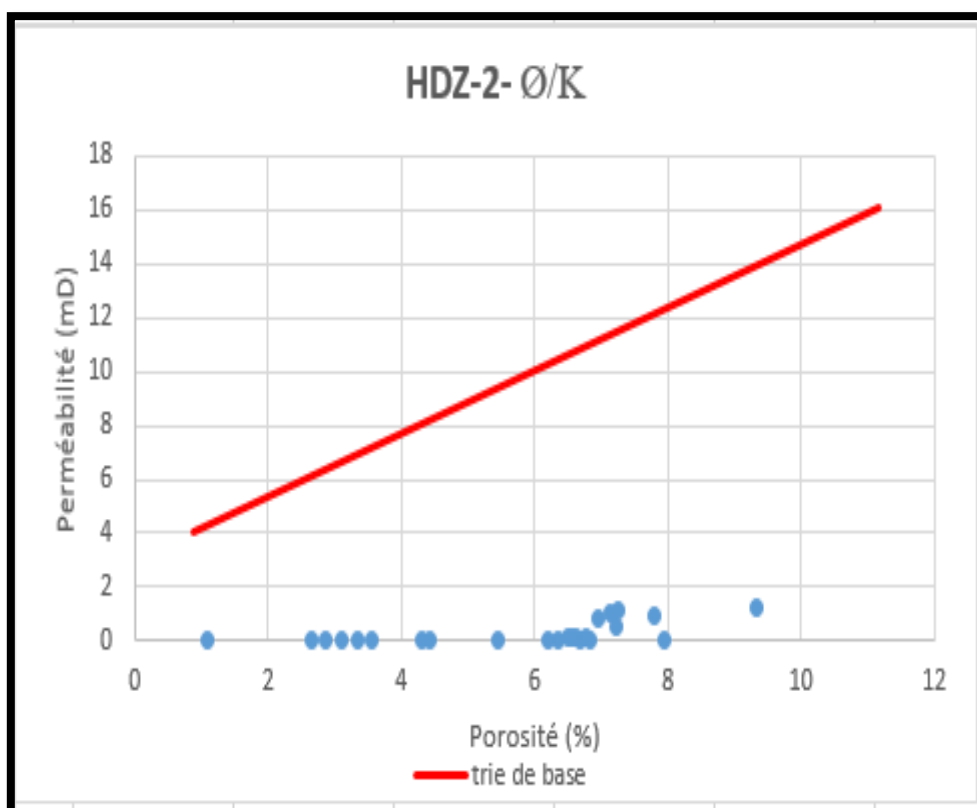


Figure.14 Corrélation porosité perméabilité du puits HDZ-2.

3.3.1. Discussion

Les histogrammes précédents montrent une hétérogénéité dans la valeur de la porosité et la perméabilité en fonction de la profondeur. La porosité est comprise entre 1.10% et 9.34%, tandis que la perméabilité variée entre 0.01 md et 1.28 md (fig.12et13). Les mesures précédentes montrent que la perméabilité est très faible. La porosité est faible à médiocre. Toutes les valeurs de perméabilité supérieures à 1md sont provenues à des fractures dans la formation. Faible corrélation entre la porosité et la perméabilité (fig.14).

3.4. Puits HDZ-3

La carotte a un taux de récupération de 83.3%, l'épaisseur récupéré est de 10 m. La Description générale des carottes montre que c'est du grès gris-blanc à blanc, fin à très fin, parfois moyen, silico-quartzitique à quartzitique, compact, dur. Rares fines passées d'argile noire. Abondance de tigillites. Présence de pyrite dans les fissures.

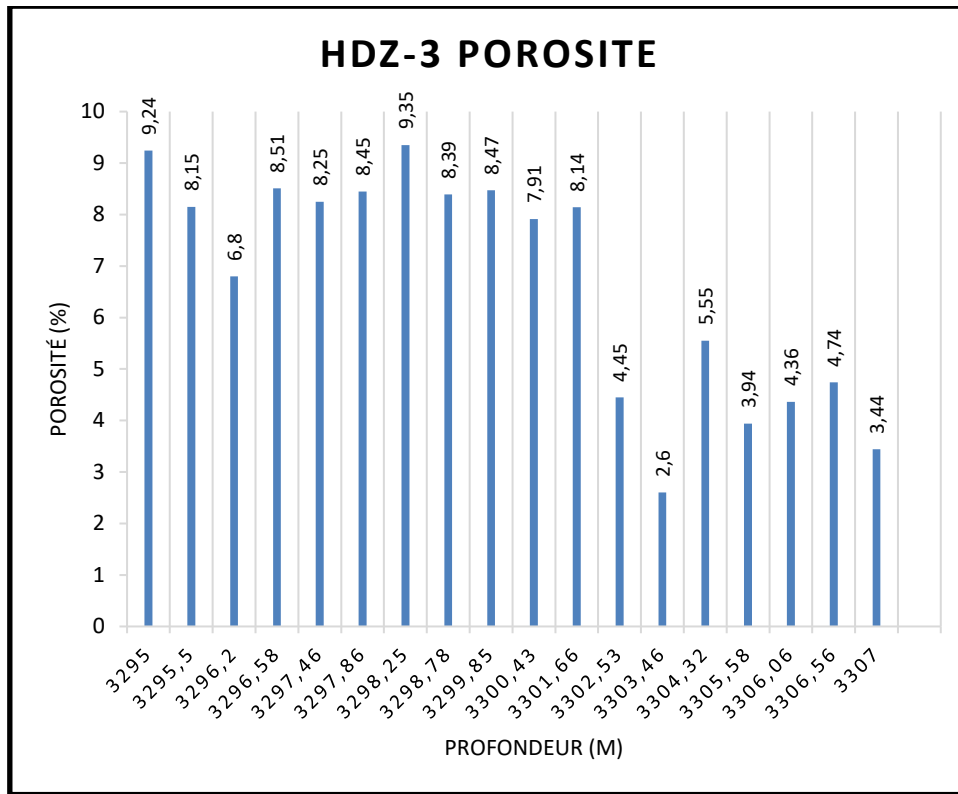


Figure.15 : Variation de la porosité en fonction de profondeur du puits HDZ-3.

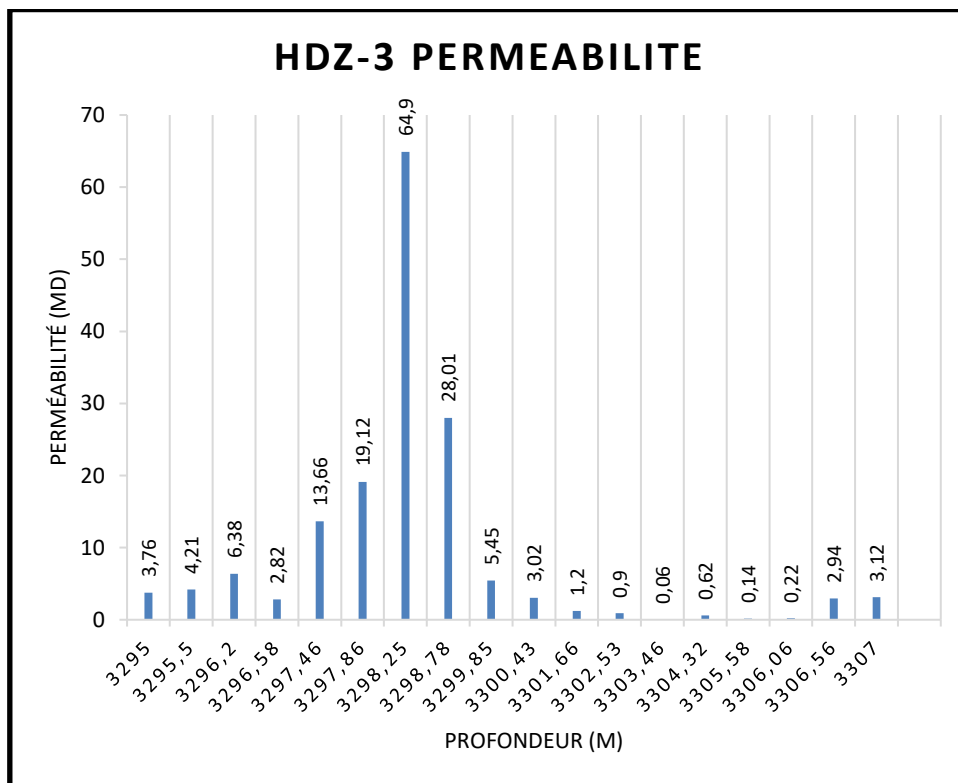


Figure.16 Variation de la perméabilité en fonction de profondeur du puits HDZ-3.

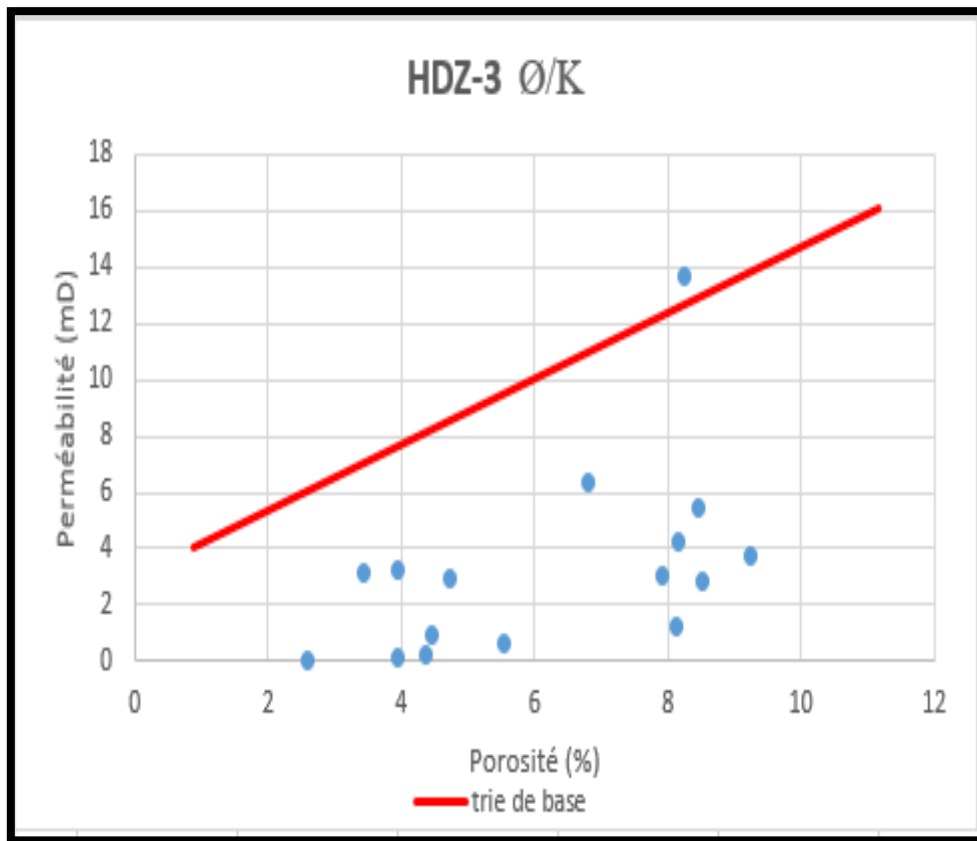


Figure.17 corrélation porosité perméabilité du puits HDZ-3.

3.4.1. Discussion

Les histogrammes précédents montrent une disparité dans les valeurs de la porosité et la perméabilité en fonction de la profondeur. La porosité est limitée entre 2.6% et 9.35%, au temps que la perméabilité variée entre 0.06 md et 64.9 md (fig.15et16). Les mesures précédentes montrent que la perméabilité est médiocre. La porosité est faible à médiocre. Toutes les valeurs de perméabilité supérieures à 1md sont liées à des fractures horizontales et subhorizontales de types ouvertes à semi ouvertes dans la formation. Faible corrélation entre la porosité et la perméabilité (fig.17).

3.5. Puits HDZ-7

La carotte a un taux de récupération de 63.6%, l'épaisseur récupérée est de 7.25 m. La description générale des carottes montre que c'est du grès gris blanc à blanc, translucide, fin à moyen, siliceux à silico-quartzitique, sub-anguleux compact, dur, localement pyriteux, présence de fissures horizontales semi ouvertes.

CHPITRE II : INTERPRETATION ET DIAGNOSTIQUE DES CARACTERISTIQUES
PETROPHYSIQUE DES QUARTZITES DE HAMRA.



Figure.18 : Photo de la carotte du puits HDZ-7. [16]

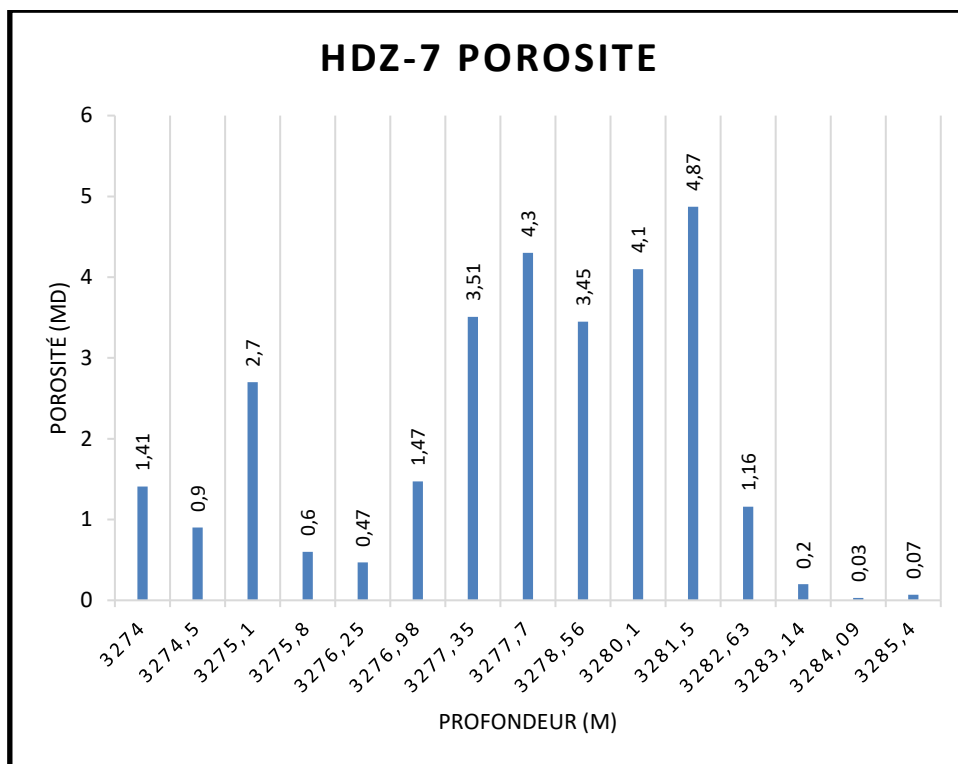


Figure.19 Variation de la porosité en fonction de profondeur du puits HDZ-7.

