

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA
FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVEALABLES ET
DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie

Option : Géologie Pétrolière

THEME

Contribution à l'étude d'un réservoir en chenaux
Région Rhourde Chegga (Sud-Est Algérien).

Soutenu publiquement par :

ADDA Fatiha/ HAMOUDA Mahmoud

Le 05/06/2016

Devant le jury :

Présidente : Mme. HAMMADE .Nabila

Promoteur : Mr. MEDJANI Fethi

Examineur : Mr. HARROUCHI Lakhdar

Membre invité :

M. A. A Univ. Ouargla

M. C. B Univ. Ouargla

M. C. A Univ. Ouargla

M. A. A Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2015/2016

ملخص:

في إطار تنمية القدرة الإنتاجية لحقل رود الشقة، فإن دراسة الخصائص ومحاولة نمذجة المكنم الترياسي الأوردوفيك تعتبر ضرورية من أجل تحديد التوزيع الأفقي للقنوات الترياسية وشرح الاختلاف في الخصائص البتروفيزيائية وتستخدم هذه الدراسة أساساً على البيانات الزلزالية (السيزمية وانعكاس السيزمي) و الدراسات الجيولوجية الرسوبية، البتروفيزياء و كل هذا من أجل الحصول على النموذج الجيولوجي الهيكلي الذي يقترب من الواقع، لاستعماله في المستقبل في برنامج التنقيب و التنمية .

أصل الحجر الرملي المشكل للمكنم الترياسي هو نهري مع تأثير موضعي للبحر. القناة الرئيسية تشكلت في إتجاه شمال شرقي إلى جنوب غربي و شمال غربي إلى جنوب شرقي حيث تشكلت عبر مرحلتين متقدمة و متأخرة .

النماذج الجيولوجية تؤكد تعقيد تاريخ تشكيل حقل رود الشقة. نتائج توزيع الخصائص البتروفيزيائية قسمت الخزان إلى مناطق إنتاجية

الكلمات المفتاحية: رود الشقة، المكنم الترياسي، القنوات النهرية، السيزمية، النموذج الجيولوجي

Abstract :

In the aim to develop The hourde Chegga field, characterization and modelling of the Triassic and Ordovician reservoirs is deemed necessary to determine the lateral distribution of channels Triassic and explain the variation in petrophysical parameters.

This study is mainly based on the entire seismic data (seismic interpretation and seismic inversion), and a geological and sedimentological study, petrophysical and structural to get a geological model that represent more best the ground truth, that it will be used after and future production.

The Sandstone of RDC is a fluvial deposit to marine in few places. The principal channel has direction of SW-NE to SSE-NNW. The diagenetical effect is characterized by two stages: early and late.

Geological models confirm the complexity in the history of RDC field.

The rock types RRT has divided all reservoirs in producing areas based of distribution of petrophysical parameters.

Key Words : Rhourde Chegga, trias reservoir, channel, inversion seismic, geolpical modelling.

Résumé :

Dans le cadre de développement de champ du Rhourde Chegga, une caractérisation et modélisation des réservoirs triasiques et ordovicien est jugée nécessaire afin de pouvoir déterminer la répartition latérale des chenaux triasiques et expliquer la variation des paramètres pétrophysiques.

Cette étude est basée essentiellement sur l'intégralité des données sismiques (interprétation de sismiques et l'inversion sismiques), et géologiques par une étude sédimentologique, pétrophysique et structurale afin d'obtenir un model géologique qui se rapproche le mieux possible de réalité, et qui fait l'objet d'une futur programme d'exploration et de développement.

Les Grés du RDC sont des dépôts de type fluviale à influence marine localement. Le chenal principal est de direction SW-NE à SSE-NNW. L'effet diagénétique est caractérisé par deux stades : précoce et tardif.

Les modèles géologiques confirment la complexité de l'histoire du champ de RDC.

Les rocks types RRT a permis de diviser l'ensemble de réservoirs en des zones productrices à la base des répartitions des paramètres pétrophysiques.

Mots clés : Rhourde Chegga, réservoir triasique, chenal, inversion sismique, model géologique

Introduction	
Chapitre I :Contexte général :	
I.1 Cadre Géographique	2
I.2 Cadre Géologique	2
I.3.Stratigraphie de la région	3
I.3.1. socle	4
I.3.2. Paléozoïque	4
I. 3. 4 Cénozoïque	7
I.4. Aspect pétrolier du champ de Rhourde Chegga :	8
I.4.1.Roches mères	8
I.4.2.Roches réservoirs	8
I.4.3.Roches couverture.....	8
I.5. Intérêt de la zone	8
Chapitre II: Matériels et Méthodes :	
I. Étude sédimentologique	9
I.1.Inversion sismique.....	9
I.1.1.Définition et procédure	9
I.2.1. Définition	11
I.2.2 Outils utilisés et principe de fonctionnement.....	11
II. Étude de la répartition des paramètres pétrophysiques :.....	12
II.1. Définition de petrophysical Rock Typing	12
II.2. Données disponibles	13
II.3. Méthode de FZI pour les puits crottés	13
III. Étude structurale.....	13
III.1 Généralité sur la sismique	13
IV. Distinction entre le réservoir de Grès du RDC et le Quartzite de Hamra	14
V. Modélisation des réservoirs du champ de RDC	15
V.1 Principales étapes de la modélisation	15
V.1.1 Création d'un nouveau projet et chargement des données	15
V.1.2 Modélisation structurale	15
V.1.3 Modélisation des faciès	18
V.1.4 Modélisation des rocks types	19
V.1.5 Modélisation pétrophysique	20

V.2. Algorithmes utilisés	21
VI. Calcul des volumes en place	21
VII. Logiciel utilisé :	21
VII.1 Présentation de Petrel :	21
VII.2 Description du logiciel.....	21
VII.3 Avantages principaux:.....	22
Chapitre III: Résultats et descussion:	
I. ÉtudeSédimentologique :	23
I.1.Géologie des Grès du RDC :	23
I.2.Description des carottes :	23
I.3 Corrélacion entre les puits :	27
I.4.Etude pétrographique diagénitique :	28
I.5.Phénomène diagénétique :	31
I.6 Paléogéographie et paléoenvironement :	32
I.7. Répartition et la direction des chenaux triasique :	33
I.7.1. Attributs sismiques :	33
I.7.2.Combinaison des attributs sismiques :	35
I.7.3. Analyse stratigraphique :	36
I.7.4. Impédance acoustique et analyse des données d'imagerie :	37
I.7.5. Scénarios des répartitions et directions des chenaux :	38
II. Répartition des paramètres pétrophysiques :	42
II.1 Méthode de FZI:.....	42
II.2 Résultats pour chaque type de roche (RT1 à RT4):	44
III. Etude structurale	46
III.1. Interprétation des études sismiques	46
III.1.1 Interprétation de profil sismique	46
III.1.2 Réseau des failles	47
III.2. Interprétation des cartes isobathes et isopâques	48
III.2.1. Réservoir de T1	48
III.2.2 Réservoir de Grès du RDC	49
III.2.3 Discordance Hercynienne	50
III.2.4. Réservoir de Quartzite de Hamra	51
III.3. Etude de fissuration	52

IV. Distinction entre les Grès du RDC et les Quartzites de Hamra	55
IV.1. Puits RDC-9	55
IV.2. Puits RDC-12	58
V. Modélisation :	62
V.1. Découpage stratigraphique :	62
V.2. Corrélations et distributions des réservoirs :	62
V.3. Modélisation structurale :	64
V.3.1. Zones des réservoirs (Make zone).....	65
V.3.2. Model 03D des Layer :	66
V.4. Modélisation des facies :	66
V.4.1. Réservoir T1 :	68
V.4.2. Réservoir de Grès du RDC :	69
V.4.3. Réservoir de Quartzite de Hamra :	72
V.5. Modélisation des rocks types :	73
V.5.1. Résultats de la modélisation de rock typing(RRT) :	74
V.5.2. Distribution de RRT au niveau de Réservoir T1 :	74
V.5.3. Distribution de RRT au niveau de Réservoir de Grès du RDC :	75
V.5.4. Distribution de RRT au niveau de Réservoir de Quartzite de Hamra :	78
V.6. Modélisation pétrophysique :	79
V.6.1. Modèle de porosité :	79
V.6.1.1. Réservoir T1 :	79
V.6.1.2. Réservoir de grès du RDC :	80
V.6.1.3. Réservoir de quartzite de Hamra :	83
V.6.2. Modèle de perméabilité :	84
V.6.2.1. Réservoir T1 :	84
V.6.2.2. Réservoir de Grès du RDC :	85
V.6.2.3. Réservoir de Quartzite de Hamra:	87
V.6.3. Model de la saturation : au niveau des 03 réservoirs (fig.107 et 108).	88
VI. Synthèse :	89
Conclusion:	91

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures :

FIG.1 Carte de position géologique de champ du Rhourde Chegga.....	3
FIG.2 Colonne stratigraphique du Rhourde Chegga(RDC) (RDI Sonatrach PED 2016).	7
Fig.3 Schéma de l'inversion sismique (GHARBI. A 2009).	9
Fig.4 Procédure de l'inversion sismique.....	10
FIG.5 Orientation de l'image sur puits vertical et horizontal (Schlumberger).....	11
FIG.6 Caractéristiques techniques d'outil UBI (Schlumberger2011).	12
Fig.7 Exemple synthétique de prospection sismique (sismique réflexion) au moyen d'un réseau de capteurs et d'une source placée en son centre (Caroline Paulus. 2006).....	14
FIG.8 Modèle structural (in put) représentant les failles de trias vers le quartzite de Hamra et les polygones de 24 failles.	16
FIG.9 Modèle des failles à partir l'interprétation du sismique qui donne le nombre total de 23 failles.	16
FIG.10 Différentes étapes de pillar gridding.	17
Fig.11 Variogrammes de l'Analyse des données à partir la méthode de la simulation séquentielle indicatrice.	18
Fig.12 Variogrammes de l'Analyse des données à partir la méthode de la simulation séquentielle indicatrice	19
Fig.13 Etapes de la modélisation des paramètres pétrophysiques.....	20
FIG.14 Carte des puits carottés au niveau des Grès du RDC.....	23
FIG.15 Carte de répartition des épaisseurs des Grès du RDC sur les puits du champ du RDC.....	23
FIG.16 Photos des carottes de Grès du RDC des puits RDC-1bis, RDC-9 et RDC-10.	25
FIG.17 Photos des carottes de Grès du RDC des puits RDC-11, RDC-12 et RDC-14.....	26
FIG.18 Photos des carottes de Grès du RDC au niveau des puits RDC-15.....	26
FIG.19 Photos des carottes de Grès du RDC représentent la différence entre les grès du RDC entre les puits RDC-15, RDC-14 et RDC-10.	26
FIG.20 Photos des carottes de Grès du RDC représentent les puits RDC-11, RDC-1bis et RDC-10.	27
FIG.21 Corrélations entre les puits RDC-1bis, RDC-14, et RDC-10.	27
Fig.22 Photos de lame minces des Grès du RDC des puits RDC-1bis et RDC-6.....	29
Fig.23 Photos de lame minces des Grès du RDC des puits RDC-8, RDC-9, RDC-10 et RDC-11.....	30
FIG.24 Photos micrographiques illustrant des exemples de ciments de quartz et leurs relations paragenétiques.	31
FIG.25 Carte schématique de litho- faciès du champ RDC, au Trias, après l'érosion hercynienne établie par extrapolation de la carte d'en la droite.....	32
FIG.26 Carte d'attribut sismique variance au niveau de champ de RDC.....	33
FIG.27 Carte d'attribut sismique RMS amplitude au niveau de champ de RDC.....	33
FIG.28 Carte d'attribut sismique Sweetness au niveau de champ de RDC.	34

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIG.29 Combinaison des Carte d'attribut sismique.	34
FIG.30 Résultats de combinaison des attributs sismiques.....	35
Fig.31 Carte d'impédance acoustique au niveau des Grès du RDC. carte paléogéographique des Grés du RDC basée sur les données sismiques.	35
Fig.32 Vue de l'ensemble du Puits RDC-10(1/4000).....	36
Fig.33 Pendages sédimentaires développés au niveau des Grés RDC du puits RDC-10,	36
Fig.34 scénario № 01 représente la distribution des chenaux triasiques.	37
Fig.35 Carte simple représentant le positionnement des puits au niveau de scénario № 01. ..	37
Fig.36 Scénario№ 02 représente la distribution des chenaux triasiques.....	38
Fig.37 Carte simple représentant le positionnement des puits au niveau de scénario 02.	39
Fig.38 Scénario№ 03 représente la distribution des chenaux triasiques.....	39
Fig.39 Carte simple représentant le positionnement des puits au niveau de scénario 03.	40
Fig.40 Carte schématique de la paléogéographie du Champ.....	40
Fig.41 Carte du paléo environnement (tidal) Du RDC au Trias, au cours du dépôt des Grés du RDC.Des Grés du RDC du puits RDC-15.	40
Fig.42 Pvs perméabilité avant et après le filtrage des données.....	41
Fig.43 Le résultat de Rock Type SW vs PC.	41
Fig.44 Le résultat de Rock Type porosité vs Perméabilité.	41
Fig.45 Le résultat de FZI de Rock Type 1 et 2.	42
Fig.46 le résultat de FZI de Rock Type 3, 4 et 5.....	43
Fig.47 Exemplede Composite log avec le Rock type au niveau de réservoir du Grés duRDC.....	43
Fig.48 Exemple de composite logavec le Rock type au niveau de réservoir du QH.....	44
Fig.49 Carte représente la surface étudié du champ de RDC	47
Fig.50 Profil sismique des puits RDC-15, RDC-9, RDC- 12	48
Fig.51 Carte des attributs sismiques représentant le réseau des failles.....	48
Fig.52 Carte en isobathe au toi de réservoir de T1.....	49
Fig.53 Carte en isopâques au toi de réservoir deT1.....	50
Fig.52 Carte en isobathe au toi de réservoir de Grés de RDC	51
Fig.55 Carte en isopâque au toi de réservoir de Grés de RDC.....	51
Fig.56 Carte en isobathe au toi de la DH.....	52
Fig.57 Carte en isobathe au toi de la QH	52
Fig.58 Carte en isopâque au toi de réservoir de Quartzite de Hamra.....	53
Fig.59 L'image de l'OBMI et UBI de réservoir de Quartzite de Hamra 2010).....	54
Fig.60 Photos des carottes de puits RDC-11(cotes 3758et3759m).....	55
Fig.61 L'image de l'OMRI de réservoir de Quartzite de Hamra de puits RDC-11.....	55
Fig.62 Combinaison entre les résultats des diagraphies et la description des carottes de puits RDC- 9	56
Fig.63 Photos des lames minces au niveau de Grés de RDC des puits RDC-9.....	57
Fig.64 Photos des lames minces au niveau de Quartzite de Hamra des puits RDC-9.....	58
Fig.65 Résultats de diagraphie combinée avec les photos des carottes de puits RDC-12.....	59

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Fig.66 Photos des lames minces au niveau de Grès de RDC des puits RDC-12 à la cote 3748 m.....	60
Fig.67 Photos des lames minces au niveau de QH des puits RDC-12 à la cote3751.....	60
Fig.68 Subdivision stratigraphique des puits RDC-01biset RDC- 04	62
Fig.69 Corrélacion entre plusieurs puits de reservoir T1.....	63
Fig.70 Corrélacion montre la présence de Grès du RDC dans les puits RDC-9et RDC-4.....	63
Fig.71 Corrélacion entre plusieurs puits de réservoir du QH.	64
Fig.72 Coupe représentative les Tops de DH et QH et top de T1 ainsi que le GEA.	64
Fig.73 Horizon de top de réservoir QH.....	65
Fig.74 Horizon de top de la DH.....	65
Fig. 75 Horizon de top de réservoir T1	65
Fig.76 Zones des réservoirs.	66
Fig.77 Model 03D des horizons étudiant de champ du RDC.	66
Fig.78 Logs up-scaled au niveau de réservoir de T1 et la zone de DH.....	67
Fig.79 Modèle de distribution des facies au réservoir de T1-b.....	68
Fig.80 Modèle de distribution des facies au réservoir T1-a.....	69
Fig.81 Modèle de distribution des facies de grès du RDC scenario1.	70
Fig.82 Modèle de distribution des facies du grès du RDC de scenario2.	71
Fig.83 Modèle de distribution des facies de grès du RDC scénario 3.	84
Fig.84 Modèle de distribution des facies au réservoir de QH.....	73
Fig.85 Logs de distribution des rocks types aux niveaux des réservoirs de T1, Grès du RDC et QH.....	73
Fig.86 Model de la distribution de rock type au niveau de réservoir de T1-b	74
Fig.87 Model de la distribution de rock type au niveau de réservoir de T1-a	75
Fig.88 Model de la distribution de rock type au niveau de réservoir de Grès du RDC (scénario 1)	76
Fig.89 Model de la distribution de rock type au niveau de réservoir de Grès du RDC (scénario 2)	77
Fig.90 Model de la distribution de rock type au niveau de réservoir de Grès du RDC (scénario 3)	78
Fig.91 Distribution du rock type de réservoir de Quartzite de Hamra.....	79
Fig.92 Modèle de distribution de la porosité effective au T1-a	80
Fig.93 Modèle de distribution de la porosité effective au T1-b.....	80
Fig.94 Modèle de distribution de la porosité effective au Grès du RDC (scénario1).....	81
Fig.95 Modèle de distribution de la porosité effective au Grès du RDC (scénario2).....	82
Fig.96 Modèle de distribution de la porosité effective au Grès du RDC (scénario3).....	83
Fig.97 Modèle de distribution de la porosité effective au réservoir de QH.....	83
Fig.98 Modèle de distribution de la porosité effective de gisement du RDC	84
Fig.99 Modèle de distribution de la peméabilité de gisement du RDC.....	84
Fig.100 Modèle de distribution de la peméabilité au niveau de réservoir T1-a.....	85
Fig.101 Modèle de distribution de la peméabilité au niveau de réservoir T1-b.	85
Fig.102 Modèle de distribution de la peméabilité au niveau de Grès du RDC(scénrio1)	86
Fig. 103 Modèle de distribution de la peméabilité au niveau de Grès du RDC(scénrio2)	87
Fig.104 Modèle de distribution de la peméabilité au niveau de Grès du RDC(scénrio3)	87

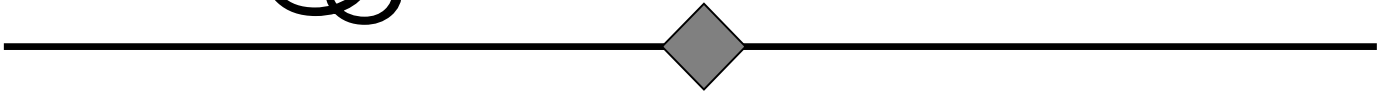
TABLE DES ILLUSTRATIONS

Fig.105 Modèle de distribution de la perméabilité au niveau de Quartzite de Hamra.....	88
Fig. 106 Modèle de distribution de la saturation au niveau des réservoirs de champ du RDC.....	88
Fig.107 Modèle de distribution de la saturation	89
Fig.108 Implantation des nouveaux puits RDC-20 et RDC-22 pour le réservoir de grès du RDC.....	90
Fig.109 Implantation de puits RDC-21	90

Liste des tableaux :

Tableau.01. Intervalles des carottes décrites	24
Tableau.02. Côtes des échantillons de lame mince des Grès du RDC.....	28
Tableau.03 Résultats de la méthode de FZI.	44
Tableau.04 Synthèse sur la répartition des différentes formations au niveau du Rhourde Chegga.....	60
Tableau.05 légende des faciès utilisés dans la modélisation.....	67
Tableau.06 Résultat d'estimation des volumes en place du réservoir de grès du RDC.....	89

Introduction



Depuis sa découverte, les scientifiques ne cessent pas à chercher les hydrocarbures partout. Des milliers de forages sont réalisés sur la terre, la mer, verticaux ou déviés afin de répondre aux besoins décroissants de cette première source d'énergie. Aujourd'hui les gens parlent des ressources non conventionnelles.

Dès qu'un réservoir est bien localiser, les chercheurs se mettent en défi face aux différentes méthodes d'exploration de cette nouvelle découverte afin de la mise en valeur et le préparer à une futur production. Cela passe obligatoirement par une bonne caractérisation en quantifiant son extension, volume saturé et les différents paramètres qui conditionnent une éventuelle récupération. Toutes ces conditions sont liées directement au mode de formation (diagénèse) et l'influence des évènements géologiques pendant les stades de développement.

Ces différentes contraintes donne naissance de plusieurs types de réservoir notant ; des réservoirs peu profonds, profonds généralement compactes ou des réservoirs en chenaux.

Cette variété rend le stade d'exploration un peu plus difficile.

Le Grès du RDC constitue un réservoir très important dans le champ du Rhourde Chegga, il présente sous forme des chenaux fluviatiles leur répartition est mal connus. Cette dernière présente des difficultés dans le développement du champ (l'implantation des nouveaux forages) avec une répartition aléatoire des paramètres pétrophysiques. Au niveau de la partie Ouest du champ les dépôts triasiques (grès du RDC) repose directement sur les Quartzites de Hamra rendant la distinction entre les deux réservoirs plus difficile.

Dans ce sens, vient ce travail comme une contribution à une caractérisation suivant une approche logique basée sur un ensemble de données acquises pendant un stage dans la société SONATRACH, division de production à Hassi Messaoud.

Cette étude s'articule sur les axes suivant :

- Une étude sédimentologique a pour objectif la détermination le milieu de dépôt de réservoir de grès du RDC et une délimitation des chenaux triasiques par différentes méthodes géologiques et géophysiques.
- Une caractérisation pétrophysique par une nouvelle méthode et interprétation vise à une répartition de réservoir en zones productives.
- Une étude structurale de l'ensemble des réservoirs caractérisant le champ du Rhourde Chegga. Le réservoir Quartzite de Hamra fait l'objet d'une étude de fissuration afin de comprendre le mode de production de ce réservoir dit compacte.

Le travail est conclu par une modélisation des trois réservoirs réalisée à la base des résultats des études précédentes. Cette partie du travail se focalise beaucoup plus sur le réservoir de grès du RDC afin d'établir un model de répartition des chenaux qui sera un assise pour une futur programme de production.

PREMIER CHAPITRE

Contexte Général

La plateforme saharienne appartient au craton Ouest-Africain où le socle Cristallin, considérablement affaissé est recouvert par une puissante couverture Sédimentaire paléozoïque et mésozoïque.

Le Paléozoïque est représenté par tous ses termes du Cambrien au Carbonifère. Le Mésozoïque comprend des sédiments continentaux, lagunaires et marins Appartenant au Trias, Jurassique et Crétacé a différentes phases orogéniques, cette plateforme a été affectée par des mouvements tectoniques ayant donné naissance à des zones hautes et basses (Antéclises et synclises) et des dorsales (Amguid, Idjerran...).

L'axe haut de Hassi Messaoud, de forme ovoïde et de direction NE-SW est situé au Nord de la plateforme saharienne entre les méridiens 5°40' et 6°20' Est et les parallèles 31°30' et 32°00' Nord, il occupe ainsi une superficie de 5 400 Km² ; il est le résultat d'une histoire paléo tectonique très complexe (WEC 2007).

Il fait partie d'un ensemble des structures formants la partie Nord de province triasique, parmi Ces structures la structure de champ de Rhourde Chegga située à une trentaine de kilomètres au Nord-Est de champ de Hassi Messaoud.

I.1 Cadre Géographique :

La région de Rhourde Chegga se localise à environ 700 km au S-E de la capitale Alger, et à 100 km environ au Sud-Est de la ville de Touggourt et plus exactement à 35 km au Nord-Est du champ pétrolier de Hassi Messaoud, au Sud de la région d'exploration Touggourt. (fig.1) Sa superficie est de 3914 km² (RDI SONATRACH 2016).

I.2 Cadre Géologique :

La structure de champ de Rhourde Chegga est située sur le flanc Nord-Est du champ de Hassi Messaoud sur le plongement septentrional du horst d'Amguid-El Biod Hassi Messaoud. Ce dôme fait partie d'un trend structural de direction N-S, limité à l'Est par une faille poste hercynienne de même direction.

La structure de Rhourde Chegga est limitée par :

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

Contexte général

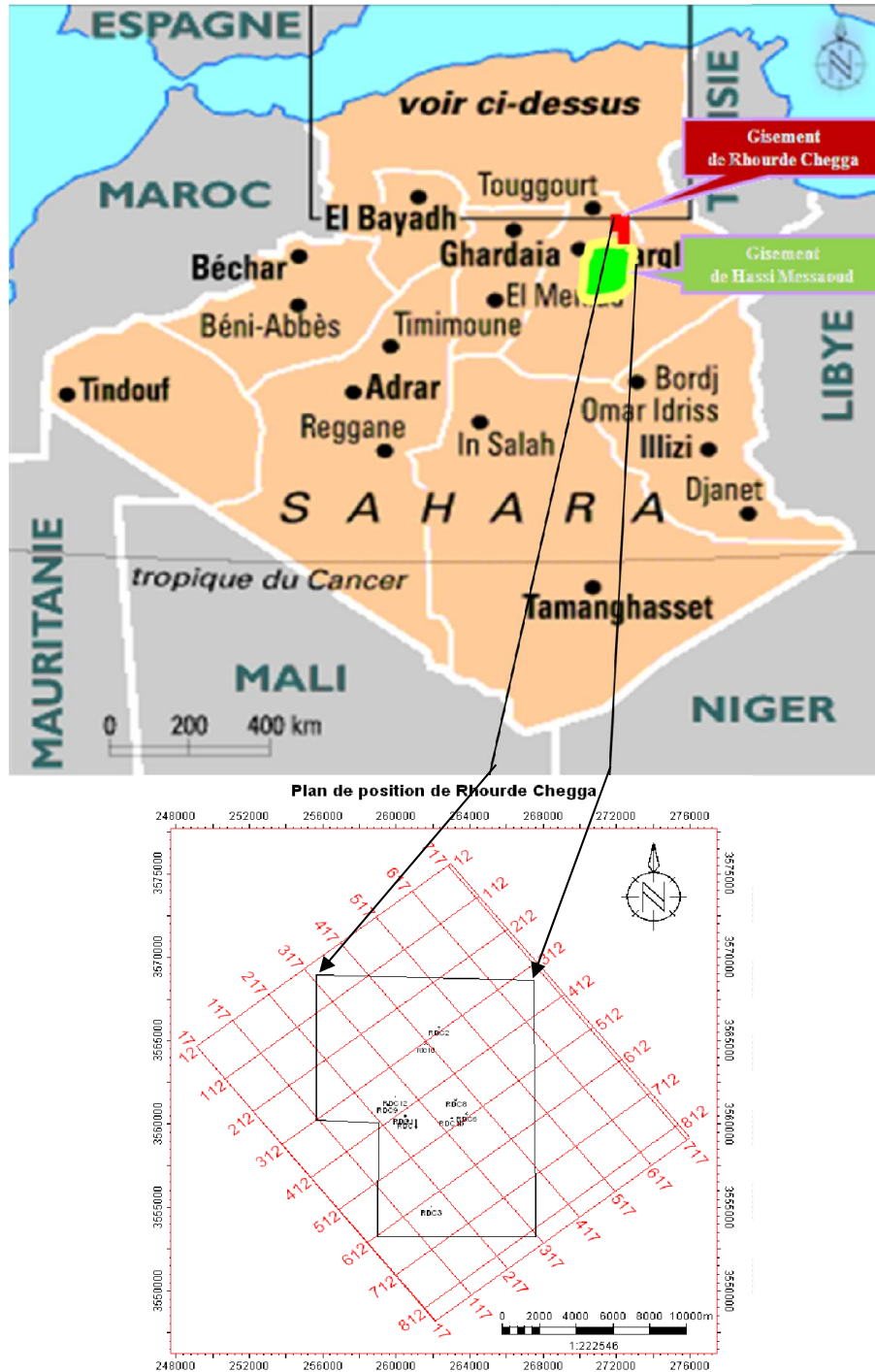


FIG. 1 Carte de positionnement de champ du Rhourde Chegga (RDI Sonatrach PED2014).

On trouve des anciens accidents orientés globalement Nord-Sud formant un système de failles allant du flanc Est de Hassi Messaoud jusqu'au puits Z h-1 (la zone haute), constituant ainsi un grand graben. Cet élément morphologique se prolonge jusqu'à la zone haute de Djemâa-Tougourt au Nord.

Au Sud, vers la limite Nord-Est de Hassi Messaoud, il commence à s'atténuer pour passer à un système des failles de différents rejets. Les failles qui contrôlent le graben de la région de Rhourde Chegga ont des rejets variant de 250 m à 900 mètres (RDI SONATRACH PED 2016).

I.3.Stratigraphie de la région :

Afin d'établir une colonne stratigraphique type de la région, on a intégré les données des puits du champ de Rhourde Chegga. La description est faite à la base des rapports d'implantation de différents puits (SONATRACH PED, 2016) (fig.2).

I.3.1. socle

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

I.3.2. Paléozoïque

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

- Cambrien :

Le Cambrien est mal défini paléontologiquement. L'épaisseur moyenne traversée est de 79 m .Il est daté d'après sa situation entre l'Ordovicien inférieur et le socle daté à plus ou moins de 550 million d'années ; ce socle n'a pas été atteint par les sondages de Rhourde Chegga.

On fait référence au puits de Hassi Messaoud, il comprend successivement de bas en haut les subdivisions lithostratigraphiques suivantes :

. Lithozone Ra :

Cette lithozone est constituée de grès grossiers, très grossiers à micro conglomératiques, anisométriques, siliceux à quartzitiques, avec des passées centimétriques d'argiles gris-vert saleuses et dont l'épaisseur moyenne est de 40 mètres.

.Lithozone Ri :

Elle est constituée de grès blancs à gris-blanc, moyens à grossiers, siliceux à quartzitiques, avec de nombreux couches d'argiles noires à gris-noir. L'épaisseur moyenne est de 29 mètres. Les Tigillites sont très abondantes.

- Ordovicien

.Zone des alternances :

C'est un complexe argilo-gréseux, cette zone a une épaisseur moyenne de 15 mètre, constitué d'alternances d'argiles noires, feuilletées, micacées et de grès fins, silicoargileux à siliceux, à nombreux terriers verticaux et horizontaux.

.Argiles d'El-Gassi :

Son épaisseur moyenne est de 150 m, il s'agit des argiles noires à gris-noir, feuilletées et indurées, finement silteuses, micacées, localement glauconieuses et pyriteuses, à fines passées de grès fins à très fins, gris à gris-noir et/ou gris-vert.

. Grès d'El Atchane :

L'épaisseur moyenne est de 20 mètre, apparaît avec des alternances de grès gris-vert, fins à moyens, Glauconieux, gris clair et brun rouge à brun-foncé, ferrugineux, à rares petits niveaux grossiers.

.Quartzites de Hamra :

Son épaisseur moyenne est de 50 mètre, se présentent avec des grès blanc à gris-beige et gris-brun à blancs, parfois gris-verdâtre, fins, moyens et grossiers, siliceux, quartzitiques, par endroit glauconieux, à nombreux joints stylolithiques et tapissage argileux noir. Les Tigillites sont très nombreux et bien développés.

. Grès d'Ouargla :

L'épaisseur moyenne est de 50 mètre, ce sont des grès fins à moyens, silicoargileux, micacés, gris-clair, à nombreuses et fines intercalations d'argiles noires.

.Argiles Micro conglomératiques :

Ce sont des argiles noires, silteuses, micacées, à nombreux débris de roches dispersés dans La masse argileuse microconglomératique.

- Silurien :

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

I.3.3. Mésozoïque :**-Trias :**

Son épaisseur moyenne est de 340 mètres. Il est composé de :

.Série Inférieure :

Son épaisseur moyenne est de 40 mètre, ce sont des grès gris à gris-brun, moyens à Grossiers, légèrement argileux, micacés et argiles brun-rouge, micacée, silteuses.

.Roches éruptives :

Leur épaisseur moyenne est de 95 mètre. Il s'agit de roches volcaniques extrusives basaltiques intercalées de minces niveaux argileux de couleur brun-rouge.

.Trias T1 :

Son épaisseur moyenne est de 40 mètres, présent des argiles brun-rouge, silteuse, micacées à Rares niveaux gris-vert et grès gris-foncé et brun-rouge, silico-argileux, fins à très fins et sont Rarement moyens.

.Trias T2 :

Il apparait avec une épaisseur moyenne de l'ordre de 60 mètres, constitué par des argiles brun-rouges, silteuses, micacées, à niveaux gris-vert et des grès très fins, argilo-siliceux et carbonatés. Au sommet on trouve un niveau de dolomie microcristalline gris-clair, massif et parfois d'aspect vacuolaire.

.Trias argileux :

Son épaisseur moyenne est de 30 mètres, présent avec des argiles brun-rouges et gris-vert, Silteuses, micacées, à passées de sel argileux et des nodules d'anhydrites blanches.

.Trias S4 :

Son épaisseur moyenne est de 110 mètres, contient des Sels massifs, blancs et rosés à intercalations d'argile brun-rouge et gris-vert, silteuses et micacée.

- Jurassique :

IL a une épaisseur moyenne de 1500 mètres, composé essentiellement de :

.Lias**.Lias argileux :**

Il s'agit généralement des argiles brun-rouges à gris verdâtres, tendres à pâteuses, à fines passées de sel blanc et translucide. Son épaisseur moyenne est 90 mètres.

.Lias S3 :

Il se présente par un sel massif, blanc à translucide, parfois rosâtre à fines passées d'argile gris-vert tendre à pâteuse, avec une épaisseur moyenne de 200 mètres.

.Lias S1 + S2 :

Leur épaisseur moyenne est de 270 mètres, contient généralement :

Au sommet : on trouve des anhydrites massives blanches à intercalations d'argile grise pâteuse, légèrement carbonatée, et brun-rouge, tendre, salifère.

A la base: IL s'agit d'une alternance de sel massif, blanc translucide, d'anhydrite et d'argile grise, pâteuse parfois brun-rouge.

. Lias Horizon « B » :

Son épaisseur moyenne est de 40 mètres, composé de calcaires argileux avec des passées d'argiles carbonatées, et une présence de sel.

. Lias Salifère :

C'est un Sel massif translucide, avec des passées d'argiles à prédominance carbonatée, et d'anhydrite. Son épaisseur moyenne est de 60 mètres.

.Lias Anhydritique :

Son épaisseur moyenne est de 380 mètres, comprend une Anhydrite tendre, massive et microcristalline, avec de fines passées d'argiles et de rares passées marneuses.

.Dogger : divisé en :**. Dogger lagunaire :**

Il se trouve avec des alternances de calcaires argileux, Localement dolomitiques, d'argiles carbonatées et des anhydrites, où l'épaisseur moyenne est de 120 mètres.

.Dogger argileux :

Il se présente par des argiles tendres et carbonatées, avec intercalations de calcaire et de dolomie. Son épaisseur moyenne est de 9 mètres,

.Malm :

On trouve des alternances d'argile silteuse et carbonatée et de calcaires gréseux avec des passées d'anhydrites et de dolomies microcristallines. Son épaisseur moyenne est de 250 mètre,

-Crétacé**.Néocomien :**

Son épaisseur moyenne est de 220 mètres, composant d'argiles silteuse et carbonatées, avec des passées de calcaires et de grès silico-argileux.

. Barrémien :

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

.Aptien :

Son épaisseur est de 30 mètre, présenté par des Calcaire crayeux et dolomie beige microcristalline.

.Albien :

- Son épaisseur moyenne est de 280 mètres, caractérisé par des alternances de calcaire, de Dolomie, des argiles et de grès dans la partie supérieure. A la base on trouve des grès silico-argileux avec des passées d'argile silto-sableuses.

. Cénomanien :

Son épaisseur moyenne est de 160 mètre, composé par des alternances d'argiles carbonatées, Des calcaires argileux et dolomitiques, de dolomie microcristallines et d'anhydrites.

. Turonien :

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

. Sénonien

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

.Sénonien lagunaire

Il s'agit des alternances d'anhydrites, de calcaires argileux parfois dolomitiques, et d'argiles carbonatées avec des passées de dolomies microcristallines. Son épaisseur est de 260 mètres,

.Sénonien salifère

Son épaisseur moyenne est de 100 mètres, composé du sel translucide avec des passées D'anhydrite, de calcaires argileux et des argiles carbonatées.

I. 3. 4 Cénozoïque**- Miopliocène :**

Contexte général

Ce sont généralement des sables translucides, localement grossiers, avec des rares passées d'argile silto-sableuses et des grès carbonatés.

-Eocène :

Son épaisseur moyenne est de 50 mètre, il se présente avec des Calcaire crayeux avec des passées d'argiles.

		AGES	Lithologie	Ep	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE
CENO		MIO - PLIOCENE		239	sable silico-carbonaté
		EOCENE		120	calcaire dolomitique
MESOZOIQUE	CRETACE	SENONIEN	Carbonaté	180	Calcaire dolomitique, passées anhydrites
			Anhydritique	220	Dolomie, anhydrite et calcaire blanc
			Salifère	140	Sel massif avec passées argiles dolomitiques
		TURONIEN	115	Calcaire avec passées d'argiles à la base	
	CENOMANIEN	145	Anhydrite, dolomie parfois argileuse		
	ALBIEN	360	Grès argileux à silico-argileux		
	APTIIEN	24	Dolomie calcaire avec passées de mame		
	BARREMIEN	270	Grès, argile silto-sableuse et dolomie		
	NEOCOMIEN	180	Argile carbonatée avec passées de de grès		
	JURASSIQUE	DOGBER	MALM	225	Argile silteuse, grès argileux et anhydrite
			Argileux	100	Argile dolomitique, grès argileux et anhydrite
		LIAS	Lagunaire	110	Anhydrite, passées d'argile et dolomie
			LS1	350	Anhydrite passées d'argile dolomitique
			LS2	64	Sel massif, anhydrite, passées d'argile
Horizon B			37	Calcaire argileux, argile et anhydrite	
S1- S2			268	Sel massif blanc, Argiles et anhydrite	
S3			210	Sel massif, Argile brune et grise	
G10		100	Argile brun rouge et verdâtre, sel		
TRIAS		G20 (S4)	110	Sel massif, passées d'argile brune	
	Argileux	35	Argile silteuse, Anhydrite, dolomite		
	T2	80	Dolomie au sommet, argiles et grès		
	Grès T1	20-30	Grès fins, argile indurée, passées de dolomie		
	Volcano- Sédimentaire	50-90	Roches éruptives à passées d'argile		
PALEOZOIQUE	ORDOVICIAN	Série inf "Grès de RDC"	20	Grès blancs fins avec passées d'argiles	
		Argiles Microconglomérat	50	Argiles avec grès microconglomératique	
		Grès d'El Golea	0-20	Grès silico-argileux	
		Grès de Ouargla	25	Grès quartzitique silico-argileux et argiles silteuses	
		Quartzites Hamra	0-75	Grès silico-argileux à quartzitique	
		Grès d'El Atchane	25	Grès glauconieux, passées d'argile	
		Argiles d'El Gassi	107	Argile à passées de grès	
		Zone Des Alternances	24	Alternance d'argile et grès	
		CAMBRIEN	Ri	46	Grès isométriques avec pyrite et lignite
			Ra	125	Grès anisométrique avec joints d'argile
R2	100		Grès microconglomératique		
	R3	370	Grès grossier, conglomératique		
	INFRA-CAMBRIEN	45	Grès Argileux rouge		
	SOCLE	-	Granite porphyroïde rose		

FIG.2.Colonne stratigraphique du Rhourde Chegga(RDC) (RDI Sonatrach PED 2016).

I.4. Aspect pétrolier du champ de Rhourde Chegga :

I.4.1.Roches mères

D'après toutes les études réalisées sur la région d'Oued Mya (WEC 2007), le Silurien (Argiles radioactives) est le niveau principal de genèse en hydrocarbures. En effet, le Silurien est très riche en matière organique dont la maturation a été assurée par un enfouissement suffisant durant le Mésozoïque, son épaisseur atteint parfois 500m dans la zone axiale d'Oued Mya.

La matière organique est contenue dans les argiles noires radioactives à graptolite, avec un bon potentiel de génération d'hydrocarbures.

Ce sont des argiles noires, indurées, silteuse, micacées et pyriteuses avec des rares intercalations de grès quartzitiques.

D'après les études effectuées sur les roches mères siluriennes, la matière organique est de type Sapropélique et mixte.

I.4.2. Roches réservoirs

Les réservoirs rencontrés dans la région sont de type détritique, principalement les grès du trias 1 et de la Série Inférieure, à un degré moindre le Trias 2 dans le Trias argilo-gréseux, Les grès du Rhourde Chegga et les quartzites de Hamra.

I.4.3. Roches couvertures

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

I.5. Intérêt de la zone :

Le premier sondage, RDC-1, a été réalisé par l'association Sonatrach/ Nafta-Gas (Société d'état de l'ex-Yougoslavie) entre 1984 et 1985. Le forage est débuté le 27-08-1984, Il a été arrêté dans la formation ordovicienne des Quartzites de Hamra à la cote 3905 mètres. L'objectif principal est l'exploration des formations **triasiques** et **ordoviciennes** et de préciser en même temps l'évolution lithologique et stratigraphique de ces séries dans le secteur considéré.

Suite au mauvais suivi des opérations (effondrement), seulement le réservoir ordovicien des Quartzites de Hamra a été testé au niveau de ce puits. Le réservoir triasique est testé après par le forage du puits RDC-1 bis

De forts indices découverts dans les réservoirs triasiques à la base des données de diagraphies effectuées par la société Sonatrach. Leurs interprétations ont prouvé l'existence des niveaux gréseux à hydrocarbures dans le Trias au-dessous et au-dessus des roches éruptives respectivement dans la Série Inférieure et le T1, ce dernier a donné un débit estimé à 4 m³/h d'huile ; le réservoir inférieur (Série Inférieure) a débité 26,89 m³/h d'huile et 6507 m³/h de gaz (SONATRACH 1985). Suite à ces résultats très encourageants, les autres puits ont été implantés afin d'évaluer l'importance de l'accumulation d'hydrocarbures dans la structure,

DEUXIEME CHAPITRE

Matériels & Méthodes

On présente dans ce chapitre les différentes méthodes et matériels utilisés pour atteindre l'objectif de ce travail, qui s'articule essentiellement sur les points suivants :

- Analyse sédimentologique de réservoir triasique « Grès du RDC » par l'étude de faciès et la détermination des environnements de dépôt ainsi que la répartition et la direction des chenaux triasiques.
- Répartition des paramètres pétrophysiques du réservoir.
- Etude structurale de réservoir ordovicien « Quartzite de Hamra » par l'analyse de réseau des failles et de fissuration.
- Méthodes de distinction entre les deux réservoirs (Grès du RDC et Quartzite de Hamra).
- Modélisation des réservoirs du champ étudiés.

A la fin, une synthèse des résultats est exploitée pour la mise en valeur de champ, en choisissant le scénario d'extension de tel type réservoir en chenal à la base d'une estimation des volumes en place des hydrocarbures, avec une proposition d'implantation de nouveaux forages pour une future production .

I. Étude sédimentologique :

L'objectif principal de l'étude sédimentologique des Grès du RDC est de pouvoir ressortir les Caractéristiques géologiques de cette formation, et la reconstitution de son environnement de dépôt .Par conséquent, on arrive à prévenir la distribution latérale de ce faciès dans le champ. Ce travail est réalisé à l'aide des données d'analyse des carottes d'un ensemble de puits traversant ce niveau réservoir : RDC-1bis, RDC-9, RDC-10, RDC-11, RDC-12, RDC-14 et RDC-15. Des lames minces sont aussi utilisées pour une étude pétrographique et diagénétique, l'échantillonnage à été effectué sur les puits RDC-9, RDC-12, RDC-14 et RDC-15. En outre, les résultats de l'inversion sismique, l'interprétation des cartes de l'impédance acoustique et les données d'imagerie sont exploités afin de déterminer la distribution et la direction des chenaux de ce réservoir. Ces techniques sont décrites brièvement dans le texte ci-dessous.

I.1. Inversion sismique :

I.1.1. Définition et procédure :

L'inversion des données sismiques permet de calculer un model d'impédance acoustique du sous-sol à partir des amplitudes des ondes sismiques. Des informations à priori géologiques ainsi que les incertitudes sur les données sismiques sont introduites dans la formulation du problème inverse. (GHARBI. A 2009).

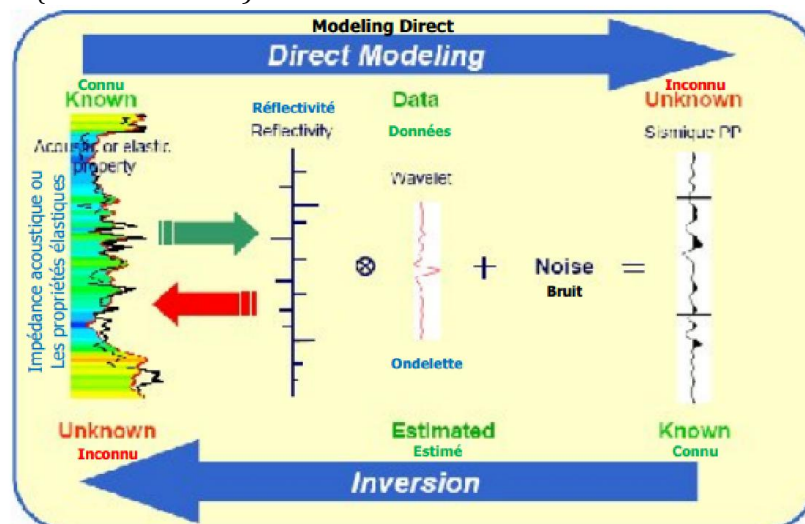


Fig.03 Schéma de l'inversion sismique (GHARBI. A 2009).

Le traitement des données de l'inversion sismique est réalisé à l'aide de logiciel Interwell.

Interwell :

C'est un outil de combinaison entre les données géologiques, log d'impédance acoustique et les informations sismiques afin d'interpoler l'information entre les différents puits étudiés, d'où on peut tirer par la suite description des variations, des discontinuités et des hétérogénéités latéraux des formations de réservoir. La section finale d'impédance acoustique est le lien principal avec les autres paramètres pétrophysiques.

Les procédures de traitement :

L'inversion sismique est traitée dans une forme simple, il s'agit d'intégrer une trace sismique en un pseudo diagraphie d'impédance acoustique afin de pouvoir différencier les séries géologiques et suivre les variations de faciès.

