

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA –

**FACULTE DES HYDROCARBURES, ENERGIES RENOUVELABLES ET SCIENCES DE
LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



Mémoire de Master Professionnel

Domaine : science de la terre et de l'univers

Géologie: Filière

Spécialité : Géologie Pétrolière

THEME

**ETUDE DE SYNTHESE SEDIMENTOLOGIQUE PETROGRAPHIQUE
DIAGENETIQUE ET PETROPHYSIQUE DE QUARTZITES EL
HAMRA (CAS DU CHAMP HASSI DZABAT)**

Présenté par :

KADDOUR Oussama

GOHMES Said

LEMOUCHI Habib

Devant le jury :

M.	REMITTA. A	Président :	M.A.A. Univ Ouargla
M.	ZATOUT. M	Promoteur :	M.A.A. Univ Ouargla
M.	AMEUR ZAIMECHE. O	Examineur :	M.A.B. Univ Ouargla

Année Universitaire : 2016/2017

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail:

A nos parents

A toutes les familles KADDOUR ET GOHMES

ET LEMOUCHI

A tous nos amis qui ont toujours été

à nos côtés dans les bons et mauvais moments

A tous nos collègues de la promotion

KADDOUR Oussama

GOHMES Saïd

LEMOUCHI Habib



REMERCIEMENT

Louange tout d'abord à l'Allah qui nous a donné la force Pour terminer ce modeste travail.

Nous remercions abondamment:

Notre promoteur et notre enseignant, M. ZATOUT

Merzouk pour son soutien et ses conseils tout au long de l'élaboration de ce travail.

L'ensemble des membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger notre travail.

Le chef service de Carotte a la SONATRACH Division Technologies et Développement (Hassi Messaoud) M. Terrich Abdel Aziz.

Enseignant du département des sciences de la terre

Nos parents pour leurs supplications et leurs soutiens.

Nos frères et nos sœurs pour leurs aides.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude et respect.

KADDOUR Oussama

GOHMES Said

LEMOUCHI Habib



Sommaire

Dedicace.....	I
Remerciements	II
Sommaire	III
Liste des tableaux	IV
Liste des abréviations	V
Liste des figures	VI

Introduction Générale

Introduction Générale.....	01
----------------------------	----

CHAPITRE I GENERALITES SUR LA ZONE D'ETUDE

I.1- Cadre régional.....	02
I.1.1- Situation géographique.....	02
I.1.2- Situation géologique.....	03
I.1.3- Contexte structural.....	03
I.1.4- Evolution structurale.....	04
I.1.5- Aperçu lithostratigraphique.....	06
I.1.5.1- Le paléozoïque.....	06
I.1.5.2- Le mésozoïque.....	07
I.1.5.3- Le cénozoïque.....	09
I.2- Cadre local (Présentation de la région de Hassi D'zabat).....	10
I.2.1- Situation générale.....	10
I.2.2- Aspect structural.....	11
I.2.3- Intérêt pétrolier.....	12
I.2.3.1- Système Pétrolier.....	12
A- Roche mère et migration.....	12
B- Roche Réservoirs.....	12
C- Roche Couvertures.....	12
D- Les Pièges.....	12

CHAPITRE II : Matériel et Méthodes

II.1- Matériel.....	13
II.2- Méthodes.....	13

CHAPITRE III : ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

II.1- Introduction.....	14
II.2- Méthodologie.....	14
II.3- Résultats.....	14
II.3.1- Le Lithofaciès de (Miall, 1978).....	14
II.3.2- Description des carottes.....	15
II.3.2.1- Descriptions des carottes du puits HDZ- 09.....	15
II.3.2.2- Descriptions des carottes du puits HDZ 10.....	17
II.3.2.3- Descriptions des carottes du puits HDZ 15.....	19
II.3.2.4- Descriptions des carottes du puits HDZ 17.....	21
II.4- Analyse des Lithofacies sédimentaires.....	23
II.5- Associations des lithofacies et milieux de dépôts.....	26
II.5.1- Associations des milieux de dépôts du puits HDZ-9.....	28
II.5.2- Associations des milieux de dépôts du puits HDZ-10.....	29
II.5.3- Associations des milieux de dépôts du puits HDZ-15.....	29
II.5.4- Associations des milieux de dépôts du puits HDZ-17.....	30
II.6- Conclusion.....	31

CHAPITRE IV ETUDE PETROGRAPHIQUE ET DIAGENETIQUE

III.1- Etude pétrographique.....	33
III.1.1- Introduction.....	33
III.1.1.1- Analyses des lames minces	33
III.1.1.2- Analyse des lames minces du puits HDZ-9.....	33
III.1.2- Analyse des lames minces du puits HDZ-10.....	34
III.1.2.1 Analyse des lames minces du puits HDZ-15.....	35
III.1.2.2 Analyse des lames minces du puits HDZ-17.....	35
III.1.3 Etude diagenétique	37
III.1.3.1 Les composants détritiques (les grains)	37
III.1.3.2 Les phases de liaison	37

III.1.3.3 Description des composants détritiques et authigènes de grès	37
III.1.3.4 Les composants détritiques	37
III.2- Les composants authigènes	37
III.2.1- Influence des paramètres texturaux sur les propriétés de réservoir	37
III.2.1.1- Le classement des grains	38
III.2.1.2- La taille des grains	40
III.2.1.3- Morphologie des grains	40
III.2.1.4- Contacts entre grains	40
III.2.2- La séquence diagenétique des grès de quartzites de Hamra.....	40
III.3- Conclusion.....	42

CHAPITRE V : ETUDE PETROPHYSIQUE

IV.1- Introduction.....	43
IV.2- Généralités sur les propriétés pétrophysique.....	43
IV.2.1- Porosité.....	43
IV.2.1.1- Définition.....	43
IV.2.1.2- Type de porosité.....	44
IV.2.1.3- Méthodes d'évaluation de la porosité.....	46
IV.2.2- La perméabilité K.....	50
IV.2.2.1- Type des perméabilités.....	50
IV.2.2.2- Méthodes de mesure.....	51
IV.3- Etude de la variation verticale et spatiale de la porosité et de la perméabilité.....	51
IV.3.1-Variation verticale et spatiale de la Porosité.....	51
IV.3.1.1- Variation spatiale de la Porosité du puits HDZ-9	51
IV.3.1.2- Variation spatiale de la Porosité du puits HDZ-10	52
IV.3.1.3- Variation spatiale de la Porosité du puits HDZ-15	53
IV.3.1.4- Variation spatiale de la Porosité du puits HDZ-17	53
IV.3.2-Variation verticale et spatiale de la perméabilité.....	54
IV.3.2.1- Variation spatiale de la perméabilité du puits HDZ-09	55
IV.3.2.2- Variation spatiale de la perméabilité du puits HDZ-10	55
IV.3.2.3- Variation spatiale de la perméabilité du puits HDZ-15	56
IV.3.2.4- Variation spatiale de la perméabilité du puits HDZ-17	57
IV.4- Etude de la relation entre les lithofacies et les propriétés petro physiques.....	57
IV.4.1- Etude de la relation entre les lithofacies et la porosité.....	57
IV.4.2- Etude de la relation entre les lithofacies et la perméabilité.....	58

IV.5- Conclusion 61

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale..... 62
Recommandations..... 63
Bibliographie.....
Annexe.....
Résumé.....

Liste des figures

CHAPITRE I : GENERALITES

Fig.1.1 : Situation géographique du champ de Hassi Messaoud.....	02
Fig.2.1- Situation géologique du champ de Hassi Messaoud.....	03
Fig.3.1- Ecorché mésozoïque du champ de Hassi-Messaoud.....	04
Fig.4.1- Coupe Ouest-Est de la structure de Hassi Messaoud Au niveau du réservoir.....	06
Fig.5.1- Situation générale du champ de Hassi Dzabat et Plan de position des sondages.....	10
Fig.6.1- Carte en isobathes au toit des Quartzites de Hamra, champ HDZ (Sonatrach).....	11

CHAPITRE III : ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

Fig.1.2- La description sédimentologique des carottes du puits HDZ-9.....	17
Fig.2.2- La description sédimentologique des carottes du puits HDZ-10.....	19
Fig.3.2- La description sédimentologique des carottes du puits HDZ-15.....	21
Fig.4.2- La description sédimentologique des carottes du puits HDZ-15.....	23
Fig.5.2- Histogramme des fréquences des Lithofaciès du puits HDZ-9.....	24
Fig.6.2- Histogramme des fréquences des Lithofaciès du puits HDZ-10.....	24
Fig.7.2- Histogramme des fréquences des Lithofaciès du puits HDZ-15.....	25
Fig.8.2- Histogramme des fréquences des Lithofaciès du puits HDZ-17.....	26
Fig.9.2- Histogramme des fréquences des milieux de dépôts du puits HDZ-9.....	28
Fig.10.2- Histogramme des fréquences des milieux de dépôts du puits HDZ-10.....	29
Fig.11.2- Histogramme des fréquences des milieux de dépôts du puits HDZ-15.....	30
Fig.12.2- Histogramme des fréquences des milieux de dépôts du puits HDZ-17.....	30
Fig.13.2- schéma représente les milieux des dépôts marins.....	31

CHAPITRE IV ETUDE PETROGRAPHIQUE ET DIAGENETIQUE

Fig.1.3- photo de lame mince à la profondeur (3334,12m) du puits HDZ-09. Exfoliation d'un mica engendrant une porosité secondaire Inter cristalline.....	33
Fig.2.3- photo de lame mince à la profondeur (3348,48m) du puits HDZ-09. Réseau poreux créé par la dissolution du ciment carbonaté.....	33

Fig.3.3- photo de lame mince à la profondeur (3299,07m) du puits HDZ-09. Porosité de dissolution.....	34
Fig.4.3- photo de lame mince à la profondeur (3277.05m) du puits HDZ-10. Développement de la silice secondaire autour des grains de quartz.....	34
Fig.5.3- photo de lame mince à la profondeur (3261.35m) du puits HDZ-10. Grès fin à ciment argileux abondant.....	34
Fig.6.3- photo de lame mince à la profondeur (3243.38m) du puits HDZ-15. Réseau de microfissures ouvertes créant une porosité secondaire.....	35
Fig.7.3- photo de lame mince à la profondeur (3302.84m) du puits HDZ-15. Effet de la compaction provoquant des microfissures ouvertes.....	35
Fig.8.3- photo de lame mince à la profondeur (3279,60m) du puits HDZ-17. Les grains de quartz sont de tailles et de classement variables avec un joint stylolitique.....	36
Fig.9.3- photo de lame mince à la profondeur (3283,64m) du puits HDZ-17-Grès moyennement classé à ciment argileux.....	36
Fig.10.3- photo de lame mince à la profondeur (3235,58m) du puits HDZ-17- Grès à ciment argileux et barytine.....	36
Fig.11.3- Séquence diagénétique du réservoir Ordovicien du champ de Hassi Dzabat.....	41

CHAPITRE V : ETUDE PETROPHYSIQUE

Fig.1.4- Schéma représente les milieux poreux.....	44
Fig.2.4- Présentation graphique de types de porosités.....	45
Fig.3.4- Schéma représentant l'ultra Pore 300 configuré pour le grain volume.....	47
Fig.4.4- Image représentant l'ultra Pore 300 configuré pour le grain volume.....	47
Fig.5.4- Schéma représentant la pompe volumétrique	48
Fig.6.4- Image représentant la pompe volumétrique.....	48
Fig.7.4- Schéma explique l'application la loi de Darcy.....	49
Fig.8.4- Présentation graphique de types de perméabilités.....	49
Fig.9.4- Schéma représente l'appareil de CMS 300.....	50
Fig.10.4- Histogrammes de Fréquence des classes des porosités du Quartzites de Hamra.....	51
Fig.11.4- Histogrammes de Fréquence des classes des porosités du puits HDZ-9.....	52
Fig.12.4- Histogrammes de Fréquence des classes des porosités du puits HDZ-10.....	52
Fig.13.4- Histogrammes de Fréquence des classes des porosités du puits HDZ-15.....	53
Fig.14.4- Histogrammes de Fréquence des classes des porosités du puits HDZ-17.....	54

Fig.15.4- Histogrammes de Fréquence des classes des perméabilités du Quartzites de Hamra.....	54
Fig.16.4- Histogrammes de Fréquence des classes des perméabilités du puite HDZ-09.....	55
Fig.17.4- Histogrammes de Fréquence des classes des perméabilités du puite HDZ-10.....	56
Fig.18.4- Histogrammes de Fréquence des classes des perméabilités du puite HDZ-15.....	56
Fig.19.4- Histogrammes de Fréquence des classes des perméabilités du puite HDZ-17.....	57
Fig.20.4- Histogrammes de Fréquence des lithofaciés et les porosités associées.....	58
Fig.21.4- Histogrammes de Fréquence des lithofaciés et les perméabilités associées.....	59

Liste des Tableaux

CHAPITRE I : GENERALITE

Tab.1.1- Les principales phases tectoniques sur la plate forme saharienne.....	05
--	----

CHAPITRE III : ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

Tab.1.2- les code des Lithofaciès et les milieux de dépôts fluviatiles (Miall, 1978).....	15
Tab.2.2- associations des Lithofaciès rencontrées du puits HDZ-9.....	27
Tab.3.2- associations des Lithofaciès rencontrées du puits HDZ-10.....	27
Tab.4.2- associations des Lithofaciès rencontrées du puits HDZ-15.....	28
Tab.5.2- associations des Lithofaciès rencontrées du puits HDZ-17.....	28

Liste des abréviations

HDZ : Hassi Dzabat.

FO : Argiles silteuses / silts argileux à structures laminaires plus ou moins bioturbés.

SW : Grès à structures ondulées ou rides de vagues.

H : Rhytmite tidale (lithofaciès hétérolithiques) : Alternance centimétrique de grès, de silts et d'argiles à faible bioturbation.

ST : Grès à stratification oblique en auges.

Sb : Grès intensément bioturbés.

Sh : Grès à stratification horizontales.

Sm : Grès d'aspect massif (sans structures apparentes).

Sp : Grès à stratifications obliques-planes.

Gm : Brèche tectonique monogénique grossièrement stratifiée à massive.

STG : Grès à stratification oblique en auges et galets quartzeux.

Gt : Conglomérats à structures obliques en auges.

DRX : la diffractométrie aux rayons X

Φ : Porosité exprimée en (%).

Vt : Volume total de la roche.

Vp : Volume des pores.

Vs : Volume de solide.

P1 : pression amont.

P2 ; Pression aval.

Vr : Volume référence.

Vch : Volume chambre.

Vs : Volume de solides.

Q : Débit d'écoulement de fluide.

K : Perméabilité (mD).

μ : viscosité du fluide.

(ΔP)/L : la chute de pression à travers toute la longueur de l'échantillon.

S : Surface de l'échantillon cylindrique.

CMS 300 : core measurement system.

(Sb/Sh) : grès intensément bioturbés et grès stratification horizontal.

(Sb/St) : Grès intensément bioturbés et Grès à stratification oblique en auges.

Introduction générale

Le bassin d'Amguid Hassi Messaoud où évolue la région de Hassi d'Zabat présente un réservoir d'huile, très important. A cet effet, des recherches poussées ont été effectuées pour une exploitation optimale des hydrocarbures.

Les niveaux réservoirs de la région de Hassi d'Zabat sont les Quartzites el Hamra et Grès d'El Atchane. Ce sont des roches compactes et dures. L'objectif de ce mémoire est d'étudier l'effet des paramètres pétrographiques sur les paramètres pétrophysique. En effet, les paramètres pétrophysiques sont les résultats de l'histoire sédimentologique, structurale et diagenétique des sédiments à l'origine des niveaux producteurs. Le but de ce présent effort est d'expliquer les événements géologiques qui ont provoqué la détérioration de la porosité et de perméabilité de ces zones.

Il peut jouer un rôle d'améliorer les paramètres porosité et perméabilité secondaire.

Le premier chapitre est une synthèse bibliographique sur la géologie de la zone d'étude.

Le deuxième chapitre a présenté les matériels et méthodes utilisés.

Dans le troisième chapitre l'étude sédimentologique a été abordée avec les carottes prélevées dans quatre puits de la zone d'étude. La description a été faite sur la base des modèles de Miall (1978).

Le quatrième chapitre traite de la diagenèse avec la description et l'analyse des lames minces.

Le cinquième chapitre s'est intéressé à l'étude pétrophysique avec les mesures de porosité et perméabilités disponibles

Une discussion des résultats sédimentologiques, pétrographiques, diagenétiques et pétrophysiques, a clôturé cette étude.

C **HAPITRE**

I

**GENERALITES SUR LA ZONE
D'ETUDE**

Chapitre I Généralités sur la zone d'étude

I.1- Cadre régional

I.1.1- Situation géographique

Considéré comme étant le plus grand gisement pétrolière de la province triasique algérienne, le champ de Hassi Messaoud, est l'objet de cette présente étude, il est situé à 700 km au Sud-Est d'Alger, à 350 km de la frontière tunisienne et à 80 km d'Ouargla. Il s'étale sur une superficie de 2000 km². Il occupant la partie centrale de la province triasique (Fig.1-1).

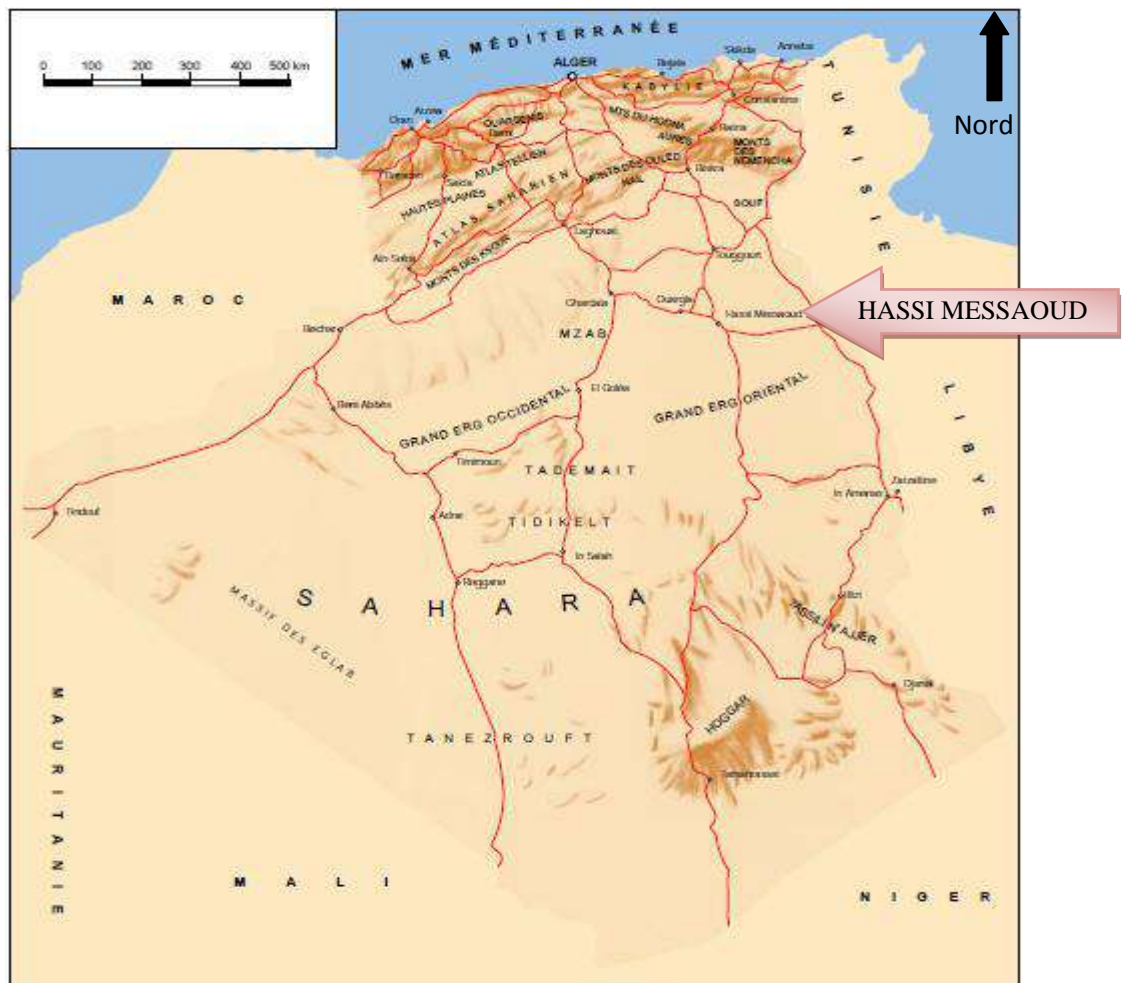


Fig.1.1- Situation géographique du champ de Hassi Messaoud
(D'après WEC, 2007).

I.1.2- Situation géologique

Le haut fond de Hassi Messaoud est limité au Nord par les structures Djemaa de Touggourt, au Sud par le prolongement du horst d'Amguid – El Biod, à l'Est par le bassin de Berkine et enfin à l'Ouest par la dépression d'Oued Mya (Fig.2-1).

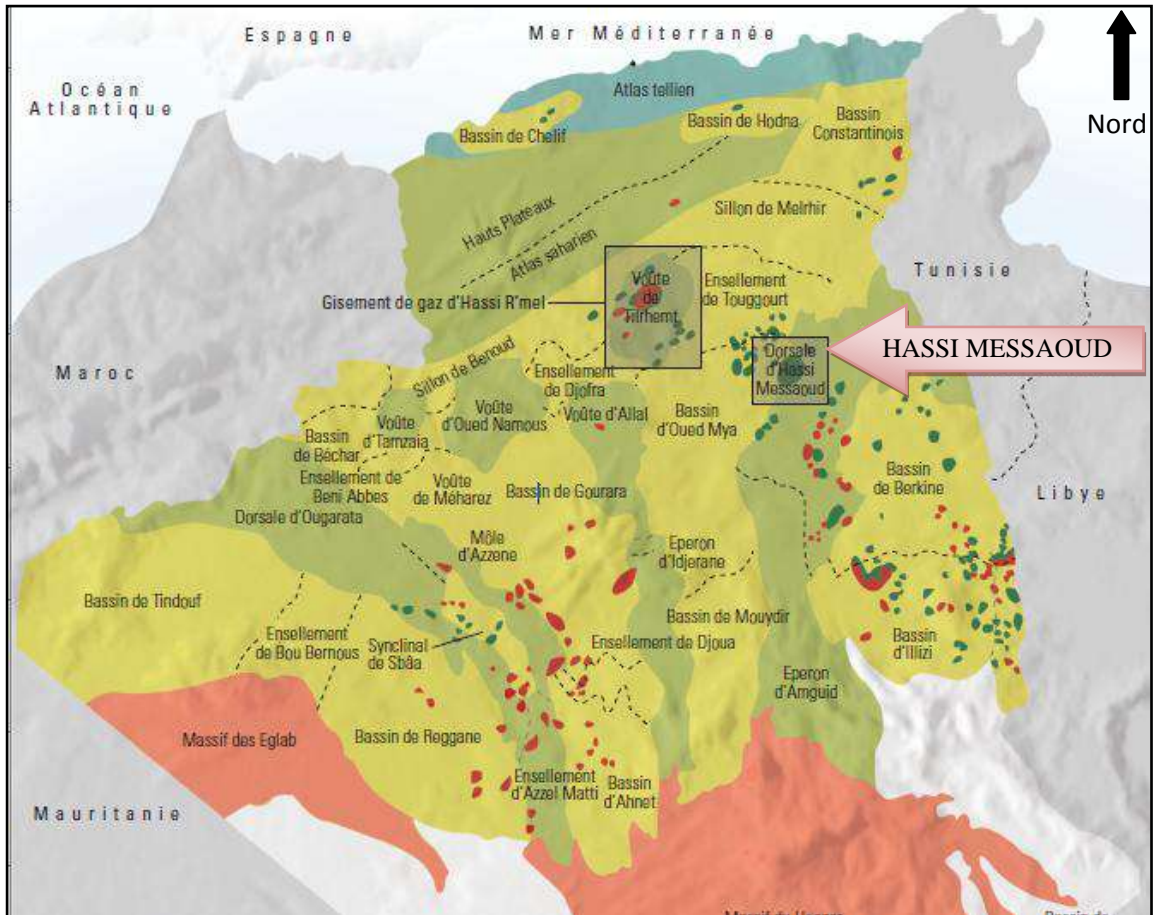


Fig.2.1- Situation géologique du champ de Hassi Messaoud
(D'après WEC, 2007).

I.1.3- Contexte structural

La structure actuelle du champ se présente comme un vaste anticlinal, d'orientation NE-SO sur lequel repose en discordance le Trias argilo-gréseux, et affecté par deux types de failles : (Fig.3-1). Les failles de direction subméridienne NE-SO, et les failles perpendiculaires de direction NO-SE. Les failles sans rejets ont eu un grand effet sur la fracturation du réservoir. Cette structure est le résultat de l'histoire tectonique de la plateforme saharienne.

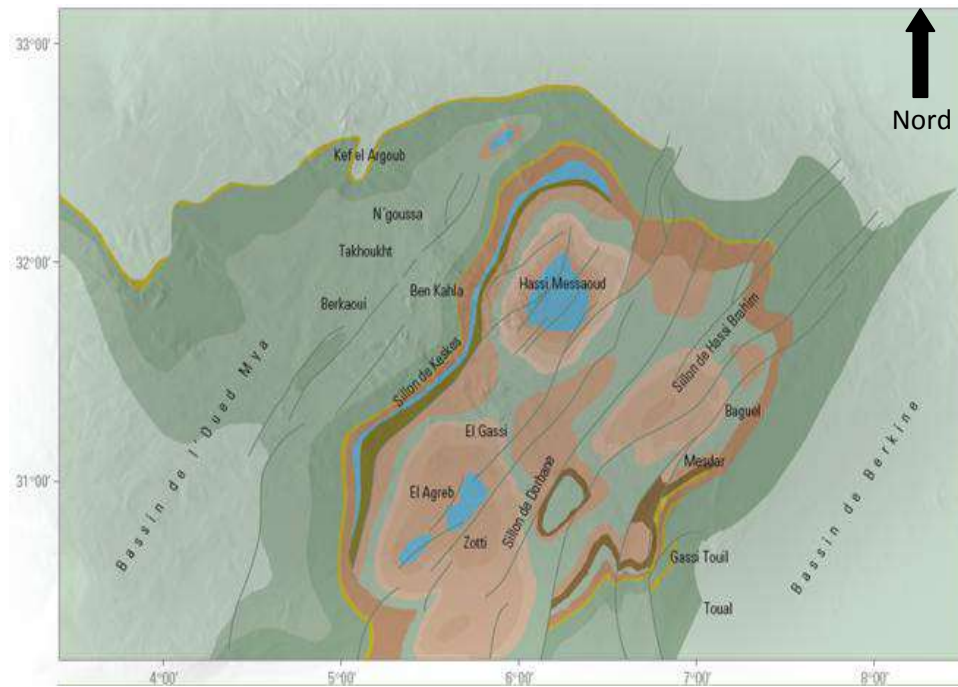










Fig.3.1- Ecorché mésozoïque du champ de Hassi-Messaoud (WEC 2007).

