



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE UNIVERSITE**

MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

DOMAINE DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS DEPARTEMENT

DES SCIENCES GEOLOGIQUES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE Présenté pour

l'obtention du diplôme de Master

Filière: géologie

Option : **Bassins sédimentaires**

THEME

**CARACTERISATION DES RESERVOIRS INFRA-TRIAS
ARGILEUX GRESEUX SUPERIEUR (INFRA-TAGS) DE
LA REGION RHOURDE NOUSS**

Présenté par :

BELKEBIR Aghilas

LOUANCHI Abd Errahmane

Soutenu devant le jury composé de :

Mme IZRI D.	MAA/UMMTO	Présidente
Mr KARDACHE R.	MCA/UMMTO	Promoteur
Mr EL MEHDI H.	Chef de Service/PED	Co-promoteur
Mr AMROUCHE F.	MAA/UMMTO	Examineur

Promotion 2016/2017

REMERCIEMENTS

Au préambule de ce mémoire, on souhaite adresser nos remerciements aux personnes qui nous ont apporté leur aide, et qui, ont ainsi contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Tout d'abord, nous remercions l'ensemble de la division PED/SONATRACH qui nous a bien accueilli et ouvert leurs portes pour effectuer notre stage.

En second lieu, nous remercions vivement **Mr. Habib EL MEHDI** pour son suivi, son énorme soutien et pour les précieuses informations, qu'il n'a cessé de nous prodiguer jusqu'au terme de notre travail.

On tient également à remercier, chaleureusement, **Mr. KARDACHE** pour le temps qu'il consacré pour nous, ses corrections et ses critiques qui ont été convenables pour la qualité de notre travail.

Nous souhaitons, aussi, remercier **Mr. AMROUCHE** pour son énorme soutien moral, ses prodigieux conseils et informations.

Nos remerciements s'adressent aussi aux membres de jury, dont **Mme. IZRI**, et **Mr. AMROUCHE** pour leur volonté d'examiner notre travail.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers toute l'équipe pédagogique, administrateurs et enseignants, qui ont œuvré pour notre formation.

Et, on ne laissera pas cette occasion passer, sans remercier nos deux familles, BELAKBIR et LOUANCHI, nos proches, nos amis et surtout nos camarades pour l'esprit de famille et les bons moments que nous avons partagé.

Dédicace

C'est dans l'effort que l'on trouve la satisfaction et non dans la réussite.

Un plein effort est une pleine victoire.

Arrivé au terme de mes études, j'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A la seule femme de ma vie qui a énormément souffert pour faire de moi ce que je suis et qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi,
ma très chère Mère Saliha.

A mon très cher père Rabah, pour ses encouragements, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

A ma tante Ghania, qui me donne toujours l'espoir de vivre et Qui n'a jamais cessé de prier et penser qu'à moi. Comme je le dédie à mon oncle Mohamed.

A mes sœurs (Souma, Imane fatma et Nina)

A mon neveu Belgacem et ma nièce Meriem

A mes meilleurs amis chacun à son nom

(Aghilas, Ahmed, Mahrez, Mohamed)

Tous ceux qui m'aime et que j'aime et que je respecte.

LOUANCHI Abdou

Dédicaces

Au nom d'ALLAH le clément et le miséricordieux

Je dédie ce modeste travail

A la mémoire de mon père et grand-père.

*A ma très cher mère qui me donne toujours l'espoir de vivre qui na jamais
cessé de prier pour moi.*

Et ma très chère grand-mère.

A mes chères sœurs et mes tantes.

A mon chers cousins hillal, amar,said

Et a toute les enfants de ma famille.

*A mes chers amis chacun a son nom surtout : Djidji , Mahrez, Mohamed,
Abdou, Souhil, Lyes, Lyes M, Bouzid, Omar, Ali,.....*

A tout mes camarades de la section M2 Bassin Sédimentaire.

A tous ceux que J'aime.

BELKEBIR AGHILAS

CHAPITRE I: Etats de connaissance sur la région de Rhourde Nous

Figure I.1 : Situation géographique de la région de Rhourde Nous.....	04
Figure I.2 : Situation géologique de la région de Rhourde Nous	05
Figure I.3 : Carte de localisation du bassin de Berk ine et mole d'Amguid El-Biod.....	06
Figure I.4 : Carte géologique structurale de la région de Rhourde Nous.....	08
Figure I-5 : La faille de Ramade qui sépare la région de Rhourde Nous et la mole de el biod	09
Figure I.6 : Carte de localisation structures et accumulation étudiées.....	10
Figure I.7: Carte montrant les structures de Rhourde Nous	11
Figure I.8: Coupe Géologique E-W montrant les failles inverses en échelons à l'Est de RhourdeNous Centre.....	12
Figure I.9 : La colonne stratigraphique de la région de Rhourde Nous.....	16
Figure I.10 : Log type du trias de la région de Rhourde nous	18
Figure I.11 : Schéma des différents pièges structuraux, stratigraphiques et mixtes.....	20

CHAPITRE II: ETUDE SEDIMONTOLOGIQUE et DIAGENETIQUE

FigureII.1: Séquences lithologiques en série argilo-gréseuse.....	23
FigureII.2 : Dépôts alluviaux.....	24
Figure II.3 : Carte d'un petit cône alluvial à graviers grossiers résultant de crues Torrentielles	25
Figure II.4: En tenant compte de l'organisation des corps sédimentaires on distingue deux types de cônes alluviaux.....	25
Figure II.5: A: Avalanche de débris au pied d'un relief; PiauEngaly, France B: détail montrant la faible maturité des dépôts: grande variété lithologique, mauvais classement.....	26
Figure II.6: Illustration des principaux types de chenaux fluviaux. Vue en plan.....	26
Figure II.7: Distribution des sédiments fluviaux dans une vallée incisée.....	27
Figure II.8: Exemples de systèmes fluviaux A: réseau à chenaux en tresse, Inde. B: réseau à méandres, Brésil; ma = méandre abandonné.....	27
Figure II.9: Sédimentation d'une rivière anastomosée.....	28

Figure II.10: Schéma d'un fleuve anastomosé.....	29
Figure II.11 : Différents faciès observables au sein d'un réseau fluvial à chenaux anastomosés.....	29
Figure II.12: Réseaux fluviaux anastomosés.....	30
Figure II.13: Principe de l'environnement deltaïque.....	31
Figure II.14: Image satellitaire de Mississipi.....	32
Figure II.14 : fluctuations globales du niveau de la mer.....	33
Figure II.15: Séquence de progradation littorale de sédiments silicoclastiques A : Plage exposée aux vagues, ou barre littorale. B : Estran tidale (tidal flat) exposé aux marées.....	33
Figure III.16: Séquence de Bouma.....	34
Figure II.17: Unités morphologiques typiques d'un profil de plage sableuse.....	35
Figure II.18 : Description et interprétation de faciès puits RN-102.....	36
Figure II.19: Description et interprétation de faciès puits RN-103.....	38
Figure II.20: Description et interprétation de faciès puits RN-11.....	40
Figure II.21: Description et interprétation de faciès puits RN-105.....	42
Figure II.22: Description et interprétation de faciès puits RNA-107.....	44
Figure II.23: Echantillon de carotte montrant des grès stratifiés entrecroisés dans le puits RN 102.....	47
Figure II.24: Echantillon de carotte montrant des grès à stratification oblique dans le puits RN-102.....	47
Figure II.25: Echantillon de carotte montrant des traces d'un paléosol dans le TAGI dans le puits RN-103.....	48
Figure II.26 : Echantillon de carotte montrant des traces d'un paléosol (plein d'inondation) dans le TAGI dans le puits RN-103.....	48
Figure II.27: Coupe E-W montre la distribution des chenaux de réservoirs TAGI.TINT1 dans la région de Rhourde nous centre.....	50
Figure II.28: Environnement de dépôts et architectures de réservoirs TAGI et TINT1 dans la région Rhourde nous.....	51
Figure II.29 : Coupe NW-SE montre le biseautage des dépôts siluriens vers SE.....	52

FIGURE II 30 : Modèle des formations A1, A2 de la région Rhourde Nous.	53
Figure II.31 : Modèle Sédimentologique se forme d'une barresableuse.	53
Figure II.32 : Schéma montrant la croissance de la compaction avec l'enfouissement.	56
Figure II.33 : Schéma montrant les différents mécanismes de diagenèse.	58
Figure II.34 :a.b -Observation de lames minces en lumière naturelle les différents types de porosité	59
Figure II.35 : Principale phase diagénétique et évolution de la porosité infra-TAGS	63
Figure II.36 : Principale phase diagénétique et évolution de la porosité trias infra –TAGS	64
figure II.37 : Les principaux phénomènes observés dans les réservoirs infra-Tags.	67
FigureII.38 : Les principaux phénomènes observés dans les réservoirs infra-Tags.	68

CHAPITRE III :étude de réservoir

Figure III 1 : La différence de porosité entre un tassement cubique et un tassement rhomboédrique.	71
Figure III 2 : Relation entre porosité et perméabilité.	71
Figure III 3 : Les différentes perméabilités selon le type de roche.	72
Figure III.4 : Carte de positionnement des puits étudiés.	73
Figure III.5 : Cross plote du silurien A1	75
Figure III.6 : Cross plote du Silurien A2	75
Figure III.7 : Cross plote du TAGI.	76
Figure III.8 : Elaboration d'une base de données et création des puits.	77
Figure III.9 : Modèle de facies du Silurien A2	78.
Figure III.10 : Modèle de porosité du Silurien A2	79
Figure III.11 : Modèle de perméabilité du Silurien A2	80
Figure III.12 : Modèle de saturation en eau du Silurien A2	81
Figure III.13 : Modèle de porosité Silurien B1	82
Figure.III.14 : Modèle de porosité du TAGI	83
Figure III.15 : Modèle de porosité du Trias TNT1	84

SOMMAIRE

Chapitre I : Etats de connaissance sur la région de Rhourde Nouss

1-Carde géologique	04
2-cadre géologique.....	05
3-Cadre Structural et tectonique Régional.....	07
4-Cadre structural local.....	10
5-Cadre Sédimentologiques.....	12
5.1- Le Paléozoïque.....	12
5.1.1 -Cambrien.....	12
5.1.2-Ordovicien.....	12
5.1.3-Silurien.....	13
5.1.4- Le Dévonien	13
5.1.5- Le Carbonifère.....	13
5.1.6- Le Permien.....	13
5.2- Le Mésozoïque.....	14
5.2.1- Trias.....	14
5.2.1.1- Trias Argilo-Gréseux Inférieur (TAGI).....	14
5.2.1.2- Trias Carbonaté.....	14
5.2.1.3- Trias Argilo- Gréseux Supérieur (TAGS).....	14
5.2.2- Jurassique.....	14
5.2.2.1- Lias.....	14
5.2.2.2- Dogger.....	14
5.2.2.3- Malm.....	15
5.2.3.-Crétacé.....	15
5.2.3.1 - Crétacé Inférieur.....	15
5.2.3.2- Crétacé Supérieur.....	16
5.3- Le Cénozoïque.....	16
6- Stratigraphie des formations réservoirs.....	17
7-Généralité sur l'intérêt pétrolier.....	19
7.1- Maturation de la matière organique.....	19
7.2- Migration et piégeage des hydrocarbures.....	19
7.3. Le potentiel pétrolier de la zone d'étude	20
7.3.1-Roche mère.....	20
7.3.2-. Roche réservoir.....	20
7.3.3 Roche couverture.....	20
8- Cadre géodynamique.....	21

8.1-Les phases tectoniques.....	22
8.1.1- Phase Hercynienne.....	22
8.1.2- Phase Autrichienne.....	22
8.1.3- LA Phase Eocène (Atlasique).....	22

Chapitre II : ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE et DIAGENITIQUE

I-Introduction.....	23
I.1 Rappel sur les Notion de faciès	23
1.1- Notion de lithofaciès.....	23
1.2-Notion de séquence.....	23
1.3- l'analyse séquentielle.....	24
II.-Rappel sur les environnements de dépôts.....	24
II.1-Environnements sédimentaires	24
1.1-Dépôts alluviaux.....	24
1.2- Les cônes alluviaux.....	25
II.2-Les différents types de réseaux fluviatiles.....	26
2.1-Les chenaux fluviatiles à méandres.....	26
2.2- Les réseaux fluviatiles anastomosés.....	28
II.3-Les environnements deltaïques.....	30
II.4-Le système littoral.....	32
4.1-La géomorphologie du littoral.....	34
III.1-Descriptions et interprétations de faciès.....	36
1.1-Description et interprétation de faciès puits RN-102.....	36
1.2-Description et interprétation de faciès puits RN-103.....	38
1.3-Description et interprétation de faciès puits RN-11.....	40
1.4-Description et interprétation de faciès puits RN-105.....	42
1.5-Description et interprétation de faciès puits RNA-107.....	44
III.2.-Description des photos de carottes des puits RN-102, RN-103, dépôts TAGI	46
III.2.1-Description de la lithologie.....	46
2.1.1-Trias Intermédiaire I.....	46
2.1.2-Les structures sédimentaires.....	46
III.2.2-Descriptions de carottes.....	46
2.2.1- Les structures sédimentaires liées à l'action des courants.....	46
2.2.2-Structures sédimentaires liée à la pédogenèse.....	48
III.3-Paleogeographie de reservoirs.....	49
III.4- Conclusion	54
IV-Etude microscopique diagénétique basée sur les lames minces de l'infra TAGS ...	55

IV.1-Introduction.....	55
IV.2-Définition de la diagenèse.....	55
IV.3-Les principaux mécanismes de la diagenèse.....	55
3.1.1- La compaction.....	55
3.2- La cimentation.....	56
3.3- La dissolution	56
3.4- La recristallisation.....	57
3.5- La transformation.....	57
3.6- Le remplacement minéralogique (épigenèse).....	57
3.7- Les fluides.....	57
IV.4-Notion de matrice.....	58
4.1- Notion de porosité.....	58
- Porosité intergranulaire.....	58
- Porosité de dissolution.....	59
- Porosité de fracture.....	59
IV.5-Séquence diagénétique et évolution de la porosité.....	60
5.1- Etude microscopique des grès réservoirs du Silurien A1-A2.....	60
5.1.1. Séquence diagénétique.....	60
5.1.2-Phase de cimentation carbonatée précoce liée à des phénomènes synsédimentaires.....	60
5.1.2.1- Première phase de "clay-coating" (Photo 1).....	60
5.1.2.2- Nourrissage des grains de quartz (Photos 1 à 4).....	60
5.1.2.3-Deuxième phase de Mclay-coatingh (Photos 1 à 4).....	61
5.1.2.4- Ciment sidéritique (Photos 1,2 et 4).....	61
5.1.2.5-Kaolinite (Photos 3 et 4).....	61
5.1.2.6.- Pyrite.....	61
5.1.3-Evolution de la porosité.....	6
5.2-Microfaciès des réservoirs infra-TAGS (TINT1, TAGI).....	62
5.2.1- Séquence diagénétique.....	62
5.2.2-La Phase de cimentation carbonatée précoce, liée à des phénomènes synsédimentaire....	65
5.2.2.1-Nourrissage des grains de quartz.....	
5.2.2.2-Cimentation sidéritique.....	65
5.2.2.3-Argiles de néoformation (Photo 6).....	65
5.2.2.4-Dissolution du ciment sidéritique.....	65
5.2.2.5-Ciments accessoires.....	66
5.2.2.6-Sulfates, pyrite.....	66
5.2.3-Evolution de la porosité.....	66
5-3Conclusion.....	69

Chapitre III : Etude de réservoir

I-Introduction :	70
I.1 Rappel.....	71
1.1. Porosité.....	71
1.2. Perméabilité.....	72
II.1-Liste des puits étudiés.....	73
II.2-analyse et interprétation des cross plots de porosité.....	75
III.1- Modélisation des paramètres pétrophysiques par «Pétrel».....	77
1.1Introduction.....	77
1.2. Objectifs de la modélisation.....	77
1.3- Modélisation des données pétrophysique des puits RN-105, RN-107, RN-102,RN-7, RN-11).....	77
III.2-Etude de porosité et perméabilité du réservoir.....	78
2.1-Silurien	78
2.1.1-Silurien A1	78
2.1.2-Silurien A2.....	82
2.1.3-Silurien B1	82
2.1.4-Silurien B2	
2.2-TAGI	83
2.2.1-Trias Int 1.....	84
IV-Conclusion.....	85

Résumé :

L'étude Sédimentologique, basée sur l'interprétation des faciès et une analyse des photos de carottes, a permis de remonter aux environnements de dépôts et distinguer deux milieux défférents : le fluviatile à méandre (TAGI, TINT1) et le Silurien marin.

Les réservoirs infra-TAGS de Rhourde Nouss, subdivisés par la discordance hercynienne en deux réservoirs, ont connu une détérioration de leurs propriétés pétrophysiques par l'effet de plusieurs phases diagénétiques, notamment la cimentation.

Ces résultats obtenus de l'étude diagénétique ont été confirmé grâce à une simulation de réservoir réalisée à l'aide du logiciel pétrel, et cela dans le but de déterminer les puits à réinvestiguer.

Abstract

The Sedimontological study, based on the interpretation of the facies and an analysis of the photos of cores, allowed to go back to the environments of deposits and to distinguish two deferential media: the meandering fluviatile (TAGI, TINT1) and the marine Silurian.

The Rhourde Nouss infra-TAGS reservoirs, subdivided by the Hercynian unconformity into two reservoirs, experienced a deterioration of their petrophysical properties by the effect of several diagenetic phases, notably cementation.

These results obtained from the diagenetic study were confirmed thanks to a reservoir simulation carried out using the petrel software, and this in order to determine the wells to be reinvested.

Introduction :

La région de Rhourde Nouss est considérée comme l'un des champs les plus importants du Sahara Algérien, en raison de ses réserves assez prometteuses en hydrocarbures.

Elle a la particularité d'avoir plusieurs accumulations situées dans des réservoirs à savoir : le Trias, le Silurien et l'Ordovicien. Actuellement le champ est en cours de développement. Parmi les nombreux problèmes rencontrés dans ce champ, il y a la complexité structurale des réservoirs qui induit des productions aléatoires.

La région de Rhourde Nouss, objet de ce présent travail, est subdivisée en quatre structures (central, Sud-Est, Sud -Ouest et Adra). Elle se situe dans le SE algérien entre la limite Ouest du bassin de Berkine et le môle d'Amguid El-Biod. Son histoire géologique est influencée à la fois par le remplissage sédimentaire du bassin (Berkine) et la structuration du môle (tectonique d'Amguid El-Biod). Elle a la particularité d'avoir plusieurs accumulations d'hydrocarbures, formant un gisement pétrolier ayant le Silurien comme roche mère, représenté par les argiles noires à graptolites, le Cambro-ordovicien comme roches réservoirs, représentés exclusivement par des grès et grès quartzitiques, tandis que la roche couverture correspond aux argiles du Silurien.

Ainsi, la Division Petroleum Engineering et Développement de SONATRACH, dans le cadre de la préparation de notre mémoire de fin d'étude, nous a proposé d'étudier la caractérisation des réservoirs infra-TAGS.

Problématique :

La Sonatrach a des impératifs de production qui nécessitent une mise à jour des modèles statiques.

Pour répondre à ce besoin une étude Sédimentologique, environnement de dépôts et pétrophysiques a été demandé pour Contrôler la position géologique des puits producteurs comportant des problèmes et difficultés de production.

Une série de puits à faibles et moyen débits a été sélectionnée pour identifier la ou les puits à reprendre.

Méthodologie du travail :

Pour répondre aux questions posées précédemment dans la problématique, nous avons entrepris la démarche suivante:

Nous avons d'abord effectué une synthèse bibliographique en se référant aux différents travaux de recherches réalisés sur la région de Rhourde Nous, afin de bien comprendre ses contextes géodynamique et structural.

Ensuite, dans le deuxième chapitre : étude Sédimentologique et diagénétique, nous avons fait des interprétations de facies et réalisations d'une analyse macroscopique à partir des photos de carottes des puits RN-102, RN-103 pour cerner la lithologie de notre réservoir et arriver à reconstituer les paléo environnements. Nous avons également effectué une analyse microscopique à partir des échantillons de lames minces pour décrire les éléments constitutants et les phénomènes diagénétiques qu'a subit le réservoir.

Dans le troisième chapitre nous avons interprété les cross plots de la porosité et aussi des cartes en isopaques et les carets de porosité perméabilité réalisé à l'aide de logiciel pétrel.

Historique des travaux dans la région de Rhourde Nouss :

A l'aube des années cinquante, de nombreux travaux de prospection (gravimétrique, magnétométrie, sismique) dirigés par des compagnies multinationales, notamment la compagnie française de prospection sismique (CFPS) et la compagnie de recherche géophysique (CRG) ont été réalisés sur toute la province triasique.

Aussi, la région a suscité l'intérêt de beaucoup de géologues à passer des années pour l'étudier tel que Beicip qui s'est consacré à l'interprétation sismique et structurale au toit du Trias argilo gréseux en et à l'évaluation des réservoirs de la région de Rhourde Nouss. Ainsi Sunmark qui a fait des études de géotechniques pour réduire les risques d'exploitation dans la région.

Après le résultat encourageant des tests effectués, ils ont décidé d'implanter le premier forage RN-1 en Décembre 1961 qui a révélé l'existence du gaz dans le Trias argilo-gréseux supérieur. RN-2 et RN-3 forés une année plutard dans le même niveau se sont également révélés gazifières. C'est finalement RN-4 foré en Aout 1963 qui a mis en évidence l'existence d'anneaux d'huile dans le TAGS.

Le puits RN-101, foré en Juin 1970, est le premier puits à avoir révélé la présence du gaz à condensat dans les Quartzites de Hamra.

A partir des années 1990, le champ produit du gaz à condensat en quantités commerciales Importantes et fait de la zone la deuxième région gazière d'Algérie après Hassi

C *hapitre*

I

*Etats de connaissance sur
la région de Rhourde Nous.*

1-Cadre géographique:

La région de Rhourde Nous se situe dans la Wilaya d'Illizi, à 850 km au SE d'Alger, à 280 Km au SE de Hassi Messaoud et à 350 Km au NW d'Ain Amenas. Avec une surface de plus de 10000 km², elle se trouve entre les latitudes (29°38' et 29°46') Nord et les longitudes (6°41' et 6°41') Est (Figure I.1).

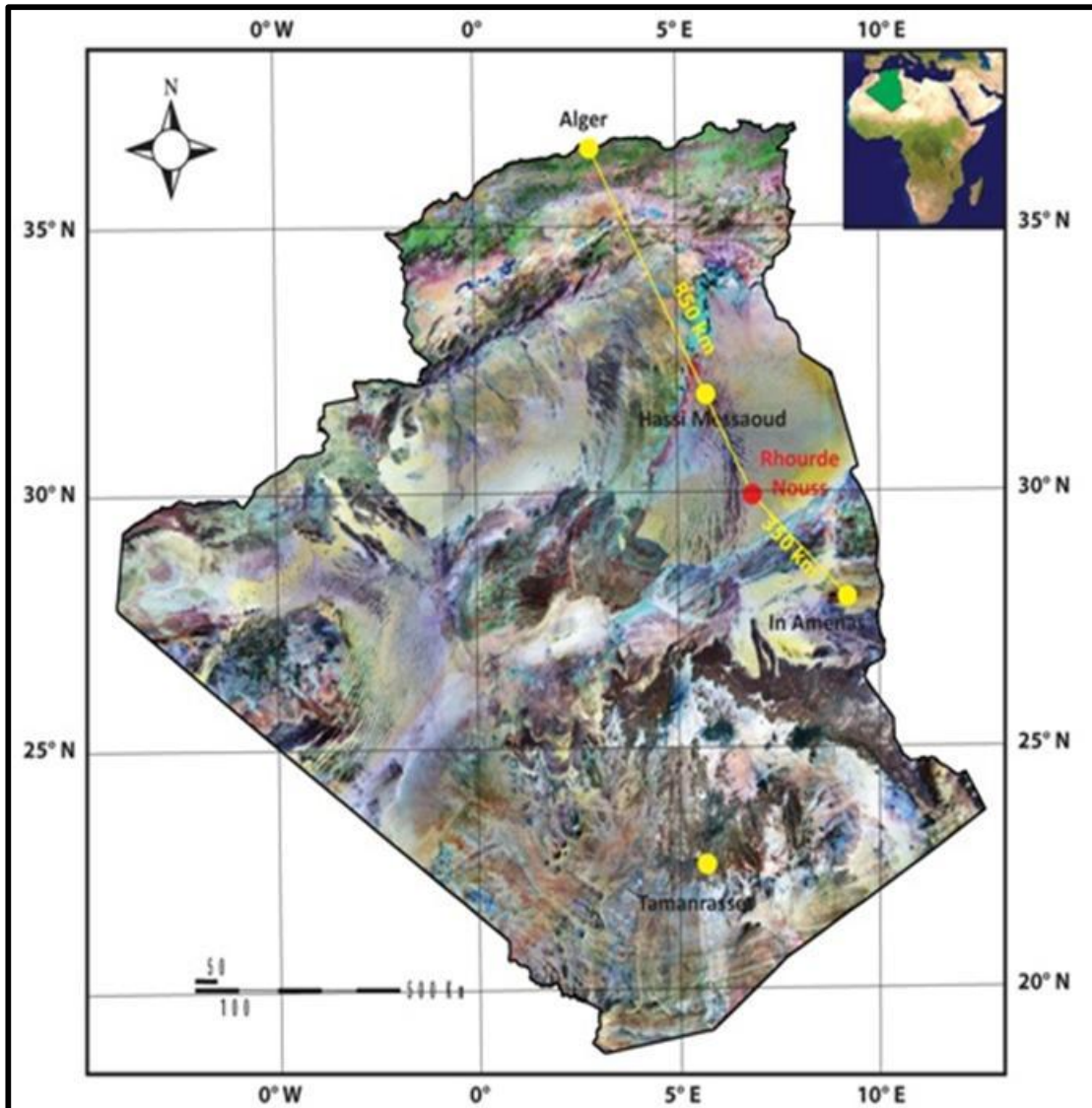


Figure I.1 : Situation géographique de la région de Rhourde Nous (Document Sonatrach/PED).

2-Cadre géologique :

Cette région est située au NE de la plate forme saharienne, elle fait partie du bassin triasique et Limitée par des grandes structures géologiques à savoir (Figure I.2)

- Au Nord le môle de Dahara.
- Au NE le bassin de Ghadamès (Berkine).
- Au NW le sillon de Marfag.
- Au SE le bassin de d'Illizi.
- Au SW le môle d'Amguid El Biod.

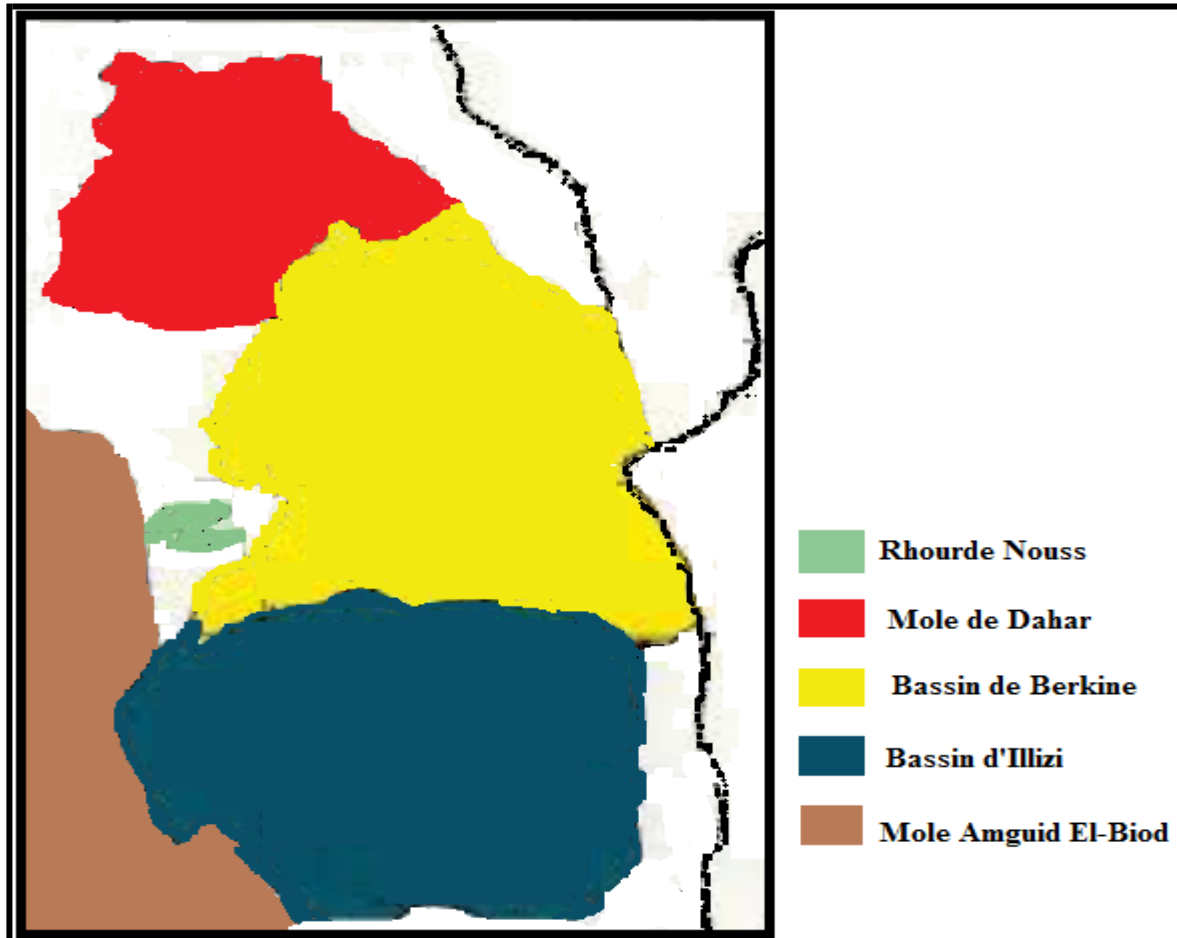


Figure I.2 : schéma des éléments géologique qui limite la région de Rhourde Nous (Document Sonatrach , beicip 1990).

Son histoire géologique est conjointement liée au remplissage sédimentaire du bassin de Berkine et aux différentes phases de structuration du môle d'Amguid El-Biod (Figure I.2). Le bassin de Berkine continu vers l'Est par le bassin libyen (Ghadamès).

Il est limité par le Bassin d'Illizi au Sud, Hassi Messaoud à l'Ouest et le môle de Dahar au Nord.

Il présente une Couverture principalement Paléozoïque et Mésozoïque dont l'épaisseur dépasse parfois 6000mètres. Du point de vue structural, le bassin de Berkine est de type intracratonique, les Différents événements tectoniques ayant affecté ce bassin ont

Engendrés trois éléments structuraux à hydrocarbures (dépression SE triasique, dépression de Dahara et la dépression de Berkine) (Wec, 2007).

Le môle d'Amguid El-Biod il constitue la marge occidentale du bassin de Ghadamès, il est limité, Au nord par la zone haute de Djamaa Touggourt, au SE par la partie orientale du bassin d'Illizi, et a l'Ouest par la dépression de Oued Meya qui constitue un synclinal (BUSSON, 1970).

Du point de vue structural, ce môle est atteint par une multitude d'accidents de direction Principale SSW-NNE et N-S. Ces derniers peuvent être recoupés par des accidents de direction E-W. Ces différents accidents ont permis l'individualisation de plusieurs structures au cours du Paléozoïque.

La structure du môle d'El-Biod correspond à un demi-graben d'orientation N-S composé de terrains d'âge Cambrien Ordovicien reposant sur un socle rhyolitique Précambrien.

Les dépôts du Cambrien sont caractérisés par des variations d'épaisseur associés aux failles subméridiennes qui ont affecté la région et engendré un complexe de horst et graben (Beicip, 1978).

Au cours de l'Ordovicien, plusieurs phases tectoniques ont affecté le môle d'El-Biod :

- Une phase compressive d'âge Arenig où les Quartzites de Hamra reposent en discordance sur Les séries inférieures de l'Ordovicien.
- Une phase compressive d'âge Caradoc-Ashgill à l'origine du soulèvement des boucliers Réguibat et Touareg (Boeuf, 1971).

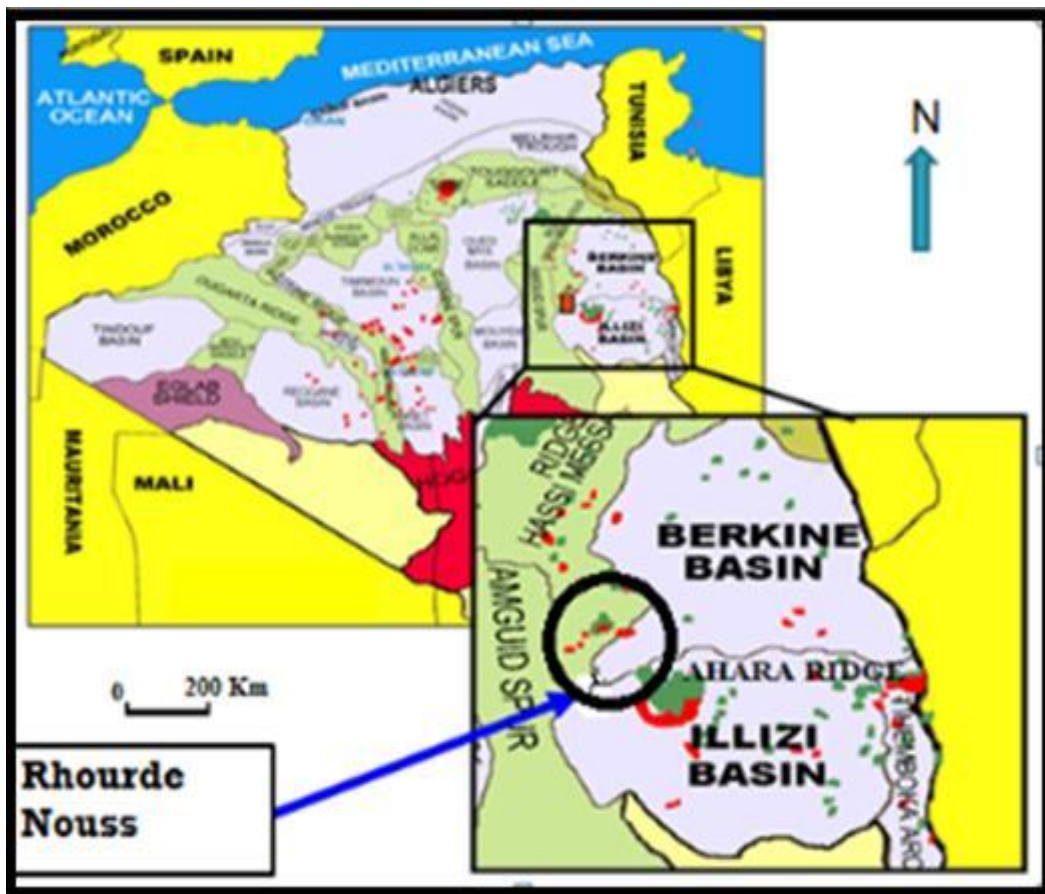


Figure I.3 : Carte de localisation du bassin de Berkine et mole d'Amguid El-Biod (Document Sonatrach/PED).

