N^{O} Ordre ……./FHC/UMBB/2017

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES

FACULTÉ DES HYDROCARBURES ET DE LA CHIMIE

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme

MASTER 2

Présenté par :

BOUCHIBA Ayoub et ARABI Brahim

Filière : Hydrocarbures

Option : Géologie Pétrolière

Thème

CARACTÉRISATION DU RÉSERVOIR ''GRÉS DE SBAA'' DANS LA CUVETTE DE SBAA, BASSIN DE SBAA.

Devant le jury :

CHAOUCHI Rabah	Professeur	Président
KECIR Arbia	MAA	Rapporteur
SAADAOUI Moussa	MCA	Examinateur
DERRIDJ Amel	MCB	Examinateur
BELKACEMI Amel	MAA	Examinateur

Année Universitaire : 2016/2017

REMERCEMENTS

Nous remercions ALLAH le tout puissant, le généreux, pour tous ce qui nous a donné pendant toute notre vie en générale, et de nous avoir aidé pour réaliser ce présent travail, Dieu merci.

Nos remerciement vont à ceux qui nous ont mis au monde et apportés amour, éducation et encouragement durant tout la vie. Mères, pères : vous êtes au fond de nos cœurs, merci beaucoup.

Nous remercions madame Kecir, notre promotrice, pour son aide précieux pendant la réalisation de cette présente étude, pour ses conseils, son orientation et sa disponibilité.

Nous n'oublions pas de remercie notre chère encadreur au niveau de SONATRACH/Exploration madame Gherbi Akila pour le précieux suivi du mémoire, elle nous a donnée beaucoup de savoir et de savoir faire, merci beaucoup madame, pour la belle période du stage.

Nous remercions aussi le président de jury et les membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'évaluer notre mémoire.

Nous remercions également et vivement tous les enseignants de la spécialité Géologie Pétrolière qui n'ont aménagé aucun effort afin de nous transmettre leurs savoirs et leurs expériences.

Merci Sabrina, Louis, Lamia et tous les collègues de madame Gherbi, merci monsieur Badaoui chef de département Tindouf/Reggane/Sbâa.

Nous remercions toutes les personnes qui ont contribuées à la réalisation de ce travail.

Merci à tous

Brahim et Ayoub

Dédicace

Parce qu'il y a tant de choses plus facile à écrire qu'à dire, je dédie ce projet aux deux êtres les plus chères au monde, ceux dont la fortune du monde ne saurait remplacer, ceux à qui je dois beaucoup :

A celle qui ma bercée des nuits, celle qui n'a vécu que pour me voir un jour réussir : ma très chère mère.
A celui qui a puisé sa vie et sa jeunesse et qui n'a jamais su dire non pour subvenir à mes besoins : mon très cher père.

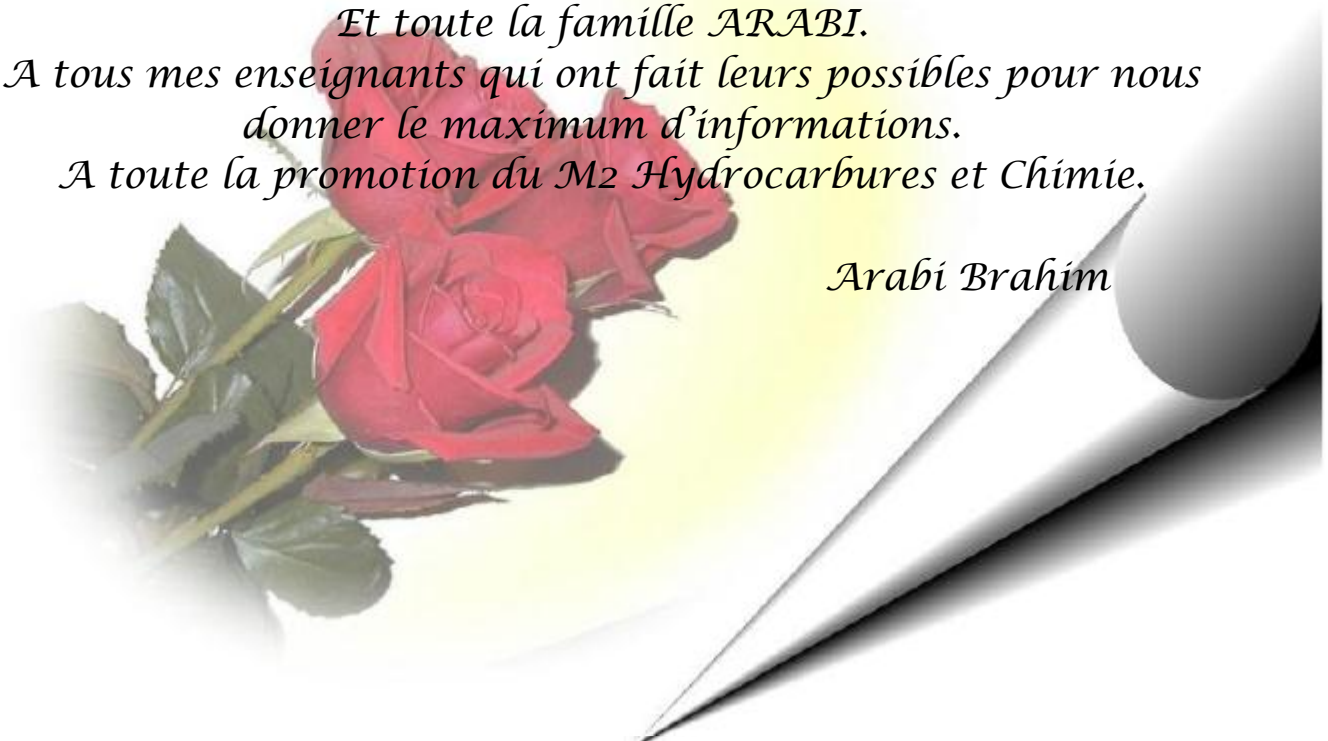
A mes frères : Hamza, Mohamed, Boucif, Rabah.
A mes très chères sœurs : Massaouda, Warda, Saliha, Rachida.

A mon encadreur madame A.Gherbi et ma promotrice madame A.Kecir.
A mon binôme Bouchiba Ayoub.

A mes meilleurs amis : Abd El Kader, Krimo, Amine, Walid, Mohamed, Yazid, Mahfoud, Elhadi.

Mes neveux : Salsabile, Abd Elrrahmane.
Et toute la famille ARABI.
A tous mes enseignants qui ont fait leurs possibles pour nous donner le maximum d'informations.
A toute la promotion du M2 Hydrocarbures et Chimie.

Arabi Brahim



Dédicace

C'est avec toute mon affection que

Je dédie ce modeste travail . . .

A ma très chère mère qui m'a aidée beaucoup durant ma formation. Je souhaite que mon dieu la garde en bonne santé.

A mon très cher père, je souhaite que mon dieu le bénisse.

A mon frère unique Abdelghafour et aussi à mes chères sœurs Hadjer et Aziza.
A toute la famille Bouchiba petits et grands.
A tous mes chers amis Abdelkader, Oussama, Yacine, Khalil et à tous mes camarades de promotion.

A mon binôme Arabi Brahim.

A tous mes enseignants qui ont fait leurs possibles pour nous donner le maximum d'informations.
Et spécialement à Mme Gherbi Akila et Mme Kecir Arbia.

A Toute la promotion du M2 Hydrocarbure et chimie.

Bouchiba Ayoub

Sommaire

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LA CUVETTE DE SBAA

I.1 Cadre géographique 2
I.2 Cadre géologique 3
I.3 Périmètre Sbâa 5
I.4 Historique de l'exploration 6
I.5 Cadre structural 8
I.5.1 Aspect structural 8
I.5.2 Évolution structurale 8
I.5.2.1 Période anté-hercynienne 8
I.5.2.2 Période hercynienne 9
I.5.2.3 Période post-hercynienne 10
I.6 Cadre stratigraphique 10
I.6.1 Le substratum 10
I.6.2 Le Paléozoïque 11
I.6.2.1 Le Combrien 11
I.6.2.2 L'Ordovicien 11
I.6.2.3 Le Silurien 11
I.6.2.4 Le Dévinien 12
I.6.2.5 Le Carbonifère 13
I.6.3 Le Mésozoïque 13
I.7 Système pétrolier 15
I.7.1 Les roches mères 15
I.7.2 Les roches réservoirs 15
I.7.2.1 Les objectifs primaires 15
I.7.2.2 Les objectifs secondaires 16
I.7.3 Les roches couvertures 16
I.7.4 Piégeages 16

CHAPITRE II : ÉTUDE SÉDIMENTOLOGIQUE

II.1 Les affleurements des Grès de Sbâa en surface 17
II.2 La paléogéographie de la cuvette de Sbâa 20

II.3 Le réservoir Grés de Sbâa 20
II.4 La stratigraphie séquentielle 20
II.4.1 Modèle d'Embry et Johannessen (1993) 20
II.4.1.1 Les limites des séquences 21
II.4.2 Essais de découpage 22
II.4.2.1 Puits TOT-1 23
II.4.2.2 Puits SBAA-1 28
II.4.2.3 Puits LTN-1 31
II.4.2.4 Puits ODZ-1bis 35
II.5 Analyse de milieu de dépôt 39
II.5.1 Séquence type 39
II.5.2 Indicateurs du milieu deltaïque 39
III.6 Les corrélations diagraphiques 40
III.6.1 Corrélation Nord-Ouest/Sud-Est passant par les puits : DECH-W-1, DECH-1, TOT-1, SBAA-1, SBAA.S-1, HRA-1, OTRT-2, LTN-1, LTNE-1, LTS-1 40
III.6.2 Corrélation Nord- Sud passant par les puits : GOT-1, GNF-1, ODZ-1bis, MGR-1, E-ODZ-1ST, LTN-1, LTNE-2, LTS-1 42
III.6.3 Corrélation Est-Ouest passant par les puits DECHW-1, SBAA-1, ODZ-1bis, E-ODZ-1ST 42
Conclusion 45

CHAPITRE III : APPROCHE PÉTROGRAPHIQUE

III.1 Composition pétrographique et minéralogique 47
III.1.1 Les éléments essentiels 47
III.1.1.1 Le Quartz 47
III.1.1.2 Le feldspaths 47
III.1.1.3 Les micas 48
III.1.1.4 Les carbonates 48
III.1.1.5 La glauconie 48
III.1.2 Les éléments accessoires 48
III.1.2.1 Les minéraux lourds 48
III.1.2.2 Les débris de fossiles 49
III.1.2.3 La matière organique 49
III.1.2.4 Oxydes de fer 49

III.1.3 Les ciments 50
III.1.3.1 Le ciment argileux 50
III.1.3.2 Le ciment siliceux 50
III.1.3.3 Le ciment carbonaté 50
III.2 Les paramètres pétrophysiques 53
III.2.1 La porosité 53
III.2.2 La perméabilité 53
III.3 Les phénomènes diagénétiques 53
III.3.1 La compaction 53
III.3.2 La dissolution 53
III.3.3 La cimentation 54
III.4 Évolution latérale de la granulométrie 54
III.5 Évolution de la géométrie 54
III.6 Source d'apport 54
III.7 Le milieu de dépôt 55
Conclusion 55

CHAPITRE IV : CARACTÉRISATION DU RÉSERVOIR

IV.1 Etude des paramètres pétrophysiques 57
IV.1.1 Relation perméabilité-porosité 57
IV.1.2 Histogrammes des porosités et des perméabilités 59
IV.1.2.1 La porosité 59
IV.1.2.2 La perméabilité 60
IV.1.3 Évolution verticale des paramètres pétrophysiques 61
IV.1.3.1 L'évolution verticale de la porosité 61
IV.1.3.2 L'évolution verticale de la perméabilité 63
IV.2 Calcul des paramètres du réservoir 64
IV.2.1 L'épaisseur des grès propres 64
IV.2.2 La porosité totale 64
IV.2.3 La porosité utile 64
IV.2.4 L'épaisseur utile 65
IV.2.5 Net to Grosse 65
IV.2.6 La saturation en huile 65
IV.3 Les carte en iso-valeurs 67

IV.3.1 La carte en isobathes au toit du réservoir Grés de Sbâa 67
IV.3.2 L'épaisseur totale 69
IV.3.3 L'épaisseur des grés propres 70
IV.3.4 Le volume d'argile (Vsh) 71
IV.3.5 La porosité totale log 72
IV.3.6 La porosité utile 73
IV.3.6.1 La porosité utile carotte 73
IV.3.6.2 La porosité utile log 74
IV.3.7 L'épaisseur utile 75
IV.3.8 Le Net to Gross 76
IV.3.9 La perméabilité 77
IV.3.10 La saturation en huile 78
Conclusion 79
CONCLUSION GÉNÉRALE 80
ANNEXE / Tableau 1

Liste des Figures

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LA CUVETTE DE SBAA

Figure I.1: Situation géographique du bassin de Sbâa 2
Figure I.2: Situation géologique de la cuvette de Sbâa 3
Figure I.3: Coupe géologique à travers la cuvette de Sbâa 4
Figure I.4: Localisation de périmètre Sbâa 5
Figure I.5 : Carte de positionnement des puits dans le périmètre de Sbâa 6
Figure I.6: Situation des principaux trends structuraux du bassin de Sbâa 10
Figure I.7: Colonne stratigraphique type de la cuvette de Sbâa 14

CAPITRE II : ÉTUDE SÉDIMENTOLOGIQUE

Figure II.1: Carte géologique du bassin de Timimoun 17
Figure II.2 : Photo satellite de l'anticlinal de Timimoun 18
Figure II.3 : Log lithologique de l'anticlinal de Timimoun 19
Figure II.4 : Schéma présentatif de modèle d'EMBRY 21
Figure II.5 : Carte de positionnement des puits utilisés pour le découpage séquentiel et les directions des corrélations diagraphiques 22
Figure II.6 : Découpage séquentiel du puits TOT-1 27
Figure II.7 : Découpage séquentiel du puits SBAA-1 30
Figure II.8 : Découpage séquentiel du puits LTN-1 34
Figure II.9 : Découpage séquentiel du puits ODZ-1bis 38
Figure II.10 : Corrélation Nord-Ouest/Sud-Est Grés de Sbâa 41
Figure II.11 : Corrélation Nord/Sud Grès de Sbâa 43
Figure II.12 : Corrélation Est/Ouest Grès de Sbâa 44

CHAPITRE III : APPROCHE PÉTROGRAPHIQUE

Figure III.1 : Carte de positionnement des puits utilisés pour l'analyse pétrographique 46

CHAPITRE IV : CARACTÉRISATION DU RÉSERVOIR

Figure IV.1 : Carte de position des puits forés au niveau du périmètre de Sbâa 56
Figure IV.2 : Relation perméabilité-porosité 57
Figure IV.3 : Histogramme des fréquences de porosité 59
Figure IV.4 : Histogramme des fréquences de perméabilité 60

Figure IV.5 : Évolution verticale de porosité et de perméabilité au niveau du puits DECH-1 62
Figure IV.6 : Évolution verticale de porosité et de perméabilité au niveau du puits LTN-1 62
Figure IV.7 : Évolution verticale de porosité et de perméabilité au niveau du puits ODZ-1bis 63
Figure IV.8 : Carte en isobathes au toit du réservoir Grés de Sbâa..... 68
Figure IV.9 : Carte en isopaques du réservoir Grés de Sbâa 69
Figure IV.10 : Carte en isopaques des grés propres du réservoir Grés de Sbâa 70
Figure IV.11 : Carte en iso-volume d'argile du réservoir Grés de Sbâa 71
Figure IV.12 : Carte en iso-porosité totale Log du réservoir Grés de Sbâa 72
Figure IV.13 : Carte en iso-porosité utile carotte de réservoir Grés de Sbâa 73
Figure IV.14 : Carte en iso-porosité utile Log de réservoir Grés de Sbâa 74
Figure IV.15 : Carte en iso-épaisseur utile du réservoir Grés de Sbâa 75
Figure IV.16 : Carte en iso-Net to Gross du réservoir Grés de Sbâa 76
Figure IV.17 : Carte en iso-perméabilité du réservoir Grés de Sbâa 77
Figure IV.18 : Carte en iso-saturation en huile du réservoir Grés de Sbâa 78

Liste des Photos

CHAPITRE II : ÉTUDE SÉDIMENTOLOGIQUE

Photos II.1: Photo de terrain représentant les affleurements de Tournaisien dans le flanc Sud de l'anticlinal de Timimoun 19

Photo II.2: Photo de terrain représentant la limite de passage Tournaisien inférieur (C10) - Tournaisien supérieur 19

Photo II.3 : Silt argileux bioturbés de 702,60 à 702,55m ; Carotte n °22 du puits TOT-1 24

Photo II.4 : Argile à lentilles de silt de 696,75 à 696,68 m ; Carotte n° 21 du puits TOT-1 ... 24

Photo II.5: Grés très fin à trace des coquilles et des stratifications horizontales de 699,10 à 699 m ; Carotte n °22 du puits TOT-1 25

Photo II.6: Argile bioturbés à Stratification entrecroisé de 696,40 à 696,33m ; Carotte n° 21 du puits TOT-1 25

Photo II.7 : Grés coquillé de 693,53 à 693, 33m ; Carotte n°21 du puits TOT-1 25

Photo II.8 : Silts à bioturbations verticale de 689,80 à 689,76m ; Carotte n°21 du puits TOT-1 25

Photo II.9 : Silts bioturbés de 684,2 à 684,10m avec des stratifications entrecroisées; Carotte n ° 20 du puits TOT-1..... 26

Photo II.10 : Grès très fin à Trace complète des coquilles de 683,5 à 683,32m ; Carotte n°20 du puits TOT-1 26

Photo II.11 : Niveau d'argile noire bioturbée de 685,10 à 685,05m ; Carotte n°20 du puits TOT-1 26

Photo II.12 : Alternance grés argileux et silts argileux de 677,5 à 677,30m ; Carotte n° 20 du puits TOT-1 26

Photo II.13 : Grés gris avec passé d'argile de 503,5 à 503,30m avec des stratifications horizontale ; Carotte n°5 du puits SBAA-1..... 29

Photo II.14 : Intervalle de 505-504,9m à Grés fin très fracturés ; Carotte n°5 du puits SBAA-1 29

Photo II.15 : Alternance d'argile noire bioturbée, et de sils de 1745,8 à 1745,6 m ; Carotte n°4 du puits LTN-1 32

Photo II.16 : Grés fin rouge oxydé de 1737,80 à1737, 70 m ; Carotte n°4 du puits LTN-1 ... 32

Photo II.17 : Silts gris ferrugineux à fracture verticale colmaté d'argile pyriteux de 1733,80 à 1733, 72m ; Carotte n°4 du puits LTN-1 32

Photo II.18: Silts à traces des coquilles à 1728,40m ; Carotte n° 3 du puits LTN-1..... 32

Photo II.19 : Grés fin à très fin bioturbés de 1730,40 à 1730,25m ; Carotte n°4 du puits LTN-1 33

Photo II.20 : Grés fin beige à rosâtre devient vert vers le sommet à stratifications horizontales de 1727,70 à 1727,48m ; Carotte n °3 du puits LTN-1 33

Photo II.21 : Argile noire localement ferrugineux de 752 à 751,88m ; Carotte n°10 du puits ODZ-1bis 36

Photo II.22 : Argile noire bioturbés de 753,8 à 753,76m ; Carotte n°10 du puits ODZ-1bis 36

Photo II.23 : Grés beige a stratifications entrecroisés de 747, 50 à 747,40 m ; Carotte n°9 du puits ODZ-1bis 36

Photo II.24 : Argile noire bioturbés localement ferrugineux de 749,4 à 749,16m ; Carotte n°9 du puits ODZ-1bis 36

Photo II.25 : Grés fin à joints argileux et stratification plaines de 744 à 743,84m ; Carotte n°8 du puits ODZ-1bis 37

Photo II.26 : Grés fin à très fin, gris beige friable de 743,30 à 743, 10m ; Carotte n°8 du puits ODZ-1bis 37

CHAPITRE III : APPROCHE PÉTROGRAPHIQUE

Photo III.1 : Argile à Trace complète des coquilles de 686 à 685,82m ; Carotte n°20 du puits TOT-1 49

Photo III.2: Grés coquillé de 693,53 à 693, 33m ; Carotte n°21 du puits TOT-1 49

Photo III.3 : Grés très fin à glauconie, partiellement cimenté par la silice et les carbonates, moyennement poreux ; puits ODZ-1bis à 749m. 51

Photo III.4 : Grès bien classé à glauconie et feldspath altéré ; puits ODZ-1bis à 749m. 51

Photo III. 5: Grés mal classé siliceux bioclastique complètement cimenté par les carbonates ; puits TOT-1 à 688,10m. 52

Photo III.6 : Grés mal classé siliceux bioclastique complètement cimenté par les carbonates ; puits TOT-1 à 688,10m avec lumière polarisé. 52

Liste des Tableaux

CAPITRE II : ÉTUDE SÉDIMENTOLOGIQUE

Tableau II.1 : Limites diagraphiques des séquences sédimentaires 45

CHAPITRE IV : CARACTÉRISATION DU RÉSERVOIR

Tableau IV.1 : Nombre d'échantillons/puits 57
Tableau IV.2 : Paramètres pétrophysiques moyens calculés du réservoir Grés de Sbâa 65
Tableau IV.3 : Paramètres du réservoir Grés de Sbâa (calculés) 66
Tableau 1 : Liste des puits traversant le réservoir Grés de Sbâa 6

INTRODUCTION

La province du Sahara occidental de l'Algérie était réputée productrice exclusivement de gaz, cette idée a été remise en question par la découverte de la première accumulation d'hydrocarbures liquides en 1959 dans le Givétien de la structure d'Azzène de la cuvette de Sbâa, ensuite la découverte de gisements d'huile dans les années 80 et à des faibles profondeurs à Hassi Ilatou, ainsi qu'à Sbâa, ensuite l'huile a été découverte dans les différents réservoirs du système pétrolier en quantités commerciales. La cuvette de Sbâa est devenue le seul secteur pétrolifère dans le Sahara occidental par rapport aux autres bassins qui sont gaziers.

Le réservoir Grès de Sbâa constitue l'objectif principal d'huile dans la cuvette de Sbâa, il est caractérisé par une épaisseur plus au moins constante avec un biseautage vers le Nord-Est et le Sud-Est, ce réservoir possède des caractéristiques pétrophysiques généralement bonnes, ces paramètres sont d'origine matricielle comme ils peuvent être secondaires. La distribution de ces paramètres ainsi que leur tendance de dégradation et/ou d'amélioration reste toujours mal contrôlé. Dans le but de mieux caractériser le réservoir Grès de Sbâa, la SONATRACH/Exploration-Boumerdès nous a proposé un sujet de mémoire de fin d'étude : **Caractérisation de réservoir Grès de Sbâa dans la cuvette de Sbâa**.

Durant la période de stage de mise en situation professionnelle, le travail était focalisé autour des axes suivants :

- Une recherche bibliographique dont le but d'approfondir les connaissances et de décrire le contexte structural et paléogéographique du bassin.
- Une étude sédimentologique matérialisée par la réalisation d'un découpage séquentiel et l'établissement des corrélations diagraphiques.
- Une approche pétrographique : réalisation d'une synthèse de description pétrographique.
- Une étude des paramètres du réservoir : par l'intermédiaire de l'établissement et l'interprétation des histogrammes, ainsi que les différentes cartes en iso-valeurs.

Le travail est subdivisé en quatre chapitres :

- Chapitre I : Généralités sur la cuvette de Sbâa.
- Chapitre II : Etude sédimentologique.
- Chapitre III : Etude pétrographique.
- Chapitre IV : Etude des paramètres du réservoir.
- Une conclusion.

I.1 Cadre géographique

Le bassin de Sbâa qui comporte la cuvette de Sbâa et la voûte d'Azzène, se trouve dans la province occidentale de la plateforme saharienne et au Sud-Ouest du bassin de Timimoun.

La cuvette de Sbâa, située à environ 1200 km au Sud-Ouest d'Alger et à environ 500 Km de la frontière Algéro-marocaine, s'étend sur une superficie d'environ 20000 km^2 ; elle se localise entre :

* les longitudes : 1° Est et 2° Ouest.

* les latitudes : 27°30' et 29° Nord.

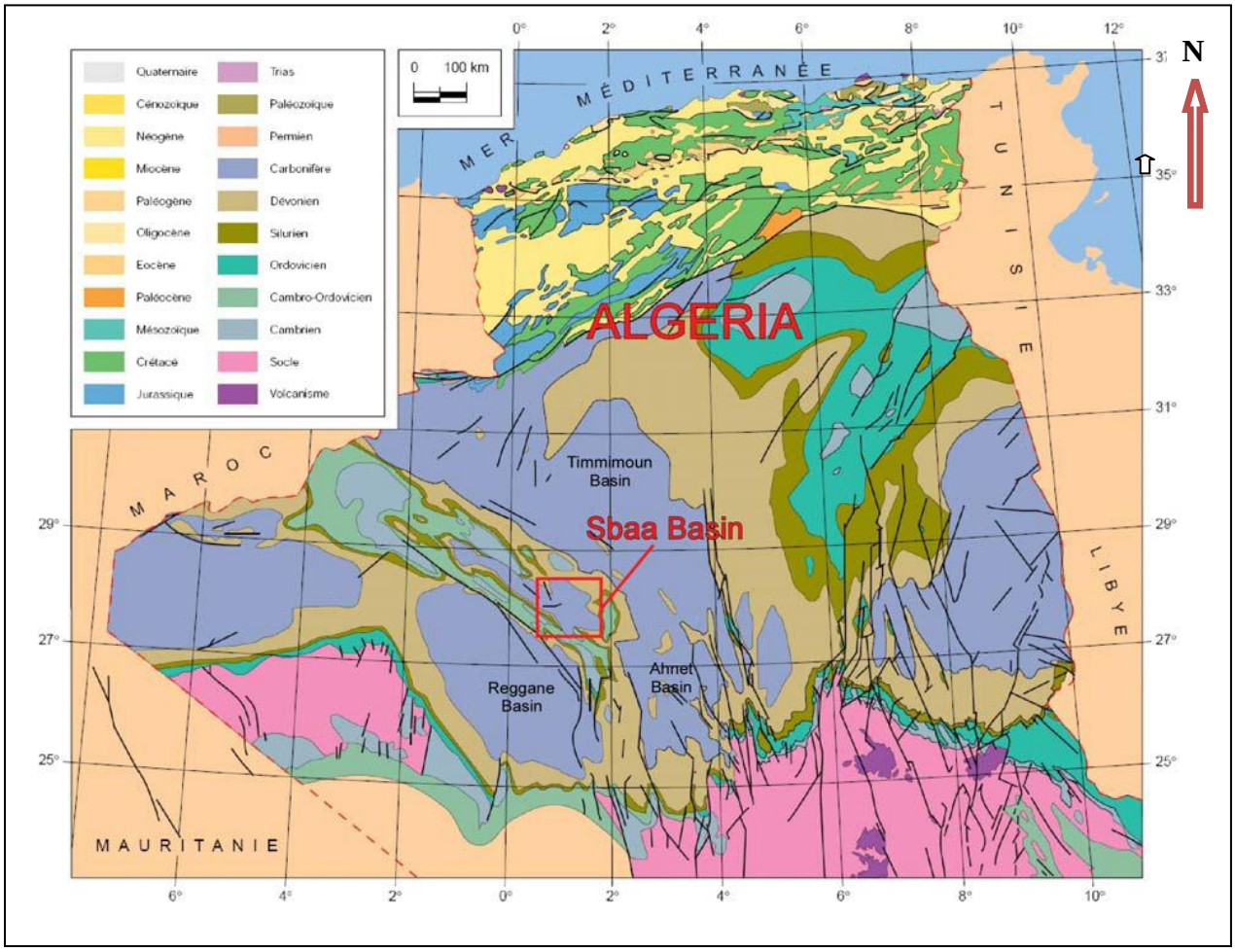


Figure I.1: Situation géographique du bassin de Sbâa (WEC Algeria 1995)

I.2 Cadre géologique

La cuvette de Sbâa correspond à une étroite dépression synclinale d'orientation Nord-Ouest/Sud-Est (sur le prolongement Sud de la chaîne d'Ougarta).

Elle est limitée :

* Au Nord et au Nord-Est par le bassin de Timimoun.

* Au Nord-Ouest par le faisceau de la Saoura.

* A l'Ouest par la chaîne de l'Ougarta qui la sépare du bassin de Reggane.

* Au Sud-Ouest par le faisceau de Kahal Tabelbala (un faisceau de la chaîne Ougartienne).

* Au Sud par la zone haute de Bled El Mas.

* A l'Est par la voûte d'Azzène.

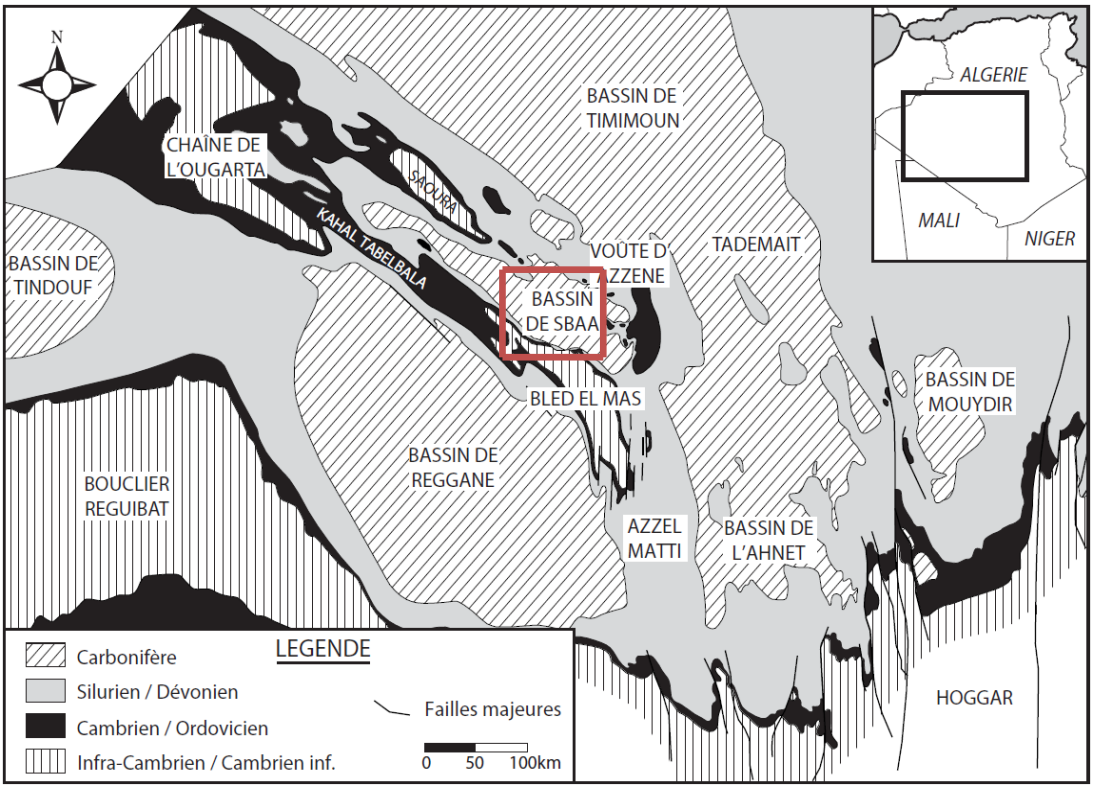


Figure I.2: Situation géologique de la cuvette de Sbâa (SONATRACH 1998)

La coupe géologique schématique (Figure I.3), orientée Sud-Ouest/Nord-Est, a été établie perpendiculairement à l'axe de prolongement de la cuvette de Sbâa et passe par les puits LTSW-1, OTRT-1, ODZ-1, GNF-1, GOT-1 et TAD-1 ; elle montre que :

* La structuration au sein de la cuvette de Sbâa est héritée du socle où les structures embrassent son allure. Celles-ci se présentent sous forme de plis étroits bordés par les failles inverses d'âge précambrien et d'orientation Ougartienne, à très fort rejet, qui affectent parfois toute la série litho-stratigraphique de la cuvette et lui donne une structuration en blocs tectoniques, affectés par une importante érosion. (Figure I.3).

* La série litho-stratigraphique du Paléozoïque démarre depuis le substratum qui n'est pas rencontré au niveau des puits GOT-1 et TAD-1 jusqu'au Namurien. Le sommet du Namurien correspond à la discordance hercynienne. Vers le Sud-Ouest, les couches se biseautent et la coupe montre un synclinal large et faillé.

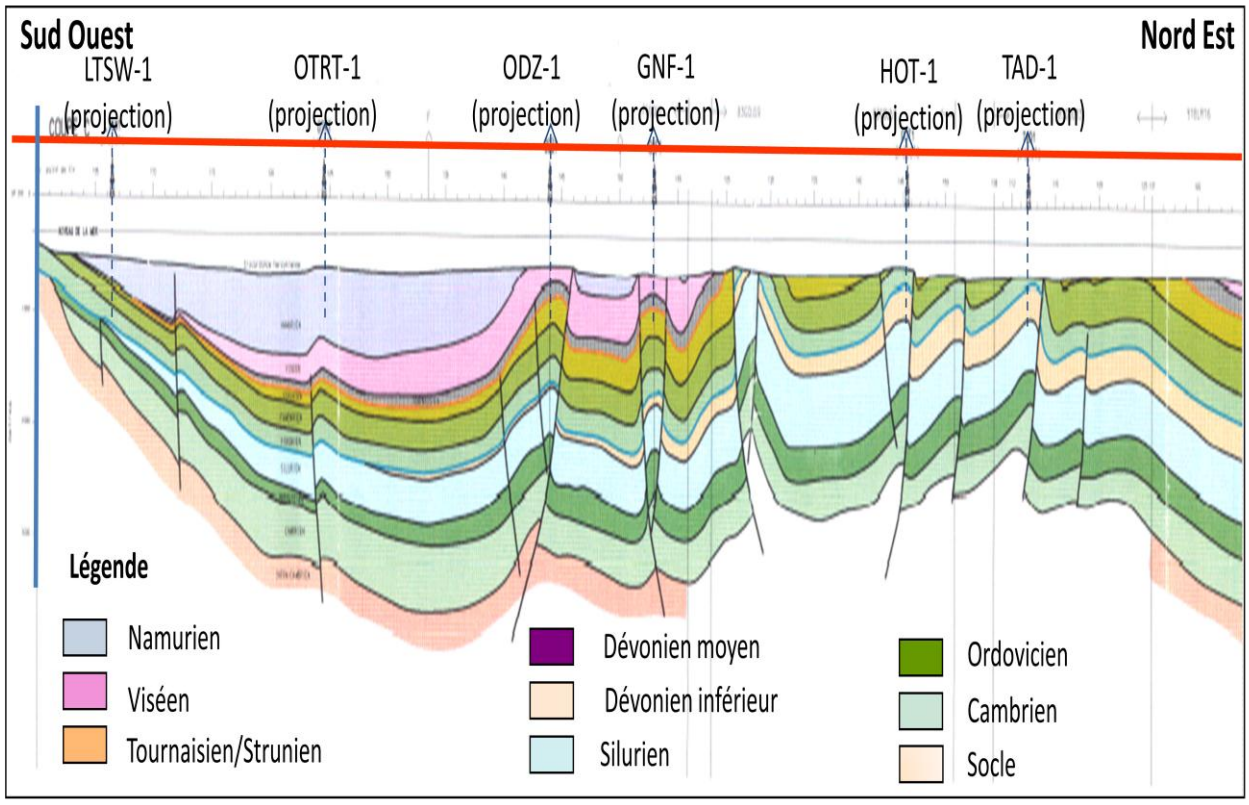


Figure I.3: Coupe géologique à travers la cuvette de Sbâa (SONATRACH 2O13)

I.3 Périmètre Sbâa

Le périmètre Sbâa est situé au Nord de la wilaya d'Adrar (Figure I.4), et est caractérisé par une superficie de 9 174,43 km^2. Ce périmètre comporte trois zones fiscales C, B et A.

