

N° Ordre...../Faculté/UMBB/2017

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme :

MASTER 2

Présenté par

ABDESSELAM Hind

BOUKETIR Mebarka

Filière : Hydrocarbures

Option : Géologie Pétrolière

Thème

**Etude qualitative et quantitative des réservoirs de
l'Ordovicien dans la région de Timimoun Nord,
bassin de l'Ahnet-Gourara**

Devant le jury :

**CHAOUCHI .R
BENAYAD .S
SAADAOUI .M
DERRIDJ .A
Kecir Arbia**

Professeur
MCB
MCA
MAB
MAA

Président
Rapporteur
Examineur
Examineur
Examineur

Année Universitaire : 2016/2017

REPUBLIQUE ALGERIENE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA – BOUMERDES



Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie
Département : Gisements Miniers et Pétroliers
Filière : Hydrocarbures et Chimie
Option : Géologie Pétrolière

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme :
MASTER

Thème

**ETUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DES
RESERVOIRS DE L'ORDOVICIEN DANS LA REGION DE
TIMIMOUN NORD, BASSIN DE L'AHNET-GOURARA**

Présenté par :

BOUKETIR Mebarka
ABDESSELAM Hind

Avis favorable de l'encadreur :

BENAYAD Soumya

Avis favorable du président du jury

Nom Prénom

Signature

Cachet et signature

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier notre DIEU, pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

Ainsi, nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué à sa réalisation.

Notre infinie gratitude va à notre promoteur : M^{lle} BENAYAD Soumya, pour son encadrement et ses conseils précieux.

Nous désirons également exprimer nos vifs remerciements aux enseignants du département « Gisements miniers et pétroliers ».

Nous tenons aussi à remercier Mr Slimane Ait Abbas et Mr Kaci Ilyas de la division Exploration, Sonatrach – Boumerdès- .

Dédicace

Je dedie ce modeste travail à:

Mes très chers parents,

Mes chères sœurs,

My « soul-mate »,

Et mes amies.

HinD

Dédicace

J'ai l'honneur de dédier ce modeste
travail :

-A La personne la plus chère dans ma vie, ma
MERE ;

-A mon idole, ma chère grande sœur «
Wassila » ;

-A mes chères sœurs et mon unique et cher
frère ;

-A toutes mes amies de Boumerdes et de Ras
El Oued sans exception.

Souha

Sommaire

Introduction	1
---------------------------	----------

CHAPITRE I : Généralités

I. Généralités sur le bassin d'étude.....	2
I.1. Cadre géologique et géographique.....	2
I.2. Histoire de travaux de recherche de la région de l'Ahnet-Gourara.....	3
I.3. Cadre stratigraphique	3
I.4. Systèmes pétroliers	5
I.4.1. Roches mères	5
I.4.2. Roches réservoirs	5
I.4.3. Roches couvertures	6
I.4.4. Types de pièges.....	6
I.5. Principaux éléments structuraux du bassin de l'Ahnet-Gourara	7
I.4.5. Le bassin de l'Ahnet.....	8
I.4.6. Le bassin de Timimoun	8
II. Présentation de la zone d'étude	11
II.1. Contexte géologique	11
II.2. Présentation de l'Ordovicien de Timimoun Nord	12
II.2.1. Unité III	12
➤ <i>Unité III- 1</i> :.....	12
➤ <i>Unité III-2</i> :.....	12
➤ <i>Unité III-3</i> :.....	12
II.2.2. Unité IV	13

CHAPITRE II : Approche sédimentologique

Introduction.....	15
I. Rappels.....	15
I.1 Faciès	15
I.2 Séquence	15
I.3 Les discontinuités	16

I.4 Concepts de base de l'analyse séquentielle	16
I.5 Aperçue sur l'environnement de dépôt.....	19
I.5.1 Les dépôts fluvio-glaciaires.....	19
I.5.2 Les dépôts marins	20
I.6 Rappel sur les diagraphies	20
II. Méthodologie :	21
III. Définition des différents litho-facies de la région d'étude	23
III.1 PUIITS TIN-1	23
III.1.1 Dalle de M'Kratta	23
III.1.2 Argile micro conglomératique	23
III.1.3 Grès d'El Goléa	24
III.1.4 Grès d'Oued Saret.....	24
III.1.5 Argiles d'Azzel et de Tiferouine	24
III.1.6 Quartzites de Hamra.....	25
III.1.7 Grès d'El Atchane.....	25
III.2 PUIITS MSO-1	28
III.2.1 Dalle de M'Kratta et Argile micro conglomératique	28
III.2.2 Grès d'El Goléa.....	28
III.2.3 Grès d'Oued Saret.....	28
III.2.4 Argile d'Azzel et de Tiferouine	29
III.2.5 Quarzites de Hamra.....	29
III.2.6 Grès d'El Atchane.....	29
IV. Découpage strati-séquentielle de Timimoun Nord.....	35
IV.1 Séquence 1	35
IV.2 Séquence 2	35
IV.3 Séquence 3	36
IV.4 Séquence 4	36
V. Interprétation de la coupe géologique de Timimoun Nord	39
VI. La corrélation diagraphique.....	42
VI.1 Corrélation Est-Ouest	42
VI.2 Corrélation Nord-Sud	44
Conclusion	46

CHAPITRE III : Etude des paramètres pétrophysiques

Introduction	47
I. Rappels	47
I.1 Porosité	47
I.1.1 Définition de la porosité	47
I.1.2 Les principaux facteurs contrôlant la porosité.....	48
I.2 Perméabilité	49
I.2.1 Définition de la perméabilité	49
I.2.2 Relation entre la porosité et la perméabilité	49
II. Analyse statistique des paramètres pétrophysiques du réservoir	51
II.1 Méthodologie.....	51
II.2 Interprétation des profils de porosité et de perméabilité	51
II.2.1 Dalle de M'kratta	52
II.2.2 Grès d'El Goléa.....	52
II.3 Les courbes de corrélation porosité-perméabilité.....	55
II.3.1 Dalle de M'kratta	55
II.3.2 Grès d'El Goléa.....	55
II.4 Les histogrammes de porosité et de perméabilité	57
II.4.1 Dalle de M'kratta	57
II.4.2 Grès d'El Goléa.....	59
III. Interprétation des cartes en iso-valeurs	61
III.1 Interprétation des cartes en isobathes	61
III.1.1 Carte en isobathes au toit de la Dalle de M'kratta	61
III.1.2 Carte en isobathes au toit des Grès d'El Goléa.....	61
III.2 Interprétation des cartes en isopaques	61
III.2.1 Carte en isopaques au toit de la Dalle de M'kratta	61
III.2.2 Carte en isopaques au toit des Grès d'El Goléa.....	62
III.3 Interprétation de la carte en isoporosité.....	62
Conclusion	65

Liste de figures

Figure 1 : Situation géologique et géographique du bassin de l’Ahnet-Gourara	2
Figure 2 : Cadre stratigraphique du bassin de l’Ahnet-Gourara	4
Figure 3 : Coupe sismique montrant la structure de pièges	6
Figure 4 : Carte structurale du bassin de l’Ahnet-Gourara	7
Figure 5 : Coupes transversales Est-Ouest et Nord-Sud du bassin de l’Ahnet-Gourara.	10
Figure 6 : Carte de situation du périmètre Timimoun Nord	11
Figure 7: présentation de l’Ordovicien à Timimoun Nord	14
Figure 8: Séquence positive	16
Figure 9: Séquence négative	16
Figure 10 : Représentation schématique du modèle de stratigraphie séquentielle d’après Exxon	18
Figure 11: Environnements du dépôt de tillites (tills) de base et de blocs dérivants	19
Figure 12 : Les dépôts marins d’une phase transgressive.....	20
Figure 13 : Carte de position de puits dans la région de Timimoun Nord.....	21
Figure 14 : Découpage strati-séquentiel du puits MJB-1.....	38
Figure 16: Profil sismique.....	40
Figure 15 : Coupe géologique E-W de Timimoun Nord	41
Figure 17: Corrélations diagraphiques E-W des réservoirs de l’Ordovicien.	43
Figure 18: Corrélations diagraphiques N-S des réservoirs de l’Ordovicien.	45
Figure 19 : Fiche de carotte N°1 puits TIN-1.	26
Figure 20 : Fiche de carotte N°2 puits TIN-1.	27
Figure 21 : Fiche de carotte N°2 MSO-1 (page 1).....	31
Figure 21 : Fiche de carotte N°2 MSO-1 (page 2).....	32
Figure 22 : Fiche de carotte N°3 MSO-1	33
Figure 23 : Fiche de carotte N°4 MSO-1.....	34
Figure 24 : Les différents types de réservoir selon la relation porosité-perméabilité.....	50

Figure 25 : Profil d'évolution verticale de la porosité de la Dalle de M'kratta, puits MJB-1.....	53
Figure 26 : Profil d'évolution verticale de la perméabilité de la Dalle de M'kratta, puits MJB-1.....	53
Figure 27 : Profil d'évolution verticale de la porosité des Grés d'El Goléa, puits MJB-1.	54
Figure 28 : Profil d'évolution verticale de la perméabilité des Grés d'El Goléa, puits MJB-1.....	54
Figure 29 : Courbe de corrélation porosité-perméabilité de la Dalle de M'Kratta, puits MJB-1.....	56
Figure 30 : Courbe de corrélation porosité-perméabilité des Grés d'El Goléa, puits MJB-1.	56
Figure 31 : Histogramme de distribution des classes de porosité de la Dalle de M'Kratta, puits MJB-1.....	58
Figure 32 : Histogramme de distribution des classes de perméabilité de la Dalle de M'Kratta, puits MJB-1.....	58
Figure 33 : Histogramme de distribution des classes de porosité des Grés d'El Goléa, puits MJB-1.	60
Figure 34 : histogramme de distribution des classes de perméabilité des Grés d'El Goléa, puits MJB-1.	60
Figure 35 : Carte en isobathes au toit de la Dalle de M'Kratta.....	63
Figure 36 : Carte en isobathes au toit des Grès d'El Goléa.	63
Figure 37 : Carte en isopaques de la Dalle de M'Kratta.	64
Figure 38 : Carte en isopaques des Grès d'El Goléa.	64
Figure 39 : Carte en isoporosité de la Dalle de M'Kratta.	65

Liste de tableaux

Tableau 1 : Système pétrolier du bassin de l'Ahnet-Gourara	5
Tableau 2: Phases tectoniques majeures effectuant le bassin de l'Ahnet-Gourara....	9
Tableau 3 : Les carottes prélevées de l'Ordovicien au niveau des puits TIN-1 et MSO-1.....	22

Liste des annexes

ANNEXE 1 : MASTER LOG DE L'ORDOVICIEN DANS LE PUITTS TIN-1

ANNEXE 2 : MASTER LOG DE L'ORDOVICIEN DANS LE PUITTS MSO-1

Introduction générale

Le bassin de l’Ahnet-Gourara se situe dans la partie centrale du Sahara Algérien, c’est un des plus grands bassins sédimentaires producteurs du gaz en Algérie, principalement dans les réservoirs Cambien, Ordovicien et Dévonien. Timimoun Nord est notre région d’étude, elle se situe au Sud du bassin de Gourara, et produit principalement des réservoirs Ordovicien qui font l’objet de notre étude.

Les réservoirs Ordovicien dans la région de Timimoun Nord sont composés de bas en haut par les formations suivantes : Quartzite de Hamra, Grés d’Oued Sarat, Grés d’El Golea, et la Dalle de M’Kratta. D’autre part, La production de gaz se fait uniquement dans deux formations réservoirs à savoir la Dalle de M’Kratta et les Grés d’El Golea.

De ce fait, ces formations réservoirs font l’objet d’un challenge vue l’hétérogénéité du milieu ainsi que les faibles valeurs de perméabilité (<0.01 mD), ce qui nous permet de qualifier ces derniers de réservoirs compact et non conventionnel. Il est à noter que la qualité réservoir de ces deux formations est améliorée par d’important réseau de fracturation souligné par la présence d’une porosité et perméabilité secondaire.

Dans le cadre d’une collaboration entre la Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie et Sonatrach, nous avons été affecté à la Division Exploration Boumerdes, où on nous a proposé un sujet ayant pour thème : « Etude Qualitative et Quantitative des réservoirs Ordovicien dans la région de Timimoun Nord, Bassin d’Ahnet-Gourara ».

Notre travail s’articule autour des axes suivants :

- Généralités sur le bassin et la région d’étude.
- Approche sédimentologique des réservoirs Ordovicien.
- Une étude des paramètres pétrophysiques des réservoirs de l’Ordovicien à savoir la Dalle de M’Kratta et Grés D’El Golea.

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS



I.2. Histoire de travaux de recherche dans la région de l’Ahnet-Gourara

Historiquement deux grandes périodes marquent la recherche géologique dans le bassin de l’Ahnet-Gourara :

Période de reconnaissance géologique (avant 1953)

Cette période a mis en relief des travaux sur le Paléozoïque au Nord du Hoggar et le Tassili. Les travaux de cette période ont été clôturés par le congrès géologique international d’Alger en 1952.

Période d’exploration pétrolière

- La période allant de 1953 à 1959 : Cette période a connu une intense activité d’exploration, la première découverte d’hydrocarbures dans la plate-forme saharienne sur la structure de Berga en mars 1954 située dans le bassin de l’Ahnet. Cette période diffère de la précédente par l’importance des moyens utilisés (en introduisant l’outil géophysique tel que la gravimétrie, la sismique puis le forage.)
- La période allant de 1959 -1976 : La concentration des travaux pétroliers sur la recherche des gisements d’huile dans le Sahara orientale a ralenti l’activité dans la région de l’Ahnet-Gourara.
- La période allant de 1976 à l’actuel : Les travaux réalisés au cours de cette phase sur l’ensemble du bassin ont été motivés par les projets de développement du gaz d’In Salah.

Les travaux récents effectués par SONATRACH et ses associés ont mis en évidence des accumulations commerciales de gaz et montrent que les bassins Ahnet et Timimoun recèlent des réserves très importantes.

I.3. Cadre stratigraphique

La région de l’Ahnet-Gourara préserve une épaisse série sédimentaire allant du Cambrien au Carbonifère (Fig.2).

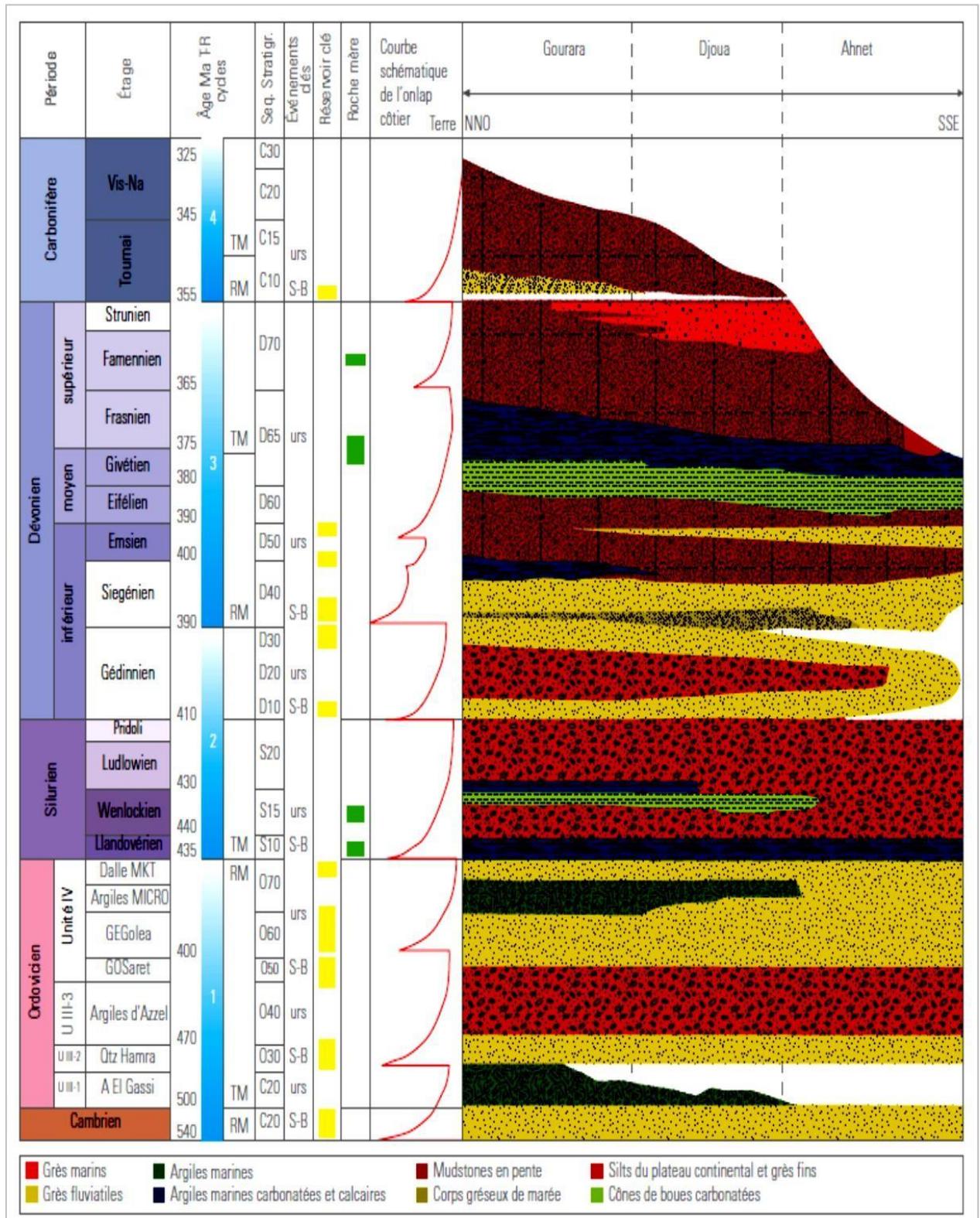


Figure 2 : Log stratigraphique du bassin de l'Ahnet-Gourara (WEC, 2007)

I.4. Systèmes pétroliers

La région de l’Ahnet-Gourara forme un bassin des plus importants de la chaîne des bassins Paléozoïques productifs de gaz, qui longent le flanc nord du craton Panafricain. (fig.2 et tableau1)

	Roche mère	Roche réservoir	Roche couverture
Carbonifère		Tournaisien	
Dévonien	Moyen et supérieur	Dévonien inférieur	Moyen et supérieur
Silurien			
Ordovicien			
Cambrien			

Tableau 1 : système pétrolier de l’Ahnet-Gourara

I.4.1. Roches mères

Les études géochimiques réalisées sur la région de l’Ahnet-Gourara montrent des états de maturité actuels très avancés pour les niveaux roches mères dont les plus importants sont ceux du Silurien et du Dévonien moyen et supérieur (Tableau 1).

I.4.2. Roches réservoirs

➤ Réservoirs principales : les réservoirs Ordoviciens (Fig.2) sont de haut en bas :

- *La Dalle de M’Kratte* : constitue un réservoir de grès argileux moyens à fins avec des passées de grès grossier. Elle est caractérisée par de fréquents changements de faciès et d’épaisseurs liées à son environnement de dépôt fluvio-marin, elle possède les meilleures caractéristiques petro-physique de l’Ordovicien.

- *Les Grès d’El Goléa* : du type fluvio-glaciaire à marin peu profond, ils sont fins à grossiers bien cimentés. Cette unité est caractérisée par d’importantes variations de faciès et d’épaisseur. La porosité varie de 5 à 14%.

- *Les Grès de Oued Saret* : sont des grès aux qualités réservoirs médiocres mais la fracturation semble améliorer la productivité. La limite supérieure des grès d'Oued Saret est rarement discernée est marquée par la discordance de ravinement glaciaire.

- *Les Quartzites de Hamra* : sont de type fluviatile à marin peu profond, très fins à grossiers, avec une porosité de 3 à 8%.

➤ Réservoirs secondaires : sont les réservoirs du Dévonien (qui sont de bas en haut le réservoir de Gédinnien, Siégénien, et de l'Emsien), et du Carbonifère (Tournaisien). (Fig.2).

I.3.1. Roches couvertures

Dans la région de l'Ahnet-Gourara, les roches couvertures sont principalement constituées par les épaisses séries argileuses du Silurien, dévonien moyen et supérieur (Tableau 1).

I.3.2. Types de pièges

Sur l'ensemble de l'Ahnet-Gourara les types de pièges reconnus sont essentiellement structuraux ou tectoniques avec fermeture sur faille. (Fig.3)

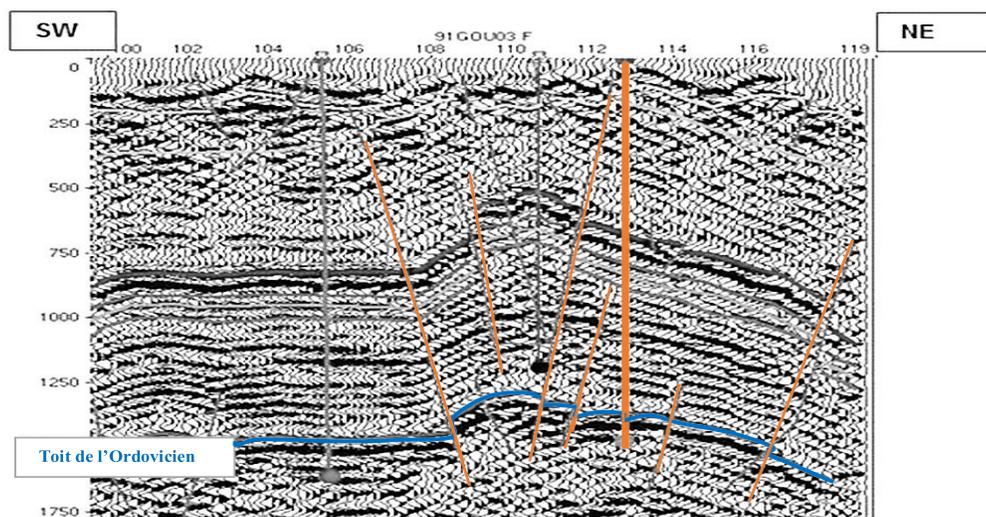


Figure 3 : Coupe sismique montrant la structure de pièges (Document SONATRACH, modifié)

I.4. Principaux éléments structuraux du bassin de l’Ahnet-Gourara

Le domaine d’étude englobe le bassin de l’Ahnet et la partie méridionale du bassin du Timimoun. Les deux bassins sont séparés par l’ensellement du Djoua. (Fig.4)

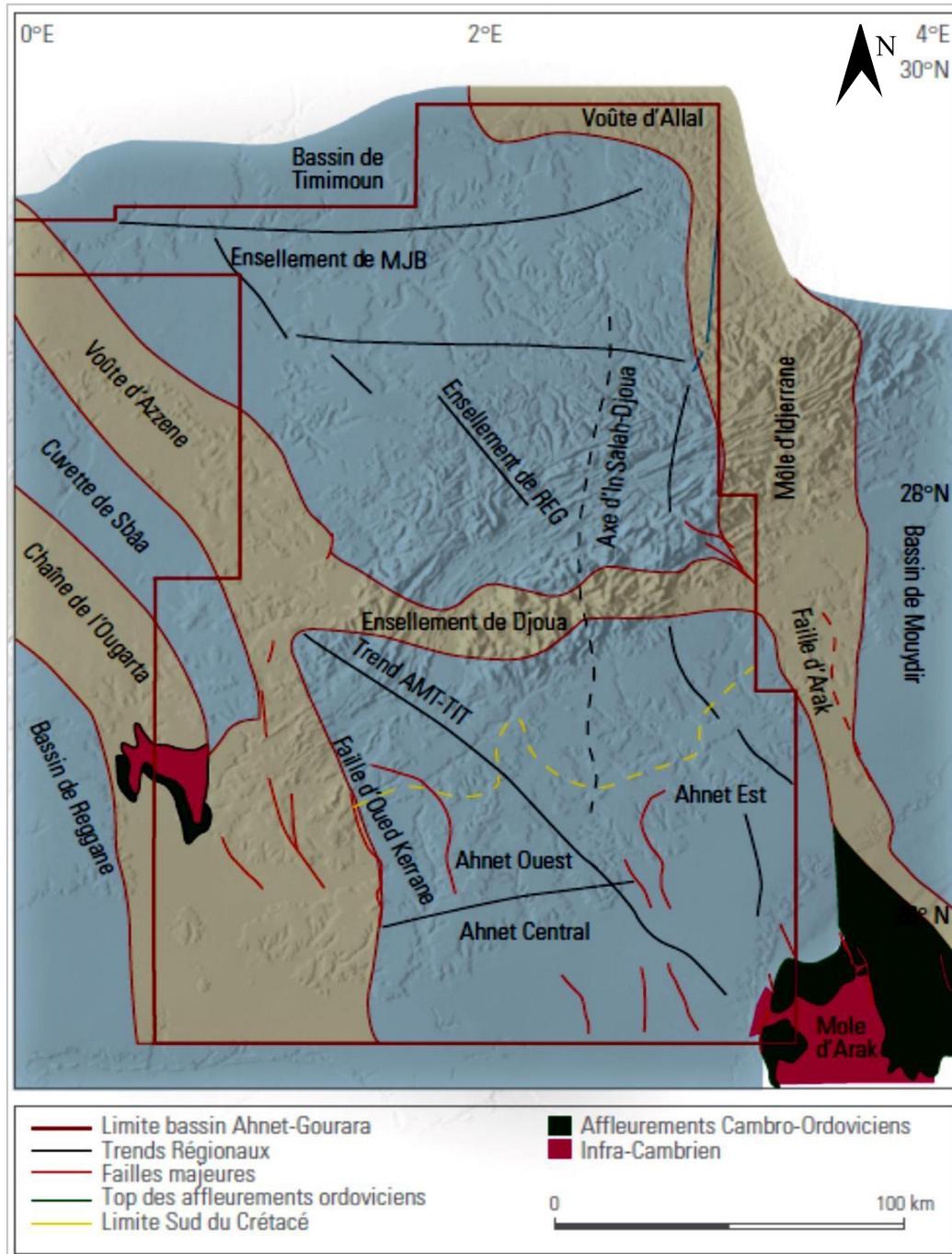


Figure 4 : Carte structurale du bassin de l’Ahnet-Gourara (WEC ,2007)

I.4.1. Le bassin de l’Ahnet

Il est composé de trois ensembles structuraux : l’Ahnet Orientale, l’Ahnet centrale et l’Ahnet occidentale.