3-Cadre Structural et tectonique Régional :

La zone de Rhourde Nous est encadrée par deux éléments structuraux majeurs de la plateforme saharienne :

- A l'Ouest : le Mole d'Amguid-El Biod est une vaste unité structurale subméridienne s'étendant d'Amguid au Sud et Rhourde Bagel au Nord,
- A l'Est : le Haut de Maouar, d'âge anti- Mésozoïque, érodé jusqu' à l'ordovicien et d'orientation NNO-SSE.

Le champ de Rhourde Nous se présente comme une zone très structurée par des plis anticlinaux, le long d'un couloir relativement étroit, de direction NE-SW. Ces structures nombreuses, s'organisent le long de plusieurs failles très importantes qui ont joué en normale, inverse et en décrochement. Le rejet, très variable, peut atteindre plusieurs centaines de mètres, d'où la complexité structurale observée au niveau des accumulations.

Les structurations actuelles de Rhourde Nous, seraient donc le résultat des effets des nombreuses contraintes tectoniques qui se sont succédé au cours des différents temps géologiques.

L'importance des mouvements au Crétacé traduit une grande mobilité de la zone. Les accidents ont joué à diverses époques d'où le poly-phasage des structures. Deux orientations structurales prédominent :

- Une direction subméridienne correspondant à la direction de la faille de Ramade à l'Ouest. Les structures qui y sont associées sont des plis de vaste dimension et d'assez forte amplitude.
- Une direction NE-SO où les accidents présentent souvent des caractéristiques de décrochement.

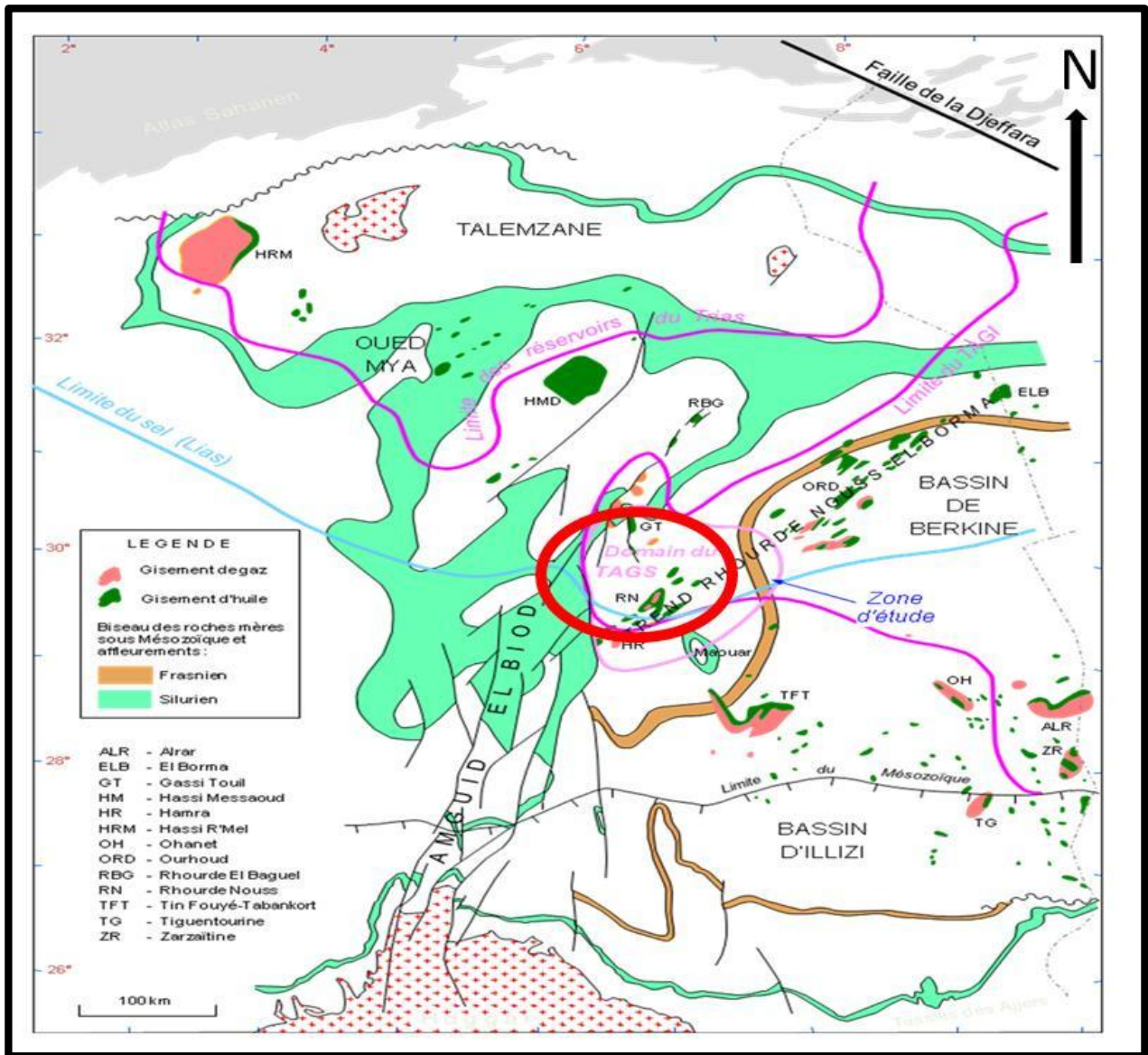


Figure I.4 : Carte géologique structurale de la région de Rhourde Nous (Document sonatrach, beicip 2002).

La direction subméridienne :

Suivant le prolongement Nord du môle Amguid El Biod, la direction subméridienne correspond à la direction de la faille de Ramade (Nord-Sud) dont le rejet atteint 2050 m à Ektaia, et aussi à la direction de la structure de Hamra (Nord-Sud) (Beicip, 1991)

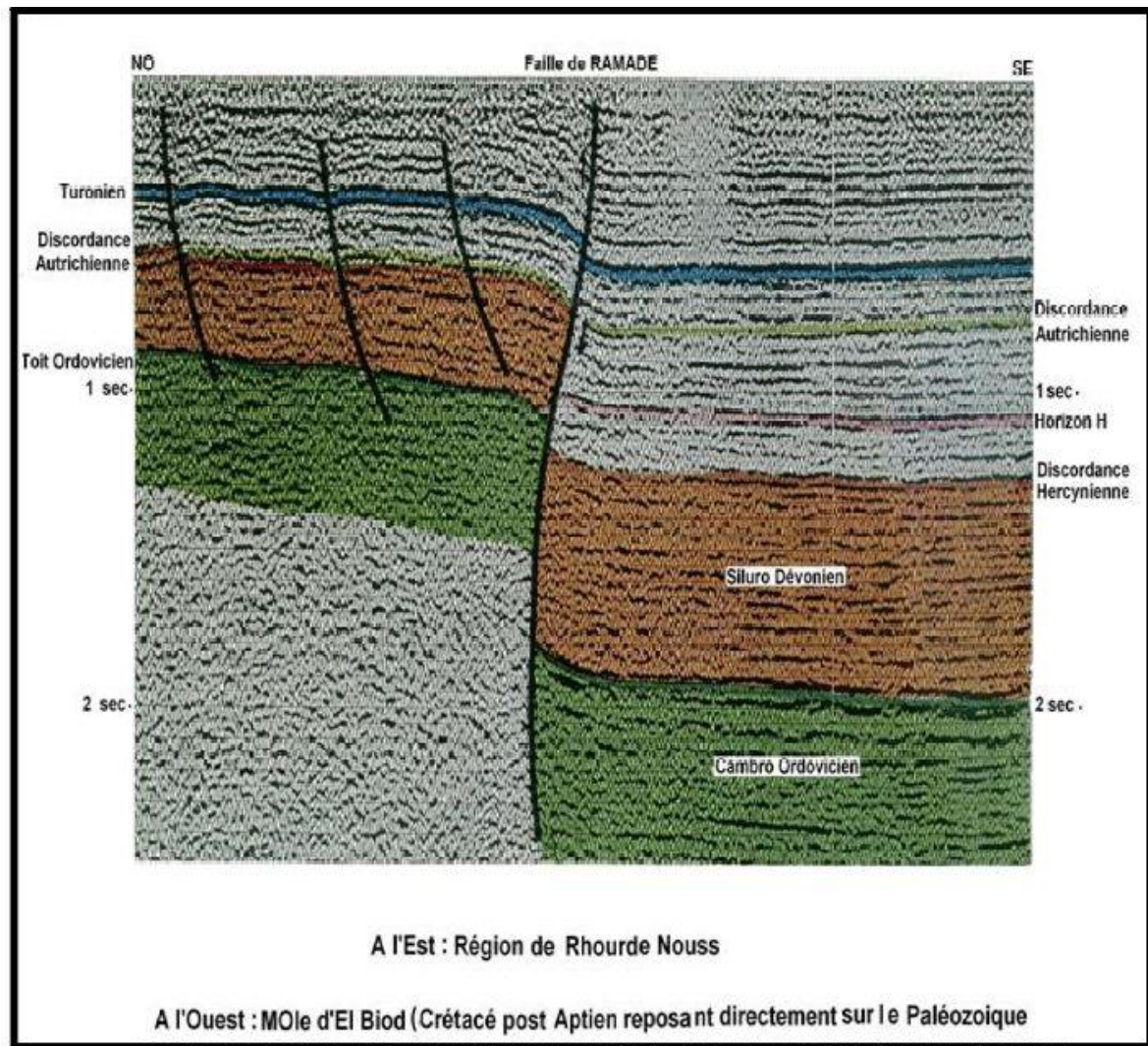


Figure I-5 : la faille de Ramade qui sépare la région de Rhourde Nous et le mole de El'bid. (Beicip Sonatrach 1991).

4-Cadre structural local :

Le champ de Rhourde Nous, important complexe structural, est formé par les structures de Rhourde Nous central, Rhourde Nous Sud-Est, Rhourde Nous Sud-Ouest et Rhourde Nous Nord-Est attaché à Rhourde Nous central.

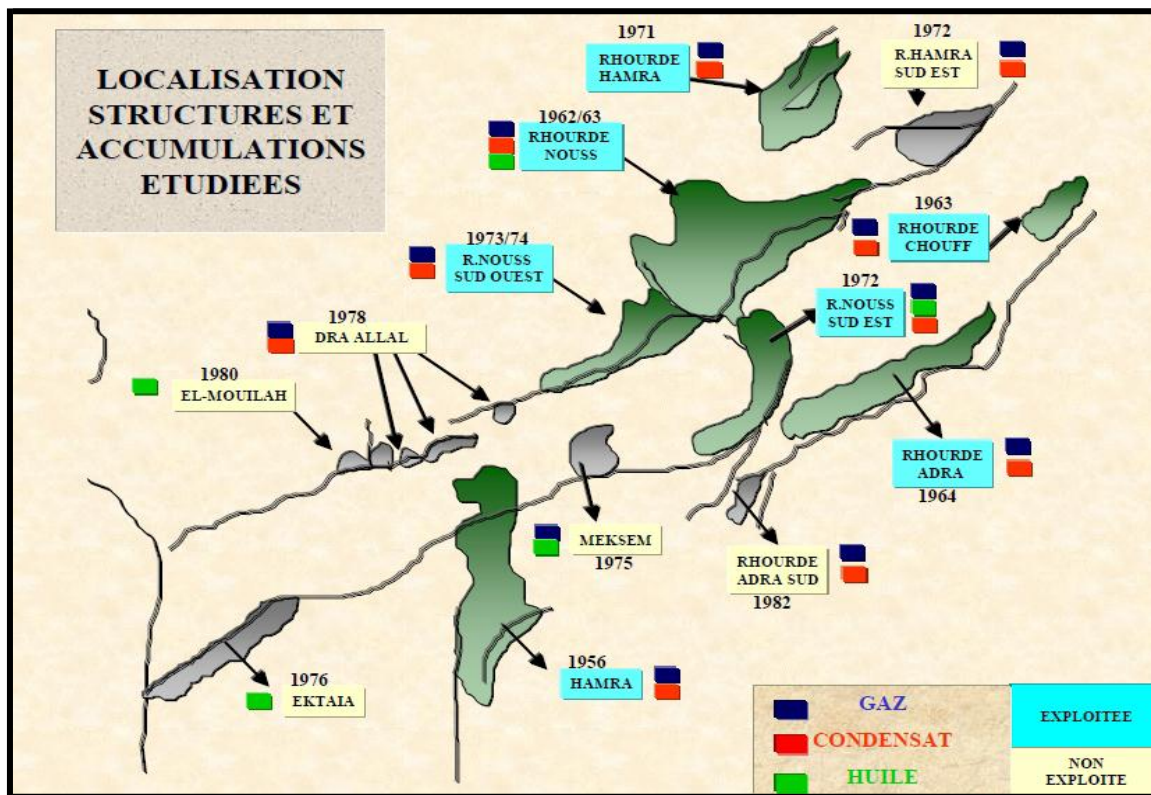


Figure I.6 : Carte de localisation des structures et accumulations étudiées (document Sonatrach /PED)

Rhourde Nous-Sud-ouest : est un bloc soulevé d'orientation SSO-NNE comptant plusieurs culminations dont la plus importante est située au Nord

Rhourde Nous Sud-Est : est une structure constituée de deux culminations distinctes. Celle située au Nord est un vaste anticlinal symétrique d'orientation subméridienne et celle du Sud est un pli étroit orienté NE-SO

Rhourde Nous central et culmination Nord-Est : la structure centrale de Rhourde Nous est un anticlinal complexe) de direction subméridienne, affecté par une importante faille inverse, de direction NE-SO, partage ainsi la structure en deux compartiments :

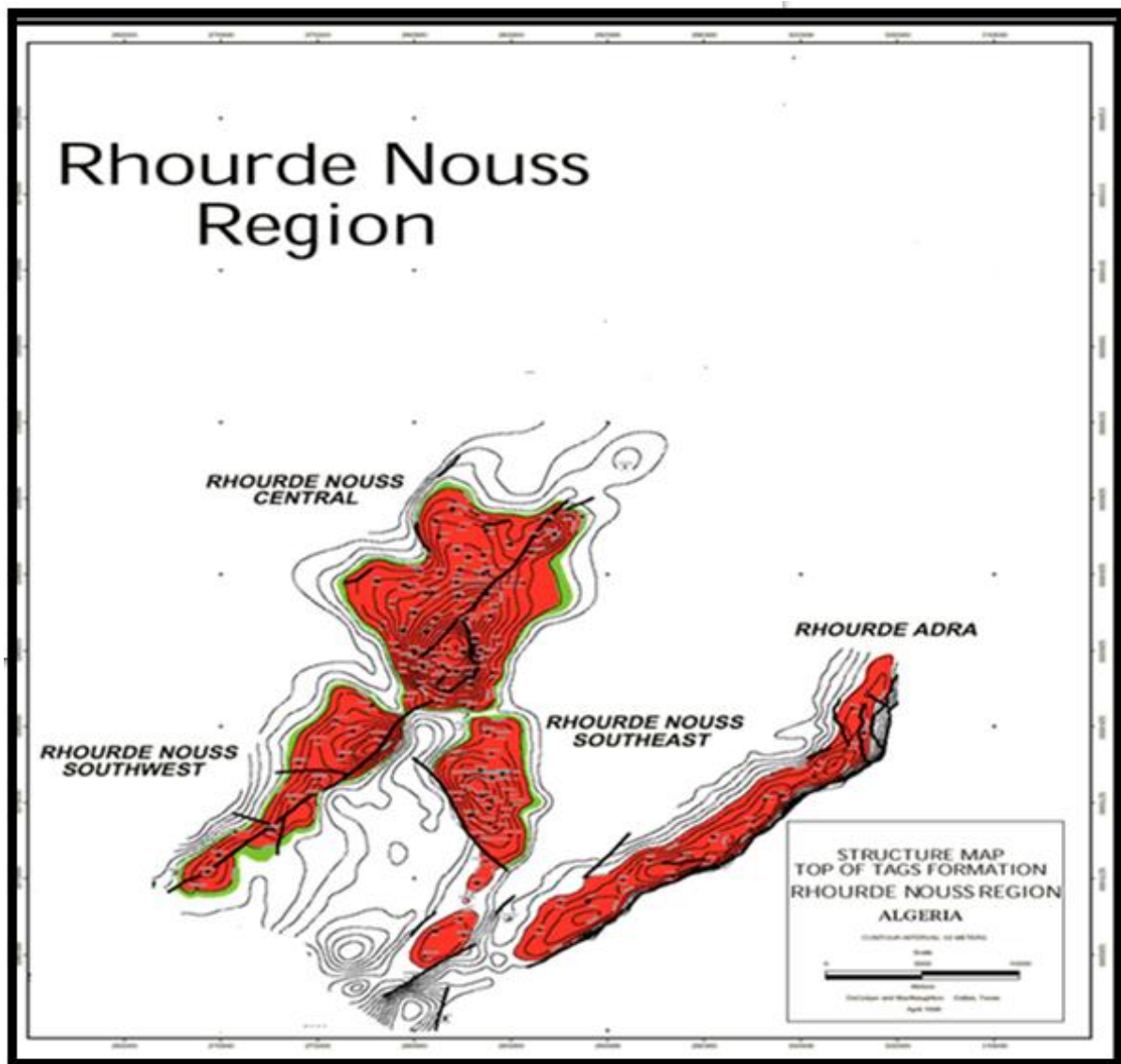


Figure I.7: Carte montrant les structures de Rhourde Nous (GALYER et MAC NAUGHTON, 1997).

- Le compartiment Ouest : c'est la partie centrale, très faillée, qui correspond à la zone la plus haute. Le pendage y est d'environ 11° toit du TAGS.

- Le compartiment Est : c'est le compartiment affaissé par rapport à l'Ouest et auquel est attachée la culmination Nord-Est.

L'angle de pendage du compartiment Est, est plus ou moins constant, 12° .

La coupe géologique ci-dessous montre le soulèvement différentiel de Rhourde Nous Centre (failles principales à l'Est du Rhourde Nous Centre). La première faille inverse à l'Est s'est manifesté lors de la phase Hercynienne et a engendré la remontée d'un bloc qui s'est fracturé à son tour en Plusieurs autres failles inverses superposées (failles en échelons).

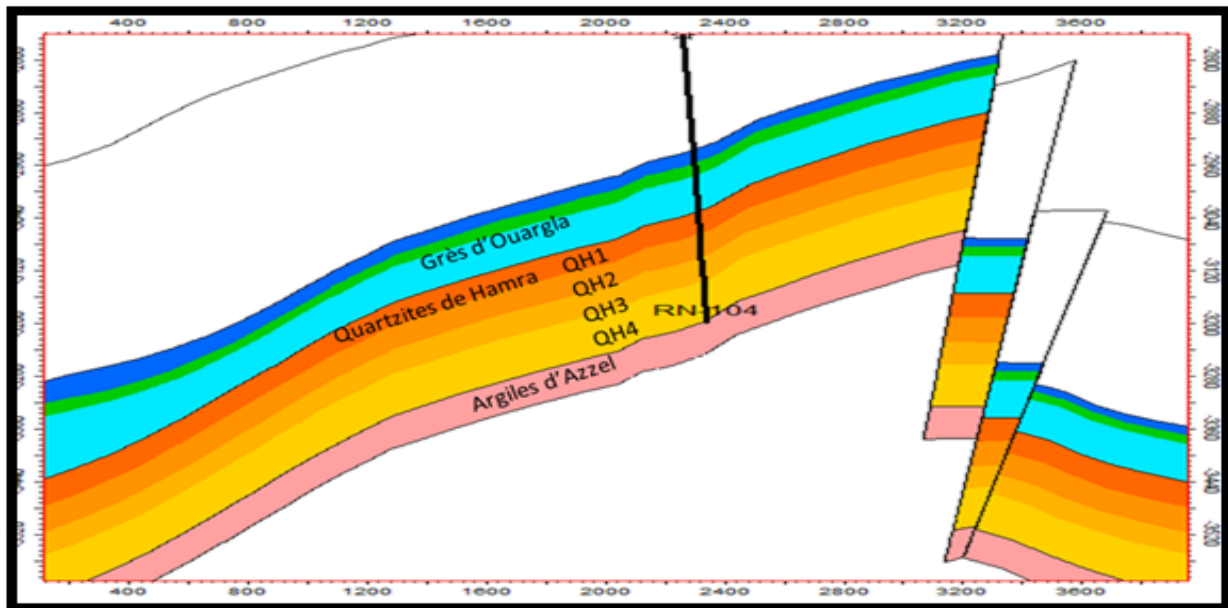


Figure I.8: Coupe Géologique E-W montrant les failles inverses en échelons à l'Est de Rhourde Nous Centre. (Beicip 2002)

5- Cadre Sédimentologique :

C'est des dépôts principalement Paléozoïque et Mésozoïque allant du Cambrien au Crétacé, interrompus par diverses discordances.

5.1- LE PALEOZOÏQUE

Le Paléozoïque est discordant sur le socle granitique métamorphique, qui atteint les 4000m parfois.

5.1.1.- Cambrien

Son épaisseur moyenne est de 104 m, il est représenté par les grès de Hassi Leila (65m), La partie sommitale est composée essentiellement par des grès quartzitiques très fins à grossiers intercalés par des passées d'argiles noires micacées et sableuses, le reste c'est des quartzites fines.

5.1.2.- Ordovicien

C'est un terme très complexe constitué par des alternances de grès quartzitiques et d'argile, son épaisseur varie de 750 à 1250 m ; il se compose de plusieurs unités se succédant de bas en haut :

- **Les Grès de Miribel :** d'âge Trémadoc inférieur, son épaisseur est de 180 m. Cette unité est Constituée par des grès quartzitiques fins à très fins avec des grès argilo-silteux avec des passées d'argiles grises noires.
- **Les Argiles d'El-Gassi :** d'âge Trémadoc moyen, avec une épaisseur de 268 m, matérialisées par une alternance d'argiles silteuses grises foncées plus ou moins pâteuses et des grès Quartzitiques.
- **Les Grès d'El- Attchane :** c'est une alternance de grès fins bien classés silteux et de quartzites entrecoupés par des passées argileuses.
- **Les Quartzites de Hamra :** d'âge Arenig moyen, avec une épaisseur moyenne de 80 à 232m. Ils sont formés par des quartzites fins à moyens, gris-bruns, avec des intercalations d'argiles noires.

- **Les Grès d'Ouargla** : d'âge Arenig supérieur, son épaisseur varie de 91 à 100 m. Ce terme est représenté essentiellement par des grès fins à moyens, gris-bruns, quartzitiques avec des intercalations d'argiles noires.
- **Les Argiles d'Azzel** : d'âge Lanvrin, son épaisseur est estimée entre 64 et 117 m, constituées d'argiles gris-noires, silteuses plus ou moins indurées.
- **Les Grès d'Oued Saret** : d'âge Landeilo, avec une épaisseur moyenne variant de 103 à 137 m, composés de grès fins parfois quartzitiques.
- **Les Argiles micro conglomératiques** : d'âge Caradoc, avec une épaisseur qui varie de 66 à 119 m ; cette unité est constituée exclusivement d'argiles micro conglomératiques à grains de quartz.
- **La Dalle de M'kratta** : d'âge Asghil, présentant une épaisseur de 6 à 10 m ; elle est matérialisée par des grès quartzitiques qui varient du très fins à moyens jusqu'au grossiers.

5.1.3- Silurien

- Silurien Argileux

D'âge Landovery-Taranon-Wenlok, d'une épaisseur de 232 à 341 m, constitué par une série d'argile noire micacée très riche en faune (Brachiopodes, Gastéropodes et Graptolites) ; ce sont des argiles à Graptolites.

- Silurien Argilo- Gréseux

D'âge Llandovery, comportant 6 unités et sont de la base au sommet:

- L'unité M1

Cette unité est constituée par des argiles silteuses, indurées à quelques passées carbonatées à la base, présente une épaisseur variant de 32 et 37 m.

- L'unité M2

D'une épaisseur, variant entre 61 et 153 m, matérialisée par des argiles silteuses, indurées, avec quelques passées de grès de Mederba.

- L'unité A1

Elle est constituée par des grès fins à moyens, bien consolidés à ciment silteux intercalés par de fines passées d'argiles grises-noires ; son épaisseur varie de 13 à 18 m.

- L'unité A2

Avec une épaisseur qui varie de 98 à 126 m, elle comporte des niveaux de grès fins, silteux à passées argileuses à la base.

- L'unité B1

Elle présente une épaisseur qui varie entre 0 et 149 m, cette unité est tronquée par l'érosion Hercynienne surtout sur le flanc Sud-est de la structure de Rhourde Nous, constituée par une succession de grès quartzitiques compacts et d'argiles grises-noires, indurées micacées.

- L'unité B2

Son épaisseur varie de 0 à 111 m, elle est affectée par l'érosion Hercynienne (partie Sud-est et partie Sud-ouest) et présente une alternance de grès quartzitiques et des argiles micacées.

5.1.4- Le Dévonien

Il est totalement érodé.

5.1.5- Le Carbonifère

Lui aussi complètement érodé.

5.1.6- Le Permien Le permien est érodé.

5.2- LE MESOZOÏQUE

Il est représenté par le Trias, le Jurassique et le Crétacé.

5.2.1- Trias

Il repose en discordance sur le Silurien argilo-gréseux (discordance hercynienne) ; on distingue 5 unités représentées de bas en haut:

5.2.1.1- Trias Argilo-Gréseux Inférieur (TAGI)

D'âge Carnien, d'une épaisseur qui varie de 15 à 57 m, il est formé de bancs de grés fins à ciment siliceux-argileux, intercalés par des passées d'argiles silteuses. On note la présence de microconglomérats à la base.

5.2.1.2- Trias Carbonaté

Il est subdivisé en trois termes :

- **le Trias intermédiaire I** : Son épaisseur varie de 29 à 70 m, constitué par des grés fins à tendance argileuse à la base et quartzitique au sommet.

- **le Trias Argilo-Moyen** : Son épaisseur varie de 33 à 53 m, il est constitué d'argiles brunes rouges, Silteuses et dolomitiques, parfois indurées.

- **le Trias intermédiaire II** : Il présente une épaisseur qui varie de 53 à 77 m, constitué d'une alternance de grés fins et d'argiles rouges à vertes silteuses.

5.2.1.3- Trias Argilo- Gréseux Supérieur (TAGS)

Son épaisseur varie de 100 à 198 m, il est matérialisé à la base par des grés fins gris-blancs, parfois micro-conglomératiques, surmontés par des argiles brunes rouges, silteuses légèrement Carbonatées (dolomitiques). Ce terme constitue un réservoir principal de la région de Rhourde Nous.

5.2.3- Jurassique**5.2.3.1- Lias**

Subdivisé en 5 termes, qui se succèdent de bas en haut par :

- Le Lias Argileux S1 :

Son épaisseur varie de 39 à 62 m, représenté par des argiles versicolores avec des silts.

- Le Lias Salifère :

Son épaisseur varie de 202 à 443 m, se présente sous forme de sels massifs blancs et rosâtres intercalés par des bancs d'argiles brunes et des bancs d'anhydrite marqueurs à la base.

- L'horizon B :

Son épaisseur varie de 14 à 42 m, matérialisé par des dolomies graveleuses, vacuolaires ou Silteuses légèrement anhydritiques.

- L'horizon H :

Son épaisseur varie de 3 à 41 m, il est composé d'anhydritique blanche compacte présentant un aspect crayeux avec quelques passées de gypse rose maclé ; cet horizon est considéré comme un Bon marqueur sismique à l'échelle régionale.

- Le Lias Argilo-Dolomitique :

C'est un ensemble d'argiles silteuses, dolomitiques à passées anhydritiques, son épaisseur varie de 140 à 220 m.

5.2.3.2- Dogger :

Subdivisé de bas en haut par :

- Le Dogger Lagunaire

Son épaisseur varie de 0 à 322 m, il s'agit d'une alternance d'argiles silteuses et des grés fins à moyens.

- Le Dogger Argileux

Son épaisseur varie de 55 à 228 m ; il est constitué d'argiles versicolores intercalées de bancs de Grés fins.

5.2.3.3- Malm

Dont l'épaisseur varie de 0 à 232 m, cette unité est composée d'argiles silteuses, tendres, parfois dolomitiques.

5.2.3.4- Crétacé

5.2.3.5- Crétacé Inférieur

Subdivisé de bas en haut :

- Néocomien

Son épaisseur varie de 46 à 345 m, il s'agit d'argiles silteuses dolomitiques avec une alternance de sables fins à grossiers et de grés fins à très fins.

- Barrémien

Il présente une épaisseur moyenne de 529 m, cette unité est formée d'une alternance de sables fins à grossiers, des grés fins à très fins et d'argiles rouges briques sableuses légèrement dolomitiques, son sommet témoigne de la discordance autrichienne, alternance de grès et d'argiles silteuses-sableuses.

- Aptien

Son épaisseur varie de 0 à 22 m, il est représenté par des marnes calcaire-dolomitiques.

- Albien

Son épaisseur varie de 30 à 216 m ; cette unité est représentée par des sables fins à grossiers avec des grés argilo-dolomitiques.

5.2.3.6- Crétacé Supérieur :

-Cénomaniens :

L'épaisseur varie de 62 à 11 m, et est constitué par des argiles carbonatées à passées d'anhydrite.

- Turonien :

Son épaisseur varie de 69 à 113 m, matérialisé par une alternance d'argiles versicolores plastiques et de calcaire blanc-beige parfois argileux avec des marnes calcaires.

- Sénonien :

Subdivisé de bas en haut par :

- Le Sénonien salifère :

Présente une épaisseur de 13 à 80 m ; cette unité est constituée que de sel massif, blanc, parfois Argileux.

- Le Sénonien Anhydritique :

Il a une épaisseur de 11 à 233 m, il s'agit d'une alternance d'anhydrite massive, beige, et d'argile carbonatée.

- Le Sénonien Carbonaté :

Il a une épaisseur qui varie de 0 à 194 m ; c'est un ensemble de calcaires dolomitiques.

5.3- LE CENOZOÏQUE :

Il n'est représenté que par le Mio-Pliocène. Les autres termes du Paléocène, Eocène et Oligocène ont été érodés suite à la phase Pyrénéenne. Son épaisseur est de 154 à 677 m, il repose en discordance sur le Sénonien carbonaté, et est constitué de sable renfermant quelque
passées d'argiles et de calcaire.

6. Stratigraphie des formations réservoirs :

Dans la région de Rhourde Nous on distingue deux réservoirs importants à savoirs (Figure I.9):

. Le Trias argilo-gréseux supérieur (TAGS) est constitué d'un intervalle argileux (lias Argileux) et d'un ensemble salifère (Lias Salifère).

. On trouve d'autre réservoirs secondaires qui sont superposés et regroupés sous le nom de Réservoirs Infra-TAGS (partie inférieure), ces réservoirs sont constitués d'un Trias argileux gréseux Inférieur et du Silurien argilo-gréseux, ce dernier est couvert par les unités (B2, B1, A1 et A2). Généralement B2 et B1 sont érodés d'Ouest en Est sous la discordance Hercynienne.

. Un réservoir profond qui est d'âge Ordovicien est constitué principalement par les Quartzites de Hamra qui sont situées entre deux formations argileuses marines d'extension Régionale : les argiles d'El Gassi, d'âge Ordovicien inférieur, et les Argiles d'Azzel, d'âge Ordovicien moyen.

Les Grès d'El Atchane et les Grès de Ouargla sont intercalés entre ces deux formations argileuses et marquent un passage progressif vers les Quartzite de Hamra.

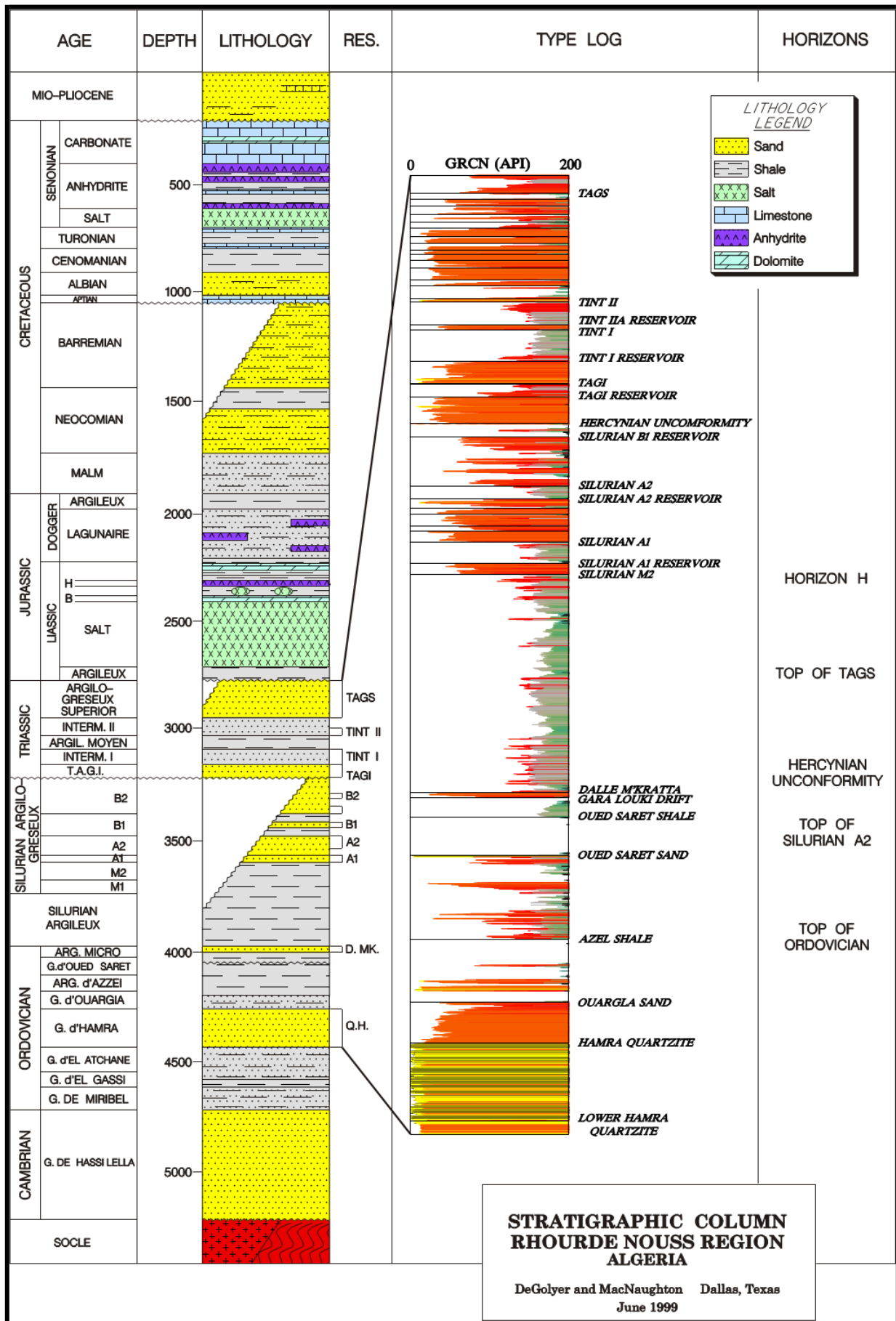


Figure I.10.: Log type du trias de la région de Rhourde Nous (document Sonatrach, beicip 2002).

7. Généralités sur l'intérêt pétrolier :

7.1 Maturation de la matière organique :

Selon son origine continentale, marine ou lacustre, le Kérogène ne possède pas la même composition. Cependant, une fois dans la roche mère, quel que soit sa provenance, il subira le même sort, enfouissement et maturation selon trois étapes :

- La première étape de la transformation du Kérogène s'appelle la diagenèse. Il s'agit des premières décompositions précoces, à faible température (moins de 60 C°). Les Kérogènes perdent essentiellement de l'eau et du gaz carbonique. Par ailleurs des Bactéries spéciales, dite archéobactéries, forment dans cette tranche de profondeur une Partie du gaz naturel.