Le diagramme ci-dessous résume la procédure de travail pour faire une inversion sismique correcte :

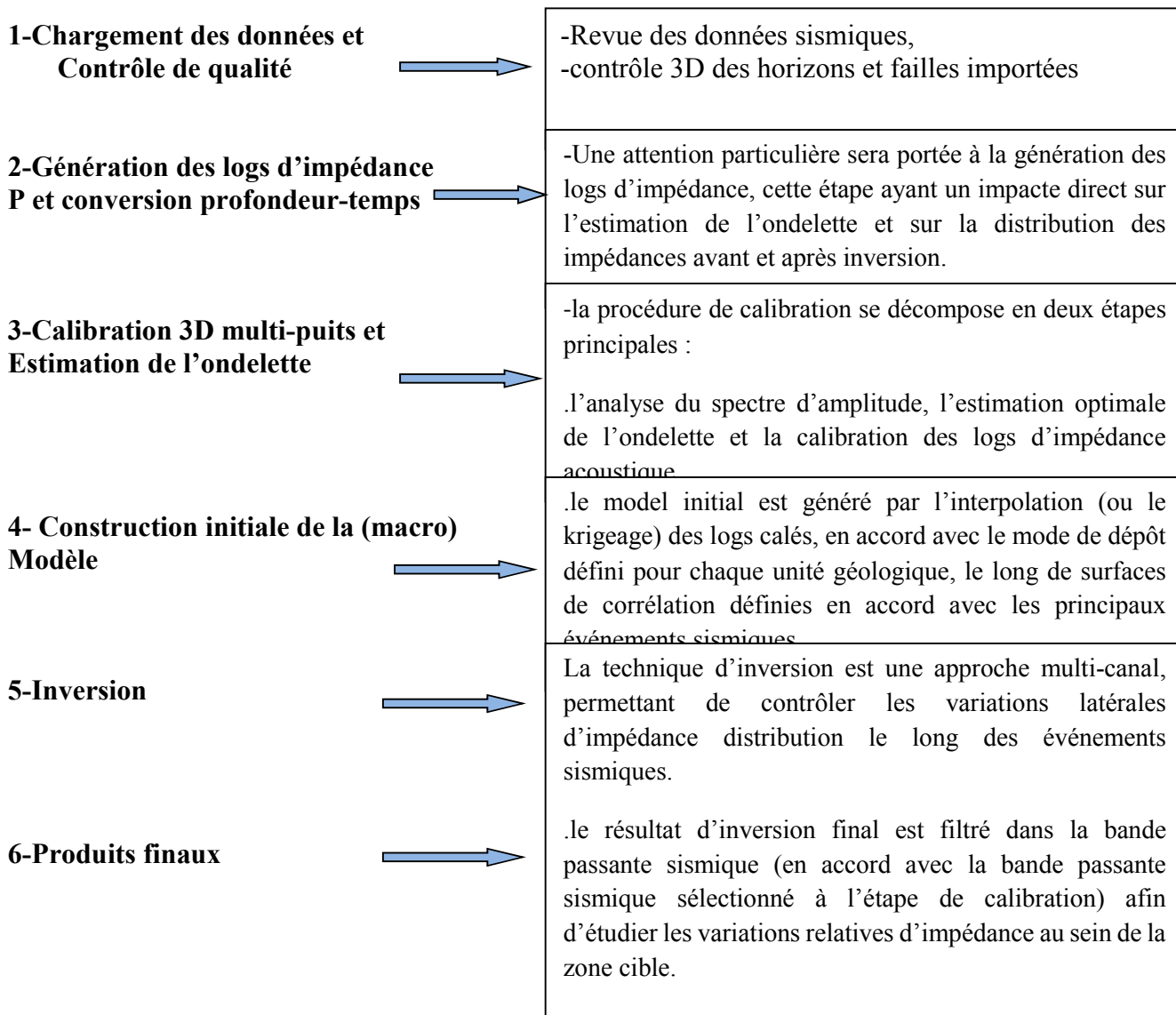


Fig.04 Procédure de l'inversion sismique.

I.2.l'Imagerie :

I.2.1. Définition :

L'Imagerie acoustique et électrique a considérablement évolué dans la reconnaissance des formations de sub-surface. Elle lève aussi beaucoup d'incertitudes dans l'interprétation des milieux de dépôts. Son apport se résume en une meilleure connaissance de la tectonique du gisement, des couches (pendage et azimuth) ainsi qu'une meilleure approche de la fracturation.

La maîtrise de l'imagerie de fond est une garantie pour la fiabilité des interprétations des phénomènes géologiques tout au long de leur formation en corrélation avec les données de carottes.

Comparée aux diagraphies classiques, l'imagerie se base sur la Multiplication des mesures (200 mesures de micro résistivités avec l'outil FMI (Full bore Formation Micro Imager Tools) dans le même endroit et en un temps réduit ; ce qui lui permet d'obtenir une information détaillée de toute la paroi du puits (couverte des fois jusqu'à 100%). Son avantage principal est la possibilité d'orienter l'image obtenue par rapport au Nord magnétique dans un puits vertical, et au top du trou dans un puits horizontal (Fig.5) (ZEDOURI A., HADJ-SAID 2013).

Cette orientation est indispensable pour :

- Le calage en profondeur et l'orientation en azimut des carottes
- La détermination du sens du paléocourant et des azimuts de pendage des couches
- La détermination des contraintes tectoniques et leur changement au cours du temps.
- La détermination et l'orientation des fractures et des failles.
- La délimitation des séquences sédimentaires.

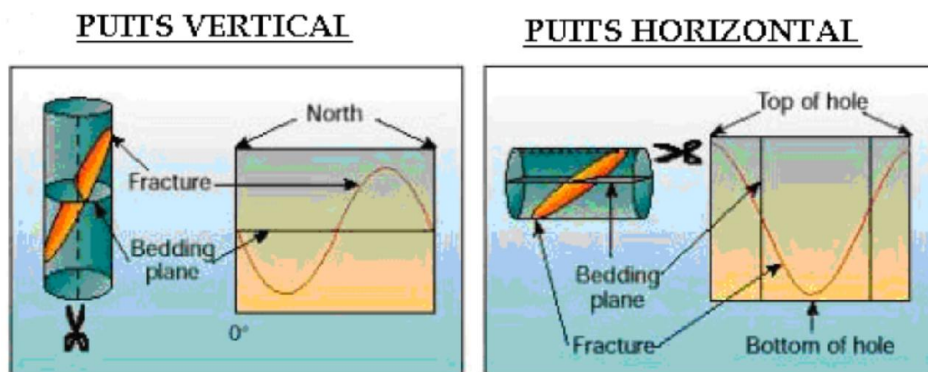


FIG. 05 Orientation de l'image sur puits vertical et horizontal (ZEDDOURI. A, HADJ-SAID. 2013).

I.2.2 Outils utilisés et principe de fonctionnement:

Les outils d'imagerie, tout comme ceux des diagraphies classiques, se basent sur les mêmes principes fondamentaux de la physique :

- Propagation des ondes acoustique dans un milieu et enregistrement des valeurs de fréquence et d'amplitude de l'onde reçue.
- Mesure de la micro résistivité des couches à l'aide d'un signal électrique. Le choix de l'outil dépend surtout de la nature de la boue utilisée en cours de forage, si elle est conductrice, on utilise un outil de résistivité et si elle ne l'est pas, on utilise un outil acoustique.

1. L'OBMI (OIL BASE MICRO IMAGER) :

L'OBMI de la compagnie internationale Schlumberger, est l'un des outils de la dernière génération d'imagerie utilisée dans l'industrie pétrolière il envoie un grand nombre d'impulsion pour produire une image électrique en trou ouvert où l'environnement (boue de forage) non conducteur avec boues à huile.

Par ailleurs la technique d'imagerie dans la partie structurale du réservoir de Quartzite de Hamra est basée essentiellement sur l'interprétation des résultats des outils suivants :

-L'UBI (ULTRA SONIC BORHOLE IMAGER) :

L'UBI est aussi comme l'OBMI de la compagnie internationale Schlumberger dispose d'un transducteur rotatif à grande résolution, faisant à la fois la fonction de transmetteur et de récepteur ; il existe en plusieurs dimensions, selon le diamètre du trou, permettant ainsi de minimiser la trajectoire de l'onde dans le fluide de forage, présentant ainsi une image acoustique d'amplitude et une autre de rayon d'onde reçue qui reflète la présence des éléments structuraux, sédimentologiques et stratigraphiques. La couleur sombre indique les faibles amplitudes et les larges rayons.

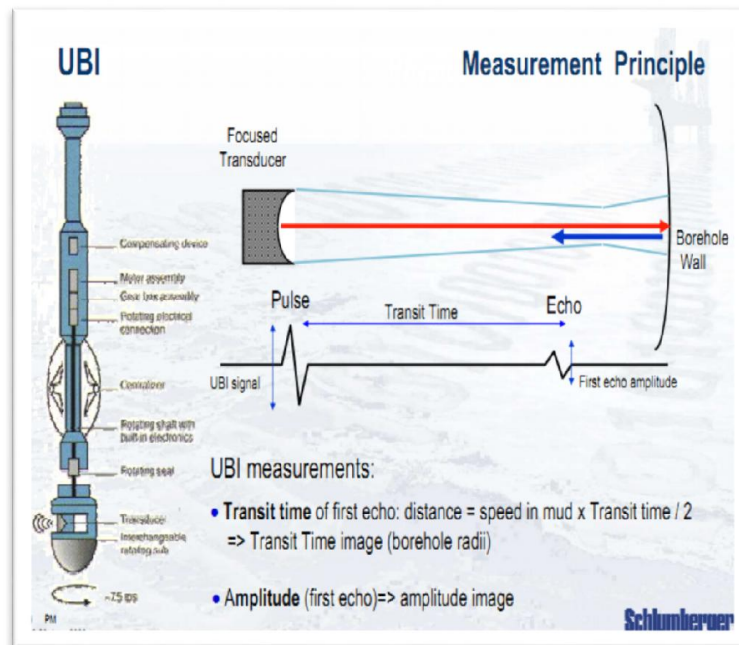


FIG.06 Caractéristiques techniques d'outil UBI (Schlumberger2011).

-OMRI (OIL MUD RESERVOIR IMAGER) :

L'OMRI est un outil à patin dont le principe de mesure est la micro-résistivité dans une boue de forage non-conductrice, afin d'avoir une bonne image il faut un bon contact entre les patins et la formation. On notera aussi que la résolution de l'outil est de 1.2'' (30.48 mm) donc tout ce qui est inférieur à cette valeur ne sera pas détecté par cet outil.

II. Étude de la répartition des paramètres pétrophysiques :

La connaissance de la répartition des caractéristiques pétrophysiques dans un réservoir permet une bonne valorisation de celui-ci en classant en zones de flux suivant les valeurs des paramètres pétrophysiques.

La méthode de petrophysical Rock Typing est choisie pour l'étude pétrophysique dans le cas du champ de Rhourde Chegga.

Cette méthode utilise des valeurs des paramètres pétrophysiques mesurés directement sur carottes. Ce qui permet de diviser le réservoir d'une manière plus ou moins précise en unités hydrauliques ou de zones de flux. Autrement dit, des zones à capacité de stockage avec l'aptitude de circulation (flow zone). Ces résultats sont utilisés ailleurs dans la modélisation.

II.1. Définition de petrophysical Rock Typing :

Le petrophysical Rock Typing est une méthode d'étude décrivant les types des roches qui ont été classées uniquement selon leurs propriétés pétrophysiques, en particulier celles qui se rapportent à un comportement de fluide dans la roche telle que la porosité, la perméabilité, saturation et la pression capillaire. (Gary W Gunter 2015).)

II.2. Données disponibles :

La méthode consiste à tracer tous les RCAL (Analyses routines sur les carottes) disponibles. Après On essaye de filtrer et traiter ces données (détecter les valeurs aberrantes et éliminer les valeurs de porosité et perméabilité de fissuration). Tous les points qui présentent des anomalies ou des incohérences devraient être retirés.

II.3. Méthode de FZI pour les puits crottés :

Les données sont importées à partir les mesures sur les carottes des 09 puits (RDC-1, RDC-2, RDC-3, RDC-4, RDC-10, RDC-11, RDC-12, RDC-13, RDC-14). FZI (flow zone indicator/l'indicateur du zone productive) est une approche utilisée pour identifier et grouper les couches des roches à des unités hydrauliques ou des types des roches qui ont des propriétés productives similaires.

FZI : est déterminée pour chaque puits carotté en prenant perméabilité et la porosité (aux conditions ambiante et le stress) et utilisant l'équation suivante :

$$FZI = \frac{0.0314 \sqrt{\frac{K}{\phi}}}{\frac{\phi}{1-\phi}} = \frac{RQI}{\Phi_{Normalized}}$$

N.B :

FZI : flow Zone Indicator, microns. (Indicateur de la zone productive).

K : la perméabilité mesurée sur les carottes, mD.

ϕ : la porosité effective mesurée sur les carottes (%).

Les informations obtenues à partir de l'analyse du FZI sont combinées avec les valeurs de la pression capillaire pour classer le réservoir en question de saturation.

III. Étude structurale:

L'étude structurale du champ de Rhourde Chegga est basée essentiellement sur l'analyse des données sismiques et élaboration des cartes isobathes et isopâques des réservoirs étudiées d'une part et une combinaison entre la description des carottes et l'interprétation d'imagerie d'une autre part et spécialement dans l'étude de fissuration au niveau du réservoir de Quartzite de Hamra. Dans cette partie on a ouvert une fenêtre sur la sismique et les principes de fonctionnement de cette méthode.

III.1 Généralité sur la sismique :

La sismique est une méthode de prospection née pendant la première guerre mondiale quand les Allemandes repéraient les canons alliés en mesurant leurs ondes (réfractées) dites alors acoustiques : en suite ils l'ont appliquée à la recherche pétrolière des dômes de sel en Allemagne (1924) tandis qu'ils développaient aussi la sismique réfraction. Les deux ont été exportées aux Etats-Unis mais très vite la réflexion, plus précise, a éclipsé la réfraction (sauf en Iran, silice et au Sahara). En 1956 où la découverte des plus grands champs d'huile et de gaz d'Afrique (Hassi Messaoud et Hassi R'mell).

Cette méthode permet d'avoir une connaissance sur les structures géologiques de sous-sol grâce à l'analyse des ondes élastiques qui se propagent dans le sol. Les méthodes sismiques sont essentiellement utilisées en prospection pétrolière dans le but de localiser et caractériser des gisements d'hydrocarbures.

La prospection sismique consiste à produire des séismes de faibles amplitudes à partir d'un dispositif de source émettrice qui seront enregistrés sur un dispositif d'acquisition composé des capteurs. L'enregistrement obtenu sur un capteur appelé trace sismique et l'ensemble de ces traces forme un profil sismique (Fig.7). Un des axes correspond au temps d'écoute et peut être directement relié à la profondeur. Les événements sismiques présents sur l'enregistrement

correspondent à l'arrivée des ondes sismiques sur le réseau de géophone après propagation dans le sous-sol (Paulus. C. 2006).

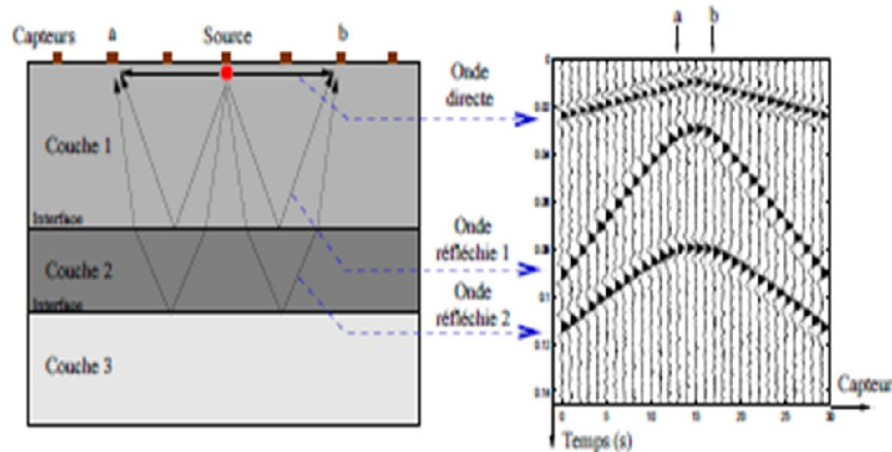


Fig. 07 Exemple synthétique de prospection sismique (sismique réflexion) au moyen d'un réseau de capteurs et d'une source placée en son centre (Paulus. C. 2006).

Une étude sismique se décompose en 03 grandes étapes :

- **Acquisition des données sismiques** : différents types d'acquisition sont envisageables en sismique terrestre. Bien souvent, le positionnement des structures géologiques à imager détermine le type de dispositifs à mettre en place.
- **Traitement des données** : c'est là où les progrès ont été spectaculaires et continueront, parallèlement à ceux des ordinateurs.
- **Interprétation** : c'est la stratigraphie séquentielle (sismo-stratigraphie) de Peter Vail qui a fait faire le plus de progrès à l'interprétation, amenant les géologues à regarder les profils sismiques, à les interpréter et à discuter avec les géophysiciens.

IV. Distinction entre le réservoir de Grès du RDC et le Quartzite de Hamra :

Suite à la difficulté rencontrée dans la séparation entre les deux réservoirs (grès du RDC et Quartzite de Hamra) surtout dans les zones où le contact est direct. Une comparaison entre les apports de différentes méthodes de caractérisation est menée dans la raison d'adopter la plus faisable dans la distinction entre ces deux formations. Les résultats sont appliqués au niveau de deux puits : RDC-9 et RDC-12.

-Méthodes directes :

Basée essentiellement sur une étude macroscopique et microscopique faite sur carottes (description et lames minces).

-Méthodes indirectes :

L'étude est faite à des diagraphies différées qui sont des enregistrements des phénomènes physiques liés aux caractéristiques pétrophysiques des formations traversées par le forage.

V. Modélisation des réservoirs du champ de RDC :

Depuis toujours, les géologues ont tendance à représenter, les formations traversées par le forage, sous forme de cartes en 2D et de coupes géologiques selon les données enregistrées. Et pour mieux comprendre les événements géologiques et leurs influences sur les formations, les spécialistes dans le domaine ont appliqués la notion de 3D en faisant des Modèles géologiques dites statiques tout en utilisant les données de sismiques, des diagraphies et pétrophysiques. Ce processus est appelé « Modélisation ». Dans le cadre de cette mémoire, le modèle utilisé correspond toujours à un modèle statique de la zone d'étude. C'est une simplification de

l'environnement spatial tridimensionnel. La modélisation pourrait répondre au problématique et porte une information importantes aux géologues de surveillance, dans l'établissement des rapports d'implantations et les prévisions géologiques.

La modélisation est passée par plusieurs étapes, parmi eux le **découpage stratigraphique**, cette dernière est une étape préparatoire pour comprendre la répartition des différentes épaisseurs des niveaux réservoirs, et leur distributions à travers le champ, ainsi que les zones affectées par l'érosion hercynienne à l'aide des interprétations des cartes en isopâques et des corrélations entre les puits.

V.1 Principales étapes de la modélisation :

Le progiciel *Petrel*, avec les différents modules qu'il contient, peut aider à faire toute sorte de modélisation sur le réservoir et permet une visualisation en 2D ou bien 3D (Cartes, coupes ...etc.) Des résultats obtenus. Le model statique passe par trois grandes étapes :

- La modélisation structurale.
- La modélisation des faciès.
- La modélisation pétrophysiques.

V.1.1 Création d'un nouveau projet et chargement des données :

Bien évidemment un minimum de données, indispensables à notre type de modélisation, doit être chargé pour qu'on puisse parler d'un éventuel projet pétrel.

Les premières données à être chargées sont celles des puits, c'est-à-dire les coordonnées (X, Y), les données de la déviation (dans le cas des puits horizontaux et les puits en short radius), les trois (top) des formations traversées, les données de la sismique ainsi que les logs (données des diagraphies interprétés).

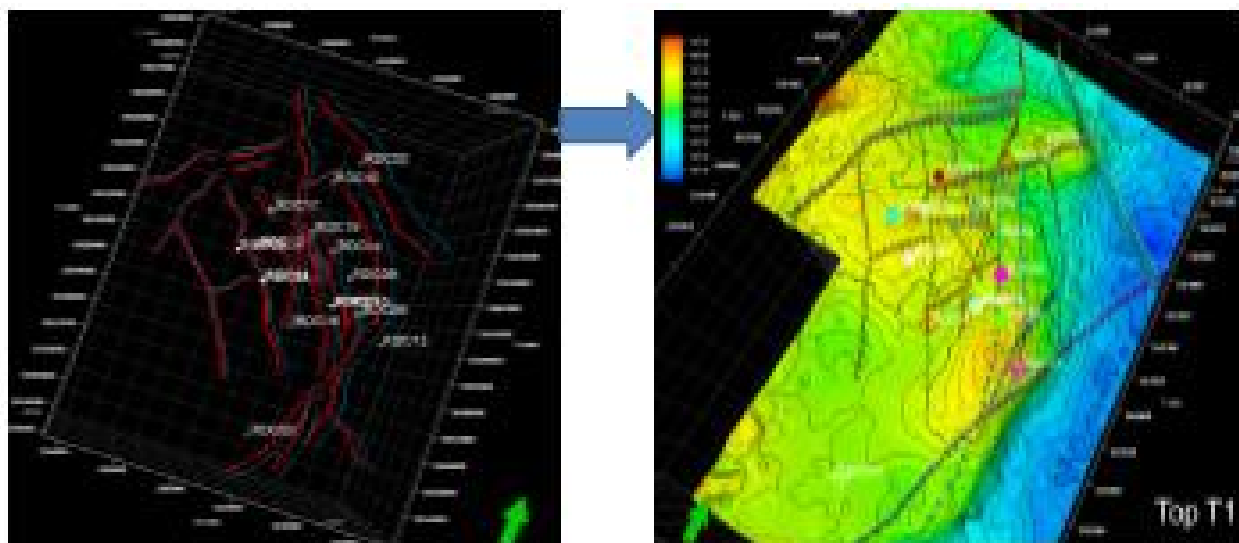
V.1.2 Modélisation structurale :

C'est la première et La plus importante étape pour la construction du model 3D, et constitué le support physique sur lequel les modélisations à venir seront construites. Elle est subdivisée en trois étapes :

a-Modélisation des failles (Faults Modeling) :

C'est de définir les failles dans le modèle géologique qui servira de base pour générer des grilles, on a eu accès à des fichiers comportant des lignes de failles n 2D, qu'on a transformées en 3D (Fig.08).

Le résultat de la modélisation des failles s'appelle <fault sticks>, c'est-à-dire des failles en forme de bâtonnet ou barrettes (Fig.09)



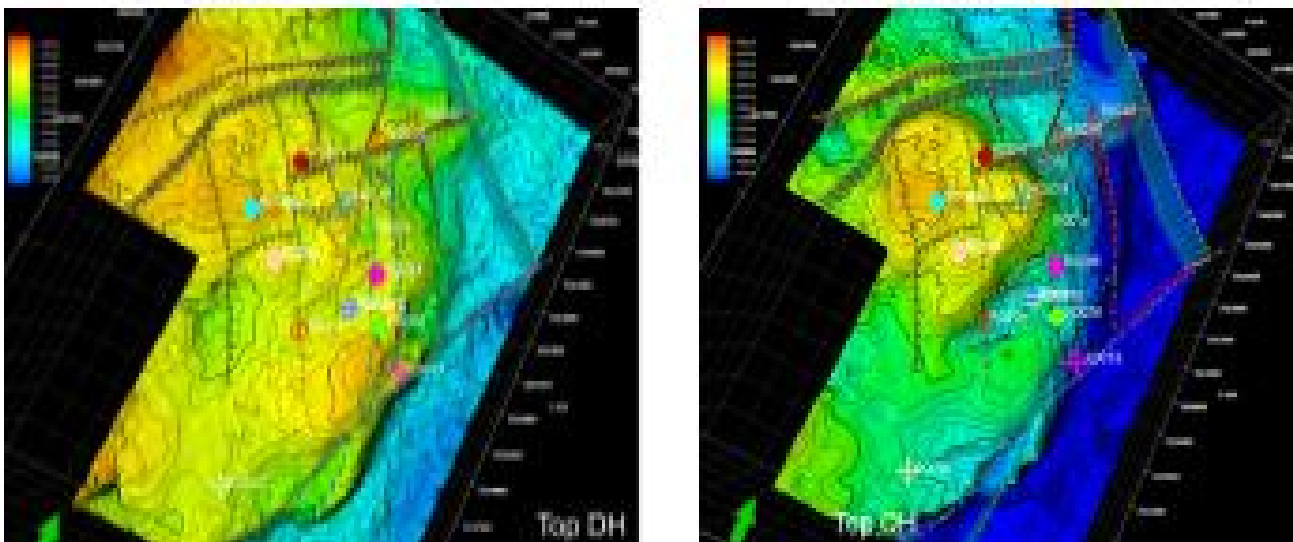


FIG. 08 Modèle structural (in put) représentant les failles de trias vers le quartzite de Hamra et les polygones de 24 failles.

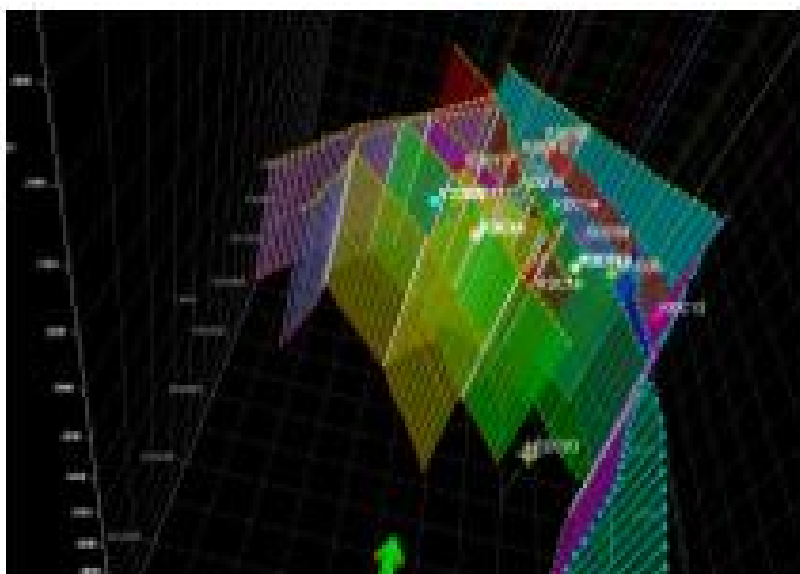


FIG. 09 Modèle des failles à partir l'interprétation du sismique qui donne le nombre total de 23 failles.

b-Piliers de maillage (Pillar gridding) :

Ce processus permet de générer le maillage en trois dimensions, c'est le squelette sur lequel le modèle reposera, et où les failles vont prendre une forme. Le maillage utilisé dans notre étude est de $100\text{m} \times 100\text{m}$ avec les directions I et J limitées par des failles. Pour plus de précision, on a créé des horizons de gridding dans le top, bothom et medium en parallèles, les failles modélisées peuvent subdiviser la zone étudiée à des compartiments différents, dont chacun est représenté par une couleur spécifique selon ses propriétés (préssion & température).

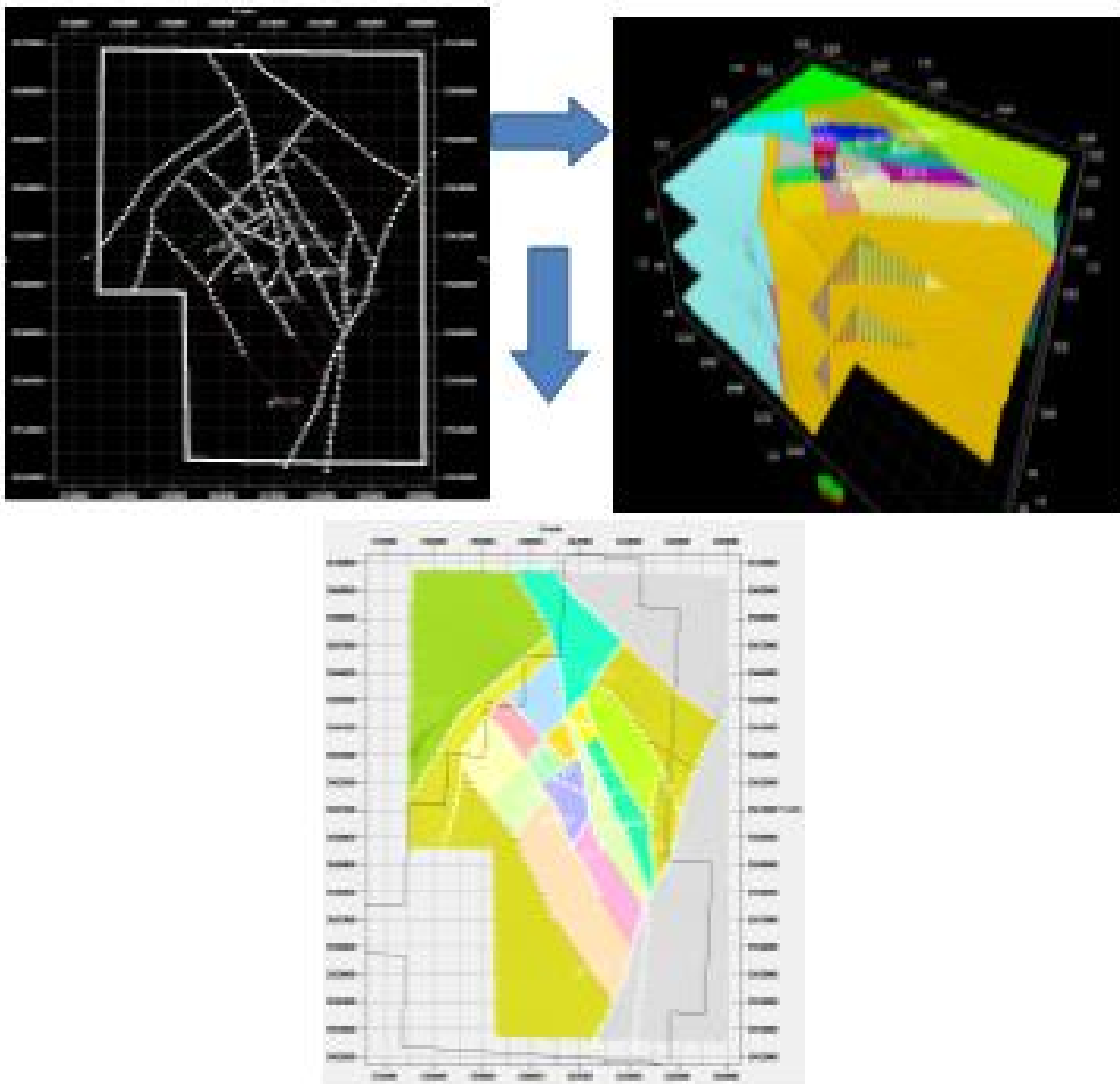


FIG.10 Différentes étapes de pillar gridding.

Après, on a fait appel à un modèle des horizons (T1, DH, QH), ces horizons sont créés à partir des données des tops des formations (well top)

a-Construction des horizons (Make Horizon) :

Cette étape permet de donner la variation d'épaisseur (Z) en 3D entre les niveaux étudiés pour donner la forme la plus proche de chaque réservoir.

Le processus de **make horizon** consiste à l'insertion des horizons choisis dans la grille 3D limitant les réservoirs pour guider la modélisation (Voir page 65)

b-Construction des Zones (Make Zone) : Le processus de make zone consiste à créer des zones entre chaque deux horizons, les zones peuvent être ajoutées au modèle en introduisant les données d'épaisseur.

c-Construction des layer (layring) :

C'est la dernière étape de la modélisation structurale, permet de faire la stratification à petite échelle nécessaire pour la modélisation des propriétés (Voir page 65 et 66).

V.1.3 Modélisation des faciès :

La modélisation des propriétés est les processus de remplissage des cellules de la grille avec des propriétés discrètes (faciès) ou continues (pétrophysique). Ces processus sont dépendants de la géométrie de la grille existante.

a-Démarche:

1-Création des électro-faciès:

Par manque des données géologiques, on a créé des électro-faciès modelés à partir des résultats diagraphiques.

- **Electro-faciès:** C'est l'ensemble des caractères diagraphiques pouvant caractériser un Banc et le différencier par rapport aux formations qui l'entourent. Ces faciès sont attribués avec des équations spéciales incluant les données chargées Précédemment.

La méthode consiste à définir et codifier les milieux de dépôt en utilisant comme support la description des carottes (Voir page 67).

2- Up-scaling les faciès:

Les données diagraphiques des électro-faciès sont « up-scaled » (mises en échelle géologique par exemple des bancs de 01 mètre) dans le modèle statique dans le but de faire la distribution de ces deniers, de sorte à correspondre une valeur de chaque cellule.

3 – Analyse des données:

Les cartes de distribution de faciès sont établies après l'analyse géostatistique des données et le choix d'une méthode d'estimation adéquate.

En géostatistique, le domaine de recherche le plus actif au cours des 10 dernières années fut sans contredit celui des simulations géostatistiques. Les simulations sont nécessaires pour tout le problème impliquant des transformations non-linéaires des variables mesurées.

La méthode d'estimation utilisée est la simulation séquentielle indicatrices pour les variables discrètes comme le faciès.

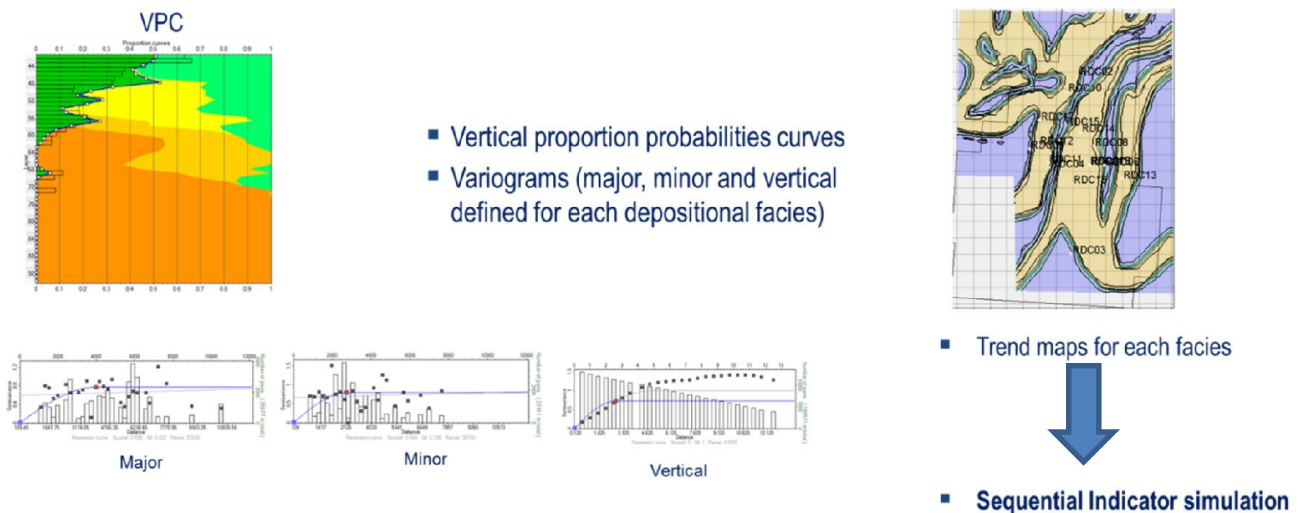


Fig.11 Variogrammes de l'Analyse des données à partir la méthode de la simulation séquentielle indicatrice.

V.1.4 Modélisation des rocks types:

Dans cette étape on utilise les résultats obtenus au niveau de l'étude de la répartition des paramètres pétrophysiques (Voir page 73-79)

On commence par :

1- up-scaling les 05 types des rocks types en utilisant la moyenne « Most of », en suite on a fait un contrôle de qualité à partir de la comparaison des valeurs de rock type des logs et upscalés pour chaque réservoir.

2- Analyse des données :

L'analyse des données comprend:

- **Proportion:** Analyser la distribution des faciès verticalement à travers le modèle.
- **Thickness :** Analyser la distribution dans l'épaisseur des corps de faciès.
- **Probabilité :** Comparer les faciès à une propriété continue et déterminer la Probabilité de corrélation.
- **Variogramme :** Générer un Variogramme distincts pour décrire la distribution des faciès.

L'analyse des données est faite pour chaque zone séparément pour ne pas mélanger les statistiques des zones différentes, la figure (fig.13) montre les graphes de l'analyse des données pour la zone de grès du RDC. La même chose est faite pour les autres zones.

VPC by Facies

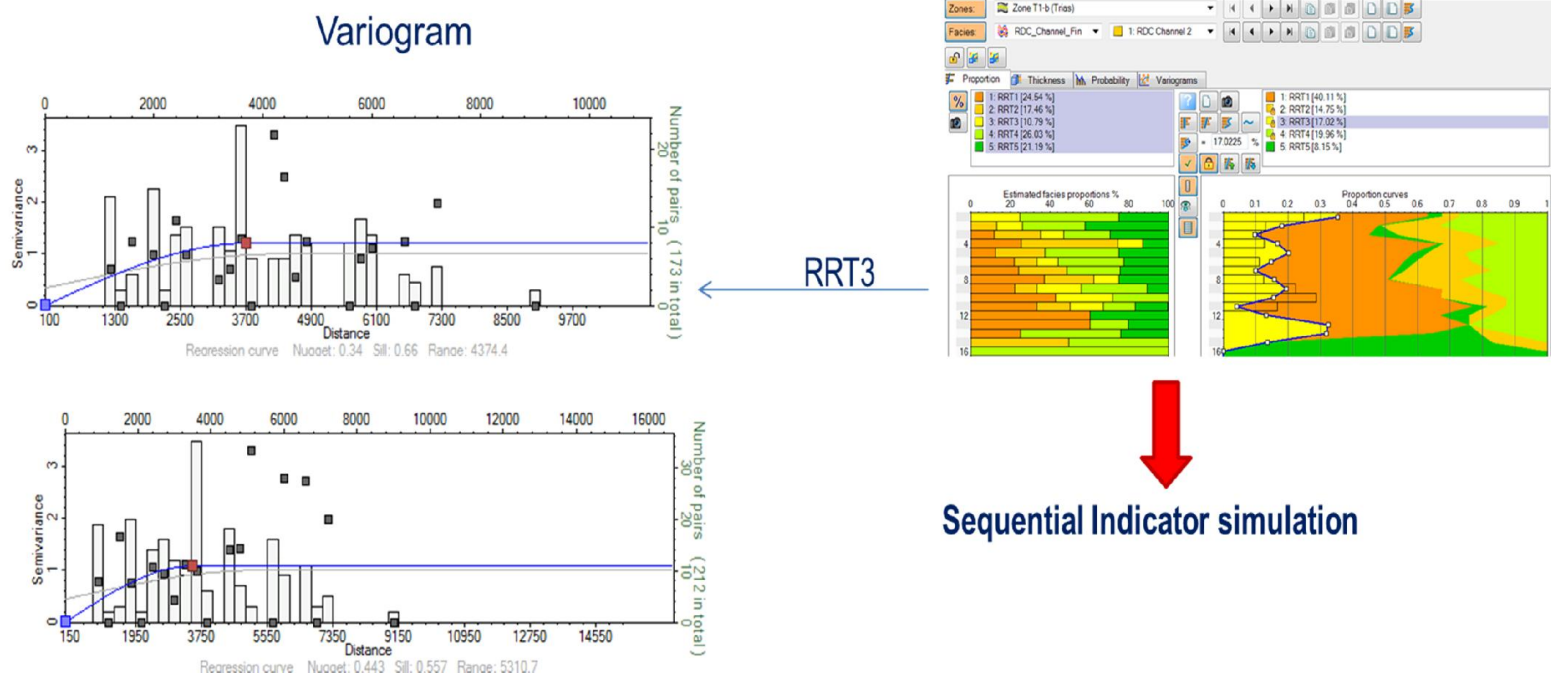


Fig.12 Variogrammes de l'Analyse des données à partir la méthode de la simulation séquentielle indicatrice .

La grille 3D est remplie en rock type en utilisant les logs up-scaled, les probabilités et les variogrammes créés dans la partie de l'analyse des données, l'algorithme utilisé est « Sequential Indicator Simulation ».

V.1.5 Modélisation pétrophysique:

L'objectif d'une étude pétrophysique est de mettre en évidence l'évolution des caractéristiques pétrophysiques (Porosité, perméabilité, saturation...), ceci est primordial pour l'évaluation de capacités des reservoirs, et avec une meilleure compréhension de phénomènes d'écoulement des fluids. En effet, on pourra parvenir à une exploitation optimale de réservoir en question. Les modèles des différentes propriétés pétrophysiques (porosité, saturation en eau et la perméabilité) ont été réalisés à partir de l'interprétation des modèles isovaleurs. Pour la

simulation, l'algorithme SGS (Séquentielle Gaussien Simulation) et le Variogramme de type sphérique ont été utilisés.

a. Démarche

1-Up-scaling des propriétés:

Le modèle structural établi précédemment va être habillé par les différentes données pétrophysiques. Ces données doivent être tout d'abord « Upscaled » puis analysées d'une façon géostatistique.

2- Analyse des données:

L'analyse géostatistique détermine le modèle d'extrapolation à utiliser pour la modélisation. Les exactitudes du modèle pétrophysique résultant dépendent de l'analyse géostatistique des données correspondantes.

On obtient à l'issue de cette modélisation, une simulation du réservoir en 3D en termes de porosité et saturation. La simulation gaussienne séquentielle est la méthode utilisée pour les variables continues comme le GR, Sw, ρ_s ,...etc.

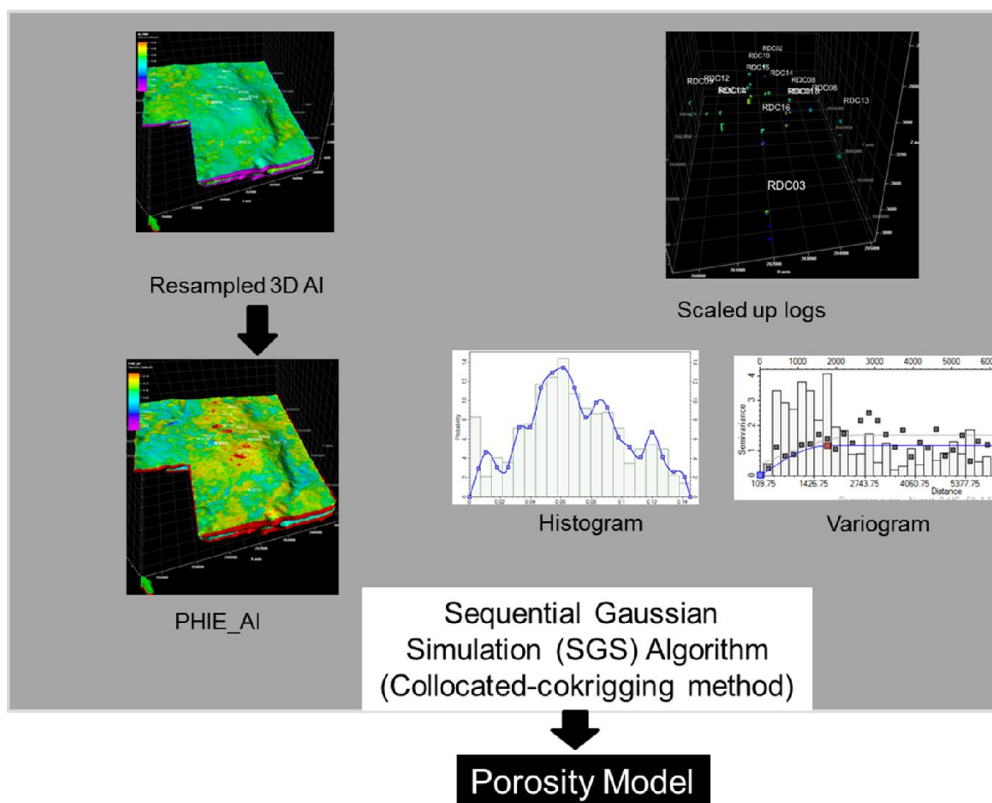


Fig.13 Etapes de la modélisation des paramètres pétrophysiques.

V.2. Algorithmes utilisés :

a-SIS : est couramment utilisé pour la modélisation des faciès géologiques, types de roches où il existe un certain nombre de tendances qui peuvent changer son issue dépendra principalement de :

- La mise à l'échelle des données enregistrées.
- Les valeurs qui définissent le variogramme.
- La fréquence de distribution des données diagraphiques.

Cet algorithme a été conçu pour les données discrètes (les données dont les valeurs sont représentées par des nombre réels). Le mécanisme est semblable à un simulateur de Gaussienne

séquentielle à quelques exceptions près. Cette méthode est utilisée pour calculer les grilles de lithologie et de faciès.

b-SGS : (Simulator Gaussienne Séquentielle), la méthode de simulation gaussienne séquentielle est un moyen d'interpolation pour les données continues qui génèrent un modèle de distribution basé sur les variogrammes et les tendances (correspondant à l'orientation) constatées pour une série de données sur une certaine période.

Cet algorithme suppose que les données respectent les propriétés suivantes :

- Distribution normale moyenne de valeurs.
- Stationnarité (la moyenne ne change pas latéralement)
- Aucune tendance.

VI. Calcul des volumes en place :

Après la modélisation des réservoirs du champ du Rhourde Chegga, on doit choisir un seul scénario de réservoir de Grès du RDC à partir d'une estimation des volumes en places des hydrocarbures par la méthode volumétrique :

Cette méthode est utilisée pour l'évaluation des réserves d'huile en place des gisements suffisamment étudiés et prospectés. L'avantage de cette méthode est la possibilité de l'utiliser pour n'importe quel régime de production et à n'importe quel stade d'exploitation. Le sens mathématique de cette méthode s'exprime par la formule suivante:

$$\text{STOOIP} = \text{HCPV Oil/Bo} + (\text{HCPV gas/ Bg}) * \text{OGR gas}$$

Ou :

- **STOOIP** : le volume d'huile en place en (m³).
- **Bulk Volume** = le volume de la Roche imprégnée (m³).
- **Net Volume** = Bulk Volume * Net/Gross (volume de la Roche sans volume des argils) (m³).
- **Pore Volume** = Bulk Volume * Net/Gross * Porosity (m³).
- **HCPV oil** = c'est le volume de pore en hydrocarbure et calculer à partir la formule suivante: Bulk Volume * Net/Gross * Porosity * So (m³).
- **HCPV gas** = Bulk Volume * Net/Gross * Porosity * Sg (m³).

VII. Logiciel utilisé :

Une grande partie ce travail est réalisé par le progiciel **Pétrel**, il est utilisé spécialement dans l'élaboration des cartes en isobathes et en isopâques d'une part, et la modélisation des réservoirs du champ, ainsi que l'estimation des volumes en place d'une autre part.

VII.1 Présentation de *Pétrel* :

Depuis quelques années, les stations de travail intégrées sont apparues dans l'industrie pétrolière, grâce au développement réel de l'informatique. En effet, ces machines permettent entre autre de réaliser un certain nombre des taches dans les différents domaines de l'exploration pétrolière, en particulier l'interprétation des données d'une étude sismique 3D ou 2D. De nombreuses taches des ingénieurs géologues, géophysiciens et réservoir ont été ainsi simplifiées et rendues automatiques. A cet effet, la compagnie de service pétrolier SCHLUMBERGER a développé un progiciel de grand performance **Pétrel** basé sur Windows pour la visualisation 3D, cartographies 2D et 3D, la modélisation et la simulation du réservoir 3D.

VII.2 Description du logiciel:

Le développement du progiciel **Pétrel** est commencé en 1996, afin de faciliter les taches aux géophysiciens spécialisés qui aide à proposer des solutions pour les problèmes confrontés quotidiennement. Le résultat était un outil intégré de déroulement des opérations qui permet à des compagnies de penser en toute créativité au sujet de leur réservoirs, et permettant aux ingénieurs spécialisés géophysiciens, géologues et les réservoirs engineering de travailler

ensemble avec les outils disponibles. Le logiciel Petrel est maintenant une application complète de simulation. L'interface utilisateurs est basée sur des normes de Microsoft Windows, des dialogues et des systèmes d'aide. Ceci permet une familiarisation à la majorité des utilisateurs en assurant l'utilisation efficace de l'application.

VII.3 Avantages principaux:

- Tous les outils sont intégrés dans une application, en éliminant tout problème d'exportation et d'importation des données et encourageant la collaboration d'un modèle.
- Les possibilités de fortes visualisations des données et le contrôle instantané de qualité de toutes les données en 3D.
- Des modèles peuvent être mis à jour immédiatement avec l'introduction de nouvelles données, cela facilite la prise des décisions d'une manière rapide et plus fiable.

TROISIEME CHAPITRE

Résultats & Discussion

I. Étude Sédimentologique :

Après l'analyse des données sédimentologiques du champ du Rhourde Chegga on a ressorti les résultats suivants :

I.1. Géologie des Grès du RDC :

C'est une formation essentiellement gréseuse découverte au cours du premier forage RDC-1 en 1984, actuellement il constitue le réservoir principal du champ. Cette formation est présente sur tous les puits du RDC sauf RDC-3, situé dans la partie Sud du champ (fig.14). Son épaisseur varie d'un puits à l'autre (2 à 20m), elle importante au niveau du puits RDC1-bis (21m) est très réduite au niveau du puits RDC-6(45cm) (fig.15).