Il est bien distingué par une structuration intense liée à sa position entre les deux cratons Ouest et Est Africain.

L’image structurale actuelle a été acquise principalement durant l’orogénèse hercynienne qui a complètement modelé le bassin (failles, zones broyées, structures anticlinales, intenses érosions etc...).

D’autres phases de plissements ont été reconnues, en particulier la phase Autrichienne qui a provoqué des rejeux en décrochement qui ont donné naissance à des plis d’entraînement le long d’axes préférentiels.

D’autre part, ce bassin a nettement été marqué par la tectonique liée au Hoggar. Cette réactivation tectonique s’est matérialisée par des trends structuraux de direction subméridienne rattachée aux déformations en lanières du socle (typique au Hoggar).

I.4.2. Le bassin de Timimoun

Ce bassin est moins structuré que le bassin de l’Ahnet, surtout dans sa partie centrale. Les zones les mieux structurées se trouvent au Sud-Est et au Sud-Ouest.

Les structures ont été formées durant l’orogénèse hercynienne et montrent une direction Nord-Ouest / Sud-Est.

D’autres structures ont une direction légèrement subméridienne et il existe également des structures dont les axes sont de direction Est-Ouest.

- Le tableau ci-dessous (Tableau 2) résume l’évolution tectonique et les phases orogéniques qui ont fait de l’Ahnet-Gourara un bassin très structuré (Fig.5).

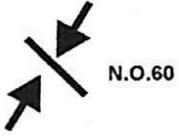
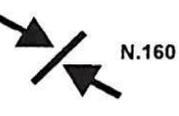
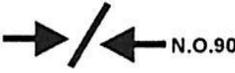
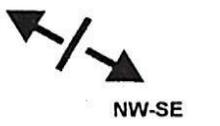
ERES		EPOQUE D'INTERVENTION MAXIMALE	NOMS DES PHASES	Nature et direction Des phases	EFFET SUR LES JEUX DE FAILLES
CENOZOIQUE	NEOGENE	MIOCENE	ALPIN TARDIF	 N.O.60	Jeu en compression des accidents NO.60
		EOCENE	TERTIAIRE ----- ALPIN MOYEN EOCENE N.160	 N.160	Jeu en compression des accidents N.160 et création de nouvelles Structures
MESOZOIQUE		CRETACE	PHASE AUTRICHIENNE (ALPIN PRECOCE)	 N.O.90	Jeu en inverse sur les accidents NO.90
		JURASSIQUE			
		TRIAS			
PALEOZOIQUE	PERMIEN		PHASE HERCYNIEENNE TARDIVE	 N.120	Jeu en inverse sur les failles NW-SE
		VISIEN	PHASE HERCYNIEENNE PRECOCE	 N.O.40	Jeu en inverse sur les failles NE-SW
	DEVONIEN	Superieur	PHASE FRASNIEN NE	 NW-SE	Jeu en failles normale sur les failles NE-SW (variation de facies et d'épaisseur) (Volcanisme)
		Moyen			
		Inferieur			
	SILURIEN		PHASE CALEDONNIENNE	 E.W?	Jeu en inverse sur les failles N-S (Erosion sur les mole sub-méridien "Tihemboka")
	ORDOVIEN		PHASE PANAFRICAINNE TARDIVE	 E.W	Tectonique cassante réseau NE-SW Et NW-SE (Cratonisation du sahara central)
CAMBRIEN					

Tableau 2: Phases tectoniques majeures effectuant le bassin de l'Ahnet-Gourara. (D'après BOUDJAMA et BIECIP, modifié)

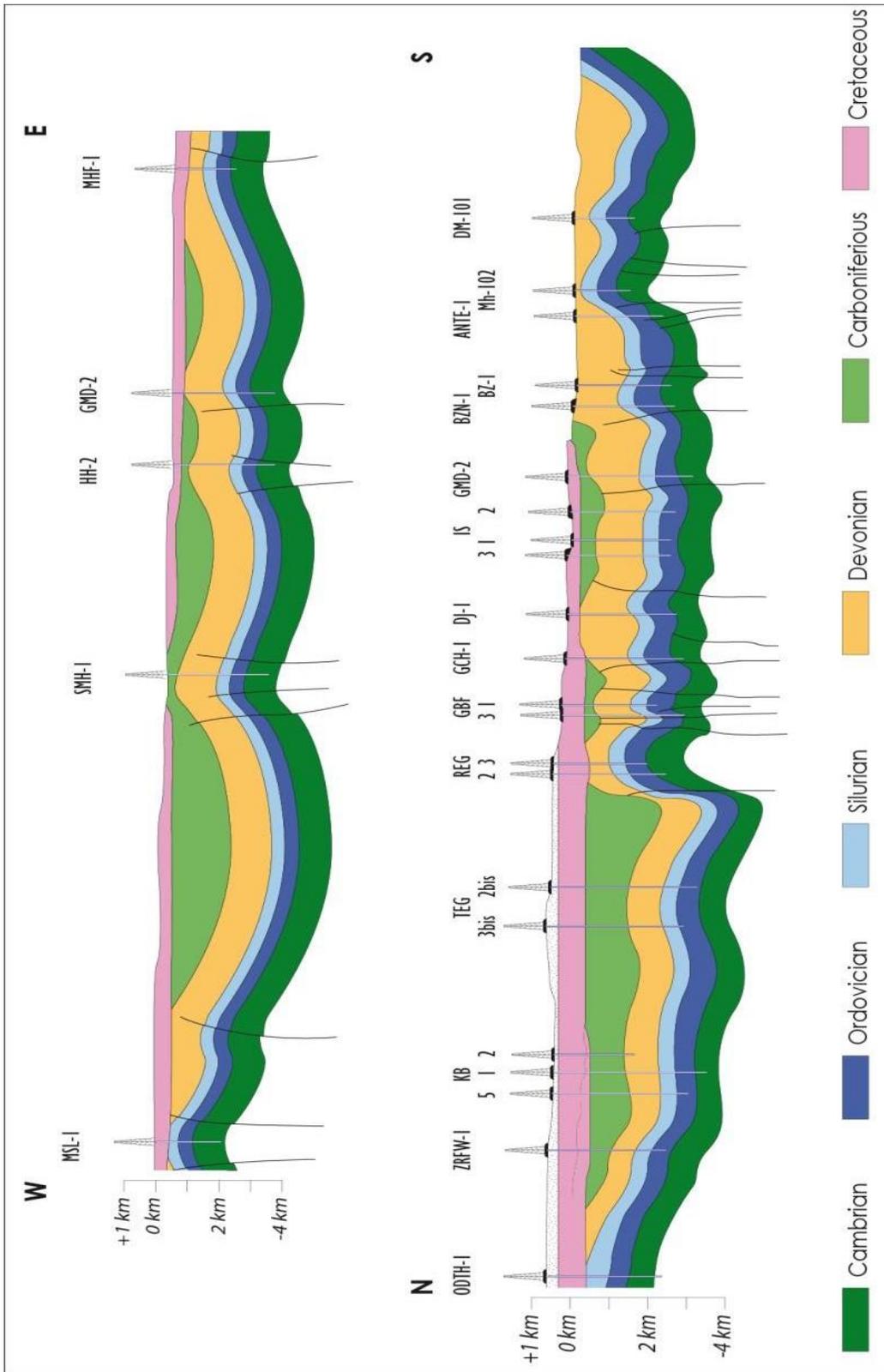


Figure 5 : Coupes transversales Est-Ouest et Nord-Sud du bassin de l’Ahnet-Gourara.

II. Présentation de la zone d'étude

II.1. Contexte géologique

Le périmètre Timimoun Nord est situé au Sud du bassin du Gourara, à la limite du Grand Erg Occidental du Sahara et du plateau du Tademaït à l'Est, en bordure de la voûte d'Azzène qui constitue la terminaison orientale de la chaîne de l'Ougarta. (Fig.6)

La zone d'étude comprend 9 forages dont 7 atteignent l'Ordovicien.

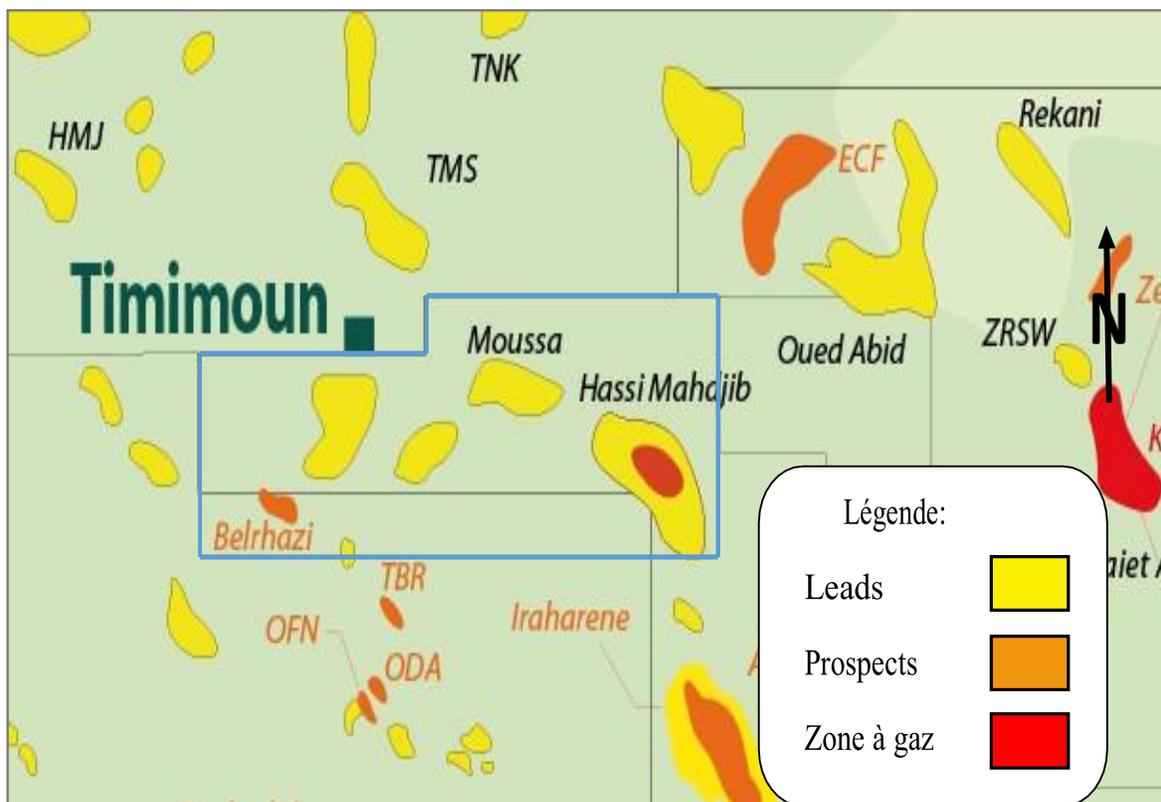


Figure 6 : Carte de situation du périmètre Timimoun Nord
(Document SONATRACH).

II.2. Présentation de l'Ordovicien de Timimoun Nord

L'Ordovicien se présente de bas en haut en une épaisse série qui peut atteindre 1900m d'épaisseur (Fig.7), on rencontre :

II.2.1. Unité III

Elle se subdivise en plusieurs sous-unités à savoir :

➤ *Unité III- 1* : Constituée de bas en haut par :

- Les grés de Miribel : le top de la formation est un complexe argilo-gréseux, composé d'une alternance de grés quartzitiques, notons la présence de glauconie et de pyrite.
- Les argiles d'El Gassi: ce sont des argiles noires et micacées à passées de siltstones, avec la présence de la glauconie qui représente le résultat d'une transgression majeure.
- Les grés d'El Atchane: formée essentiellement par des grés moyes à grossiers, moyennement consolidés contenant des débris de brachiopodes et de glauconie, le ciment est silico-argileux avec de rares passées argileuses indurées et silteuses qui indique le milieu marin peu profond à deltaïque.

➤ *Unité III-2* :

Elle est représentée par la formation « Quartzites de Hamra » avec une épaisseur qui varie entre 50m et 250m. Elle est formée de dépôts marins peu profonds composés essentiellement de grés quartzitiques, et de passées argileux à Tigilites. Elles sont généralement fissurées.

➤ *Unité III-3* :

Elle est composée de bas en haut par :

- Les grés d'Ouargla : cette formation repose en discordance sur les Quartzites de Hamra. elle est représentée par des grés fins à très fins, quartzitiques, compacts, et durs.

-Les argiles de Tiferouine : c'est une formation d'argile, indurée, silteuse et micacée parfois pyriteuse avec des fines passées variées de grés quartzitique ou quartzite très fin.

-Les argiles d'Azzel : formées d'argiles indurées, silteuses, micacées et parfois carbonatées avec des passées de grés fins à très fins, quartzitiques, compacts et durs.

II.2.2. Unité IV

Elle est séparée des formations plus anciennes par une discordance angulaire de ravinement datée du Caradocien supérieur –Landovérien inférieur ou moyen, composée d'un complexe grés-argileux, déposé dans un environnement glaciaire.

Elle comprend de bas en haut les formations suivantes:

- Les grés d'Oued Saret : sont représentés par des grés compacts à ciment silico-argileux à fines passées d'argiles noires parfois légèrement dolomitiques (fluviale à tidal)
- Les grés d'El Goléa : formés essentiellement par des quartzites avec des passées d'argiles et de siltstones.
- Les argiles micro-conglomératiques : ce sont des argiles noires, indurées, micacées, pyriteuses avec des grains de quartz, sub-anguleux et anguleux avec parfois de fines intercalations de siltstones argileux (front deltaïque, influence glaciaire) avec des passages de grés fins. Ces argiles micro-conglomératiques sont les témoins de la période de déglaciation.
- La Dalle de M'kratta : marque le sommet de l'ensemble Ordovicien elle s'est déposée rapidement en contexte continentale ou sous une faible tranche d'eau. Elle témoigne d'une courte phase d'émersion, et présente un faciès gréseux et quartzique ; ces grés quartziques sont fins à moyens parfois grossiers avec de fines intercalations d'argiles.

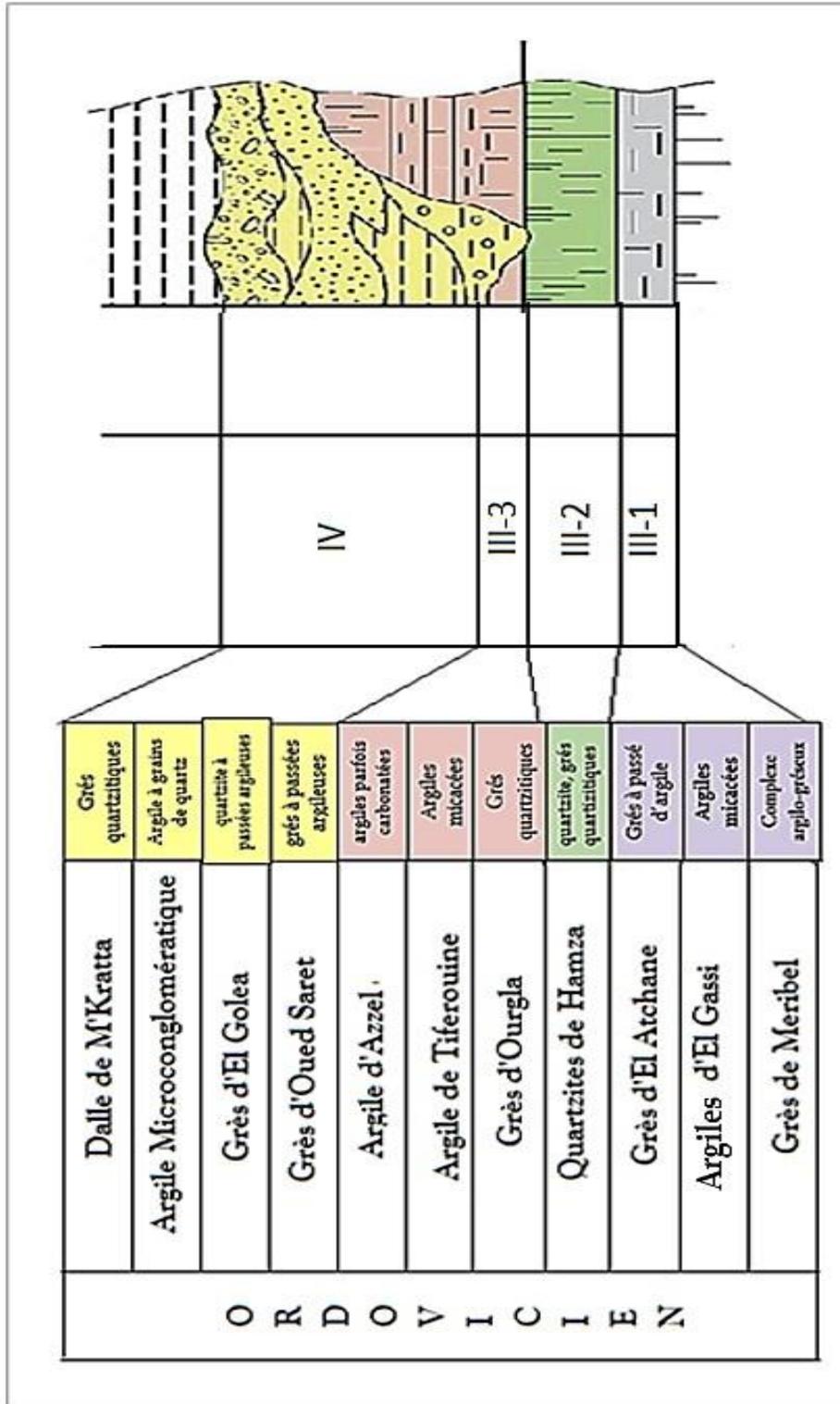


Figure 7: présentation de l'Ordovicien à Timimoun Nord

CHAPITRE II

APPROCHE SÉDIMENTOLOGIQUE



Introduction

L'approche sédimentologique est réalisée dans le but de mieux caractériser les réservoirs et de définir les environnements de dépôt en utilisant différentes méthodes, qui sont :

- La description des lithofaciès à partir des Master-Log et des carottes.
- Le découpage séquentiel qui nous permis de voir l'organisation des cortèges sédimentaires et leur succession dans l'espace et dans le temps.
- Les corrélations diagraphiques à partir des enregistrements du Gamma Ray et du Sonique.

I. Rappels

I.1 Faciès

C'est un ensemble des caractères d'une roche ou d'une unité sédimentaire résultant des conditions géographiques, climatiques, topographiques, physico-chimiques et biologiques.

I.2 Séquence

Il existe plusieurs définitions, mais en général elle est définie comme une succession de faciès qui s'enchaînent et se superposent graduellement, la polarité de la séquence est définie par la variation du niveau d'énergie du milieu de dépôt conditionnant la granulométrie et donc l'argilosité. On définit deux types de séquences :

- La séquence positive : C'est une séquence à évolution grano-décroissante, les particules évoluent des plus grossières aux plus fines vers le haut. (Fig.8)
- La séquence négative : C'est une séquence à évolution grano-croissante, les particules évoluent des plus fines aux plus grossières vers le haut. (Fig.9)

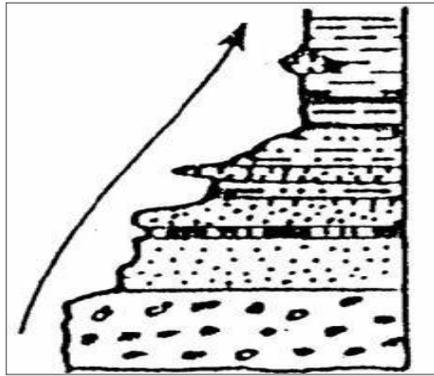


Figure 8: Séquence positive

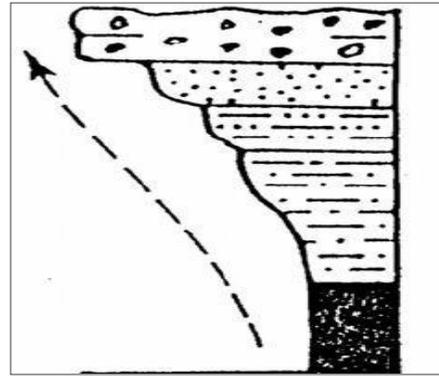


Figure 9: Séquence négative

I.3 Les discontinuités

Elles traduisent un arrêt de la sédimentation accompagné ou non d'une érosion, elles permettent aussi de définir les séquences et de déterminer leur ordre.

I.4 Concepts de base de l'analyse séquentielle

Le modèle de stratigraphie séquentielle a d'abord été appliqué à la sédimentation silicoclastique (Fig.10).

Au cours d'un cycle eustatique, on pourra successivement distinguer :

- Surfaces de base (SB). Elle est due à la chute du niveau marin. Sur le continent, elle est soulignée par la surface d'exposition aérienne et par une érosion fluviale, plus loin vers le bassin elle correspond à des surfaces de progradation sous-marine. Dans tous les cas elle est associée à des séries régressives progradantes, caractérisée par un développement maximum des grès qui indique un net abaissement relatif du niveau marin. En diagraphie, elle est identifiée par un pic sur le Gamma-Ray qui montre le contact grès/argile.

- Prisme de bas niveau marin (PBN) : repose typiquement sur une limite de séquence (SB) en haut de plate-forme. Il se dépose durant la phase de chute rapide du niveau marin jusqu'à la 1^{ère} partie de sa remontée.
- Surface transgressive (ST) : le sommet du PBN est marqué par une surface d'inondation marine, la surface transgressive (ST) qui est rencontrée au passage d'une série régressive progradante (PBN) vers une série transgressive rétrogradante (ST), marquant l'approfondissement net du milieu.
- L'intervalle transgressif (IT) : surmonte la surface transgressive et se dépose durant la remontée rapide du niveau marin, il est caractérisé par une rétrogradation vers le continent. En diagraphie, il est représenté par un empilement de couches géologiques donnant la forme d'une cloche de plus en plus réduite vers le toit.
- Surface d'inondation maximale (SIM) : Le sommet de l'intervalle transgressif correspond à la surface d'inondation maximale, qui correspond à une période de sédimentation minimale de tout le système. Sur le Gamma Ray elle représente le pic le plus argileux.
- Prisme de haut niveau (PHN) : il se dépose à la fin de l'élévation du niveau marin, et se poursuit lors de sa stabilisation. Il est caractérisé par une dynamique aggradante dans la première partie (early highstand), et de progradation dans la deuxième partie (late highstand). En diagraphie, il est représenté par un empilement de couches géologiques donnant la forme d'un entonnoir.

