

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



Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme :

MASTER

Présenté par :

ALI KHOUDJA Sid Ahmed

YAROU Madjid

Filière:Hydrocarbures.

Option :Géologie Pétrolière.

Thème

**Etude pétrographique, sédimentologique et impact de la
diagenèse sur les qualités pétrophysiques des réservoirs
TAGI et l'unité A2 de la région de Rhourde Nouss Sud Est.**

Devant le jury :

Mr A.Asses	UMBB	Président
Mr K.Zellouf	UMBB	Encadreur
Mlle W.Guechou	SONATRACH (Ex:CRD)	Encadreur
Mme Z.Ouibrahim	UMBB	Examineur
Mme S.Benayad	UMBB	Examineur
Mr K.Loumi	UMBB	Examineur

Année universitaire : 2015/2016

Remerciements

Toute la gratitude et merci à Dieu le tout puissant, qui a fais que ce travail soit mené à terme.

Nos remerciements s'adressent en premier lieu à notre promoteur **Mr K.Zellouf** pour son aide, son encouragement et sa disponibilité pendant tout ce temps.

Nos sincères remerciements vont aussi à nos encadreurs Monsieur **B.IKHLEF** et Melle **W.Guechou** et aux personnels du CRD : **le chef du département de sédimentologie Mr.B kadi et Mme S.Selmani** et les ingénieurs **Nasserdine et Abdedjalile** qui nous ont guidé durant notre stage.

Nous tenons à remercier tous les enseignants qui nous on accompagnés durant le parcours universitaire : **Mr A.Asses, Mr A.Belhadi, Mr M.Sadaoui, Mr K.Loumi, Mr R.Chaouchi, Mme A.Kecir, Mme A.Derridje, Melle S.Benayed, Mme S.Yesbaa, Melle A.Chacha, Mme Yahiaoui Mme Azzouzi et Mme A.Belkacemi.**

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce travail

A la personne la plus chère, celle qui a rependu toujours présente dans ma vie, source de courage et d'inspiration et qui a fait de moi un homme au sens propre et au sens figuré.

J'espère qu'elle trouvera ici l'expression de mes vives reconnaissances, **Ma mère.**

A **mon cher père** qui voit en moi chaque jour un souffle d'espoir.

A **ma très chère sœur** qui m'a toujours soutenue et encouragée,
je lui souhaite tout le bonheur du monde.

A ma grande tante **Fouzia** et à mes deux cousines **Nawal** et **Amina.**

A tonton **Abed El latif** et tata **Zakia.**

A tous mes chers amis surtout : **Hichem Timbo, Hichem HB, Mohamed, Kamel, Zinou** et **Mrizak.**

Aux trois muscouteurs : **Rachid, Omar** et **Madjd.**

A l'équipe du CRD : **Saïd** et **Yousef.**

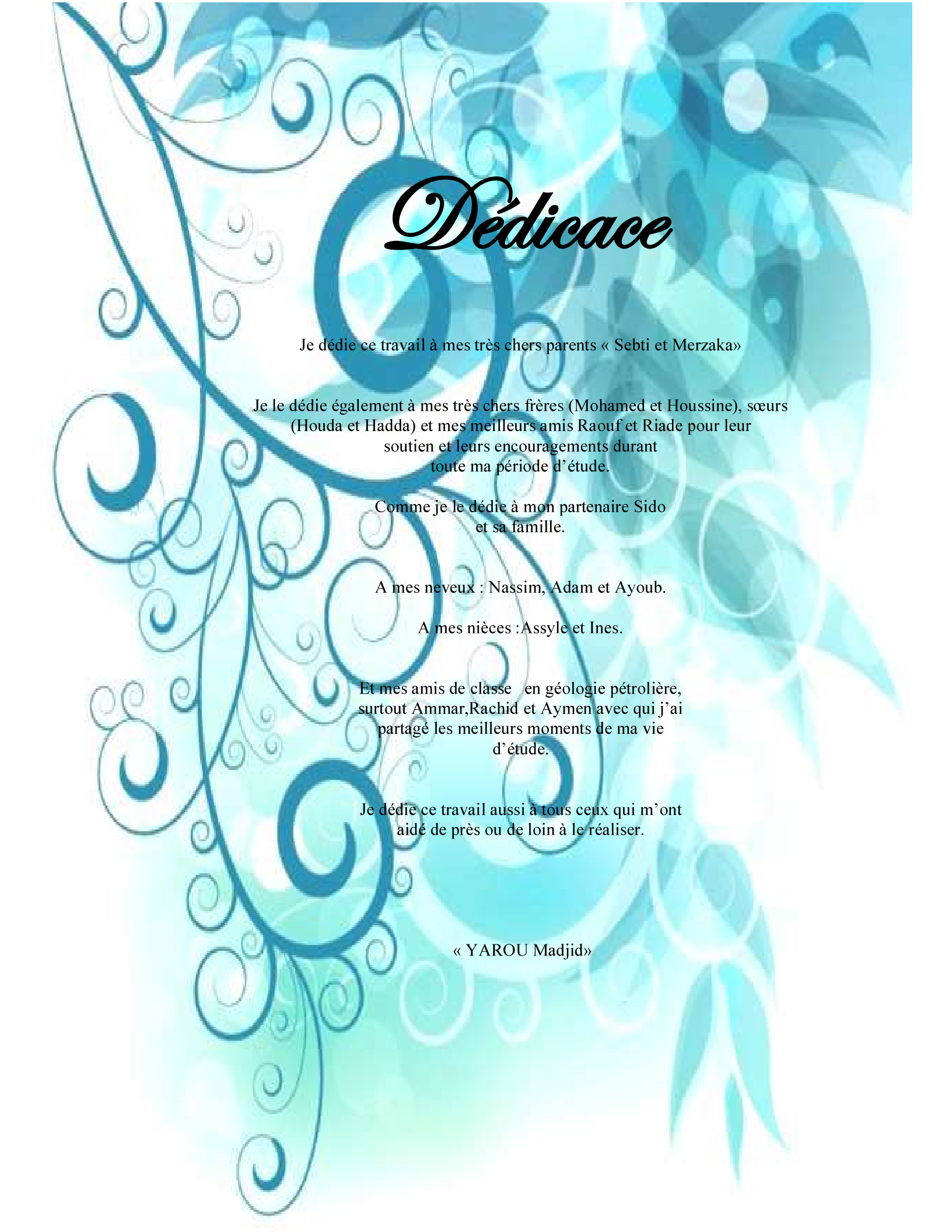
A l'équipe d'été : **Aymen, Adlen, Faïçal, Azzedine** et **Sadik.**

A mes amies : **Ahlem, Hadjer, Safaa, Nabiha** et **Nadia.**

A mes amis de Corso : **Sohaib, Abed El Hadi, Ahmed, Zoubire** et **Abed El Raouf**

Et à tous **mes amis du groupe MAGL 11.**

« **Ali Khoudja Sid Ahmed** »



Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chers parents « Sebti et Merzaka »

Je le dédie également à mes très chers frères (Mohamed et Houssine), sœurs (Houda et Hadda) et mes meilleurs amis Raouf et Riade pour leur soutien et leurs encouragements durant toute ma période d'étude.

Comme je le dédie à mon partenaire Sido et sa famille.

A mes neveux : Nassim, Adam et Ayoub.

A mes nièces : Assyle et Ines.

Et mes amis de classe en géologie pétrolière, surtout Ammar, Rachid et Aymen avec qui j'ai partagé les meilleurs moments de ma vie d'étude.

Je dédie ce travail aussi à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à le réaliser.

« YAROU Madjid »

SOMMAIRE

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

Chapitre I : Généralités

I-1. Contexte géographique, géologique et géodynamique de la région de Rhourde Nous	2
I-1-1. Contexte géographique	2
I-1-2. Contexte géologique	2
I-1-3. Contexte géodynamique	6
I-2. Historique des découvertes et travaux effectués dans le champ de Rhourde Nous	9
I-3. Du point de vue production	11
I-4. Du point de vue géologique	11
I-4-1. Stratigraphie régionale	11
I-4-2. Cadre structurale de Rhourde Nous	15
I-5. Intérêt pétrolier	20
I-5-1. Les roches mères	20
I-5-2. Les roches réservoirs	20
I-5-3. Les roches couvertures	21
I-5-4. Les pièges	22
I-6. Conclusion	22

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

II-1. Localisation de la zone d'étude	23
II-1-1. La situation géographique	23
II-1-2. Le cadre géologique	23
II-1-3. Description morphologique	23
II-2. L'évolution structurale de la zone d'étude	27
II-2-1. Le premier stade (La phase Hercynienne)	27

II-2-2. Le deuxième stade (La phase Autrichienne)	27
II-2-3. Le troisième stade (La phase Alpine)	27
II-3. Stratigraphie	29
a- Le socle	29
b- Le Paléozoïque	29
c- Le Mésozoïque	31
d- Le Cénozoïque	34
II-4. Conclusion	36

Chapitre III : Etude sédimentologique

III-1. Aperçu sur le Silurien et le Trias	37
III-2. Méthodologie	37
III-3. Description lithologique	37
III-3-1. Description lithologique des carottes du puits de référence	37
III-4. Identification des milieux de dépôts	42
III-4-1. Inventaire des faciès	42
III-4-2. Association des faciès du puits RNSE-1	42
III-5. Tentative de découpage séquentiel	44
III-6. Corrélation diagraphique	52
III-7. Conclusion	52

Chapitre IV : Etude pétrographique et diagénétique

IV-1. Etude pétrographique	53
IV-1-1. Méthodologie	53
IV-1-2. Etude pétrographique du puits RNSE-1	53
IV-2. Etude diagénétique	70
IV-2-1. Rappel théorique	70
IV-2-2. Méthodologie	70
IV-2-3. Les phénomènes diagénétiques des réservoirs TAGI et l'unité A2	70

IV-3. Conclusion	74
------------------------	----

Chapitre V : Etude des paramètres pétrophysiques

V-1. Méthodologie	75
V-2. Etude pétrophysique des réservoirs TAGI et l'unité A2.....	75
V-2-1. Analyse des cartes structurales	75
V-2-2. Analyse pétrophysique des réservoirs TAGI et l'unité A2.....	76
V-2-3. Evolution verticale de la porosité et la perméabilité des réservoirs TAGI et l'unité A2 au niveau du puits RNSE-1	87
V-2-4. Interprétation des résultats pétrophysiques	87
V-3. Analyse statistique des réservoirs TAGI et l'unité A2	93
V-3-1. Le réservoir TAGI	93
V-3-2. Le réservoir de l'unité A2	93
V-4. Conclusion	97
Conclusion et recommandations	98
Bibliographie	
Annexes (1 et 2)	

Liste des figures

Figure 1 : Image satellitaire (LANDSAT 7 ETM+) de l'Algérie montrant la situation géographique de Rhourde Nouss.....	3
Figure 2 : Situation géologique de la région de Rhourde Nouss (In SONATRACH, 1991).....	4
Figure 3 : Situation géologique de la région de Rhourde Nouss (In Beicip/SONATRACH, 2002).....	5
Figure 4 : Les différentes culminations de la région de Rhourde Nouss par rapport aux trends structuraux (In SONATRACH ,1991).....	7
Figure 5 : Coupe stratigraphique type de Rhourde Nouss (In SONATRACH, par HABIB EL Mehdi ,1998).....	13
Figure 6 : Colonne stratigraphique montrant les réservoirs de la région de Rhourde Nouss (In Beicip/SONATRACH. PED, 2002).....	14
Figure 7 : Carte au toit du TAGS montrant les différentes unités structurales de la région de Rhourde Nouss(In SONATRACH, d'après Galyer et Mac Naughton,avril1998).....	19
Figure 8 : Carte structurale et positionnement des sondages étudiés du champ de Rhourd Nouss Sud Est (In SONATRACH, 2012).....	25
Figure 9 : Failles inverses d'orientation subméridienne (Beicip, 1990).....	26
Figure 10 : Le profil montrant la structure actuelle de la région de Rhourde Nouss Sud Est (par Nasser Mokhtari, 2011).....	28
Figure 11 : Coupe stratigraphique type de la zone de Rhourde Nouss Sud Est (HABIB. 1989).....	35
Figure 12 : Coupe géologique dans Rhourde Nouss Sud Est (D'après Beicip, 1990).....	36
Figure 13 : Log synthétique du puits de référence RNSE-1.....	38
Figure 14 : Légende du log synthétique et fiches carottes du puits de référence RNSE-1.....	39
Figure 15 : Description de carottes : CR#21 et CR#20 (intervalle:2860m-2835m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).	

Figure 16 : Description de carottes : CR#20 et CR#19 (intervalle:2835m-2810m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).	
Figure 17 : Description de carottes : CR#19 et CR#18 (intervalle:2810m-2785m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).	
Figure 18 : Description de carottes : CR#17 et CR#16 (intervalle:2785m-2760m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).	
Figure 19 : Les différentes courbes diagraphiques des grés (in, Corps sédimentaires, Exemples sismiques et diagraphiques, IFP 1986)	45
Figure 20 : Découpage séquentiel du puits RNSE-1	46
Figure 21 : Découpage séquentiel du puits RNSE-3	47
Figure 22 : Découpage séquentiel du puits RNSE-8	48
Figure 23 : Découpage séquentiel du puits RNSE-9	49
Figure 24 : Profil de corrélation diagraphique des séquences entre les puits : RNSE-9 et RNSE-1	50
Figure 25 : Profil de corrélation diagraphique des séquences entre les puits : RNSE-3 et RNSE-8	51
Figure 26 : Log pétrographique du puits RNSE-1	67
Figure 27 : Log d'estimation des argiles par la diffractométrie des rayons X du puits : RNSE-1	68
Figure 28 : Principales phases diagénétiques et évolution de la porosité de l'Infra TAGS	73
Figure 29 : Carte en isobathes au toit du TAGI	78
Figure 30 : Carte en isobathes au mur du TAGI	79
Figure 31 : Carte en isobathes au mur de l'unité A2	80
Figure 32 : Carte en isopaques du réservoir TAGI	81
Figure 33 : Carte en isopaques de l'unité A2	82
Figure 34 : Carte en isoporosités du réservoir TAGI	83
Figure 35 : Carte en isoporosités de l'unité A2	84
Figure 36 : Carte en isopeméabilités du réservoir TAGI	85

Figure 37 : Carte en isoperméabilités de l'unité A2.....	86
Figure 38 : Profil de la porosité du puits RNSE-1 (TAGI).....	89
Figure 39 : Profil de la porosité du puits RNSE-1 (l'unité A2).....	90
Figure 40 : Profil de la perméabilité du puits RNSE-1 (TAGI).....	91
Figure 41 : Profil de la perméabilité du puits RNSE-1 (l'unité A2).....	92
Figure 42 : Histogramme de la porosité du TAGI au niveau du puits RNSE-1	95
Figure 43 : Histogramme de la perméabilité du TAGI au niveau du puits RNSE-1	95
Figure 44 : Histogramme de la porosité de l'unité A2 au niveau du puits RNSE-1	96
Figure 45 : Histogramme de la perméabilité de l'unité A2 au niveau du puits RNSE-1	96
Figure 46 : Description de carotte : Cr-20 (intervalle:3028m-3025m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).	
Figure 47 : Description de carottes : Cr-20, Cr-19 et Cr-18 (intervalle:3025m- 3000m), (SONATRACH, 2015) (Annexe1).	
Figure 48 : Description de carottes : Cr-18, Cr-17 et Cr-16 (intervalle:3000m- 2975m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).	
Figure 49 : Description de carottes : Cr-14 et Cr-13 (intervalle: 2975m-2950m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).	
Figure 50 : Description de carottes : Cr-12, Cr-11 et Cr-10 (intervalle:2950m-2925m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).	
Figure 51 : Description de carottes : Cr-10 et Cr-09 (intervalle:2815m-2790m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).	
Figure 52 : Description de carottes : Cr-09 et Cr-08 (intervalle:2790m-2765m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).	
Figure 53 : Description de carottes : Cr-08, Cr-7 et C 6 (intervalle:2765m-2740m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).	
Figure 54 : Description de carotte : C 6 (intervalle:2740m-2715m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).	

Figure 55 : Description de carottes : C 5 et C 4 (intervalle:2695m-2670m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).

Figure 56 : Description de carottes (intervalle:2990m-2965m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).

Figure 57 : Description de carottes : C 5 et C 4 (intervalle:2910m-2885m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).

Figure 58 : Description de carottes : Cr-2 et C 01 (intervalle:2885m-2860m), (SONATRACH, 2015)(Annexe 1).

Figure 59 : Description de carottes : C 01 (intervalle:2860m-2835m), (SONATRACH, 2015) (Annexe 1).

Figure 60 : Modèle sédimentologique des formations A1 et A2 de la région de Rhourde Nouss (Beicip/SONATRACH.PED, 1990) (Annexe 1).

Figure 61 : Environnement de dépôt et architecture des réservoirs TAGI et T.INT-I de la région de Rhourde Nouss (Annexe 1).

Figure 62 : Log pétrographique du puits RNSE-3(Annexe 2).

Figure 63 : Log d'estimation des argiles par la diffractométrie des rayons X du puits : RNSE-3(Annexe 2).

Figure 64 : Log pétrographique du puits RNSE-8 (Annexe 2).

Figure 65 : Log d'estimation des argiles par la diffractométrie des rayons X du puits : RNSE-8(Annexe 2).

Figure 66 : Log pétrographique du puits RNSE-9 (Annexe 2).

Figure 67 : Log d'estimation des argiles par la diffractométrie des rayons X du puits : RNSE-9 (Annexe 2).

Liste des planches

Planche 01 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-1 (TAGI).....	55
Planche 02 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-1 (TAGI).....	56
Planche 03 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-1 (TAGI).....	58
Planche 04 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-1 (TAGI).....	59
Planche 05 : Différents types de porosité, Puits : RNSE-1 (TAGI).....	60
Planche 06 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-1 (Unité A2).....	62
Planche 07 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-1 (Unité A2).....	63
Planche 08 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-1 (Unité A2).....	64
Planche 09 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-1 (Unité A2).....	65
Planche 10 : Différents types de porosité, Puits : RNSE-1 (Unité A2).....	66
Planche 11 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-3 (TAGI) (Annexe 2).	
Planche 12 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-3 (TAGI) (Annexe 2).	
Planche 13 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-3 (Unité A2) (Annexe 2).	
Planche 14 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-3 (Unité A2) (Annexe 2).	
Planche 15 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-8 (TAGI) (Annexe 2).	
Planche 16 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-8 (Unité A2) (Annexe 2).	

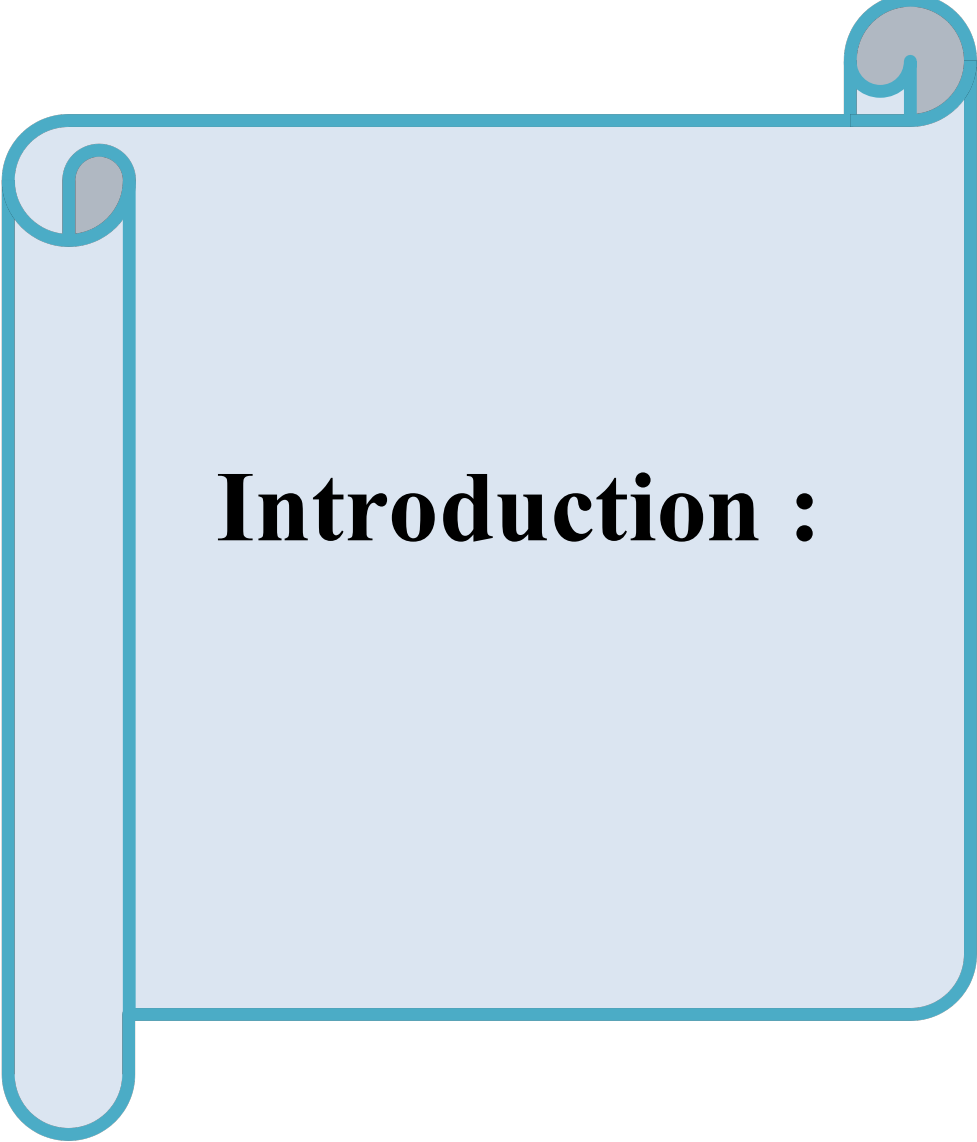
Planche 17 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-8 (Unité A2) (Annexe 2).

Planche 18 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-9 (TAGI) (Annexe 2).

Planche 19 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques. Puits : RNSE-9 (Unité A2) (Annexe 2).

Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau structural interprétatif montrant l'effet des plus importantes phases tectoniques qui ont affecté le Sahara algérien (D'après BOUDJEMAA, 1987 et BEICIP, modifié par B.KADI 1992).....	8
Tableau 2 : Ensemble de découvertes et de travaux effectués sur le champ de Rhourde Nouss.....	9 et 10
Tableau 3 : Les données des côtes et épaisseurs du réservoir TAGI.....	75
Tableau 4 : Les données des côtes et épaisseurs de l'unité A2.....	75
Tableau 5 : Les données pétrophysiques du TAGI.....	76
Tableau 6 : Les données pétrophysiques de l'unité A2.....	77
Tableau 7 : Résultat d'analyse pétrographique du puits RNSE-1 (Annexe 2).	
Tableau 8 : Résultat d'estimation semi-quantitative des argiles du puits : RNSE-1(Annexe 2).	
Tableau 9 : Résultat d'analyse pétrographique du puits RNSE-3(Annexe 2).	
Tableau 10 : Résultat d'estimation semi-quantitative des argiles du puits : RNSE-3(Annexe 2).	
Tableau 11 : Résultat d'analyse pétrographique du puits RNSE-8(Annexe 2).	
Tableau 12 : Résultat d'estimation semi-quantitative des argiles du puits : RNSE-8(Annexe 2).	
Tableau 13 : Résultat d'analyse pétrographique du puits RNSE-9(Annexe 2).	
Tableau 14 : Résultat d'estimation semi-quantitative des argiles du puits : RNSE-9(Annexe 2).	



Introduction :

INTRODUCTION

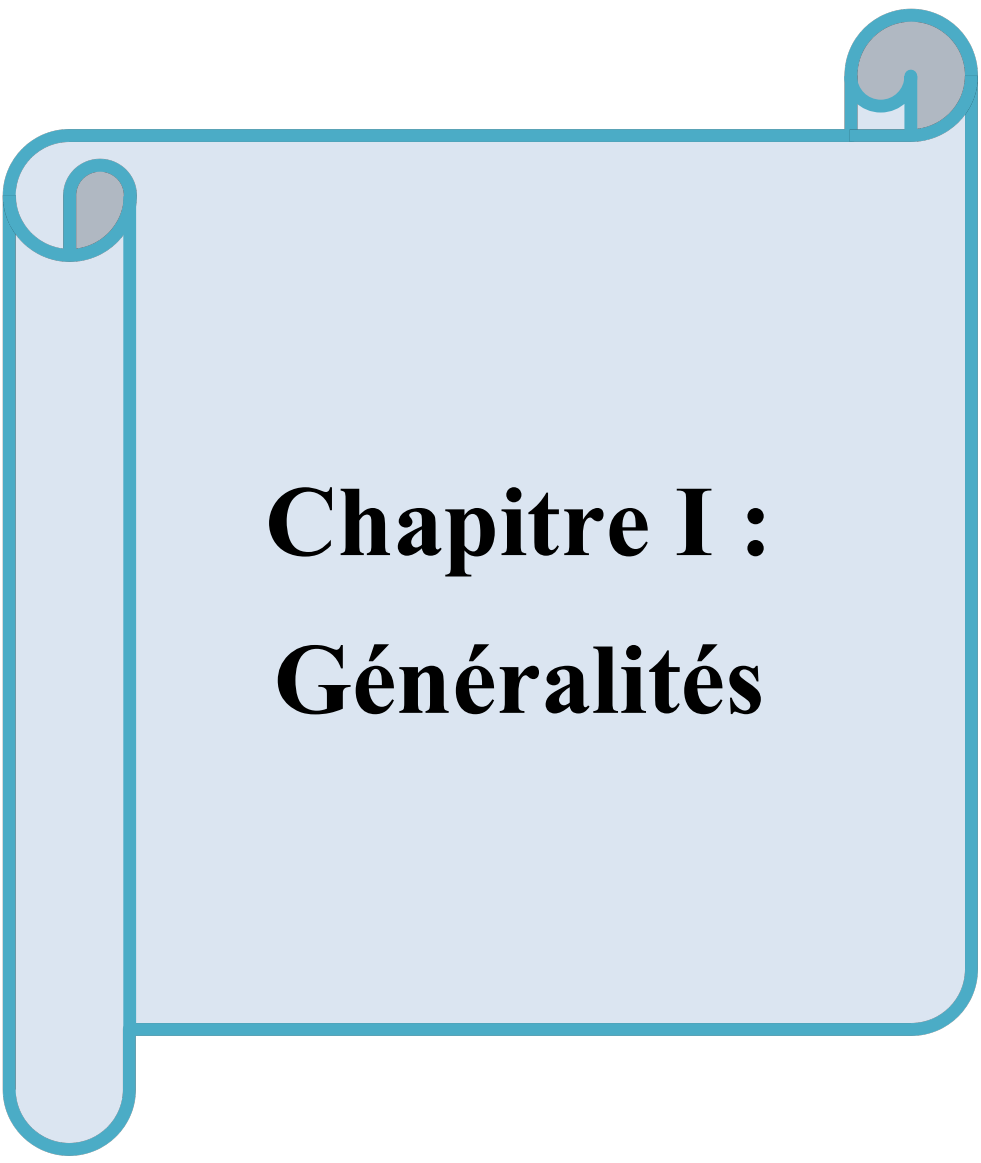
Introduction:

Le champ de Rhourde Nouss correspond au deuxième champ producteur de gaz en Algérie après le champ de Hassi R'mel. Malheureusement il semblerait que le champ de Rhourde Nouss présente actuellement des problèmes liés à la baisse de la production du gaz à condensât causés soit par une déplétion (chute de pression) soit par un colmatage du aux asphaltes, notamment au niveau des réservoirs de l'INFRA-Trias Argileux Gréseux Supérieur (INFRA-TAGS) de ce champ.