I.1.4- Evolution structurale

Les phases tectoniques qui ont structuré le champ de Hassi Messaoud sont résumées sur le tableau suivant:

ERE		EPOQUES D'INTERVENTION MAXIMALE	NOMS DES PHASES	NATURE ET DIRECTION DES PHASES	EFFET SUR LES JEUX DES FAILLES	
CENOZOIQUE	NEOGENE	MIOCENE	ALPIN TARDIF TERTIAIRE TARDIF N.0.60	 N.060	jeu une compression des accidents N.060	
	PALEOGENE	EOCENE	ALPIN MOYEN EOCENE N.160	 N.160	jeu en compression des accidents n.160, et création des nouvelles structures	
MESOZOIQUE	CRETACE		PHASE AUTRICHIENNE ALPINE PRECOCE TRIAS	 N.090	jeu en inverse sur les accidents N.090	
	JURASSIQUE					
	TRIAS					
PALEOZOIQUE	PERMIEN		PHASE HERCYNIENNE TARDIVE	 N.120	jeu en inverse sur les failles NE-SW	
	CARBONIFE	VISIEN	PHASE HERCYNIENNE PRECOCE	 N.040	jeu en inverse sur les failles NW-SE	
	DEVONI	SUPERIEUR	PHASE FRASIEN		NW-SE	Jeu en faille normale sur les failles NE-SW (variation de facies et d'épaisseur) volcanisme.
		MOYEN				
		INFERIEUR	PHASE			
	SILURIEN		CALEDONIENNE	 EW ?	Jeu en inverse sur les failles N-S (érosion sur les moles subméridien) tihamboka.	
	ordovicien					
COMBRIEN		PHASE PANAFRICAINE TARDIVE	 EW	tectonique cassante réseau NE-SW et NW-SE (caractérisation de Sahara centrale).		

Tab.1.1- Les principales phases tectoniques sur la plate forme saharienne

I.1.5- Aperçu lithostratigraphique

La série lithostratigraphique complète de la région de Hassi Messaoud est constituée de dépôts paléozoïque et mésozoïque. La figure (Fig.4-1) montre que sur la dorsale de Hassi Messaoud une bonne partie de la série stratigraphique permienne est absente. Elle a été érodée au centre de la structure au cours de la phase hercynienne. Les dépôts mésozoïques reposent donc, en discordance sur le Cambro-Ordovicien.

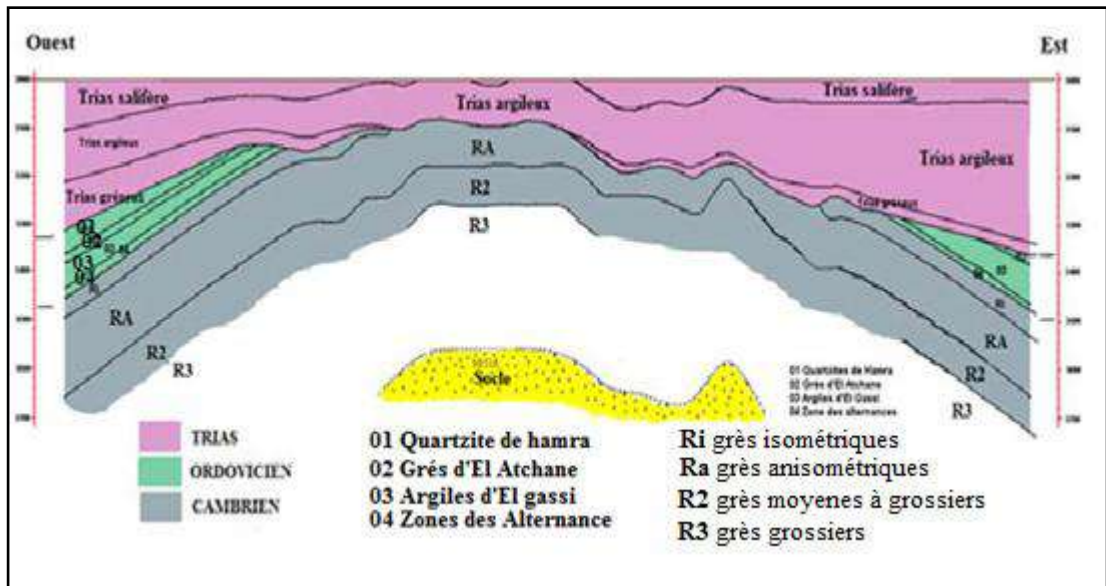


Fig.4.1- Coupe Ouest-Est de la structure de Hassi Messaoud
Au niveau du réservoir. (Document Sonatrach).

Sur le socle constitué de granites porphyroïdes roses et l'Infracambrien à des grès argileux rouges, les dépôts paléozoïques et mésozoïques.

1.5.1- Le paléozoïque

- Le Cambrien : De bas en haut, il comprend :

Les unités R3 et R2 :

La zone R3 est constituée principalement par des grès grossiers conglomératiques à la base avec un ciment argilo-dolomitique.

La zone R2 de granulométrie est plus fine, a un ciment plus argileux (Kaolinite).

L'unité Ra :

Elle est représentée par des grès anisométriques, parfois micro-conglomératiques, siliceux à silico-quartzitiques, de couleur grise blanche à blanc; avec des intercalations de joints d'argile grise, indurée, silteuse, micacée et feuilletée, soulignées par des traces d'illite et la présence de Tigillites.

L'unité Ri :

Elle est formée de grès isométriques fins à moyens, siliceux à silico-quartzitiques localement durs, intercalés de passées d'argile noire, indurée, silteuse et micacée avec une abondance de Tigillites; ainsi que des traces de pyrite et de lignite.

La zone des alternances :

C'est une zone où les lits d'argile noire indurée, silteuse et micacée, s'alternant avec des grès clairs, fins à très fins, silico-quartzitiques, durs avec une abondance de Tigillites.

▪ L'ordovicien :

Il se subdivise en plusieurs unités dont les changements des faciès ont été rencontrés dans le périmètre étudié. Ces unités sont les suivantes de bas en haut :

Les argiles d'El Gassi :

C'est une argile grise à gris foncé silteuse, indurée, localement schisteuse à passées de grès gris blanc à gris vert, fin à moyen, rarement grossier, silico-argileux à quartzitique, pyriteux, glauconieux avec présence de corps éruptifs rencontrés dans quelques sondages.

Les grès d'El Atchane :

Ils sont représentés par des grès, de couleur grise claire, siliceux à quartzitiques, parfois micacés avec présence de glauconie; ils sont intercalés avec de fines passées d'argile, grise foncée, silteuse, micacée et indurée.

Les quartzites de Hamra :

Ce sont des grès fins à moyens, silico-argileux à quartzitiques avec des fins passées d'argile grise verte, indurée et silteuse.

I.1.5.2- Le mésozoïque

Il repose en discordance sur les dépôts paléozoïques, il est représenté par trois systèmes géologiques.

▪ Le Trias :

Il se repose en discordance sur les terrains paléozoïques ; il est subdivisé dans la zone d'étude en deux termes :

La série inférieure :

Constituée essentiellement par une argile silteuse à silto-sableuse avec des passées de grès à silt-stone argileux.

Le Trias éruptif :

Ce sont des roches éruptives grises, brunes, vertes, parfois violacées; riches en minéraux verts avec des passées d'argile brune, indurée, silteuse.

▪ Le Jurassique

Les sédiments du jurassique sont représentés dans la région de Hassi Guettar, ce sont des dépôts lagunaires et marins, confirmés par la présence du calcaire qui forme l'horizon (B).

Il est représenté par :

Le Lias :

C'est essentiellement une anhydrite blanche à passées d'argile grise à gris vert, parfois brune, dolomitique et de dolomie microcristalline beige et dure. Il comprend :

L'horizon(B).

Le Lias salifère(LS2).

Le Lias dolomitique(LD2).

Le Lias salifère(LS1).

Le Lias dolomitique(LD1).

Le Dogger :

Il est subdivisé essentiellement en deux séries :

Le Dogger lagunaire :

C'est une succession de niveaux d'anhydrite de couleur blanche pulvérulente et de dolomie grise, parfois blanche microcristalline et moyennement dure.

Le Dogger argileux :

Formé des argiles bariolées, tendre, silteuse, en alternance avec quelques niveaux gréseux gris blancs et quelques rares passées dolomitiques.

Le Malm :

C'est une intercalation d'argile brune silteuse, avec des niveaux de grès fins, gris à blanc ciment argileux et quelque rares bancs de dolomie microcristalline.

▪ Le Crétacé :

Il se subdivise en :

Le Néocomien :

C'est une série argilo-carbonatée grise à gris vert, tendre et silteux avec quelques passées de grès fins à moyens blancs, silto-carbonatés, localement glauconieux intercalés, de rares passées de dolomie microcristalline.

Le Barrémien :

Il est formé par une alternance de grès fins à moyens, parfois grossiers, bien classés ; friables et d'argiles vertes brunes ainsi que des niveaux de dolomie microcristalline.

L'Aptien :

C'est un niveau bien individualisé, formé par une barre dolomitique, microcristalline, de couleur blanche à beige, avec des passés de marne gris verdâtre induré.

L'Albien :

Il est constitué de grès fins à moyens rarement grossiers, friables, parfois argileux avec des passées de dolomie brunâtre microcristalline dure.

Le Cénomanién :

Il est formé de bancs d'anhydrite blanche, pulvérulente cristalline en alternance avec des niveaux de dolomie beige à gris et quelques passées d'argile grise verdâtre.

Le Turonien :

Il est représenté par des calcaires blancs, crayeux, localement dolomitiques et quelques passées d'argile brune plastique à la base.

Le Sénonien :

Il se subdivise en trois parties :

Le Sénonien salifère :

Il est formé de bancs de sel massif translucide, microcristallin, intercalés de bancs d'anhydrite joints d'argile moyennement dur.

Le Sénonien lagunaire :

Il est constitué des niveaux d'anhydrite blanche, cristalline; intercalés de bancs de dolomie et de lits d'argile légèrement silteuse indurée.

Le Sénonien carbonaté :

Il est formé des niveaux de dolomie claire, cristalline, parfois vacuolaire, passant par endroits à calcaires dolomitiques gris argileux.

I.1.5.3- Le cénozoïque

- **L'Éocène :** C'est une formation carbonatée représentée par des calcaires dolomitiques cryptocristallins avec des nodules de silex.

▪ **Le Moi-pliocène :**

Constitué de sable jaunâtre moyen à grossier, silto-carbonaté, intercalé de lits d'argile grise verte et de calcaire dolomitique microcristallin tendre à induré.

I.2- Présentation de la région de Hassi D'zabat

I.2.1- Situation générale

Le champ de Hassi Dzabat (HDZ), situé au Sud Est du champ de Hassi Messaoud, est un gisement satellite de celui-ci. La première découverte en Septembre 1969.

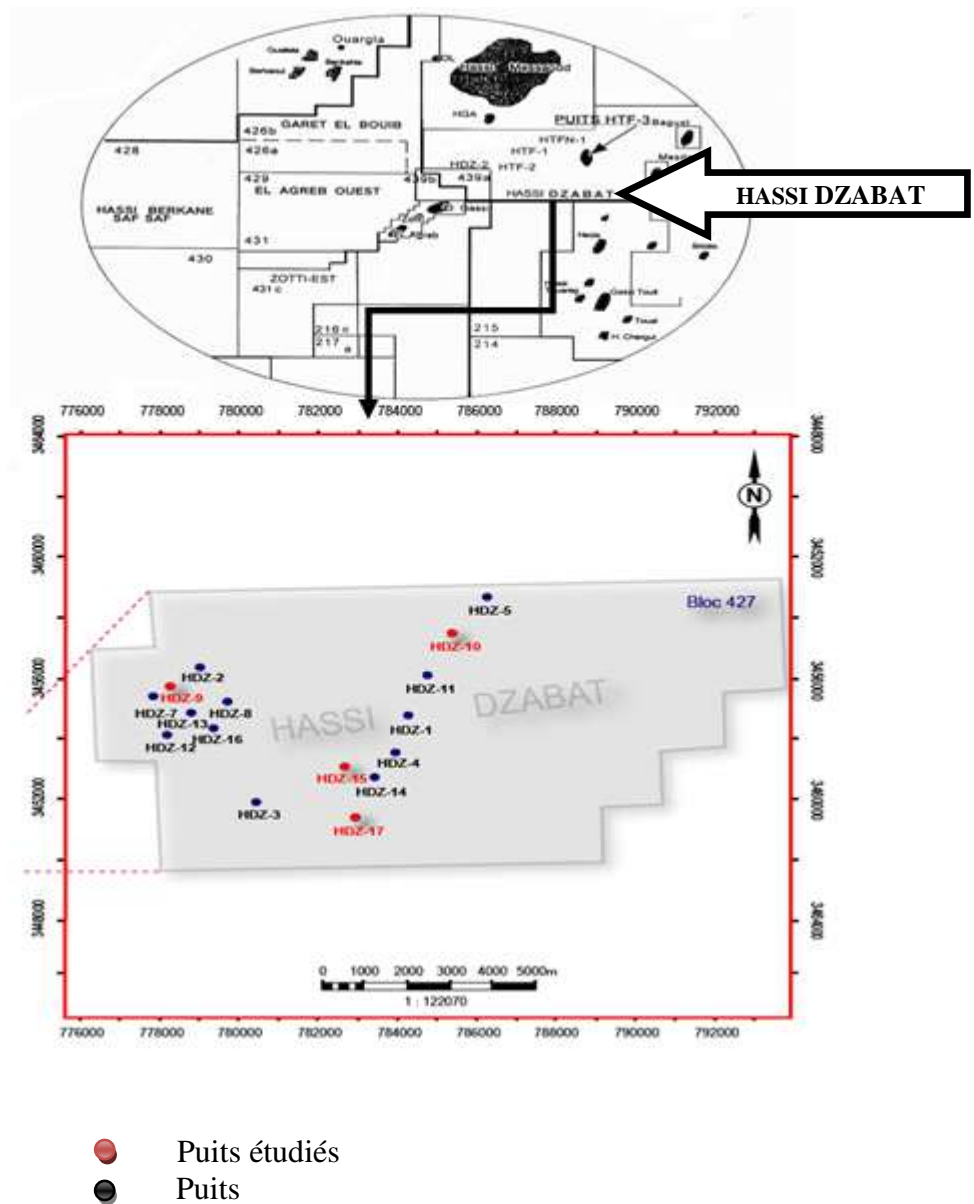


Fig.5.1- Situation générale du champ de Hassi Dzabat et Plan de position des puits

I.2.2- Aspect structural

La structure de Hassi Dzabat est définie comme étant un piège de type structural (anticlinal allongé de direction NE-SO), bordée dans sa partie Est par une faille de même direction ; elle présente une superficie de 40km² sur une amplitude de 60m.

Elle montre des accidents subméridiens qui ont fonctionné depuis l'orogénèse panafricaine, ils ont été à l'origine de la structuration et de la sédimentation de tout l'axe Amguid-Messaoud. La carte en isobathes (Fig.6-1). Établie dans la région à partir de la campagne sismique 3D HDZ, montre une tectonique assez complexe matérialisée par des accidents à prédominance NE-SO et d'autres presque EO ainsi que par des structures en blocs sous forme de horsts et de grabens.

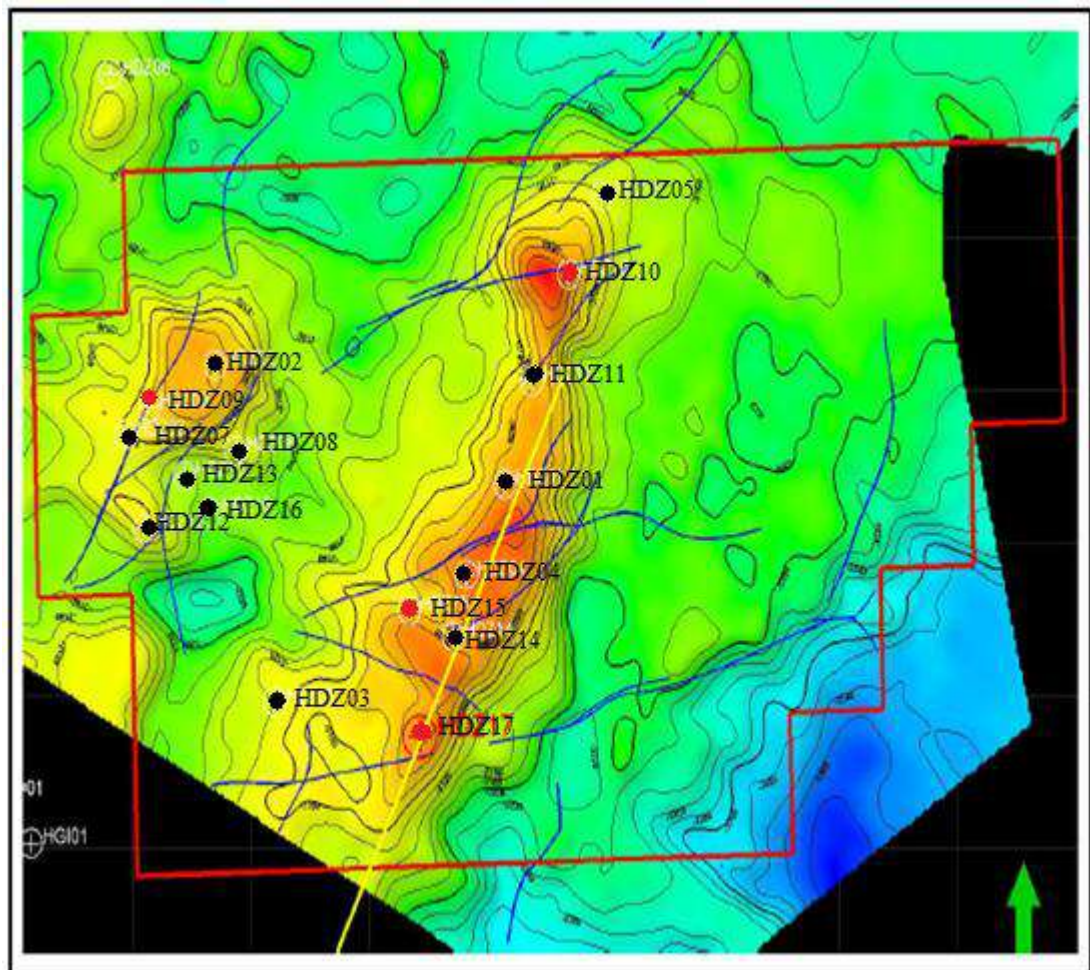


Fig.6.1- Carte en isobathes au toit des Quartzites El Hamra, champ HDZ (document Sonatrach).

I.2.3- Intérêt pétrolier

L'intérêt pétrolier de la région de Hassi Dzabat est intimement lié à sa position dans un environnement pétrolier très favorable, et où le réservoir Ordovicien (Quartzites de Hamra) constitue l'objectif primaire..

I.2.3.1- Système Pétrolier

A- Roche mère et migration :

La principale roche mère connue sur toute la plate forme saharienne reste les argiles 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.

La migration des hydrocarbures dans cette zone est essentiellement de longue distance à travers la surface de la discordance hercynienne, les failles ainsi que les drains triasiques et cambriens.

Le remplissage de la structure de Hassi Dzabat se fera selon les mêmes mécanismes qui ont régies la mise en place des huiles dans les structures de Hassi –Messaoud de HTF et HDZ.

B- Roche Réservoirs :

Ordovicien (Quartzites de Hamra) :

L'Ordovicien est représenté par des grès quartzitiques à quartzites blanches à beige clair, massives, compact et durs, présence de Tigillites et de Skolithos, présence de fissures subverticales à sub horizontales semi ouvertes à fermées.

Le réservoir Ordovicien (Quartzites de Hamra) productif d'huile dans les gisements de Hassi Terfa, Hassi Dzabat et Hassi Guettar.

C- Roche Couvertures :

Les formations argilo-salifères du Lias et les roches éruptives de Trias, constituent d'excellentes roches couverture pour les Quartzites de Hamra. Localement le Cambrien (Ri+Ra) à pour couverture les argiles d'El-Gassi.

D- Les Pièges

Cette structure est définie comme étant un piège de type structural (Horst anticlinal faillé). Comme elle présente une structuration similaire à celle des HDZ, à savoir une structuration hercynienne avec une composante mésozoïque (Autrichienne) de moindre importance.

C **HAPITRE**

II

Matériels et Méthodes

Chapitre II: Matériel et méthodes

II.1 – Matériel

Cette étude a été réalisée avec le matériel suivant :

- Les fiches à carottes et les descriptions sédimentologique de carottes faitent par Sonatrach en se basant sur les lithofacies de Miall.
- Les photos de lames minces.
- Les mesures pétrophysiques réalisées sur les plugs des carottes déjà décrites.

II.2 – Méthodes

La méthodologie suivie pour l'étude sédimentologique est l'utilisation des lithofacies de Miall pour déterminer les milieux de dépôts.

Pour la diagenèse, une description détaillée de la texture et des composants pétrographiques a été faite sur lames minces en lumière polarisée et naturelle. Les phénomènes diagenétiques majeurs observés ont été illustrés avec des photos choisies.

L'analyse des mesures pétrophysiques a permis d'aborder l'étude pétrophysique. L'interprétation de cette analyse a débouché sur une discussion avec les résultats sédimentologiques et diagenétiques.

C **HAPITRE**

III

ETUDE
SEDIMENTOLOGIQUE

Chapitre III Etude sédimentologique

III – Etude sédimentologique

III.1- Introduction

Dans le Nord-Est du bassin d'Amguid Messaoud, et particulièrement la région de Hassi d'Zabat, les réservoirs sont constitués des dépôts continental et uper shorface. Ce chapitre est consacré à l'analyse des faciès rencontrés sur carottes. En effet, la description précise de ces faciès et leur interprétation en termes de régime hydrodynamique permet de déduire des associations de faciès et les milieux de dépôts. Ces milieux de dépôts s'organisent eux-mêmes en environnements sédimentaires.

III.2- Méthodologie

Cette étude a été faite sur la base de la description des carottes des puits HDZ-9, HDZ-10, HDZ-15 et HDZ-17. La classification de Miall (1978) pour l'identification des faciès a été utilisée. Celle de Wentworth, 1922 pour les sédiments non consolidés a été aussi utilisée pour établir les classes granulométriques. Le regroupement en assemblage de faciès s'est parfois appuyé sur les travaux de Miall (1985) dont le (Tab.1-2) résumant les différents milieux de dépôts ainsi que les faciès associés.

Le terme faciès est défini comme étant un corps sédimentaire montrant une lithologie et des structures sédimentaires différentes de celles du faciès se trouvant au-dessous ou adjacent. Un assemblage de faciès regroupent des faciès qui sont génétiquement liés l'un à l'autre, et qui ont une signification environnementale particulière (Walker, 1992).

III.3- Résultats

III.3.1- Le Lithofaciès de (Miall, 1978)

La description détaillée des carottes a permis d'identifier quinze lithofacies (Tableau III.2). Les principaux lithofacies sédimentaires qui ont été identifiés sont :

A: Conglomérat.

B: grés.

C: silt.

D: Argile.

Ces lithofacies sont divisés selon les types de structures sédimentaires comme le montre le tableau ci-dessous.

code	Litho faciès	Milieus de dépôts
FO	Argiles silteuses / silts argileux à structures laminaires plus ou moins bioturbés .Présence de pyrite	Environnement marin peu profond soumis à l'influence conjuguée de marées et de vagues
SW	Grès à structures ondulées ou rides de vagues	
H	Rhythmites tidales (lithofaciès hétérolithiques) : Alternance centimétrique de grès, de silts et d'argiles à faible bioturbation.	
ST	Grès à stratification oblique en auges	Chenal fluviatile active
Sb	Grès intensément bioturbés.	Barre de shoreface
Sh	Grès à stratification horizontales	Barre de chenal / barre de shoreface
Sm	Grès d'aspect massif (sans structures apparentes)	Chenal fluviatile actif / barre de chenal
Sp	Grès à stratifications obliques-planes.	Barre de chenal / Barre de shoreface
Gm	Brèche tectonique monogénique grossièrement stratifiée à massive	Chenal fluviatile actif
STG	Grès à stratification oblique en auges et galets quartzeux	Chenal fluviatile actif
Gt	Conglomérats à structures obliques en auges	Chenal fluviatile actif

Tab.1.2- les code des Lithofaciès et les milieux de dépôts fluviatiles (Miall, 1978)

III.3.2- Description des carottes

III.3.2.1- descriptions des carottes du puits HDZ- 09

La description lithologique de l'intervalle carotté (3253 à 3355 m.) du puits à permis de localiser les variations des formations dans le cambro-ordovicien, Plusieurs constatations ont été faites :

De 32^o3m à 32^v6m : Grès, fin à moyen, gris clair, souligné par des stylolites. Massif à la basse évolue vers des structures horizontales et oblique au sommet avec par en droits la présence de claste argileux. La granulométrie grossière est nettement prépondérante et les

structure sédimentaires sont moins discernables en raison de l'intense bioturbation. Cet ensemble est affecté par de nombreux stylolites de faible amplitude.

De 3277 à 3289,65 m : Grès fin à moyen massif évoluant vers des stratifications horizontales au sommet de la carotte. Une zone bréchue s'individualise vers le la carotte(4).

De 3290 à 3305m : Grès quartzitiques de petite à grande taille, la granulométrie ne plus ou moins constante de couleur gris à gris beige parfois tente légèrement brunâtre frottement bioturbés, trace l'imprégnation. Les structure sédimentaires encore visible correspondent uniquement à des horizontales planaires.