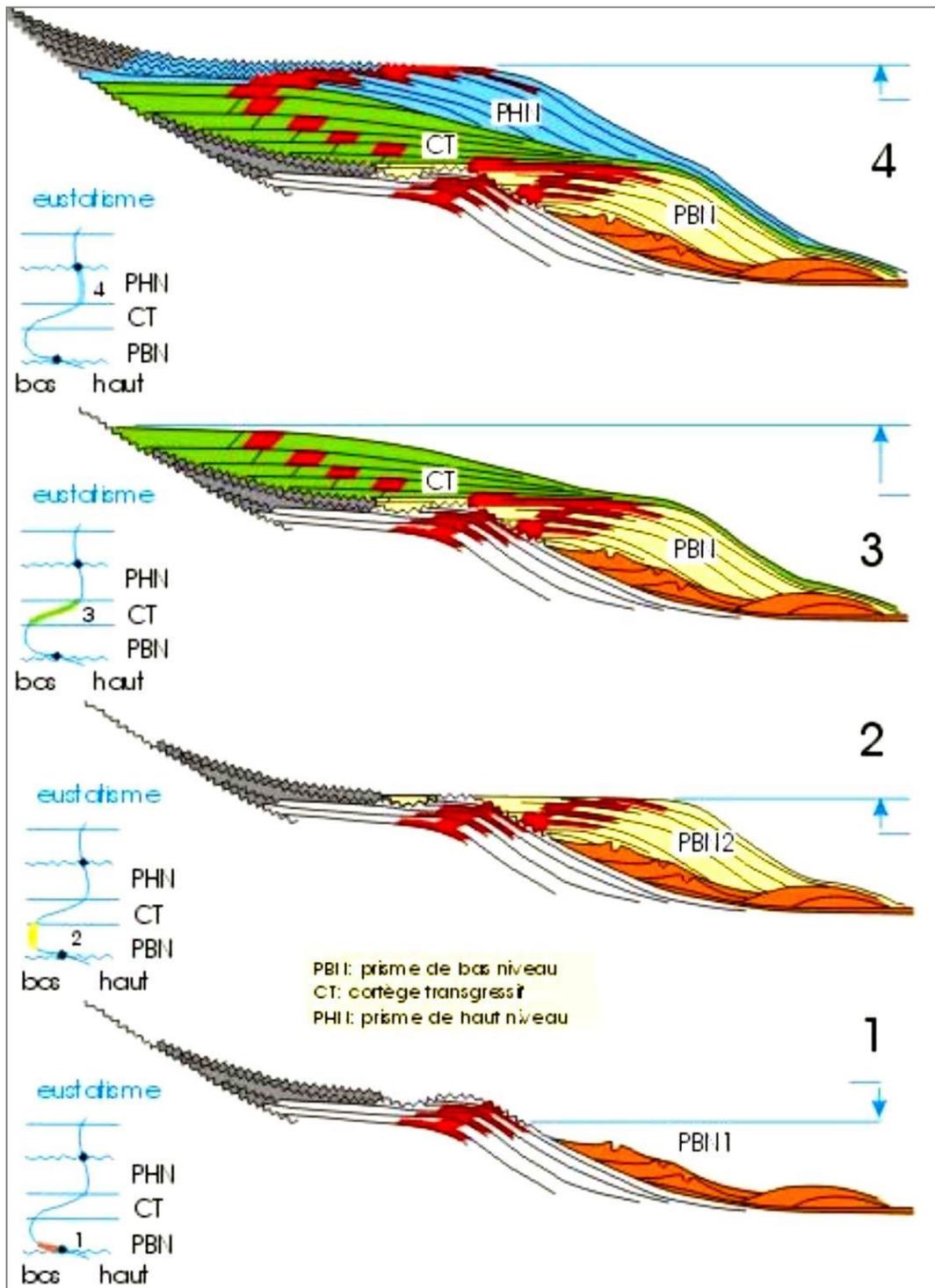


Figure 10 : Représentation schématique du modèle de stratigraphie séquentielle d'après Exxon (Cojan.I,et Renard.M, 2006)

I.5 Aperçue sur l'environnement du dépôt

Les éléments primordiaux définissant le milieu de dépôt sont : les structures sédimentaires (litage et bioturbation), la bathymétrie, la granulométrie, les organismes fossiles, ainsi que le découpage séquentiel des différentes formations. On peut regrouper les environnements du dépôt en trois catégories principales : continental, transitionnel et marin.

Dans notre étude nous nous limiterons au modèle de faciès des dépôts marins à fluvio-glaciaires.

I.5.1 Les dépôts fluvio-glaciaires

Ce sont des dépôts présentant à la fois des caractères glaciaires (galets, stries, blocs, ciment argileux) et des caractères fluviatiles (cailloutis, sables, et limons stratifiés). La genèse de ces dépôts serait la suivante: les torrents issus du front morainique remanient les éléments des moraines (caractères glaciaires) et tendent à les transformer en alluvions (caractères fluviatiles).

La glace possède un pouvoir érosif très important, ainsi d'importants volumes de sédiments sont produits pendant les périodes de glaciation. La glace érode par tirage et abrasion, et les dépôts se font pendant la fonte. Les sédiments déposés directement à partir de la glace sont généralement mal classés et non stratifiés (Fig.11)

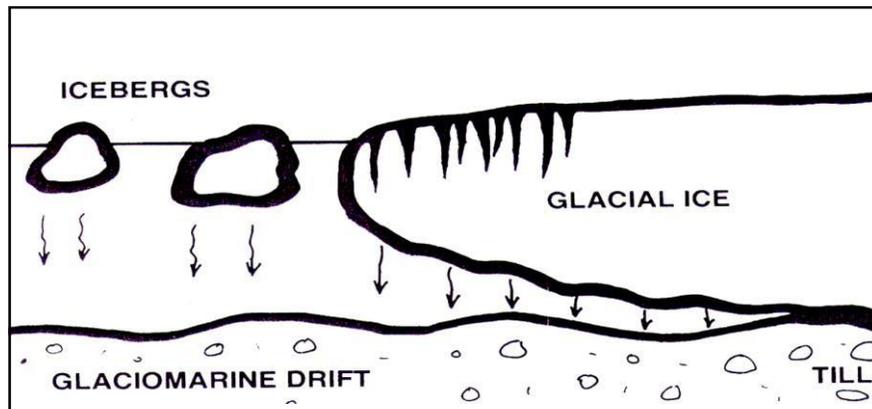


Figure 11: Environnements du dépôt de tillites (tills) de base et de blocs dérivants
(In Reading, 1996)

I.5.2 Les dépôts marins

Les mers post-glaciaire ont donné lieu à tous les phénomènes de sédimentation habituels : deltas, là où les cours d'eau se jetaient dans la mer, plage de sable, cordons de graviers, et dépôts fins d'eau profonde de type argiles.

Lors de la régression le bord de mer change de place sans cesse, les deltas se déplacent, les cours d'eau creusent leur lit dans les argiles déposées peu avant dans le fond de la mer, le vent déplace le sable des plages abandonnées et forme des dunes.

C'est ce phénomène de fluctuation du niveau marin qui permis un super positionnement de différents litho-faciès tout dépend de l'énergie du milieu, donc de l'épaisseur de la tranche d'eau.

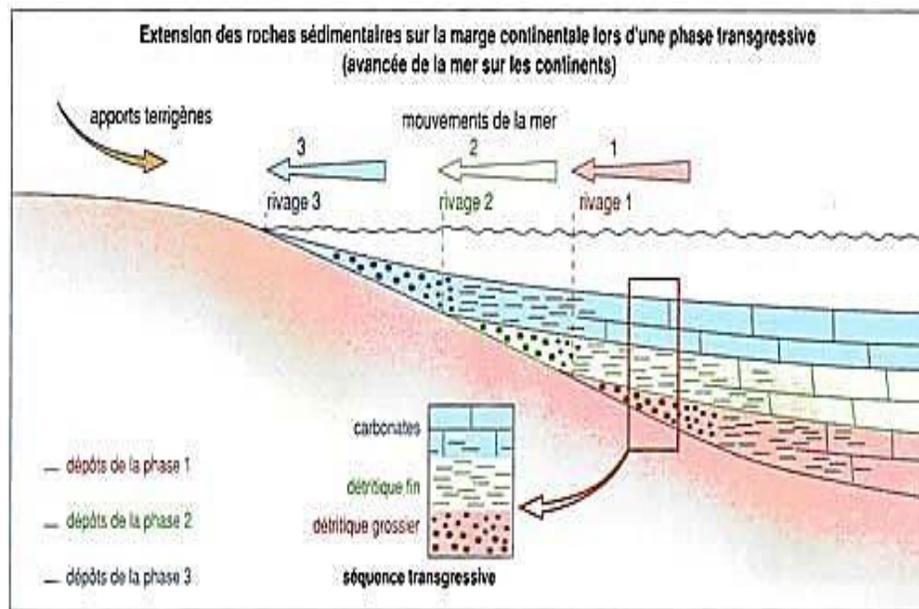


Figure 12 : Les dépôts marins d'une phase transgressive.

I.6 Rappel sur les diagraphies

Il existe de divers méthodes de diagraphie, dans notre étude on a utilisé que le Gamma-Ray et le Sonique.

- Le Gamma Ray: Il permet de mesurer la radioactivité naturelle des roches au cours du forage. Son principe consiste à descendre dans le puits une sonde mesurant la radioactivité naturelle existant dans certaines roches. Cet enregistrement apporte des informations lithologiques. Il met bien en évidence les charbons, comme les niveaux d'argile (radioactivité élevée) qui constituent souvent les limites des réservoirs dans le sous-sol, Le log du gamma ray permet d'estimer le pourcentage d'argiles dans les formations sableuses, son utilisation s'est étendue à la reconnaissance des discontinuités et des milieux du dépôt.
- Le Sonique : Il est appliqué pour la mesure de la vitesse du son, et la détection des discordances, pour cela, on émet un train d'ondes à partir d'un générateur et on mesure le temps de propagation des ondes acoustiques.

II. Méthodologie :

Un total de huit (08) puits à savoir (BLR-101, BLR-2, TI-1, TIN-1, MSO-1ST1, MS-1bis, MJB-1 et MJB-3) ont été utilisés dans ce chapitre (Fig.13).

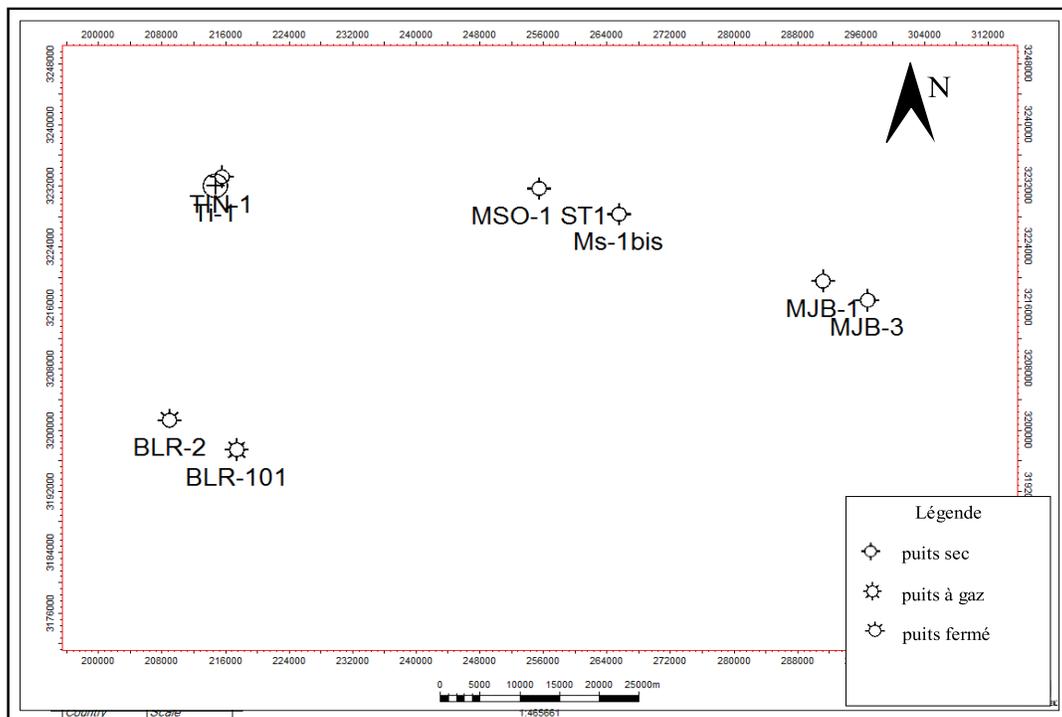


Figure 13 : Carte de position des puits dans la région de Timimoun Nord.

- ❖ La Description des litho-faciès de l’Ordovicien dans la région de Timimoun Nord est définie à partir des Master-Log (Annexe 1 et 2), ainsi que les données de cinq carottes (Tableau.4), dans le but de reconstituer l’histoire du bassin.

Nom du puits	Numéro de la carotte	Profondeur du prélèvement de carotte (m)	Formation	Longueur carottée (m)	Longueur récupérée (m)
TIN-1	1	2376	Dalle de M’kratta	9	8.3
	2	2665	Quartzite de Hamra	7.87	3.3
MSO-1	2	3033	Dalle de M’kratta	10.5	10
	3	3156	Quartzite de Hamra	9	8.6
	4	3427	Grès d’El Atchane	9	6.2

Tableau 3 : Les carottes prélevées de l’Ordovicien au niveau des puits TIN-1 et MSO-1

- ❖ On a utilisé le Model d’Exxon pour le découpage séquentiel (Fig.14), et on a pris le puits MJB-1 comme model, le choix été basé sur la netteté et la facilité de la lecture du Gamma-Ray et du Sonique dans ce puits-là, ainsi il comprend toutes les formations de l’Ordovicien.
- ❖ On a établi une coupe géologique Est – Ouest (Fig.15) à partir d’un profil sismique (Fig.16), qui passe par les puits : MJB-3, MJB-1, MS-1bis, MSO-1ST1, TIN-1 et TI-1.
- ❖ Dans le but d’avoir une idée sur l’évolution latérale des niveaux réservoirs de l’Ordovicien, d’Est en Ouest et du Nord au Sud, nous avons établi des corrélations diagraphiques (Fig.17 et Fig.18), en utilisant les courbes de GR et du Sonique par l’intermédiaire du logiciel Pétrel.

III. Définition des différents litho-faciès dans la région d'étude

III.1 Puits TIN-1

Il traverse différentes formations (voir annexe 1), qui sont de haut en bas comme suite :

III.1.1 Dalle de M'Kratta

- Master log (Annexe 1):

De 2376m à 2420m : il s'agit de grès très fins à fins et parfois moyens, siliceux à silico-quartzitiques, localement silico-argileux, bien consolidés, avec des passés fines millimétriques de ciment d'argile grise foncé à noire, silteuse, avec présence de pyrite.

De 2420m à 2442m : argiles grises foncées à noires, silteuses à fortement silteuses, tendres parfois micacées, feuilletées et indurées avec fines passées de grès clairs et foncés très fins à fins, siliceux, silico-quartzitiques à quartzitiques, bien consolidés et durs, présence de siltstone gris à gris foncé dur avec des traces de pyrite.

- Carotte (Fig.19) :

La carotte n°1 montre une alternance entre des Grès clairs et foncés, très fins à fins, parfois moyens, sub-arrondis, mal classés, siliceux à silico-quartzitiques, bien consolidés et durs, avec fines passées millimétriques à centimétriques d'argile grise foncée à grise noire, silteuse, feuilletée, micacée et indurée. Présence de pyrite.

III.1.2 Argile Micro-conglomératique

- Master Log (Annexe 1)

L'épaisseur est de 97m, son toit se trouve à 2442m de profondeur, elle est constituée d'argile grise, grise foncée à noire, silteuse à fortement silteuse, tendre à pâteuse, rarement feuilletée, micacée et indurée.

A 2455m débute des passées gréseux (claires et foncées) très fins à fins, siliceux avec des traces de pyrite.

III.1.3 Grès d'El Goléa

- Master Log (Annexe 1)

Son épaisseur totale est de 34m, son toit se trouve à 2505m de profondeur. Il s'agit de grès clairs et foncés, très fins à fins et parfois moyens, sub-arrondis, siliceux, silico-quartzitiques à quartzitiques, bien consolidés et durs, avec des passées d'argile grise, grise foncé parfois noire, silteuse, tendre et pâteuse, avec la présence de traces de pyrite.

III.1.4 Grès d'Oued Saret

- Master Log (Annexe 1)

Son toit se trouve à 2535m de profondeur, son épaisseur est de 22m, il s'agit de grès blanc, gris clair à gris foncé, très fin à fin et parfois moyen, sub-arrondi, siliceux, silico-quartzitique à quartzitique, bien consolidé et dur, avec passées d'argile grise, grise foncée parfois noire, silteuse, tendre et pâteuse, avec des traces de pyrite.

III.1.5 Argiles d'Azzel et de Tiferouine

- Master Log (Annexe 1)

Son toit se trouve à 2561m de profondeur, l'épaisseur est de 100m.

De 2561m à 2572m : Argile foncée et claire, silteuse, tendre et pâteuse, micacée, avec la présence de grès clairs et foncés très fins à fins, siliceux, silico-quartzitiques à quartzitiques, bien consolidés.

De 2572m à 2612m : argile grise et grise claire, parfois foncée, silteuse à fortement silteuse, tendre et pâteuse.

De 2612m à 2640m : Argile grise claire et foncée, silteuse, tendre à pâteuse, rarement noire, feuilletée, micacée, indurée, avec la présence de siltstone gris foncé, dur, et de grès blancs très fins à fins, siliceux et durs.

De 2640m à 2662m : Argile claire parfois foncée, silteuse à fortement silteuse, tendre et pâteuse, rarement noire, feuilletée, micacée et indurée, avec des traces de siltstone gris foncé et dur.

III.1.6 Quartzites de Hamra

- Master Log (Annexe 1)

Son toit se trouve sur la profondeur de 2662m, l'épaisseur totale est de 51m, il s'agit de grès clairs, très fins à fins, quartzitiques à silico-quartzitiques, bien consolidés et durs, avec traces d'argile sombre indurée, silteuse et feuilletée. Vers la base ces grès deviennent plus anguleux, moins durs et bien classés. Trace de pyrite.

- Carotte (Fig.20)

De 2665m à 2668,3m : Elle présente des grès blancs, gris clairs à gris foncés, très fins, fins à moyens, sub-arrondis, quartzitiques à silico-quartzitiques, bien consolidés et durs.

III.1.7 Grès d'El Atchane

- Master Log (Annexe 1)

Son toit se trouve à la profondeur de 2713m, l'épaisseur totale est de 37m, elle montre de grès clair très fin à fin et moyen, assez bien classé, sub-arrondi à sub-anguleux, siliceux, quartzitique, bien consolidé et moyennement dur, pyriteux, avec passées d'Argile grise foncée, indurée, silteuse, tendre et pâteuse.

Cotes	Lithologie	N° échan	INDICES		Fiss	Pend	Cakimètre		Age	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE - REMARQUES - OBSERVATIONS
			direct	indirect			25	75		
2376			↑	↑						NB: Description sommaire de la carotte N°01 à partir des chips prélevés aux extrémités de chaque mètre
2377										
2378										De 2376m à 2380m : Grès blanc à gris clair, très fin à fin, parfois moyen, rarement grossier, subarrondi, mal classé, siliceux à silico-quartzitique, bien consolidé et dur ; avec fines passées millimétriques à centimétriques d'argile gris foncé à gris noir, silteuse, feuilletée, micacée et indurée. Présence de Pyrite. Fissures fermées, horizontales à subhorizontales à remplissage argileux, rarement quartzitique. Porosité visuelle : nulle. F1+F2 : Néant.
2379										
2380			↓	↓						
2381										De 2380m à 2382m : Grès gris clair à gris foncé, très fin à fin, et moyen, subarrondi, mal classé, siliceux à silico-argileux, dur à moyennement dur ; avec fines passées millimétriques à centimétriques d'argile gris foncé à gris noir, silteuse, feuilletée, micacée et indurée. Présence de Pyrite. Fissures fermées, horizontales à subhorizontales à remplissage argileux, rarement quartzitique. Porosité visuelle : nulle. F1+F2 : Néant.
2382										
2383										De 2382m à 2383m : Grès blanc à gris clair, très fin à fin, parfois moyen, rarement grossier, subarrondi, mal classé, siliceux à silico-quartzitique, bien consolidé et dur ; avec fines passées millimétriques à centimétriques d'argile gris foncé à gris noir, silteuse, feuilletée, micacée et indurée. Présence de Pyrite. Fissures fermées, horizontales à subhorizontales à remplissage argileux, rarement quartzitique. Porosité visuelle : nulle. F1+F2 : Néant.
2384										De 2383m à 2384,30m : Grès gris clair à gris foncé, très fin à fin, et moyen, subarrondi, mal classé, siliceux à silico-argileux, dur à moyennement dur ; avec fines passées millimétriques à centimétriques d'argile gris foncé à gris noir, silteuse, feuilletée, micacée et indurée. Présence de Pyrite. Fissures fermées, horizontales à subhorizontales à remplissage argileux, rarement quartzitique. Porosité visuelle : nulle. F1+F2 : Néant.
2385										De 2384,30m à 2385m: Echantillon non récupérés

-  Argile.
-  Grès fin.
-  Nodules de pyrite.

Figure 19 : Fiche de carotte N°1 puits TIN-1 (D'après A.BENAKCHA et S.BOURKAIB).

Cotes	Lithologie	N° échan	INDICES		Fis	Pend	Calcmètre		Age	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE - REMARQUES - OBSERVATIONS
			direct	indirect			25	75		
2665			↑	↑						<p>NB: Description sommaire de la carotte N°02 à partir des chips prélevés aux extrémités de chaque mètre</p> <p>De 2665m à 2667m : Grès blanc, gris clair à gris foncé, très fin à fin, et moyen, subarrondi, quartzitique à silico-quartzitique, bien consolidé et dur. Porosité visuelle : nulle. F1+F2 : Néant.</p> <p>De 2667m à 2668,3m : Grès blanc, gris clair à gris foncé, très fin à fin, et moyen, subarrondi, quartzitique à silico-quartzitique, bien consolidé et dur. Porosité visuelle : nulle. F1+F2 : jaune pale</p>
2666			↑	↑						
2667			↓	↓						
2668			↓	↓						
2668,3			↓	↓						<p style="text-align: center;">QUARTZITE DE HAMRA</p>
2669										
2670										
2671										
2672										
2673										
2674									<p>De 2668,3m à 2672,87m: Echantillon non récupéré</p> <p style="text-align: right;"><u>Superviseur Géologue:</u> M. R GHEZIZ</p>	

	Argile.
	Grès fin.
	Nodules de pyrite.

Figure 20 : Fiche de carotte N°2 puits TIN-1 (D'après M.R GHEZIZ).

III.2 Puits MSO-1

Il traverse différentes formations (Annexe 2), qui sont de haut en bas comme suite :

III.2.1 Dalle de M'Kratta et Argile micro conglomératique

- Master Log (Annexe 2)

Le toit se trouve à une profondeur de 3032m, son épaisseur est de 13m.

Il s'agit de grès clairs très fins à fins, bien classés, siliceux à quartzitiques, micacés, durs, avec des passées de grès moyens à grossiers mal classés, siliceux et durs.

- Carotte (Fig.21)

La carotte n°2 du puits MSO-1 montre aussi des passées centimétriques d'argile grise à gris sombre, avec des nodules de pyrite.

III.2.2 Grès d'El Goléa

- Master Log (Annexe 2)

Son toit se trouve à 3045m de profondeur, l'épaisseur totale est de 33m, il s'agit de grès blancs très fins à fins, siliceux à quartzitiques, durs intercalés vers la base par des passées d'argile grise à grise sombre, silteuse, micacée et indurée.

III.2.3 Grès d'Oued Saret

- Master Log (Annexe 2)

Son toit se trouve à une profondeur de 3078m, l'épaisseur totale est de 37m, il s'agit de grès clairs, fins à moyens, sub-anguleux, mal classés, siliceux à silico-quartzitiques, et durs, avec fines passées d'argile noire indurée, silteuse et micacée, avec des traces de pyrite.

III.2.4 Argile d'Azzel et de Tiferouine

- Master Log (Annexe 2)

Son toit se trouve à 3115m de profondeur, l'épaisseur totale est de 37m ; à la base de cette formation, il s'agit de grès clair fin, siliceux et compact, avec passées d'argile foncée indurée, micacée, silteuse à silstone noir par endroit ; puis, vers le sommet, il devient plus argileux avec passées de grès clair.

III.2.5 Quarzites de Hamra

- Master Log (Annexe 2)

Son toit se trouve à 3152m de profondeur, l'épaisseur totale est de 73m ; il s'agit de grès clair et foncé, fin à moyen, sub-arrondi à sub-anguleux, bien classé, micacé, siliceux à silico-quartzitique, compact et dur, avec des traces de pyrite et d'Argile noir, indurée et feuilletée.

- Carotte (Fig.22)

La carotte n°3 montre des Grès gris blanc à blanc, très fins à fins, bien classés, siliceux à quartzitiques, micacés, durs.

III.2.6 Grès d'El Atchane

- Master Log (Annexe 2)

Son toit se trouve à la profondeur de 3225m, l'épaisseur totale est de 270m, cette formation est une alternance de grès et d'argiles.

De 3225m à 3286m : Grès clairs translucides, très fins à fins, moyennement durs à durs, compacts, siliceux à silico-quartzitiques, légèrement micacés avec passées d'argile grise foncée, indurée et silteuse.

De 3286m à 3333m : Alternance d'argile foncée et claire, indurée, silteuse, micacée, feuilletée, et de Grès clairs, fins à moyens, parfois grossiers, micacés, siliceux à silico-quartzitiques, compacts et durs.

De 3333m à 3407m : Argile claire, tendre à indurée, silteuse, et micacée, avec des intercalations de grès blancs et gris sombres, fins à moyens, sub-anguleux à sub-arrondis, silico-quartzitiques, compacts et durs.

De 3407m à 3436m : Siltstone gris à gris foncé, micacé, avec des plages de grès gris clairs et très fins, silico-argileux et moyennement durs.

De 3436m à 3495m : Argile grise à grise foncée, micacée et indurée, avec des passées de grès clairs, très fins à moyens, siliceux et durs. Une abondance de grains de quartz vers la base, ils sont incolores, fins à moyens, broyés, sub-anguleux à bien arrondis.

- Carotte (Fig.23)

Une carotte de 9m a été prélevé à une profondeur de 3427m, seul 68,88% ont été récupéré, elle montre des Siltstones, gris à gris foncés, micacés, avec des plages de Grès gris clairs, très fins, silico-argileux, moyennement durs.