A cet effet, le département de sédimentologie de SONATRACH (division : centre de développement et de technologie (Ex : CRD)) nous a proposé d'effectuer une étude pétrographique, sédimentologique et évaluer l'impact de la diagénèse sur les qualités pétrophysiques des réservoirs TAGI et L'unité A2 du champ de Rhourde Nouss Sud Est afin d'identifier la cause et proposer des solutions pour l'amélioration de la production.

Pour atteindre cet objectif nous avons utilisé la méthodologie suivante :

- ✓ Une étude bibliographique sur la région Sud Est du champ de Rhourde Nouss pour synthétiser les travaux qui ont été effectués sur cette région.
- ✓ Une étude sédimentologique pour obtenir un découpage séquentiel et déterminer les milieux de dépôts.
- ✓ Une étude pétrographique de 95 lames minces prélevées sur des carottes des puits RNSE-1, RNSE-3, RNSE -8 et RNSE-9.
- ✓ Une analyse pétrophysique à partir des cartes en iso-valeurs et des profils.
- ✓ Une conclusion générale avec recommandations.



Chapitre I : Généralités

I. Généralités :**I-1. Contexte géographique, géologique et géodynamique de la région de Rhourde Nouss :*****I-1-1. Contexte géographique (Figure 01) :***

Le champ de Rhourde Nouss se situe dans la wilaya d'Illizi avec une superficie de **10000 Km²**, limité au nord par la région de Gassi Touil, au Sud par les régions de Hamra et Tin-Fouyé Tabenkort.

Il se trouve à environ **850 Km** au Sud Est d'Alger, à **280 Km** au Sud Est du champ de Hassi Messaoud et à **350 Km** au Nord Ouest de Ain Amenas, délimité par les latitudes **29° 16' Nord** et **30° Nord** et les longitudes **06° 24' Est** et **07° Est**.

I-1-2. Contexte géologique (Figures 02 et 03):

La région de Rhourde Nouss se localise sur l'extrême sud de la province de Sahara Nord oriental (province Triasique), c'est une zone positive qui s'étend suivant une direction méridienne limitée par de grands éléments structuraux :

- Au Nord : le môle d'Ahara.
- Au Nord Est : le bassin de Berkine.
- Au Nord Ouest : le sillon de Merfag.
- A l'Est : le haut de Maouar.
- Au Sud Est : le bassin d'Illizi.
- Au Sud Ouest : le môle d'AMguid-El Biod et la faille de Ramade.
- A l'Ouest : le môle d'Amguid-El Biod.

Régionalement, la structure de Rhourde Nouss est formée par divers ensembles de géométrie hétéroclite qui sont : Rhourde Nouss Centre, Rhourde Nouss Sud Est, Rhourde Nouss Sud Ouest, Rhourde Adra, Rhourde Adra Sud, Hamra, Rhourde Chouf, Rhourde Hamra, Rhourde Hamra Sud Est, El Mouileh, Ektaia et Dra Allal (Figure 04).

Ces structures se disposent suivant une direction Nord Est-Sud Ouest, sauf la structure de Rhourde Nouss Sud Est qui s'oriente Nord-Sud correspondant à un prolongement d'un haut fond qui s'étend du Hoggar jusqu'au champ de Hassi Messaoud et Rhourde El Baguel.

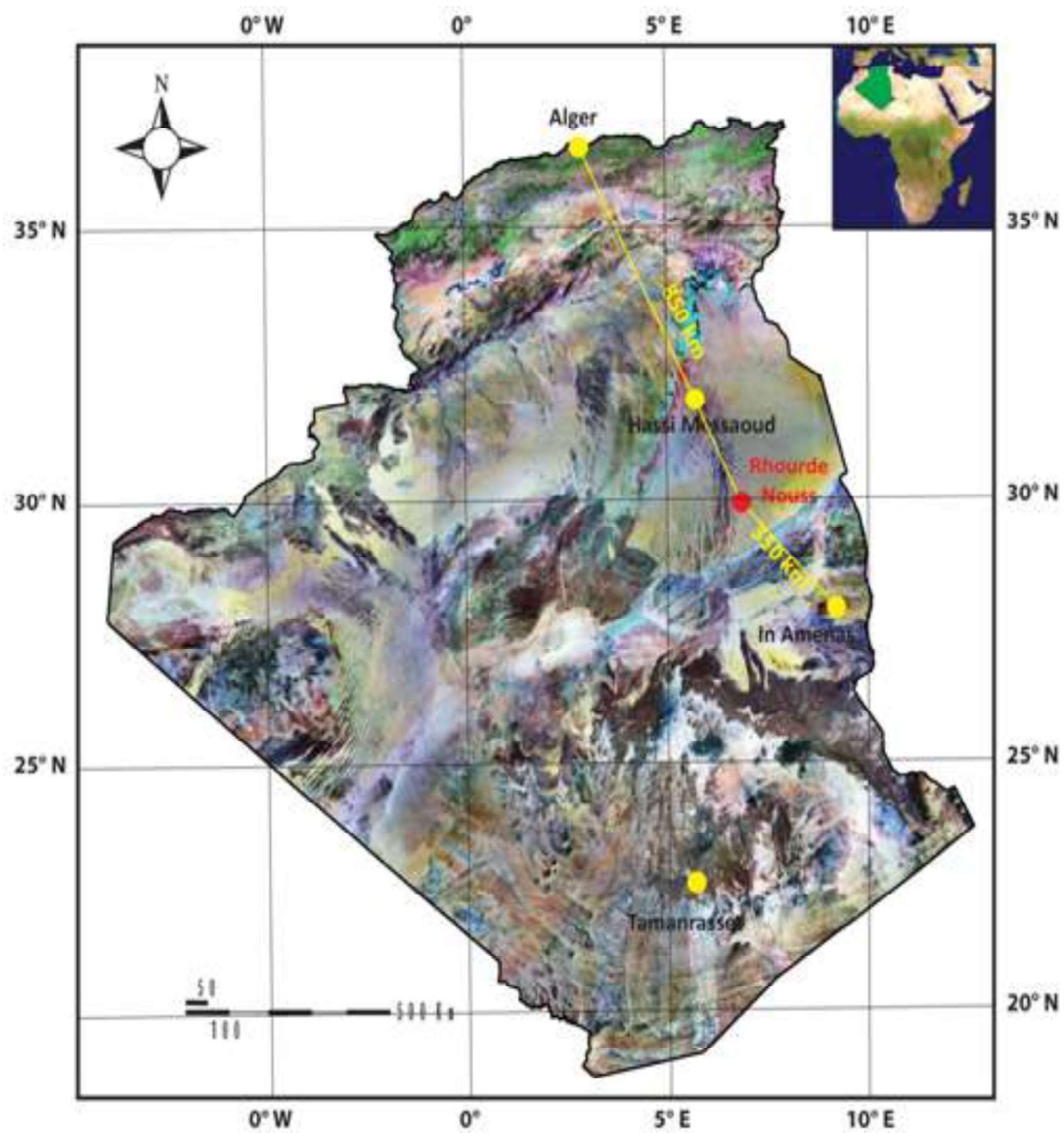


Figure 01 : Image satellitaire (LANDSAT 7 ETM+) de l'Algérie montrant la situation géographique de Rhourde Nouss.

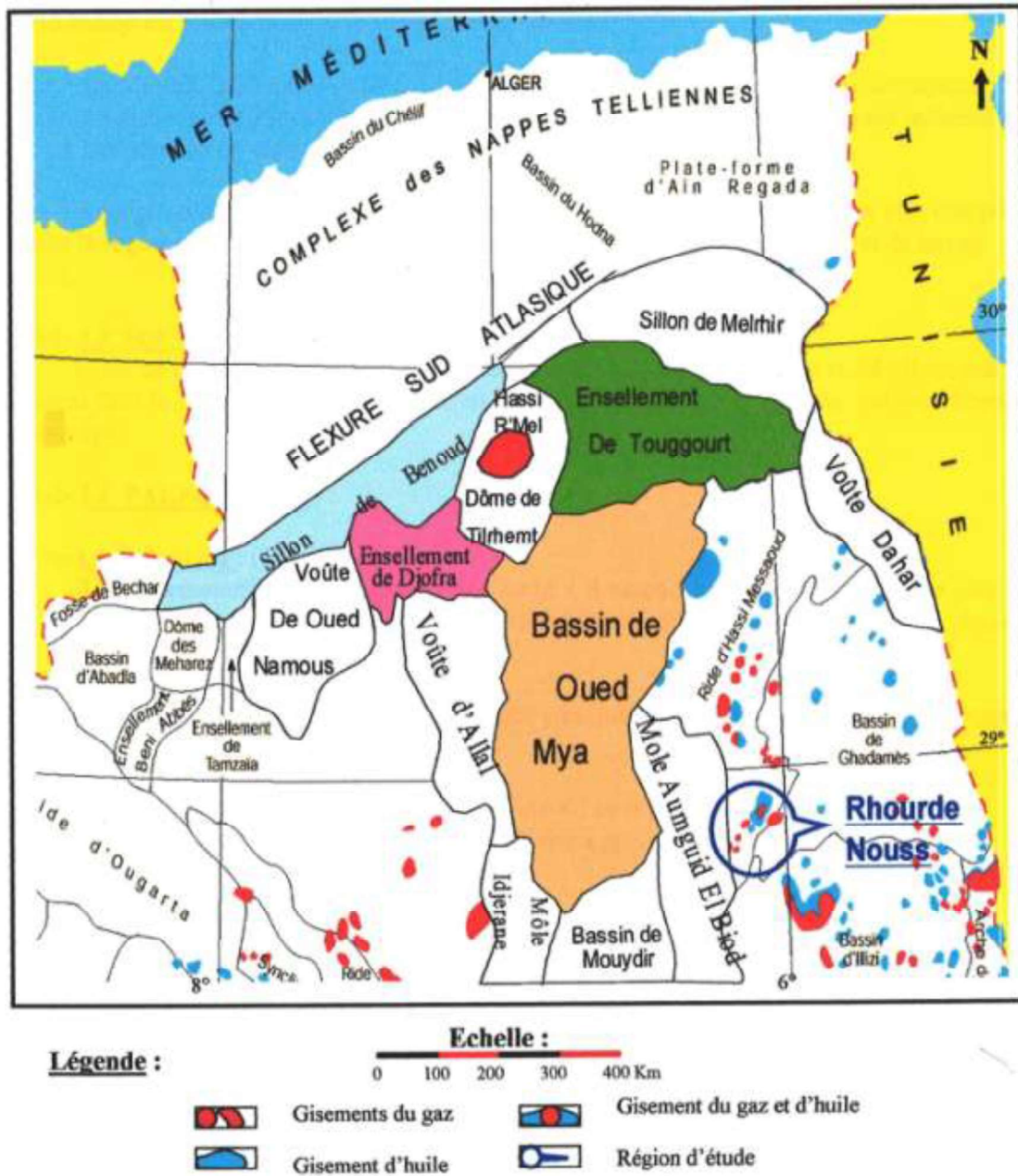
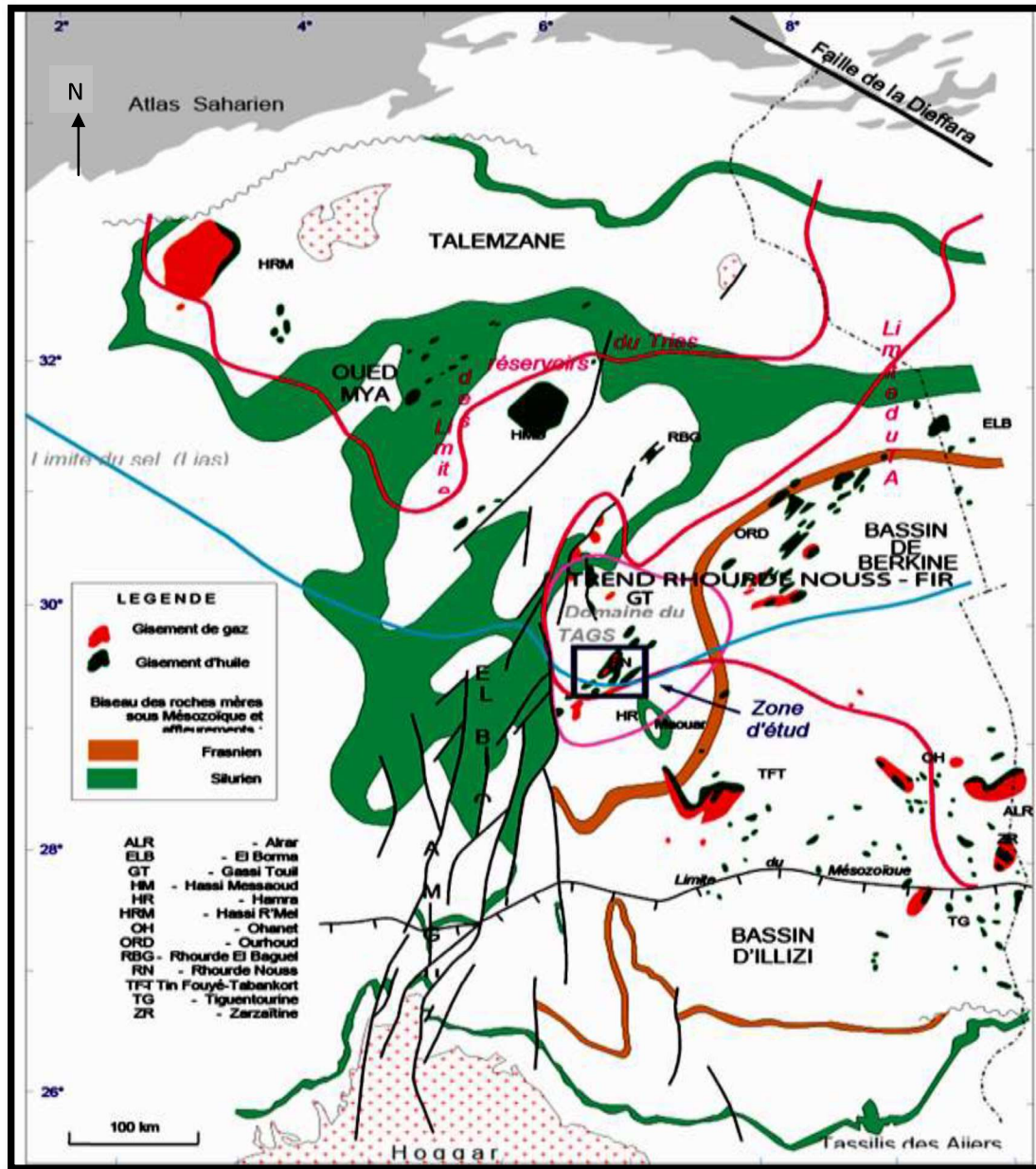


Figure 02 : Situation géologique de la région de Rhourde Nouss (In SONATRACH,1991) .



I-1-3. Contexte géodynamique :

La région de Rhourde Nouss fait partie de la province triasique qui correspond à un bassin intraplaque de type plate forme épicontinentale (In Perrodon 1985).

L'évolution géodynamique et l'architecture de la région sont étroitement liées avec le rôle d'Amguid El-Biod qui est un accident profond du socle panafricain orienté Nord – Sud.

La région de Rhourde Nouss a été affectée par de grandes déformations au cours du temps géologique (Tableau 01) en particulier :

_ Une forte compression au Crétacé (phase autrichienne) d'orientation proche de l'Ouest et ayant réactivé les failles préexistantes de direction N-S qui ont joué en failles inverses et les accidents NE-SO ont joué en décrochement dextre lors de la contrainte Crétacé, cette phase a permis la création des pièges.

_ Les importantes déformations d'âge tertiaire (phase atlasique) ont affecté le secteur en particulier le long de l'axe NE-SO de Rhourde Adra. Les accidents subméridiens ont alors joué en décrochement senestre où la géométrie des pièges crétacés a été modifiée.

- **Les phases tectoniques (Tableau 01) :**

Les principales phases compressives et leurs directions de contraintes observées dans la région sont les suivantes :

- ❖ Phase Hercynienne : Nord 120°
- ❖ Phase Autrichienne : Nord 90°
- ❖ Phase Eocène supérieur : Nord 160°
- ❖ Phase Plio-oligocène : Nord 60°

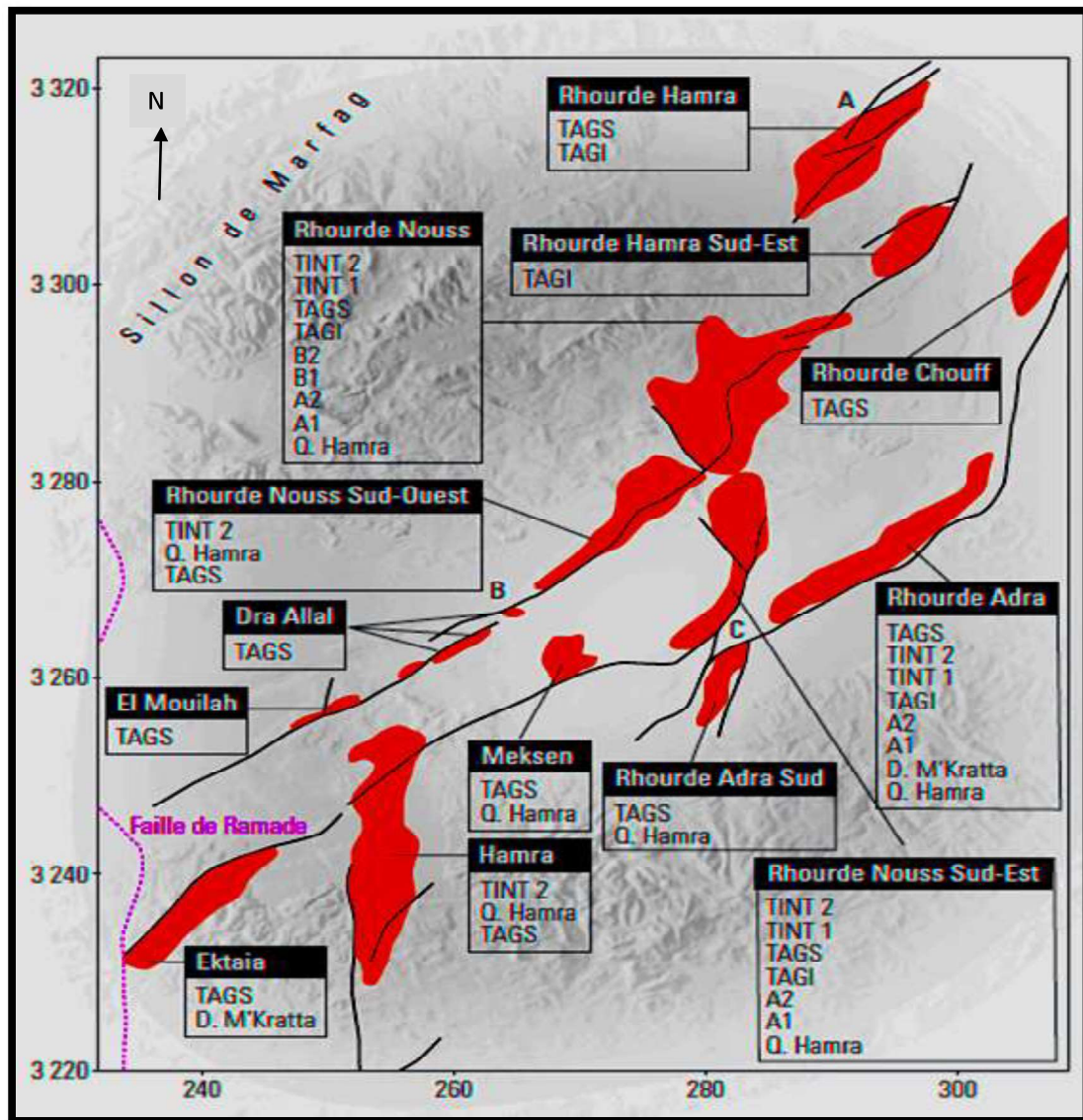


Figure 04 : Les différentes culminations de la région de Rhourde Nouss par rapport aux trends structuraux (In SONATRACH, 1991).

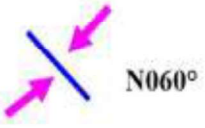
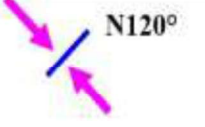
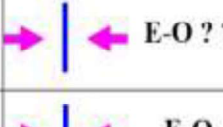
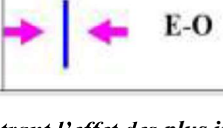
ERE	EPOQUE	PHASES	DIRECTION DES PHASES	EFFETS SUR LES JEUX DE FAILLES
CENOZOIQUE	NEOGENE MIOCENE	ALPINE TARDIVE TERTIAIRE TARDIVE N.O 60	 N060°	Jeu en compression
	PALEOGENE EOCENE	ALPINE MOYENNE EOCENE N. 160	 N160°	Jeu en compression sur les accidents N-S et création de nouvelles structures
MESOZOIQUE	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 VISEEN	PHASE HERCYNIENNE PRECOCE	 N040°	Jeu inverse sur les failles NO-SE
	DEVONIEN Supérieur Moyen Inférieur	PHASE FRASNIENNE	 NO-SE	Jeu en failles normales sur les failles NE-SO (variation de faciès et d'épaisseur) (volcanisme)
	SILURIEN ORDOVICIEN	PHASE CALEDONIENNE	 E-O ? ?	Jeu en inverse sur les failles N-S (érosion sur les môles subméridiens)
	750 – 550 Ma	PHASE PANAFRICAINNE	 E-O	Tectonique cassante, réseau NE-SO et NO-SE

Tableau 01 : Tableau structural interprétatif montrant l'effet des plus importantes phases tectoniques qui ont affecté le Sahara algérien (D'après BOUDJEMAA, 1987 et BEICIP, modifié par B.KADI 1992).

I-2. Historique des découvertes et travaux effectués dans le champ de Rhourde Nouss :

L'historique des découvertes et des travaux effectués dans la région de Rhourde Nouss sont représentés par le tableau ci-dessous (Tableau 02) :

Année	Découvertes et des travaux effectués
1946	Les compagnies pétrolières SN REPAL et CPA ont réalisées les premiers travaux sismiques.
1948	Début de la recherche gravimétrique dans la partie septentrionale du Sahara.
1954	Résultats positifs des travaux de reconnaissance et commencement des travaux ultérieures de la sismique surtout sur les zones hautes de Hassi Messaoud, Hassi R'Mel, Rhourd El Baguel et Rourde Nouss.
1956	La compagnie EL PASO France Afrique a débutée de la recherche dans la région de Rhourde Nouss en forant le puits RN-1 au niveau de la structure de Hamra qui a permis d'effectuer le premier test au niveau des réservoirs d'âge Barrémo-Néocomien (Crétacé).
1958	Le forage du puits RN-2 au niveau de la structure de Hamra a révélé la présence de gaz dans les réservoirs ordoviciens et les réservoirs Triasiques.
1959	Début des travaux d'exploration dans la partie Ouest, où la structure de Ramade a fourni des résultats négatifs.
1961	Le forage de RN-3 qui a mis en évidence l'accumulation de gaz à condensât dans les grès triasiques de Rhourde Nouss à la profondeur de 2500m.
1962	La mise en évidence de la structure de Rhourde Nouss.
1963	La mise en évidence de la structure de Rhourde Adra.
1966	Mise en service du Centre de traitement d'huile avec une capacité de traitement de 2000 m ³ /j de pétrole brut.
1972	Mise en évidence de la structure de Rhourde Nouss Sud-Est.

1973	Mise en évidence de la structure de Rhourde Nouss Sud-Oest.
1975	Mise en évidence de la structure de MEKSEN.
1980	Mise en évidence de la structure d'EL Mouileh.
1982	Mise en évidence de la structure de Rhourde Adra.
1983	Plus de 80 puits ont été forés sur l'ensemble de la région.
1987	Le champ de Hamra est mis en production et la région est classée comme étant le deuxième champ gazifière dans le pays après le champ de Hassi R'Mel.
1988	Démarrage de l'usine phase A.
1989	Mise en service de Rhourde Adra.
1990	La mise en production de condensât du Trias Argilo-Gréseux Supérieur.
1992	Mise en service de Rhourde Hamra et de Rhourde Chouff.
1999	Mise en service du Cinquième train.
2000	Démarrage Usine GPL.
2011	Démarrage d'une nouvelle unité de traitement d'huile.
2015	Démarrage d'une nouvelle unité de traitement d'huile.

Tableau 02 : Ensemble de découvertes et de travaux effectués sur le champ de Rhourde Nouss.

A cela, il faut ajouter de nombreux travaux de mémoires et thèses universitaires. De toutes ces études sur les travaux effectués sur la région de Rhourde Nouss, nous pouvons synthétiser les informations aussi bien sur la géologie que sur le plan de la production.

I-3. Du point de vue production :

Aujourd'hui le complexe de Rhourde Nouss (phase A et B) qui est en plein développement a une capacité nominale :

- De traitement de $51.0 \cdot 10^6$ Sm³/j de gaz brut (05 trains de 10.25 MM Sm³/j).
- De réinjection de $32.0 \cdot 10^6$ Sm³/j de gaz sec.
- De production actuelle de 4000 Tonnes/J de condensat.
- De production de 3300 Tonnes/j de GPL.

I-4. Du point de vue géologique :

I-4-1. Stratigraphie régionale (Figure 05):

La colonne stratigraphique type de la région de Rhourde Nouss montre la présence d'une couverture sédimentaire d'épaisseur qui dépasse les 5230 m représentée par les trois unités géologiques : le Paléozoïque, le Mésozoïque, et le Cénozoïque dont leur succession verticale est interrompue par diverses discordances :

- Le Paléozoïque repose en discordance sur le socle Précambrien.
- Le Mésozoïque repose en discordance angulaire d'âge Hercynienne sur le Paléozoïque.
- Le sommet du crétacé inférieur (Barrémien) est affecté par la discordance Autrichienne.
- Le Cénozoïque repose en discordance d'âge Eocène sur le Mésozoïque.

I-4-1-1. Stratigraphie des formations réservoirs (Figure 06) :

Dans la région de Rhourde Nouss on distingue deux réservoirs importants à savoirs :

A/ Réservoirs triasiques :

- **Le Trias argilo-gréseux supérieur (TAGS) :** constitué de grés fin parfois conglomératique.
- **L'Infra-TAGS :** se sont des réservoirs secondaires superposés, constitués d'un Trias argilo-gréseux inférieur et du Silurien argilo-gréseux qui est couvert par les unités (B₂, B₁, A₁ et A₂) où B₂ et B₁ sont érodés d'Ouest en Est sous la discordance hercynienne.

B/ Réservoir Ordovicien :

Constitué principalement par les grès d'El Atchane, les Quartzites de Hamra et les grès d'Ouregla, ces derniers sont situés entre deux formations argileuses marines d'extension régionale qui sont : les argiles d'El Gassi, d'âge Ordovicien inférieur, et les argiles d'Azzel, d'âge Ordovicien moyen.

Remarque :

Parmi ces réservoirs, seulement l'INFRA-TAGS (TAGI et Le Silurien A2) sera détaillée par une étude sédimentologique et pétrographique.