De 3311 à 3319,50 m : grès quartzitique moyen à fin de couleur à gris beige avec concentration des ickhnofabrics de type (pipe rocks)

De 3320 à 3336 ,80m : Grès moyen à grossier massif de couleur gris beige à beige, fortement à moyennement bioturbés, les skolithosont par endroits très nombreux générant des ickhnofabrics de type "pipe rocks " avec présentent des laminations ondulées de type "wavybedding"

De 3340 à 3366 m : grès à grès quartzitiques de couleur gris clair à gris blanc à granulométrie moyenne siliceux ou silico-argileux très durs formant une succession de bancs d'épaisseur métrique, les structure sédimentaires correspondent majoritairement à des auge évoluant parfois à des oblique-planes des laminations ondulées de type "wavybedding"

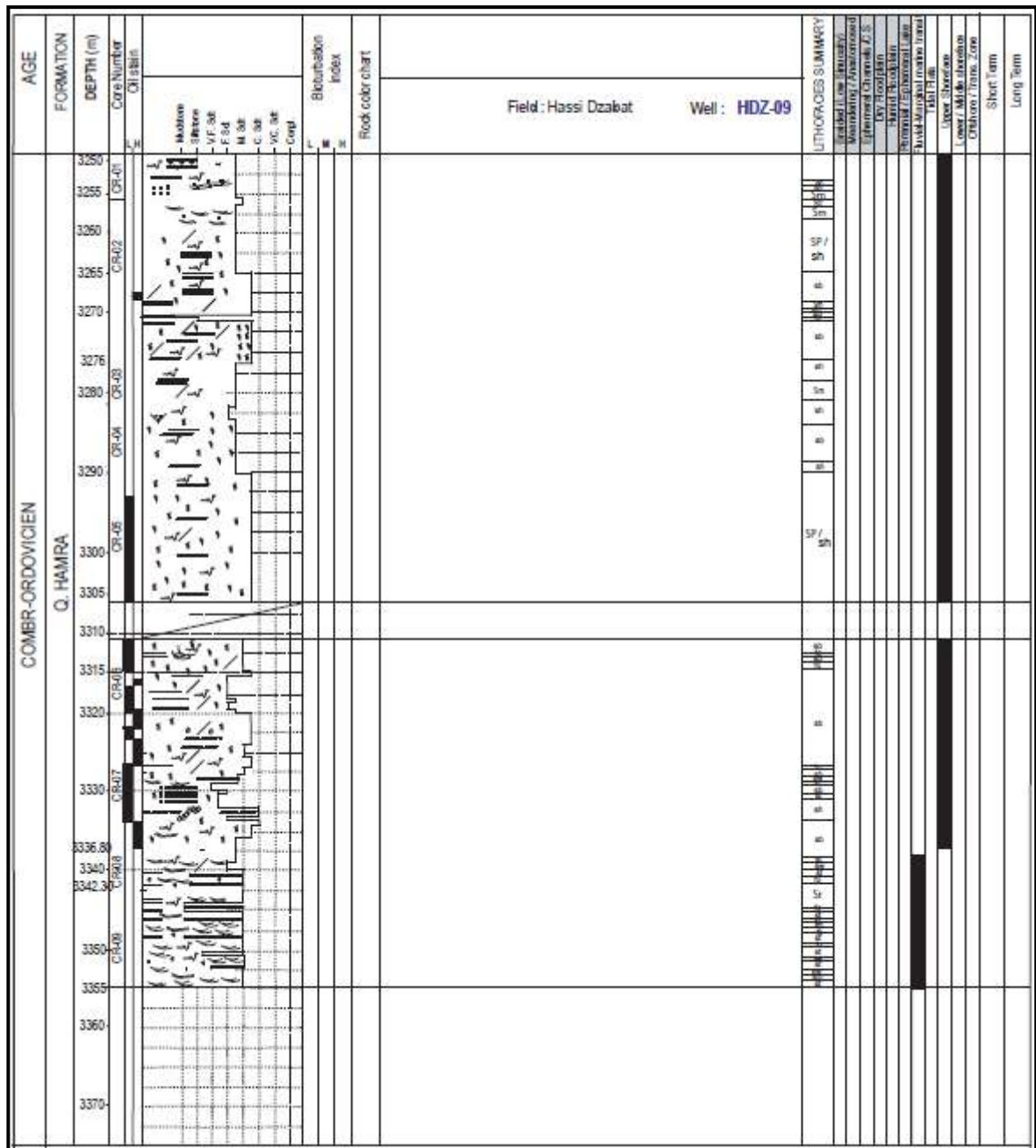


Fig.1.2- La description sédimentologique des carottes du puits HDZ-9.

III.3.2.2- descriptions des carottes du puits HDZ 10

La description lithologique de l'intervalle carotté (3235 à 3325,17 m) du puits à permis de localiser les variations des formations dans le cambro-ordovicien, Plusieurs constatations ont été faites :

De 3243 à 3306m : les grès se caractérisent par une granulométrie presque constante des discrète passés argilo-silteuse de couleur gris sombre à grès quartzitiques moyen à grossier plus moins fracturés, gris à gris clair durs et compacte totalement homogénéisés par

bioturbation avec des structures sédimentaires peu visible, seules quelques structures planes sont observées. à structures sédimentaires de type wavybedding, à lenticulaire bedding.

Nous avons remarqué à la base de la formation la limite entre quartzite de Hamra et grès d'el Atchane.

De 3306 à 3309 m : Grès fin à moyen de couleur grise à tendance rougeâtre ,dur ,pluri métrique marqué par des structures sédimentaires de type auges à la base évoluant au sommet à des structures à des type obliques.

De 3309 à 3321,50 m : C'est ensemble hétérolithique formation, composé d'alternance irrégulière de passés centimétrique de grès très fin à fin de couleur grise à structure sédimentaires de type « wavybedding et lenticulaire bedding, plus ou moins bio turbé et passés argileuse de couleur gris sombre à structures laminaires mal définies, la bioturbation est caractérisée par une assemblage d'ickhnofaciès formé de skolithos et planolytes.

De 3322 à 3325,17 m : est grès gris beige, moyen dur, montrant de fréquentes taches de recristallisation dolomitico-anhydritiques ou sidero-anhydritiques.

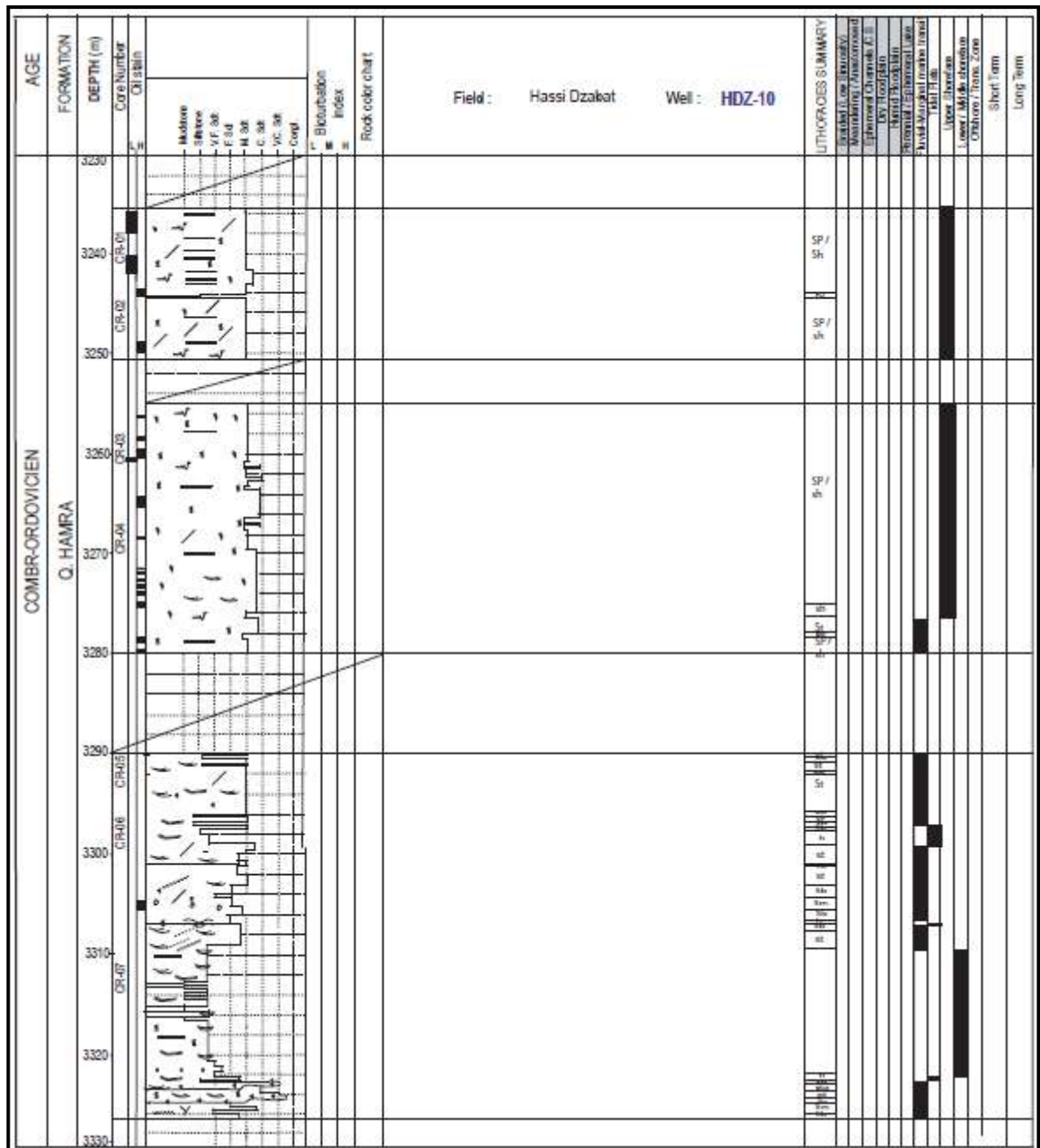


Fig.2.2- La description sédimentologique des carottes du puits HDZ-10.

III.3.2.3- descriptions des carottes du puits HDZ 15 :

La description lithologique de l'intervalle carotté (3242 à 3348 m) du puits à permis de localiser les variations des formations dans le cambro-ordovicien, Plusieurs constatations ont été faites :

De 3242 à 3295m : Globalement cet ensemble est composé de grès gris à gris clair, assez uniforme. la granulométrie à tendance fine et les structures sédimentaires sont peu visibles en raison de l'intense bioturbation, seules quelques structures sédimentaires horizontales ou

faiblement inclinés sont observés. La bioturbation est abondante, les traces fossiles sont de type skolithos et sont omniprésentes. On note aussi que ces grès présentent une légère imprégnation.

De 3295 à 3304,50m : cette succession est de grès quartzitiques d'une granulométrie moyenne de couleur généralement gris beige, dur et compact. Au sommet de la séquence s'intercale de fines passées d'argile silteuse à structures ondulées. On note aussi que présentant de bioturbation type (skolithos).

De 3304,50 à 3316m : Grès fin à moyen formé de deux niveaux lithologique distincts :

A la base : un niveau gréseux chenalisé structures sédimentaires en auges, la bioturbation est rare. Au sommet : un niveau gréseux intensément bioturbé par fois aspect massif.

De 3316 à 3345m : les grès sont dur de couleur gris, à structures sédimentaires de type auges (st). A quelques galets d'argiles molles millimétriques (Mud chips).

De 3345 à 3348m : grès quartzitiques fin de couleur gris, dur, compact pluri métrique marqué Par des structures sédimentaires de type ondulées.

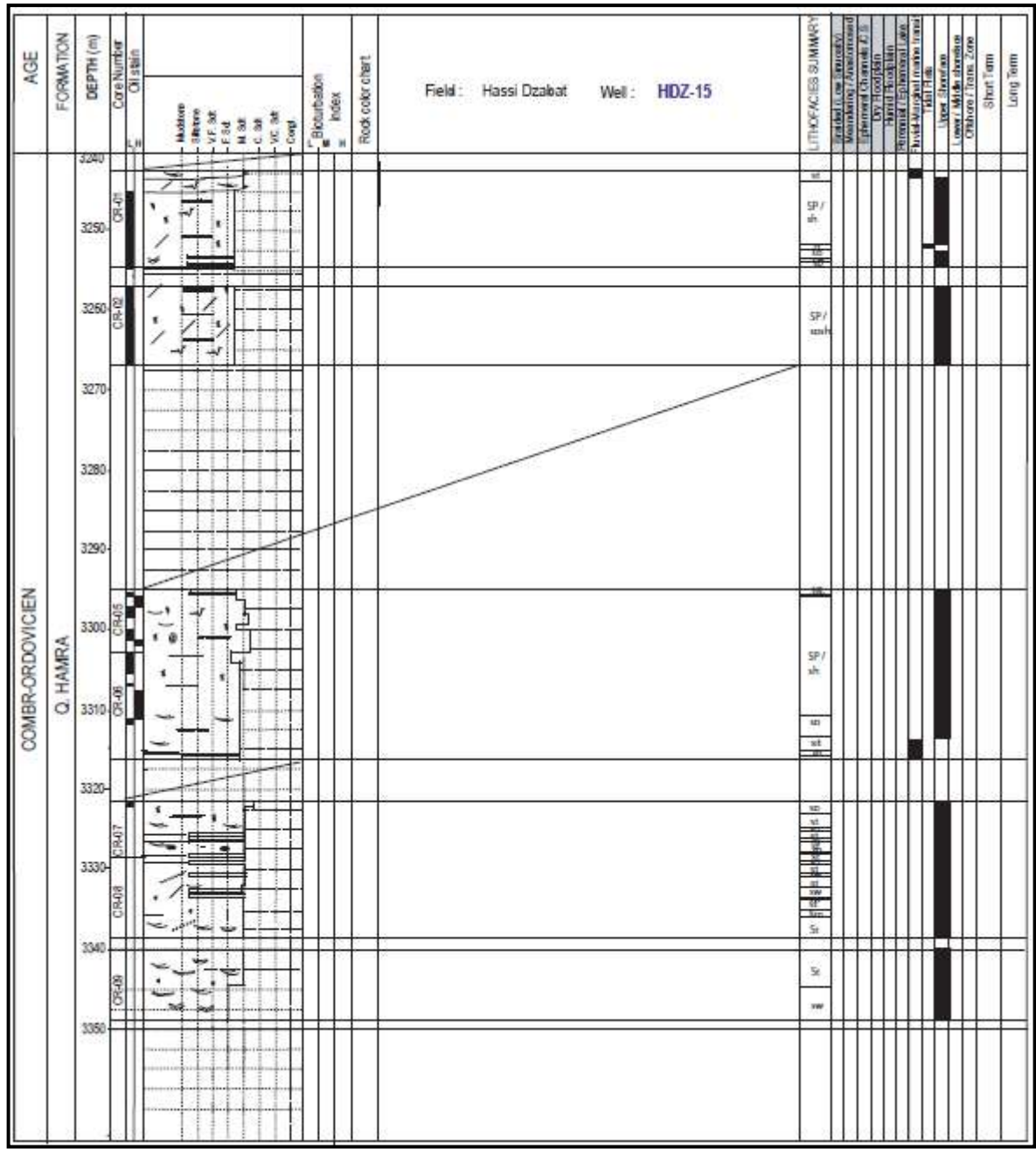


Fig.3.2- La description sédimentologique des carottes du puits HDZ-15.

III.3.2.4- descriptions des carottes du puits HDZ 17:

La description lithologique de l'intervalle carotté (3235 à 3300 m) du puits à permis de localiser les variations des formations dans le Cambro-ordovicien, Plusieurs constatations ont été faites :

De 3235 à 3246m : grès quartzitiques de couleur gris clair, siliceux à silico-argileux, dur, bioturbés et compacte massif. La bioturbation dont la plus part des espèces atteignent une taille de 10cm est de plus forte vers le sommet, elle est représentée principalement par des

terriers verticaux monogénériques appartenant aux genres *lckhnogenus skolithos*, présence de fractures colmatées par de la pyrite.

De 3246 à 3275m : C'est un ensemble gréseux, granulométrie plus ou homogène, constitué de grès quartzitiques de couleur gris blanc, à silico –argileux, très durs et compacts et bioturbés à structures sédimentaires représentées par des auges, la structures horizontales et des structures de formation ondulées « wavybedding ».

De 3275 à 3286m : Grès quartzitiques, gris, à gris blanc compacte, intensément bioturbés de type *skolithos*, les structures sédimentaires sont frustrés néanmoins quelques structures de type auges sont visibles.

De 3286 à 3300m : C'est un ensemble sédimentaire constitué de grès quartzitiques de couleur gris blanc à blanc, siliceux, très durs et compacts intensément bioturbés vers le sommet à structures sédimentaires représentées principalement par structures horizontales.

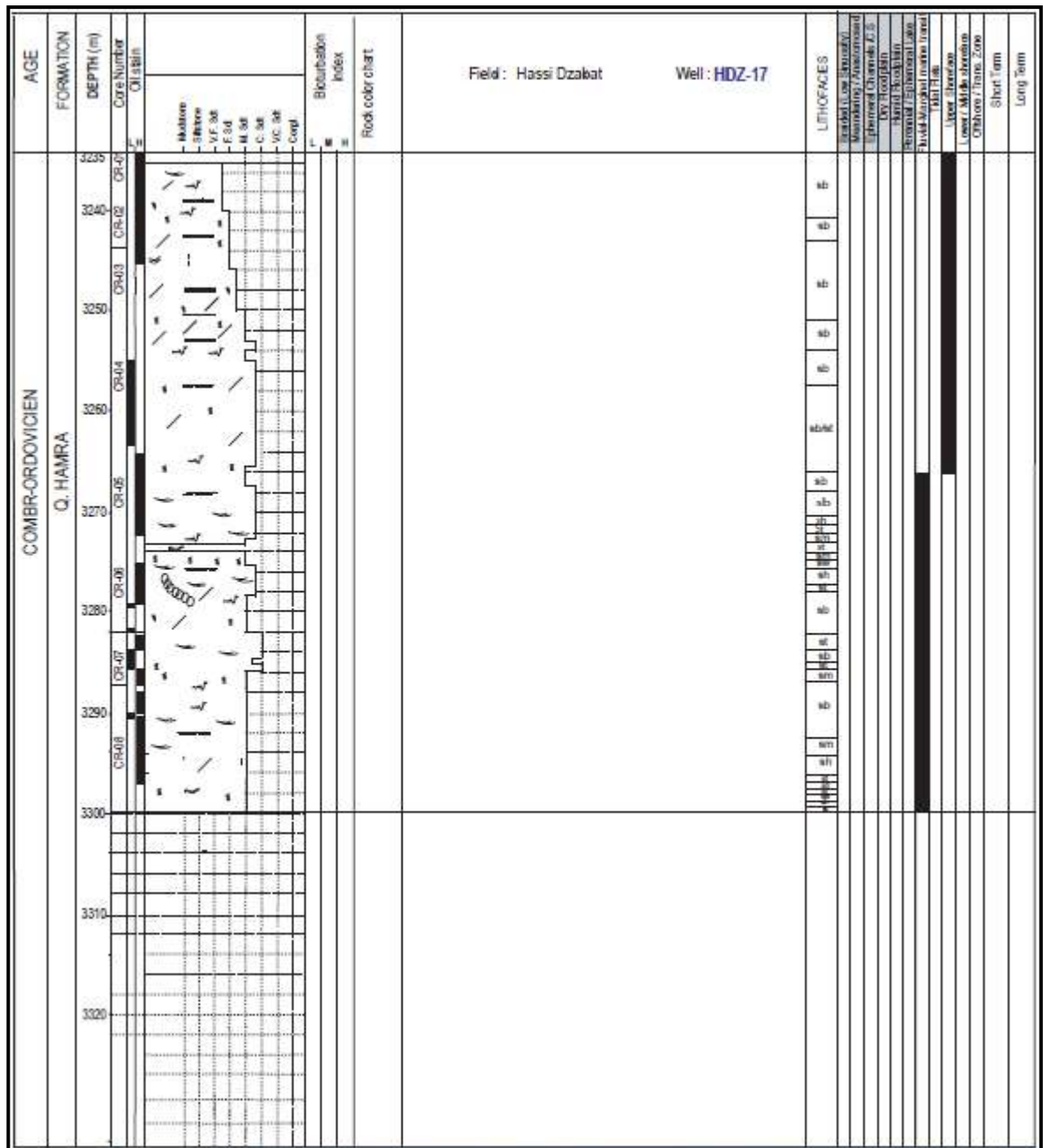


Fig.4.2- La description sédimentologique des carottes du puits HDZ-15.

III.4- Analyse des Lithofacies sédimentaires

Un lithofacies sédimentaire est une unité lithologique distincte, définie par sa couleur, les structures sédimentaires, litages, composition minéralogique et la texture. Il peut se présenter sous forme de bancs ou un ensemble de bancs, formé sous certaines conditions physico-chimique ou mécanique, reflétant des processus ou environnement spécifique (Reading, 1996). La définition et l'identification des Lithofacies sont purement basées sur des critères descriptifs, mais toutefois les lithofacies sont interprétés dans un contexte génétique.

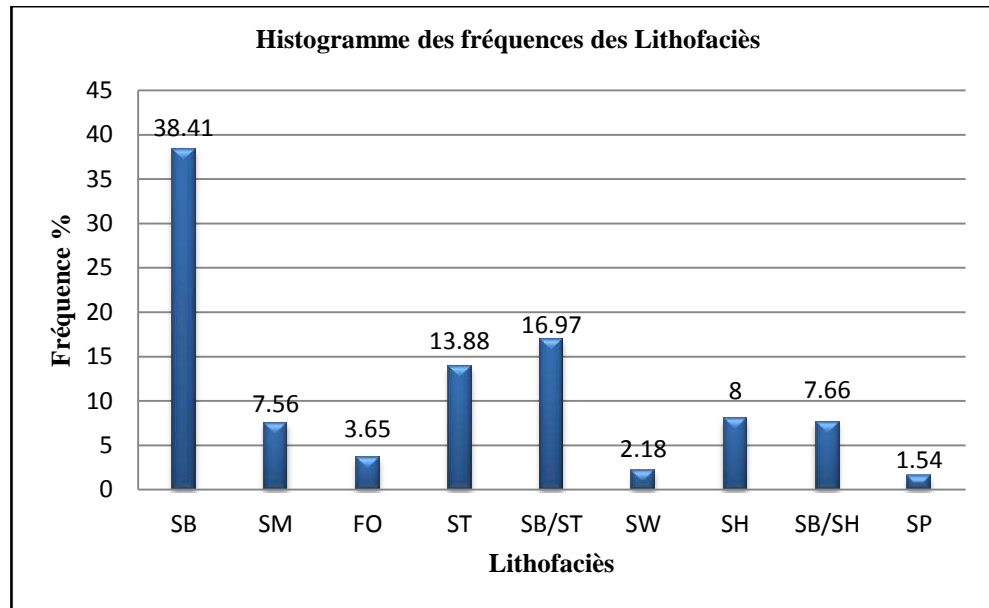


Fig.5.2- Histogramme des fréquences des Lithofaciès du puits HDZ-9.

➤ La proportion des lithofaciès interprétés par section est montrée sur la figure (Fig.5-2) du puits HDZ-9. Il Montre une dominance de lithofaciès grés intensément bioturbés (Sb) représente la proportion de 38.41%, et l’homogénéité des deux faciès gréseux à stratifications obliques en auge plan et grés intensément bioturbés (Sb/St) représente la proportion de 16.97%.Ainsi qu’une valeur de fréquence minimale est représentée de 1.54% par le faciès de grés à stratification obliques –planes.

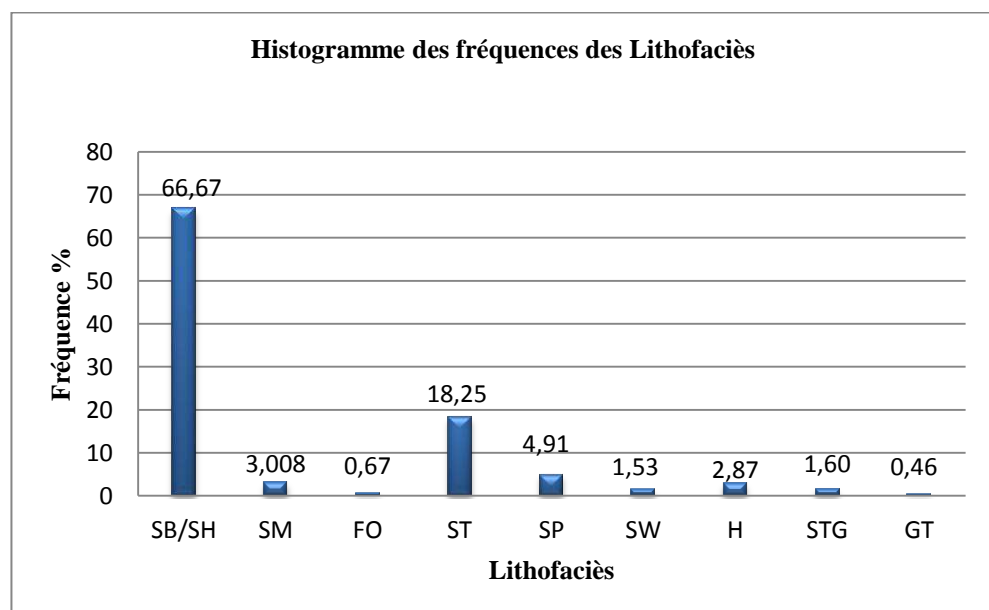


Fig.6.2- Histogramme des fréquences des Lithofaciès du puits HDZ-10

➤ La proportion des lithofaciés interprétés par section est montrée sur la figure (Fig.6-2) du puits HDZ-10. Il Montre une dominance de lithofaciés grés intensément bioturbés et grés stratification horizontal (Sb/Sh) représentent la proportion de 66.67%, et grés à stratifications obliques en auge plan (St) représente la proportion de 13.23%. Ainsi qu'une valeur de fréquence minimale est représentée de 0.34% par le faciès de conglomérats à structures oblique en auge.