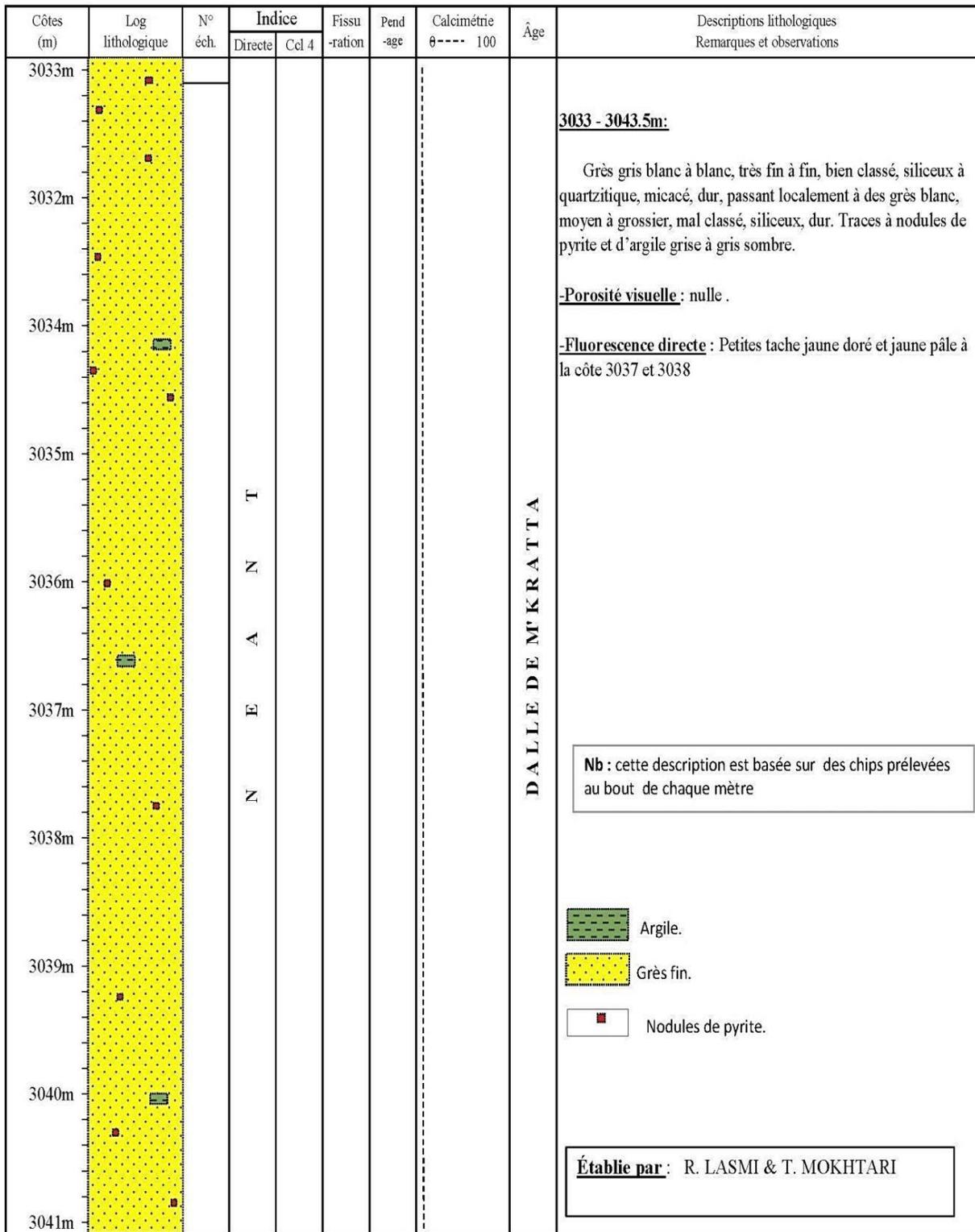


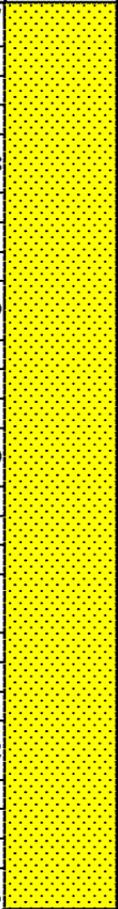
Figure 21 : Fiche de carotte N°2 MSO-1(page 1)
(D'après R.LASMI et T.MOKHTARI).

Côtes (m)	Log lithologique	N° éch.	Indice		Fissu-ration	Pend-age	Calcimétrie θ---- 100	Âge	Descriptions lithologiques Remarques et observations
			Directe	Col 4					
3041m								<p>3033 - 3043.5m:</p> <p>Grès gris blanc à blanc, très fin à fin, bien classé, siliceux à quartzitique, micacé, dur, passant localement à des grès blanc, moyen à grossier, mal classé, siliceux, dur. Traces à nodules de pyrite et d'argile grise à gris sombre.</p> <p>-Porosité visuelle : nulle .</p> <p>-Fluorescence directe : Petites tache jaune doré et jaune pâle à la côte 3037 et 3038</p> <p style="text-align: center;">DALLE DE MUKRATTA</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>Nb : cette description est basée sur des chips prélevées au bout de chaque mètre</p> </div> <div style="margin: 10px 0;"> <p> Argile.</p> <p> Grès fin.</p> <p> Nodules de pyrite.</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>Établie par : R. LASMI & T. MOKHTARI</p> </div>	
3042m									
3043m									
3043.5m									
			N	E	A	N	T		

Figure 21 : Fiche de carotte N°2 MSO-1 (page 2)
(D'après R.LASMI et T.MOKHTARI).

Côtes (m)	Log lithologique	N° éch.	Indice		Fissu-ration	Pend-âge	Calcimétrie θ----- 100	Âge	Descriptions lithologiques Remarques et observations
			Directe	Ccl 4					
3156			  Néant						<p>De 3156m à 3165m:</p> <p>Grès gris blanc à blanc, très fin à fin, bien classé, siliceux à quartzitique, micacé, dur.</p> <p>F1+F2: néant.</p> <p>Porosité visuelle : nulle.</p> <p>Legende :</p> <p> Grés</p> <p>NB : Description faite sur des ships.</p> <p>Établie par : K.AZZOUZ</p>
3157									
3158									
3159									
3160									
3161									
3162									
3163									
3164									
3165									

Figure 22 : Fiche de carotte N°3 MSO-1(D'après K.AZZOUZ).

Côtes (m)	Log lithologique	N° éch.	Indice		Fissuration	Pendage	Calcimétrie θ ---- 100	Âge	Descriptions lithologiques Remarques et observations
			Directe	Ccl 4					
3427			↑ Néant ↓					<p>De 3427m à 3433m: Siltstone gris a gris fonce, micace, avec des plages de Grès gris clair, tres fin, silico-argileux, moyennement dur.</p> <p>F1+F2: néant.</p>	
3428									
3429									
3430									
3431									
3432									
3433									
3434									
3435									
3436									
<p>NB : Description faite sur des ships.</p> <p>Établie par : H. DAHMANI + M. A. HANDOUZI</p>									

Legende :

	Grés
---	------

Figure 23 : Fiche de carotte N°4 MSO-1 (D'après H.DAHMANI et M.A.HANDOUZI).

IV. Découpage strati-séquentiel de Timimoun Nord

Le résultat de découpage séquentiel réalisé au puits MJB-1 (Fig.14), montre la présence de 4 séquences sédimentaires relativement complètes, composées chacune à la base par une para-séquence transgressive positive, et au sommet par une para-séquence régressive négative.

IV.1 Séquence 1

Elle comprend les Argiles d'El Gassi et les Grès d'El Atchane qui marque la fin de la première séquence, elle est formée de bas en haut par les deux para-séquences qui sont :

- ❖ Para-séquence 1 : sa partie basale se trouve au Cambrien, elle est représentée sur la coupe étudiée par le cortège sédimentaire transgressif, limité à sa base par une surface de transgression (ST1) marquée par un arrêt net de sédimentation gréseuse. Ce cortège transgressif est déterminé par les dépôts de la série argileuse de la formation des Argiles d'El Gassi. Le toit de cette para-séquence est défini par la limite correspondante à la surface d'inondation maximale (SIM1).
- ❖ Para-séquence 2 : elle est représentée par la formation de Grès d'El Atchane, correspondante à un cortège de haut niveau (PHN1), limitée à sa base par la surface (SIM1) et au sommet par une limite de séquence (SB2). L'enregistrement GR se présente en forme d'un entonnoir (dépôts grano-croissants).

IV.2 Séquence 2

Elle correspond à la formation de Quartzites de Hamra délimitée à la base et au sommet par deux surfaces, correspondant respectivement à une limite de séquences SB2 et SB3. Elle est formée de deux para-séquences, une para-séquence transgressive à la base, et régressive au sommet.

- ❖ Para-séquence 1: interprétée comme étant une séquence transgressive, positive, grano-décroissante, formée à la base d'un prisme sédimentaire de bas niveau (PBN2) présenté par des dépôts gréseux, et d'un cortège sédimentaire transgressif

(IT2) au sommet, présenté par des dépôts argileux. Elle est délimitée à son sommet par une surface d'inondation maximale (SIM2).

❖ Para-séquence 2: interprétée comme étant une séquence régressive grano-croissante, correspondant à un prisme sédimentaire de haut niveau (PHN2). Elle est délimitée à son sommet par une limite de séquence (SB3). L'enregistrement GR se présente en forme d'un entonnoir.

IV.3 Séquence 3

Elle comprend la partie sommitale de Quartzites de Hamra et les Argiles d'Azzel et de Tiferouine, elle est délimitée à sa base par la limite de séquence (SB3), et au sommet par une importante surface de base qui marque la discordance de ravinement (SB4). Elle est formée de deux para-séquences transgressive et régressive:

- ❖ Para-séquence 1: Elle est représentée par une succession de deux cortèges sédimentaires, un cortège de bas niveau marin (PBN3) à la base, déterminé par des dépôts gréseux de la partie supérieure de Quartzites de Hamra, qui est coiffé à son sommet par une surface de transgression (ST3), qui marque un arrêt net de sédimentation gréseuse, et un cortège transgressif (IT3) au sommet déterminée par les dépôts de la série argileuse de la formation des argiles d'Azzel. Le toit de cette séquence est défini par la limite correspondant à la surface de maximum d'inondation (SIM3), qui marque sur le GR le pic le plus argileux.
- ❖ Para-séquence 2: correspond à un cortège de haut niveau marin (PHN3), limitée à sa base par la surface d'inondation maximale (SIM3), et au sommet par une importante discordance de ravinement glaciaire datée de Caradocien supérieur – Landovérien inférieur ou moyen confondu avec une limite de séquence SB4.

IV.4 Séquence 4

Elle correspond aux formations: les Grès d'El Goléa, les Argiles Micro-conglomératique et la Dalle de M'Kratta. Elle est formée de deux para-séquences, transgressive à la base, et régressive au sommet.

- ❖ Para-séquence 1: interprétée comme étant une séquence transgressive, positive, grano-décroissante, formée à la base d'un prisme sédimentaire de bas niveau (PBN4), matérialisé par la formation de Grès d'El Goléa, et d'un cortège sédimentaire transgressif (IT4) au sommet, matérialisé par les Argiles Micro-conglomératiques. Cette séquence positive superpose la discordance de ravinement (SB4), et délimitée à son sommet par une surface d'inondation maximale (SIM4).
- ❖ Para-séquence 2: interprétée comme étant une séquence régressive grano-croissante, correspondant à un prisme sédimentaire de haut niveau (PHN4) matérialisé par la Dalle de M'Kratta. Elle est délimitée à son sommet par une limite de séquence, traduisant une transgression régionale d'âge Silurien. L'enregistrement GR se présente en forme d'un entonnoir.

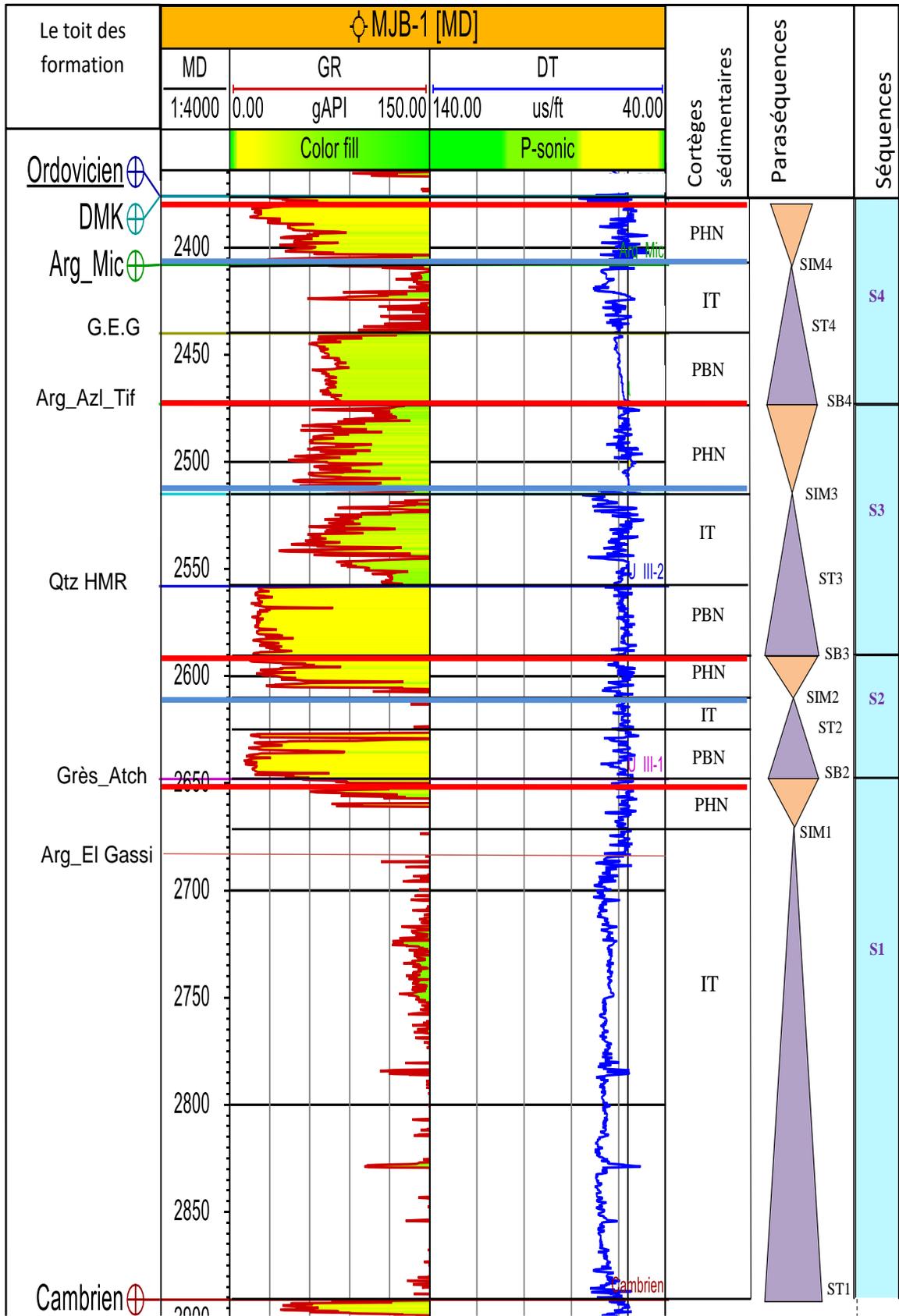


Figure 14 : Découpage strati-séquentiel du puits MJB-1

V. Interprétation de la coupe géologique de Timimoun Nord

Une coupe géologique d'orientation E-W est réalisée (Fig.15) à partir du profil sismique (Fig.16).

D'une façon générale les couches présentées par le profil sismique ont une épaisseur latérale presque constante sur toute la région d'étude, sauf celle du Viséen qui est très réduite et parfois nulle suite à l'érosion Hercynienne qui arrive même à éroder les dépôts Tournaisien.

L'Ordovicien est présent au niveau des puits de notre région d'étude à différentes profondeurs, cela s'explique par le contexte structural compliqué dans la région (terrain faillé et plissé). Par ailleurs, Le toit de l'Ordovicien est plus élevé à l'Ouest au niveau du puits TIN-1 , foré au sommet d'une structure en anticlinal très faillée, et structurée en horst et graben, ce qui peut entraîner la formation des pièges structuraux.

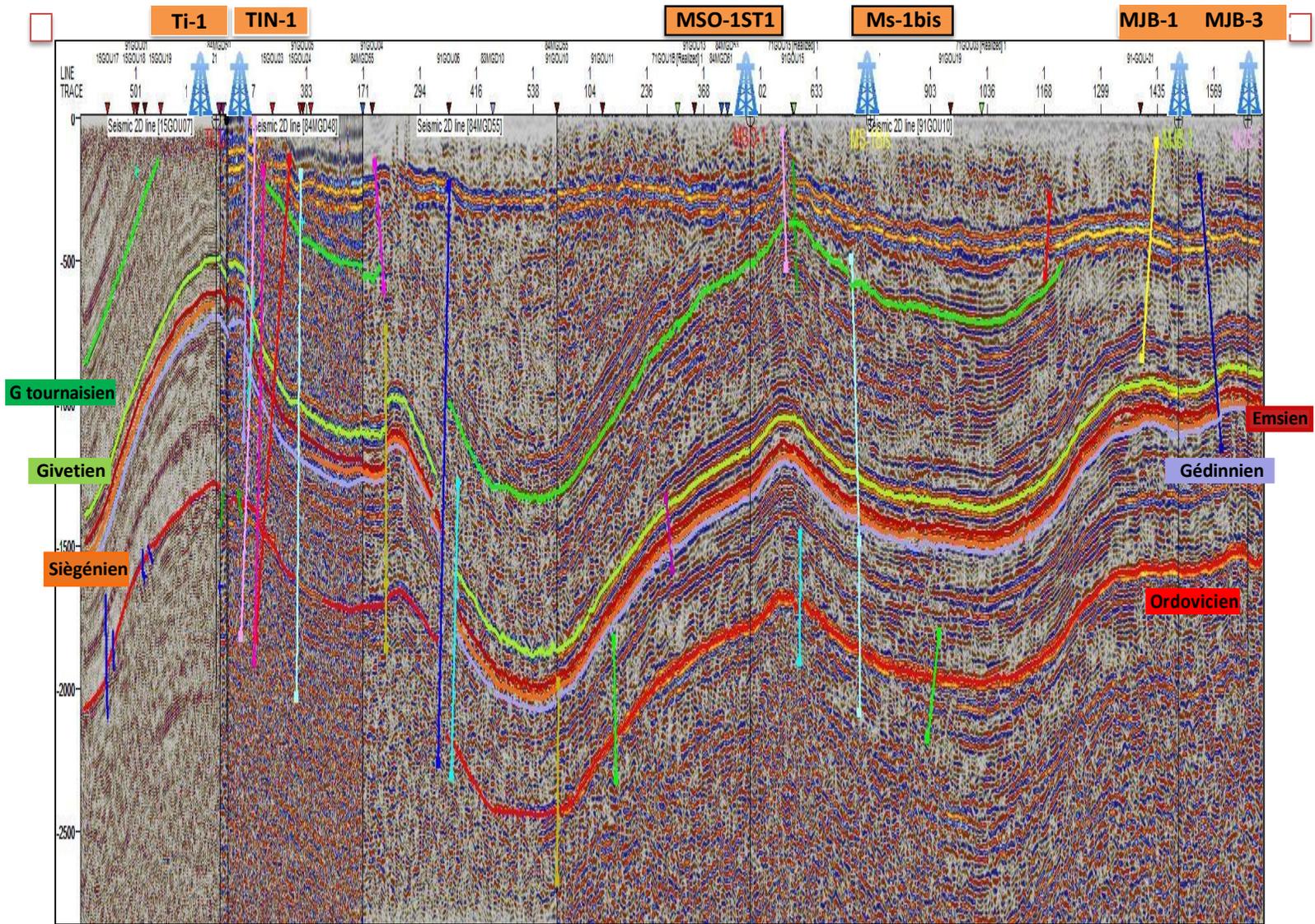


Figure 16: Profil sismique (Document SONATRACH)

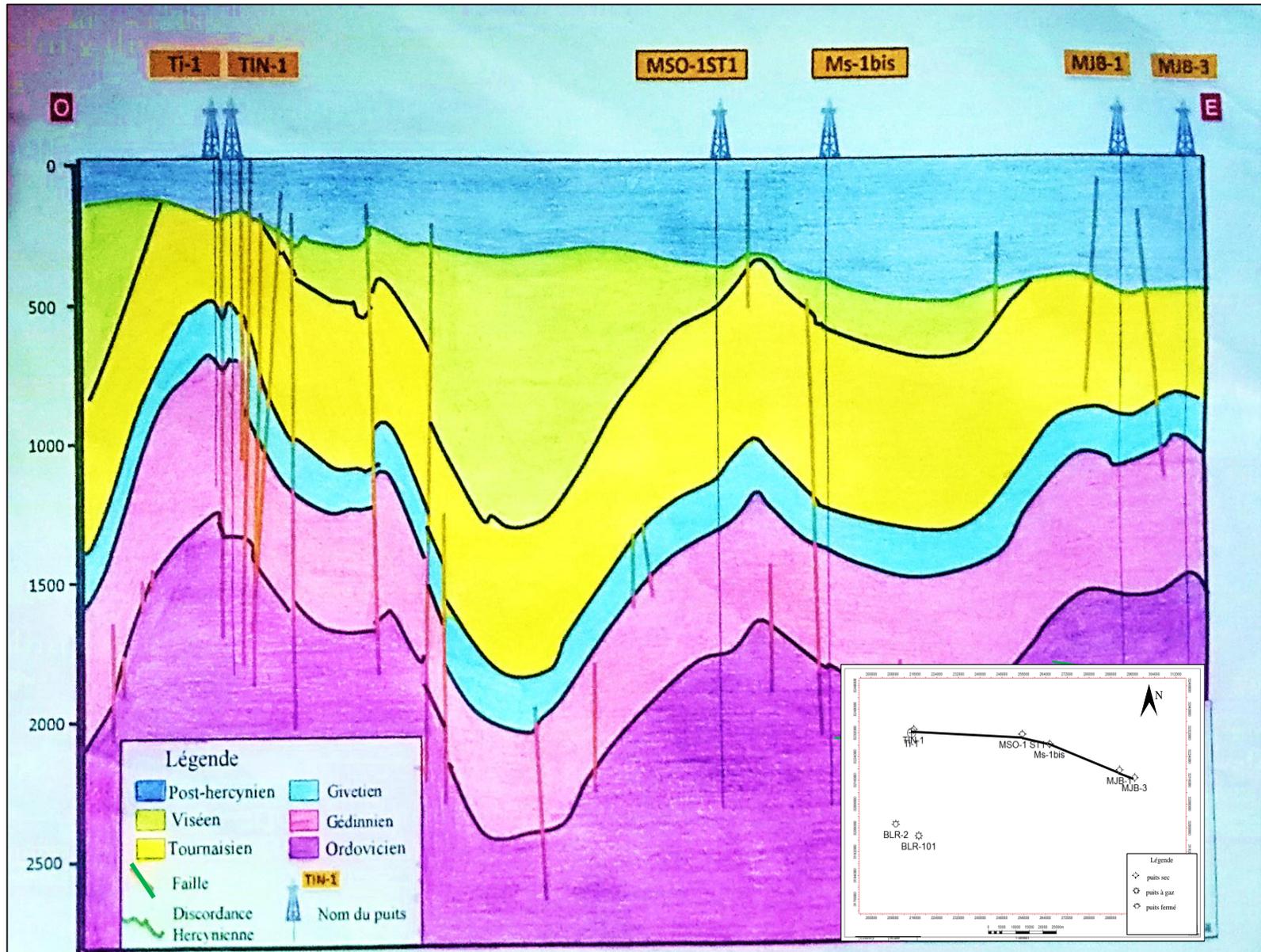


Figure 15 : Coupe géologique E-W de Timimoun Nord

VI. La corrélation diagraphique

Nous présentons ci-dessous (02) corrélations diagraphiques de l'Ordovicien suivant deux directions E-W (Fig.17), et N-S (Fig.18), mais comme on s'intéresse aux réservoirs Ordoviciens, ce qu'on peut remarquer, à part les grandes profondeurs des niveaux réservoirs, c'est les épaisseurs des formations.

VI.1 Corrélation Est-Ouest

La corrélation a été établie entre les puits MSO-1ST1, Ms1-bis et MJB-1 (Fig.17). On note que les mesures de diagraphies au niveau du puits MSO-1bis n'ont pas dépassé le toit des Grès d'El Goléa.

- La Dalle de M'kratta

Marque le sommet de l'ensemble Ordovicien, son épaisseur varie d'une façon remarquable, elle s'amincit d'Ouest en Est, elle est de 59m dans MJB-1 et de 48m dans MS1-bis, alors qu'elle ne dépasse pas 1m au niveau du puits MSO-ST1, ce qui est dû aux dépôts rapides avant la transgression Silurienne.

- Grès d'El Goléa

Cette formation est plus profonde au niveau de MSO1-ST qu'au puits MJB-1, son épaisseur est presque constante, elle est de 33m au niveau du puits MJB-1 et 36m dans MSO-1ST1.

- Quartzites de Hamra

La corrélation ne peut être faite sauf entre les puits MJB-1 et MSO-ST, cette formation est plus épaisse dans MJB-1 (105m) que dans MSO-1ST (76m).