COUPE STRATIGRAPHIQUE TYPE DE RHOURDE NOUSS CENTRAL								
ERE	SYSTEME	ETAGE	UNITÉS SONATRACH	Epaisseur (m)	LITHOLOGIE	DESCRIPTION	Discordances	
Cénozoïque	MIO-PLIOCENE	MIO-PLIOCENE	-	154-377		Sable fin , moyen à très grossier à fines passé de calcaire sableux parfois gréseux avec intercalation d'argile sableuse à dolomies.		
MÉSOZOÏQUE	CRETACÉ	SENONIEN	carbonnaté	0 - 194		Calcaire microcristallin dolomitique .		
			anhydritique	111-233		Anhydrite beige .		
			salifère	13-80		Sel .		
		TURONIEN Cénomanien	TURONIEN	69 -113		Argile versicolore plastique , calcaire blanc à beige parfois argileux avec mme calcaire		
			Cénomanien	62 - 111				
		ALBIEN	Albien	30 -216		Sable fin à grossier avec grés argilo- dolomitique		
		APTIEN	APTIEN	0 - 22		Marne calcaire - dolomitique .	DISCORDANCE AUTRICHIENNE	
		BARREMIEN	BARREMIEN	0 - 740		Alternances : _ Sable fin à grossier . _ Grés fin à très fin . _ Argile rouge brique sableuse légèrement dolomitique . (traces de Pyrite) .		
		NEOCOMIEN	NEOCOMIEN	46 - 345		Argile silteuse dolomitique, sable fin à grossier avec de rares et fines passées de grés . (présence de lignite et de pyrite) .		
	JURASSIQUE	MALM		0 - 232		Argile silteuse, indurée parfois tendre à plastique, dolomitique .		
		DOGGER	ARGILEUX	55 - 228		Argile versicolore avec passées de grés fin .		
			LAGUNAIRE	0 - 322		Alternance d'argile silteuse et de grés fin .		
		LIAS	Argilo-dolomitique	0 - 215		Argile dolomitique, parfois anhydritique .		
			LD2 Horizon H	13 - 41		Anhydrite compacte blanche		
			LD3 Horizon B	14 - 42		Dolomie graveleuse, vacuolaire ou silteuse .		
			SALIFERE	202-443		Sel massif blanc à rose avec intercalations d' argile et d' anhydrite .		
			ARGILEUX	39 - 62		Argile versicolore avec siltstone .		
		TRIASSIQUE	RHETIEN	Argilo-Greseux Supérieur(T.A.G.S)	121-198		Argile silteuse légèrement carbonatée .	
			NORIEN	Intermédiaire 2	53 - 77		Grés fin, parfois microconglomératique .	
				Argileux moyen	33 - 53		Alternance de grés fins et d'argile silteuse .	
				Intermédiaire 1	29 - 70		Argile silteuse et dolomitique, parfois indurée .	
			CARNIEN	Argilo-Gréseux Inf.	15 - 57		Grés fin à très fin devenant quartzitique .	DISCORDANCE HERCYNIENNE
PALÉOZOÏQUE	SILURIEN	LLUDLOW (F6)	UNITÉ B2	0 - 111		Alternance de grés fin et d'argile micacée .		
			UNITÉ B1	0 - 149		Argile silteuse et grés fin à moyen .		
			UNITÉ A2	98 - 126		Grés siliceux, argileux à la base .		
			UNITÉ A1	13 - 18		Grés fin à moyen, consolidé (galets d'argile) .		
			UNITÉ M2	61 - 153		Argile indurée, silteuse d' parfois carbonatée		
			UNITÉ M1	32 - 37		vers la base (présence de grés de MÉDERBA) .		
		WENLOCK TARANON LLANDOVERY	ARGILES À GRAPTOLITES	232-341		Argile noire micacée contenant des Brachio - podes, Gastéropodes et Graptolites .		
	ORDOVICIEN	ASHGILL	Dalle de MKRATTA	14 - 37		Grés quartzitique fin, moyen à grossier .		
		CARADOC	Argile m-conglomératique	66 - 119		Argile microconglomératique à grains de quartz		
		LLANDEILO	Grés d'Oued Saret	103-137		Grés fin à très fin parfois quartzitique .		
		LLANDVIRN	Argile d'AZZEL	64 -117		Argile noire silteuse .		
		ARENIG	Grés d'OUARGLA	91 -100		Grés fin à moyen friable, parfois quartzitique .		
			Quartzites de HAMRA	79 - 232		Quartzites fins à moyens , parfois grossiers passant localement à des grés fins .		
			Grés d'EL ATCHANE	56 *		Alternance de grés, de quartzites et d'argile .		
		TREMADOC MOY.	Argile d'EL GASSI	268 *		Alternance d'argile silteuse et de grés quartzitiques		
TREMADOC INF.		Grés de MIRIBEL	180 *		Grés quartzitique et argilo- siliceux .			
CAMBRIEN		GRÉS DE HASSI LEILA	104 *		Quartzite mal classé au sommet .			
PRÉCAMBRIEN	SOCLE	?		Complexe de roches métamorphiques .	DISCORDANCE DE BASE			
			Réservoirs d'hydrocarbures		établie par : HABIB EL Mehdi			
			* : Épaisseurs concernant le puits RN-101		Le : 21 - 04 - 1998			

Figure 05 : Coupe stratigraphique type de Rhourde Nouss (In SONATRACH, par HABIB EL Mehdi, 1998).

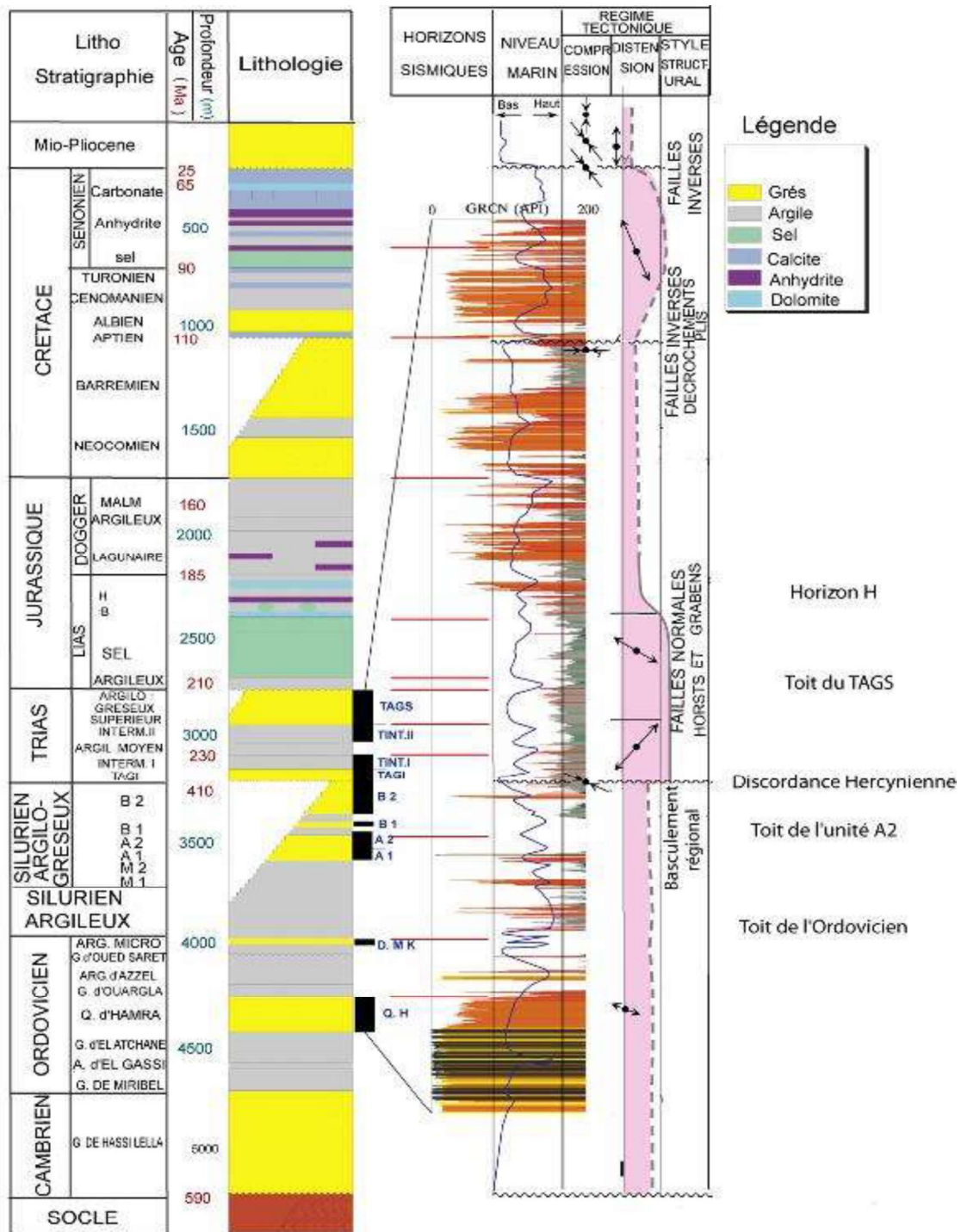


Figure 06 : Colonne stratigraphique montrant les réservoirs de la région de Rhourde Nouss (In Beicip/SONATRACH. PED, 2002).

I-4-2. Cadre structurale de Rhourde Nouss :

La région de Rhourde Nouss se trouve entre deux éléments structuraux de la plate forme saharienne, le môle d'Amguid El Biod à l'ouest et le haut de Maouar à l'Est, caractérisé par une très grande mobilité, sa particularité sur le plan structural et d'avoir subi des déformations intenses.

La structure actuelle de Rhourde Nouss est une structure hérité du socle Précambrien, car la surface de ce dernier a été modifier par les différentes phases tectoniques qui ont affecté la plate forme saharienne.

La structure de Rhourde Nouss se présente comme un anticlinal complexe d'orientation subméridienne, dont le flanc Est est recoupé par une faille inverse (accident régional B), dont les dimensions sont estimées de 15 x 10 Km.

I-4-2-1. Géométrie de la Structure :

Il s'agit d'un anticlinal complexe dont le flanc Est est faillé et qui peut structuralement être subdivisé en cinq secteurs :

- La partie centrale, très faillée correspond également à la zone la plus haute : C'est un pli légèrement déversé sur son flanc Est, qui s'atténue très rapidement vers le Sud ;
- Le secteur Est, monoclinal de pendage Est : il est séparé du secteur précédent par un couloir de failles dont la plus importante est inverse et présente un rejet variant de quelques dizaines de mètres à plus de 300 m en moins de 3 km ;
- Le secteur Nord-Ouest : Cet axe positif secondaire est lié à l'existence d'une faille inverse d'orientation NO-SE, vers l'Ouest cet axe est recoupé par plusieurs petites failles subméridienne avant de s'enfoncées rapidement vers le sillon de Marfag ;
- Le secteur Nord lié également à la présence d'une faille secondaire subméridienne qui rejoint la faille principale au niveau de RN17 ;
- La structure périphérique de Rhourde Nouss Nord-Est se caractérise par de faibles dimensions mais très accusée. On notera toute fois :
 - L'extension limitée des réservoirs du Silurien partiellement érodés sous la discordance hercynienne ;
 - L'augmentation du rejet des failles principales en descendant dans la série.

I-4-2-2. L'histoire structurale de la région de Rhourde Nouss :**1) Au cours du Paléozoïque :**

D'après l'analyse de la série sédimentaire, on remarque que l'épaisseur augmente dans le secteur Sud-Est vers la direction Ouest, ce qui explique la présence d'une subsidence différentielle qui a affecté la région au cours du Paléozoïque. Au Cambro-Ordovicien on a la présence de certains jeux de failles conduisant à la structuration de l'ordovicien.

A la fin de la phase hercynienne, un vaste monoclinal en pente vers l'ouest a été installé en direction du sillon d'El Marfag et vers le Nord-est en direction du bassin de Ghadames. De légères fermetures structurales se sont donc développées le long des accidents majeurs de direction Nord-Est/Sud-ouest et des surfaces d'érosion marquent nettement le secteur Sud-Est et Nord-Ouest.

Du point de vue pétrolier, les mouvements structuraux ont participé à la migration des hydrocarbures des réservoirs Siluro-dévonien qui se sont accumulés dans de nouvelles structures ou sont sortis en surface.

2) Au cours du Mésozoïque :**➤ Au cours du Trias**

Après la phase hercynienne, un régime distensif s'est installé et a permis l'ouverture de la mer Téthys où les sédiments du Trias se sont déposés sur la discordance hercynienne.

Ces dépôts apparaissent avec des épaisseurs différentes de part et d'autre liées aux jeux des accidents et au basculement du bassin du Sud vers le Nord ce qui a permis le développement d'une épaisse série au centre de ce bassin.

Le rejet des failles normales des accidents « B » et « C » et le basculement régional du Sud vers le Nord ont conduit à l'apparition de la structure de Rhourde Nouss Sud-ouest et à la disparition des séries sous-jacentes sur le bloc de Rhourde Nouss Sud-est.

➤ Au cours du Jurassique

Le basculement vers le Nord du bassin a permis le développement d'une série évaporitique vers le Sud, où leurs épaisseurs sont liées aux failles majeures qui favorisent le développement de Rhourde Nouss Sud-Est, Rhourde Adra et Meksen.

➤ Au cours du Crétacé

Le régime distensif est prolongé durant la fin du Jurassique et une partie du Crétacé inférieur mais cette fois le basculement est vers l'Est qui a une relation directe avec la surrection du mole El Biod et qui a permis le développement des épaisseurs de la série du Néocomien-Barrémien.

A la fin du Barrémien et suite à la phase autrichienne, le régime est devenu compressif, les accidents subméridiens jouent en faille inverse, les accidents Nord Est-Sud Ouest jouent en décrochement dextre et conduisent à la formation d'un pli.

Certains cotés effondrés sont devenus haut comme à Rhourde Nouss suite au phénomène d'inversion structurale où les failles normales triasique ont rejoué en sens inverse.

La structure principale de Rhourde Nouss demeurée émergée durant l'Aptien qui ne la recouvre pas, une reprise d'un régime distensif qui traduit par des grès albiens et un nouveau basculement de la région vers l'Est visible en sismique au Sud-Est de Rhourde Adra.

Du point de vue pétrolier, cette étape caractérisée par la fermeture des hydrocarbures surtout dans le sillon Marfag, partie Sud-Est de Berkine, et la migration vers la région de Rhourde Nouss.

3) Au cours du Cénozoïque à l'actuel :

Au sénonien, un rejet dextre le long de l'accident « C » a conduit à une nouvelle structuration de Rhourde Nouss Sud-Est, surtout la culmination sud. Ces mouvements jouent un rôle dans la distribution des hydrocarbures déjà piégés dans les structures existantes auparavant.

Un basculement régional suite au rejet de la faille Ramade en normale. Suite à la collision entre l'Europe et l'Afrique qui est l'origine de la tectonique alpine, la série tertiaire fragmentée et demeure après cet événement relativement stable.

Du point de vue pétrolier, cette aire est caractérisée par la redistribution des hydrocarbures, et la génération d'un grand volume de gaz provoquée par un important flux de chaleur suite aux mouvements tectoniques.

-Les différentes unités structurales de Rhourde Nouss :

Elle est composée de quatre structures différentes à savoir:

- ❖ - Rhourde Nouss central (RN)
- ❖ - Rhourde Nouss sud-est (RNSE)
- ❖ - Rhourde Nouss sud-ouest (RNSW)
- ❖ - Rhourde El Adra (RA)

1- Rhourde-Nouss Central (RN) :

Cette structure est alignée Nord - Sud et s'étend sur environ 16x8 km² avec une petite structure au nord-est de 4x2,5 km. Le réservoir contient du gaz avec un anneau d'huile d'une trentaine de mètres dans lequel on a foré 64 puits.

2- Rhourde-Nouss Sud -Ouest (RNSW) :

Elle est de direction S-SW et N-NE sur une surface de 163,5 km². Le réservoir est à gaz avec un anneau d'huile d'une vingtaine de mètres, le nombre de puits forés dans le réservoir est de 17 puits.

3-Rhourde-Nouss Sud-Est (RNSE) :

Cette structure est alignée nord-sud sur une surface de 8,5 x 4 km². Le nombre de puits forés dans le réservoir est de 18 puits, dont 11 puits forés dans le Trias argilo-gréseux supérieur (TAGS), qui est producteur de gaz, avec un anneau d'huile d'une dizaine de mètres, et 7 puits forés dans le Trias argilo-gréseux inférieur (TAGI), qui est producteur d'huile.

4-Rhourde- El Adra (RA) :

Alignée SW - NE sur une surface de 23 x 2.5 km², le réservoir contient du gaz et le nombre de puits foré est égal à 13 puits.

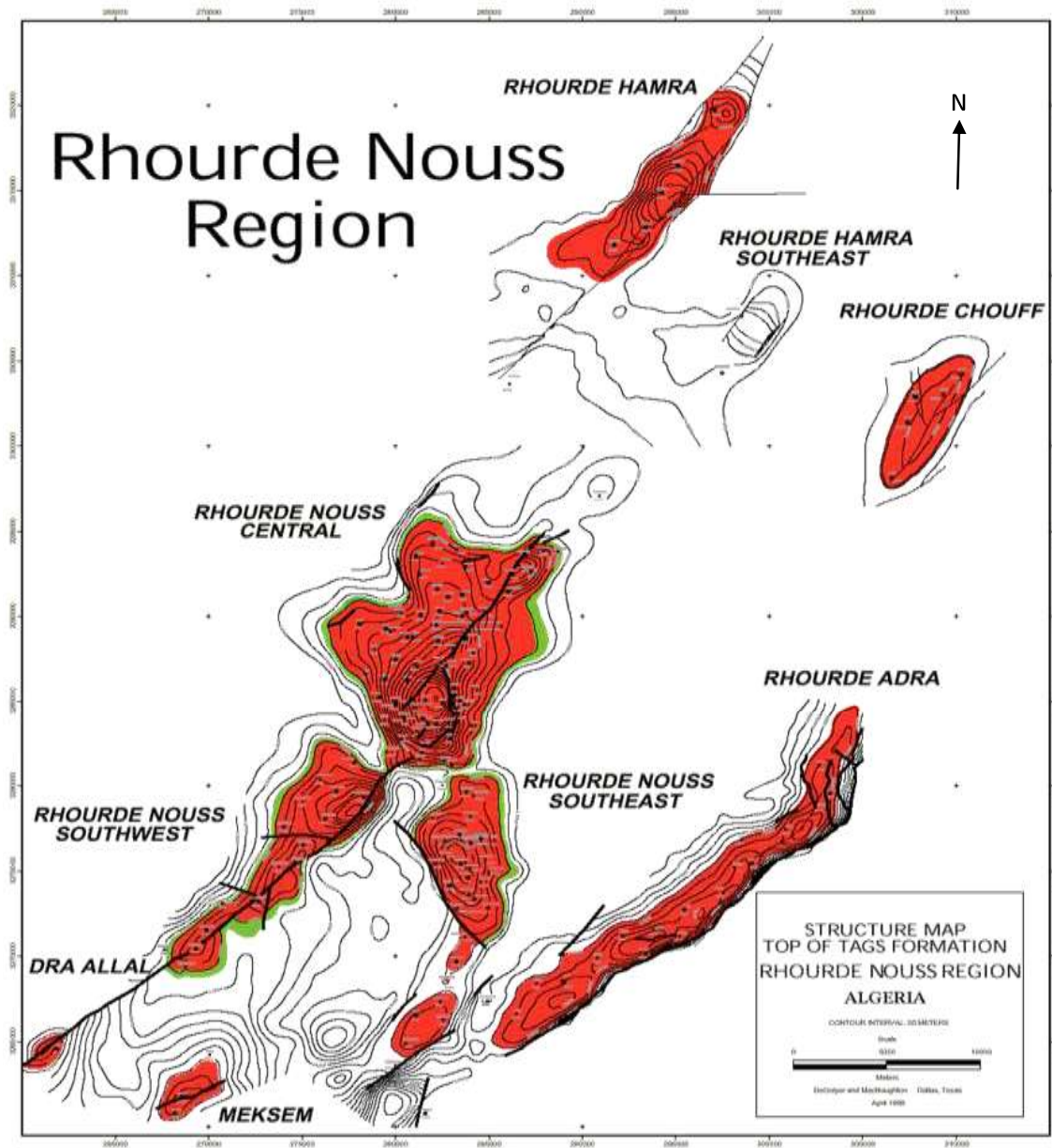


Figure 07 : Carte au toit du TAGS montrant les différentes unités structurales de la région de Rhourde Nouss(In SONATRACH d'après Galyer et Mac Naughton,avril1998).

I-5. Intérêt pétrolier :***I-5-1. Les roches mères :***

Le degré de potentialité permet de les classées comme suit :

a- Le Silurien :

La roche Silurienne est la plus potentielle pour tous les systèmes pétroliers triasiques et par conséquent pour notre région d'étude.

b- L'Ordovicien :

Il est considéré comme une roche mère secondaire par certains de ses niveaux argileux.

c- Le Dévonien Supérieur :

Il est le plus riche, mais absent dans la région de Rhourde Nouss, en raison de l'érosion hercynienne. Il se trouve à **100m** en dehors de la zone d'alimentation (Moullai 1995).

I-5-2. Les roches réservoirs :

Dans la région de Rhourde Nouss existe une succession des formations réservoirs qui sont organisées dans l'ordre suivant de bas en haut :

a- L'Ordovicien :

Représenté par les quartzites de Hamra qui sont constituées de quartzites et de grès quartzitiques moyens à grossiers intercalés de quelques petits niveaux d'argile finement gréseuse vers la base dont l'épaisseur est de **250m**. Sa porosité moyenne varie de **2.7%** à **4.1%**, sa perméabilité est en général inférieure à **0.1md** et son taux de productivité est fonction de la fracturation présente.

b- Le Silurien :

Il renferme les unités réservoirs suivantes : **M₁, M₂, A₁, A₂, B₁ et B₂** qui sont interprétées comme des dépôts de barres sableuses de la plate forme marine, elles présentent des extensions latérales discontinues à cause de l'érosion hercynienne, avec des caractéristiques moins homogènes et de bonnes qualités, la porosité varie de **8%** à **13%** et la perméabilité généralement supérieure à **100md**.

c- Le Trias :

Il est subdivisé en trois unités réservoir d'extension régionale formées de bas en haut comme suit :

- **Le TRIAS ARGILO-GRESEUX INFERIEUR : (TAGI)**

C'est un réservoir à gaz riche en condensât formé essentiellement de grès fin à très fins à ciment argileux et d'argiles silteuses, son épaisseur varie de **10 à 35 m**, sa porosité moyenne varie entre **8.4%** et **13.7%** et sa perméabilité dépasse rarement les **10md**.

- **Le TRIAS INTERMEDIAIRE :**

Il est subdivisé en deux niveaux réservoirs :

-TRIAS INTERMEDIAIRE I (T INT I).

-TRIAS INTERMEDIAIRE II (T INT II).

- **Le TRIAS ARGILO-GRESEUX SUPERIEUR :**

C'est le réservoir le plus important, son épaisseur varie entre **100 et 200m**, il est constitué d'une série épaisse de grès fins à grossiers avec intercalations d'argile brun-rouge à verte tendre à induré, il présente les meilleurs qualités réservoir étant donné, son épaisseur, sa continuité, son extension (Beicip. 1991). Sa porosité est comprise entre **15%** et **20%** et sa perméabilité atteint fréquemment **1 Darcy**.

I-5-3. Les roches couvertures :

On distingue :

a- Les roches couvertures régionales :

- **Le Lias argileux et le Lias salifère :**

Ils constituent une excellente couche couverture (Beicip. 1991) parfois son épaisseur est insuffisante à cause de rejeux des failles majeurs qui les exposent à une érosion intense (phase Autrichienne) ou bien à une dissolution le long de ces failles. Ils sont considérés comme la roche couverture la plus étanche pour tous les réservoirs triasiques.

- **Le Silurien argileux :**

Malgré qu'il soit classé comme une roche mère, il joue aussi le rôle d'une bonne roche couverture pour les réservoirs Ordoviciens.

b- Les roches couvertures locales :

Ce sont des couvertures intermédiaires entre les réservoirs, elles sont localement efficaces (l'Ordovicien est un gisement multicouche) mais la bonne étanchéité est assurée par la roche Silurienne (Biecip. 1991).

I-5-4. Les pièges :

L'âge de formation des pièges est attribué à la période Trias-Lias (Beicip. 1991), au cours de la phase Autrichienne, alors les hydrocarbures générés (huile et gaz à condensât) sont emprisonnés dans des pièges :

- **Les pièges Structuraux :**

Liés aux rejeux des trends structuraux régionaux, suite auxquelles les structures atteignent leurs fermetures maximales.

- **Les pièges Stratigraphiques :**

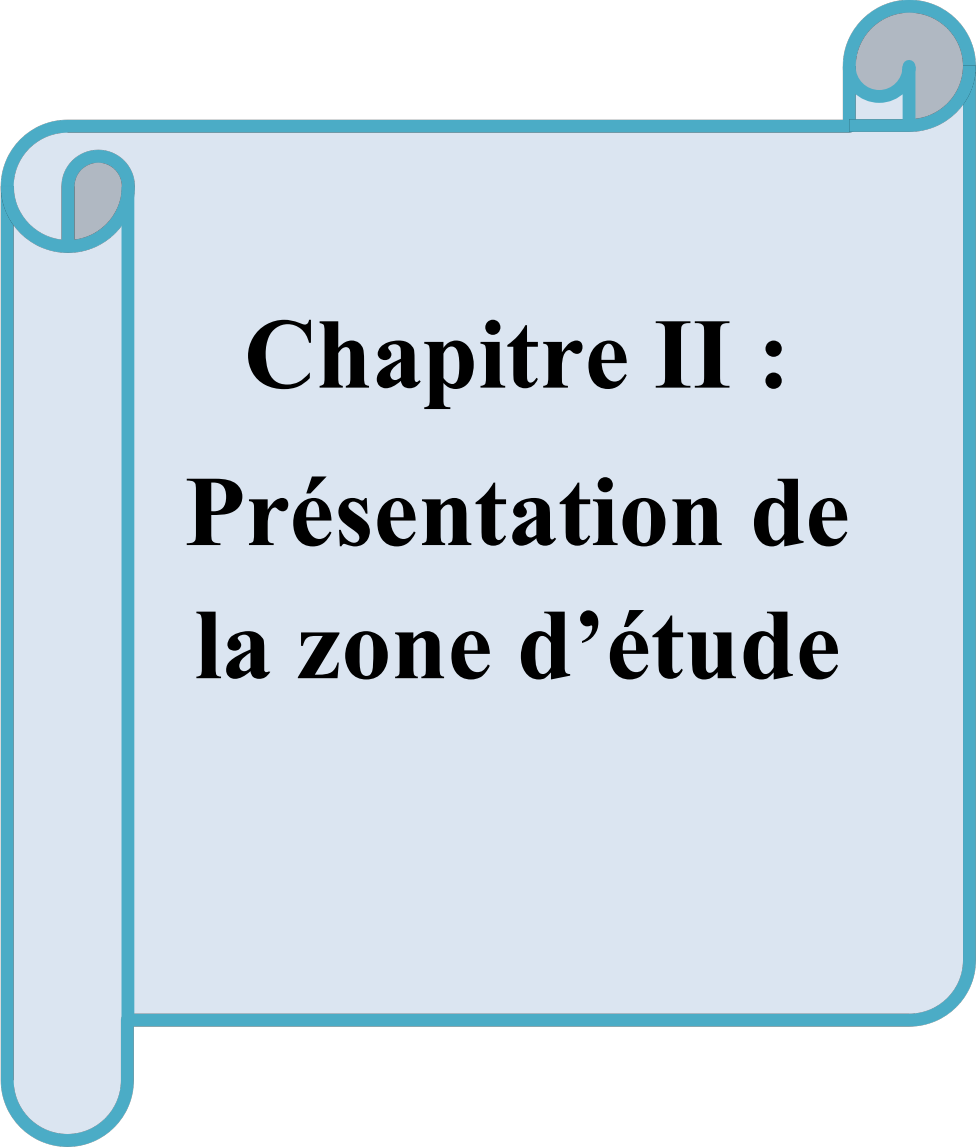
Liés à des biseaux stratigraphiques (le biseautage de TAGS au niveau du Maouar) et des lentilles sableuses (les réservoirs de l'INFRA-TAGS).