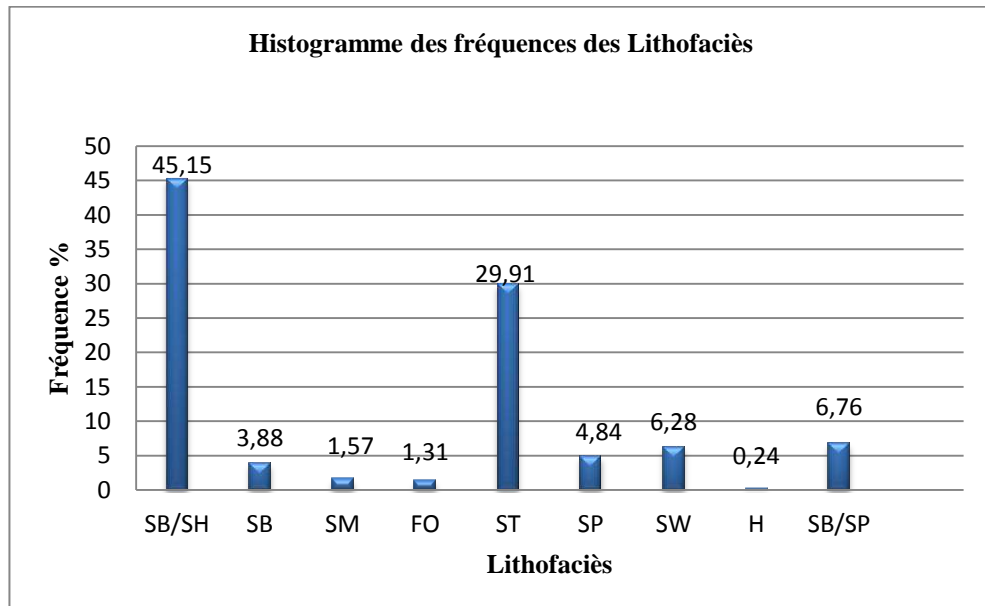


Fig.7.2- Histogramme des fréquences des Lithofaciés du puits HDZ-15.

➤ La proportion des lithofaciés interprétés par section est montrée sur la figure (Fig.7-2) du puits HDZ-15. Il Montre une dominance de lithofaciés grés intensément bioturbés et grés stratification horizontal (Sb/Sh) représentent la proportion de 45.15%, et grés à stratifications obliques en auge plan (St) représente la proportion de 29.91%. Ainsi qu'une valeur de fréquence minimale est représentée de 0.17% par le faciès d'alternance de grés, de silts et d'argile à faible bioturbation.

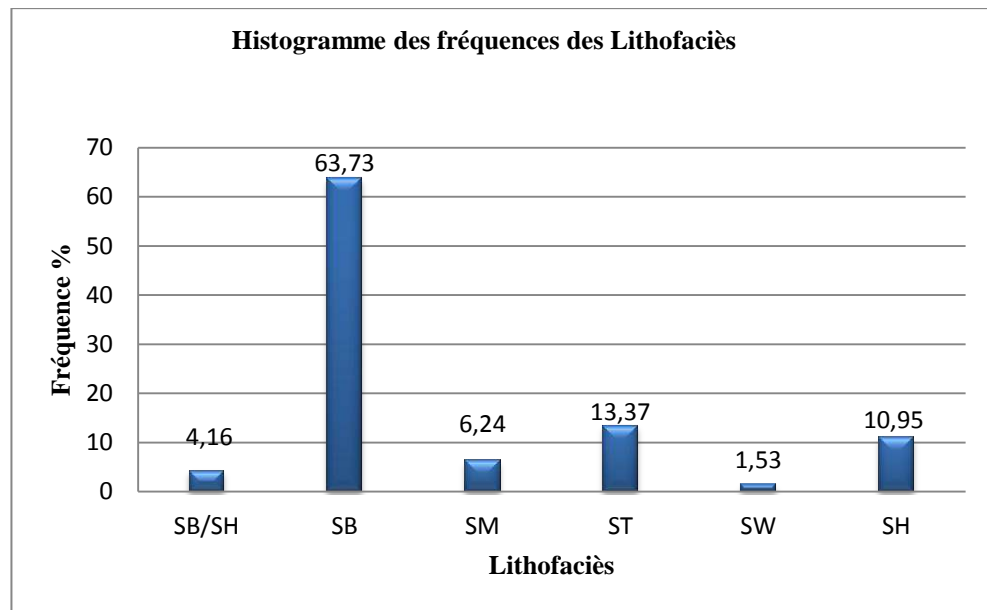


Fig.8.2- Histogramme des fréquences des Lithofaciès du puits HDZ-17.

- La proportion des lithofaciès interprétés par section est montrée sur la figure (Fig.8-2) du puits HDZ-17. Il montre une dominance de lithofaciès grès intensément bioturbés (Sb) représentant la proportion de 63.73%, et grès à stratifications obliques en auge plan (St) représente la proportion de 13.36%. Ce dernier est représenté une proportion importante.

III.5- Associations des Lithofaciès et milieux de dépôts :

Les associations de lithofaciès sont des assemblages de lithofaciès spatialement et génétiquement liés. Ces dernières sont distinguées comme les principales composantes d'une succession sédimentaire (Collinson, 1996). Les liens et les regroupements des lithofaciès adjacents, est fondamental pour l'interprétation des environnements de dépôts et leurs successions (Miall, 1977).

L'étude détaillée des faciès sédimentaires et de leurs relations a permis d'identifier plusieurs associations de faciès, chacune incluant un ou plusieurs lithofaciès précédemment décrits. Ces différentes associations, récurrentes sur l'ensemble des puits étudiés, caractérisent des ensembles sédimentaires, également observés sur tous les puits. Les puits HDZ-9, HDZ-10, HDZ-15 et HDZ-17, uns des mieux conservés et présentant la plus grande variété de faciès, ont servi dans cet étude de coupe de référence pour présenter les différentes associations de faciès.

La géométrie et les relations entre les différents faciès ont permis d'identifier quatre associations de faciès dans les puits qui ont été décrit (Tab.2-2), (Tab.3-2), (Tab.4-2), et (Tab.5-2) Chacune d'elles représente un élément géomorphologique. Les codes employés par Miall (1985) pour les associations de faciès dans le milieu fluviatile le milieu marin peu profond. Ces associations de lithofacies issues de l'interprétation détaillée sont :

- 1) upper shoreface.
- 2) barre de shore face
- 3) Chenaux actifs.

Les histogrammes des fréquences (Fig.5-2), (Fig.6-2), (Fig.7-2) et (Fig.8-2) d'associations de lithofacies déduites à partir des logs des puits localisés dans le bloc 402b, montrent des fréquences élevées de chenaux fluviatiles actifs.

Unités	Associations de lithofacies	Lithofacies
Unité supérieur	Upper shoreface	Sb, Sh
Unité supérieur	Upper shoreface	Sp, Sh, Sm Fo
Unité inférieur	chenal fluviatile active ou barre de shoreface	St, Sp, Sw Fo
Unité inférieur	chenal fluviatile active	St, Sb ,Sw,Sm

Tab.2.2- associations des lithofacies rencontrées du puits HDZ-9.

Unités	Associations de lithofacies	Lithofacies	
Unité supérieur	Upper shoreface	Sb/SH	
Unité inférieur	supérieur	chenal fluviatile active	St,Sw, Sp, Sm,H, Fo
	supérieur	Barre de chenal/ barre de shoreface	Sp, H, St
	inférieur	barre de shoreface	Sb/SH
	inférieur	chenal fluviatile active/bare de shoreface	Stg, Gt, Sw, H,Sm, Sp

Tab.3.2- associations des lithofacies rencontrées du puits HDZ-10.

Unités	Associations de lithofacies	Lithofacies
Unité supérieur	Chenal fluviatile active	St
Unité supérieur	Upper shoreface	Sb/Sh, H, Sb, Sw, Sb/Sp
supérieur inférieur	chenal fluviatile active/ bare de shoreface	St, Sp, Sw, Sm Fo

Tab.4.2- associations des lithofacies rencontrées du puits HDZ-15.

Unités	Associations de lithofacies	Lithofacies
Unité supérieur	Upper shoreface	Sb,Sb/Sh
Unité moyen	chenal fluviatile active	Sb, St, Sm,Sw
Unité inférieur	Barre de shoreface	Sb, Sm, Sh, St, Sw

Tab. 5.2- associations des lithofacies rencontrées du puits HDZ-17.

III.5.1- Associations des milieux de dépôts du puits HDZ-9 :

Sur la figure (Fig.9-2). Il Montre que le milieu de dépôt plus dominance c'est l'upper shoreface (qui correspond au subtidal. supérieur d'avant plage) est représenté la proportion atteignant jusqu'à (82.63) %, et les autres milieux de dépôt représentés (17.27%).

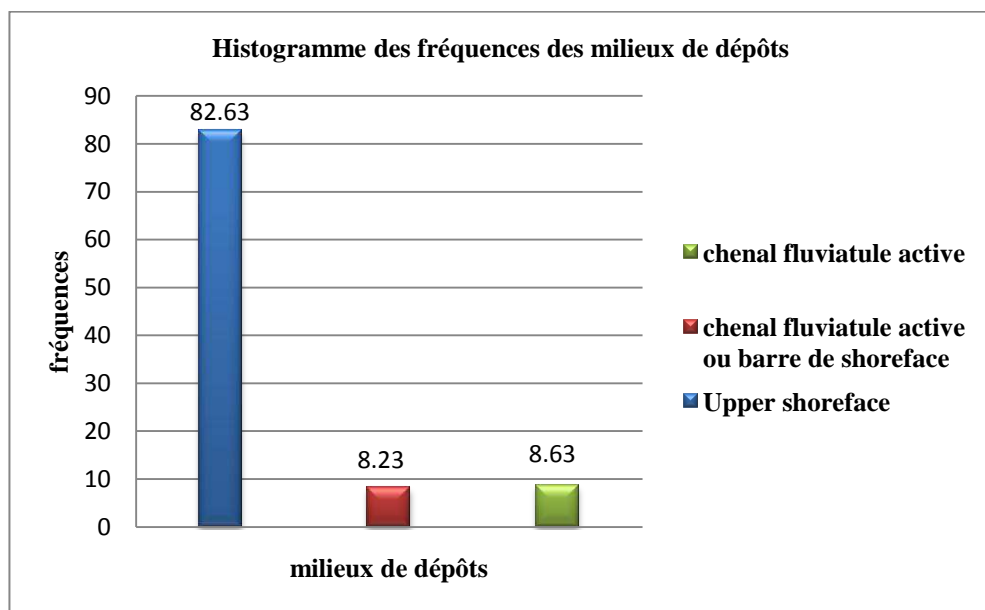


Fig.9.2- Histogramme des fréquences des milieux de dépôts du puits HDZ-9.

III.5.2- Associations des milieux de dépôts du puits HDZ-10 :

Sur la figure (Fig.10-2). Il Montre que les milieux de dépôt plus dominance c'est l'upper shoreface (qui correspond au subtidal. supérieur d'avant plage) est représenté la proportion atteignant jusqu'à (45.42 %) et chenal fluviatile active est représenté la proportion de (32.84%). et les autres milieux de dépôt représentés (21.74%).

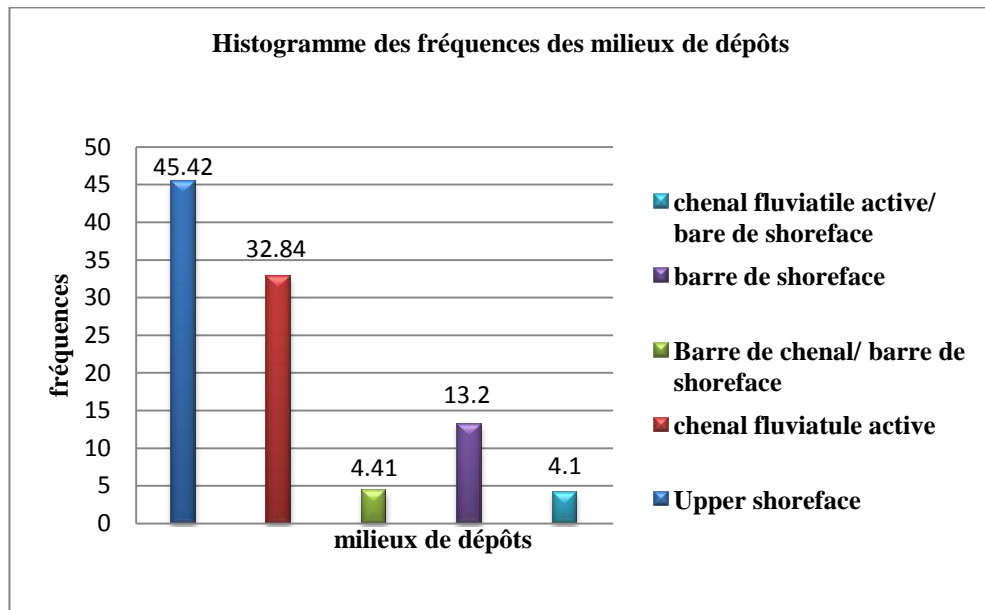


Fig.10.2- Histogramme des fréquences des milieux de dépôts du puits HDZ-10.

III.5.3- Associations des milieux de dépôts du puits HDZ-15 :

Sur la figure (Fig.11.2). Il Montre que les milieux de dépôt plus dominance c'est l'upper shoreface (qui correspond au subtidal. supérieur d'avant plage) est représenté la proportion atteignant jusqu'à (65.80 %). ainsi que les deux milieux de dépôt le chenal fluviatile active et le barre de shoreface sont représentés la proportion de (32.78%).

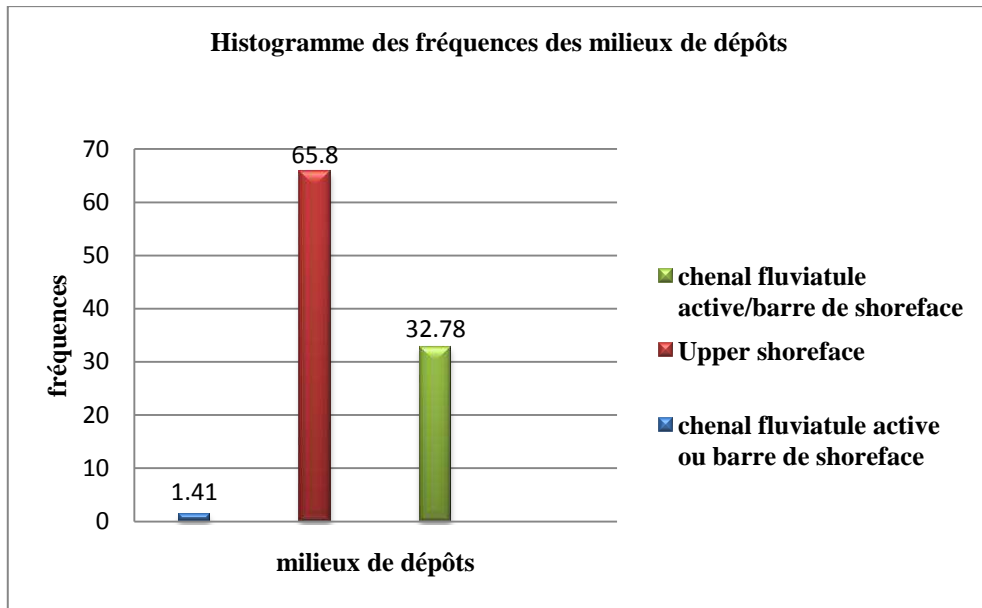


Fig.11.2- Histogramme des fréquences des milieux de dépôts du puits HDZ-15.

III.5.4- Associations des milieux de dépôts du puits HDZ-17 :

Sur la figure (Fig.12.2). Il Montre que les milieux de dépôt sont représentés des taux importantes comme suites : upper shoreface (qui correspond au subtidal. supérieur d'avant plage) est représenté la proportion atteignant jusqu'à (51.16 %). le chenal fluviatile active /barre de shoreface sont représentés de (29.45%). et la barre de shoreface est représenté la proportion de (19.37%).

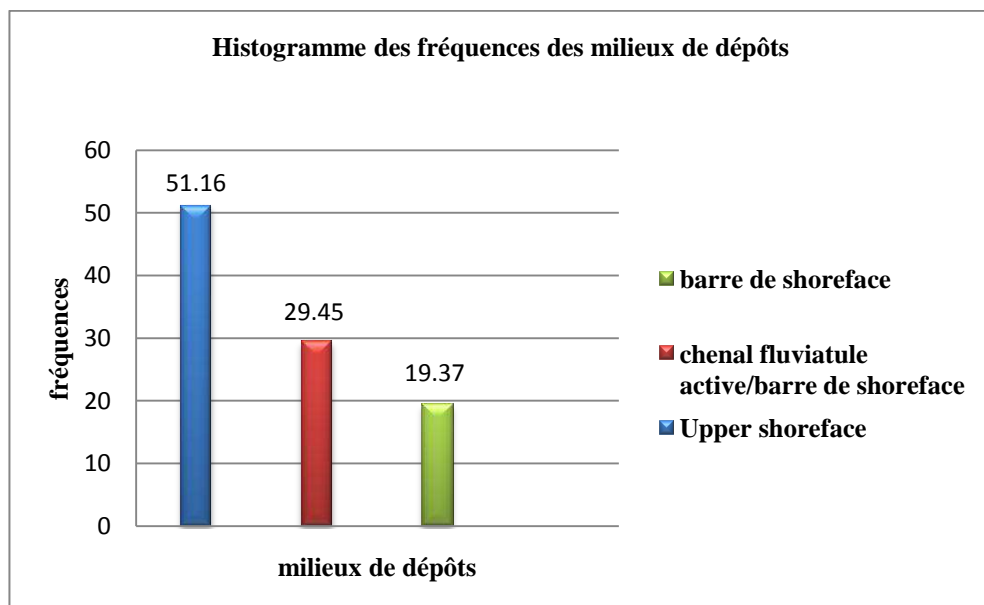


Fig.12.2- Histogramme des fréquences des milieux de dépôts du puits HDZ-17.

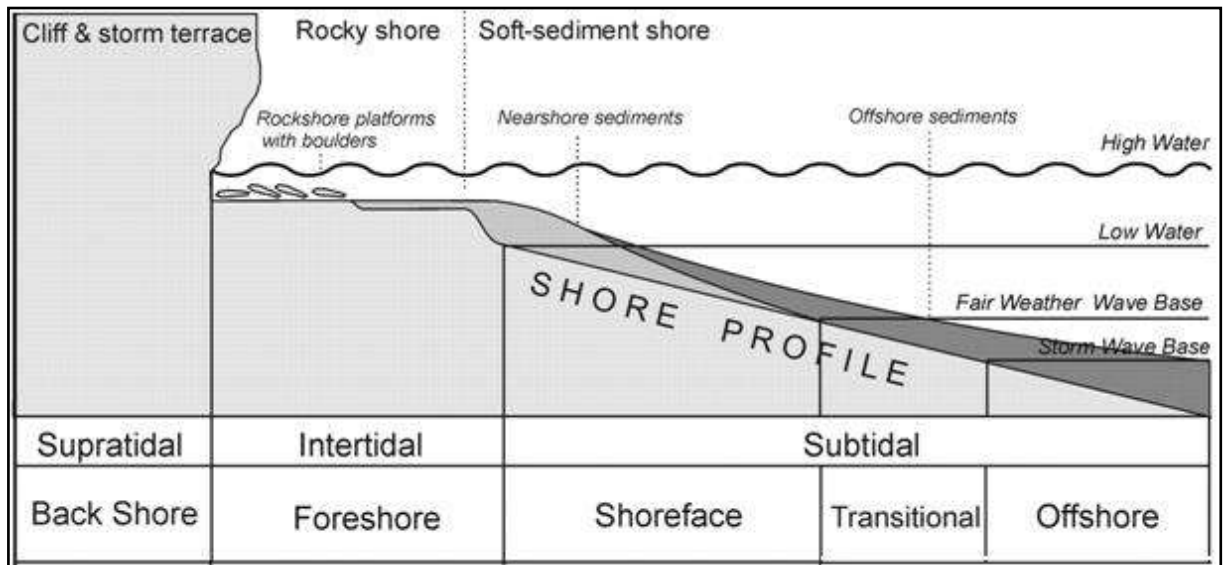


Fig.13.2- schéma représente les milieux du dépôt marin.

III.6- Conclusion

Dans la région Hassi d’Z abat, les dépôts de cambro-ordovicien rencontrés sur les carottes des puits appartenant au bloc 427, constituent des niveaux réservoirs à faciès fluviatiles et ainsi que des faciès de shoreface. Jusqu’à présent beaucoup d’étudiés ont été réalisées. Une étude détaillée sur carottes de plusieurs puits a permis la reconnaissance de onze types de faciès, issues de trois environnements sédimentaires qui se succèdent verticalement : (1) un ensemble de faciès de upper shoreface(2) un ensemble de faciès barre de shoreface, (3) un ensemble de faciès de chenal fluviatile active.

Les études statistiques qui ont été réalisées sur les lithofacies lithologiques à partir des histogrammes des fréquences, issue des carottes des puits HDZ-9, HDZ-10, HDZ-15 et HDZ-17, montrent qu’une dominance de lithofacies Gréseux intensément bioturbés(Sb), Les grès à stratification obliques en auge (St), Les grès à stratification horizontale (Sh) et argiles silteuses / silts argileux à structures laminaires plus ou moins bioturbés (Fo), représentent une partie importante.

Les associations de lithofacies déduites à partir des logs des puits de champs Hassi d’Zabat, localisés dans le bloc427 montrent des deux milieux de dépôt continental et marin ; le milieu continental est représenté par des dépôts fluviatile (canaux actives et barre des canaux) et le milieu de dépôt marin est représenté par des dépôts marin peu profonde (upper de shoreface et barre de shore face).

C **HAPITRE**

IV

**ETUDE PETROGRAPHIQUE
ET DIAGENETIQUE**

Chapitre IV Etude pétrographique et diagénétique

IV.1- Etude pétrographique

IV.1.1- Introduction

Il s'agit d'une analyse pétrographique détaillée portant sur quatre (04) puits. Cette étude nous a permis de mettre en relief les caractères pétrographiques principaux du réservoir de quartzite de Hamra. Pour cela, une analyse qualitative approfondie de lames minces a été réalisée.

IV.1.2- Analyses des lames minces

IV.1.2.1- Analyse des lames minces du puits HDZ-9

L'analyse concernant ces lames minces des cotes 3334,12m, 3348,48m et 3299.07m nous ont renseignés sur le type de la porosité qui est secondaire intergranulaire est qui créé soit par la dissolution de ciment carbonaté (Fig.2-3).et (Fig.3-3). Exfoliation d'un mica (Fig.1-3).

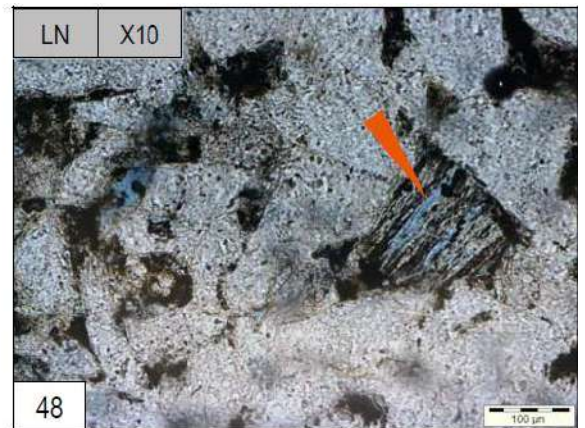
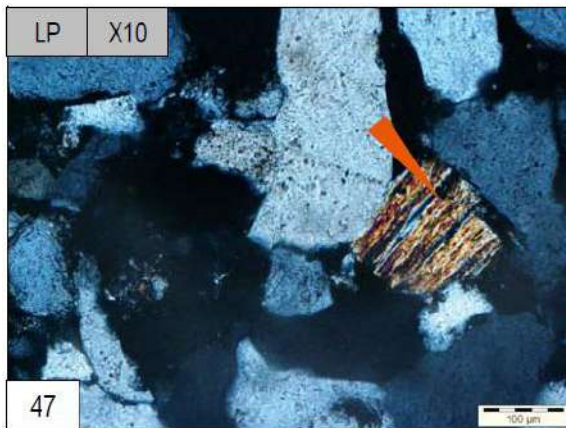


Fig.1.3- HDZ-09-3334,12m Exfoliation d'un mica engendrant une porosité secondaire Intercristalline.

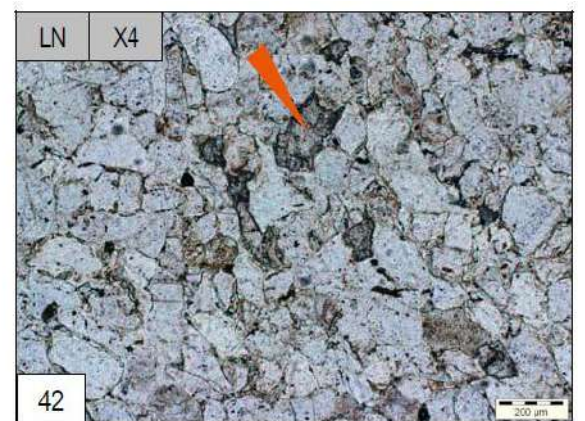
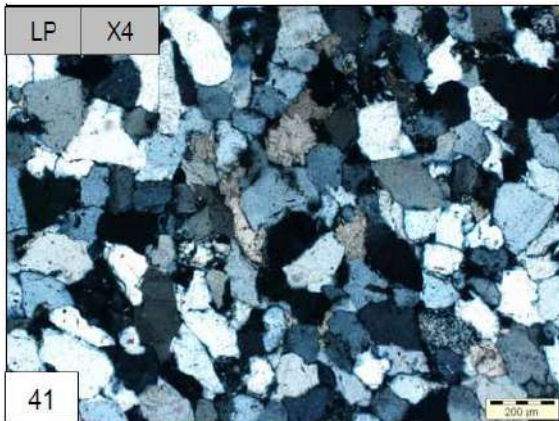


Fig.2.3- HDZ-09 – 3348,48m Réseau poreux créé par la dissolution du ciment carbonaté.

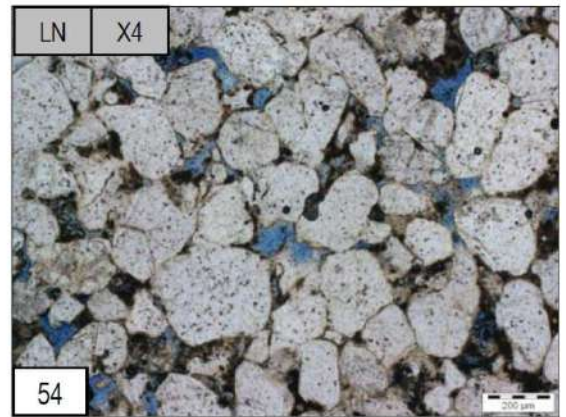
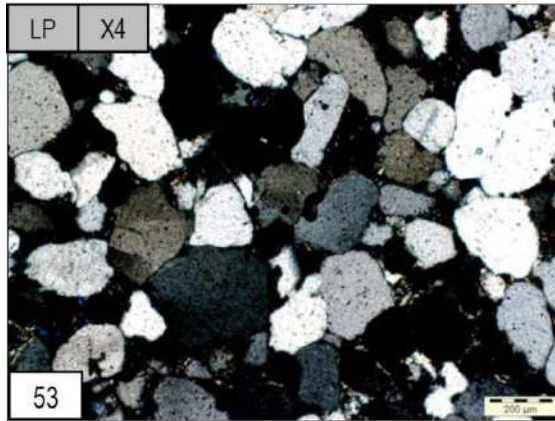


Fig.3.3- HDZ-09-3299,07m Porosité de dissolution.