C'est un Grès, gris à gris vert, moyen à ciment silico-argileux, grains sub arrondi, moyennement dur, parfois friable ou compacte. Il présente des nodules de silice importante, des stratifications en auge, des laminations planes et quelques stratifications entre croisées Il présente des passées de silts verdâtres à grisâtres ; c'est un facies non bioturbé.

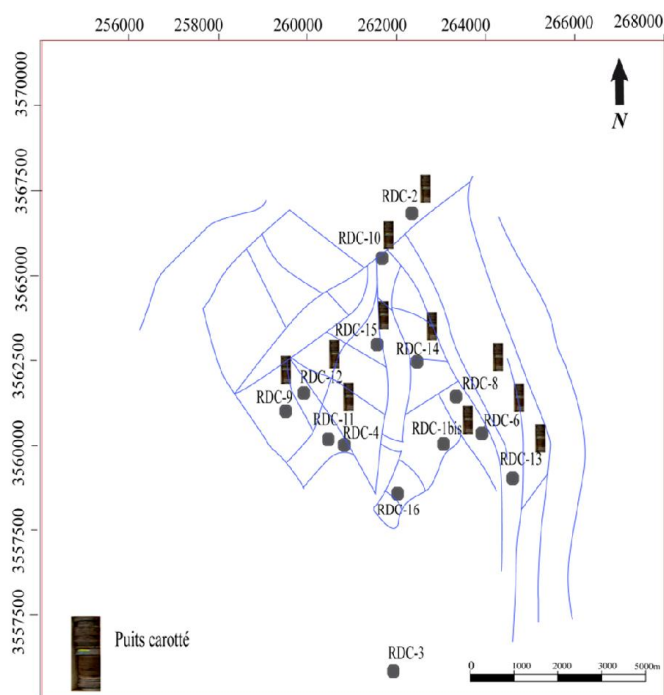
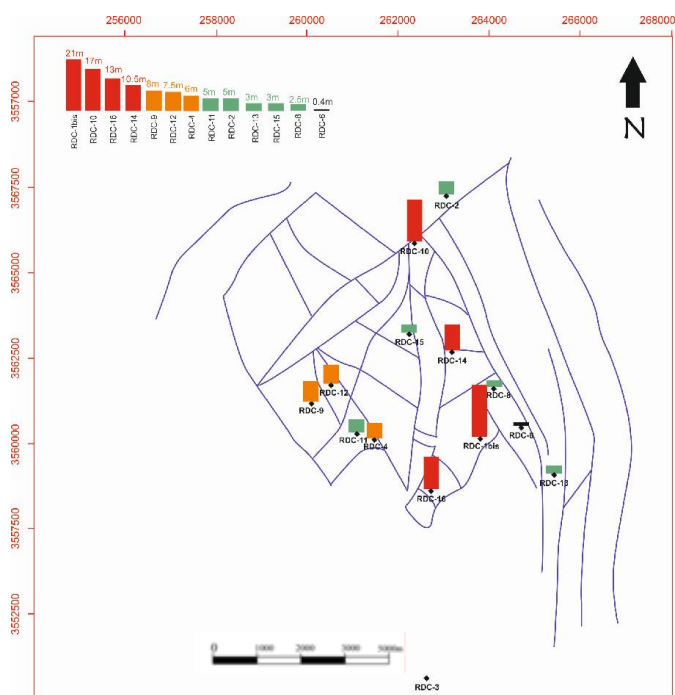


FIG.14 Carte des puits carottés au niveau des Grès du RDC.

FIG. 15 Carte de répartition des épaisseurs des Grès du RDC sur les puits du champ du RDC

I.2. Description des carottes :

Les descriptions des carottes présentées ci-dessous sont prises des fiches carottes réalisée au niveau de service de surveillance géologique (direction de production SONATRACH), des amendements ont été ajoutés à la donnée source pour enrichir cette description préliminaire et d'avoir de détail.

Elle a été réalisée sur les carottes des puits qu'on a mentionné dans la partie précédente, où Les intervalles des carottes décrites se résument dans le tableau suivant:

Tableau.1. Intervalles des carottes décrites

Puits	N° Carotte	Intervalles décrit(m)
RDC-1bis	13, 14 et 15	3774 - 3753
RDC-9	5	3757 - 3744
RDC-10	3	3793 - 3783
RDC-11	3	3759 - 3752
RDC-12	4et 5	3756 - 3743
RDC-14	1 et 2	3771- 3759
RDC-15	4 et 5	3748 - 3739

Puits RDC-1 bis:

Ce Puits situé dans la partie centrale du champ, il présente une épaisseur importante des grès du RDC 21m, situé à une profondeur de 3753m (côte sondeur), cette formation repose directement sur les Argiles microconglomératique de l'Ordovicien.

Grès gris à gris verts, blanc à beige au sommet, fin à moyen à ciment silico-argileux avec des grains subarrondis. C'est un niveau généralement friable, compacte par endroits. Cette formation devient très fin au sommet avec des passées importantes de silts centimétriques, gris à gris verts, (Fig.14, Fig.15et Fig.16).

Il existe une stratification légèrement visible, des laminations planes aux bases et au sommet, des rares stratifications en auges. On note la présence de plages de silice ou nodules importantes, ces nodules sont parfois oxydés. La fissuration est rare. Les fissures présentes sont sub horizontales remplies d'argiles vertes et de rares microstylolithes.

Puits RDC-9 :

Situé dans la partie Ouest du champ, l'épaisseur des Grès du RDC déterminée en premier lieu par diagraphies est 8m (Fig.14 et Fig.15). Cependant, la description des carottes apparait un grès- quartzite très semblables au Quartzite de Hamra, repose directement sur cette dernière, rend difficile de distinguer entre ces deux formations. C'est un grès- quartzite, fin rarement moyen, à ciment siliceux, très compacte. Il présente des rares stratifications (planes, en auges), les passées d'argiles sont rares. On note la présence des nodules oxydés ou remplies de bitumes. La fissuration est plus au moins importante. Ce sont généralement des fissures subhorizontales fermées et remplies d'argile ou de bitumes (Fig.16).

Puits RDC-10 :

Il est situé dans la partie Nord du champ, il présente 17m des Grès du RDC, situés à une profondeur de 3783.5m. C'est un grès gris à gris blanc, fin à moyen, à ciment silico- argileux. C'est un niveau généralement compact, friable par endroits, localement oxydé. Il présente des plages de silice importantes. La stratification est généralement plane. La fissuration est rare. Cette formation repose directement sur les Argiles microconglomératique de l'Ordovicien (Fig.16, Fig.19).



RDC1-bis : 3761m à 3767m
Grès du RDC



RDC-9 : 3744m à 3750m
Grès du RDC



RDC-10 : 3790m à 3784m
Grès du RDC

FIG.16 Photos des carottes de grès du RDC des puits RDC-1bis, RDC-9 et RDC-10 (les photos des puits RDC-1bis et RDC-10 de SONATRACH DP. 2015).

Puits RDC-11 :

Il est situé dans la partie Ouest du champ, il présente une épaisseur de 5m des grès du RDC (Fig.14 et Fig.15), situés à une profondeur de 3752.5 m .C'est un Grès, gris à gris vert, fin à moyen, très friable. La stratification est non visible, on note la présence importante des films d'argile. Ce faciès repose sur les Quartzites de Hamra, il est complètement différent des grès du RDC des autres puits (Fig.17 et Fig.20).

Puits RDC-12 :

Puits situé dans la partie Ouest du champ, il présente une épaisseur de 7.5 m des grès du RDC (Fig.14 et Fig.15), situés à 3743.9 m. C'est un grès gris, fin à moyen, à ciment silico-argileux. Niveau très compacte dans sa partie basale (quartzite) et moyennement dur au sommet. La stratification est légèrement visible au sommet, elle est de type en auges. Les films d'argile et nodules de silice sont rares. La fissuration est importante (Fig.17)

Puits RDC-14 :

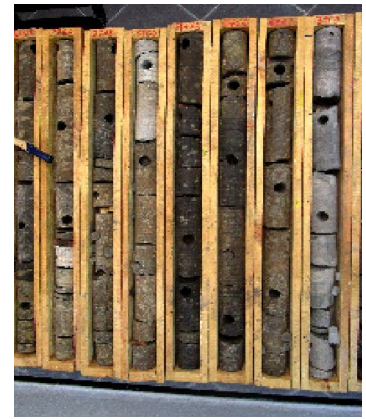
Il est situé dans la partie centrale du champ, il présente une épaisseur d'environ 10.5m des grès du RDC (Fig.14 et Fig.15), situés à une profondeur de 3760m. C'est un grès gris à gris blanc, fin à moyen, à ciment silico-argileux, il est généralement moyennement dur, friable au sommet, très compacte à sa base (Quartzite) avec une importante lamination plane. Les stratifications en auge sont rares (Fig.18, Fig.20). On remarque la présence des nodules de silice mélimétriques à centimétriques, très importantes. La fissuration est très rares. Ce faciès repose directement sur les Grés d'Ouargla.



RDC-11 :3752.52 m à 3757.6m
Grès du RDC



RDC-12 : 3752m à 3749m
Grès du RDC



RDC14 :3767m à 3760m
Grès du RDC

FIG.17 Photos des carottes de Grès du RDC des puits RDC-11, RDC-12 et RDC-14 (les photos des puits RDC-14 de SONATRACH DP 2015)

Puits RDC-15 :

Puits situé dans la partie Nord du champ, il présente une très faible épaisseur des grès du RDC(03m) (Fig.14 et Fig.15), situés à une profondeur de 3739,5m . C'est un grès gris fin à très fin, présentant des passées de silt très importantes avec la présence des laminations planes, des rides des courants et des structures en flasers bedding. La fissuration est très importantes elle est subverticale ou suhorizontale. Les fissures sont fermées, remplies d'argiles, de silice ou de bitumes(Fig.18, Fig.19). Ces grès reposent directement sur les grès d'Ouargla.



R D C -1 5 :3 7 4 3 m à 3 7 3 9 . 5 m
Grès du RDC

FIG.18 Photos des carottes de grès du RDC au niveau du puits RDC-15 (SONATRACH DP 2015).

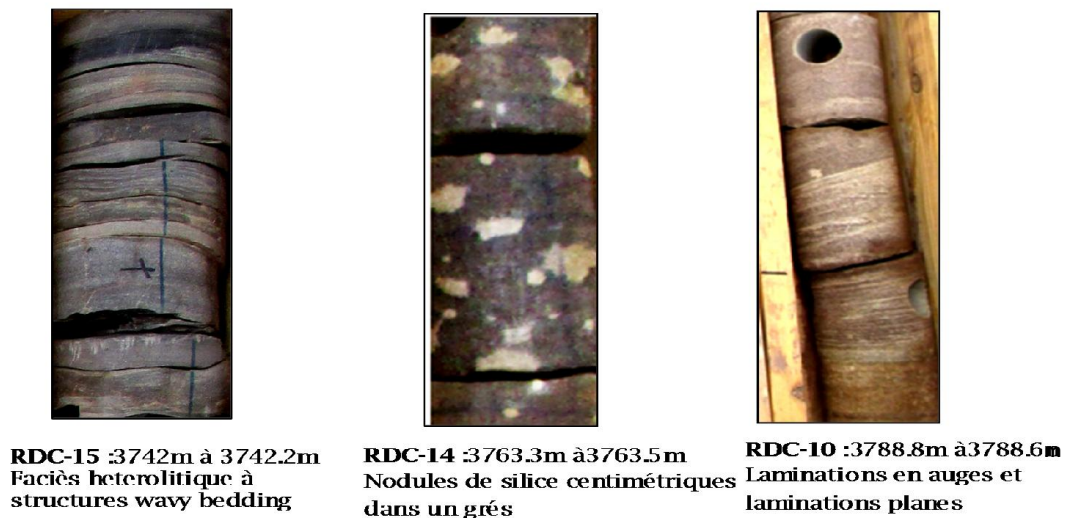


FIG.19 Photos des carottes de Grès du RDC représentent la différence entre les grès du RDC entre les puits RDC-15, RDC-14 et RDC-10.



FIG.20 Photos des carottes de Grès du RDC représentent les puits RDC-11, RDC-1bis et RDC-10.

I.3 Corrélation entre les puits :

Une corrélation est faite entre les puits RDC-1bis, RDC-14 et RDC-10 montre une variation d'épaisseur du grès du RDC avec une diminution en allant vers le NW vers le RDC-10, autrement dit en se rapprochant au levé de chenal. Il présente son épaisseur maximale au niveau du puits RDC-1bis (21m) (Fig.21).

D'une manière générale, Le grès du RDC a les mêmes caractéristiques dans ces trois puits : une granulométrie moyenne, la morphoscopie des grains est sub-arrondis, le même type de ciment (silico-argileux), il a généralement les mêmes structures sédimentaires (laminations plane et stratification en auge), la sédimentation fine (silts) est importante au sommet du RDC-1bis, cependant, elle est réduite au niveau du RDC-14 et totalement absente au niveau du RDC-10.

La diagenèse est plus évoluée au niveau RDC-10 et RDC-14 par rapport à l'autre puits. Ces caractéristiques semblables apparaissent comme des arguments de la continuité d'un chenal selon l'axe précédent.

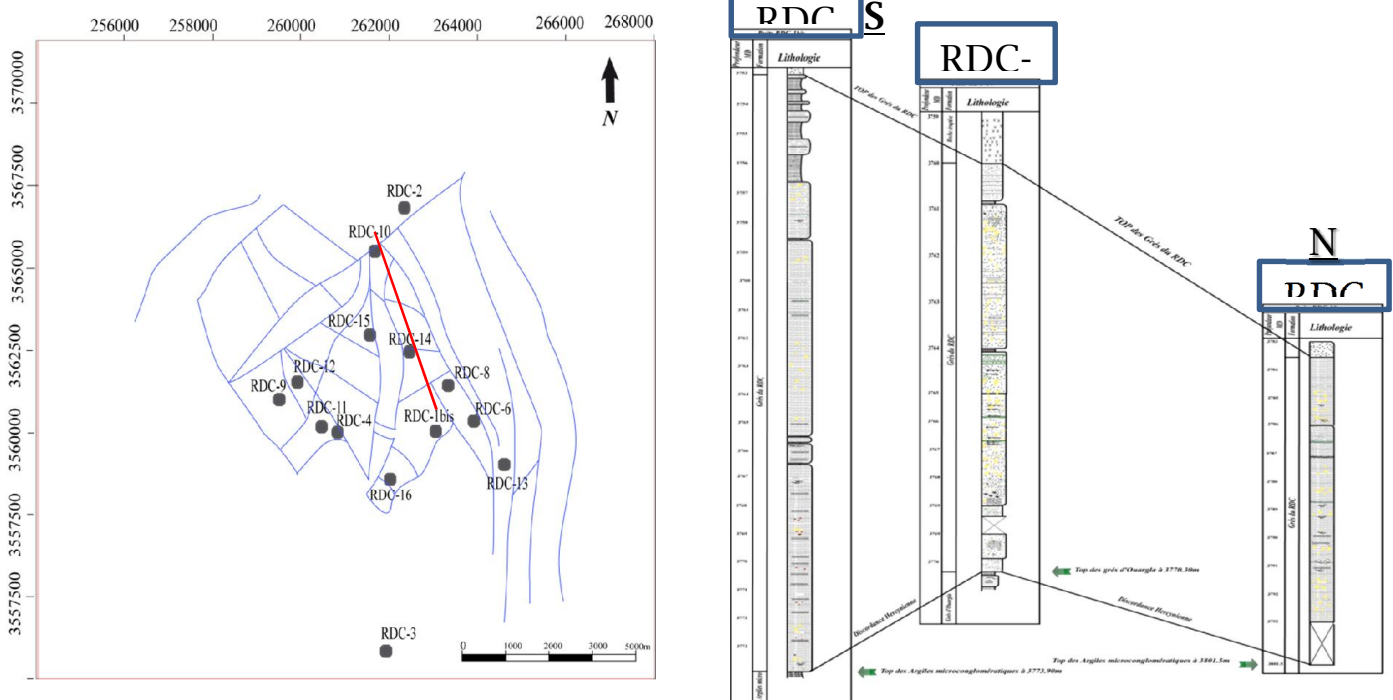


FIG.21 Corrélation entre les puits RDC-1bis, RDC-14 et RDC-10.

I.4. Etude pétrographique diagenétique :

Sept puits ont été l'objet d'une étude pétrographique, à la base d'une description d'un ensemble de lames minces réalisées représentant les intervalles carottés, cette description est développée faite à l'aide d'une description préliminaire réalisée au sein de SONATRACH PED.

Tableau.2. Côtes des échantillons de lame mince des Grès du RDC.

Puits	côte de l'échantillonnage(m)
RDC-1bis	3756,6
	3763,5
	3770,65
RDC-2	3798,1
RDC-6	3757,9
RDC-8	3771
RDC-9	3747,8
RDC-10	3786,5
	3789,5
RDC-12	3745,8
	3750,5

Puits RDC-1bis :

Les échantillons analysés des grès du RDC du puits RDC-1 bis montrent un grès moyen, les grains sont subarrondis à arrondis avec un classement généralement moyen à bon (Fig.22), composé essentiellement de quartz présentant un contact généralement droit avec un effet négligeable de pression dissolution ou concavo-convexe. On note la présence de minéraux

argileux (kaolinite) et de trace de bitume. Les grains de quartz sont cimentés par de silice, et localement argileux, anhydritique, parfois carbonaté (Fig.24).

La porosité est généralement présente, environ 7% ,elle est soit primaire ou secondaire résultante de la dissolution partielle du ciment carbonaté.

Puits RDC-2:

Ce sont des grès moyens,les grains ont une morphoscopie subarrondie à subanguleuse, le contact entre eux est tangentiels, le classement est moyen à bon, avec un ciment silico-dolomitique, localement anhydriytique.On trouve aussi à ce niveau des galets d'argiles, et des fissures subhorizontales colmatées d'argile, de dolomie ou de silice.

Puits RDC-6 :

Il s'agit des grès moyen,à des grains arrondis à subarrondis avec un contact tangentiel, localement concavo- convexe présentant un faible effet de pression de dissolution. Les grains présentent un classement moyen à bon (Fig. 22).

Les grains de quartz sont généralement cimenté par la dolomie. Le nourrissage des grains est très faible.Les minéraux argileux sont rares, Ce niveau a une porosité faible (1%).

Puits RDC-8 :

On a des grès moyens, à des grains arrondis à subarrondis avec un contact tangentiel, dominant,localement concavo- convexe. Les gfrains présentent un classement moyen à bon(Fig.23).

Les grains de quartz sont généralement cimenté par de la silice, localement le ciment est dolomitique ou anhydritique.

Les minéraux argileux sont rares ainsi que le feldspath, on note la présence de rare minéraux lourds(Zircon).

La porosité est d'environ 5%, elle est de type dissolution.

Puits RDC-9 :

Grès très fin à fin parfois grossiers. La morphoscopie des grains est sub arrondie à sub anguleuse(Fig.23). Les grains présentent un bon classement. On note la présence de traces de feldspaths et de minéraux lourds (Zircon).

Les grains de quartz sont liés entre eux par un ciment silico-argileux

La porosité qui existe est du type de dissolution, elle est très faible.

Un phénomène diagénitique est présent c'est la transformation des micas en illite

Puits RDC-10 :

Grès fin à moyen avec de gros grains atteignant parfois la taille de 0.88 mm, ayant un classement moyen et un morphoscopie sub-arrondis à sub anguleuse. Le contact entre les grains de la fraction détritique est souvent droit à concavo -convexe.

Le ciment est parfois argileux ou anhydritique (Fig.23).

La porosité est faible, elle ne dépasse pas les 3% elle est surtout du type dissolution.

Puits RDC-12 :

Il s'agit d'un grès fin ayant en général un bon classement et une morphoscopie des grains sub arrondie à sub anguleuse. Le contact entre les grains est droit à concavo- convexe.

Le ciment est généralement silico-argileux. La porosité est faible à moyenne (7%), elle est du type secondaire de dissolution. Présence de trace de matière organique.

Remarque : Les échantillons pris sur le RDC-11 se situent au niveau des Quartzites de Hamra (Fig.23).

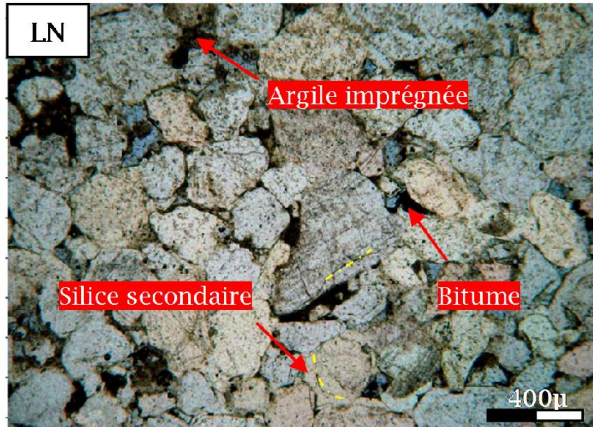


Photo: RDC-1 bis, 3756.6 m

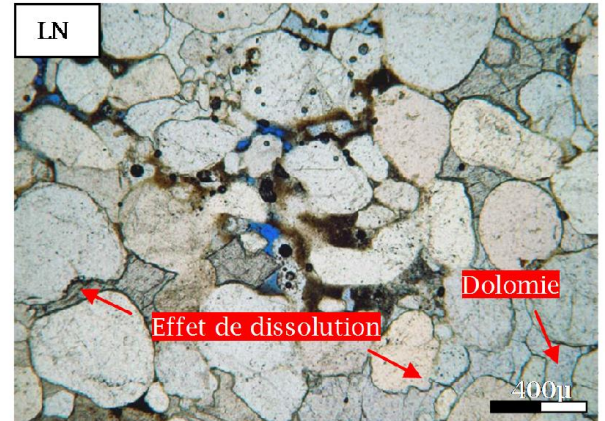


Photo : RDC-6, 3757.9 m

Fig.22 Photos de lame minces des Grés du RDC des puits RDC-1bis et RDC-6.

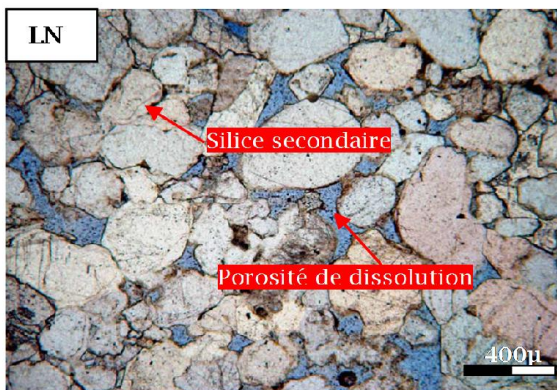


Photo: RDC-8. 3771 m

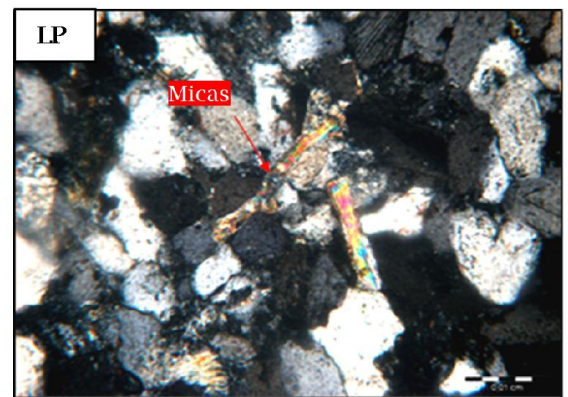


Photo: RDC-9, 3747.8 m



Photo : RDC-10, 3786.5 m

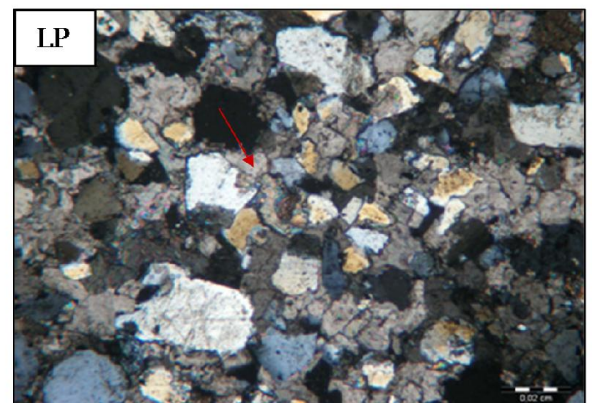


Photo : RDC-11, 3757.8 m

Fig.23 Photos de lame minces des Grés du RDC des puits RDC-8, RDC-9, RDC-10 et RDC-11(SONATRACH PED 2016).

De manière générale, les grès du RDC sont classés comme quartz arénite selon la classification de Folk 1974.

Il est essentiellement constitué en moyenne de 60 à 70% de quartz, parfois il atteint 80%. Les grains présentent une morphologie subarrondis à subanguleuse parfois arrondie. Ils sont de taille moyenne qui varie entre 300 µm à 500 µm avec un classement moyen.

Le contact entre les grains est tangentiel ou droit à concavo-convexe avec un effet négligeable de pression-dissolution.

On note la présence de faible pourcentage de feldspath (Tr-2%). Les fragments de roche, les minéraux lourds et les micas sont rares.

Les composants authigènes de cette formation sont la silice secondaire avec un pourcentage qui varie entre 5-25%, l'argile avec un pourcentage entre 2-12%, formé de trace de kaolinite et le reste c'est des « platy Clay ». On note la présence de dolomie, de sulfate, d'anhydrite et de minéraux opaques, en faible pourcentage. On note Présence de traces de bitume.

1.5. Phénomène diagénétique :

Le phénomène présent dans les grès du RDC, il est illustré par la mise en place des ciments authigènes (Fig.24), le nourrissage des grains de quartz (Fig.24) et la cimentation de ces derniers par la silice secondaire, la corrosion des grains de quartz par différent ciment, la substitution de la dolomie par l'anhydrite et la transformation des micas en illites. Le phénomène diagénétique est très prononcé au niveau RDC- 12 et 9, cette diagenèse varie d'un puits à un autre et au sein du même puits, elle varie d'un niveau à un autre.

La séquence diagénétique du grès RDC n'est pas encore établie, mais il est clair que nous avons deux stade :

-Un stade précoce : les grains de quartz sont liés entre eux par un ciment argileux détritique original. Par la suite, se développe le ciment siliceux de nourrissage primaire qui va colmater les pores initiaux.

-Un stade tardif : ce stade est caractérisé par le phénomène de compaction. Sous l'effet de l'enfouissement, l'augmentation de la température et la circulation des fluides riches en silice sous forme une silice secondaire ou silice intergranulaire. L'illitisation des micas se produit sous l'influence des eaux salées. La mise en place de l'anhydrite, ce fait à partir de solutions concentrées par évaporations.

Finalement la mise en place du ciment bitumineux est le résultat de la formation et la circulation des hydrocarbures qui s'est produite tardivement dans des conditions confinées et réductrices. L'oxyde de fer observé sur carottes est précipité dans les phases d'émersion tardives.

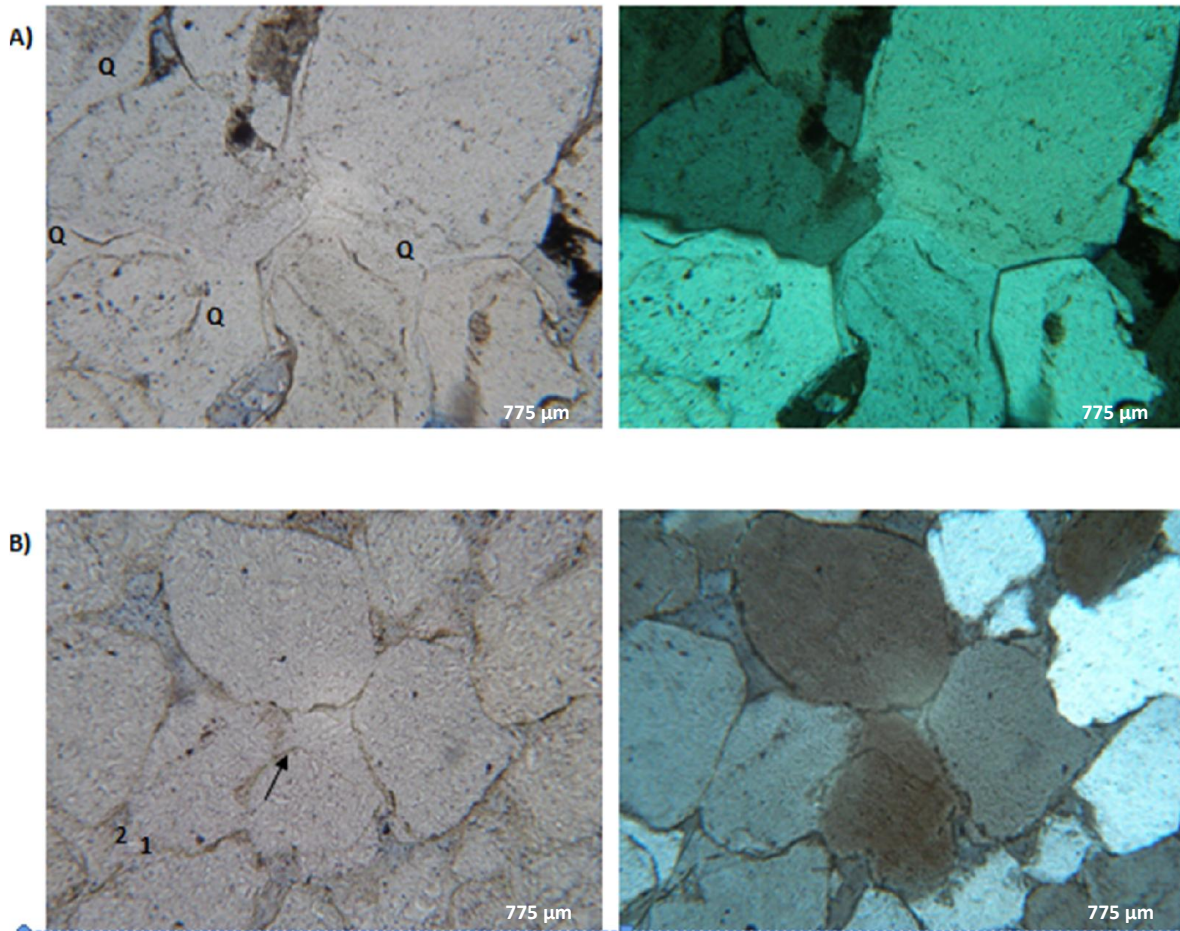


FIG.24 Photos micrographiques illustrant des exemples de ciments de quartz et leurs relations paragénétiques (SONATRACH PED 2016).

Les photos **A** et **B** de lame mince de grès de RDC de puits RDC-1bis présentent le ciment dans des différentes cotes 3756.6 et 3770.65 m dans la photo A on remarque des plages importantes de silice de nourrissage (Q) et localement survenant la silice secondaire qui remplis les pores pendant, la photo B présente les grains des argiles entourés par le revêtement siliceux (flèche) et deux phases de ciment.

I.6 Paléogéographie et paléoenvironnement :

La reconstitution de l'environnement de dépôts des grès du RDC est difficile à cause des séquences réduites de ce dépôt et aussi à cause de l'effet diagénétique omniprésent dans le champ. Apriori, il est d'abord important de reconstituer l'érosion Hercynienne dans le champ a fin de voir l'existence ou pas d'une paléovalée pour pouvoir expliquer la variation des dépôts du grès du RDC.

On utilise les résultats de description des carottes et les analyses pétrographiques et diagénétiques, qui montrent des grès d'une granulométrie moyenne, d'une morphoscopie généralement subarrondie, à structures sédimentaires en auge et à lamination planes, alterné parfois par des passages silteux verdâtres, observé au niveau du RDC1-bis , RDC-14 et RDC-12 on peut conclure que les sédiments gréseux du RDC sont **des dépôts fluviaux**, mais au niveau du **RDC-15**, c'est dépôts montrent des structures **de type tidal** (Fig.41), alors vers le Nord nous avons **un milieu fluvial à influence marine** et probablement le RDC-10 est un

dépôts marin peu profond (Fig.41), ce qui sera infirmé ou affirmé après l'interprétation des résultats pétrographiques et diagénétiques, effectués récemment sur les carottes des puits du RDC. Au cours de la phase hercynienne, la partie Ouest est très soulevée par rapport à la partie Est du champ, alors l'érosion est intense dans l'Ouest et elle diminue progressivement vers l'Est (Fig.25). Au cours du Trias, après cette péniplaination hercynienne, un chenal principal, de direction SW-NE à SSE- NNW, c'est développé sur les argiles microconglomératique et les grès d'Ouargla, ayant comme axe le puits RDC-1Bis et RDC-10, passant par le RDC-16 et RDC-14, Est à l'origine des dépôts du Grès du RDC. Il existe d'autres chenaux secondaires, moins importants passant par RDC-2, RDC-6, RDC-8, RDC-13 et RDC-15. Il existe un autre chenal moins important que RDC-1bis, développé sur les Quartzites de Hamra, vers la partie Ouest du champ au niveau de RDC-12.

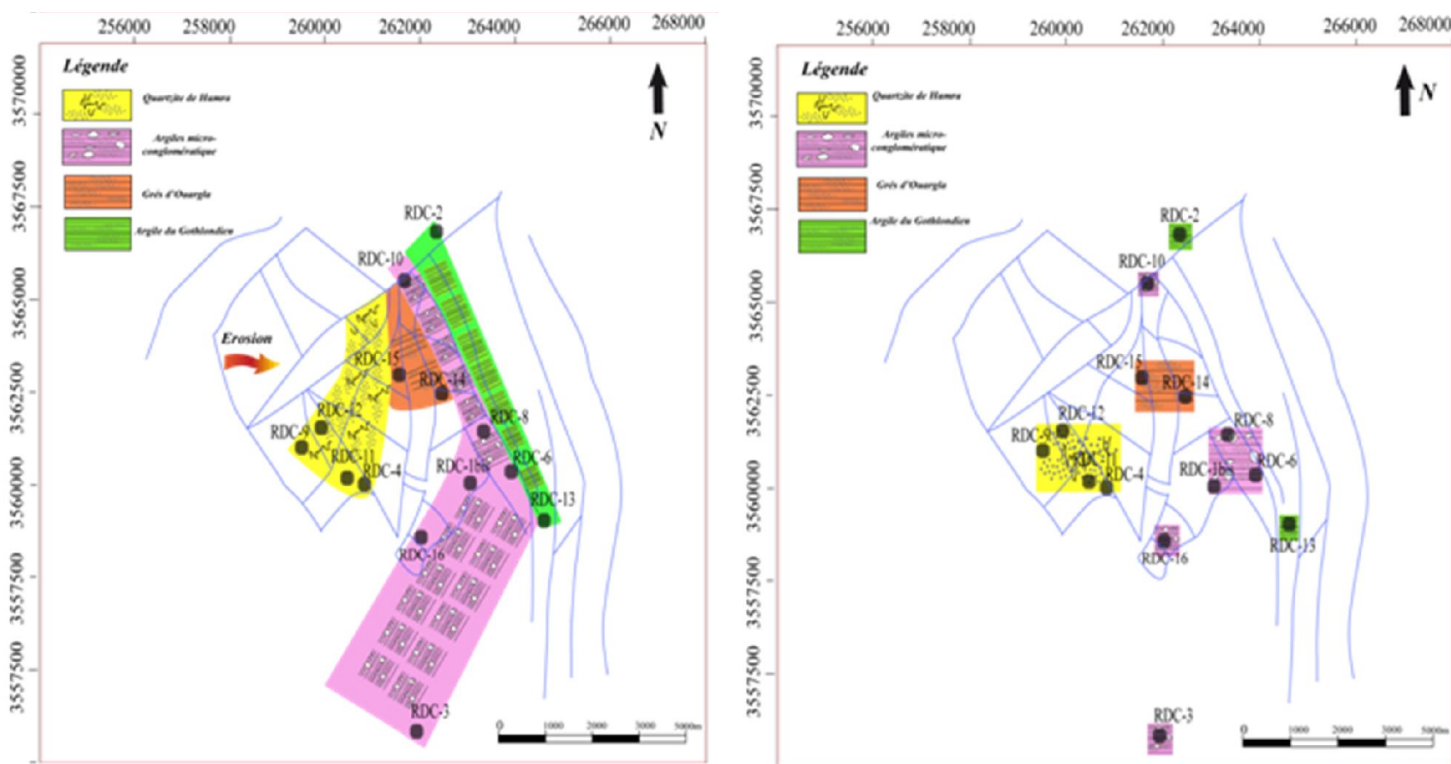


FIG.25 Carte schématique de litho- faciès du champ RDC, au Trias, après l'érosion hercynienne établie par extrapolation de la carte d'en la droite.

I.7. Répartition et la direction des chenaux triasiques :

Après l'interprétation et la combinaison des attributs sismiques ainsi que les cartes d'impédance acoustiques et les résultats de l'inversion sismique :

I.7.1. Attributs sismiques :

a. Attribut sismique Variance : Cette carte présente un horizon slice à la discordance Hercynienne utilisée pour identifier les discontinuités structurales et stratigraphiques dans le champ de Rhourde Chegga où la formation de Grès de RDC est limitée entre le volcanisme et la discordance hercynienne, la couleur gris indique une continuité aux niveaux des puits RDC-2 et RDC-10 dans le nord et RDC-3 dans le sud cependant, la couleur rouge présente la discordance hercynienne surtout dans la partie Ouest où se situés les puits RDC-14, RDC-4.

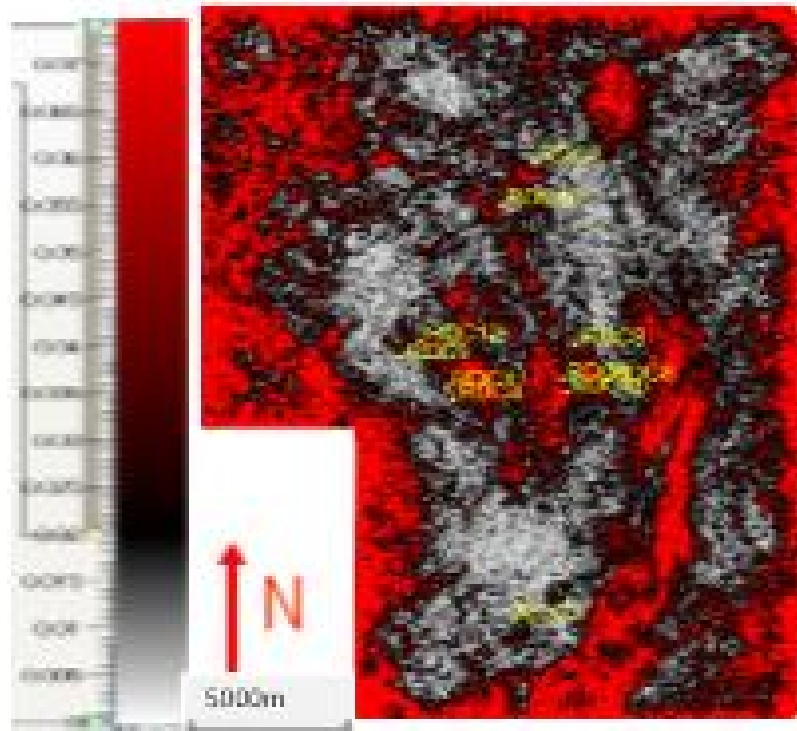


FIG.26 Carte d'attribut sismique variance au niveau de champ de RDC.

b-Attribut sismique RMS Amplitude: Horizon slice à la discordance Hercynienne, l'amplitude identifie des anomalies tels que les anomalies sismiques stratigraphiques (les chenaux), le changement de couleur indique le changement de faciès, la couleur violet indique la présence d'une formation chenalitique au centre du champ.

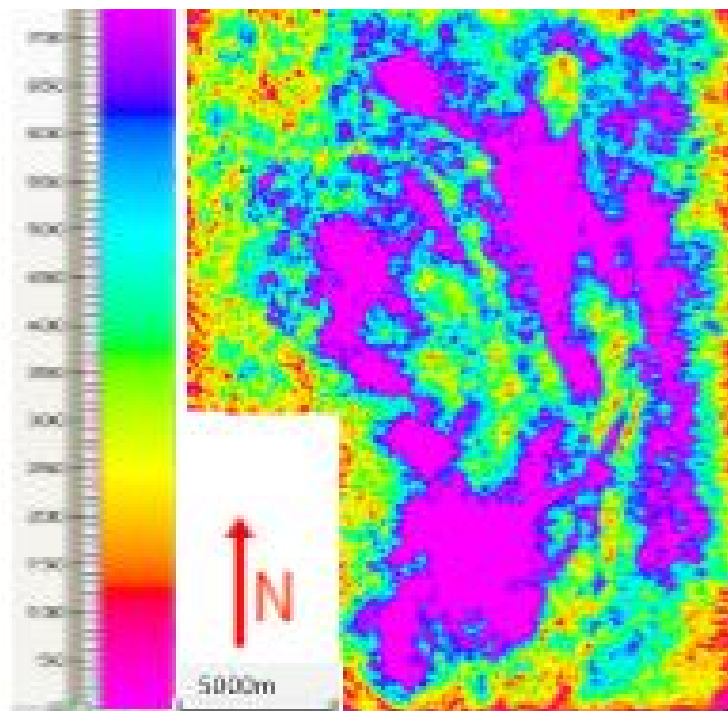


FIG.27 Carte d'attribut sismique RMS amplitude au niveau de champ de RDC.

c. Attribut sismique Sweetness : Horizon slice à la discordance Hercynienne

Sweetness: C'est une combinaison d'attributs calculée en fonction de l'amplitude et de fréquence instantanée, et qui a la particularité de distinguer les parties gréseuses des parties argileuses. L'application de cet attribut sur le champ a fourni une meilleure définition des chenaux recherchés, la structure violette de forme de chenal apparait au centre de la zone d'étude, incluant le puits RDC-1bis (ayant rencontré le chenal de grès de RDC.) et au Nord dans le puits RDC-10 et les puits RDC-9 et RDC-12 dans la partie Ouest et au Sud au niveau de puits RDC-3. Une structure rouge correspond à des traces types d'allure assez proche de cette affectés à RDC-1bis.

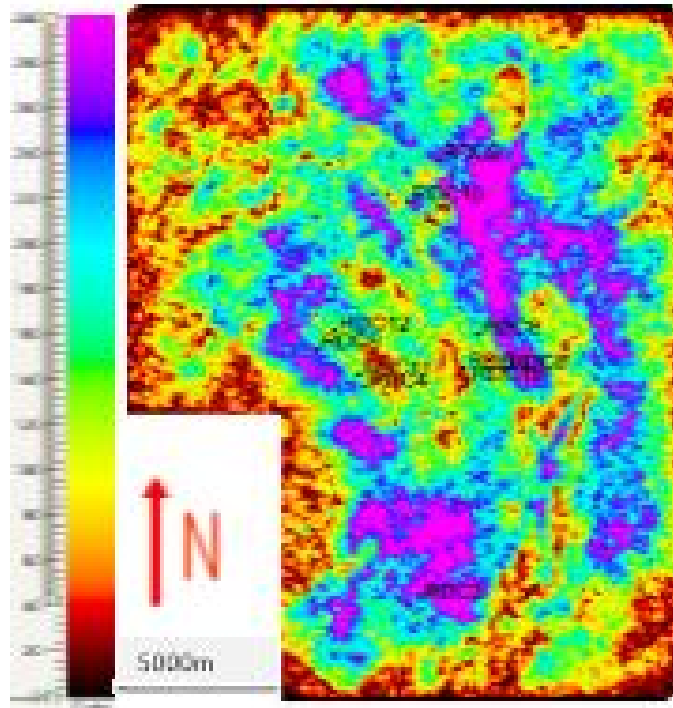


Fig.28 Carte d'attribut sismique Sweetness au niveau de champ de RDC.

I.7.2. Combinaison des attributs sismiques :

Une combinaison de plusieurs attributs peut s'avérer utile pour une interprétation stratigraphique; cette idée de superposition d'images d'attributs peut nettement améliorer leurs interprétations notamment en présence de géologie complexe.

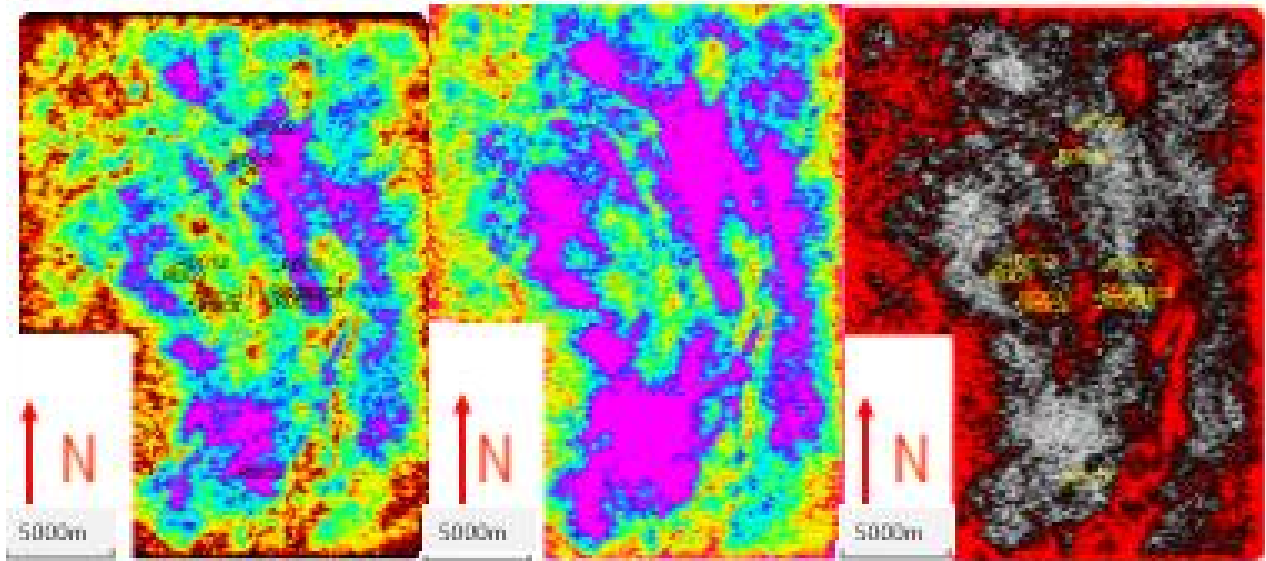


FIG.29 Combinaison des Cartes d'attribut sismique.

1.7.3. Analyse stratigraphique :

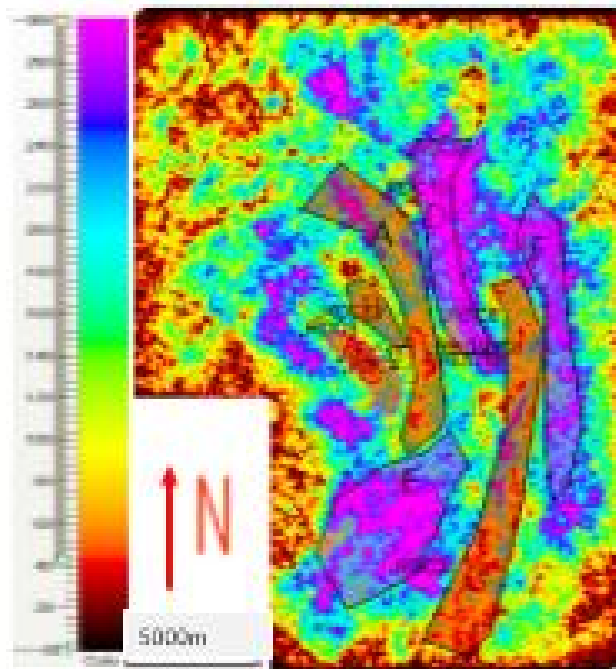


FIG.30 Résultats de combinaison des attributs sismiques.

la combinaison des attributs sismiques on a distingué septes allures chenalitiques, La principale (Zone A) est de direction NNW-SSE passant par le puits RDC1bis. Les grès du Rhourde Chegga ont été prouvé par des forages dans les zones A et C.

La présence des roches volcaniques sont très probable dans les zones D, E et F. Des nouvelles zones B et G se distinguent et semblent avoir le même caractère sismique que dans la zone A.