I-6. Conclusion :

La région de Rhourde Nouss a été affectée par plusieurs phénomènes tectoniques qui ont contribué à la formation de différentes unités structurales qui sont : Rhourde Nouss Central (RN), Rhourde Nouss Sud Est (RNSE), Rhourde Nouss Sud Ouest (RNSW) et Rhourde El Adra (RA).

L'historique des travaux effectués dans la région indiquent que cette dernière est très riche en hydrocarbures grâce aux réservoirs et les pièges qu'elle a hérité à travers les temps géologiques.

La structure de Rhourde Nouss Sud-Est a été choisie dans le but de l'étudier du point de vue sédimentologique qui fera l'objet du prochain chapitre.



Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

II. Présentation de la zone d'étude :**II-1. Localisation de la zone d'étude :*****II-1-1. La situation géographique (Figure 08) :***

La zone de Rhourde Nouss Sud Est se situe au sud de la structure de Rhourde Nouss centre entre les coordonnées Lambert : 283500 à 285000, elle est délimitée par les coordonnées géographiques suivantes :

*Méridiens : 29° 28' N et 29° 39' N ;

*Parallèles : 6° 42' E et 6° 47' E ;

II-1-2. Le cadre géologique :

Géologiquement la zone de Rhourde Nouss Sud Est se situe dans le secteur central de la région de Rhourde Nouss, elle est limitée par les deux trends structuraux « B » et « C » (Figure 04), elle se présente comme une zone haute, composée de deux culminations de géométrie différentes :

a- La culmination Nord :

Elle se manifeste comme un anticlinal de direction Nord-Sud dont sa partie sommitale est affectée par un réseau de failles d'orientation Nord Ouest-Sud, elle est bordée par une faille inverse à l'Est et une faille inverse de direction Nord Ouest-Sud à l'Ouest.

b- La culmination Sud :

Elle est interprétée comme un pli coiffé de direction Nord Est-Sud Ouest, ses flancs sont flanqués par des failles inverses dont celle située à l'Est présente un rejet de 300 m (Beicip. 1991), (Figure 09).

II-1-3. Description morphologique :

La structure de Rhourde Nouss Sud Est comporte deux anticlinaux dont le style les dimensions et l'histoire sont en grande partie différents, suite à une subsidence différentielle, ces deux anticlinaux sont:

■ Un anticlinal Nord :

La structure principale est un anticlinal de direction subméridienne, le plissement est d'âge Crétacé, affecté par deux failles, l'une orientale et l'autre occidentale.

Ce sont des failles inverses à forts rejets (Figures 09), minimum 50 m qui s'amortissent dans le Lias. La faille orientale s'avère difficile à définir avec précision, elle a été interprétée comme un événement quasi-continu bordant les plis de RNSE et de son extension sud, son rejet n'est pas très important au niveau de la structure principale mais augmente progressivement vers le sud.

La faille occidentale apparaît plus discontinue au TAGS et suit également un tracé courbe témoignant d'une reprise tardive d'un accident plus ancien.

Le cœur de la structure est affecté par une faille inverse pratiquement Nord-Sud, qui est probablement une réplique Sud de la faille inverse de Rhourde Nouss Centre.

Un axe positif s'oriente brutalement vers le sud ouest, observé au niveau des puits RNSE-60 et RNSE-4.

▪ **Un anticlinal Sud :**

Il présente une orientation brutale vers le Sud-Ouest où se développe un pli étroit d'âge Tertiaire, avec une direction Nord-Est Sud-Ouest et une longueur de 2,5 Km. En raison de l'épaisseur réduite du Lias salifère, le rejet des failles bordières augmente fortement surtout à l'Ordovicien. L'anticlinal se poursuit loin vers le Sud, en direction de Meksem, où l'épaisseur réduite du Lias Salifère le long de cet axe suggère un jeu en Horst lors de la distension Liasique.

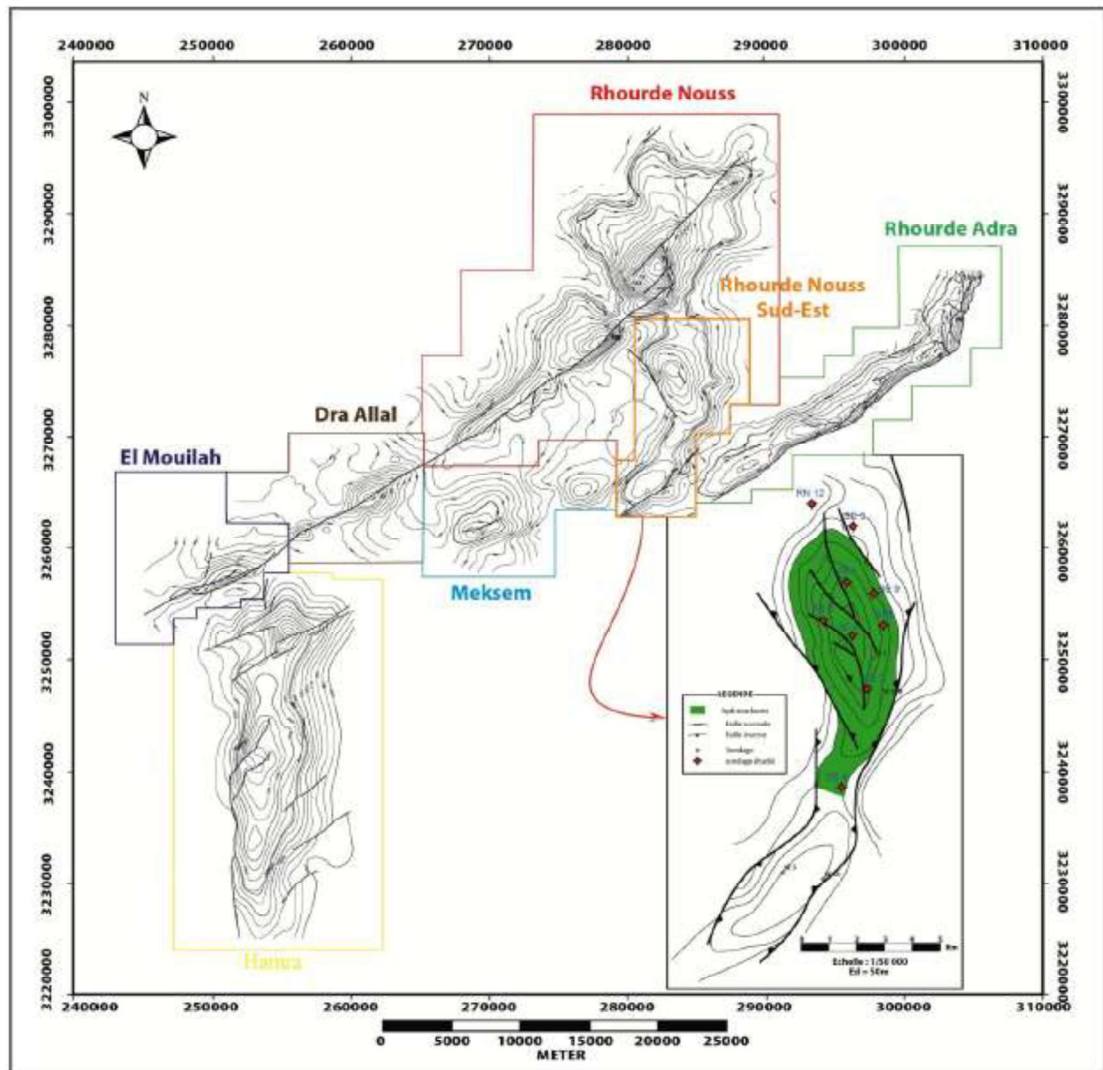


Figure 08 : Carte structurale et positionnement des sondages étudiés du champ de Rhourde Nouss Sud Est (In SONATRACH, 2012).

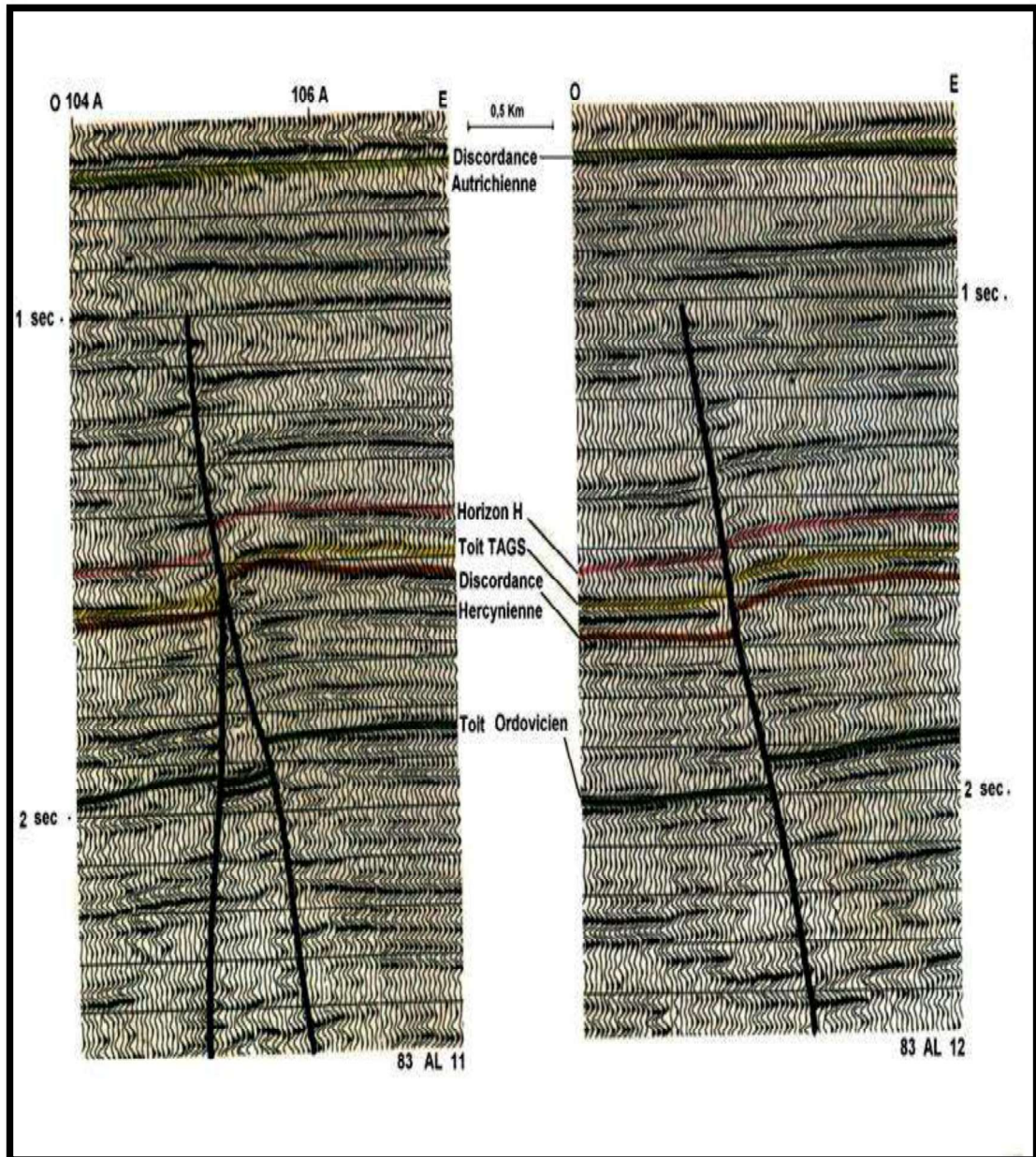


Figure 09 : Failles inverses d'orientation subméridienne (Beicip, 1990).

II-2. L'évolution structurale de la zone d'étude :

L'analyse de la tectonique régional de Rhourde Nouss nous a permis de reconstituer la tectonique locale de la zone d'étude Rhourde Nouss Sud Est et qui a fait apparaître sa forme actuelle. Il s'agit essentiellement de :

- * L'installation d'un régime compressif d'orientation N120°, au cours de la phase Hercynienne qui a conduit à la création de trois trends structuraux « A », « B » et « C » de direction Nord Est-Sud Ouest ;

- *La région de Rhourde Nouss Sud-Est se trouve comprise entre les deux trends « B » et « C », donc elle est soumise directement à cette contrainte. Suite à laquelle un décrochement dextre a eu lieu le long du trend « C », associé à d'autres failles conjuguées.

- *L'installation d'un deuxième régime compressif d'orientation N090°, au cours de la phase Autrichienne qui a provoqué la structuration de la zone d'étude.

L'évolution structurale de la région d'étude se résume à trois stades qui sont les suivants :

II-2-1. Le premier stade (La phase Hercynienne) :

Ce stade est caractérisé essentiellement par une contrainte compressive maximale N120° qui a crée :

- *Deux décrochements dextres.
- *Des accidents anastomiques de direction Nord Ouest-Sud Est.
- *Deux plis en échelon d'orientation Nord Nord Est-Sud Sud Ouest.
- *Deux failles normales au niveau de la culmination Nord.

II-2-2. Le deuxième stade (La phase Autrichienne) :

Il est caractérisé par une contrainte compressive qui s'oriente suivant la direction N090° qui a provoqué :

- * Le jeu de deux décrochements en dextre.
- *Le jeu des failles conjuguées.
- *Le changement de l'orientation des deux plis (Nord-Sud).
- *Le jeu en inverse de deux failles normales.

II-2-3. Le troisième stade (La phase Alpine) :

La contrainte compressive de direction N060° a favorisé :

- *Le jeu des décrochements précédents en senestre.
- *Une nouvelle orientation des deux plis : le pli nord a pris la direction subméridienne et le pli sud s'est orienté suivant un axe de direction Nord Est-Sud Ouest ;
- *Un deuxième jeu des failles inverses en décrochements senestres.

Le profil sismique suivant (Figure 10) montre la structure actuelle de la région Rhourde Nouss Sud Est qui est le résultat de ces phases tectoniques qui ont affecté la région. Ce dernier montre la possibilité d'existence des pièges structuraux (contre faille, anticlinal).

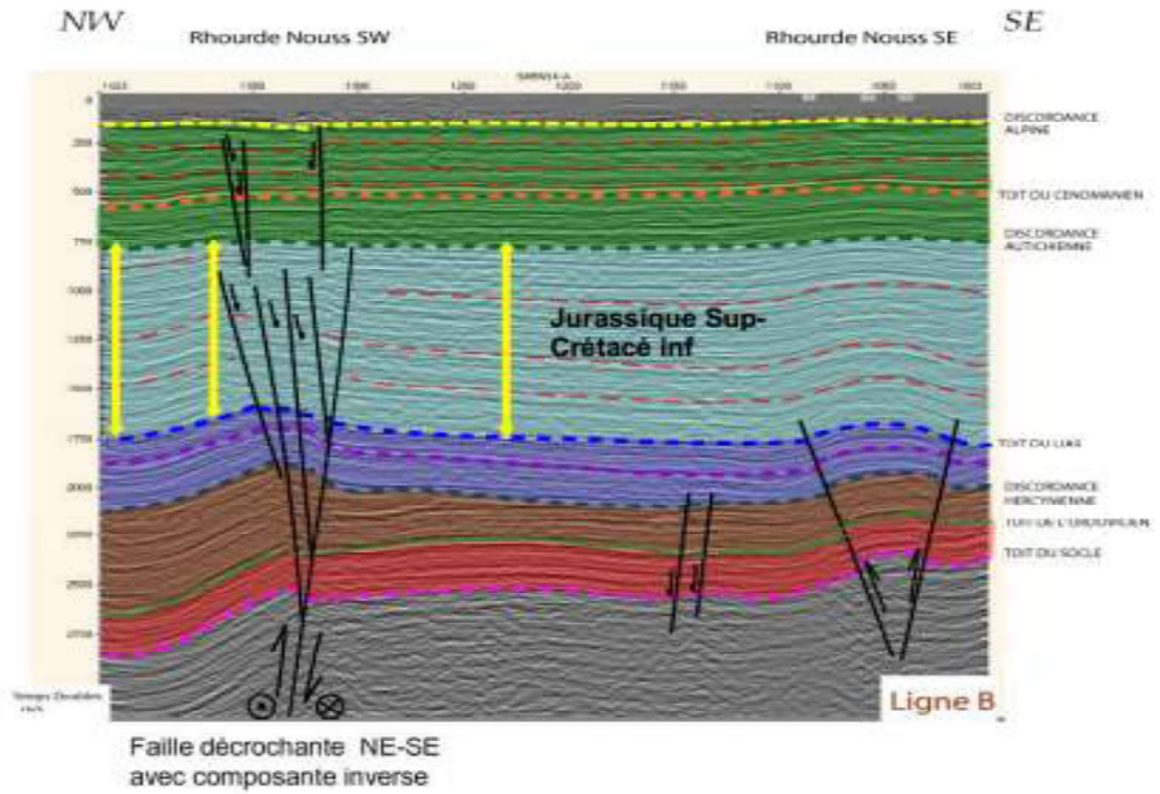


Figure 10 : Le profil montrant la structure actuelle de la région de Rhourde Nouss Sud-Est (par Nasser Mokhtari 2011).

II-3. Stratigraphie :

La région de Rhourde Nouss Sud Est est constituée par une couverture sédimentaire d'une épaisseur dépassant les **5230m** au-dessus du socle Précambrien. Cette couverture est représentée par les trois unités géologiques : le Paléozoïque, le Mésozoïque, et le Cénozoïque dont leur succession verticale est interrompue par diverses discordances (Figure 11).

a- Le socle :

C'est un complexe granitique et métamorphique plissé et faillé. Il est très peu connu à cause du nombre limité de puits qui l'ont atteint.

b- Le Paléozoïque :

Localement, l'épaisseur de la série du paléozoïque ne dépasse pas les **2000m**, car le Dévonien et le Carbonifère sont complètement érodés. On y observe, de bas en haut, la succession suivante :

- ❖ **Le Cambrien** : il est représenté par les grès de Hassi Leila, constitué principalement de grès essentiellement quartzitiques très fin à grossier intercalés par des passées d'argiles noires micacées et sableuses et surmontés par des quartzites mal classés.
- ❖ **L'Ordovicien** : son épaisseur varie de **800 à 1100m**. c'est un complexe formé par une alternance de grès quartzitiques et d'argile, on distingue de bas en haut les formations suivantes :
 - **Les grès de Miribel** : (Trémadoc inférieur)
Ce sont des grès quartzitiques fins à très fins avec de Grès argilo-silteux et des passées d'argiles grises noires.
 - **Les argiles d'El-Gassi** : (Trémadoc moyen = **93m**)
Alternance d'argiles silteuses et des grès quartzitiques.
 - **Les grès d'El- Attchane** : (Arenig inférieur = **37m**)
C'est une alternance de grès fins bien classés silteux et de quartzites entrecoupés par des passées argileuses.

- **Les Quartzites de Hamra :** (Arenig moyen = **151m**)

Ils sont formés par des quartzites fins à moyens parfois grossiers de couleur blanche, passant localement à des grès fins.

- **Les grès d'Ouargla :** (Arenig supérieur = **102m**)

Grès fins à moyen de couleur gris-brun parfois quartzitiques avec des intercalations d'argiles noires.

- **Les argiles d'Azzel :** (Lanvrin = **71m**)

Constitué d'argile gris-noire, silteuse plus ou moins indurée.

- **Les grès d'Oued Saret :** (Landeilo = **128m**)

il est composé de grès fins à très fin parfois quartzitiques.

- **Les Argiles micro conglomératiques :** (Caradoc = **70m**)

Argile micro conglomératiques à grains de quartz.

- **La dalle de M'kratta :** (Asghil = **4m**)

Elle est matérialisée par des grès quartzitiques qui varie du très fins à moyens jusqu'au grossiers.

❖ **Le Silurien :** il comporte deux unités lithologiques :

- **Le Silurien Argileux :** (Llandovery-Taranon-Wenlok = **225m**)

Constitué par une série d'argile noire micacée très riche en faune (Brachiopodes, Gastéropodes et Graptolites), elle est nommée Argile à Graptolites.

- **Le Silurien Argilo- Gréseux :** (Lludlow)

Il est représenté par le réservoir (F6) qui comporte six unités lithologiques qui sont de bas en haut :

_ **L'unité M1 :**

Cette unité est constituée par des argiles silteuses, indurées à quelques passées carbonatées à la base, son épaisseur est de **31m**.

_ **L'unité M2 :**

D'une épaisseur qui varie entre **15** et **95m** matérialisée par des argiles silteuses, indurées, avec quelques passées de grès de Mederba.

_ L'unité A1 :

Elle est constituée par des grés fins à moyen, bien consolidés à ciment silteux intercalés par de fines passées d'argiles grise-noires, son épaisseur varie de **14 à 23m**.

_ L'unité A2 :

Avec une épaisseur qui varie de **51 à 87m**, elle comporte des niveaux de grés fins, silteux à passées argileuses à la base.

_ L'unité B1 :

Elle présente une épaisseur qui varie entre **0 et 149m**, cette unité est tronquée par l'érosion Hercynienne surtout sur le flanc Sud-est de la structure de Rhourde Nouss, constituée par une succession de grés quartzitiques compacts et d'argile gris-noire, indurées micacées.

_ L'unité B2 :

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

❖ Le Dévonien :

Il est érodé suite à l'orogénèse hercynienne.

❖ Le Carbonifère :

Complètement érodé.

❖ Le Permien :

C'est une lacune qui pourrait être reliée à la phase d'érosion.

c- Le Mésozoïque :

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

❖ Le Trias :

Il repose en discordance sur le Silurien Argilo-Gréseux (discordance hercynienne), on distingue 5 unités représentées de bas en haut:

1/ Le Trias Argilo-Gréseux Inférieur (TAGI) : (Carnien = 29 à 42m)

Il est formé de bancs de grés fins à ciment silico-argileux, intercalés par la présence de passées d'argiles silteuses. On note la présence de microconglomérats à la base.

2/Le Trias Carbonaté :

Il est subdivisé en trois termes de bas en haut :

- **Le Trias Intermédiaire I :**

Son épaisseur varie de **27 à 41m**, constitué par des grés fins à tendance argileuse à la base et quartzitique au sommet.

- **Le Trias Argilo-Moyen :**

Son épaisseur varie de **23 à 41m**, il est constitué d'argile brune-rouge, silteuse et dolomitique, parfois indurée.

- **Le Trias Intermédiaire II :**

Il présente une épaisseur qui varie de **30 à 40m**, constitué d'une alternance de grés fins et d'argile rouge à verte silteuse.

3/Le Trias Argilo- Gréseux Supérieur (TAGS) :

Son épaisseur varie de **125 à 166m**, il est matérialisé à la base par des grés fins gris-blanc parfois microconglomératiques surmontés par des argiles brunes rouges, silteuses légèrement carbonatées (dolomitiques), ce terme constitue un réservoir principal de la région de Rhourde Nouss.

❖ **Le Jurassique :**

1/Le Lias :

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

- **Le Lias Argileux :**

Son épaisseur varie de **41 à 61m**, représenté par des argiles versicolores avec des silts.

- **Le Lias Salifère :**

Son épaisseur varie de **90 à 217m**, se présente sous forme de sels massifs blanc et rosâtre intercalés par des bancs d'argiles brunes et des bancs d'anhydrites marqueurs à la base.

- **L'horizon B :**

Son épaisseur varie de **11 à 33m**, matérialisé par des dolomies graveleuses, vacuolaires ou silteuses légèrement anhydritique.

- **L'horizon H :**

Son épaisseur varie de **9 à 42m**, il est composé d'Anhydrite 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 régional.

- **Le Lias Argilo-Dolomitique :**

C'est un ensemble d'argiles silteuses, dolomitiques à passées anhydritiques, son épaisseur varie de **30 à 136m**.

2/ Le Dogger :

Subdivisé de bas en haut par :

- **Le Dogger Lagunaire :**

Son épaisseur varie de **112 à 275m**, il s'agit d'une alternance d'argiles silteuses, plastiques et des grès fins à moyens.

- **Le Dogger Argileux :**

Son épaisseur varie de **40 à 180m**, il est constitué d'argiles versicolores intercalées de bancs de grès fins.

3/ Le Malm :

Dont l'épaisseur varie de **68 à 255m**, cette unité est composée d'argiles silteuses, tendres, parfois dolomitiques.

❖ **Le Crétacé :**

1/Le Crétacé Inférieur:

Subdivisé de bas en haut:

- **Le Néocomien :**

Son épaisseur varie de **130 à 321m**, il s'agit d'argiles silteuses dolomitiques avec une alternance de sable fin à grossier et de grès fins à très fins.

- **Le Barrémien :**

Il présente une épaisseur moyenne de **564m**, cette unité est formée d'une alternance de sables fins à grossiers, des grès fins à très fins et d'argiles rouge briques sableuses légèrement dolomitique, son sommet témoigne de la discordance autrichienne. Alternance de grès, et d'argile silto-sableuse.

- **L'Aptien :**

Son épaisseur varie de **5 à 95m**, il est représenté par des marnes calcaro-dolomitiques.

- **L'Albien :**

Son épaisseur varie de **70 à 248m**, cette unité est représentée par des sables fins à grossiers avec des grès argilo-dolomitiques.

2/ Le Crétacé Supérieur :

Constitué de bas en haut par :

- **Le Cénomaniens :**

L'épaisseur varie de **88 à 118m**, et il est constitué par des argiles carbonatées à passées d'anhydrite.

- **Le Turonien :**

Son épaisseur varie de **72 à 105m**, matérialisé par une alternance d'argiles versicolores plastiques et de calcaire blanc-beige parfois argileux avec des marnes calcaires.

- **Le Sénonien :**

Subdivisé de bas en haut par :

_ Le Sénonien Salifère :

Présent une épaisseur de **19 à 130m**, cette unité est constituée que de sel massif, blanc, parfois argileux.

_ Le Sénonien anhydritique :

Il a une épaisseur de **134 à 216m**, il s'agit d'une alternance d'anhydrite massive, beige, et d'argile carbonatée.

_ Le Sénonien Carbonaté :

Il a une épaisseur qui varie de **128 à 173m**, c'est un ensemble de calcaire microcristallin dolomitique.

d- Le Cénozoïque :

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.

- ❖ **Le Mio-Pliocène :**

Son épaisseur varie de **140 à 351m**, Il repose en discordance sur le Sénonien carbonaté, il est constitué de sable renfermant quelques passées d'argiles et de calcaire.