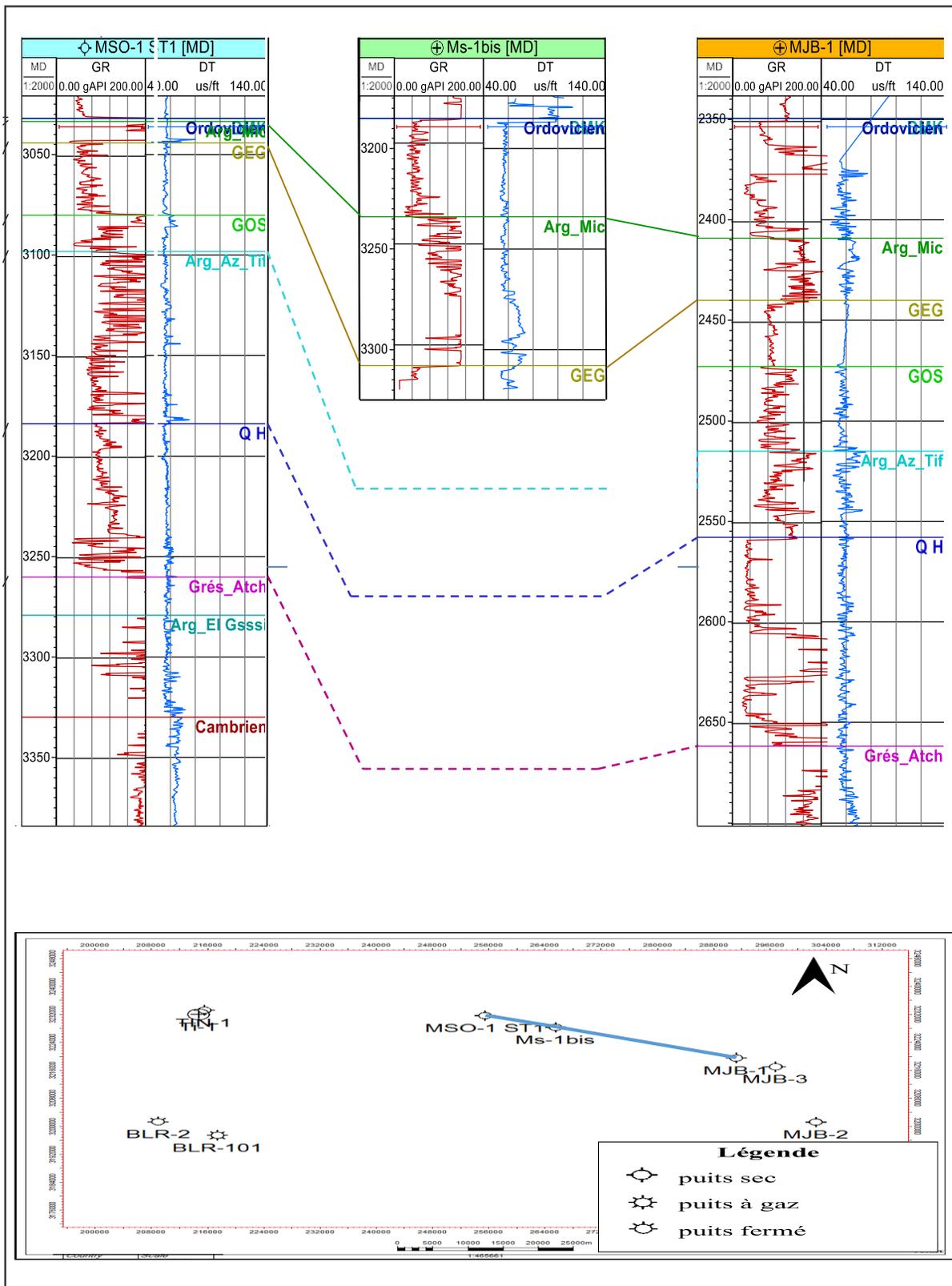


Figure 17: Corrélation diagraphique E-W des réservoirs de l'Ordovicien.

VI.2 Corrélation Nord-Sud

Elle est faite entre les puits BLR-101, BLR-2 et TIN-1 (Fig.18).

- Dalle de M'kretta

Cette formation qui couronne l'Ordovicien se trouve à différentes profondeurs, elle est de 1386m de profondeur à BLR-1 et elle devient plus profonde en allant au Nord, où elle se trouve à 2376m au niveau du puits TIN-1. Ainsi son épaisseur diffère d'un puits à un autre, elle est de 62m à BLR-101, 36m à BLR-2 et 47m à TIN-1.

Cette différence d'épaisseur est due aux dépôts sur une structure en horst et grabben.

- Grès d'El Goléa

Elle est rencontrée à différentes profondeurs (la différence dépasse les 100m), ce qui est dû à la structuration post-sédimentaire, mais son épaisseur est plus au moins constante (entre 20 et 25m).

- Quartzites de Hamra

Cette formation n'est présente qu'au niveau du puits TIN-1 qui se trouve au Nord par rapport aux deux autres puits, l'absence de cette formation est due à une lacune de dépôts.

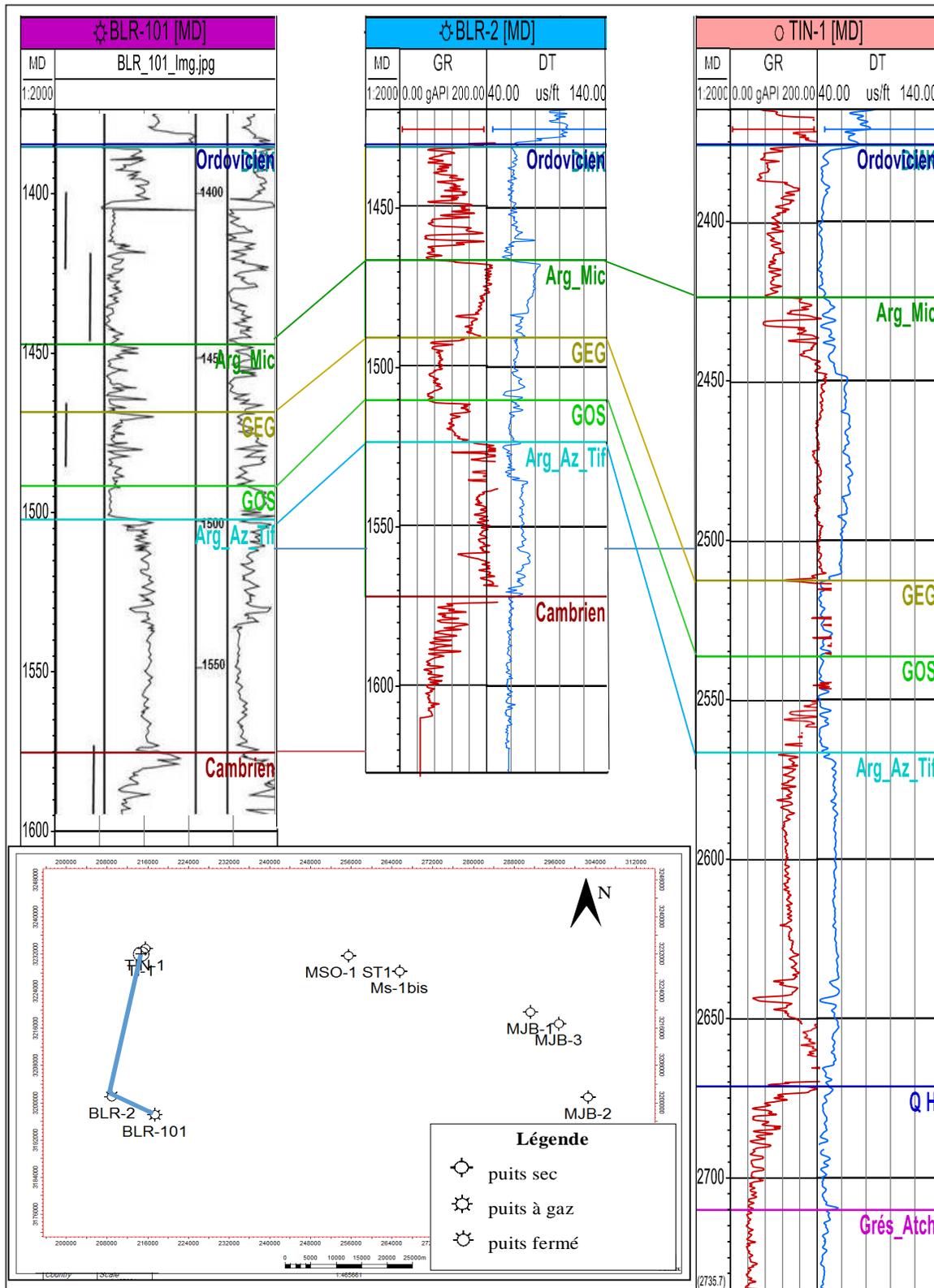


Figure 18: Corrélation diagraphique N-S des réservoirs de l'Ordovicien.

Conclusion

L'approche sédimentologique nous a permis de faire les conclusions suivantes :

- La description des litho-faciès montre que l'Ordovicien dans la région de Timimoun Nord est un complexe argilo-gréseux, qui caractérise un milieu marin à deltaïque avec des niveaux fluvio-glaciaires. Les épaisseurs des niveaux réservoirs diffèrent d'un puits à un autre, ce qui est dû à la structuration du bassin en horst et grabben. La pyrite qui est un indice de présence des hydrocarbures est présente à tous les niveaux (sauf aux Argiles d'Azzel et Tiferouine et au sommet des Argiles Micro-conglomératique). Ainsi que la présence des argiles noires avec des grains de quartz, indique une période de déglaciation.
- L'étude strati-séquentielle de l'Ordovicien dans la région de Timimoun Nord, nous a permis de définir 4 séquences sédimentaires relativement complètes, avec une discordance de ravinement qui sépare l'environnement marin du glaciaire qui est représenté par les Argiles Micro-conglomératiques.
- D'après la coupe sismique, on constate que les terrains de Timimoun Nord sont très structurés surtout à l'Ouest où on a mis en évidence la présence d'une structure en horst et grabben qui a un grand intérêt pétrolier, mettant en contact des niveaux gréseux et argileux, et créant des pièges structuraux.

CHAPITRE III

ÉTUDE DES PARAMÈTRES PÉTROPHYSIQUES



Introduction

La pétrophysique est l'étude des caractéristiques physiques des roches. Parmi lesquelles on a les roches réservoirs qui sont des roches suffisamment poreuses et perméables pour pouvoir contenir des fluides (eau, huile, gaz, ...). Ces roches ont un intérêt économique si les volumes des fluides qu'elles peuvent contenir sont suffisants, et si elles sont recouvertes par des roches couvertures imperméables interdisant aux fluides de s'en échapper. Pour exploiter convenablement un gisement du pétrole, du gaz naturel ou encore une roche aquifère, il faut connaître aussi bien que possibles les caractéristiques intrinsèques des roches qui renferment ces ressources :

- Leur capacité de stockage (la porosité).
- Leur aptitude à laisser circuler les fluides (la perméabilité).

I. Rappels

I.1 La porosité

I.1.1 Définition de la porosité

La porosité (\emptyset ou f) correspond au volume total occupé par les vides de la roche (V_p) divisé par le volume total de la roche (V_t), elle s'exprime le plus souvent en pourcentage.

$$\emptyset = \frac{V_p}{V_t} = \frac{V_t - V_s}{V_t}$$

- \emptyset : porosité [%]
- V_t : volume total (ou apparent) de l'échantillon [m^3]
- V_p : volume des vides (ou volume des pores) entre les grains solides [m^3]
- V_s : volume réel des grains [m^3]

- **La porosité primaire**

C'est le volume total des vides dans la roche obtenue juste après la sédimentation.

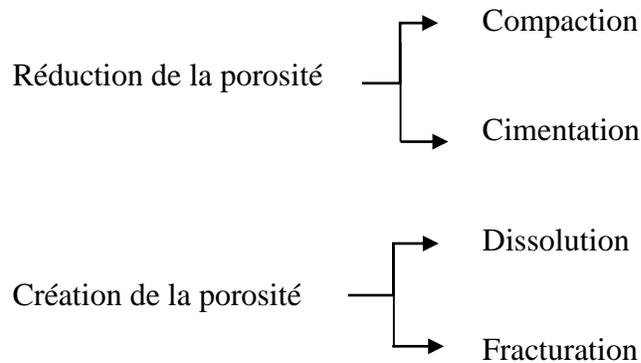
- **La porosité secondaire**

C'est le volume de vide dans la roche après fissuration, fracturation, dissolution ou altération.

I.1.2 Les principaux facteurs contrôlant la porosité

- Les facteurs primaires : Pendant la sédimentation
 - Forme de grains
 - Classement de grains.
 - Orientation de grains

- Les facteurs secondaires : Pendant la diagénèse.



- Géométrie des pores :
 - Diamètre de pores
 - Interconnexion de pores.

Ces facteurs contrôlant la porosité ont aussi un contrôle direct sur la perméabilité.

On dit souvent que la porosité est :

- Faible si elle est inférieure à **5 %**.
- Médiocre si elle est comprise entre **5 %** et **10 %**.
- Moyenne si elle est comprise entre **10%** et **20 %**.

- Bonne si elle est comprise entre **20 %** et **30 %**.
- Excellente si elle est supérieure à **30 %**.

I.2 La perméabilité

I.2.1 Définition de la perméabilité

La perméabilité (K) correspond à l'aptitude d'un milieu à se laisser traverser par un fluide contenu dans ses pores. Son unité de mesure est le mD (milli darcy).

La loi de Darcy est applicable aux écoulements laminaires et permet de mesurer la perméabilité K d'un milieu d'épaisseur L, laissant passer **1** centimètre cube par seconde (Q) d'un fluide de viscosité **1** centipoise (μ) sous l'effet d'un gradient de pression Δp de **1** atmosphère à travers une surface (S) de 1 cm^2 .

$$K = \frac{Q L \mu}{S \Delta P}$$

On dit souvent que la perméabilité est :

- Très faible si elle est inférieure à **1 mD**.
- Faible si elle est comprise entre **1 mD** et **10 mD**.
- Médiocre si elle est comprise entre **10 mD** et **50 mD**.
- Moyenne si elle est comprise entre **50 mD** et **200 mD**.
- Bonne si elle est comprise entre **200 mD** et **500 mD**.
- Excellente si elle est supérieure à **1 D**.

I.2.2 Relation entre la porosité et la perméabilité

En fonction des valeurs de porosité et de perméabilité, on peut établir un diagramme qui définit la relation entre eux, la distribution des points peut occuper 4 zones (Fig.24).

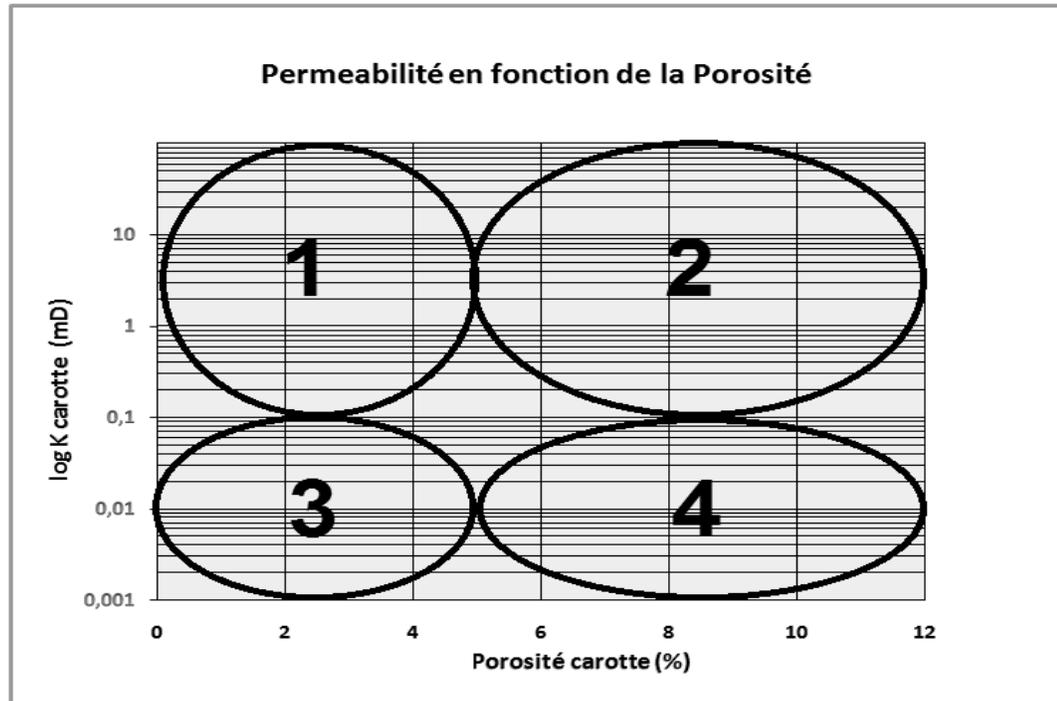


Figure 24 : Les différents types de réservoir selon la relation porosité-perméabilité.

- La zone 1 : La porosité est inférieure à 5 % et la perméabilité est supérieure à 0,1mD (en valeur logarithmique), dans cette zone le réservoir est fracturé.
- La zone 2 : La porosité est supérieure à 5 % et la perméabilité est supérieure à 0,1mD, dans cette zone le réservoir est homogène (conventionnel).
- La zone 3 : La porosité est inférieure à 5 % et la perméabilité est inférieure à 0,1mD, dans cette zone il y a un grand effet de la compaction et de la sédimentation secondaire donc le réservoir est compact (tight réservoir).
- La zone 4 : La porosité est supérieure à 5 % et la perméabilité est inférieure à 0,1mD, il y a un effet de la cimentation.

II. Analyse statistique des paramètres pétrophysiques du réservoir

II.1 Méthodologie

Les valeurs de perméabilité et de porosité sont établies à partir des mesures effectuées sur les échantillons des carottes (plugs) prélevés tous les 25 cm. Notre étude est faite sur le puits MJB-1 qui se présente avec un maximum de données.

- Pour étudier l'évolution verticale des paramètres pétrophysiques dans le puits MJB-1, on a établie des profils de porosité et de perméabilité pour deux (02) niveaux réservoirs (la Dalle de M'kratta et les Grès d'El Goléa).
- Les valeurs moyennes de porosité sont calculées par la moyenne arithmétique, tandis que les valeurs moyennes de perméabilité sont calculées par la moyenne géométrique.
- Chaque point mesuré présente une valeur de porosité et une valeur de perméabilité, ces valeurs sont présentées sous forme d'un graphique dit courbe de corrélation, pour établir une relation entre les deux paramètres pétrophysiques et déterminer le coefficient de corrélation. On a établie 2 courbes de corrélation porosité- perméabilité pour le puits MJB-1, la première courbe est celle de la Dalle de M'kratta, et la deuxième est au niveau des Grès d'El Goléa.
- On présente la distribution des classes de porosité et de perméabilité en un histogramme , après avoir classé les valeurs de porosité et de perméabilité en intervalles suivant la loi de STERGESSE , qui permet de donner le nombre des classes pour une population quantitative , où le nombre de classe : $N=1+3,3*\log(J)$,et J le volume de population.

II.2 Interprétation des profils de porosité et de perméabilité

L'évolution verticale des paramètres pétrophysiques (porosité et perméabilité) a été étudiée sur le puits MJB-1.

II.2.1 Dalle de M'kratta

- ❖ L'évolution verticale de porosité de la Dalle de M'Kratta (Fig.25), montre que les valeurs de porosité sont réparties en deux segments :
 - Le 1^{er} segment est de 2387m à 2389.5m de profondeur et présente des valeurs de porosité comprises entre 3,6% et 1,8 % avec une porosité moyenne de 2.63%.
 - Le 2^{eme} segment est de 2389.75m à 2395.5m avec des valeurs de porosité plus petite qui varie entre 1,9% et 0,4%, et une moyenne de 1.28%.
 - Ces deux segments illustrent une présence de deux types de porosité à savoir primaire et secondaire.
- ❖ L'évolution verticale de perméabilité (Fig.26), montre une répartition en un seul segment traduisant l'existence d'un seul type de perméabilité (primaire), avec un maximum de 0,08 mD et un minimum de 0,01 mD, la moyenne de perméabilité est de 0.025 mD.

II.2.2 Grès d'El Goléa

- ❖ L'évolution verticale de porosité des Grès d'El Goléa (Fig.27), montre une distribution en deux segments présentant presque les mêmes valeurs, et séparés par un intervalle non carotté. Les valeurs de porosité varient entre 4.4% et 1.4 %, et la moyenne est de 2.54 %.
- ❖ L'évolution verticale de perméabilité (Fig.28), montre une distribution en deux segments qui présentent des valeurs de perméabilité entre 0.01 mD et 0.11 mD, et une moyenne de 0.027mD. Ces deux segments illustrent une présence de deux types de perméabilité (primaire et secondaire).

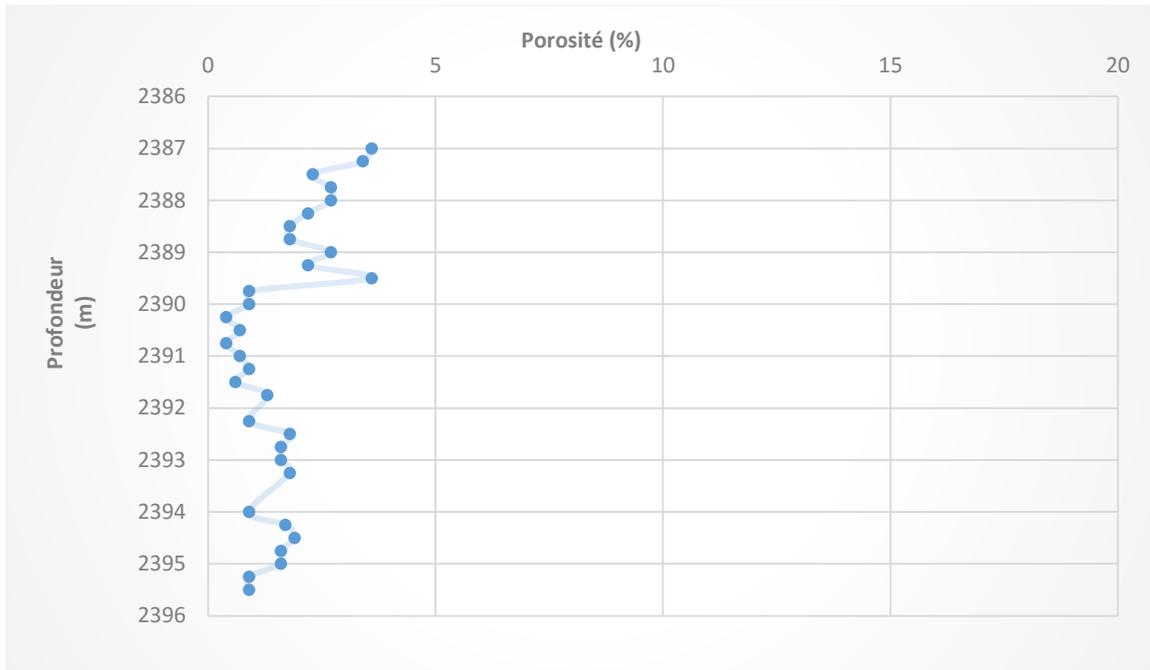


Figure 25 : Profil d'évolution verticale de la porosité de la Dalle de M'kratta, puits MJB-1.

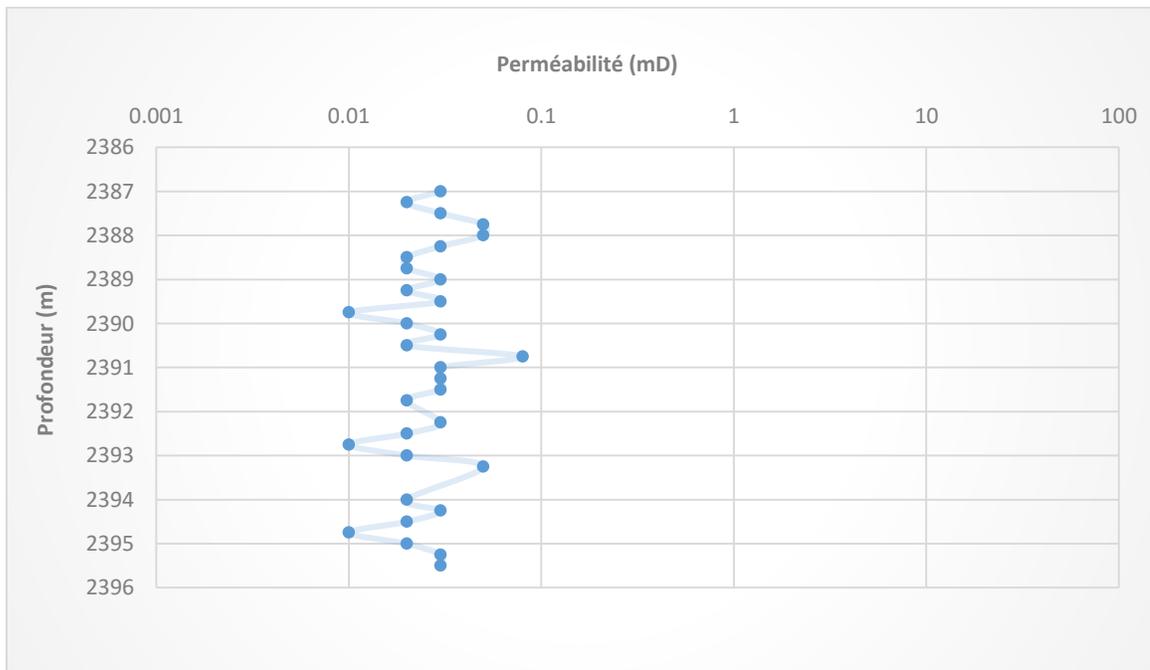


Figure 26 : Profil d'évolution verticale de la perméabilité de la Dalle de M'kratta, puits MJB-1.