IV.1.2.2- Analyse des lames minces du puits HDZ-10

L'analyse concernant ces lames minces extraites des cotes 3277.05m, 3261.35m et 3299.07m nous ont renseignés sur le type de ciment soit argileux (Fig.5-3) ou siliceux (Fig.4-3).

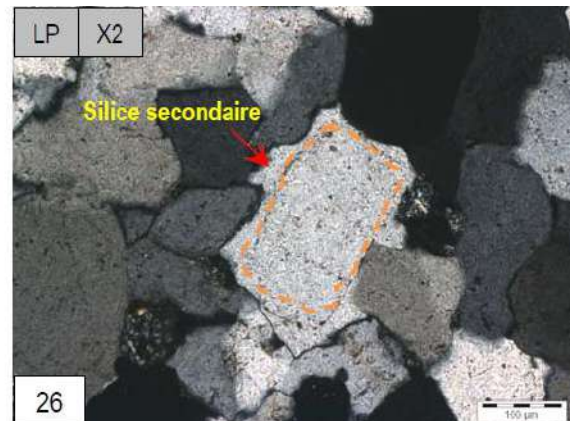
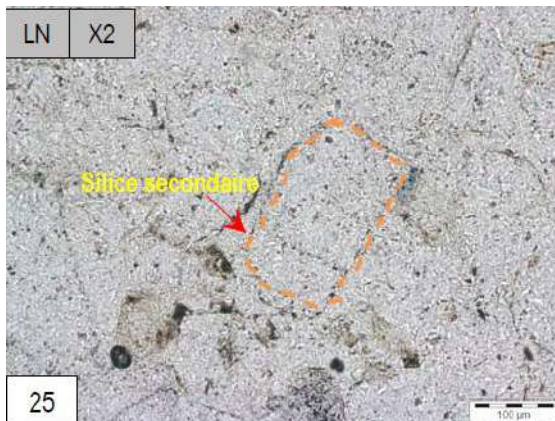


Fig.4.3- HDZ-10 - 3277.05m Développement de la silice secondaire autour des grains de quartz.

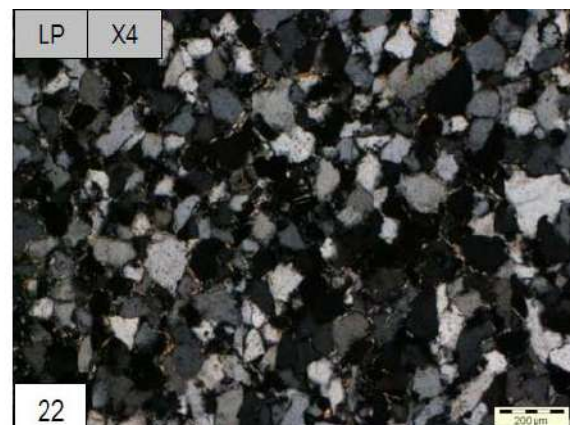
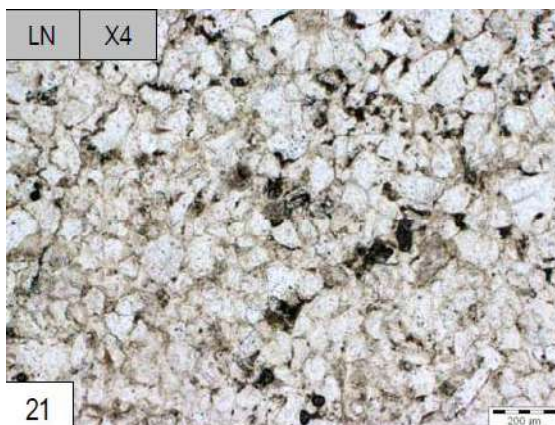


Fig.5.3- HDZ-10 – 3261.35m Grès fin à ciment argileux abondant

IV.1.2.3- Analyse des lames minces du puits HDZ-15

L'analyse concernant ces lames minces extraites des cotes 3243.38m, 3302.84m et 3299.07m nous ont renseignés sur un autre type de porosité qui est la porosité secondaire fissurale, créé par les microfissures (Fig.6-3) et (Fig.7-3).

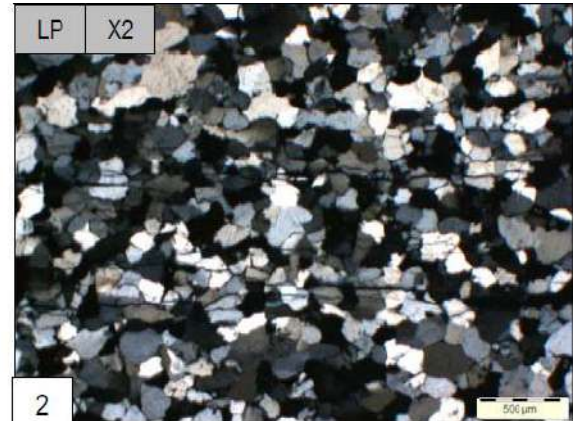
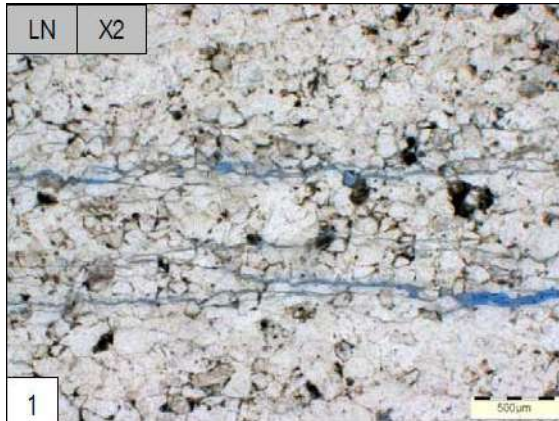


Fig.6.3- HDZ-15 - 3243.38m Réseau de microfissures ouvertes créant une porosité secondaire.

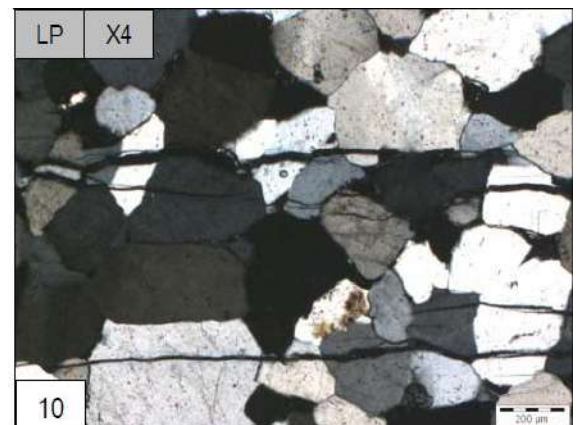


Fig.7.3- HDZ-15 - 3302.84m Effet de la compaction provoquant des microfissures ouvertes.

IV.1.2.4- Analyse des lames minces du puits HDZ-17

L'analyse concernant des lames minces des cotes 3279.60.m, et 3235.58m nous ont renseignés sur la forme et la taille des grains et le types de ciment, ayant subis des phénomènes, syn. (Fig.8-3) et/ou postsédimentaire comme la stylolitisation et la formation du ciment berytique (Fig.9-3) et (Fig.10-3).

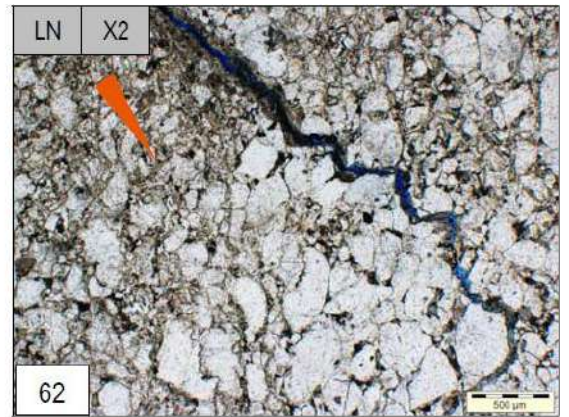
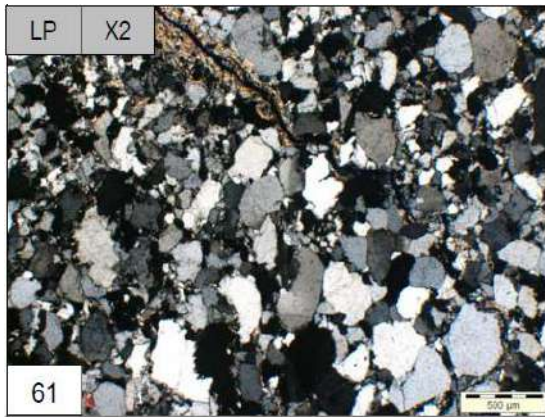


Fig.8.3- HDZ-17-3279,60m Les grains de quartz sont de tailles et de classement variables avec un joint stylolitique.

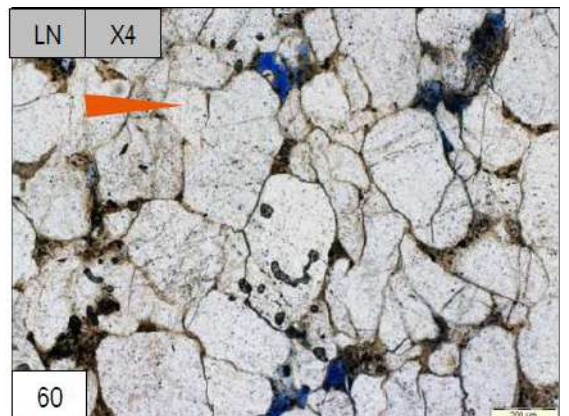
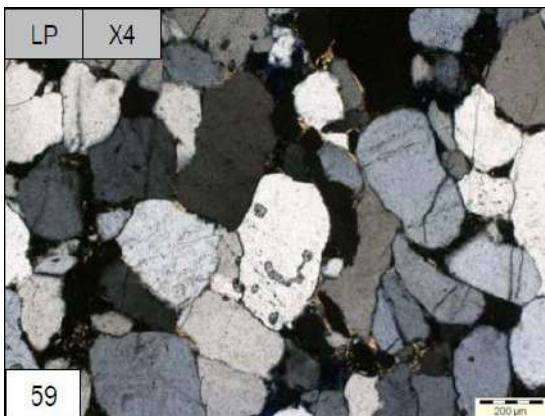


Fig.9.3- HDZ-17-3283,64m Grès moyennement classé à ciment argileux.

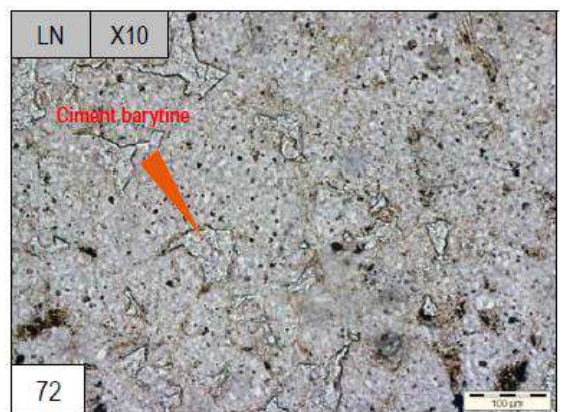
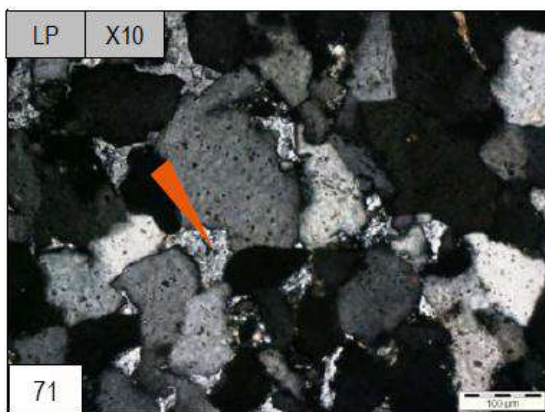


Fig.10.3- HDZ-17- 3235,58m Grès à ciment argileux et barytine.

IV.2- Etude diagenétique

L'étude diagenétique est basée sur l'analyse d'une dizaine de lames minces, préparées sur des échantillons extraits de carottes et sur la base de la description sédimentologique et pétrographique. Quelques exemples ont été photographiés pour illustrer les paramètres texturaux et les phénomènes diagenétiques observés, tels que le type de porosité, le ciment intergranulaires, la taille et la forme des grains, les contacts entre grains etc...

Suite à cette analyse, les phénomènes diagenétiques observés ont été hiérarchisés selon une séquence d'événements chronologiques : c'est la séquence diagenétique.

IV.2.1- Les composants détritiques (les grains)

Les pourcentages des grains.

Les types de contacts entre les grains et leur fréquence.

Le diamètre moyen et maximal des grains de quartz, leurs classements et leurs morphoscopie.

IV.2.2- Les phases de liaison

Les différents types de ciments et leurs abondances.

IV.2.3- Description des composants détritiques et authigènes de grès

Les grès du réservoir Ordovicien (Quartzites el Hamra), du champ Hassi Dzabat, sont classés comme quartz arénites d'après le diagramme de Folk (1974). Ses composants sont décrits en détail par les études antérieures. Les illustrations sont en annexe.

IV.2.3.1- Les composants détritiques

A/ Le Quartz

Le quartz est le principal composant détritique des grès ordoviciens du champ de Hassi Dzabat. Il représente en moyenne 64 à 90% du volume total de la roche. Il est présent généralement sous forme de grains à extinction droite parfois ondulante, Seuls quelques niveaux montrent des grains de quartz craquelés sous l'effet de la compaction (ph 63-64).

La morphoscopie des grains est souvent Sub-anguleuse à sub-arrondie, quelques fois arrondie. La taille moyenne des grains oscille entre 0.100mm à 0.650mm.

Les grains de quartz sont moyennement à mal classés et les contacts entre eux sont de type droits avec présence fréquente des contacts de type concave-convexes.

B/ Les fragments de roches

Les fragments de roches de nature argileuses sont les plus abondants. Leur proportion atteint les 15% dans le sondage HDZ-9.

C/ Les Feldspaths

Ce sont principalement des feldspaths potassiques (microclines et orthoses), souvent altérés en argiles (ph. 43-44), leur pourcentage est assez faible n'excédant pas les 3%.

D/ Les micas

Les micas détritiques sont représentés uniquement par de la muscovite souvent altérée en illite. Leurs teneurs ne dépassent pas les 3% (ph 69-70).

E/ Les Minéraux lourds

Ce sont des minéraux stables, en proportions très faibles (traces à 2%) et dont les plus fréquents sont le zircon et la tourmaline. Localement, on trouve du leucoxène (oxyde de titane) en trace.

IV.2.3.2 Les composants authigènes

Les composants authigènes regroupent tous les types de ciments observés dans les échantillons des quatre (04) puits étudiés et sont par ordre d'importance

A/ La silice secondaire

La silice secondaire est omniprésente dans tous les intervalles étudiés avec des proportions importantes qui peuvent atteindre les 15%. Elle se présente généralement sous deux aspects, en auréoles ou silice syntaxiale (ph 11-12) *et* (ph 25-26), et intergranulaire moins fréquente, résultat du phénomène de pression dissolution.

La silice syntaxiale est bien développée dans les grès marins en l'absence du tapissage argileux.

B/ L'argile

L'argile authigène est considérablement représentée sur tous les niveaux, avec des proportions variables, allant de trace à 20%. Elle se présente sous deux formes, soit en films très fins enrobant les grains de quartz, soit en amas de taille différente issus de la transformation, in-situ, des feldspaths et des micas blancs obstruant parfois les pores intergranulaires (ph 21-22). La nature minéralogique identifiée par la diffractométrie aux rayons X (DRX), a permis de confirmer l'analyse pétrographique qui révèle un cortège argileux dominé par l'illite et en faible proportion, la chlorite, les interstratifiés (illite-montmorillonite) et rarement la kaolinite (ph 5-6).

C/ La baryte

Elle est observée localement dans les quatre (04) sondages, souvent sous forme de gros cristaux lamellaires colmatant les microfissures (ph 21-22), (ph 19-20) et (ph 71-72). En d'autres endroits, elle se manifeste en ciment. Son pourcentage oscille entre 3 et 10%.

D/ Les carbonates

Ils sont représentés principalement par la dolomite et la sidérite et dont la proportion se situe dans une fourchette allant de 1 à 35%.

La dolomite est observée sous deux formes principales; témoignant des caractères précoce et tardif de ce ciment. La première précoce se présente sous forme de petites plages xénomorphes éparses, et le second tardif est présente sous forme de grandes plages à texture poecilitique (ph 13-14) et (ph 35-36) obstruant totalement l'espace intergranulaire. Le ciment sidéritique a été observé surtout dans le sondage HDZ-10 avec un pourcentage avoisinant 25% (ph 33-34).

E/ L'anhydrite

Le ciment anhydritique est généralement observé en association avec la dolomite mais avec une proportion volumétrique nettement en dessous de celle de la dolomite (1 à 5%) (ph 15-16).

F/ La pyrite

La proportion de la pyrite dans les grès est assez faible n'excédant pas les 7%. La présence de la pyrite semble liée au bitume. Parfois la pyrite colmate les microfissures (ph 17-18).

G/ Les oxydes

Ils sont représentés généralement par l'oxyde de fer et leur pourcentage varie de trace à 2%.

H/ La matière organique

Elle est généralement associée aux argiles avec un pourcentage faible (1 à 4%) (ph 5-6).

I/ Le ciment évaporitique (salifère)

Du fait de sa mauvaise préservation. L'estimation de la proportion du sel (halite) dans les grès est assez difficile. Cependant les résultats de la diffractométrie aux rayons X (DRX) confirment la présence du sel dans les échantillons étudiés.

IV.2.4- Influence des paramètres texturaux sur les propriétés de réservoir

Différents facteurs texturaux liés aux conditions originelles de dépôt sont apparus comme contrôlant la qualité de réservoir, il s'agit

IV.2.4.1- Le classement des grains

Le classement des Quartzites de Hamra est, pour une grande majorité des lames, bon à moyen alors que dans 30% des cas il peut être très bon. L'impact du classement des grains sur les propriétés réservoirs est en partie masqué par la présence de ciment précoce qui contrôle la

réduction de porosité au cours de l'enfouissement. En général, les échantillons ayant un meilleur classement et arrondis présentent de meilleures porosités Initiales.

IV.2.4.2- La taille des grains

Les Quartzites de Hamra sont majoritairement constituées de grès fins à moyens. L'impact de la granulométrie sur les propriétés réservoirs est très fort plus la granulométrie n'est forte, meilleures sont les caractéristiques petrophysiques des échantillons. Généralement, cela s'explique par le fait que les grès plus grossiers subissent relativement moins de dissolution par compaction chimique en raison d'une surface de contacts entre grains plus réduite.

IV.2.4.3- Asement des grains

A partir de chartes visuelles permettant l'estimation de la sphéricité et de l'éroulé des grains, l'arrondi des grains a pu être déterminé pour chaque échantillon. L'estimation du degré d'usure des éléments donne des indications sur le transport des éléments un pourcentage élevé de grains anguleux traduit un transport court, alors qu'un degré d'arrondi dominant indique un long transport. Les Quartzites de Hamra ont des grains majoritairement subanguleux à subarrondis. Ce paramètre a également un impact sur les propriétés réservoirs plus les grains sont arrondis, meilleures sont les caractéristiques petrophysiques des échantillons en raison du réarrangement des grains.

IV.2.4.4- Contacts entre grains

Les contacts entre grains, déterminés pour chaque échantillon, sont le reflet du degré de compaction du matériel. Dans le cas des Quartzites de Hamra, les contacts sont majoritairement concave-convexes à suturée, ce qui traduit un degré significatif de compaction. L'impact de ce paramètre sur les propriétés réservoirs est seuls les contacts longitudinaux montrent de meilleures propriétés.

IV.2.5- La séquence diagénétique des grès de quartzites de Hamra

Les différents phénomènes qui se sont produits pendant la diagenèse, dans l'ordre chronologique, sont récapitulés et approchés sur la figure (Fig.11-3). Il s'agit de :

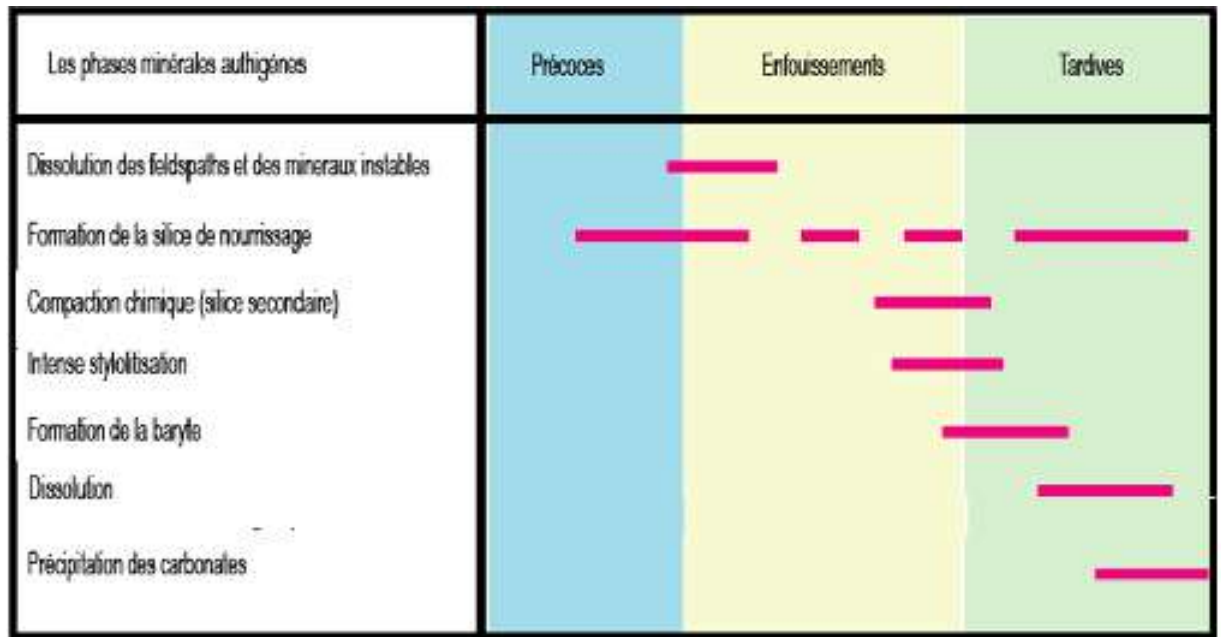


Fig.11.3- Séquence diagénétique du réservoir Quartzites de Hamra du champ de Hassi Dzabat.

IV.3-Conclusion

Une partie importante de ces résultats est issue de l'étude des carottes en termes de description ainsi que d'analyses des lames minces la succession des lithofaciès, ont été étudiées afin de permettre de préciser.

L'architecture interne des formations, déposées dans un environnement marin littoral de type shoreface (avant-plage) domine par des facies riches en bioturbations ou dans un environnement transitionnel fluvio-marin. L'analyse microscopique sur lames minces a montré que les caractéristiques suivantes :

- Les grés sont présentés une proportion très important à diamètre fin à moyen parfois grossier, généralement bien classé mais parfois mal classé et craqué suit au phénomène de fort compaction.
- Le types de ciment le plus dominance dans la région d'étude c'est le ciment siliceuse, mais il y a d'autres types de ciment est forme des pourcentages importants comme suites ; ciment argileux 20%, ciment de baryte son pourcentage varié entre 7 et 10%, ciment carbonaté oscille entre 1 et 35%, ciment d'anhydrite varié entre 1 et 5%, ciment de pyrite 7%, il y a d'autre trace du ciment comme le ciment des oxydes et le ciment évaporitique (salifère).
- La porosité le plus dominance dans la région d'étude c'est la porosité fissurale, mais il y de porosité de dissolution présenté d'une proportion importante

Sur tous les intervalles étudiés, nous avons constaté que la porosité est variable mais généralement faible. Il a été constaté un lien étroit entre la porosité et les phénomènes diagénétiques. Ces derniers ont parfois un impact négatif sur les qualités réservoirs, comme le développement des ciments siliceux et carbonate qui obturent parfois tous les pores. D'autres phénomènes sont plus favorables, tels que, le développement des réseaux de microfissures et la dissolution des ciments authigènes.

C **HAPITRE**

V

ETUDE PETROPHYSIQUE

Chapitre V : Etude pétrophysique

V- Etude pétrophysique

V.1- Introduction

L'étude des propriétés pétrophysiques des roches constitue une importante étape dans l'exploration et la production pétrolière du réservoir. En effet, pour comprendre et prévoir les qualités de la production d'un réservoir, il est nécessaire de connaître les propriétés pétrophysiques (porosité, perméabilité, saturation, densité) des roches réservoirs.

La porosité et la perméabilité sont deux paramètres fondamentaux qui caractérisent un réservoir pétrolier, dépendent essentiellement des milieux de dépôt et de la diagenèse. C'est pourquoi ces deux variables ne sont pas corrélables.

V.2- Généralités sur les propriétés pétrophysique

V.2.1- Porosité

V.2.1.1- Définition :

La porosité totale d'une roche se définit comme étant le pourcentage du volume des espaces vides (pores ou fissures) par rapport au volume total de la roche. La porosité est calculée à l'aide d'une équation mathématique simple suivante :

$$\Phi = \frac{V_p}{V_t} * 100 = \frac{V_p}{V_p + V_s} * 100$$

Φ : Porosité exprimée en (%).

V_t : Volume total de la roche.

V_p : Volume des pores.

V_s : Volume de solide.

La porosité peut être mesurée en utilisant la combinaison de deux ou trois des paramètres ci-dessous (Fig.1.4) :

Volume des solides.

Volume des pores.

Volume total.