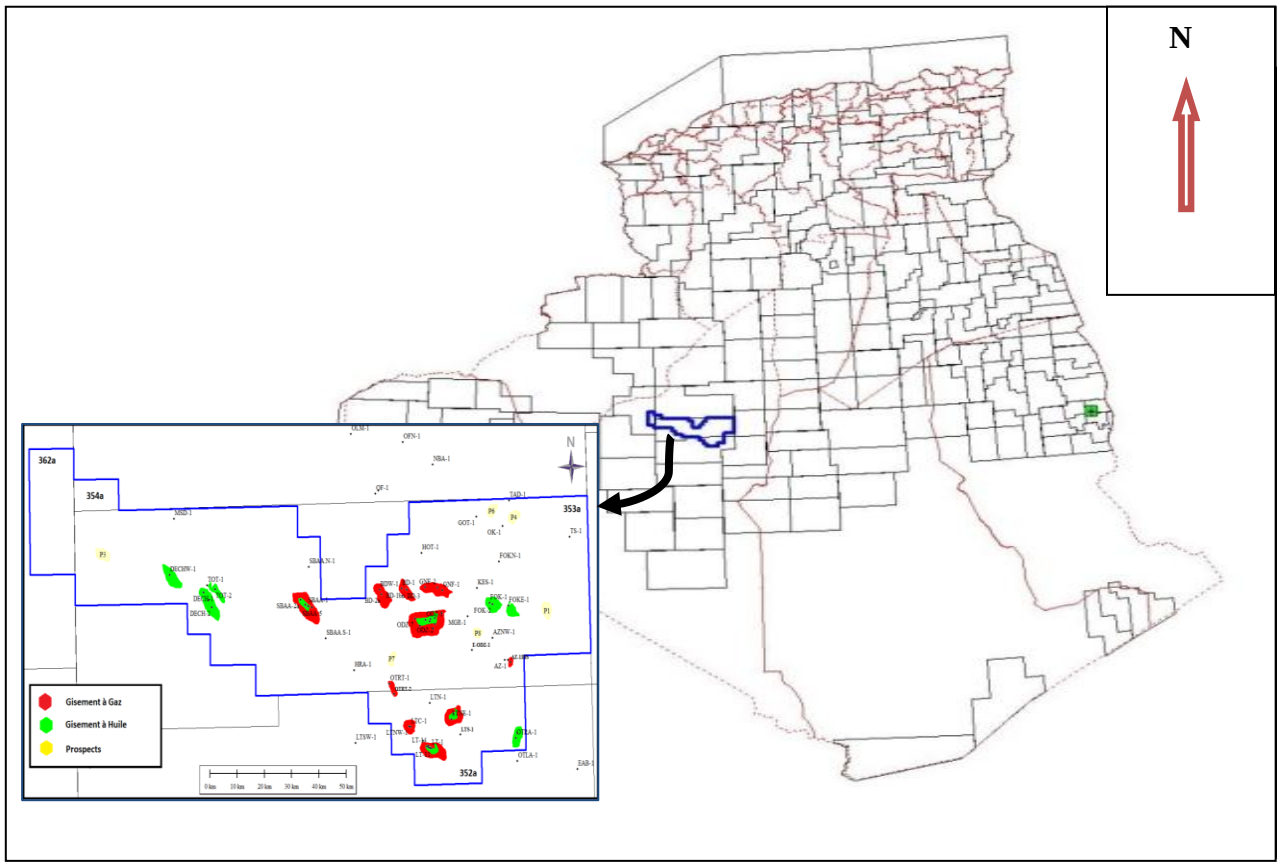


Figure I.4: Localisation de périmètre Sbâa (SONATRACH 2O13)

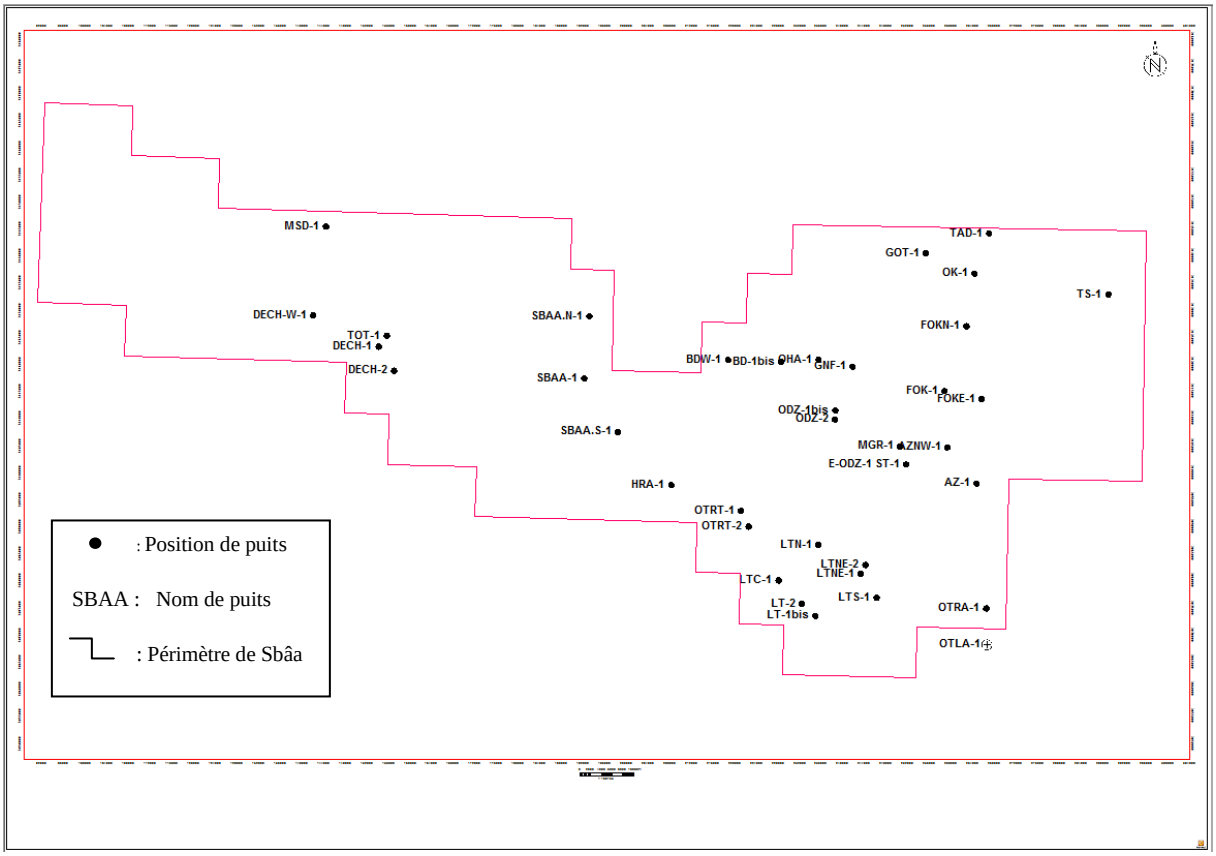


Figure I.5 : Carte de positionnement des puits dans le périmètre de Sbâa (SONATRACH 2O13)

I.4 Historique de l'exploration

L'exploration a débuté dans la cuvette de Sbâa en 1954, suite à une prospection gravimétrique qui a mis en évidence les possibilités qu'il offre. Les travaux d'exploration ont été repris entre 1970 et 1974 par une prospection sismique régionale, suivie d'une prospection détaillée qui a débuté en 1976.

Cette activité a amené à la découverte, en 1980, d'une accumulation majeure d'huile dans le Tournaisien et à partir de cette date-là, l'activité s'est énormément accélérée.

La cuvette de Sbâa a connu le développement de 47 puits, 26000 km de sismique 2D et 500 km^2 de sismique 3D.

* En 1959, la Compagnie française CFPA (Compagnie Française de Prospection en Algérie) a exploré les structures de Bouhadid et d'Azzène, découvrant les premiers indices d'hydrocarbures : 37 m^3/j d'huile à partir du Gédinnien et 700 m^3/j de gaz avec des traces d'huile dans l'Ordovicien.

* En 1979, la Sonatrach/Exploration relance les travaux de recherche (sismique, géologie….), ce qui a permis la mise en évidence de plusieurs structures positives avec des accumulations d'huile à faible profondeur.

* En 1980, le puits SBAA-1 produit de l'huile à partir des grès de Sbâa (Tournaisien), avec un débit de 8m^3/h. Par contre, le puits SBAA-3 produit de l'huile dans le même réservoir avec un débit de 7m^3/h, ainsi qu'un débit de 3200m^3/h de gaz à partir de l'Ordovicien et 5400m^3/h de gaz dans le Cambrien. Le champ de Hassi Ilatou a révélé une production d'huile à partir des Strunien et Namurien et une production de gaz à partir du Cambro-Ordovicien.

* En 1983, la découverte d'une accumulation d'hydrocarbures s'est effectuée à Oued Zine ; le puits ODZ-1 a produit 600m^3/h de gaz à partir de l'Ordovicien, alors que le puits ODZ-1bis fournit 7500 m^3/h de gaz dans le même réservoir, ainsi qu'un débit de 2093m^3/h de gaz et 2.2m^3/h d'huile dans le Strunien.

* En 1985, plusieurs structures ont été mises en évidence par la réactualisation de l'interprétation sismique. Le puits TOT-1 a donné 5 m^3/h d'huile et 30 m^3/h de gaz à partir du Tournaisien.

* En 1986, le puits DECH-1, implanté sur la structure de DECHEIRA au Nord-Ouest de la cuvette de Sbâa, a donné 3.2 m^3/h d'huile et 2 112 m^3/h de gaz à partir du Tournaisien. La structure de Hassi Ilatou Nord-Est produit 10.8 m^3/h à partir du Strunien et 10 127 à 6593 m^3/h de gaz avec 74.04 m^3/h de gazoline à partir de l'Ordovicien.

* En 1989, la découverte d'une accumulation de gaz à Bouhadid-Ouest est réalisée avec un débit de 224 952 m^3/j à partir de l'Ordovicien.

* En 1991, la structure de Gour-Nefrat produit 8 850 m^3/h de gaz sec à partir de l'Ordovicien.

* En 1993, quatre forages ont été réalisés (GNF-2, OHA-1, OFN-1 et MSD-1).

L'opportunité d'ouverture en recherche est motivée par :

1-la possibilité d'existence de nouvelles accumulations en hydrocarbures à travers le périmètre Sbâa et au sein des deux pièges mis en évidence.

2-l'existence d'une raffinerie à Adrar et d'une infrastructure facilitant l'exploitation de futures découvertes.

* En 2003, l'activité Sonatrach est achevée sur le périmètre et en parallèle deux contrats d'association avec GDF pour la recherche et l'exploitation du gaz et avec CNPC pour la recherche d'huile et construction de la raffinerie d'Adrar, ces deux opérateurs sont sur tout le périmètre.

* En 2008, GDF (Groupement De France) et CNPC (Campany National Petroleum of China) ne restent opérationnels que sur les zones d'exploitation. Actuellement, GDF est en phase de développement des gisements de gaz et CNPC est transférée à Sonatrach.

* En 2013, Sonatrach à demandé le périmètre en recherche pour 7 ans avec la réalisation de 4 forages en 2016, dont deux sont des découvertes de gaz et la réalisation de 714 Km 2D et 1352 km 3D.

I.5 Cadre structural

I.5.1 Aspect structural

La cuvette de Sbâa constitue l'un des traits structuraux majeurs de la province occidentale ; elle correspond à une entité structurale particulière et différente par rapport aux bassins voisins.

Elle correspond à un demi-graben d'orientation Ougartienne ; le flanc Sud-Ouest a un pendage assez doux, tandis que celui de la partie Nord orientale s'élève brusquement juste à l'aplomb de la ride de In Belbel et de la voûte d'Azzène, d'où la présence de deux zones tectoniques différentes :

- Une zone fortement tectonisée au Nord et profondément érodée l'isolant du bassin de Timimoune.
- Une zone peu tectonisée au Sud.

Les principales directions tectoniques sont, par ordre d'importance :

- Une direction subméridienne,
- Une direction Nord-Ouest/Sud- Est dominante (direction Ougartienne),
- Des directions Est/Ouest et Nord-Est/Sud-Ouest mineures révélées par l'interprétation de la sismique et auxquelles sont liées les structures compressives du centre de la cuvette.

I.5.2 Évolution structurale

La configuration actuelle de la cuvette de Sbâa (Figure I.6) est le résultat d'une histoire tectonique complexe :

I.5.2.1 Période anté-hercynienne

Au cours du Cambro-Ordovicien, la cuvette de Sbâa et la Chaîne de l'Ougarta étaient occupées par une dépression, tandis que la voûte d'Azzène se présentait comme une zone élevée. Pendant cette période, des mouvements tectoniques actifs liés à la phase Taconique (cycle Calédonien) a provoqué l'approfondissement de certaines parties de la région et le soulèvement d'autres.

Au cours de l'Ordovicien terminal, une calotte glaciaire s'est installée sur le Gondwana qui était centré sur le pôle Sud. La cuvette de Sbâa était située dans la partie Nord-Ouest de la calotte

glaciaire, près de sa limite Nord, l'influence marine augmentant vers le Nord-Ouest et indiquant la direction de la mer qui était au Nord-Ouest de la cuvette de Sbâa.

Au cours du Silurien, un réchauffement climatique provoque la fonte de la calotte glaciaire installée durant l'Ordovicien terminal et conduisant à une transgression marine connue par le monde ; les faciès siluriens rencontrés dans la cuvette da Sbâa portent la signature d'un milieu franchement marin, relatif à un plateau continental dont le prolongement du milieu est vers le Nord.

I.5.2.2 Période hercynienne

Le cycle hercynien est le responsable de la mise en évidence des principaux traits structuraux actuels, la configuration de la surface anté-mésozoïque (discordance hercynienne) et l'individualisation de la cuvette de Sbâa par l'inversion et le soulèvement de la voûte d'Azzène et le chaînon de la Saoura et de la réactivation de chaînon du Kahal Tabelbala et du Bled El Mas.

Pendant le Dévonien inférieur et le Dévonien moyen, la cuvette de Sbâa était un lieu de soulèvement intense provoquant l'érosion du Dévonien inférieur. A cet effet, le Dévonien moyen (Givétien) repose en discordance stratigraphique et angulaire sur les couches sous-jacentes.
Durant le Dévonien supérieur (Frasnien), une subsidence prolongée et stable s'est installée, garantissant un milieu de sédimentation calme. Au cours de cette période, la partie Sud-Est n'a pas connu un enfouissement très intense, tandis qu'au Nord et au Nord-Ouest, la subsidence était très active.

Au Dévonien supérieur (Famennien), la bordure Sud-Est reste relativement soulevée, tandis que la partie orientale est affectée par un enfouissement intense.

Au cours du Strunien, une période de régression s'est installée. Vers le Nord, le fond de la cuvette s'enfonce progressivement. Vers la fin du Strunien, les mouvements régressifs ont atteint leur maximum et le fond marin a subi un soulèvement régional.

Au début du Carbonifère inférieur (Tournaisien), une sédimentation transgressive et régressive assiste à un nouveau soulèvement du territoire. Vers la fin de cette période, des mouvements compressifs affectent la cuvette de Sbâa, ainsi que la voûte d'Azzène qui commence à prendre la forme d'une voûte dans cette période où la partie Nord reste la plus enfouie de la région. Tandis que le Viséen est régné par un enfouissement lent et relativement stable.

Durant le Carbonifère supérieur, un soulèvement régional provoque l'installation des conditions de sédimentation continentale où les couches sous-jacentes sont déposées en discordance angulaire sur le Namurien.

I.5.2.3 Période post-hercynienne

Pendant le Mésozoïque, la structuration de la cuvette de Sbâa a pris fin avec une divergence presque totale entre les plans structuraux paléozoïque et mésozoïque.

Durant le Méso-Cénozoïque, l'activité tectonique de la cuvette de Sbâa s'affaiblit énormément.

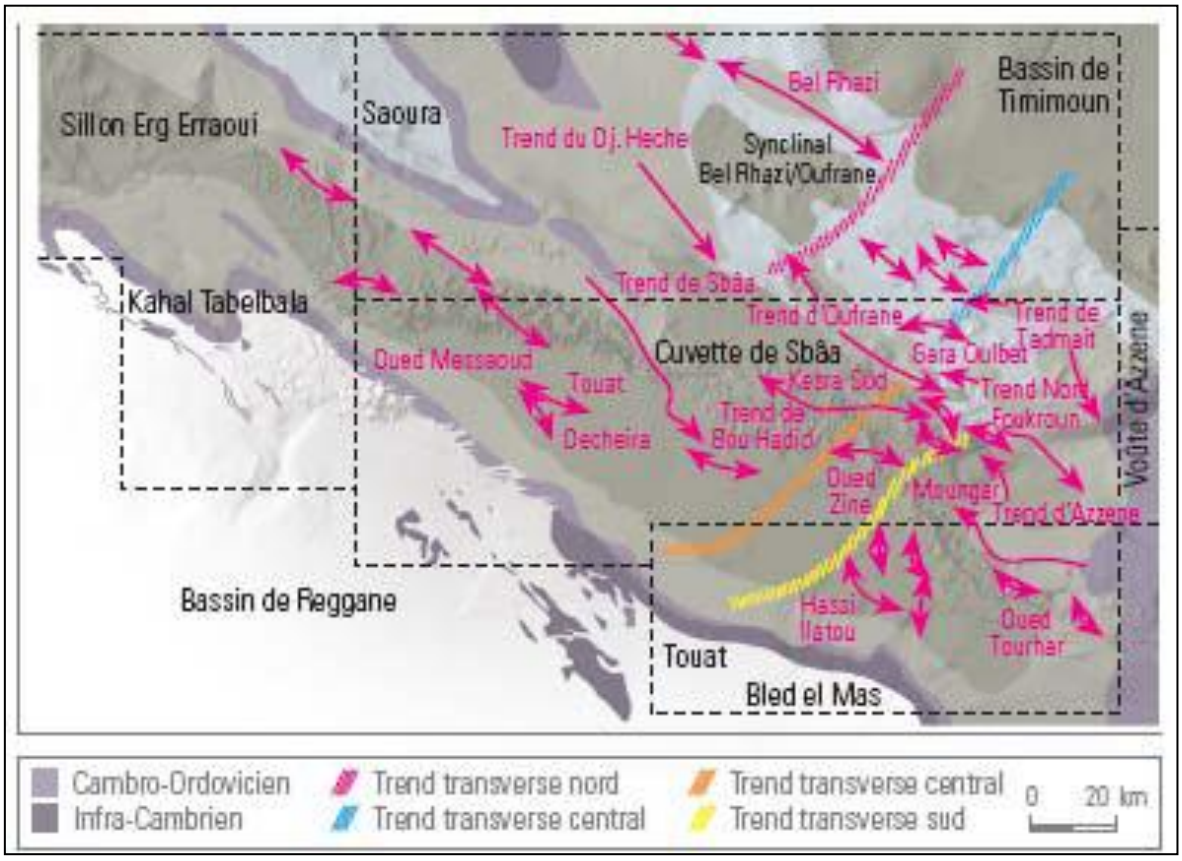


Figure I.6: Situation des principaux trends structuraux du bassin de Sbâa (WEC 2O12)

I.6 Cadre stratigraphique

La cuvette de Sbâa présente une couverture sédimentaire plus ou moins épaisse et variant entre 2500 et 3500 m. Elle est représentée essentiellement par les dépôts du Paléozoïque qui sont recouverts en discordance par ceux du Mésozoïque (fig.I.7). De bas en haut, on distingue :

I.6.1 Le substratum

Le substratum est assez mal connu dans la cuvette de Sbâa parce qu'il n'a été foré qu'au niveau de deux puits (LT-1 et OTRT-1) avec une pénétration de 33 et 26 m, respectivement.
Il est représenté par des argiles brun-rouge à marron, tendres et indurées, silto-sableuses et micacées et de roches métamorphiques.

I.6.2 Le Paléozoïque

I.6.2.1 Le Cambrien (250-600 m)

Il est formé d'une épaisse série sédimentaire essentiellement gréseuse en discordance sur le substratum infracambrien. Il est constitué d'Unité II : représenté par des grès blancs fins, moyens à grossiers, moyennement consolidés, mal classés, à ciment argileux.

I.6.2.2 L'Ordovicien (80-500 m)

Il est constitué de quatre unités litho-stratigraphiques :

- **Unité III-1 (Ordovicien inférieur)**

Elle est formée par un cortège sédimentaire argilo-gréseux ; la zone d'alternance à la base, surmontée par les argiles d'El Gassi et les grès quartzitiques et radioactifs d'El Atchane.

- **Unité III-2 (Ordovicien inférieur)**

Elle est constituée de grès quartzitiques intermédiaires, équivalents aux quartzites de Hamra. Cette unité, très peu développée, est parfois absente.

- **Unité III-3 (Ordovicien moyen)**

Elle contient les argiles gréseuses ; son faciès étant franchement marin, vu qu'elle est essentiellement argileuse et contenant des passées et des niveaux oolithiques au sommet. Cette unité discordante sur les formations sous-jacentes est transgressive, régionalement. Lorsque cette unité est complète, on distingue: les argiles de Tiferouine, les argiles d'Azel et les grès d'Oued Saret.

- **Unité III-4 (Ordovicien supérieur)**

Elle est discordante sur les termes inférieurs et son origine est attribuée à un environnement glaciaire. De ce fait, elle est caractérisée par une phase de ravinement glaciaire. Cette unité est caractérisée par un remplissage sédimentaire extrêmement hétérogène et complexe, typique aux paléo-vallées glaciaires et marquée par les grès d'El Goléa, intercalés par les argiles conglomératiques.

I.6.2.3 Le Silurien (80-800 m)

Le Silurien présente un faciès marin représenté par des argiles, constituant la roche-mère principale. Il est subdivisé, de bas en haut, comme suit :

Silurien radioactif : des argiles radioactives d'aspect charbonneux à la base et qui sont très riches en matière organique.

Silurien argileux : des argiles plus ou moins silteuses et qui sont beaucoup moins riches en matière organique.

Silurien carbonaté : des argiles carbonatées, moyennement riches en matière organique. Les niveaux calcaires contiennent des céphalopodes.

I.6.2.4 Le Dévonien (0-1375 m)

- **Le Dévonien inférieur (0-500 m)**

- Le Gédinnien : constitué par des argiles silteuses contenant des intercalations de bancs silteux et gréseux, avec des calcaires bioclastiques bien développés à l'Ouest.
- Le Siegénien : formé par des argiles silteuses renfermant des intercalations de silts et de grès fins.
- L'Emsien : représenté par des argiles souvent très fossilifères à la base, qui évolue vers des grès fins à moyens, puis vers des dépôts argilo-silto-quartzitiques.

- **Le Dévonien moyen (0-75 m)**

- Le Couvinien : auquel sont attribuées des argiles silteuses plus au mois carbonatées.
- Le Givétien : il contient des argiles brunes riches en matière organique et des calcaires bioclastiques compactes contenant des Orthocères et des tentaculaires, déclarant un faciès marin franc. Des niveaux gréseux sont observés localement dans les niveaux carbonatés. Le Givétien est souligné par un horizon calcaire transgressif sur le Dévonien inférieur.

- **Le Dévonien supérieur (0-800 m)**

- Le Frasnien : il est constitué d'argiles marines transgressives légèrement radioactives, assez riches en matière organique.
- Le Famennien : il renferme des argiles siliceuses à sa base et des argiles brunes bioturbées, à son sommet, témoignant d'un environnement de plate-forme marine profonde.
- Le Strunien : contenant deux niveaux : le Strunien inférieur qui est relativement homogène et représente les deux tiers de la série ; son faciès est défini par des silts bruns bioturbés à faible valeur des grès, correspondant à un environnement marin peu profond et le Strunien supérieur qui est hétérogène et contenant des niveaux argileux et des niveaux des grès justifiant une surface de transgression.

I.6.2.5 Le Carbonifère (0-1000 m)

- **Le Carbonifère inférieur**

- Le Tournaisien : il est constitué par deux niveaux :

- les grès de Sbâa qui constituent une séquence gréseuse granocroissante, contenant des silts argileux à la base et des grès fins à glauconie et bioclastes au sommet. Ce faciès témoigne d'un environnement marin.

- les grès supérieurs : grés de KAHLA se localisent au sommet : ce sont des grès gris à gris blanc, fins à moyens, siliceux, micacés et glauconieux moins argileux et possédant les mêmes caractéristiques des grès situés au centre du bassin.

- Le Viséen : est argilo-silteux, les argiles sont de couleur grise, foncée à noire, fossilifères. Il faut noter la présence de quelques niveaux de grès poreux caractérisés par une faible perméabilité.

- **Le Carbonifère supérieur**

  Le Namurien : possède un faciès essentiellement continental souligné par des argiles brunes, rouges, micro-conglomératiques et des grès bien développés au centre du bassin avec le développement de quelques bancs de calcaires fossilifères (Lamellibranches et polypiers***).***

I.6.3 Le Mésozoïque (100-800 m)

Le Mésozoïque est représenté par le continental intercalaire (Crétacé inférieur). Il repose en discordance sur le Paléozoïque par la discordance hercynienne ; il est souvent moins épais, présentant un faciès généralement continental à quelques pulsations marines.

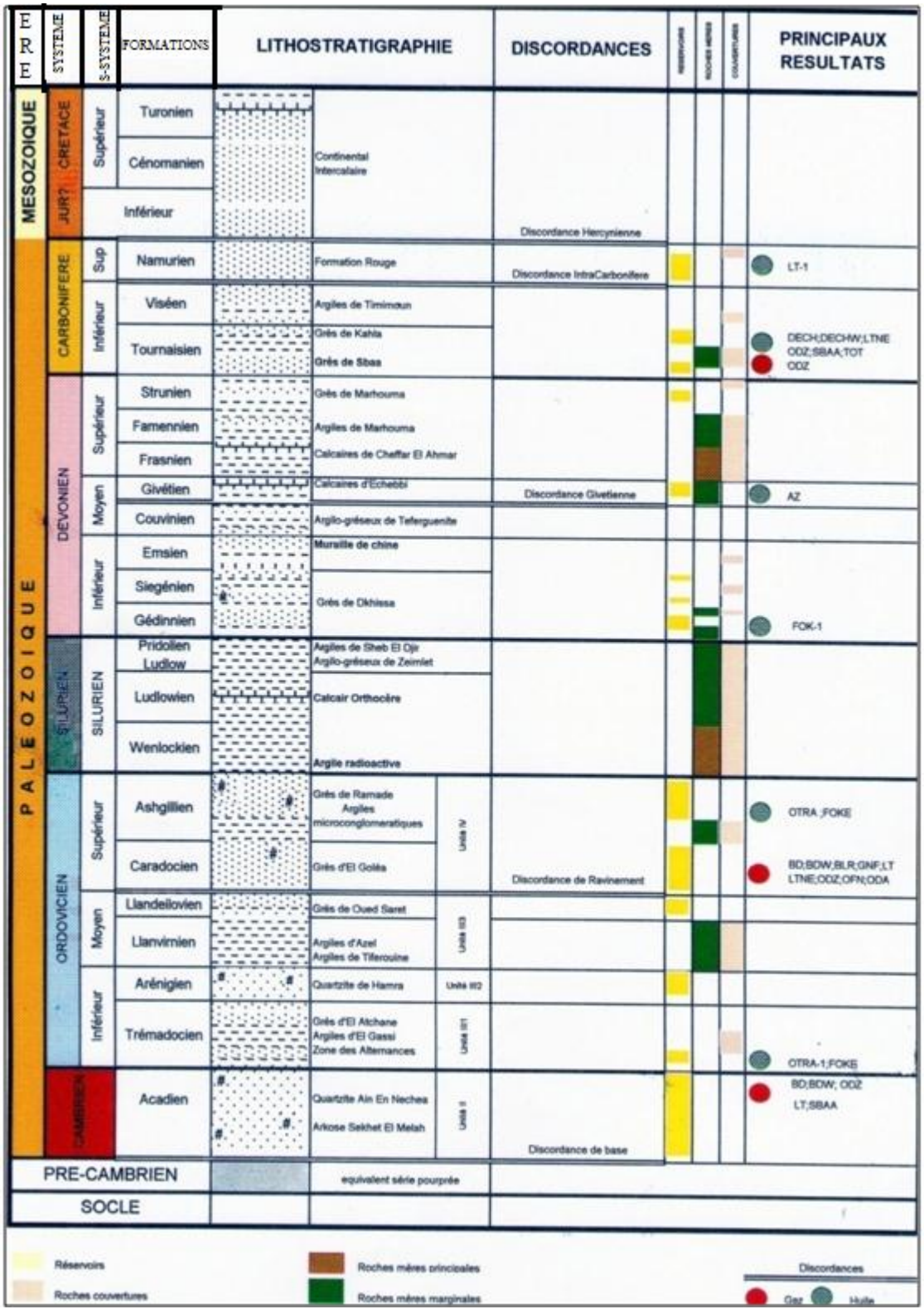


Figure I.7 : Colonne stratigraphique type de la cuvette de Sbâa (BEICIP FRANLAP modifié par SONATRACH en 2013)

I .7 Système pétrolier

I.7.1 Les roches mères

Les principales roches mères de la cuvette de Sbâa sont représentées par les argiles radioactives du Silurien basal, les argiles du Silurien carbonaté et les argiles du Frasnien basal.

En ce qui concerne le Silurien carbonaté, les épaisseurs se réduisent fortement du Nord vers le Sud et les teneurs en Carbone Organique Total (COT) diminuent légèrement avec la diminution des épaisseurs.

Quant au Francien, sa contribution est insignifiante.

Les roches mères marginales sont : les argiles du Famennien, les argiles du Givétien et le Silurien argileux.

I.7.2 Les roches-réservoirs

L'intérêt pétrolier dans la cuvette de Sbâa est lié aux réservoirs d'âge paléozoïque, lesquels sont de type gréseux et sont intercalés dans une série sédimentaire épaisse de 2500 à 3500 m, surtout le permis qui comprend plusieurs objectifs pétroliers que l'on classe en deux catégories :

- Objectifs principaux

- Objectifs secondaires

I.7.2.1 Les objectifs principaux

- **Les réservoirs du Cambro-Ordovicien**

Les niveaux réservoirs du Cambro-Ordovicien sont essentiellement gréseux et gréso-quartzitiques ; ce sont des grès moyens à grossiers et qui constituent un ensemble réservoir de grande puissance. Les caractéristiques des grès sont excellentes sur la bordure Sud-Est et se dégradent très fortement vers le Nord, les grès devenant compacts en fonction de l'enfouissement croissant. Les réservoirs peuvent alors être localement fracturés, notamment en relation avec les intenses déformations tectoniques. Vers l'Ouest, au-delà de Sbâa, seuls les grès du Cambrien sont bien représentés, les grès de l'Ordovicien supérieur (Unité IV) disparaissant par variation de faciès.

- **Les réservoirs du Strunien-Tournaisien**

Les grès du Strunien-Tournaisien et, en particulier, les grès de Sbâa, sont d'excellents niveaux réservoirs. Un équivalent de ces grès existe probablement dans le sillon de l'Erg Erraoui et peut être au Nord en bordure du bassin de Timimoun.

- **Le réservoir du Strunien** : il est constitué, en général, par des grès fins à moyens, localement glauconieux, devenant plus argileux à argileux dans la direction Nord-Ouest (Sbâa

et Decheira). Par contre, dans la direction Ouest-Est, le développement des grès est plus important, surtout à Bouhadid. Dans la partie Sud-Est du périmètre, le réservoir est partiellement érodé par la discordance intra-Carbonifère jusqu'à érosion complète vers la direction d'Ouest-Telia.

- **Les grès du Sbâa** *:* c'est le plus important du périmètre ; il est composé de grès fins, bien classés, glauconieux, à ciment argileux. Ce réservoir est présent dans toute la cuvette de Sbâa, excepté dans les parties sud (Hassi Ilatou) et à l'Est (Oued -Telia) et il semble devenir argileux vers la partie centrale du bassin.
- **Les grès supérieurs du Tournaisien** : ce sont des grès gris à gris blanc, siliceux à silico-argileux, très fins à moyens.

➢ **Les réservoirs du Dévonien inférieur**

Grès intercalés dans un ensemble argilo-gréseux, se biseautent progressivement vers le Sud pour disparaître au-delà d'une ligne Sbâa -Ouest Zine.

I.7.2.2 Les objectifs secondaires

Ils sont représentés par les grès du Namurien et les calcaires du Givétien. Les grès du Namurien sont formés par des grès gris vert à brun, fins à très fins.

Pour les calcaires du Givétien, ce réservoir carbonaté reste toujours inconnu dans le bassin de Sbâa, sauf le puits AZ-1 où il a produit de l'huile.

I.7.3 Les roches couvertures

Les principales roches couvertures sont liées aux argiles à graptolithes du Silurien inférieur ; aux argiles du Dévonien moyen et supérieur, aux argiles du Frasnien inférieur et Famennien et aux argiles du Viséen. Les argiles organiques siluriennes sont à l'origine de 80 à 90% des sources d'hydrocarbures paléozoïques en Afrique du Nord.