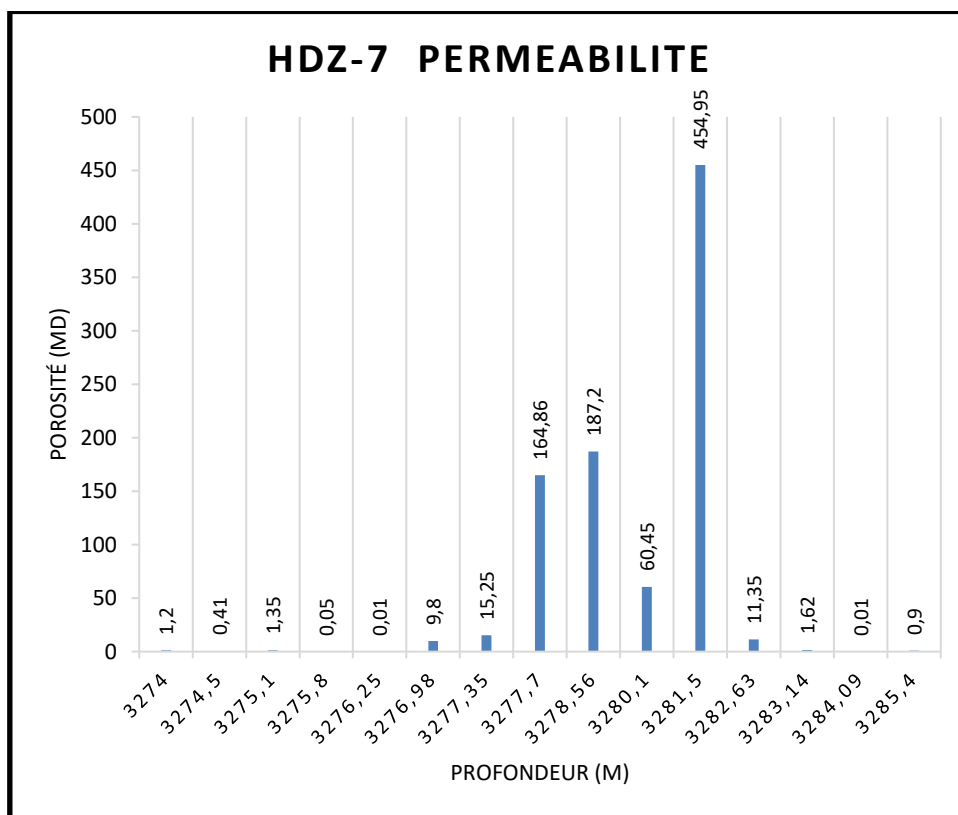


Figure.20 Variation de la perméabilité en fonction de profondeur du puits HDZ-7.

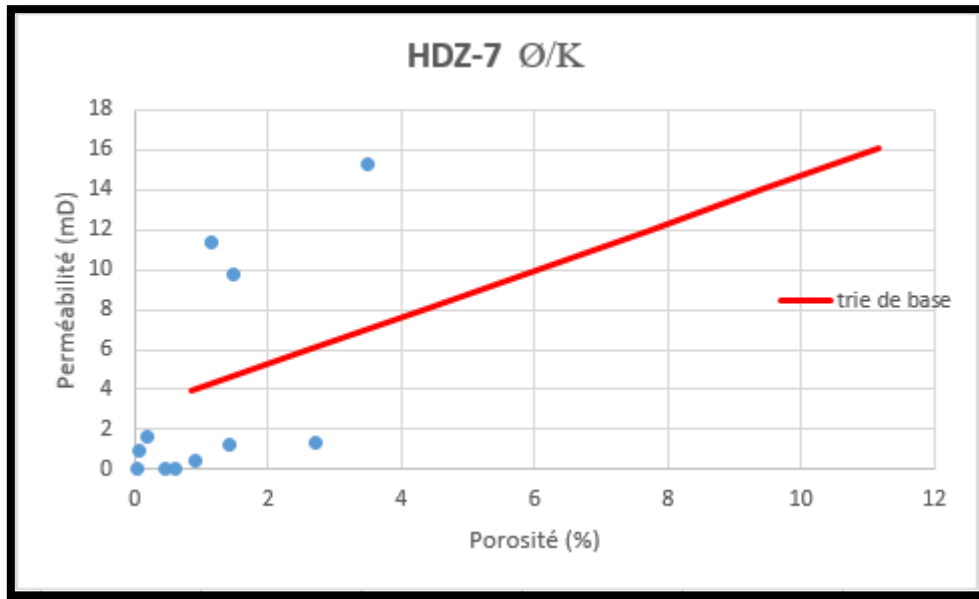


Figure.21 : corrélation porosité perméabilité du puits HDZ-7.

3.5.1. Discussion

D'après Les histogrammes précédents on remarque une disparité dans les valeurs de la porosité et la perméabilité en fonction de la profondeur. La porosité est limitée entre 0.03% et 4.87%, au temps que la perméabilité variée entre 0.01 md et 454.95 md (fig.19et20). Les mesures précédentes montrent que la perméabilité est très faible à faible. La porosité est faible. La perméabilité plus élevée dans l'intervalle de 2277m à 2281m est corresponde a des fractures horizontales à subhorizontales de types ouvertes à semi ouvertes généralement colmatées. Toutes les valeurs de perméabilité supérieures à 1md sont provenues à des fractures dans la formation. Faible corrélation entre la porosité et la perméabilité (fig.21).

3.6. Résultats

Les Quartzites de Hamra sont un réservoir: hétérogène, compact, très dur et fissuré avec une très faible porosité, la perméabilité aussi prend généralement des valeurs très faibles dues à la compacité de ce type de réservoir, Il est composé essentiellement de grés quartzitiques (jusqu'à 90%). Le réservoir compact et sous l'effet des plusieurs contraintes des fractures colmatées, par l'effet de la circulation de fluides chargés aux éléments chimiques comme la silice, les oxydes et localement l'argile et des oxydes. [5, 7]. La description macroscopique des carottes prélevées montre que le réservoir des Quartzites de Hamra caractérisé par :

- Des fractures horizontales à subhorizontales et rarement verticales.
- Fractures de types ouvertes à semi ouvertes et fractures colmatées.
- Généralement les fractures sont colmatées.

Ce qui justifier la perméabilité très élevée dans certains niveaux. [1] [8]

N.B : nous avons utilisé les données d'après les références [8] et [16] pour réaliser tous les études précédentes.

4. Conclusion

D'une manière générale le réservoir de Quartzites de Hamra possède des caractéristiques pétrophysiques faibles, cela est dû à la diagenèse qui donne le caractère compact.

C

HAPITRE

III

ETUDE STATISTIQUE ET INTERPRITATION DE
PROBLEME D'AVANCEMENT DE FORAGE DANS
LES QUARTZITES DE HAMRA

1. INTRODUCTION

Après avoir étudié les caractéristiques des Quartzites de Hamra de la zone d'étude dans le deuxième chapitre, nous allons faire dans ce chapitre une étude statistique sur tout ce qui concerne le forage des Quartzites de Hamra. Le but de ce chapitre est d'identifier le problème le plus important qui se produise et affecté le bon avancement de forage dans les Quartzites de Hamra, nous essaierons d'identifier la raison la plus important de ce problème ainsi que les solutions les plus fréquentes ont été mises en œuvre. Pour cela, nous avons sélectionné cinquante (50) puits forés ou traversés les Quartzites de Hamra répartis au niveau de la zone d'étude (bassin de l'oued Mya, Hassi Messaoud et bassin de Berkine).

2. Liste des puits sélectionnés

Tableau 3 : liste des puits sélectionnés pour l'étude.

BASSIN OUED MYA			CHAMPS HASSI MESSAOUD			BASSIN DE BERKINE		
Nom du puits	objective	année	Nom du puits	objective	année	Nom du puits	objective	année
BBH-1	Exploration	2014	HTF-8	Develop	2015	BRA-9	Develop	2015
BKHC-1	Exploration	2016	HTF-9	Develop	2011	EOT-1	Exploration	2014
BKHP-2	Exploration	2014	HTF-10	Develop	2012	ETBS-1	Exploration	2011
BKOS-2	Exploration	2011	HTF-11	Develop	2012	FDAN-1	Exploration	2016
ESM-1	Exploration	2012	HTF-12	Develop	2012	FDAQZH-1	Exploration	2012
GDN-1	Exploration	2014	HTF-13	Develop	2012	HGAW-4	Develp	2015
GLAP-1	Exploration	2013	HTF-14	Develop	2012	MFC-1	Exploration	2015
GLAP-2	Exploration	2015	HTF-15	Develop	2013	RCQ.H.-1Bis	Exploration	2016
HBKN-sr1	Exploration	2013	OMP-241	Develop	2015	RNZ-118	Develop	2013
HJSW-1	Exploration	2015	RDC-18	Develop	2014	RNSE-1	Exploration	2015
HBK-1	Exploration	2012	RDC-15	Develop	2015	RHQ.H.-2	Exploration	2016
MES-1 bis	Exploration	2017	OMP-246	Develop	2015	TAOQ.H.-1	Exploration	2016
MKT-1	Exploration	2014				TOUP-2	Exploration	2012
NHN-4	Exploration	2011				TOUP-4	Exploration	2016
OME-1	Exploration	2009				TTC-1	Exploration	2014
TJGN-1	Exploration	2013				TOUS-1	Exploration	2013
TKGW-1	Exploration	2013				BRDS-1	Exploration	2009
TRFN-1	Exploration	2016				RHQ.H.-1	Exploration	2015
OKS-27	Develop	2013				TOUN-2	Exploration	2014

Remarque : tous les résultats de ce chapitre concernent les puits mentionnés dans le tableau ci-dessus (tableau 3).

3. Epaisseur des Quartzites de Hamra

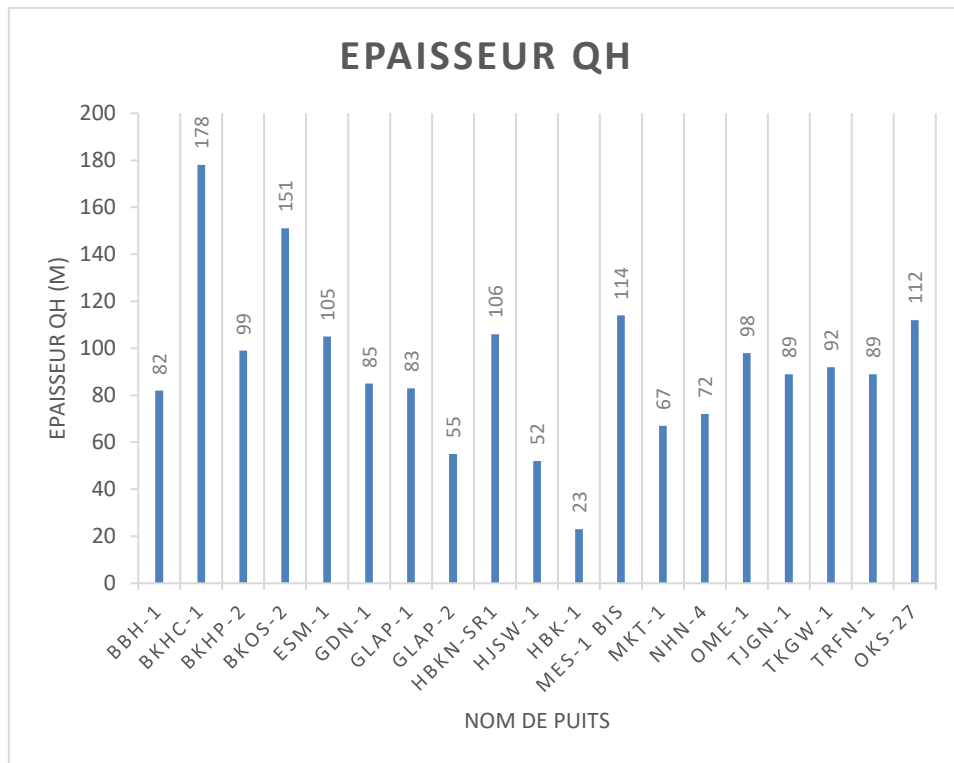


Figure.22 épaisseur de Q.H. dans le bassin de l'oued Mya.

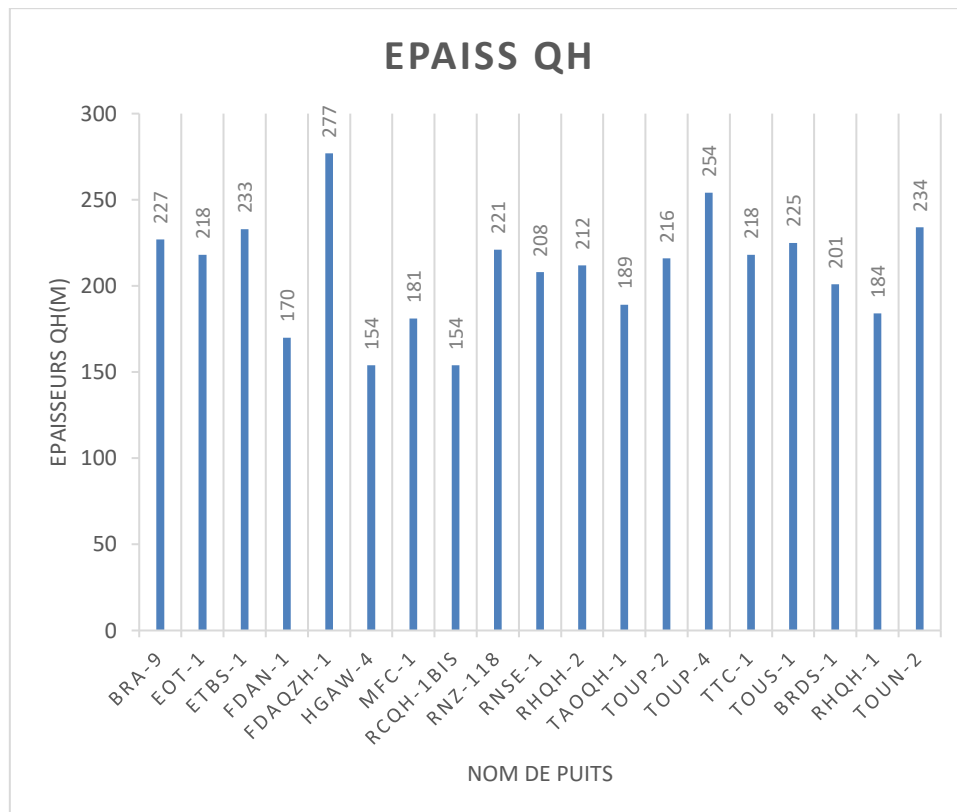


Figure.23 épaisseur de Q.H. dans le bassin de Berkine.

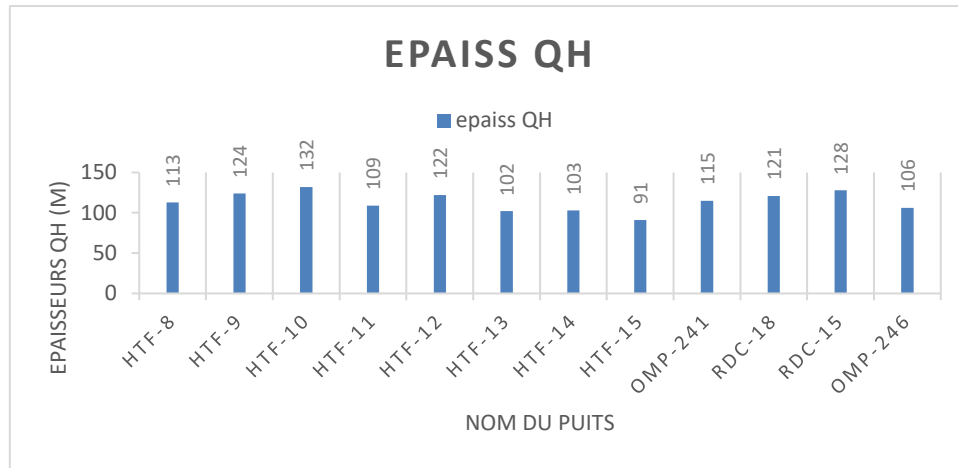


Figure.24 épaisseur de Q.H. dans HMD.

3.1. Discussion

Les histogrammes ci-dessus montrent la variation de l'épaisseur de la couche des Quartzites de Hamra dans chaque puits et d'une région à l'autre.

Dans le bassin de l'oued Mya l'épaisseur des Quartzites de Hamra varie entre 23m et 178m, l'épaisseur moyenne est de l'ordre de 92m (fig.22). Au niveau du le bassin de Berkine la différence est assez grand, l'épaisseur des Quartzites de Hamra varie de 158m à 277m, l'épaisseur moyenne dans ce bassin est de l'ordre de les 209m (fig.23). Alors que Hassi Messaoud a une couche des Quartzites de Hamra d'épaisseurs variant de 96m à 124m. en moyenne l'épaisseur moyenne de la couche est dans les 113m (fig.24).

Dans l'ensemble, l'épaisseur moyenne des Quartzites de Hamra dans la zone d'étude varie entre 92m et 209m, avec 138m comme épaisseur moyenne.

4. Défis des Quartzites de Hamra au forage

Les principaux problèmes auxquels les foreurs font face lors du forage de ce genre de formation sont :

- La faible vitesse d'avancement (ROP) qui influe négativement sur la durée de réalisation des puits d'exploration
- La consommation excessive d'outils de forage influe aussi sur la durée et le coût du projet (prix des outils, temps de manœuvre).
- Le risque permanent de coincement des garnitures de forage qui peut amener à l'abandon du puits à cause des fractures.