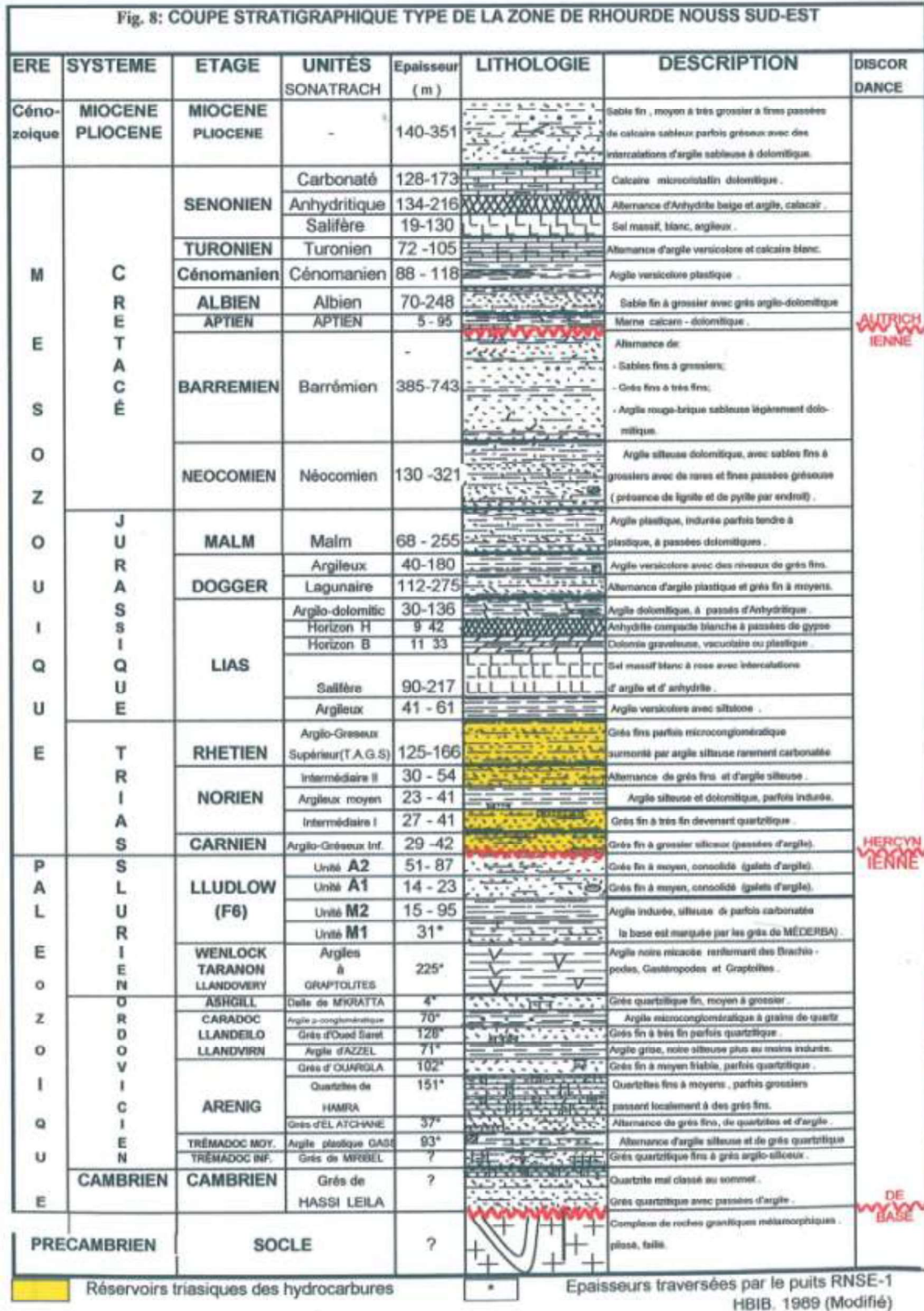


Figure 11 : Coupe stratigraphique type de la zone de Rhourde Nouss Sud Est

(HBIB.1989).

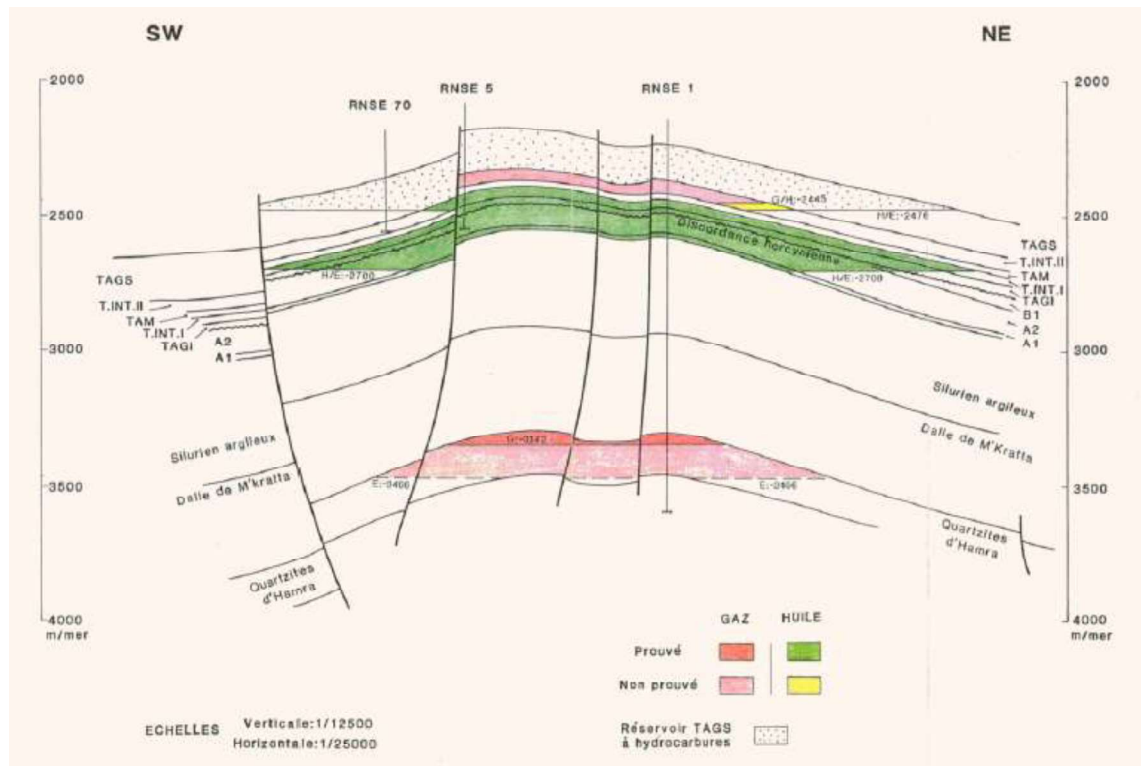


Figure 12 : Coupe géologique dans Rhourde Nouss Sud Est

(D'après Beicip, 1990).

La coupe géologique (Figure : 12) montre les différents pièges et niveaux réservoirs associés à la région de Rhourde Nouss Sud Est.

II-4. Conclusion :

Comme nous l'avons signalé dans le chapitre précédent, nous retrouvons les mêmes roches mères et couvertures.

Seuls les réservoirs A2 (Silurien) et le TAGI (Trias) feront l'objet de notre étude.

Chapitre III :
Etude
Sédimentologique

III. Etude sédimentologique :**III-1. Aperçu sur le Silurien et le Trias :****- Silurien :**

Les dépôts des argiles Siluriennes succèdent à la fonte de la calotte glaciaire qui, à la fin de l'Ordovicien s'était avancée sur le Sahara central et occidental ce qui explique que le Silurien est dans le monde une période d'eustatisme positif, vers la limite Silurien-Dévonien, la dalle Saharienne se gauchit dans le Sahara méridional et un réseau de fleuves s'installe, érodant la couverture et charriant des sables, qui vont constituer le second grand épisode détritique du Paléozoïque Saharien.

- Le Trias :

Au cours du Mésozoïque les pôles se rapprochent de leur position actuelle tandis que le Gondwana se fragmente et que les blocs qui le constituaient migrent vers leur position présente.

Après la discordance Hercynienne, un réseau hydrographique s'était installé dès la régression moscovienne sur la pénéplaine, la sédimentation des premières formations alluviales du Trias argileux gréseux suggère un dépôt dans des cours d'eaux anastomosées ou divergeant (d'après les rapports pétroliers). (Géologie du Sahara occidental et central, J.Fabre, 2005).

Selon Kazi-Tani, il s'agirait d'un réseau en tresse.

III-2. Méthodologie :

Dans cette partie nous avons effectué une étude sédimentologique en s'appuyant sur les fiches carottes des quatre puits RNSE-1, RNSE-3, RNSE-8 et RNSE-9 pour faire l'inventaire des faciès, identifier leur milieu de dépôts selon les critères de : lithologie, granulométrie, la couleur, la dureté, les structures sédimentaires...et réaliser un découpage séquentiel.

III-3. Description lithologique :

Selon les fiches carottes de quatre puits disponibles on a choisi le puits de référence RNSE-1 car il est le plus représentatif (présence de plusieurs structures sédimentaires ainsi que de différents faciès) en plus, le pourcentage de récupération est de 85%.

A partir des fiches carottes du puits RNSE-1 (Annexe 1 : Figures 15, 16, 17 et 18), nous avons constitué le log synthétique du puits de référence RNSE-1 (Figure 13).

III-3-1. Description lithologique du puits de référence (Figure 13):

Intervalle I: de -2860m à -2858m : absence de cette partie de carotte.

Intervalle II: de -2858m à -2847.8m :

Carotte numéro : CR#21

Banc épais de grès fin à moyen passant par endroit à la base de couleur noir à gris noir, dur, compact intercalé par un banc centimétrique d'argile silteuse, brune rougeâtre, micacée et bioturbée. Ces grès contiennent des fractures verticales à subverticales ouvertes

-  Trough cross bedding
-  Planar cross bedding
-  Current ripple bedding
-  Climbing ripple bedding
-  Wavy bedding - HCS
-  Horizontal planar bedding
-  Contorted bedding
(load casts, slumps...)
-  Lenticular / Flaser bedding
-  Bioturbation
-  Stratifications obliques
-  Stratifications ondulées
-  F Fracture sub-horizontale
-  F Fracture sub-verticale
-  F Fracture oblique
-  Matière organique
-  Nodule d'argile
-  Slikensides
-  Pyrite
-  Argile
-  Silt
-  Grès

Lo : Lacune d'observation.

Figure 14: Légende du log synthétique et des fiches carottes du puits de référence RNSE-1.

et colmatées, légèrement à fortement imprégnées d'huile, avec des structures en auges et parallèles à la base et à structures en auges seulement au sommet.

Intervalle III : de -2847.8m à -2836.5m :**Carotte numéro : CR#21-CR#20**

Banc plurimétrique d'argile silteuse, noire à grise noire à verdâtre par endroit, se débittant en feuillets avec des films d'argiles oxydées, micacée, à slikensides (Une surface de roche polie, striée causée par une masse rocheuse glissant sur l'autre dans un plan de faille), moyennement bioturbées avec des structures en Hummockys(HCS) (faciès hétérolitique), ce banc d'argile silteuse est intercalé par un niveau centimétrique de grès noir à gris noir, dur, compact micacé à structure de slump.

Intervalle IV: de -2836.5m à -2805.2m :**Carotte numéro : CR#20 et CR#19**

Alternance des bancs d'argile silteuse noire à gris noir, devenant verdâtre par endroit, à aspect schisteux, se débittant en feuillets avec des passages de films argileux oxydées, micacées, à slikensides, moyennement bioturbée avec des structures en Hummockys et de grès qui s'augmentent en allant au sommet. Ces grès sont gris à gris noir, fin à moyen, dur, compact à passées millimétriques à centimétriques d'argile verdâtre, parfois oxydée avec de nombreux clastes argileux à structures obliques. la bioturbation devient forte en allant au sommet.

Intervalle V: de -2805.2m à -2804m : absence de cette partie de carotte.**Intervalle VI: de -2804m à -2797.5m :****Carotte numéro : CR#18**

Un banc épais de grès qui débute par un faciès hétérolitique, bioturbé, avec intercalation de films d'argile rouge, présence de structures ondulées (wavy structures) et se termine par un grès gris à gris clair, fin à la base allant vers le très fin au sommet, à structures parallèles, et ondulées (wavy), légèrement à moyennement bioturbé au sommet. Ce banc de grès est intercalé par un banc de silt gris clair, devenant très fin au sommet à structures parallèles.

Intervalle VII : de -2797.5m à -2790.2m :**Carotte numéro : CR#18**

Un banc épais de grès qui se débute par une succession de bancs de grès passant du très fin à la base vers le moyen au sommet, de couleur beige moyennement à fortement bioturbé, admettant des passées centimétriques d'argile oxydée, à structures ondulées (wavy) et planes. Il se termine par un grès noir à gris noir, très fin, moyennement bioturbé, avec des passages millimétriques d'argile rouge, à structure de HCS. Ce banc est intercalé par un faciès hétérolitique bioturbé avec dominance de grès, l'argile noire parfois rouge, à structures ondulées (wavy), planes et une argile silteuse, grise claire, à structures planes.

Intervalle : de -2790.2m à -2784m :

Carotte numéro : CR#18

Un banc épais de grès gris noir, passant du fin vers le moyen, légèrement imprégné et sans structures visibles à la base. Ce grès est fin, dur, compact, avec des structures planes et fortement imprégné d'huile au sommet.

Intervalle : de -2784m à -2774.2m :

Carotte numéro : CR#17

Alternance de grès gris passant du fin à moyen à la base au moyen à grossier et de silt gris, avec des structures ondulées (wavy structures), moyennement bioturbé. Le grès est fortement bioturbé et imprégné d'huile, avec des clastes argileux rouges à la base tandis que au sommet il est faiblement bioturbé et imprégné.

Intervalle : de -2774.2m à -2774m : absence de cette partie de carotte.

Intervalle : de -2774m à -2771.5m :

Carotte numéro : CR#17

Succession de bancs de grès, à la base le grès est moyen, gris, dur, compact et fortement imprégné tandis qu'au sommet il est gris, passant de moyen au très fin, légèrement à moyennement bioturbé, à structures ondulées (wavy structures) avec des clastes argileux rouges. Ces bancs sont suivis par un silt gris, avec des structures ondulées, moyennement bioturbé.

Intervalle : de -2771.5m à -2768.2m :

Carotte numéro : CR#17

Un banc épais de grès qui se débute par un conglomérat avec des passées de grès grossiers suivi par un grès gris clair passant du moyen au grossier, sans structures sédimentaires puis par un grès conglomératique gris clair, mal consolidé. Ce banc se termine par un grès clair passant du moyen au grossier, fortement imprégné d'huile au sommet, sans structures sédimentaires.

Intervalle : de -2768.2m à -2768m : une lacune d'observation.

Intervalle : de -2768m à -2765m :

Carotte numéro : CR#16

Grès gris moyen passant à fin au sommet, fortement imprégné d'huile.

Intervalle : de -2765m à -2760m : absence de cette partie de carotte.

III-4. Identification des milieux de dépôts :***III-4-1. Inventaire des faciès :***

Nous avons utilisé la nomenclature de Miall (1996) et les différents faciès qui existent dans les quatre puits sont les suivants :

Dans le puits RNSE-1 : on trouve

St : Grès à structures en auges.

Sh : Grès à structures horizontales.

H : Faciès hétérolitique.

Sm : Grès massif sans structures sédimentaires.

Sp : Grès à structures planar obliques.

Sb : Grès intensément bioturbé.

Sw : Grès à structures wavy.

Les autres faciès sont les suivants :

Fc : Argile silteuse à concrétions carbonatées dissiménées, slickensides, marmorisations, traces de racines... (**RNSE-3, RNSE-8 et RNSE-9**).

Fl : Argile silteuse finement laminée à amas pyriteux, figures de glissement (**RNSE-3, RNSE-8 et RNSE-9**).

Cg : Conglomérat à éléments monogéniques ou polygéniques sans structures apparentes (**RNSE-3**).

Sr : Grès à rides de courant (**RNSE-3**).

Fo : Argile noire marine bioturbée (**RNSE-8**).

Fsm : Silt argileux massif (**RNSE-08 et RNSE-9**).

Fsb : Argile, finement laminée présentant un réseau de veines salifères, présence occasionnelle de sulfates (**RNSE-8 et RNSE-9**).

P : Paléosol (**RNSE-08**).

III-4-2. Association des faciès du puits RNSE-1 :

Les dépôts du Silurien (A1 et A2) et du Trias Argileux Gréseux Inférieur (TAGI) que nous avons décrit nous permettent d'individualiser cinq (5) associations de faciès majeurs, les structures sédimentaires et la présence de la bioturbation sont des critères principaux qui nous a aidé à définir les environnements de dépôt. Ces associations sont les suivantes :

a- Faciès A : représenté par des grès à structures en auges(St) et des grès à structures horizontales(Sh) intercalé par un banc centimétrique d'argile silteuse. Les séquences élémentaires (rythmes) sont granodécroissantes.

Interprétation :

Ce faciès indique un environnement de barres de chenal car la présence des structures en auges et les structures planes montre que leur formation est le résultat de l'action d'un courant d'un chenal fluvial qui débouche dans la mer.

b- Faciès B : Il est formé par alternance d'un faciès hétérolitique (H) formé par une argile silteuse avec des passages des films argileux oxydés, à siltosides moyennement bioturbés avec des structures en Hummocks et d'un grès fin à moyen, dur, compact moyennement bioturbé (Sb).

Interprétation :

Ce faciès est déposé dans l'environnement marin peu profond correspondant à un milieu Offshore-Transition sous dominance des tempêtes car la présence des structures en Hummocks (HCS) est reconnue dans les sables et les grès dont la taille granulométrique se situe entre les grains fins à moyens qui sont formées entre la limite d'action des vagues de beaux temps et la limite d'action des vagues de tempêtes.

c-Faciès C : Il est représenté par l'association des lithofaciès suivants :

-Un banc de grès fin à moyen, dur, compact, à passées d'argile parfois oxydée à structures obliques(Sp).

-Une argile silteuse, à aspect schisteux avec des passages d'argile oxydée, micacée, moyennement bioturbée avec des structures en mamelons.

-Des barres gréseuses avec une taille granulométrique moyenne à fine, fortement bioturbée avec des intercalations millimétriques d'argile sans structures sédimentaires (Sb).

Interprétation :

Ce faciès nous montre qu'on est dans une zone de variation du niveau marin, en effet lorsque le niveau de la mer était bas (un milieu fluvial) il y a des oxydes de fer et des structures obliques, ensuite ce niveau a rapidement augmenté et on est passé vers un milieu marin peu profond justifié par la présence des argiles silteuses à structures en HCS qui correspondent à un milieu Lower Shoreface influencé par l'action des vagues.

d-Faciès D : Il combine les lithofaciès suivants :

-Un faciès hétérolitique, bioturbé, avec une intercalation de films argileux avec la présence des structures wavy (H).

-Grès à structures wavy (Sw) et grès à structures horizontales (Sh) moyennement bioturbé au sommet.

-Grès intensément bioturbé (Sb) qui passe du fin à la base vers le moyen au sommet avec des passées centimétriques d'argile oxydée, à structures ondulées (wavy) et planes.

Interprétation :

Ce faciès correspond à un milieu de dépôt Upper shoreface car il présente des structures ondulées (wavy) qui sont pris naissance principalement sous l'action des vagues. En plus, la présence d'argile oxydée confirme la proximité d'un milieu Supratidal.

f-Faciès E : Correspond à l'association de deux lithofaciès suivants :

-Un grès massif qui passe du moyen à grossier sans structures sédimentaires (Sm).

-Un conglomérat avec des passages de grès grossier (Sm).

Interprétation :

Ce faciès indique un environnement de dépôt continental. En particulier, il s'agit d'un milieu fluvial anastomosé car on observe la présence du conglomérat à la base qui correspond à une limite de séquence (Surface Boundary) ainsi que un granoclassement décroissant.

III-5. Tentative de découpage séquentiel :

Une séquence peut être définie comme une succession de couches géologiques génétiquement liées, limitée de part et d'autre par des unconformités.

La relation entre les gradients granulométriques, l'évolution de l'argilosité d'une part et le comportement des courbes comme le gamma ray et la PS d'autre part a été depuis longtemps établie, les ingénieurs de Shell ont proposé, dès 1958 une classification maintenant bien connue : courbe en « cloche », en « entonnoir » ou en « cylindre » (Figure 19), basée sur la morphologie de la courbe de PS. (In, Corps sédimentaires, Exemples sismiques et diagrapiques, IFP 1986).

A partir des données des carottes (lithologie et structures sédimentaires) et des données diagrapiques (CGR) nous avons essayé de faire un découpage séquentiel en utilisant les MFS comme repère (surface clef) (Mitchum et Al, 1971), ainsi nous avons individualisé deux (2) séquences d'ordre trois (3) dans le puits RNSE-1 (Figure 19) où la forme en entonnoir constitue les prismes de bas niveau ou les prismes de haut niveau, et la forme en cylindre constitue les intervalles transgressifs.

• Séquence 1 :

Elle est d'âge Silurien, granodécroissante, la courbe du CGR présente une allure en entonnoir dans sa partie basale correspondant lithologiquement à des grès fins à moyens avec des structures en auge, formant ainsi un prisme de haut niveau (PHN1) déposé dans un milieu fluvial indiquant la baisse du niveau marin, attribué à l'unité A1.

Au dessus de ces dépôts, la granulométrie devient de plus en plus fine constituant des argiles silteuses avec des structures en HCS à la base de l'unité A2 ce qui correspond à un

intervalle transgressif (IT1) qui passe progressivement d'un milieu fluviatile à un milieu marin peu profond (milieu offshore-transition) jusqu'à ce qu'il atteigne la MFS qui est indiquée par un pic de CGR égale à 170 API.

• **Séquence 2 :**

Elle est d'âge Silurien supérieur-Trias, formé de bas en haut par :

Des barres gréseuses fines à moyennes fortement bioturbées qui correspondent à un prisme de haut niveau (PHN2) ayant une forme d'entonnoir dans la courbe de CGR, ce PHN2 est suivi par un intervalle transgressif (IT2) indiqué par des pics de CGR instables, puis par une surface boundary (SB) qui correspond à la discordance hercynienne.

Au dessus vient se déposer un prisme de bas niveau (PBN1) constituant une partie du réservoir TAGI indiquant un milieu fluviatile anastomosé reconnu par le développement des grés moyens à fins, bioturbés et à passées conglomératiques au sommet.

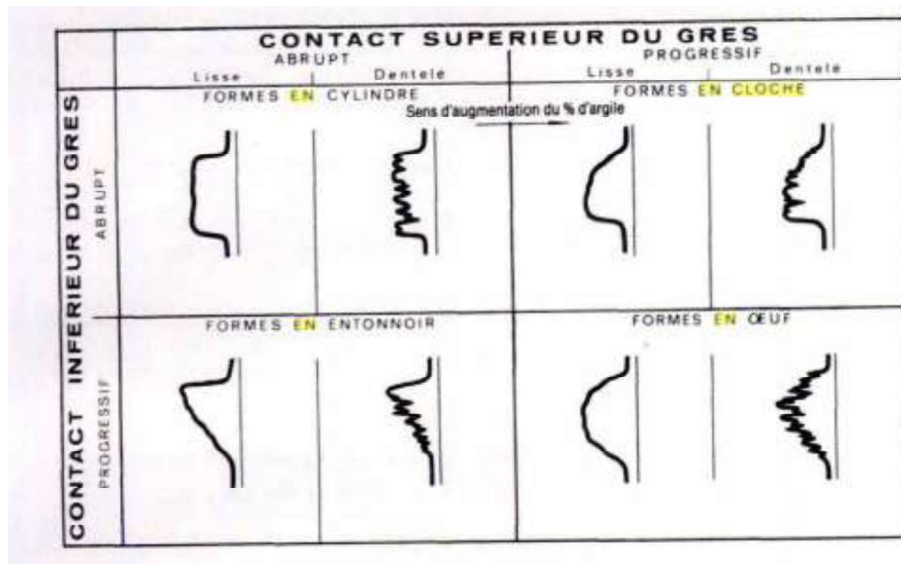
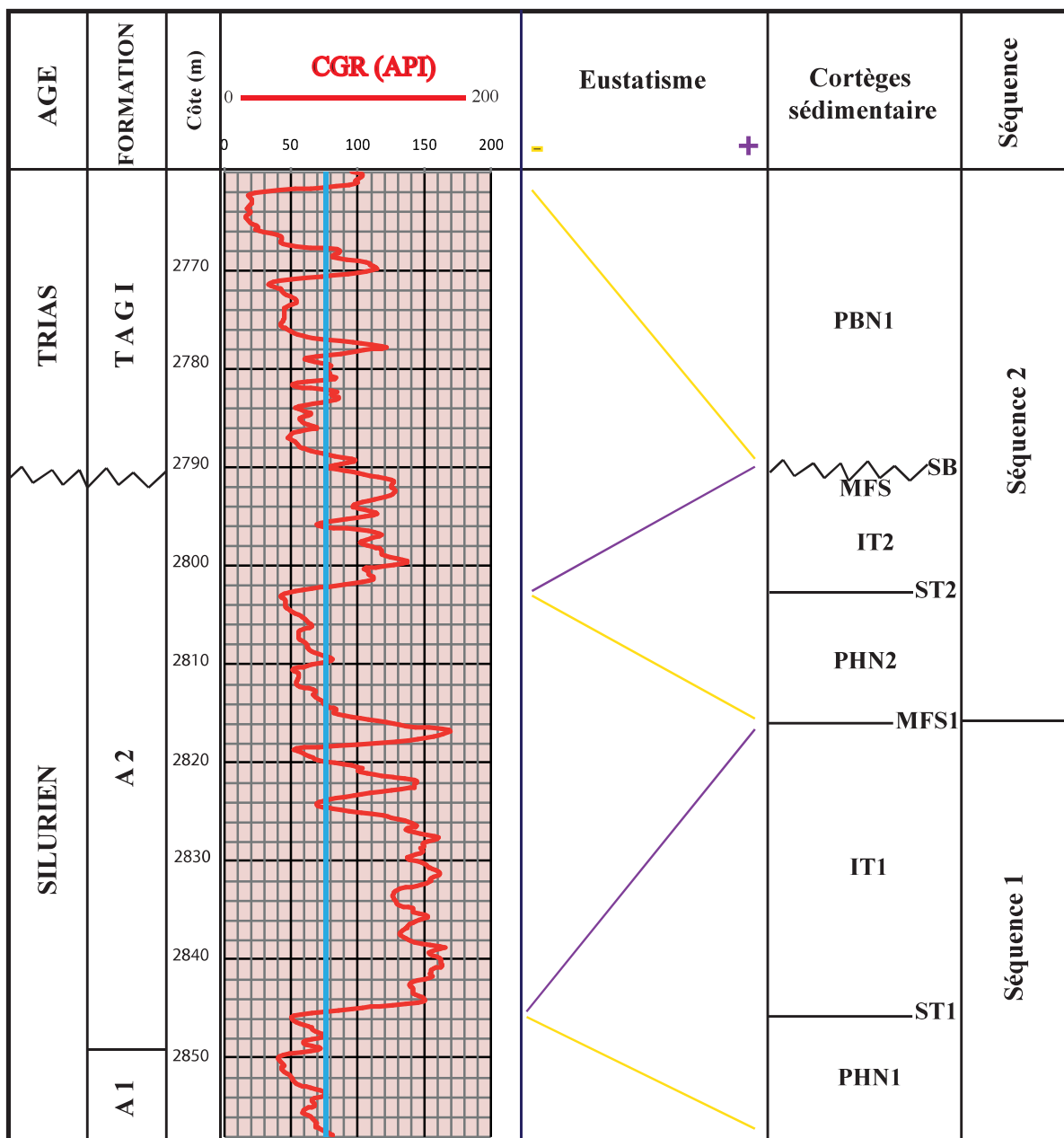


Figure 19 : Les différentes courbes diagaphiques des grés (In, Corps sédimentaires, Exemples sismiques et diagaphiques, IFP 1986).