I.7.4. Impédance acoustique et analyse des données d'imagerie :

L'interprétation de carte d'impédance acoustique à permis la determination de la de directions des paléocourants dans les grès du RDC, elle est SSE–NNW. C'est la même direction interprété sur les données d'imagerie OBMI(Oil Base Mud Image)du puits RDC-10 réalisées sur l'intervalle 3572m- à 3924m.

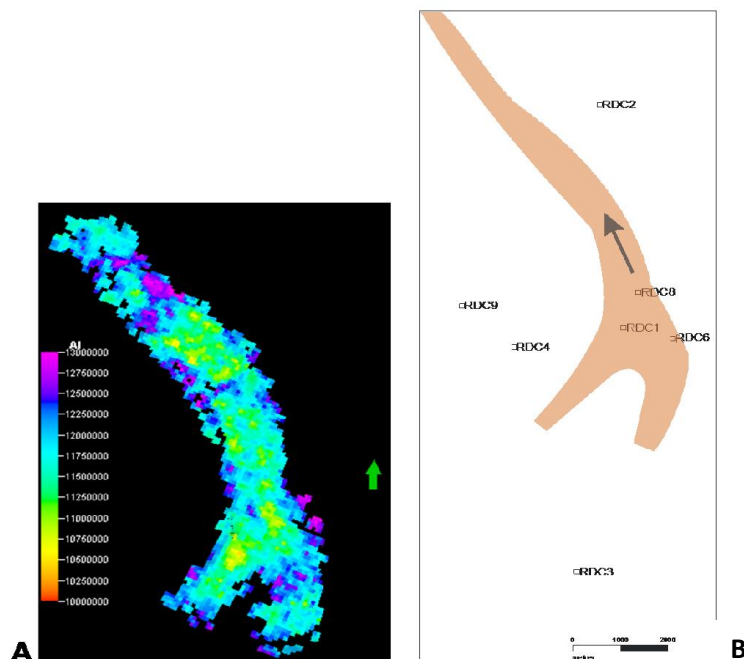


Fig.31 A. Carte d'impédance acoustique au niveau des Grès du RDC B. carte paléogéographique des Grès du RDC basée sur les données sismiques (PED 2015).

Si on compare entre la carte d'impédance acoustique au niveau des Grès du RDC et la carte paléogéographique des grès du RDC basée sur les données sismiques réalisée par l'équipe PED (SONATRACH), on a ressortie la même direction de chenal principale qui est SSE-NNW

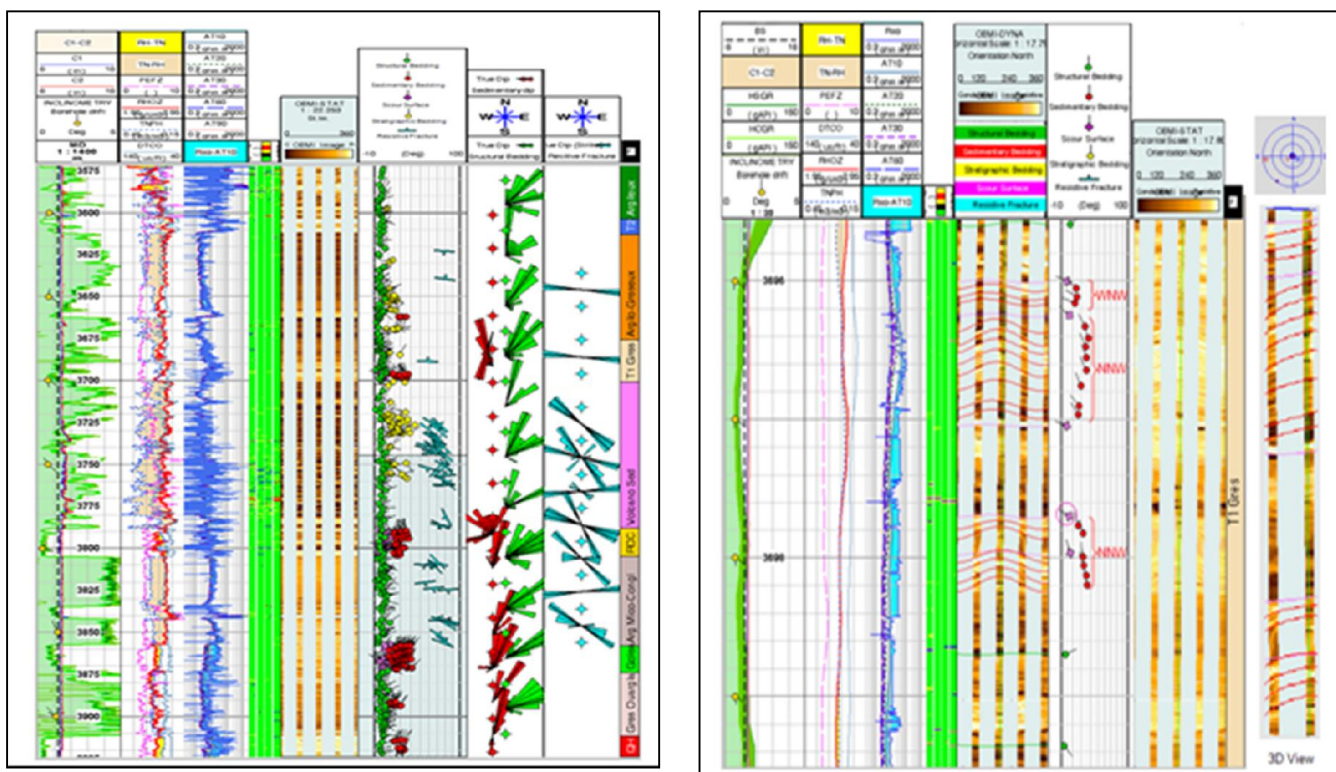


Fig.32 Vue de l'ensemble du Puits RDC-10(1/4000) **Fig.33** Pendages sédimentaires développés au niveau des Grés RDC du puits RDC-10, Présentant un azimut principal NNW

1.7.5. Scénarios des répartitions et directions des chenaux :

A l’instar de la combinaison faite entre les attributs sismiques, on a essayé de proposer des scénarios désignant le prolongement et la géométrie des chenaux de ce réservoir.

Ces scénarios restent une suggestion dépendant de la lecture logique de chaque spécialiste suivant des arguments bien précis. Il reste donc à choisir le scénario le plus adéquat au réalité terrain et de prouver et le valider par plusieurs méthodes. Le scénario choisi est utilisé ailleurs dans la modélisation et dans prévision pour la mise en valeur du réservoir en planifiant de nouveaux programmes de forage (nombre et profondeur)

Scénario N° 01 :

Dans le scénario 01, on observe que le puits RDC-1 bis et le puits RDC-10 sont séparés par des puits de développement aux niveaux de la plaine d’inondation. La direction dominante c’est NNW-SSE et NNE-SSW.

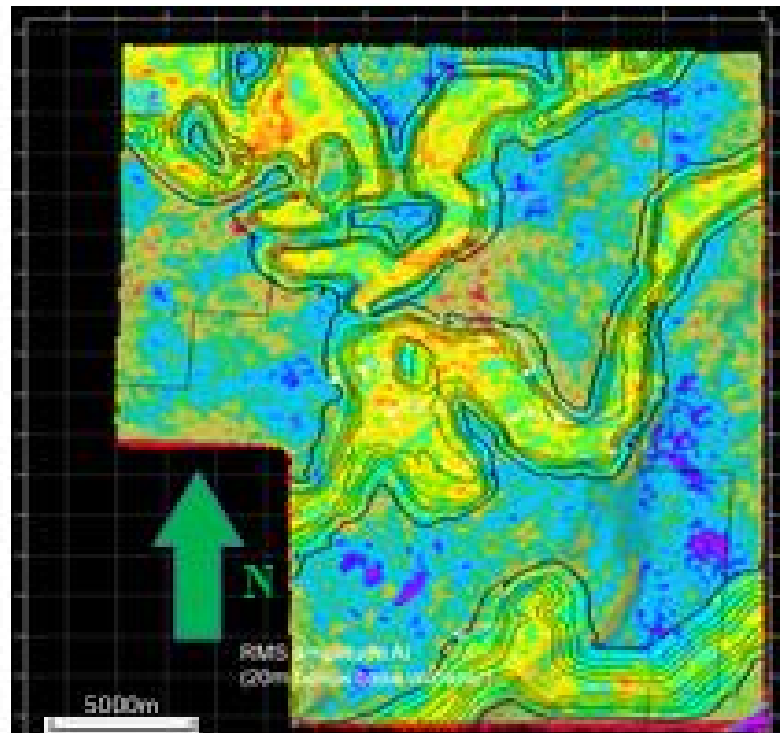


Fig.34 scénario № 01 représente la distribution des chenaux triasiques.

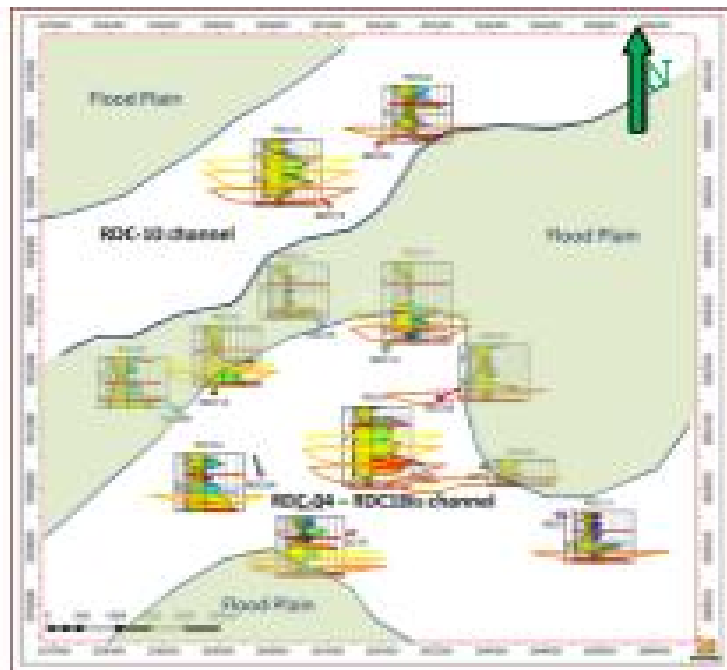


Fig.35 Carte simple représentant le positionnement des puits au niveau de scénario № 01.

Scénario N° 02 :

Dans le scénario 02 les puits RDC-1bis, RDC-10 et RDC-12 sont sur des chenaux séparés par la plaine d'inondation continus.

L'orientation de ces chenaux est NW-SE ou NNW-SSE.

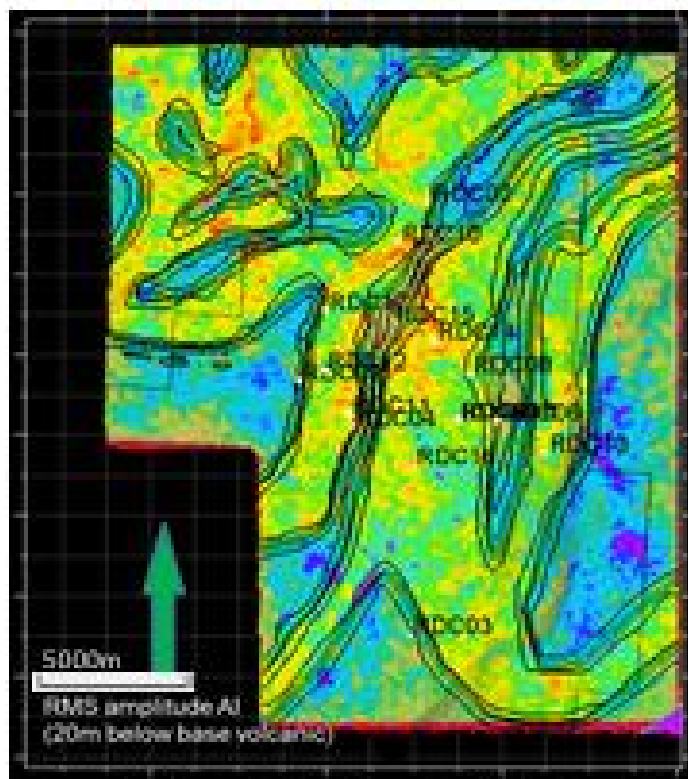


Fig.36 Scénario N° 02 représente la distribution des chenaux triasiques.

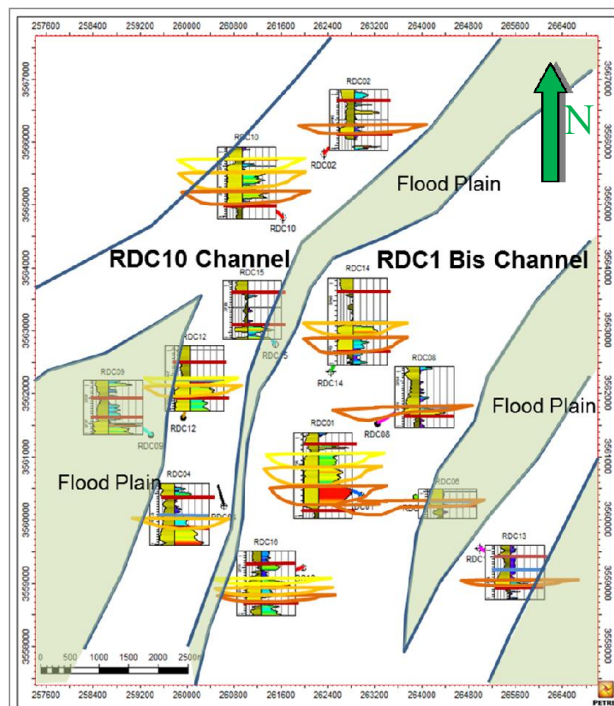


Fig.37 carte simple représentant le positionnement des puits au niveau de scénario 02.

Scénario N° 03 :

Le scénario 03 propose que le puits RDC-1 et RDC-10 sont sur le même chenal avec la direction de NNW-SSE vers le NNE-SSW et aussi la présence d'une faille barrière.

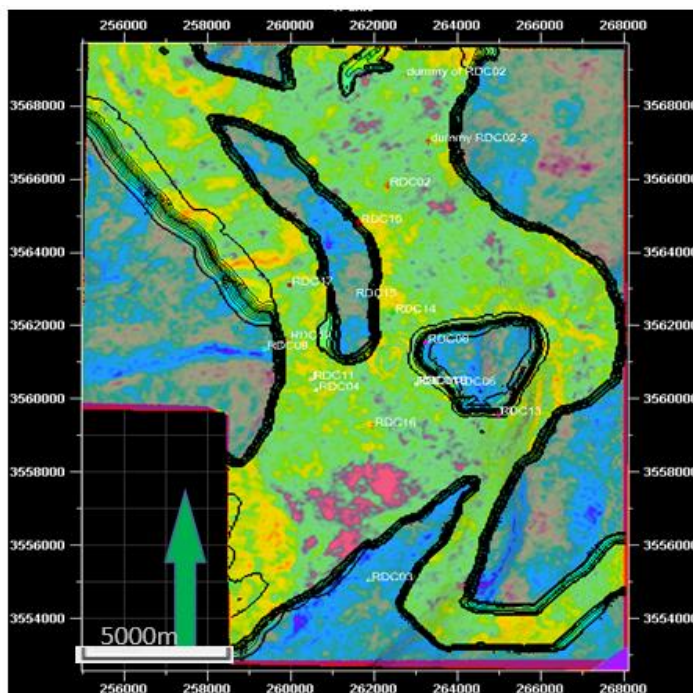


Fig.38 Scénario N° 03 représente la distribution des chenaux triasiques.

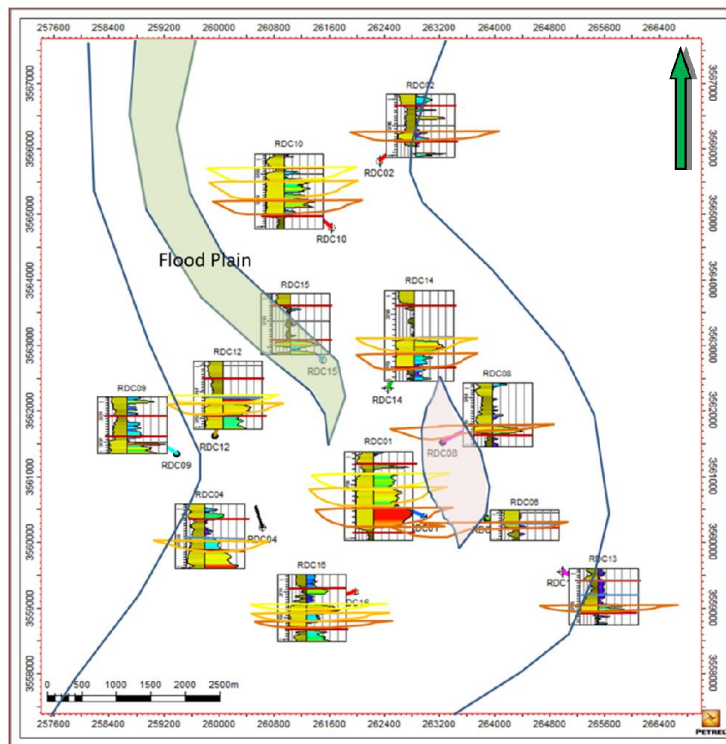


Fig.39 carte simple représentant le positionnement des puits au niveau de scénario 03.

Les grès du RDC du champ du Rhourde Chegga est une formation essentiellement gréseuse, son épaisseur varié généralement entre 2-20m, il est déposé au cours du Trias après l'érosion hercynienne. C'est un dépôt de types fluviatile à influence marine vers le Nord.

L'origine de ces apports fluviatiles est principalement le chenal dont la direction est SW-NE à SSE-NNW.

Les chenaux secondaires, répartis un peu partout dans le champ, sont à l'origine des dépôts de faibles épaisseurs des Grès du RDC se développent dans la partie Ouest.

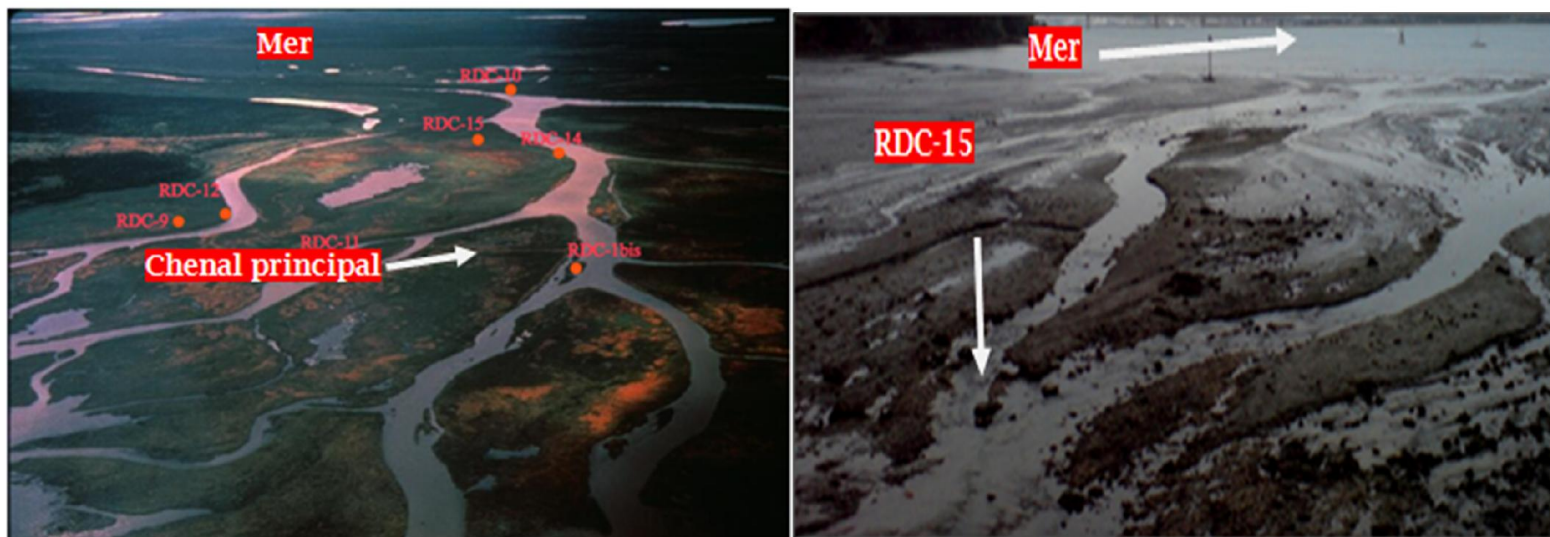


Fig.40. Carte schématique de la paléogéographie du Champ **Fig41.** Carte du paléo environnement (tidal) Du RDC au Trias, au cours du dépôt des grès du RDC. Des grès du RDC du puits RDC-15.

II. Répartition des paramètres pétrophysiques :

II.1 Méthode de FZI:

Démarche :

La méthode consiste à tracer tous les RCAL disponibles, et après on filtre ces données qui présentent les points des anomalies ou des incohérences (la couleur jaune présente les valeurs de porosité filtré des fissures, des cassures et porosité d'argile).

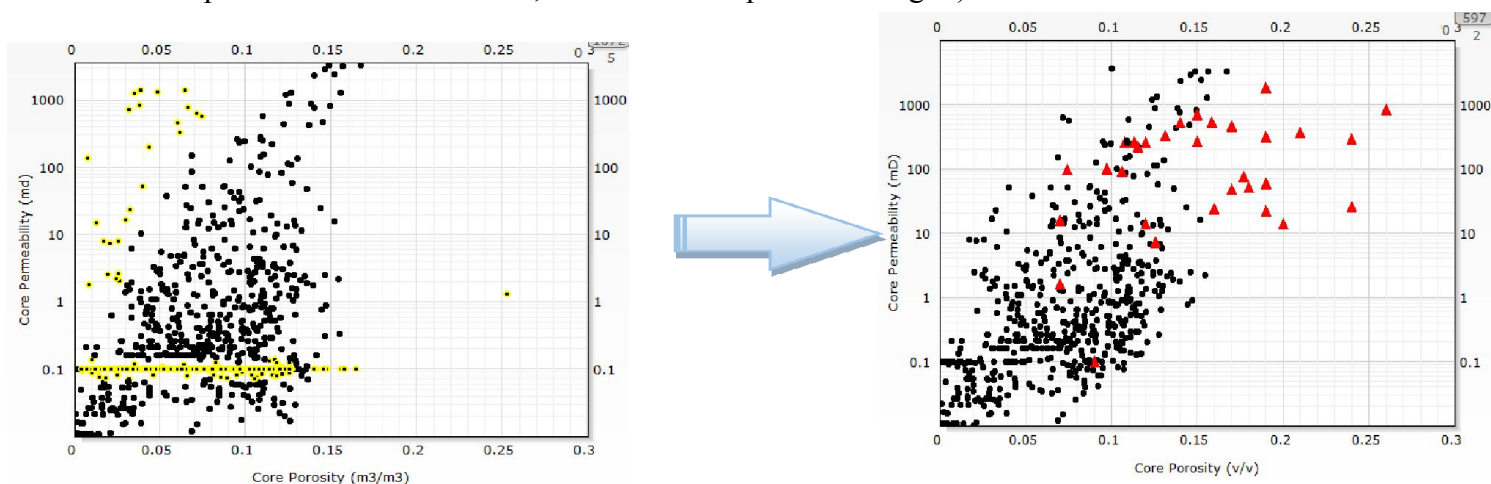


Fig.42porosité vs perméabilité avant et après le filtrage des données.

Après on recherche un plots avec un troisième paramètre (z) correspond au FZI (flow zone indicator) (la formule de calcul a été mentionner dans la partie des matériels et méthodes). Les informations obtenues à partir de l'analyse des faciès réservoir combiné avec les informations de pression capillaire basée sur rock typing qui sont intégré avec l'approche de FZI pour classer les réservoirs T1, Grès du RDC et le Quartzite de Hamra en 05 unités hydrauliques (rock types représente au-dessous).

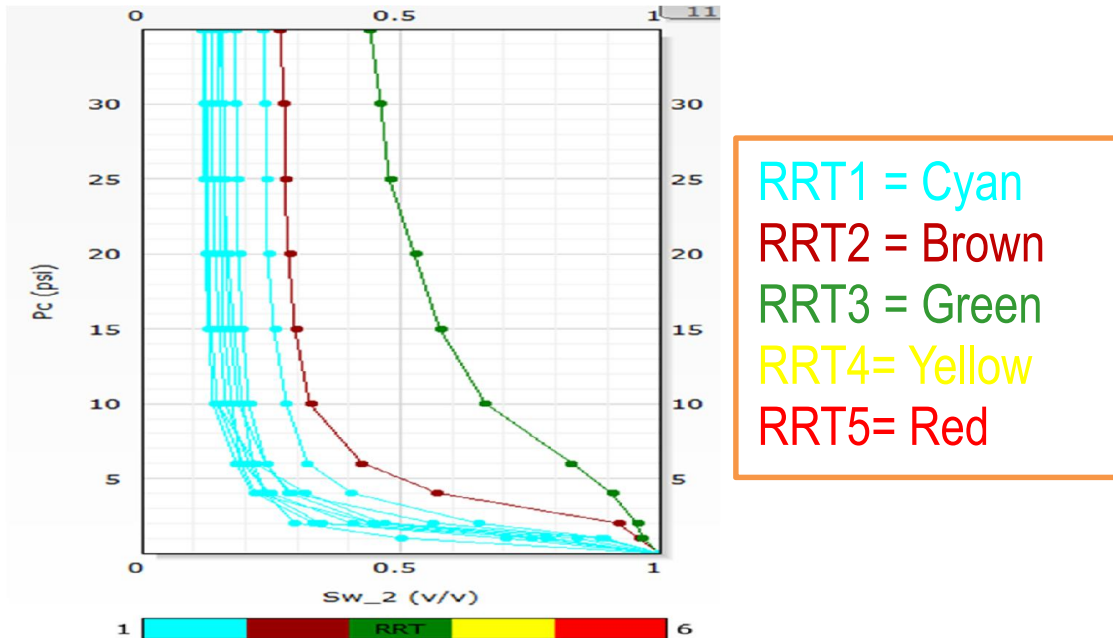


Fig.43 le résultat de Rock Type SW vs PC.

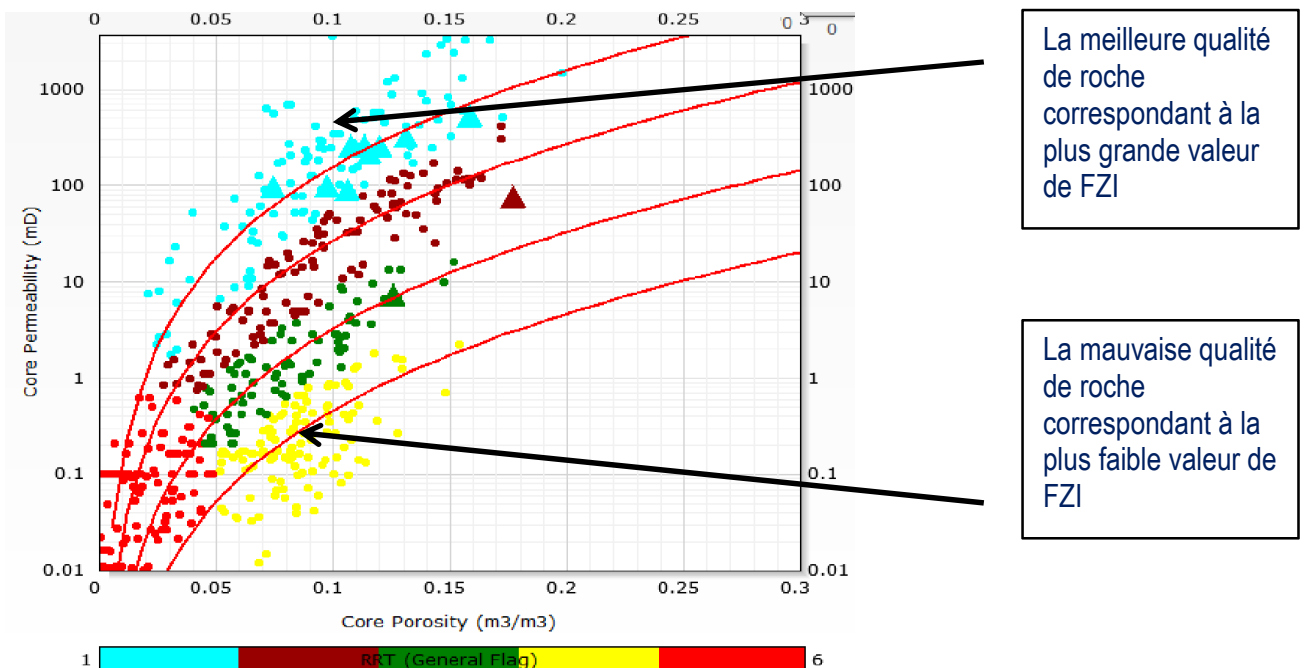


Fig.44 le résultat de Rock Type porosité vs Perméabilité.

En suite des pollinies basées sur la méthode FZI installés à travers les types des roches pour défini les relations spécifiques la perméabilité et porosité pour chaque type de roche.

Ces rapports sont utilisés plus tard dans la model géologiques pour distribuer la perméabilité dans le champ.

II.2 Résultats pour chaque type de roche (RT1 à RT4):

L'équation perméabilité porosité Vs FZI est calculée à l'exception du RT5, le FZI n'est pas appliqué sur elle. Ainsi le RT5 est défini comme très mauvais type de roche avec une perméabilité inférieure à 1 mD et de porosité à 5 %. L'équation suivante basée sur la corrélation FZI offre la meilleure relation por-perm pour T1, Grès du RDC et Quartzite de Hamra.

RT1(Cyan): Core Permeability = $(11.1^{**2}) * (\text{Core Porosity}^{**3}) / (0.0314^{**2}) / (1 - \text{Core Porosity})^{**2}$
RT2(Brown): Core Permeability = $(4.6^{**2}) * (\text{Core Porosity}^{**3}) / (0.0314^{**2}) / (1 - \text{Core Porosity})^{**2}$
RT3(Green): Core Permeability = $(1.6^{**2}) * (\text{Core Porosity}^{**3}) / (0.0314^{**2}) / (1 - \text{Core Porosity})^{**2}$
RT4 (Yellow): Core Permeability = $(0.6^{**2}) * (\text{Core Porosity}^{**3}) / (0.0314^{**2}) / (1 - \text{Core Porosity})^{**2}$

Le tableau suivant résume les résultats de la méthode de FZI et les valeurs de porosité et perméabilité pour chaque type :

Tableau.03 Résultats de la méthode de FZI.

Rock Type	FZI	FZI Range	Average K	Average Porosity
			mD	%
RRT-1	11.2	7-25	127	11
RRT-2	4.6	2.5-7	22	9
RRT-3	1.6	1-2.5	2.5	8
RRT-4	0.6	0.2-1	0.25	7
RRT-5			<1	<5

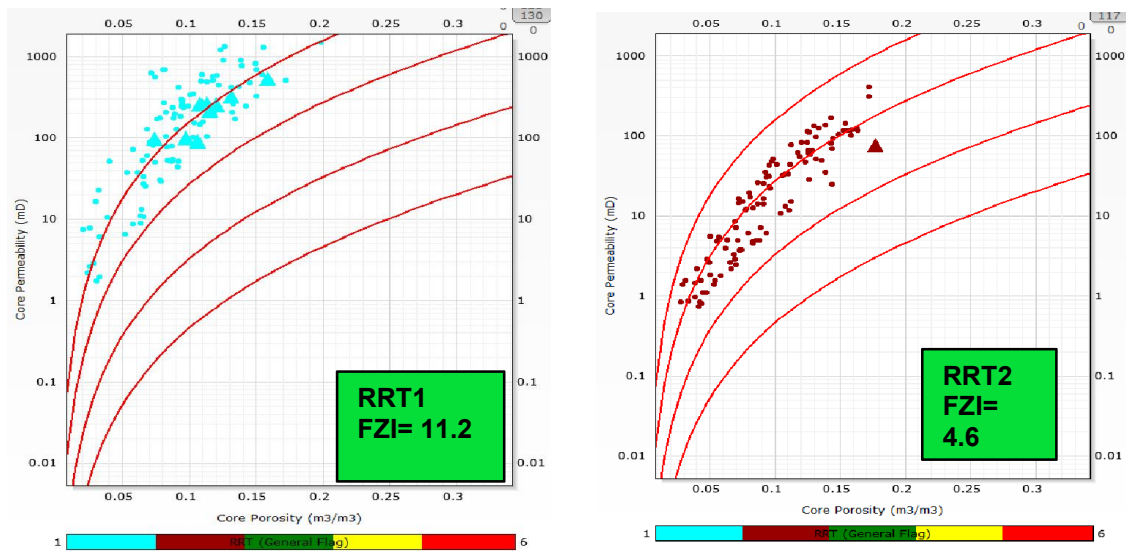


Fig.45 Résultat de FZI de Rock Type 1 et 2.

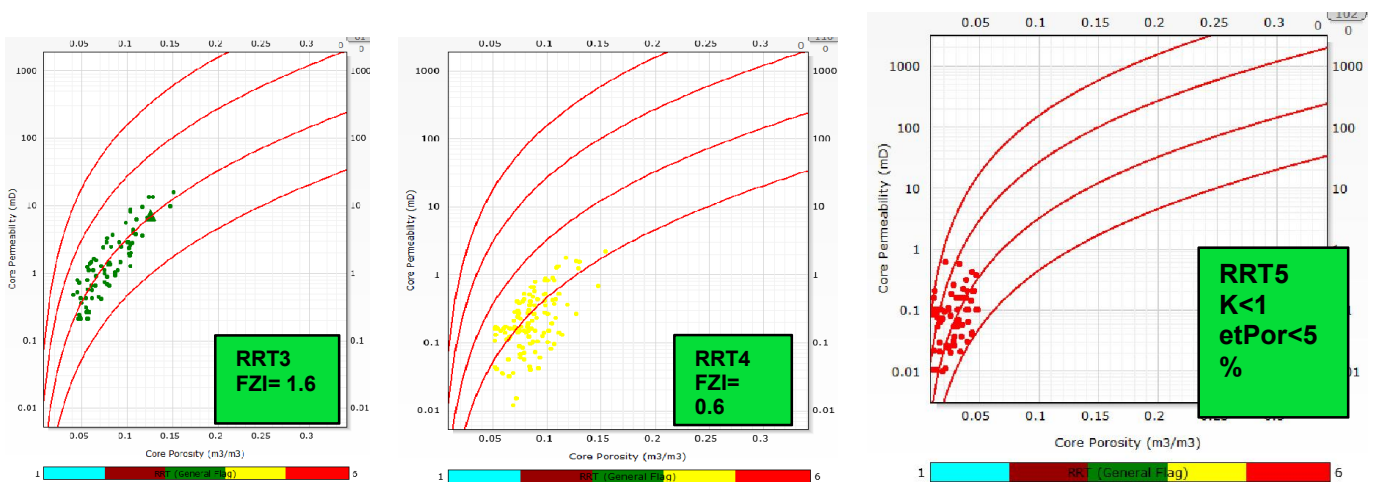


Fig.46 Résultat de FZI de Rock Type 3, 4 et 5.

Les résultats de la méthode de **Rock typing** montre que :

Les puits situés sur l'axe du chenal ou proches de ce dernier présentent généralement une porosité moyenne, tel que le montre le RDC-1bis et le RDC-14, au niveau du puits RDC-10 la porosité diminue par rapport au puits RDC-1bis car en allant vers la partie nord du chenal, la diagenèse devient importante

L'effet diagénétique est aussi présent dans la partie ouest, au niveau du puits RDC-12, la partie basale est complètement solidifiée, c'est un Grès quartzitique et repose directement sur les Quartzites de Hamra.

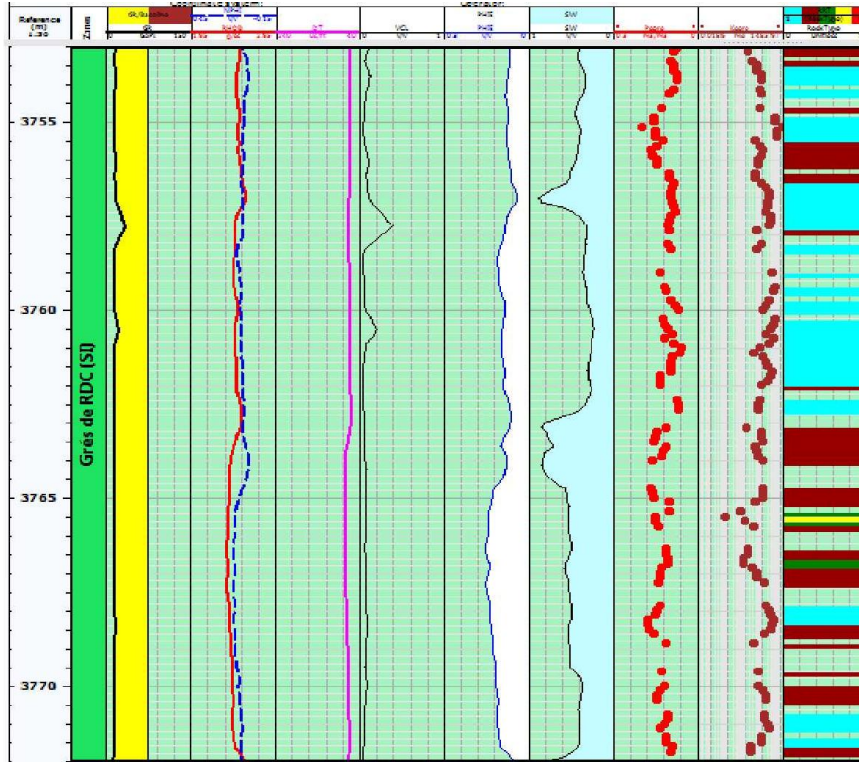


Fig.47 Exemple de Composite log avec le Rock type au niveau de réservoir du Grès du RDC

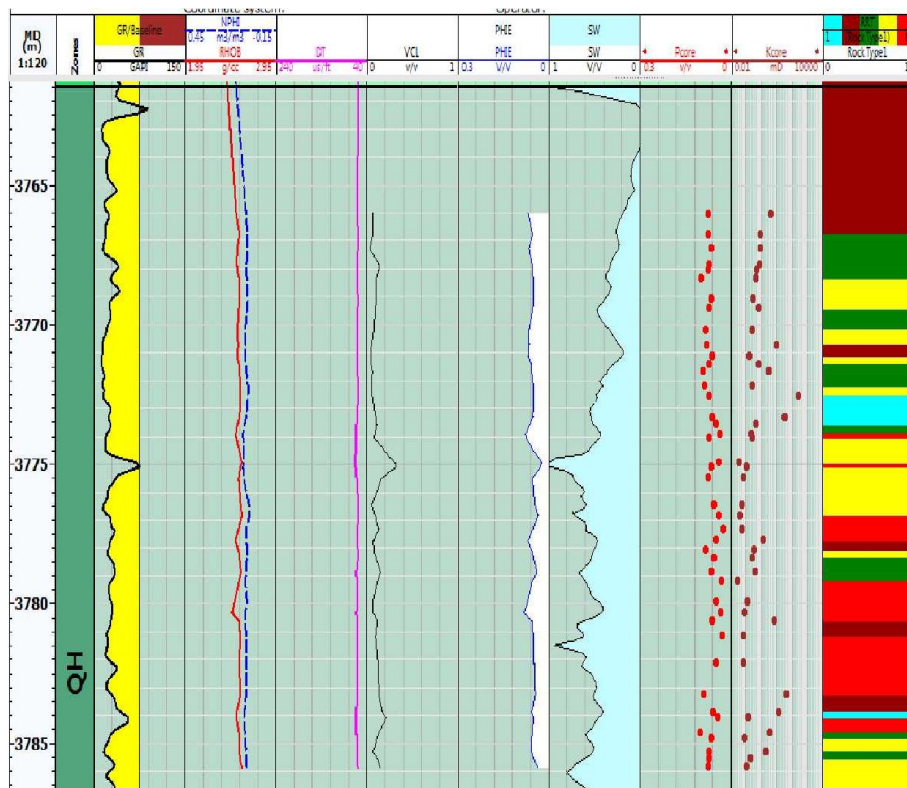


Fig.48 Exemple de composite log avec le Rock type au niveau de réservoir du QH

III. Etude structurale :

La connaissance de la structure actuelle de la zone de Rhourde Chegga permet au géologue de mieux comprendre la mise en place de ces différentes couches par la détermination du positionnement des failles et des certaines limites stratigraphiques importantes comme le toit et la base des différents réservoirs de cette zone, cette étude est faite à partir l'interprétation des données de la sismique et les cartes en isobathes et isopâques.

III.1. Interprétation des études sismiques :

La surface prospecté par la sismique de champ du Rhourde Chegga est environ de 200 Km², située au Nord –Nord Est de Hassi Messaoud, l'objectif est d'étudier les réservoirs Triasiques (T1 et Grès du RDC) et le réservoir ordovicien de QH.



FIG.49 Carte représente la surface étudié du champ de RDC.

III.1.1 Interprétation de profil sismique :

Le profil sismique définit les différent formations par le marqueur sismique qui séparé les formations par lignes. Ce profil repère les corps sédimentaires, les structures.

Un profil sismique a été pris comme exemple dans cette interprétation. Il est de direction NE-SO et traverse trois puits.

Il faut signaler que l'interprétation présentée ici vient à corriger une première faite par l'association SONATRACH - SCHLUMBERGER. Cette dernière contient des grandes erreurs soit au niveau d'orientation ou bien la délimitation des horizons.

De point de vue structural le puits de RDC-9 est situé dans Le même compartiment que les puits RDC-12 et RDC-15. Cette section renferme un nombre de failles à faible rejet et de direction NE-SO et NO-SE, sauf à la partie NE vers l'extrémité où la présence d'une faille de direction N-S avec un rejet important.

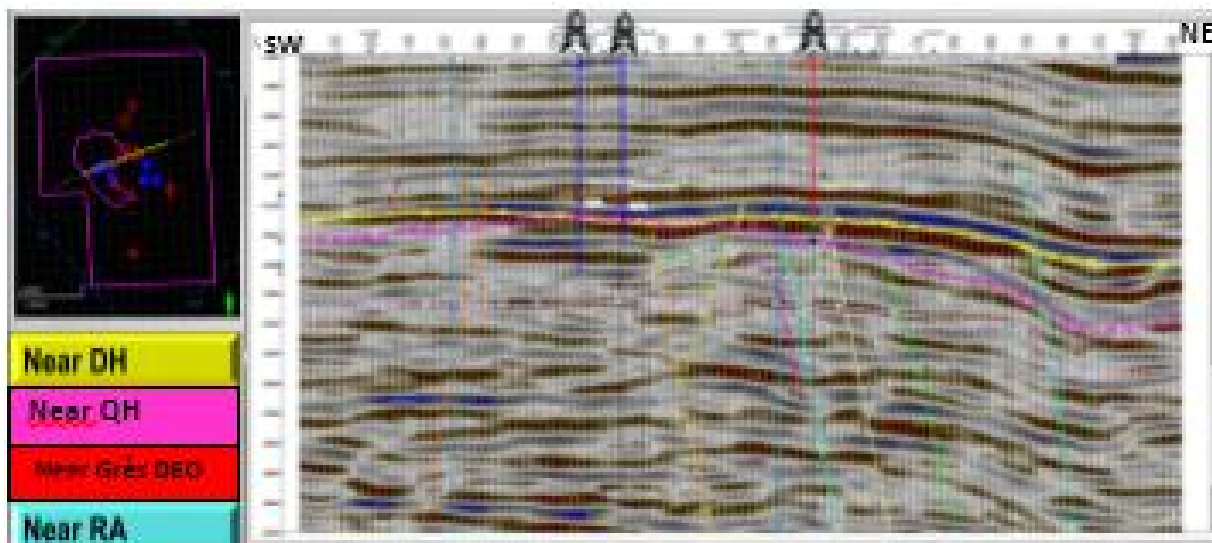


FIG.50 Profil sismique des puits RDC-15, RDC-9, RDC-12.

III.1.2 Réseau des failles :

D’après la carte des attributs sismiques, on constate que la structure du champ de RDC a une orientation NE-SW où la partie Ouest est plus élevée que la partie Est, cette structure est affectée par un réseau de faille très important suivant deux directions majeures NE-SW et NO-SE et quelque faille N-S.

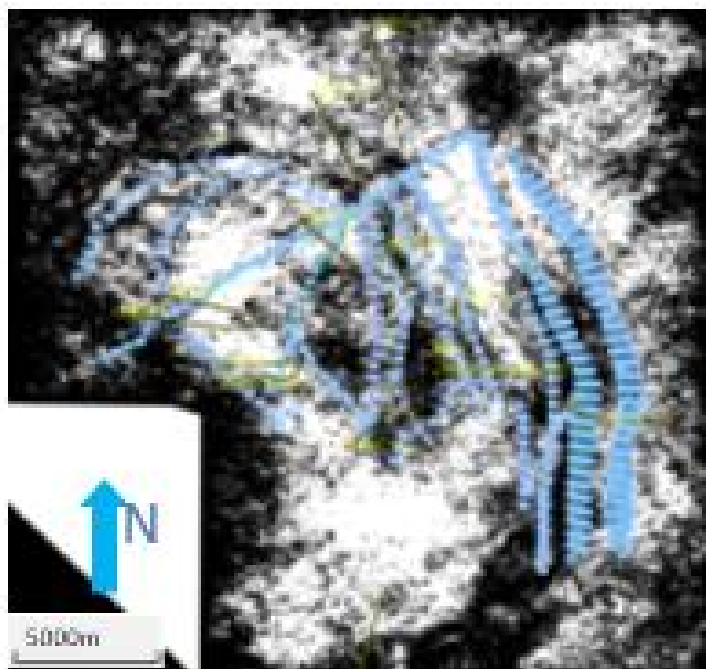


FIG.51 Carte des attributs sismiques représentant le réseau des failles.

III.2. Interprétation des cartes isobathes et isopâques :

III.2.1. Réservoir de T1 :

Carte en isobathe :

D'après la carte en isobathe, on constate une faille de direction NO-SE et d'autre N-S près des puits RDC-13 et RDC-1bis. A cet effet, les courbes apparaissent un peu plus serrées.

On remarque que les courbes sont stables vers les puits RDC-8, RDC-14, RDC-12 et RDC-9 caractérisé un compartiment haut par rapport au puits RDC-6, RDC-13. Une faille de direction NE-SO recoupe les puits RDC-2, RDC-10.

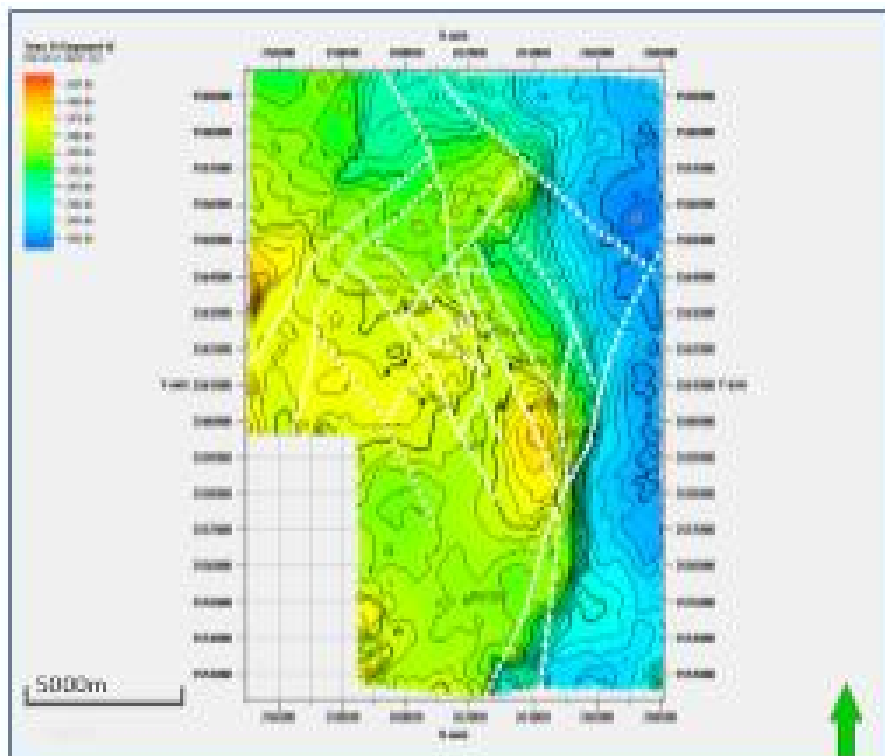


Fig.52 Carte en isobathe au toit de réservoir de T1.