- Forage des Quartzites de Hamra ayant une fenêtre de forage réduite où il est impossible de traverser par les méthodes conventionnelles (pression de pores et fracturation très proche). [20]

5. Durée du forage des Quartzites de Hamra

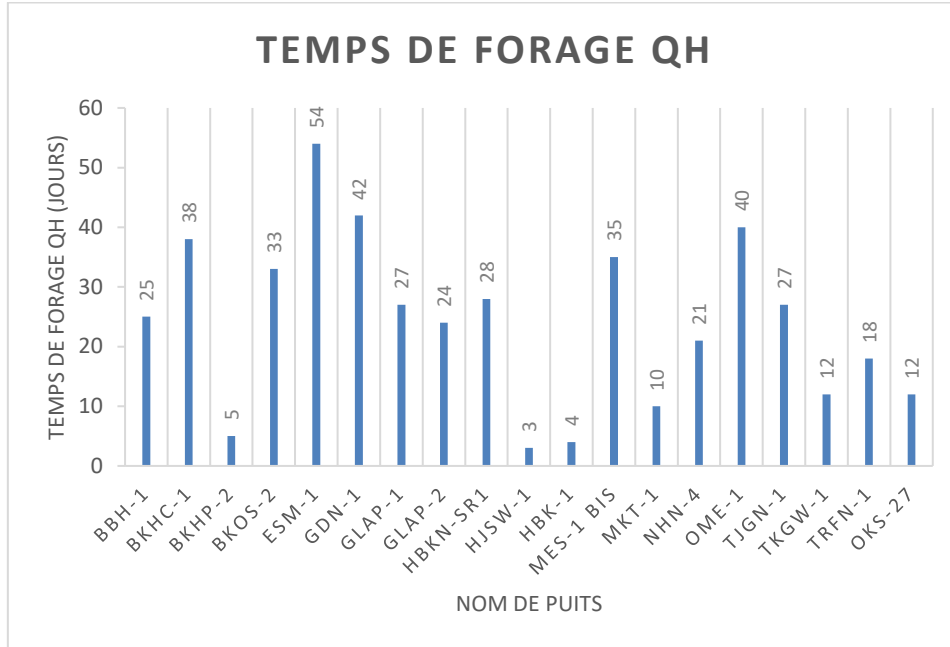


Figure.25 Durée pris pour forée les Q.H. dans le bassin de l'oued Mya.

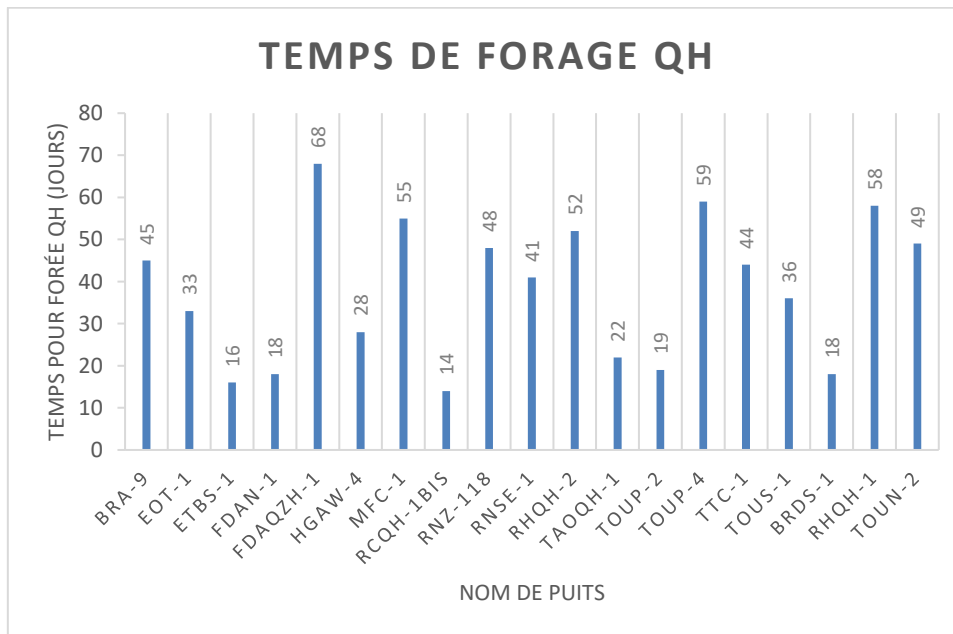


Figure.26 Durée pris pour forée les Q.H. dans le bassin de Berkine.

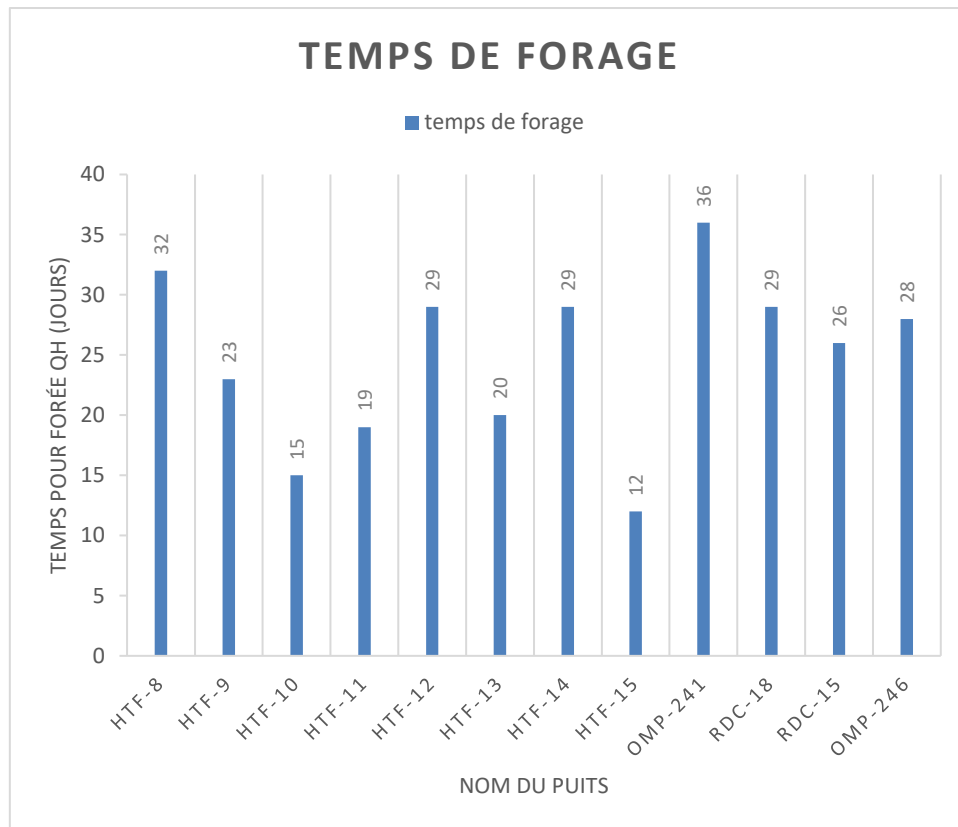


Figure.27 Durée pris pour forée les Q.H. dans HMD.

5.1. Discussion

A travers les histogrammes ci-dessus, qui représentent le temps nécessaire pour forer les Quartzites de Hamra au bassin de l'oued Mya, Hassi Messaoud et bassin de Berkine, nous notons :

Le bassin de Berkine vient en premier avec une durée de forage entre 14 jours et 68 jours, et la durée moyenne nécessaire autour de 38 jours (fig.26). Suivie par le champ de Hassi Messaoud à la deuxième place avec une période de forage allant de 12 jours à 36 jours, dans les 25 jours en moyenne du temps requis(fig.27). Et en dernier lieu vient le bassin de l'oued Mya avec une durée minimale dans les 3 jours et maximum de 54 jours, à l'ordre de 24 jours comme une durée moyenne (fig.25).

Comme résultats général de la durée de forage des Quartzites de Hamra, la plus faible durée de forage a été enregistrée dans le bassin d'Oued Mya, alors que la plus grande durée était à Berkine, soit 68 jours, la moyenne de la durée nécessaire pour forer les Quartzites de Hamra dans la zone d'étude est dans les 29 jours.

6. Durée de forage des Quartzites de Hamra Vs durée totale pour forer un puits

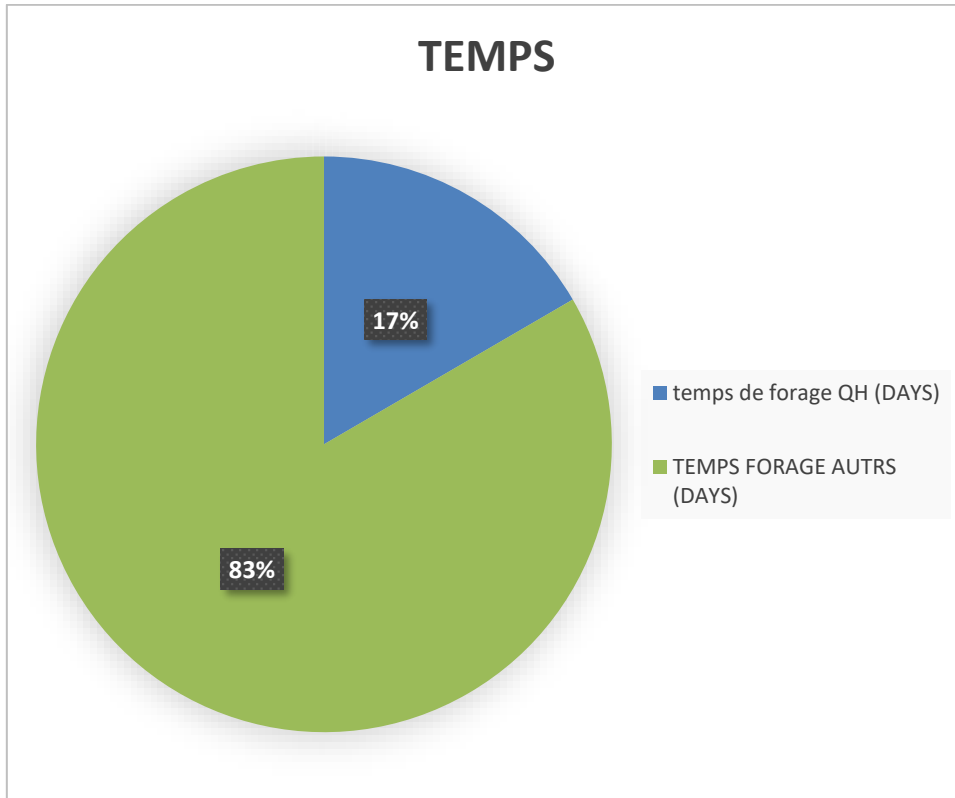


Figure.28 Secteur de temps de forage des Quartzites de Hamra à l'oued Mya.

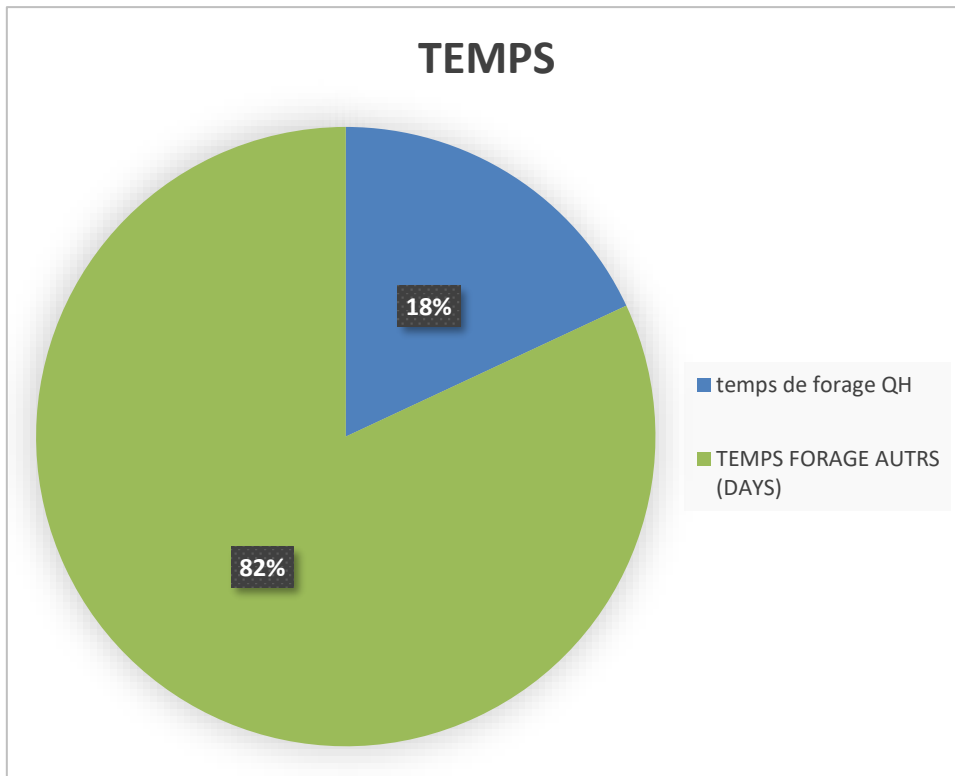


Figure.29 Secteur de temps de forage des Quartzites de Hamra à Berkine.

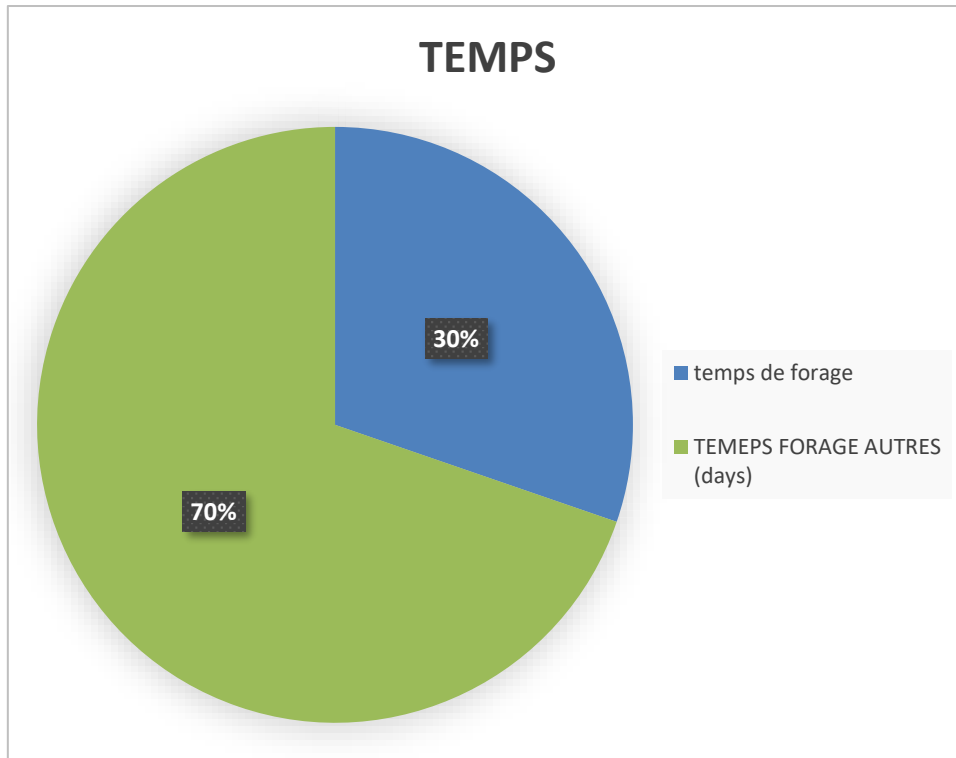


Figure.30 Secteur de temps de forage des Quartzites de Hamra à HMD.