I.7.4 Piégeages

Les pièges structuraux dominent dans les gisements algériens. Ils correspondent à des plis anticlinaux formés lors des différentes phases tectoniques. Les structures les plus anciennes datent du Calédonien, mais la plupart des pièges structuraux du bassin de Sbâa se sont formés durant la phase hercynienne, dès les premiers mouvements du Viséen. En effet, la forme du piège structural a été principalement acquise lors de l'inversion hercynienne qui a débuté au Viséen et s'est conclue par une phase vraisemblablement post-namurienne. Ils correspondent actuellement à des plis de forte amplitude mais de dimensions modérées, associés pour la plupart à des failles inverses de rejet important.

On distingue aussi, en faible pourcentage, des pièges de type stratigraphique, constitués par des biseaux du Tournaisien et du Strunien dans la région de Hassi Ilatou. Ces derniers ont été formés au début du Viséen avec une bonne structuration vers la fin de l'orogénèse hercynienne.

Dans ce chapitre, nous essayons d'aborder une approche sédimentologique du réservoir Grès de Sbâa afin de caractériser ses dépôts, d'analyser les faciès et aussi voir leur évolution dans le temps et dans l'espace.

L'objectif principal consiste à faire un découpage strati-séquentiel du réservoir Grés de Sbâa au niveau des différents puits, dans le but de ressortir les séquences élémentaires, ainsi que de tirer la séquence type de l'environnement de dépôt. Ce découpage va nous permettre de réaliser une corrélation entre les puits.

Pour réaliser ce travail, un nombre de puits a été choisi de manière à ce qu'ils couvrent la majorité du périmètre, ainsi qu'ils traversent le maximum d'épaisseur et qui est le plus carotté (Tableau II. 1) Il s'agit des puits : DECHW-1, DECH-1, TOT-1, SBAA-1, SBAA.S-1, HRA-1, ODZ-1-bis, E-ODZ-1ST, OTRT-2, LTN-1, LTNE-1, LTNE-2, LTS-1, LT-2, MGR-1 et GNF-1.

Les données utilisées sont essentiellement les fiches de carottes et les logs diagraphiques (Gamma Ray et Sonique) des différents puits. En absence des fiches de carottes, les descriptions des carottes ont été utilisées dans le rapport de fin sondage.

II.1 Les affleurements des Grès de Sbâa en surface

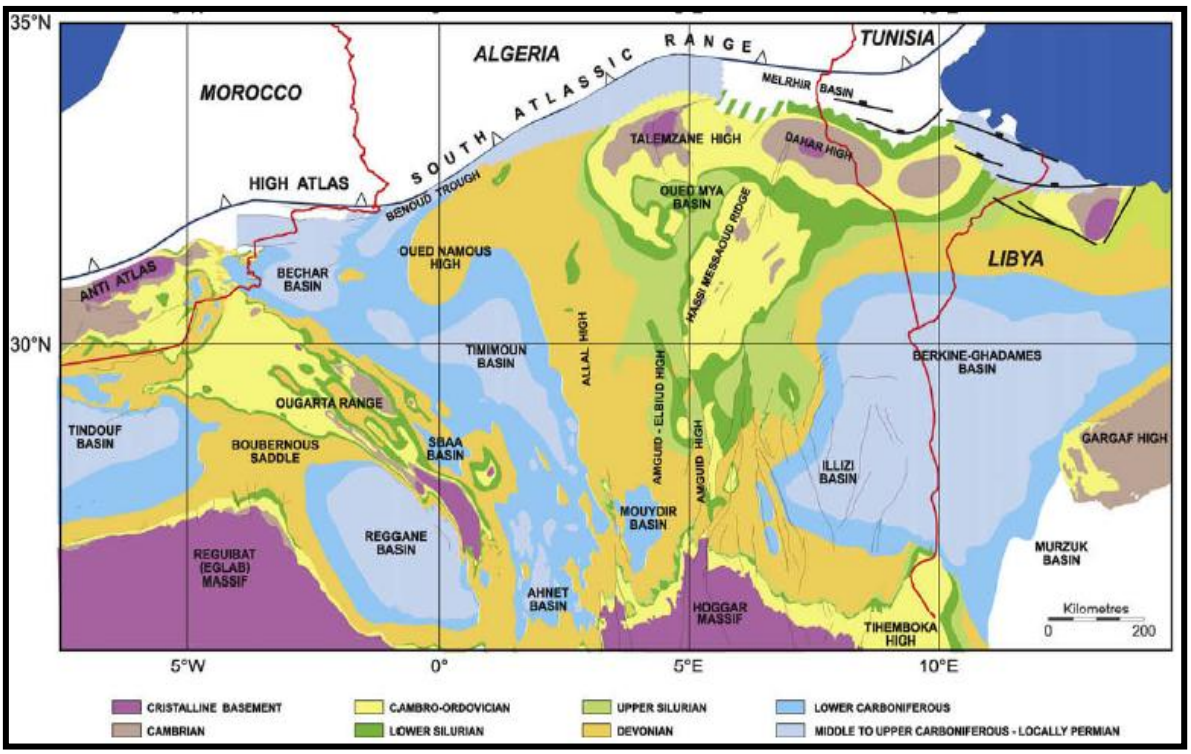


Figure II.1: Carte géologique du bassin de Timimoun (Popescu 1995)

Au niveau de la cuvette de Sbâa, le Tournaisien n'affleure pas. Tandis que, les affleurements ne sont pas vraiment représentatifs, ils sont médiocres à l'Ougarta et à Bled El Mass (Ain Chebbi), les meilleurs affleurements se rencontrent au niveau du flanc Sud de l'anticlinal de Timimoun où la partie réservoir a été décrite (Figure II.2). Les Grès de Sbâa sont nommés C10 au niveau du bassin de Timimoun (Photo II.1).

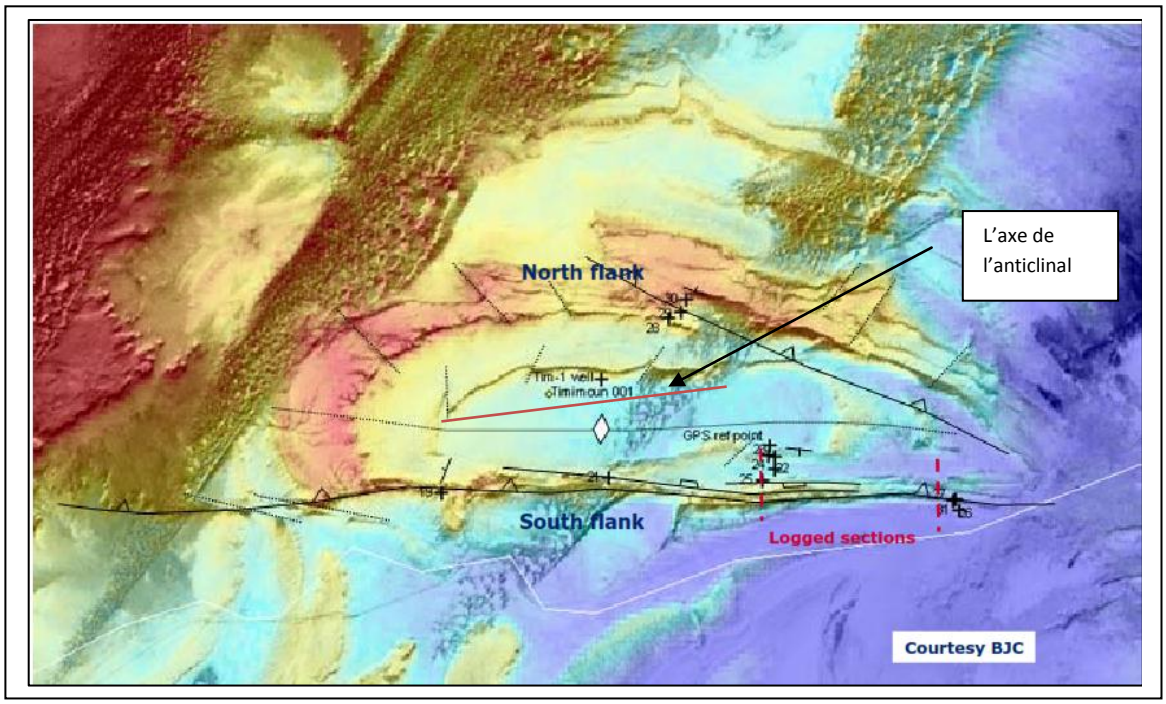


Figure II.2 : Photo satellite de l'anticlinal de Timimoun (Field – work mars 2005)

Le Tournaisien débute par une épaisse barre gréseuse de 7 à 17 m, nommée C10. Les grès sont fins à moyens, à grains arrondis et bien classés ; à la base de cette barre gréseuse, on note la présence d'un niveau centimétrique de grès à galets d'argile, à coquilles de goniatites et de brachiopodes qui marquent le passage du Tournaisien-Strunien (Figure II.3).

Au sommet de cette même barre, on remarque la présence d'un niveau centimétrique de grès ferrugineux à galets d'argile et nombreux coquilles de brachiopodes associés à une intense bioturbation.

La partie supérieure du Tournaisien au-dessus de ladite barre est représentée par une épaisse série d'argile, de silt, avec passées centimétriques de grès fins et se termine par un niveau de calcaire cristallin, gris, fossilifère (brachiopodes et goniatites).

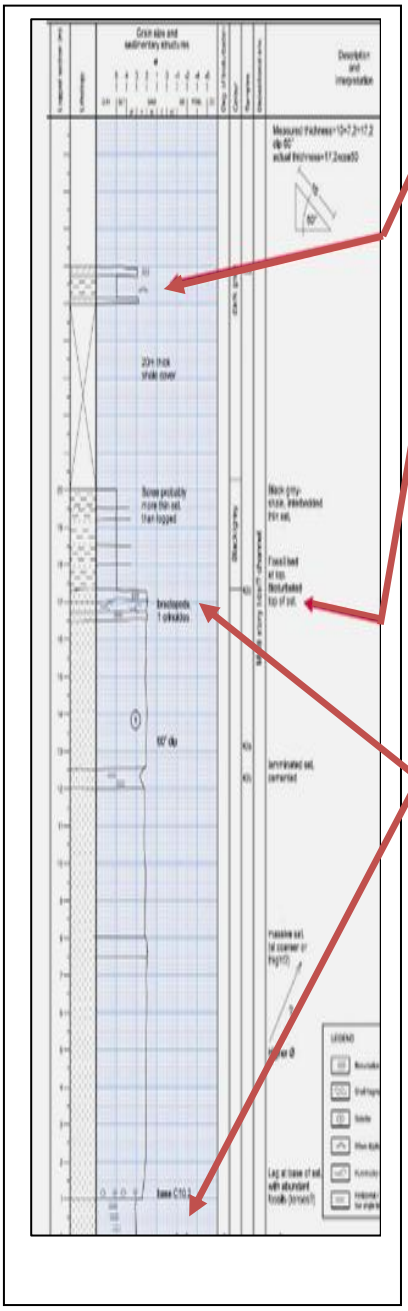
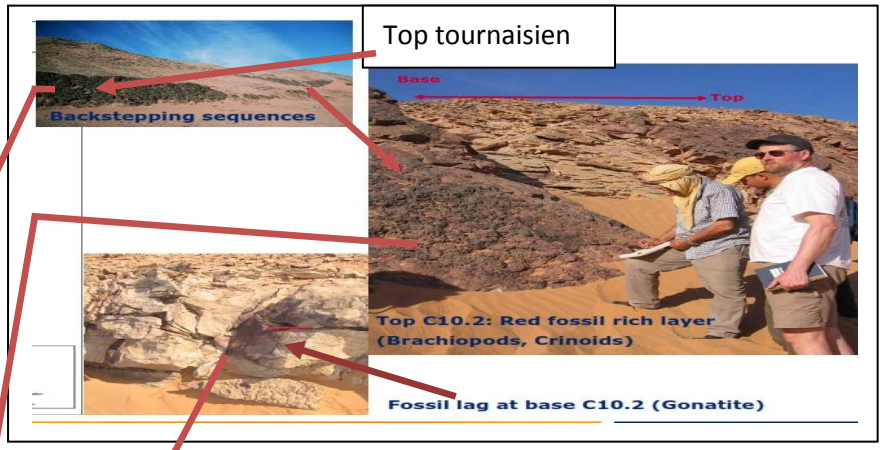


Figure II.3 : Log lithologique de l'anticlinal de Timimoun (Field –work mars 2005, modifié)



Photos II.1: Photo de terrain représentant les affleurements du Tournaisien dans le flanc Sud de l'anticlinal de Timimoun (Field –work mars 2005)

Photo II.2: Photo de terrain représentant la limite de passage Tournaisien inférieur (C10) -Tournaisien supérieur (ROLET J. et al. (1986), modifiée)

II.2 La Paléogéographie de la cuvette de Sbâa

Le Tournaisien débute par une sédimentation transgressive-régressive et un soulèvement du territoire vers la fin de cette période. Les mouvements compressifs affectant la cuvette de Sbâa montrent la structuration au sein de la cuvette, ainsi que la présence des failles à fort rejet. La mer était à Nord-Ouest de la cuvette de Sbâa et le sens d'apport est généralement du Sud-Est vers le Nord-Ouest de la cuvette. Les Grès de Sbâa représentant l'épisode le plus fraîchement marin à la base du Tournaisien vers la bordure Sud de la cuvette.

II.3 Le réservoir Grès de Sbâa

Généralement, les Grès de Sbâa sont des grès fins à très fins, bien classés, sub-arrondis à sub-anguleux, silico-argileux. On note la présence des glauconies et de bioclastes tels que les échinodermes et les bryozoaires. Ces derniers sont confondus avec les grès du réservoir C10 affleurant au niveau de flanc Sud de l'anticlinale de Timimoun.

Les Grès de Sbâa correspondent soit à une séquence gréseuse granocroissante principale de 30 à 40 m d'épaisseur, soit à plusieurs séquences emboîtées. Ce réservoir fait partie du Tournaisien (Tournaisien inférieur) et est mentionné entre deux grandes épaisses formations ; il s'agit du Strunien à la base et du Tournaisien au sommet.

II.4 La stratigraphie séquentielle

La stratigraphie séquentielle est une nouvelle méthode d'étude de la stratigraphie qui a évolué rapidement depuis les années 1970, à partir de la stratigraphie sismique (Vail et al, 1977 ; Mitchum et al, 1976).

La Stratigraphie Séquentielle est une analyse chrono-stratigraphique des unités de dépôts génétiquement liées dites séquences. La définition de ces séquences provient de deux Ecoles de géologues d'Amérique du Nord, Exxon et Galloway, qui ont mis en évidence des modèles de dépôts en utilisant essentiellement les diagraphies ainsi que les carottes.

Deux modèles ont été présentés successivement, le premier par (Vail et al. 1988) que l'on appelle aussi le « Modèle d'Exxon », à savoir « Modèle d'Embry » et le « Modèle de Galloway ». Pour définir les limites de séquences et les « cortèges sédimentaires » ou « Systems tracts», on a adopté le modèle d'Embry.

II.4.1 Modèle d'Embry et Johannessen (1993)

Le modèle d'Embry est jugé le plus adéquat pour la plateforme saharienne. Il est basé sur la détermination d'une séquence génétique appelée séquence Transgression-Régression (Séquence TR), formée essentiellement de deux cortèges sédimentaires (Figure II.4), de bas en haut :

*** Une séquence transgressive (TST ; Transgressiv System Trac)**

Ce cortège sédimentaire est limité par deux surfaces clefs, une surface de régression à la base (MRS) et une surface de transgression au sommet (MFS).

*** Une séquence régressive (RST ; Regressiv System Tract)**

Ce deuxième cortège sédimentaire est limité par deux surfaces clefs, une surface de transgression à la base (MFS) et une surface de régression au sommet (MRS). Il est composé de deux prismes : prisme de haut niveau (HST) et prisme de bas niveau (LST).

II.4.1.1 Les limites des séquences

- **Surface de régression**

C'est un contact faiblement érosif et tranchant, avec au-dessus des dépôts marins granocroissants et peu profonds. Elle se développe pendant la chute progressive du niveau marin. Cette surface est fortement diachronie car elle migre vers le bassin et se forme aussi sous l'action des vagues pendant toute la durée de la chute du niveau marin dans un environnement peu profond. Elle est plus jeune en direction du bassin. Il s'agit d'une **SU** (Subaerial Unconformity) ou **SB** sur le continent, pas loin elle devient **SR-U** (Shore Line Ravinement Unconformity) et qui s'évolue en **RMSE** (Regression Surface Marine Erosion) et plus loin vers le bassin en **MRS** (Maximum Regression Surface).

- **Surface de transgression**

C'est une surface continue en allant du continent vers la mer ; il s'agit d'une **MFS** (Maximum Flooding Surface). C'est une surface stratigraphique qui marque un important changement dans le niveau marin. C'est le passage de la transgression à la régression, marqué par un niveau de faciès profond.

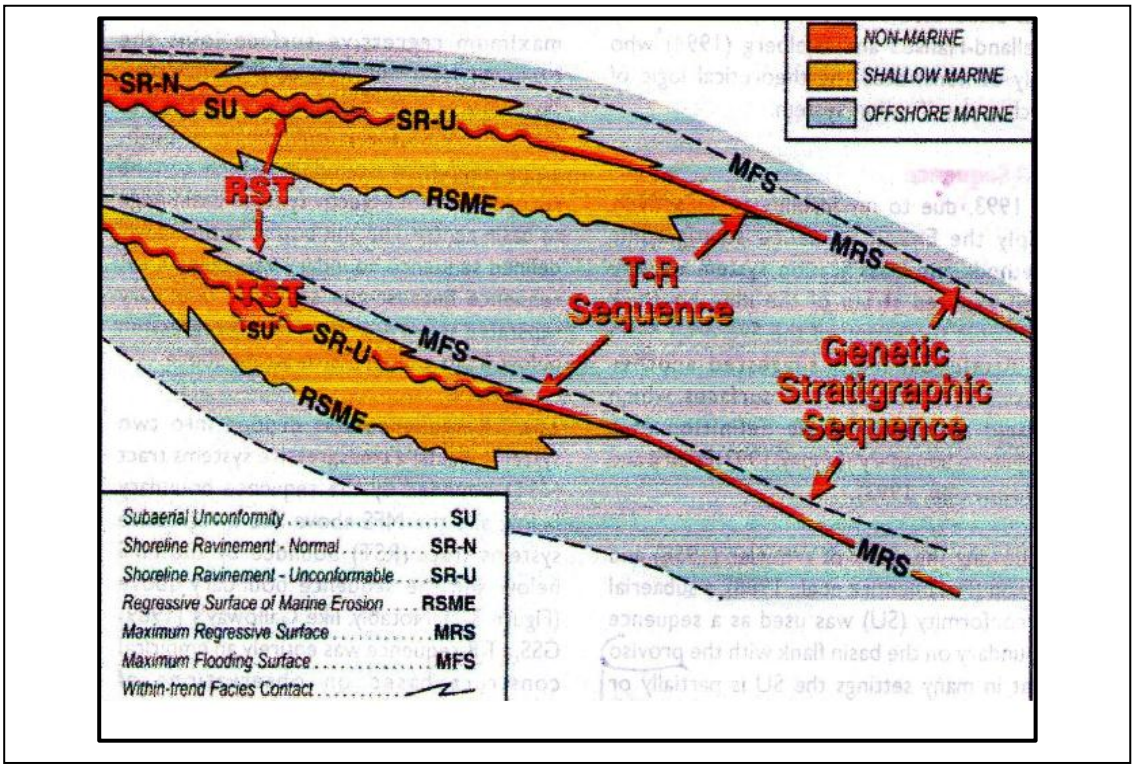


Figure II.4 : Schéma présentatif de modèle d'EMBRY (Embry, A.F, 2002)

II.4.2 Éssais de découpage

Quatre puits sont l'objet de cet essai de découpage : il s'agit de TOT-1, SBAA-1, LTN-1 et ODZ-1bis et ils sont mentionnés sur la carte de positionnements des puits pénétrant le périmètre de Sbâa.

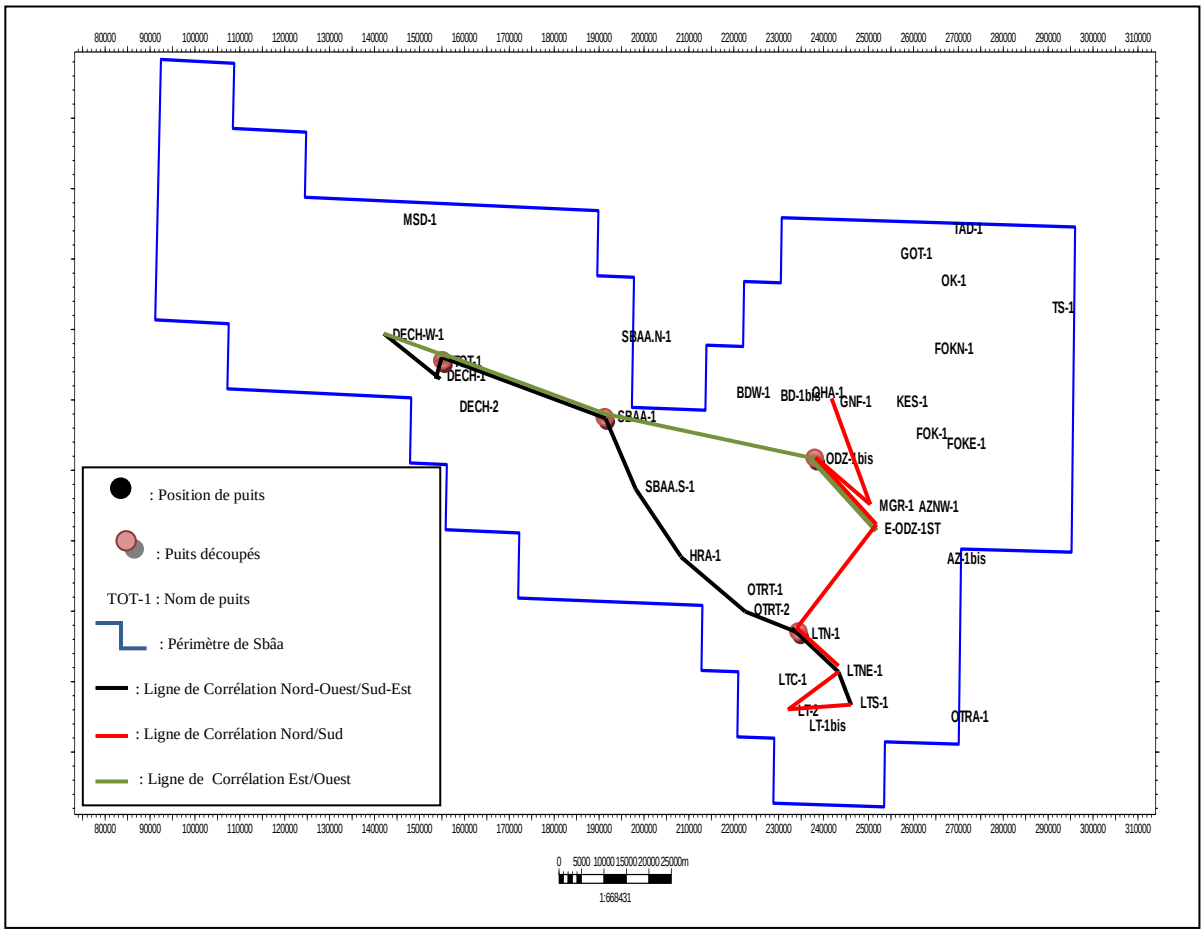


Figure II.5 : Carte de positionnement des puits utilisés pour le découpage séquentiel et les directions des corrélations diagraphiques (SONATRACH 2O13)

II.4.2.1 Puits TOT-1

- **Séquence «SI ; 713-686 m»**
- **Séquence (SI.1 ; 713-703 m)**

Les quatre premiers mètres de cette séquence sont composés d'argiles noires fossilifères (bivalves) avec passées de dolomies rosâtres et de silts très micacés, souvent pyriteuses, fossilifères, bioturbées, surmontées par des silts argileux, avec bioturbation horizontale et verticale, traces des bivalves avec stratification ondulée à plaine, des lentilles siliceuses, micacées à pyrite. Surmontés par des argiles noires silteuses, feuilletées, indurées et des alternances des argiles noires silteuses, feuilletées, indurées, avec des stratifications planes et des silts argileux avec des niveaux de condensation des coquilles.

- **Séquence (SI.2 ; 703-696 m)**

Alternance de grès très fins à quelques niveaux des coquilles et de silts argileux à stratifications ondulées bioturbées et silt bioclastique (Photo II.3), surmonté par des argiles à lentilles de silt à sigmoïdes (Photo II.4) et des grès très fins gris silico-argileux à bioclastes avec stratifications horizontales à ondulées (Photo II.5). Le sommet de cette séquence est composé par des argiles noires feuilletées, silteuses, bioturbées, micacées, avec des stratifications entrecroisées (Photo II.6), un niveau de grès fortement bioturbé de 696 ,27 à 696,17 m.

- **Séquence (SI.3 ; 696-692 m)**

La séquence débute par des niveaux de grès coquillés pyriteux, parfois fortement coquillés (Photo II.7), le reste de la séquence étant des grès très fins à fins, silico-argileux, micacés, bioturbés par endroits, coquillés, à stratification horizontale et entrecroisée.

- **Séquence (SI.4 ; 692-686 m)**

Composée à la base par des intercalations d'argiles à lentilles de silts et des niveaux coquillés des grès, surmontés par des argiles noires silteuses, bioturbées, lenticulaires et des grès beiges silico-argileux, bien classés, à laminations horizontales, alternances argile-silt, des silts à bioturbation verticale (Photo II.8) de 689,80 à 689,76 m, un niveau silteux à 688,12 à 688,03 m, condensé aux coquilles. Le sommet de la séquence est composé de silts à bioturbation verticale, pyriteux, intercalés par des argiles noires, feuilletées, micacées, coquillées.

- **Séquence «SII ; 686-670,5 m»**
- **Séquence (SII.1 ; 686-684 m)**

Cette séquence est composée par des silts à stratifications entrecroisés ; son sommet renferme des argiles noires, silteuses, micacées, bioturbées, à bioclastes et des silts gris, pyriteux, argileux à stratifications entrecroisées, bioturbées parfois sous forme de lits et parfois sous forme de lentilles (Photo II.9).

- **Séquence «SII.2 ; 684-670,5 m »**

Seuls les quatre premiers mètres sont carottés ; ils sont composés à la base par des grès très fins, silico-argileux, à stratifications horizontales et des traces de coquilles complètes (Photo II.10), des argiles noires à lentilles silico-argileuses (Photo II.11). Surmontés par une alternance de grès argileux à stratifications horizontales et de silts argileux (Photo II.12).

Malheureusement, l'intervalle restant de cette séquence n'est pas carotté au niveau de ce puits. D'après les diagraphies, le Gamma Ray présente un signal sous forme de demi-entonnoir, alors c'est une séquence granocroissante (coarsing up).

Photo II.3 : Silt argileux bioturbés de 702,60 à 702,55 m ; Carotte n °22 du puits TOT-1

Photo II.4 : Argile à lentilles de silt de 696,75 à 696,68 m ; Carotte n° 21 du puits TOT-1

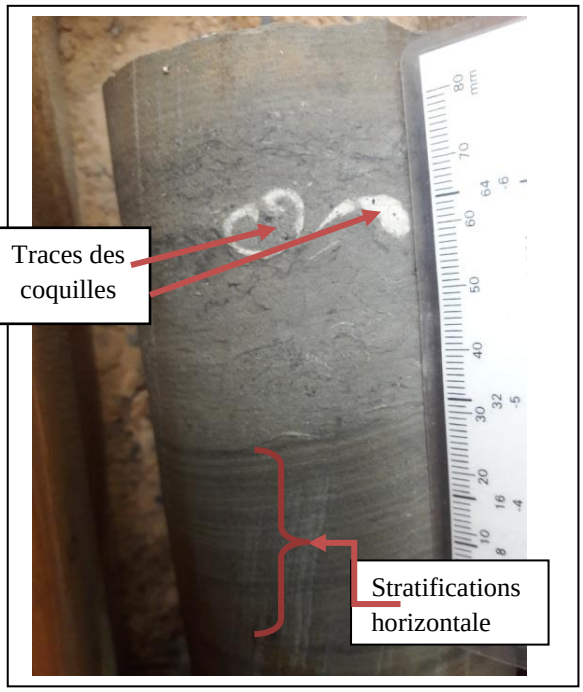


Photo II.5 : Grès très fin à trace des coquilles et des stratifications horizontales de 699,10 à 699 m ; Carotte n °22 du puits TOT-1

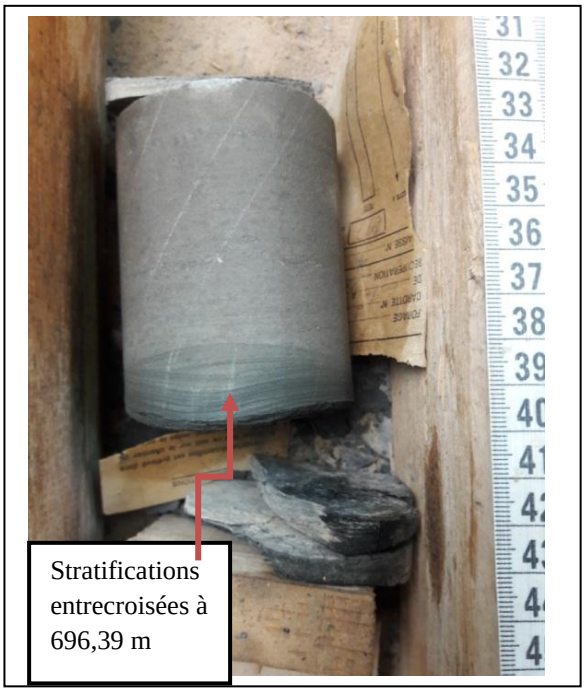


Photo II.6 : Argile noire bioturbée à Stratification entrecroisée de 696,40 à 696,33m ; Carotte n° 21 du puits TOT-1

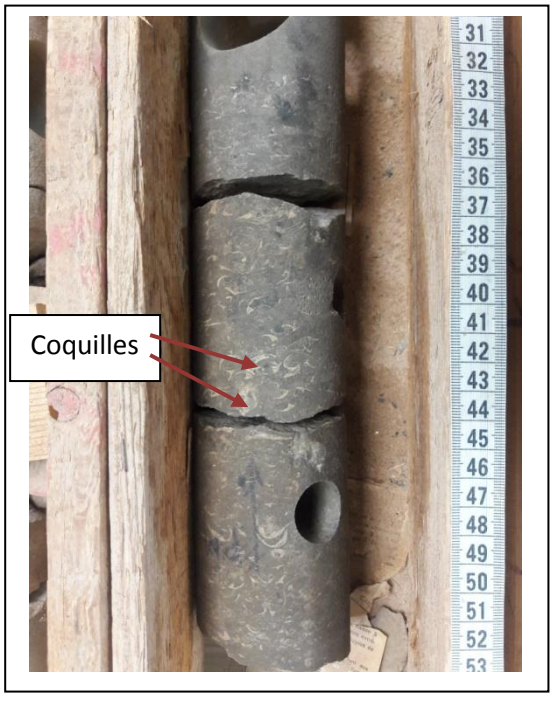


Photo II.7: Grès coquillé de 693,53 à 693, 33 m ; Carotte n°21 du puits TOT-1

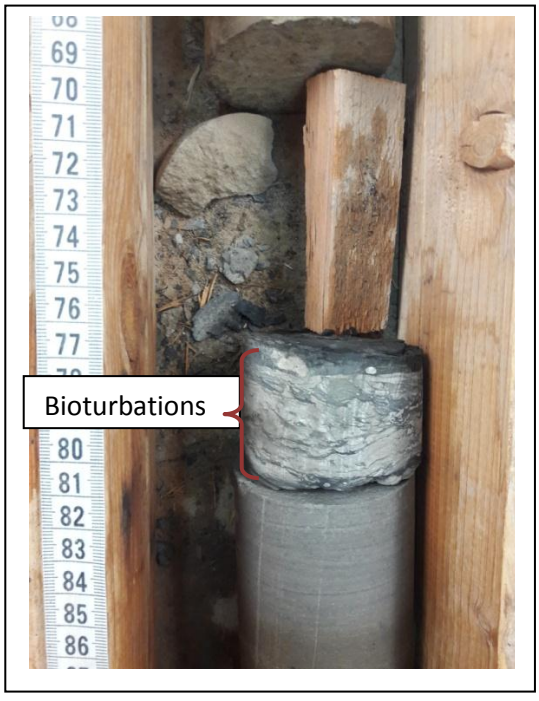


Photo II.8: Silts à bioturbations verticales de 689,80 à 689,76 m ; Carotte n°21 du puits TOT-1

Photo II.9 : Silts bioturbés de 684,2 à 684,10 m avec des stratifications entrecroisées; Carotte n ° 20 du puits TOT-1

Photo II.10 : Grès très fin à Trace complète des coquilles de 683,5 à 683,32m ; Carotte n°20 du puits TOT-1

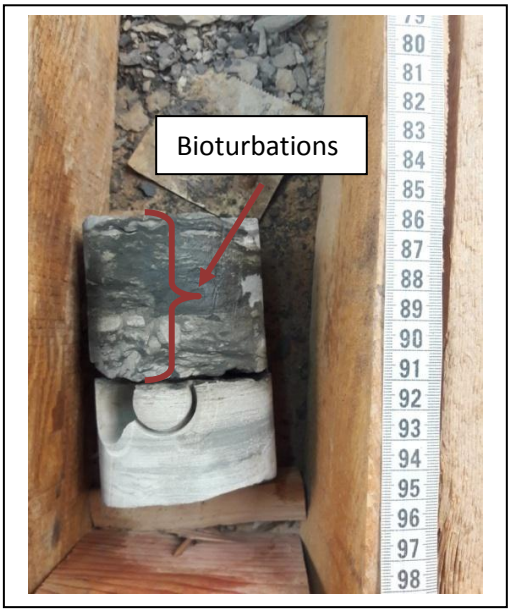


Photo II.11 : Niveau d'argile noire bioturbé de 683,91 à 683,86m ; Carotte n°20 du puits TOT-1

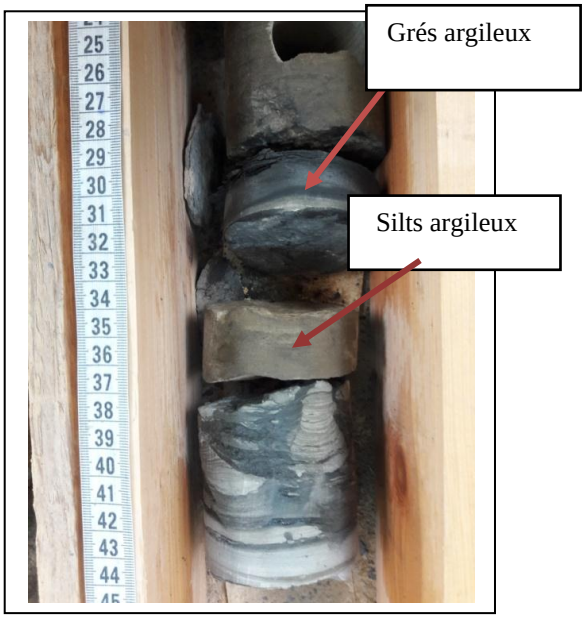


Photo II.12 : Alternance grès argileux et silts argileux de 677,5 à 677,30 m ; Carotte n° 20 du puits TOT-1

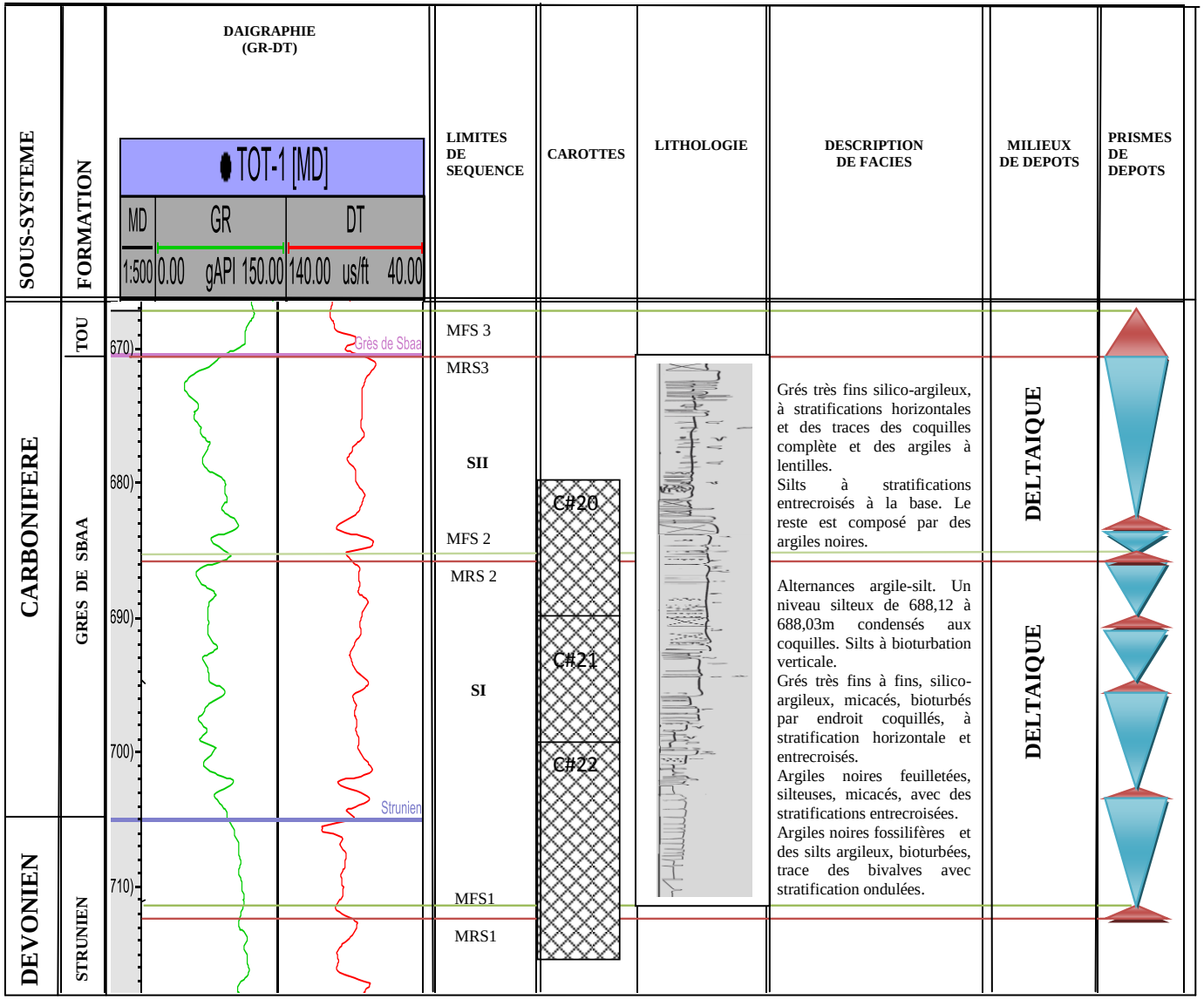


Figure II.6 : Découpage séquentiel du puits TOT-1

II.4.2.2 Puits SBAA-1

- **Séquence «SI ; 545-517 m »**
- **Séquence (SI.1 ; 545-537 m)**

La partie basale (543-538,5 m) est composée de grès gris clair avec intercalations d'argile, le reste de cette séquence (538,5-537 m) est composé des grès gris vert avec passées d'argiles.