Puits : RNSE-1	Découpage séquentiel
----------------	----------------------



GRcut-off = 77.25 API.

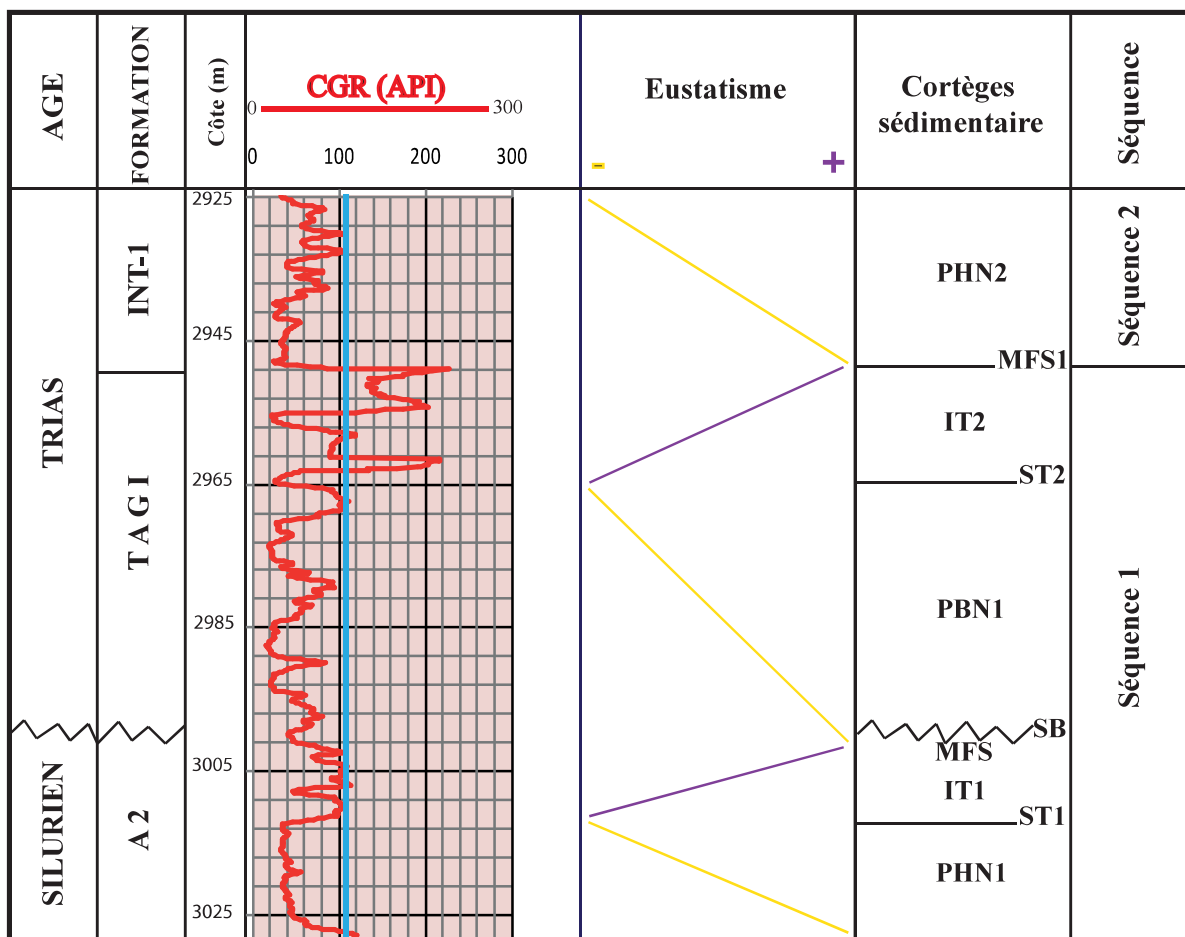
- : Régression.

+ : Transgression.

~ : Discordance hercynienne.

Figure 20: Découpage séquentiel du puits RNSE-1.

Puits : RNSE-3	Découpage séquentiel
----------------	----------------------



GRcut-off = 100.65 API.

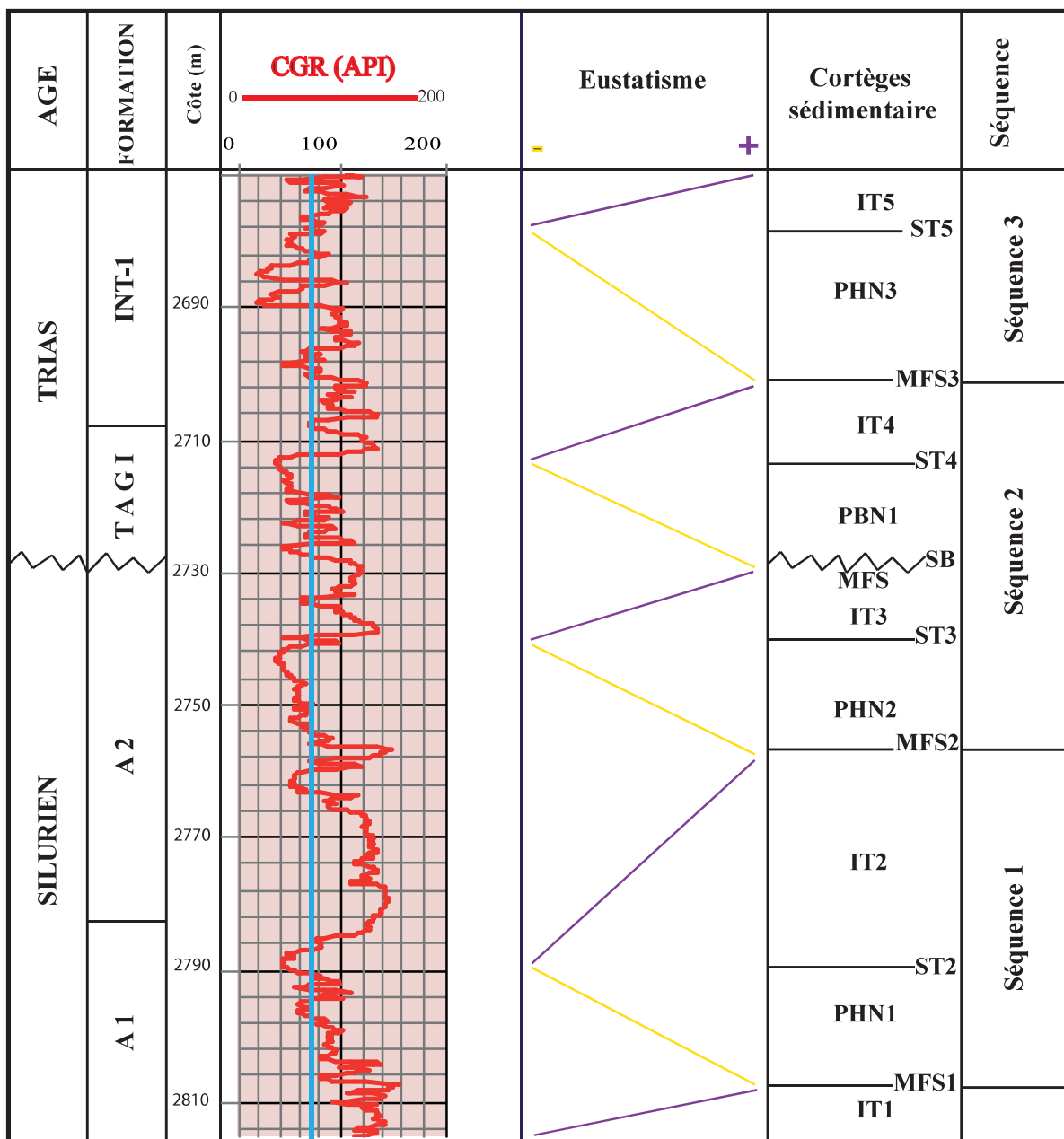
- : Régression.

+ : Transgression.

⌵ : Discordance hercynienne.

Figure 21: Découpage séquentiel du puits RNSE-3.

Puits : RNSE-8	Découpage séquentiel
----------------	----------------------



GRcut-off = 73.30 API.

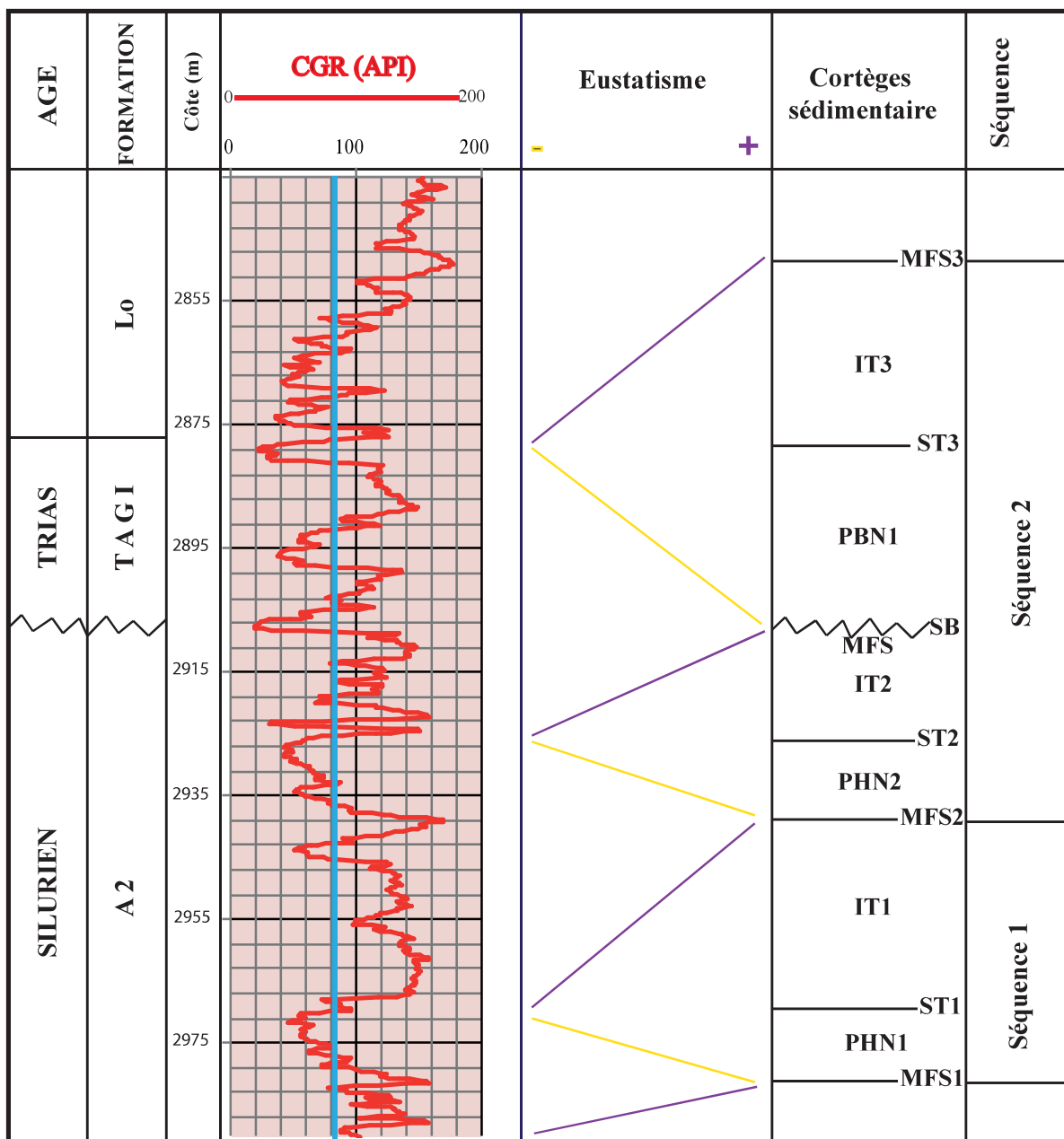
- : Régression.