6.1. Discussion

Les secteurs précédents représentent le pourcentage de temps nécessaire pour forer les Quartzites de Hamra par rapport au temps nécessaire pour forer un puits pétrolier complet, où les résultats étaient comme suit :

- La durée moyenne du forage des Quartzites de Hamra à l'oued Mya est de l'ordre de 24 jours, ce qui représente 17% du temps nécessaire pour forer un puits complet (fig.28).
- Dans le cas du bassin de Berkine, la différence n'est pas grande : la durée nécessaire pour forer les Quartzites de Hamra est de 18% du temps nécessaire pour forer un puits du début à la fin (fig.29).
- Quant à Hassi Messaoud, une grande différence par rapport aux deux cas précédents, et peut être vu, où la durée moyenne de forage des Quartzites de Hamra est environ 25 jours et représente 30% du temps nécessaire pour forer un puits complet (fig.30).

La durée moyenne requis pour forer les Quartzites de Hamra dans la zone d'étude (bassin de l'oued Mya, bassin de Berkine et Hassi Messaoud) est de 20% du temps moyen requis pour forer un puits, ce rapport est varié d'une zone à l'autre et influencé par plusieurs facteurs, notamment : la dureté de la formation et les problèmes peuvent rencontrés et

provoquent l'arrêt de forage, la technique de forage et l'outil utilisée, et l'épaisseur des Quartzites de Hamra.

7. NPT dans les Quartzites de Hamra et NPT total

7.1. Bassin de l'oued Mya

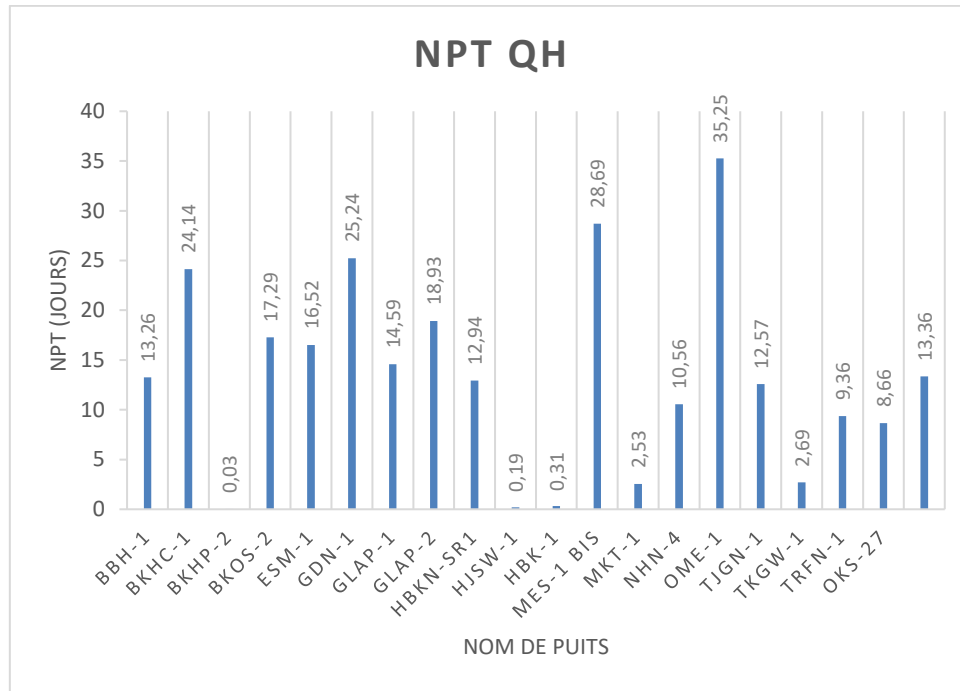


Figure.31 NPT de chaque puits à de l'oued Mya.

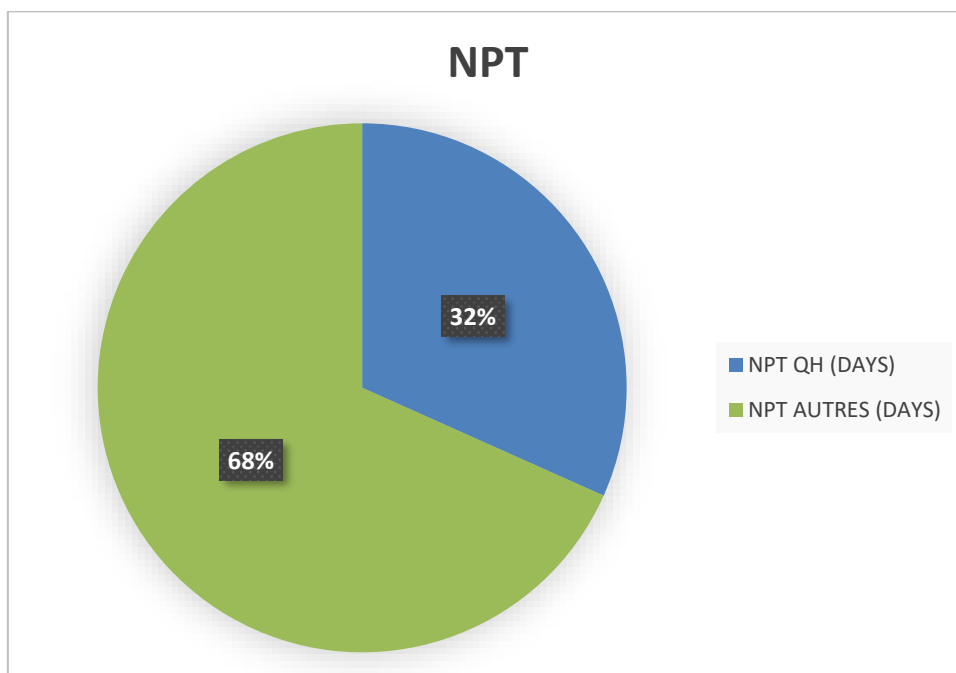


Figure.32 secteur de NPT dans les Q.H. dans le bassin de l'oued Mya.

7.1.1. Discussion

Les graphiques ci-dessus représentent la répartition du temps non productif NPT dans les Quartzites de Hamra à l'oued Mya où les résultats sont :

- Le temps non productif varie d'un puits à l'autre, le plus petit temps enregistré était de 0.03 jours soit environ 45 minutes et le plus long de 35.25 jours (fig.31).
- Le temps non productif (NPT) moyen est 14 jours et représente 32% du NPT total dans toute l'opération de forage à l'oued Mya (fig.32).

7.2. Bassin de Berkine

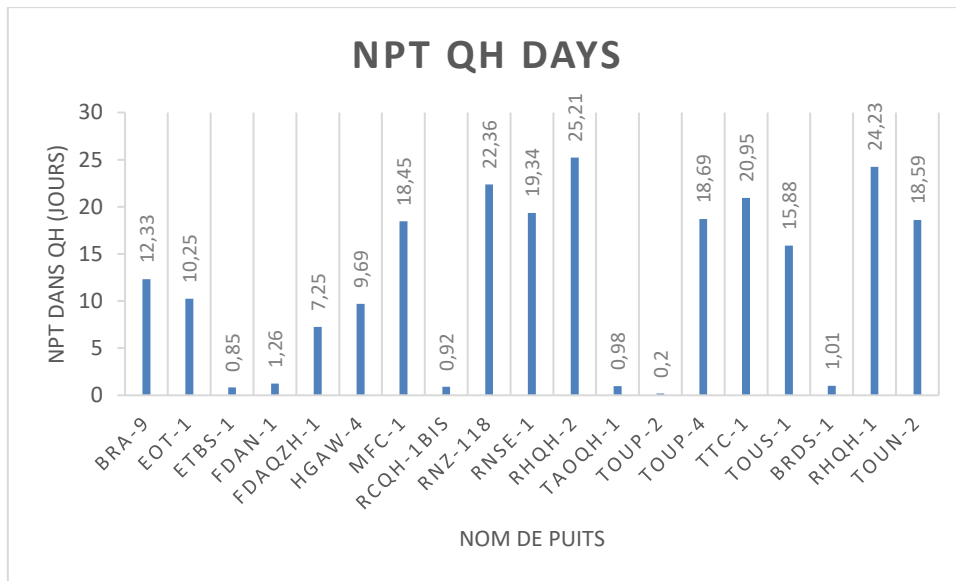


Figure.33 NPT de chaque puits dans le bassin de Berkine.

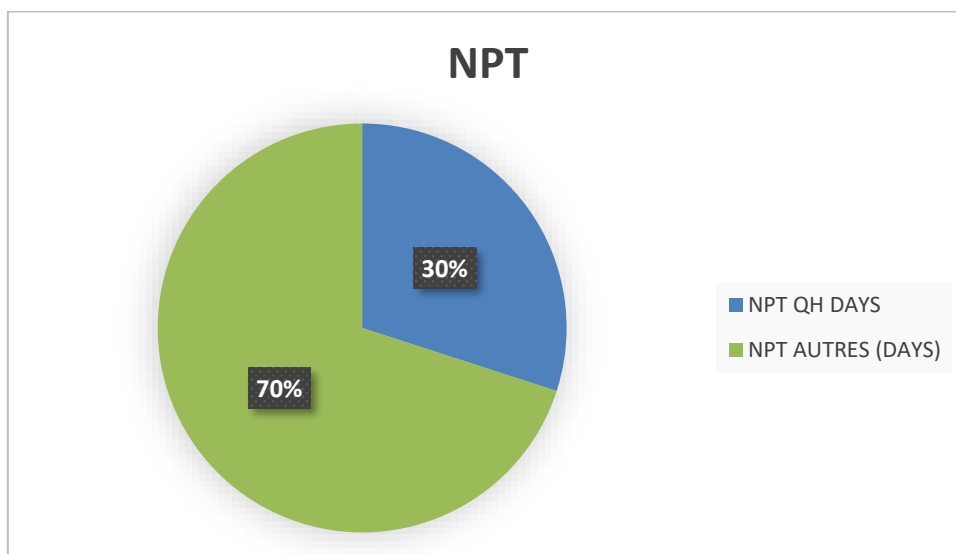


Figure.34 secteur de NPT dans les Q.H. dans le bassin de Berkine.

7.2.1. Discussion

Les graphiques ci-dessus représentent la répartition du temps non productif NPT dans les Quartzites de Hamra dans le bassin de Berkine où les résultats sont :

- Le temps non productif varie d'un puits à l'autre, le plus petit temps enregistré était de 0.2 jours soit environ 5 heures et le plus long de 25.21 jours (fig.33).
- Le temps non productif (NPT) moyen est 12 jours et représente 30% du NPT total dans toute l'opération de forage dans le bassin de Berkine (fig.34).

7.3. Champ de Hassi Messaoud

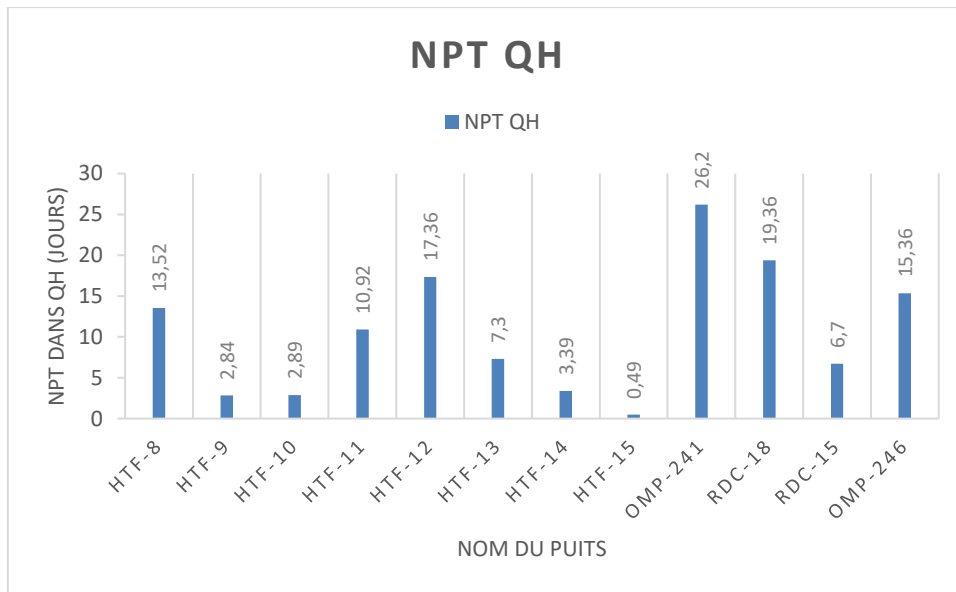


Figure.35 NPT de chaque puits à Hassi Messaoud.

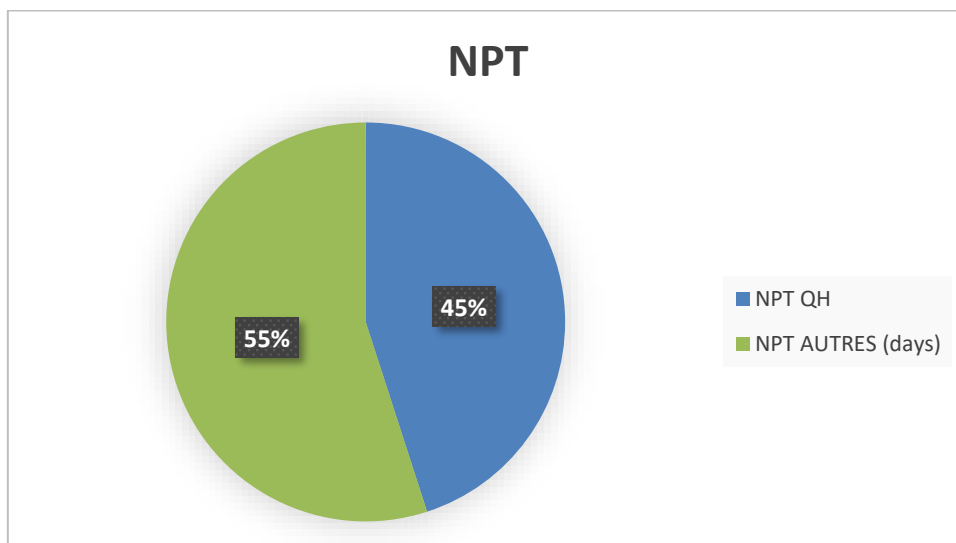


Figure.36 secteur de NPT dans les Q.H. dans HMD.

7.3.1. Discussion

Les graphiques ci-dessus représentent la répartition du temps non productif NPT dans les Quartzites de Hamra à Hassi Messaoud où les résultats sont :

- Le temps non productif varie d'un puits à l'autre, le plus petit temps enregistré était de 0.49 jours soit environ 12 heures et le plus long de 26.2 jours (fig.35).
- Le temps non productif (NPT) moyen est 11 jours et représente 45% du NPT total dans toute l'opération de forage à Hassi Messaoud (fig.36).

7.4. Résultats

Les secteurs et les histogrammes ci-dessous représentent le pourcentage de temps non productif (no productive time NPT) durant le forage des Quartzites de Hamra du temps non productif total (NPT total) durant le forage d'un puits complet.

Les principaux résultats de cette étude sont les suivants :

Le meilleur avancement de forage dans les Quartzites de Hamra avec un minimum de temps non productif (NPT) qui ne dépasse pas 45 minutes était au niveau de bassin de l'oued Mya.

Le temps non productif moyen des Quartzites de Hamra au niveau de la zone d'étude est de 12 jours, soit 34% du temps total non productif moyen.

Nous voyons une convergence dans les pourcentages de temps non productif (NPT) de bassin de Berkine et le bassin de l'oued Mya, tandis que le pourcentage au niveau Hassi Messaoud est plus grand parce que les puits de l'oued Mya et Berkine sont des puits d'exploration, alors que à Hassi Messaoud sont des puits de développement. D'une part le temps non productif est plus petit dans les puits de développement, parce que la connaissance de la géologie de la région jeu un grand rôle dans le bon contrôle de forage avec moins de problèmes. D'autre part dans les Quartzites de Hamra, les problèmes sont particulièrement prépondérants augmente significativement le NPT dans tel formation.

8. Analyse de temps non productif (NPT) dans les Quartzites de Hamra

Dans la suivante étude, nous allons analyser le temps non productif (NPT) pour voir les facteurs les importants qui causent du temps non productif.