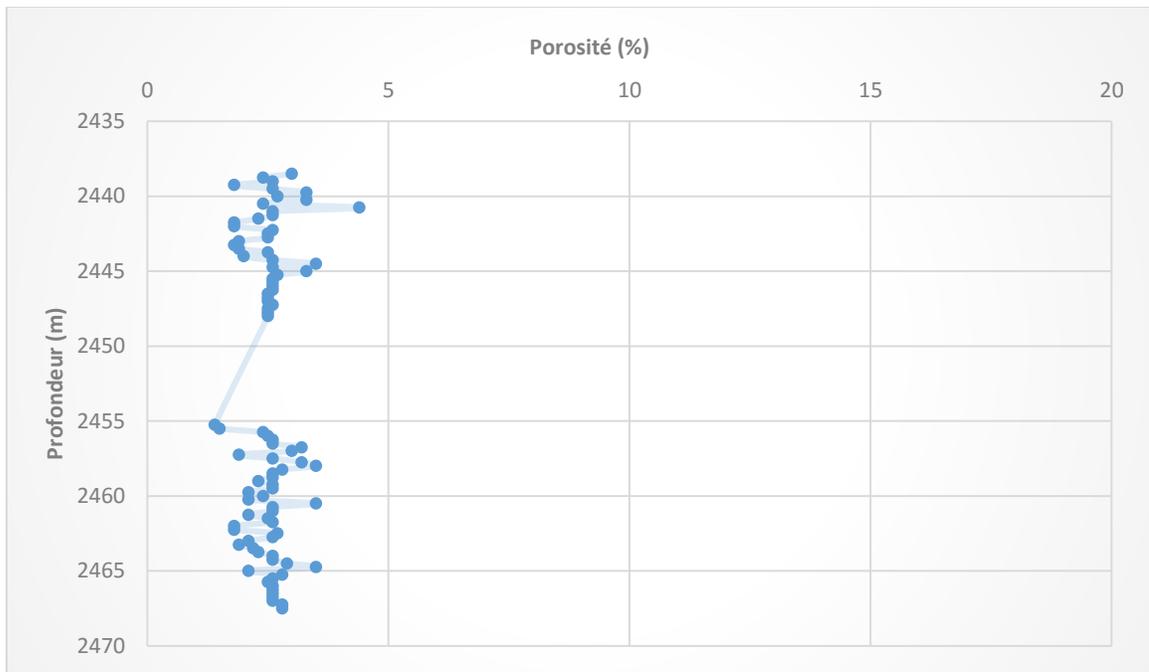


Figure 27 : Profil d'évolution verticale de la porosité des Grés d'El Goléa, puits MJB-1.

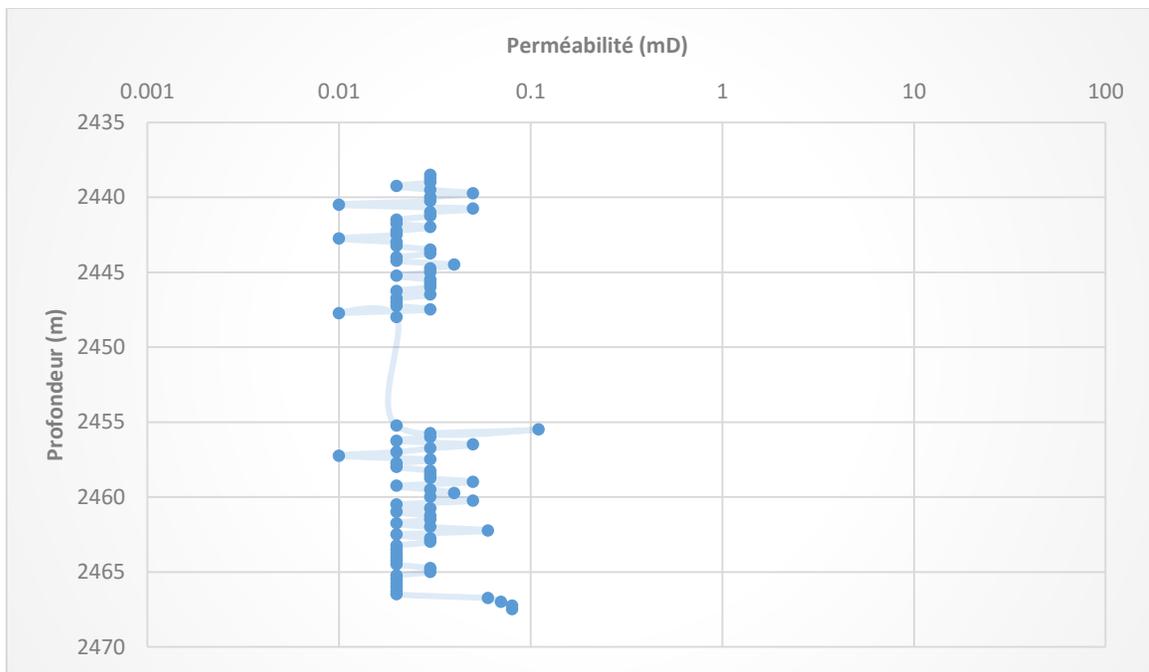


Figure 28 : Profil d'évolution verticale de la perméabilité des Grés d'El Goléa, puits MJB-1.

II.3 Les courbes de corrélation porosité-perméabilité

Les courbes de corrélation nous permettent d'observer la relation qui existe entre les deux caractères pétrophysiques qui sont la porosité et la perméabilité.

II.3.1 Dalle de M'kratta

A partir de la courbe de corrélation entre les valeurs de la perméabilité et ceux de la porosité (Fig.29), on remarque que ces derniers sont réparties en un nuage de points avec une relation logarithmique et un coefficient de corrélation $R^2 = 5E - 6$. La valeur du coefficient de corrélation est proche de zéro, reflétant une hétérogénéité du réservoir.

On constate que pour une seule valeur de porosité on a 1 ou 2 valeurs de perméabilité, cela veut dire qu'à ce niveau, il y'a eu des évènements qui ont amélioré la perméabilité à certains endroits, ce qui est expliqué par la présence des failles proches du puits qui ont entraîné des fractures ou des fissures.

Alors que pour la même valeur de perméabilité on a une augmentation de porosité.

Les porosités sont inférieures à 3.6 % et les perméabilités ne dépassent pas 0.05mD, donc ces points appartiennent à la Zone 3 (Fig.24) caractérisée par l'effet de compaction.

II.3.2 Grès d'El Goléa

La courbe de corrélation porosité – perméabilité (Fig.30), montre une répartition concentrique en un nuage de points avec une relation logarithmique, le coefficient de corrélation $R^2=0.0016$, donc nous avons un milieu hétérogène.

Pour une valeur de porosité, on a jusqu'à 5 valeurs de perméabilité, donc on peut dire qu'à ce niveau on a une amélioration de perméabilité par la présence des fissures.

Les porosités sont comprises entre 1.4% et 4.4% , alors que les valeurs de perméabilité sont de 0.01mD à 0.11 mD.

Le nuage appartient à la Zone 3 (Fig.24) : zone affectée par la compaction.

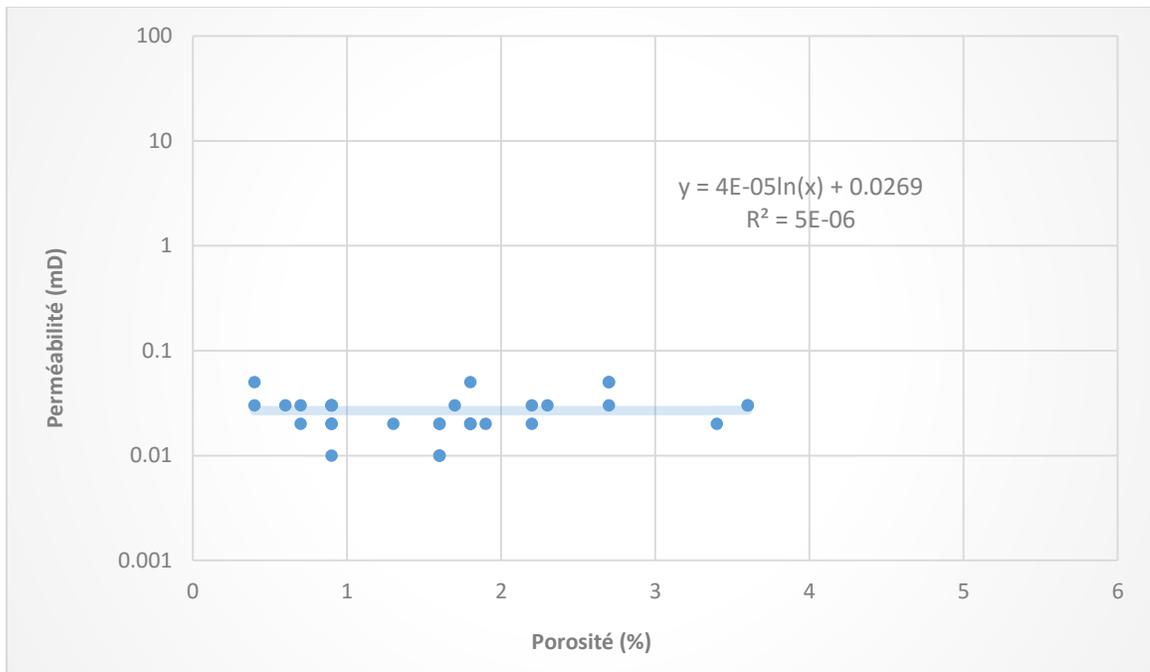


Figure 29 : Courbe de corrélation porosité-perméabilité de la Dalle de M'Kratta, puits MJB-1.

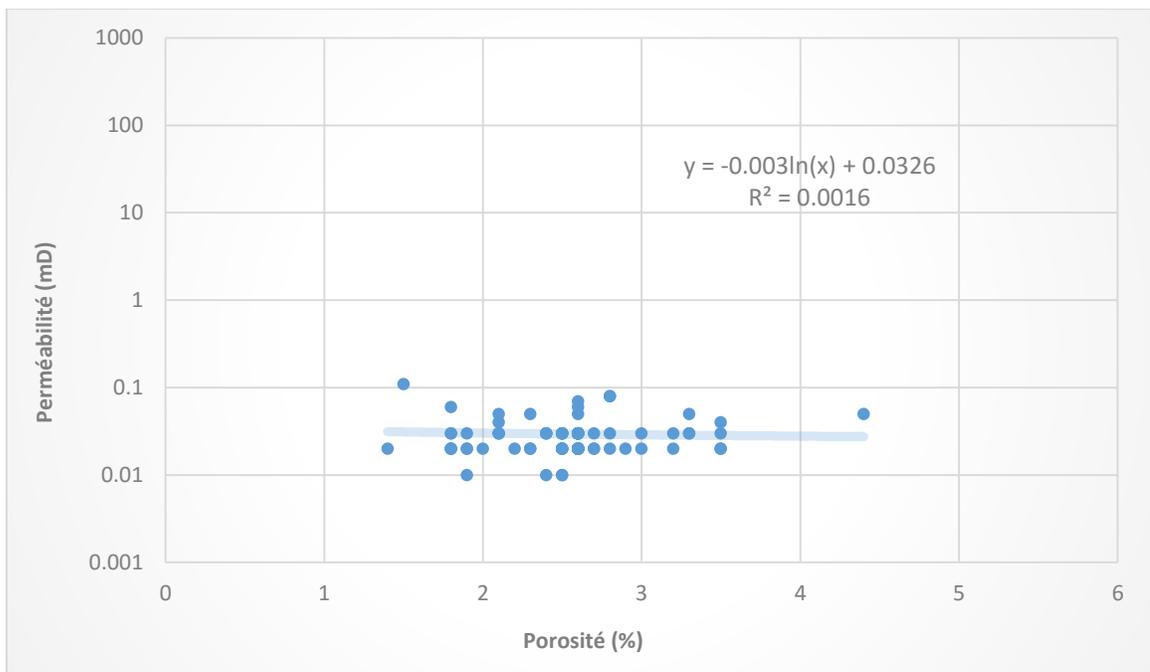


Figure 30 : Courbe de corrélation porosité-perméabilité des Grés d'El Goléa, puits MJB-1.

II.4 Les histogrammes de porosité et de perméabilité

Cette étude a pour but de traiter deux paramètres pétrophysiques : la perméabilité K , et la porosité \emptyset .

Pour cela on a réalisé des histogrammes de fréquence des paramètres cités ci-dessus.

II.4.1 Dalle de M'kratta

- L'histogramme de la distribution de la porosité (Fig.31), réalisé avec 35 échantillons répartis en 06 classes, montre une distribution bimodale à asymétrie gauche, les valeurs les plus grandes appartiennent à la classe $[0,6-1,2[$, avec une fréquence de 0,28.

La distribution bimodale montre qu'on a deux types de porosité : primaire et secondaire.

- L'histogramme de la distribution de la perméabilité de la Dalle de M'Kratta (Fig.32), est réalisé avec 32 échantillons répartis en 06 classes, montrant une distribution bimodale à asymétrie droite. La fréquence la plus élevée est de 0,406 , appartient à la classe $[0,03-0,045[$, tandis que la classe $[0,06-0,075[$, présente une fréquence minimale de 0,033.

Cette distribution bimodale montre qu'on a deux types de perméabilité : primaire et secondaire.

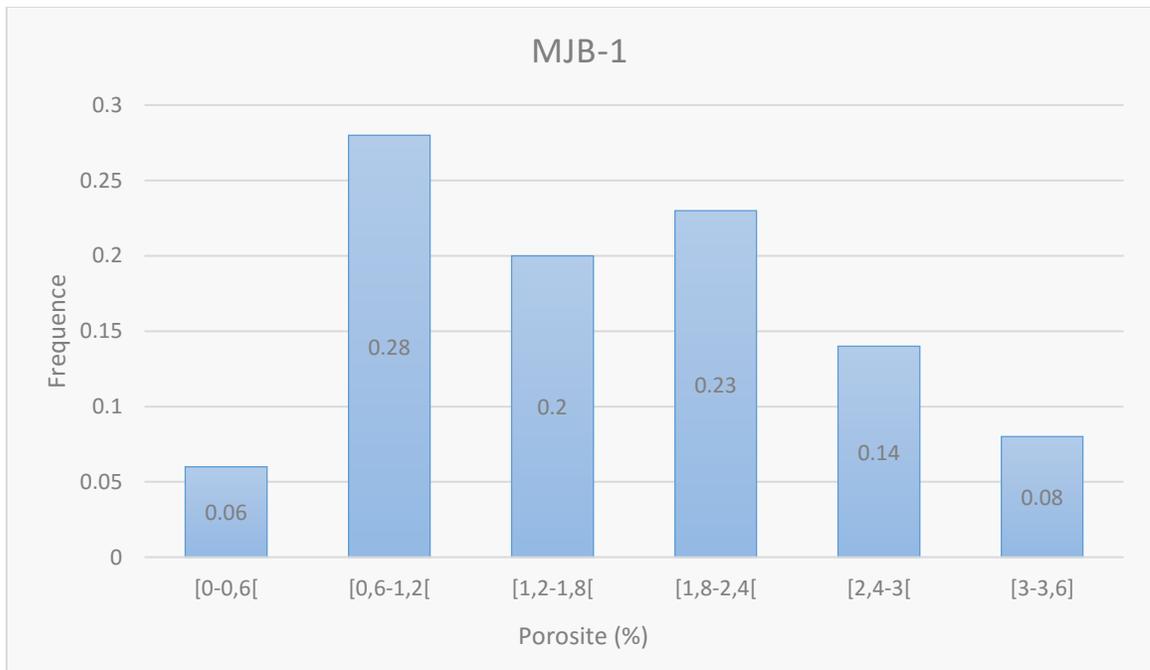


Figure 31 : Histogramme de distribution des classes de porosité de la Dalle de M'Kratta, puits MJB-1.

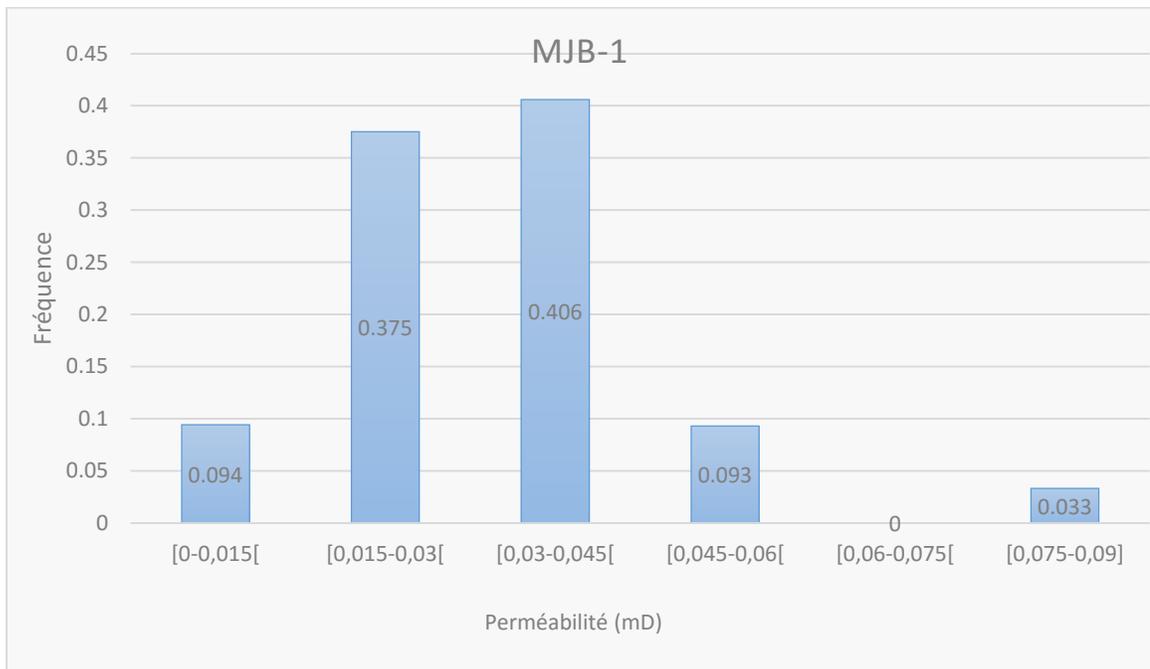


Figure 32 : Histogramme de distribution des classes de perméabilité de la Dalle de M'Kratta, puits MJB-1.

II.4.2 Grès d'El Goléa

- L'histogramme de la distribution de porosité au niveau du réservoir des Grès d'El Goléa (Fig.33), est réalisé avec 89 échantillons répartis en 08 classes, montrant une distribution unimodale symétrique, dont la fréquence la plus élevée est de 0,607 appartient à la classe [1,65-2,2 [.

La distribution unimodale indique qu'on a un seul type de porosité (primaire).

- L'histogramme de la distribution de perméabilité (Fig.34), est réalisé avec 89 échantillons répartis en 08 classes, montrant une distribution bimodale à asymétrie gauche, la classe [0,015-0,03[correspond à la fréquence la plus élevée qui est de 0,41 .

Cette distribution bimodale montre qu'on a deux types de perméabilité : primaire et secondaire.

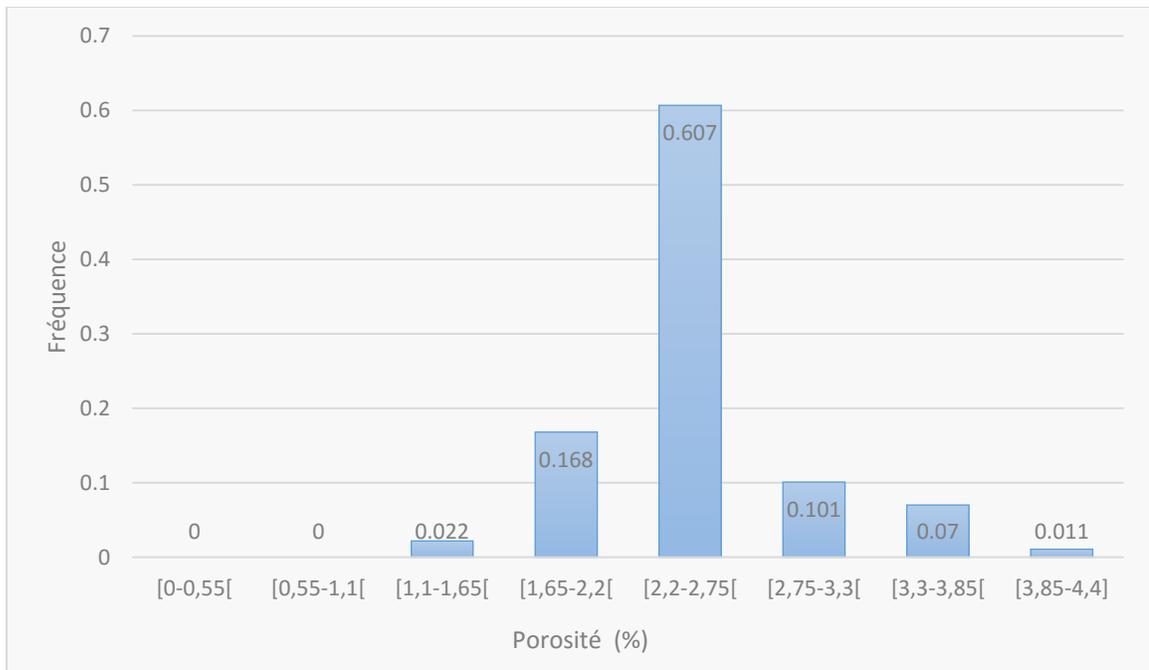


Figure 33 : Histogramme de distribution des classes de porosité des Grés d'El Goléa, puits MJB-1.

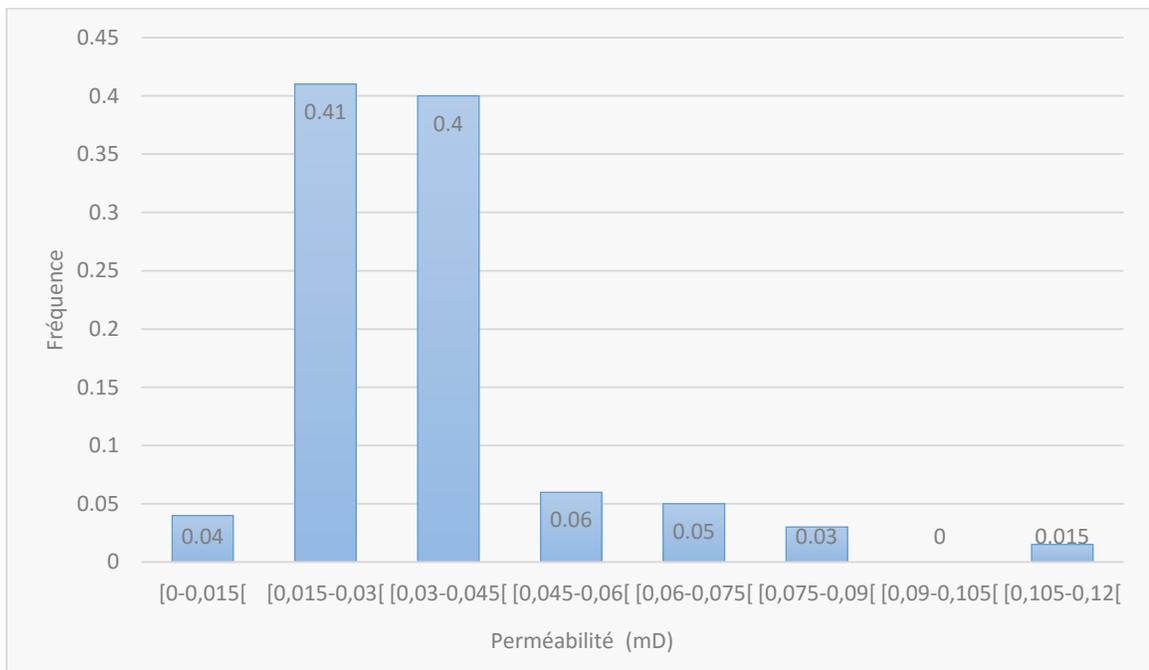


Figure 34 : histogramme de distribution des classes de perméabilité des Grés d'El Goléa, puits MJB-1.

III. Interprétation des cartes en iso-valeurs

III.1 Interprétation des cartes en isobathes

III.1.1 Carte en isobathes au toit de la Dalle de M'kratta

La carte en isobathes au toit de la Dalle de M'Kratta (Fig.35) , montre la présence de trois culminations traduisant une structuration en horst et grabben de la région Timimoun Nord. La profondeur minimale est enregistrée au niveau du puits BLR-101 (1120m). Les valeurs maximales sont enregistrées au niveau des puits MSO-1 (2705,6m) et MS1-bis (2868m) .