- Vient ensuite la catagenèse. Cette seconde étape correspond à des profondeurs Supérieures et des températures de l'ordre de 60 à 120 C°, il y a un craquage Thermique. Les composés se scindent en molécules de plus en plus petites au fur et à Mesure de l'enfouissement. La formation du pétrole proprement dite a lieu à ce Moment, dans les conditions dites « la fenêtre à huile ».

- La métagenèse est la phase ultime de l'évolution d'un Kérogène, c'est le stade de la Formation du gaz sec (méthane), par craquage du pétrole. On parle de « fenêtre à Gaz », située à partir de 3000 m de profondeur. Nos hydrocarbures sont ainsi formés, au terme de l'invention des deux principales factures : la température et le temps. Mais à ce stade, ils ne présentent aucun intérêt direct puisqu'ils restent répartis dans la Roche mère.

7.2 Migration et piégeage des hydrocarbures :

Pour constituer une matière première intéressante à exploiter, les hydrocarbures doivent migrer et se concentrer dans un réservoir. Les chemins de migration empruntés par les Hydrocarbures et la vitesse avec laquelle ils se déplacent au cours du temps géologique dépendent de la géométrie des couches sédimentaires et des propriétés pétrophysiques des Sédiments (porosité, perméabilité, capillarité) et des fluides hydrocarbures (densité, viscosité).

La roche qui va les accueillir sera poreuse et perméable, contrairement à la roche mère; on parle alors de roche réservoir. La migration s'effectue en plusieurs étapes.

- La compaction provoque un déplacement des fluides dans la roche mère vers un drain, qui conduira les hydrocarbures vers un réservoir : c'est la migration primaire.

- La migration secondaire désigne le déplacement dans le drain vers la roche réservoir, jusqu'à trouver un piège, c'est-à-dire une roche couverture imperméable qui bloquera la progression des hydrocarbures. Les évaporites ou les argiles constituent de bonne couverture par leur étanchéité. Il existe différents types de pièges, liés au dynamisme et à l'histoire structurale de bassins dans lesquels se sont formés les hydrocarbures : piège structuraux, stratigraphiques et mixtes.

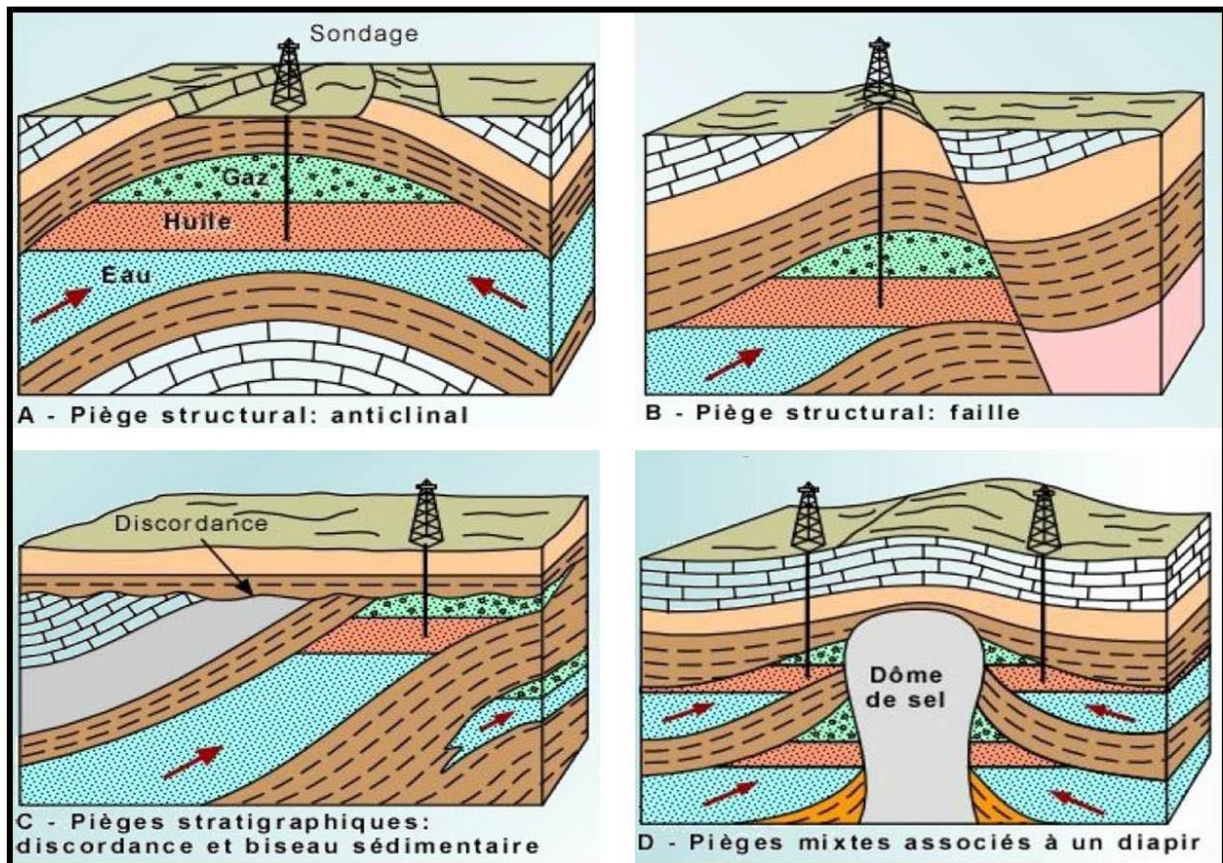


Figure I.11 : Schéma des différents pièges structuraux, stratigraphiques et mixtes (sadaoui2001).

7.3. Le potentiel pétrolier de la zone d'étude :

7.3.1. Roche mère : Les principales roches mères de la région sont:

- les argiles du frasnien.
- les argiles du dévonien qui sont fortement productives.

7.3.2 Roche réservoir : Le principal réservoir dans la région d'étude est le Trias Argileux Gréseux Inferieur (TAGI) qui est subdivisé en trois niveaux qui sont de bas en haut comme Suit:

a) TAGI Basal composé:

- D'Argiles brunes, rouges et grises vert à vert, parfois grises claires indurées légèrement silteuses, localement micacées.
- Des Grés blancs, fins à moyens parfois blancs verdâtres, et friables à Moyennement consolidés sub-anguleux à sub-arrondis, pyriteux par endroits.
- Grés gris-blancs à Gris-clairs moyens à grossiers, sub-arrondis avec passe millimétrique d'argile verdâtre, indurée, silteuses et traces de pyrite (WEC, 2007).

b) TAGI Moyenne composé :

- Grés beiges fins à moyens bien classés sub-anguleux à sub arrondis, parfois verdâtres très friables, fins siliceux à silico-argileux.
- Grés blancs à beiges, sub-anguleux à sub-arrondis friables, micacés, siliceux et pyriteux avec fines passées d'argile verte.

c) TAGI Supérieur composé :

D'une alternance de grés blancs à beiges parfois verdâtres, sub-Anguleux à sub -arrondis, silico argileux, micacés; pyriteux moyennement durs à friables avec niveaux de galets argileux.

7.3.2. Roche couverture: est assurée par: - Le Trias carbonaté. - Les argiles radioactives du TAGS.

8. Cadre géodynamique:

La région de Rhourde Nous fait partie de la province triasique qui correspond à un bassin Intra plaque de type plateforme épicontinentale (Perrodon, 1985). L'évolution géodynamique et L'architecture de la région sont en étroite relation avec celle du môle d'Amguid El-Biod qui a Enregistré plusieurs phases tectoniques au cours des temps géologiques.

La région de Rhourde Nous a subit d'intenses déformations qui a débuté a l'Hercynien avec une phase compressive N120° et en particulier une forte compression au Crétacé (phase Autrichienne) de direction E-W et ayant réactivé les accidents préexistants de direction N-S et NE-SW. Les accidents N-S ont rejoué préférentiellement en failles inverses et ceux de direction NE-SW en décrochement dextre.

Au cours du tertiaire, d'importantes déformations (phase atlasique) ont affecté le secteur en particulier le long de l'axe NE-SO de Rhourde Adra. Les accidents subméridiens ont alors Rejoué en décrochement senestre, et la géométrie des pièges crétacés a été modifiée (Boudjemaa, 1987).

8.1-Les phases tectoniques (Boudjemaa, 1987):

Les principales phases et leurs directions de contraintes qui ont affecté la région se résument comme suit :

8.1.1- Phase Hercynienne

Les mouvements Hercyniens (225 à 250ma) se subdivisent en deux phases majeures :

- **Les mouvements hercyniens précoces** : se résument en une phase tectonique compressive dite Viséenne, les mesures de stries effectuées sur le terrain dans les grés du Khenig (Dévonien supérieur) indiquent une direction de serrage N040.

- **Les mouvements hercyniens majeurs** : c'est un ensemble de contraintes compressives de direction N120, responsables des jeux de failles de même direction dont résultent des horsts et des grabens.

8.1.2- Phase Autrichienne

La phase Autrichienne (110ma) est le résultat de l'ouverture de l'Atlantique sud entre L'Amérique du sud et l'Afrique. Il s'agit d'une phase compressive orientée E-W, qui a causé la réactivation des failles préexistantes en failles en échelons de direction NE-SW, et aussi la mise en place et le piégeage des hydrocarbures.

8.1.3- LA Phase Eocène (Atlasique) :

C'est une phase compressive de direction N.NE - S.SW, d'âge fin Eocène début Miocène. Elle se Traduit par une érosion locale des terrains éocènes et une lacune au Miocène, postérieure à la formation des hydrocarbures, cette phase a probablement donné naissance à des barrières de perméabilité dues au décalage des niveaux réservoirs, favorisant ainsi la création de fractures colmatées qui ont permis la détérioration des caractéristiques pétrophysiques du réservoir.

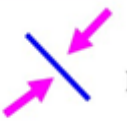



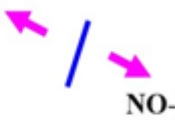

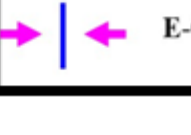
ERE	EPOQUE	PHASES	DIRECTION DES PHASES	EFFETS SUR LES JEUX DE FAILLES
CENOZOIQUE	NEOGENE MIOCENE	ALPINE TARDIVE TERTIAIRE TARDIVE N.O 60	 N060°	Jeu en compression
		ALPINE MOYENNE EOCENE N. 160	 N160°	Jeu en compression sur les accidents N-S et création de nouvelles structures
MESOZOIQUE	CRETACE	PHASE AUTRICHIENNE (ALPINE PRECOCE)	 N090°	Jeu en inverse sur les accidents N-S
	JURASSIQUE			
	TRIAS			
PALEOZOIQUE	PERMIEN	PHASE HERCYNIENNE TARDIVE	 N120°	Jeu inverse sur les failles NE-SO
	CARBONIFERE VISIEN	PHASE HERCYNIENNE PRECOCE		
		DEVONIEN Supérieur Moyen Inférieur	PHASE FRASNIENNE	 NO-SE
	SILURIEN ORDOVICIEN	PHASE CALEDONIENNE	 E-O ??	
	750 – 550 Ma	PHASE PANAFRICAINE		 E-O

Tableau (1): Tableau structural interprétatif montrant l'effet des plus importantes phases Tectoniques qui ont affecté le Sahara algérien (Boudjemaa, 1994)

C *hapitre*

II

***ETUDE
SEDIMENTOLOGIQUE et
DIAGENETIQUE.***

I-Introduction :

Dans ce présente chapitre, nous tenterons de décrire les caractéristiques lithostratigraphiques et Sédimentologique des réservoirs infra-TAGS à partir de l'interprétation des faciès et des analyses des photos de carottes des puits RN-102 et RN-103, afin de déterminer la lithologie et la répartition des cortèges sédimentaires, de distinguer les différentes structures sédimentaires et déterminer les milieux de dépôts.

I.1. Rappel sur les Notions de faciès :

Un faciès est caractérisé comme étant une masse de roche sédimentaire qui peut être définie et distinguée par les paramètres suivants : la géométrie, la lithologie, la paléontologie (fossiles), les structures sédimentaires, les caractères physico-chimiques et le type de paléocourant, (In O.serra, 1985).

I.1.1- Notion de lithofaciès :

Un lithofaciès correspond à l'ensemble des caractères lithologiques caractérisant un dépôt sédimentaire qui est axé sur l'observation des critères lithologiques, telles que la nature minéralogique des sédiments, la granulométrie, la couleur, la texture et la présence de la bioturbation.

Onze lithofaciès ont été identifiés dans les grès Cambrien du champ Hassi Guettar. La majorité des lithofaciès observés sont de types silicoclastiques, certains sont fréquents et cycliques tels que les Stg, St, Sp, Sh, Sw, Sb et Sm.

I.1.2-Notion de séquence :

C'est une succession lithologique, formant une suite naturelle sans interruptions importantes, arrangées dans un ordre logique défini et limité par des discontinuités, on compte deux types de séquence :

- **Séquence positive** : présente une évolution grano-décroissante, évoluant des particules les plus grossières au plus fines vers le haut.
- **Séquences négative** : présente une évolution grano-croissante vers le haut.

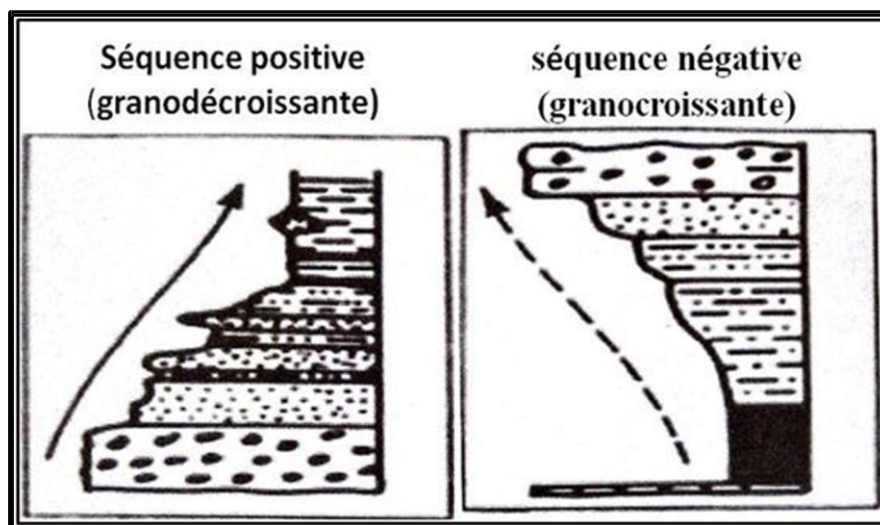


Figure II.1: Séquences lithologiques en série argilo-gréseuse (www.biodeug.com stratigraphie géologie).

I.1.3-Analyse Séquentielle :

L'analyse séquentielle peut être comprise comme une méthode d'organisation de l'information sédimentaire, un découpage qui permet d'individualiser des motifs séquentiels. Des paquets de faciès organisés et répétitif, (Delfaud.J, 1974).

II- Rappel sur les environnements de dépôts :

II.1-Environnements sédimentaires :

La reconstitution des environnements sédimentaires est d'une grande importance en géologie économique (ou géologie appliquée) car les matières minérales utiles se localisent souvent dans les contextes sédimentaires spécifiques.

En outre l'application des principes Walthériens permet de préjuger de l'évolution latérale des ensembles sédimentaires (Kazitani, 1998).

II.1.1-Dépôts alluviaux

Ce sont des dépôts continentaux (cônes alluviaux) déposés sur les pentes et/ou au pied de reliefs actifs sous forme d'éventails au débouché de chenaux torrentiels. Les dépôts sont conglomératiques à éléments anguleux, organisés en séquences strato et granocroissantes.

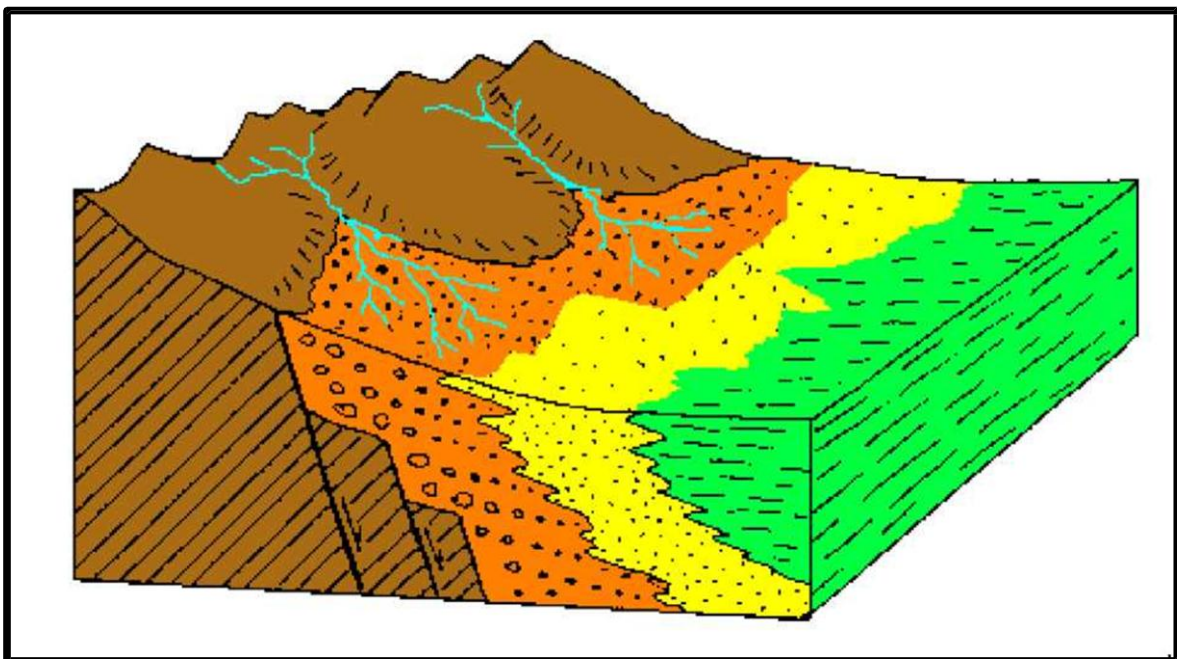


Figure II.2 : Dépôts alluviaux (J. Beauchamp, 2011)

La formation des dépôts alluviaux dépend de la dynamique des particules sédimentaires au sein des rivières, plusieurs facteurs y interviennent tels que la vitesse de l'eau (dépendant de la pente), le poids des éléments transportés, la turbulence de l'eau et la nature du lit de la rivière ou du ruisseau (Fig.II.2).

Les sédiments, constituant la charge solide, sont transportés sous les deux aspects

hydrodynamiques suivants :

- La charge suspendue (suspended load);
- La charge du lit (bedload).

C'est la turbulence de l'eau qui maintient en général la charge suspendue. La charge du lit concerne la matière qui est déplacée par roulement, tirage, glissement, traction ou saltation (par bonds).

- Les cônes alluviaux :

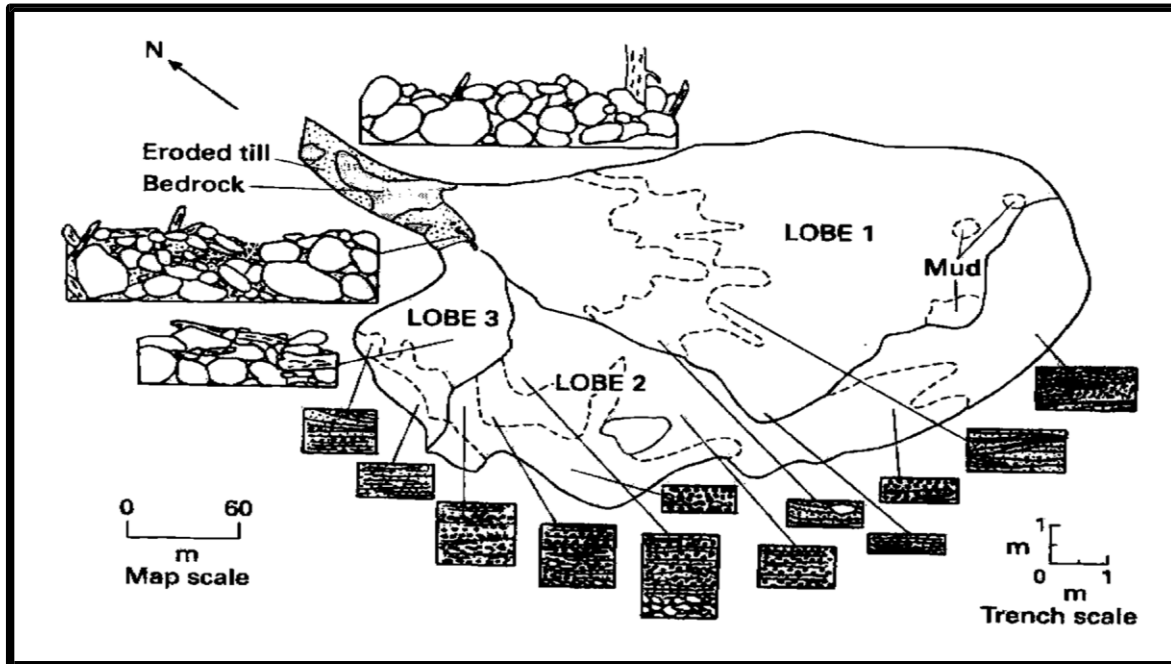


Figure II.3 : Carte d'un petit cône alluvial à graviers grossiers résultant de crues torrentielles ; la granulométrie diminue rapidement vers les cônes en aval ; tous les dépôts grossiers sont horizontalement stratifiés (Blair, 1987 in Reading, 1996).

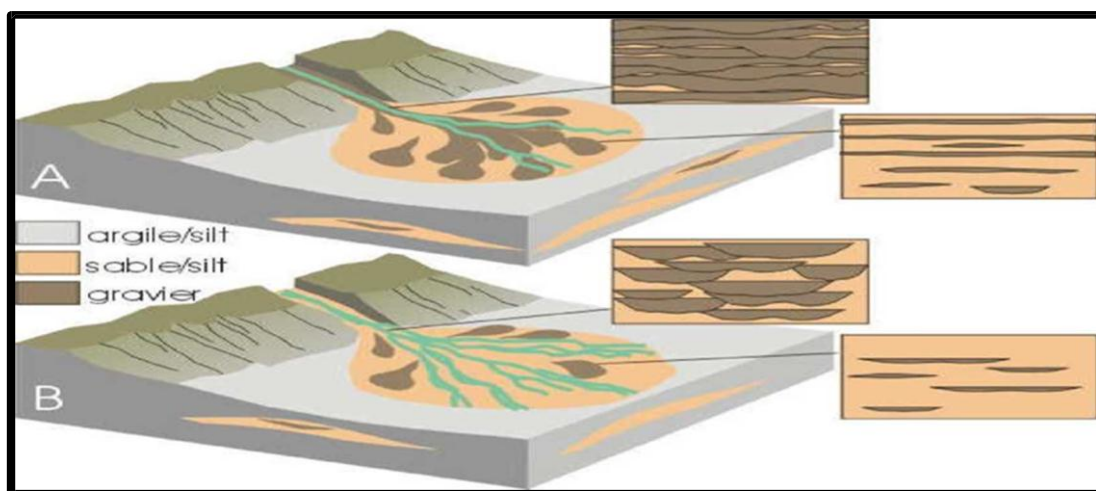


Figure II.4: En tenant compte de l'organisation des corps sédimentaires on distingue deux types de cônes alluviaux:

A: dominé par les coulées de débris.

B: dominé par les écoulements fluviaux (site internet, chenal anastomosé wikipédia).

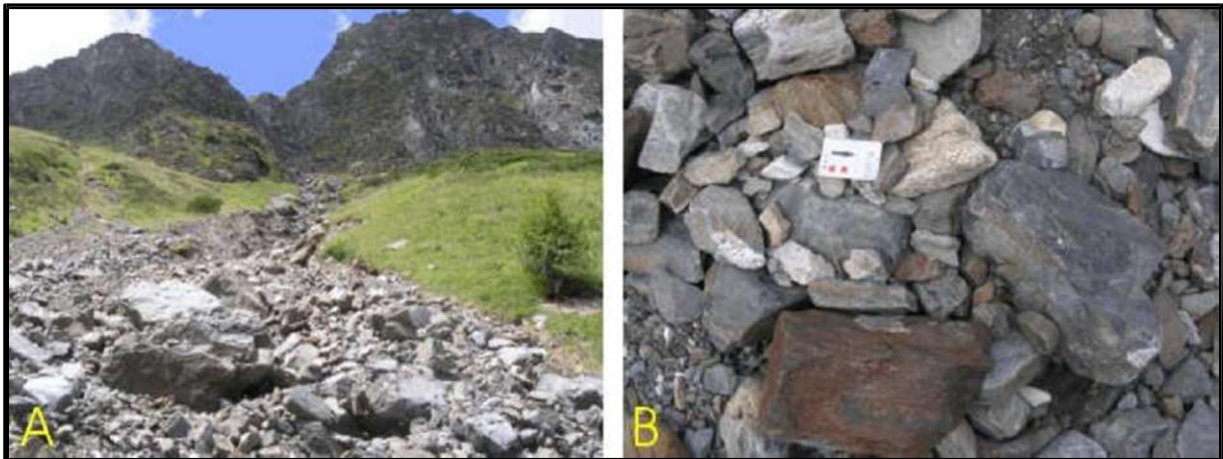


Figure II.5:

A: avalanche de débris au pied d'un relief; PiauEngalyFrance

B: détail montrant la faible maturité des dépôts: grande variété lithologique, mauvais classement,

II.2- Les Différents Types de Réseaux Fluviaux :

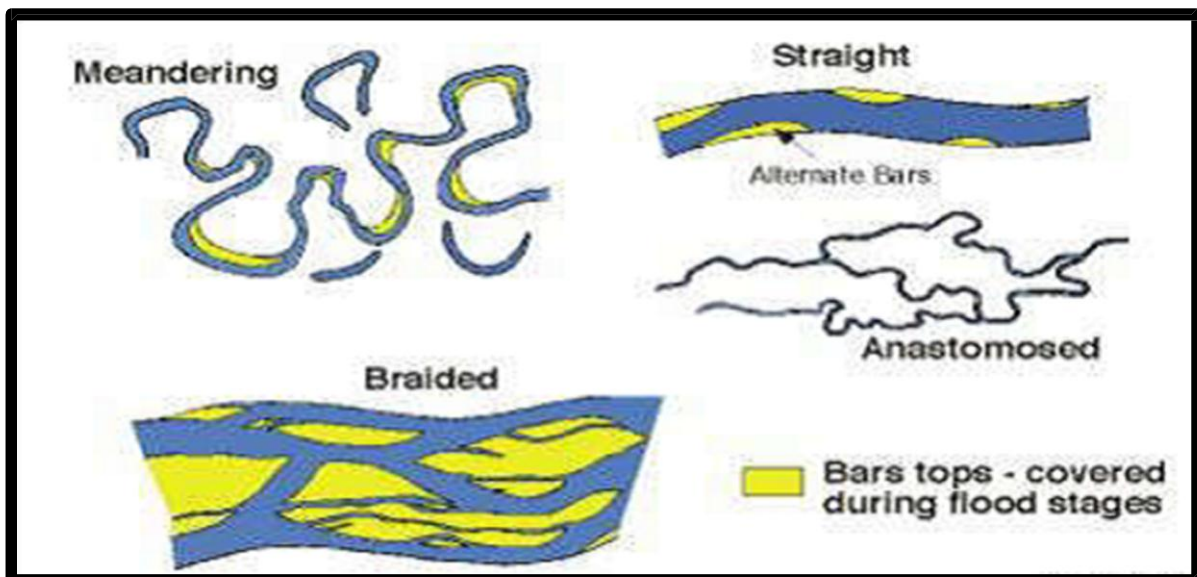


Figure II.6: Illustration des principaux types de chenaux fluviaux. Vue en plan. (Document Sonatrach, Hamid ait Salem, 2015).

2.1. Les chenaux fluviaux à méandres

Caractéristiques: faible pente, faible énergie, rapport argile/sable élevé, un seul chenal à forte sinuosité

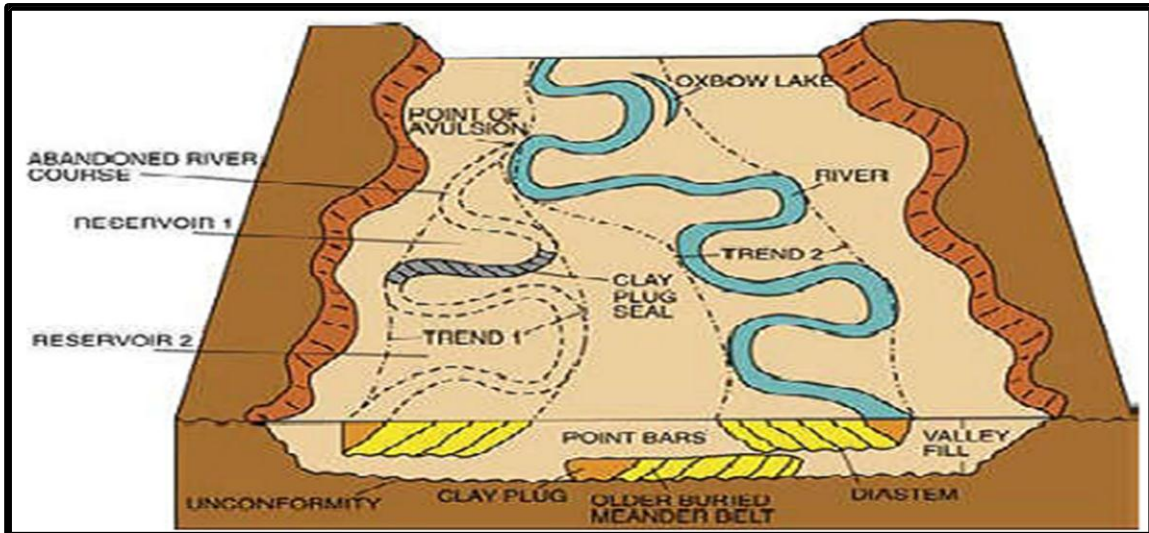


Figure II.7: Distribution des sédiments fluviaux dans une vallée incisée. (Document Sonatrach Hamid ait Salem 2015).

La vallée a été incisée dans des sédiments préexistants. Le fond de la vallée représente une discordance (unconformity).

Les barres de méandre se déplacent latéralement et verticalement traduisant le résultat de la migration latérale de toutes les bandes de méandres à travers le temps. (Courtesy of R. Weimer.)

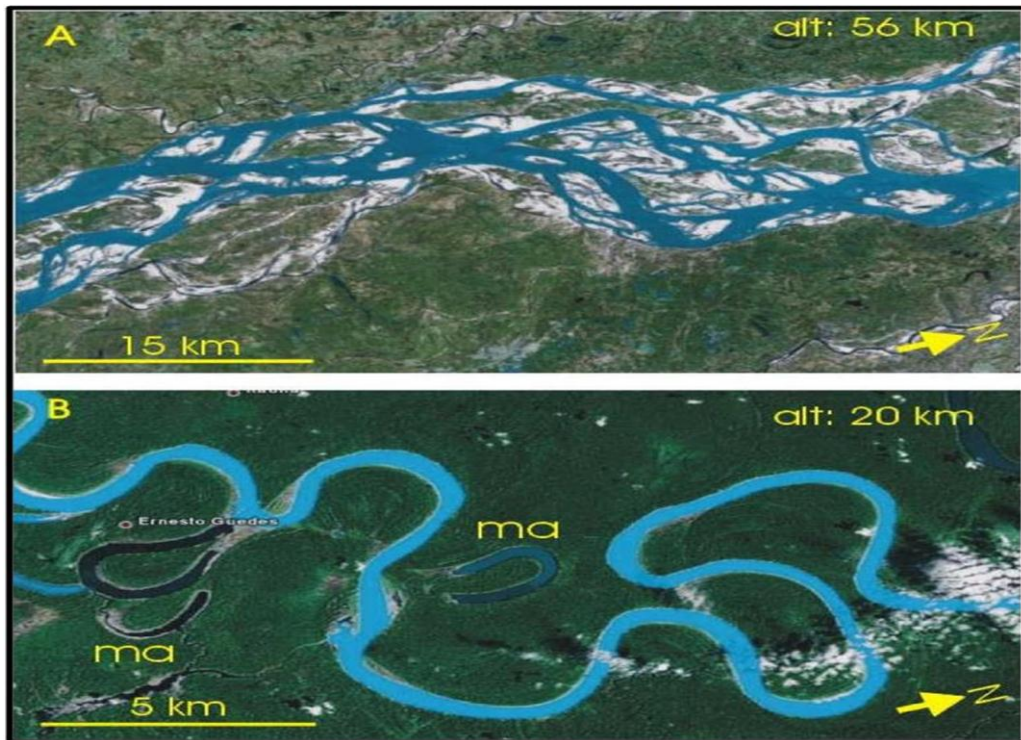


Figure II.8: Exemples de systèmes fluviaux :

- A: réseau à chenaux en tresse, (Inde).
- B: réseau à méandres, (Brésil); ma = méandre abandonné. (Photos Google Earth).

2.2- Les réseaux fluviaux anastomosés

Les chenaux anastomosés divaguent peu dans la plaine alluviale qui est fréquemment inondée; elle est couverte de marécage; la végétation est abondante. La vitesse de l'eau est faible, les sédiments sont fins et riches en matière organique. Les remplissages de chenaux se distinguent par des galets et des graviers formant des corps à accrétion verticale (rôle de la subsidence).

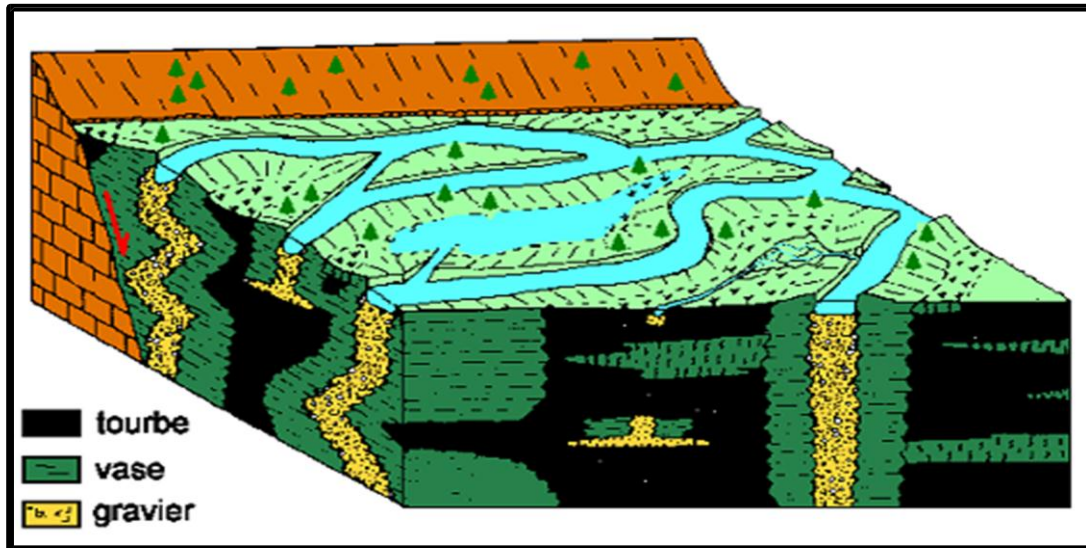


Figure II.9: Sédimentation d'une rivière anastomosée. (Document Sonatrach, Hamid Ait Salem 2015).