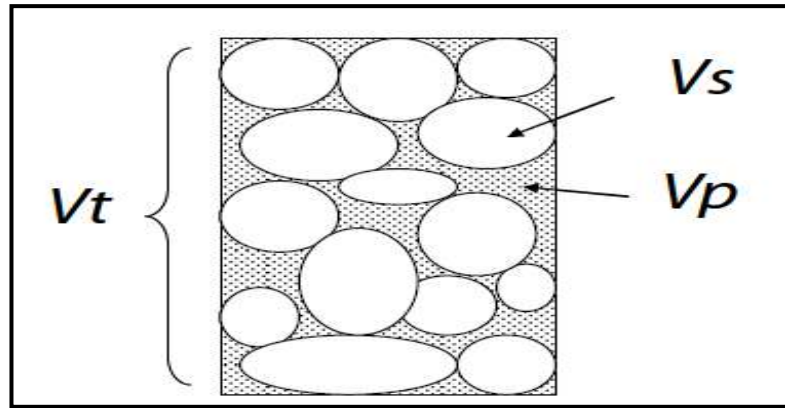


Fig.1.4- Schéma représente les milieux poreux

En production pétrolière, on s'intéresse particulièrement à la porosité connectée, laquelle prend uniquement en compte les vides connectés entre eux et susceptible de contenir des fluides.

Le vide existant entre les grains et les différents ciments a permis de mettre en évidence quatre types de réseaux poreux (Fig.2.4) : Intergranulaire, de dissolution, fissurale et microcristalline.

V.2.1.2- Types de porosités

➤ Intergranulaire :

Le plus fréquent et le plus important seulement il a été influencé par les différents phénomènes diagénétiques, ces modifications sont dues à la compactions : c'est l'élévation de la pression en fonction de la profondeur. Cette porosité aura tendance de devenir faible et négligeable et sera remplacée par la secondaire de dissolution, de fissuration ou intergranulaire.

➤ De dissolution :

C'est une porosité qui résulte de la dissolution des différents ciments siliceux ou carbonaté elle est très importante dans le niveau gréseux on a montré que la porosité peut augmenter à partir d'une certaine profondeur par augmentation de porosité secondaire. Ceci est expliqué par les différents phénomènes de lessivage de ciment, la dissolution entraîne une bonne caractérisation de réservoir.

➤ Fissurale :

Ce type est matérialisé par des fissures subhorizontales à horizontales souvent colmatées par un ciment carbonaté ou Argileux, parfois ces fissures sont vides, ce réseau est probablement lié aux nombreux mouvements tectoniques qu'a subit la région. La porosité

fissurale est moins fréquente comparée aux autres porosités. Elle peut contribuer à l'amélioration des qualités des réservoirs seulement

➤ **Microcristalline :**

Cette porosité n'est observée qu'au niveau des Argiles de type kaolinite. La porosité microcristalline contribue à l'amélioration des qualités réservoirs mais son envergure reste négligeable par rapport aux autres types de porosité.

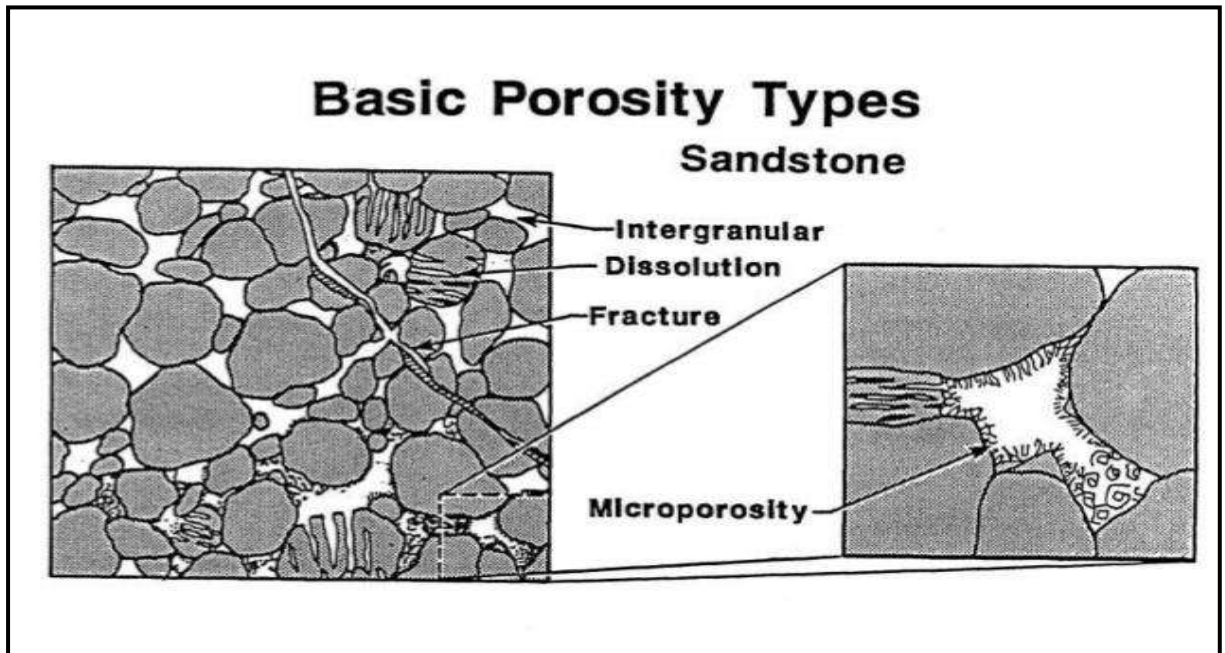


Fig.2.4- Présentation graphique de types de porosités

➤ **Porosité totale :**

La porosité totale est définie comme étant le rapport du volume total des pores sur le volume total d'un matériel qu'une partie des pores soient ou non connectés.

La porosité totale est le volume occupé par tous les fluides dans les espaces poreux connectés ou non connectés de la roche, y compris le volume occupé par de l'eau liée aux Argiles et l'eau de cristallisation.

➤ **Porosité Effective :**

La porosité totale est définie comme étant le rapport du volume des pores interconnectés sur le volume total du matériel, i.e. elle n'inclut pas les espaces poreux fermés.

Dans cette définition, la porosité effective n'inclut pas le volume occupé par de l'eau liée aux Argiles et l'eau de cristallisation, et dans certaines approches analytiques, elle n'inclut pas l'eau supplémentaire emprisonnée dans les Argiles schisteuses par les forces capillaires.

V.2.1.3- Méthodes d'évaluation de la porosité

La précision avec laquelle la porosité peut être déterminée est largement en fonction des méthodes utilisées dans cette mesure.

La porosité est déterminée par observation visuelle et mesures au laboratoire. La mesure de porosité au laboratoire nécessite la connaissance du volume total de l'échantillon et soit le volume des pores ou volumes de grains. Le volume total d'échantillon est habituellement mesuré par la méthode de déplacement volumétrique d'un fluide non mouillant, tel le mercure ou par mesure directe d'un échantillon de forme régulière.

Le volume de pores peut être obtenu de diverses façons. Si la composition minéralogique de la roche est connue, le volume des grains peut être calculé à partir de la densité et le poids de l'échantillon; volume des pores est le volume total moins le volume solide.

➤ Méthode d'expansion d'hélium par la loi de Boyle

La méthode la plus précise pour déterminer la porosité est la méthode d'expansion d'hélium. L'échantillon séché est placé dans une chambre de volume connu, le grain volume est calculé à partir du volume de chambre de référence et le système de pression finale par l'équation de la loi fondamentale des gaz parfaits. L'équation des grains volumes suivante dérive de l'équilibre de volume de gaz dans la chambre référence et la chambre à échantillon.

$$P_1 V_1 = P_2 (V_r + V_{ch} - V_s)$$

P_1 : pression amont

P_2 ; Pression aval

V_r : Volume référence

V_{ch} : Volume chambre

V_s : Volume de solides

Le volume solide dérive de la loi de 'Boyle' appliqué à l'hélium avant et après fermeture des valves (Fig.3.4) ci-dessous.

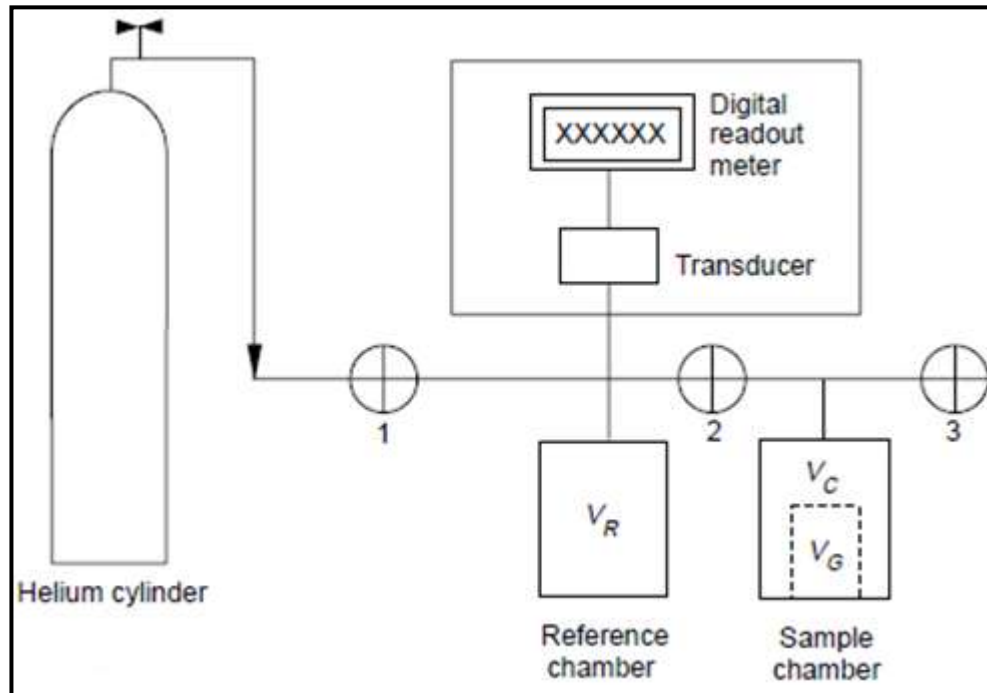


Fig.3.4- Schéma représentant l'ultra Pore 300 configuré pour le grain volume



Fig.4.4- Image représentant l'ultra Pore 300 configuré pour le grain volume

➤ Méthode de déplacement volumétrique

Le principe de base de cette méthode consiste à injecter le mercure dans les pores des échantillons sous des pressions relativement élevées. Un manomètre de lecture de pression est attaché au cylindre pour les lectures de pressions sous laquelle le fluide de mesure a été

injecté à l'intérieur des pores. (Fig.4.4). Montre une courbe typique déduite de cette méthode. Le volume de mercure qui entrent dans l'échantillon de carotte est obtenu à l'aide d'un instrument avec une précision supérieure à 0.01 cm³.

Cette méthode permet aussi mesurer le volume total d'un échantillon cylindrique de forme régulière ou irrégulière. Le volume total est obtenu par le déplacement d'un volume de Mercure par immersion d'un échantillon cylindrique dans la cellule. Le volume de Mercure déplacé par l'échantillon est déterminé par gravimétrie (Archimède' principale).

La mesure du volume total de l'échantillon est obtenue au moyen d'une pompe à Mercure (Fig.5.4), et (Fig.6.4), Basée sur la loi d'Archimède à laquelle une chambre en acier inoxydable est attachée.

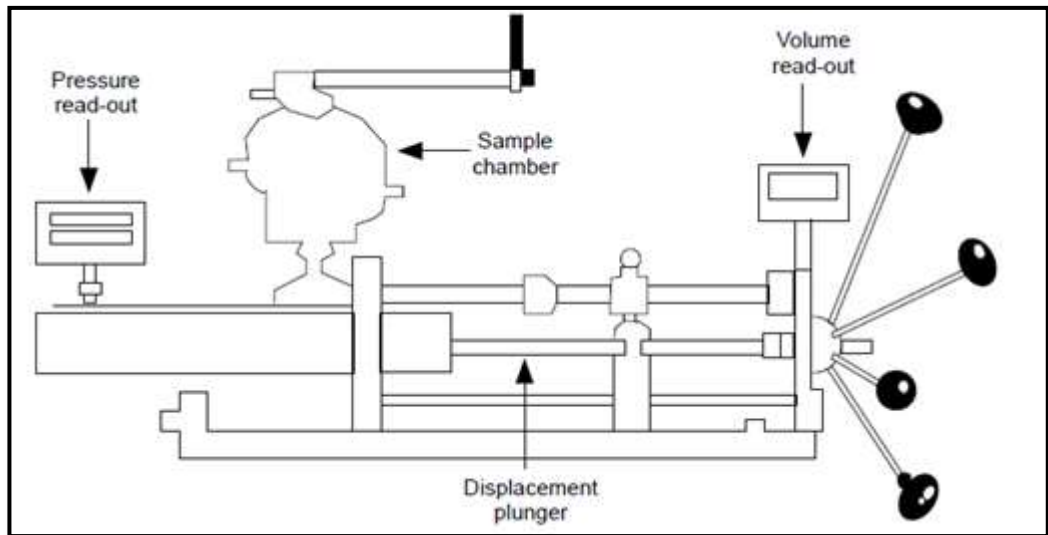


Fig.5.4- Schéma représentant la pompe volumétrique



Fig.6.4- Image représentant la pompe volumétrique

V.2.2- La perméabilité K

La perméabilité est une mesure de la capacité d'une roche à se laisser traverser par un fluide. L'unité de mesure est le Darcy. Les valeurs varient considérablement, de moins de 0.01 millidarcy (mD) à plus de 1Darcy. Une perméabilité de 0.1 mD, est jugé minimum pour la production de l'huile. Les réservoirs à haut rendement ont souvent des valeurs de perméabilités de l'ordre de darcy. Elle est exprimée par la loi de Darcy (Fig.7-4) suivante :

$$Q = S. K \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dl}$$

Q : Débit d'écoulement de fluide.

K : Perméabilité (mD).

μ : viscosité du fluide.

$(\Delta P)/L$: la chute de pression à travers toute la longueur de l'échantillon.

S : Surface de l'échantillon cylindrique.

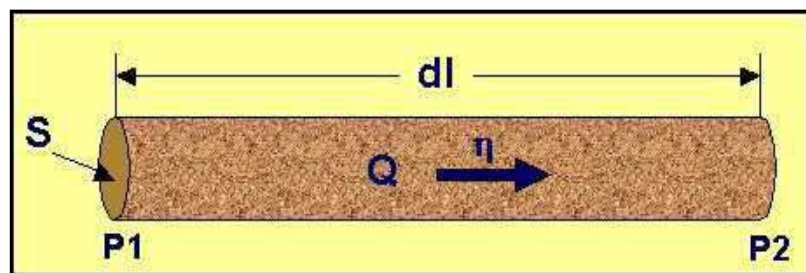


Fig.7.4- Schéma explique l'application la loi de Darcy

V.2.2.1- Type des perméabilités

Le vide existant entre les grains et les différents ciments a donne naissance à deux types de perméabilités Interarticulaires et fissurés (Fig.8.4).

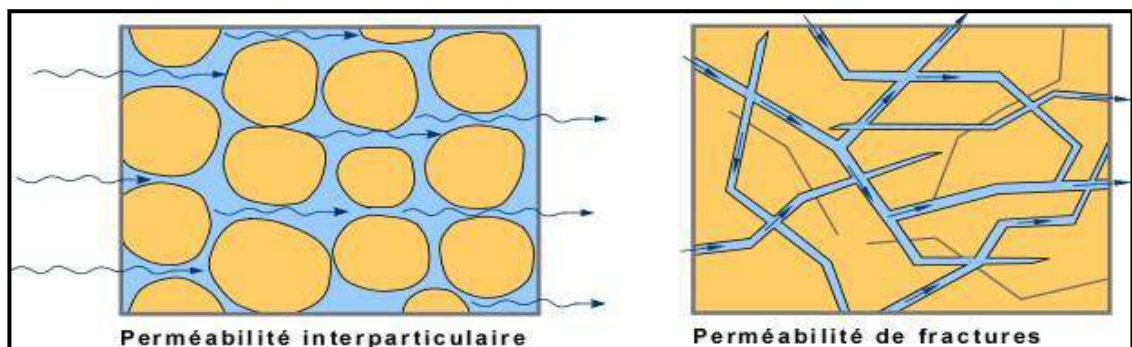


Fig.8.4- Présentation graphique de types de perméabilités

V.2.2.2- Méthodes de mesure

La mesure de la perméabilité à l'air s'effectue à l'aide des équipements de laboratoires conçus pour évaluer la perméabilité sur des échantillons cylindriques de tailles variant, entre 1 pouce et 1.5 pouce de diamètre.

Le principe consiste à enfermer un échantillon de forme cylindrique de longueur et diamètre connues dans un manche étanche en caoutchouc (the Hassler Sleeve). Un fluide de viscosité connue est injecté dans l'échantillon de longueur et diamètre connue.

Les échantillons sont soit des morceaux de carottes entières généralement 6 pouce de long ou des échantillons cylindriques prélevés sur carottes. La chute de la pression à travers l'échantillon et le débit de l'écoulement du fluide sont mesurés et la perméabilité est calculée par la loi de Darcy (Fig.9.4).

➤ Système de Mesures de porosité et de perméabilité

Le CMS 300 (core measurement system) est un équipement qui a été conçu spécialement pour les tights c'est-à-dire les échantillons très compacts, il mesure la perméabilité et la porosité sous hautes pressions de confinement (de 800 PSI à 9800 PSI) sur des échantillons de dimension variable (1" et 1.5" de diamètre).

La pression de confinement est appliquée sur deux directions (axiale et radiale), La perméabilité est déterminée dans la gamme de 0.00005 milli-Darcy jusqu'à 5 Darcy et le volume des pores de (0.02 à 25 cc).



Fig.9.4- Schéma représente l'appareil de CMS 300.

V.3- Etude de la variation verticale et spatiale de la porosité et de la perméabilité

V.3.1-Variation verticale et spatiale de la Porosité

L'étude de la variation verticale de la porosité (Fig.10-4). a montré que (73%) des porosités varient de [6 à 8 %]. La classe [6-8] à elle seule présente (32%), de la population Spatialement, cette distribution varie d'un puits à un autre.

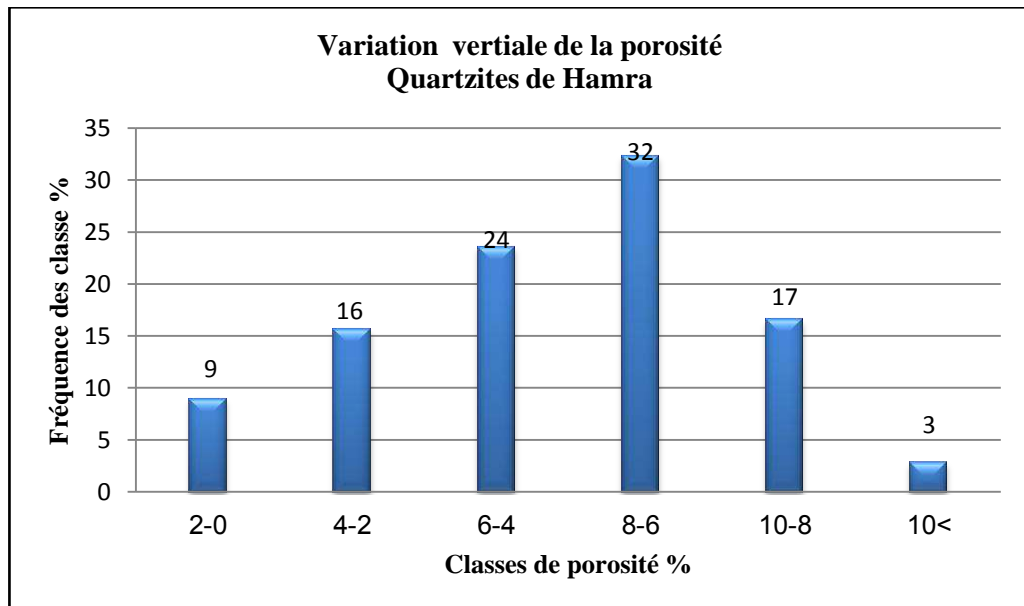


Fig.10.4- Histogrammes de Fréquence des classes des porosités du Quartzites el Hamra

V.3.1.1- Variation spatiale de la Porosité du puits HDZ-9 : (Fig.11-4).

Cet histogramme Montre une dominance des classes [4-6%] et [6-8%] représentant respectivement (33.33%) et (26.66%) de population, alors que les autres classes présentent des fréquences moyennes à faibles. Les valeurs de porosité trouvées varient (0.02%) et (11.7%), alors que la moyenne arithmétique de ces porosités est égale à (5.93%).

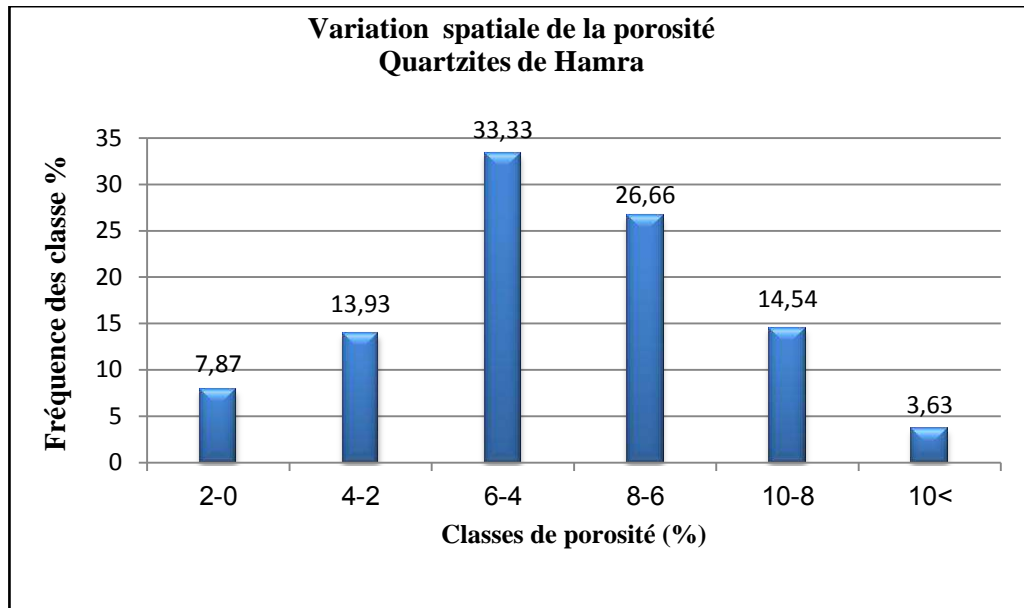


Fig.11.4- Histogrammes de Fréquence des classes des porosités du puits HDZ-9

V.3.1.2- Variation spatiale de la Porosité du puits HDZ-10 : (Fig.12-4).

Cet histogramme présente six classes modales de porosité, relativement distinctes, il est dominé par les classes [2-4%] et [4-6%], représentant respectivement (30.81%) et (28.93%) de population, alors que les autres classes présentent des fréquences moyennes à faibles. Les valeurs de porosité trouvées varient (0.28%) et (10.72%), alors que la moyenne arithmétique de ces porosités est égale à (4.43%).

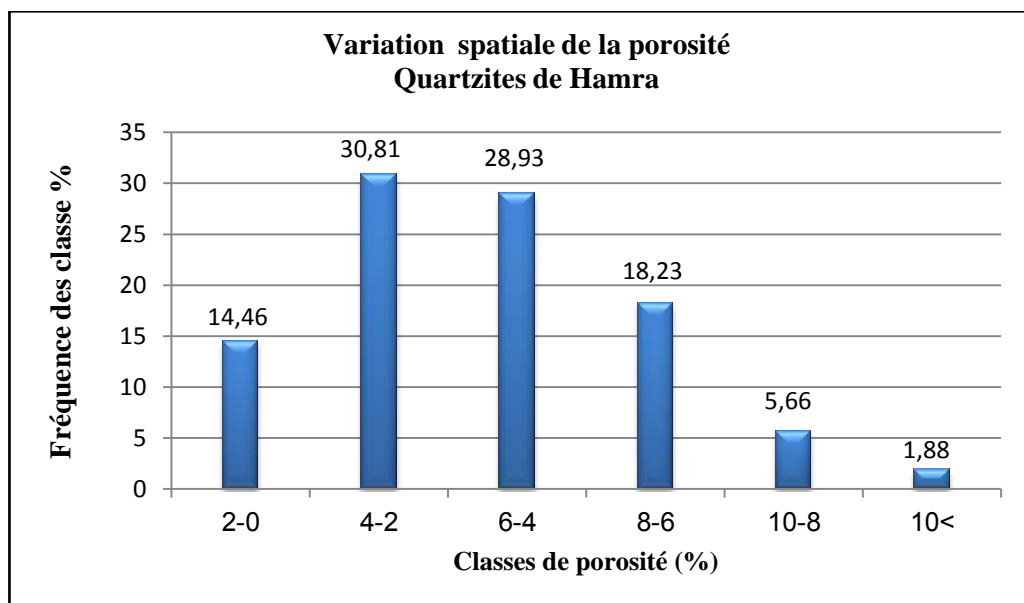


Fig.12.4- Histogrammes de Fréquence des classes des porosités du puits HDZ-10

V.3.1.3- Variation spatiale de la Porosité du puits HDZ-15 : (Fig.13-4).

Cet histogramme présente six classes de fréquences relativement distinctes, il est dominé par les classes [6-8%] et [8-10%] représentant respectivement (32.09%) et (30.86%) de la population, alors que les autres classes présentent des fréquences moyennes à faibles. Les valeurs de porosité trouvées varient (0.06%) et (14.98%), alors que la moyenne arithmétique de ces porosités est égale à (6.25).