- **Séquence (SI.2 ; 537-534 m)**

Cette séquence est composée de grès gris vert avec passées d'argiles.

- **Séquence (SI.3 ; 534-527 m)**

Cette séquence, totalement carottée, est composée de grès gris blanc avec passées d'argiles.

- **Séquence (SI.4 ; 527-517 m)**

La base de cette séquence (527-525 m) est composée de grès gris blanc avec passées d'argiles ; l'intervalle (525-521 m) n'est pas carotté. Le sommet de la séquence (521-517 m) est constitué de grès gris blanc, très fins avec des passées des siltstones.

- **Séquence «SII ; 517 ; 496 m »**
- **Séquence (SII.1 ; 517-511 m)**

Pour cette séquence, seul le dernier mètre vers le sommet n'est pas carotté. D'après le rapport de fin de sondage, elle est composée par de grès gris blanc, très fins avec des passées de siltstones à stratifications horizontales, moyennement friables et des traces de coquilles à 712 m.

- **Séquence (SII.2 ; 511-505 m)**

Le premier mètre vers la base n'est pas carotté, les cinq autres mètres de cette séquence (510-505 m) sont des grès gris blanc avec des films d'argile. L'intervalle de 505-506 m est composé de grès fin très fracturé.

- **Séquence (SII.3 ; 505-496 m)**

Les premiers quatre mètres de base de cette séquence (505-501 m) sont composés de grès gris blanc avec des films d'argile à stratifications horizontales (Photo II.13) ; vers le sommet, Le faciès devient coquillé. L'intervalle situé entre (501-496,5m) n'est malheureusement pas carotté au niveau de ce puits, mais le signal du Gamma Ray présente une forme de demi-entonnoir ; c'est une séquence granocroissante (coarsening up). Le sommet de la séquence est composé de grès fin fracturés, parfois très fracturés (Photo II.14).

Photo II.13 : Grès gris avec passées d'argile de 503,5 à 503,30 m à stratifications horizontales ; Carotte n°5 du puits SBAA-1

Photo II.14 : Intervalle de 505-504,9m à grès fins très fracturés ; Carotte n°5 du puits SBAA-1

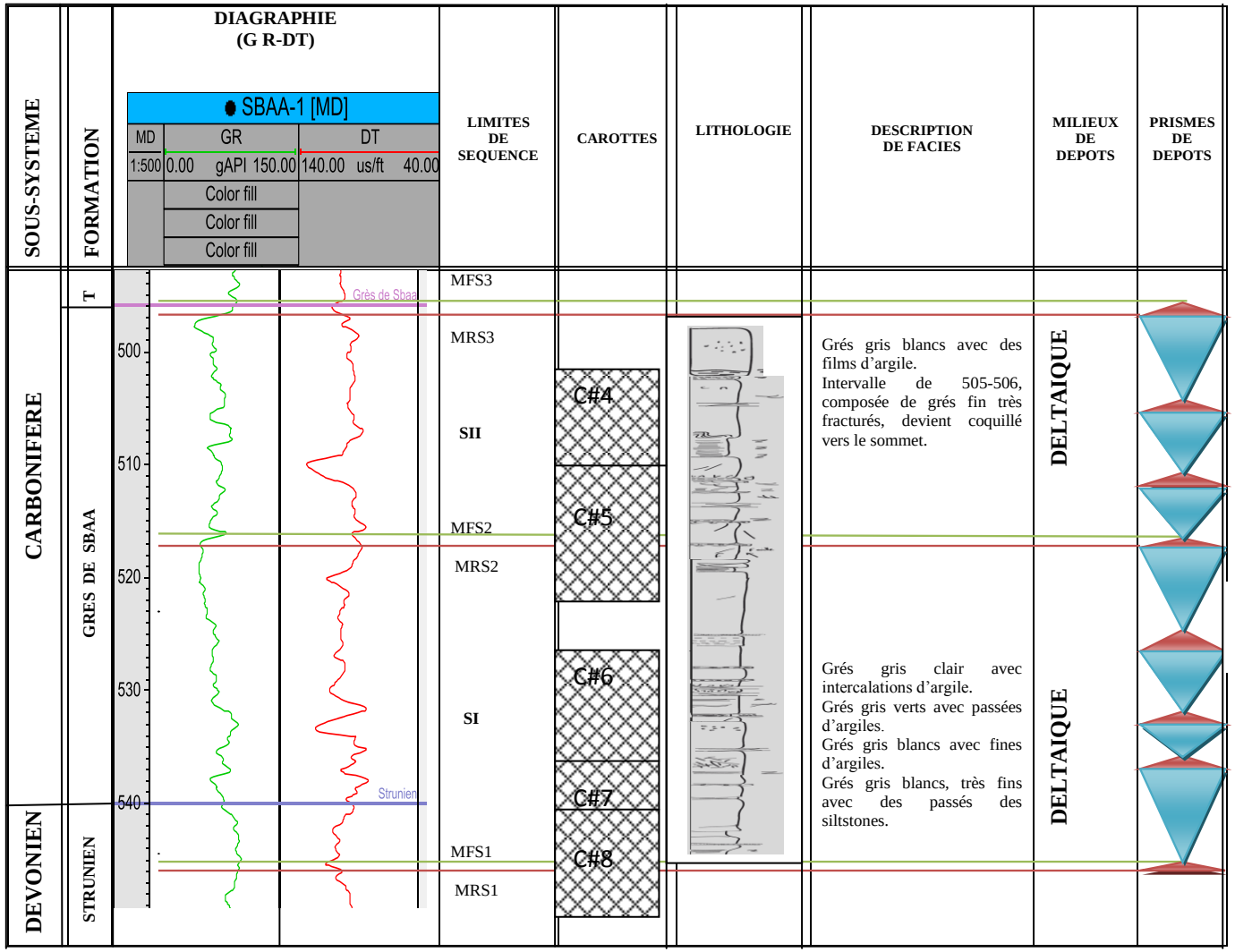


Figure II.7 : Découpage séquentiel du puits SBAA-1

II.4.2.3 Puits LTN-1

- **Séquence «SI ; 1746-1733 m »**
- **Séquence (SI.1 ; 1746-1739 m)**

Composée d'intercalations de grès fins, rouges (oxydation), beiges, argilo-siliceux, à stratification plane, oblique et entrecroisée au sommet, niveau très bioturbé à 1745,53 m et des alternances d'argiles noires, micacées, feuilletées, bioturbées et des silts gris beige, laminés, parfois bioturbés, présence de niveaux de silts coquillés à 1739,58 m (Photo II.15). Le sommet de la séquence est composé de grès très fin gris, silico-argileux, micacés, pyriteux à stratifications entrecroisées.

- **Séquence (SI.2 ; 1739-1736 m)**

Cette séquence est composée de grès fin localement glauconieux à base érosive à 1738,51 m avec galets d'argiles déformées. Le sommet de la séquence contient des grès très fins, argilo-siliceux, ferrugineux, pyriteux, micacés, bioturbés, glauconieux (Photo II.16).

- **Séquence (SI.3 ; 1736-1734 m)**

Cette séquence est composée d'argiles noires, feuilletées, pyriteuses, micacées, silteuses, avec des lentilles millimétriques de silt, parfois ferrugineux plus abondantes vers le sommet (50 cm) au sommet ; surmontées par des silts gris ferrugineux, argileux, à stratifications entrecroisées à sigmoïdales. Les fractures verticales sont colmatées d'argile pyriteuse.

- **Séquence (SI.4 ; 1734-1733 m)**

Cette séquence est composée de silts argileux, à stratifications entrecroisées (Photo II.17), emboîtés d'argile lenticulaire.

- **Séquence «SII ; 1733-1718,5 m)**

La base de cette séquence est composée d'intercalations des alternances argile-silt avec des bioturbations et des traces des coquilles (Photo II.18) et des grès très fins beiges, gris, silico-argileux, bioturbés (Photo II.19), avec passées d'argiles avec des fissures colmatées d'argile, stratifications planes et entrecroisées, surmontés par un niveau d'argiles noires feuilletées, micacées et des grès fins à moyens, beiges, rosâtres, silico-argileux, bioturbés, bien classés, localement fracturés, avec rares joints argileux avec traces des coquilles (Photo II.20). Le sommet de cette séquence est généralement composé de grès fin à moyen, beige, rosâtre, siliceux, devient vert vers le sommet.

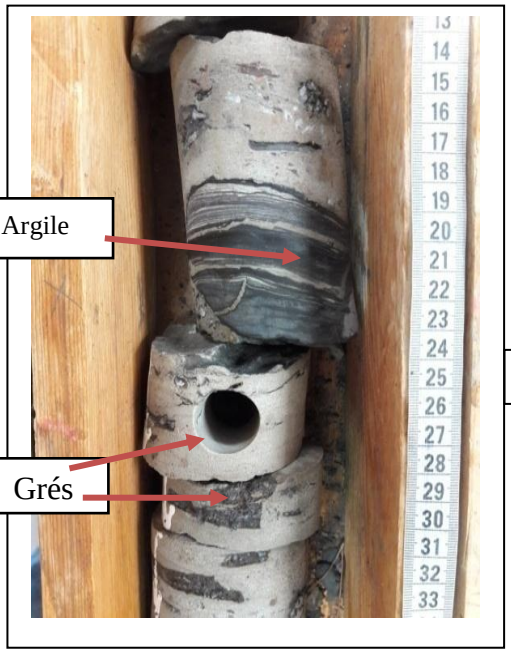


Photo II.15 : Alternance d'argile noire bioturbée, et de silts de 1745,8 à 1745,6 m ; Carotte n°4 du puits LTN-1

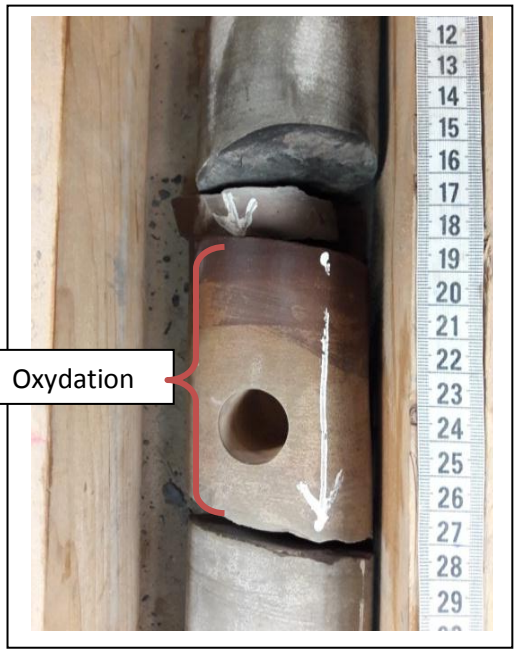


Photo II.16 : Grès fin rouge oxydé de 1737,80 à 1737, 70 m ; Carotte n°4 du puits LTN-1

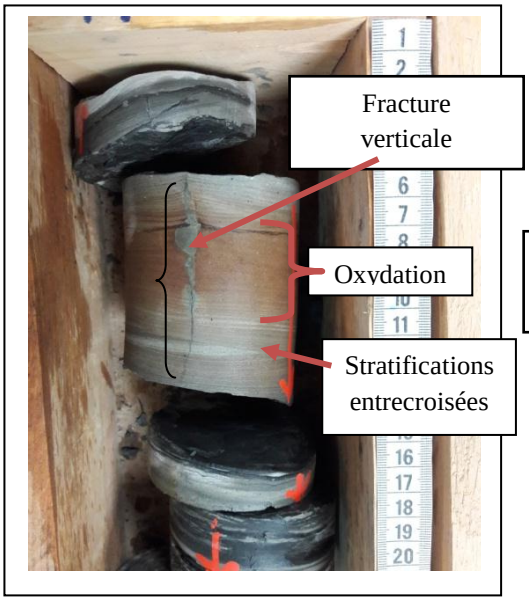


Photo II.17: Silts gris ferrugineux à fracture verticale colmatée d'argile pyriteuse de 1733,80 à 1733, 72 m ; Carotte n°4 du puits LTN-1

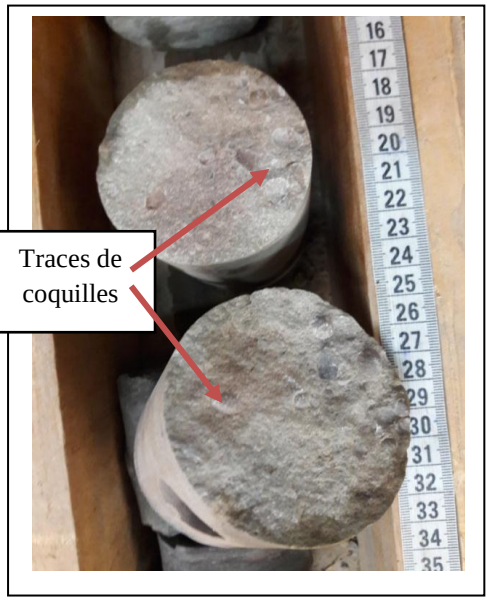


Photo II.18 : Silts à traces de coquilles à 1728,40 m ; Carotte n° 3 du puits LTN-1

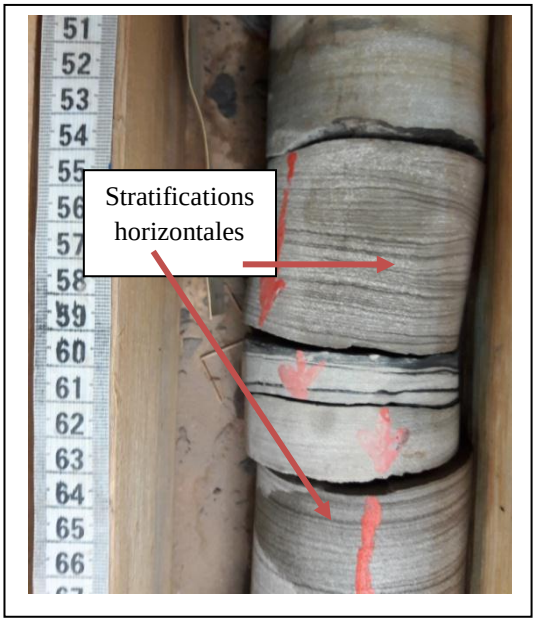


Photo II.19 : Grès fin à très fin bioturbés de 1730,40 à 1730,25 m ; Carotte n°4 du puits LTN-1

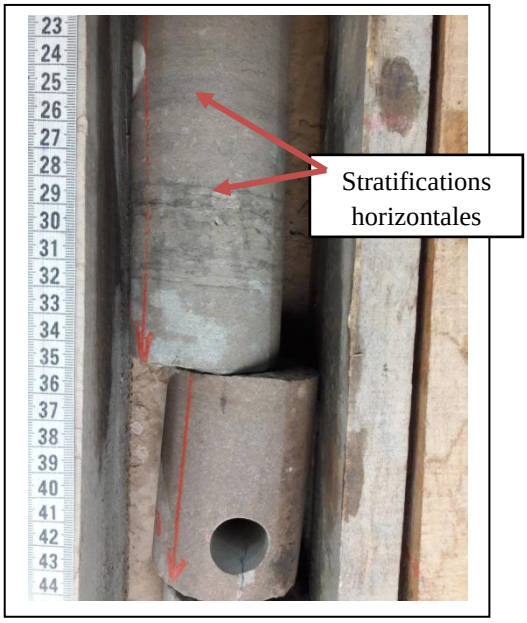


Photo II.20 : Grès fin beige à rosâtre, devient vert vers le sommet à stratifications horizontales de 1727,70 à 1727,48 m ; Carotte n °3 du puits LTN-1

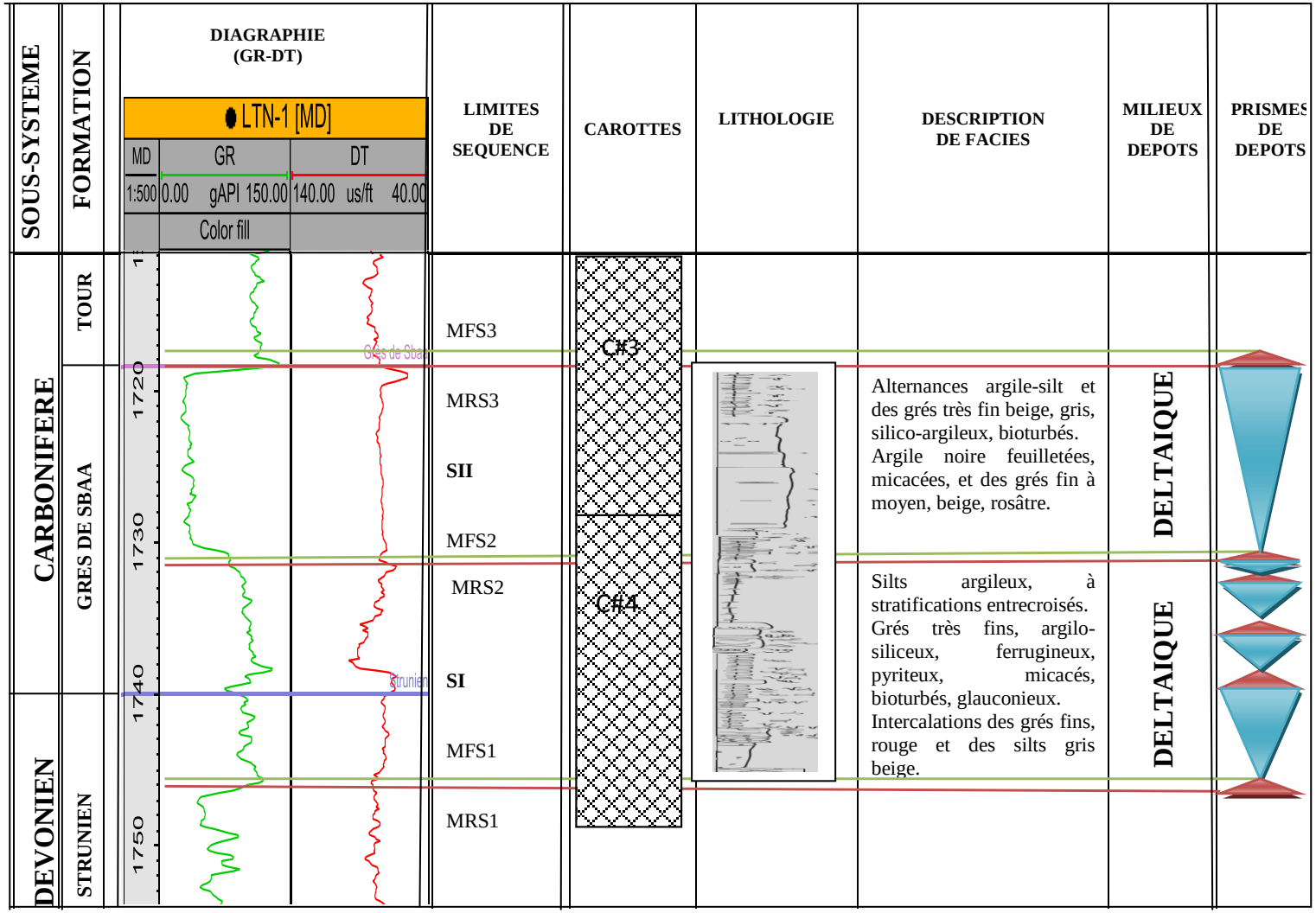


Figure II.8 : Découpage séquentiel du puits LTN-1

II.4.2.4 Puits ODZ-1bis

- **Séquence «SI ; 755-742 m»**
- **Séquence (SI.1 ; 755-750 m)**

Alternance des grès hétéro-lithiques carbonatés avec passées d'argiles et des argiles noires hétéro-lithiques à la base, surmontés par des argiles noires micacées, feuilletées, avec passées de silt, localement ferrugineuses (Photo II.21), parfois avec des bioturbations verticales et horizontales (Photo II.22).

- **Séquence (SI.2 ; 750-746 m)**

Cette séquence est composée d'alternances de grès gris beige, très fin à fin, sub-anguleux à sub-arrondis, avec passées d'argiles, carbonaté à la base, glauconieux, micacé à stratifications entrecroisées (Photo II.23) et des argiles noires micacées, feuilletées, avec passées de silt, localement ferrugineuses, avec des bioturbations verticales et horizontales (Photo II.24).

- **Séquence (SI.3 ; 746-744 m)**

Cette séquence est composée de grès très fin, très argileux, sub-anguleux, à sub-arrondis, silico-argileux, avec des joints d'argile et stratifications planes, ondulés vers la base. Le sommet de la séquence est composé de grès gris beige, silico-argileux, moyennement dur à friable.

- **Séquence (SI.4 ; 744-742 m)**

Composée par des grès fin gris beige, silico-argileux à stratifications planes (Photo II.25), moyennement durs ; devient très fins et friable fin vers le sommet (Photo II.26).

- **Séquence «SII ; 742-718,5 m »**
- **Séquence (SII.1 ; 742-726 m)**

Les cinq premiers mètres sont composés de grès fin qui devient plus fin vers le sommet, gris beige, silico-argileux, plus friable, localement fracturé, horizontalement et verticalement. L'intervalle (737-726 m) de cette séquence n'est pas carotté, le signal de diagraphie donne une forme cylindrique, indique généralement une séquence de même faciès, peut être considéré comme un faciès gréseux.

Séquence (SII.2 ; 726-718,5 m)

Cette séquence n'est pas carottée au niveau de ce puits, mais d'après les diagraphies, le signal de Gamma Ray présente une forme cylindrique, indique généralement une séquence du même faciès gréseux.

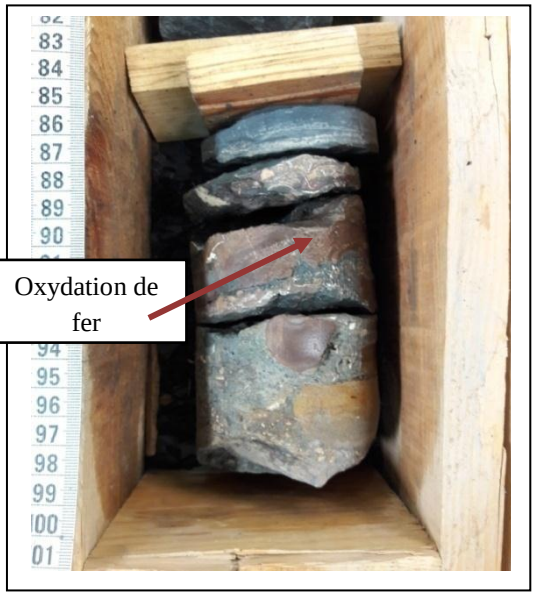


Photo II.21 : Argile noire localement ferrugineuse de 752 à 751,88 m ; Carotte n°10 du puits ODZ-1bis

Photo II.22 : Argile noire bioturbée de 753,8 à 753,76 m ; Carotte n°10 du puits ODZ-1bis

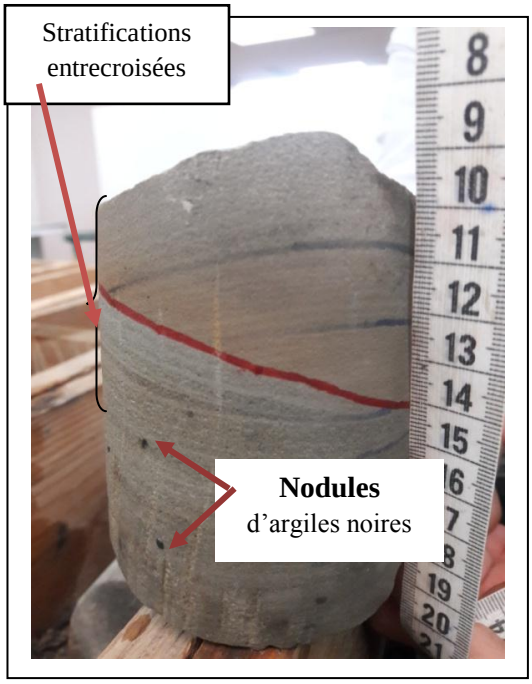


Photo II.23 : Grès beige a stratifications entrecroisées de 747, 50 à 747,40 m ; Carotte n°9 du puits ODZ-1bis

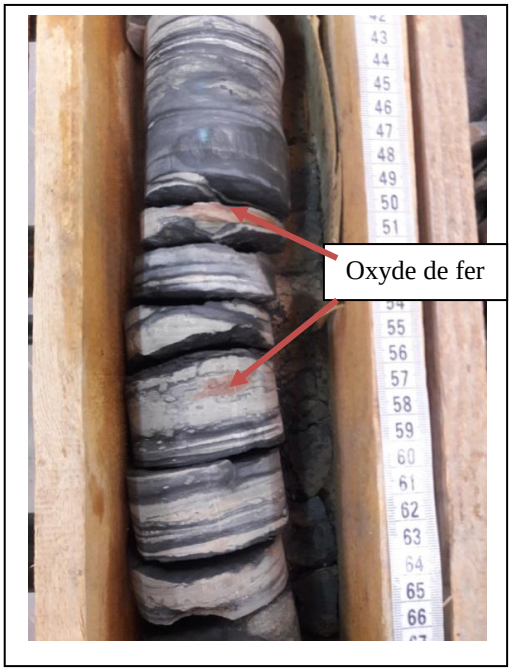


Photo II.24 : Argile noire bioturbée, localement ferrugineuse de 749,4 à 749,16m ; Carotte n°9 du puits ODZ-1bis

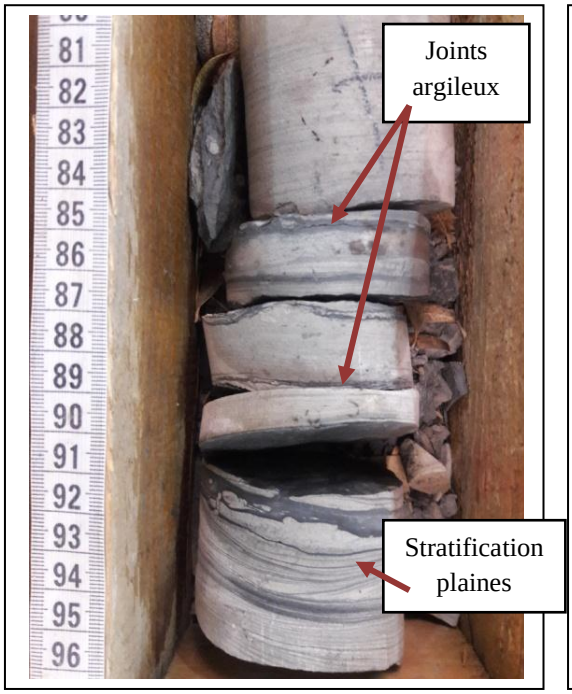


Photo II.25 : Grès fin à joints argileux et stratifications planes de 744 à 743,84 m ; Carotte n°8 du puits ODZ-1bis

Photo II.26 : Grès fin à très fin, gris beige friable de 743,30 à 743, 10 m ; Carotte n°8 du puits ODZ-1bis

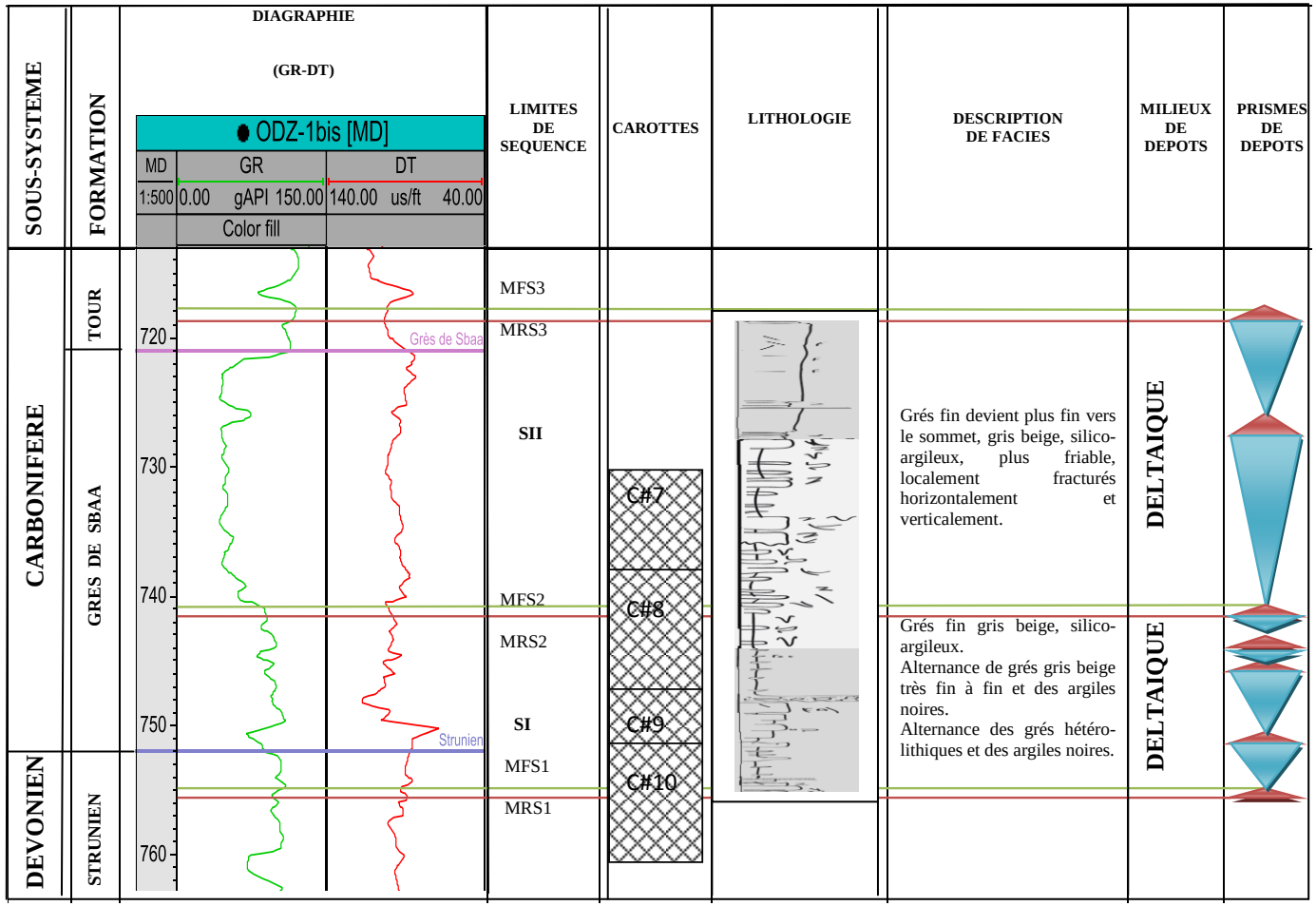


Figure II.9 : Découpage séquentiel du puits ODZ-1bis

II.5 Analyse de milieu de dépôt

II.5.1 Séquence type

Le découpage strati-séquentiel appliqué aux différents puits, a montré que l'intervalle des Grès de Sbâa est formé par une séquences d'ordre trois qui est, à son tour, subdivisée en deux séquences de 4ème ordre. Chacune de ces deux séquences comporte plusieurs séquences élémentaires de 5ème ordre.