Cartes en isopâques :

La carte en isopâques du réservoir de T1 montre que l'épaisseur de ce réservoir varie entre 20 et 30 m dans partie centrale aux niveaux des puits, RDC-14, et RDC-8, Il plus épais au Nord où se trouvent les puits RDC-2 et RDC-10. Il a subi un amincissement vers le sud vers les puits RDC-4, RDC-16, RDC-3. L'épaisseur maximale apparaît à l'Ouest au niveau du puits RDC-12 (38m).

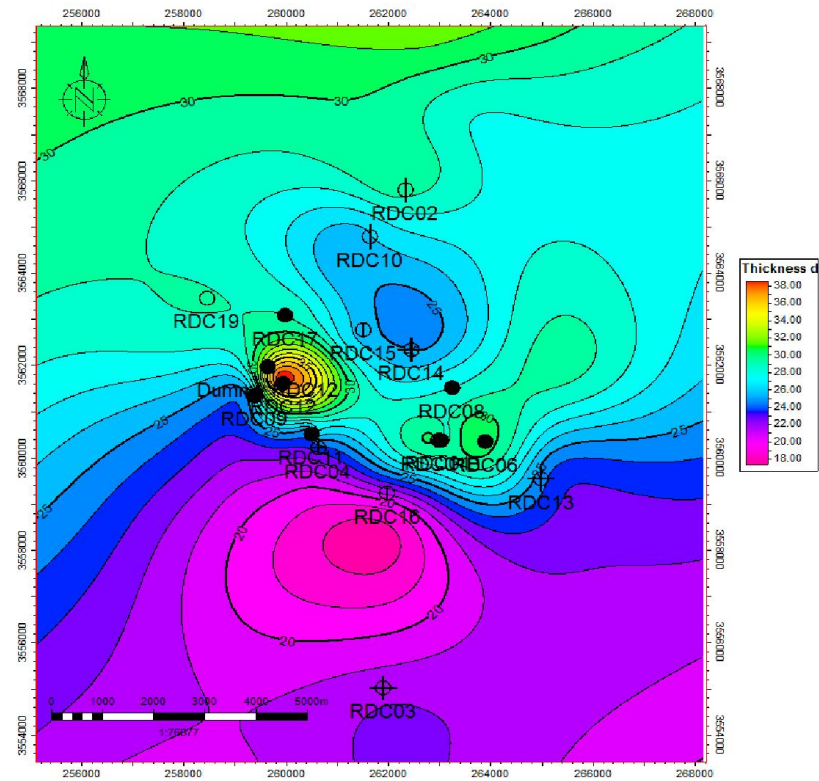


FIG.53 Carte en isopâques au toi de réservoir de T1.

III.2.2 Réservoir de Grès du RDC :

Carte en isobathe :

La carte en isobathe de réservoir de Grès du RDC indique que le chenal principal de Rhourde Chegga est compris entre la discordance Hercynienne (Page.51) et la base volcanique, il est délimité par deux failles du Sud vers Nord.

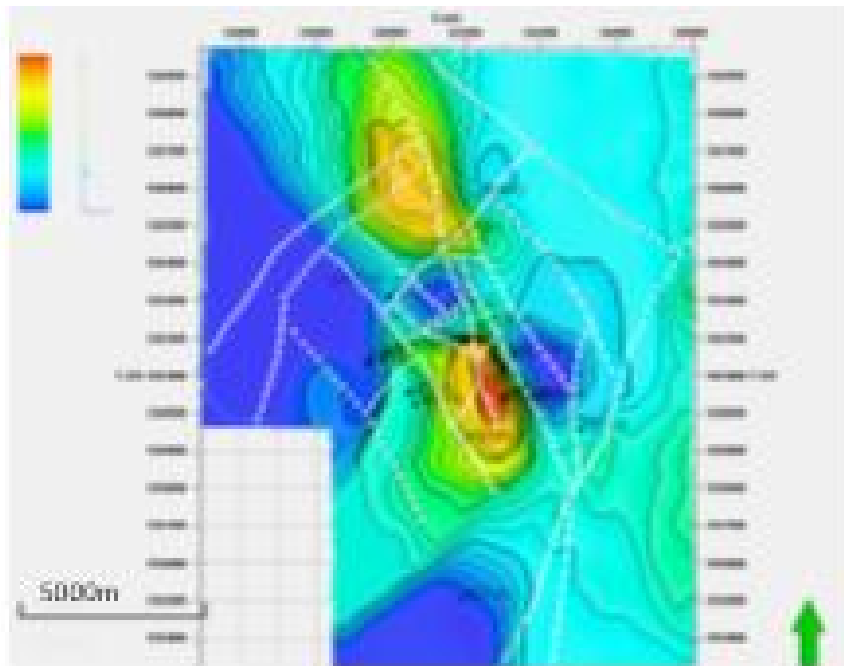


FIG.54 Carte en isobathe au toi de réservoir de Grès de RDC.

Carte en isopâques:

D'après l'interprétation de la carte en isopâque du réservoir de Grès du RDC, on remarque que l'épaisseur de ce réservoir varie entre 08 et 18 m dans la partie Nord où se situent les puits RDC-2 et RDC-10, et la partie sud vers le puits RDC-16, elle est faible dans la partie Ouest où sa valeur minimale est 04 m au niveau de puits RDC-17. Elle augmente vers le centre avec une valeur maximale de 26 m (RDC-1bis).

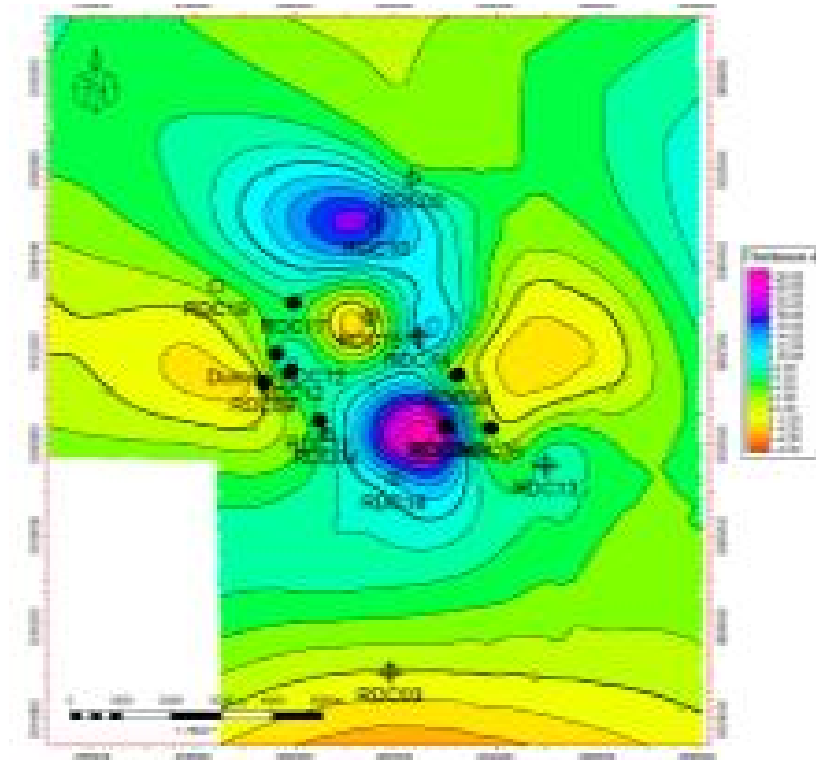


FIG.55 Carte en isopâque au toi de réservoir de Grès de RDC.

III.2.3 Discordance Hercynienne :**Carte en isobathe :**

L'effet de la discordance hercynienne est très intense dans la partie Ouest de champ du Rhourde Chegga a une profondeur de -3650m au voisinage des puits RDC-12, RDC-9, RDC-17, RDC-11 et RDC-4 c'est la partie la plus haute. Autre fois, l'intensité d'érosion est variée d'un puits à l'autre, par exemple aux niveaux des puits RDC-9 et RDC-12 la discordance Hercynienne est très intense à un degré où le réservoir de Grès du RDC et les réservoirs de Quartzite de Hamra se mettent en superposition. Dans la partie Est, cet effet est moins intense, c'est la partie la plus profonde.

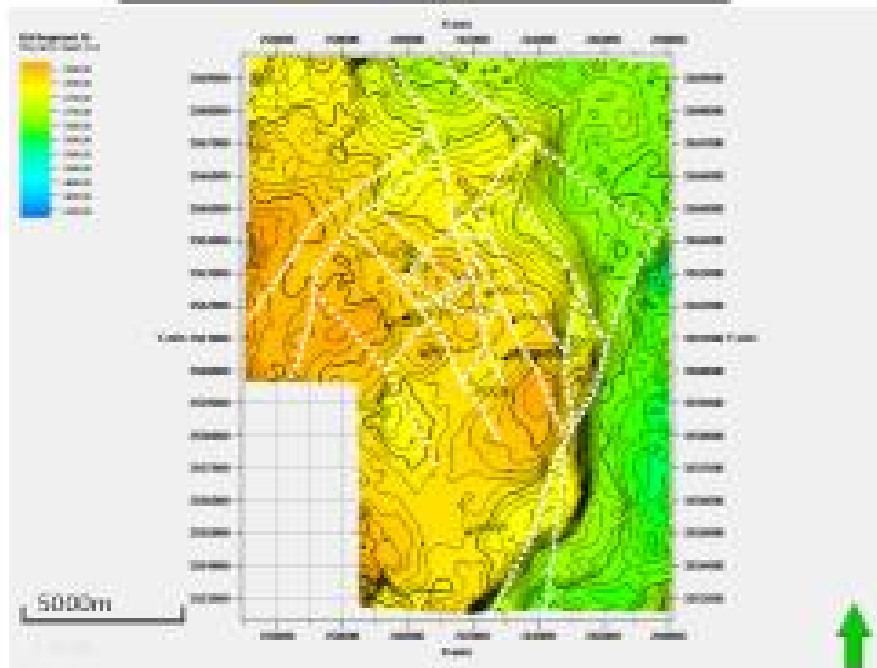


FIG.56 Carte en isobathe au toi de la DH.

III.2.4. Réservoir de Quartzite de Hamra :

Carte en isobathe :

Les quartzites de Hamra sont plus profonds à l'Est et hautes à l'Ouest, ce qui explique la forte érosion (discordance hercynienne) affectant cette partie Ouest et ses en préservant le côté 'Est du champ. Cette formation est traversée par un réseau de failles de deux directions majeures de NE-SO et NO-SW.

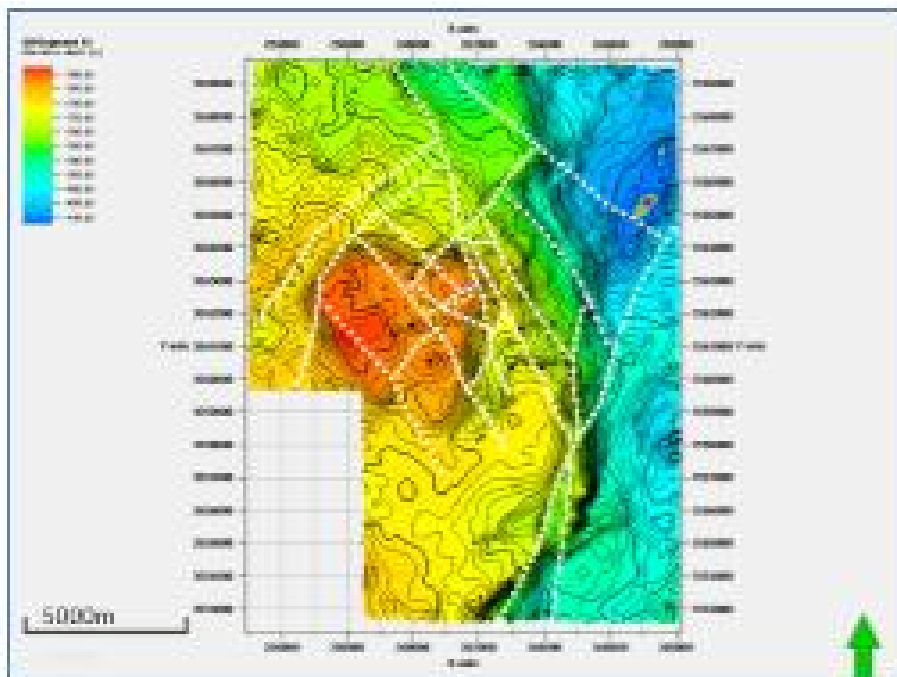


FIG.57 Carte en isobathe au toi de la QH.

Carte en isopâque :

L'interprétation de la carte en isopâque, montre que l'épaisseur de ce réservoir varie entre les valeurs 25 et 65 m. Dans le Nord du champ au niveau des puits RDC-2 et RDC-10 l'épaisseur atteint la valeur maximale de 65 m, par contre elle diminue dans la partie Ouest vers les puits RDC-12, RDC-9 atteignant une valeur minimale de 20m. Dans la partie Est et Sud l'épaisseur reste moyen.

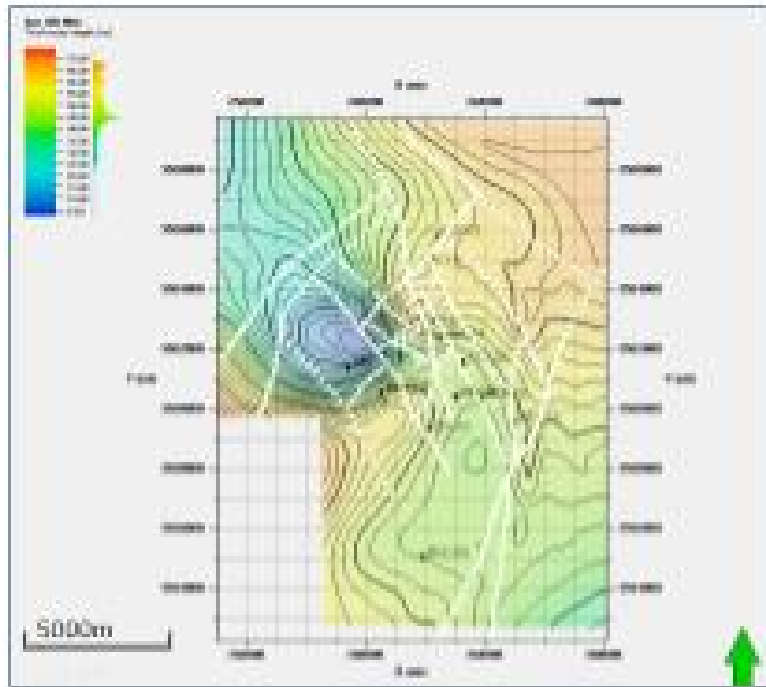


FIG.58 Carte en isopâque au toit de réservoir de Quartzite de Hamra.

III.3. Etude de fissuration :

Cette étude ayant pour but de bien définir le mode de production du réservoir de Quartzite de Hamra à partir d'une combinaison entre la description des carottes et l'interprétation d'Imagerie au niveau de deux puits RDC-10 et RDC-11.

III.3.1. Puits RDC-10 :

Le puits de RDC-10 situé dans la partie Nord du champ du RDC, il présente une épaisseur de 86 m, situés à une profondeur de 3921 m.

Par manque des données des carottes, l'étude de fissuration au niveau de ce dernier est faite seulement par interprétation des enregistrements d'imagerie.

-Interprétation de l'Imagerie :

L'acquisition de l'imagerie a été effectuée avec UBI et OBMI étant la densité de boue très élevée au niveau de réservoir de Quartzite de Hamra.

Du point de vue structurale l'UBI-OBMI montre la présence d'une faille à profondeur de 3921m avec un pendage de 75.2° et d'orientation de NE-SW. Cette faille n'est pas claire dans l'image d'UBI, elle correspond a un changement visible dans l'orientation des breakouts à un azimuth de NE vers NNE.

On remarque la présence de plusieurs fractures discontinues de pendage de 85.5° et d'orientation d'ESE-WNW et ENE-WSW.

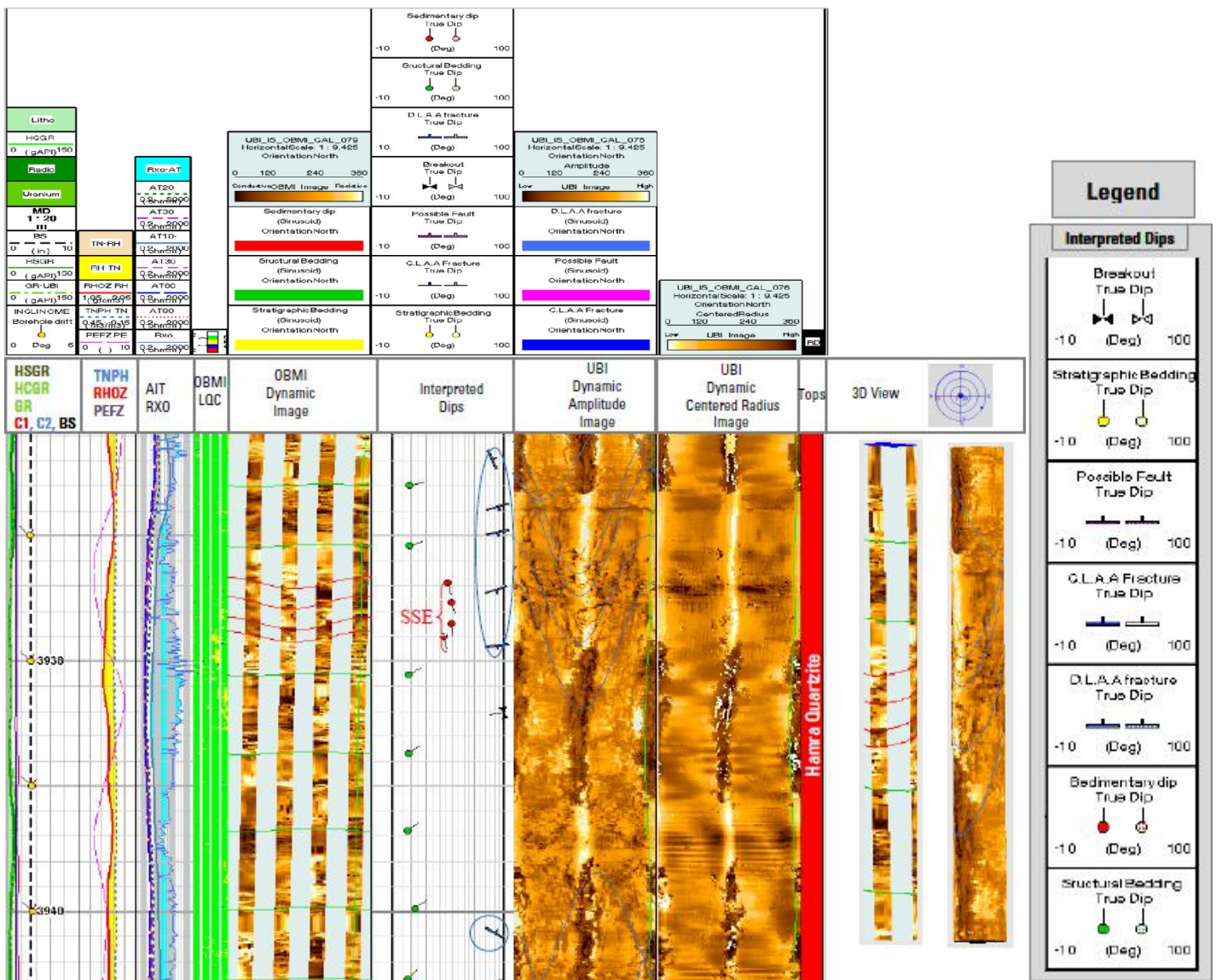


FIG.59 L'image de l'OBMI et UBI de réservoir de Quartzite de Hamra (Schlumberger 2010).

III.3.2.Puits RDC-11 :

Il est situé dans la partie Ouest du champ, il présente une épaisseur de 38,5 m de Quartzite de Hamra à une profondeur de 3757,6 m.

-Description des carottes :

A partir de la description des carottes № 03, 04, 07 et 08 au réservoir de Quartzite de Hamra on a ressortie que :

C'est un Grès Quartzitique blanc à brun parfois gris-beige, fin à ciment siliceux à silico-argileux, les grains sont sub arrondis, niveau globalement dure friable par endroit, stratification non visible.

On note la présence des fissures subhorizontales fermées, vide à semi remplies généralement d'argile parfois de silice niveau moyennement bioturbé, Tigillites.

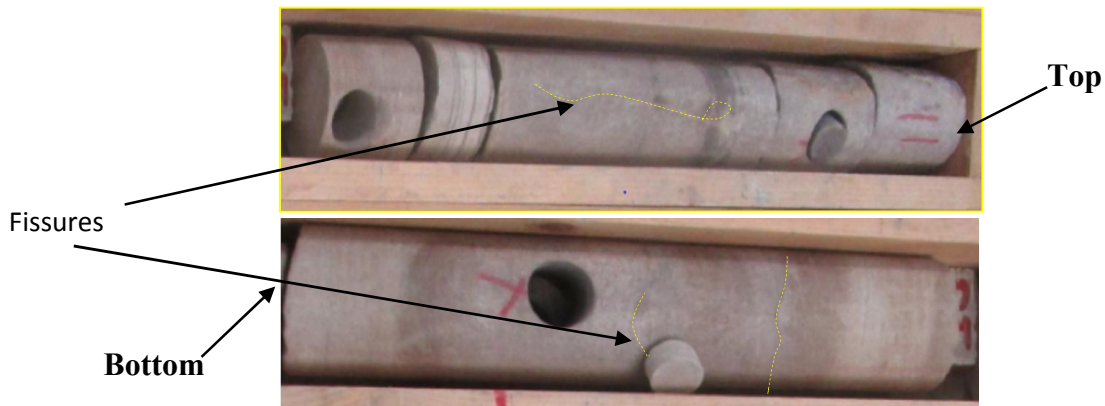


FIG.60 Photos des carottes de puits RDC-11(cotes 3758 et 3759m)(SONATRACH DP 2015).

-Résultats de l'interprétation d'imagerie :

Les données sont acquises à l'aide d'OMRI (Oil Mud Reservoir Imager) dans l'intervalle 3764.5 et 3803 m.

Généralement l'image de la section d'ordovicien dans ce puits montre un nombre total de 08 fractures naturelles (résistives), 02 sont présentées à une profondeur de 3785 à 3786 m : la première de direction NNW-SSE et la deuxième de NW-SE avec un pendage de 40 à 45°.

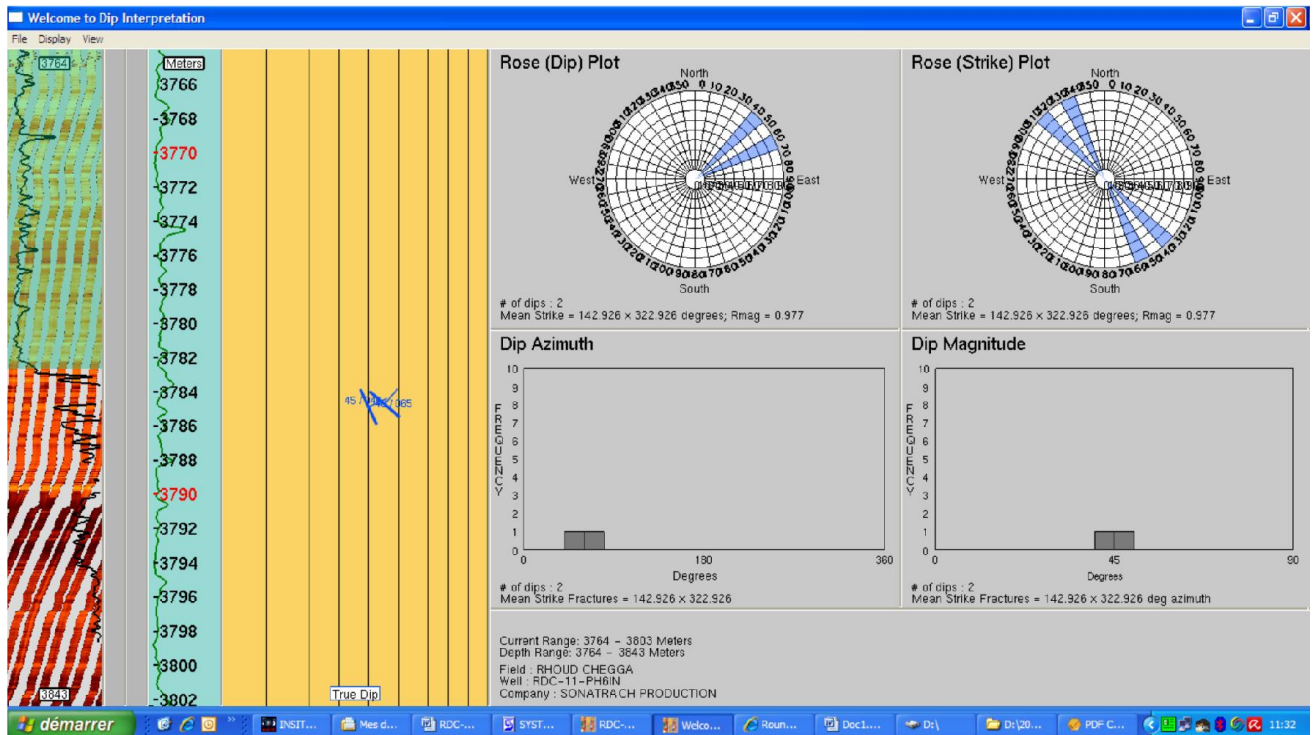


FIG61. L'image de l'OMRI de réservoir de Quartzite de Hamra de puits RDC-11 (HESP 2013).

Une combinaison entre les résultats d'imagerie et la description des carottes au niveau de puits de RDC-11 fait ressortir que :

- 1- Une brèche non observée par l'OMRI. (Entre 3773.50m – 3773.9m)
- 2- Des fractures sub-verticales et subhorizontales non observées par l'OMRI.

- 3- Des fractures observées entre 3785-3786m par l'OMRI et confirmées par la carotte.
- 4- Une nodule de silice observée sur l'image et la carotte entre 3822m et 3822.70m.
- 5- Une Convolute non observée par l'OMRI.
- 6- Les fissures non remplies sur les carottes sont probablement apparues après relâchement des contraintes.

IV. Distinction entre les Grès du RDC et les Quartzites de Hamra:

Suite aux caractéristiques en général proches de ces deux formations en superposition, il est difficile de faire une distinction entre eux surtout dans les zones affectées par l'érosion hercynienne dans la partie Ouest. Une comparaison entre les résultats des études directes, soit macroscopiques (carottes) et microscopiques (lames minces) ainsi que de méthodes indirectes (diagraphies) est menée afin de ressortir une délimitation nette de ces deux réservoirs. On a pris les puits RDC-9 et RDC-12 comme un exemple de cette comparaison.

IV.1. Puits RDC-9 :

- Sur les carottes on observe un Grès-quartzitique très semblables au Quartzite de Hamra, repose directement sur cette dernière. De cet effet, la distinction entre les deux formations est presque impossible.

- Sur les diagraphies on a obtenu les mêmes lectures des GR et le sonic entre les deux réservoirs.

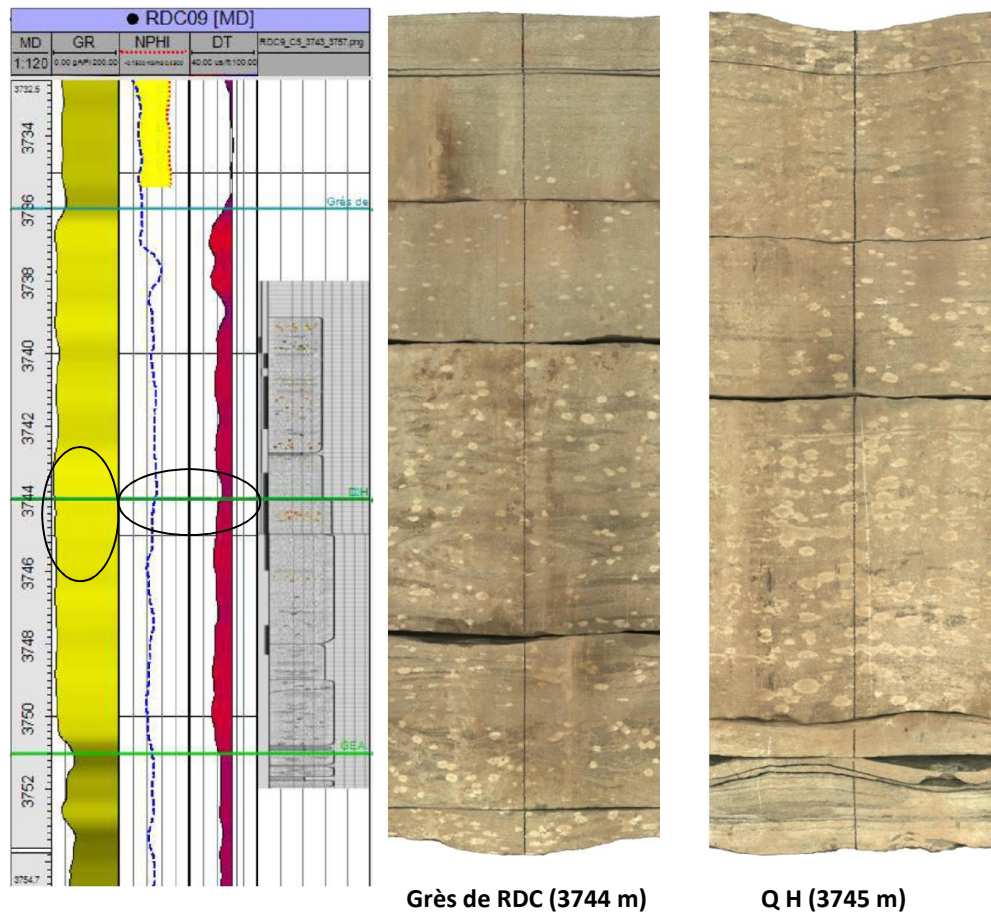


FIG.62 Combinaison entre les résultats des diagraphies et la description des carottes de puits RDC-9.

Une étude microscopique faite au niveau de ce puits à la cote **3744 m** de réservoir de Grès de RDC et la cote **3748.5m** de réservoir de QH.

-Grès de RDC (3744m) :

Il s'agit d'un grès moyen (photos 01 et 02), moyennement classé, à ciment silico-argileux, fortement bitumineux et poreux. Les grains de quartz sont monocristallins, sub-arrondis à sub-anguleux, présentant des contacts droits à ponctuels, dotés de tapissage chloriteux et constituant 72% du volume total de la roche. Ces pellicules de chlorite autour des grains de quartz ont permis la

Préservation d'une partie de la porosité primaire. Une partie non négligeable (8%) de cette Porosité primaire est ensuite remplie de bitume. On note l'existence de quelques fragments de Phosphates (2%), sous forme de baguettes allongées. Le ciment est composé de silice secondaire (7%) et d'argile (5%) représentée de chlorite et d'illite (photos 03 et 04). Cette dernière se manifeste dans l'espace intergranulaire et quelquefois le long des contacts entre les grains de quartz.

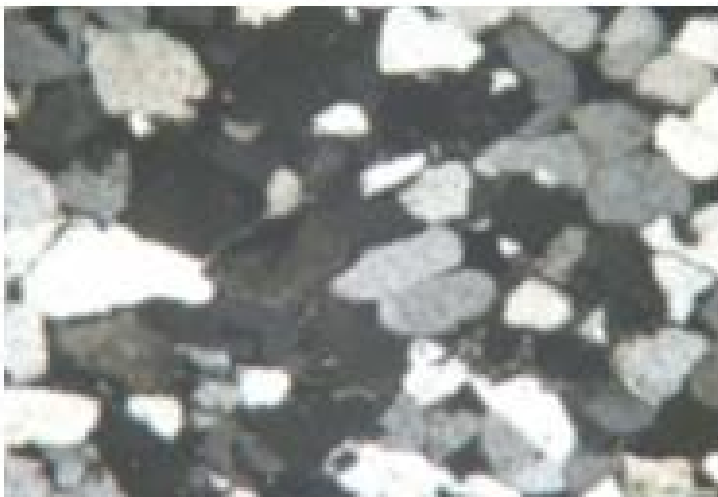
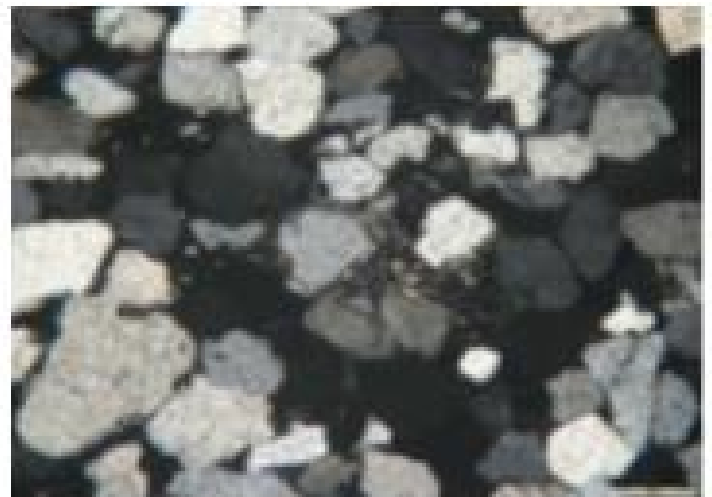
*Photo : 01, Ipa2**Photo : 02, Ipa2**Photo : 03, Ipa4**Photo : 04, Ipa4*

FIG.63 Photos des lames minces au niveau de Grès de RDC des puits RDC-9(SONATRACH PED 2016).

- Quartzite de Hamra (3748.5m) :

Cet échantillon est représenté par un grès fin bien classé à ciment silico-argileux (photos 05 et 06).

Les grains de quartz représentent l'essentiel de la fraction détritique (78%).

Leur morphoscopie est subanguleuse à anguleuse et les contacts entre eux sont droits, rarement concavo-convexes. Ils sont nourris en silice secondaire et corrodés par l'argile. Le ciment est composé essentiellement de silice secondaire de nourrissage (photos 07 et 08), en auréoles parfois biphasiques, et par l'argile intergranulaire, de type mixte, illite et chlorite. On note la présence de matière organique associée à l'argile. La porosité est faible, ne dépasse pas 3%.



Photo : 05, 1µm2



Photo : 06, 1µm2

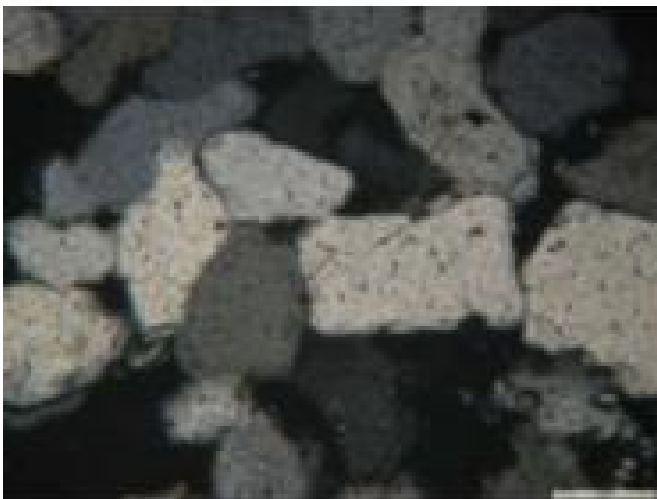


FIG.64 Photos des lames minces au niveau de Quartzite de Hamra des puits RDC-9 (SONATRACH PED 2016).

Remarque :

Après la description des lames minces des deux réservoirs on a ressortie que la différence entre eux est la taille des grains. Les grains du Grès de RDC sont plus grands que ceux de réservoir de Quartzite de Hamra. On note aussi une différence dans la nature le ciment : argileux au niveau de réservoir de Grès de RDC et siliceux dans les Quartzites.

IV.2.Puits RDC-12 :

Le même problème est posé au niveau de puits RDC-12. L'étude microscopique apparait toujours la seule solution dans la séparation entre les deux réservoirs. Le réservoir de Grès de RDC se représente par un grès hétérométrique (photos 09 et 10), très mal classé, à ciment argilo-carbonaté et faiblement poreux. Les grains de quartz sont monocristallins, leur taille (la taille du grain le plus fréquent) varie dans un large éventail, allant de 150 à 350 μm , et le grain le plus grossier atteint 700 μm . Cependant, le QH est caractérisé par un grès fin, bien à moyennement classé, à ciment siliceux et compact (photos 11 et 12). Il est composé de 86% de quartz détritique, monocristallin, subanguleux à anguleux et à contacts droits à concavo-convexes et suturé. Donc la taille de grains le critère principal adopté pour une éventuelle distinction.

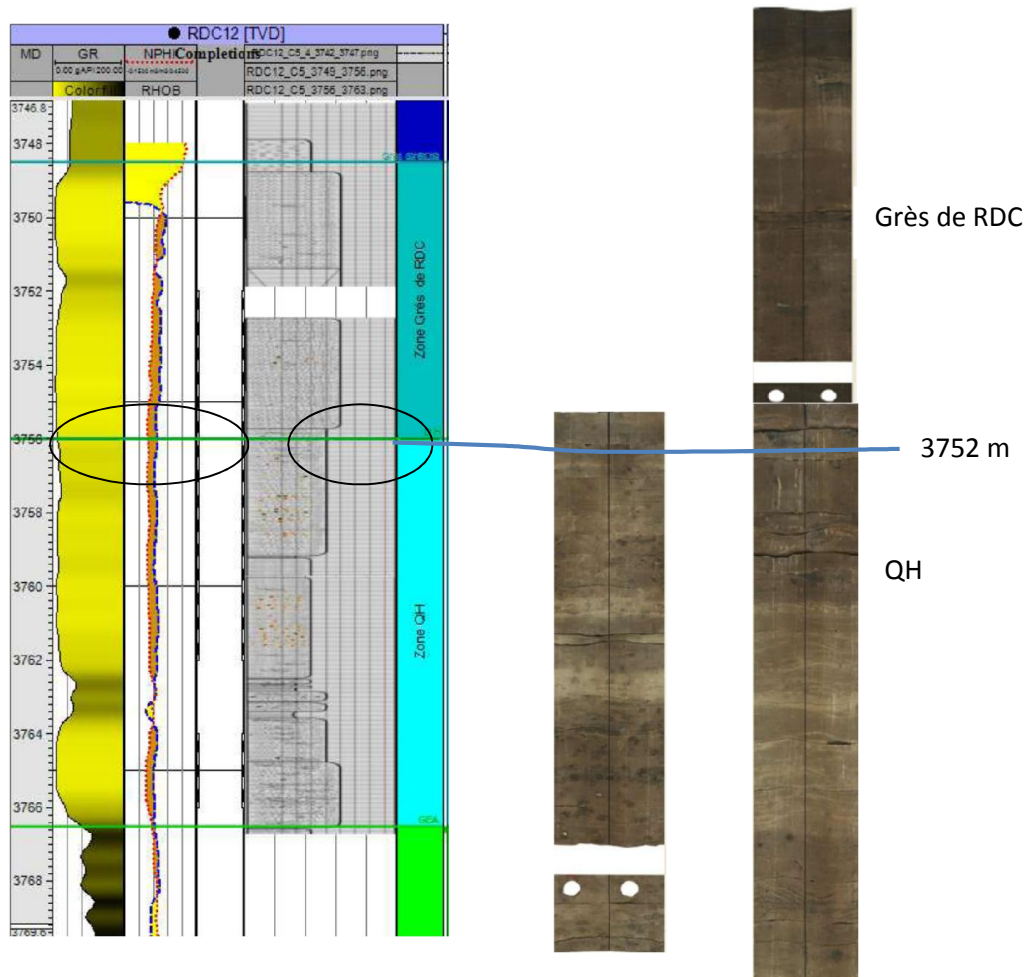


FIG.65 Résultats de diagraphe combinée avec les photos des carottes de puits RDC-12.

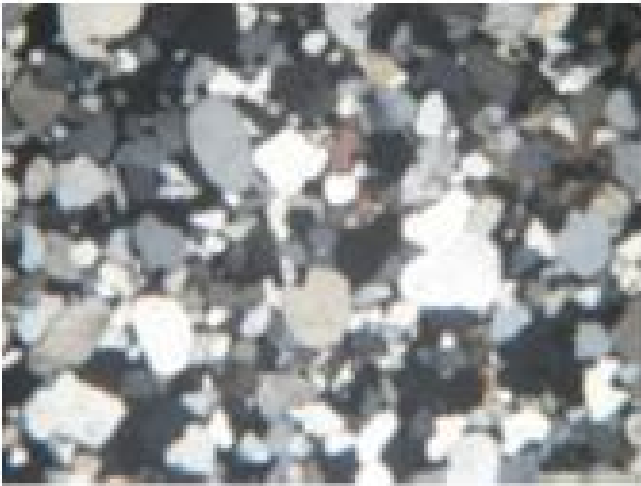


Photo: 09, Ipx2.



Photo: 10, Ima2.

FIG.66 Photos des lames minces au niveau de Grès de RDC des puits RDC-12 à la cote 3748 m.

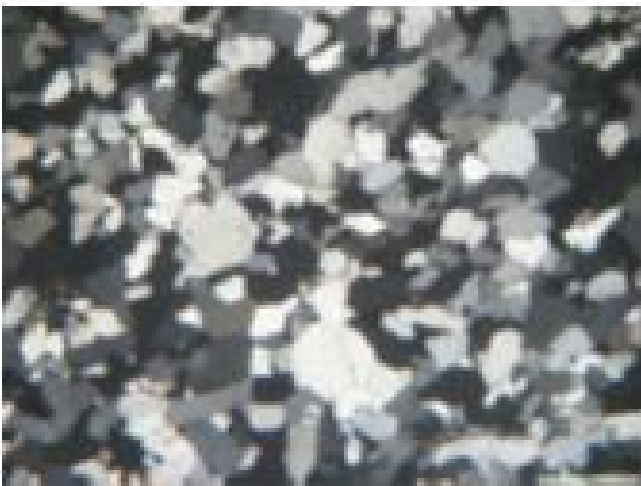


Photo: 11, Ipx2



Photo:12, Ipx2

FIG.67 Photos des lames minces au niveau de QH des puits RDC-12 à la cote 3751.60m (SONATRACH PED 2016).

Le tableau ci-dessous (Tab.04) résume graphiquement la distribution stratigraphique des trois réservoirs : T1, RDC et QH, d'où les résultats de la séparation (lame mince) entre les grès de RDC et les QH sont pris en considération dans les puits de la partie Ouest comme : RDC-9, RDC-12, RDC-15, RDC-4, et RDC-11.

Tableau.04 Synthèse sur la répartition des différentes formations au niveau du Rhourde Chegga.

Wells	RDC-1	RDC-1b	RDC-2	RDC-3	RDC-4	RDC-6	RDC-8	RDC-9	RDC-10	RDC-11	RDC-12	RDC-13	RDC-14	RDC-15	RDC-16
T1b															
T1a															
Gres RDC	✓	✓	✓	ABSENT	✓	ABSENT	✓	✓	✓	✓	ABSENT	✓	✓	ABSENT	✓
SIL															
GEG	✓	✓	✓	✓			✓	✓				✓	✓		
GO	NR	NR	✓	NR			NR	NR	✓			✓			
QH	NR	NR	NR	NR	✓	NR	NR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	NR
GEA					✓	NR	✓	NR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AEG					✓	NR	✓	NR	✓	✓	PP				
Ri-Ra					✓	NR			NR						
NR: Not Reached															
PP=Partially Penetrated															
RDC Sandstone Reservoir Thickness															
	Well developed														
	Moderate														
	Thin														
Erosion															
	Taconic Unconformity														
	Hercynian Unconformity														

V. Modélisation :

V.1. Découpage stratigraphique :

La figure au-dessous représente une corrélation entre deux puits où l'intervalle vertical a été subdivisé en deux parties :

-Formations Triasiques : comprend deux réservoir : grès du RDC et T1 qui est en lui-même subdivisé en deux sous réservoirs T1-a et T1-b. une zone non-réservoir volcan-sédimentaire de la série inférieure sépare ces deux niveaux réservoirs.

On signale que le T1 est affecté par la discordance hercynienne d'une manière importante vers l'Ouest (Fig.68).

-Formations du Paléozoïque (Ordovicien) : se composent du quartzite de Hamra déposé sur tout le champ. Dans la partie Ouest, l'érosion hercynienne est plus intense où le QH est en contact direct avec le grès du RDC. Cependant, il est séparé du Trias par la formations de l'Ordovicien supérieur (unité-III-IV) dans la partie Est. De cet effet le réservoir QH n'est pas considéré comme un objectif, vu que le silurien est trop épais et complet avec un plan d'eau plus élevé (fig.68).

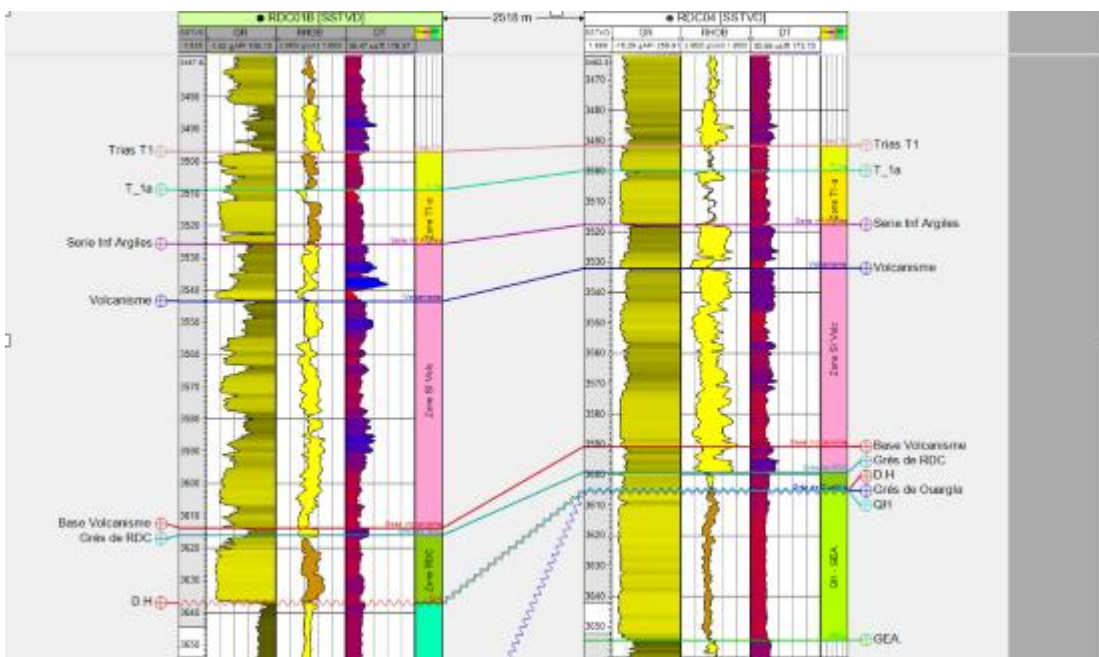


Fig.68 Subdivision stratigraphique des puits RDC-01bis et RDC- 04

V.2. Corrélations et distributions des réservoirs :

Réservoir T1 :

Pour mieux comprendre la répartition de réservoir T1 ainsi que la variation de son épaisseur, une corrélation entre 8 puits a été effectuée dans des directions différentes suivant l'interprétation de la carte isopâques :

-le réservoir T1, à la fois T1-a et T1-b, est présent dans tous les puits, avec une épaisseur varie entre 20 à 30m. Il est plus épais dans le Nord dont l'épaisseur maximale est marquée dans le puits RDC-12 (38m).