Les berges sont stabilisées par la végétation et les chenaux se déplacent peu; ils déposent des graviers en barres à aggradation verticale. La plaine d'inondation est très humide; il s'y dépose des limons, des vases et de la tourbe.

Les remplissages de chenaux se distinguent par des galets et des graviers formant des corps à accrétion verticale (rôle de la subsidence).

Ils se forment dans les zones à fort gradient topographique et/ou lorsque le débit est très variable. Morphologiquement ces fleuves se distinguent par une faible sinuosité du lit majeur et par la présence d'un réseau complexe de chenaux séparés par de nombreuses barres, la largeur des fleuves est souvent importante (peut atteindre quelque kilomètres), avec une profondeur fréquemment faible (de 5 à 10 m). Ces fleuves se caractérisent par des régimes de crues brutales, ce qui s'observe dans le faciès.

Le dépôt de ce style de fleuve est ordinairement grossier (sables et gravier), avec des figures sédimentaires de forte énergie et nombreuses surfaces d'érosion et un rapport sable argile supérieur à 1, à faible pourcentage de silt.

Généralement deux types de dépôts peuvent se distinguer dans les systèmes de fleuve anastomosé :

Ø **Les chenaux :** se marquent par des séquences à base érosive et des dépôts grossiers résiduels. L'épaisseur de ces séquences varie de moins de 1 mètre à moins de 10 mètres.

Ø **Les dépôts de barres :** forment le sommet de séquence et représentent la partie sommitale du remplissage des chenaux, ils sont constitués de sédiments plus fins, sable fin à grossier, des stratifications sont souvent obliques de type tabulaire, des rides et des laminations parallèles. Les dépôts sont souvent multistory et multilatéraux avec des

épaisseurs jusqu'à 10 à 30 mètres et des extensions latérales fréquemment très grandes pouvant atteindre des dizaines de kilomètres.

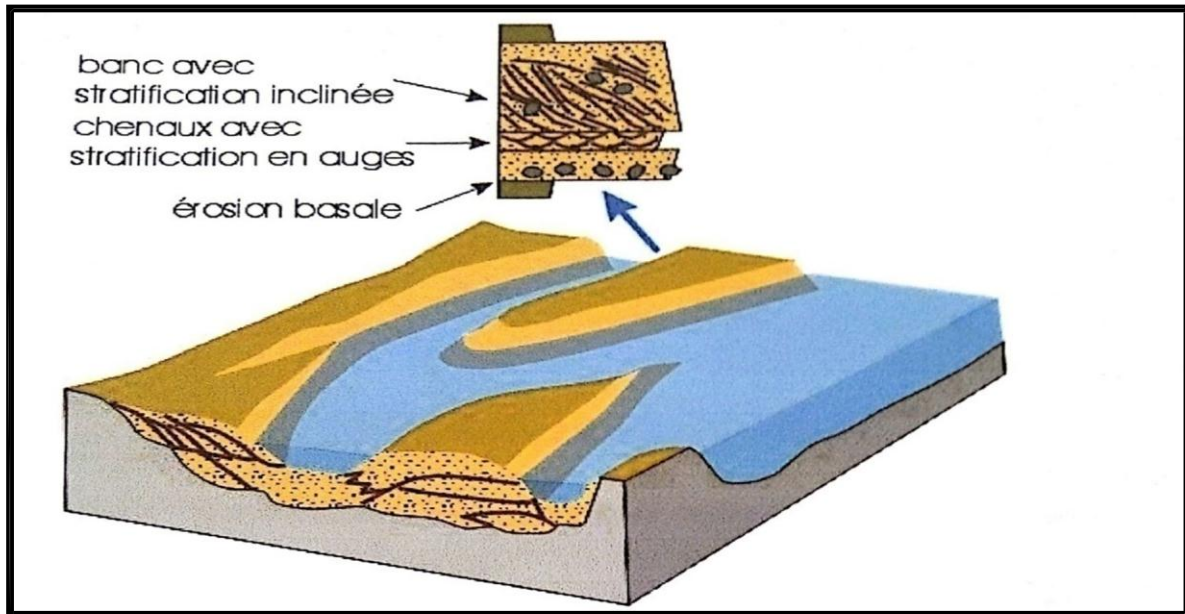


Figure II.10: Schéma d'un fleuve anastomosé..(Document Sonatrach Hamid Ait Salem, 2015).

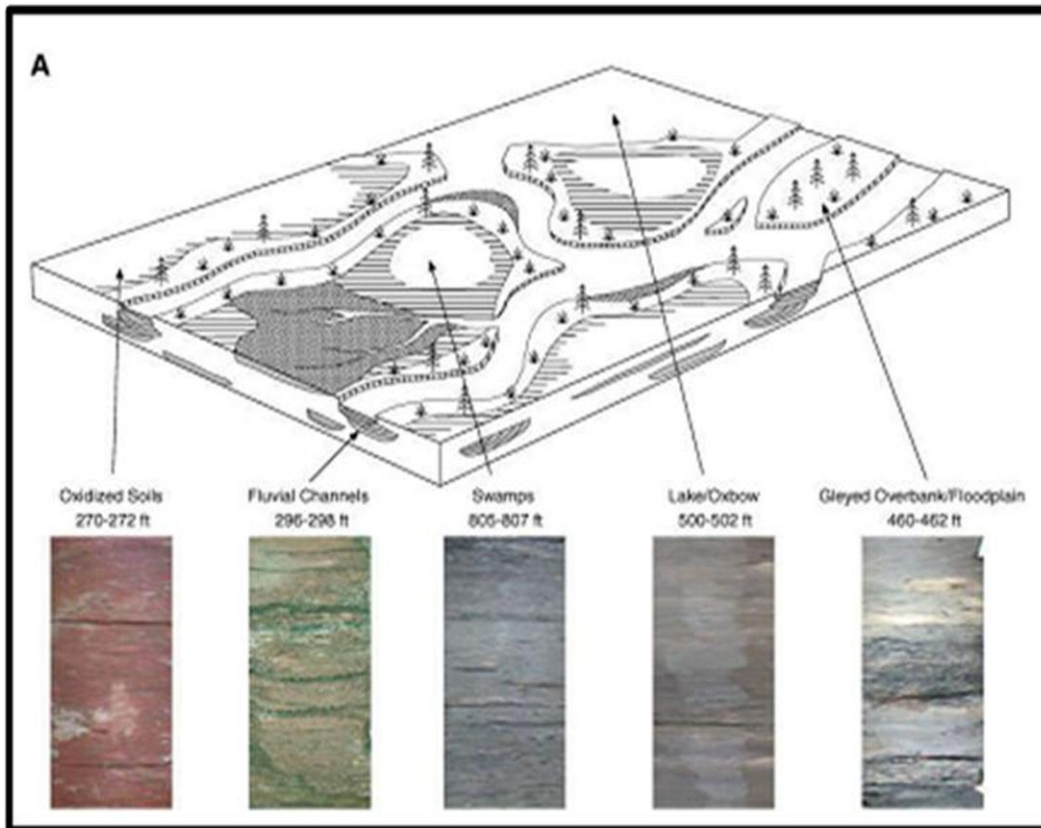


Figure II.11: Différents faciès observables au sein d'un réseau fluvial à chenaux anastomosés.(document sonatrach Hamid ait Salem 2015).

Ces types de réseaux présentent les caractéristiques suivantes :

- Pas ou peu de migration latérale des chenaux.
- Les chenaux tendent à être isolés, limités en plusieurs endroits par des plaines inondables où se développent des calcrêtes, des évaporites et des niveaux à charbons (en fonction du climat).
- Les chenaux sont rectilignes (droits) ou sinueux (sinuonsribbon).
- Les sables des chenaux présentent de simples structures entrecroisées.
- Ces dépôts montrent des connexions latérales et verticales très peu développées et séparées par les argiles des plaines inondables.



Figure II.12: Réseaux fluviaux anastomosés (Sonatrach Beicip 2002).

II.3-Les environnements deltaïques :

Dans le Sahara algérien, les sédiments deltaïques renferment les plus importants gisements d'Hydrocarbures :

* Les faciès deltaïques résultent de l'interaction de processus dynamiques (énergie des vagues, régime tidal, courants, climat, etc...) qui modifient et dispersent les dépôts clastiques.

* Une accumulation deltaïque est sujette à l'existence d'un système fluvial transportant des quantités substantielles de sédiments clastiques à partir d'un bassin de drainage, situé à l'intérieur des terres, vers la côte.

* En dépit des contrastes environnementaux, tous les deltas actifs progradants ont au moins un fait commun : une rivière qui fournit les sédiments clastiques, vers la côte et le plateau

continental adjacent, plus rapidement qu'ils ne peuvent être dispersés par les processus marins, et donc formant un dépôt sédimentaire régressif.

- **Caractéristiques sédimentaires** : Il est pratique de subdiviser les faciès sédimentaires deltaïques selon les catégories suivantes:
 - La plaine deltaïque (upper et lower),
 - Le front de delta (subaqueous),
 - Le pro-delta.

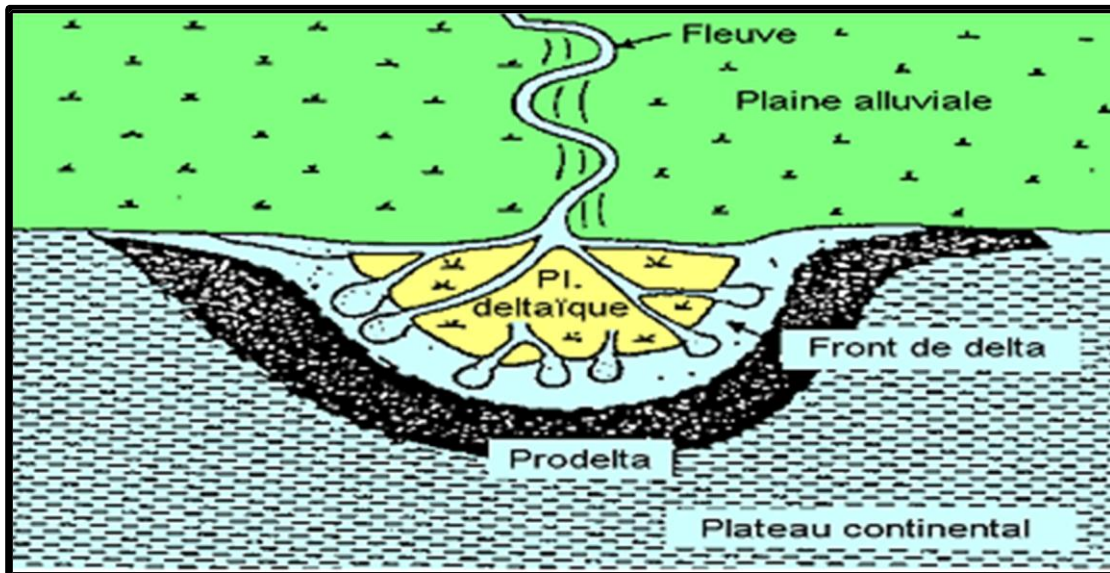


Figure II.13: Principe de l'environnement deltaïque. (Morphologie d'un delta in Beauchamp, 2001).



Figure II.14: Image satellitaire de Mississippi. (Google map).

II.4-Le système littoral :

Ce système regroupe tous les environnements qui se situent dans la zone transitionnelle entre le domaine fluvial et le domaine marin franc. Ils sont conditionnés par un nombre important de facteurs : quantité et nature du sédiment arrivent à la mer, caractéristiques du bassin marin récepteur (notamment la salinité relative des eaux, courants, morphologie, bathymétrie, taux de subsidence, activités tectoniques, fluctuations du niveau de la mer, etc.), (Fig III.19)

- Au développement de quelques séquences d'ordre décimétrique que l'on reconnaît dans de nombreux dépôts côtiers anciens (barres littorales, cordons de plages, îles barrières, etc).

- Ou bien correspondre à l'accumulation de séquences négatives littorales alternant avec des dépôts de chenaux de marée sur des milliers de mètres d'épaisseur, dans le cas anomalie de grands deltas subsidents.

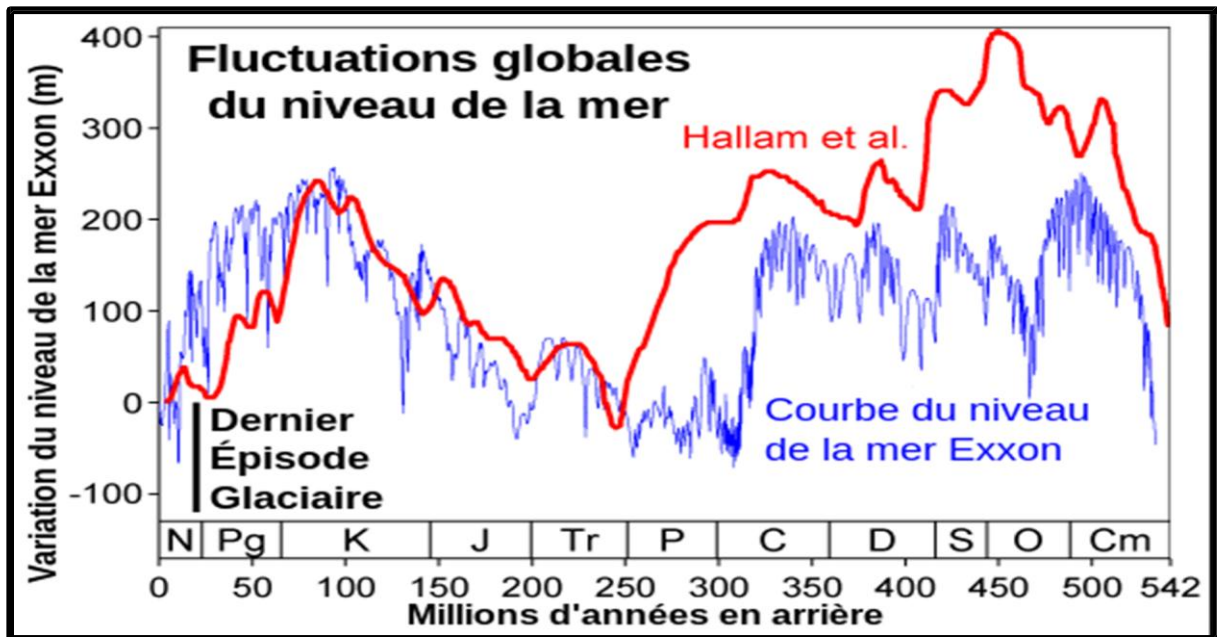


Figure II.14 : fluctuations globales du niveau de la mer. (Site internet wikipedia).

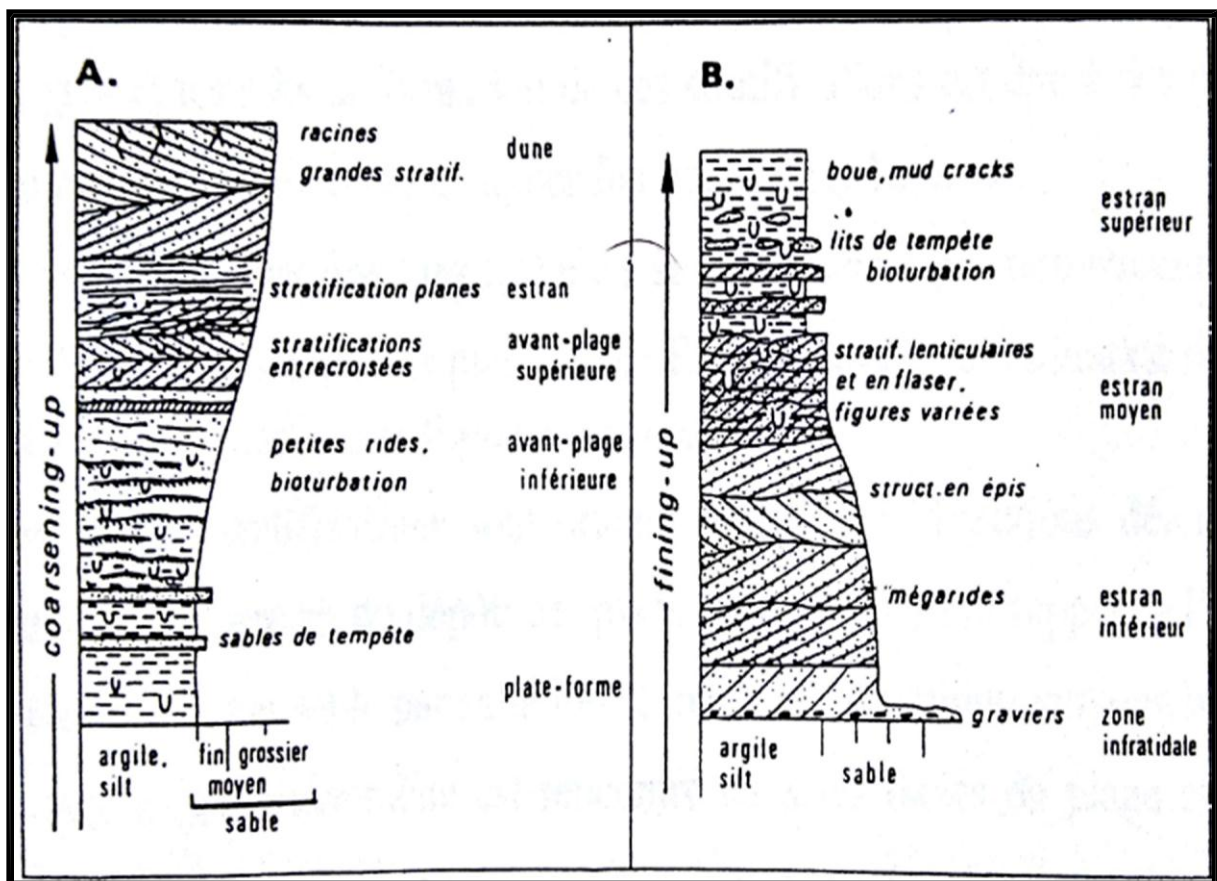


Figure II.15: Séquence de progradation littorale de sédiment silicoclastiques. (D'après Tucker, 1982).

A : Plage exposée aux vagues, ou barre littorale.

B : Estran tidale (tidal flat) exposé aux marées

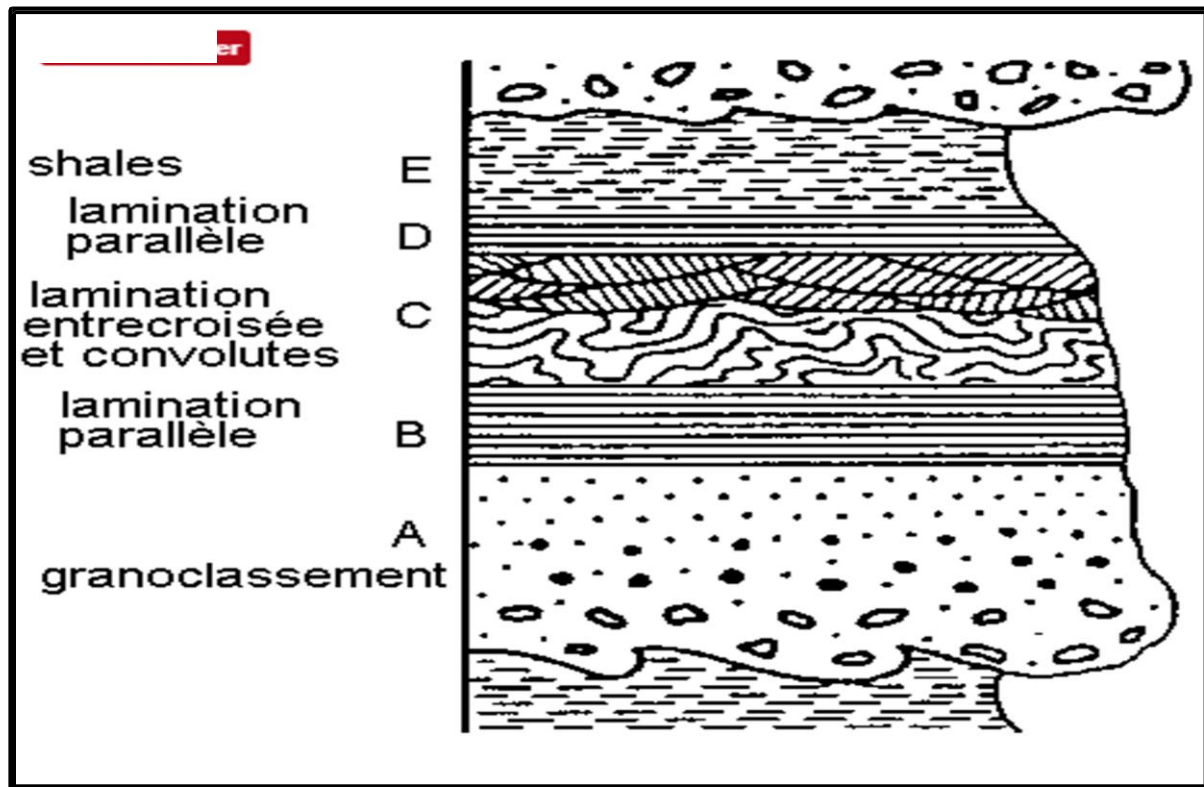


Figure III.16: Séquence de Bouma. (Cours sédimentologie Mlle Larara 2014).

- **Terme A** : une unité massive et assez grossière, parfois. Granodécroissante; localement, avec des figures d'érosion à la base.
- **Terme B** : intervalle inférieur, une unité à laminations planes, grano-décroissante.
- **Terme C** : une unité à slumps et convolutes.
- **Terme D** : intervalle supérieur à laminations de décantation, constituée d'alternance de sable fin, de silt et de pélite.
- **Terme E** : une unité silto-pélique de décantation, elle est à structure laminaire et granodécroissante.

4.1. La géomorphologie du littoral :

Le domaine littoral avec plage comprend plusieurs zones (FigII.17) :

Ø **Cordon dunaire** : la limite entre cette zone et la plage correspond au niveau marin atteint lors des marées exceptionnelles et les marées d'équinoxe.

Ø **Backshore** : ou encore l'arrière plage, il correspond à la zone supratidale, c'est la zone émergée, souvent formée de dunes éoliennes.

Ø **Foreshore** : ou l'avant plage, correspond à la zone intertidale, située entre le niveau de la marée haute et celui de la marée basse.

Ø **Shoreface** : ou zone pré littorale, correspond à la zone s'étendant depuis le niveau de la marée basse jusqu'à la zone de base d'action de vagues, il est subdivisé en :

- **UpperShorface** : c'est une zone haute énergie caractérisée par une sédimentation relativement grossière, à structure oblique à entrecroisées à petite et/ou grande échelle, les bioturbations sont rares. Elle est composée surtout de bioturbation verticale.
 - **MiddleShorface** : C'est une zone à énergie modérée caractérisée par une sédimentation fine, laminée à rare rides vers le sommet et présente ainsi une intense bioturbation, les structures sédimentaires sont essentiellement des flashbedding.
 - **LowerShorface** : caractérisée par une alternance d'argile noire et de grés fins, où les bioturbations deviennent fréquentes. Les structures sédimentaires sont essentiellement des litages et stratifications en mamelon (Hummocky cross stratifications HCS).
 - **Zone de transition** : correspond à la limite entre les sables littoraux et les argiles du large ou offshore. Elle est caractérisée par les dépôts de silt argileux à bioturbation modérée.
- Ø **Offshore** : il correspond au domaine marin ouvert (le large). C'est une zone à faible énergie, elle est caractérisée par une sédimentation fine, argileuse ou argilo-silteuse, les structures sédimentaires sont rares à absente.

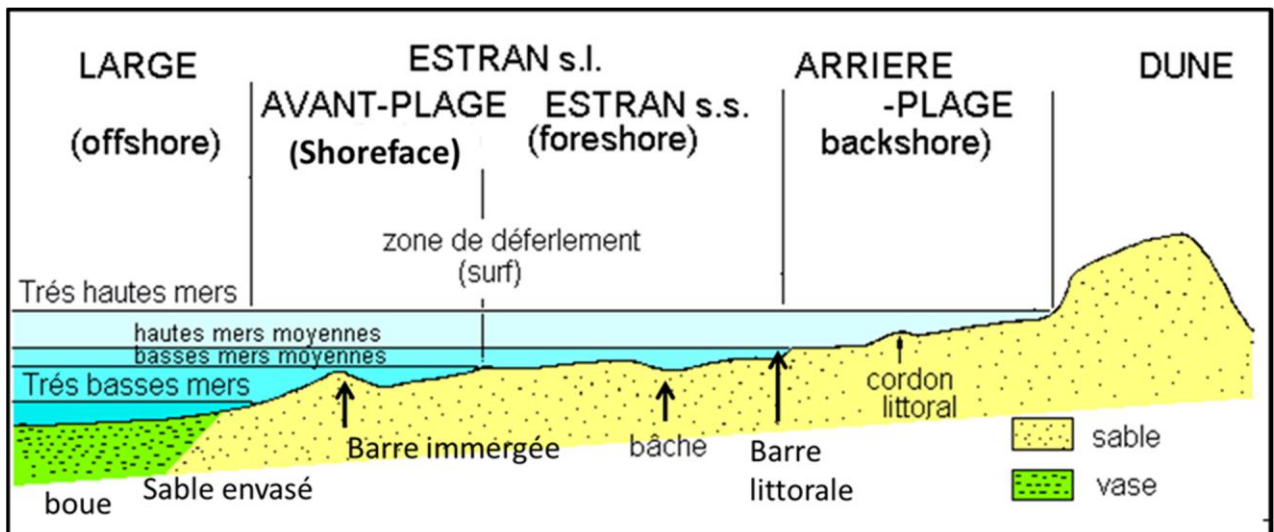


Figure II.17: Unités morphologiques typiques d'un profil de plage sableuse. (<http://www.u-picardie.fr> morphologie lithorale).

III.1-Descriptions et Interprétations de Faciès :

1.1-Description et Interprétations de Faciès puits RN-102 :

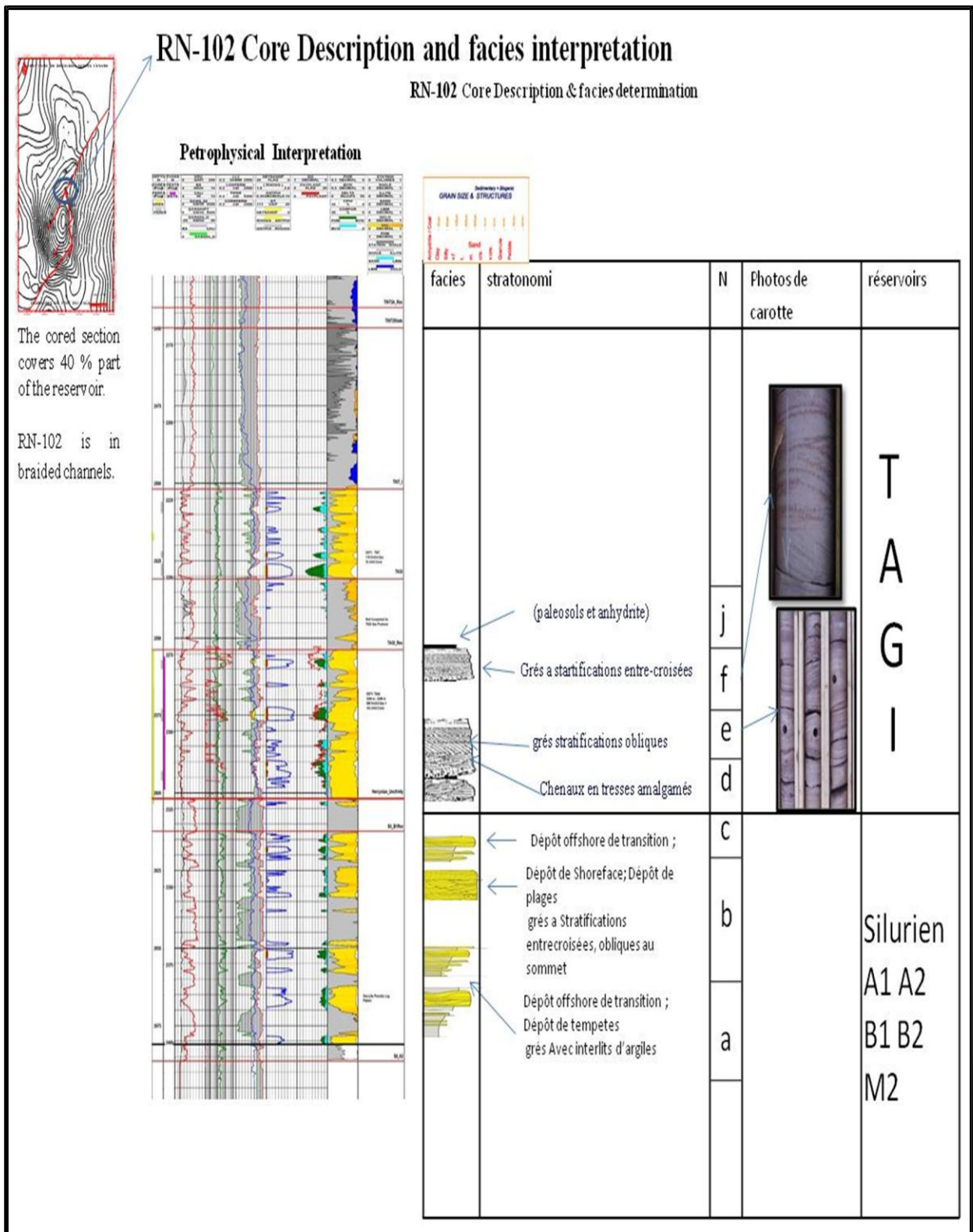


Figure II.18 : Description et interprétation de faciès puits RN-102

Dépôts de Silurien :

a)- Commence par des argiles, superposées par des grés à stratifications entrecroisées dépôt offshore de transition, dépôt de tempêtes avec interlits d'argiles marquant de courtes périodes transgressives mais la tendance générale reste régressive.

b)- On remontant dans le silurien on a des grés à stratifications entrecroisées, ce sont des dépôts de Shoreface et obliques au sommet dépôts de plage, donc on a une régression marine.

c)- Dépôts offshore de transition : l'environnement de dépôts de silurien est marin passant de off-shore de transition à Shoreface d'une manière cyclique, le recul de la mer est le plus prépondérant vu que la majorité des dépôts sont des sables de plage ou sables de Shoreface.

Dépôts de TAGI :

Du bas en haut le TAGI se présente avec plusieurs séquences.

d) et e) - Chenaux en tresses amalgamés, présentent des stratifications entrecroisées à la base et obliques au sommet, le creusement de chenaux témoigne que le puits est situé au centre du chenal à la base, et au sommet il a la levée du chenal.

f)- Chenaux en tresse à stratifications entrecroisées, là le puits est toujours au milieu de chenal.

j)-Vers le toit du TAGI on a une plaine d'inondation (paléosol et anhydrite) arrêt de sédimentation marque la présence d'une discontinuité.

Tout ça nous témoigne que le TAGI s'est déposé dans un milieu fluvial.

1.2-Description et interprétation de faciès puits RN-103 :

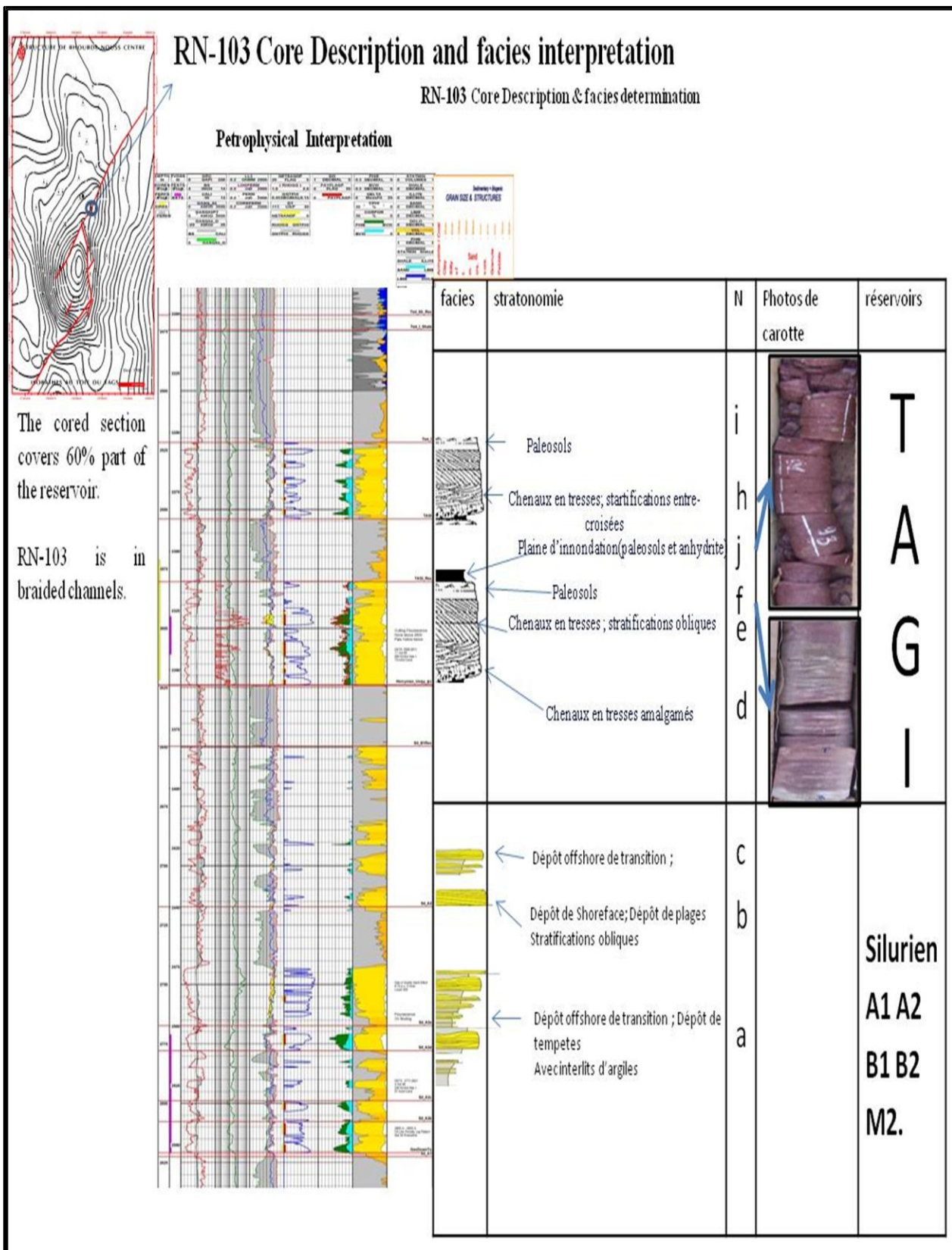


Figure II.19: Description et interprétation de faciès puits RN-103.

Dépôts du Silurien :

a) Dépôt offshore de transition, Dépôt de tempêtes Avec interlits d'argiles (signe de régression). La séquence Commence par des argiles à la base et des grés à stratifications entrecroisées au sommet qui témoignent une régression marine.

b) Dépôt de Shoreface et Dépôt de plages :il y a des grés à stratifications obliques donc on a une transgression.

c) Dépôt offshore de transition : Commence par des argiles et se termine par des argiles et des grés à stratifications entrecroisées au milieu, on a une séquence transgressive ; Donc le silurien est marin.