La séquence type dégagée sur carottes se présente une séquence granocroissante et stratocroissante et, sur diagraphie, elle montre une signature en coarsening-up pour les Grès de Sbâa est une séquence deltaïque, elle est formée généralement par des argiles à la base, surmontées par des grès avec quelques stratifications obliques et entrecroisées qui deviennent planes vers le sommet.

Par analogie au modèle de dépôt deltaïque :

La première approche sur le milieu de dépôt basée sur l'étude sédimentologie montre que :

* La première séquence (**SI**) est la plus représentative du milieu de dépôt deltaïque, elle est conservée dans tous les puits et est généralement composée d'argiles noires fossilifères à la base, surmontées par des grès fins siliceux avec des intercalations d'argiles noires à quelques stratifications obliques et entrecroisées et quelques niveaux de siltstones. La partie sommitale est composée de grès fin gris à blanc avec des films d'argiles ; devient presque gréseux au sommet. Cette succession indique la plaine deltaïque.

* La deuxième séquence (**SII**) est toujours tronquée, elle est formée généralement par des grès beiges à blancs, fins à moyens, siliceux avec passées d'argiles grises et des grès fins, foncés, tendres et quelques niveaux des siltstones. Cette succession indique le front de delta.

II.5.2 Indicateurs du milieu deltaïque

Les indicateurs qui confirment que le réservoir Grès de Sbâa est un dépôt deltaïque sont généralement :

* La nature du matériel qui compose le réservoir qui est essentiellement détritique (argiles, grès, silts, conglomérats).

* La séquence est de type coarsening-up où les sédiments sont granocroissants et stratocroissants, présence de matière organique.

* La présence de structure sédimentaires ; les structures planes, obliques et entrecroisées.

* La présence de fossiles marins tels que les bivalves, les échinodermes, les ostracodes et des niveaux coquillés.

* La glauconie qui confirme l'influence marine.

* L'oxydation du fer au niveau de sondage LTN-1 et ODZ-1bis qui donne à l'argile la couleur rouge.

III.6 Les corrélations diagraphiques

Pour évaluer la continuité latérale de notre réservoir et la variation de l'épaisseur, trois lignes de corrélation diagraphique ont été choisies ; elles sont mentionnées sur la carte de positionnement des puits traversant le périmètre de Sbâa pour chaque corrélation (Figure II.5).

III.6.1 Corrélation Nord-Ouest/Sud-Est passant par les puits : DECHW-1, DECH-1, TOT-1, SBAA-1, SBAA.S-1, HRA-1, OTRT-2, LTN-1, LTNE-1, LTS-1.

L'allure générale de cette corrélation montre que le sens de diminution régionale d'épaisseur est orienté Nord-Ouest /Sud-Est ; il varie généralement de 30 m au niveau des puits DECH-1 et DECHW-1 jusqu'à l'érosion totale du réservoir Grès de Sbâa au niveau du puits LTS-1. Cependant, des variations d'épaisseur locales ont été observées au niveau de quelques puits situés au Nord-Ouest (SBAA-1 et TOT-1). Le réservoir est moyennement épais au niveau du puits DECHW-1(25.5 m) ; suivi par une augmentation progressive d'épaisseur au niveau du puits TOT-1 (34 m) pour atteindre un maximum de 43 m au niveau du puits SBAA-1, ensuite une diminution d'épaisseur progressive jusqu'à la disparition totale au niveau du puits LTS-1(le biseautage sous la discordance hercynienne).

D'après les résultats et les observations paléostructurales, les Grès de Sbâa ont été déposés en concordance à la suite des dépôts du Strunien, le relief était faiblement incliné durant cette période, telle qu'on aura une certaine élévation de relief à partir du Nord-Ouest vers l'Est et vers le Nord-Est, aboutissant à une réduction de l'espace disponible de la sédimentation et par conséquent, à une réduction de l'épaisseur.

Tandis que les grandes failles (faille inverse et faille normale) qui ont affecté la région au niveau des puits TOT-1, HRA-1 et SBAA-1, vont créer un abaissement local de la zone comprise entre ces failles par rapport au zones voisines, il en résulte une augmentation considérable de l'épaisseur.

Corrélation Nord-Ouest/Sud-Est Grès de Sbâa

III.6.2 Corrélation Nord/Sud passant par les puits : GOT-1, GNF-1, ODZ-1bis, MGR-1, E-ODZ-1ST, LTN-1, LTNE-2, LTS-1.

La variation d'épaisseur des Grès de Sbâa suivant cette direction de corrélation montre une diminution considérable à partir du puits GNF-1 (42 m), jusqu'à atteindre les vingt (19 m) mètres au niveau de puits LTNE-2 et l'érosion totale du réservoir Grès de Sbâa au niveau du puits LTS-1.

III.6.3 Corrélation Est/Ouest passant par les puits DECHW-1, SBAA-1, ODZ-1bis, E-ODZ-1ST

Cette corrélation diagraphique montre de façon générale que le sens de diminution d'épaisseur Grès de Sbâa est suivant la direction Ouest-Est du puits DECHW-1 à l'Ouest jusqu'au puits AZ-1bis à l'Est, cette diminution progressive est aussi marquée par des élévations locales d'épaisseur au niveau des puits SBAA-1 et ODZ-1bis.

Une fois que les dépôts du Carbonifère ont été déposés, deux discordances affectent la cuvette de Sbâa : la première est majeure qui est l'Hercynien, tandis que la deuxième mineure, intra Carbonifère (base Namurien), érode tout le Viséen, le Tournaisien et une partie du réservoir Grés de Sbâa au niveau du puits E-ODZ-1-ST. A l'Est du réservoir de la cuvette au niveau du puits AZ-1bis l'érosion est totale, causée par l'effet de la phase hercynienne.

Corrélation Nord-Sud Grès de Sbâa

Corrélation Est-Ouest Grès de Sbâa

Conclusion

A la fin de cette étude sédimentologique qui caractérise le réservoir Grès de Sbâa par l'application de la stratigraphie séquentielle (le modèle d'Embry) au niveau de différents puits choisis de façon éparpillée. Ces découpages nous permettent de mieux comprendre l'évolution latérale et verticale des séquences sédimentaires à l'échelle de périmètre. On constate que notre réservoir est composé d'une séquence majeure de troisième ordre, qui comporte deux séquences de quatrième ordre. La première est complète et corrélable et est la plus représentative du milieu de dépôt deltaïque, tandis que la deuxième est incomplète à quelques endroits de la cuvette sous l'influence de l'érosion. La séquence type est une séquence granocroissante qui reflète un milieu de dépôt deltaïque.

Après le découpage séquentiel au niveau des puits concernés, on note que :

-la limite inférieure du réservoir Grès de Sbâa (la base) est représentée par le Top de Strunien. Le découpage suivant le modèle d'Embry montre que cette limite (MRS1) est plus basse que celle mentionnée aux fiches techniques dans tous les puits découpés.

-la limite supérieure du réservoir Grès de Sbâa (le Top) est représentée par la base du Tournaisien. D'après le modèle d'Embry, elle est confondue avec la limite de séquence (MRS 3) dans la plupart des puits sauf que au niveau de ces trois puits (HRA-1, OTRT-1 et ODZ-1bis) où cette limite ne coïncide pas avec le Top du réservoir Grès de Sbâa (Tableau II.1).

Tableau II.1 : Limites diagraphiques des séquences sédimentaires

Puits	Base Grès de Sbâa	Séquence SI	Séquence SII	Toit Grès de Sbâa
DECHW-1	607	617-604	604-581,5	581,5
DECH-1	624	634,5-606,5	606,5-592,5	592,5
TOT-1	705	713-686	686-670,5	670,5
SBAA-1	540	545-517	517-496,5	496,5
SBAA.S-1	1066,5	1072-1051	1051-1033	1033
HRA-1	1565	1577,75-1538	1538-1522,5	1525
OTRT-2	1696	1714,5-1696,5	1696,5-1671,5	1677
LTN-1	1740	1746-1733	1733-1718,5	1718,5
LTNE-1	1526	1528-1507	érodé	1507
LTNE-2	1571	1591-1567,5	1567,5-1553	1552
LT-2	1250	1252,5-1240,5	1240,5-1230	1229
LTS-1	érodé	érodé	érodé	érodé
GNF-2	1079,5	1083-1040	1040-1031,5	1030,5
MGR-1	1106	1113,5-1092,5	1092,5-1078,5	1078
ODZ-1bis	752	755-742	742-718,5	721
E-ODZ-1bis	1637	1645,5-1605	1605-1595	1593

L'approche pétrographique du réservoir Grès de Sbâa complète la description sédimentologique ; il s'agit d'analyser la composition pétrographique des grès et d'évaluer l'impact des différents phénomènes diagénétique sur le réservoir.

Généralement, les grès de Sbâa correspondent soit à une séquence gréseuse granocroissante principale de 30 à 40 m d'épaisseur, soit à plusieurs séquences emboîtées. Mais dans le chapitre précédent, on a décrit deux séquences majeures suivant les puits découpés. Elles sont généralement composées de grès gris clair à gris blanc, fins à très fins, parfois moyens, sub-anguleux à sub-arrondis bien classés, légèrement à mal consolidés, parfois friables, avec passées de siltstone et quelques intercalations d'argile. Le ciment est argilo-siliceux à argilo-carbonaté, légèrement pyriteux ; minéralogiquement, ces grès sont glauconieux et micacés.

Dix-huit (18) puits sont concernés par cette approche pétrographique ; il s'agit de DECH-1, TOT-1, SBAA-1, SBAA.N-1, SBAA-3, SBAA-2a, LT-1, LTN-1, LT-2, LTNE-2, BD-1, BDW-1, BD-1bis, BD-2a, OTRT-1, ODZ-1bis, ODZ-2, MGR-1 (Étude pétrographique-BEICIP-FRANLAB modifiée par SONATRACH, 1996).

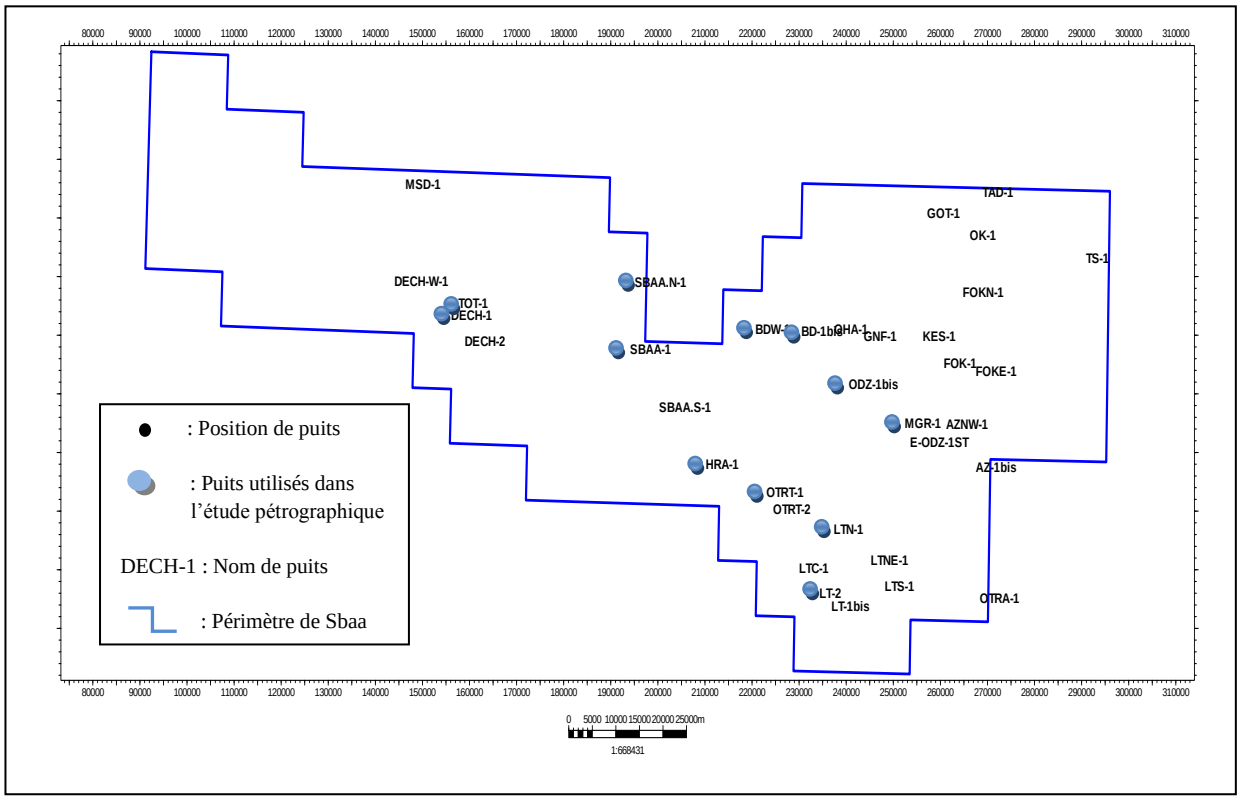


Figure III.1 : Carte de positionnement des puits utilisés pour l'analyse pétrographique (SONATRACH 2013)

III.1 Composition pétrographique et minéralogique

III.1.1 Les éléments essentiels

III.1.1.1 Le quartz

Le quartz est le minéral principal dans les grès de Sbâa avec un pourcentage moyen de 85%. Au niveau du sondage BDW-1 (898.5 m - 919.5 m), l'élément de quartz est représenté sous forme de grains sub-anguleux à sub-arrondis, souvent jointifs et bien triés. Certains quartz ont subi un léger accroissement secondaire, la moyenne granulométrique oscillant entre 0,072 et 0,144 mm.

Au sondage BD-1bis, la dimension varie de 0,450 à 0,180 mm, les grains montrent un bon classement, de morphoscopie en général sub-anguleuse. Ces grains sont liés par des contacts de type concavo-convexe à droite, ils sont parfois corrodés par les carbonates, essentiellement par la dolomite.

Vers le Sud-Est, au niveau du sondage LT-2 le pourcentage du quartz est d'environ 62,15%. Les grains sont de morphoscopie sub-anguleuse à anguleuse.

Par contre, au niveau du sondage SBAA-1, le pourcentage du quartz est d'environ 70% et les grains de quartz sont faiblement émoussés et ne présentent aucun granoclassement.

Au Nord-Ouest du périmètre, au niveau de puits TOT-1, à un niveau de 688,10 m, les grains de quartz sont généralement mal classés avec des liaisons concavo-convexes, complètement cimentés par les carbonates (Photo III.6).

A l'Est au puits ODZ-1bis, les grains de quartz sont partiellement cimentés par la silice et les carbonates (Photo III.3).

III.1.1.2 Les feldspaths

Le pourcentage des feldspaths varie entre 2 et 3%, ils sont de type plagioclases où orthoclases.

A l'Est du périmètre au niveau du puits BD-1bis, les feldspaths alcalins (orthoclases) prédominent sur les feldspaths calcosodiques (plagioclases). Leur pourcentage oscille entre 1% à 6%. Ils sont surtout présents dans la partie inférieure de l'intervalle Grès de Sbâa ; d'environ 10% à la cote 743,5 m, où ils forment des grès feldspathiques. Tandis qu'au sondage BDW-1, ils sont en très faible pourcentage (moins de 2%) et plus ou moins abîmés par l'altération. Les feldspaths sont abondants au niveau de puits ODZ-1bis, ils sont présentés sous une forme allongée et altérée à 749 m (Photo III.4).

Vers le Sud-Est du périmètre au niveau du puits LT-2, le plagioclase frais, les orthoclases et quelques microclines sont les représentants des feldspaths (0,69%).

Au centre de la cuvette, au niveau de sondage SBAA-1, les feldspaths sont représentés par des plagioclases dispersés dans la matrice argileuse.

III.1.1.3 Les micas

Dans le sondage SBAA-1, à une profondeur de 502.8 m, quelques micas sont dispersés dans la matrice argileuse ; ils sont généralement présents en faible quantité au niveau de ce puits.

Au niveau du sondage BDW-1, par observation des lames minces sur l'intervalle carotté (898.5-919.5 m), les micas se présentent en minces paillettes souvent orientées ; ils sont localement présents en proportion notable et atteignent les 5%.

Au sondage LT-2, ces minéraux sont dispersés sans aucune orientation préférentielle (2,8%). Au niveau de puits BD-1bis, ils sont faiblement présents sur cet intervalle, leur teneur ne dépasse pas 1%, on reconnaîtra essentiellement des fines et courtes baguettes de la muscovite.

La muscovite est fréquente au niveau de puits ODZ-1bis

III.1.1.4 Les carbonates

Au Sud-Est du périmètre au niveau de sondage LT-2, les carbonates se rencontrent sur l'ensemble de cet intervalle, principalement en taches mouchetées, rhomboèdres et plages de dolomite et, rarement, en petits cristaux de sidérite dans la partie basale.
Vers le Nord au sondage BD-1bis, ils sont représentés essentiellement par la dolomite en cristaux rhomboédriques bien distincts ; celle-ci est présente sur l'ensemble de l'intervalle mais en faible proportion. Sa teneur varie de 2 à 5% dans les grès où elle corrode les grains de quartz et altère parfois les feldspaths potassiques (au niveau de 744,00 m). Par contre, les calcaires sont mentionnés à un niveau de 744,5 m au niveau de ce puits ; ils atteignent une valeur de 60% et sont présentés aussi par des calcaires dolomitiques.

III.1.1.5 La glauconie

La glauconie s'observe au niveau du puits LT-2 en grains irréguliers (1,64%).Cette dernière, en association avec le chlorite et la limonite, donne, par endroits, une teinte jaune verdâtre à la roche.
Au sondage BD-1bis, la glauconie est plus abondante dans la partie inférieure de l'intervalle (754,50 à 751,00 m) que dans les parties médiane et supérieure. Dans la partie inférieure, elle atteint parfois une valeur de 4%. Dans les faciès gréseux, elle est de forme arrondie, de couleur verte et occupe essentiellement les espaces inter-granulaires. Elle est aussi observée au niveau de puits ODZ-1bis avec une couleur jaune-verdâtre à un niveau de 749 m (Photo III.3 et Photos III.4).

III.1.2 Les éléments accessoires

III.1.2.1 Les minéraux lourds

Les minéraux lourds au niveau du sondage BDW-1 sont présentés par trois minéraux, le leucoxène, la tourmaline et le zircon. Ils forment parfois des alignements accentuant les surfaces de stratification. Au sondage LT-2, les minéraux lourds sont nombreux (3,44%).

Ils sont observés aussi au niveau du sondage SBAA-1 en traces et ils sont fréquents au niveau de puits ODZ-1bis.

III.1.2.2 Les débris de fossiles

Les débris de fossiles sont déjà observables sur carottes ; ils sont représentés par des échinodermes moyennement calcitiques, siliceux et sont rencontrés au niveau de SBAA-3, BD-1(848-850 m), ainsi qu'au niveau de puits BD-2a (734 m) ; des ostracodes et des débris des bivalves marqués aux niveaux des puits BD-2a (877 à 881 m), TOT-1de 686 à 685,82 m (Photo III.1) et de 693,53 à 693, 33 m (Photo III.2) , des tigillites à SBAA-2a (513-515 m), des bioclastes au niveau de puits TOT-1à 688,10 m (Photo III.5).

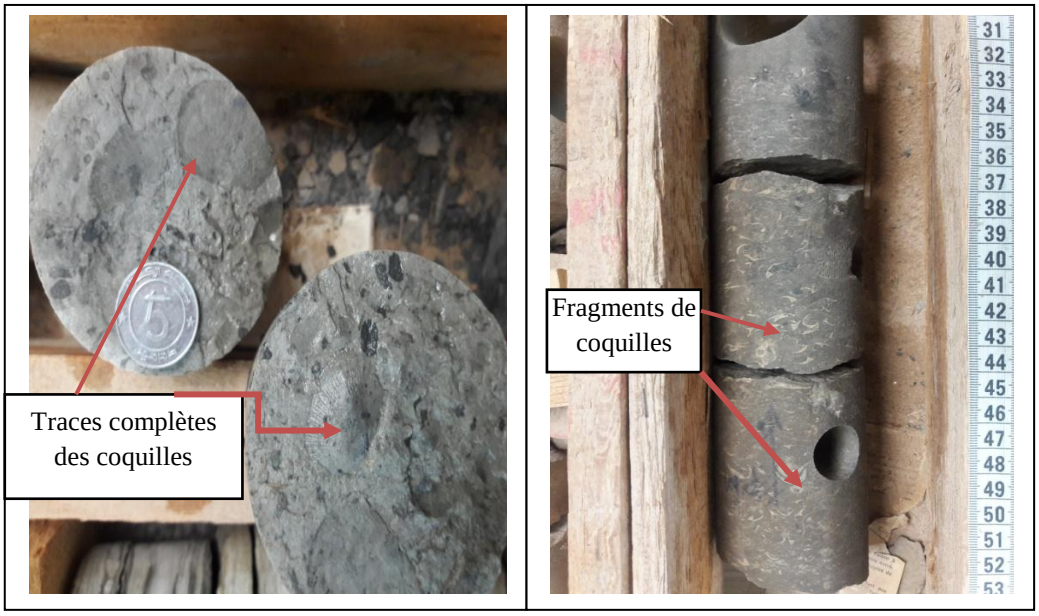


Photo III.1 : Argile à Trace complète des coquilles de 686 à 685,82m ; Carotte n°20 du puits TOT-1

Photo III.2: Grés coquillé de 693,53 à 693, 33m ; Carotte n°21 du puits TOT-1

III.1.2.3 La matière organique

Présence de 10% de matière organique associée à la pyrite. Au sondage BD-1bis, on observe, en traces, parfois de 1% de matière organique plus ou moins pyriteuse, en éléments arrondis et amorphes. Au niveau de puits TOT-1 et ODZ-1bis, elle est généralement dispersée dans les grains des grès associés par les carbonates (Photo III.3 et Photo III.6).

III.1.2.4 L'Oxyde de fer

Au sondage LT-2, présence presque permanente d'oxyde de fer (4,25%) donnant à l'ensemble de la roche et surtout aux argiles, la teinte brun rouge. Au niveau du puits BD-1bis, on reconnaît des oxydes de fer avec essentiellement de l'hématite de forme anguleuse. Il est aussi observé au niveau de puits TOT-1 à 688,10 m (Photo III.6).

III.1.3 Les ciments

III.1.3.1 Le ciment argileux

Le ciment argileux est représenté principalement par l'Illite et la Kaolinite.

- **L'Illite**

L'Illite est le minéral le plus abondant de ciment argileux par un pourcentage atteint jusqu'à 50% ; il représente 32,29% au niveau de sondage LT-2 et 15% au sondage BD-1bis.

- **La Chlorite**

La chlorite représente un pourcentage faible qui atteint les 5 à7% dans le sondage BDW-1. Au niveau du sondage SBAA-1, elle est régulière avec quelques faibles valeurs. Au niveau du sondage LT-2 où la fraction argileuse atteint les 50% de chlorite. Elle est de faible valeur au puits BD-1bis avec un pourcentage de 9%.

- **La Kaolinite**

Généralement la kaolinite occupe 25 à 30% dans la totalité du ciment argileux. Elle ne représente que 7,22% au niveau du sondage LT-2 et ne dépasse pas les 5% au niveau du sondage BD-1bis, à l'exception de l'intervalle (754,5-742 m), on remarque qu'elle atteint les 71% de la fraction argileuse.

III.1.3.2 Le ciment siliceux

Le ciment siliceux se trouve dans la majorité des endroits du réservoir Grès de Sbâa, au Nord-Ouest au niveau de puits TOT-1(Photo III.3), au Sud dans les régions des LT-1 et LTN-1, au centre au niveau des puits SBAA-1 et SBAA-2a et SBAA-3, aussi au Nord dans les sondages des BDW-1et BD-2a et enfin à l'Est dans les endroits de ODZ-1bis.

III.1.3.3 Le ciment carbonaté

Le ciment carbonaté est observé au niveau des sondages SBAA-1et SBAA-3 sous forme de calcite et en traces de calcite et de dolomite au niveau du sondage SBAA-2a et SBAA.N-1. Il est présent sous forme de calcite, de dolomite et de sidérite au niveau du puits TOT-1 à la profondeur de 688,10 m (Photos III.6).

Remarque :

Dans le sondage BDW-1, l'anhydrite apparait uniquement dans les niveaux gréseux inférieurs et se présente soit sous forme de larges plaques ou mouchetures diversement teintées, soit en réseau de veinules larges de 0.5 à 4 mm remplies de gros cristaux monocristallins, voisins très rarement avec des cristaux xénomorphes de dolomite. Au sondage LT-2, elle atteint un pourcentage très faible de 0,24%.

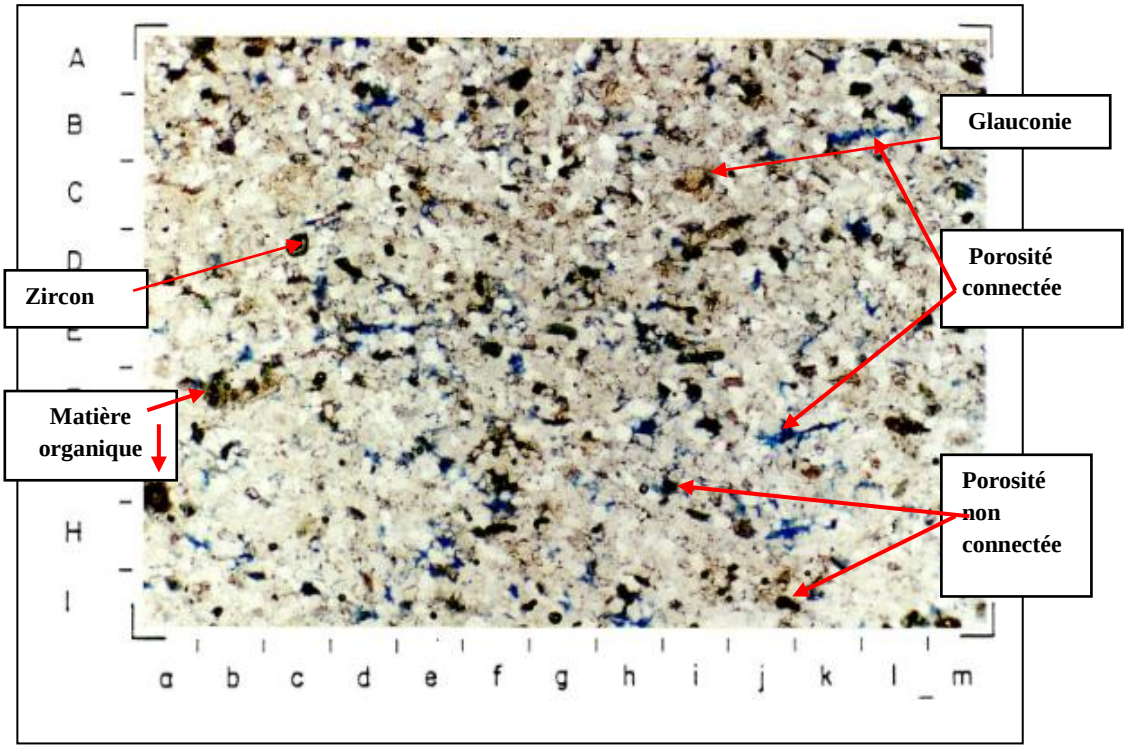


Photo III.3 : Grès très fin à glauconie, partiellement cimenté par la silice et les carbonates, moyennement poreux ; puits ODZ-1bis à 749 m.

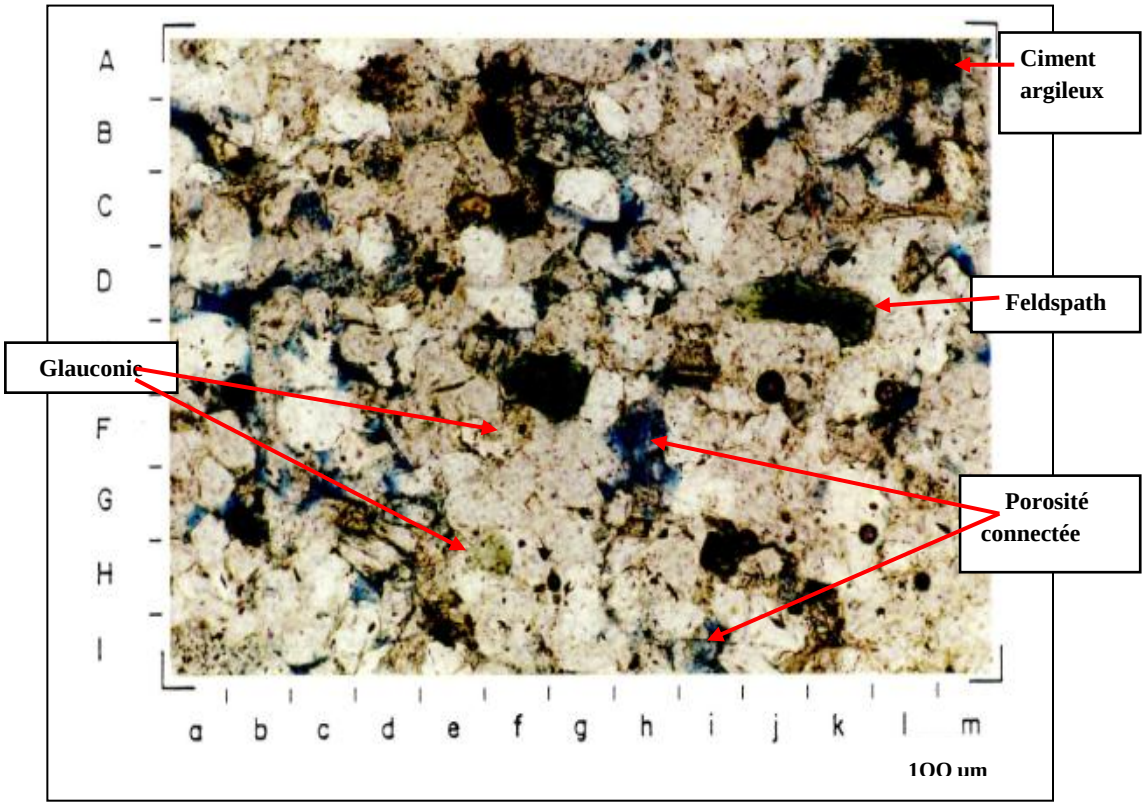


Photo III.4 : Grès bien classé à glauconie et feldspath altéré ; puits ODZ-1bis à 749m.

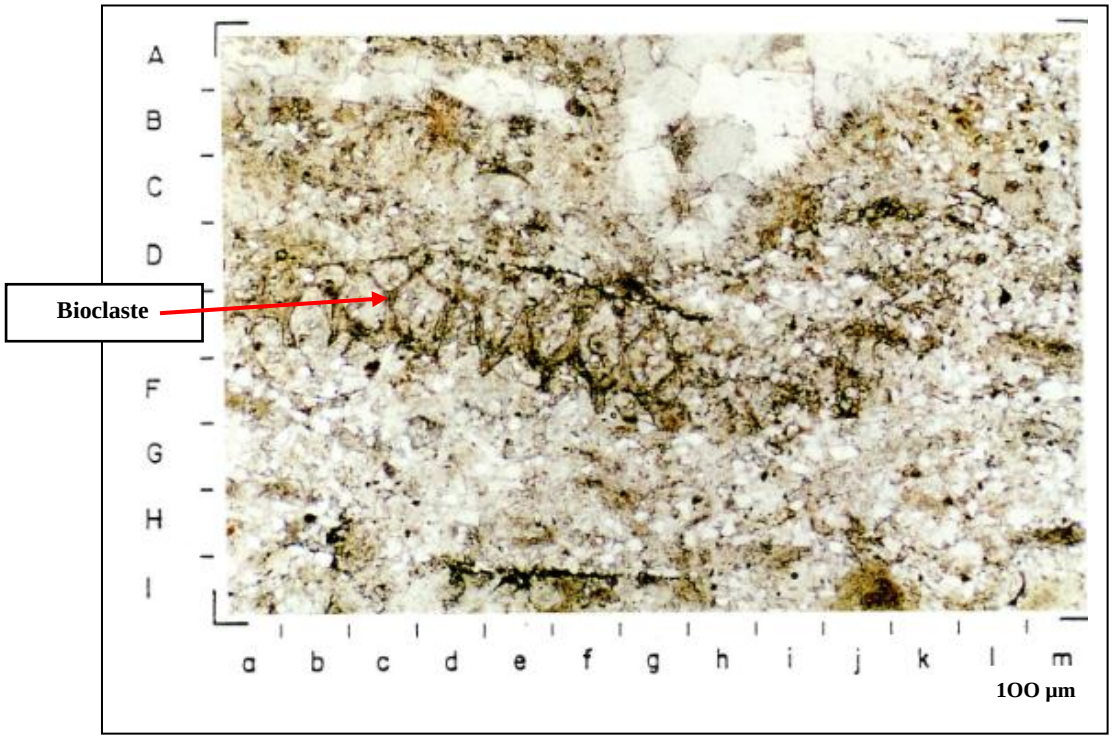


Photo III. 5 : Grès mal classé siliceux bioclastique complètement cimenté par les carbonates ; puits TOT-1 à 688,10 m.