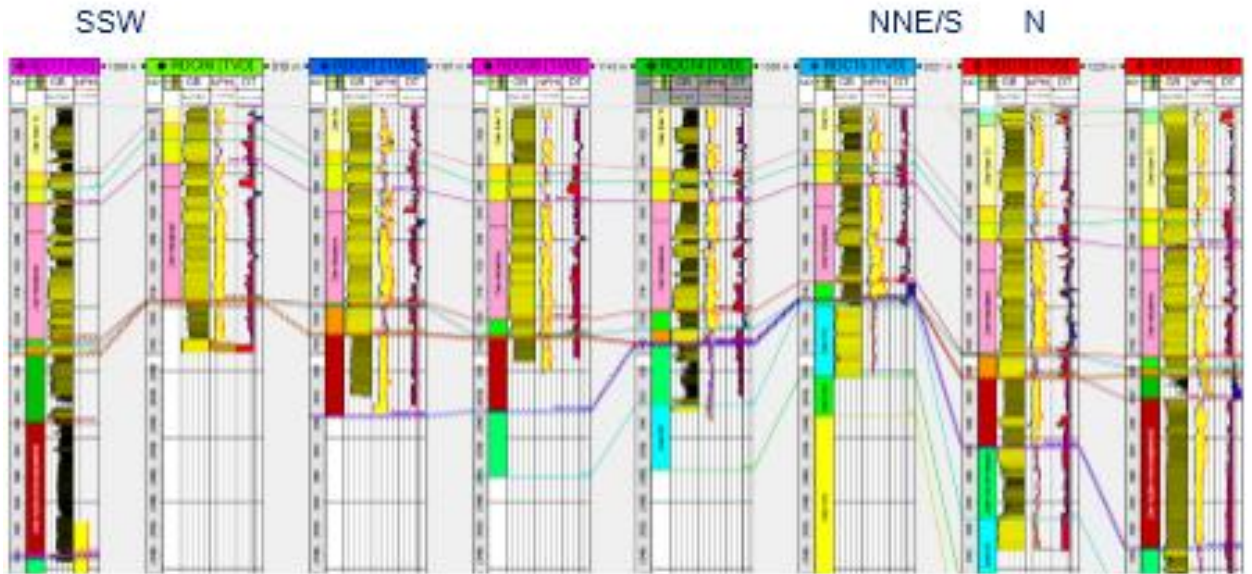


Fig.69 Corrélation entre plusieurs puits de reservoir T1.

Réservoir de grès du RDC :

La corrélation faite à travers 4 puits (Fig.70), fait ressortir que les grès du RDC apparaît de différentes épaisseurs suivant de la position du puits par rapport au chenal.

Les grès du RDC sont présents dans RDC 09, RDC-12 et RDC16, l'épaisseur maximale est observée au niveau de puits RDC-1bis atteint 21m (Fig69.)

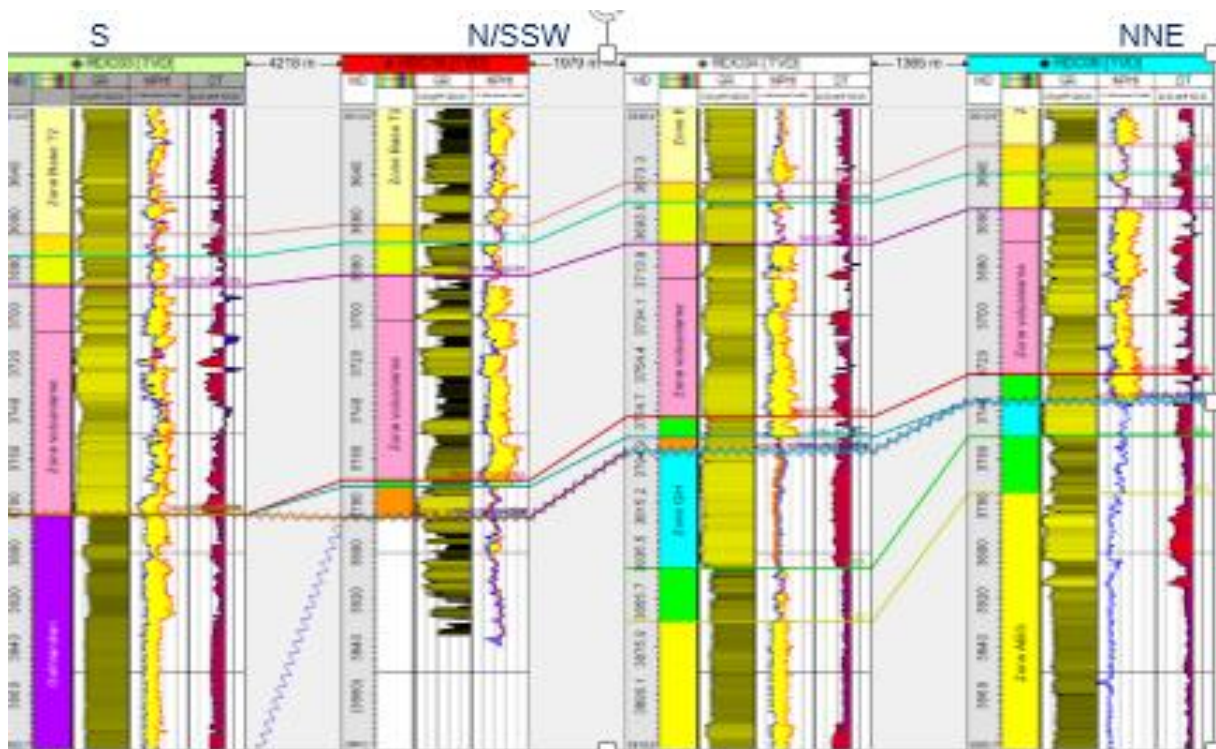


Fig.70 corrélation montre la présence de Grès du RDC dans les puits RDC-9 et RDC-4

Réservoir de Quartzite de Hamra :

Pour le réservoir des QH, la corrélation montre la présence de ce niveau dans 8 puits, il est partiellement atteint par ces derniers dans la partie la plus profonde du champ, l'épaisseur maximale est rencontrée dans les emplacements dite structurellement élevés (Fig.71), il atteint 50 et 57m dans les puits RDC04 et RDC-15 ; la formation QH est conservée dans le Nord et érodé dans le Sud et le Sud-ouest sous l'effet de la discordance hercynienne.

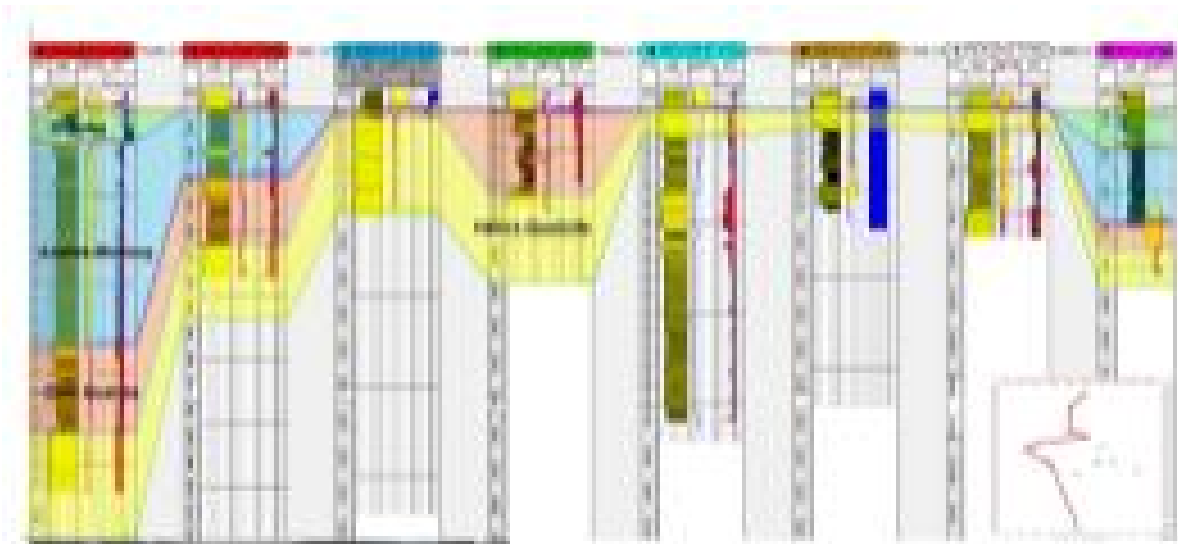


Fig.71 corrélation entre plusieurs puits de réservoir du QH.

V.3.Modélisation structurale :

La coupe suivante représente les différents tops des horizons de réservoir : T1, DH et le top de QH ; ces derniers sont modélisé pour but la compréhension de la variation d'épaisseur (Z) en 3D entre les niveaux étudiés pour donner la forme la plus proche.

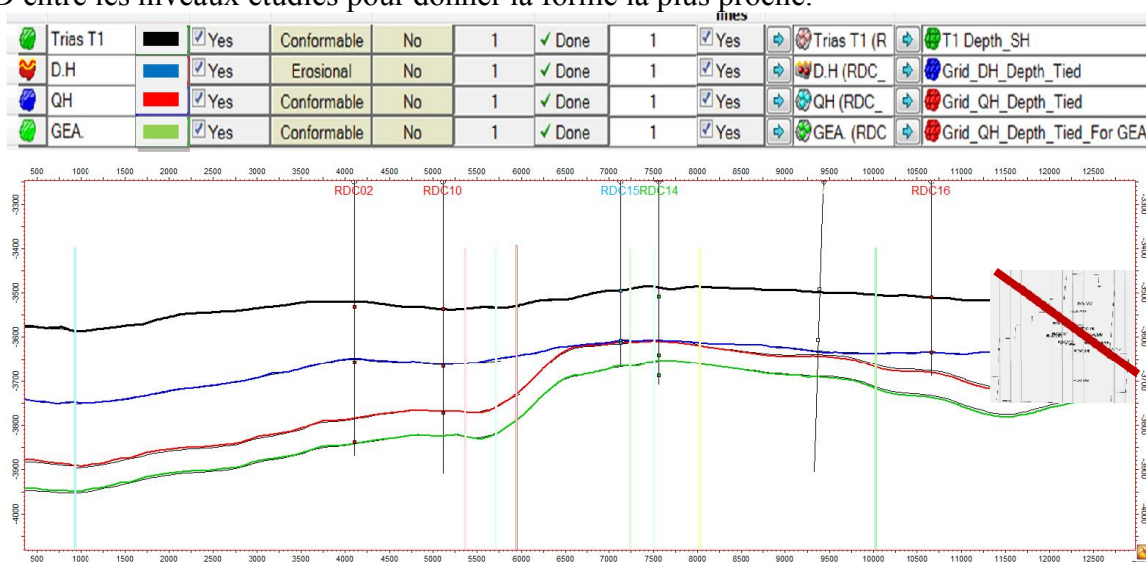


FIG.72 Coupe représentative les Tops de DH et QH et top de T1 ainsi que le GEA.

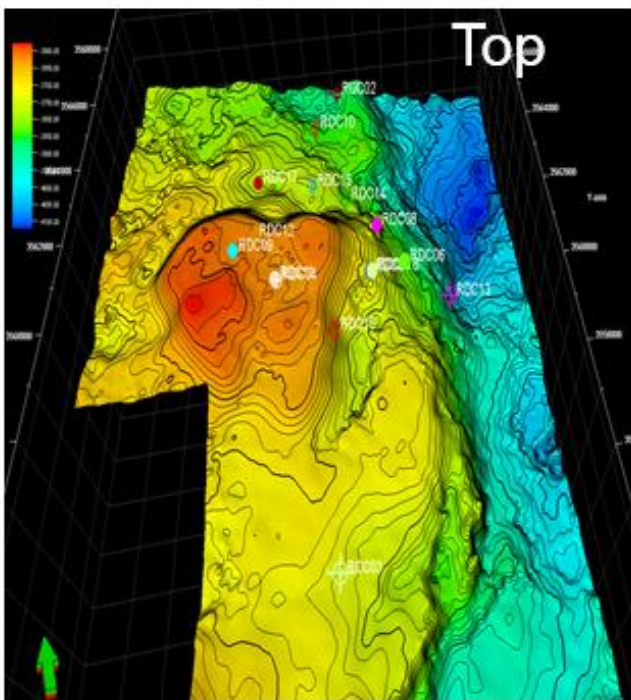


Fig.73 Horizon de top de réservoir QH.

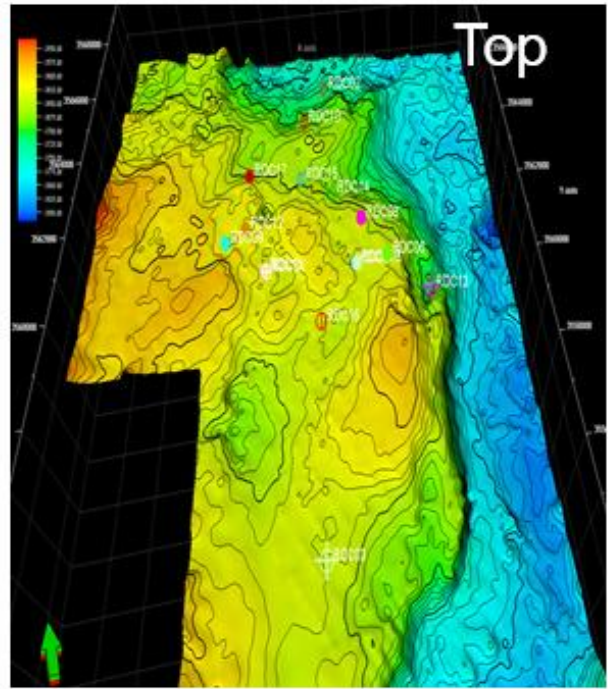


Fig.74 Horizon de top de la DH.

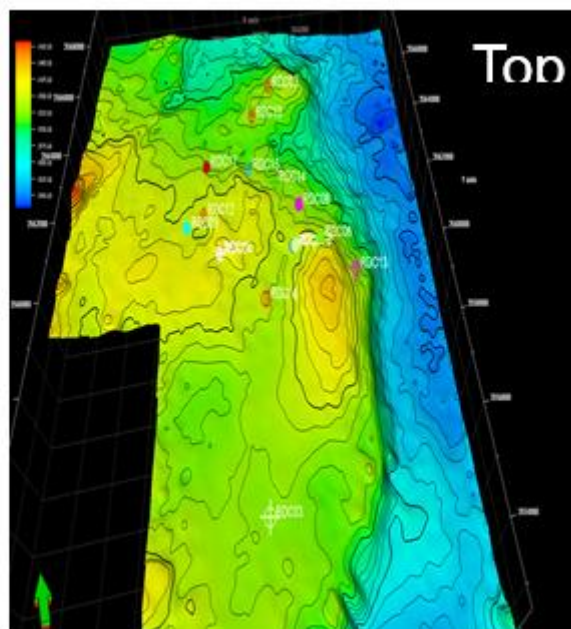


FIG.75 Horizon de top de réservoir T1

V.3.1. Zones des réservoirs (Make zone): Le modèle structural de champ du Rhourde Chegga comprend 04 zones réservoirs et deux zones non réservoirs (fig.76)

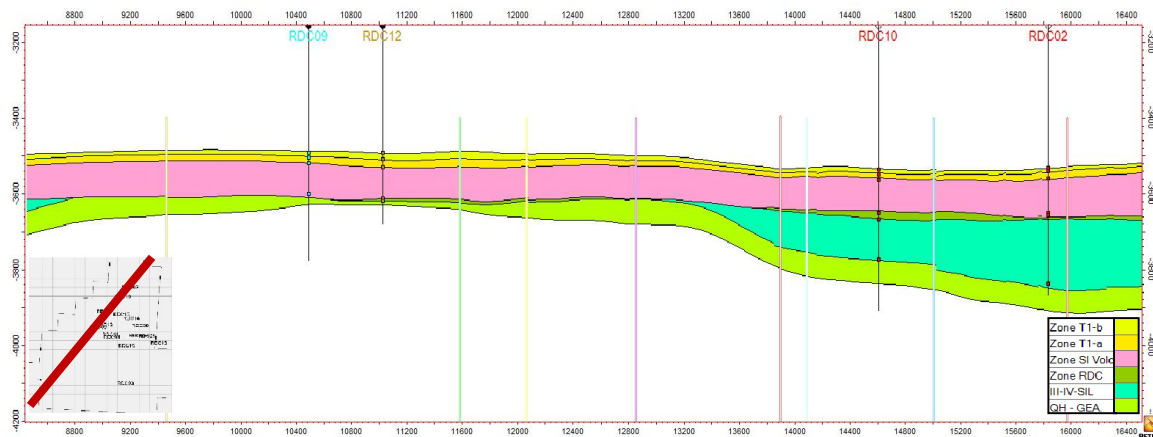


FIG.76 Zones des réservoirs.

V.3.2. Model 03D des Layer :

Le processus Make Layer permet de définir la résolution verticale finale de la grille en définissant l'épaisseur de la cellule où le nombre des couches des cellules. Les figures au-dessous représente le modèle de layer, avec un pas de 0.5m pour les zones réservoirs comme (T1-a, T1-b, Grès du RDC, QH), cependant les zones non réservoirs ne sont pas prend en considération.

Zone T1-b	<input checked="" type="checkbox"/>	Yes	Follow top	Cell thickness:	0.50
Zone T1-a	<input checked="" type="checkbox"/>	Yes	Follow top	Cell thickness:	0.50
Zone SI Vo	<input checked="" type="checkbox"/>	Yes	Proportional	Number of layers:	1
Zone_RDC	<input checked="" type="checkbox"/>	Yes	Follow top	Cell thickness:	0.50
III-IV-SIL	<input checked="" type="checkbox"/>	Yes	Proportional	Number of layers:	1
QH - GEA	<input checked="" type="checkbox"/>	Yes	Follow base	Cell thickness:	1.00

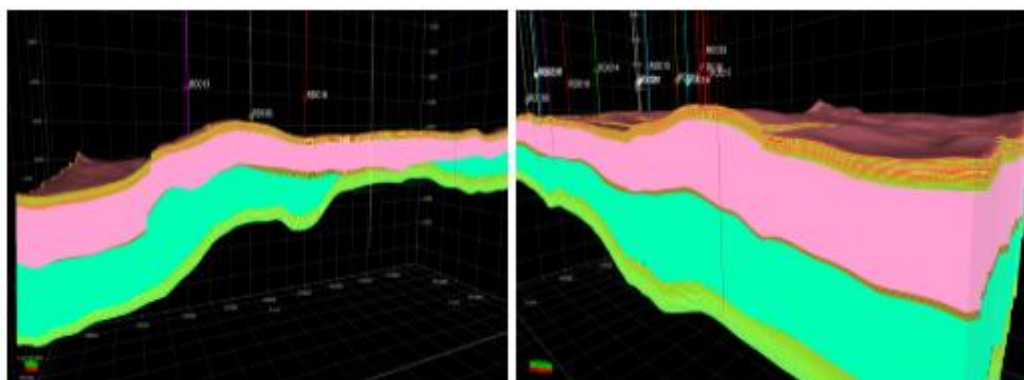


FIG.77 Model 03D des horizons étudiant de champ du RDC.

Les résultats de la modélisation structurale de champ du RDC réalisée à partir de l'interprétation de la sismique 2D et d'autres données (les puits), permet de visionner les failles en 3D ainsi que les différents horizons et zones. L'analyse structurale montre que la structure de champ du RDC affecté par deux réseaux des failles, d'orientation NE-SW et NNW-SSE toute fois, la direction est NE-SW est prédominante les failles du champ sont 23 failles représentent dans le modèle avec un pendage verticales à sub-verticales.

v.4. Modélisation des faciès :

1- les électro-faciès et up- scaling de ces faciès:

Résultats et Discussion

Le tableau suivant représente la légende de huit électro-facies créés suivant la description des carottes et l'étude pétrographique, ces derniers sont utilisés dans les étapes de la modélisation. On a attribué les noms de chenal1, 2, 3, et 4 pour différents faciès de Grès du RDC et T1. Tableau.05 légende des faciès utilisés dans la modélisation.

Code	Name	Background
0	Volcanics	
1	Medium Grained SST with XS and Hz Laminations	Chenal1
2	Massive medium to coarse Grained SST	Chenal2
3	Fine grained SST with XS and Hz Lamination	Chenal3
4	Very Fine SST, with mud clasts and draps	Chenal4
5	Siltstones	-
6	Shale	Fp
7	Carbonates	-
8	volcano-clastics	-

Une mise en échelle (up-scaling) des résultats des électro-facies a été faite les logs suivants :

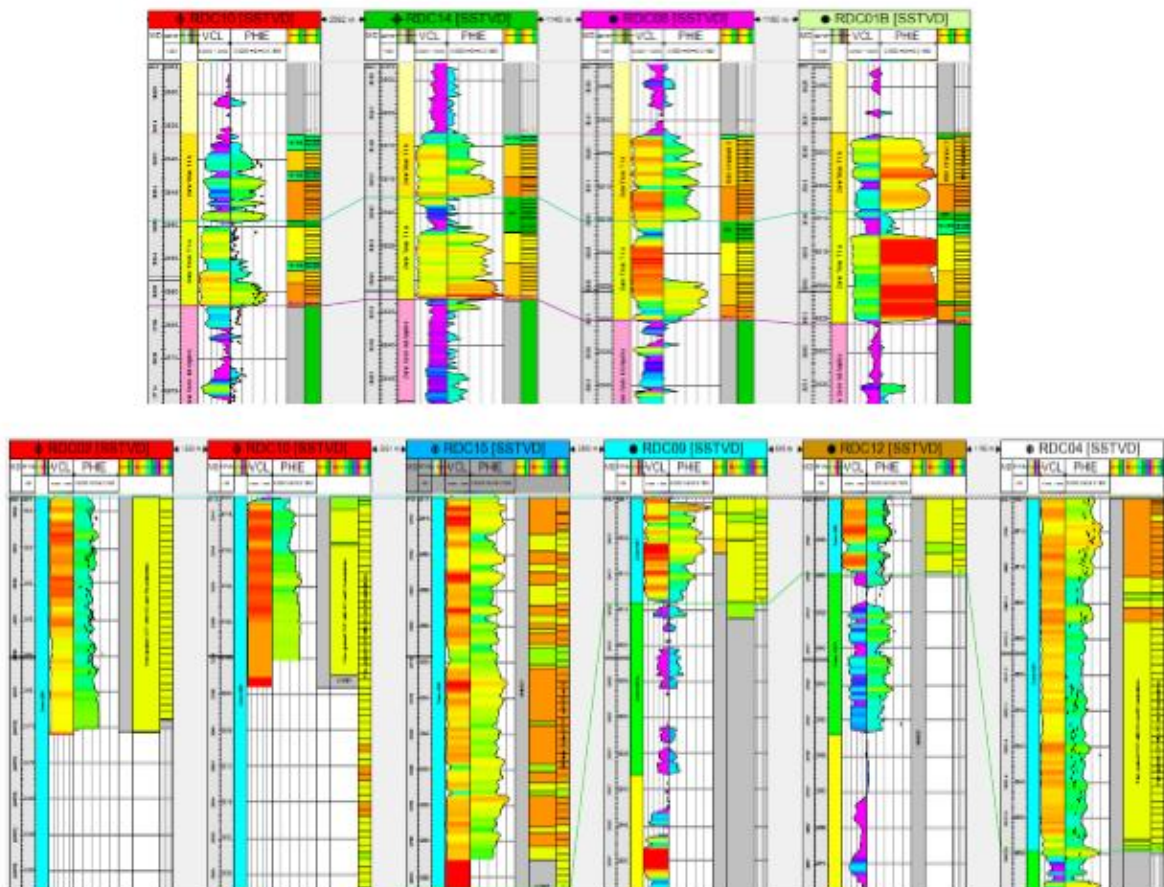


FIG.78 Logs up-scaled au niveau de réservoir de T1 et la zone de DH.

Le résultat de la modélisation des faciès des différents réservoirs de cette région montre que :

V.4.1. Réservoir T1 :

a-Réservoir T1-b: la distribution des faciès au niveau de **layer 1** est caractérisée par l'abondance des grès massifs moyens avec une stratification et lamination horizontale dans la partie Ouest où se situent les puits RDC-12 et RDC-09. Le faciès argileux (shale) vient en deuxième place, caractérisant la plaine d'inondation (fig.79).

Dans le Layer 12, les grès moyens apparaît comme le faciès le plus dominant sur tout dans le centre de chenal au voisinage du puits RDC-16, ainsi que la partie Nord près des puits RDC-02 et RDC-10. La partie basale (sud) est marquée par une mauvaise répartition de deux faciès précédents (lieu du levé)

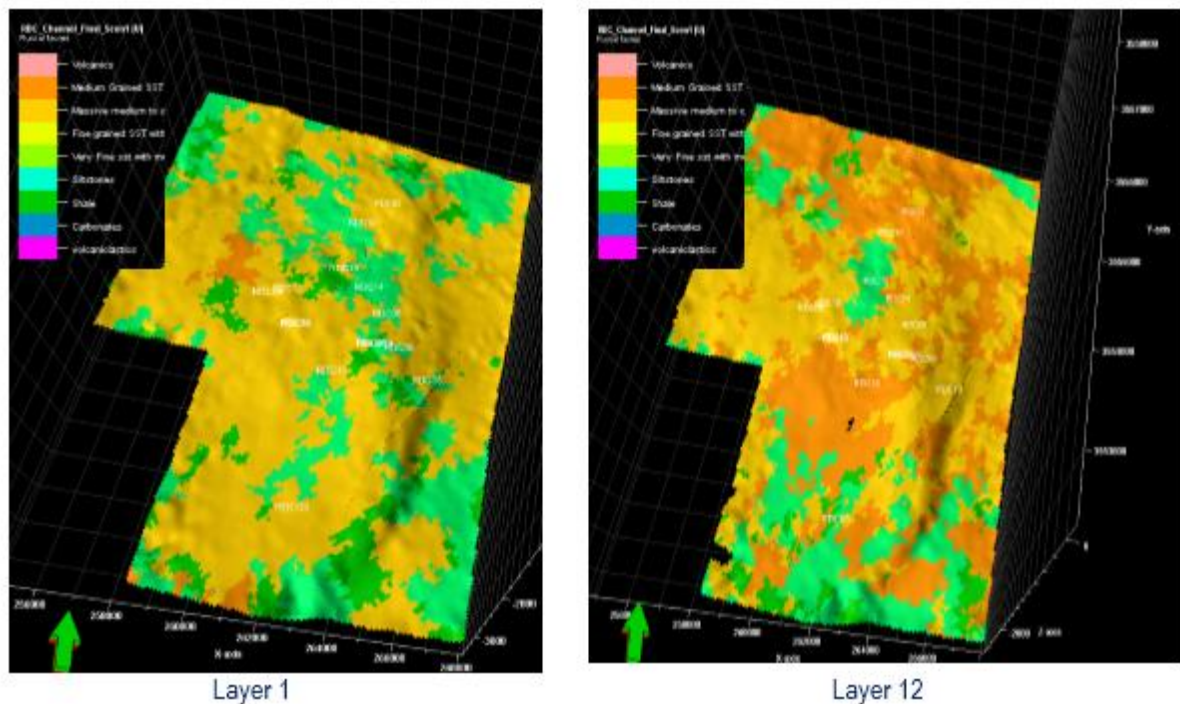


Fig.79 Modèle de distribution des faciès au réservoir de T1-b.

b- Réservoir T1-a :

- **layer 61** : dans la partie Ouest, la répartition des Grès moyen (chenal1) est plus dominante. Au niveau des puits RDC-12, RDC-09, on observe l'abondance de grès massif moyen (chenal 2) au centre dans le puits RDC-01bis, En allant vers l'Est on retrouve le grès du chenal 1 dans les puits RDC-08 et RDC-06(Fig.80).

- **layer 54** : la partie centrale est caractérisée par des grès massifs moyens (RDC chenal 2), aux niveaux des puits, RDC-14 et à l'Est dans le puits RDC-08. Autrefois ce faciès est absent aux alentours des puits RDC-16, RDC-13 et RDC-03 qui se trouvent dans la plaine d'inondation.

Remarque : on remarque que la distribution de faciès de T1-a modélisé se conforme beaucoup plus avec les données réelles des puits forés.

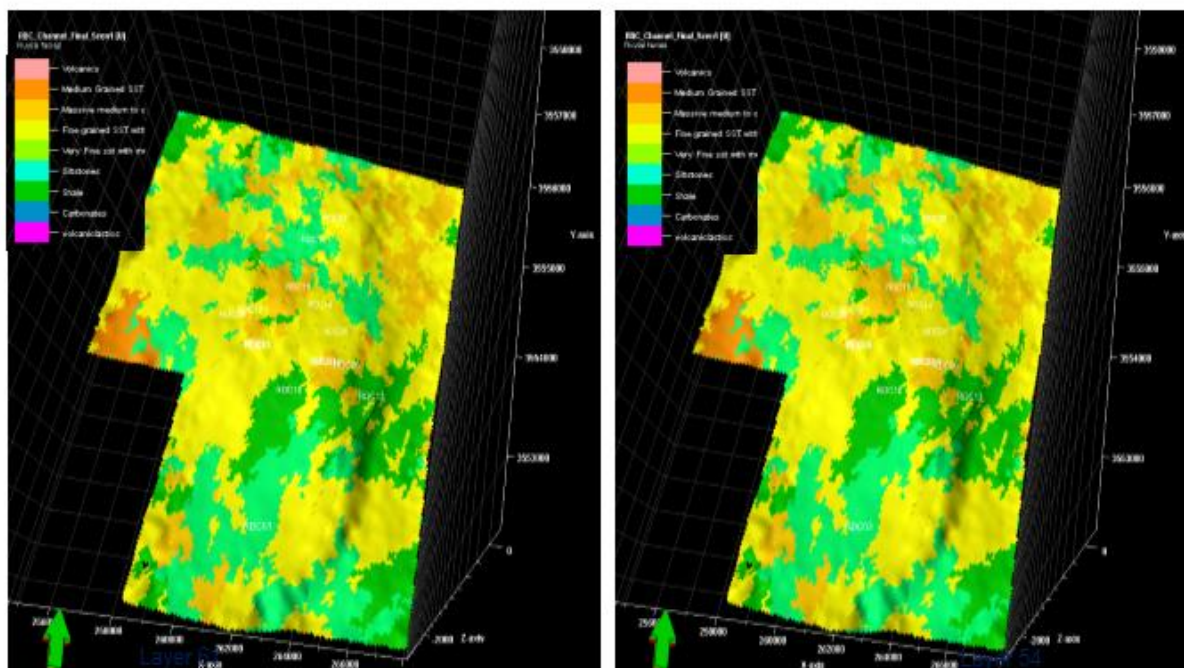


Fig.80 Modèle de distribution des faciès au réservoir T1-a.

V.4.2. Réservoir de Grès du RDC :

Pour étudier la distribution latérale des faciès du chenal de Grès de RDC, on a ressorti 03 scénarios, établis a partir des données géologiques et sismiques :

1^{er} scénario :

- **layer 95** : L'abondance de grès du RDC dans la partie centrale (RDC-1bis), au Nord (RDC-10) et à l'Est du champ (RDC-13). Ce faciès est absent dans les puits RDC-14, RDC-06 et RDC-03 laissant la place au dépôt d'argiles de la plaine d'inondation.
- **layer 100** : Le grès du RDC est le plus dominant dans la partie centrale (RDC-14) et l'Ouest de chenal (RDC-09 et RDC-12) aussi que la partie basale et Nord (RDC-10) et on remarque la présence des argiles dans le puits RDC-15.
- **layer 114** : Dans layer 114, on observe qu'il ya une absence de dépôt de grès dans nombreux puits (RDC-15, RDC-14, RDC-08, RDC-1bis, RDC-06, RDC-13 et RDC-03). La présence de ce dépôt en chenal apparait au Nord au niveau du RDC-10 et l'Ouest dans les puits RDC-09 et RDC-12.

Scenario1

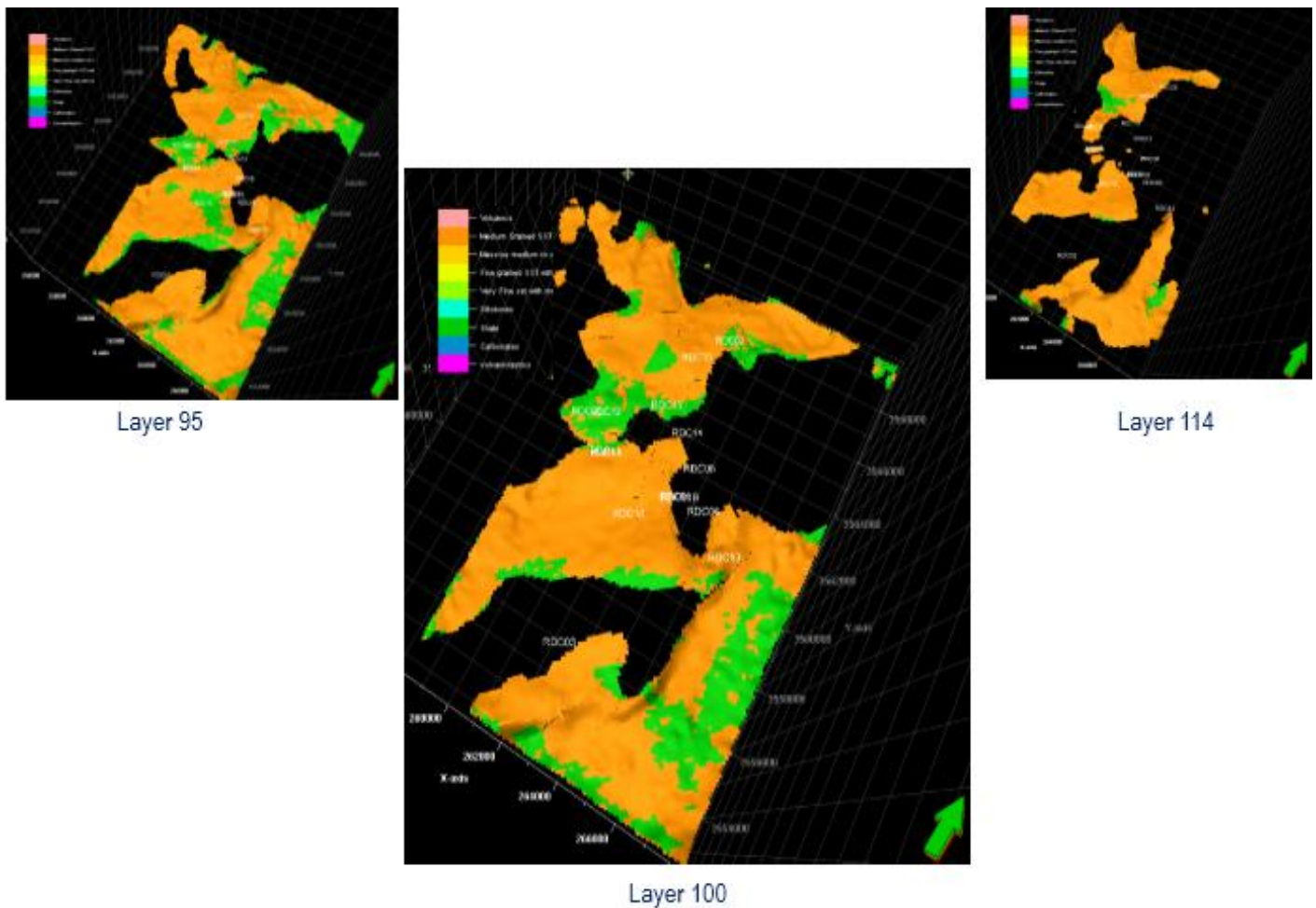


Fig.81 Modèle de distribution des faciès de grès du RDC scenario1.

2^{eme} scénario :

La distribution des faciès du chenal de Grès du RDC se fait en trois layers (fig.82) :

- **layer 97** : Visuellement, on remarque une abondance de grès du RDC au Nord vers les puits RDC-02 et RDC-10 et dans la partie centrale (RDC-14). On remarque aussi une séparation entre la partie centrale et l'Ouest de chenal par une barrière stratigraphique de direction NNE-SSW (fig.82).

- **layer 100** : la barrière stratigraphique subdivise les grès du RDC en deux parties : la première occupant les puits RDC-08, RDC-14 et RDC-1bis, et la deuxième renferme les puits RDC-15, RDC-10, RDC-02 et RDC-12 (fig.82).

- **Pour layer 114** : Dans ce layer, le grès du RDC est le plus dominant que les argiles de la plaine d'inondation dans la totalité de réservoir (RDC-15, RDC-10 et RDC-02 et RDC-12). Un manque de ce dépôt est remarqué sur les puits suivants (RDC-14, RDC-08, RDC-06, RDC-13).

Scenario-2

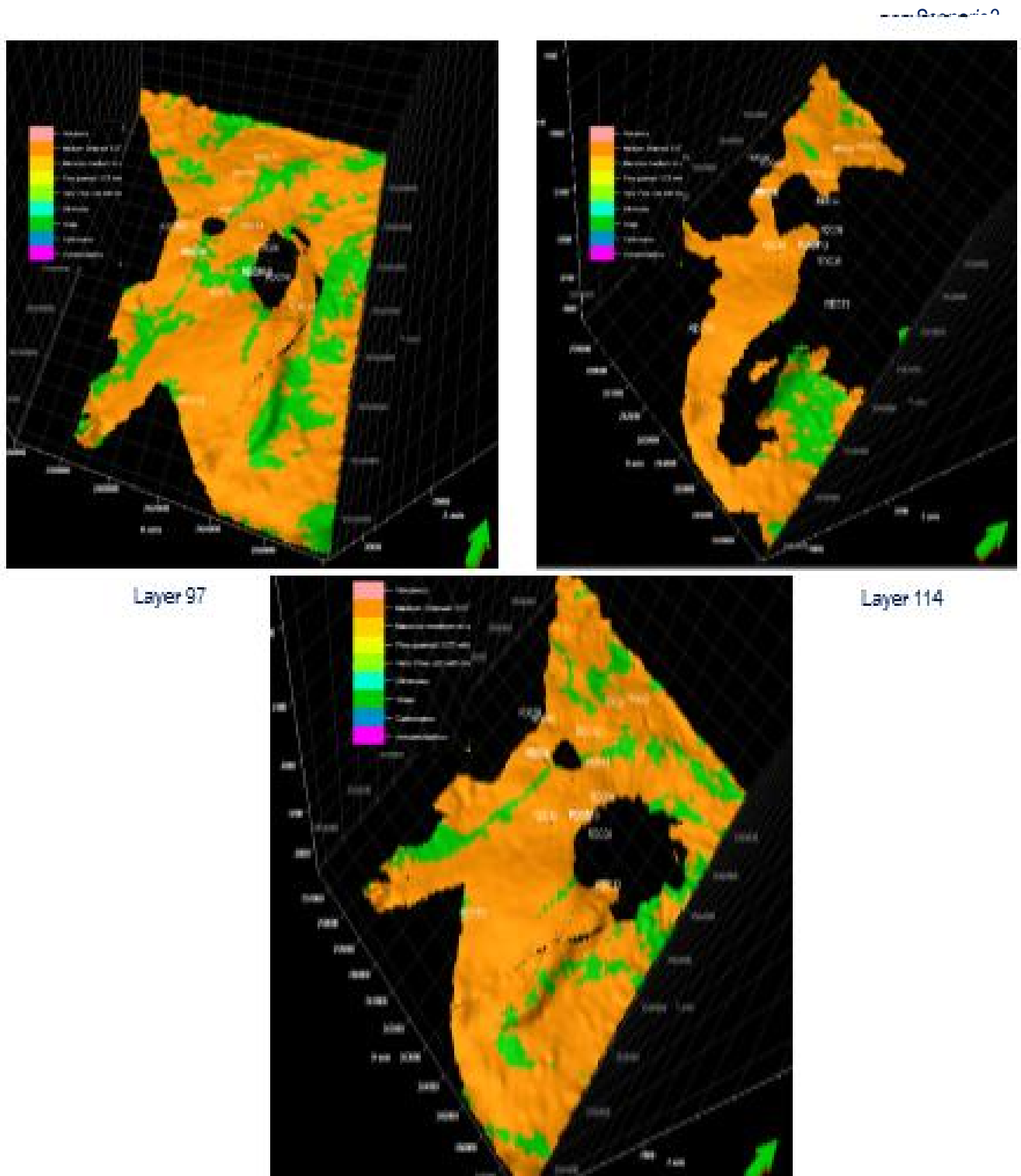


Fig.82 Modèle de distribution des facies du grès du RDC de scenario2.

3^{ème} scénario :

-**Layer 97** : On observe que le Grès du RDC de chenal 1 est le plus dominant au Nord (RDC-02, RDC-10), et l'Est (RDC-08), ainsi que la partie centrale (RDC-01bis). L'argile de la plaine d'inondation est présente en couleur verte au niveau de deux puits : RDC-15 et RDC-03.

- **Layer 109** : Dans le layer 109 on a les Grès du RDC du chenal 01 qui domine presque dans tous les puits. Ce résultat n'apparaît pas logique avec la réalité

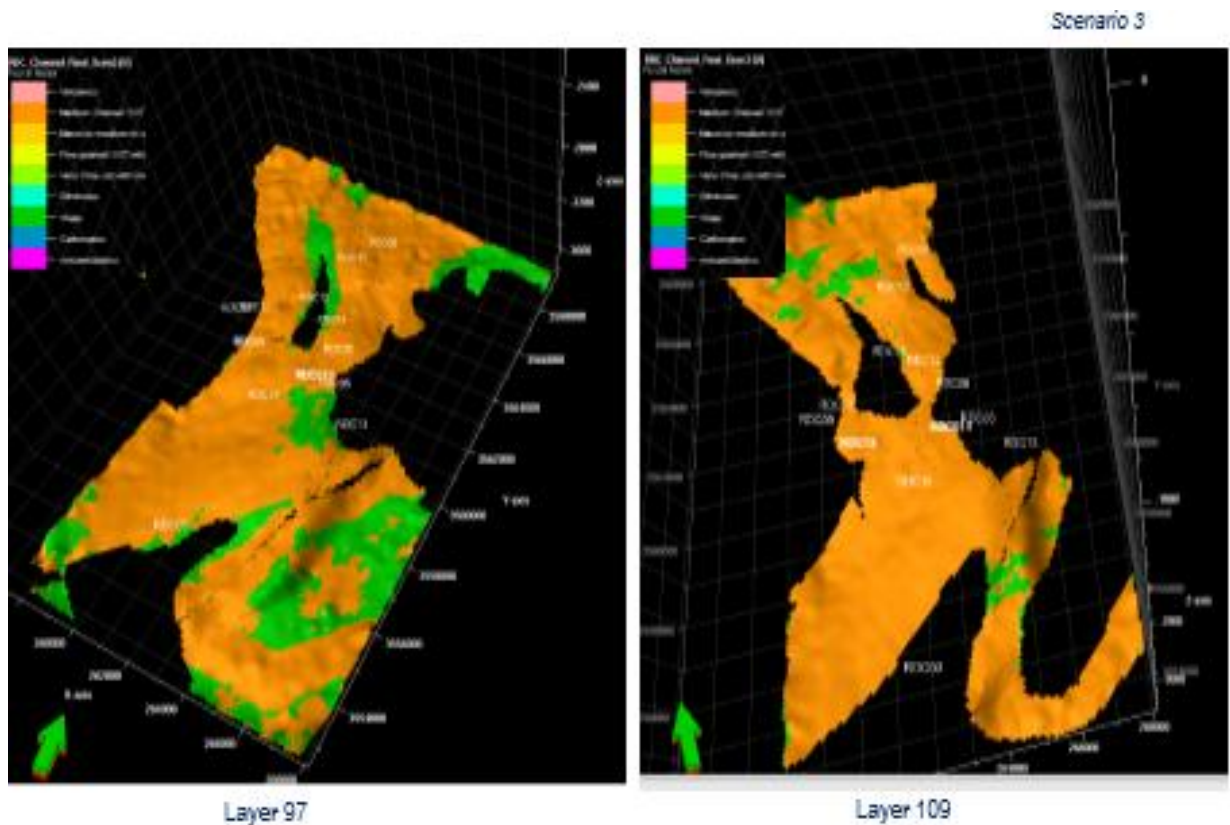


Fig.83 Modèle de distribution des facies de grès du RDC scénario 3.

V.4.3. Réservoir de Quartzite de Hamra :

Le réservoir de Quartzite de Hamra se représente en deux layer.

Layer 249:

On remarque la présence de grès à des grains moyens avec une stratification entre croisé et des laminations horizontales dans la plus part des puits (RDC-16, RDC-14, RDC-8, RDC-1bis, RDC-06 et RDC-02) et des grès fin avec une stratification entrecroisée et horizontale vers le puits RDC-10.

Layer 239 :

On a des grès massives à grossiers dans la partie centrale (RDC-16, RDC-13 et RDC-15). Et des grès fin à une stratification entrecroisée et lamination horizontale (RDC-02, RDC-10, RDC-14, RDC-08, RDC-06, RDC-12 et RDC-04).

Remarque : En comparant à la réalité terrain, le scénario N° 02 de la distribution de facies de chenal de grès du RDC apparaît plus ou moins proche aux données réelles.

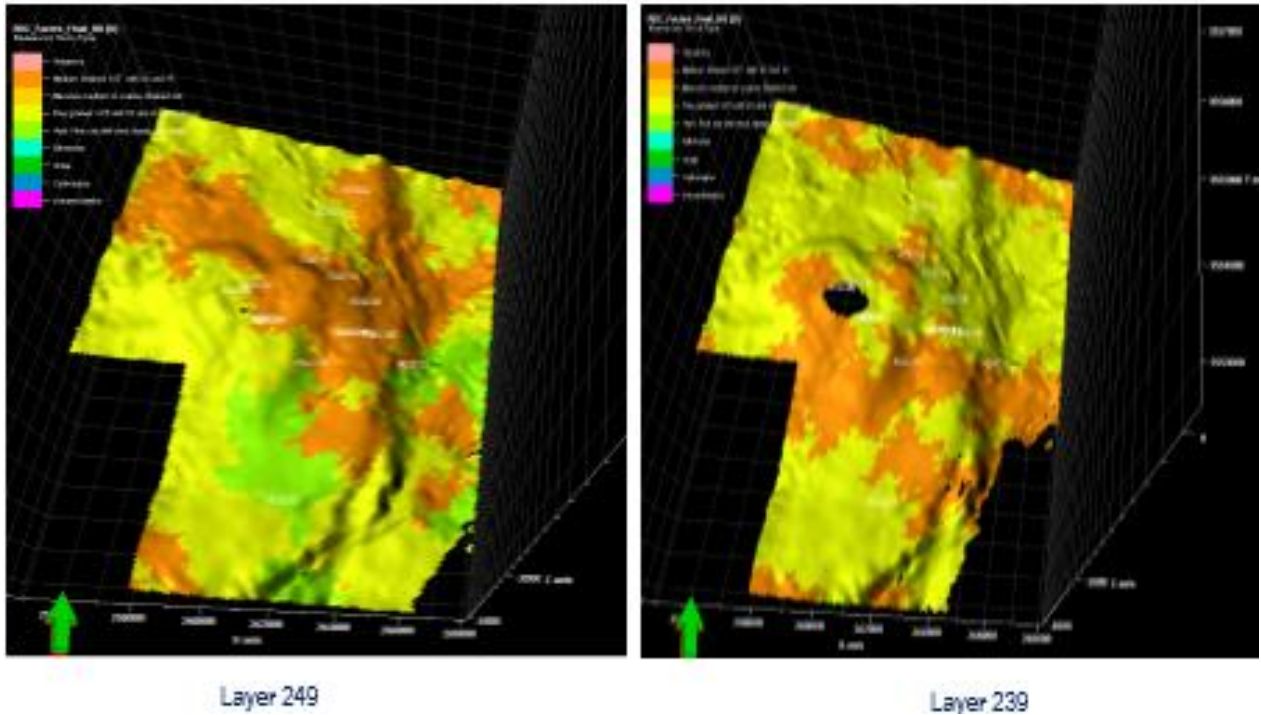


Fig.84 Modèle de distribution des faciès au réservoir de QH.