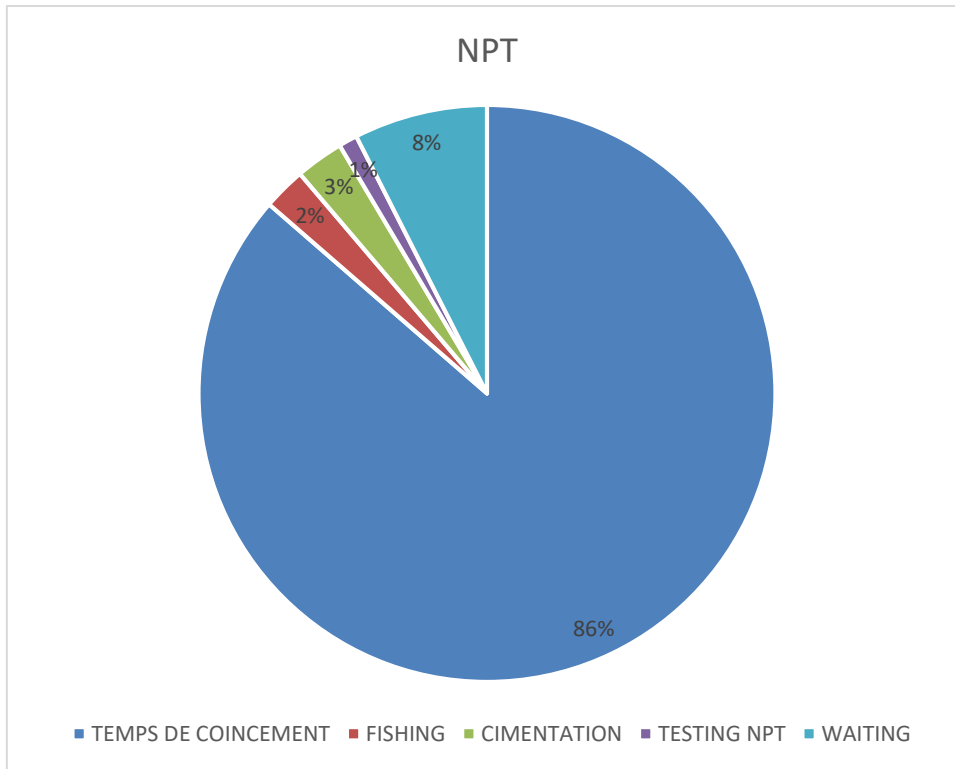


Figure.37 NPT dans les Quartzites de Hamra à Oued Mya.

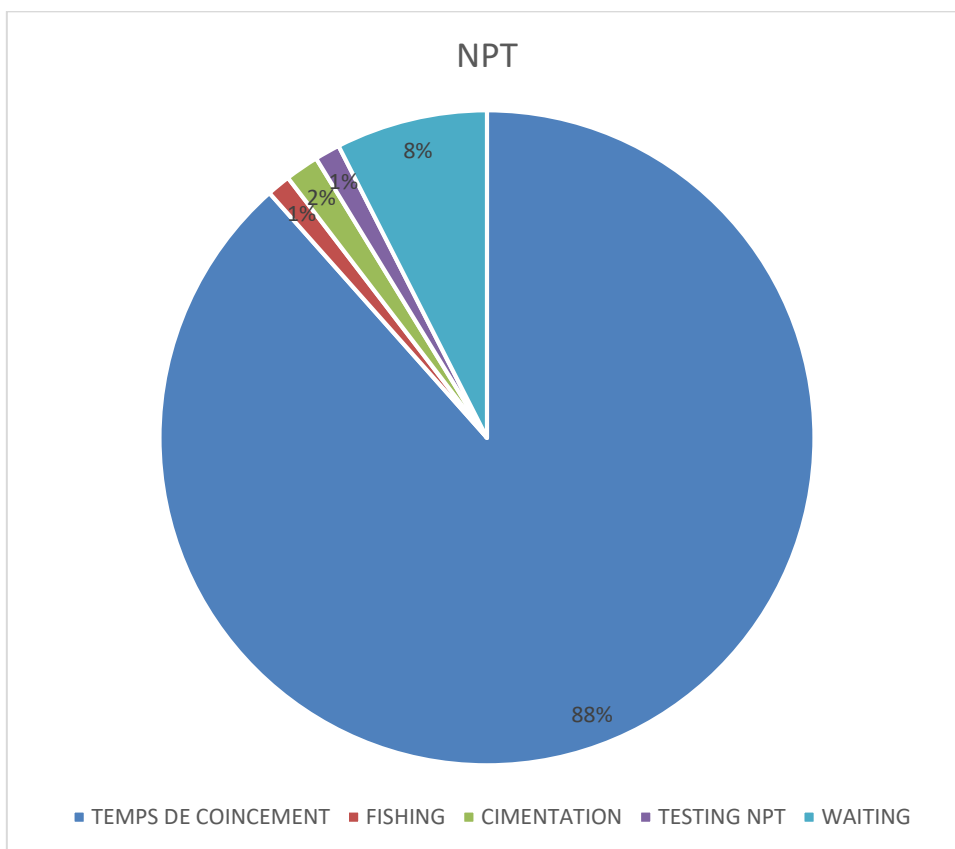


Figure.38 NPT dans les Quartzites de Hamra à Berkine.

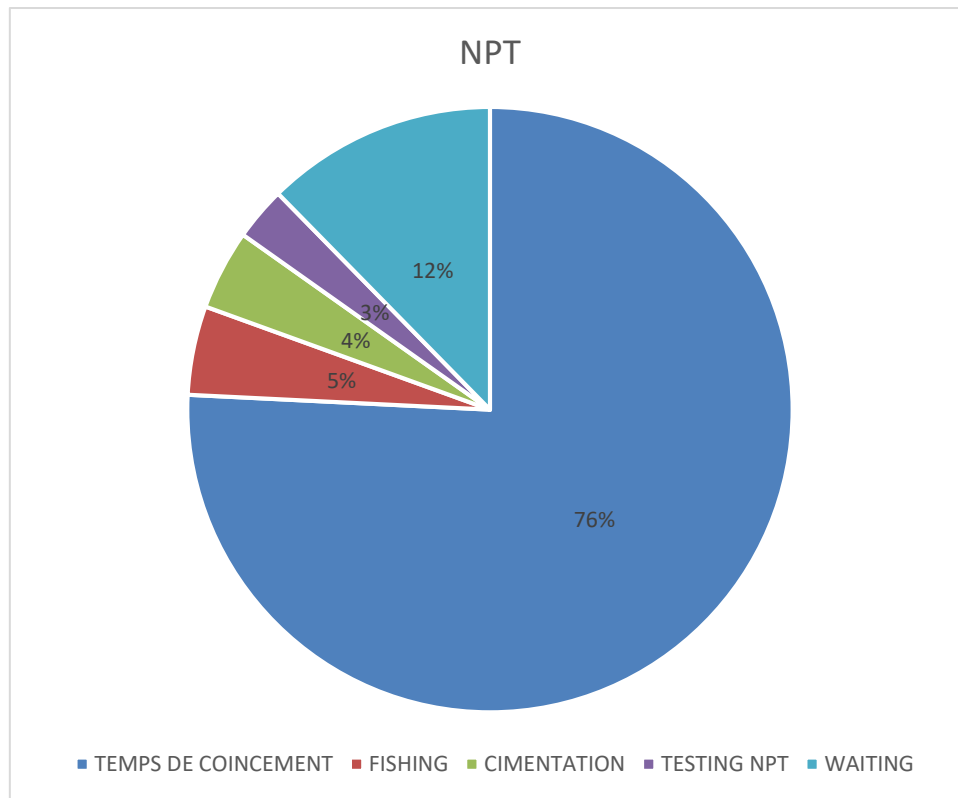


Figure.39 NPT dans les Quartzites de Hamra à HMD.

8.1. Discussion

Les secteurs ci-dessous représentent la répartition du temps non productif dans chaque région, et à travers ces résultats, nous constatons que :

- Dans le bassin de l'oued Mya nous constatons que 86% du temps non productif dans les Quartzites de Hamra est dû au coincement de train de tige, le reste soit 14% divisé en plusieurs raisons, telles que l'attente d'équipements ou par des opérations spéciales (fig.37).
- Le coincement est la même cause principale de temps non productif (NPT) dans le bassin de Berkine, avec 88% du temps non productif total dans les Quartzites de Hamra, les 12% restants sont divisées pour les mêmes raisons qu l'oued Mya mais à des taux différents (fig.38).
- A Hassi Messaoud reste la même raison, mais moins que d'autres régions où le coincement représente 76% du temps non productif total dans les Quartzites de Hamra, et 12% est le taux d'attente (fig.39).
- En général, le coincement dans la zone d'études (bassin d'Oued Mya, bassin de Berkine et Hassi Messaoud) représente 84% du temps non productif (NPT) dans les

Quartzites de Hamra, et peut être considérée comme la raison la plus importante qui entrave l'avancement de forage dans les Quartzites de Hamra.

9. Analyse de coincement dans les Quartzites de Hamra

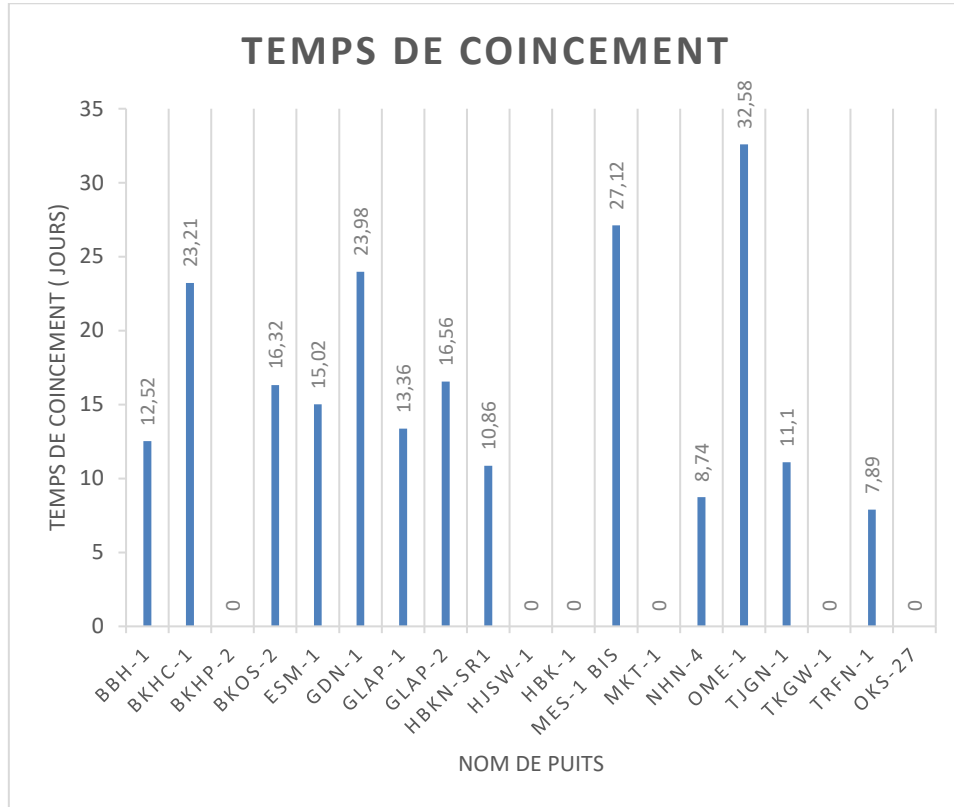


Figure.40 durée de coincement à Oued Mya.

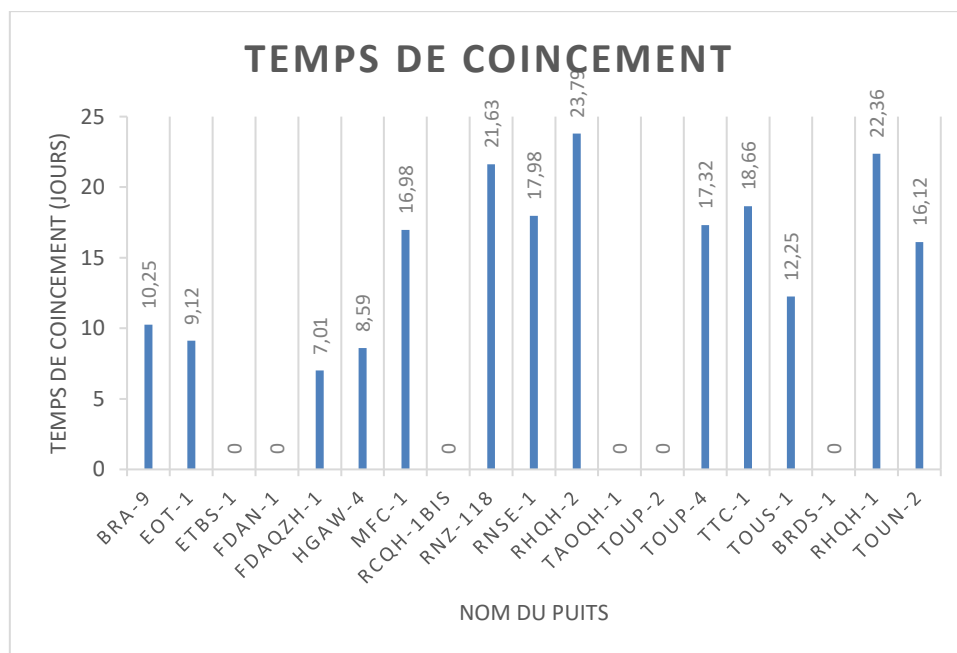


Figure.41 durée de coincement à Berkiné.

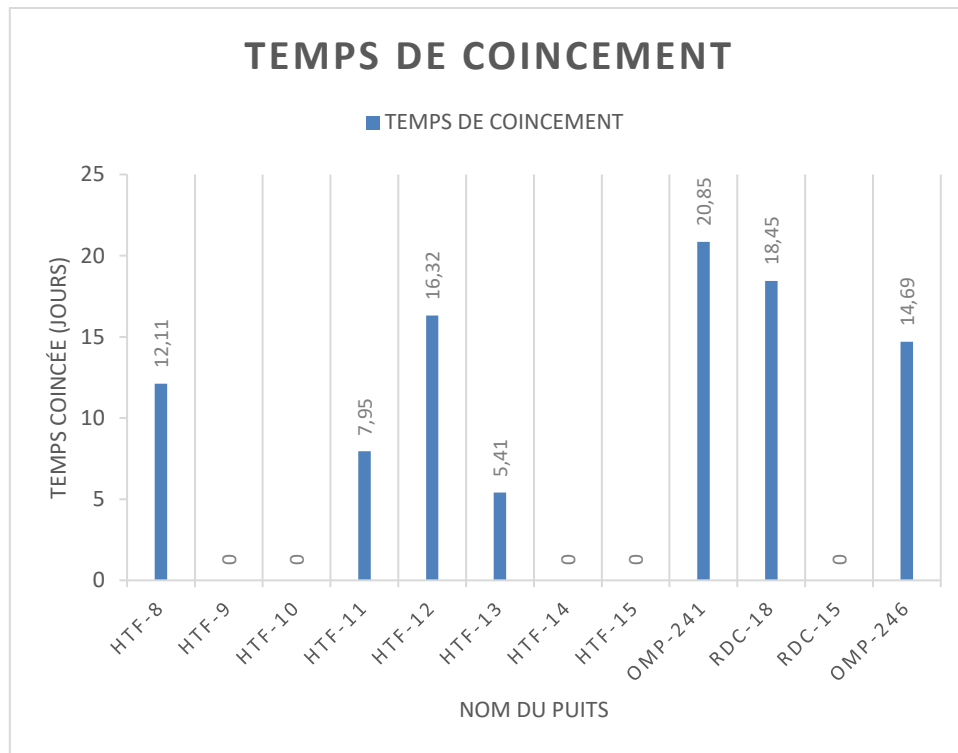


Figure.42 durée de coincement à HMD.

9.1. Discussion

Les histogrammes précédents représentent les statistiques sur les puits coincés et la durée du coincement dans les Quartzites de Hamra.