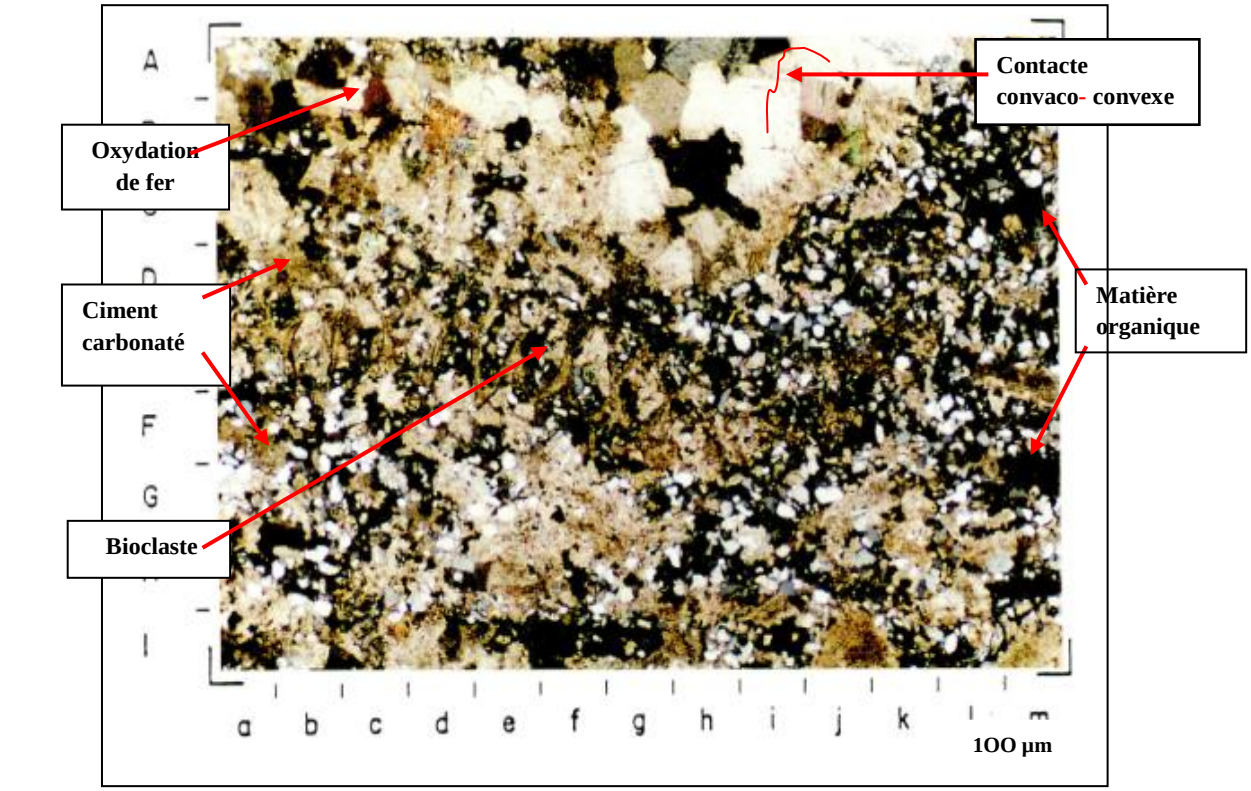


Photo III.6 : Grès mal classé siliceux bioclastique complètement cimenté par les carbonates ; puits TOT-1 à 688,10 m avec lumière polarisée.

III.2 Les paramètre pétrophysiques

Généralement, les qualités réservoirs des Grès de Sbâa sont bonnes, mais peuvent être localement très mauvaises dans le cas de la diagenèse.

III.2.1 La porosité

La porosité observée est une porosité inter-granulaire comprenant à la fois une porosité d'origine primaire préservée et une porosité d'origine secondaire par dissolution des grains (exemple : les feldspaths) ; elle est soit connectée ou non connectée (Photo III.3 et Photo III.4 ; puits ODZ-1bis). Elle diminue par le phénomène d'enfouissement qui a été le plus important (OTRT-1) et au voisinage du biseau (LTNE-2) et dépasse les 20% dans les secteurs de faible enfouissement (ODZ-2), (LT-2), (DECH-1).

Généralement, les grès de Sbâa ont une porosité bonne, la porosité moyenne étant de 17,5%. Au niveau du puits BDW-1 les grès sont caractérisés par des valeurs de porosité au-dessous de la moyenne (entre 10 et 16%).

III.2.2 La perméabilité

La perméabilité médiane est de 50mD et dépasse 100 mD dans les endroits fracturés. La présence locale de ciment argileux et de matériel remplissant les pores joue un rôle particulièrement sur le développement de la perméabilité. Le paramètre qui a amélioré cette dernière est le caractère matriciel des grès qui sont à très mauvaise consolidation ; en effet, le caractère friable des grès de Sbâa est bien développé et s'accentue vers le Sud aux niveaux des LT.

III.3 Les phénomènes diagénétique

Les principaux phénomènes diagénétique observés sont :

III.3.1 La compaction

Ce phénomène est enregistré au niveau des puits de la cuvette de Sbâa avec une action différentielle au Nord par rapport au Sud. Au Nord, la compaction était très poussée à cause de la tectonique intense et la surcharge sédimentaire très développée des épaisseurs de couches sédimentaires sur les Grès de Sbâa par rapport au Sud qui est faiblement tectonisé.

III.3.2 La dissolution

Les feldspaths sont reconnus par leur instabilité susceptible aux variations des conditions de température et de chimisme des fluides. Dans la cuvette de Sbâa, les feldspaths ont subi généralement des processus de dissolution et de remplacement par du quartz et des minéraux argileux (illite, kaolinite).

III.3.3 La cimentation

La cimentation est plus fréquente au Nord par rapport au Sud car la subsidence plus prononcée au Nord en collaboration avec la charge sédimentaire plus développée, ont favorisé beaucoup plus cette transformation par rapport au Sud où la subsidence était moins importante avec une faible charge sédimentaire.

Au niveau du puits LT-2, le type du ciment est généralement, la calcite, la dolomie et l'anhydrite, tandis que celui au niveau du LTN-1 est généralement fait par la calcite, la dolomie, la sidérite et l'anhydrite. Par contre, à ODZ-1bis il est généralement constitué par la sidérite et partiellement par la silice et les carbonates (Photo III.3) et à l'Ouest au TOT-1, elle était provoquée par la calcite, la dolomie et l'anhydrite **(**Photo III.6).

III.4 Évolution latérale de la granulométrie

Généralement, les grains sont fins à moyens dans les zones Sud-Est et Nord-Est au niveau des puits LT, ODZ et MGR ; les grains changent leur granulométrie progressivement si on passe de l'Est vers l'Ouest du réservoir où ils deviennent plus fins ; c'est le résultat de l'influence de la mer.

Par analyse des faciès au niveau de quelques puits concernés dans cette étude pétrographique, on note que :

Au Sud-Est de périmètre au niveau des puits LT-2 et LTN-1, le réservoir Grès de Sbâa est composé par des grès très fins à moyens. Le même à l'Est au niveau du puits ODZ-1bis, les grès sont généralement des grès fins et parfois très fins. Vers le Nord-Ouest, au niveau du puits TOT-1, les grès sont des grès très fins avec quelques niveaux de grès fins.

III.5 Évolution de la géométrie

Par analyse des grains du réservoir Grès de Sbâa pour un certain nombre des puits (Figure III.1), du point de vue géométrique, les grains changent des grains anguleux à sub-anguleux à l'Est (BDW-1) ainsi qu'au Sud-Est, où ces parties du réservoir sont proches du continent, auxquelles les grains de grès ont été déposés avec un grande influence de l'énergie du fleuve, ils ont subi alors un court transport, car ils sont plus proches de la source des apports sédimentaires. Par contre, dans les régions de l'Ouest, l'énergie de fleuve est diminuée et devient faible (milieu calme) ; c'est l'influence du domaine marin et la grande distance de transport, les grains de grès deviennent sub-arrondis à arrondis.

III.6 Source d'apport

Sachant que la cuvette de Sbâa est limitée au Sud par la zone haute du Bled El Mas ou l'Infracambrien est sub-affleurant sous le Mésozoïque et qui se prolonge vers l'Ouest par le chaînon du Kahal Tabelbala appartenant à l'Ougarta et à l'Est par la voûte d'Azzène d'orientation subméridienne. Au Sud-Est, un seuil étroit entre le Bled El Mas et la voûte d'Azzène sépare la zone étudiée du Bassin de l'Ahnet Tidikelt.

La source d'apport des sédiments est généralement de direction Sud-Est / Nord-Ouest suivant la direction d'écoulement du fleuve vers la mer, cette dernière étant confirmée par la variation de la granulométrie dans la cuvette de Sbâa. Elle évolue d'un matériel détritique plus ou moins gréseux fin à très fin à l'Est et au Sud-Est vers un matériel détritique plus fin, composé généralement des argiles et des silts au Nord-Ouest de la cuvette ; ce qui indique un milieu plus calme.

Tandis que la variation de la morphologie des grains de quartz confirme également le sens d'apport des sédiments, les grains sont anguleux à sub-anguleux à l'Est et au Sud-Est car ils ne sont pas transportés loin, ils sont proche de la source d'apport. De plus en plus vers le Nord-Ouest, les grains de quartz sont de forme arrondie à sub-arrondie ; c'est soit l'influence de l'action des vagues de la mer, soit celle du transport, les grains sont transportés d'une longue distance suivant les différents chemins de fleuve.

III.7 Le milieu de dépôt

Les indicateurs qui confirment le milieu de dépôt deltaïque dans cette étude pétrographique, sont principalement :

- La nature du matériel qui est généralement détritique et qui est composé par des grès et des argiles et quelques niveaux des silts.
- La présence des fossiles marins comme les échinodermes, les ostracodes et les débris des bivalves.
- La présence de matière organique qui est transportée par le fleuve.
- La présence des glauconies témoignent d'un milieu marin.
- Présence presque permanente d'oxyde de fer donnant à l'ensemble de la roche, et surtout aux argiles, la teinte brun rouge.

Conclusion

L'approche pétrographique nous a permis de constater que les grès de Sbâa sont généralement des grès fins à très fins, sub-arrondis, sub-anguleux, bien classés, parfois friables, composés de 85% de quartz et de 2 à 3% des feldspaths bien altérés.

Les minéraux lourds sont le zircon, la tourmaline et le leucoxène, présence des glauconies, finalement quelques concentrations d'oxyde de fer proche de 10%.

Le milieu de dépôt est deltaïque.

Dans le cadre d'une caractérisation approfondie du réservoir Grès de Sbâa, l'étude des paramètres pétrophysiques est indispensable. Ces caractéristiques pétrophysiques s'expriment fondamentalement en termes de porosité et de perméabilité, toutefois les autres paramètres tels que l'épaisseur, la saturation en huile, le volume d'argile, l'épaisseur des Grès propres sont aussi à étudier.

Les données diagraphiques de douzaines de puits ont été utilisées dans ce chapitre pour le calcul de différents paramètres réservoirs, car la disponibilité des données de carottes (carottage continu) ne permet pas d'aller loin dans le calcul des paramètres du réservoir ; elles ont donc été utilisées seulement pour une caractérisation qualitative.

La profondeur (cotes absolues) du toit et mur ainsi que l'épaisseur totale du réservoir au niveau de chaque puits (Tableau 1, Annexe) sont prélevés des fiches techniques des puits. Parmi les 64 puits forés dans le périmètre, seulement 30 puits ont traversé totalement le réservoir. Le réservoir est absent sur 29 puits, suite à l'érosion qui a affecté toute la partie Est et Sud-Est (la discordance hercynienne et celle intra-carbonifère) et un manque de données pour les puits restants.

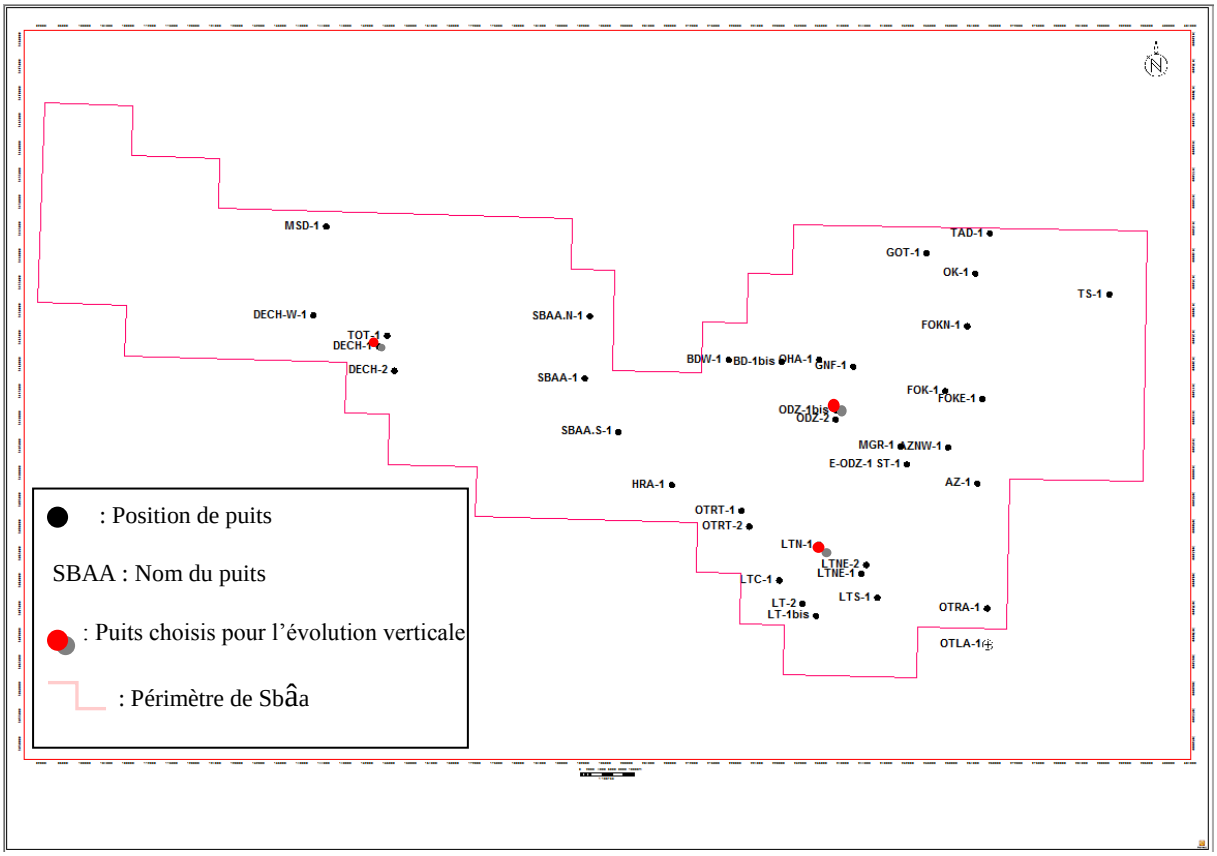


Figure IV.1 : Carte de position des puits forés au niveau du périmètre de Sbâa (SONATRACH 2013)

IV.1 Étude des paramètres pétrophysiques

IV.1.1 Relation perméabilité-porosité

La relation perméabilité-porosité a été étudiée à l'aide de l'utilisation d'environ 742 échantillons prélevés de 14 puits ; les mesures ont été effectuées tous les 25 cm, elles ont été filtrées par l'élimination des valeurs nulles ou anormales dues à la fracturation (Tableau IV.1).

Tableau IV.1 : Nombre d'échantillons/puits

Puits	Nombre d'échantillons	Puits	Nombre d'échantillons
BD-1bis	56	LTN-1	63
BDW-1	63	LTNE-1	15
DECH-1	99	MGR-1	39
DECH-W-1	26	ODZ-1	29
GNF-1	57	ODZ-1bis	40
HRA-1	80	ODZ-2	39
LT-2	46	TOT-1	90

Le diagramme (Figure IV.2), où l'axe des abscisses représente la porosité et celui des ordonnées la perméabilité, montre qu'il y a trois populations bien individualisées :

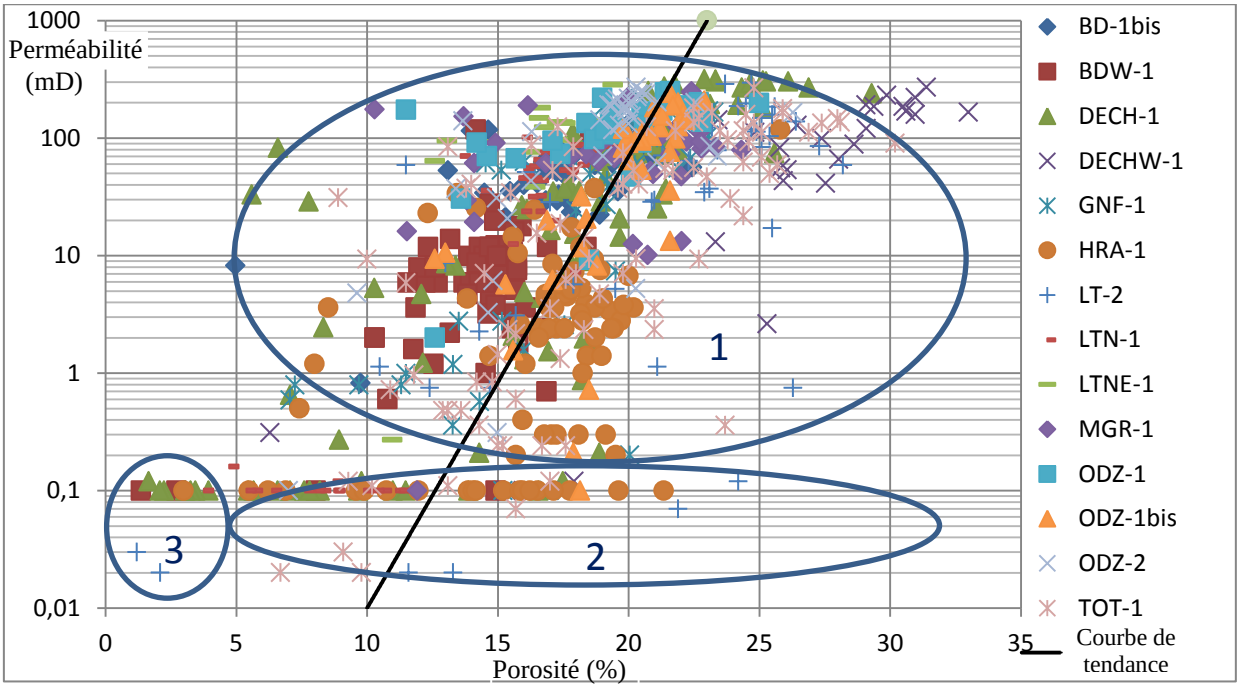


Figure IV.2 : Relation perméabilité – porosité

*** La population « 1 » :** la plupart des échantillons des paramètres pétrophysiques sont concentrés dans cette zone, où la porosité est supérieure à 5% et la perméabilité est supérieure à 0.1 mD. Ces valeurs indiquent que le réservoir Grès de Sbâa est presque totalement homogène.

Cette population regroupe les mesures attribuées aux puits qui se localisent essentiellement sur toute la partie Est et Sud-Est du réservoir, à savoir ODZ-1, ODZ-2, ODZ-1bis, MGR-1, BD-1bis, BDW-1, GNF-1, LT-2, LTN-1 et LTNE-1, dans lesquels la couche réservoir est constituée de grès sub-anguleux à sub-arrondis, faiblement à mal consolidés, et au Nord-Ouest du périmètre au niveau des puits DECHW-1, TOT-1 et DECH-1, sans lesquels on a 60% à 85% des grains sont des Quartz avec un ciment essentiellement argilo-siliceux.

*** La population « 2 » :** la porosité est supérieure à 5%, et la perméabilité est inférieure ou égale à 0.1 mD, ceci indique un réservoir compact et une influence de la cimentation de nature principalement argileuse permettant la réduction de la perméabilité. Les puits attribués à cette population se localisent au centre du périmètre (HRA-1) ainsi que au Nord-Ouest au niveau de DECH-1 et TOT-1, où les phénomènes diagénétiques sont mieux prononcés.

*** La population « 3 » :** elle est caractérisée par de faibles valeurs des paramètres pétrophysiques (porosité inférieure de 5% et perméabilité inférieure ou égale à 0.1 mD) reflétant une grande influence de la cimentation, de la compaction et des transformations secondaires, donc le réservoir est compact (réservoir tight). Les puits attribués à cette population se localisent au centre du périmètre (HRA-1), ainsi qu'au Nord-Ouest au niveau de DECH-1 et TOT-1, où les phénomènes diagénétiques sont mieux prononcés.

La relation entre la perméabilité et la porosité est exprimée par la formule :

$\text{Log}(K) = 0{,}384\Phi - 6.$

Le coefficient de corrélation qui caractérise les deux paramètres pétrophysiques (la porosité et la perméabilité) est :

R = 0,585.

Ce coefficient de corrélation est légèrement supérieur à 0.5. Donc on peut dire qu'il y a un certain degré d'homogénéité entre la porosité et la perméabilité.

IV.1.2 Histogrammes des porosités et des perméabilités

Les mêmes données pétrophysiques qui ont été choisies pour la détermination de la relation entre la perméabilité et la porosité, sont utilisées pour l'établissement des histogrammes des fréquences en utilisant les formules suivantes :

- Nombre de classes :

N = 1 + 3,322×log (Taille).

- L'amplitude :

Pour la porosité $a = \frac{\Phi_{max} - \Phi_{min}}{N}$

Pour la perméabilité $a = \frac{K_{max} - K_{min}}{N}$

IV.1.2.1 La porosité

Les 748 valeurs de porosité dont les porosités minimale et maximale (respectivement, 1,2% et 33%) sont regroupées en 10 classes d'amplitude 3,2% (Figure IV.3).

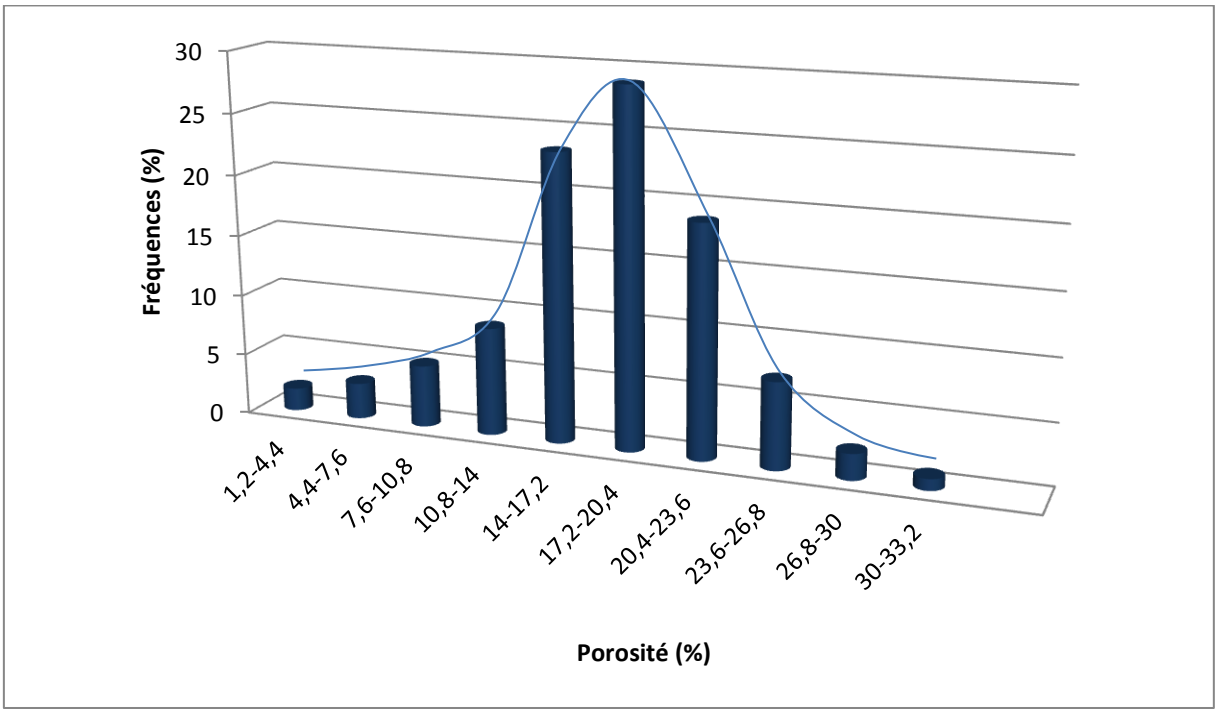


Figure IV.3 : Histogramme des fréquences de porosité

L'histogramme des classes de porosité présente une distribution uni-modale symétrique se qui indique la dominance d'un seul type de porosité (porosité primaire intergranulaire). On observe que la majorité de l'intervalle réservoir est caractérisée par une bonne à très bonne porosité, représentée par les classes 5, 6 et 7 de telle sorte que les valeurs comprises entre 17,2% et 20,4% sont les plus dominantes par une fréquence supérieure à 28%. Quant aux faibles porosités dont les valeurs sont inférieures à 10%, et aux meilleures porosités où ces

valeurs sont supérieures à 30%, elles sont caractérisées par de faibles fréquences qui ne dépassent pas les 5%.

IV.1.2.2 La perméabilité

Les 742 valeurs de perméabilité sont regroupées en 10 classes d'amplitude 32mD, dont les valeurs minimale et maximale de perméabilité sont, respectivement, 0,02mD et 315,2 mD) Figure IV.4).

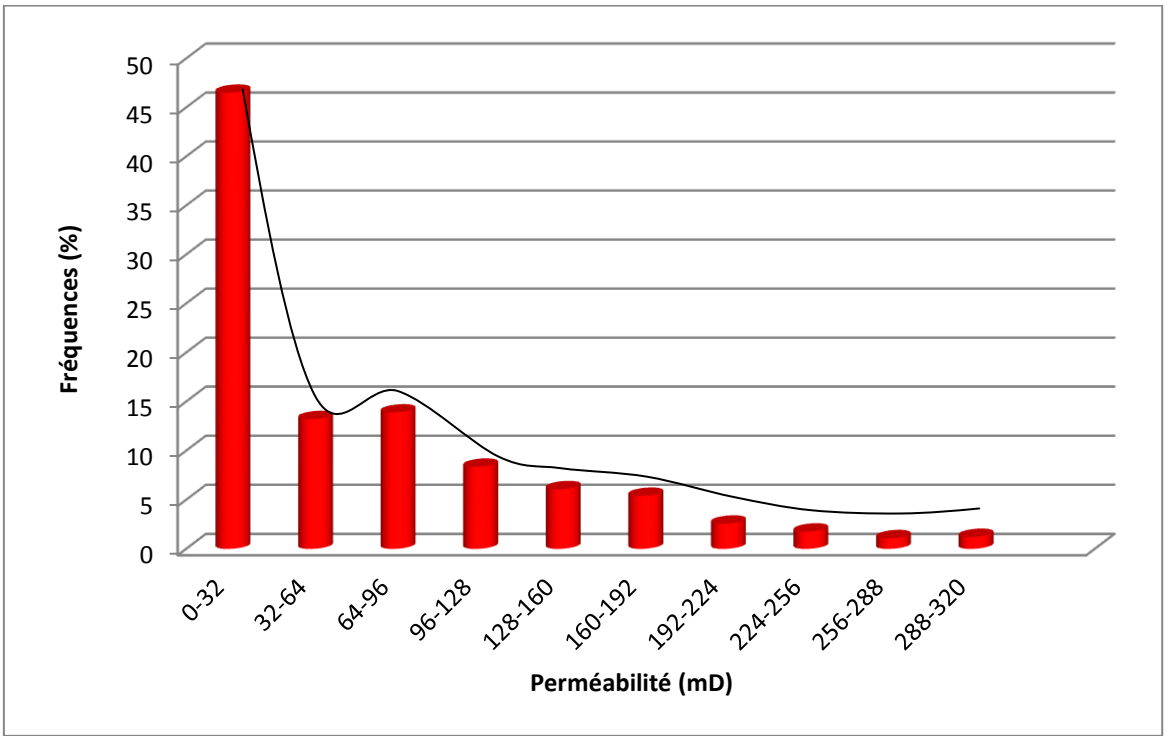


Figure IV.4 : Histogramme des fréquences de perméabilité

L'histogramme des classes de perméabilité présente une distribution bimodale reflétant la présence de deux types de perméabilité :

Perméabilité primaire ou intergranulaire représenté par la première classe modale, qui est bien individualisée par une fréquence supérieure à 45%, elle englobe des valeurs faibles à moyennes de perméabilité (0,02 à 32mD).

Perméabilité secondaire ou de fissurations représentées par la deuxième classe modale, que est caractérisée par les valeurs de perméabilités comprises entre 64 et 96 mD avec une fréquence de 13%.

Les très bonnes perméabilités ont des valeurs supérieures à 160 mD et sont caractérisées par une fréquence inférieure à 5%.

IV.1.3 Évolution verticale des paramètres pétrophysiques

La porosité et la perméabilité sont contrôlées par plusieurs facteurs tels que la compaction, la fracturation, les tailles et forme des grains, le degré de cimentation et la nature du liant. Ces derniers sont fonction de la profondeur.

Pour comprendre l'évolution verticale des paramètres pétrophysiques sur l'intervalle réservoir au niveau des puits, trois puits ont été choisis ; DECH-1 au Nord-Ouest, LTN-1 au Sud et ODZ-1bis au Nord-Est (Figure I.1), où l'intervalle réservoir est le plus carotté (Tableau 1, Annexe). Pour les intervalles non carottés ou mal carottés, ils sont complétés par les valeurs calculées à partir des résultats des diagraphies en tenant compte du décalage et de l'écart qui existe entre les deux valeurs mesurées et celles calculées.

IV.1.3.1 L'évolution verticale de la porosité

L'écart qui existe entre les deux signaux de porosité peut être expliqué par l'influence des perturbations due aux instruments au cours de l'effectuation des mesures diagraphiques, ou bien due à la déformation des carottes et leur dilatation lors de leur récupération (augmentation du volume des vides en surface).

On a enregistré de grandes valeurs de porosité au sommet du réservoir pour les trois puits (à environ 20%) ; ces valeurs restent presque constantes pour les premiers 10 m au niveau du puits DECH-1 (Figure IV.5) et les premiers 15 à 20m pour les deux autres puits (Figure IV.6 et Figure IV.7). Cette partie supérieure du réservoir correspond aux dépôts détritiques de la deuxième séquence sédimentaire qui est caractérisée par la dominance des grès fins à très fins, sub-anguleux à sub-arrondis, friables, légèrement à moyennement consolidés, on parle alors de porosité intergranulaire.

La pénétration dans la couche réservoir est accompagnée par le passage vers la granulométrie la plus fine qui caractérise la première séquence sédimentaire constituant la partie basale du réservoir. Elle est caractérisée par la dominance des argiles intercalées par des grès fins à très fins, avec l'apparition de quelques niveaux de silts ; ceci est traduit par la diminution remarquable de la porosité, surtout au niveau de puits LTN-1.

L'influence de la compaction est plus marquée au puits ODZ-1bis par la grande diminution de la porosité jusqu'à atteindre les faibles valeurs (5 à10%) à plus de 740 m de profondeur où cette zone a témoignée une forte tectonique par rapport au Sud et au Nord-Ouest.