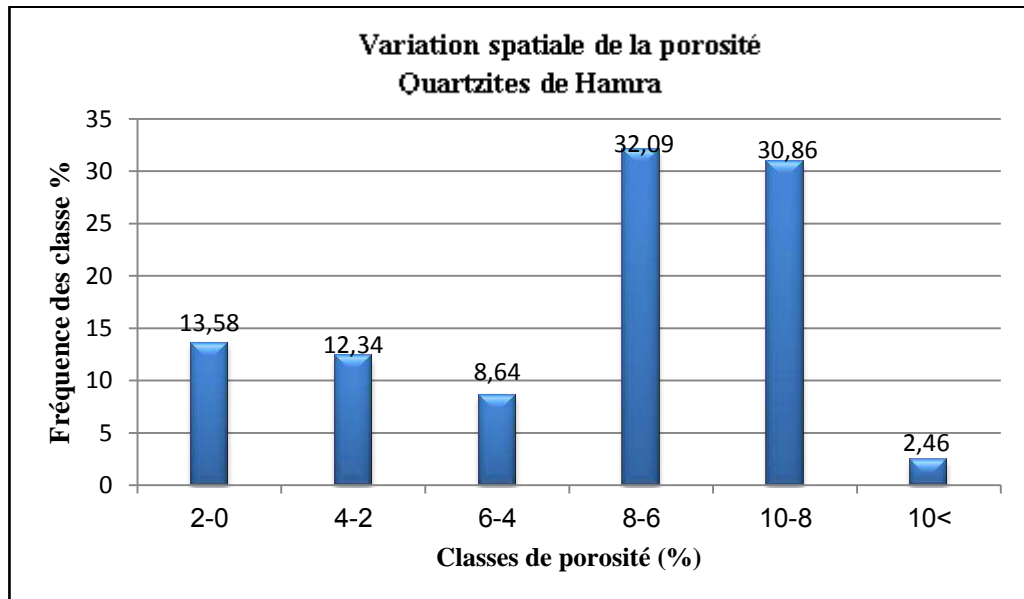


Fig.13.4- Histogrammes de Fréquence des classes des porosités du puits HDZ-15

V.3.1.4- Variation spatiale de la Porosité du puits HDZ-17 : (Fig.14-4).

Cet histogramme montre l'existence d'une classe dominante [6-8%] correspondant à (52.34%) de la population, alors que les autres classes présentent des fréquences moyennes à faibles. Les valeurs de porosité de cette population varient entre (2.76%) et (12.24%) correspondant à une moyenne arithmétique égale à (6.79%).

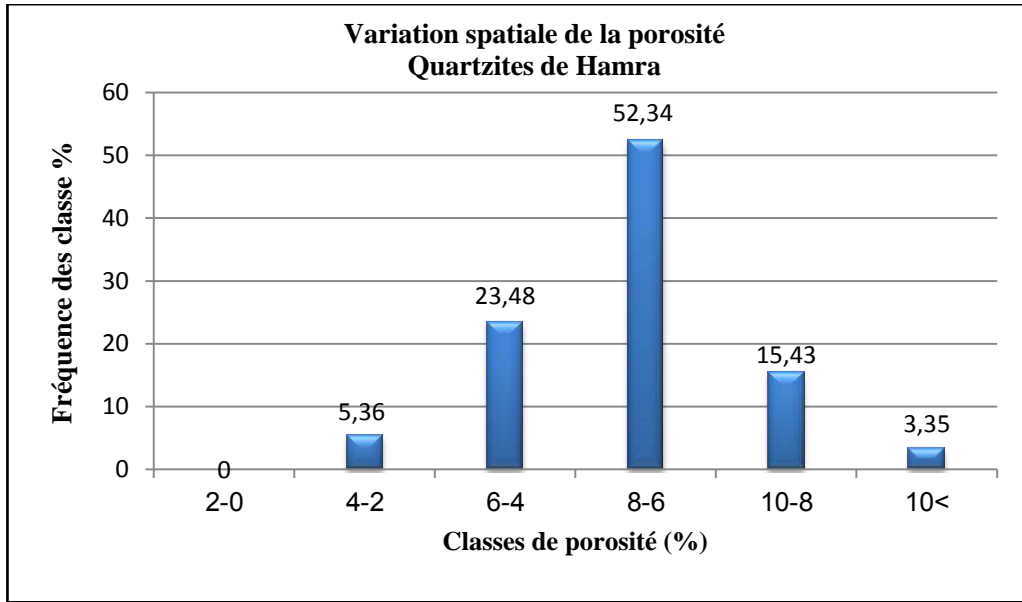


Fig.14.4- Histogrammes de Fréquence des classes des porosités du puits HDZ-17

V.3.2-Variation verticale et spatiale de la perméabilité

L'étude de la variation verticale de la perméabilité (Fig.15-4) a montré que (79%) des perméabilités varient de [0.01 à 1 mD]. La classe [0.01-0.1] à elle seule présente (50%), de la population.

Spatialement, cette distribution varie d'un puits à un autre.

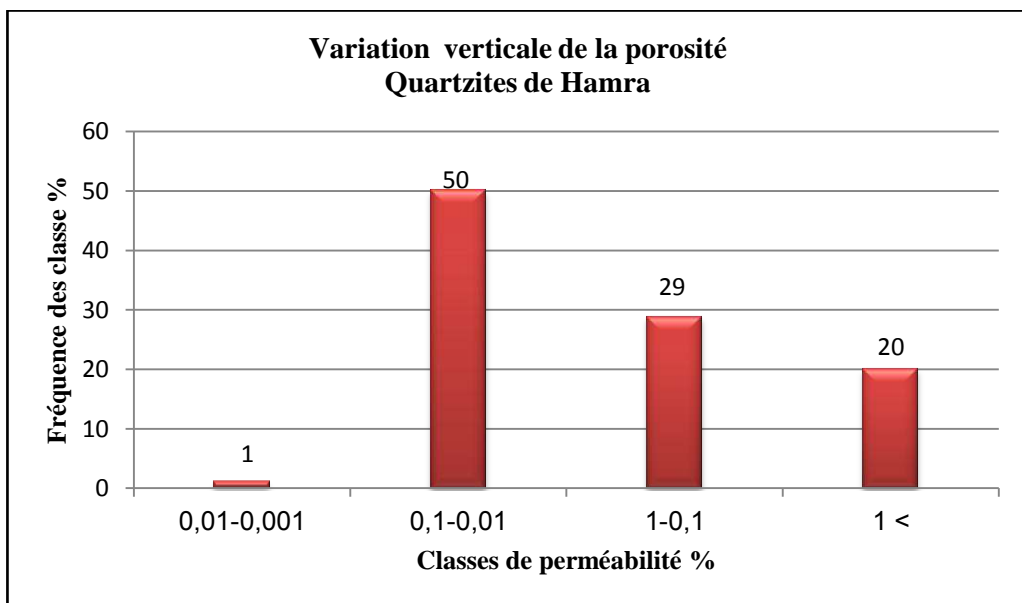


Fig.15.4- Histogrammes de Fréquence des classes des perméabilités du Quartzites el Hamra

V.3.2.1- Variation spatiale de la perméabilité du puits HDZ-09 : (Fig.16-4).

L'histogramme de Fréquence des classes des perméabilités est de type unimodal, montre la présence de deux classes de perméabilité dominantes [0.01-0.1mD] et [0.1-1mD], représentant successivement (49.39%) et (31.92%) de la population. Les deux autres classes ont une fréquence faible (moins de 15%). Les valeurs de perméabilité trouvées sont entre (0.004 mD et 15.02 mD), avec une moyenne géométrique de (0.825mD).

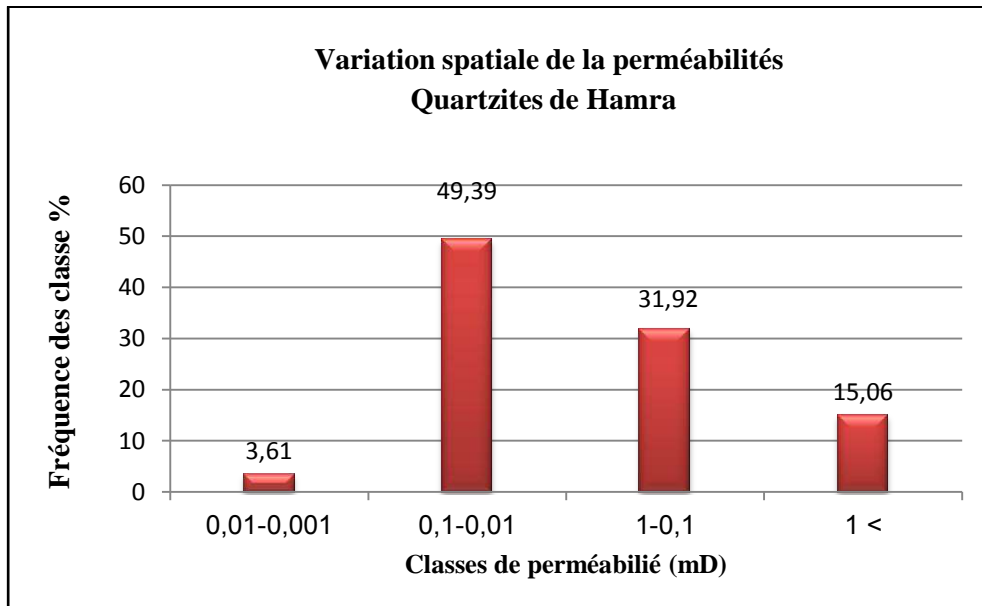


Fig.16.4- Histogrammes de Fréquence des classes des perméabilités du puits HDZ-09

V.3.2.2- Variation spatiale de la perméabilité du puits HDZ-10 : (Fig.17-4).

Cet histogramme Montre l'existence d'une classe dominante, [0.01-0.1mD] correspondant à (57.23%) de la population, et les autres classes représentent une fréquence moyenne à faibles, représentant respectivement (25.15%) (16.98%) et (0.62%) Les valeurs de perméabilité oscillent entre (0.009 et 160.10 mD), avec une moyenne géométrique de (3.649 mD).

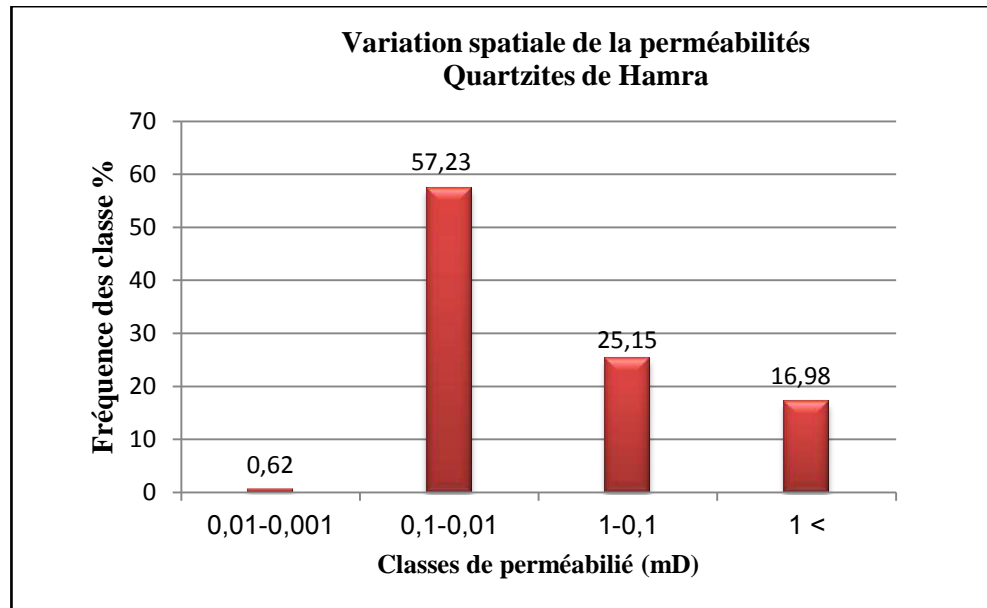


Fig.17.4- Histogrammes de Fréquence des classes des perméabilités du puits HDZ-10

V.3.2.3- Variation spatiale de la perméabilité du puits HDZ-15 : (Fig.18-4).

L'histogramme de Fréquence des classes des perméabilités est unimodal, les valeurs de perméabilité Min (0.011) mD et Max (183.495) mD, avec du moyenne géométrique (4.085%), les classes ou les valeurs oscillent entre [0.01-0.1mD] et [0.1-1mD] constitue les classe les plus dominantes, elle représentant relativement (40.12%) et (35.18%). les valeurs moyenne perméabilité la classe [>1 mD] elle représente (24.69%).

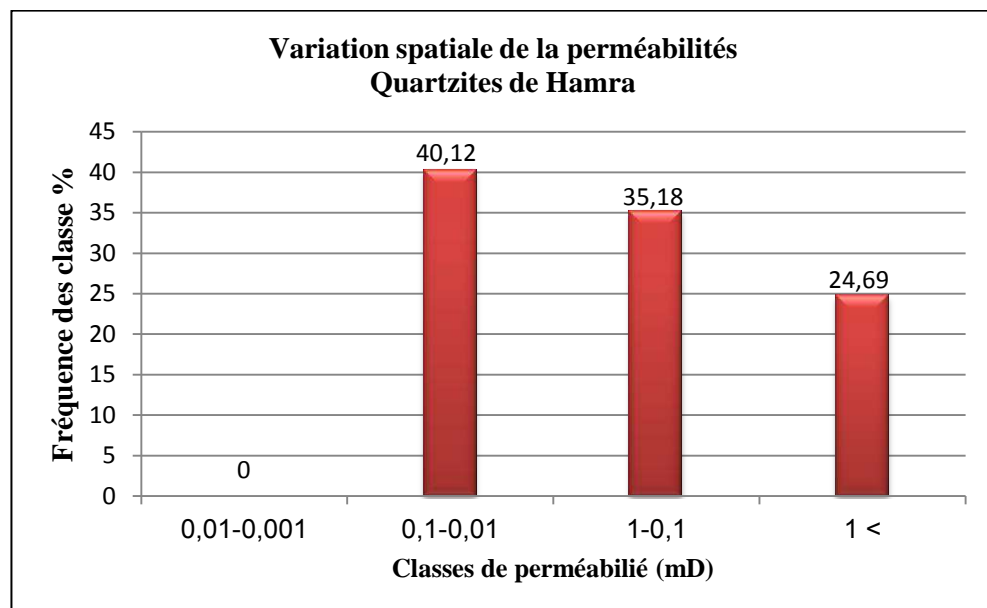


Fig.18.4- Histogrammes de Fréquence des classes des perméabilités du puits HDZ-15

V.3.2.4- Variation spatiale de la perméabilité du puits HDZ-17 : (Fig.19-4).

Cet histogramme présente les valeurs de perméabilité Min (0.01) mD et Max (10.7) mD, avec du moyenne géométrique (0.80%), la classe ou les valeurs oscillent entre [0.01-0.1mD] constitue la classe la plus dominante, elle représente (53.69%) de la population, et les autres classes représentent une fréquence moyenne, représentant respectivement (22.81%) et (23.48%) de la population.

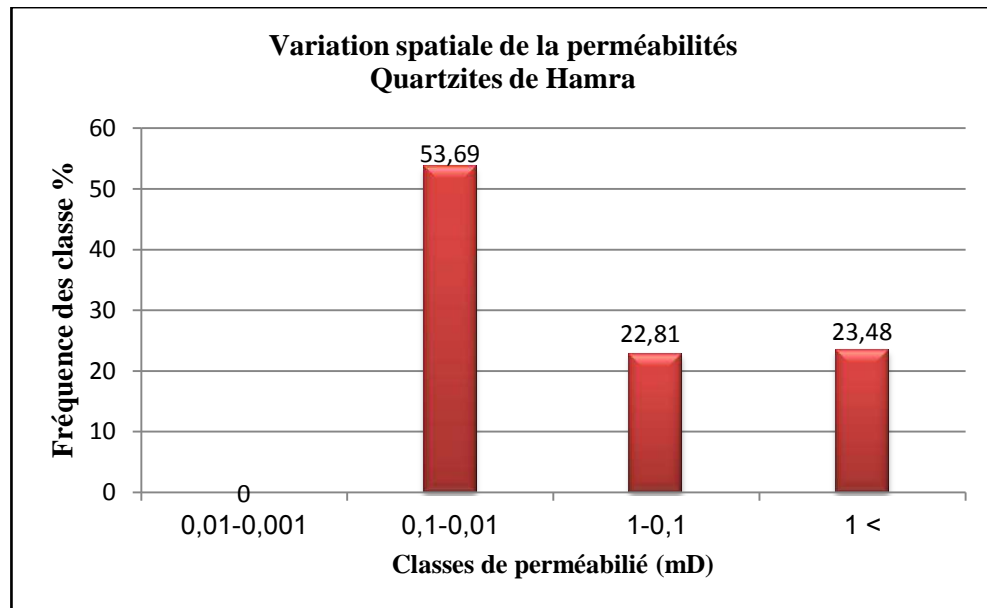


Fig.19-4- Histogrammes de Fréquence des classes des perméabilités du puite HDZ-17

V.4- Etude de la relation entre les lithofacies et les propriétés pétrophysiques

V.4.1- Etude de la relation entre les lithofacies et la porosité

L'analyse des fréquences de porosité (Fig.20-4). a montré que 76% des fréquences d'une bonne porosité varient de (5.68%) à (6.67%). est représentant respectivement les Grès d'aspect massif (sans structures apparentes) (Sm). Les grès intensément bioturbés et grés stratification horizontale (Sb/Sh). les Grès intensément bioturbés et Grès à stratification oblique en auges (Sb/St). Les Grès à stratification horizontales (Sh). Les Grès à structures ondulées ou rides de vagues (Sw), et les Grès intensément bioturbés, (Sb), et les lithofacies les plus dominance c'est les Grès intensément bioturbés, (Sb), et Les grés intensément bioturbés et grés à stratification horizontale (Sb/Sh). Les autres lithofacies (Fo), (Sp), (H), (Stg), (Gt). Présentent de mauvaise porosité variant de (1.63%) à (4.5%).

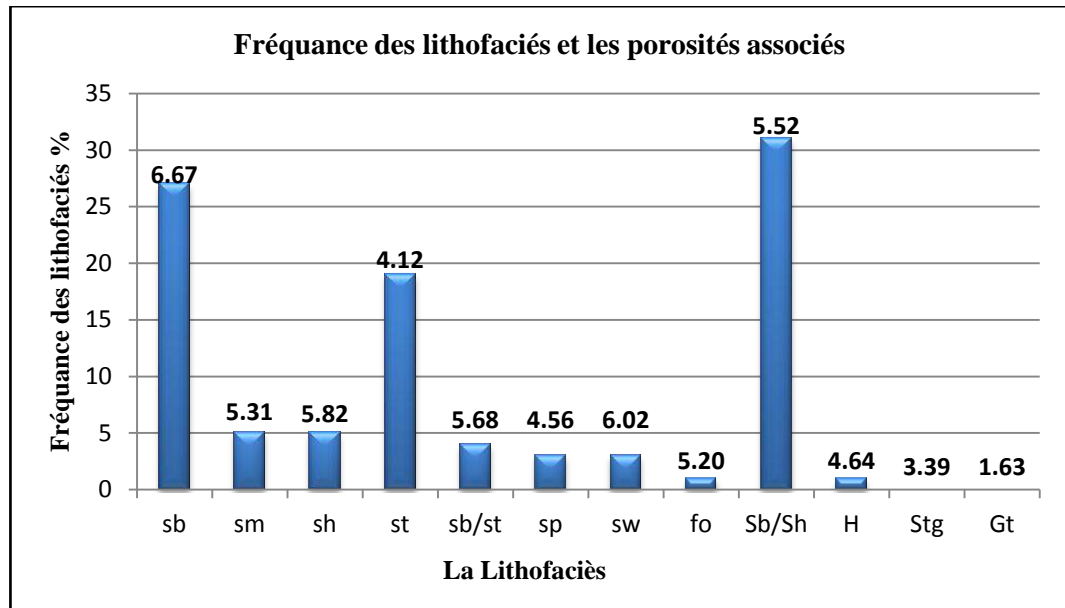


Fig.20.4- Histogrammes de Fréquence des lithofaciés et les porosités associées

V.4.2- Etude de la relation entre les lithofaciés et la perméabilité

L'analyse des fréquences de perméabilité (Fig.21-4). a montré que (85%), des fréquences d'une bonne perméabilité varient de (0.332 mD). à (0.560 mD). est représentant respectivement les Grès d'aspect massif (sans structures apparentes) (Sm). les Grès à stratification oblique en auges (St). Les grés intensément bioturbés et grés stratification horizontal (Sb/Sh). Les Grès intensément bioturbés, (Sb). Et les Grès à stratifications obliques-planes (Sp). et les lithofaciés les plus dominance c'est les Grès intensément bioturbés, (Sb). et Les grés intensément bioturbés et grés à stratification horizontal (Sb/Sh). Les autres lithofaciés (Fo), (H), (Stg), (Gt), (Sh), (Sw), (Sb/St). Présentent de mauvaise perméabilité variant de (0.016 mD) à (0.2 mD).

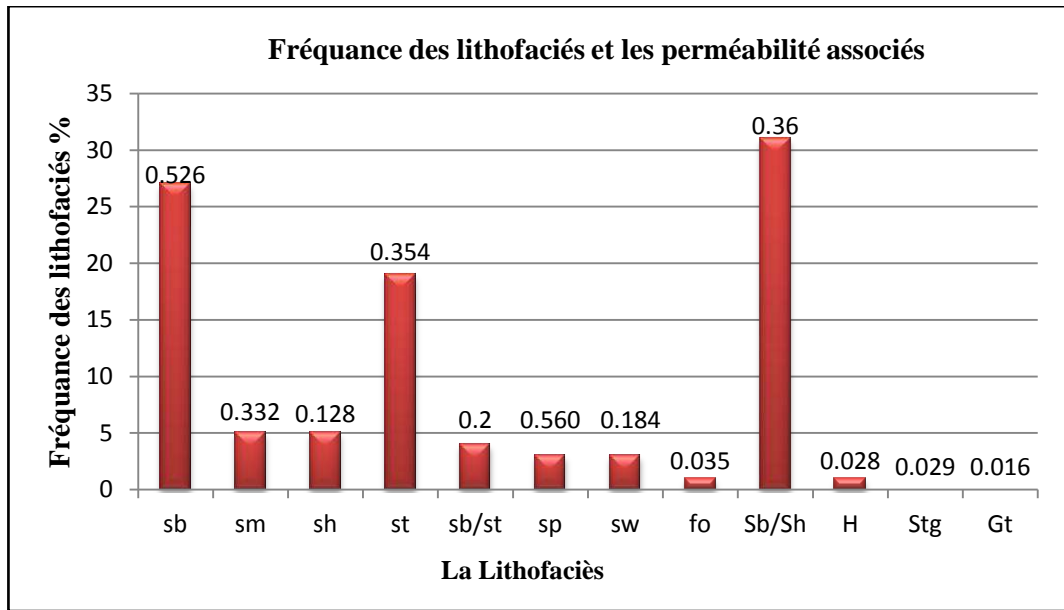


Fig.21.4- Histogrammes de Fréquence des lithofaciés et les perméabilités associées

V.5- Conclusion

Dans la région de Hassi d'Zabat, les dépôts de cambro-ordovicien rencontrés sur les carottes des puits appartenant au bloc 427, constituent des niveaux réservoirs de Quartzite el Hamra. la classe de la porosité le plus dominance entre 6 à 8%, et la classe de perméabilité le plus dominance entre 0.01 à 0.1 donc, Les paramètres pétrophysiques dans la région d'étude sont faibles, cette faiblesse des paramètres à cause des facteurs suivantes :

A côté sédimentologique les milieux de dépôts le plus fréquents sont ; Grès intensément bioturbés (Sb), Les grès à stratification obliques en auge (St), Les grès à stratification horizontale (Sh) et argiles silteuses / silts argileux à structures laminaires plus ou moins bioturbés (Fo), ces lithofaciès est caractérisé par :

La taille des grains très fins, fin à moyen et mal classé ; cela provoqué à la diminution des tailles de pores.

Les couches de sédiments sont stratifiées, cela signifie à l'existence des barrières, cette dernière affecte négativement sur la circulation des fluides.

A côtes diagénétique la compaction des formations sous grand pression lithostatique, et températures élevée, ces facteurs est provoqué la diminue de la taille des pores et fermé le circuit intergranulaires.

L'enfouissement d'un sédiment et la diagenèse associée sont responsables d'une réduction de la porosité et perméabilité de réservoir dans la région de Hassi d'Zabat.

Les lithofaciès jouent le rôle le plus important dans le contrôle des qualités de la porosité et perméabilité du cambro-ordovicien dans les puits du bloc 427 de la région de Hassi d'Zabat. Les lithofaciès à grains fins présentent des valeurs de porosités et des perméabilités faibles, tandis que les faciès à grains grossiers montrent des valeurs relativement élevées.

De notre cas d'étude du réservoir généralement les valeurs de porosités et perméabilités sont faibles mais on a distingue deux qualité :

➤ Réservoir de mauvaise qualité est représenté essentiellement par des lithofaciès à granulométrie très fine ; Argiles silteuses / silts argileux à structures laminaires plus ou moins bioturbés (Fo), Alternance centimétrique de grès, de silts et d'argiles à faible bioturbation (H).

Réservoir de qualité plus au moins acceptable est représenté essentiellement par des lithofaciès à granulométrie fin à moyen ; Grès intensément bioturbés (Sb), Grès à stratification oblique en auges (St), Grès à stratification horizontales(Sh).

CONCLUSION GENERALE

Les résultats de cette étude sont présentés ci-après.

١. Sur le plan sédimentologique, le traitement statistique des lithofacies a relevé la prédominance des facies caractéristiques des milieux de dépôts suivants :
 - Milieux continental fluvial de type chenal actif.
 - Milieu marin de plage, de type upper shoreface, qui correspond au subtidal supérieur d'avant plage.). Il s'agit d'un milieu de dépôt marin peu profond.
٢. De point de vue diagenétique, le réservoir Quartzites de Hamra de la région de Hassi d'Zabat a montré la séquence des événements suivants :
 - Dissolution des feldspaths et des minéraux instables.
 - Formation du ciment siliceux de nourrissage.
 - Formation de la silice secondaire entre les grains.
 - Intense stylolitisation soulignées par des ciments argileux ou ouvertes.
 - Dissolution de la kaolinite à la faveur de la précipitation des ciments carbonatés.
 - Apparition tardive de la baryte

Cette séquence a fait des Quartzites de Hamra un réservoir, fermé, compact et dur.

٣. L'étude pétrophysique du réservoir Quartzite de Hamra a conclu aux résultats suivant :
 - Classes de Porosité dominante de 6 à 8%.
 - Valeurs de Perméabilité dominante s entre 0.01 à 0.1md.

Ce qui donne le caractère de RESERVOIR TIGHT aux Quartzites de Hamra.

٤. Enfin ce tight réservoir est le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs :
 - Milieux de dépôt dominant de moyenne énergie permettant la présence de la fraction fine argileuse et de la granulométrie fine à moyenne. Ce qui annonce déjà de faibles porosités et perméabilités.
 - Poronécrose avec l'intense compaction subie au cours de la diagenèse.