- Dans le bassin de l'oued Mya, treize (13) puits ont été coincés de dix-neuf (19) puits sélectionnés, soit environ 69% des puits traversés les Quartzites de Hamra, la durée jusqu'au décoincement varie d'un puits à l'autre, la plus courte étant 7.89 jours et la durée maximale est 32.58 jours, soit une moyenne de 12 jours par coincement (fig.40).
- Aussi dans le bassin de Berkine, la différence n'est pas significative : (13) puits ont été coincés dans les Quartzites de Hamra sur un total de (19) puits étudiés, soit 69% des puits. La durée de coincement la plus courte était 7.01 jours et la plus long était 23.79 jours, avec une moyenne de 11 jours par coincement (fig.41).
- Quant à Hassi Messaoud, sur les douze (12) puits étudiés sept (7) puits ont été coincés dans les Quartzites de Hamra, soit 58% des puits traversé les Quartzites de Hamra à Hassi Messaoud, la plus courte durée enregistré été 5.51 jours, et la plus longue durée était 20.85 jours, et une moyenne de 8 jours par coincement (fig.42).
- Parmi les cinquante (50) puits étudiés, trente-trois (33) puits ont été coincés dans les Quartzites de Hamra, soit 66% du total des puits. Le temps nécessaire jusqu'au le

décoincement varie d'un bassin à l'autre et d'un puits à l'autre, il prendre entre 5 jours et 32 jours, avec une moyenne de 10 jours par coincement.

Il convient de mentionner que le coincement ne se produit pas pendant le forage des Quartzites de Hamra seulement, où il peut se produit lors des opérations spéciales, dans notre cas parmi (33) puits coincés on à six (6) puits coincés en dehors de l'opération de forage soit environ 18.18% du total des puits coincés, parmi ces (6) puits on a deux (2) puits coincés lors de la remonté de train de sondes de l'opération de logging, et trois (3) puits coincés lors de descente du casing et un puits coincés pendant l'opération de repêchage d'une partie du BHA qui a été coupée et restée dans le puits, alors que le reste des cas, vingt-sept (27) puits soit 81.82% du total des puits coincés sont coincés lors de l'opération du forage des Quartzites de Hamra.

Le coincement affecte directement l'avancement de forage, où l'avancement est complètement arrêté, c'est le problème et la menace la plus sérieuse et la plus fréquente de l'avancement du forage dans les Quartzites de Hamra, en plus du fait que les Quartzites de Hamra sont des formations compactes très dures et difficiles à forées.

9.2. Les causes de coincement dans les Quartzites de Hamra

Sous ce sous-titre, nous avons étudié et expliqué les raisons les plus importantes de coincement dans les Quartzites de Hamra

Nous avons divisé ces raisons en deux raisons principales, comme suit :

9.2.1. Coincement pour des raisons techniques

Autrement dit, la principale cause de ce type de coincement est due aux facteurs humains via des erreurs de contrôle de forage, en d'autre termes une erreur dans le contrôle de la vitesse d'avancement lors de forage des Quartzites de Hamra ou des accidents indésirables, de toutes les raisons techniques la plus importante est :

- Mauvais contrôle de la vitesse d'avancement de forage (ROP) dans les Quartzites de Hamra, où la vitesse relativement élevée provoque dans la plupart des cas le coincement de train des tiges, cela se produit lorsque l'outil de forage s'érodé rapidement à cause de la vitesse d'avancement rapide ça veut dire une diminution de diamètre de l'outil ce qui conduit inévitablement à réduire le diamètre du trou, un stabilisateur de même diamètre que l'outil est souvent placé juste au-dessus, alors le

coincement a eu lieu, lors le stabilisateur s'entre forcement sous l'effet du poids dans le trou ayant le diamètre réduit.

9.2.2. Coincement pour des raisons géologiques

Il est bien connu et expliqué également dans le deuxième chapitre. Les Quartzites de Hamra sont des formations très dures et compactes difficiles à traverser et possèdent des techniques de forage spéciales, le coincement se produits ici principalement en raison de l'accumulation des déblais sur le train de tige lors de forage, en raison du fait que les Quartzites de Hamra ont une dureté élevée, pendant le forage il se brise en grandes parties avec des angles vifs (breakout), ce qui rendre difficile les transporter vers la surface par la boue de forage, c'est pourquoi les déblais tombe dans le fond du puits et s'accumule sur le BHA, cela rend la rotation impossible et même l'extraction de la garniture de forage est impossible, c'est-à-dire que nous somme devant une situation de coincement, ou l'avancement de forage est nul. [20]

Le coincement est plus difficile dans ce cas si les pompes à boue s'arrêtent ou si la rhéologie de la boue n'est pas bien adaptée.

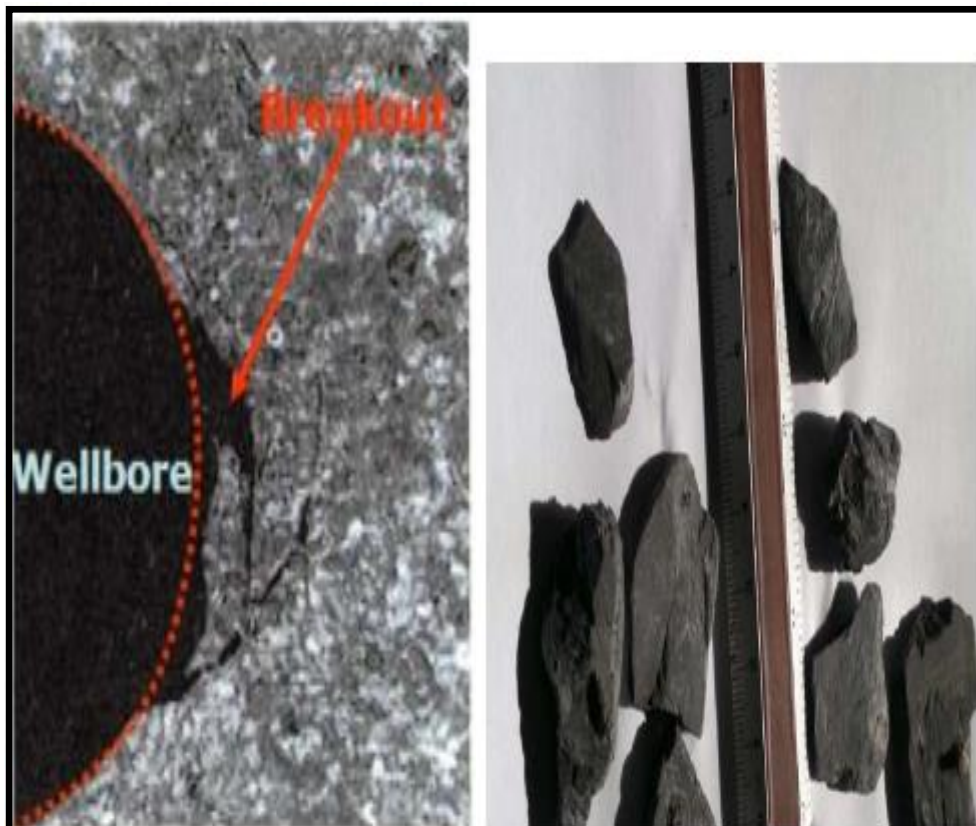


Figure.43 breakout. [8]

Nous avons 33 puits coincés sur 50 puits étudiés, les causes de coincement étaient les suivantes :

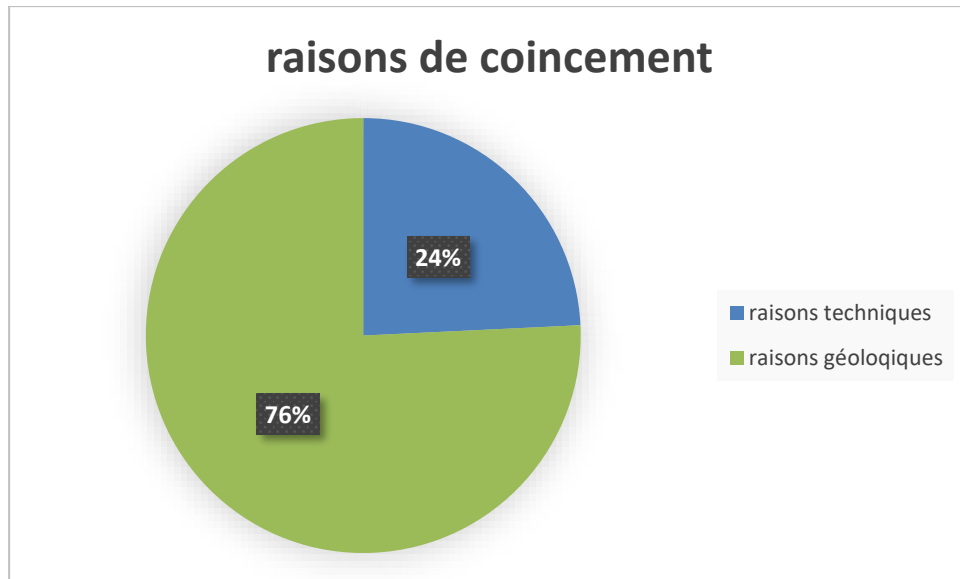


Figure.44 raisons de coincement de 33 puits.

9.2.3. Discussion

La figure 44 représente la division des pourcentages des causes de coincement lors du forage des Quartzites de Hamra dans la zone d'étude (bassin de l'oued Mya, bassin de Berkine et Hassi Messaoud) :

- Parmi les 33 puits coincés on a 8 puits coincés pour des raisons techniques, soit 24% des puits, il a été constaté que tous les puits qui dépassaient la vitesse d'avancement de forage (ROP) les 3 m/h étaient coincés.
- 25 puits coincés pour des raisons géologiques, soit 76% du total des puits coincés parmi les 33 puits coincés.

9.3. Action de décoincement

Pour la réussite d'une technique de décoincement de la BHA, il est indispensable de connaître avec précision les circonstances du coincement et de pouvoir analyser les différents enregistrements concernant la phase du forage en cours.

9.3.1. Décoincement en première action

La libération du coincement en première action est généralement rapide et facile, ne prend pas beaucoup de temps, et les procédures prises ne sont pas compliquées et elles n'ont

pas besoin de beaucoup de temps pour la planifier. Ces procédures peuvent être : jar up / down, overpull, slack off, torque, ou pompe un bouchant Hi-Vis.

Le temps non productif (NPT) dans le décoincement en première action est relativement faible en quelques heures, et n'affecte pas de manière significatif le cout du forage des Quartzites de Hamra.

9.3.2. L'échec de décoincement en première action

Contrairement au décoincement en première action, la libération du coincement dans ce cas prend un temps considérable, un équipement spécial et des opérations complexes telles que les opérations de repêchage ou de side-track ou d'abondement de puits dans les pires cas.

Le temps non productif dans ce cas élevé jusqu'à plusieurs jours, ce qui affecte considérablement le cout du forage des Quartzites de Hamra et augment le cout du puits, en raison de tout l'équipement couteux nécessaire à la libération, ils sont ajouté au cout supplémentaire de l'appareille de forage. [9]

Tableau.4 Action pris pour le décoincement.

Action pris	Nb du puits à Oued Mya	Nb du puits à Berkine	Nb du puits à HMD	Pourcentage
String down → Pump Hi-vis, Hi-dens → Torque → Drag → Jar down → Overpull → Pump acid, OBM → Back of → Fishing → Side track	5	8	3	48.48%
Jar up-down → Pump Low-vis, Hi-dens → Slack off weight down → Pump acid → Overpull	7	4	4	45.45%
The cable on tension → Cut the cable → Fishing	/	2	/	6.06%

Le tableau ci-dessus représente la procédure et les actions qui ont été prises pour la libération du coincement dans chaque région avec le nombre de cas pour chaque procédure.

La libération dans la première action n'a pas réussi dans tous les cas, indiquant la difficulté de coincement dans les Quartzites de Hamra, et tous les cas ont nécessité l'intervention des équipements spéciaux et des techniques complexes.

Nous avons 16 cas répartis dans la zone d'étude qui nécessitent pour la libération un abondement d'une partie du puits et faire une side track, soit 48.48% du total des puits.

L'opération du side track n'est pas prévu comme une solution immédiate après le coincement, cette opération intervient en dernier recours après l'échec de toutes les solutions car elle coûte beaucoup et est un processus difficile et complexe.

Le succès de l'overpull à libérer le BHA est généralement dans la première action, mais dans certains cas ne vient pas à résoudre seulement après certaines techniques avant, comme dans notre cas 15 puits, soit 45.45% du total des puits sont décoincés par un overpull mais après plusieurs tentatives et après plusieurs techniques telle que Jar up-down, Pump acid.

Nous avons deux cas dans le bassin de Berkine où le coincement dans les Quartzites de Hamra au cours d'opération du logging a conduit au coup du câble après avoir été soumis à une grand tension, cela a nécessité l'opération du fishing pour libérer la partie coincée et récupérer le poisson.

10. Coût de forage des Quartzites de Hamra

Le cout du forage des Quartzites de Hamra varie d'un puits à l'autre et est généralement élevé par rapport au coût de forage dans une autre formation.

Le coût du forage des Quartzites de Hamra est affecté par plusieurs facteurs, dont les plus importants sont [12] :

- L'épaisseur de du formation des Quartzites de Hamra qui affecte le temps nécessaire pour la traverser.
- La faible vitesse d'avancement (ROP) de forage dans les Quartzites de Hamra due à sa dureté ce qui influe aussi sur le temps nécessaire pour la forer.
- L'impossibilité de forer les Quartzites de Hamra par des techniques simples, ce qui nécessite l'utilisation de techniques avancées et d'un outil de forage et des moteurs de fond spéciaux, ce qui augmente le cout du forage de cette formation.
- Le risque permanent de coincement, augment le temps non productif (NPT) et doit également utiliser des équipements et des techniques coûteux pour la libération.

Ce qui suit sont des statistiques sur le coût du forage des Quartzites de Hamra dans les puits étudiés dans la zone d'étude

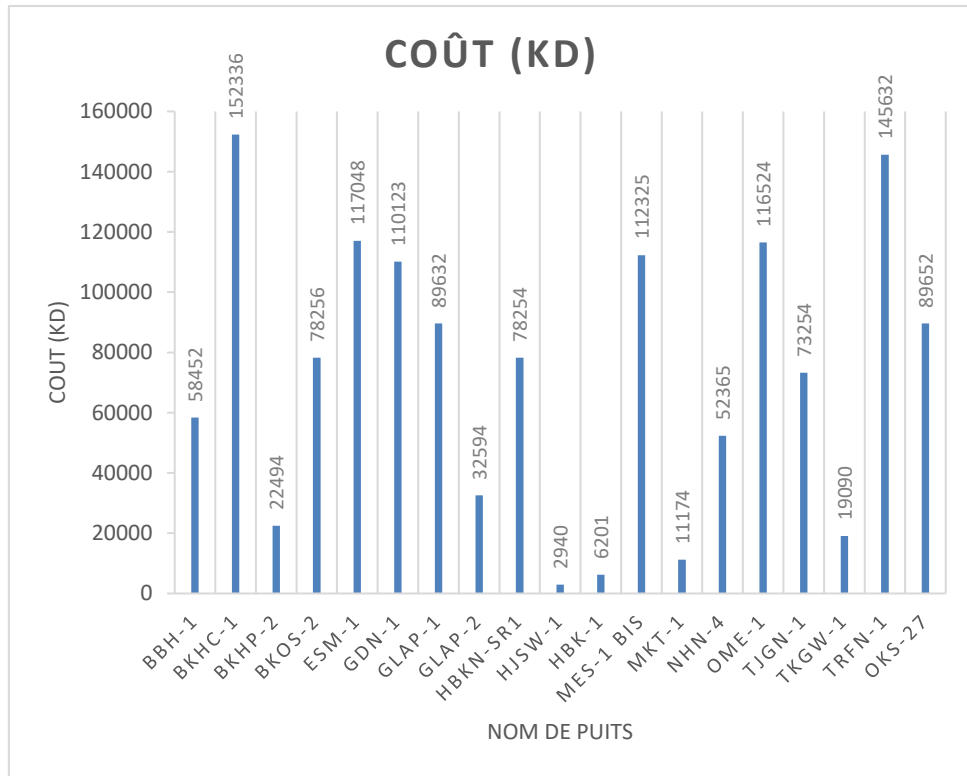


Figure.45 le coût du forage des Q.H. à l'oued Mya.