III.1.2 Carte en isobathes au toit des Grès d'El Goléa

La carte en isobathes au toit de la formation des Grès d'El Goléa (Fig.36) montre que cette formation est structurée en horst et graben (présence de trois culminations).

Le toit se trouve à des profondeurs qui dépassent les 1200m, la valeur maximale est de 2986m au niveau du puits MJB-1 ,et elle devient moins profonde en allant vers le Sud-Ouest vers le puits BLR-101 (1202m).

Remarque : D'après les cartes en isobathes au toit de la Dalle de M'kratta et au toit des Grès d'El Goléa , on remarque la présence de la même allure structurale. Ce qui nous convient de dire que l'histoire géologique dans notre région d'étude est conservée.

III.2 Interprétation des cartes en isopaques

III.2.1 Carte en isopaques au toit de la Dalle de M'kratta

D'après la carte en isopaques de la Dalle de M'kratta (Fig.37) , le comblement été préférentiel au NE et au SW de la région qui été au préalable des zones plus profondes par rapport au reste de la région.

Les grandes valeurs d'épaisseur sont enregistrées au niveau des puits BLR-101 et MJB-1 , dont l'épaisseur est respectivement 62m et 59m.

Des faibles épaisseurs ont été enregistré au Nord Ouest où l'épaisseur ne dépasse pas 1m au niveau du puits MSO-1 , et au Sud Est de la région d'étude on a enregistré une épaisseur de 11m au niveau du puits MJB-2.

III.2.2 Carte en isopaques au toit des Grès d'El Goléa

D'après la carte en isopaques de la formation de Grés d'El Goléa (Fig.38) , les grandes épaisseurs sont au SE et au centre de la région ,ceci nous permis de dire que ces régions offeraient un espace de comblement plus important.

L'épaisseur maximale est de 42m au niveau du puits MSO-1, et elle diminue brusquement vers l'Est où elle est de 3m au niveau du puits MJB-1 ,et légèrement vers l'Ouest où elle atteint les vingtaines de metres au niveau des puits TIN-1, BLR-101 et BLR-2.

III.3 Interprétation de la carte en isoporosité

D'après la carte en isoporosité de la Dalle de M'Kratta (Fig.39) , on observe que l'évolution de la porosité se fait du NW au SE. Au niveau de BLR-101 et BLR-2 la porosité est de 1,9% et 1,35% .La couverture sédimentaire est moins épaisse qu'à l'Est de la région, son poids avec un rôle négatif sur le Nord et le Nord Est de la région (porosité réduite à MSO-1 et MS-1bis) , alors qu'au niveau de MJB-2 , les terrains ont été tellement compactés qu'ils se sont fracturés , ce qui a créé une porosité secondaire.

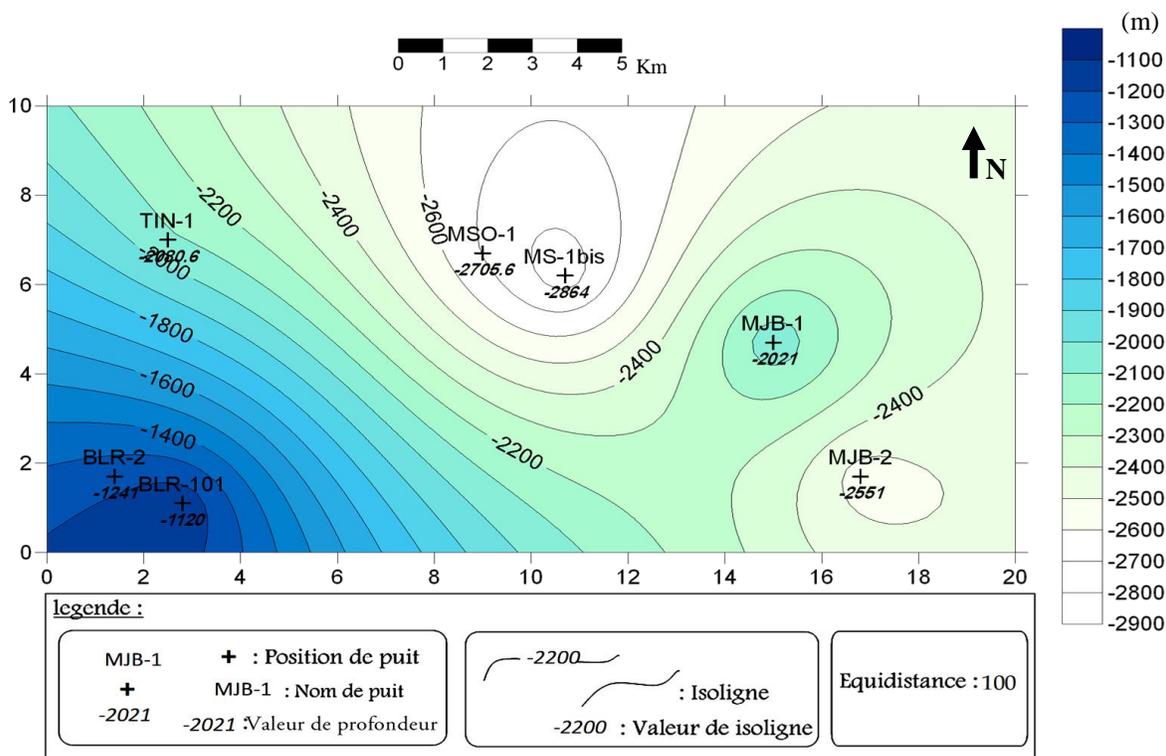


Figure 35 : Carte en isobathes au toit de la Dalle de M'Kratta.

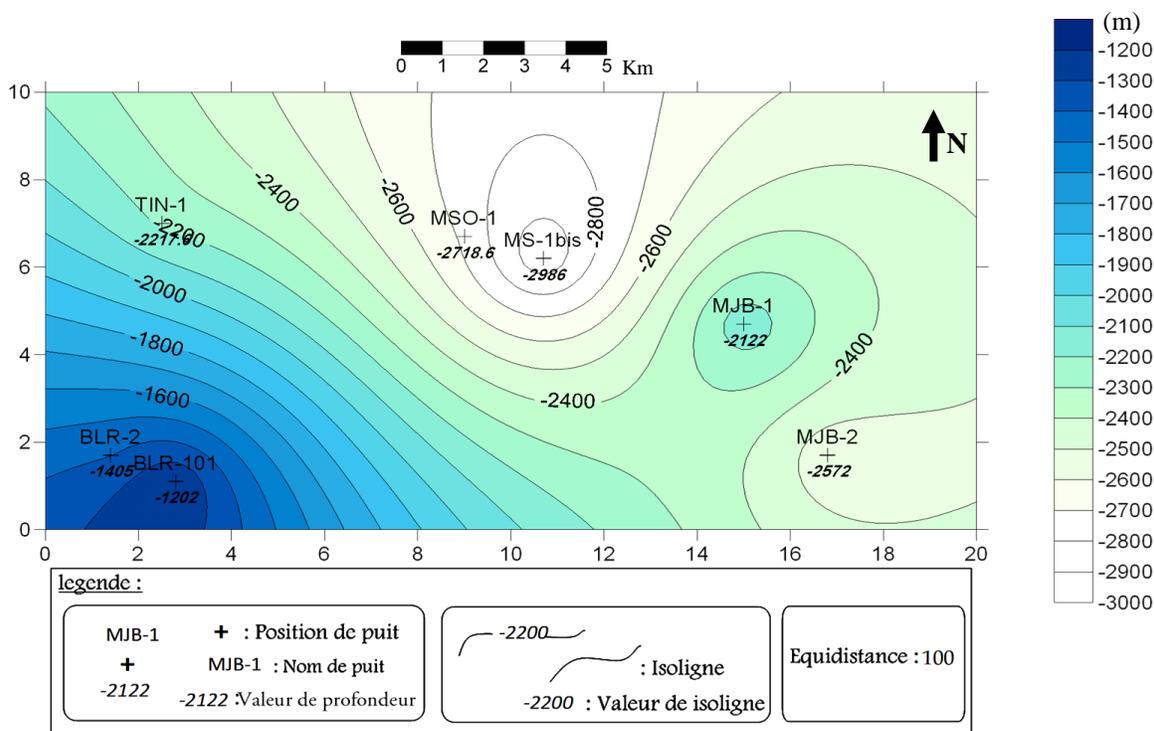


Figure 36 : Carte en isobathes au toit des Grès d'El Goléa.

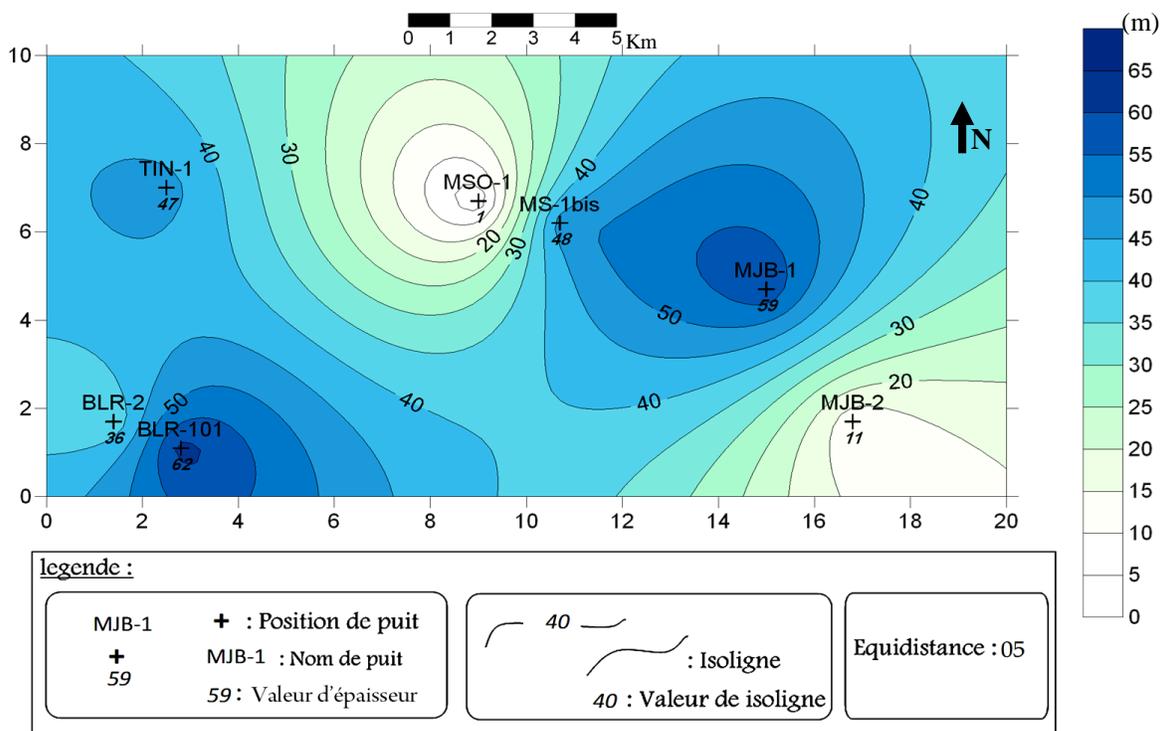


Figure 37 : Carte en isopaches de la Dalle de M'Kratta.

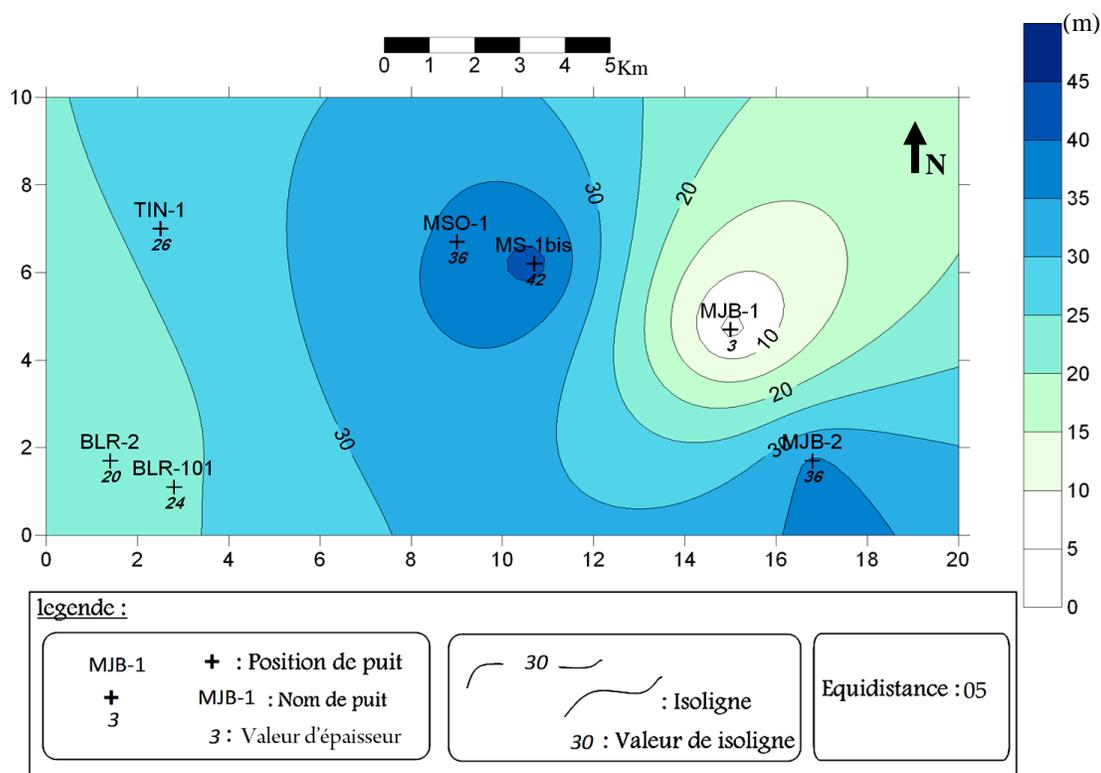


Figure 38 : Carte en isopaches des Grès d'El Goléa.

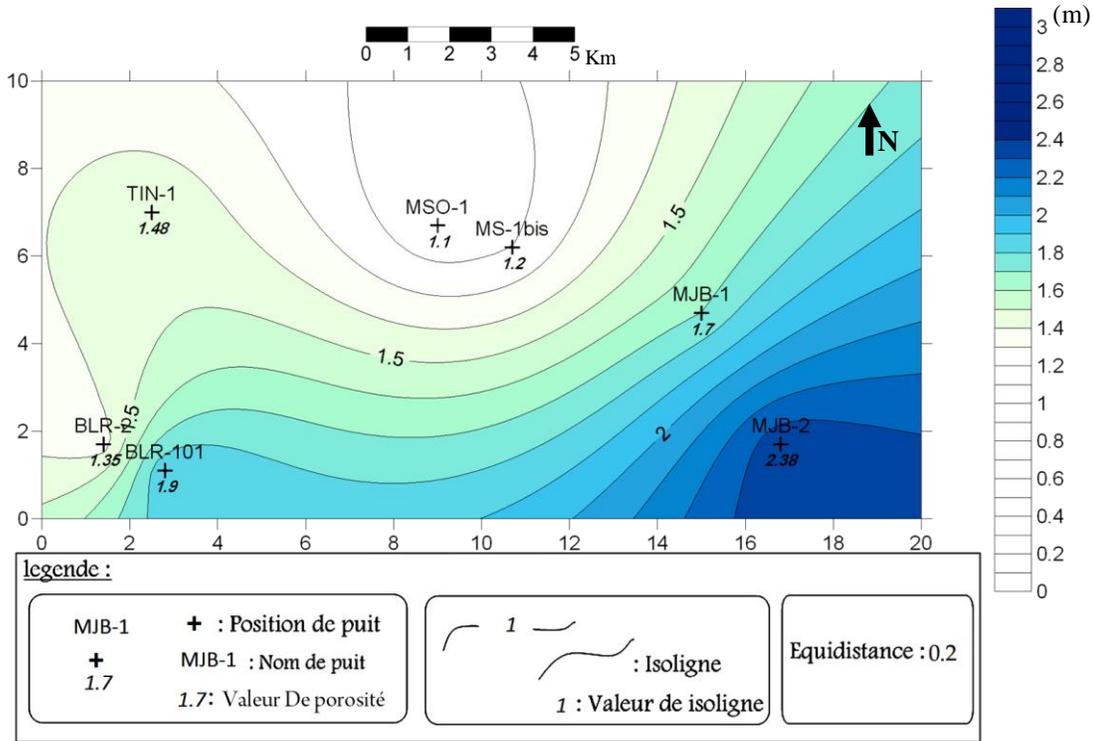


Figure 39 : Carte en isoporosité de la Dalle de M'Kratta.

Conclusion

D'après l'étude des paramètres pétrophysiques, on constate que l'Ordovicien de la région de Timimoun Nord, est caractérisé au niveau des réservoirs étudiés, par des faibles porosités, qui se présentent par deux types (primaire et secondaire), et des faibles perméabilités, avec la présence des pics dans l'allure des profils de perméabilités qui est un indice de l'existence d'une perméabilité secondaire (perméabilité de fracturation).

Les faibles valeurs de porosité (inferieure à 5%) et de perméabilité (inferieure à 0,1mD) indiquent un grand effet de la compaction, ce qui nous permet de définir les deux réservoirs (la Dalle de M'Kratta et les Grès d'El Goléa), comme réservoirs compacts (tight réservoirs) , avec un coefficient de corrélation R qui tend vers le 0 dans les deux niveaux, donc on peut conclure qu'on a des réservoirs hétérogènes.

Conclusion Générale

L'étude Qualitative et Quantitative des réservoirs Ordovicien dans la région de Timimoun Nord, Bassin d'Ahnet-Gourara, nous a permis de faire les conclusions suivantes :

- La description des litho-faciès montre que l'Ordovicien dans la région de Timimoun Nord est un complexe argilo-gréseux, qui caractérise un milieu marin à deltaïque avec des niveaux fluvioglaciaires. Les épaisseurs des niveaux réservoirs diffèrent d'un puits à un autre, ce qui est dû à la structuration du bassin en horst et grabben. La pyrite qui est un indice de présence des hydrocarbures est présente à tous les niveaux (sauf aux Argiles d'Azzel et Tiferouine et au sommet des argiles micro conglomératique). Ainsi que la présence des argiles noires avec des grains de quartz indique une période de déglaciation.
- L'étude strati-séquentielle de l'Ordovicien de la région de Timimoun Nord nous a permis de définir 4 séquences sédimentaires relativement complètes, avec une discordance de ravinement qui sépare l'environnement marin du glaciaire qui est représenté par les argiles micro-conglomératiques.
- D'après la coupe sismique, on constate que les terrains de Timimoun Nord sont très structurés surtout à l'Ouest où on a mis en évidence la présence d'une structure en horst et grabben, qui a un grand intérêt pétrolier mettant en contact des niveaux gréseux et argileux, et créant des pièges structuraux.
- L'étude des paramètres pétrophysiques, montre que l'Ordovicien dans la région de Timimoun Nord est caractérisé au niveau des réservoirs étudiés par des faibles porosités qui se présentent par deux types (primaire et secondaire), et des faibles perméabilités avec la présence des pics dans l'allure des profils de perméabilités qui est un indice de l'existence d'une perméabilité secondaire (perméabilité de fracturation).

-
- Les faibles valeurs de porosité (inférieure à 5%) et de perméabilité (inférieure à 0,1mD), indiquent un grand effet de la compaction, ce qui nous permet de définir les deux réservoirs comme réservoirs compacts (tight réservoir), avec un coefficient de corrélation R qui tend vers le 0 dans les deux niveaux donc on peut conclure qu'on a des réservoirs hétérogènes.

Références Bibliographique

- Belmecheri.A, « Contribution à l'étude géologique et structurale de la région de l'Ahnet-Timimoun par sismique réflexion et apport des pseudo-diagraphies d'impédance acoustique à l'interprétation : stratigraphie PRI », Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, 1985, 279P.
- Claude Bacchiana, « les fondamentaux de la stratigraphie séquentielle », 2009, 195P.
- Hamid Aït Salem, « Stratigraphie séquentielle et prédiction de 'Plays Pétroliers', méthodes d'analyse avancée », Séminaire, Boumerdès : Institut Algérien du Pétrole, Février 2017, 111P
- Harbadi.G, « Etude de la séquence diagénétique des Grès de l'Ordovicien du bassin de l'Ahnet-Timimoun et son influence sur la distribution des qualités réservoirs », Mémoire de fin d'étude, Alger : USTHB, 2004, 105P.
- Isabelle Cojan et Maurice Renard, « Sédimentologie », Dunod, 2013, 460P.
- KACI ILYAS, « Rapport de fin de sondage Timimoun Nord 1 (TIN-1), bloc 325b, Périmètre Timimoun Nord », SONATRACH, Division Exploration, 2017, 59P.
- NASRI.D, « Détermination des Cut-Off porosité et de perméabilité des réservoirs du Dévonien inférieur dans la région de l'Ahnet », Mémoire de fin d'étude, Alger : USTHB, 2005, 70P.
- Pr.Nadia Kassou, « cours de géodynamique externe : Cycle des roches sédimentaires, classification des roches sédimentaire et intérêt de la géologie des roches sédimentaires », Faculté des sciences Rabat, Licence 2, 53P.
- Well Evaluation Conference (WEC 2007), Sonatrach et Schlumberger, Algérie.

ANNEXES



Références Bibliographique :

- Aït Salem Hamid, « Stratigraphie séquentielle et prédiction de ‘‘ Plays Pétroliers’’, méthodes d’analyse avancée », Séminaire, Boumerdès : Institut Algérien du Pétrole, Février 2017, 111P
- Bacchiana Claude, « les fondamentaux de la stratigraphie séquentielle », 2009, 195P.
- Belmecheri.A, « Contribution à l’étude géologique et structurale de la région de l’Ahnet-Timimoun par sismique réflexion et apport des pseudo-diagraphies d’impédance acoustique à l’interprétation : stratigraphie PRI », Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, 1985, 279P.
- Cojan Isabelle et Renard Maurice, « Sédimentologie », Dunod, 2013, 460P.
- Harbadi.G, « Etude de la séquence diagénétique des Grès de l’Ordovicien du bassin de l’Ahnet-Timimoun et son influence sur la distribution des qualités réservoirs », Mémoire de fin d’étude, Alger : USTHB, 2004, 105P.
- KACI ILYAS, « Rapport de fin de sondage Timimoun Nord 1 (TIN-1), bloc 325b, Périmètre Timimoun Nord », SONATRACH, Division Exploration, 2017, 59P.
- NASRI.D, « Détermination des Cut-Off porosité et de perméabilité des réservoirs du Dévonien inférieur dans la région de l’Ahnet », Mémoire de fin d’étude, Alger : USTHB, 2005, 70P.
- Pr.Nadia Kassou, « cours de géodynamique externe : Cycle des roches sédimentaires, classification des roches sédimentaire et intérêt de la géologie des roches sédimentaires », Faculté des sciences Rabat, Licence 2, 53P.