Dépôts du TAGL:

d) Chenaux en tresses amalgamées: Présente des stratifications entrecroisées à la base et obliques au sommet, le recreusement des chenaux témoigne que le puits est au centre du chenal à la base, et au sommet il est à la levée du chenal.

e) Chenaux en tresses à stratifications obliques, le puits est toujours à la périphérie du chenal.

f) On a un paléosol qui témoigne d'une période d'aridité et assèchement du fleuve, un arrêt de sédimentation (discontinuité).

j) Plaine d'inondation (paléosol à anhydrite). Tout cela témoigne que le TAGI est déposé dans un milieu fluvial.

h) Chenaux en tresses on a des stratifications entrecroisées (forte énergie) nous sommes toujours au milieu de chenal.

i) La séquence se termine avec un paléosol qui témoigne d'une autre période d'aridité et assèchement du fleuve,(un arrêt de sédimentation témoigne d'une discontinuité).

1.3-Description et interprétation de faciès puits RN-11 :

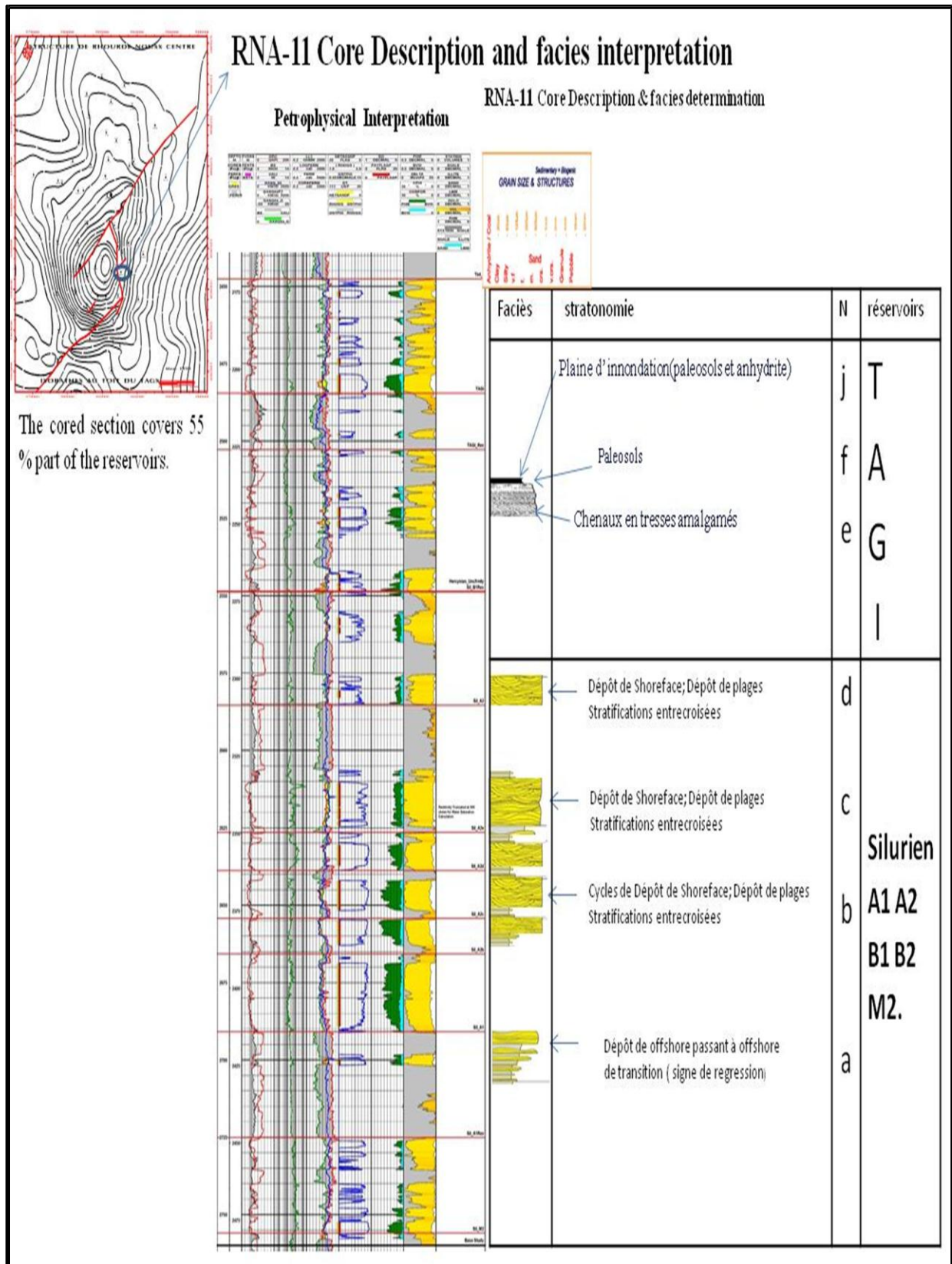


Figure II.20: Description et interprétation de faciès puits RN-11

Dépôts du Silurien :

a)-Dépôt offshore passant à offshore de transition (signe de régression). Il commence par des argiles à la base et des grés à stratifications entrecroisées au sommet, signe d'une régression marine).

b)-Cycles de dépôt de Shoreface, dépôt de plages caractérisées par des stratifications entrecroisées : débute toujours par des argiles en superposition avec des grés à stratifications entrecroisées (forte énergie), on a une régression marine.

c)-Dépôt de Shoreface; dépôt de plages, stratifications entrecroisées. Commence par des argiles et se termine par des argiles et des grés à stratifications entrecroisées au milieu, on a une séquence transgressive marine.

d)-Dépôt de Shoreface; dépôt de plages : on a des grés à stratifications entrecroisées, on a une forte énergie qui témoigne d'une régression marine.
Nous déduisons que le silurien est marin.

Dépôts du TAGI :

e)- Chenaux en tresses amalgamées: présente des stratifications entrecroisées à la base et obliques au sommet, le creusement de chenaux témoigne que le puits est au centre de chenal à la base, et au sommet il est au levé du chenal.

f)- On a un paléosol qui est installé et témoigne d'une période d'aridité et assèchement du fleuve, donc on a une discontinuité.

j)- Plaine d'inondation (paléosol et anhydrite) : d'après ces résultats on constate que le TAGI s'est déposé dans un milieu fluvial.

1.5-Description et interprétation de faciès puits RN-105 :

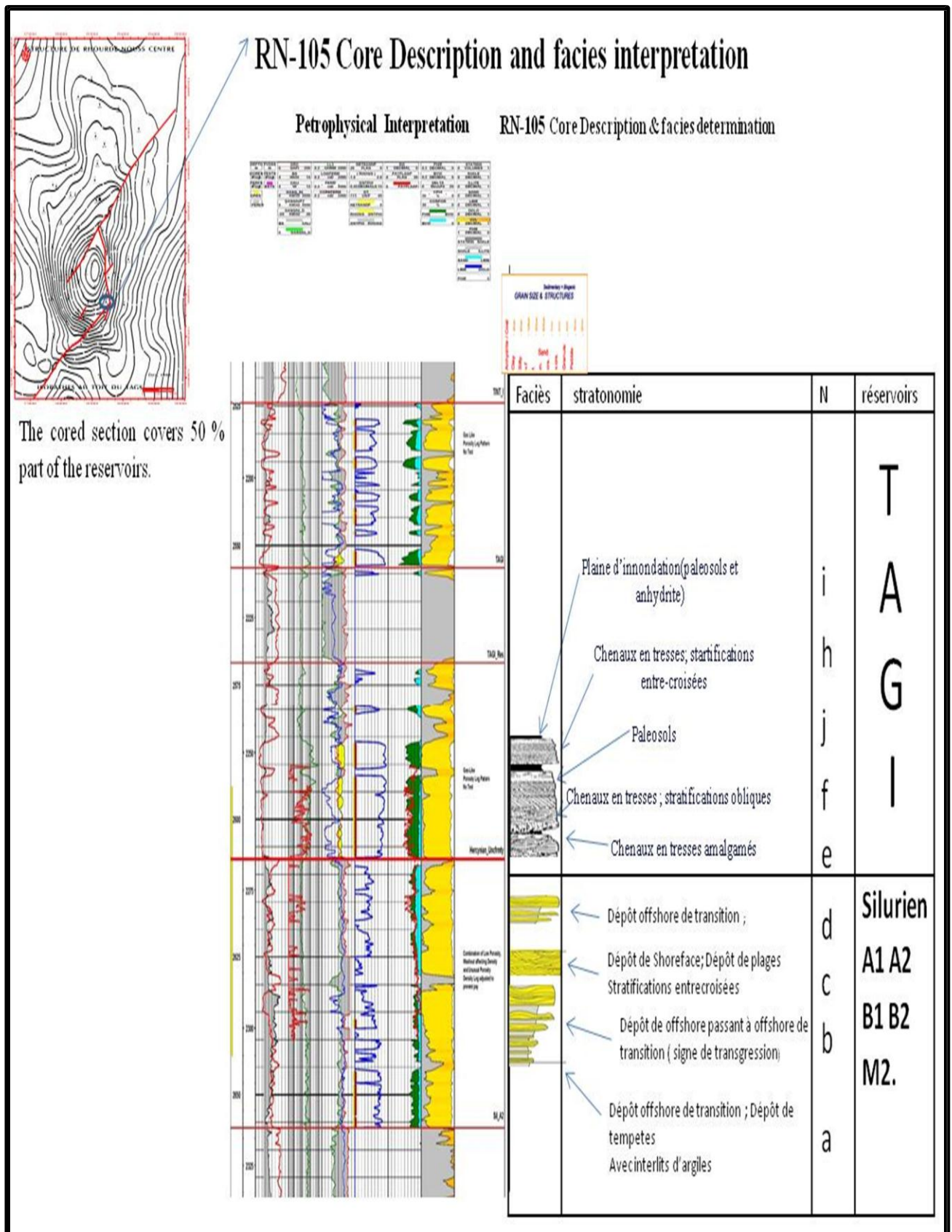


Figure II.21: Description et interprétation de faciès puits RN-105

Dépôts du Silurien :

- a)- Commence par des argiles et grés à Stratifications entrecroisées. Dépôts offshore de transition, dépôts de tempêtes à interlite d'argiles, marquant une transgression marine.
- b)- Grés à stratifications entrecroisées intercalés par des argiles. Dépôts offshore passant à offshore de transition, c'est un signe de transgression marine.
- c)- On a des grés à stratifications entrecroisées, c'est des dépôts de Shoreface, dépôts de plage. Nous avons à faire une régression marine.
- d)- Dépôts offshore de transition signe d'une transgression marine.

Le silurien s'est déposé dans un milieu marin.

Dépôts du TAGI :

- e)- Chenaux en tresses amalgamées, grés à stratifications entrecroisées, à la base le puits se trouve au milieu de chenal, au sommet on a des grés à stratifications obliques donc on distingue que le puits est à la préférré de chenal.
- f)- Chenaux en tresses, stratifications entrecroisées, le puits se situe à la préférré de chenal.
- j)- On a un paléosol qui s'est installé marquant un arrêt de sédimentation, nous sommes dans une situation de discontinuité.
- h)- Chenaux en tresses, à stratifications entrecroisées, le puits se situe au centre de chenal.
- i)- Plaine d'inondation (paléosol et anhydrite), arrêt de sédimentation, installation d'un paléosol (présence d'une discontinuité).

D'après ces résultats on constate que le TAGI s'est déposé dans un milieu fluviatile.

1.6-Description et interprétation de faciès puits RNA-107

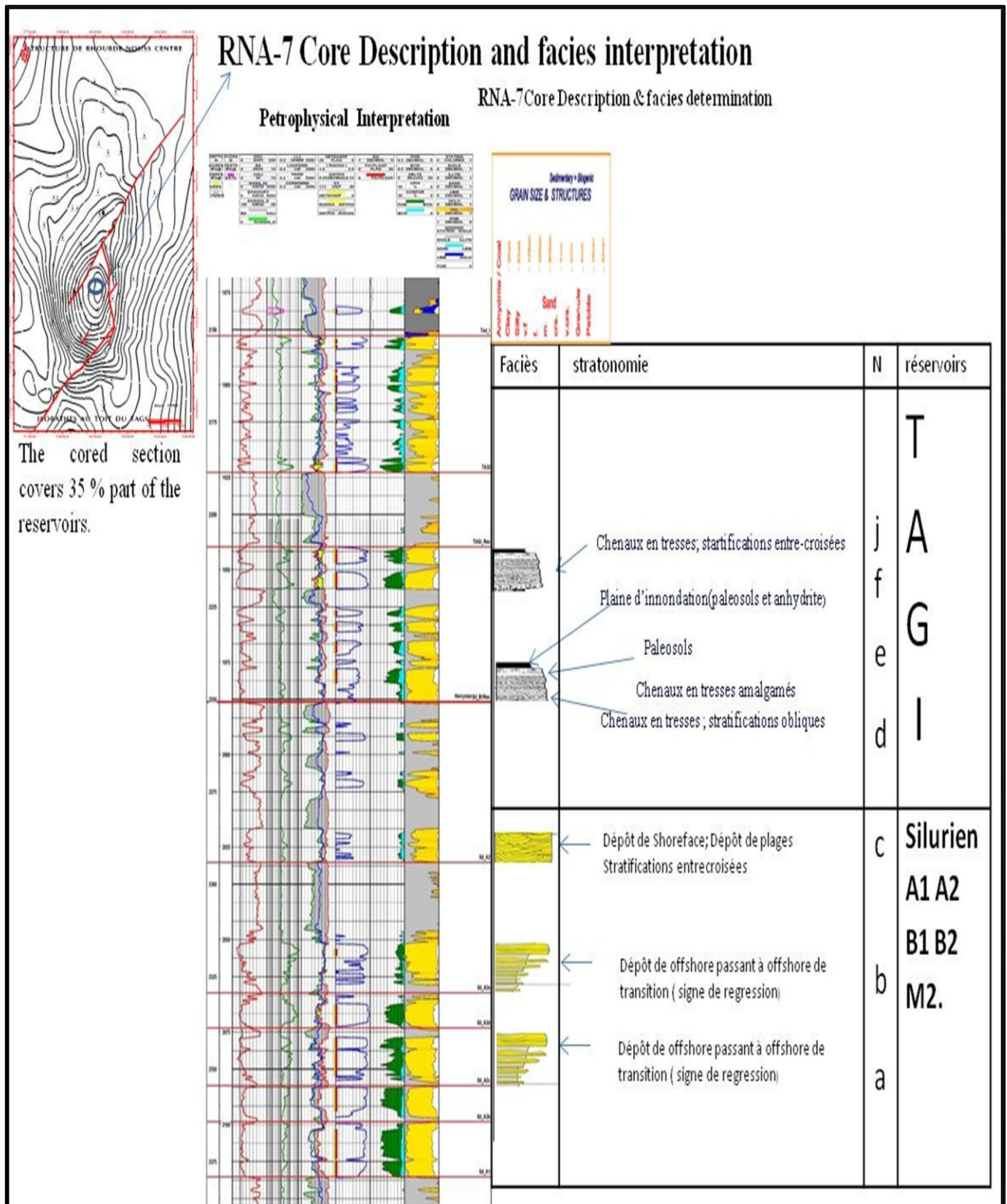


Figure II.22: Description et interprétation de faciès puits RNA-107

Dépôts du Silurien :

a et b)-Dépôt offshore passant à offshore de transition (signe de régression). La séquence commence par des argiles à la base et des grès à stratifications entrecroisées au sommet (signe de régression marine.)

c)-Dépôt de Shoreface, dépôt de plages, stratifications entrecroisées. La séquence commence par des argiles et se termine par des argiles et des grès à stratifications entrecroisées au milieu, on a une séquence transgressive. Ceci montre que le silurien est marin.

Dépôts du TAGI :

d) - Chenaux en tresses, grès à stratifications obliques, le puits est toujours à la périphérie du chenal.

- Chenaux en tresses amalgamées: la séquence présente des stratifications entrecroisées à la base et obliques au sommet, le recreusement des chenaux témoigne que le puits est au centre du chenal à la base, et au sommet il est au levé du chenal.

e) - On a un paléosol qui est installé et témoigne d'une période d'aridité et assèchement du fleuve, donc on a une discontinuité importante.

f) - Plaine d'inondation (paléosol et anhydrite).

j) - Chenaux en tresses, on a des stratifications entrecroisées (forte énergie), nous sommes toujours au milieu de chenal.

D'après ces résultats, nous concluons que le TAGI s'est probablement déposé dans un milieu fluviatile.

III.2.-Description des photos de carottes des puits RN-102, RN-103, dépôts TAGI :

L'étude des puits verticaux carottés RN102 et RN-103, nous a permis d'observer différentes figures et structures sédimentaires qui seront utiles pour reconstituer les milieux de dépôts du TAGI.

les profondeurs du puits RN-102 sont entre 2275-2280 m et 2300-2305 m.
Et dans le puits RN-103 sont entre 2300-2310m et 2320-2325m.

III.2.1-Description de la lithologie :**2.1.1-Trias Intermédiaire I :**

Ce réservoir isolé du précédent, par les argiles du Trias Argileux Moyen épaisses d'une quarantaine de mètres, est constitué de grès fins à très fins à ciment argileux et d'argiles silteuses.

L'étude Sédimentologique et diagénétique montre que ces grès se présentent sous la forme de corps chenalisés lenticulaires (résultant d'un système fluviatile anastomosé).

Ces chenaux, d'une épaisseur plurimétrique, présentent une extension latérale limitée (inférieur à 1 km). De nombreuses communications entre ces différents corps doivent exister mais elles sont certainement de mauvaise qualité et la présence de lentilles gréseuses isolées n'est pas à exclure.

2.1.2-Trias Argilo-Gréseux Inférieur :

Ce réservoir est constitué par des grès chenalisés de même type que ceux du TINT I. II Repose sur la discordance hercynienne et sa continuité semble mieux assurée que pour le TINT I.

III.2.2-Descriptions de carottes :**2.2.1-Les structures sédimentaires :**

Les structures sédimentaires rencontrées dans les faciès carottés dans les formations TAGI que nous avons pu répertorier sont :

2.2.1.1- Les structures sédimentaires liées à l'action des courants :

Nous avons observé de bas en haut la présence de stratification oblique à 2305m de profondeur, qui indique un milieu de dépôts fluviatiles au levé du chenal, puis viennent des stratifications entrecroisées à 2280m, ces dernières caractérisent un milieu fluviatile au centre du chenal.(fig 23. et fig II 24).

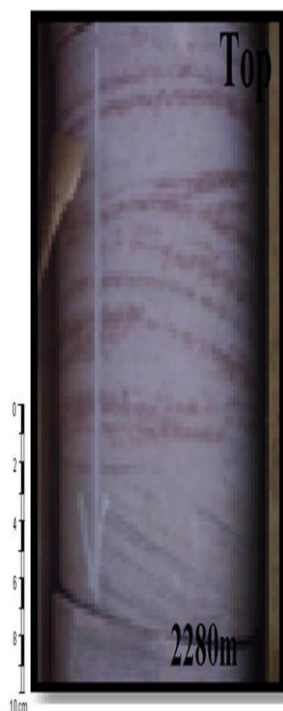


Figure II.23: Echantillon de carotte montrant des grés à stratifications entrecroisées dans le puits RN-102.

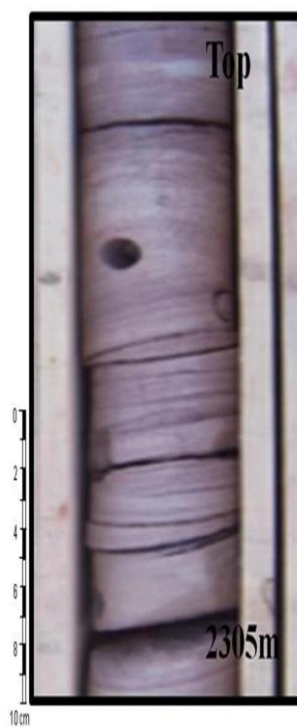


Figure II.24: Echantillon de carotte montrant des grés à stratifications obliques dans le puits RN-102.

2.2.1.2-Structures sédimentaires liée à la pédogenèse :

Nous avons observé des traces d'un paléosol avec une couleur rougeâtre (due à l'oxydation) au niveau du puits RN-103 à une profondeur de 2310m, qui témoigne d'une période d'aridité et assèchement du fleuve, arrêt de sédimentation marquant une discontinuité.(II.25).

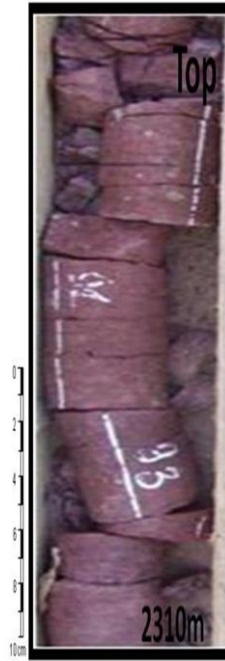


Figure II.25: Echantillon de carotte montrant des traces d'un paléosol dans le TAGI dans le puits RN-103.



Figure II.26: Echantillon de carotte montrant des traces d'un paléosol (plein d'inondation) dans le TAGI dans le puits RN-103.

III.3-Paléogéographie des réservoirs :

- Dépôts TAGI, TINT1 :

Dans cet environnement s'observent des chenaux de un à quelques mètres d'épaisseur. L'imbrication de ces différents chenaux aboutit à une architecture complexe, accentuée par la prédominance des phénomènes d'avulsion (changement brutal du cours de la rivière) qui interrompent l'accrétion latérale des chenaux par migration (déplacement progressif du cours de la rivière par érosion latérale des berges).

L'extension latérale des corps gréseux réservoirs dans ce contexte est d'ordre pluri-hectométrique à kilométrique, ce qui rend la prévision des réservoirs difficile en raison de la distance entre les forages

Par ailleurs, compte-tenu de l'important développement des faciès pélitiques et argileux de la plaine d'inondation, les communications entre les différents réservoirs sont mauvaises.

Les épaisseurs des horizons qui se modifient, et le contact grès sur grès qui fait en sorte que parfois ils sont en contact vertical, ces derniers reposent sur la discordance hercynienne. (Fig II.27)

Au TAGI et TINT I le réseau fluvial se présente avec une dominance de type anastomosée. La distribution spatiale des faciès permet d'interpréter ces dépôts comme mis en place par un réseau fluvial de type anastomosé à méandrique. (figII.28).

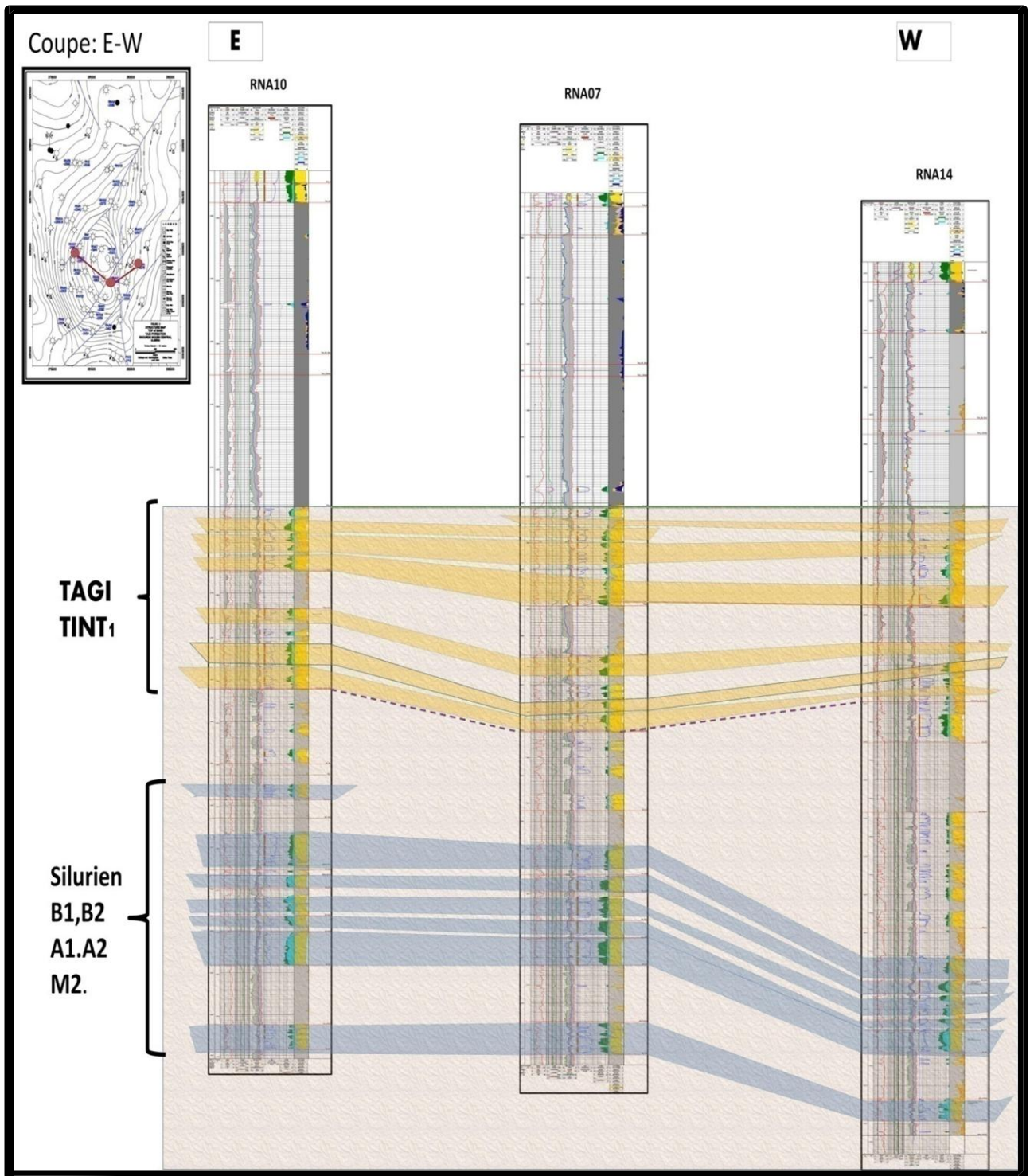


Figure II.27: Coupe E-W montrant la distribution des chenaux de réservoirs TAGI.TINT1 dans la région de Rhourde Nous centre.

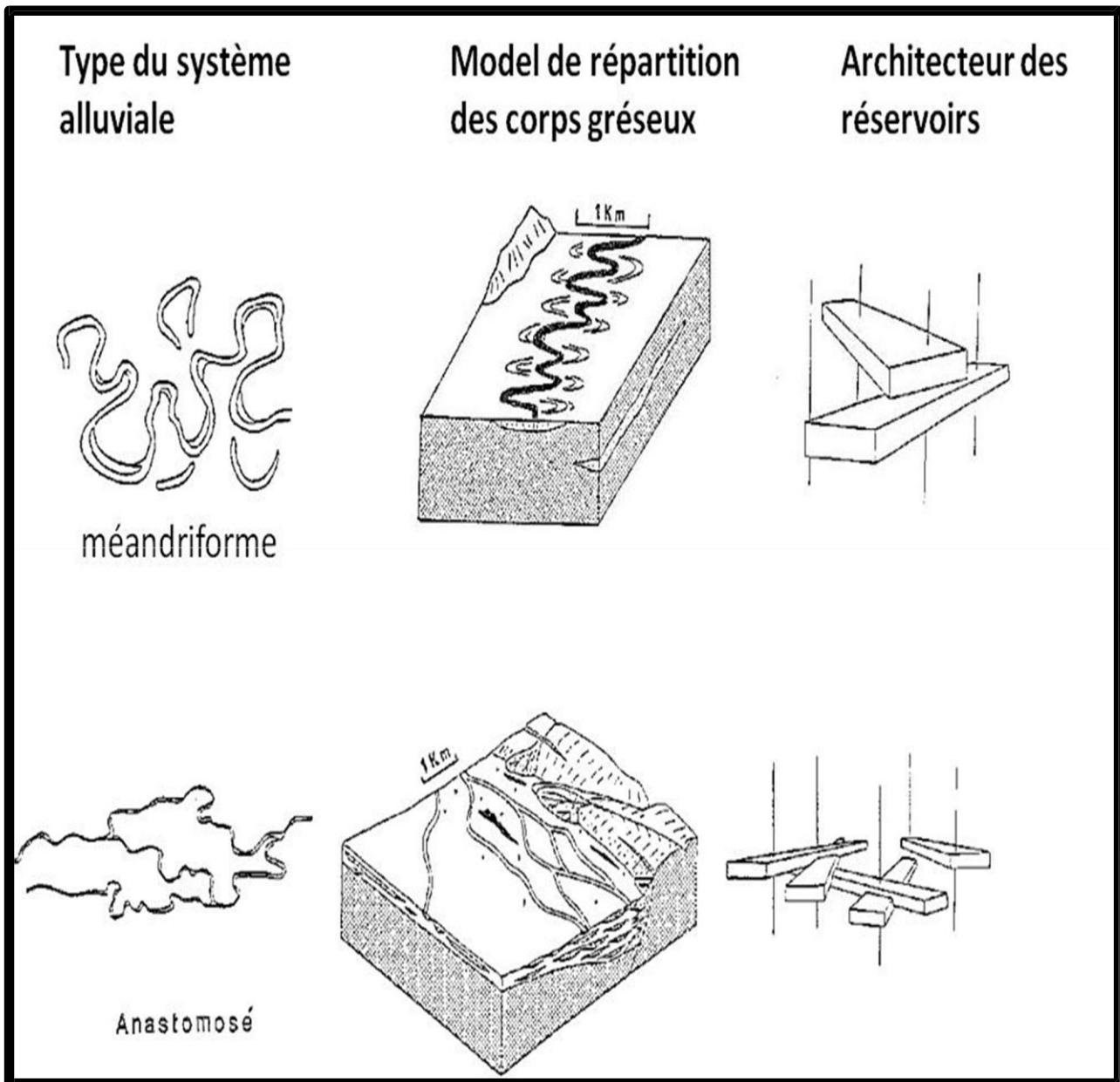


Figure II.28: Environnement de dépôts et architecteurs de réservoirs TAGI et TINT1 dans la région Rhourde Nous (document Sonatrach Beicip 1990).

Les dépôts siluriens :

Les réservoirs du Silurien correspondent à des dépôts de transition passant du Shoreface à l'offshore transition au Shoreface distal Se forme d'une barres sableuses de plate-forme marine, et présentent des extensions latérales relativement bonnes, elles sont cependant tronquées régionalement par érosion sous la Discordance Hercynienne et de ce fait partiellement ou même, localement totalement absents. (Figure II30, II31)

Si la Discordance Hercynienne est responsable de l'absence de certains réservoirs, elle joue par contre un rôle favorable quant à la communication entre les différents réservoirs du Silurien et du Trias (TAGI-TINTI).

La coupe ci-dessous montre le biseautage des dépôts siluriens vers le SE et un approfondissement du bassin vers le NW, peut être une subsidence de charge qui témoigne par l'amincissement des bancs du siluriens vers la base.

Donc le fond du bassin probablement se trouve vers le NW. (Figure II.29)

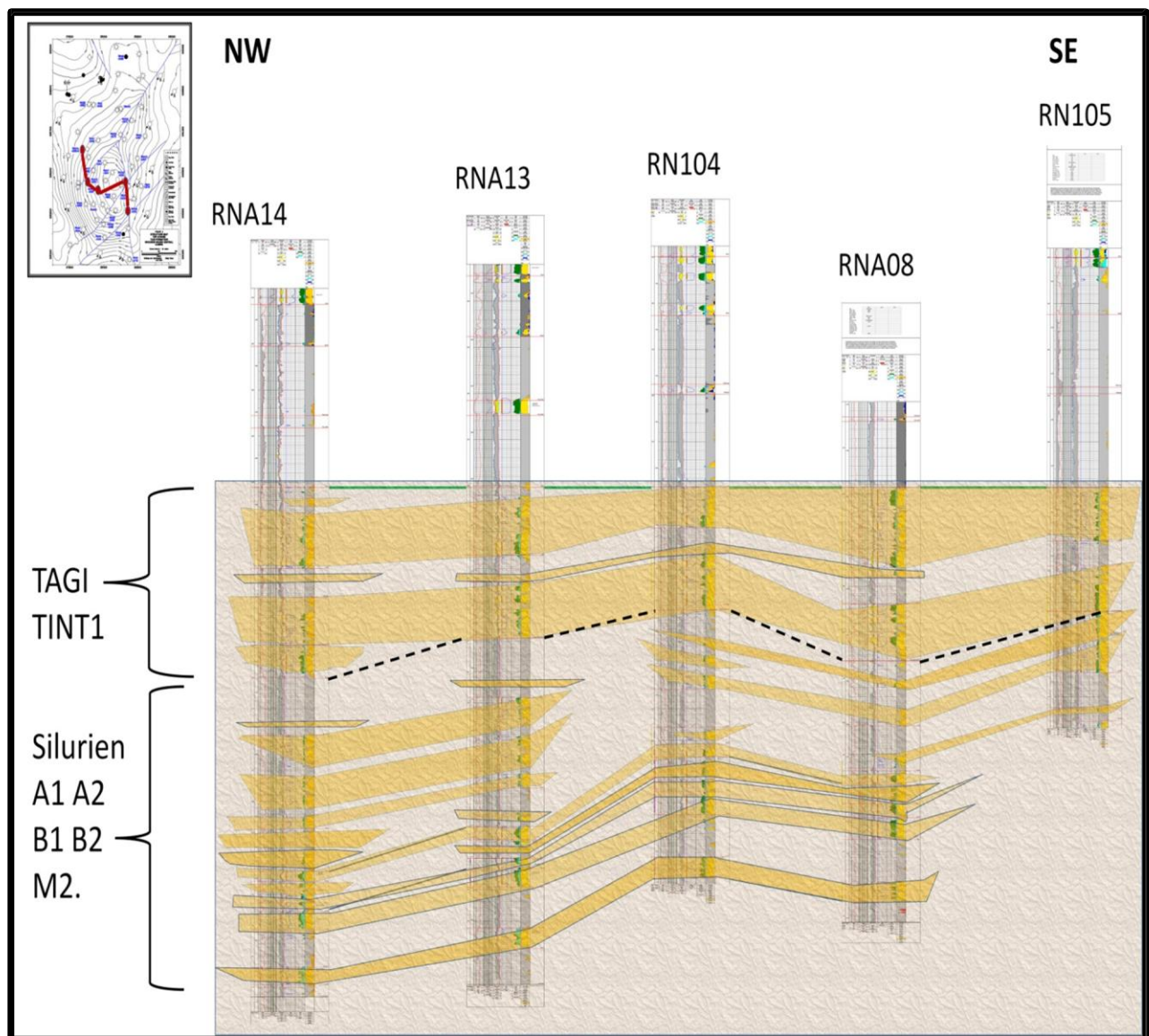


Figure II.29: La Coupe NW-SE montre le biseautage des dépôts siluriens vers SE.