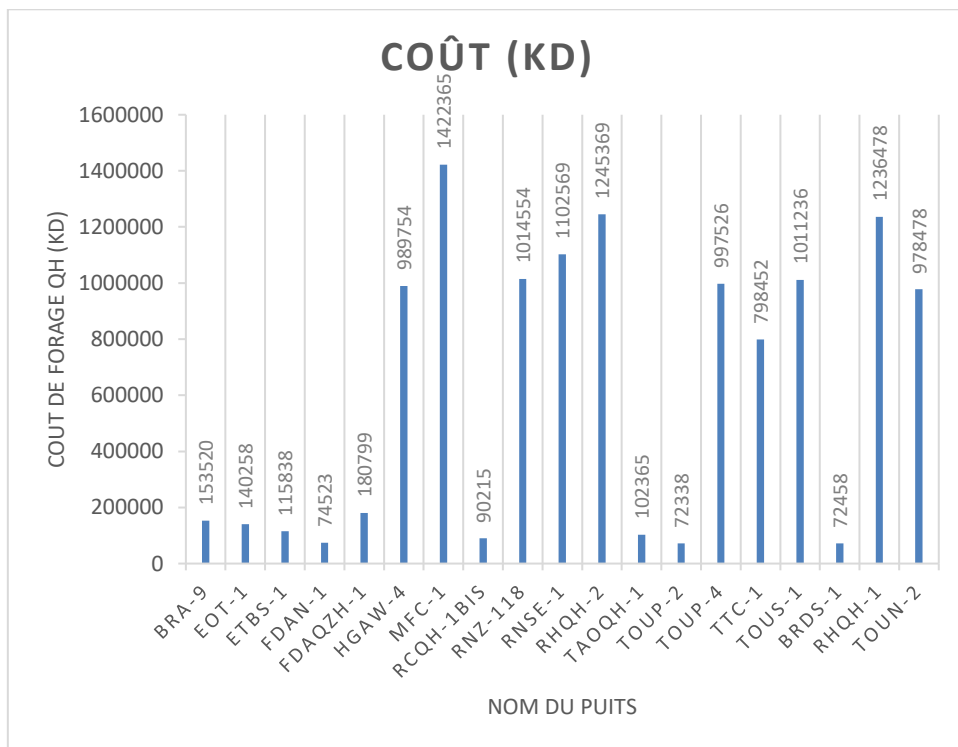


Figure.46 le coût du forage des Q.H. à Berkine.

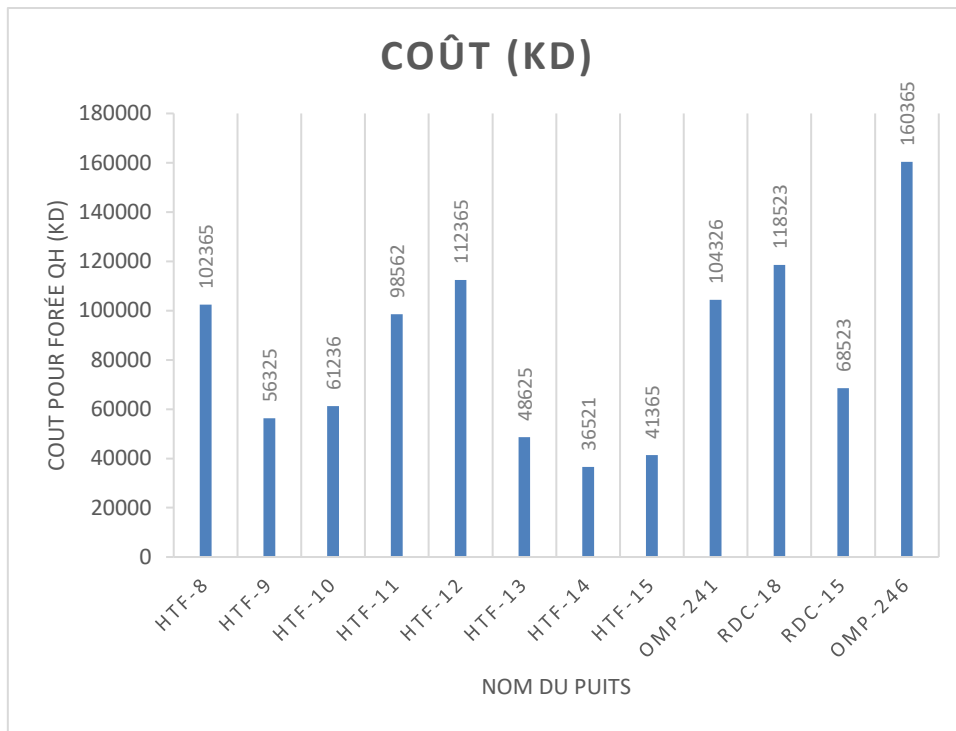


Figure.47 coût du forage des Q.H. à HMD.

10.1. Discussion

Les histogrammes précédents représentent le coût du forage des Quartzites de Hamra dans chaque puits sélectionné pour l'étude dans la zone d'étude (bassin de l'oued Mya, bassin de Berkine, Hassi Messaoud).

- Le coût du forage des Quartzites de Hamra dans le bassin de l'oued Mya est relativement élevé, il atteint 152336 KD à BKHC-1, le coût le moins cher enregistré à HJSW-1 était de 2940 KD, le coût moyen requise pour foré la couche des Quartzites de Hamra est de 72018.21 KD, soit 17% du coût total du puits (fig.45).
- Concernant le bassin de Berkine on note que le plus gros coût été enregistré dans MFC-1 à une valeur de 1422365 KD par contre le plus faible coût était à TOUP-2 à une valeur de 72338 KD, avec une moyenne de 621005 KD, ceci équivaut à 39% du coût total du puits (fig.46).
- Le coût le plus chère dans Hassi Messaoud est lié au OMP-246, d'une de 160365 KD, par contre le coût abordable enregistré dans le puits HTF-14 d'une valeur de 36521 KD, moyennement de 84091.75 KD, soit 9% du coût total du puits (fig.47).

Comme résultat générale de la zone d'étude, le coût moyen du forage des Quartzites de Hamra est de 259038.32 KD équivalant à 26% du coût total moyen d'un puits.

Ce coût est considéré important, ceci est dû à plusieurs facteurs notamment : le grand temps nécessaire pour la foré, les équipements spéciaux (moteurs de fond, outils spéciaux ...), problèmes pouvant survenir et nécessitant des solutions coûteuses.

N.B : nous avons utilisé les données d'après les références [17], [18] et [19] pour réaliser tous les statistiques précédentes.

11. Amélioration de l'avancement (ROP)

L'amélioration de ROP passe par le choix des outils et leurs moyens d'entraînement (rotary, turbodrilling) adéquats pour ce type de formation.

Malgré les avancements dans l'amélioration des PDC et des Tricônes TCI, le forage des formations très dures et abrasives reste très difficile, l'avancement (ROP) est relativement faible et les manœuvres pour le changement d'outils sont couteuses, par conséquent le coût par mètre (CPM) reste toujours élevé et pour le réduire il faut trouver les outils adéquats qui ne s'usent pas rapidement et qui auront un ROP acceptable. [20]

11.1. Choix des outils

Les meilleurs fabricant d'outils possèdent des logiciels qui aident aux choix de types d'outils à descendre pour forer telle ou telle formation. En effet, exploitant la repense SONIC, GR et les lithologies des puits avoisins, ces logiciels livrent des résultats concernant chaque formation, comme l'UCS (Unconfinement Compressive Strength), l'abrasivité et l'impact. En combinant toutes ces données l'application propose pour chaque formation le type d'outil adéquat pour la forer. [20]

11.2. Les imprégnés

Les fabricants d'outils maintenant, offrent des imprégnés ayant la particularité d'avoir les petites pierres de diamants sur toute l'épaisseur de la lame, améliorant ainsi la durée de vie et le métrage foré de l'outil. En effet, le diamant exposé arrivé à son usure finale il s'arrache laissant le diamant derrière lui à s'exposer pour foré et ainsi de suite jusqu'à la consommation de la lame. [4,20]

11.3. Turbodrilling

Les imprégnés, contrairement aux PDC et Tricônes, nécessitent une grande vitesse de rotation et peu de poids sur l'outil (WOB) pour avoir un avancement appréciable et une durée de vie plus longue.

Pour optimiser les performances des imprégnés il faut les coupler avec les moteurs (PDM) High Speed ou avec les turbines.

Le forage des Quartzites de Hamra avec des imprégnés en mode rotary, donne des ROP faible ou équivalent à ceux réalisés en mode turbodrilling, sauf que le métrage foré est en moyenne de moitié. La cause est que le poids appliqué sur l'outil (WOB) est un peu important (rotary) afin de compenser le faible RPM, ce poids relativement excessif use l'outil rapidement ce qui mène à utiliser plus d'outils donc plus de manœuvres. [20]

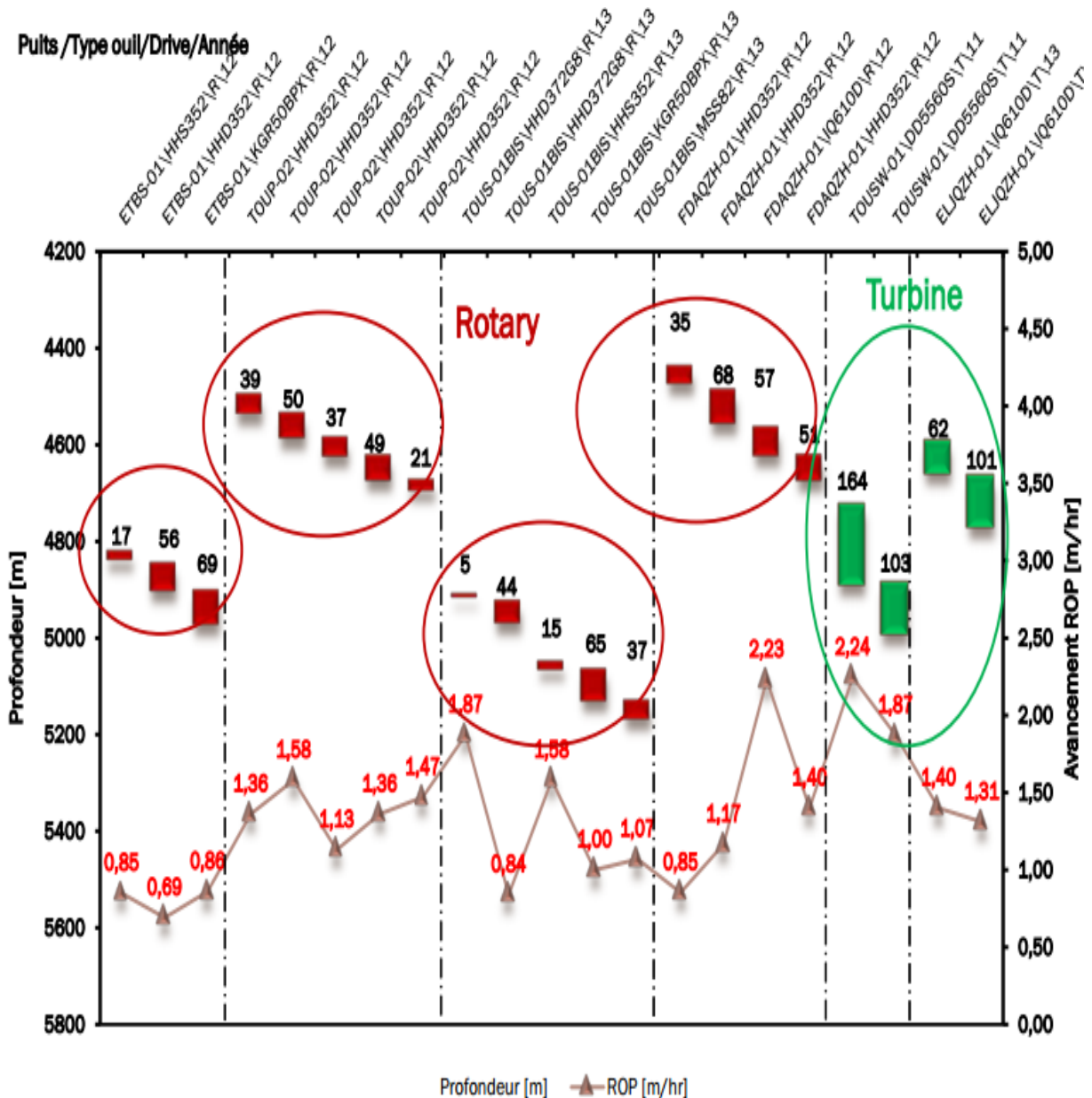


Figure.48 performances des outils imprégné 6 pouce en mode rotary et en mode turbodrill dans les Quartzites de Hamra (Berkine). [20]

12. Solutions pratiques de coincement dans les Quartzites de Hamra

Le coincement à l'outil rend tout mouvement impossible. Ce problème est particulièrement prépondérant si un moteur de fond est utilisé à cause de l'impossibilité de transmettre le torque à l'outil et/ou au BHA.

Le coincement est dû généralement au fait de la chute de débris de roche derrière l'outil (Q.H. fortement fracturés) soit au moment du dégagement du fond ou bien au cours de forage ces débris calent l'outil contre la paroi du trou empêchant ainsi tout mouvement.

Durant le forage une redistribution des contraintes dans la formation s'installe autour des parois du trou à chaque fois que l'outil arrache de la matière. Ce nouveau champ de contraintes génère une déformation de la formation et l'effondrement de certains débris qui vont venir s'intercalés entre l'outil et les parois du trou et/ou entre les lames des stabilisateurs et les parois du trou. Ces débris s'ils ne calent pas ils sont broyés par le Near Bit Stabilizer, cette action n'est pas décelable en surface et si le trou se déforme en réduisant le diamètre de trou par endroit, un backreaming est impérativement nécessaire pour calibrer le trou.

Les coincements avec les moteurs de fond conduisent à des instrumentations ardues et difficiles du fait de l'impossibilité à transmettre du torque au point de coincement qui est généralement à l'outil. Par contre le coincement avec une garniture rotary offre l'avantage d'avoir ce degré de liberté qui augmente la chance de libérer le train de forage. [20]

Le forage en rotary nécessite certaines dispositions et pratiques afin de minimiser le risque de coincement par exemple :

- BHA sans Near Bit Stabilizer.
- Utilisation des outils imprégnés avec jupe coudre (short gauge).
- Dégagement du fond en circulation rotation.
- Minimiser des temps connexions.
- Pompage des sweeps si observation de breackout et cavings.

Des solutions pratiques ont été utilisées en cas réel et réduisent l'occurrence de coincement, les solutions les plus réussies sont :

- Turbo drill locking clutch.
- Anti sticking devise.

12.1. Turbo drill Locking Clutch (LC)

Pour résoudre le problème des turbines concernant les opérations de décoincement des outils, un fournisseur de turbine (NEYRFOR) a incorporé dans ses turbines un nouveau dispositif, appelé locking clutch, qui permet de bloquer (solidaire) l'outil au corps du système de l'arbre d'entraînement (drive shaft) de tel manière à pouvoir appliqué le torque de la garniture de forage à l'outil. La transmission du torque de la garniture de forage à l'outil augmente significativement les chances de libérer l'outil/BHA du coincement, d'où la réduction des NPT et LIH (lost in hole). [14]

12.1.1. Locking clutch mécanisme







Le système est automatiquement activé quand le RPM (Rotation Par Minute) de l'outil tombe sous le RPM du corps (fig.49).

Si nécessaire, il peut être activé manuellement (sliding) en faisant tourner le corps de la turbine (rotation de la garniture de forage).

L'efficacité est très appréciable puisque le système est placé proche de l'outil.

Le système possède un nombre de pièces très limité et ne nécessite pas d'étanchéité, ce qui rend robuste durant le forage dans les conditions sévères et longues. [14]

Tableau.5 Mécanisme d'activation de locking clutch. [8]

Basics of activation:			
	Normal operation:	Stalled/stuck bit:	LC now activated:
ROTARY DRILLING	Both Body & Shaft rotating – independently 	Shaft stopped rotating, Body still rotating with the string 	Shaft now driven automatically by the Body: via the clutch. 
SLIDE DRILLING	Body stopped, Shaft rotating (driven by turbine blades) 	Shaft now stopped. Body stopped. 	String rotation required to activate clutch and apply torque to the bit to break free. 