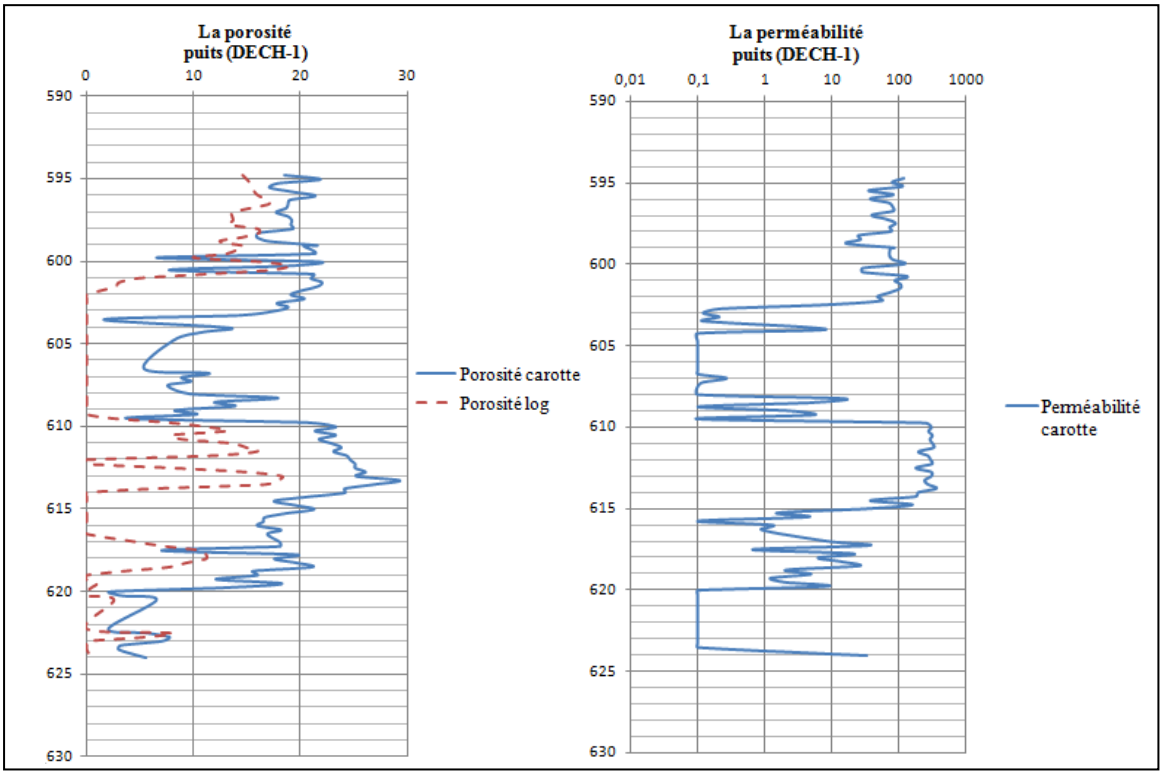


Figure IV.5 : Evolution verticale de porosité et de perméabilité au niveau du puits DECH-1

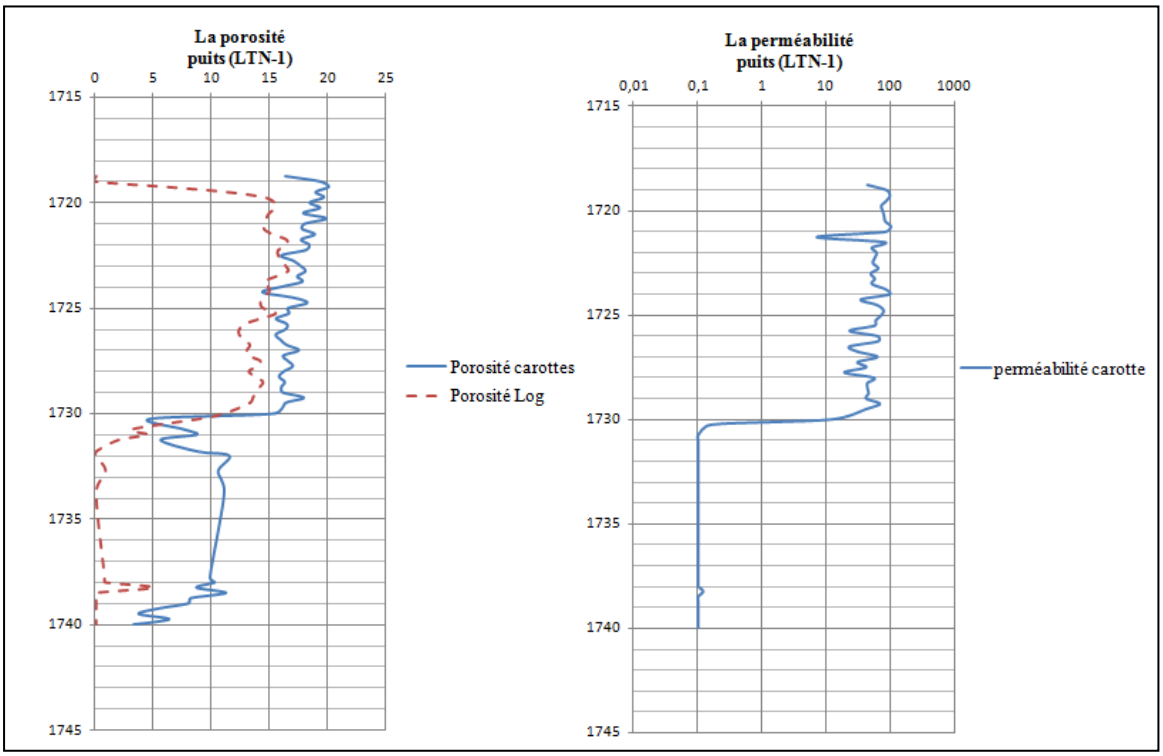


Figure IV.6 : Evolution verticale de porosité et de perméabilité au niveau du puits LTN-1

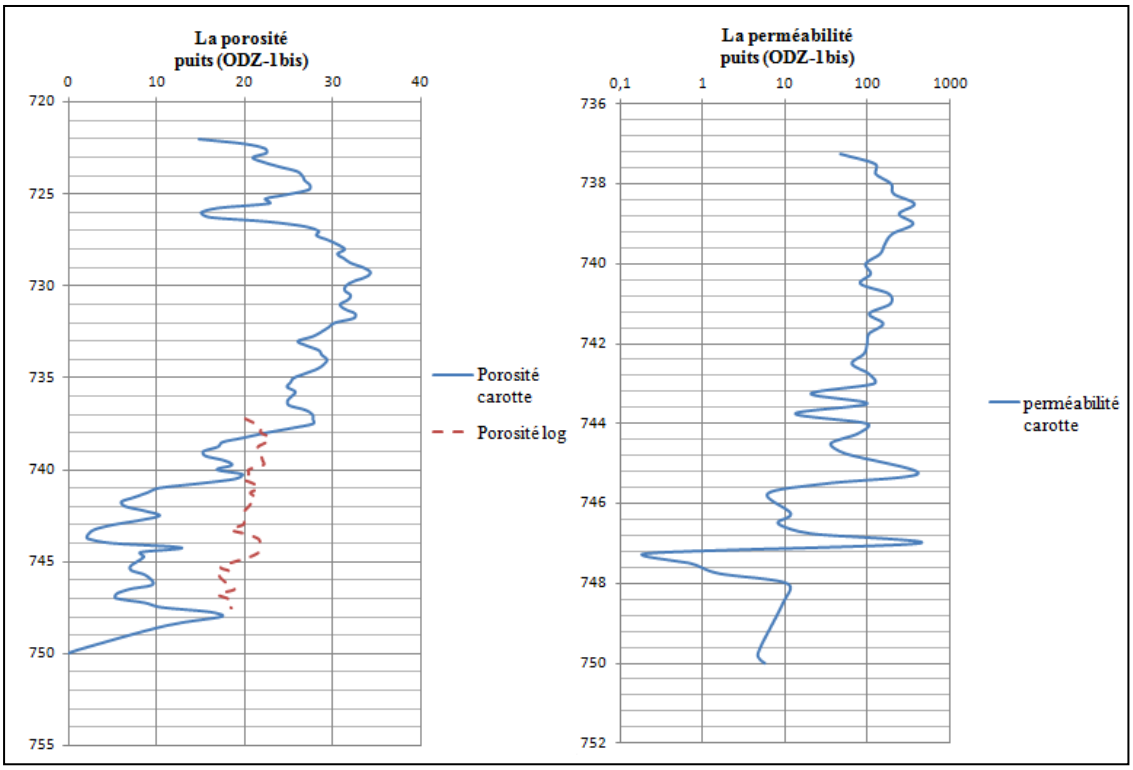


Figure IV.7 : Evolution verticale de porosité et de perméabilité au niveau du puits ODZ-1bis

IV.1.3.2 L'évolution verticale de la perméabilité

Pour caractériser cette évolution, on à utilisé seulement les valeurs de la perméabilité mesurée sur carottes. Les variations présentées par les perméabilités calculées par rapport à celles mesurées sont difficiles à corriger.

Pour la partie supérieure de la couche réservoir, elle est caractérisée par les bonnes valeurs de perméabilité (plus de 60mD) pour les trois puits, c'est la perméabilité primaire caractérisant les Grès de Sbâa qui sont friables et légèrement à mal consolidés, avec un influence remarquable de la fissuration à amélioré aussi la perméabilité surtout au niveau du puits ODZ-1bis (Figure IV.7), ainsi que le faible enfouissement qu'a subi la couche réservoir permettant la conservation des connexions inter-granulaires.

Tandis que le passage vers le fond du réservoir est accompagné d'une diminution de perméabilité très remarquable au puits LTN-1, cette partie inferieure est constituée par des grès très fins intercalés par des argiles avec quelques niveaux de silts. L'augmentation de volume d'argile qui remplit les pores et la présence des ciments principalement de nature argileuse, justifient cette réduction de perméabilité.

* Généralement, la perméabilité varie en parallèle avec la variation de la porosité.

IV.2 Calcul des paramètres du réservoir

Cette étape consiste à évaluer l'évolution latérale des paramètres du réservoir à l'échelle du périmètre en utilisant les données des diagraphies (Gamma Ray et Sonic). Elle nécessite le calcul de ces paramètres, à savoir : l'épaisseur totale du réservoir, l'épaisseur des grès propres, l'épaisseur des grès utiles, Net to Gross (le rapport entre ces deux dernières épaisseurs), le volume d'argile, ainsi que le calcul de la porosité totale, la porosité utile et la saturation en huile.

IV.2.1 L'épaisseur des grès propres

Elle représente uniquement l'épaisseur des bancs gréseux présents sur l'intervalle réservoir. Pour déterminer cette épaisseur, il est indispensable de calculer le $GR_{Cuttoff}$:
$GR_{Cutoff} = Vsh_{Cutoff} \times (GR_{max}\text{-}GR_{min}) + GR_{min}$.

Pour le réservoir Grès de Sbâa : $Vsh_{Cutoff} = 0{,}45$.

Les intervalles correspondant à $GR_{lu} < GR_{Cutoff}$ représentent des grès propres, sinon on les considère comme des argiles.

IV.2.2 La porosité totale

Elle est déterminée en utilisant la formule suivante :

$$\Phi_{totale} = \frac{DT_{lu} - DT_{matrice}}{DT_{filtrat} - DT_{matrice}} \times 100.$$

- DT_{lu} : la valeur enregistrée tous les 25 centimètres (µs/ft).
- $DT_{matrice} = 53$ µs/ft.
- $DT_{filtrat} = 189$ µs/ft.

IV.2.3 La porosité utile

La détermination du pourcentage des pores connectés entre eux et pouvant être imprégnés d'huile, se fait de la manière suivante :

*** Le volume d'argile**

$$V_{sh} = \frac{GR_{lu} - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}}$$

Donc :

$\Phi_{utile} = \Phi_{totale} - (\Phi_{sh} \times V_{sh})$.

Φ_{sh} : représente la valeur de porosité correspondant au GR_{max} du banc argileux le plus épais.

Remarque : Les porosités carotte sont utilisées comme des valeurs de contrôle pour les porosités calculées.

Tableau IV.2 : Paramètres pétrophysiques moyens calculés du réservoir Grès de Sbâa

Puits	Porosité (%)			Perméabilité (Carotte) (mD)
	Totale (Diagraphie)	Utile (Diagraphie)	Utile (Carotte)	
BD-1bis	/	/	17,93875	68,3776786
DECH-1	26,1917879	13,4494388	15,0113621	67,5697588
DECH-W1	29,2023998	17,9531218	24,7556667	91,8853333
E-ODZ-1ST	21,5620049	13,2283737	/	/
GNF-1	21,6195226	18,5453521	17,3581818	68,589697
HRA-1	17,9234635	14,591703	19,2768675	4,69879518
LT-2	28,3095402	24,613908	/	/
LTN-1	15 4750764	12,9561409	13,6028501	33,2183047
LTNE-1	21,9548772	17,2935595	16,185625	118,545
MGR-1	23,6625823	18,9336474	20,0492857	82,1238095
ODZ-1	/	/	18,79	133,093333
ODZ-1bis	30,4894747	25,7244769	22,6829787	115,593872
ODZ-2	/	/	18,7115385	144,074615
OTRT-2	14,6016431	9,2527194	/	/
SBAA-1	30,4292196	16,4031082	/	/
TOT-1	15,4236906	13,40²81839	18,428125	48,4622917

IV.2.4 L'épaisseur utile

D'après les porosités utiles calculées, les intervalles des grès propres capables de contenir les molécules des hydrocarbures sont ceux qui ont une porosité utile supérieure à 10%.

IV.2.5 Net to Gross

C'est le coefficient de proportionnalité qui caractérise le rapport entre les deux épaisseurs utiles et celui des grès propres.

$N_g = \frac{H_{Utile}}{H_{Grés\ propres}}$.

IV.2.6 La saturation en huile

Le réservoir Grès de Sbâa produit uniquement de l'huile, la saturation en huile pouvant être calculée par la formule :

$S_h = 1 - S_w$ Avec : $S_w = \sqrt{\frac{a . R_w}{\Phi^m . R_t}}$

a = 1.
m = 2.
À T = 80 °c, ρ = 100 g/l on a R_w = 0,03 (Ohm.m).

Φ : porosité totale (%).

R_t : résistivité lue (Ohm.m).

Remarque

Les valeurs utilisées pour l'élaboration des cartes en iso-valeurs sont les moyennes pondérées par rapport à l'épaisseur des grès propres, sauf les valeurs de saturation en huile qui sont des moyennes arithmétiques (Tableau IV.2 et IV.3).

Tableau IV.3 : Paramètres du réservoir Grès de Sbâa (calculés)

Puits	Epaisseur (m)			Net to Gross	Volume d'argiles	Saturation en huile (%)
	Totale	Grès propres	Utile			
DECH-1	31,5	10,625	8,5	0,8	0,30	67,5
DECH-W-1	25,5	11,125	8	0,8	0,30	15,17
E-ODZ-1ST	44	8,687	8,096	0,70	0,34	/
GNF-2	49	31,5	28	0,89	0,15	6,92
HRA-1	40	30	25,375	0,85	0,23	/
LT-2	21	9,75	9,75	1	0,13	0
LTN-1	21,5	11,735	10,668	0,91	0,10	0
LTNE-1	19	17	16,375	0,96	0,23	/
MGR-1	28	16,875	16,625	0,99	0,18	/
ODZ-1bis	31	19	18,625	0,98	0,13	/
OTRT-2	19	13,716	3,81	0,28	0,31	/
SBAA-1	43,5	18,5	13,75	0,74	0,33	/
TOT-1	34,5	18,75	11	0,59	0,34	/
ODZ-1	/	/	/	/	/	72
SBAA-3	/	/	/	/	/	68

* Comme indiqué sur les cartes, le réservoir Grès de Sbâa ne couvre pas tout le périmètre grâce à l'érosion, dont la limite bleue représente la limite d'extension du réservoir déterminée d'après la sismique.

IV.3 Les carte en iso-valeurs

IV.3.1 La carte en isobathes au toit du réservoir Grés de Sbâa

La carte en isobathes au toit du réservoir montre que la structuration au niveau du périmètre est très compliqué suite à la présence des failles à forte rejet. On remarque que la partie Nord du périmètre est très affecté par rapport à la partie Sud.

Généralement le réservoir Grès de Sbâa se trouve à une profondeur qui varie entre 110 et 1700 m. Les grandes profondeurs se localisent au centre et au Sud-Est du réservoir au niveau des puits LTN-1, OTRT-1, OTRT-2, LTNE-1, LTNE-2 et E-ODZ-1ST. La diminution de la profondeur du réservoir du centre et du Sud-Est vers les parties Nord ou elle atteint 740 à 1000 m au niveau des puits BD1-bis et GNF-1, ainsi que vers le Nord-Ouest du périmètre où on a enregistré la plus faible valeur à environ 110m au niveau des puits MSD-1. Cette variation de profondeur est très compliquée et elle est parfois brusque, surtout dans la partie Nord du périmètre qui a connue une tectonique intense.

L'ensemble des failles qui ont affecté le réservoir Grès de Sbâa à l'échelle du périmètre sont principalement de type inverse avec quelques failles normales, on peut les subdiviser en deux familles :

- Les failles majeures sub-verticales d'orientation Nord/Sud d'âge panafricaine et des failles d'orientation Ougartienne Nord-Ouest/Sud-Est due à la phase hercynienne.
- Les failles mineures de direction Est/Ouest et Nord-Est/Sud-Ouest.

Figure IV.8 : Carte en isobathes au toit du réservoir Grès de Sbâa

IV.3.2 L'épaisseur totale

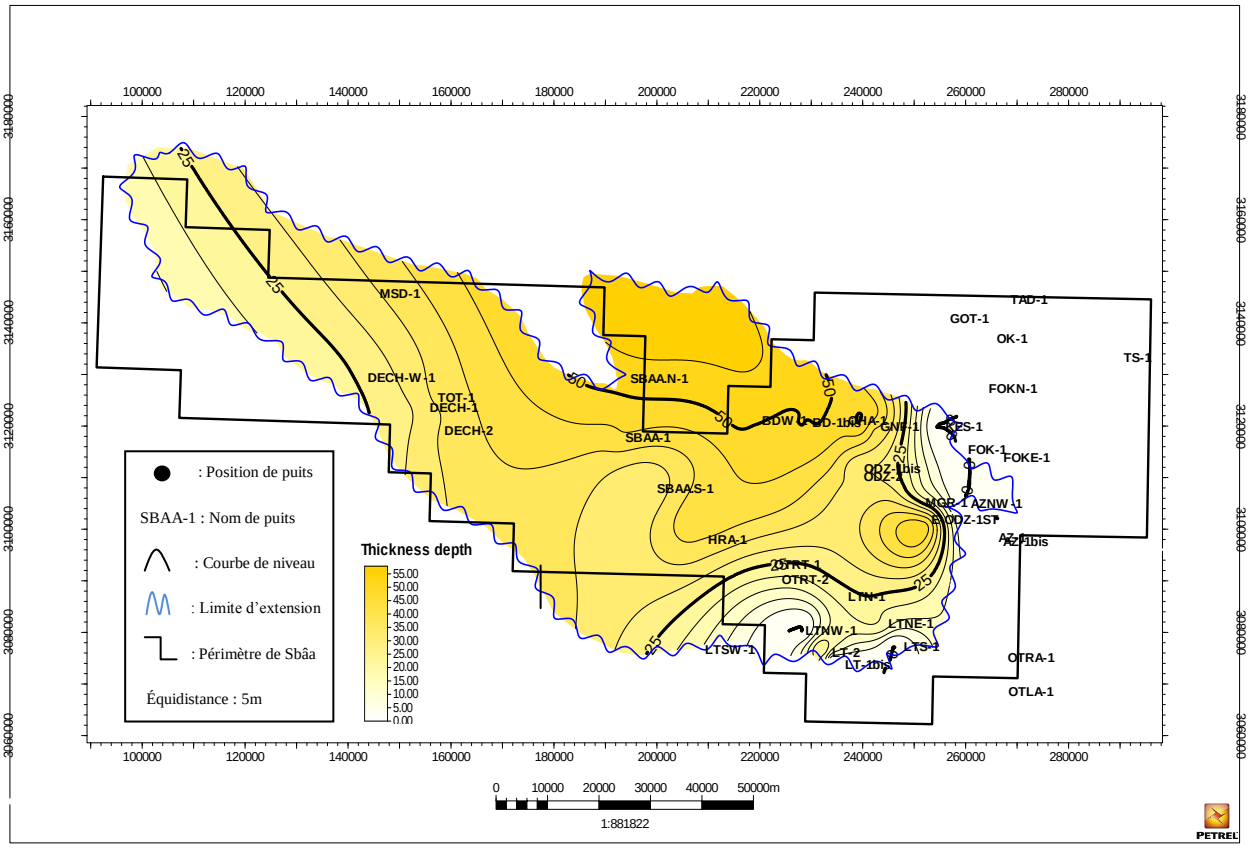


Figure IV.9 : Carte en isopaques du réservoir Grès de Sbâa

La carte en isopaques montre la tendance générale de la variation d'épaisseur du réservoir Grès de Sbâa. Elle montre que cette dernière est maximale dans la partie Nord du périmètre, où elle atteint 52 m au niveau du puits BD-1bis. C'est le résultat de l'affaissement de cette zone sous l'influence de l'enjeu des failles préexistantes, créant, par conséquent, un espace supplémentaire pour la sédimentation.

La diminution de l'épaisseur est progressive du centre vers toutes les directions sous l'effet de l'érosion due à la phase hercynienne, à l'exception de l'Est, côté de la voûte d'Azzène la disparition des Grès de Sbâa est le résultat de la phase intra-carbonifère.

IV.3.3 L'épaisseur des grès propres

Le réservoir Grès de Sbâa est constitué des bancs gréseux plus ou moins épais, intercalés par des couchcs d'argiles d'épaisseur différente. Ce qui nous intéresse est la partie gréseuse du réservoir dont l'évolution latérale de son épaisseur est la suivante :

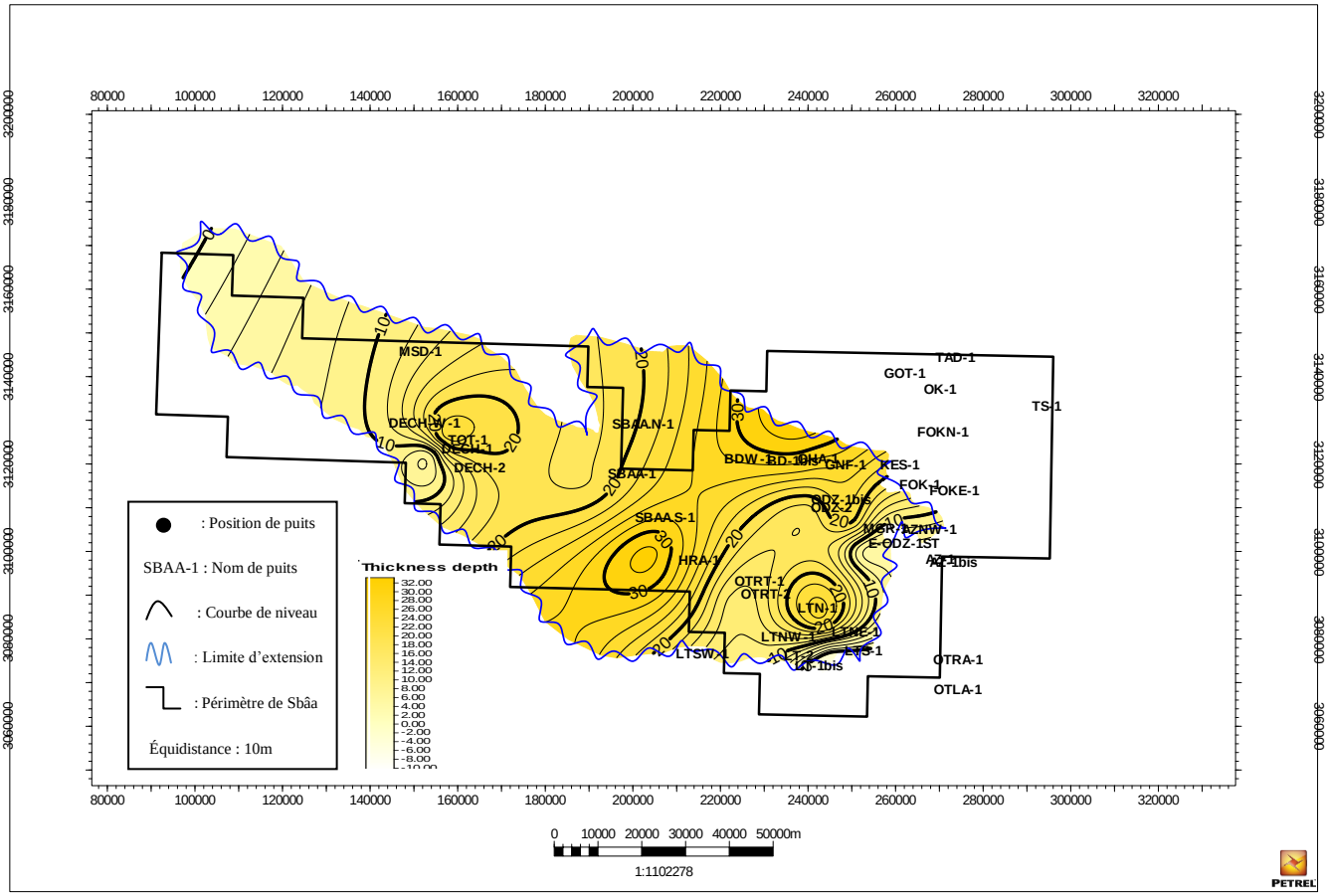


Figure IV.10 : Carte en isopaques des grès propres du réservoir Grès de Sbâa

La zone à grande épaisseur des grès propres (à environ 30 m) se trouve dans la partie centrale du périmètre (puits HRA-1 et BD-1bis), elle est allongée suivant la direction Nord-Est/Sud-Ouest et représente le front deltaïque. L'épaisseur diminue de part et d'autre de cette zone, proportionnellement à la diminution de l'épaisseur totale du réservoir et elle diminue plus rapidement vers le Sud-Est par rapport au Nord-Ouest jusqu'à atteindre sa valeur minimale 10 m au niveau du puits LT-2 au Sud-Est et au niveau du puits DECH-1 au Nord-Ouest qui représente le pro delta.

Une augmentation locale de l'épaisseur des grès propres a été enregistrée au Sud-Est au niveau du puits LTN-1 et au Nord-Ouest au niveau du puits TOT-1, dont l'épaisseur est d'environ 20 m.

IV.3.4 Le volume d'argile (Vsh)

Le réservoir Grès de Sbâa présente une faible teneur en argile dont le volume ne dépasse pas les 35% par rapport au volume des grès.

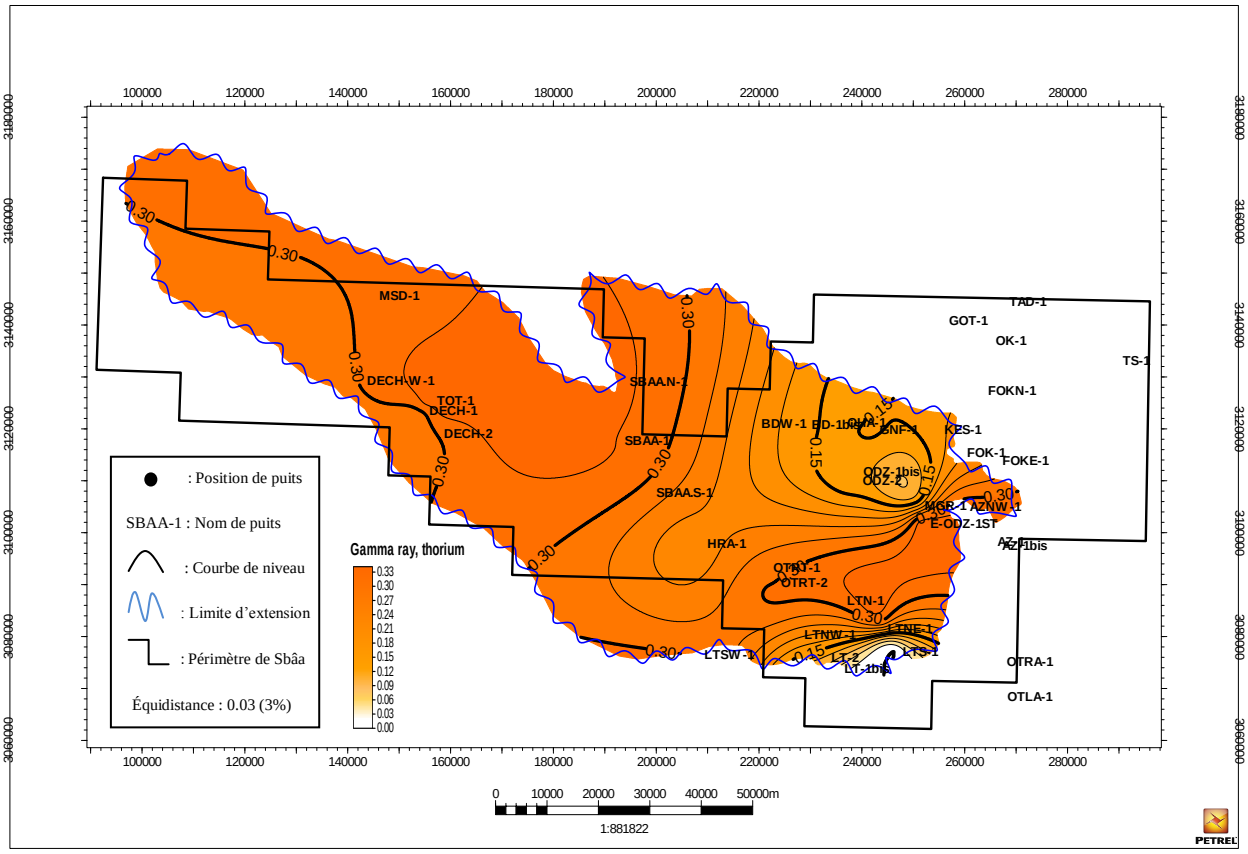


Figure IV.11 : Carte en iso-volume d'argile du réservoir Grès de Sbâa

L'évolution latérale du volume d'argile du réservoir à l'échelle du périmètre est inversement proportionnelle à celle de l'épaisseur des grès propres. Les valeurs relativement faibles (inférieures à 15%) sont concentrées dans la partie Nord-Est du périmètre au niveau des puits BD-1bis, GNF-1 et les ODZ.

L'augmentation d'argilosité se fait progressivement avec le passage vers le milieu marin favorable à la déposition des argiles (vers l'Ouest du périmètre) jusqu'à atteindre la valeur maximale (à environ 33%) au niveau des puits TOT-1, DECH-1, SBAA-1 et SBAA-N-1. Une forte diminution du volume d'argile a été enregistrée dans la partie Sud-Est ; cette partie est la plus proche de la source des apports sédimentaires avec quelques exceptions qui ont été observées vers le Sud-Ouest et au Sud-Est de cette zone, où l'on a enregistré des valeurs maximales au voisinage de LTN-1 et les OTRT, ceci peut être expliquées par : une zone structuralement très basse suite aux jeux de failles, soit par une paléo- barrière entre le puits .

IV.3.5 La porosité totale Log

D'après la carte ci-dessous, le réservoir Grès de Sbâa est caractérisé par la dominance des bonnes à très bonnes porosités totales (supérieures à 15%) ; d'une manière générale, elle présente presque la même évolution que celle d'argilosité.

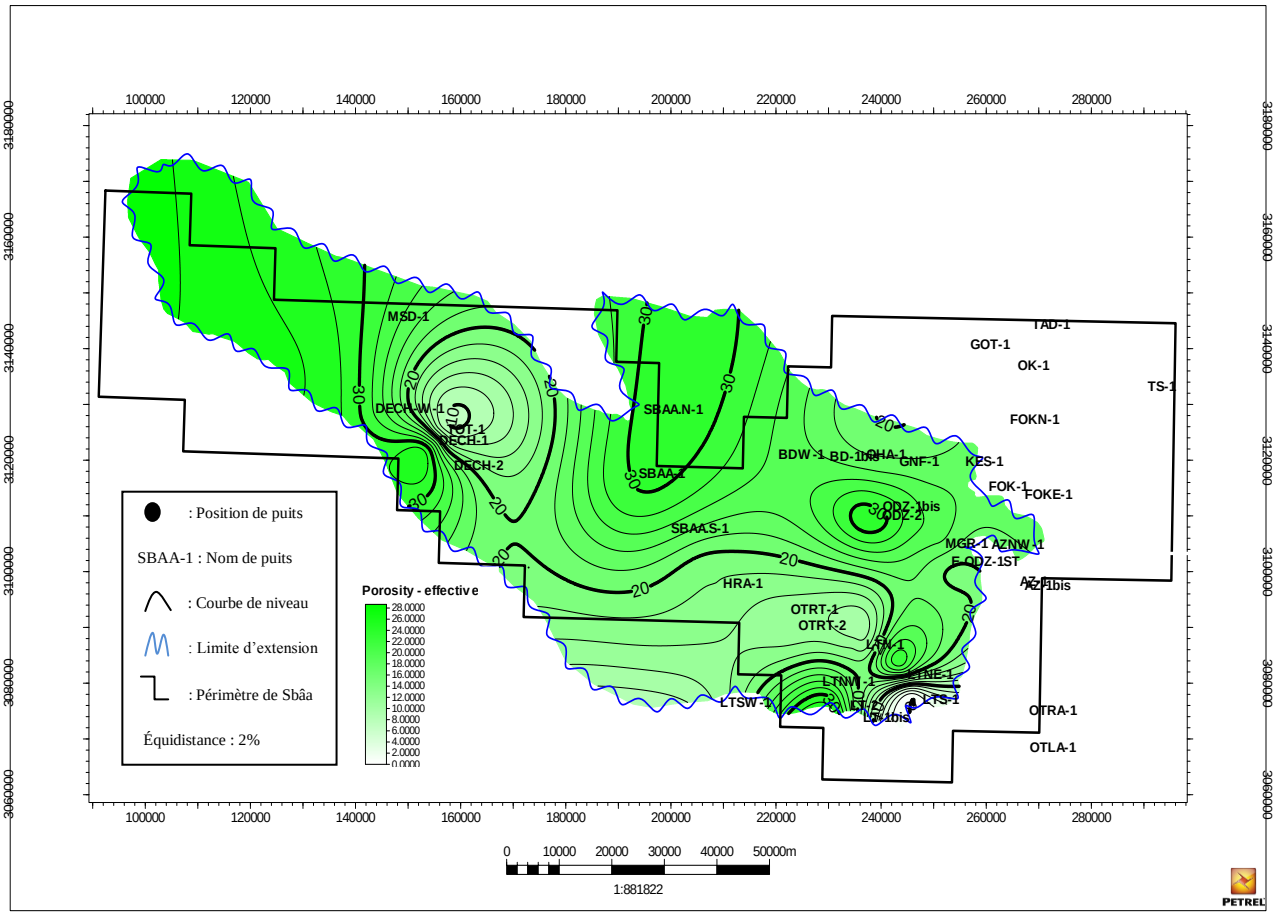


Figure IV.12 : Carte en iso-porosité totale Log du réservoir Grès de Sbâa

La carte montre que les fortes valeurs de la porosité totale présentent une distribution en culminations, celles-ci se localisant de part et d'autre du périmètre. La première culmination est autour du puits ODZ-1bis au Nord-Est et la deuxième se trouve au Nord-Ouest, autour du puits DECH-1.

Les valeurs moyennes à bonnes de porosité totale (10% à 20%) se dispersent sur une zone réduite en allant vers le Sud du périmètre au niveau des puits HRA-1, OTRT-1 et LTN-1. C'est le résultat de la compaction que cette zone a connue sous l'influence de l'approfondissement (plus de 1500 m de profondeur).

Le passage vers les très bonnes porosités se fait principalement vers le Nord jusqu'à atteindre la valeur maximale (à environ 30%) au niveau des puits SBAA-N-1, SBAA-1 et les ODZ au Nord-Est du réservoir. L'amélioration de la porosité se fait proportionnellement à la diminution de la profondeur de la couche réservoir, d'une part, et l'augmentation du volume d'argile, d'une autre part.

La porosité totale poursuit son amélioration lorsqu'on va vers la partie Nord-Ouest du périmètre au niveau des puits DECH-W-1 et MSD, avec une réduction locale de 15% au voisinage de TOT-1.

IV.3.6 La porosité utile

Deux cartes ont été établies pour la porosité utile, la première en utilisant les valeurs de porosités mesurées sur carottes et la deuxième les valeurs calculées.