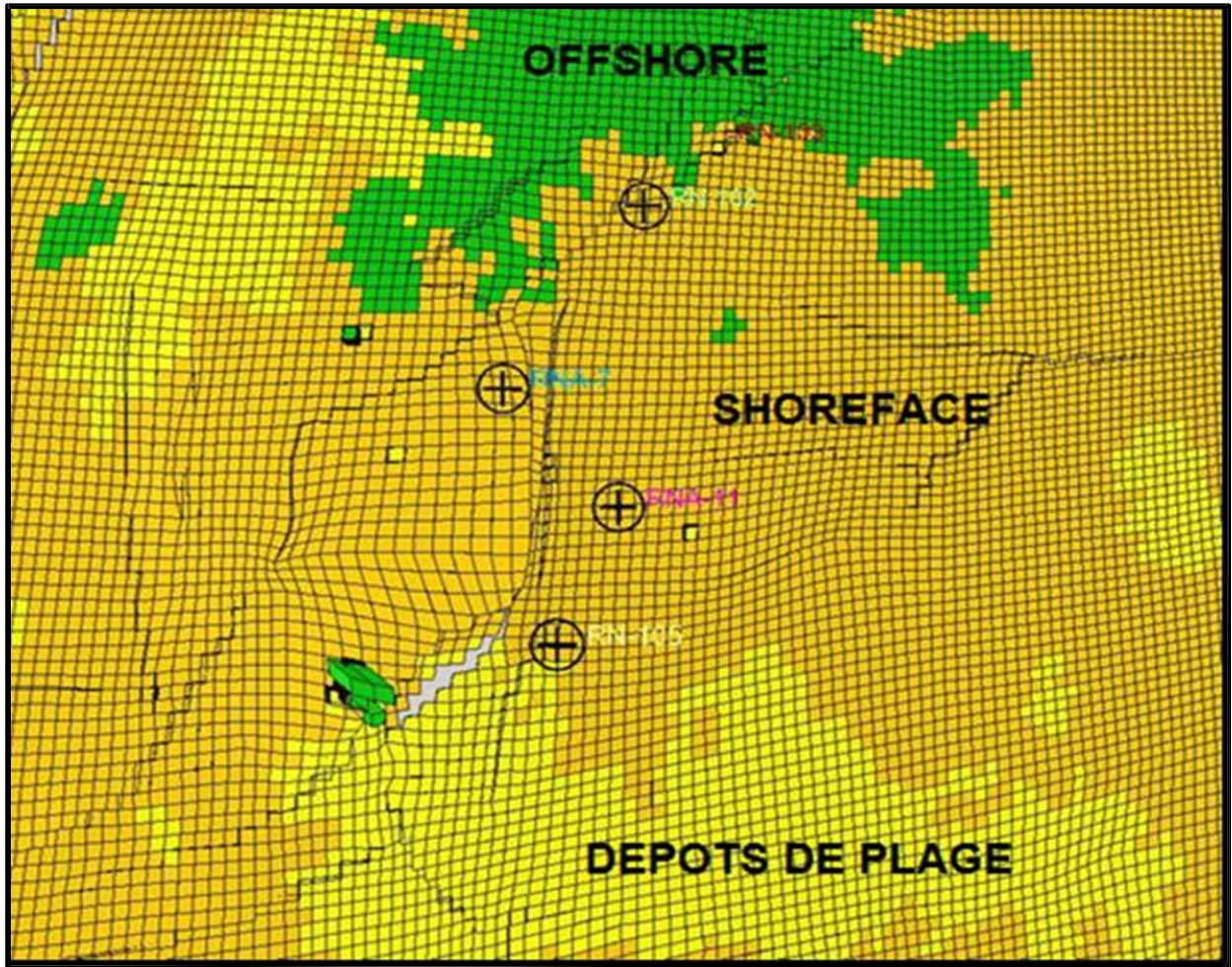


Figure II.30: modèle des formations Silurien A1, A2 dans la région Rhourde Nous.

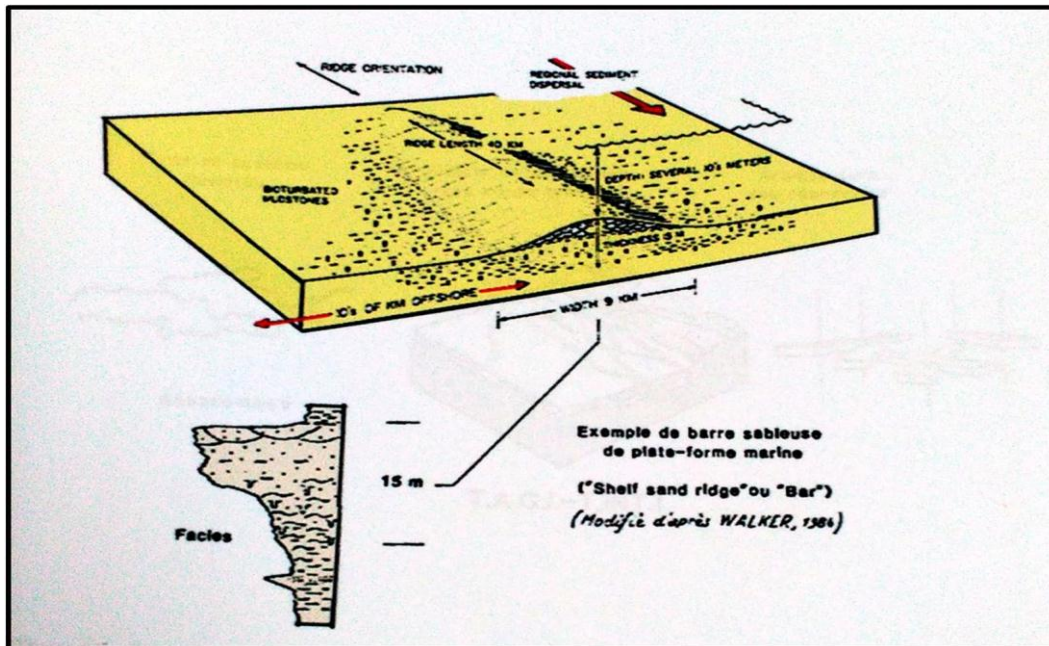


Figure II.31: Modèle Sédimentologique formée d'une barre sableuse, (document Sonatrach, beicip, 1990).

III.4-Conclusion :

D'après l'interprétation de faciès et l'analyse macroscopique des carottes, il s'est avéré que les formations Siluriennes et TAGI TINT1se sont déposées dans deux milieux différents.

Les dépôts siluriens sont des dépôts de barre sableuse de plateforme marine, de nature grés quartzitique fin à moyen et d'argiles grés-noir indurées, silteuses et micacées et des grés fins à moyens bien consolidés. Les dépôts TAGI et TINT1 sont des dépôts fluviatiles avec une dominance de type anastomosé et de nature grés chenalisée.

IV -Etude microscopique diagénétique basée sur les lames minces de l'infra TAGS :**IV.1. Introduction :**

L'étude microscopique est basée sur l'analyse des lames minces confectionnées à partir des carottes des puits provenant des réservoirs de l'infra-TAGS dans la région Rhourde Nous, cette démarche consiste à étayer les observations macroscopiques et apporter d'autres précisions microscopiques et décrivant les différents éléments et en déterminant d'autres paramètres tels que diagénétique et l'évolution de la porosité.

VI.2-Définition de la diagenèse :

La diagenèse inclut toutes les modifications physiques et chimiques qui se produisent dans un sédiment après son dépôt et avant le métamorphisme. La limite diagenèse métamorphisme est arbitraire. L'évolution diagénétique permet de maintenir la composition et les conditions physiques des sédiments en équilibre avec le champ de contraintes extérieures. Le produit final possédera une texture et une composition qui dépendra de la provenance des matériaux mais aussi de leur évolution post-dépôt (Cojan et Renard, 2006).

IV.3-Les principaux mécanismes de la diagenèse :

De nombreux paramètres impliqués dans les transformations diagénétiques, résultent de la grande diversité et complexité des évolutions observées. On peut distinguer les processus suivants :

- L'activité bactérienne essentiellement limitée à la diagenèse précoce.
- Les mécanismes physiques, dominants dans les premiers stades de la compaction.
- Les transformations chimiques qui traduisent les interactions entre les fluides interstitiels et les particules.

3.1.1- La compaction

Le tassement d'une couche sédimentaire sous l'action du poids des sédiments sus-jacents correspond à la compaction. Ce mécanisme conduit à l'établissement d'un assemblage plus compact des particules par l'expulsion d'une partie de l'eau interstitielle dans les premiers décimètres d'enfouissement, et ensuite par déformation et dissolution des particules.

La compaction comprend donc une première phase au cours de laquelle les mécanismes Physiques dominent (compaction physique) qui se traduit par un réarrangement des particules et une réduction de volume rocheux au détriment des vides originaux, donc par la diminution de la Porosité initiale.

Lorsque les possibilités de réarrangement simple sont épuisées, on observe alors la déformation ou la fragmentation des particules. Les transformations chimiques que sont la dissolution/précipitation (compaction chimique) se développent ensuite.

Les profondeurs auxquelles la compaction mécanique laisse place à la compaction chimique dépendent essentiellement de la granulométrie des sédiments, mais aussi de la composition chimique des particules (Figure II.33).

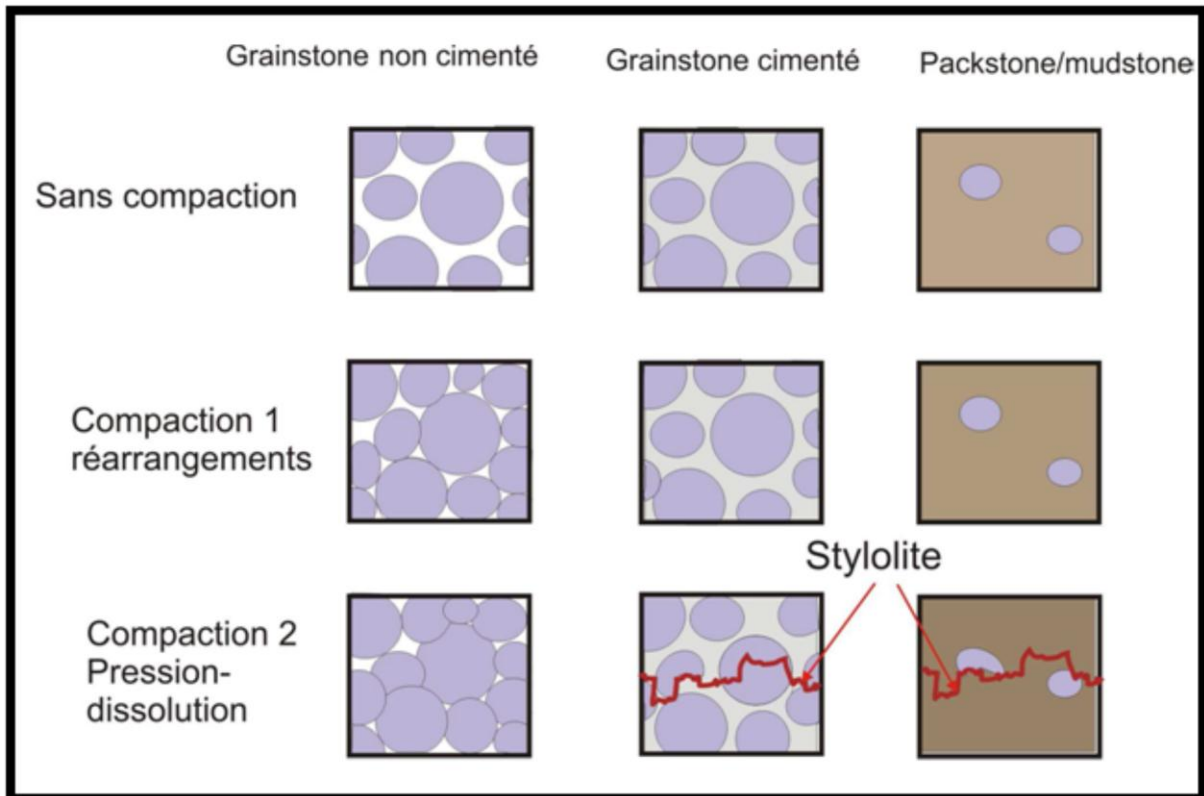


Figure II.32: Schéma montrant la croissance de la compaction avec l'enfouissement (Burley et Worden, 2003).

3.2- La cimentation :

La précipitation correspond à la cristallisation du solide à partir d'une solution aqueuse, elle contribue à la réduction de la porosité par cimentation des pores et à la transformation des sédiments meubles en roches dures.

Les minéraux diagénétiques les plus fréquents sont les carbonates, les silicates, les minéraux Ferrifères. On distingue assez facilement les cristaux secondaires qui se sont développés dans les pores, de ceux dont la croissance s'est faite au détriment d'un matériel préexistant.

Les Inclusions fluides de ces minéraux diagénétiques constituent d'excellents témoins des paramètres de leur milieu de précipitation (température, composition chimique des fluides interstitiels) (Burley et Worden, 2003).

3.3- La dissolution :

La dissolution, par de nombreux aspects, peut être considérée comme la réaction inverse de la Précipitation. Elle contribue largement à la croissance de nouveaux minéraux grâce au renouvellement des éléments en solution.

Les phénomènes de dissolution liés à l'action d'eaux météoriques acides chargées en CO_2 sont particulièrement importants, car ils créent des réseaux poreux secondaires qui peuvent augmenter considérablement le potentiel réservoir d'une roche (Burley et Worden, 2003).

La pression-dissolution conduit à une dissolution sélective sur les points de contact des

Particules soumis à la contrainte maximale. Dans les cas les plus favorables, les effets de la pression dissolution conduisent à une réduction appréciable de la porosité. Les traces laissées par ce type de réaction sont :

- Les interpénétrations des grains. Cet engrenage des grains est la cause première de réduction de la porosité.
- Les stylolithes correspondent à une surface de dissolution formée d'un ensemble de Colonnettes.

3.4- La recristallisation

Dans ce cas, on n'observe pas de changement dans la composition chimique des minéraux mais, Une évolution, sous les conditions de pression et température données, vers une stabilité plus grande, donc une énergie libre plus faible.

L'exemple le plus connu est celui de la recristallisation de la silice. L'opale, forme amorphe de la silice constitue le premier précipité qui se transforme en opale et enfin en quartz, allant vers une plus grande stabilité (Burley et Worden, 2003).

3.5- La transformation

C'est le résultat du remplacement d'un minéral par son polymorphe. Le cas le plus fréquent est celui de l'aragonite qui se transforme en calcite (Burley et Worden , 2003).

3.6- Le remplacement minéralogique (épigénèse)

C'est le processus par lequel un nouveau minéral prend la place d'un autre (Figure II.34.b). La dolomitisation, la pyritisation et la silicification appartiennent à cette catégorie, à laquelle se rattache également la transformation du gypse en anhydrite et de la smectite en illite (Burley et Worden, 2003).

3.7- Les fluides

Ils jouent un rôle important dans toutes ces réactions. Les fluides immobiles réagissent avec les minéraux dans un système fermé. L'évolution de leur composition est directement fonction des transformations diagénétiques. Au contraire, les écoulements fluides permettent un renouvellement des réactifs mais entraînent également les produits de la réaction. Dans ce Système ouvert, la composition des fluides ne reflète pas directement l'évolutionDiagénétique (Burley et Worden ; 2003).

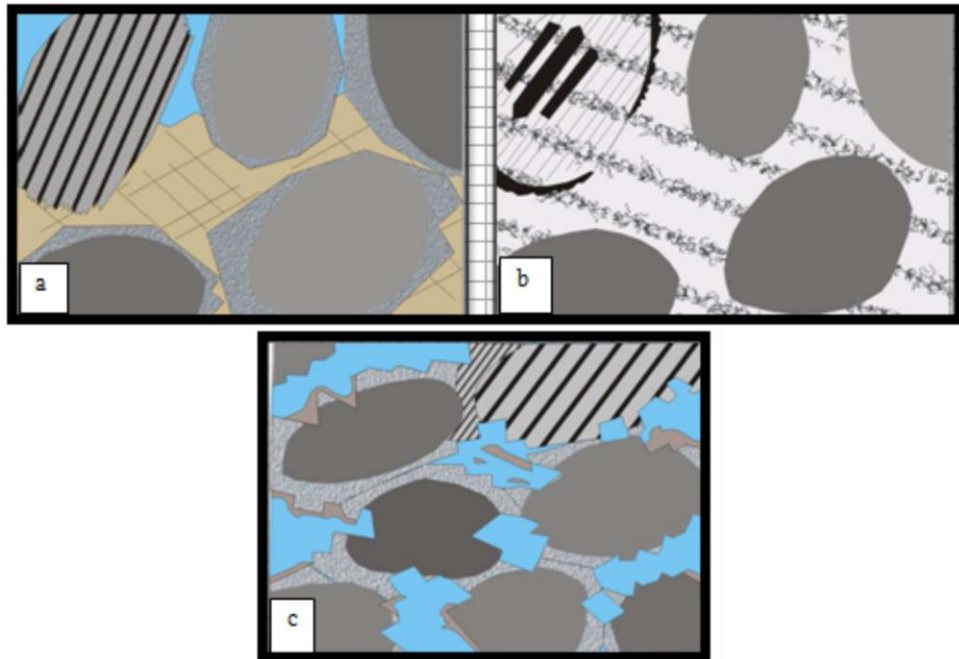


Figure II.33 : Schéma montrant les différents mécanismes de diagenèse (Burly et Worden, 2003).

IV.4-Notion de matrice

D'après O. SERRA (1979), il existe trois types de matrice :

- Matrice simple: les éléments et le ciment reliant sont constitués du même minéral (calcite, Quartz, etc.).
- Matrice complexe: les éléments ont une composition minéralogique variable ou le ciment est de nature différente (exemple: grès à ciment calcaires).
- Matrice propre: quand elle ne contient pas des argiles.

4.1- Notion de porosité :

La porosité (Φ) est la fraction du volume de la formation qui n'est pas occupée par les éléments solides. Représentée souvent en %, elle peut être primaire ou secondaire. Par ailleurs, dans l'interprétation de la diagraphie. Nous notons :

- Porosité intergranulaire :

Il s'agit de la porosité présente entre les éléments figurés de la roche, généralement, elle correspond aux espaces poreux non occlus par la cimentation siliceuse. Ces pores sont généralement bien connectés (Figure II.34).

- Porosité de dissolution :

Il s'agit le plus souvent de macroporosité obtenue par dissolution, la matière dissoute pouvant être de la calcite ou de la dolomite ou encore des évaporites... Généralement, la porosité de dissolution est comblée par la croissance des cimentations, mais parfois elle est partiellement ou totalement conservée. Ce type dépend du taux de dissolution et de la circulation des fluides qui déstabilisent les ciments du sédiment (Figure II.34. a).

- Porosité de fracture

Porosité secondaire ou tardive, les microfractures seront très importantes dans les altérations en œuvre. Dans certains niveaux, des microfractures se sont formées, leur porosité est généralement obturée par de la calcite ou l'anhydrite (Figure II.34. b).

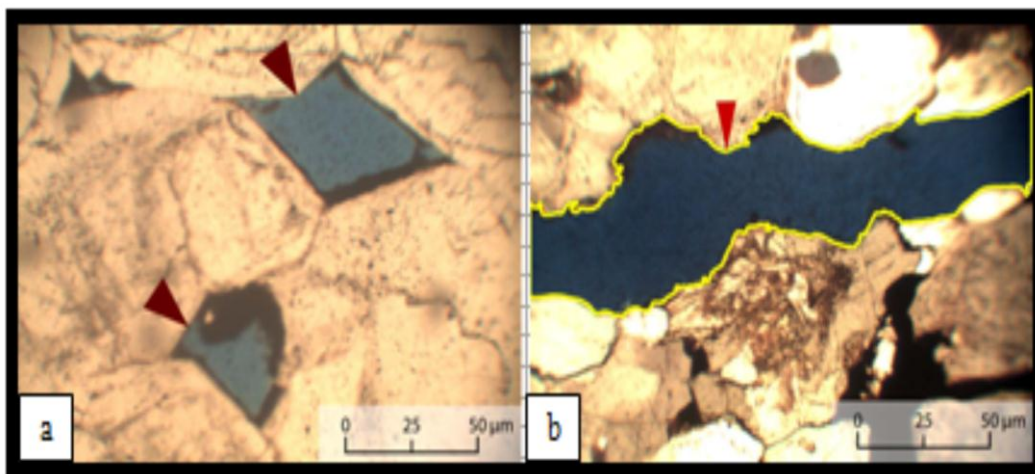


Figure II.34-a.b : Observation de lames minces en lumière naturelle des différents types de porosité (in M.Hachmaoui, 2014).

IV.5-Séquence diagénétique et évolution de la porosité :

5.1 Etude microscopique des grès réservoirs du Silurien A1-A2 :

Le microfaciès type des grès réservoirs du Silurien A1-A2 représenté par une quartzarénite mature, à grain fin, voire fin à moyen, subanguleux à subarrondi.

Les principaux éléments figurés sont :

- Quartz, uniquement monocristallin,
- Rares micas (biotite et muscovite),
- Quelques minéraux lourds (zircon, tourmaline ...),
- Quelques lithoclastes d'argile silteuse à quartz anguleux,
- Oolithes "chloriteuses" bien développées ou grains de quartz à fin cortex "chloriteux", présents seulement dans quelques échantillons,
- rare matière opaque brune en petits lits, films ou grains correspondant à une association argile, matière organique (bitumes, pyrobitumes..) et parfois pyrite (ex. RN 12 : 3058 m).

5.1.1 Séquence diagénétique :

L'observation microscopique des grès du Silurien A1-A2 a permis d'établir une séquence diagénétique correspondant à la succession de différentes phases de cimentation.

Les divers types de ciments recensés sont présents dans pratiquement tous les échantillons mais en proportions parfois très différentes.

Les principales phases de cimentation semblent se superposer de la façon suivante :

5.1.2 Phase de cimentation carbonatée précoce liée à des phénomènes synsédimentaires :

Le ciment carbonaté peut avoir comme origine un remaniement de carbonates d'origine biologique ou un dépôt de débris d'organismes (algues..) dans un sédiment gréseux, Ces carbonates d'origine synsédimentaire pourraient avoir une incidence sur les phases de cimentation ultérieures.

En effet, il serait possible d'envisager la dissolution partielle, la remobilisation, puis la précipitation de ces carbonates lors d'une cimentation tardive.

5.1.2.1- Première phase de "clay-coating" (Photo 1).

Un film argileux brun d'origine précoce est observé autour des grains de quartz, il correspond vraisemblablement à un film de matrice argileuse recristallisée.

5.1.2.2- Nourrissage des grains de quartz (Photos 1 à 4)

Les accroissements de silice autour des grains de quartz sont observés dans pratiquement tous les échantillons mais à des stades plus ou moins avancés. Ce ciment siliceux peut avoir à la fois un rôle positif dans la conservation de la porosité primaire en structurant le sédiment et en le protégeant ainsi de la compaction, et un rôle négatif en réduisant considérablement cette porosité primaire.

Les stades les plus avancés conduisent à la silicification du sédiment et à une destruction pratiquement totale de la porosité primaire (RNA 4 ; 2800,4 m) (Photos 1 à 3).

5.1.2.3- Deuxième phase de Mclay-coatingh (Photos 1 à 4)

Un film argileux brun ou verdâtre postérieur aux accroissements de silice est souvent observé. Ces argiles d'origine diagénétique (illite, kaolinite ou chlorite) peuvent provenir de l'altération d'argiles préexistantes ou de la dégradation de grains détritiques instables. Cet enrobage des grains a un effet négatif sur la porosité et la perméabilité mais peut ainsi protéger le grain de cimentations ultérieures.

5.1.2.4- Ciment sidéritique (Photos 1,2 et 4)

La sidérite apparaît en rhomboèdres isolés ou en larges cristaux pouvant former des taches millimétriques ocre bien visibles macroscopiquement. Cette teinte brune indique une altération partielle en limonite. Dans certains échantillons, les cristaux de sidérite sont organisés comme si ils étaient le résultat de recristallisation de débris d'organismes. Cette hypothèse, qui rejoint l'idée d'une phase de cimentation carbonatée précoce (phase 1) pourrait expliquer la présence quasi constante de ce ciment sidéritique même si souvent il est en faible proportion.

5.1.2.5-Kaolinite (Photos 3 et 4)

Dans les grès réservoirs, la formation de vermicides de kaolinite dans les pores est peu fréquente et devrait avoir peu d'influence sur les porosités et perméabilités, d'autant plus que ces argiles apparaissent comme étant essentiellement issues de l'altération de clastes argileux ou de feldspaths (ex. RNSE 3 : 3025,5 m).

5.1.2.6 - Pyrite

La pyrite apparaît en ciment tardif peu fréquent mais assez constant, soit en plaques millimétriques visibles macroscopiquement, soit en pyritisation partielle des bitumes.

Cette séquence diagénétique, définie par ces 7 phases principales de cimentation a été observée dans la majorité des échantillons. Elle peut cependant apparaître incomplète quand, par exemple, la silicification est très avancée, empêchant toute phase de cimentation ultérieure.

Par contre, elle peut parfois être complétée par des cimentations tardives accessoires (phosphates) ou par des dépôts de bitumes.

5.1.3 Evolution de la porosité :

Les échantillons des grès du Silurien A1-A2 observés en lame mince sont peu à moyennement poreux (maximum **15** %). s'agit essentiellement d'une porosité primaire partiellement détruite par les ciments successifs (Photos 1 et 4). Les phases diagénétique qui semblent avoir le plus d'incidence sur la réduction de la porosité primaire sont :

- 1) les accroissements de silice, 2) le ciment sidéritique, et 3) les "clay-coating".

Une porosité d'origine secondaire, correspondant à la dissolution de grains détritiques (feldspaths) est fréquemment observée mais ne correspond généralement qu'à un très faible

pourcentage de la porosité totale. Cependant, dans les faciès très cimentés et en particulier Silicifiés (RNA 3 ; 2903,6 m), la porosité observée est uniquement une porosité secondaire, la porosité primaire ayant été complètement détruite (Photo 4).

5.2 -Microfaciès des réservoirs infra-TAGS (TINT1, TAGD) :

Les examens ont porté sur les grès réservoirs échantillonnés dans les séquences de chenal qui s'organisent de la manière suivante :

- Base de séquence : sublithicarenite à grain grossier, moyennement classé.
- Contenant des quartzs polycristallins, des clastes de silts ou de grès fins.

Au-dessus quartzarénites à grain moyen, fin ou très fin, bien à moyennement classé. Les principaux éléments figurés sont :

- Quartz monocristallins dominants, quartz polycristallins rares, pouvant être abondants dans quelques échantillons.
 - Feldspaths potassiques très rares, absents dans la plupart des échantillons ;
 - Quelques minéraux lourds (zircons)
- Localement dans des lits argileux ont été observés des sphérules de sidérite d'origine pédogénétique ou lacustre (pouvant être remaniés dans d'autres échantillons).

5.2.1 Séquence diagénétique :

L'observation des lames minces a permis de déterminer des phases de cimentation et de dissolution organisées en "séquence diagénétique" (figII.36 et fig II.37)

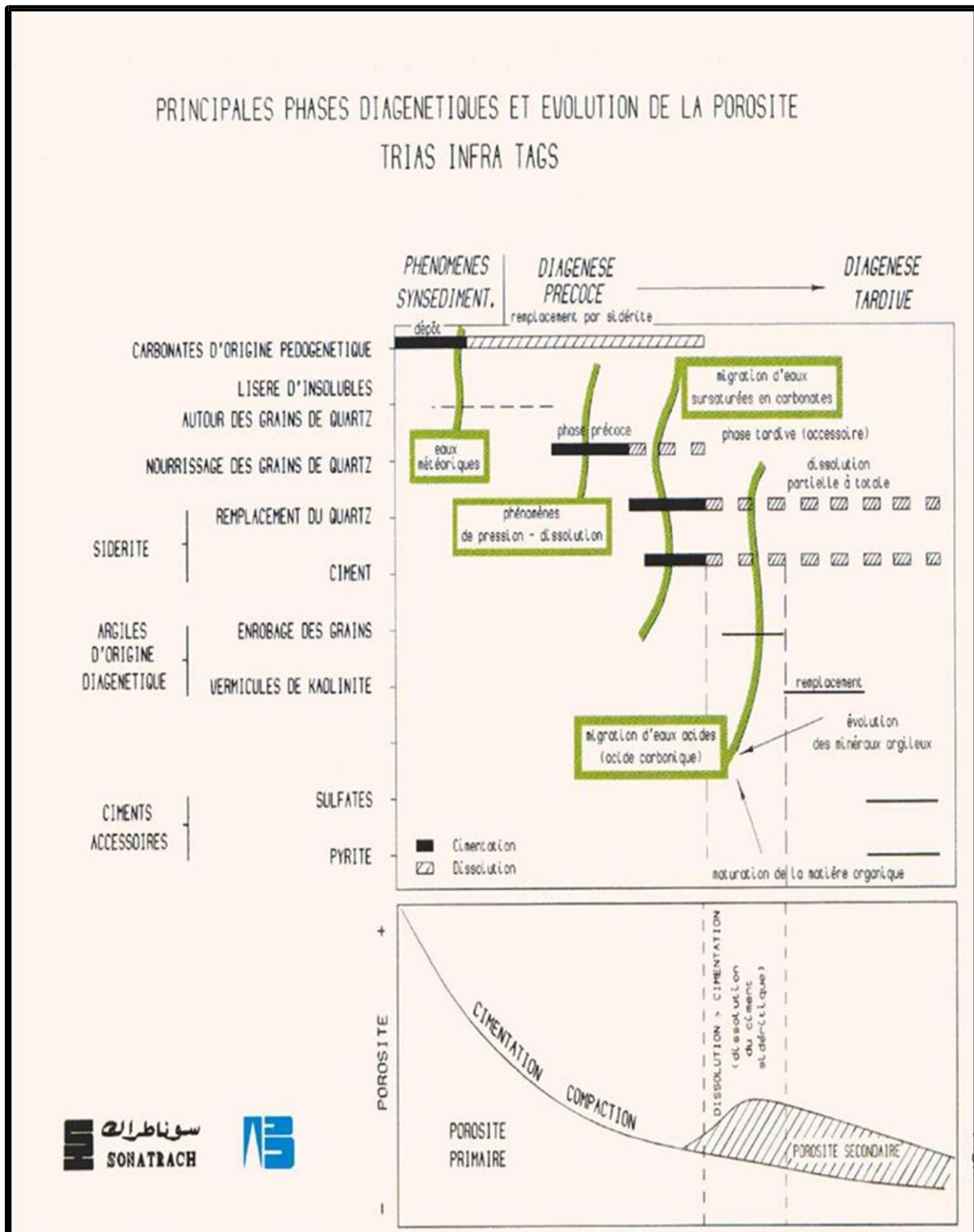


Figure II.35: Principale phase diagénétique et évolution de la porosité infra-TAGS (document Sonatrach, beicip 1990).

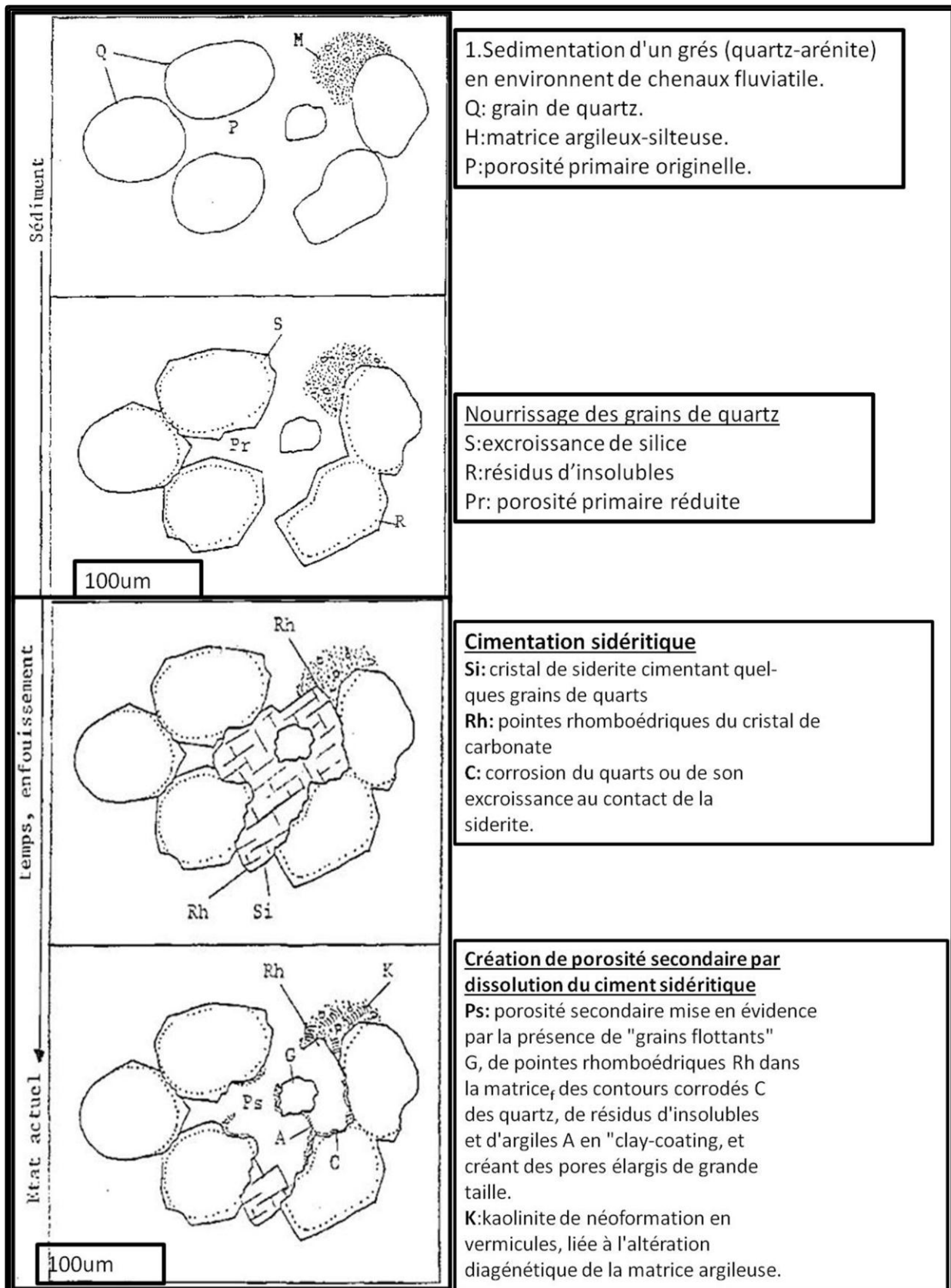


Figure II.36: Principale phase diagénétique et évolution de la porosité trias infra –TAGS (document Sonatrach Beiccup 1990).

5.2.2-La Phase de cimentation carbonatée précoce, liée à des phénomènes syngénétiques.

L'idée de faire intervenir des carbonates très précoces, d'origine pédogénétique, s'appuie sur les arguments suivants :

L'observation de sphérules carbonatées dans des niveaux argileux.

L'observation de sols avec traces de racines à l'échelle de la carotte dans plusieurs puits et des lames minces.

Une forme de cristallisation particulière de la sidérite en sphérules dans plusieurs Échantillons.

Cette phase de cimentation précoce serait un moyen d'expliquer cette présence constante de sidérite dans presque tous les niveaux (bien que souvent en faible quantité).

5.2.2.1-Nourrissage des grains de quartz.

La compaction est à l'origine de phénomènes de pression-dissolution provoquant à la fois la dissolution de quartz (contacts suturés, stylolithes) et le nourrissage des grains (Photo 5).

5.2.2.2-Cimentation sidéritique.