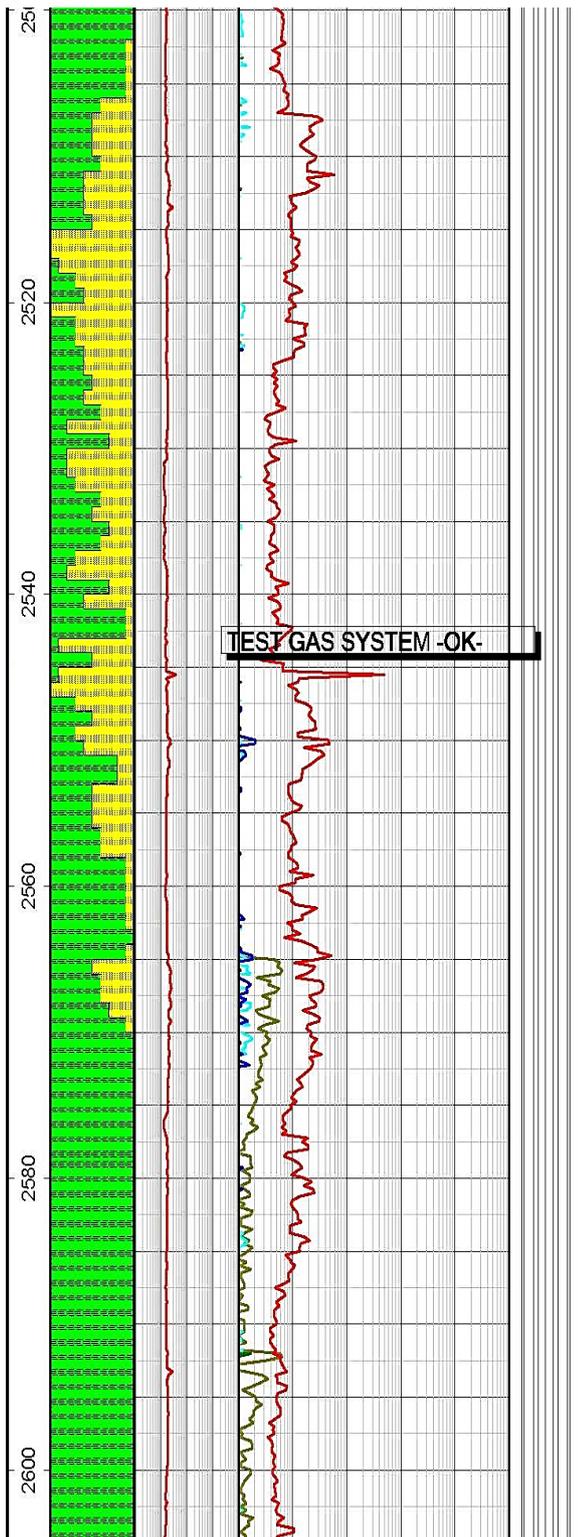
SYMBOLES LITHOLOGIQUES & ACCESSOIRES

	Schiste		Grès argileux		Dolomie et Calcaire graveleux ou vacuolaire
	Argile		Quartzites et Grès quartzitiques		Dolomie et Calcaire Oolithique ou noduleux
	Argile sableuse		Conglomerat		Dolomie anhydritique
	Argile gypsifère		Brèche		MARNE
	Argile anhydritique		Chert		Marne dolomitique
	Argile dolomitique		Calcaire		Gypse
	Argile silteuse		Calcaire (argileux)		Anhydrite
	Sable fin		Calcaire bioclastique		Sel
	Sable moyen		Calcaire dolomitique		Roche Magmatique
	Sable grossier		Calcaire organogène		Roche Métamorphique
	Silt		Dolomie		Pas d'échantillons
	Grès fin		Dolomie et Calcaire crayeux		Lignite
	Grès moyen		Dolomie et Calcaire argileux		Pyrite
	Grès grossier		Dolomie et Calcaire gréseux		Fossil
					Mica
					Glauconie

ANNEXE 1 : MASTER LOG DE L'ORDOVICIEN DANS LE PUIS TUN-1

(Document SONATRACH)

COMPOSITION EN %		Niveaux carrotés		Log strati- graphique	DESCRIPTION
<p>2380</p> <p>COR#01 IN:2376m OUT: 2385m REC: 92.22%</p> <p>2400</p> <p>2420</p> <p>2440</p> <p>2460</p> <p>2480</p> <p>30</p>		<p style="background-color: black; color: black;">[REDACTED]</p>		<p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">TOP DALLE DE M'KRATTA @ 2372m</p>	<p>De 2376m à 2384,30m :Grès blanc à gris clair, parfois gris foncé, très fin à fin, parfois moyen, rarement grossier, subarrondi, mal classé, siliceux à silico-quartzitique, localement silico-argileux, bien consolidé et dur à moyennement dur ; avec fines passées millimétriques à centimétriques d'argile gris foncé à gris noir, silteuse, feuilletée, micacée et indurée. Présence de Pyrite.</p> <p>Grès blanc à gris clair, parfois gris foncé, très fin à fin, parfois moyen, subarrondi, mal classé, siliceux à silico-quartzitique, parfois silico-argileux, rarement quartzitique bien consolidé et dur à moyennement dur ; avec fines passées d'Argile gris foncé à noire, silteuse, feuilletée, micacée, indurée. Présence de Pyrite.</p> <p>Grès blanc à gris clair, parfois gris foncé, très fin à fin, parfois moyen, subarrondi, siliceux à silico-quartzitique et quartzitique bien consolidé et dur .</p> <p>Argile grise, gris foncé à noire, silteuse à fortement silteuse, tendre, parfois micacée, feuilletée et indurée, avec fines passées de Grés blanc, gris clair et gris foncé, très fin à fin, siliceux, silico-quartzitique à quartzitique, bien consolidé et dur. Présence de Siltstone gris à gris foncé dur. Trace de pyrite.</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">TOP ARGILES MICRO-CONGLO @ 2442m</p> <p>Argile grise, gris foncé à noire, silteuse à fortement silteuse, tendre à pâteuse, rarement feuilletée micacée indurée.</p> <p>Argile grise, gris foncé à noire, silteuse à fortement silteuse, tendre à pâteuse, rarement feuilletée micacée indurée. Présence de Grés blanc à gris blanc, gris foncé, très fin à fin, siliceux, silico-quartzitique à quartzitique, bien consolidé et dur, Trace de pyrite.</p> <p>Argile grise, gris foncé à noire, silteuse à fortement silteuse, tendre à pâteuse, rarement feuilletée micacée indurée. Présence de Grés blanc à gris blanc, gris foncé, très fin à fin, siliceux, silico-quartzitique à quartzitique, bien consolidé et dur.</p>



TOP GRES D' EL GOLEA @ 2505m

Grès blanc, gris clair, et gris foncée très fin à fin, et moyen parfois grossier, sub arrondi, siliceux, silico-quartzitique, bien consolidé et dur parfois silico argileux moyennement dur avec passées d' Argile grise, gris foncé, gris claire parfois noire, silteuse, tendre et pâteuse, rarement, micacée, feuilletée et indurée, Trace de pyrite.

Grès blanc, gris clair, et gris foncée très fin à fin, parfois moyen, sub arrondi, siliceux, silico-quartzitique à quartzitique, bien consolidé et dur avec passées d'Argile grise, gris foncé, gris claire parfois noire, silteuse, tendre et pâteuse, Trace de pyrite

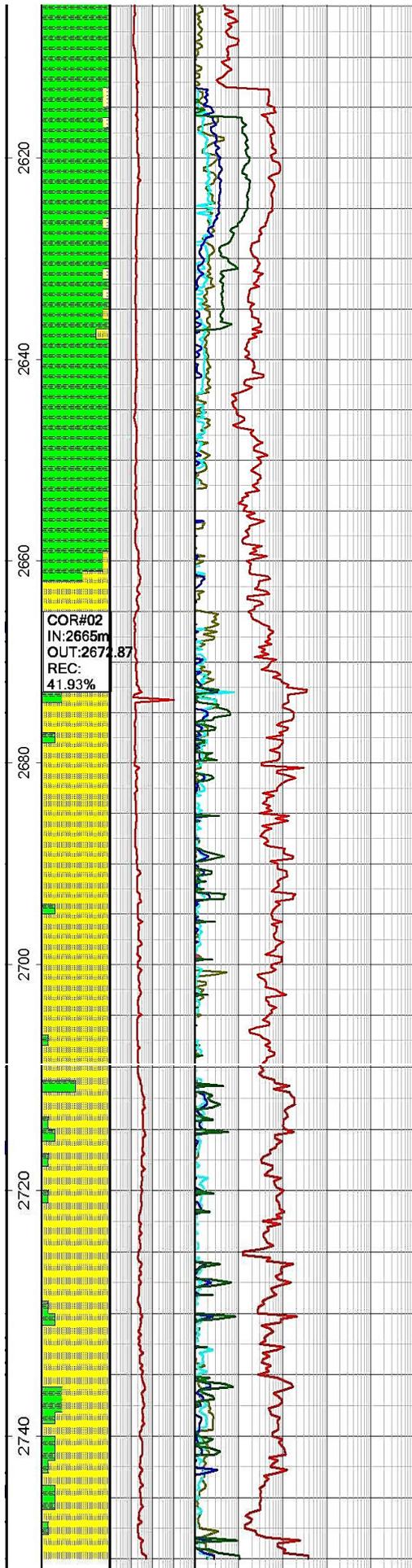
TOP GRES d'Oued Saret @ 2539m

Grès blanc, gris clair, et gris foncée très fin à fin, parfois moyen, sub arrondi, siliceux, silico-quartzitique à quartzitique, bien consolidé et dur avec passées d' Argile grise, gris foncé, gris claire parfois noire, silteuse, tendre et pâteuse, Trace de pyrite.

TOP Argiles d'Azzel et de Tiferouines @ 2561m

Argile grise, gris foncé, gris claire, noire , silteuse à fortement silteuse, tendre et pâteuse, rarement micacée, feuilletée, indurée présence de Grès blanc, gris clair, et gris foncée très fin à fin, siliceux, silico-quartzitique à quartzitique, bien consolidé

Argile grise et gris claire, parfois gris foncé rarement noire , silteuse à fortement silteuse, tendre et pâteuse.



Argile grise à gris claire, parfois gris foncé silteuse, tendre à pâteuse et noire feuilletée micacée, indurée, trace de siltstone, gris foncée, dur.

Argile grise à gris claire, parfois gris foncé, silteuse, tendre à pâteuse rarement noire feuilletée micacée, indurée, présence de siltstone, gris foncée, dur et de Grès, blanc à gris blanc très fin à fin siliceux dur.

Argile grise et gris claire, parfois gris foncé silteuse à fortement silteuse, tendre et pâteuse rarement noire, feuilletée, micacée, indurée, trace de Siltstone gris foncée, dur

TOP Quartzite De Hamra@ 2662m

Grès gris, gris blanc, gris claire, très fin à fin, quartzitique à silico-quartzitique, bien consolidé, dur, Pyriteux.

Grès blanc, gris clair à gris foncée, parfois beige, très fin à fin et moyen, subarrondi, siliceux, silico-quartzitique à quartzitique, bien consolidé et dur, avec trace d'Argile gris sombre à noire, indurée, micacée, silteuse et feuilletée.

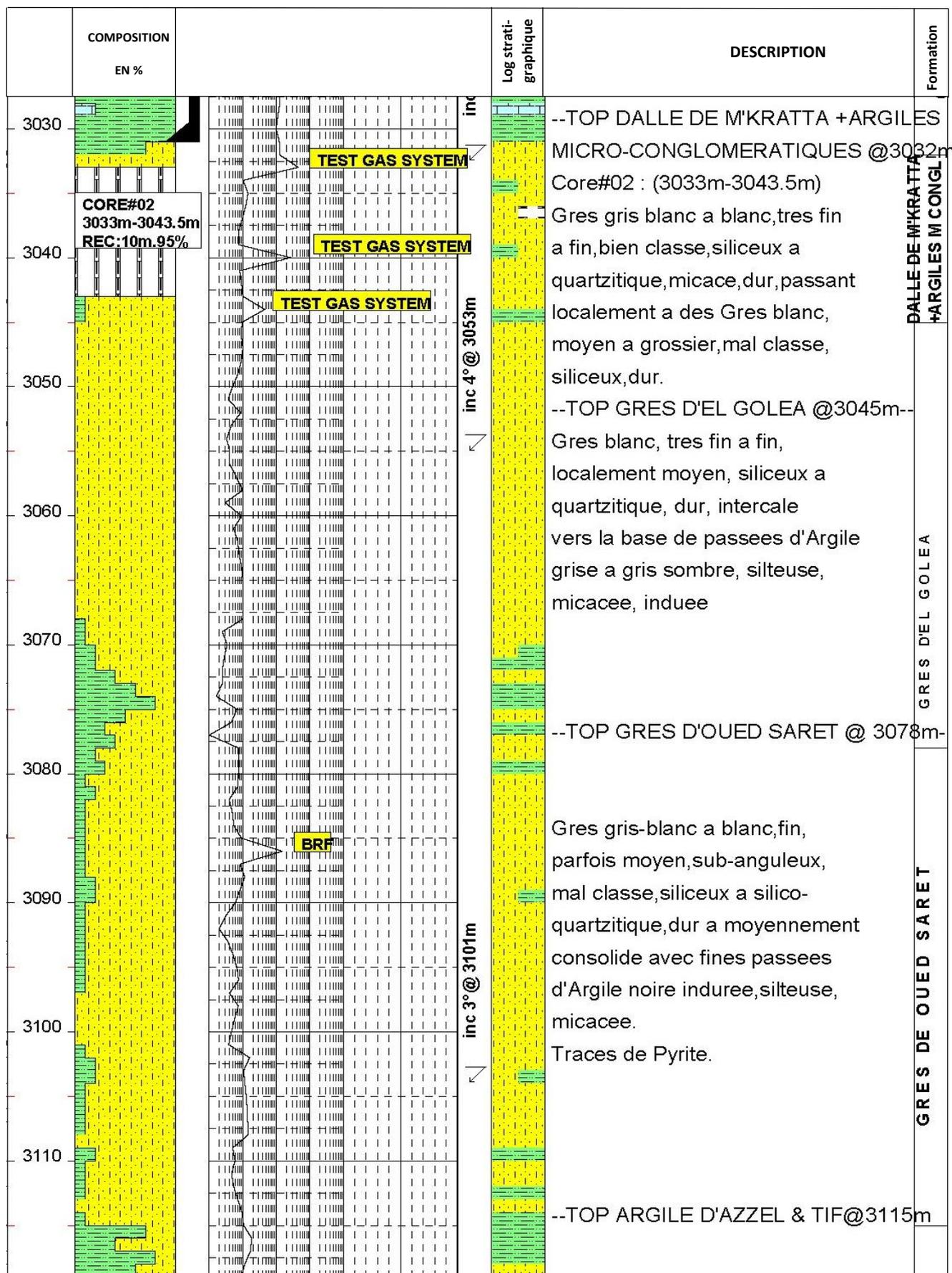
Grès gris blanc, gris clair, parfois gris sombre, très fin à fin et moyen, assez bien classé, subarrondi à subanguleux, siliceux, quartzitique, bien consolidé et moyennement dur, avec rares fines passées d'Argile grise, gris foncée, micacée, indurée, silteuse. Trace de Pyrite.

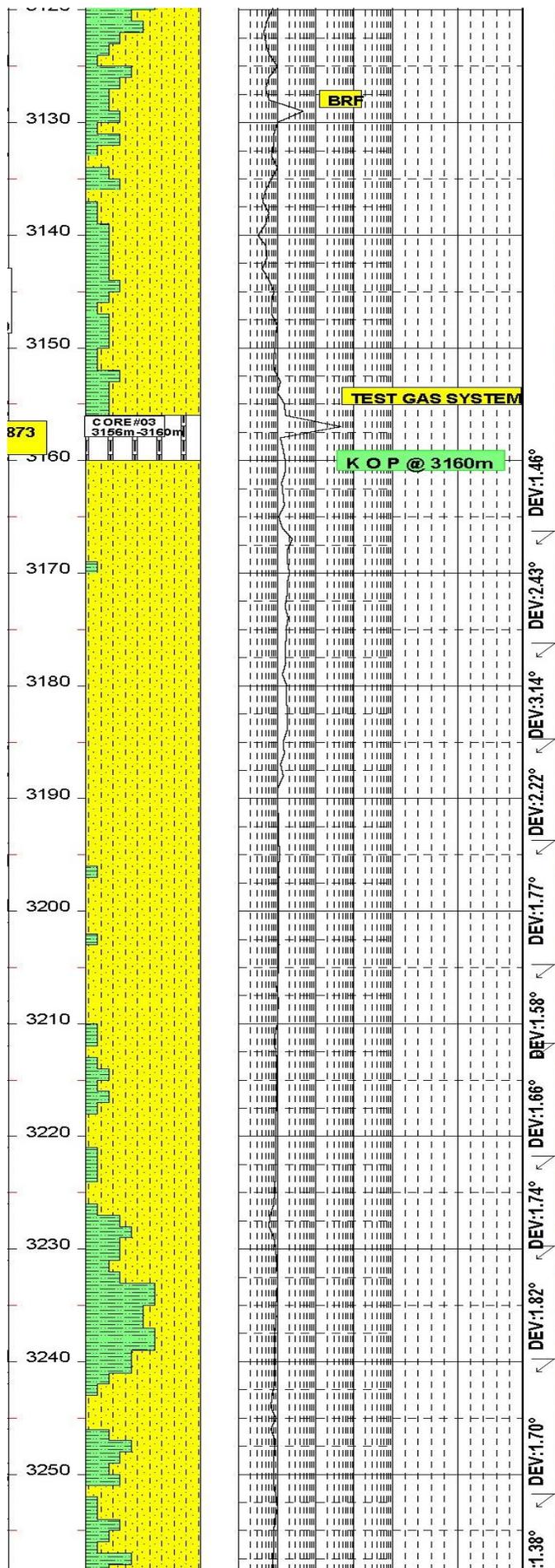
TOP Grès d'El Atchane @ 2713m

Grès gris blanc, gris clair, très fin à fin et moyen, assez bien classé, subarrondi à subanguleux, siliceux, quartzitique, bien consolidé et moyennement dur, pyriteux, avec passées d'Argile grise, gris foncée, indurée, silteuse, tendre et pâteuse.

ANNEXE 2 : MASTER LOG DE L'ORDOVICIEN DANS LE PUIS MSO-1

(Document SONATRACH)





Argile gris-sombre a noire, induree, silteuse a silstone noir par endroit avec passees de Gres gris a gris-blanc, fin, siliceux compact, localement noir.

Gres blanc a gris blanc, fin, siliceux, compact avec passees d'Argile gris sombre a noire induree, micacee, silteuse parfois tres silteuse a silstone noir par endroit.

--TOP QUARTZITES DE HAMRA @3152m--

Core#03 : (3156m - 3160m)
Gres gris blanc a blanc, tres fin a fin, bien classe, siliceux a quartzitique, micace, dur.

Gres gris blanc a blanc, gris sombre, parfois beige clair, fin a moyen, subarrondi a subanguleux, bien classe, micace siliceux, silico-quartzitique, localement silico-argileux, compact, dur, traces d'Argile noire, induree, feuillettee
Traces de Pyrite.

TMD	INC	TVD
3165.06	1.46	3163.94
3174.76	2.43	3173.64
3182.40	3.14	3181.27
3192.05	2.22	3190.91
3201.75	1.77	3200.61
3210.47	1.58	3209.32
3219.96	1.66	3218.81
3229.49	1.74	3228.83

--TOP GRES D'EL ATCHANE @3225m--

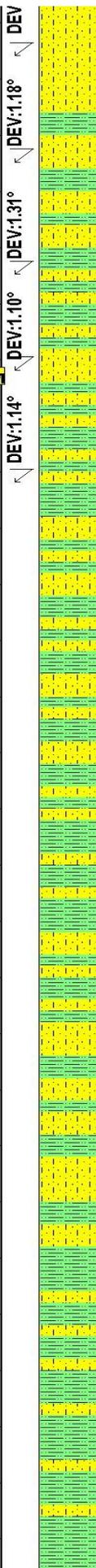
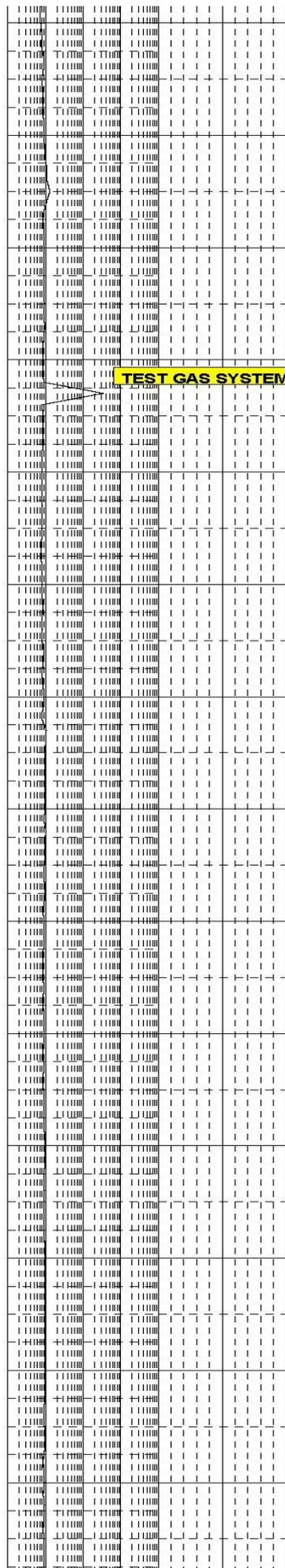
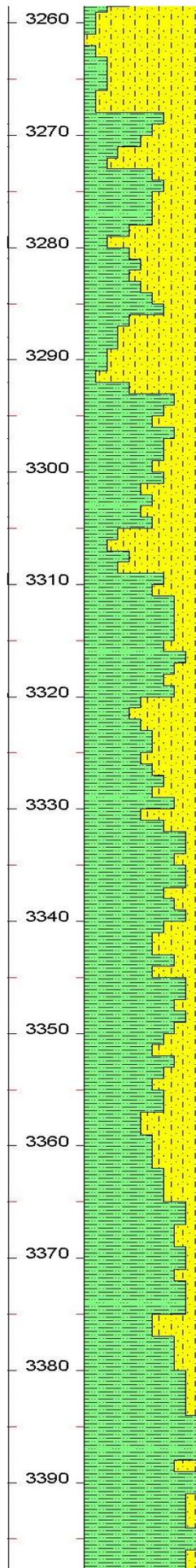
Gres gris, gris clair, translucide, tres fin a fin, par fois moyen, moyennement dur a dur compact, siliceux a silico-quartzitique, localement silico-argileux, legerement micace avec passees d'Argile grise foncee, induree, silteuse

TMD	INC	TVD
3239.05	1.82	3237.89
3249.76	1.70	3248.59
3259.70	1.38	3258.53

ARGILE D'AZZLET ET FEROUNE

3

QUARTZITES DE HAMRA



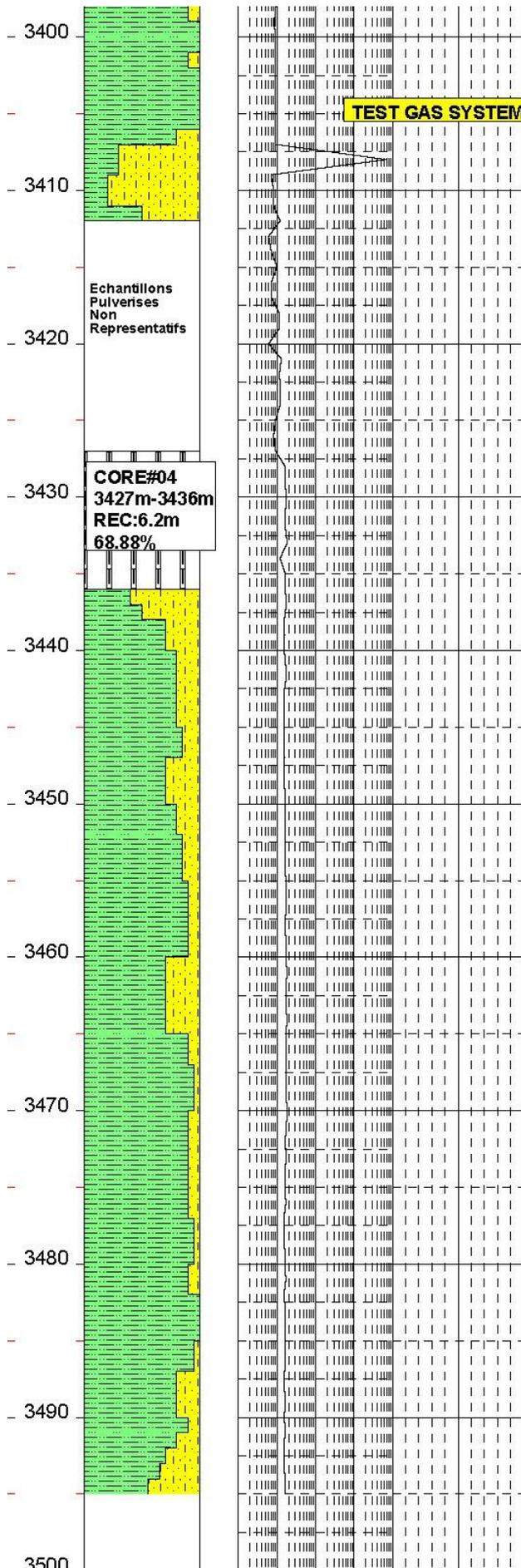
3269.53	1.18	3268.36
3279.27	1.31	3278.10

Argile grise a gris fonce, noire, micacee, induree, silteuse, avec passees de Gres gris, gris blanc, fin a moyen, localement grossier, micace, siliceux, silico-quartzitique, compact, dur
Traces de Pyrite.

TMD	INC	TVD
3289.16	1.10	3287.98
3298.94	1.14	3297.76

Alternances d'Argile gris fonce a noire, grise a gris clair, induree, silteuse, micacee, feuilletee et de gres gris a gris blanc, parfois gris sombre, localement gris beige, fin a moyen, parfois grossier, sub-anguleux a subarrondi, legerement micace, siliceux a silicoquartzitique, compact, dur.

Argile grise a gris clair, tendre a induree, silteuse, micacee avec intercallations de Gres blanc, gris sombre, fin a moyen, sub-anguleux a sub-arrondi, silico-quartzitique, compact, dur.



DE 3407m A 3412m:
Gres blanc a gris blanc, silico-quartzitique, parfois gris fonce, quartzitique, tres dur
Traces a fines passees d'Argile noire pateuse.

DE 3412m A 3427m:
Echantillons pulverises non representatifs.

Core#04: (3427m-3436m)
Siltstone gris a gris fonce, micace, avec des plages de Gres gris clair, tres fin, silico-argileux, moyennement dur.

F1+F2: Neant.

Argile grise a gris fonce, micacee. induree, avec fines passees de Gres gris clair a gris blanc, tres fin a moyen, siliceux, dur.
Presence de grains de quartz fin a moyen, sub arrondi a bien arrondi. Traces de Pyrite.

Argile grise a gris fonce, micacee, induree. Passees de Gres blanc a gris clair, tres fin a moyen, siliceux, dur..
Abondance de grains de Quartz incolore, blanc, broyes et par endroits subanguleux a bien arrondi