V.5 Modélisation des rocks types :

On s'intéresse particulièrement aux Grès du RDC, les figures montrent une bonne coïncidence entre les Rocks Types des logs up-scaled.

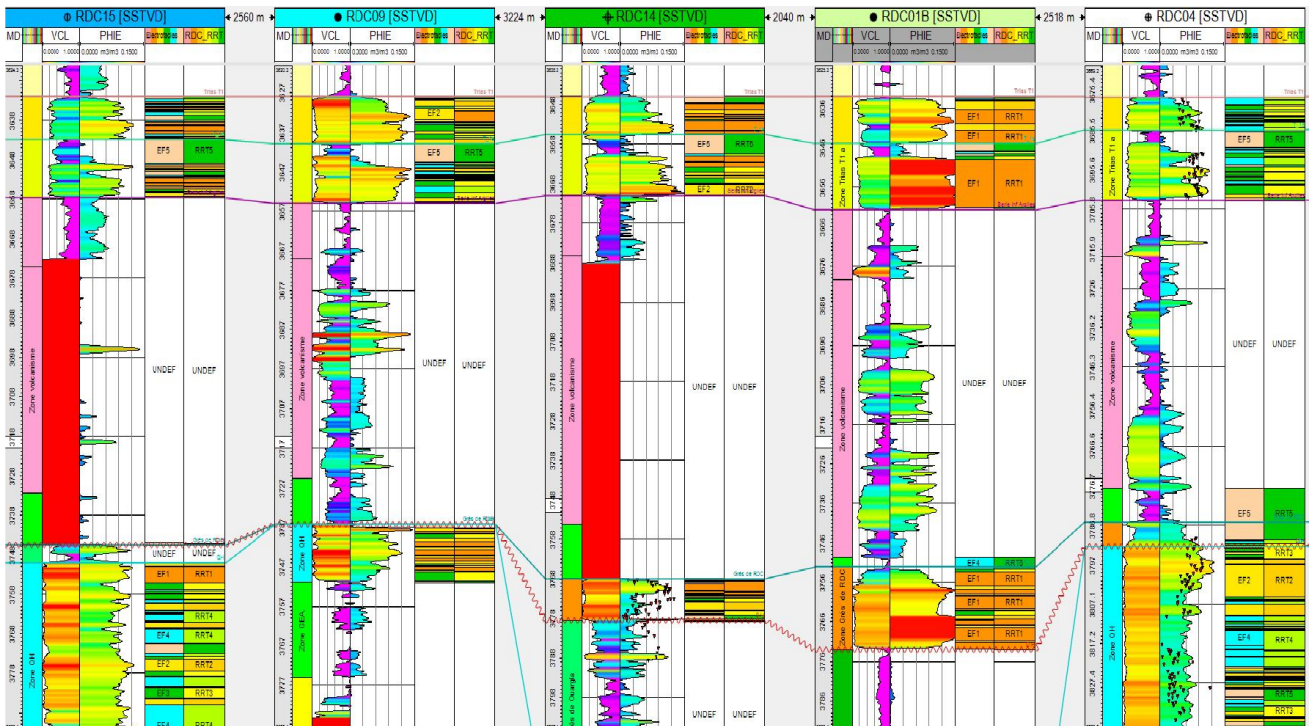


Fig.85 Logs de distribution des rocks types aux niveaux des réservoirs de T1, Grès du RDC et QH.

V.5.1. Résultats de la modélisation de rock typing (RRT) :

Les figures ci-dessous montrent la répartition des rocks types pour les réservoirs T1, Grès du RDC et du Quartzite de Hamra caractérisée par des faciès Grès nets.

V.5.2. Distribution de RRT au niveau de Réservoir T1 :

-Unité T1-b :

layer 1 :

ce réservoir est caractérisé par l'abondance de RRT1 de bonne porosité et perméabilité dans la partie Ouest (RDC-09 et RDC12). La RRT5 caractérise la plaine d'inondation (RDC-14) traduit la caractéristique d'une argile (bonne porosité et faible perméabilité). RRT2 et RRT3 sont apparait rarement dans l'ensemble des puits (RDC-16).

layer 12 :

on observe que la RRT1 et le RRT5 sont les plus dominantes, on les trouve dans la partie Ouest aux alentours des puits RDC-9 et RDC-12. La RRT est bonne dans la partie Est où se trouve le puits RDC-13 et moyenne à faible vers la partie sud au niveau de puits RDC-3.

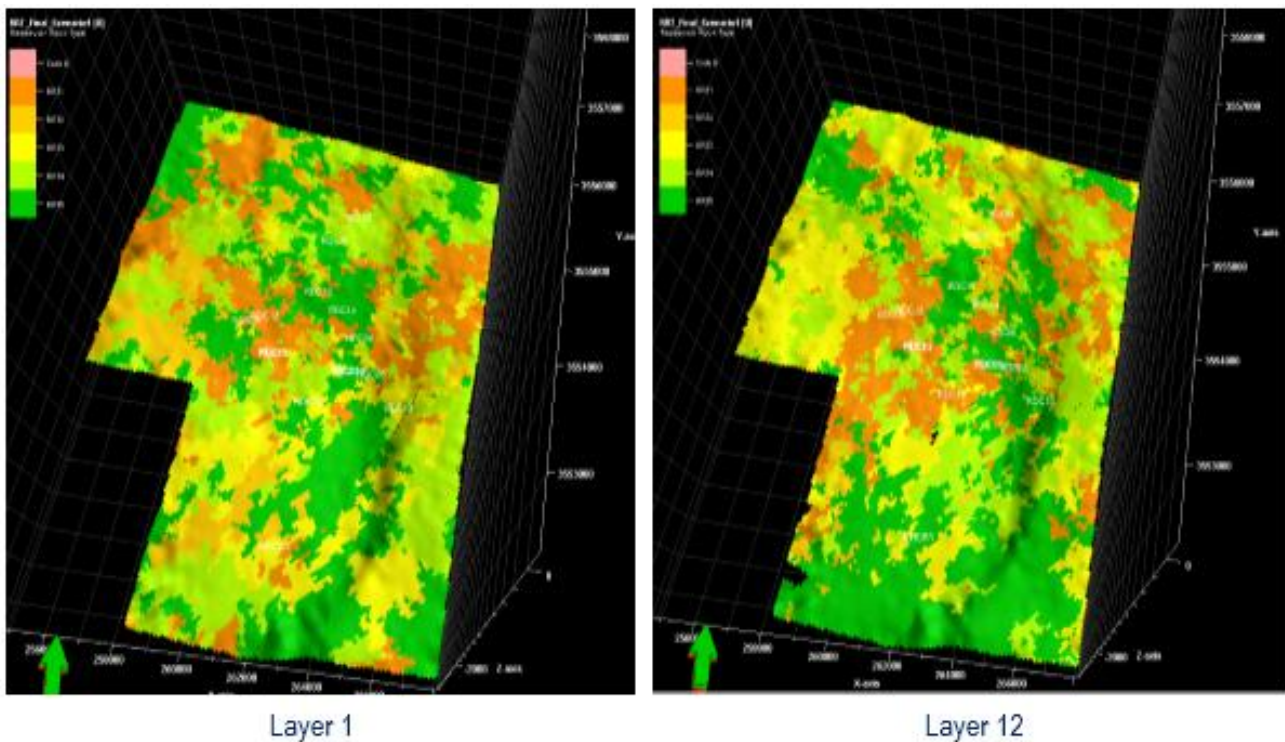


Fig86. Model de la distribution de rock type au niveau de réservoir de T1-b .

-Unité T1-a :

- layer 61 :

On observe que la RRT1 et la RRT3 sont les rocks types les plus dominants, présentant des bonnes à moyennes répartition des paramètres pétrophysiques (RDC-14, RDC-1bis, RDC-12, RDC-9 et RDC-4)

-Layer54 :

Ce layer est dominé par un mauvais rock type. La RRT5 est présente dans la majorité des puits (RDC-13, RDC-16 RDC-8). La RRT4 caractérise les puits RDC-2, RDC-10, RDC-3 et RDC-15. La RRT1 apparait seulement au niveau de RDC-12. On peut dire que le réservoir T1 est caractérisé par une argilosité élevée.

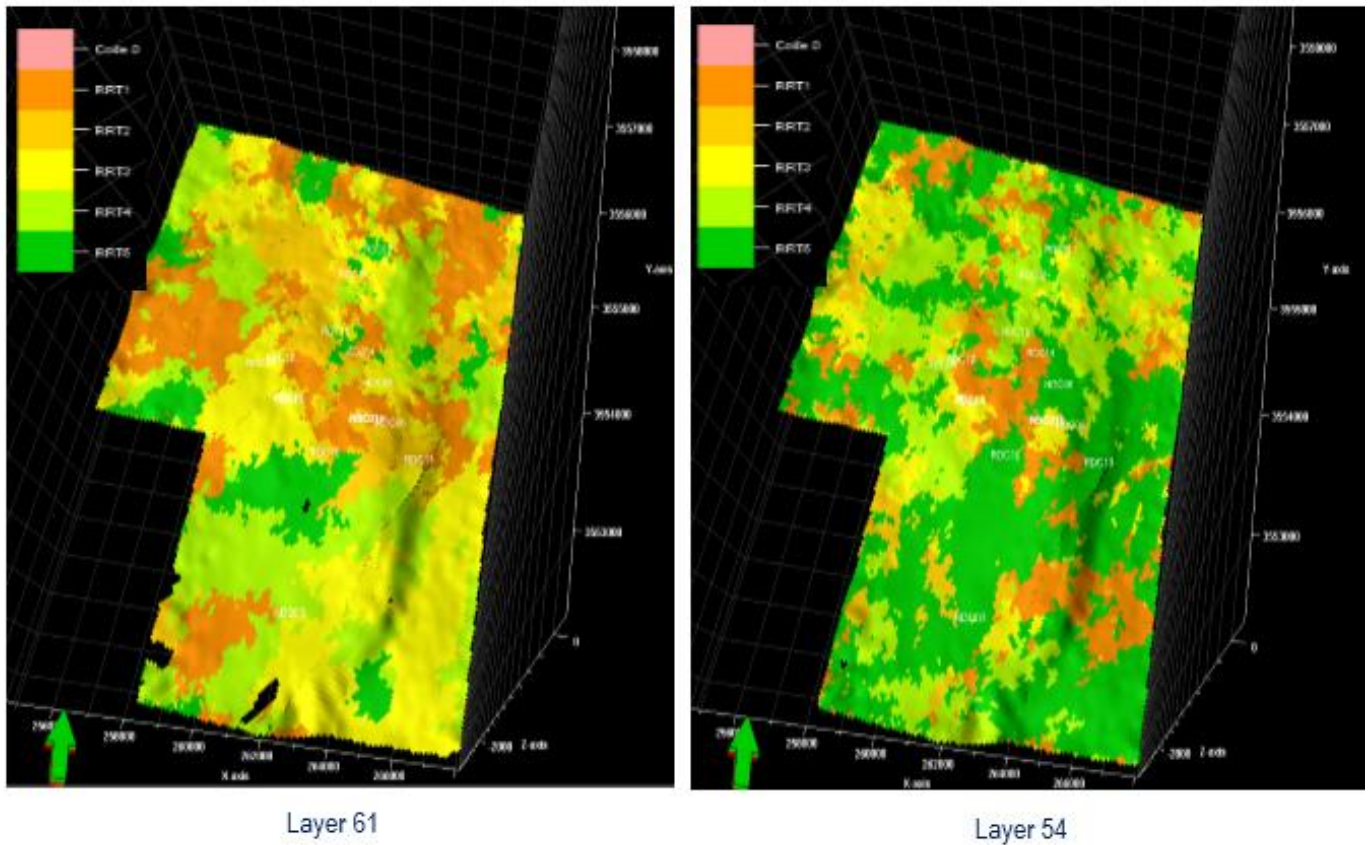


Fig.87 Model de la distribution de rock type au niveau de réservoir de T1-a .

V.5.3. Distribution de RRT au niveau de Réservoir de Grès du RDC :

Scénario 1

- **Layer 96** : Présente généralement un bon rock type. On note la présence de RRT1 au centre (RDC-1bis), et dans la partie sud (RDC-16). En même on trouve RRT2 dans la partie Ouest (RDC-12 et RDC-9). Un mauvais rock type caractérise la partie basale occupée par la plaine d'inondation (RDC-3).

- **Layer 100** : Les deux parties centrale et Ouest ont un bon rock type.

La RRT1 et la RRT2 sont présentes dans les puits RDC-12, RDC-09 et RDC-16 respectivement. Cependant, la répartition est mauvaise au niveau du puits RDC-3

- **pour layer 114** : Dans ce cas on a la présence de RRT1 dans la partie centrale (RDC-1bis). Le même type est rencontré avec RRT3 de moyenne qualité dans le Nord et exactement dans les puits RDC-10 et RDC-02, la partie Sud est caractérisée par des mauvaises propriétés.

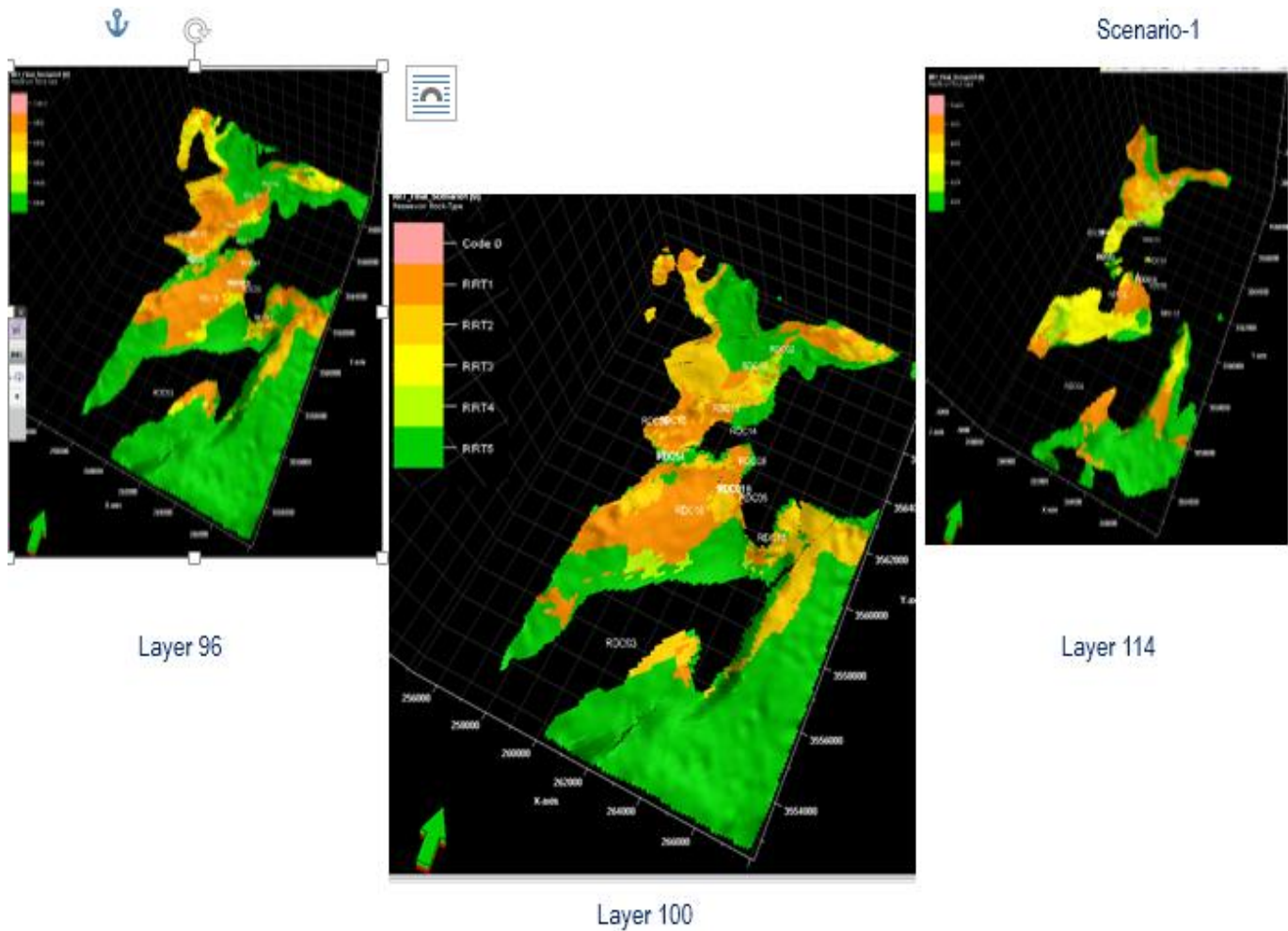


Fig.88 Model de la distribution de rock type au niveau de réservoir de Grès du RDC (scénario 1) .

Distribution des rocks types des Grès du RDC pour le senario2 :

- **layer 97** : est caractérisé par une dominance de RRT1 dans la partie centrale.il devient mauvais à moyen au nord et au sud, ainsi vers l'Est.
- **layer 100** : La RRT1 et la RRT2 sont les plus dominantes, on les trouve dans la partie centrale du chenal (RDC-1bis), et vers l'Est dans les puits RDC-6 et RDC-8. Ainsi que à l'Ouest où se trouve le puits RDC-04.
- **layer 114** : la répartition de rock type est moyenne dans le centre (RDC-1bis), et au Sud allant du puits RDC-16vers le puits RDC-03. Elle est mauvaise dans Nord et l'Ouest (RDC-15, RDC-04.

Remarque :

Après l'étude de la distribution de rock typing de réservoir de Grès du RDC. On admet que le scénario2 est le plus proche de la réalité, il se coïncide généralement avec les données réelles.

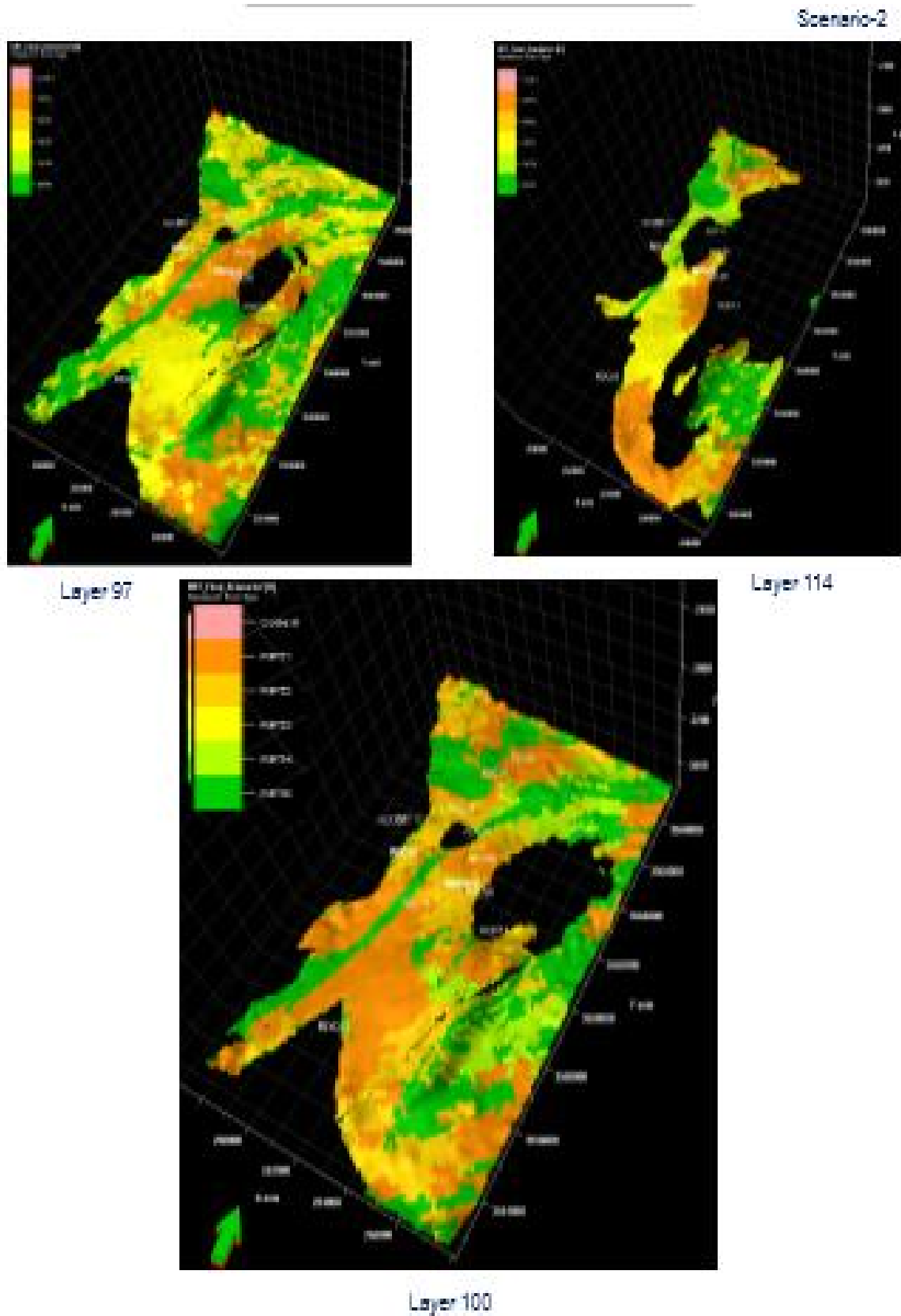


Fig.89 Model de la distribution de rock type au niveau de réservoir de Grès du RDC (scénario 2) .

Distribution des rocks des grès du RDC au niveau de scénario 3 pour :

-layer 97 : il est caractérisé par une bonne distribution de RRT1 dans la totalité de la zone.

La présence de RRT5 est remarquée dans la partie Est, occupée par des argiles

-Layer 109 : Dans cette couche on remarque que le type RRT1 et RRT2 sont partout à l'exception de quelque endroit où l'existence des argiles de la plaine d'inondation.

Scenario-3

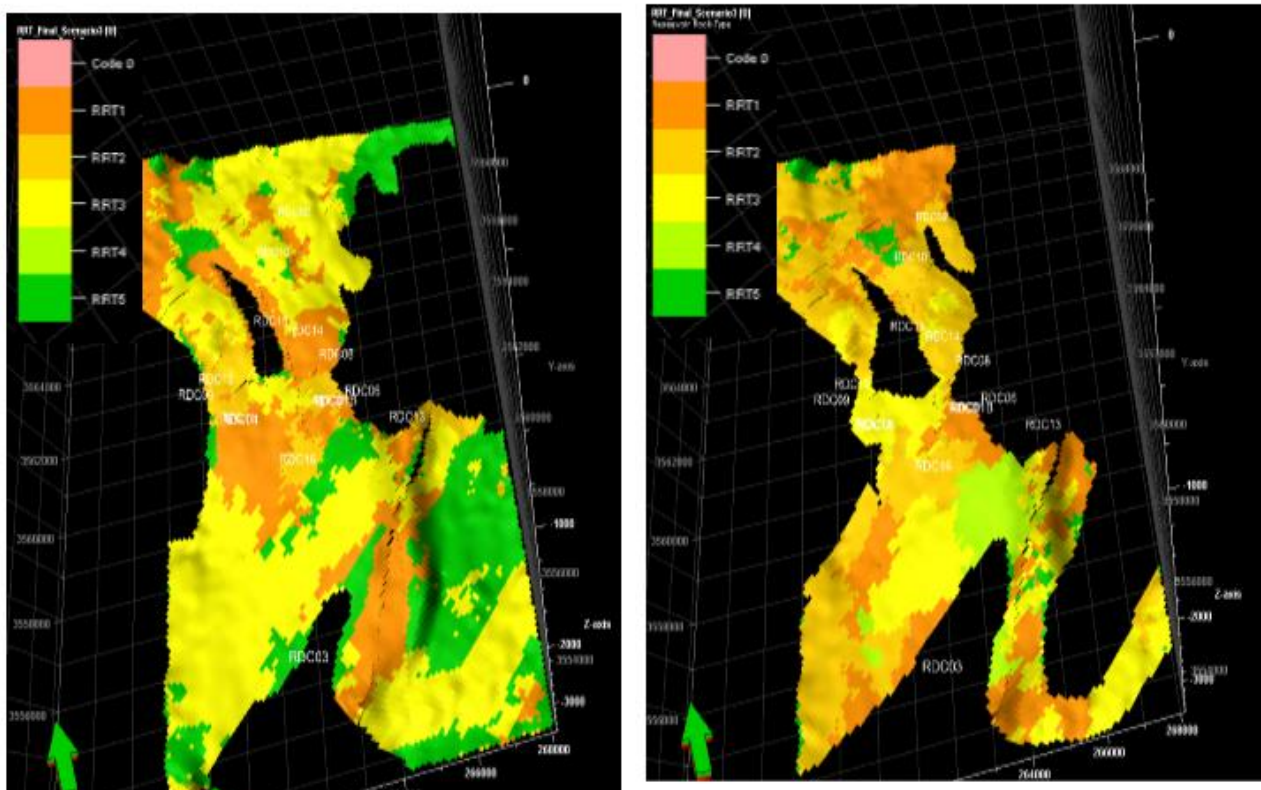


Fig.90 Model de la distribution de rock type au niveau de réservoir de Grès du RDC (scénario 3) .

V.5.4. Distribution de RRT au niveau de Réservoir de Quartzite de Hamra :

-Layer 249 : le Rock type RRT2 et RRT3 est le plus dominant dans la partie centrale de réservoir QH où se situent les puits RDC-14 et RDC-1bis, et dans l'Est dans les puits RDC-08, RDC-06, ainsi qu'au niveau des puits RDC-09, RDC-4 à l'Ouest, ce résultat montre que le réservoir est généralement n'est pas compacte sauf quelques endroits où on peut trouver les deux types : RRT-4 et RRT5, marqués par la couleur verte et verte. La partie Est n'est pas intéressante à cause d'augmentations du plan d'eau.

-Layer 239 : le rock type est faible à bon dans ce layer, avec la présence de RRT4 dans les puits RDC-1bis, RDC-04 RDC-6, RDC-12.

La RRT2 est présente à l'Ouest (RDC-14), et au Nord (RDC-15). On la trouve aussi au niveau du puits RDC-03.

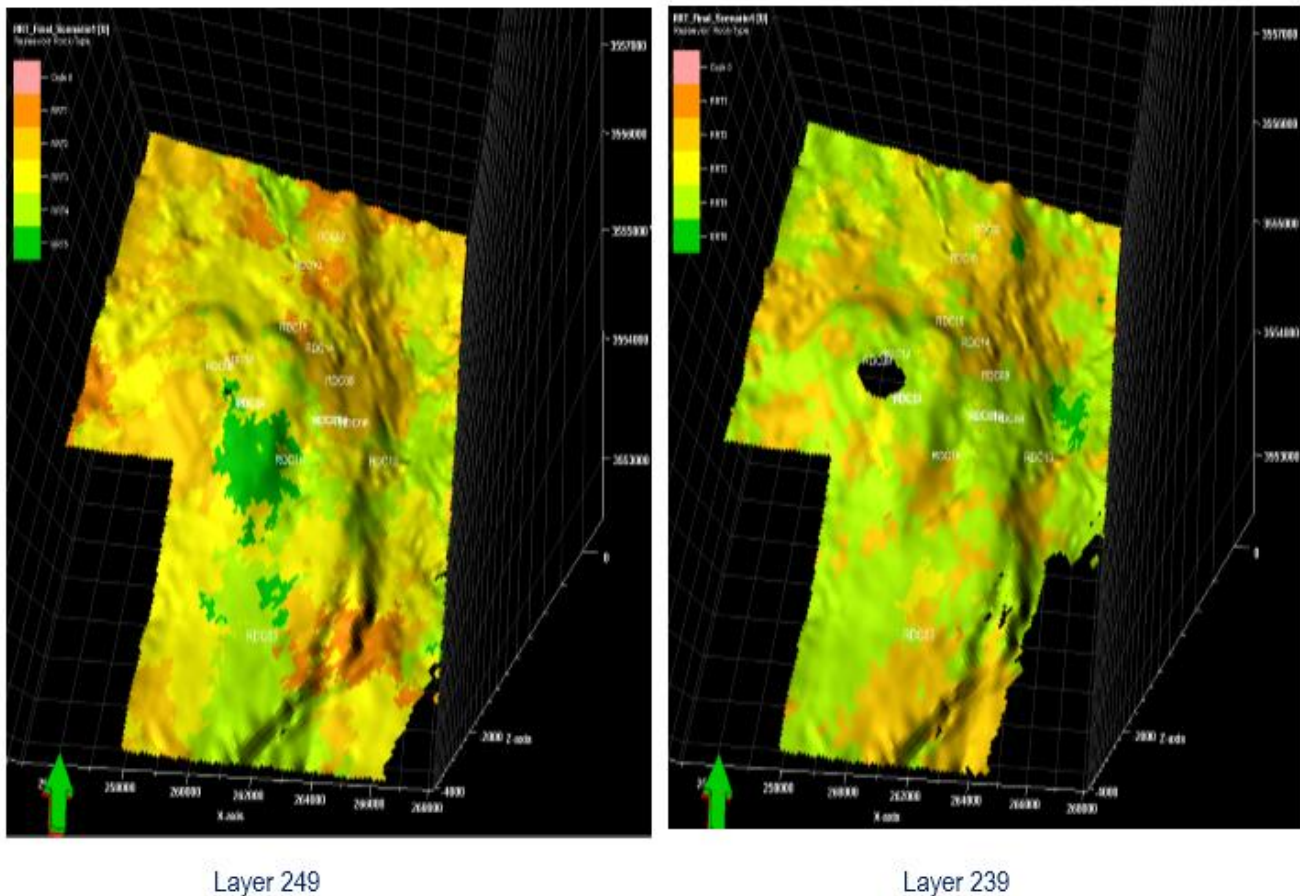


Fig.91 Distribution du rock type de réservoir de Quartzite de Hamra.

V.6.Modélisation pétrophysique :

V.6.1.Modèle de porosité :

V.6.1.1.Réservoir T1 :

Le modèle de porosité montre des valeurs moyennes variant entre 0.07 et 0.12. Les plus faibles valeurs caractérisent la partie centrale, cela est lié à l'effet diagenétique qui rend ce réservoir un peu compacte. Ce réservoir est subdivisé en deux unités T1-a et T1-b. Les figures ci-dessous montrent la distribution de porosité à ce niveau.

Unités T1-a :

- Layer 61 :

Les résultats de la modélisation de porosité de ce réservoir montrent que les valeurs de porosité varient entre 0.01 et 0.06. Les plus faibles valeurs caractérisent la partie centrale (RDC-1bis et RDC-14) et dans l'Est dans les puits (RDC-6, RDC-8 et RDC-13) et au Nord (RDC-15 et RDC-2). Elle est plus élevée à l'Ouest (RDC-12 et RDC-09).

- Layer 54

Visuellement la porosité est faible au centre de réservoir entre (0 et 0.06), et bonne à très bonne, parfois moyenne caractérisant les puits de la partie Ouest (RDC-12 et RDC-9). Elle oscille des valeurs entre 0.07 et 0.15.

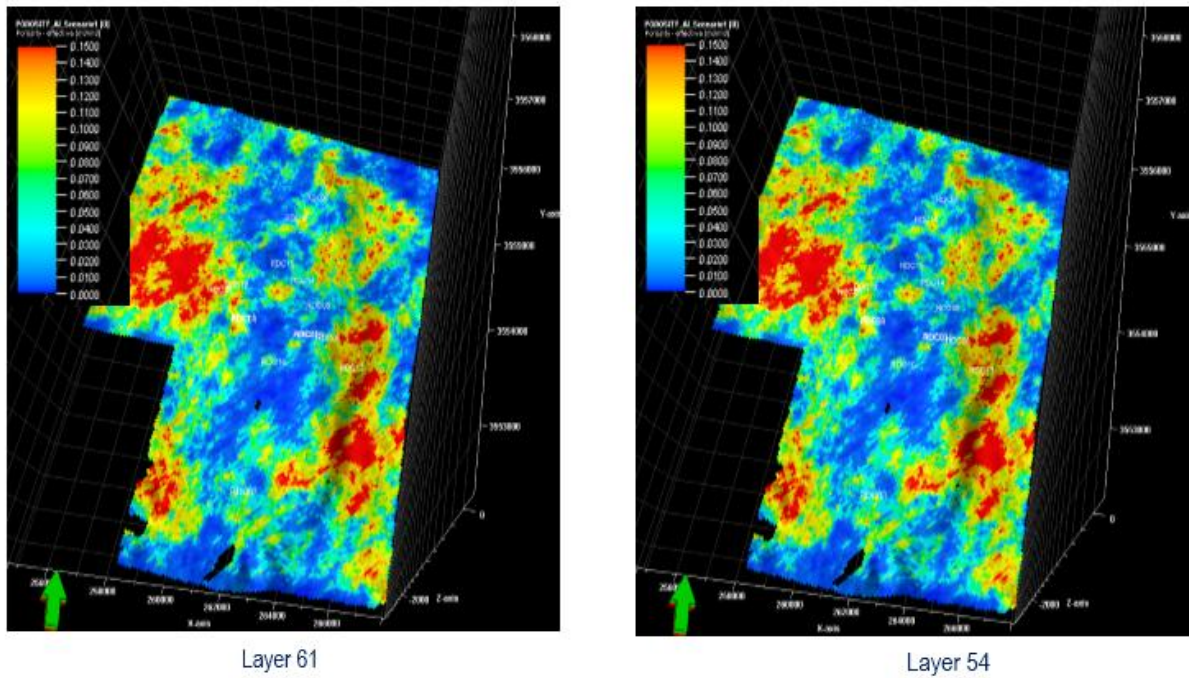


Fig.92 Modèle de distribution de la porosité effective au T1-a

Unité T1-b :

Layer1 : Dans ce réservoir, on remarque que la porosité est faible à moyenne au centre, et moyenne dans le reste de réservoir.

Layer 12 : Pour ce layer, la porosité est bonne à moyenne au centre au niveau de puits RDC-16, et à l’Ouest vers les puits RDC-12, RDC-09. Elle est moyenne aussi dans la partie Est et faible au Nord-Est.

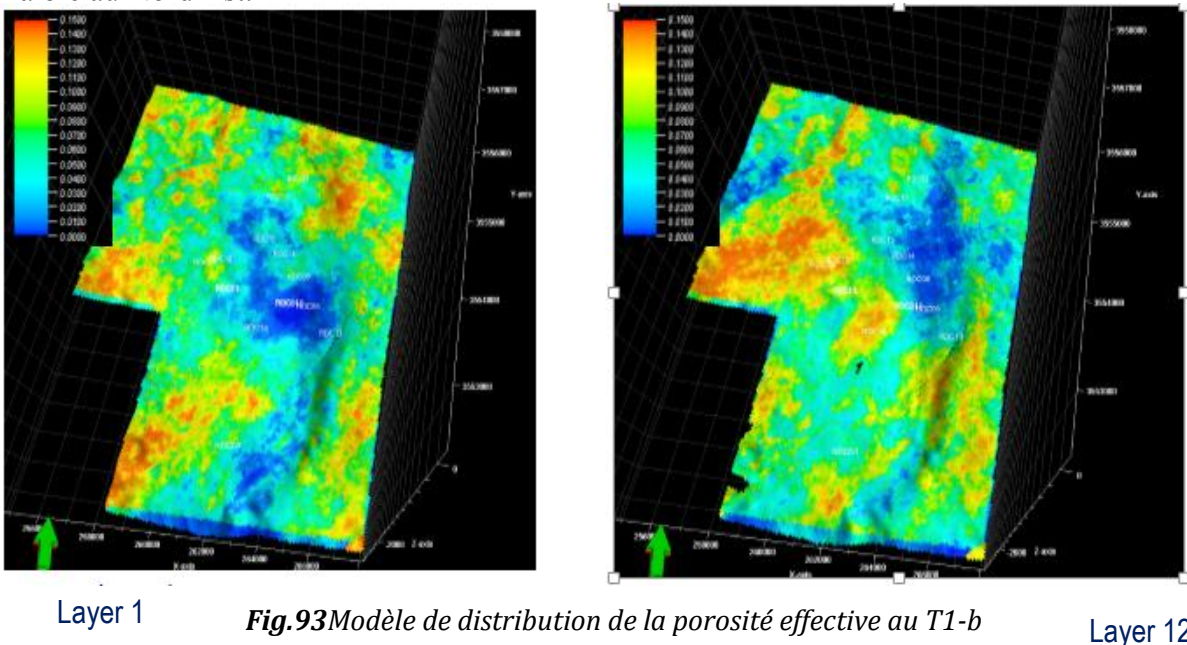


Fig.93 Modèle de distribution de la porosité effective au T1-b

V.6.1.2. Réservoir de grès du RDC :

Les modèles 3D montre que le réservoir de Grès du RDC du gisement possède généralement une porosité moyenne de 1 à 7% au niveau du RDC-1bis, RDC-8 et RDC-12, et faible au niveau du RDC-6 (1%) et RDC-10(3%).

La porosité visuelle des grès du RDC peut être liée au volume d'argile, l'espace intergranulaire et le taux de ciment (siliceux et carbonaté).

Senario1 :

Layer 96 :

La porosité varie entre moyen et bonne (0.07-0.15) au centre, et vers l'Ouest du chenal. Les endroits où sa porosité élevée se trouve dans la plaine d'inondation (RDC-12, RDC-09 et RDC-15). Dans le sud et le Sud-est, la porosité est faible.

Layer 100 :

On a un manque de dépôt (pas de grès du RDC), dans la partie centrale, et à l'Ouest du réservoir au niveau des puits RDC-12 et RDC-09. La porosité est bonne dans le Nord au niveau des puits RDC-02 et RDC-10.

Layer 114 : On observe que la porosité est bonne (0.12), parfois moyenne (0.07) au centre et à l'Ouest. Cependant, elle est faible dans la partie basale et sommitale.

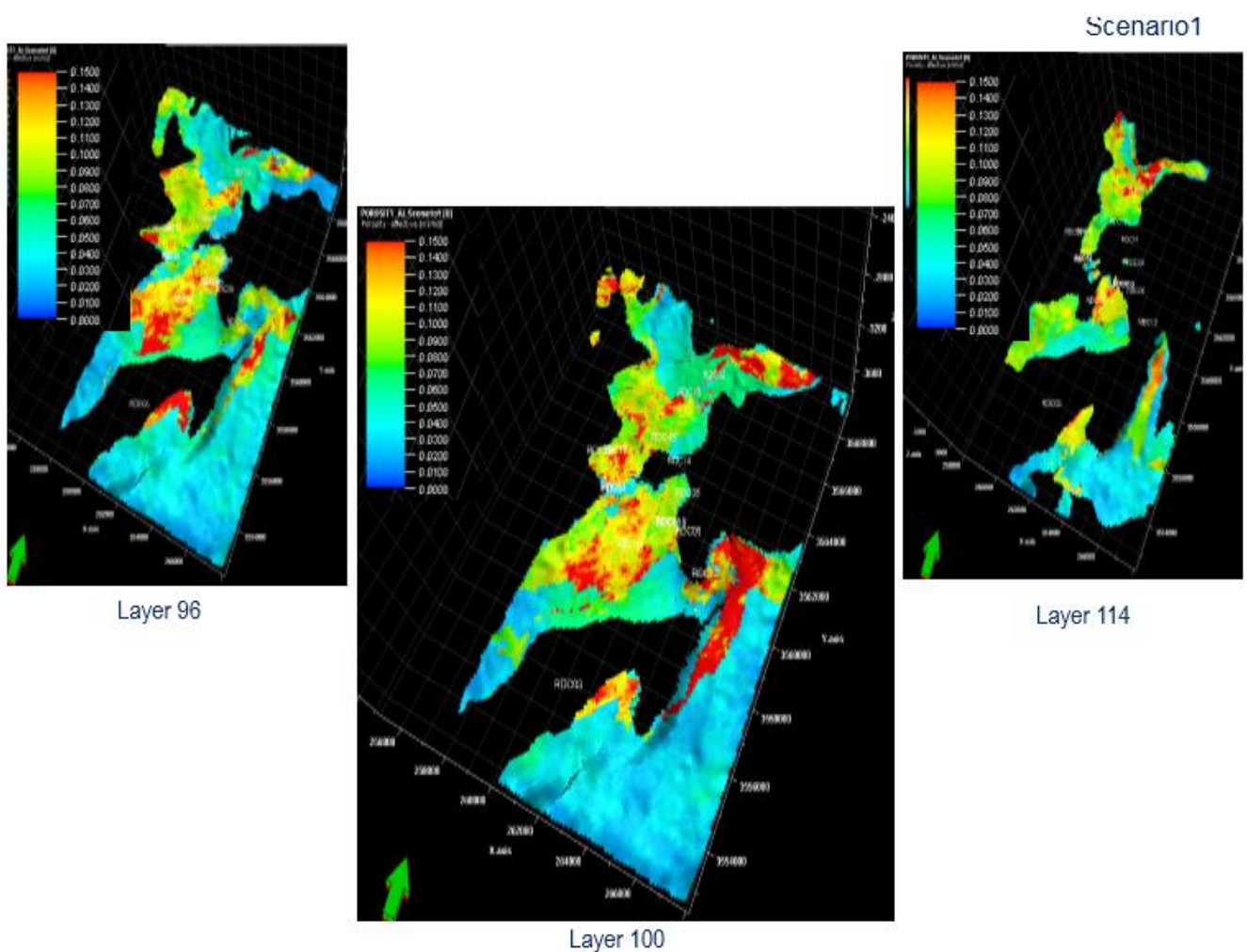


Fig.94 Modèle de distribution de la porosité effective au Grès du RDC (scénario1)

Senario2:

La répartition de la porosité effective au niveau de réservoir de Grès du RDC de scénario 2 est comme suite :

Layer 97 : la porosité est moyenne dans la partie Est au voisinage des puits RDC-08, RDC-1bis et dans la partie Ouest (RDC-12 et RDC-09). Cependant elle augmente dans le Sud au niveau de puits RDC-03.

Layer 100 : la porosité est variée entre moyenne et bonne dans le centre et l'Ouest et parfois faible (RDC-16) à bonne (RDC-03) dans la partie sud.
Layer 114 : La porosité est faible à l'Ouest (RDC-12) et à l'Est vers le puits RDC-08. Elle augmente au Sud et Sud-est.

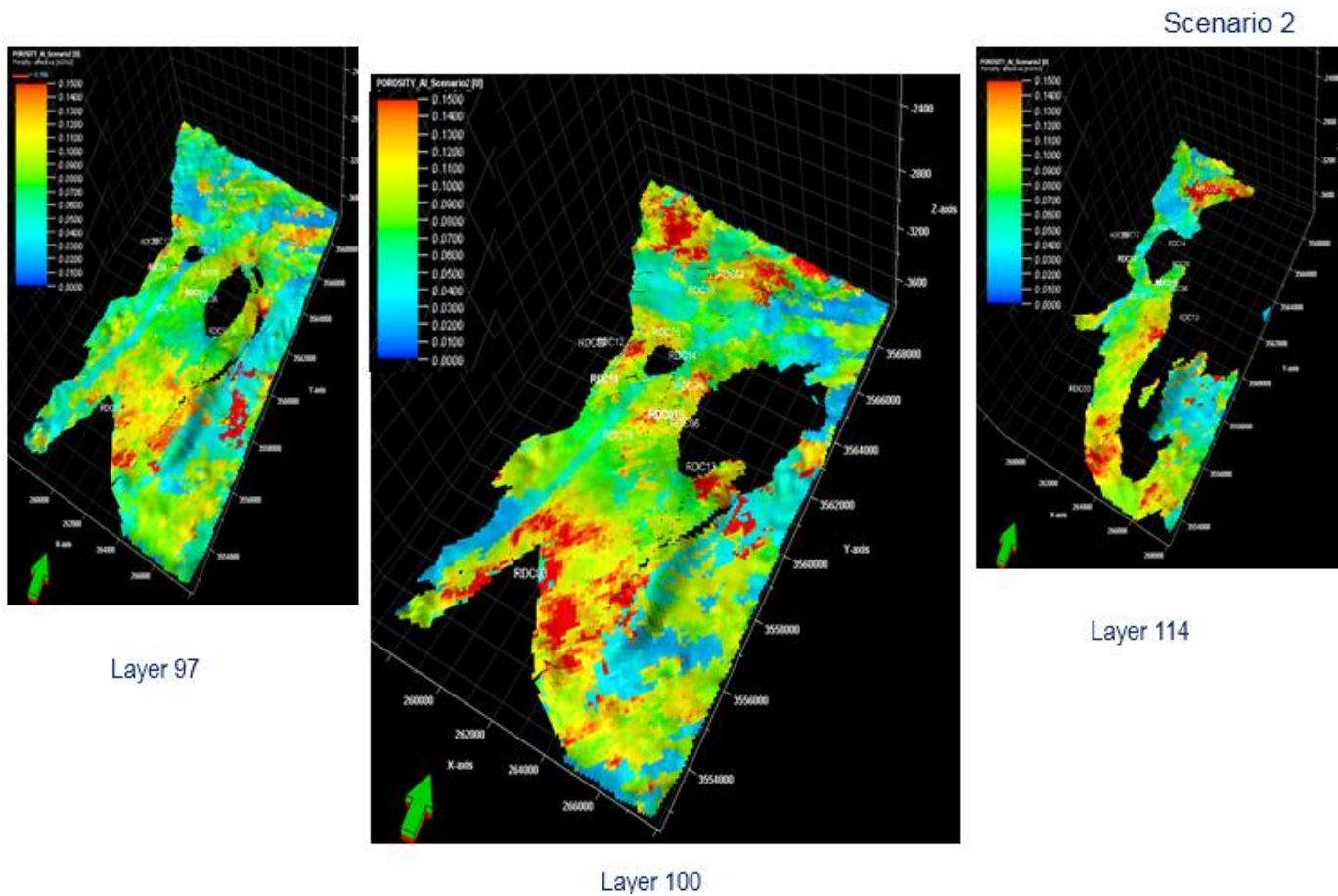


Fig.95 Modèle de distribution de la porosité effective au Grès du RDC (scénario2)

Senario3 :

Généralement la porosité prend des valeurs entre 0.07 et 0.09 dans la partie centrale et Nord aux niveaux des puits RDC-14 et RDC-15. Elle est plus élevée dans les puits RDC-08, RDC-06, et RDC-09.

Layer 109 : On remarque que la porosité est moyenne entre 0.05 et 0.1 dans le centre de chenal où se trouvent les puits RDC-1bis et RDC-14.