La sidérite apparaît comme étant à la fois un ciment de remplacement du quartz et un ciment colmatant la porosité primaire. La corrosion des grains de quartz par des eaux fortement sursaturées en carbonates est un phénomène classique.

Les accroissements sont corrodés et remplacés, et parfois le grain détritique est atteint (Photo 5). Les contours de ces grains de quartz corrodés sont ainsi caractéristiques avec même parfois des traces de microrhomboides rentrants.

Le ciment sidéritique peut, soit précipiter à partir des solutions en présence, soit remplacer un ciment calcitique précoce déjà en place.

5.2.2.3-Argiles de néoformation (Photo 6).

Les argiles de néoformation sont principalement issues de l'altération diagénétique de la matrice argileuse. Elles se présentent, soit sous la forme de kaolinite en vermicules, soit en "clay-coating" bordant les pores.

Il semble que, dans certains cas, la recristallisation de la matrice argileuse favorise le décollement des grains et soit à l'origine de l'aspect pulvérulent observé sur carottes pour certains grès argileux, suite à leur altération superficielle.

5.2.2.4-Dissolution du ciment sidéritique.

La dissolution de la sidérite est liée à la circulation d'eaux acides, riches en acide carbonique.

Cet acide carbonique peut avoir deux origines : la maturation de la matière organique et l'évolution diagénétique des minéraux argileux.

5.2.2.5-Ciments accessoires :**5.2.2.5.1-Sulfates, pyrite :**

Ces sulfates sont rares. Ils se présentent en larges cristaux cimentant plusieurs grains de quartz. Leur origine peut être en relation avec la migration des eaux saturées en sulfates de calcium provenant des formations sus-jacentes.

Cette séquence diagénétique, est observée dans la majorité des échantillons. Elle peut être parfois complétée par des ciments accessoires (accroissements de silice postérieurs à la dissolution du ciment sidéritique).

5.2.3-Evolution de la porosité :

Le phénomène diagénétique qui semble avoir le plus d'incidence sur la qualité du réseau poreux semble être la précipitation de carbonate (sidérite) (colmatage partiel ou total du réseau poreux primaire) et sa dissolution (création de porosité secondaire).

L'essentiel de la porosité des grès réservoirs pourrait être une porosité d'origine secondaire, due principalement à la dissolution du ciment sidéritique préexistant (Photo 6),

Les nourrissages de grains de quartz ont aussi un rôle important dans l'occlusion de la porosité, surtout dans quelques échantillons où l'engrenage des accroissements aboutit à une véritable silicification.

Les argiles de néoformation occupent un pourcentage peu important du volume total de la roche et doivent avoir peu d'effet sur les porosités. Par contre, un effet négatif sur les perméabilités peut être sensible.

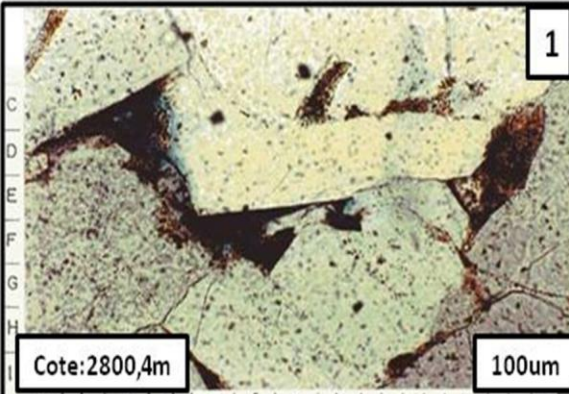
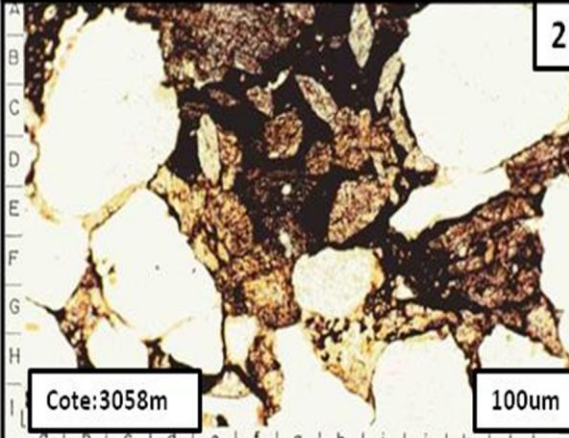
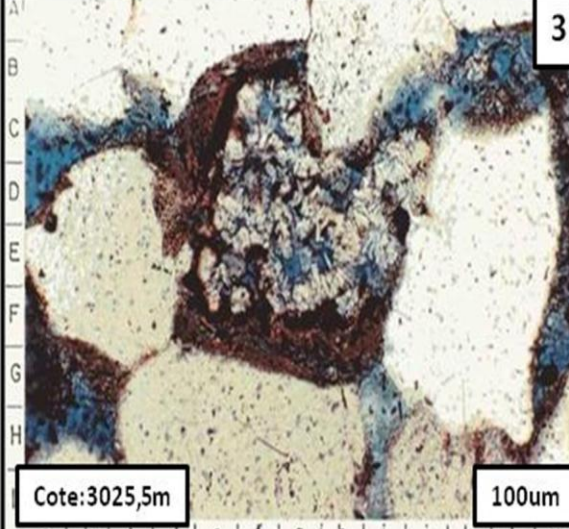
Commentaires.	Photos.
<p>Photo 1 RNA 4 (A2) Faciès : quartz arénite à grain fin, mature, bien classée. Phases diagénétiques : nourrissage des grains de quartz très fréquent (forte cimentation siliceuse), film argileux brun pré et post nourrissage, rares cristaux de sidérite Porosité (résine bleue) : faible, porosité primaire réduite. =5% environ</p>	
<p>Photo 2 RN12 (A2) Faciès : quartzarénite à grain moyen, mature, mal classée. Phases diagénétiques : nourrissage des grains de quartz (Ab), film argileux brun, ciment sidéritique montrant des teintes d'altération en limonite, bitumes associés à des argiles. Porosité : nulle. Analyse géochimique : 6kg/t dont 60 % pyrobitumes.</p>	
<p>Photo 3 RNSE (A2) Faciès : quartzarénite à grain fin, mature, bien classée. Phases diagénétiques : nourrissage des grains de quartz (Ce, Gi), film argileux brun, vermicules de kaolinite (au centre) issues de la dissolution d'un grain de feldspath limité par un résidu d'insolubles. Porosité (résine bleue) : primaire intergranulaire et secondaire (dissolution des grains). = 10 % environ.</p>	

figure II.37: Les principaux phénomènes observés dans les réservoirs infra-Tags..

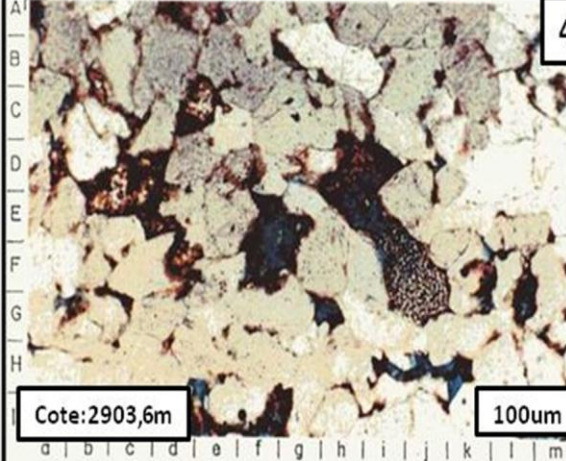
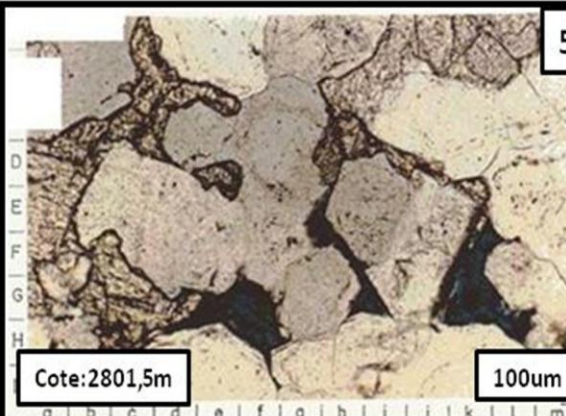
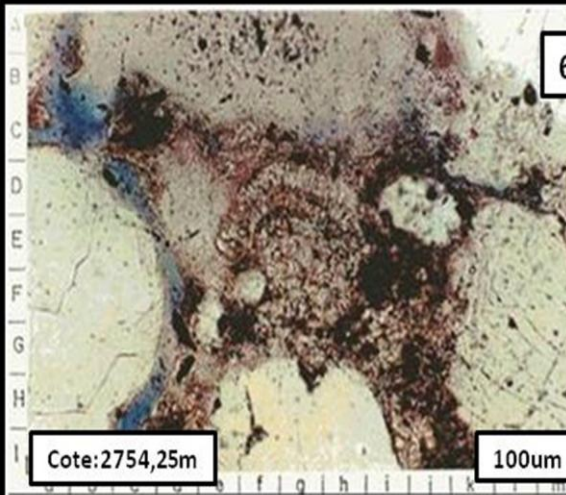
Commentaires.	Photos.
<p>Photo 4 RNA 3 (A2) Faciès : quartz arénite à grain très fin, mature, bien classée. Phases diagénétiques : nourrissage des grains de quartz, film argileux brun, sidérite ; altérée en limonite, kaolinite. Porosité : faible primaire réduite, secondaire par dissolution de grains 0=5%</p>	 <p>4</p> <p>Cote:2903,6m 100um</p>
<p>Photo 5 RN 11 (Tintl) Faciès : quartz arénite à grain fin à moyen, mal classé Phases diagénétiques : nourrissage des grains de quartz, ciment sidéritique, corrodant les grains de quartz Porosité : faible, primaire réduit = 5 à 7 % environ.</p>	 <p>5</p> <p>Cote:2801,5m 100um</p>
<p>Photo 6 RNSE (TAGI) Faciès : quartzarénite à quartzwacke, grain fin, moyennement bien classé. Phase diagenétique: recristallisation partielle de la matrice argileuse en vermicules de kaolinite (centre de la photos) pouvant favorisé le découlement des grains, et être a l'origine de L'aspect pulvérulent de certains grès argileux Analyse DX : kaolinite 75 % Illite 25 % Porosité : très faible</p>	 <p>6</p> <p>Cote:2754,25m 100um</p>

Figure II.38: Les principaux phénomènes observés dans les réservoirs infra-Tags.

5.3- Conclusion :

L'analyse des lames minces et l'évolution de la séquence diagénétique nous mène à constater que les échantillons des grès du Silurien A1-A2, observés en lames minces sont peu à moyennement poreux (maximum **15** %). Il s'agit essentiellement d'une porosité primaire partiellement détruite par les ciments successifs.

Les échantillons du TAGI, TINT1 sont présentés par des ciments accessoires (accroissements de silice postérieurs à la dissolution du ciment sidéritique).

L'essentiel de la porosité des grès réservoirs pourrait être une porosité d'origine secondaire, due principalement à la dissolution du ciment sidéritique préexistant.

C *hapitre*

III

Etude de Réservoirs.

I -Introduction :

Dans ce présent chapitre, nous allons essayer de décrire brièvement les caractéristiques pétrophysiques des réservoirs infra-TAGS à partir des données suivantes :

-Cross plot de la porosité.

-Carte de porosité/perméabilité réalisée à l'aide du logiciel pétrel.

Afin de déterminer le milieu de dépôts, de leurs corrélations ou non et les variations de la porosité/perméabilité.

I.1 Rappel :**1.1 Porosité :**

C'est la capacité d'une roche réservoir à contenir des fluides. C'est le rapport du volume des vides sur le volume total de la roche, elle s'exprime en pourcentage (%).

La formule : $\Phi = V_v/V_T$

Φ : Porosité

V_v : Volume des vides

V_T : Volume total des pores

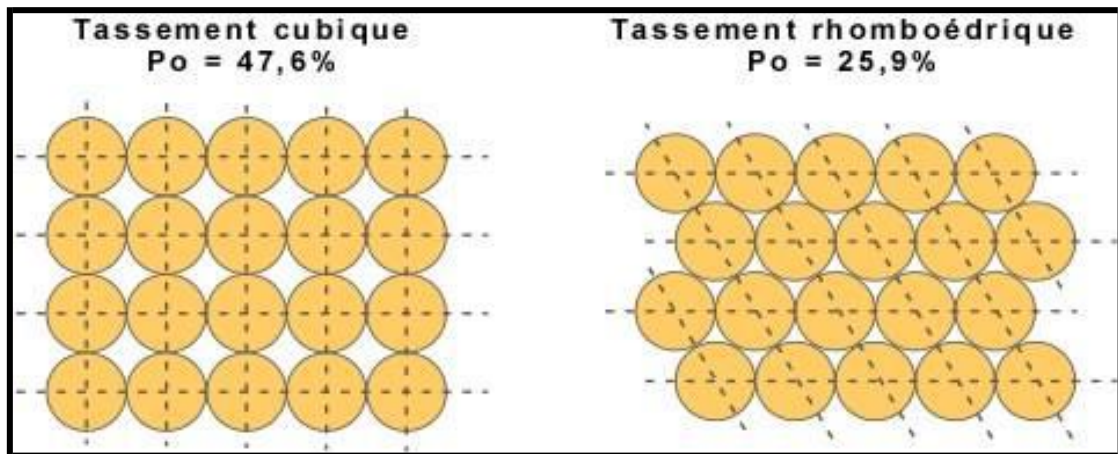


Figure III 1 : La différence de porosité entre un tassement cubique et un tassement rhomboédrique (document INRS centre Eau Terre Environnement).

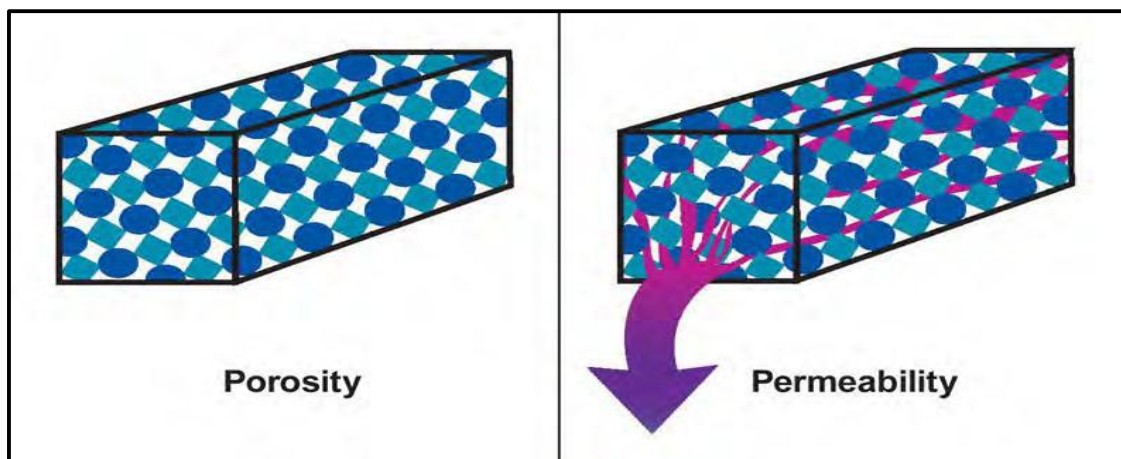


Figure III 2 : relation entre porosité et perméabilité (document INRS, Centre Eau, Terre, Environnement).

Comme on peut distinguer entre une porosité dite « utile » où les pores sont connectés, ce qui permet la circulation des fluides, et une porosité dite « résiduelle » où les vides ne sont pas connectés entre eux.

La porosité est classée comme suit:

Faible : $\Phi < 5\%$
 Médiocre : $5\% < \Phi < 10\%$
 Moyenne : $10\% < \Phi < 20\%$
 Bonne : $20\% < \Phi < 30\%$
 Très bonne : $\Phi > 30\%$

1.2. Perméabilité :

C'est la capacité d'une roche à laisser circuler les fluides à travers ses pores. La perméabilité (K) est le coefficient de proportionnalité qui relie le débit (Q) d'un fluide de viscosité (μ) qui passe à travers une section (S) de roche et de longueur (dl) à la chute de pression (dP) nécessaire à son passage .

Telle que $Q = K (S.dP / \mu.dl)$.

L'unité de mesure utilisée en pratique est le milliDarcy (mD).

Très faible : $K < 1$ md
 Faible : $1 < K < 10$ md
 Médiocre : $10 < K < 50$ md
 Moyenne : $50 < K < 200$ md
 Bonne : $200 < K < 500$ md
 Excellente : $K > 500$ md

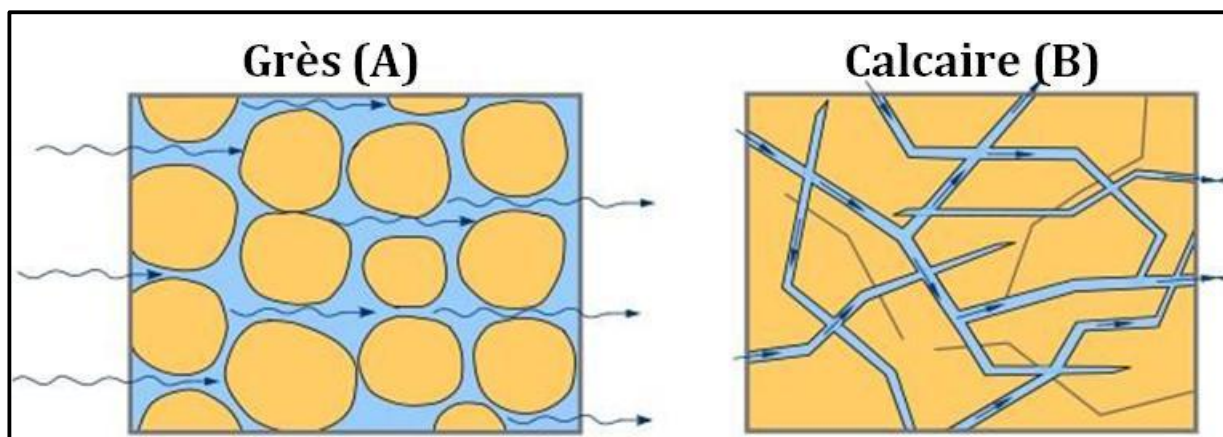


Figure III 3 : Les différentes perméabilités selon le type de roche.

A : Perméabilité inter particulaire.

B : Perméabilité de fractures.(Document INRS Centre Eau, Terre, Environnement)

II.1-Liste des puits étudiés :

Les puits sélectionnés pour cette étude ont été choisis sur la base de la disponibilité des données. Ils sont mis en évidence sur la carte ci-dessous.

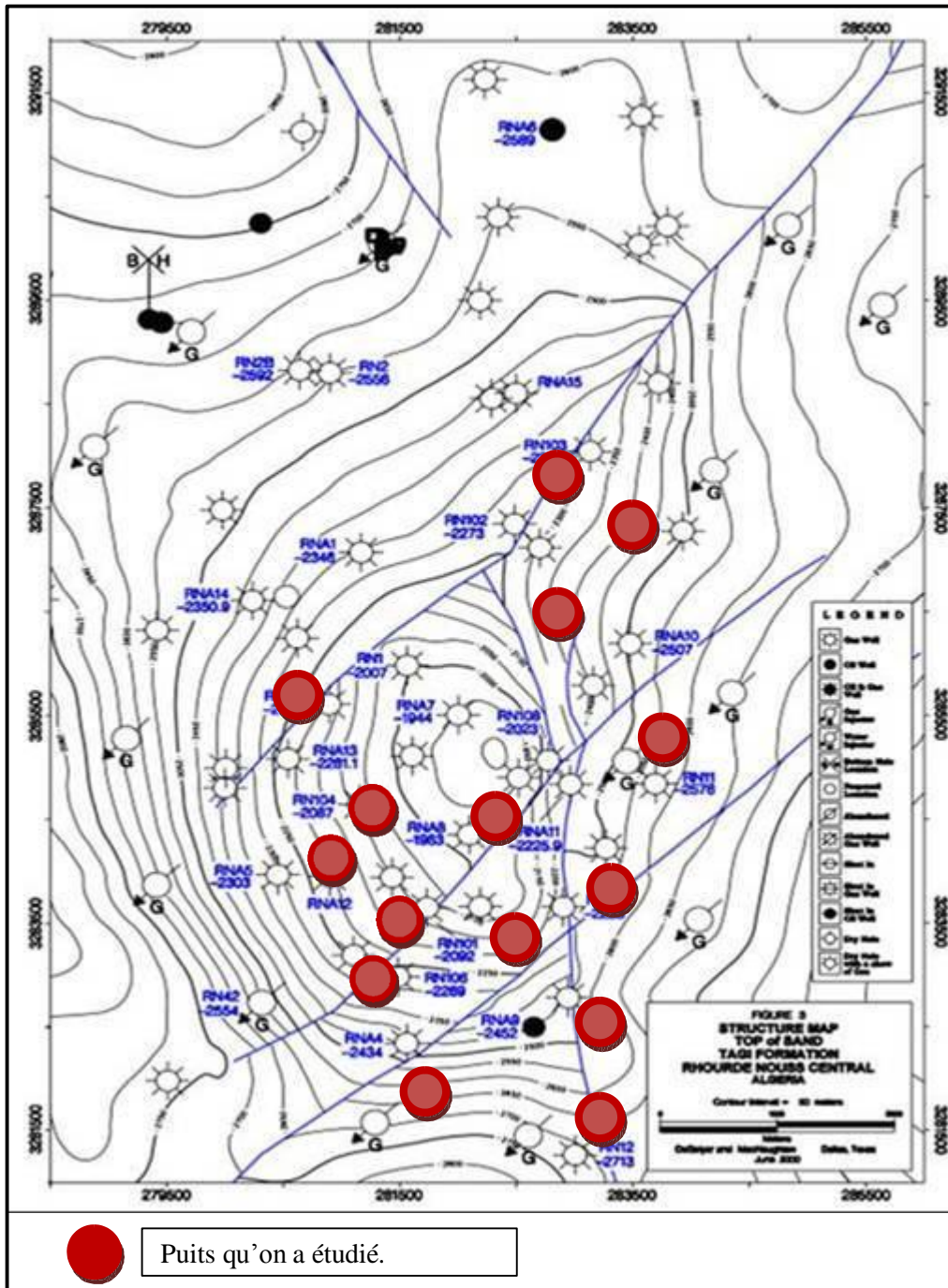


Figure III.4: Carte de positionnement des puits étudiés.

Les noms des puits utilisés sont reportés sur le tableau ci-dessous dans l'infra-TAGS avec les réservoirs exploités, pour des raisons de confidentialité, leurs coordonnées ne seront pas divulguées.

PUITS	Réservoirs perforés	Observation
RN102	TAGI – TINT I	Puits de gaz
RN103	TAGI	Puits de gaz
RN104	SIL A1, A2	Puits de gaz
RN105	TAGI – TINT I	Puits de gaz
RN106	TAGI	Puits de gaz
RN107	TAGI	Puits de gaz
RNA7	SIL A1, A2	Puits de gaz
RNA8	SIL A2	Puits a gaz
RNA9	SIL A2	Puits d'huile
RNA10	TAGI – TINT I- SIL A2	Puits de gaz
RNA11	SIL A2	Puits de gaz
RNA12	SIL A1, A2	Puits de gaz
RNA13	TAGI	Puits de gaz
RNA14	SIL A2	Puits d'huile
RNA15	TAGI – TINT I	Puits de gaz

Tableau 2 : liste des puits étudiés dans Rhourde Nous centre.

II.2- Analyse et Interprétation des Cross Plots de Porosité :

Dans cette analyse, nous avons essayé de montrer l'homogénéité des dépôts infra-TAGS à partir des cross plots de la porosité. Le nuage de points qui se forme donne une direction précise (homogène).

Dépôts silurien :

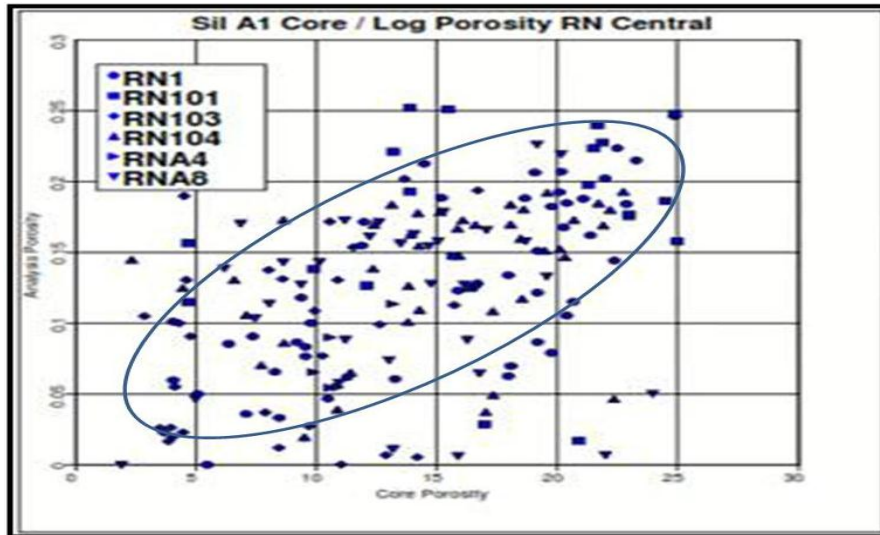


Figure III.5 : Cross Plot du Silurien A1

D'après l'analyse de Cross plot de la porosité des puits (RN1-RN101-RN103-RN104-RNA4-RN8), on constate que le Silurien A1 est homogène et continu. La majorité des points suivent une direction précise, donc il est marin.

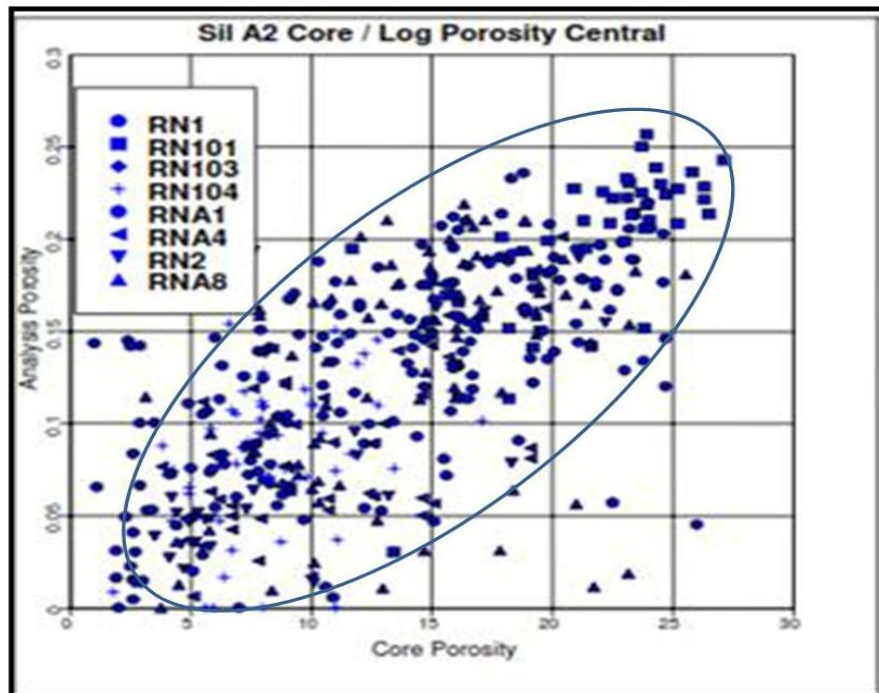


Figure III.6 : Cross plotte du Silurien A2.

D'après l'analyse de Cross plot de la porosité des puits (RN1-RN101-RN103-RN104-RNA1-RN2-RNa8) on constate que le Silurien A2 est homogène et continu. Donc, c'est un dépôt marin.

Dépôts TAGI

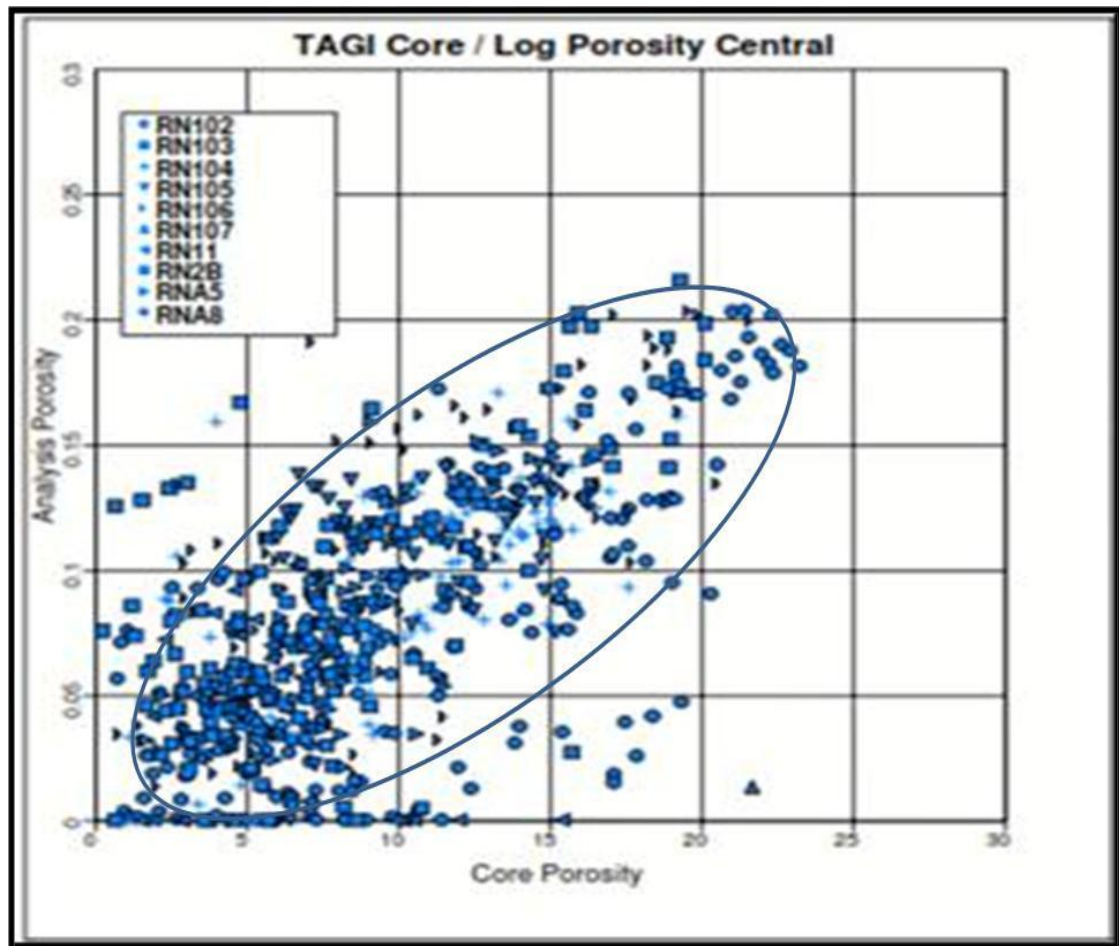


Figure III.7 : cross plote du TAGI.

L'analyse de Cross plot de la porosité des puits (RNA102-RN101-RN103-RN104-RNA105-RNA106-RNA107-RN11). Le TAGI dans ces puits là, est à dominance méandriforme, peu hétérogène et corrélable. Donc, ce dépôt est fluviatile.

III.1- Modélisation des paramètres pétrophysiques par «Pétrel» :

1.1- Introduction :

La modélisation géologique « Geomodeling » est la création d'une représentation de sub surface d'un réservoir donné (huile, gaz, etc.) (Schlumberger, 2005).

Dans cette optique, la compagnie de service pétrolier Schlumberger a développé un logiciel Performant appelé «Pétrel». Ce dernier exploité sous Windows a pour objectif la visualisation en 3D des paramètres pétrophysiques.

1.2- Objectifs de la modélisation

Dans le domaine pétrolier, les objectifs de la modélisation consiste à :

Caractériser un réservoir donné à partir des données de carottes et de logs.

Estimer la capacité d'un champ et la recherche des endroits optimaux Pour l'implantation des puits de production.

Evaluer la production du champ sur le moyen et le long terme.

Mettre à jour les données géologiques.

1.3- Modélisation des données pétrophysiques des puits RN-105, RN-107, RN-102, RN-7, RN-11).

Dans le présent travail, nous avons tenté à l'aide du logiciel de géo-modélisation 3D « *Petrel* » de réaliser une modélisation à partir des données pétrophysiques. Grâce aux données de porosité et perméabilité, les géologues de Sonatrach/Division PED ont pu introduire de nouvelles données dans leur modèle déjà réalisé et ont effectué une mise à jour.

Acquisition des données :

Les données utilisées ici proviennent de 5 puits (RN-105 et RNA-7, RN-103, RN-11, RN-102). Il s'agit des Données pétrophysiques.

Elaboration d'une base de données :

La base de données qui sera traitée par la suite par le logiciel « *Pétrel* » doit comprendre les données des puits (Azimut).

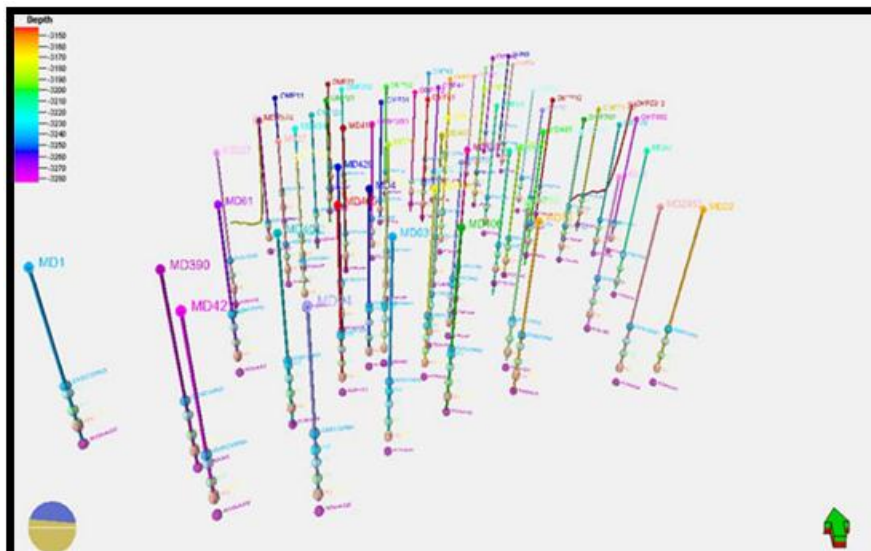


Figure III.08: Elaboration d'une base de données et création des puits (Schlumberger Limited Rapport Annuel, 2008).

III.2-Etude de porosité et perméabilité du réservoir :

2.1-Silurien :

2.1.1-Silurien A1 :

Le Silurien A1 est marqué par une transition passant du Shoreface de l'offshore de transition au Shoreface distal.

Le Silurien A1 a rarement été carotté et n'a jamais été perforé pour production en raison de l'existence de silts diminuant considérablement ses caractéristiques pétrophysiques.