+ : Transgression.

~~~~~ :Discordance hercynienne.

Figure 22: Découpage séquentiel du puits RNSE-8.

|                |                      |
|----------------|----------------------|
| Puits : RNSE-9 | Découpage séquentiel |
|----------------|----------------------|



GRcut-off = 81.4 API.

- : Régression.

+ : Transgression.

Lo : lacune d'observation.

~ : Discordance hercynienne.

Figure 23: Découpage séquentiel du puits RNSE-9.

EST

OUEST

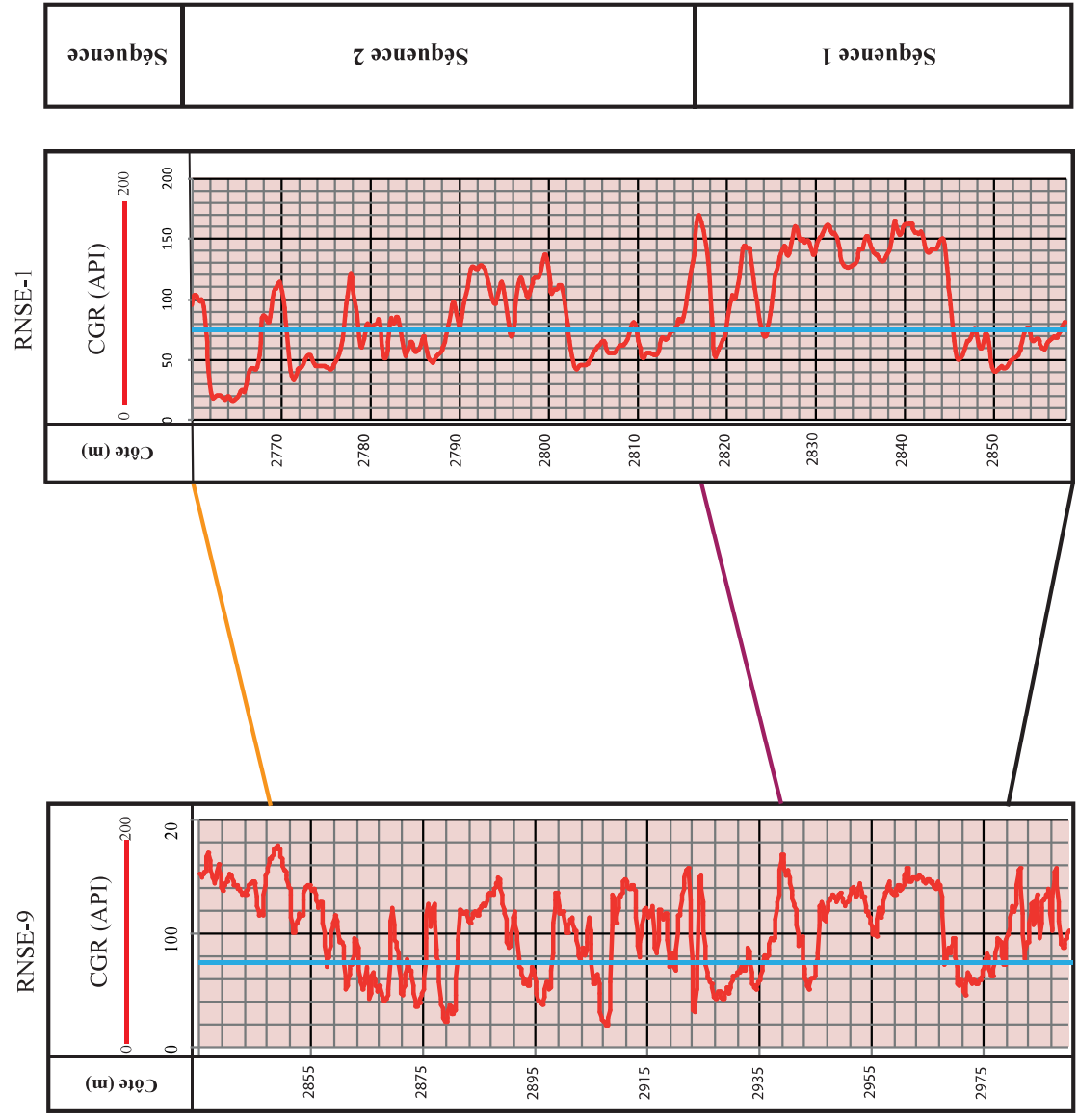


Figure 24 : Profil de corrélation diagramme des séquences entre les puits : RNSE-9 et RNSE-1.

NORD

SUD

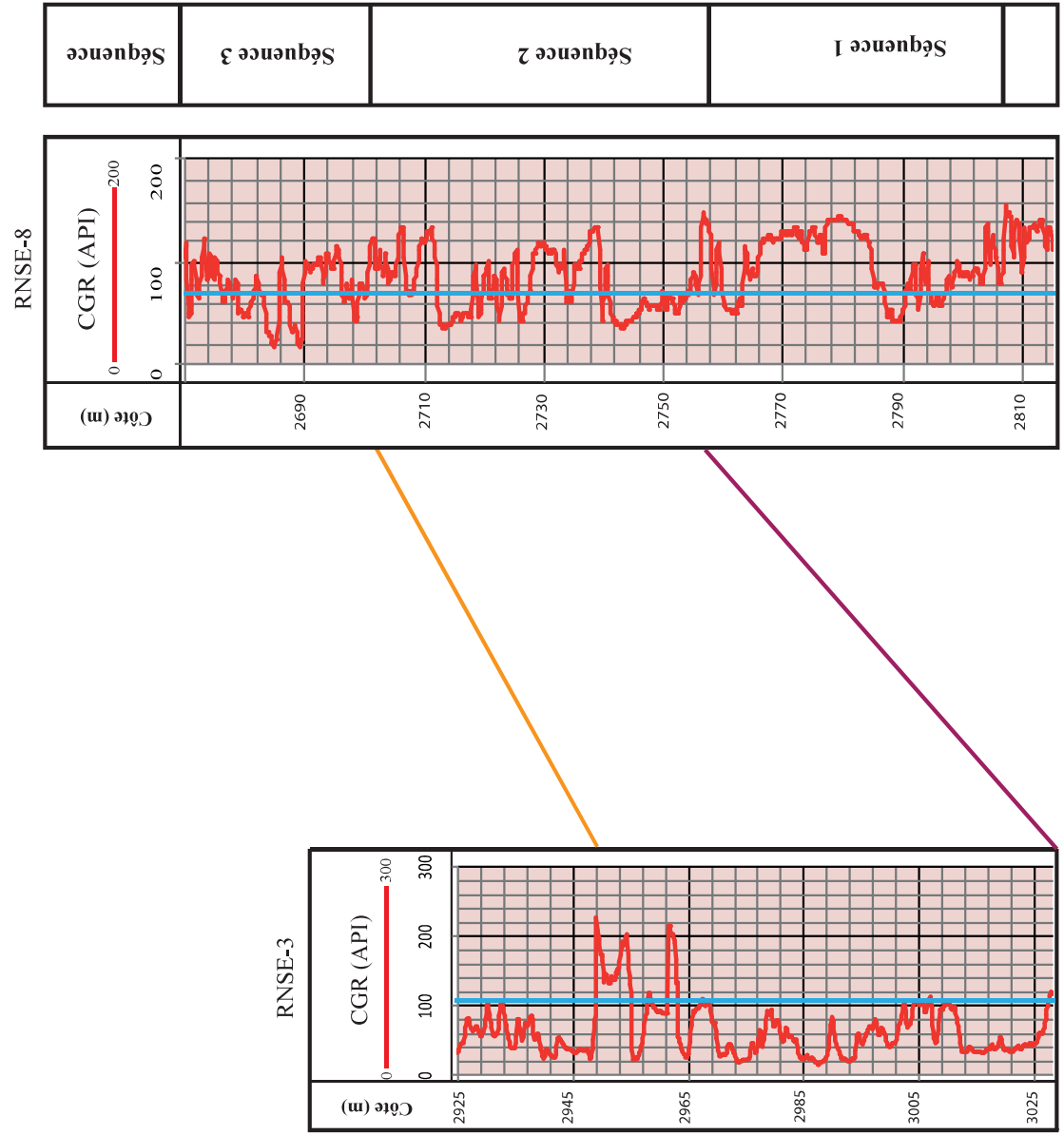


Figure 25 : Profil de corrélation diagramme des séquences entre les puits : RNSE-3 et RNSE-8.

**III-6. Corrélation diagraphique :**

Pour la corrélation diagraphique nous avons essayé de corréler entre les séquences des puits : RNSE-1, RNSE-3, RNSE-8 et RNSE-9 déterminées précédemment dans le découpage séquentiel (Figures 20, 21, 22 et 23) ainsi on distingue deux profils :

**A/Profil Est-Ouest (Figure 24) :**

Ce profil montre une variation des épaisseurs des deux séquences en allant d'Est en Ouest à partir du puits RNSE-9 vers le puits RNSE-1 dont l'épaisseur de ces séquences augmente en allant vers l'Ouest.

La séquence 1 et la séquence 2 sont complètes dans le log diagraphique du puits RNSE-9 avec une épaisseur de 42m et 90m respectivement, tandis que dans le log diagraphique du puits RNSE-1 ces séquences sont incomplètes.

**B/Profil Nord-Sud (Figure 25) :**

Ce profil permet de déterminer une seule séquence complète (séquence 2), l'épaisseur de cette séquence est de 80m dans le puits RNSE-3 et de 55m dans le puits RNSE-8 donc on remarque une diminution de l'épaisseur du Nord vers le Sud.

La diminution de l'épaisseur correspond soit à une érosion des sédiments, soit à un non dépôt des sédiments pendant une période géologique.

**III-7. Conclusion :**

L'étude sédimentologique effectuée sur le puits RNSE-1 en particulier a montré l'existence de plusieurs milieux de dépôts :

Les dépôts du milieu fluviatile anastomosé et du milieu Upper Shoreface ont contribué à la formation du réservoir TAGI tandis que les dépôts du milieu fluviatile et du milieu de Lower Shoreface ont permis la formation du réservoir de l'unité A2 et cela confirme les hypothèses de Jean Fabre (2005).

Ces deux réservoirs : le Trias Argileux Gréseux Inférieur et le Silurien A2 feront l'objet d'une étude pétrographique dans le chapitre qui va suivre.

Les analyses des microfaciès permettront par la suite de mieux comprendre les caractéristiques pétrophysiques.



**Chapitre IV :  
Etude  
pétrographique  
et diagénétique**



**IV. Etude pétrographique et diagénétique :****IV-1. Etude pétrographique :*****IV-1-1. Méthodologie :***

Dans ce chapitre nous avons essayé de décrire et analyser le plus minutieusement et le plus objectivement possible 95 lames minces par l'intermédiaire d'un microscope optique polarisant en employant les différentes lumières (naturelle, polarisée et réfléchie), sachant que 20 lames minces sont prélevées sur le puits de référence (RNSE-1).

Le but est d'évaluer quantitativement et qualitativement le réservoir INFRA-TAGS (TAGI et l'unité A2) du puits choisi (RNSE-1) et avoir une vision sur les microfaciès à l'aide des caractéristiques suivantes :

- ✓ La composition minéralogique (identification des minéraux et leurs pourcentages).
- ✓ La morphoscopie, la granulométrie, le classement et le mode des grains.
- ✓ Les types de contact entre les grains et le contact abondant.
- ✓ Les ciments existants.
- ✓ La présence de la matière organique.
- ✓ La porosité selon les types des pores et leurs proportions.

L'étude pétrographique sera accompagnée par une analyse minéralogique aux rayons X pour confirmer l'identification et l'estimation de la nature minéralogique du liant existant, le résultat de la diffractométrie aux rayons X correspond à 100% de tous les types d'argiles rencontrés.

**IV-1-2. Etude pétrographique du puits RNSE-1 :*****IV-1-2-1. Etude pétrographique du TAGI :***

D'après les données de carottes la formation du TAGI est comprise entre l'intervalle de -2765m et -2790.5m avec la disponibilité de 9 lames minces.

**❖ Les constituants (Figure 26) :****-Le quartz ( $\text{SiO}_2$ ) :**

Il représente l'élément principal avec une teneur qui peut atteindre les 80%, la morphoscopie des grains est sub-anguleuse à sub-arrondie donnant un classement moyen notant aussi que les grains sont parfois corrodés par le ciment (photo 01), Le contact entre les grains est droit (photo 02), concavo-convexe et rarement suturé (photo 03) ou même flottant, la taille moyenne de ces grains de quartz oscille entre 0.150 mm à 0.500 mm tandis que la taille maximale varie entre 0.400 mm jusqu'à 0.800 mm cela indique un grès avec une granulométrie fine à moyenne .

**-Les micas :**

Les micas sont présent, en très faible pourcentage (en traces jusqu'à 1 %), à partir de la

base jusqu'au milieu de cet intervalle, ils sont souvent présentés sous forme de **muscovite**  $\{KAl_2(Si_3AlO_{10})(OH,F)_2\}$  (photo 04) et des fois altérés en illite (photos 05 et 06).

**-Les minéraux lourds :**

Les minéraux lourds rencontrés sont **le zircon** ( $ZrSiO_4$ ) ayant une forme plus ou moins ovoïdale (photo 07) et **la tourmaline**  $\{(Na,Ca)(Li,Mg,Al)(Al,Fe,Mn)_6(BO_3)_3(Si_6O_{18})(OH)_5\}$  avec une forme allongée ou rarement en inclusion dans le grain de quartz (photo 08), ces minéraux sont très résistants aux altérations et aux transformations lors de leur transport et leur sédimentation, leur pourcentage est de l'ordre de 1%.

**-La matière organique :**

La matière organique est totalement absente sauf pour la côte -2777.62m où on rencontre un pourcentage de bitume atteignant les 7 % (photos 09 et 10) et 1% de matière organique à la côte -2784.2m.

❖ **Les ciments :**

**-Le ciment siliceux ( $SiO_2$ ) :**

Le ciment siliceux est représenté sous forme de nourrissage ayant une forme d'auréole autour des grains de quartz (photos 02 et 11) sa teneur peu aller jusqu'à 9% dans les premiers niveaux du TAGI puis elle diminue jusqu'à 2% à 3% pour les autres niveaux.

**- Le ciment argileux (Figure 27) :**

Les argiles constituent le ciment principal des roches gréseuses et l'identification de leur structure se fait uniquement par l'étude aux rayons X qui a révélée la présence de : **la kaolinite**  $\{Al_2Si_2O_5(OH)_4\}$ , **l'illite**  $\{(K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}((OH)_2,(H_2O))\}$ , **la chlorite**  $\{(Fe,Mg,Al)_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8\}$ , **la pyrophyllite**  $\{Al_2(Si_4O_{10})(OH)_2\}$  et les **interstratifiés (illite-montmorillonite)**.

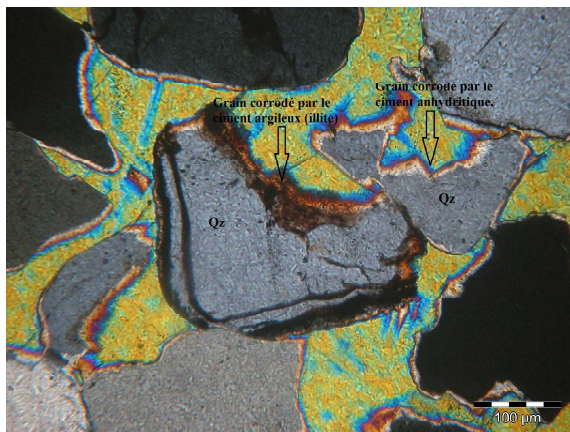
La diffractométrie aux rayons X montre que dans les premiers niveaux du TAGI (-2765.87m et -2774.20m) la kaolinite et la pyrophyllite sont présentes en trace, équivalent à 3% jusqu'à 4% dans l'analyse pétrographique (Annexe 2).

La chlorite correspond à 100% de la somme des argiles selon les DRX à la côte -2777.62m tandis que les résultats pétrographiques indiquent 8% de la somme des argiles.

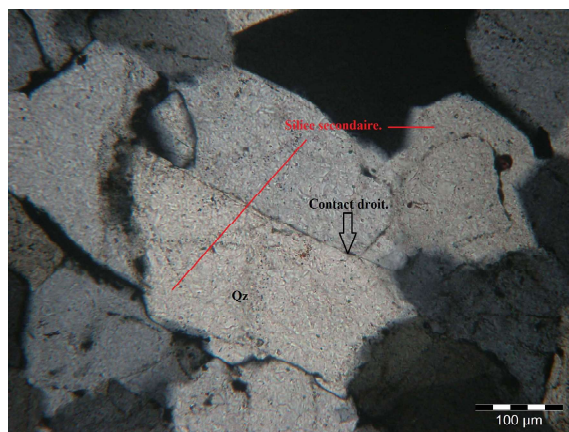
Dans les autres niveaux inférieurs du TAGI (-2782.74m / -2788.65m) la kaolinite est prédominante par rapport à l'illite, la chlorite et les interstratifiés, et elle peut atteindre les 100% (-2787.11m et -2788.65m). Les résultats pétrographiques révèlent une variation de 6% à 10% d'argile. (photos 12, 13, 14 et 15).

**-Le ciment carbonaté :**

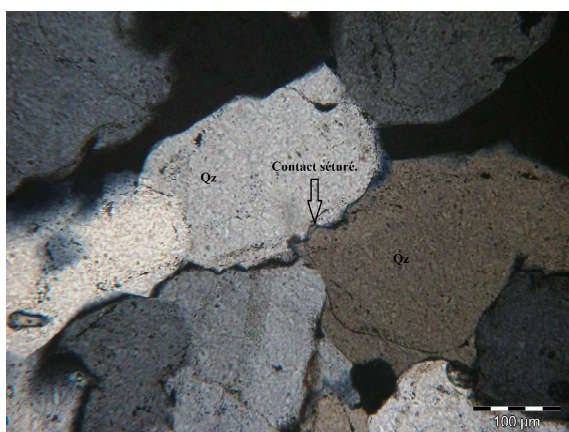
Le ciment carbonaté est représenté uniquement par **la sidérite** ( $FeCO_3$ ) dans ces niveaux de TAGI et son pourcentage oscille entre 2% et 10% (photos 14 et 15).



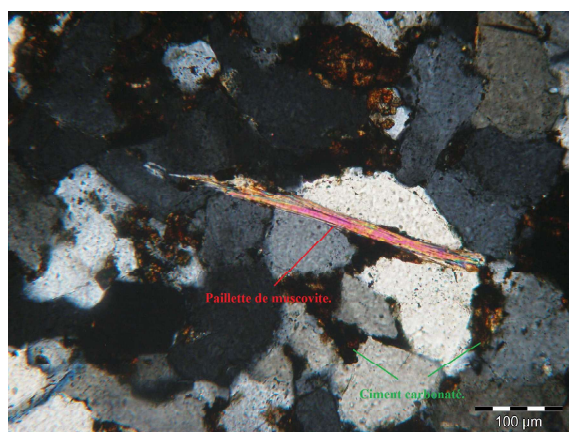
**Photo 01 :** côte: 2767.12m X10 LP  
Grains de quartz corrodés.



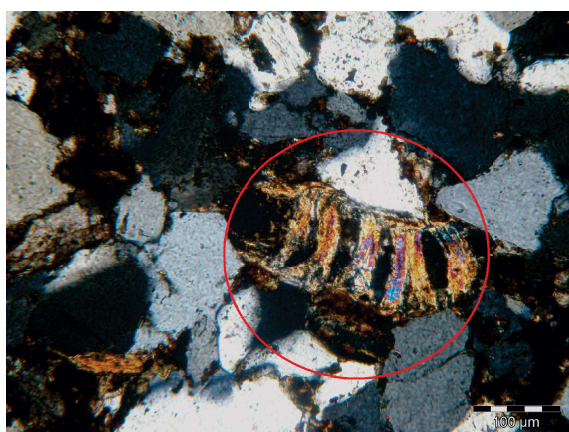
**Photo 02 :** côte: 2774.2m X10 LP  
Contact droit entre les grains de quartz.



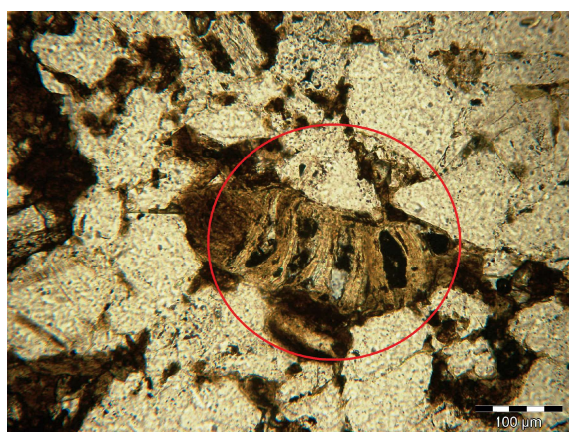
**Photo 03 :** côte: 2774.2m X10 LP  
Contact suturé entre les grains de quartz.



**Photo 04 :** côte: 2784.2m X10 LP  
Muscovite.



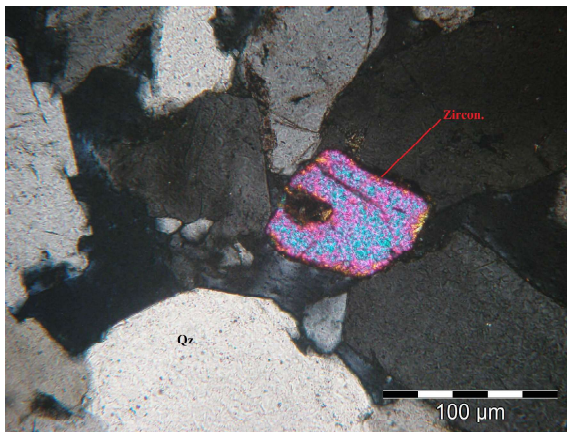
**Photo 05 :** côte: 2784.2m X10 LP  
Illitisation de la muscovite.



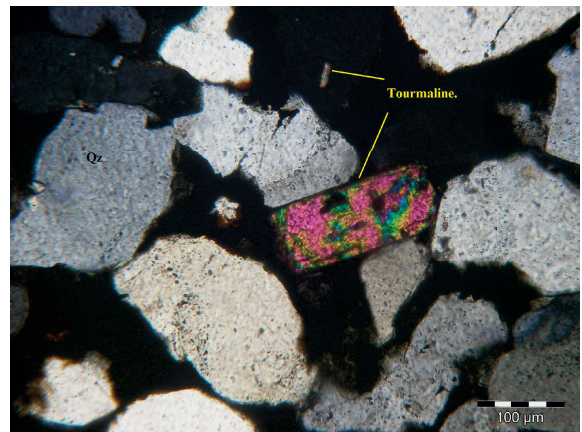
**Photo 06 :** côte: 2784.2m X10 LN  
Illitisation de la Muscovite.

**Planche 01 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-1 (TAGI)**

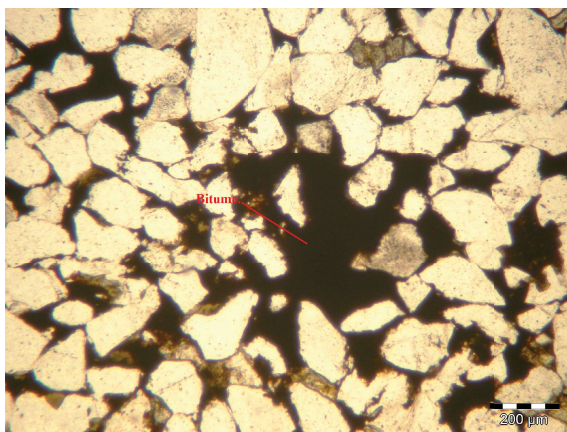




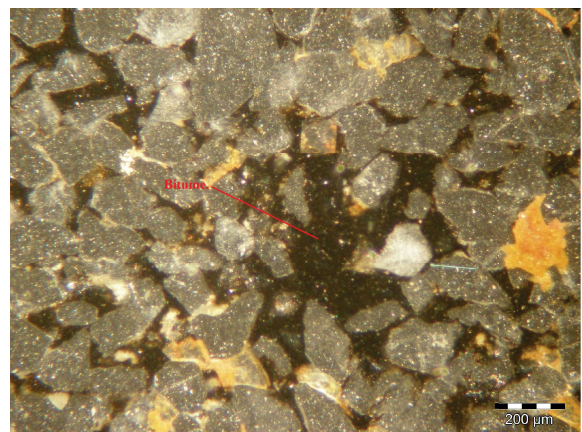
**Photo 07 :** côte: 2767.12m X10 LP  
Zircon.



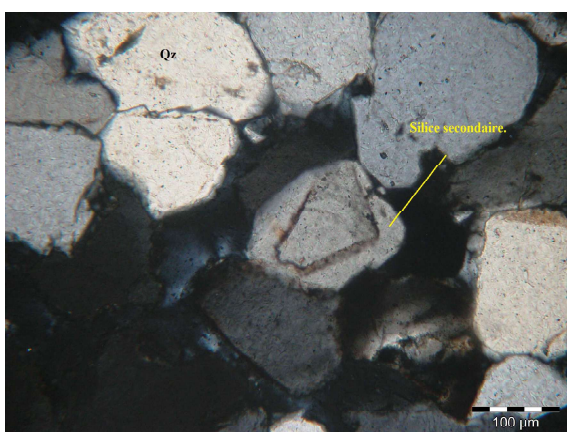
**Photo 08 :** côte: 2777.62m X10 LP  
Tourmaline.



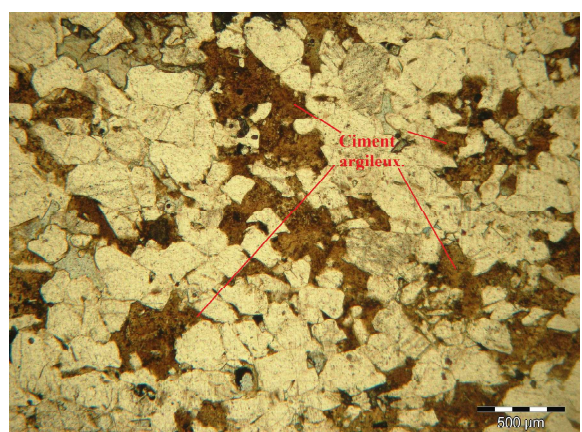
**Photo 09 :** côte: 2777.62m X4 LN  
Bitume.



**Photo 10 :** côte: 2777.62m X4 LR  
Bitume.



**Photo 11 :** côte: 2765.87m X10 LP  
Ciment siliceux.



**Photo 12 :** côte: 2782.74m X2 LN  
Ciment argileux.

**Planche 02 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-1 (TAGI)**

**-Le ciment évaporitique :**

Le ciment évaporitique a une répartition irrégulière et se présente sous forme d'**anhydrite** ( $\text{CaSO}_4$ ) et de **barytine** ( $\text{BaSO}_4$ ). Dans la côte -2767.12m l'anhydrite a pour rapport 9% et la barytine est présente en trace, tandis qu'à la côte -2788.65m le pourcentage de l'anhydrite est 1 %. Ces deux ciments existent sous forme de pâte colmatant les pores intergranulaires (photos 16, 17 et 18).