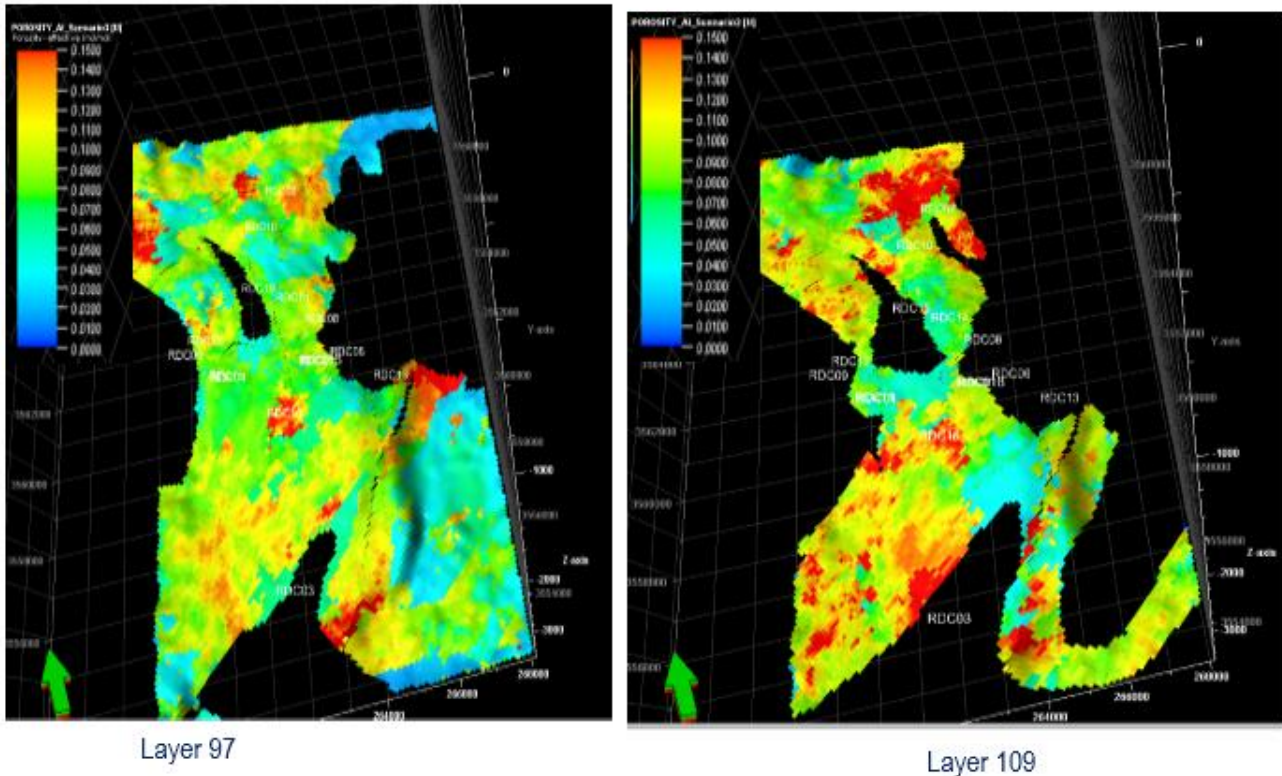


Fig.96 Modèle de distribution de la porosité effective au Grès du RDC (scénario3)

V.6.1.3. Réservoir de quartzite de Hamra :

Layer 249 : La porosité au niveau de réservoir de quartzite de Hamra est généralement faible à moyen.

Layer 239 : Dans cette layer la porosité dominante est faible à moyenne.

Remarque : le réservoir de quartzite de Hamra est généralement n'est pas compacte sauf quelque endroit où la porosité est faible.

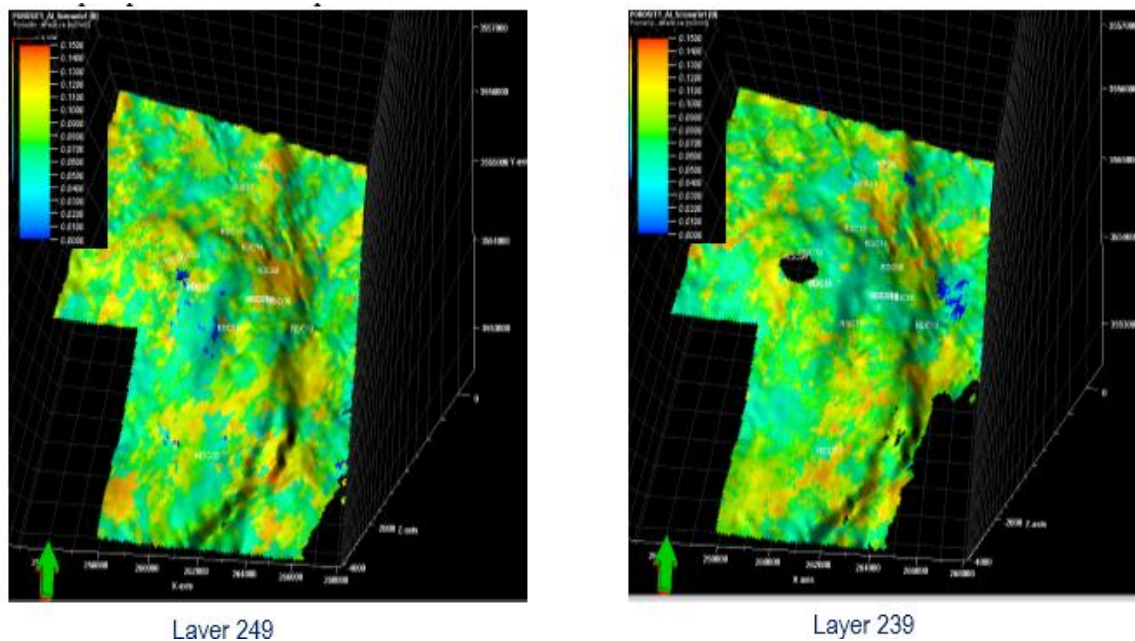


Fig.97 Modèle de distribution de la porosité effective au réservoir de QH

Résultats et Discussion

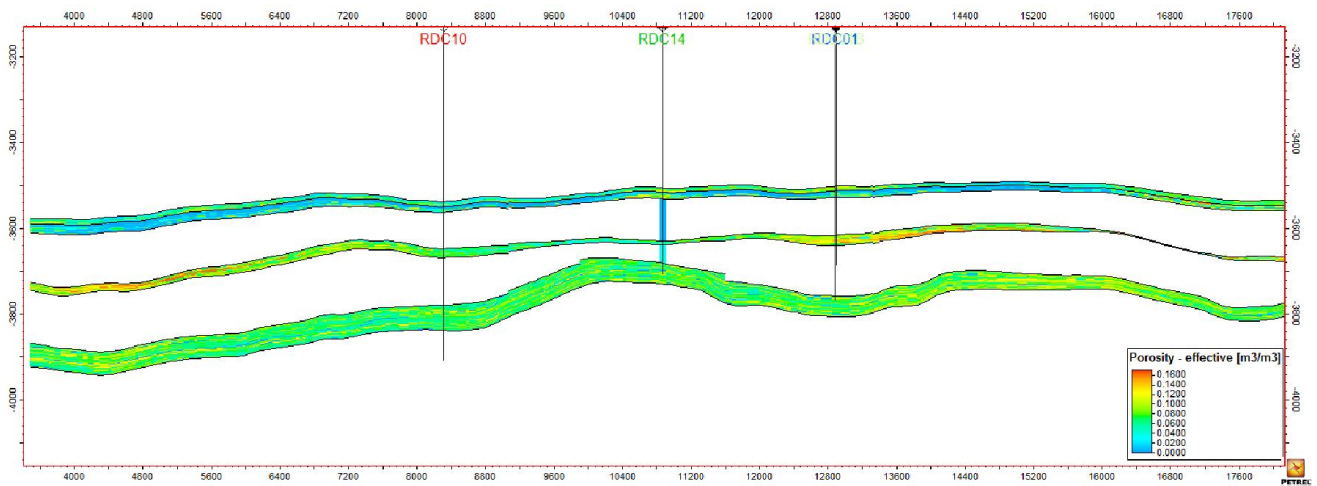


Fig.98 Modèle de distribution de la porosité effective de gisement du RDC.

La distribution des valeurs de porosité montre que les bonnes valeurs (8 à 10%) suivent une tendance NW à SE.

V.6.2. Modèle de perméabilité :

Une simple comparaison entre le modèle de porosité et de perméabilité fait ressortir que : Dans le centre de champ la perméabilité prend des valeurs faibles. C'est la même tendance de la porosité. Cela traduit le caractère un peu compact de l'ensemble des réservoirs dans cette partie. Cette compatibilité est observée dans la partie, mais cette fois les valeurs sont plus élevées.

Le modèle général montre que la perméabilité est généralement faible à moyenne caractérisant les différents horizons réservoir, Elle est environ de 0.1mD jusqu'à 100 mD.

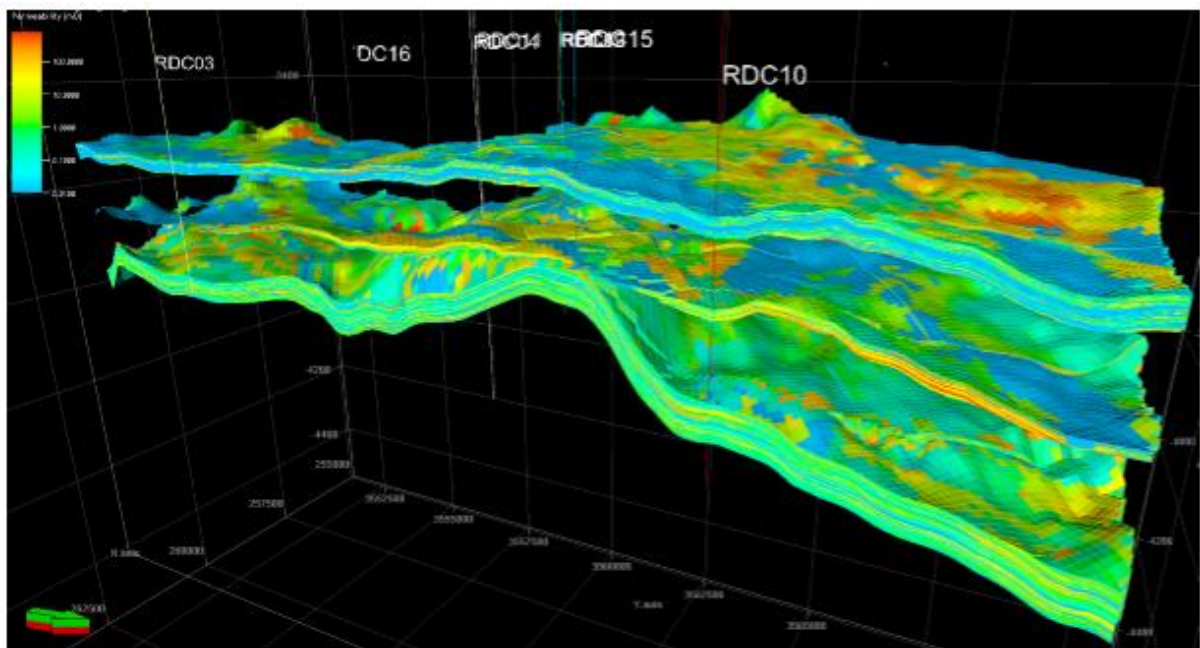


Fig.99 Modèle de distribution de la perméabilité de gisement du RDC.

V.6.2.1. Réservoir T1 : Le modèle de perméabilité de ce réservoir montre que celle-ci est faible dans le centre au niveau des puits RDC-1bis, et moyenne dans la partie Ouest (RDC-12 et RDC-09).

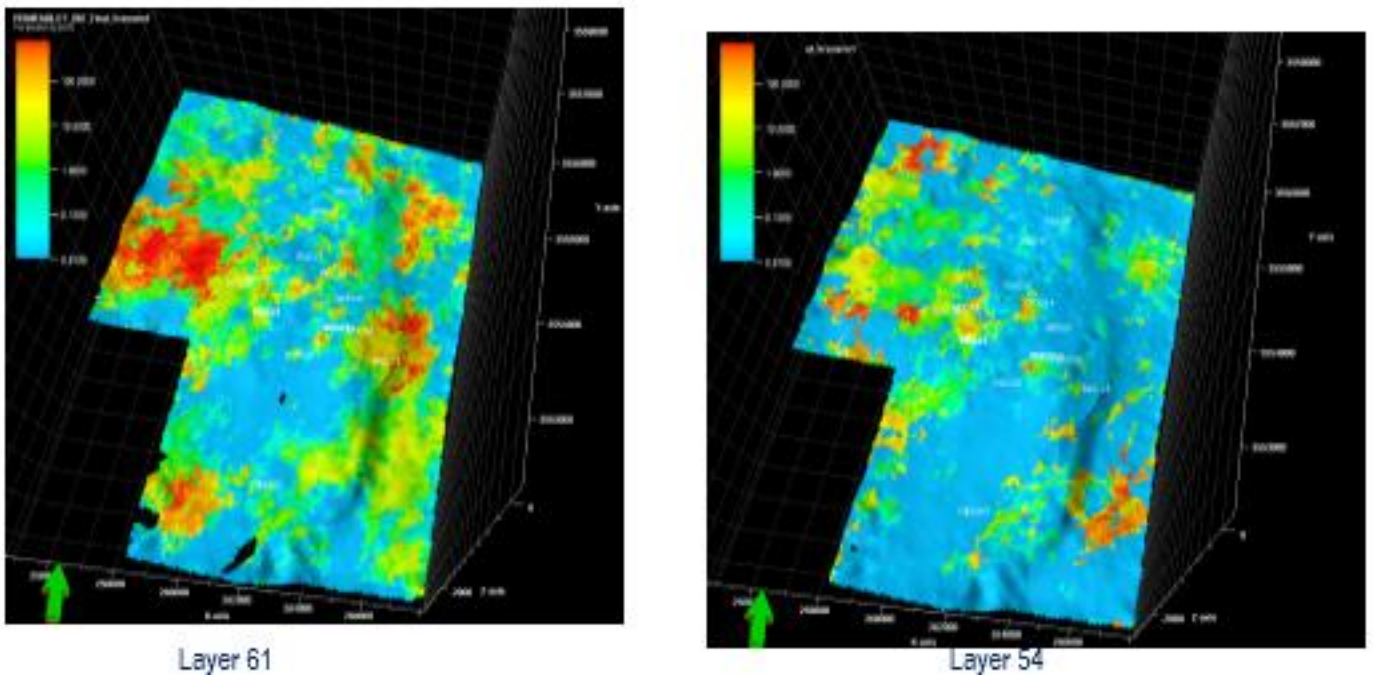


Fig.100 Modèle de distribution de la perméabilité au niveau de réservoir T1-a.

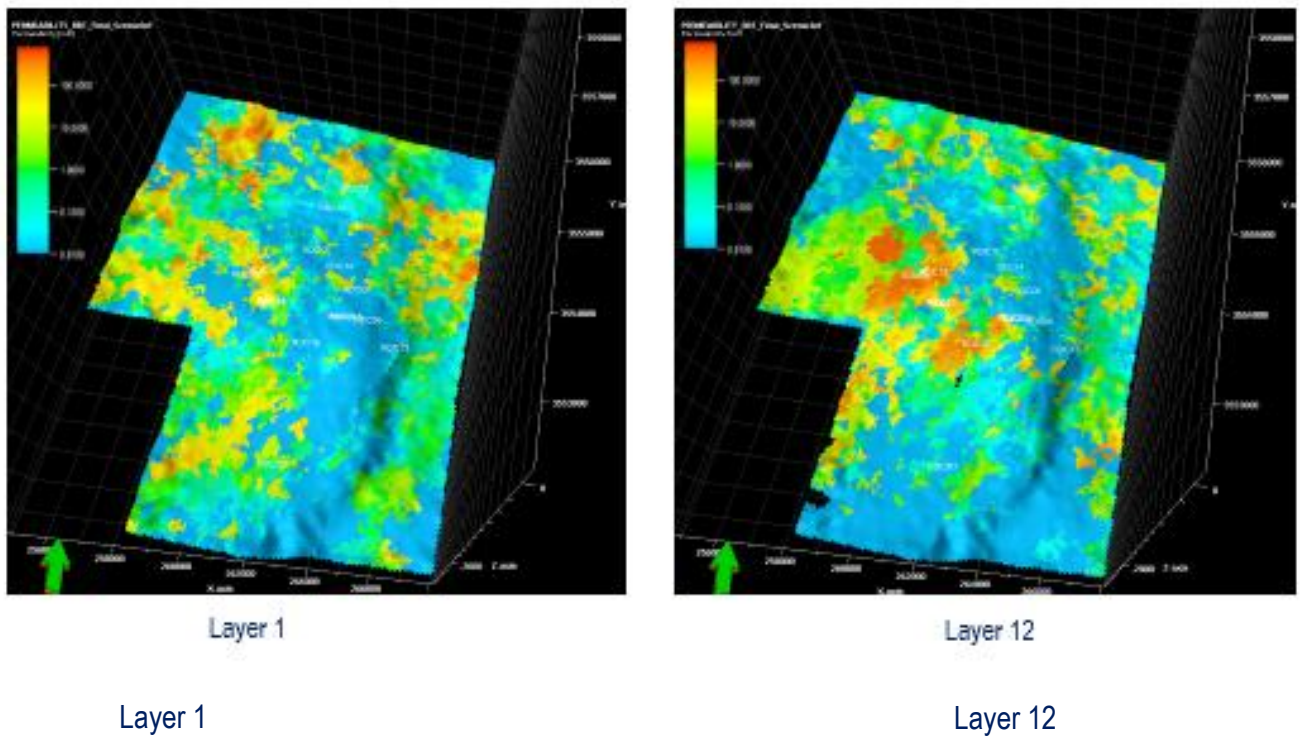


Fig.101 Modèle de distribution de la perméabilité au niveau de réservoir T1-b.

V.6.2.2. Réservoir de Grès du RDC :

La perméabilité du Grès du RDC est significativement supérieure à celle des autres grès du T1. Elle est principalement supérieure à 10mD. Elle peut atteindre 1000 mD. Cette perméabilité élevée est clairement liée à une faible cimentation au niveau de quelques mètres des Grès du RDC (voir page 30,31).

Au niveau du puits RDC-10 nous avons une perméabilité moyenne de 16 mD mais elle peut atteindre 40mD, cette perméabilité est faible aux niveaux altérés en argile où complètement compacts.

Le puits RDC-14 présente des perméabilités dépassent parfois 100mD, elle peut atteindre localement 2000mD, ces valeurs élevés présentent dans le puits RDC-1bis, elles sont liées à une faible cimentation mais la partie basale de ce réservoir est très compacte elle présente une perméabilité de 0.01 mD et une porosité de 1.93%

Au niveau de RDC-12, on a une perméabilité moyenne est de 6mD (Fig.103), la zone localise près de ce puits a subis une diagénèse importante par rapport aux autres puits.

Distribution de perméabilité de scénario par scénario :

Pour le scénario1, la perméabilité au niveau de réservoir de grès du RDC est bonne dans la partie centrale (RDC-1bis), et vers l'Ouest où se trouvent les puits, RDC-12, RDC-09. Elle est faible dans la partie basale.

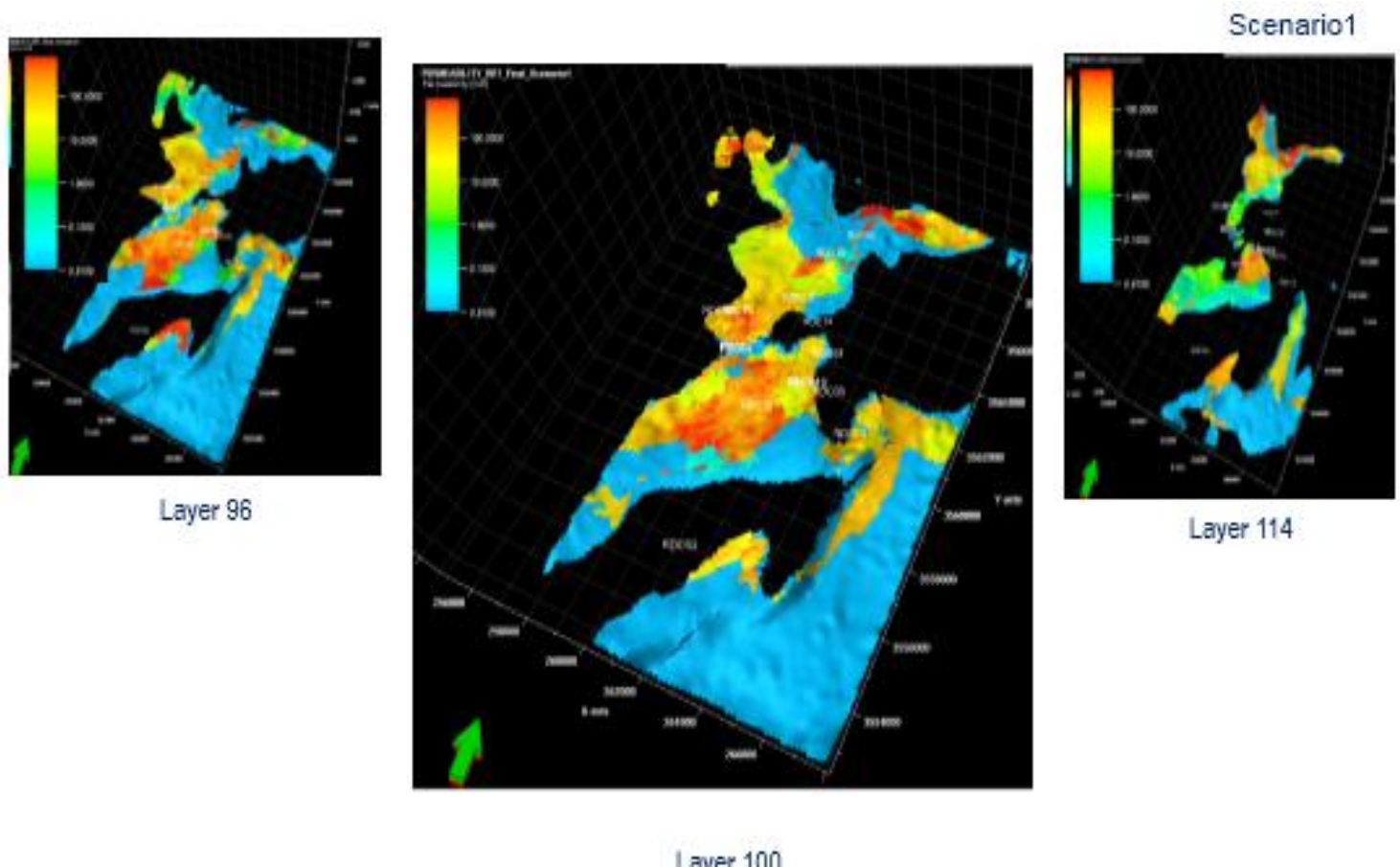


Fig.102 Modèle de distribution de la perméabilité au niveau de Grès du RDC(scénario1)

Scénario 02 :

La perméabilité est moyenne entre 1 et 10 mD au centre. Elle devient bonne en allant vers le sud aux alentours du puits RDC-03. Un manque important de dépôt caractérise le layer 114.

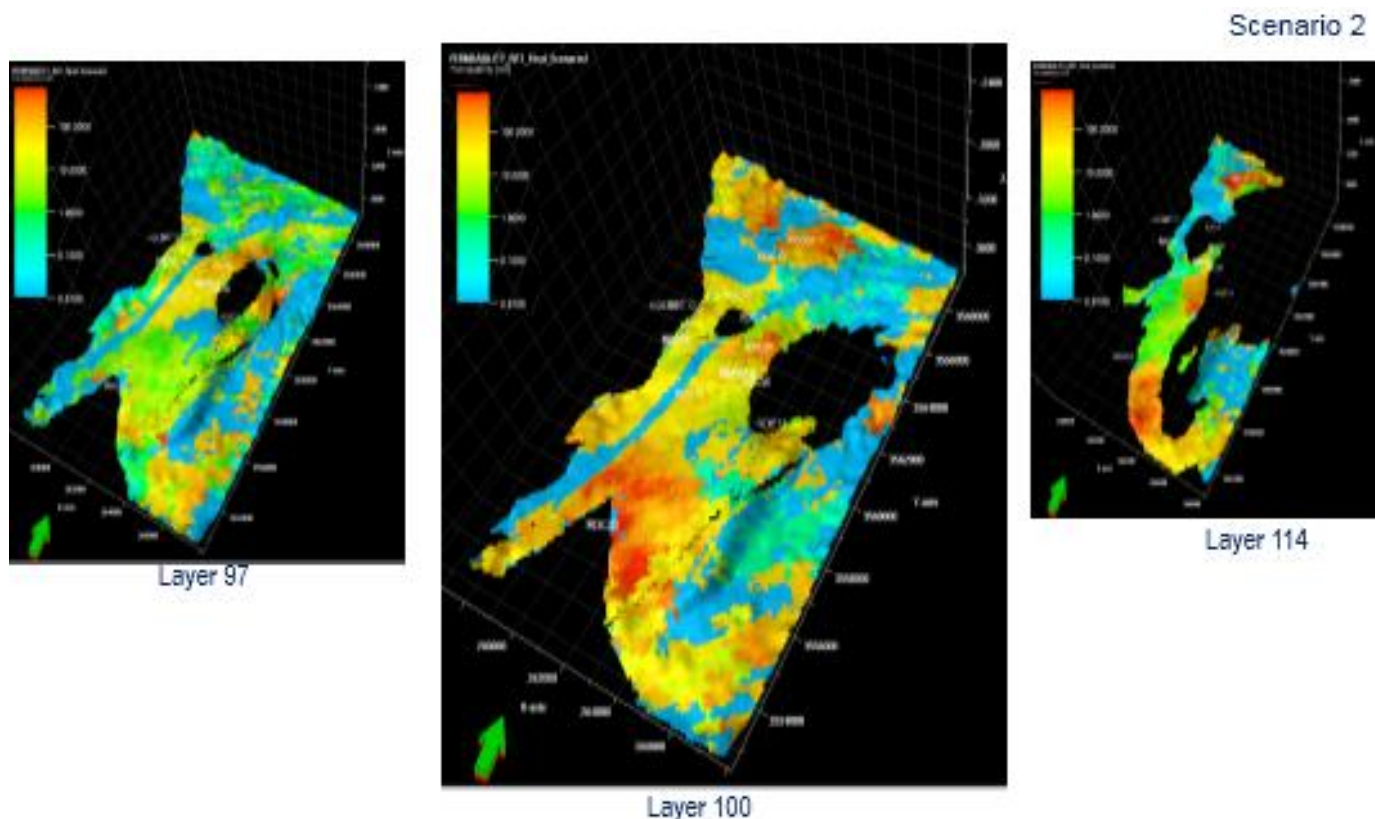


Fig. 103 Modèle de distribution de la perméabilité au niveau de Grès du RDC(scénrio2)

Scénario 03 :

Pour ce scénario, La perméabilité est moyenne dans le centre où se situent la plus part des puits, et bonne dans le Nord –Ouest au niveau de layer 97 et dans Nord –Est dans le layer 10

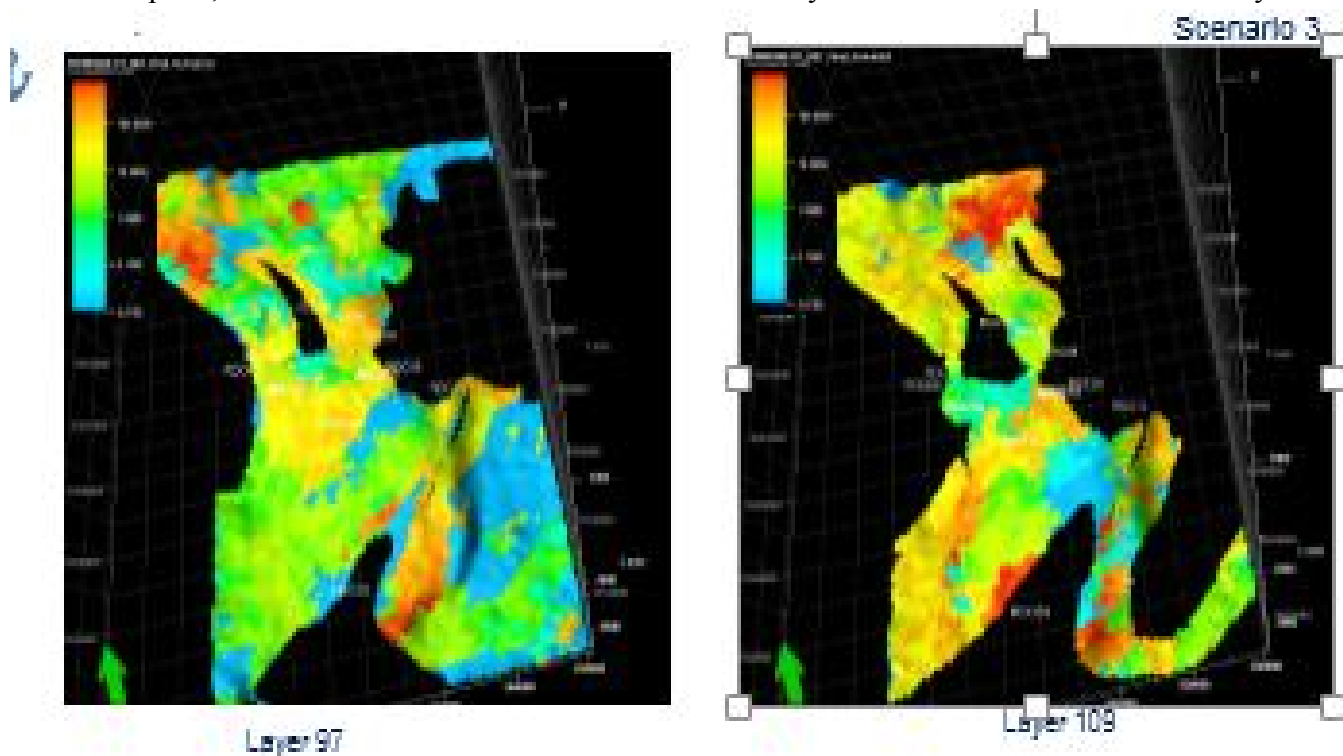


Fig.104Modèle de distribution de la perméabilité au niveau de Grès du RDC(scénrio3)

V.6.2.3. Réservoir de Quartzite de Hamra:

Visuellement la perméabilité dans ce réservoir est faible à moyenne, et parfois elle est bonne dans les deux layers 249 et 239.

Ces résultats montrent que le réservoir de Quartzite de Hamra dans le champ du RDC n'est pas compact dans la zone étudiée.

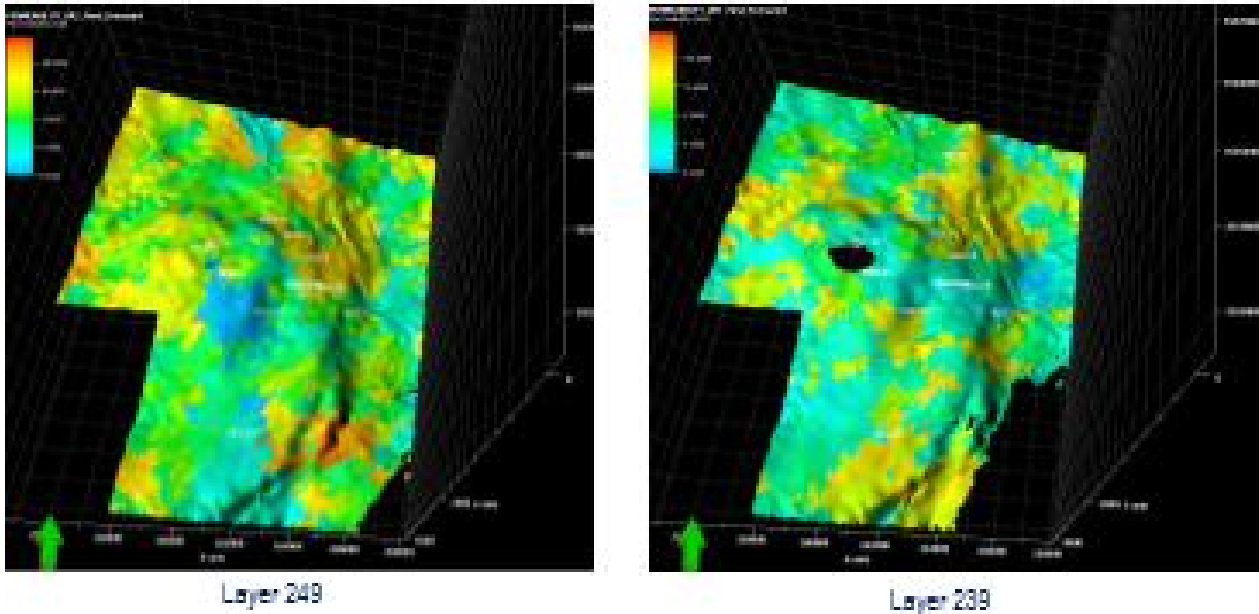


Fig.105 Modèle de distribution de la perméabilité au niveau de Quartzite de Hamra

V.6.3. Modèle de la saturation : au niveau des 03 réservoirs (fig.107 et 108).

Les modèles de saturation dans le champ Rhourde

chegga montrent qu'il y a une augmentation de saturation allant de réservoir du base de QH jusqu'à le réservoir T1.

A ce niveau, la saturation égale à 28%

An niveau du réservoir de grès du RDC, la partie centrale est moins saturée que les autres.

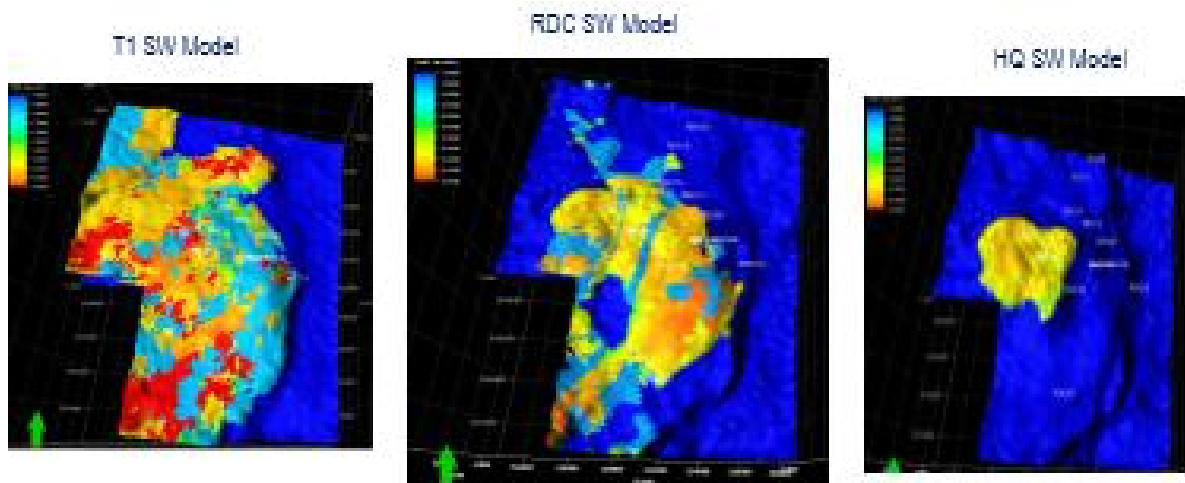


Fig. 106 Modèle de distribution de la saturation au niveau des réservoirs de champ du RDC.

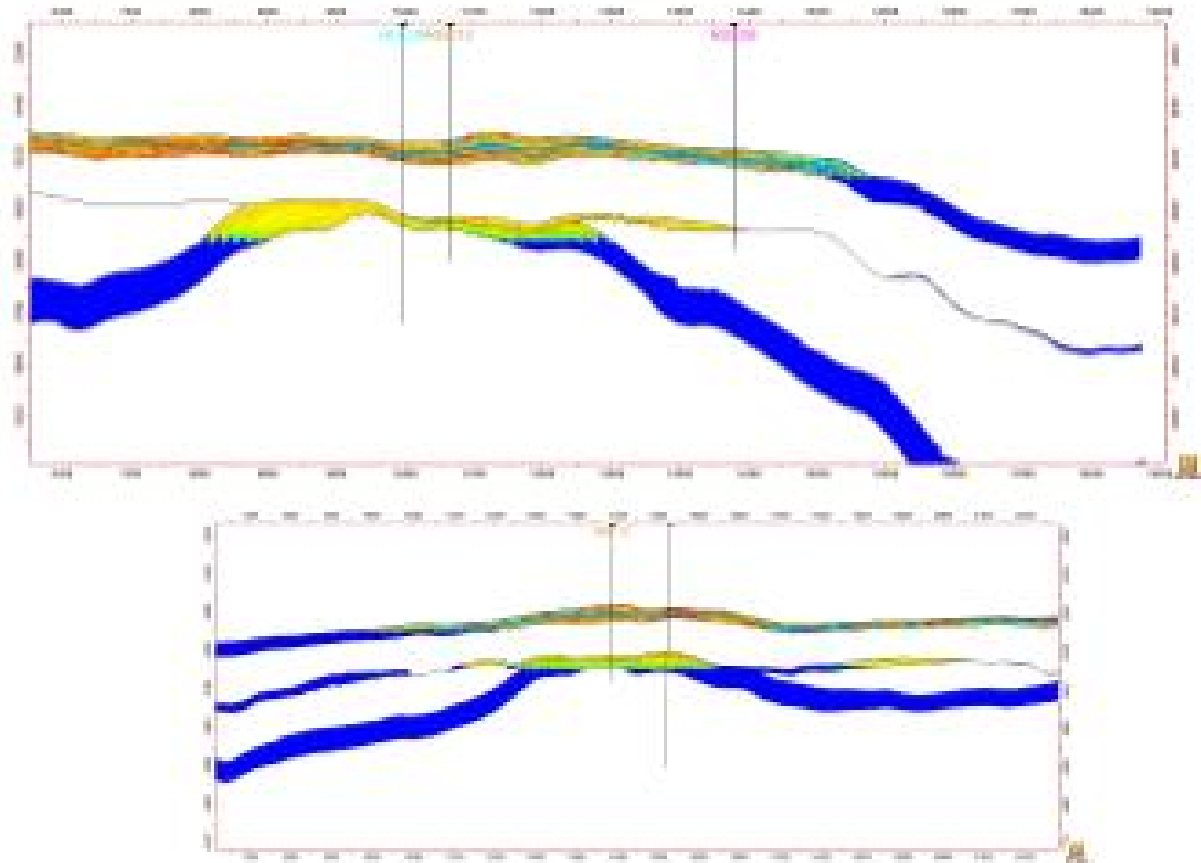


Fig.107 Modèle de distribution du saturation

VI. Synthèse :

Un synthèse des différents résultats est exploité dans le choix de scénario le plus adéquat au réalité terrain(position des puits, carottes...). Ailleurs, ce choix est validé par comparaison faite entre le volume estimé par Pétreil et l'autre estimé par bilan matière au niveau de PED SONATRACH. Cette approche montre que le volume en place du scénario 2 apparait le plus représentatif en raison des chiffres plus proches issus de deux méthodes.

Tableau.06 Résultat d'estimation des volumes en place dr réservoir de grès du RDC.

case	Bulk volume (* 10 ⁶ m ³)	Net volume (* 10 ⁶ m ³)	Pore volume (* 10 ⁶ m ³)	HCPV Oil (* 10 ⁶ m ³)	STOOIP (* 10 ⁶ m ³)
Scénario 01	346	346	28	28	17
Scénario 02	388	388	32	32	19
Scénario 03	504	504	47	47	28

Tout un plan d'exploration nécessite un collecte de maximum de données pour préparer les réservoirs à une future production, cette préparation vis a une optimisation de cout et la rentabilité, ce plan est réalisé par des planifications de différents programmes d'implantation (exploration et développement), lespuits programméssont : le puitsde développement RDC-20 au Sud de champ d'objectif principale le réservoir T1 et le grès du RDC et le puits RDC-22 d'exploration dans la partie Nord Ouest pour confirmer l'extention latéral de chenal du grès

Résultats et Discussion

du RDC, on a choisit le réservoir de Quartzite Hamra comme objectif principal dans le puit RDC-21 et le réservoir de T1 comme objectif secondaire dans la partie Ouest.

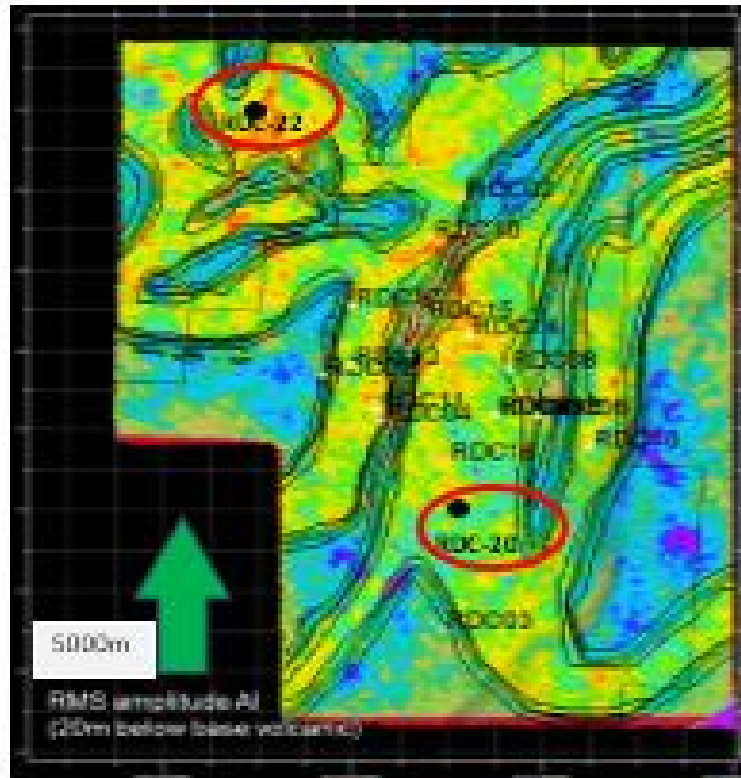


Fig.108 Implantation des nouveaux puits RDC-20 et RDC-22 pour le réservoir de gris du RDC.

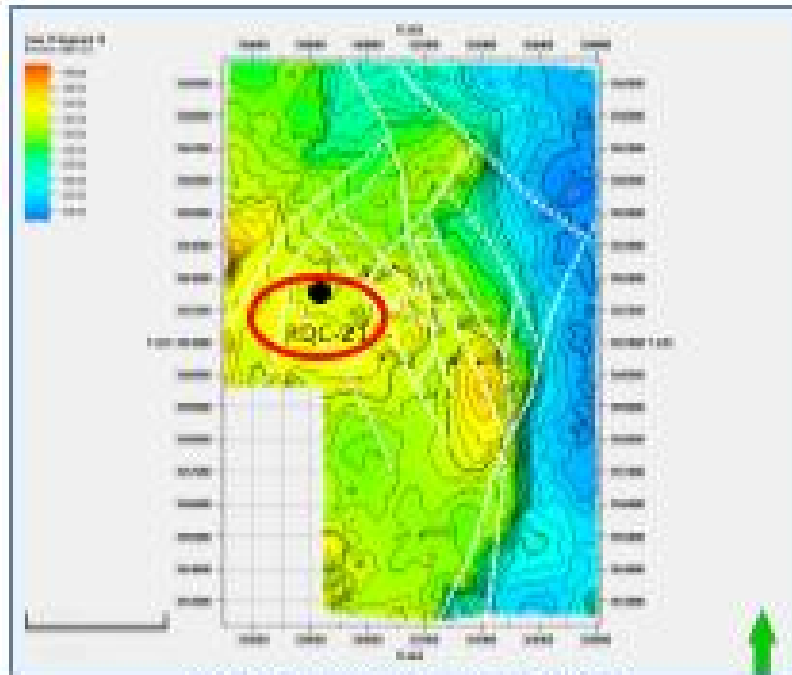
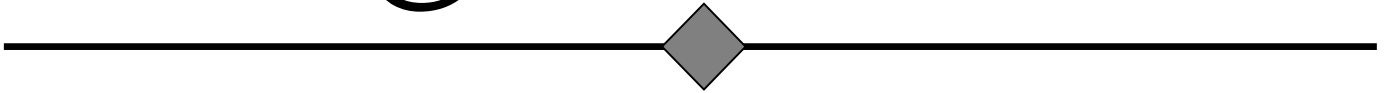


Fig.109 Implantation de puits RDC-21.

Conclusion



Conclusion

Le travail fait dans ce mémoire est un essai de caractérisation de l'ensemble des réservoirs dans la région de Rhourde Chegga et spécialement le réservoir du grès RDC qui se présente en chenaux. Cette étude est basée essentiellement sur l'intégralité des données sismiques (interprétation sismique et l'inversion sismique), géologiques (étude sédimentologique et les données des diagraphies afin d'obtenir un modèle géologique qui se rapproche le mieux possible de la réalité du terrain.

L'étude sédimentologique montre que Les Grès du RDC de champ du Rhourde Chegga est une formation essentiellement gréseuse, son épaisseur varie généralement entre 2-20 m. Il est déposé au cours du Trias après l'érosion hercynienne. C'est un dépôt de type fluviatile à influence marine localement, manifestée au niveau du puits RDC-15.

L'origine de ces apports fluviatiles est le chenal principal dont la direction est SW-NE à SSE-NNW. Les autres dépôts résultent des chenaux secondaires dont l'apport en matériaux détritiques est très faible.

Au niveau de Champ du RDC, la partie intéressante pour l'exploitation pétrolière des Grès du RDC, se localise dans l'axe de chenal principal où se situent les trois RDC-1bis, RDC-16 et RDC-14. Le contact eau - huile (WOC), est rencontré à une profondeur de 3774m.

L'étude pétrographique a montré que l'effet diagénétique présente par deux stades : précoce et tardif. Il est très prononcé dans la partie Ouest (RDC-09 et RDC-12) rendant la zone plus ou moins compacte. Au niveau des puits RDC-09 RDC-12, la distinction entre la formation triasique et l'ordovicienne est faite à partir des lames minces. La taille des grains est le critère qui différencie les deux.

Structuralement, le champ de Rhourde Chegga est affecté par un réseau de failles de direction majeures NE-SO et NW-SE. La description des carottes réalisées au niveau de réservoir ordovicien Quartzite de Hamra montre que les fissures sont rarement ouvertes. Donc le mode de production de ce réservoir est indépendant de la fissuration. La porosité matricielle causée par la dissolution de ciment.

Des modèles géologiques du champ de RDC ont été réalisés. Ils confirment la complexité de l'histoire du champ. L'interprétation sismique a été utilisée pour la construction du modèle structural qui a lui-même montré une structure fortement complexe.

L'hétérogénéité est principalement dû à :

L'histoire structurale complexe du bassin influé sur l'architecture du bassin (érosion de la vallée, volcanisme) et la distribution du réservoir et le milieu de dépôt (présence et la continuité et la géométrie des chenaux), ainsi que les propriétés des roches réservoirs.

L'orientation de chenal RDC a été modélisée en utilisant 03 scénarios différents pour choisir le plus probable. Le scénario 2 apparaît le plus proche à la réalité.

Les rock type RRT ont été définies et modélisées afin de déterminer l'hétérogénéité et la répartition des paramètres pétrophysiques, et de bien diviser ce réservoir en unités hydrauliques ou zones productrices.

Bibliographie



BIBLIOGRAPHIE

- WEC 2007. Well Evaluation Conférence. Algérie 2007.
- RDI. Rapport d'implantation de puits de SONATRACH PED 2016.
- Rapport d'implantation de puits RDC-1bis de SONATRACH PED 1985.
- GHARBI. A 2009. Cartographie des biseaux stratigraphiques du Gédinnien de la zone Nord Ouest du bassin de Berkine en utilisation l'inversion sismique (Interwell-EasyTrace). Mémoire de magister .université de Boumerdes, (249- 251).
- ZEDDOURI. A, HADJ-SAID. 2013. Les applications de l'imagerie de puits à l'évaluation des réservoirs pétroliers. The international conférence on electronics & oil. Algérie.
- .Gary W Gunter. 2015. Appling Petrophysical Rock Types for formation and reservoir charatérization .SCHLUMBERGER.
- PAULUS. C. 2006, Filtrage de données sismiques multi composantes et estimation de la polarisation. Thèse de doctorat ; institut national polytechnique de Grenoble.
- SONATRACH PED.2015. Rapport d'implantation de puits RDC-17. Algérie.
- SONATRACH PED.2016.Rapport d'implantation de puits RDC-18, et les rapports préliminaires de description des lames minces avec les photos. Algérie.
- SONATRACH DP. les fiches techniques des puits et les fiches des carottes avec des photos des puits RDC-1bis, RDC-10, RDC-11, RDC-14, RDC-15.
- SCHLUMBERGER. 2010. Rapporte de l'imagerie de puits RDC-10. Algérie.
- SCHLUMBERGER. 2011. Rapport d'imagerie
- HESP. 2013. Rapport de l'imagerie de puits RDC-11. Algérie.