IV.3.6.1 La porosité utile Log

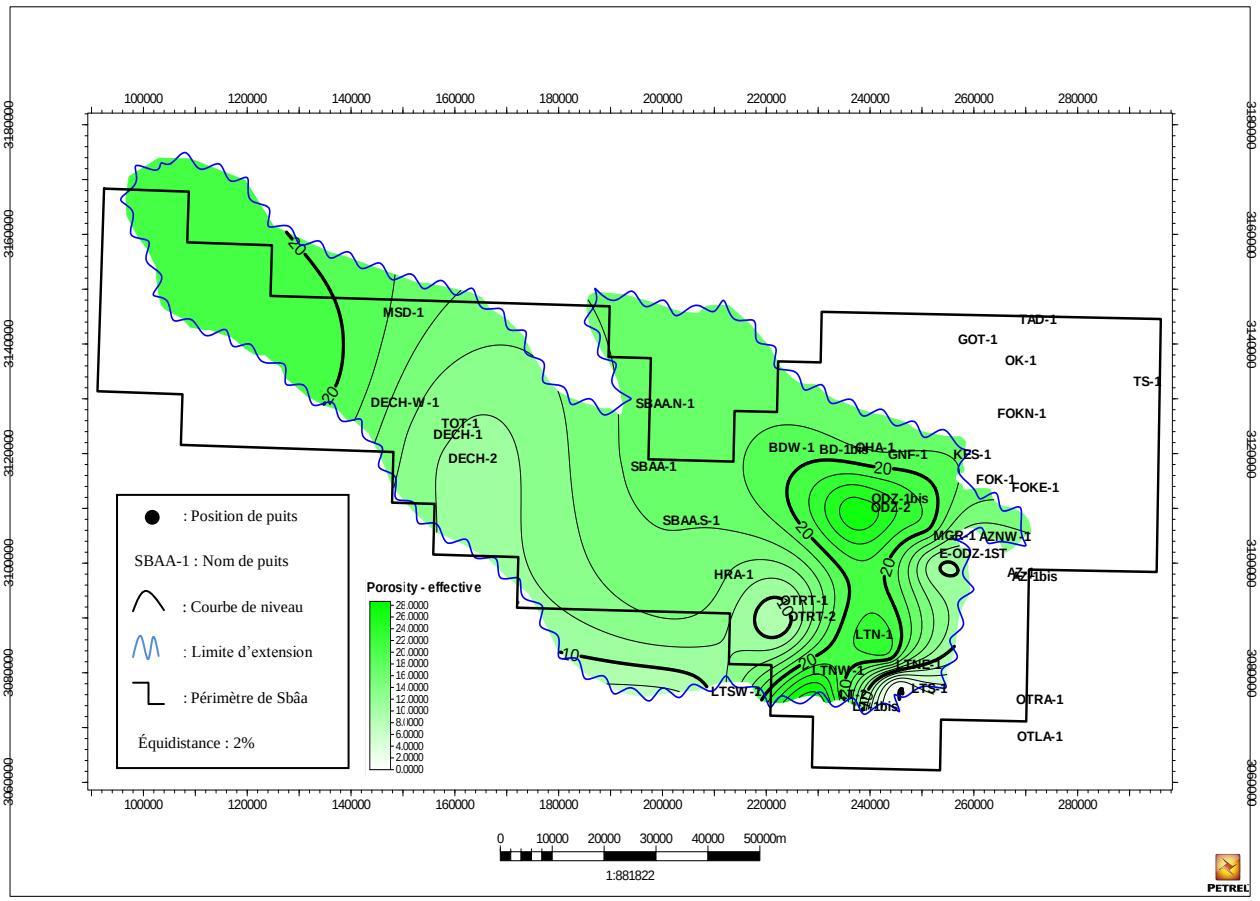


Figure IV.13 : Carte en iso-porosité utile Log du réservoir Grès de Sbâa

IV.3.6.2 La porosité utile carotte

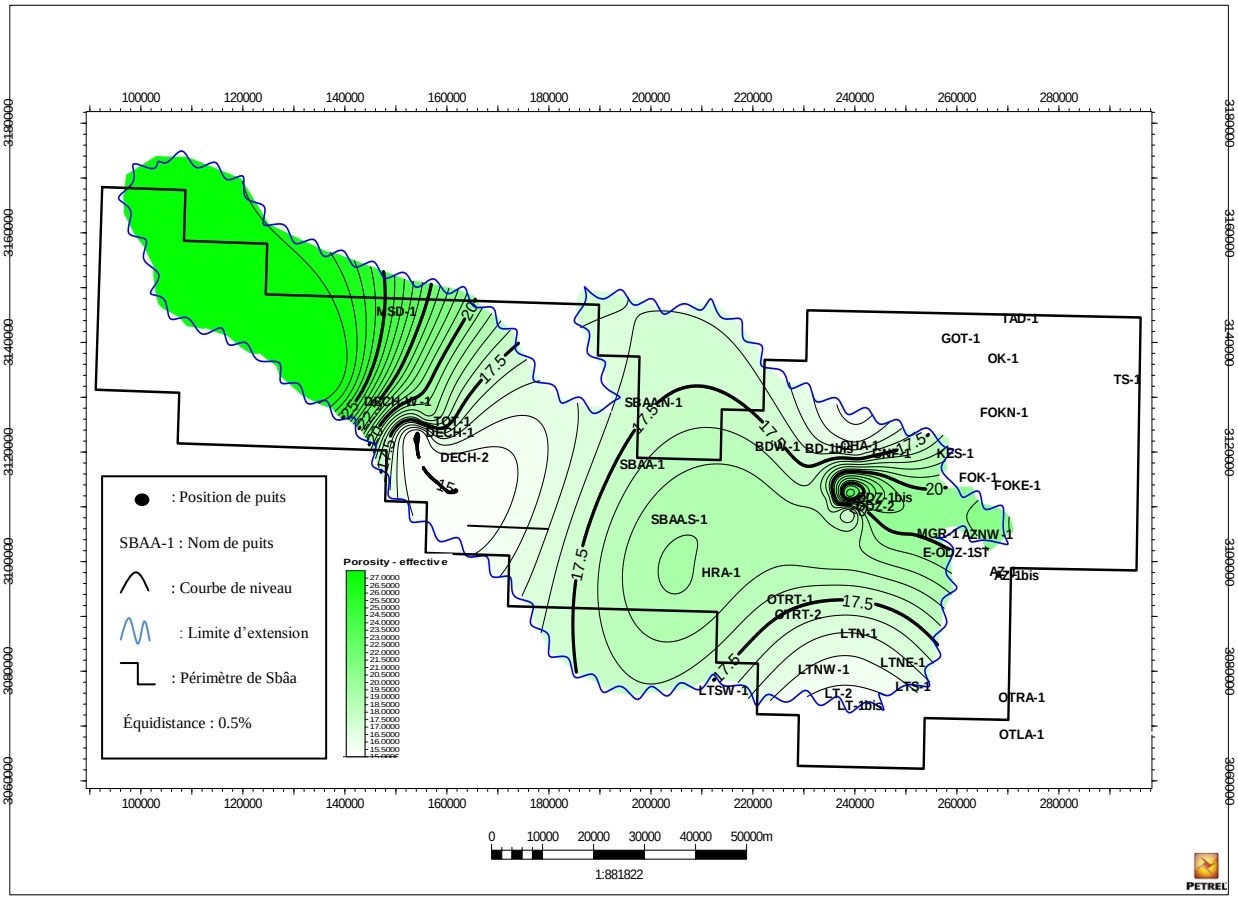


Figure IV.14 : Carte en iso-porosité utile carotte de réservoir Grès de Sbâa

Les 2 cartes présente presque la meme distribution de la porosité utile.

Toute la partie centrale du périmètre est caractérisée par la dominance des valeurs moyennes à bonnes de porosité utile (10 à 17%) au niveau des puits HRA-1, SBAA-1, SBAA-S-1

L'augmentation des valeurs de porosité utile se fait vers vers le Nord-Ouest et vers l'Est ou on a enregistré la plus grande valeur 25 % au niveau des puits ODZ-1.

IV.3.7 L'épaisseur utile

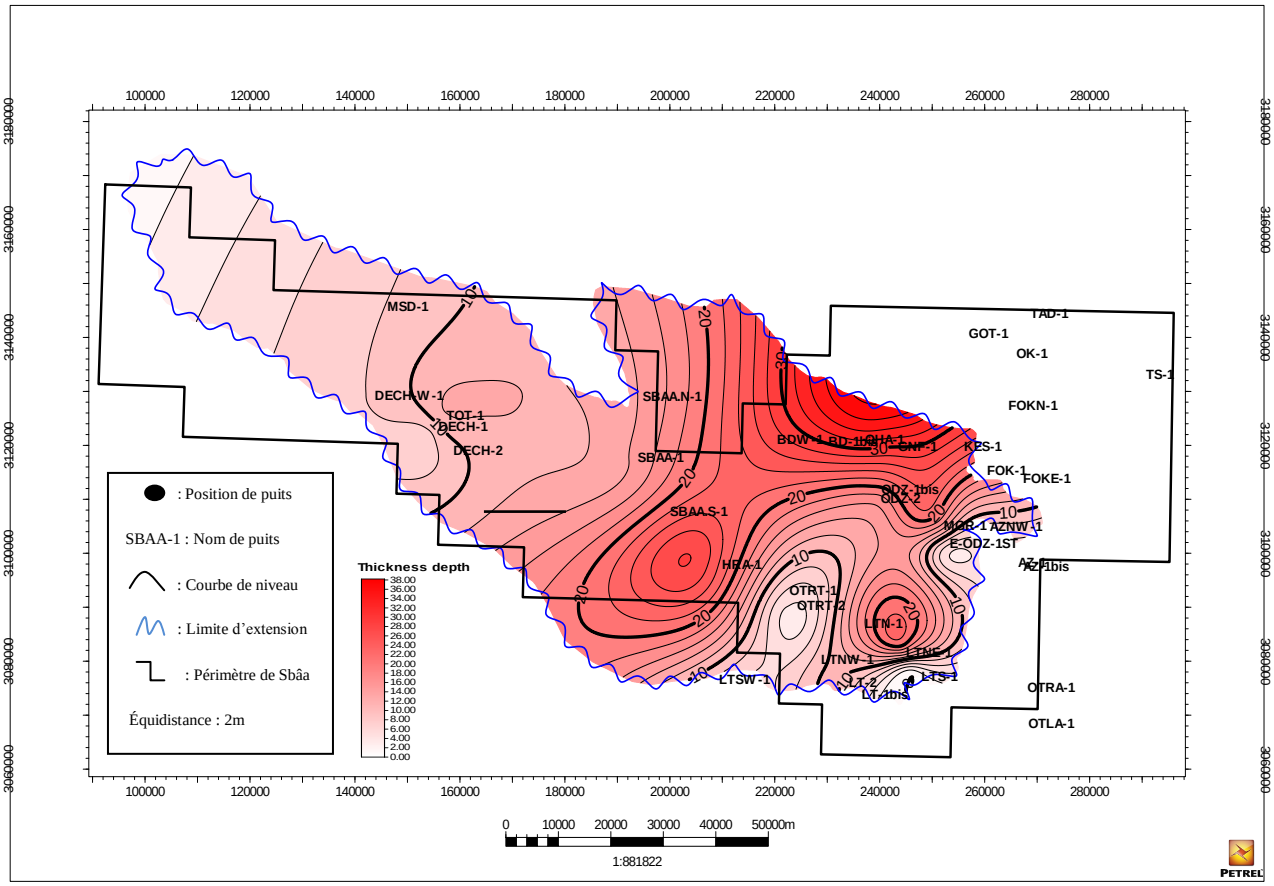


Figure IV.15 : Carte en iso-épaisseur utile du réservoir Grès de Sbâa

D'après la carte, le sens de variation de l'épaisseur utile est confondu avec celui de l'épaisseur des grès propres, de telle sorte que les grandes (a environ 25m)valeurs se localisent dans la partie centrale du périmètre

L'épaisseur utile diminue du part et d'autre de cette zone jusqu'à atteindre les 10m au Nord-Ouest aux puits DECH-1 et TOT-1 et son valeur minimale 4 m au niveau des puits OTRT-2

IV.3.8 Le Net to Gross

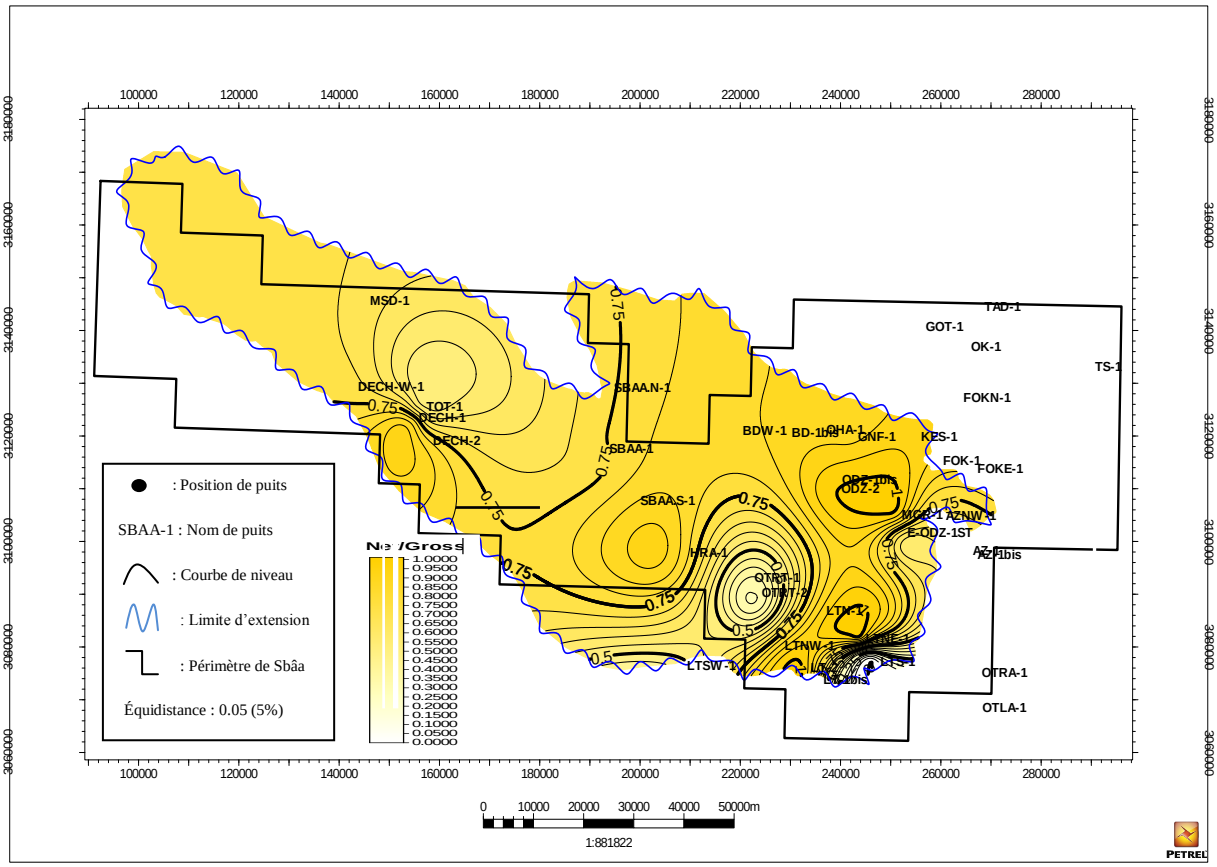


Figure IV.16 : Carte en iso-Net to Gross du réservoir Grés de Sbâa

Les faibles pourcentages(inférieure à 50%) se concentrent dans le Sud du périmètre au niveau des puits OTRT-1 et OTRT-2 ;

L'augmentation du Net to Gross se fait du Sud vers le Nord et le Nord-Ouest du réservoir, jusqu'à atteindre les 75% au niveau des puits BDW-1, OHA-1, TOT-1, DECH-1 et MSD-1, ainsi que du Sud vers l'Est et vers le Nord-Est jusqu'à atteindre sa valeur maximale où la totalité de l'épaisseur du réservoir est utile au niveau des puits LTN-1 et les ODZ

IV.3.9 La perméabilité

Le réservoir Grès de Sbâa est caractérisé par une bonne perméabilité dispersée un peu partout dans le périmètre.

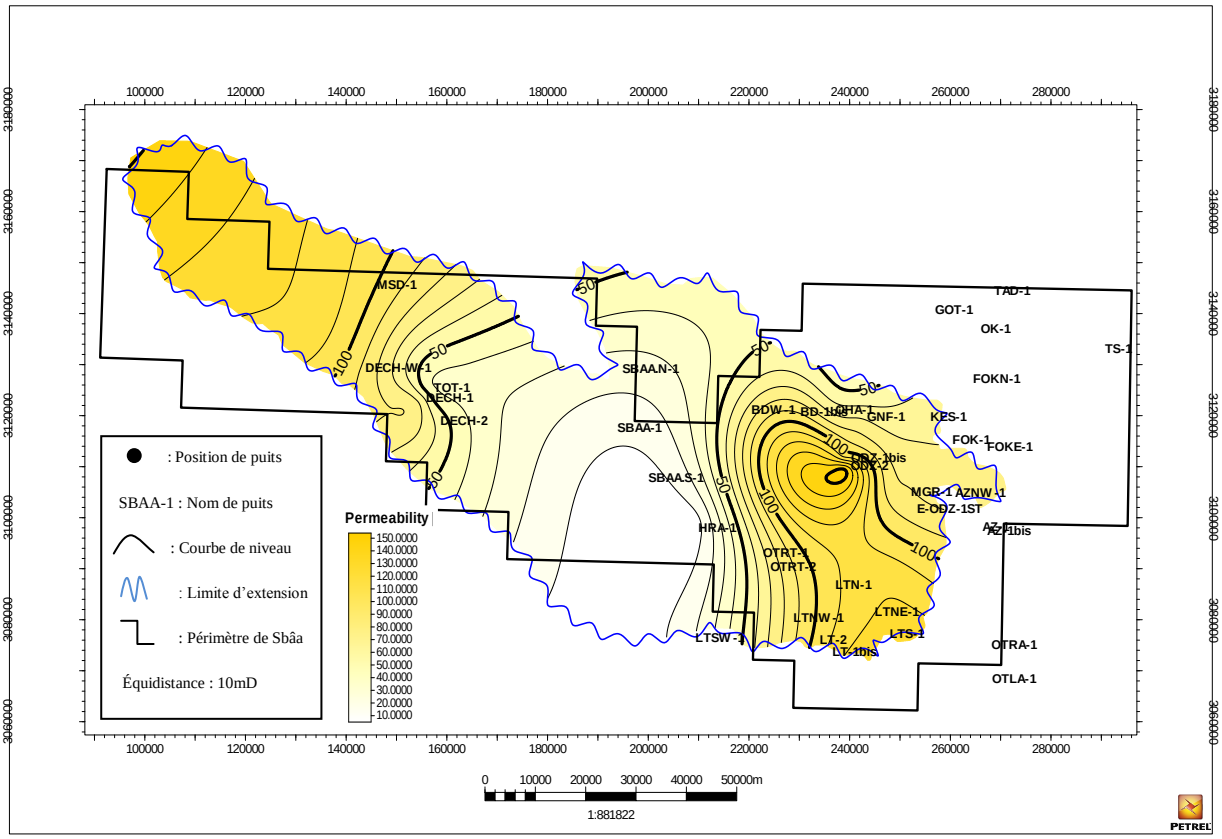


Figure IV.17 : Carte en iso-perméabilité du réservoir Grès de Sbâa

Les faibles valeurs de perméabilité (inférieures à 10 mD) sont enregistrées au centre du périmètre au niveau des puits HRA-1, SBAA-S-1 et SBAA-1

L'augmentation de la perméabilité se fait du centre vers l'Est et vers le Nord-Ouest du périmètre jusqu'à atteindre sa valeur maximale 25 mD au Nord-Est du périmètre au niveau des puits ODZ-1bis

IV.3.10 La saturation en huile

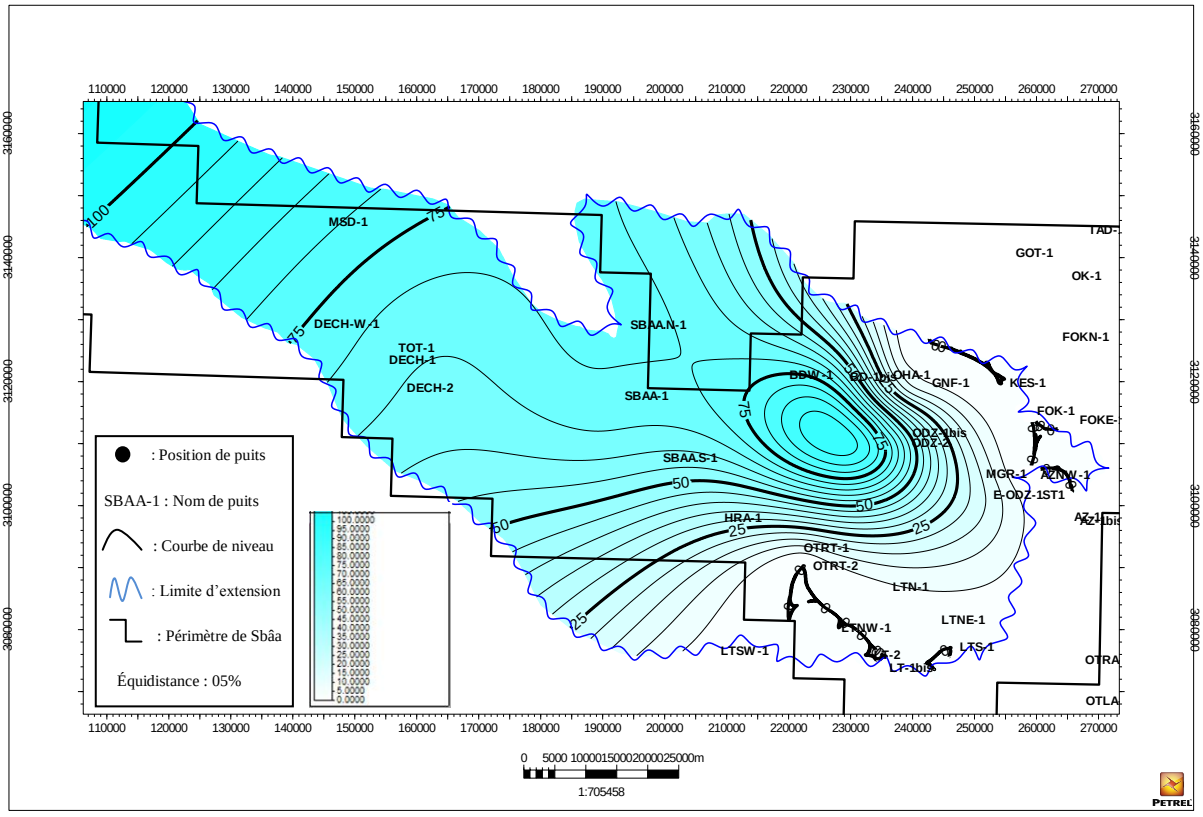


Figure IV.18 : Carte en iso-saturation en huile du réservoir Grès de Sbâa

D'après la carte, le réservoir Grés de Sbâa est caractérisé par des bonnes valeurs de saturation en huile. Généralement les faibles valeurs sont enregistrées au Sud et au Sud-Est au niveau des puits LTN-1, LT-2 et E-ODZ-1ST avec un pourcentage qui varie entre 0 et 15%.

L'augmentation de la saturation en huile se fait du Sud-Est vers le Nord-Ouest du périmètre où on a enregistré ces valeurs maximales (55 à 75%) dans la partie centrale du réservoir au niveau des puits SBAA-1 et SBAA.S-1 et au Nord-Ouest au niveau des puits DECHW-1 et TOT-1 qui sont caractérisés par des bonnes paramètres pétrophysiques. Cette augmentation est directement liée à la proximité de la roche mère qui se localise au Nord-Ouest de la cuvette.

Conclusion

L'analyse des paramètres réservoirs a montré que le réservoir Grès de Sbâa est un réservoir plus ou moins homogène. Son extension sur le périmètre de Sbâa est limitée, suite à l'érosion hercynienne et celle intra-carbonifère. Ce réservoir se trouve à une profondeur variant entre 110 et 1700 m, il est moyennement épais (entre 19 et 52m) avec une épaisseur utile comprise entre 5 et 30m.

Le réservoir Grès de Sbâa est caractérisé par de bons paramètres pétrophysiques dont la porosité moyenne est égale à 17,5% et la perméabilité médiane est de 52mD, avec une saturation en huile varie entre 15 et 72%.

La porosité et la perméabilité sont principalement d'origine primaire (intergranulaire), surtout dans les parties centrale et occidentale du réservoir, comme elles peuvent être secondaires, notamment dans les parties Sud-Est et Nord-Est du périmètre.

CONCLUSION GÉNÉRALE

De l'étude du réservoir ''Grés de Sbâa'' (Tournaisien inférieur) on tire les principales caractéristiques suivantes :

- **De point de vue sédimentologique**

Le réservoir est composée de deux séquences de 4ème ordre SI et SII constituant la séquence majeur de 3ème, chacune de ces deux séquences est composés à leur tour d'un certaines des séquences élémentaires de 5ème ordre.

Les corrélations diagraphiques suivant les trois directions Nord-Ouest/Sud-Est, Nord/Sud, et Est/Ouest, montrent que le réservoir Grés de Sbâa couvre presque tout le périmètre, sauf pour la partie Est qui à subit une forte érosion (phase hercynienne).

La séquence SI est complète et corrélable et est la plus représentative du milieu de dépôt deltaïque, tandis que la deuxième séquence SII est incomplète à quelques endroits de la cuvette sous l'influence de l'érosion.

- **De point de vue pétrographique**

Les grès de Sbâa sont généralement des grès fins à très fins, sub-arrondis à sub-anguleux, bien classés. Le quartz est le minéral le plus dominant avec un pourcentage de 85% suivi par le feldspath qui ne représente que 2 à 3%.

Les minéraux lourds sont le zircon, la tourmaline et le leucoxène. Présence de glauconies et quelques concentrations d'oxyde de fer proche de 10%.

La nature des ciments est principalement argileux (l'Illite, le chlorite, la kaolinite) a arilo-siliceux et partiellement carbonatés (la calcite, la dolomite, la sidérite).

L'évolution latérale de la granulométrie et la géométrie des grains confirment que le sens des apports est suivant la direction de l'écoulement du fleuve vers la mer (Sud-Est/Nord-Ouest).

- **De point de vue caractérisation**

Les ''Grés de Sbâa'' représentent un réservoir, plus ou moins homogène, extensif à l'échelle du périmètre et moyennement profond (110 à 1700 m) ; ayant une structure très complexe contrôlée par la présence de deux familles de failles : failles majeures de directions Nord/Sud et Nord-Ouest/Sud-Est et d'autres mineurs de directions Est/Ouest et Nord-Est/Sud-Ouest.

Généralement l'épaisseur totale varie entre 19 et 52m et l'épaisseur utile est comprise entre 5 et 30m avec une faible teneur en argilosité que ne dépasse pas 35%.

Le réservoir Grès de Sbâa est caractérisé par de bons paramètres pétrophysiques dont la porosité moyenne est égale à 17,5% et la perméabilité médiane est de 52mD, avec une saturation en huile varie entre 15 et 72%.

La porosité et la perméabilité sont principalement d'origine primaire (intergranulaire), surtout dans les parties centrale et occidentale du réservoir, comme elles peuvent être secondaires, notamment dans les parties Sud-Est et Nord-Est du périmètre.

RECOMMENDATION

A la fin de ce travail qui concerne l'étude du réservoir Grès de Sbâa et d'après le découpage séquentiel appliqué suivant le modèle d'Embry au niveau des puits concernés, on observe que la première surface érosive **MRS 1** ne coïncide pas avec la limite inférieure du réservoir Grès de Sbâa (la base), elle est plus basse (Dévonien supérieur) que celle mentionnée dans les fiches techniques dans la majorité des puits découpés.

On propose que cette limite puisse être plus basse que sa position actuelle dans la série stratigraphique au niveau de la cuvette de Sbâa.

Bibliographie

AMIRACHE M., Mai 1996- Etude pétrographique de sondage LT-2 (Hassi Illatou), SONATRACH, Division Hydrocarbures, Direction Laboratoire Central des Hydrocarbures, Département Géologie, Boumerdès.

AKKOUCHE M., 11 mai 2007- Application de la datation par traces de fission à l'analyse de la thermicité de bassins à potentialités pétrolières. Exemple de la cuvette de Sbâa et du bassin de l'Ahnet-Nord (plate-forme saharienne occidentale, Algérie), Ecole doctorale des Sciences du Vivant, Géosciences, Sciences de l'Environnement**,** Université de Bordeaux**.**

BASI S. et MACHANE M., Aout 1987- Etude des réservoirs de la cuvette de Sbâa, SONATRACH/ Division Exploration, Département Etude des Bassins, Boumerdès.

BEICIP FRANALAB, 1996- étude de la cuvette de Sbâa, SONATRACH/Division Exploration, France.

BEICIP FRANALAB, Mai 1996- Etude de la cuvette de Sbâa, étude des lames minces, SONATRACH/ Division Exploration, France.

BEICIP FRANALAB, 2000- Etude de la cuvette de Sbâa, SONATRACH/Division Exploration, France.

DARAOUI A., Juin 2013- Faciès et évolution séquentielle du Continental Intercalaire de la cuvette de Sbâa, Sahara Occidental, Algérie, Laboratoire de Géodynamique des Bassins Sédimentaires, Faculté des Science de la Terre, de Géographie et de l'Aménagement du Territoire, Université d'Oran Es-Sénia, Oran, Algérie.

EMBRY A.F. and JOHANNESSEN E.P., 1992- T-R sequence stratigraphy facies analysis and reservoir distribution in the uppermost Triassic- lower Jurassic succession. Arctic Geology and Petroleum Potential: Norsk Petroleums Forening.

EMBRY A.F., 2002- Transgressive-regressive (T-R) sequence stratigraphy. Conference Proceeding, Houston.

FIELD-WORK, Mars 2005, Anticlinal de Timimoun, bassin de Timimoun, SONATRACH/ Division Exploration, Boumerdès.

HAMEG A., Mai 1991- Etude pétrographique de sondage Bouhadid-1Bis (BD-1bis), SONATRACH/Centre de Recherche et de Développement (CRD), Département de Géologie, Laboratoire de Sédimentologie, Boumerdès.

GHERBI A., Juillet 2017- Compte rendu de la mission carothèque Hassi Messaoud (6 juillet au 15 juillet 2017), cuvette de Sbâa, description et photos des carottes, SONATRACH/ Division Exploration, Boumerdès.

KRICONOV A., 1990- Mise au point stratigraphique sur la cuvette de Sbâa, SONATRACH/ Division Exploration, Boumerdès.

MAACHE N., 1993- Sédimentologie de la série cambro-ordovicienne de la cuvette de Sbâa, stratigraphie séquentielle et paléogéographie, SONATRACH/Centre de Recherche et de Développement, Boumerdès.

MECHERI B. et RAFES M.S., Janvier 1982- Etude pétrographique de sondage Bouhadid-1 (BD-2a), SONATRACH/Division Hydrocarbures, Direction Laboratoire Central des Hydrocarbures, Boumerdès.

LAGGOUN F., 1987- Etude de la diagénèse organique des séries paléozoïques du bassin de Sbâa (Algérie) : Approche géochimique et pétrologique, thèse de doctorat, Université d'Orléans, France.

TOURNIER F., 2010- Mécanismes et contrôle des phénomènes diagénétiques en milieu acide dans les grès de l'Ordovicien glaciaire du bassin de Sbâa, Algérie, thèse de doctorat, Université de Paris Sud, France.

POPESCU G., 1995- Anticlinal de Timimoun, Bassin de Timimoun, SONATRACH/ Division Exploration, Boumerdès.

ROLET J., LE GALL B., DARBOUX J.R., THONON P. et GRAVELLA M., (1986)- L'évolution géodynamique Dévono-Carbonifère de l'extrémité occidentale de la chaîne Hercynienne d'Europe sur le transect Armorique- Cornwall, les affleurements Dévono-carbonifères de l'Ouest de la ville de Timimoun, Société de Bull, Géologie de France, France.

SHREEWASTAVA B.P., 1986- Etudes sédimentologiques Tournaisien-Strunien, cuvette de Sbâa, SONATRACH/ Division Exploration, Boumerdès.

WAZIR I., Avril 2014- Contrôle sédimentaire et diagénitique sur les propriétés pétrophysiques des réservoirs gréseux à gaz des bassins de Sbâa, Algérie, Palmirides-Sud, thèse de doctorat, Ecole doctorale 534 MIPEGE, Université de Paris-Sud, Paris, France.

WEC Algeria, 1995- Sub-crop geological map of Algeria, Schlumberger/ Sonatrach.

Annexe

Tableau 1 : Liste des puits traversant le réservoir Grés de Sbâa

Puits	Réservoir Grès de Sbaa			Carottage du réservoir (m)	Année de forage
	Toit (Côte absolue) (m)	Mur (Côte absolue) (m)	Epaisseur (m)		
SBAA-4	552 (-266,3)	595 (-309,3)	43	39	1990
SBAA-1	496,5 (–213) 570 (-286.5)	540 (-257) 606 (-330)	43,5 36	33 9,5	1980
DECH-1	592,5 (-343,8)	624 (-375,3)	31,5	29,5	1985-1986
SBAA-3	482,5 (-196,8)	526 (-240,3)	43,5	27,5	1980
TOT-1	670,5 (-423)	705 (-457)	34,5	25	1984-1985
HRA-1	1525 (-1220)	1565 (-1260)	40	22,5	1990-1991
ODZ-1bis	721(-392)	752 (-423)	31	22	1985
BDW-1	890,5 (-585,5)	942 (-637)	51,5	21,5	1989
LTN-1	1718,5 (-1379,5)	1740 (-1401)	21,5	21,5(totalité)	1992
DECH-2	707 (-463)	741,5 (-498)	34,5	20,5	1992
OHA-1	1047 (-730)	1094,5 (-777,5)	47,5	18	1993
LT-2	1229 (-903)	1250 (-924)	21	18	1984
GNF-1	993 (-638)	1035 (-680)	42	18	1991-1992
BD-1bis	738 (-429)	790 (-481)	52	15	1987-1988
ODZ-2	968 (-635)	1001(-668)	33	14,5	1987-1988
SBAA.S-1	1033 (-734)	1066,5 (-769,5)	32	14	1992
LTNE-1	1507 (-1130)	1526 (-1149)	19	13	1986
MGR-1	1078 (-708,4)	1106 (-756,4)	28	12	1990-1991
LTNE-2	1552 (-1174)	1571(-1193)	19	10	1988-1989
SBAA.N-1	727 (-442)	779 (-494)	52	9	1980
SBAA-7	546 (-258)	597 (-309)	51	9	1999
SBAA-2a	631,5 (-948,5)	675 (-992)	43,5	9	1980
DECH-W1	581,5 (-320)	607 (-345,5)	25,5	9	1987
ODZ-1	839,5 (-521,5)	877 (-559)	37,5	8	1982-1983
OTRT-2	1677 (-1371)	1696 (-1390)	19	6	2016
BD-2a	843 (-540,5)	892 (-589,5)	49	/	1957
E-ODZ-1ST	1593 (-1206)	1637 (-1250)	44	/	2016
MSD-1	108,5 (128)	142,5 (162)	34	/	1993
OTRT-1	1679 (-1364,3)	1705 (-1390,3)	26	/	1987
LTNW-1	1396 (-1060)	1420 (-1084)	24	/	1982