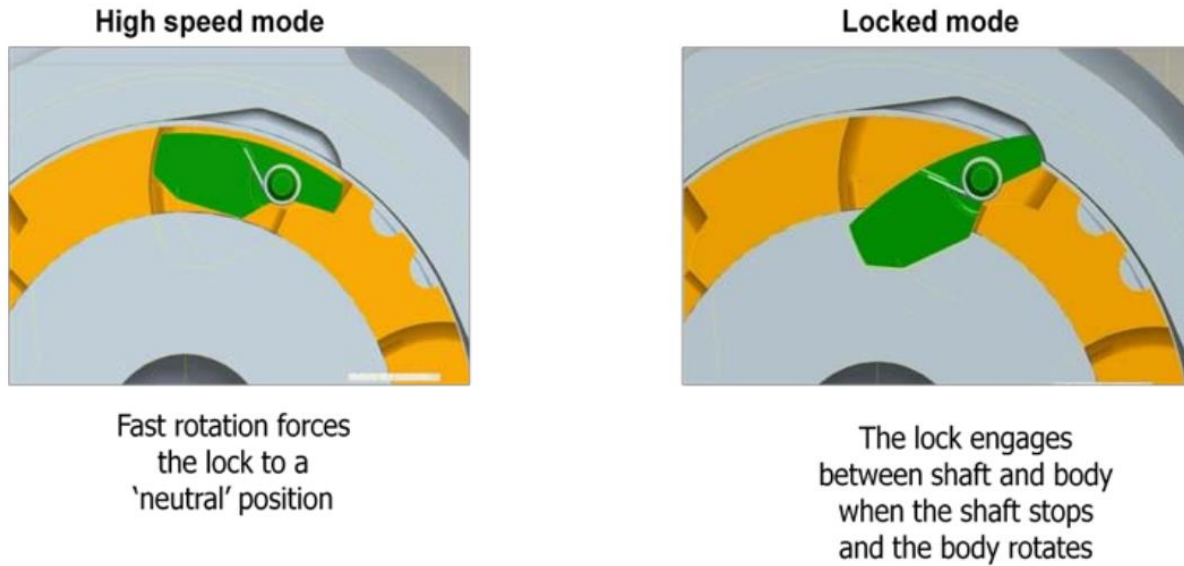


Figure.49 mécanisme de verrouillage. [8]

12.1.2. Indication sur la survenue d'un éventuel coincement durant le forage

- Calage de la turbine : une chute de pression et des piques de torque sont observés en surface (enclenchement du clutch).
- Calage de la table de rotation ou de Top Drive : le torque limite atteint. [20]

12.2. Anti Sticking Device (ASD)

La pression exercée sur la paroi du trou par la boue de forage est généralement inférieure à la contrainte terrestre d'origine. Cette réduction des contraintes provoque une déformation élastique qui tend à réduire le diamètre de trou. Cette réduction de diamètre agrippe l'outil à la paroi avec une grande force causant un coincement. Ce nouvel état de contrainte provoque des chutes de bouts de formation surtout si la formation est fortement fracturée. Si ces débris ne sont pas évacués ils provoquent des coincements. [8]

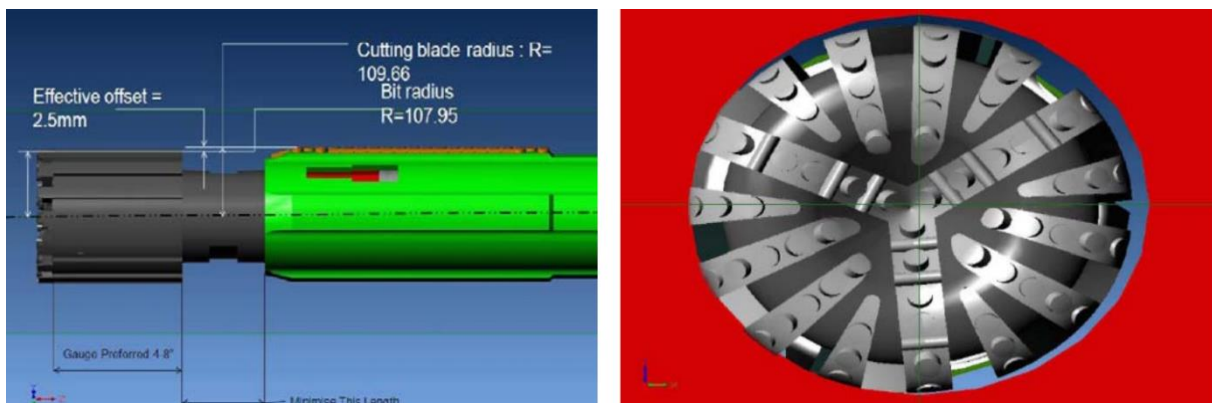


Figure.50 Anti Sticking Device. [8]

Pour remédier à cette situation, un fournisseur de turbine a développé un dispositif appelé ASD où son lame de stabilisateur est légèrement décalée (fig.50). Ceci élargit le trou au-delà de la réduction de diamètre provoquée par le relâchement de la formation. En effet, le léger décalage de la lame de stabilisateur pousse l'outil a foré un trou légèrement plus grand.

L'amplitude de la détente est en moyenne de l'ordre de 0.4 mm sur le rayon. Le décalage réel de l'ASD est de 2 à 3mm. Donc $\frac{1}{4}$ de ce décalage est suffisant pour surmonter la réduction du diamètre de trou. Le surdimensionnement a créé deux fois la valeur du décalage lui-même.

La lame est constituée de blocs décalés grossièrement imprégné de diamant et le bord actif sur la partie conique. Toute réduction du trou en avant de la lame sera éliminé par le ASD, ce qui réduit les risques de coincement durant la remontée et l'ajoute d'une tige. [8]



Figure.51 Anti Sticking Device. [8]

12.2.1. Les avantages de l'Anti sticking device

- Minimise le risque de coincement surtout avec l'utilisation d'une jupe courte imprégnée (la réduction de la surface de contact outil-formation) (fig.51)
- La conception fournit une forme efficace de débit améliorée pour le bon nettoyage du trou.
- Gain sur le prix des outils par rapport aux jupes courtes jupes longues.
- L'arrangement de décalage des lames de stabilisateur génère un léger surdimensionnement du diamètre du trou, ce qui réduit le risque que l'outil soit saisi durant le forage ou durant la remonté du BHA. [8]

13. CONCLUSION

Le réservoir des Quartzites de Hamra est considéré comme une cible de forage important pour sa productivité. Cependant, plusieurs évènements de coincement ont été associés au forage de ces formations menant dans la plupart des cas à un NPT significatif avec un coût supplémentaire dû aux opérations suivantes comme le fishing et le sidetrack.

En terme de technologie, dévers équipements de fond ont prouvé leur efficacité dans la réduction de la fréquence des évènements de coincement et la réduction des No Productive Time comme Anti Sticking Device (ASD) et Locking Clutch (LC).

CONCLUSION GENERALE

Le coincement reste un problème technique majeur lors du forage dans le réservoir des Quartzites de Hamra. Ceci entraîne un temps d'arrêt important en plus d'une augmentation des coûts due aux opérations de libération ultérieure (tripping, reaming, fishing...).

Le réservoir des Quartzites de Hamra est un réservoir fortement fracturé qui a présenté plusieurs défis de forage. Mais grâce à sa production importante, il est commercialement intéressant d'étudier les problèmes de coincement.

Malgré les efforts fournis par SONATRACH il reste encore à améliorer les moyens nécessaires pour forer ce type de réservoir. Avec l'insistance de la division forage et le travail en collaboration, les compagnies d'outils sont toujours en quête de nouveaux designs d'outils permettant de forer ces formations dures et fracturées en une seule course avec de bon ROP.

Le couple turbine-imprégné (turbine dotée d'un système anti coincement) a montré son efficacité dans ce type de formation en minimisant les problèmes d'avancement de forage.

Presque le forage des Quartzites de Hamra est associé avec des problèmes de coincement pour cela l'utilisation d'Anti Sticking Device (ASD) et Locking Clutch (LC) est recommandé pour réduire le NPT et le coût.

Néanmoins, ces différents efforts ne peuvent pas résoudre complètement le problème et le coincement est toujours en cours. Par conséquent, d'autres investigations devraient être menées sur les causes et les effets des événements de coincement.

Recommandations

Pour réaliser les plans de SONATRACH et forer les Quartzites de Hamra en toute sécurité et à moindre coût les recommandations suivantes devraient être considérées :

- Utilisez un outil imprégné à jupe courte et cela réduira la surface de contact avec les formations réduisant ainsi le risque de coincement et le NPT, et l'effort nécessaire pour le libérer.
- Maintenir et contrôler la rhéologie pour optimiser les propriétés de la boue.
- L'optimisation du nettoyage des trous peut également réduire le coincement des outils.
- Réduisez le temps de connexion et maintenez le temps d'arrêt minimum.
- Suivez les meilleures opérations pratiques de forage en tout temps.
- Il est nécessaire de connaître les caractéristiques et fenêtres de pression de travail des roches, il est important de sélectionner la bonne densité de boue pour éviter les problèmes des pertes et des venues.
- Une surveillance appropriée des tamis vibrant et de la taille de coupe peut fournir un signe d'alerte précoce pour aider à éviter des problèmes et des coûts substantiels.
- Utiliser un logiciel pour prédire et sélectionner l'outil de forage approprié. La prédiction et des simulations sont utilisées comme technologie de guidage dans un puits de forage.
- Maintenir la communication en envoyant un rapport au responsable et entre l'équipage pour détecter des situations anormales.
- S'assurer que l'équipe de forage est formée à reconnaître les symptômes et les méthodes de gérer les événements de coincement.

Bibliographie

[1] Benakcha A, Kerai Y, 2008 : Caractérisation et évaluation du réservoir des Quartzites de Hamra dans la structure du Hassi Tarfa (bloc 427). Mémoire de master, Université Boumerdes, p 3-10.

[2] Boumaza M, Semai F, 2014 : Evaluation quantitative et qualitative d'un réservoir Cas du réservoir TAGI – SIF Fatima Bassin de Berkine (Algerie Oriental), Mémoire de master, université de Ouargla, p 4-19, pp 45

[3] Chibani F, Derhem A, 2008 : étude de performance des outils de forage dans le drain horizontal de champ de hassi messaoud, Mémoire de master, université de Boumerdes, p 1-8.

[4] Hammadi L, Guellile Z, 2014 : L'impact de Quartzite de Hamra sur l'usure des outils, Mémoire de master, université de Ouargla, p 1-2, pp 34.

[5] Kadi, B. 2005 : Etude pétrographique et diagenétique d'échantillons des quartzites de Hamra. CRD, SONATRACHE, p 28-29.

[6] Khelifa C, 2011 : les réservoir fracturés et impact des fractures sur la production. Etude comparative de différents cas, Mémoire de magister, université de Ouargla, p 53-60, pp 91.

[7] Laouini R, Ferrah Med A , 2012 : Evaluation du réservoir QH dans le champ de guellala bassin d'oued mya, Mémoire de master, université de Ouargla,

[8] Mahdid S, 2014 : Stuck Bit in Hamra Quartzite, master of science, The Robert Gordon University, Aberdeen, p 20-27, 60-63, pp 67.

[9] Mark R. Kilburn, 2015 : stuck pipe culcations, MI SWACO A Schlumberger company, pp 11.

[10] Mebrouki N, 2015 : étude géologique de l'extension de la zone de benkahla : le model géologique du gisement, mémoire de magister, université de Ouargla, p 5-14, pp 75.

[11] Mme. Hafsi F, 2015 : étude géologique et pétrophysiques du reservoir série inferieure de haoud berkaoui (Ouargla), sud – est algérien, mémoire de magister, université de Ouargla, p 3-4, pp 90.

[12] Morten K, 2009 : drilling problems in depleted reseroirs, Master's thesis, universitetet i stavanger in collaboration with statoilhydro, p 13-15, pp 31.

[13] Naouri M, 2016 : Evolution diagénétique et interprétation sédimentologie des grès Ordoviciens « Quartzite Hamra » de la région de Hassi-Tarfa, mémoire de magister, université des frères Mentouri Monstantine, p 22-33, pp 147.

[14] Oddy Kapoh .10/2011."New Locking Clutch Turbine Technology Successfully Frees Stuck Bit/BHA in Deep Gas Wells, Oman", Proceedings of SPE Annual Technical Conference and Exhibition ATCE, pp 201.

[15] Rezzag bara C, Hadjadj A,2014 : Caractérisation d'un réservoir compact en vue d'une optimisation de production –Cas du champ de Hassi Dzabat-Algérie, mémoire d'ingénieur, Université de Ouargla, p16-23, pp 58.

[16] SONATRACH documents, exploration division, corring repports.

[17] SONATRACH documents, drilling division, operation summary.

[18] SONATRACH documents, drilling division, end of well repports.

[19] SONATRACH documents, drilling division, daily drilling repports.

[20]. Tagnit hamou M.S, 2013 : forage des formations profondes et compactes : cas des quartzites de hamra, Institut Algérien du Pétrole.

Résumé

Les nouveaux projets d'exploration réalisés par la société SONATRACH au niveau du réservoir des Quartzites de Hamra dans le bassin de l'oued Mya, bassin de Berkine et champ de Hassi Messaoud montrent l'existence d'un potentiel d'hydrocarbure exploitable dans certains endroits. Une interprétation des paramètres pétrophysiques de réservoir Quartzite de Hamra issues d'analyse sur carottes, met en évidence que ces paramètres primaires généralement faibles caractérisant un réservoir compact dur et fracturé. Le coincement est considéré comme l'un des problèmes opérationnels les plus graves pouvant entraîner l'arrêt d'avancement de forage provoquant des coûts supplémentaires énormes et des (TNP) importants. Dans plusieurs cas, ces problèmes conduisent à des opérations ultérieures et à des modifications de la conception du puits. Une étude statistique a identifié les causes et les solutions pratiques pour réduire l'impact de coincement.

Mots clé : Quartzites de Hamra, réservoir, paramètres pétrophysiques, compact dur et fracturé, coincement, coût, TNP (Temps Non Productif).

Abstract

SONATRACH's new exploration projects at the Hamra Quartzites Reservoir in the Mya river Basin, the Berkine Basin and the Hassi Messaoud field show the existence of exploitable hydrocarbon potential in some areas. An interpretation of Hamra Quartzites reservoir petrophysical parameters derived from cores analysis, shows that these generally weak primary parameters characterize a hard compact and fractured reservoir. Stacking is considered to be one of the most serious operational problems that can lead to a stoppage in drilling, resulting a huge additional costs and significant (NPT). In many cases, these problems lead to subsequent operations and changes in well design. A statistical study identified causes and practical solutions to reduce the stacking impact.

Key words: Hamra Quartzites, reservoir, petrophysical parameters, hard compact and fractured, stacking, cost, NPT (No Productive Time).

ملخص

إن مشاريع التنقيب الجديدة التي قامت بها شركة سوناطراك في خزان الكوارتزيت الحمراء في حوض واد ميا وحوض بركين وحقل حاسي مسعود تظهر وجود إمكانات هيدروكربونية قابلة للاستغلال في بعض المناطق.

تفسير الخصائص البتر وفيزيائية لخزان الكوارتزيت الحمراء المستمدة من تحليل عيناتها أن هذه المعايير الأولية منخفضة بشكل عام تميز خزانات صلبة ومتماسكة.

يعتبر الالتصاق أحد أخطر المشاكل العملية التي يمكن أن تؤدي إلى توقف الحفر، مما يؤدي إلى تكاليف إضافية ضخمة ووقت ضائع كبير. في كثير من الحالات، تؤدي هذه المشاكل إلى عمليات لاحقة وتغييرات في تصميم البئر.

حددت دراسة إحصائية الأسباب والحلول العملية للحد من تأثير الالتصاق.

الكلمات المفتاحية: الكوارتزيت الحمراء، الخزان، الخصائص البتر وفيزيائية، متماسك صلب ومتكسر، الالتصاق، التكلفة، لا يوجد وقت إنتاجي.