RECOMMANDATIONS

Pour une meilleure compréhension des différents paramètres qui ont modelé les propriétés pétrophysiques, une étude de la fracturation en relation avec l'évolution structurale est recommandée. Pour affiner la diagenèse, une caractérisation minéralogique à l'aide de méthodes analytiques avancées est recommandée.

Bibliographique

A.ABIDLI (2010-2011): Etude Sédimentologique et pétrophysique sur le TAGI du bassin Bercine Thèse d'ingénieur, Université de Mentouri Constantine.

A.D.MIALL. 1999, Principles of Sedimentary Basin Analysis 3rd, updated and enlarged Edition.

A.E.ADAMS. W.S. MACKENZIE AND C.GUILFORD. 1984. Atlas of sedimentary Rocks under the Microscope.

Bjørkum P.A., 1996: How important is pressure in causing dissolution of quartz in sandstones: Journal of Sedimentary Research

Bertrand, 1968, Cours de pétrographie appliquées à l'étude des problèmes pétroliers (Tome I), édition Technip. Paris.

C.SALLE, J.DEBYSER (PARIS 1976): Formation des gisements de pétrole (Etudes des phénomènes géologique fondamentaux).

Chikh B. et Amar Khodja D : Etude Sédimentologique, Pétrographique, Diagénetique, et Modélisation géologique en 3D d'une partie du champ de Hassi Messaoud (Zone 13), Mémoire d'ingénieur, Ensembles Sédimentaires, USTHB. Alger.

Ehrenberg, S.N., 1989: Assessing the relative importance of compaction processes and cementation to reduction of porosity in sandstones, AAPG Bulletin

FLORENT TOURNIER, 2010. Thèse, Mécanisme et contrôle des phénomènes diagénétiques en milieu acide dans les grès de l'Ordovicien glaciaire du bassin de Sbaâ, Algérie. Docteur de L'Université de Paris Sud.

Foucault. A., Raoult. J F., 2001 : Dictionnaire géologique, 5eme édition.

Houseknecht, D.W., 1984: Influence of grain size and temperature on intergranular pressure solution, quartz cementation, and porosity in a quartzose sandstone, Journal of Sedimentary Petrology.

M.AMZAR, Y.MAHDJOUR et K.LOUMI. Fracturation et caractérisation des réservoirs Cambriens de la zone 9 du champ de Hassi Messaoud. Plateforme Saharienne-Algérie.

Naouri Melissa, 2015 : Evolution diagénétique et interprétation sédimentologique des grès ordoviciens «Quartzite Hamra» de la région de Hassi-Tarfa, Magistère Univ Constantine.

RAPPORT BEICIP FRANLAB, MARS 2006. Caractérisation et évaluation des réservoirs Ordoviciens du pourtour de Hassi Messaoud. Rapport d'Avancement N°2.

REZIG Abdelkader, 2015 : Méthode d'analyses de laboratoires pour évaluation de réservoirs à hydrocarbures. Cas d'étude évaluation du potentiel des réservoirs TAGI (Bloc 402b) Bassin de Berkine.

S.D.BURLY, AND R.H.WORDEN, 2003. Sandstone Diagenesis – Recent and Ancient

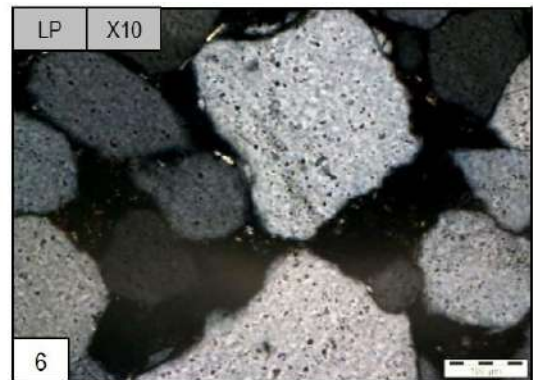
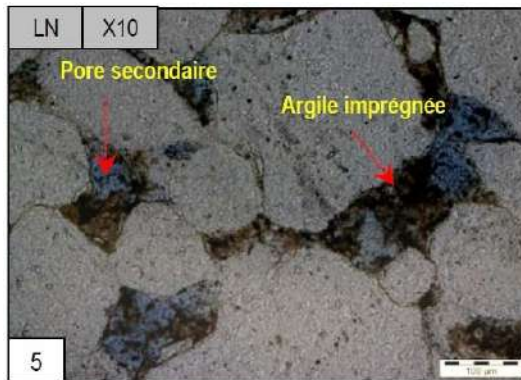
Tournier F., 2010 : Mécanismes et contrôle des phénomènes diagénétiques en milieu acide dans les grès de l'Ordovicien glaciaire du bassin de Sbaâ (Algérie), Thèse. Univ Paris Sud, France.

Vatan, A., 1967: Manuel de sédimentologie. Edition Technip.

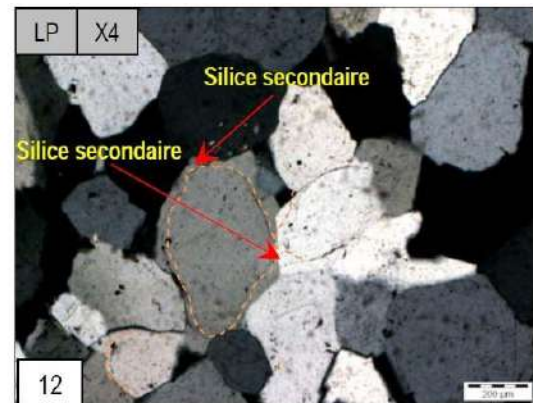
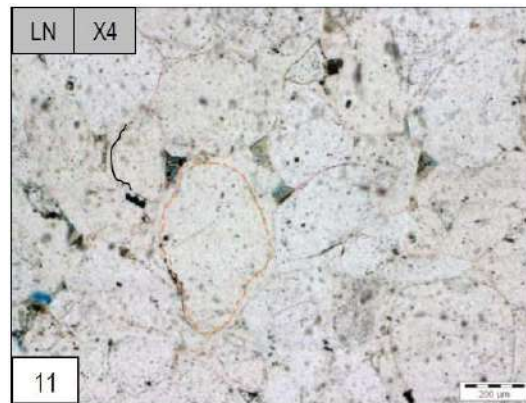
Walderhaug, O., Lander, R.H., Bjørkum, P.A., Oelkers, E.H., Bjørlykke, K., And Nadeau, P.H., 2000: Modeling quartz cementation and porosity in reservoir sandstones: examples from the Norwegian continental shelf, in: Worden, R.H., and Morad, S. (eds), Quartz Cementation in Sandstones: International Association of Sedimentologists, Special Publication.

Worden, R.H., And Morad, S., 2000: Quartz cementation in oil field sandstones: a review of the key controversies, in: Worden, and Morad, S. (eds), Quartz Cementation in Sandstones: International Association of Sedimentologists, Special Publication

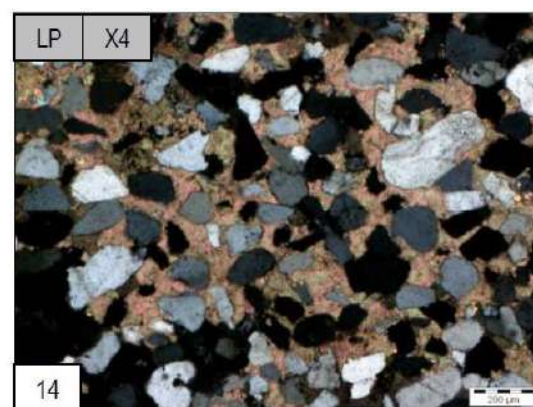
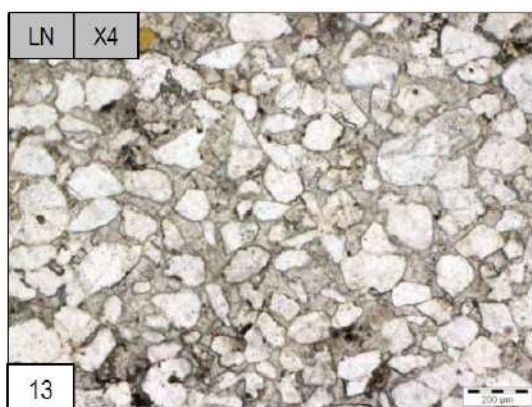
Annexe



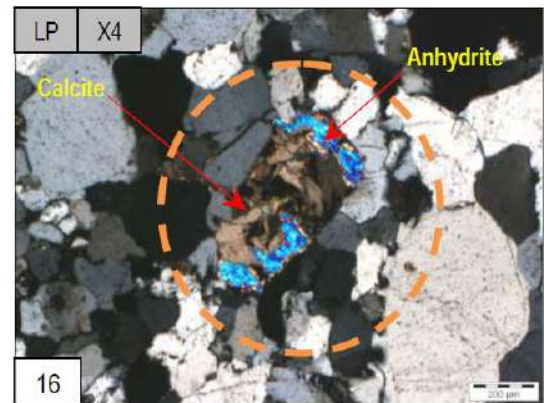
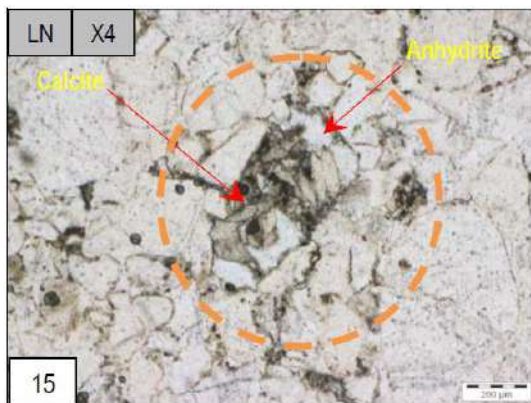
HDZ-15 St – 3297.48m : Close-up sur les pores intergranulaires issus de la dissolution de la Kaolinite.



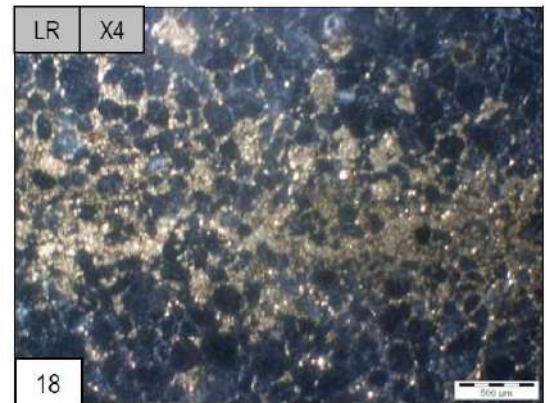
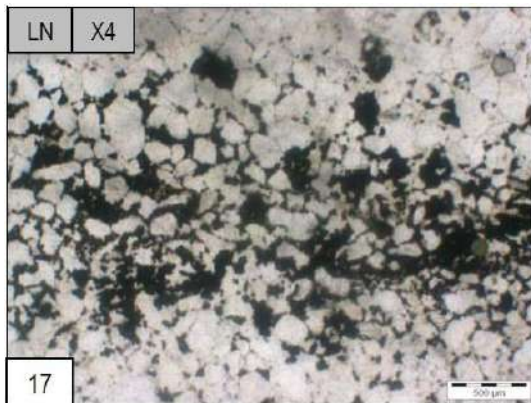
HDZ-15 St – 3331.34m : Développement du ciment siliceux (silice de nourrissage).



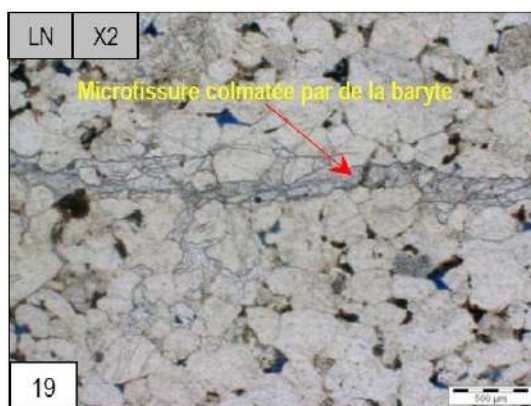
HDZ-15 St – 3334.67m : Développement d'un ciment carbonaté dans un grès moyen.



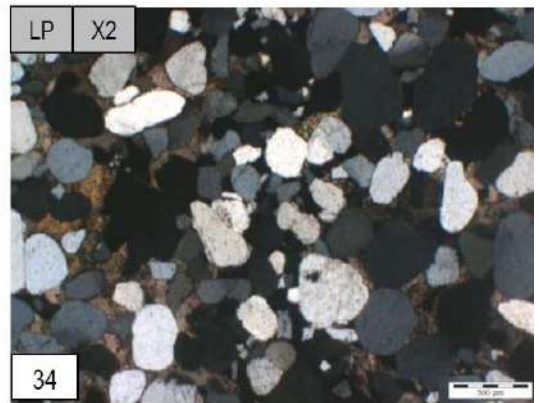
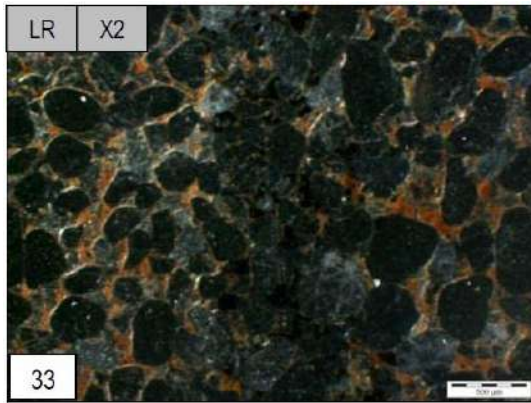
HDZ-15 St – 3337.67m : Remplacement de l'anhydrite par la calcite.



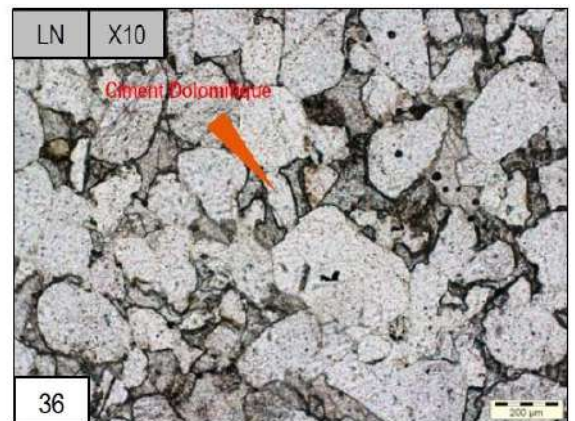
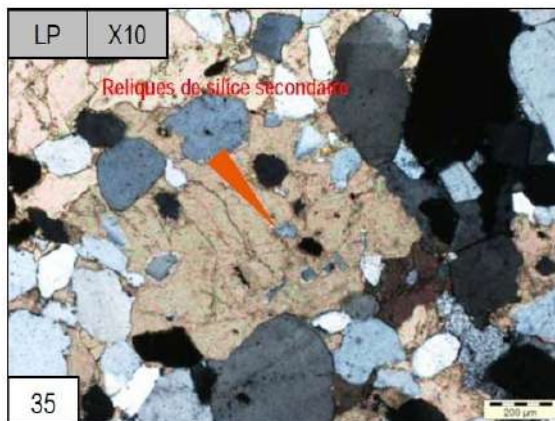
HDZ-15 St – 3345.82m : Développement du ciment pyriteux.



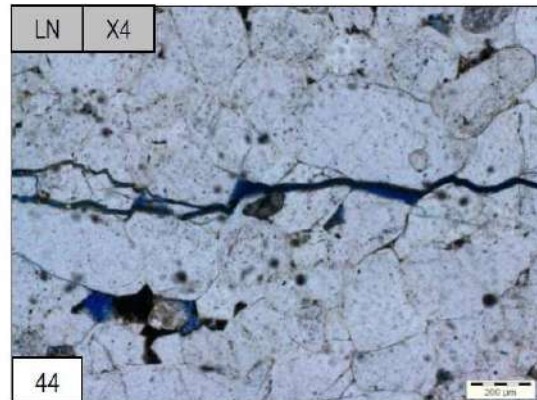
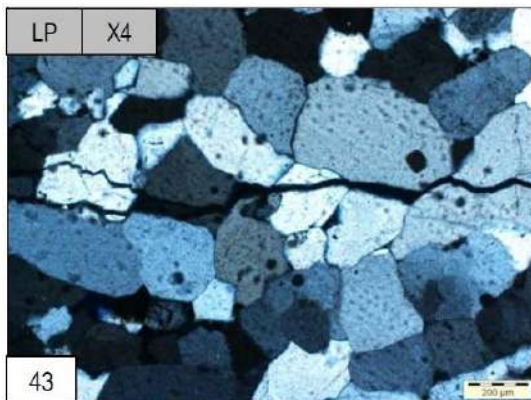
HDZ-10 – 3258.70m : Microfissures colmatées par de la baryte.



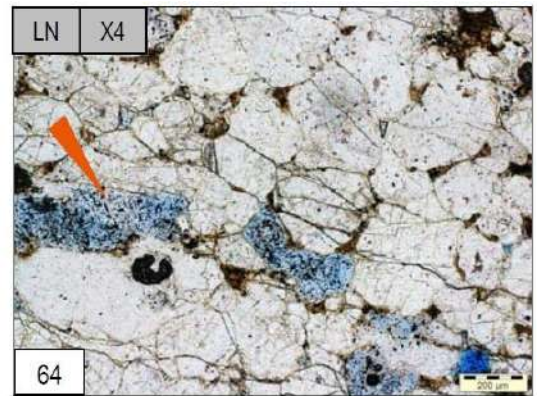
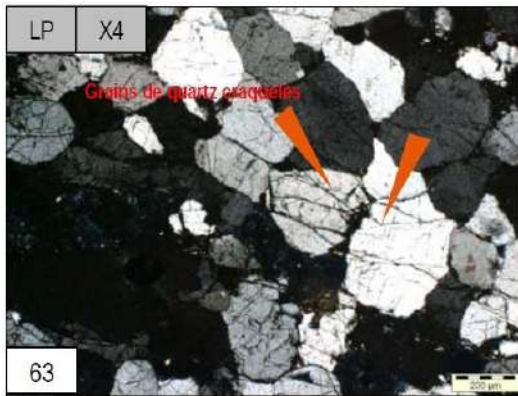
HDZ-10 – 3300.16m : Développement d'un ciment sidéritique



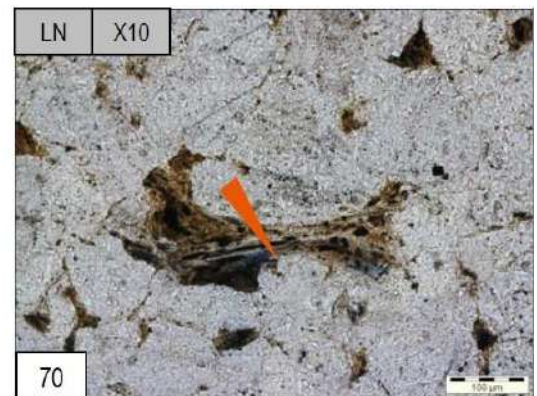
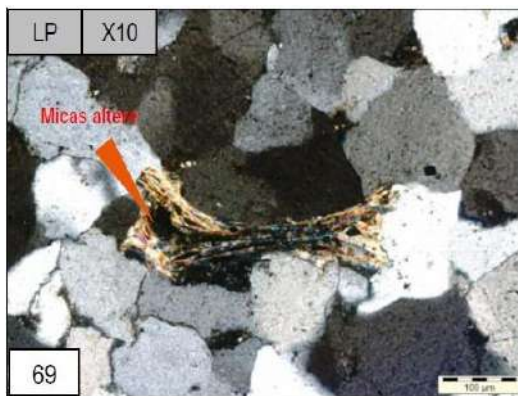
HDZ-09 – 3354,71m : Le ciment carbonaté se développe au dépend du ciment siliceux oblitérant entièrement les pores.



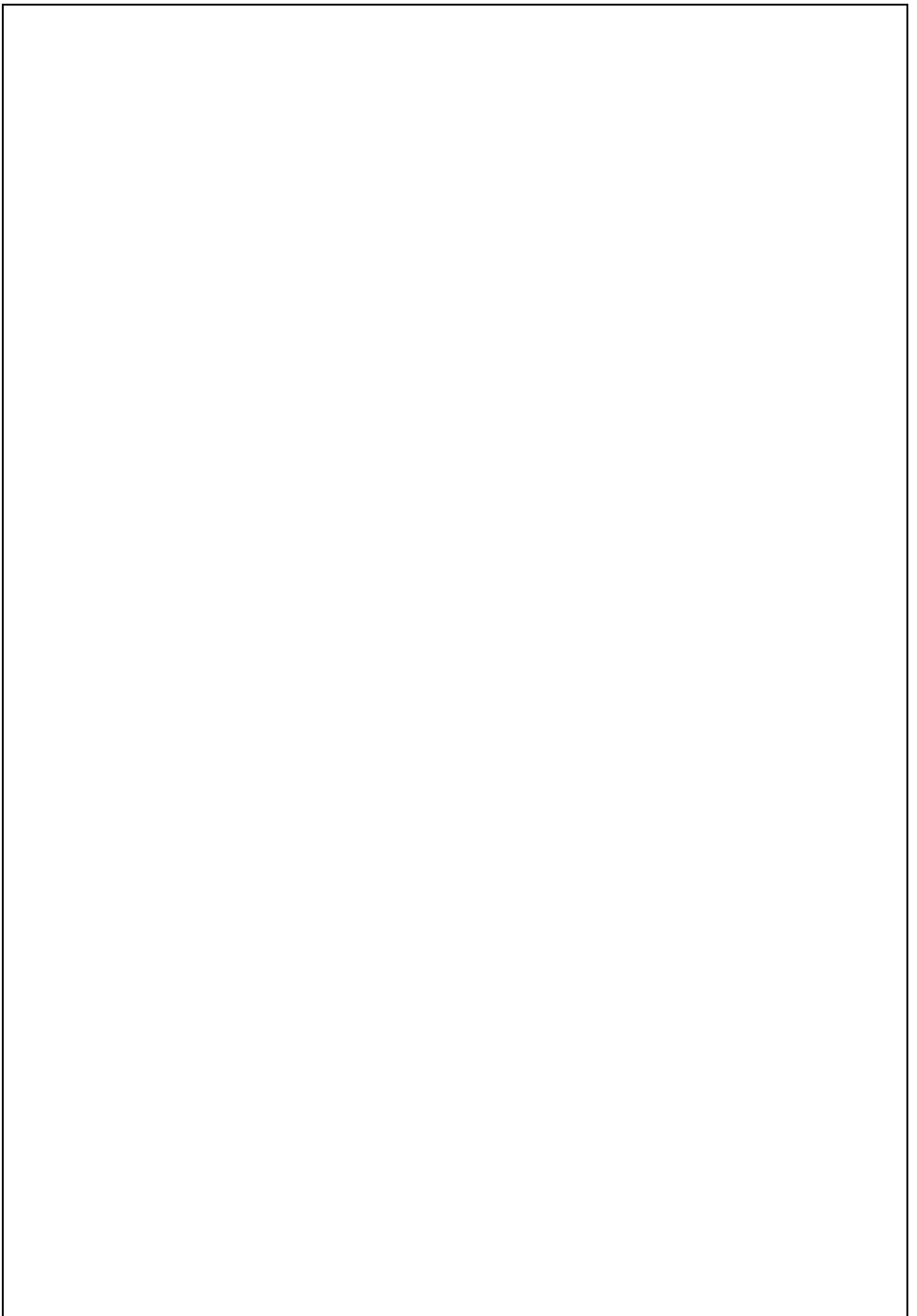
HDZ-09 – 3330,62m : Porosité essentiellement de fissuration.



HDZ-17-3270,57m: Grès moyen à grossier, mal classé et craquelé suite au phénomène de forte compaction.



HDZ-17-3242,54m: Transformation des micas blanc en argile (Illite).



Résumé

Le bassin de Amguidé Messaoud est particulièrement la région de Hassi d'Zabat est l'une des bassins les plus riches en hydrocarbure, elle présente une potentialité importante en huile.

L'étude des formations de la roche réservoir du combro-ordovicien dans ce bassin a indiqué la présence de deux zones des réservoirs :

Zone de mauvaise qualité est représentée essentiellement par des lithofaciès à granulométrie très fin à compact à ciment argileux.

Zone de qualité plus au moins acceptable est représentée essentiellement par des lithofaciès à granulométrie fin à moyen compact à ciment siliceux.

Cette analyse peut servir à l'orientation des futurs travaux de recherche et d'exploration dans la région, notamment pour les tights réservoirs.

Cette étude reste toujours une simple contribution dans l'évaluation du réservoir non conventionnel vu la limitation de la base de données.

Mots clé : tights réservoirs, Hassi d'Zabat, cambro-ordovicien.

Abstract

The Amghid Messaoud basin, the Hassi Zabat region, is one of the richest hydrocarbon reservoirs. The study of the rock reservoir formation of the Cambro-Orovician in this basin indicated the presence of two the reservoirs Zone of poor quality is represented mainly by lithofacies with very fine granulometry, compact with clay cement. Zone area of quality is represented mainly by lithofacies with fine-to-medium compact siliceous cement. This analysis can be used to guide future research and exploration in the region, particularly for tights reservoir. This study is still a simple contribution in the evaluation of the unconventional reservoir due of the limitation of the database.

Key words: reservoir tights, Hassi Zabat, cambro-ordovicien.

ملخص :

حوض امجيد مسعود وخاصة منطقة حاسي زعباط هي واحدة من أغنى الأحواض الهيدروكربونية. لديه قدرة عالية من النفط في هذا الحوض، وقد أشارت دراسة تشكيلات صخرة المكن الكمبرو اوردوفيشي في هذا الحوض وجود منطقتين من المكامن. منطقة فقيرة بشكل رئيسي من قبل مجموعة الخصائص المعدنية والصخرية ذات حجم جد دقيق ومضغوطة من الجسيمات، ومدمجة بطبيعة إسمنتية طينية ومنطقة ذات نوعية مقبولة تمثل أساسا من قبل مجموعة الخصائص المعدنية والصخرية ذات حجم ضعيف ومتوسط ومضغوط من الجسيمات وهي مدمجة بطبيعة إسمنتية صوانيه هذه التحاليل يمكن استخدامها لتوجيه البحوث المستقبلية والاستكشاف في المنطقة، وخاصة بالنسبة للمكامن المضغوطة ويمكن ان نعتبر هذه الدراسة مساهمة بسيطة في تقييم المكامن غير التقليدية نظرا لعدم توفر قاعدة بيانات مكتملة.

الكلمات المفتاحية : مكن مضغوط , حاسي زعباط , الكمبرو اوردوفيشي .