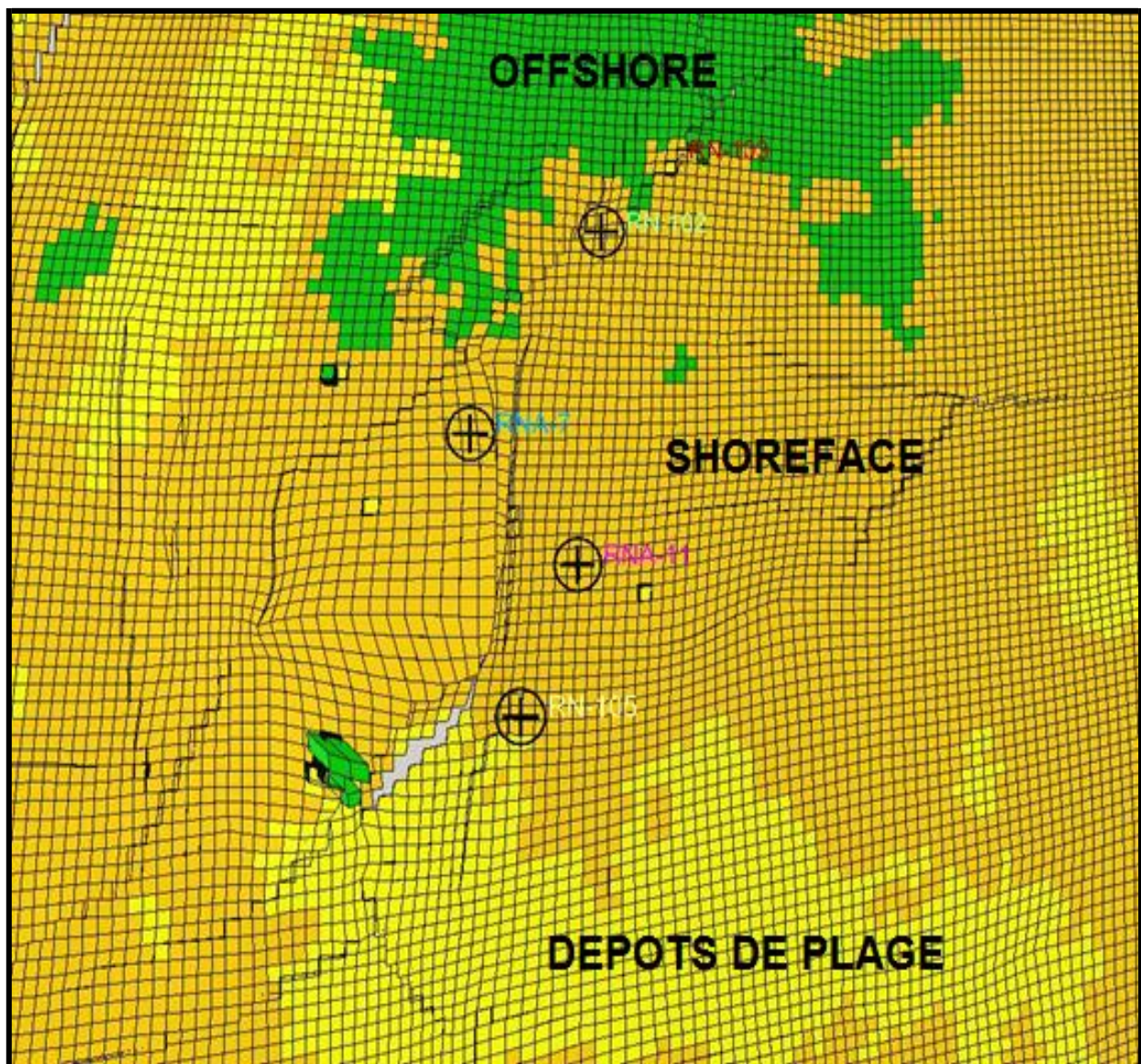


Figure III.9: Modèle de faciès du Silurien A2

2.1.2-Silurien A2 :

C'est l'horizon le plus productif du Silurien de la région de Rhourde Nous, ses grès sont propres bien classés, l'environnement de dépôt est une transition de Shoreface distal à Shoreface proximal marqué par une continuité remarquable sur une dizaine de kilomètres.

La porosité du Silurien A2 ne suit pas exactement le faciès car la diagenèse a touché certains secteurs différemment sans doute à cause de la structuration et des zones privilégiées de pression de dissolution :

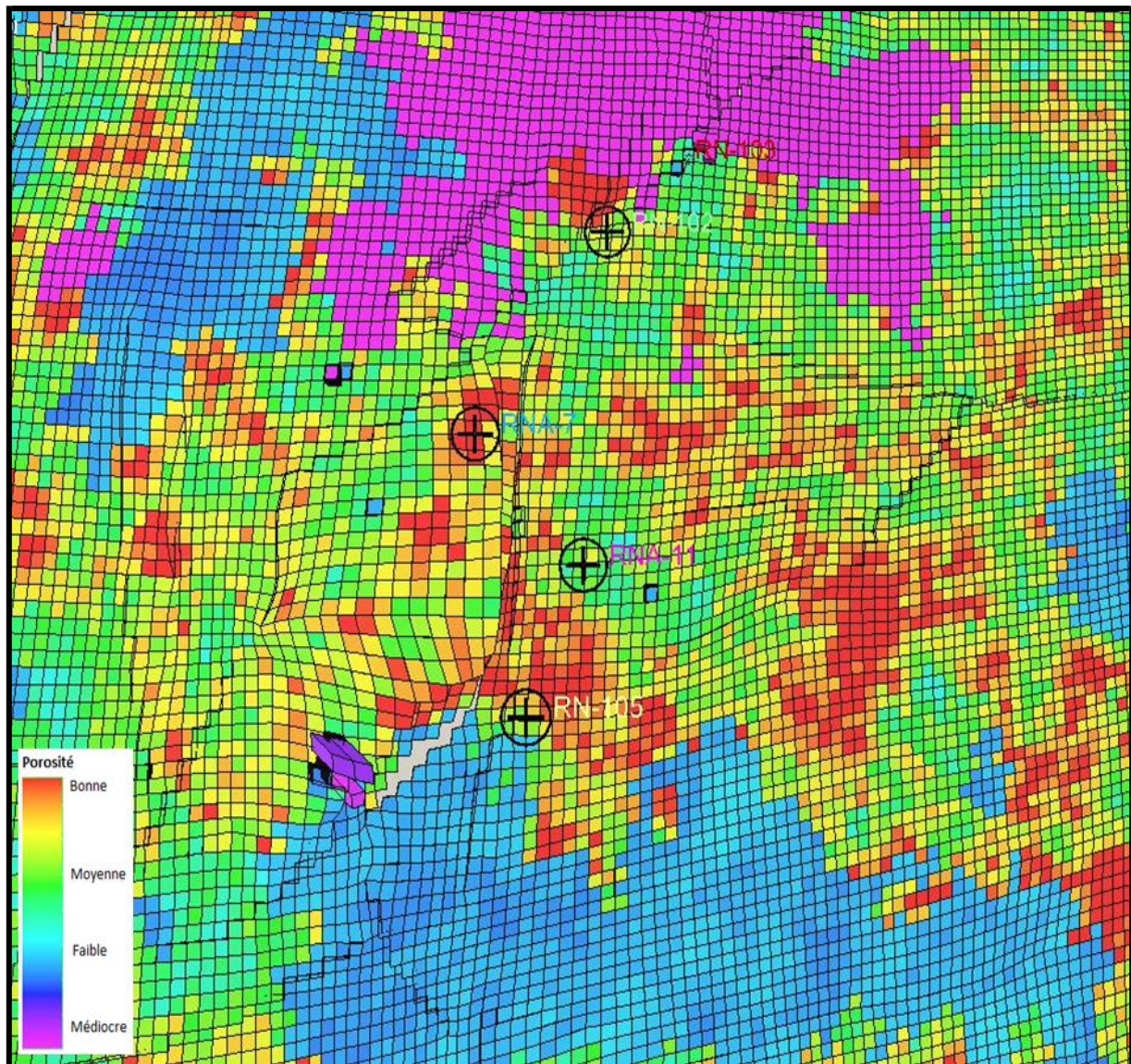


Figure III.10 : Modèle de porosité du Silurien A2

La perméabilité du Silurien A2 est corrélable avec la porosité marquant des zones perméables dues aux zones de passage de failles ouvertes et des zones peu touchées par la diagenèse.

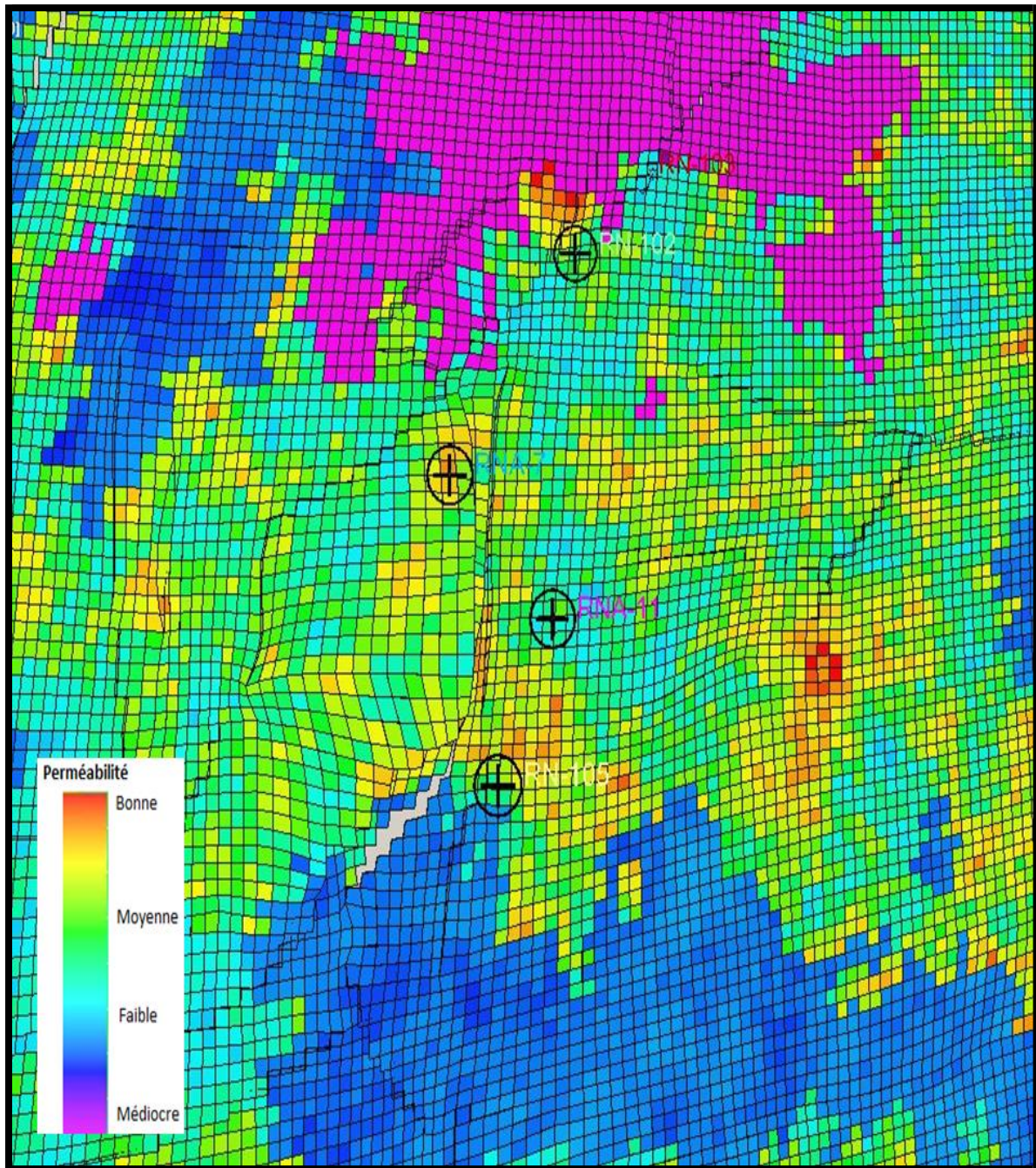


Figure III.11: Modèle de perméabilité du Silurien A2

La saturation en eau est très importante et elle a une relation directe avec la perméabilité du réservoir.

Certains puits comme le RN-103 semblent trop proches du plan d'eau de l'aquifère, la perméabilité importante aidera sans doute son inondation dans un temps très proche. Des mesures importantes devront être prises sur le RN-103 dans un futur proche.

Le puits suivant RNA-11, il sera vite en contact avec l'aquifère.

Les puits RN-102, RN-105 et RNA-7 semble avoir été foré et perforés dans de bonnes zones productifs.

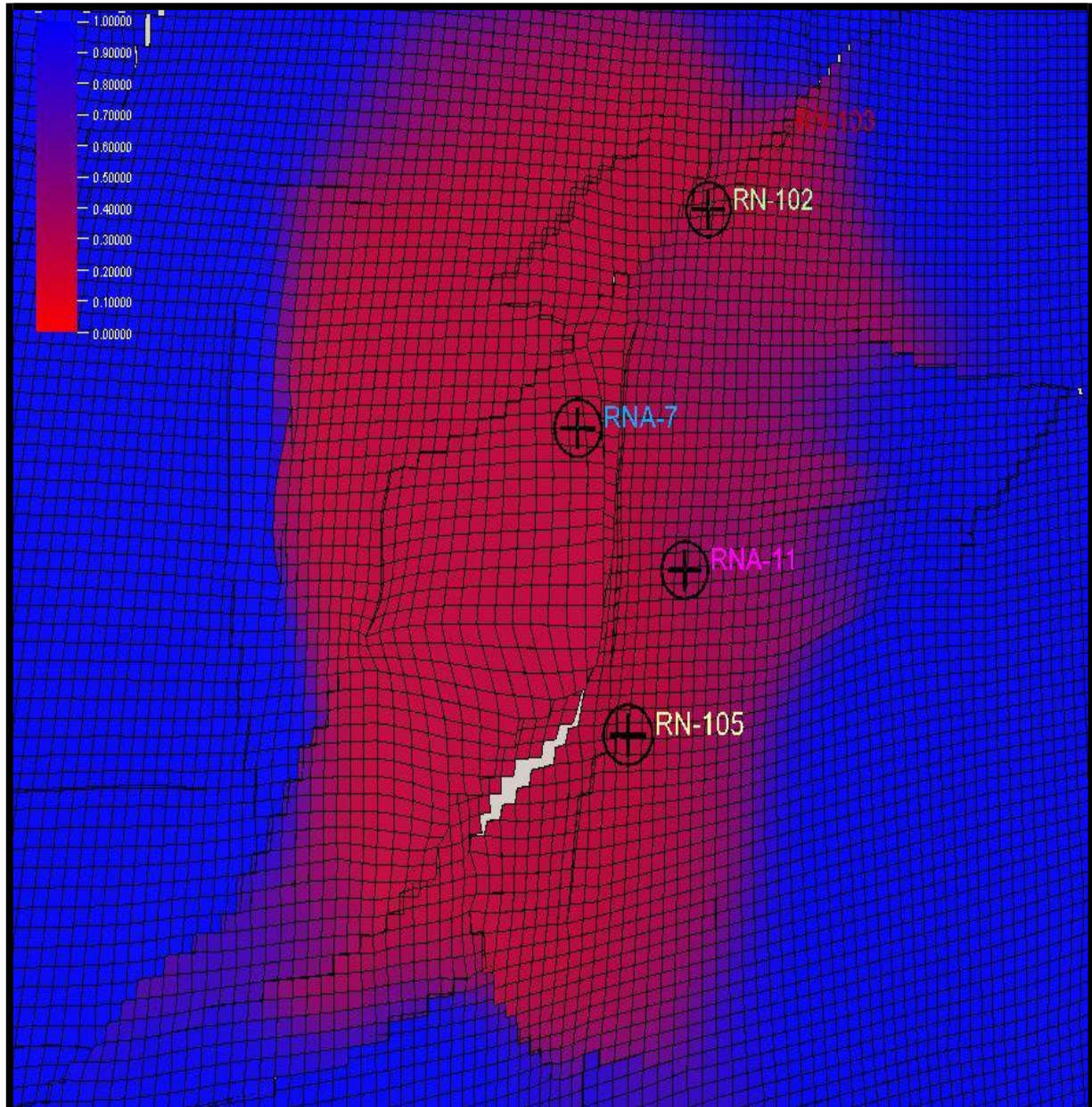


Figure III.12 : Modèle de saturation en eau du Silurien A2

2.1.3-Silurien B1 :

Le Silurien B1 est un horizon touché par une diagenèse intense qui a diminué ses caractéristiques pétrophysiques à un degré non productif :

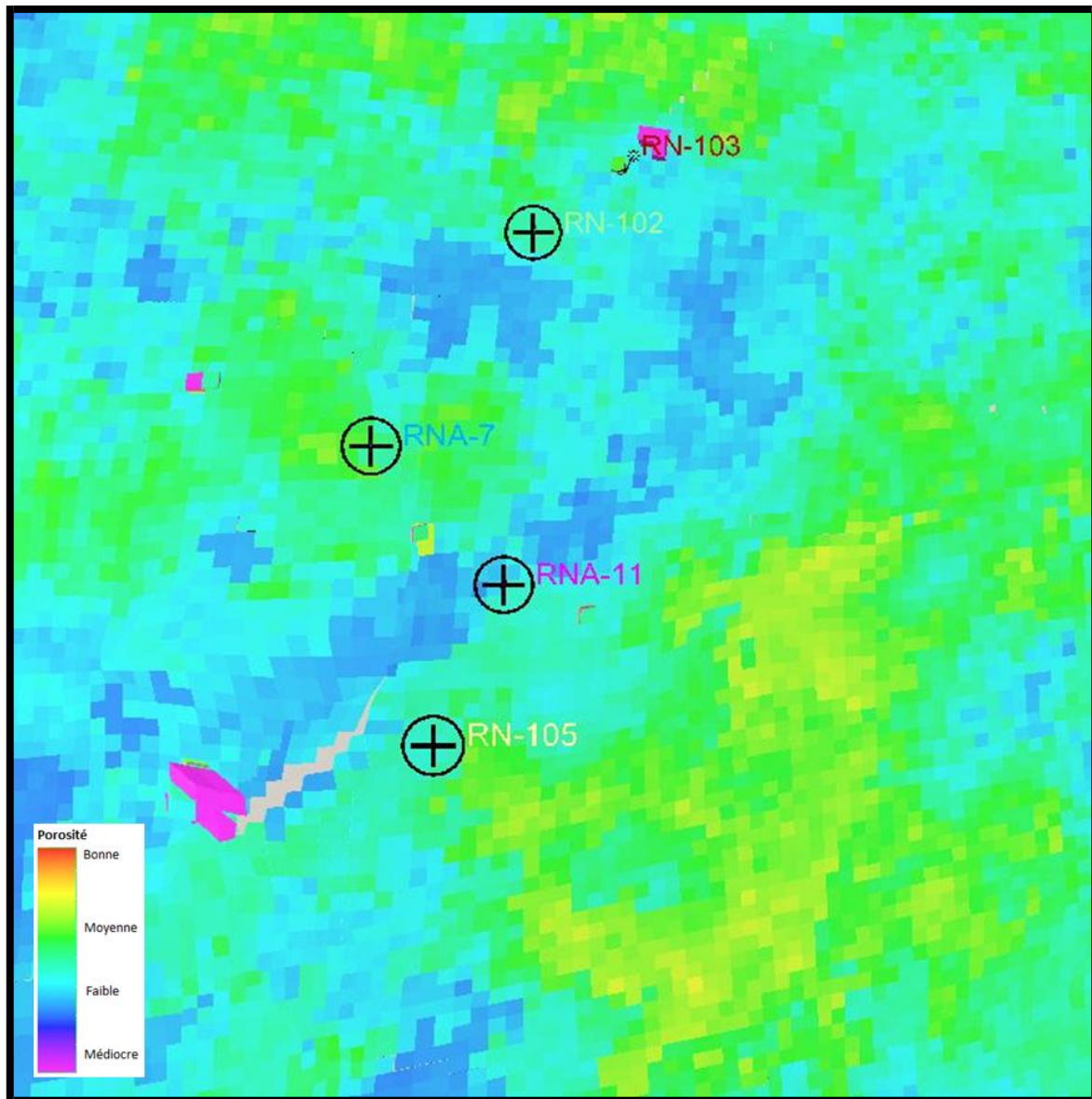


Figure III.13: Modèle de Porosité Silurien B1.

2.1.4-Silurien B2 :

Le Silurien B2 est érodé sur la majeure partie de la région de Rhourde Nouss mais certains puits comme le RNA-6 qui n'a pas été pris en compte dans notre étude en raison de l'absence de données de carottes, le seul puits qui a été perforé dans le B2.

2.2-TAGI:

Le Trias Argilo-gréseux inférieur est présent partout dans la région de Rhourde Nous, l'environnement de dépôt est en tresse peu sinueux à méandrique vers le Nord Est. Ces caractéristiques pétrophysiques sont moyennes à faibles

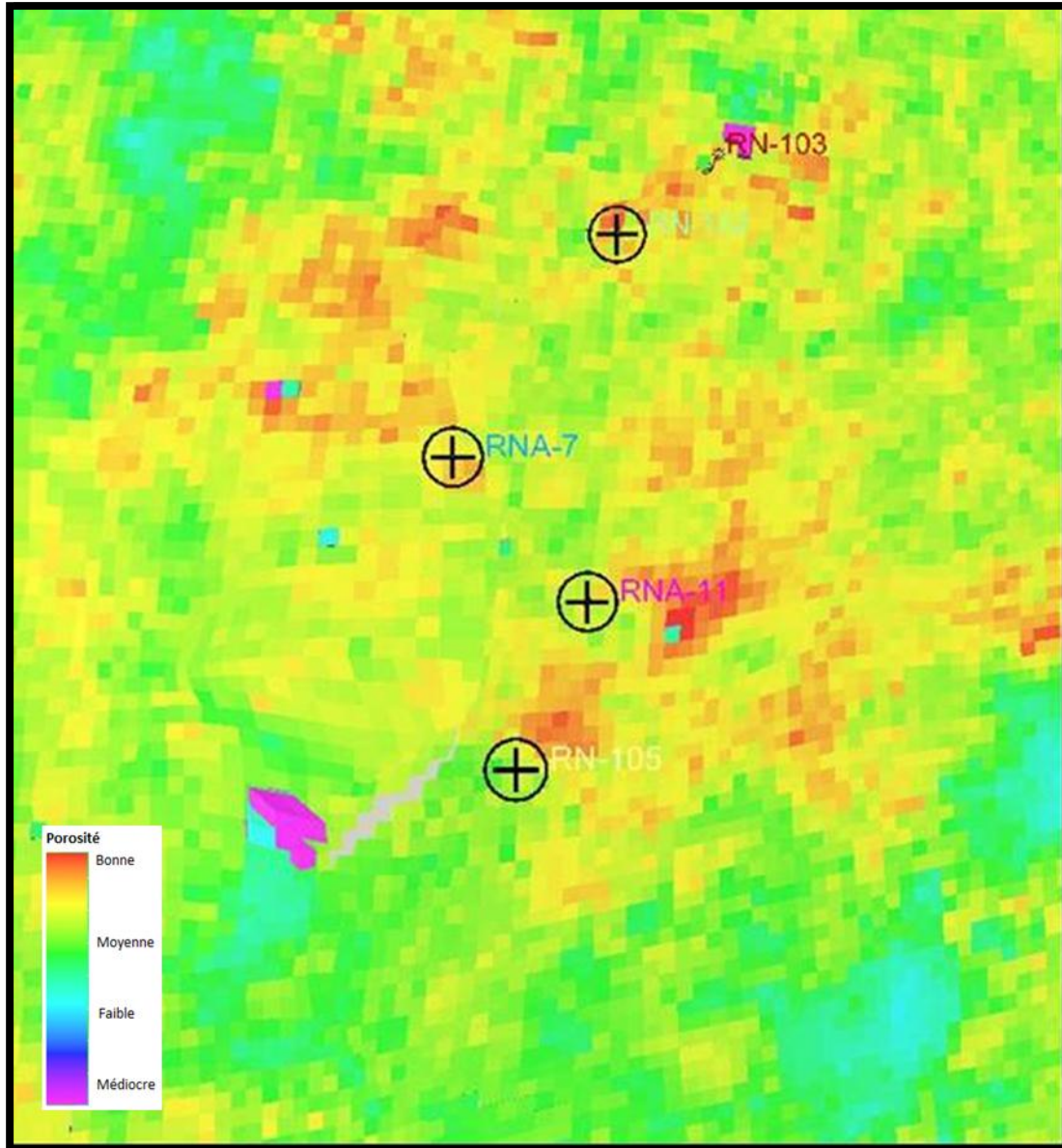


Figure.III.14: Modèle de porosité du TAGI

2.2.1-Trias Int 1 :

Le trias intermédiaire 1 est un réservoir caractérisé par un environnement de dépôt à méandres marqué par de faibles caractéristiques pétrophysiques.

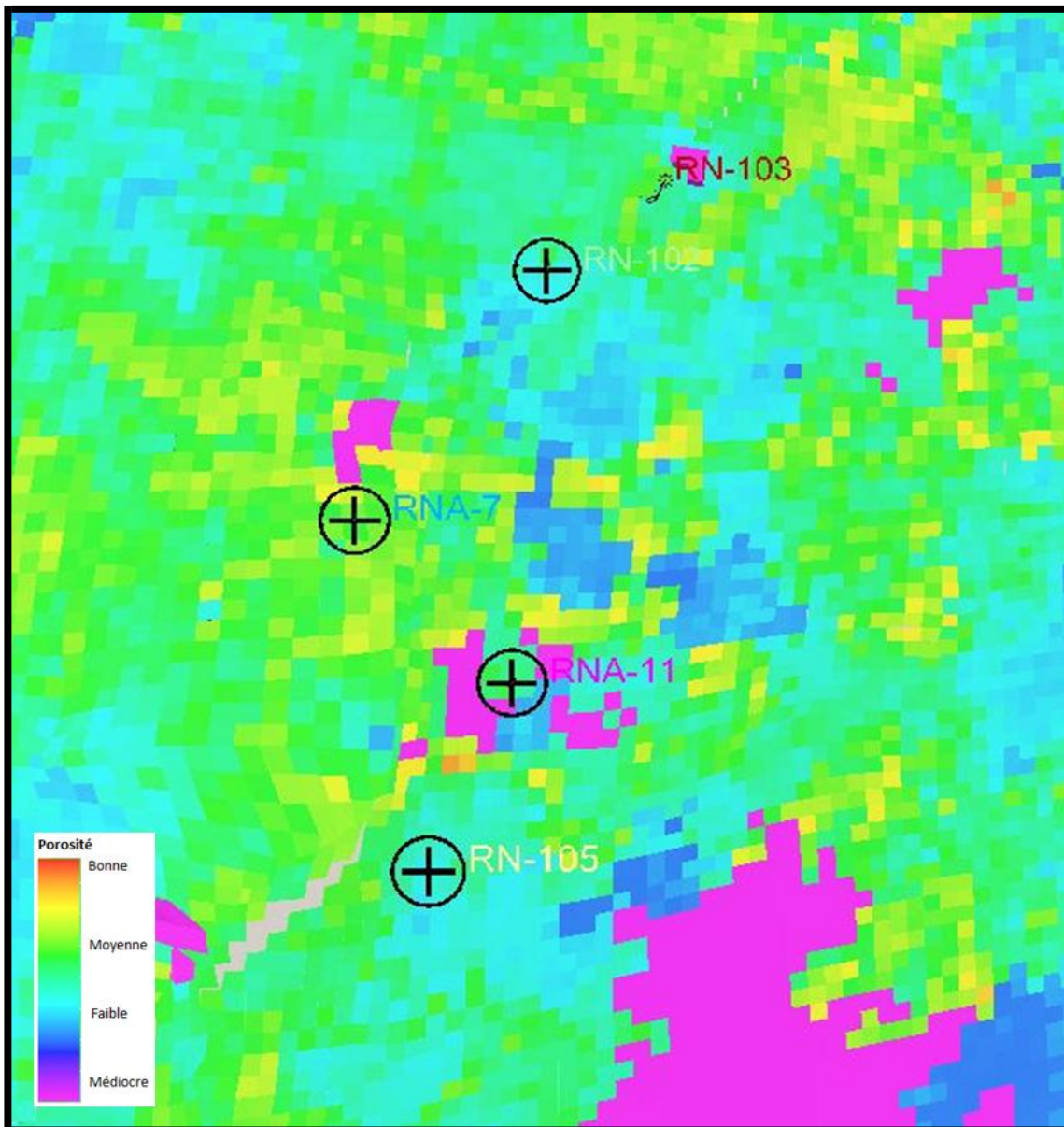


Figure III.15: Modèle de porosité du Trias TNT1

IV-Conclusion :

D'après notre étude qui s'est basé sur l'analyse des cross plots, on a déduit que les dépôts du Silurien sont corrélables continus, ce qui témoigne de l'homogénéité de ces derniers. Par contre les dépôts du TAGI, sont peu hétérogènes continus.

Les cartes de porosité et perméabilité, réalisées à l'aide du logiciel pétrel dans les dépôts infra-TAGS, montrent que les puits RN-103 et RNA-11, ont des caractéristiques pétrophysiques faibles à moyens.

Les dépôts infra-TAGS ont des caractéristiques pétrophysiques faibles à moyens.

Conclusion générale.

Conclusion :

Au terme de ce travail, nous avons pu mettre en évidence quelques importants résultats.

A/ Sur le plan Sédimentologique, la lecture des données carottes et la détermination des faciès, nous a permis de déduire que les réservoirs de l'infra-TAGS, dans la région de Rhourde Nous centre, présentent une épaisseur importante qui varie entre :

- Réservoirs siluriens, de 232 à 341 m, sont constitués par une série d'argile noire micacée très riche en faune (Brachiopodes, Gastéropodes et Graptolites) ; ce sont des argiles à Graptolites.

- TINT1, de 29 a 70m, est constitué de grés fins à tendance argileuse à la base et quartzitique au sommet.

- TAGI, de 15 a 55m, est formé de bancs de grés fins à ciment siliceux-argileux, intercalés par des passées d'argiles silteuses.

Par ailleurs les différentes figures sédimentaires observées témoignent en faveur de deux milieux de dépôts, marin et fluviatile.

B/ Sur le plan diagénétique, l'analyse des micros faciès montre la présence des différents ciments carbonatés (argileux, siliceux, pyriteux), formés durant les différents stades diagénétiques. La présence de ces ciments détériore les qualités pétrophysiques des dépôts de l'infra-TAGS et du Silurien.

C/ L'étude basée sur la modélisation des données pétrophysiques et l'analyse des cross plots des dépôts infra-tags et Silurien explique que les dépôts TAGI TINT1 sont peu hétérogènes et le silurien est homogène.

D/ Les cartes de simulation réalisées à l'aide du logiciel pétrel nous renseignent sur les puits qui sont mal placés et dont les paramètres pétrophysiques sont faibles à moyens.

Recommandations :

-Élargir l'étude Sédimentologique a partir de la description des carottes des divers puits de la région afin de réaliser un découpage séquentielle et des corrélations entre les puits pour mieux constater les variations latérales des couches réservoirs.

-Approfondir les études des microfaciès sur lame mince pour mieux comprendre les phases diagénétiques et suivre l'amélioration ou la détérioration des qualités pétrophysiques.

-Vue la présence du ciment carbonatés, l'acidification chloridrique et la thermoacidification peuvent être utilisés pour dissoudre ces ciments et améliorer la production tout comme la production.

-Les puits RN-103 et RNA-11 a ré investiguer.

Bibliographie

Références bibliographiques

AÏT Salem Hamid, 2015 : La géométrie des réservoirs gréseux un outil pour la modélisation, Institut algérien du pétrole.111 pages.

AHMAHMA H . GHARA Abd ,2014 : Caractérisation et évaluation quantitative du Trias argilo-gréseux inférieur (TAGI) de la structure de bassin de Berkine (Rhourde Rouba) ,mémoire de fin d'études master 2, université KASDI Merbah-Ouargla, département des sciences de la terre et l'univers .57 pages

BEICIP, 1991 : Interprétation sismique et structurale de toit du Trias Argileux.

BEICIP.SONATRACH ,1978 : Etude géologique du champ de Hassi R'mel à partir : Etude sismique et structurale.2eme partie : Etude géologique des réservoirs.

BEICIP-SONATRACH, 1980 : Bassin de Ghadamès. Evaluation pétrolière. **BEICIP-**

SONATRACH, 1990 : Evaluation des réserves du champ de RhourdeNous.

BEICIP,2002 : Révision du modèle structural des gisements de la région de Rhourde Nous .

BEUF, S, (1971)-Les grès du paléozoïque inférieur au Sahara Algérien .sédimentation et discontinuité : Evolution structural d'un craton. In: techenip-Institut Français du pétrole. (Document de Sonatrach)

Boudjemaa A, 1987 : Evolution structurale du bassin pétrolier "triasique" du Sahara Nord..Orientale (Algérie). Thèse Doctorat Etat, Paris XI-Orsay, France.these de doctorat.

Boudjemaa A, 1994 : Les plus importantes phases Tectoniques qui ont affecté le Sahara algérien.

BEAUCHAMP Jacques, 2001 : Sédimentologie, une mise au point claire et bien illustrée a paru le n⁰ 80 Geochronique.

Burley et Worden, 2003 : Schéma montrant la croissance de la compaction avec l'enfouissement de la region de Rhourde Nous.

Cojan et Renard, 2006 : Evolution de la diagénèse post-dépôt.

CHILINGAR.V. BISSEL H.J. & WOLF H.K, (1967) -Diagenesis of carbonate rocks. In: "Diagenesis in sediments".

DELFAUD J, (1975).Typologie scalaire des séquences sédimentaires en fonction du milieu de dépôts France, vol. XVI, N°06.

FERNANDO DE MIGUEL, EL MEHDI HABIB,(2007).Structural Characterization RhourdeNouss Field, Algeria. (Document Sonatrach).

Fabre JEAN, 2005 : Géologie du Sahara occidental et central, musée royal de l'Afrique centrale – Belgique .page 572

GALYER et MAC NAUGHTON, 1997 : Carte montrant les structures de Rhourde Nouss
GRESSLEY ET AL, (1938)-Sédimentolog.

HABIB EL Mahdi, 1998 : La colonne stratigraphique de la région de Rhourde Nouss
INRS / CENTRE - Eau Terre Environnement, Université d'Avonant-garde

Hachmaoui M, 2014 :Observation de lames minces en lumière naturelle les différents types de porosité

HACHEMAOUI M, (2014) : réservoir cambrien de la zone 13de Hassi Messaoud, étude pétrophysique et essai de modélisation, mémoire master.UniversitéAbouBerkBelkaid - Tlemcen.

Kazi Tani. N, 1996 : Evolution comparée des bassins algériens depuis le protérozoïque inférieur.

2ème journées Scientifiques et techniques JST2. Recueil de communications.
Tome 1.

NELSON.R.A, (2001) - Geologic Analysis of Naturally Fractured Reservoirs, Second Edition

SADAOUI. M, BOUTALEB, K. et KECIR, A. 2015 : Caractérisation du réservoir du Trias argilo- gréseux inférieur (TAGI) du champ de Hassi berkine sud. Bassin de berkine. Plateforme saharienne. Département Gisements.université M'Hamed Bougara. Boumerdès. Algérie.

SCHLUMBERGERINFORMATION SOLUTIONS (2005) - Petrel (TM) Workflow Sediments in S. Florida.Soc. Econ. Paleont. Pub. Spec. 5, 80-99.

SKOLITHOS HALDMANE, (1840) -Nomenclature des structures sédimentaires.

TUCKER M.E, 1982 : Séquence de progradation littorale de sédiment silicoclastiques

WEC, (2007) (WellEvolutionConference).