**-Le ciment pyriteux ( $\text{FeS}_2$ ) :**

Le ciment pyriteux est présent localement en trace alors qu'il atteint les 12% à la côte -2787.11m (photos 19, 20 et 21).

**-Les oxydes de fer ( $\text{Fe}_x\text{O}_y$ ):**

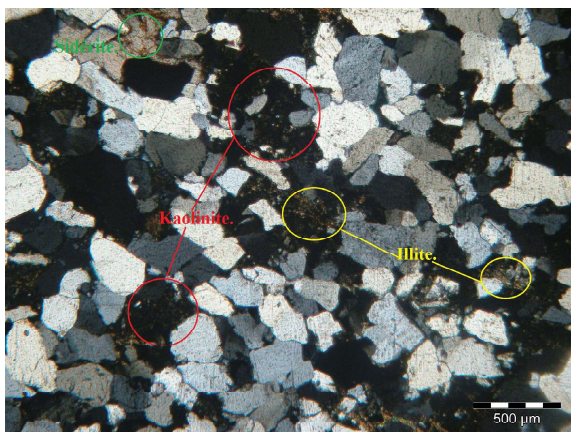
Les oxydes de fer sont présents presque dans tous les niveaux du TAGI et peuvent atteindre les 3% cela est dû suite à l'oxydation des argiles et/ou les carbonates (photos 22, 23 et 24).

**❖ La porosité :**

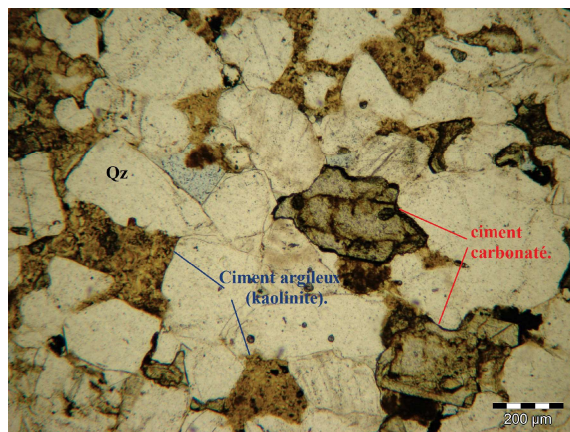
La porosité est moyenne (7% à 8%) dans les premiers niveaux et de type intergranulaire (photo : 26), on trouve souvent une porosité secondaire de dissolution (photos 27, 28 et 29) qui est post-sédimentaire, puis le réseau poreux s'atténue dans les autres niveaux du TAGI (de -2767.5m à -2768m, de -2774.25m à -2774.75m, de -2782.5m à -2783m, de -2785m à -2786.5m, de -2787.5m à -2788.5m et les côtes -2772.5m, -2777.5m, -2780m et -2781.5m).

**\_ Conclusion :** les microfaciès du TAGI montrent une formation de grès fin à moyen ayant un classement moyen, parfois micacé et à ciment argileux, carbonaté, siliceux et dès fois pyriteux avec une porosité primaire nulle à faible améliorée par l'effet de la dissolution des ciments.

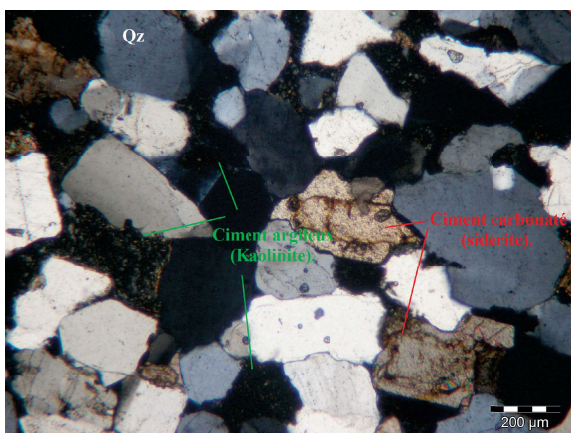




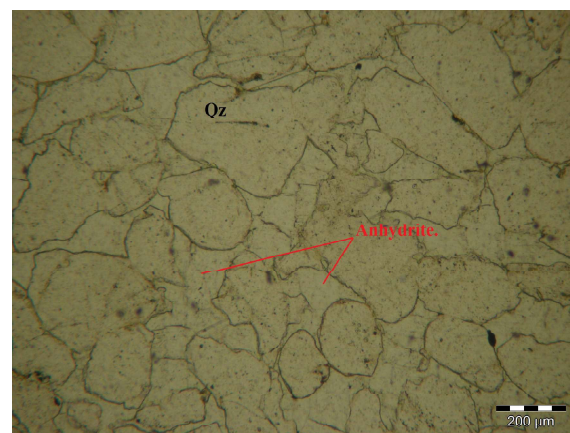
**Photo 13 :** côte: 2782.74m X2 LP  
Ciment argileux.



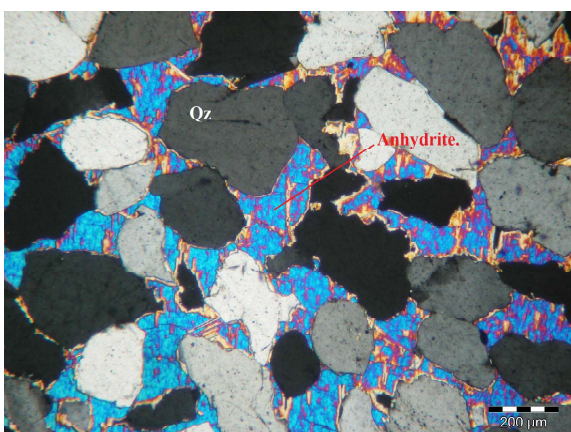
**Photo 14 :** côte: 2787.11m X4 LN  
Ciment argileux et carbonaté.



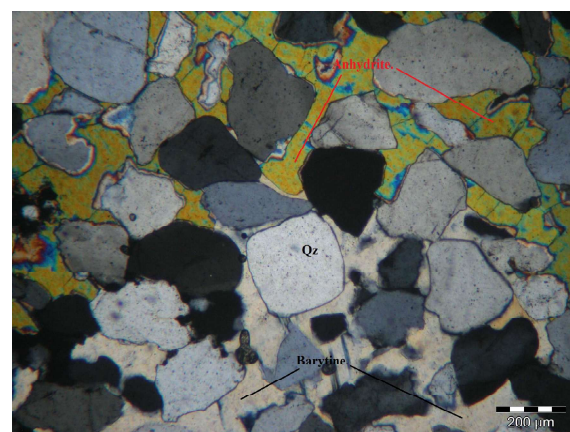
**Photo 15 :** côte: 2787.11m X4 LP  
Ciment argileux et carbonaté.



**Photo 16 :** côte: 2767.12m X4 LN  
Ciment anhydritique.



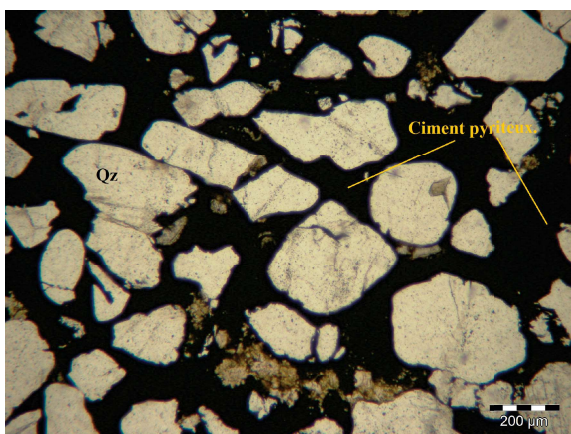
**Photo 17 :** côte: 2767.12m X4 LP  
Ciment anhydritique.



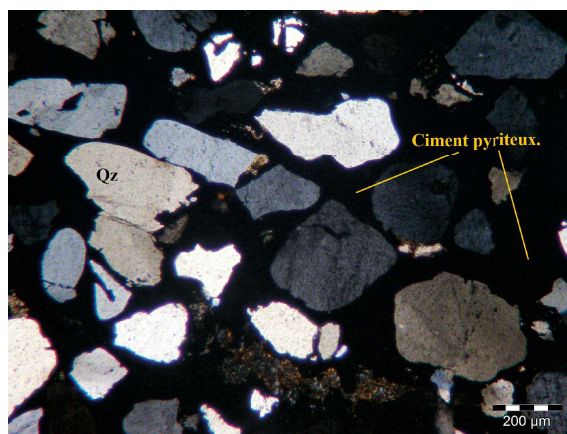
**Photo 18 :** côte: 2767.12m X4 LP  
anhydrite et barytine (ciment).

**Planche 03 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-1 (TAGI)**

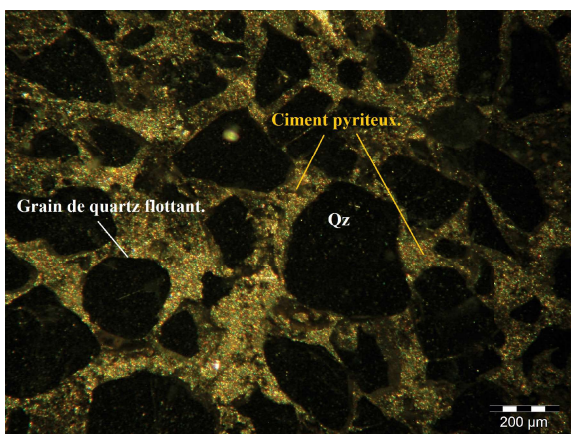




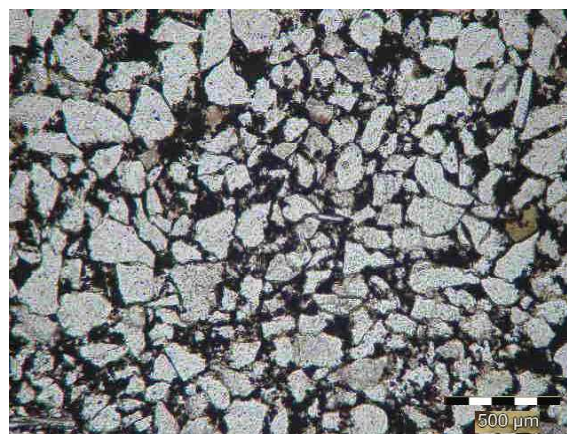
**Photo 19 :** côte: 2787.11m X4 LN  
Ciment pyriteux.



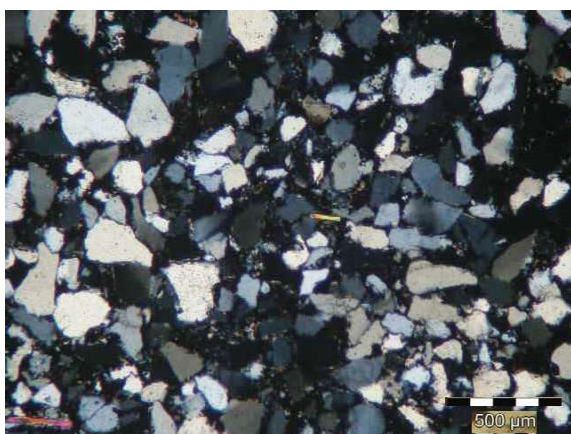
**Photo 20 :** côte: 2787.11m X4 LP  
Ciment pyriteux.



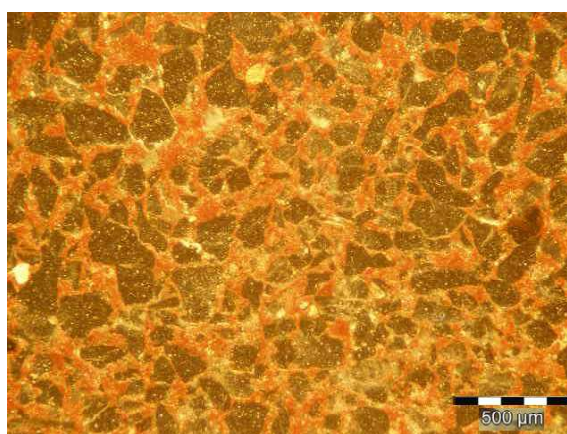
**Photo 21 :** côte: 2787.11m X4 LR  
Ciment pyriteux.



**Photo 22 :** côte: 2785.15m X2 LN  
Ciment argileux oxydé.



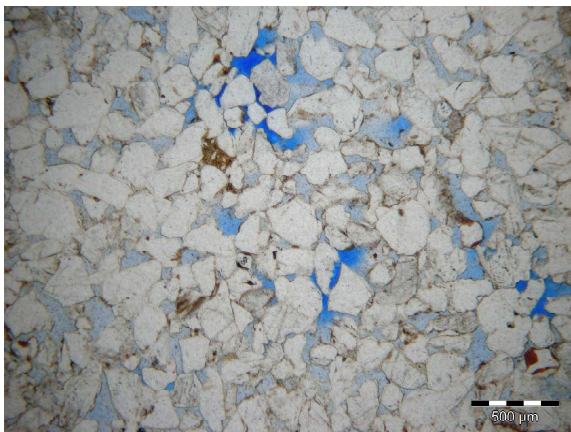
**Photo 23 :** côte: 2785.15m X2 LP  
Ciment argileux oxydé.



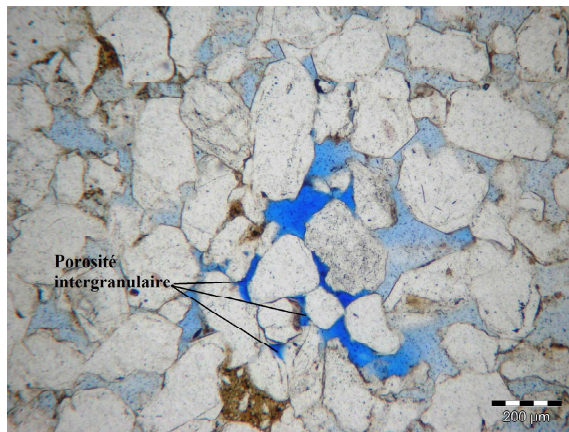
**Photo 24 :** côte: 2785.15m X2 LR  
Ciment argileux oxydé.

**Planche 04 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-1 (TAGI)**

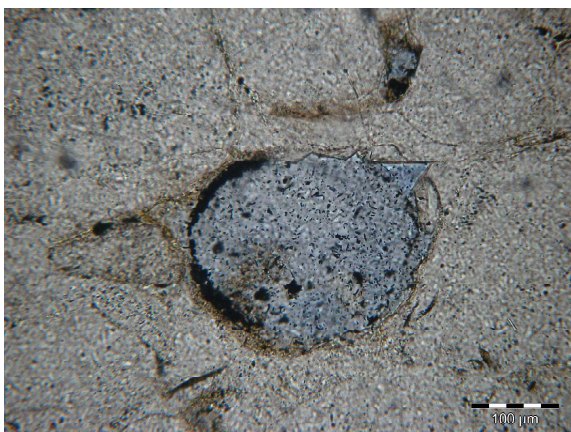




**Photo 25 :** côte: 2765.87m X2 LN  
Porosité.



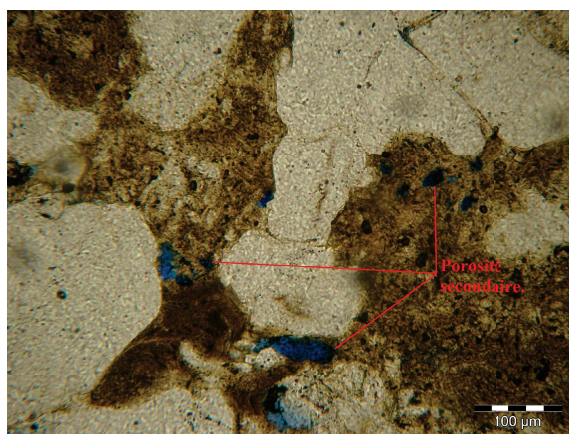
**Photo 26 :** côte: 2765.87m X4 LN  
Porosité intergranulaire.



**Photo 27 :** côte: 2774.2m X10 LN  
Porosité de dissolution.



**Photo 28 :** côte: 2774.2m X10 LP  
Porosité de dissolution.



**Photo 29 :** côte: 2782.74m X10 LN  
Dissolution des argiles et création de la porosité secondaire.

**Planche 05 :**

**Différents types de porosité.  
puits :RNSE-1 (TAGI)**



**IV-1-2-2. Etude pétrographique de l'unité A2 :**

Suivant les données de carottes l'unité A2 est comprise entre l'intervalle de **-2791m** et **-2849m** avec une disponibilité de 8 lames minces.

**❖ Les constituants (Figure 26) :****-Le quartz ( $\text{SiO}_2$ ) :**

Il constitue l'élément prédominant, sa teneur varie entre 63% et 83%, les grains de quartz sont sub-anguleux à sub-arrondis définissant un contact tangentiel abondant (photos : 30 et 31) , parfois concavo-convexe (photo 32) et rarement suturé ou flottant dans un ciment (photo 33), la taille moyenne de ces grains est comprise entre 0.175 mm et 0.35 mm alors que la taille maximale varie entre 0.375 mm et 0.75 mm et le tout donne un classement moyen (photo 34) d'un grés fin.

**-Les micas  $\{\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{OH},\text{F})_2(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})\} / \{\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})(\text{OH},\text{F})_2\}$  :**

L'analyse pétrographique montre que les micas sont présents seulement à la côte -2801.02m en traces (photo 35) et sont absents dans toutes les autres côtes cela est du probablement à leur transformation en argiles.

**-Les minéraux lourds :**

**Le zircon ( $\text{ZrSiO}_4$ ) et la tourmaline  $\{(\text{Na},\text{Ca})(\text{Li},\text{Mg},\text{Al})(\text{Al},\text{Fe},\text{Mn})_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH})_5\}$**  qui constituent les minéraux lourds dans cette unité (A2) sont rares est leur pourcentage ne dépasse pas le 1% (photos 36 et 37).

**-La matière organique :**

La présence de la matière organique dans l'unité A2 est très faible et n'atteint jamais le 1%.

**❖ Les ciments :****-Le ciment siliceux ( $\text{SiO}_2$ ) :**

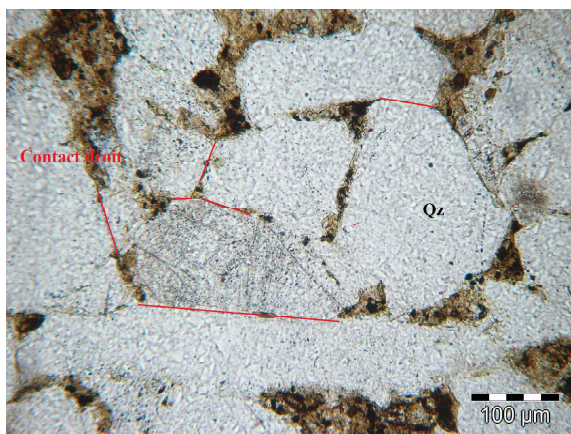
Il se développe entre les grains de quartz sous forme d'auréole autour d'eux, le pourcentage de ce ciment ne dépasse pas les 6% (photos 38 et 39).

**- Le ciment argileux (Figure 27) :**

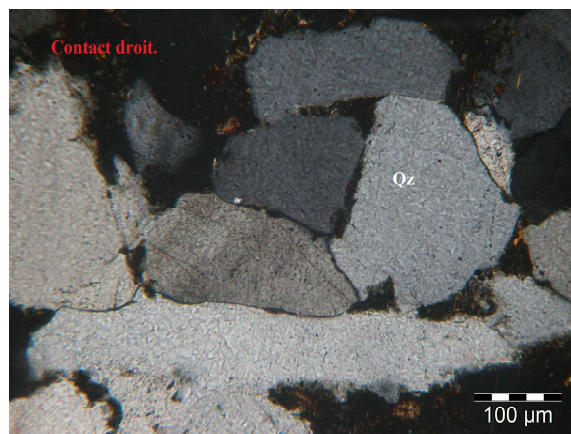
La diffractométrie aux rayons X indique la présence de : **la kaolinite  $\{\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4\}$ , l'illite  $\{(\text{K},\text{H}_3\text{O})(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}((\text{OH})_2,(\text{H}_2\text{O}))\}$ , et les interstratifiés (illite-montmorillonite).**

Les argiles constituent 12 % de la lame mince prélevée à la côte -2801.02m dont 45% de kaolinite, 35% d'illite et 20 % des interstratifiés selon les résultats du DRX.

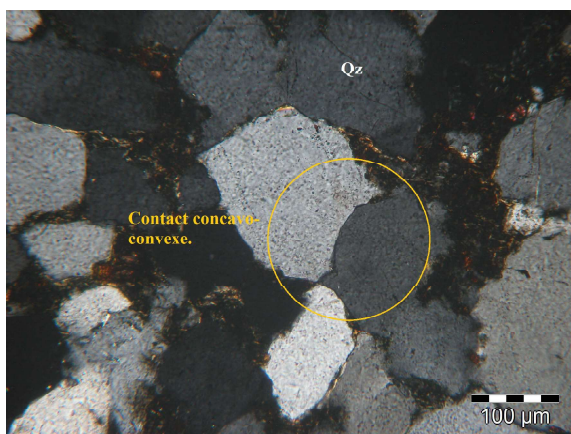
À partir de la côte -2805.80m jusqu'à la côte -2848.20m, la kaolinite prend le relais est atteint souvent les 100% de la somme des argiles tandis que les résultats pétrographiques montrent un rapport de 6% à 10% d'argile dans les lames minces analysées (photos 40, 41 et 42).



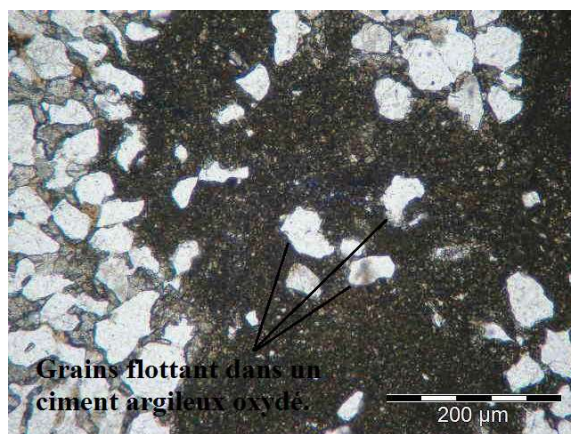
**Photo 30 :** côte: 2826.83m X10 LN  
Contact droit entre les grains de quartz.



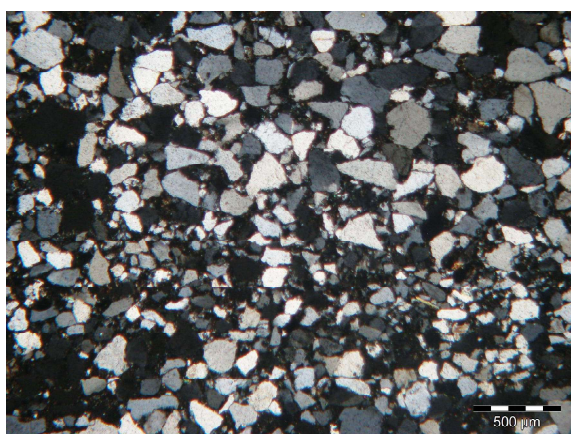
**Photo 31 :** côte: 2826.83m X10 LP  
Contact droit entre les grains de quartz.



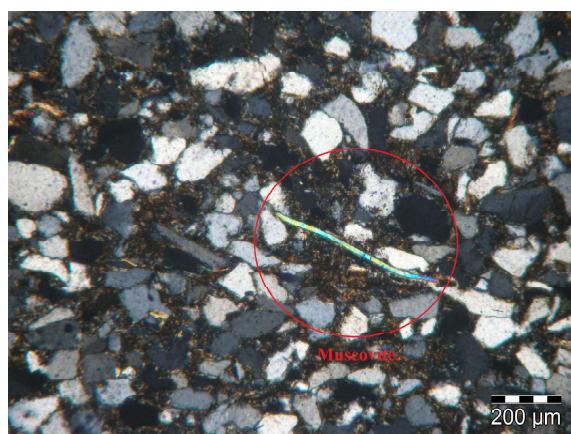
**Photo 32 :** côte: 2826.83m X10 LP  
Contact concavo-convexe .



**Photo 33 :** côte: 2848.06m X4 LN  
Grains de quartz flottant dans un ciment .



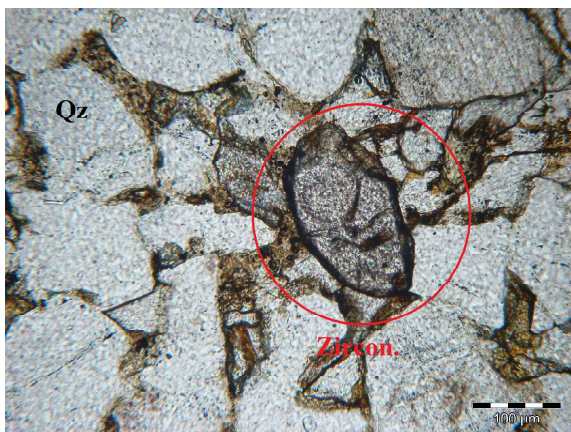
**Photo 34 :** côte: 2836.06m X2 LP  
Classement moyen des grains.



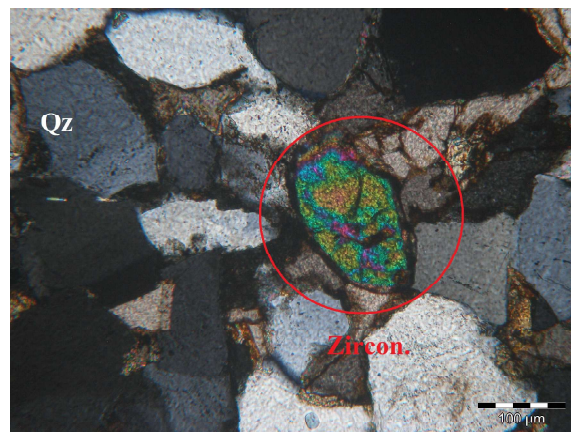
**Photo 35 :** côte: 2801.02m X4 LP  
Paillette de muscovite.

**Planche 06 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-1 (Unité A2)**

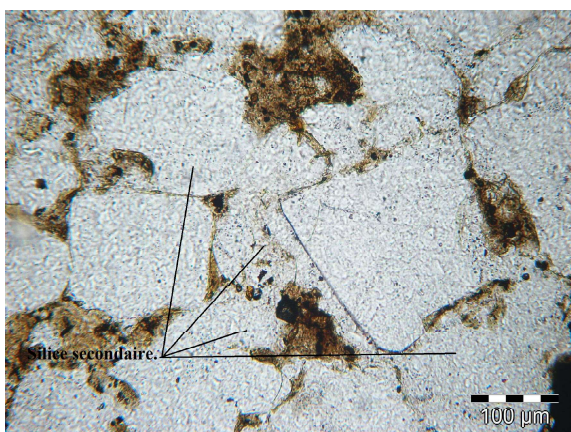




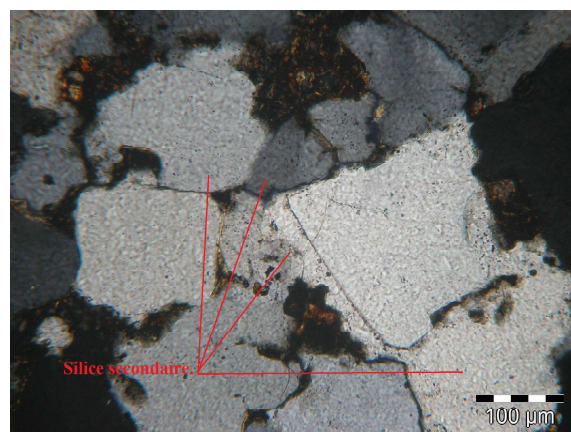
**Photo 36 :** côte: 2811.86m X10 LN  
Zircon.



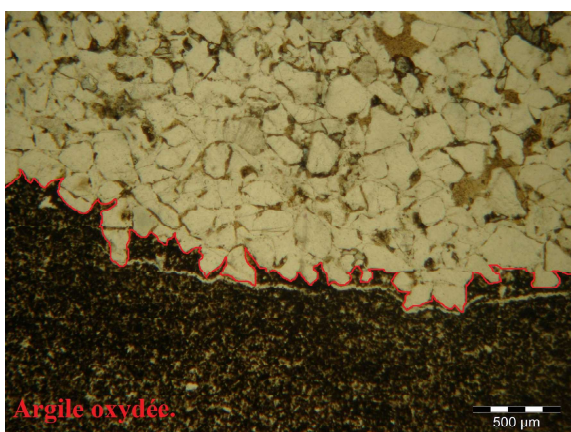
**Photo 37 :** côte: 2811.86m X10 LP  
Zircon.



**Photo 38 :** côte: 2826.83m X10 LN  
Silice secondaire.



**Photo 39 :** côte: 2826.83m X10 LP  
Silice secondaire.



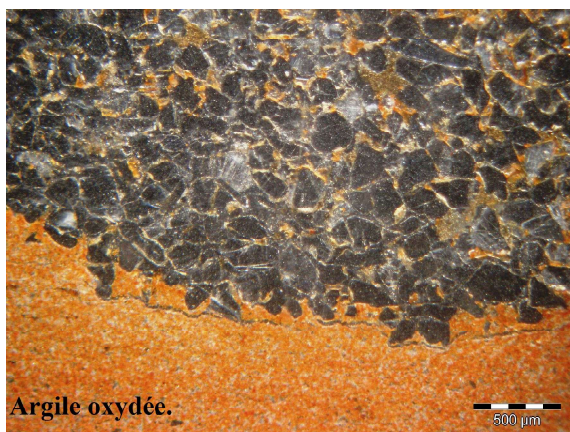
**Photo 40 :** côte: 2811.86m X2 LN  
Argile oxydée.



**Photo 41 :** côte: 2811.86m X2 LP  
Argile oxydée.

**Planche 07 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-1 (Unité A2)**

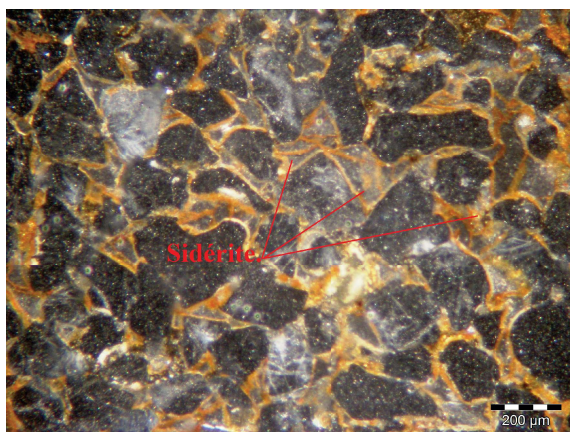




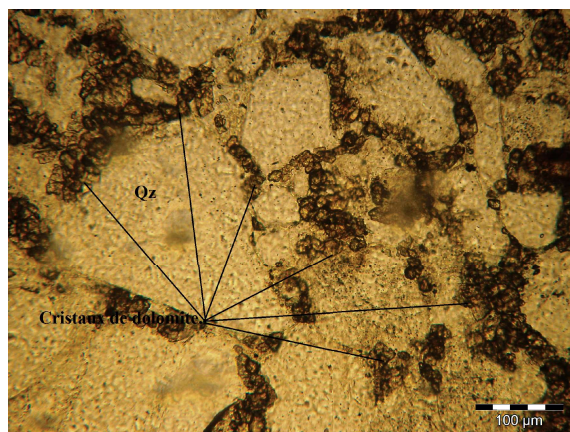
**Photo 42 :** côte: 2811.86m X2 LR  
Argile oxydée.



**Photo 43 :** côte: 2811.86m X4 LP  
Ciment carbonaté (sidérite).



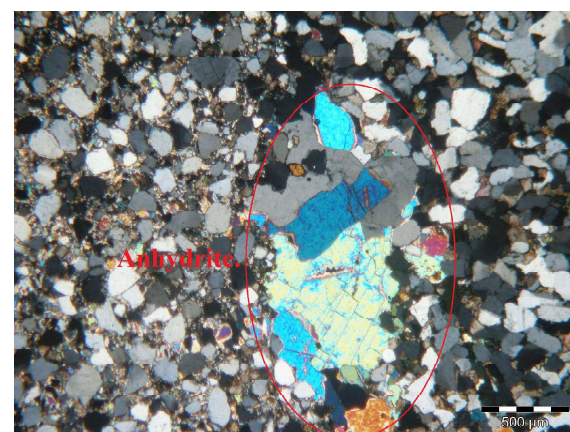
**Photo 44 :** côte: 2811.86m X4 LR  
Ciment carbonaté (sidérite).



**Photo 45 :** côte: 2836.06m X10 LN  
Ciment carbonaté (cristaux de dolomite).



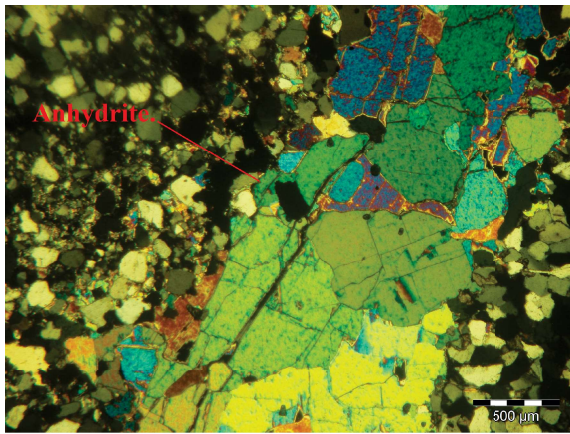
**Photo 46 :** côte: 2848.06m X2 LN  
Ciment évaporitique (anhydrite).



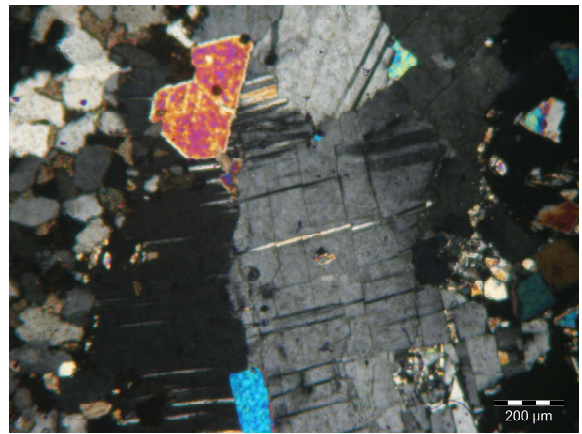
**Photo 47 :** côte: 2848.06m X2 LP  
Ciment évaporitique (anhydrite).

**Planche 08 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-1 (Unité A2)**

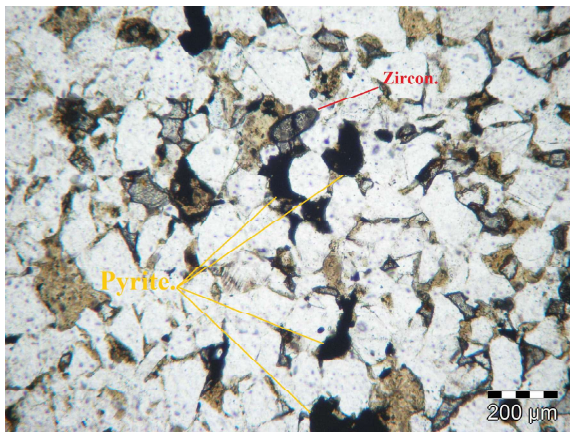




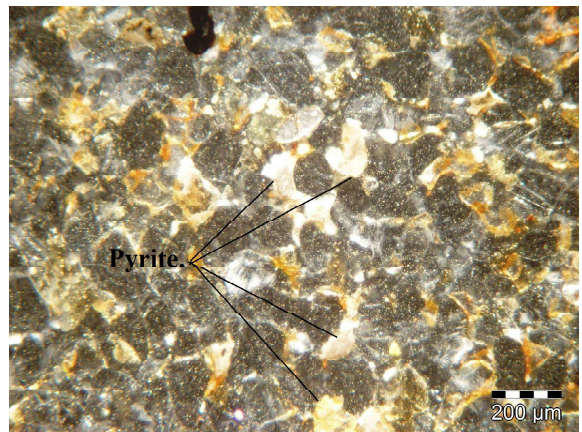
**Photo 48 :** côte: 2848.2m X2 LP  
Ciment évaporitique (anhydrite).



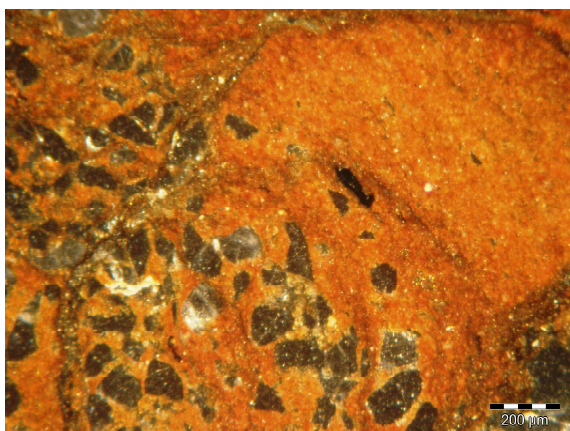
**Photo 49 :** côte: 2848.06m X4 LP  
Anhydrite et barytine.



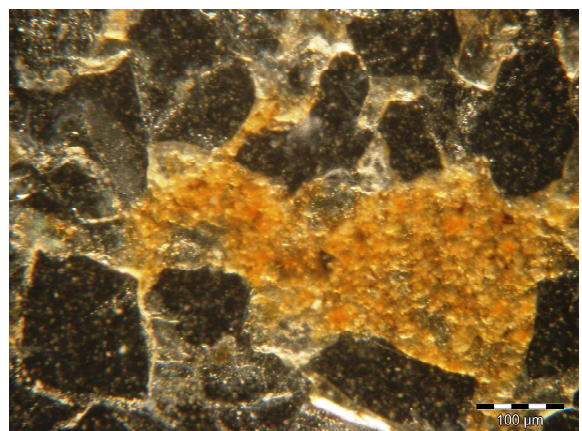
**Photo 50 :** côte: 2811.86m X4 LN  
Pyrite.



**Photo 51 :** côte: 2811.86m X4 LR  
Pyrite.



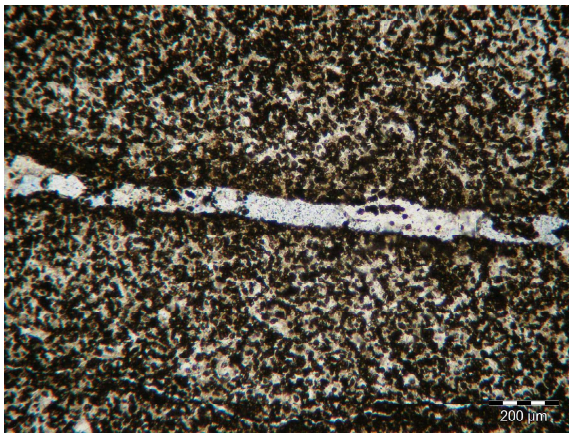
**Photo 52 :** côte: 2848.06m X4 LR  
Argile oxydé.



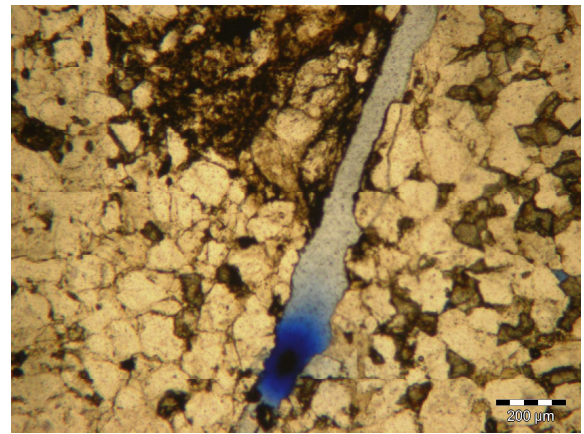
**Photo 53 :** côte: 2848.06m X10 LR  
Carbonate oxydé.

**Planche 09 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-1 (Unité A2)**

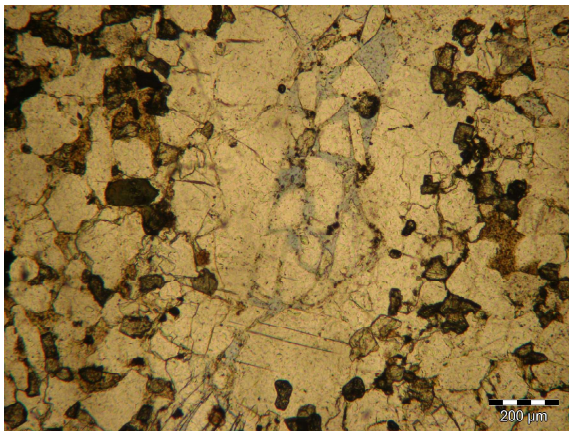




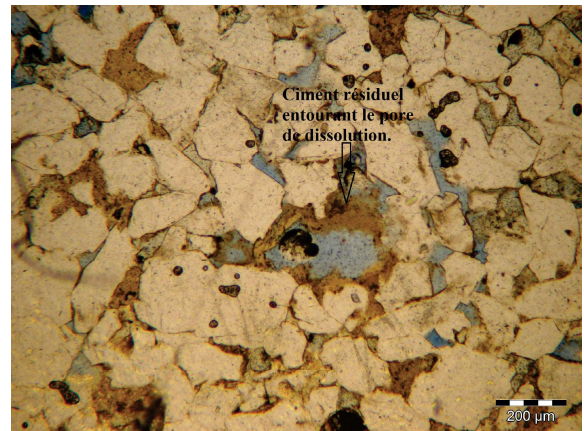
**Photo 54 :** côte: 2811.86m X4 LN  
Porosité secondaire (microfissure).



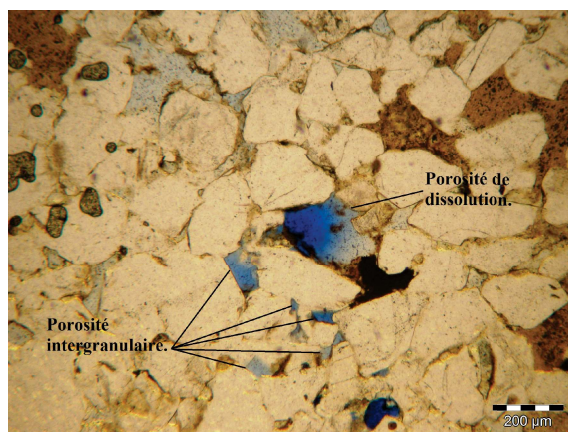
**Photo 55 :** côte: 2848.06m X4 LN  
Porosité secondaire (microfissure).



**Photo 56 :** côte: 2848.2m X4 LN  
Microfissure remplit presque totalement par l'anhydrite.



**Photo 57 :** côte: 2813.39m X4 LN  
Porosité secondaire (dissolution des argiles).



**Photo 58 :** côte: 2813.39m X4 LN  
Porosité primaire et secondaire.

**Planche 10 :**

**Differents types de porosité.  
puits :RNSE-1 (Unité A2)**



| AGE       | SILURIEN |    |
|-----------|----------|----|
|           | A2       | A1 |
| FORMATION | TAGI     |    |
|           |          |    |

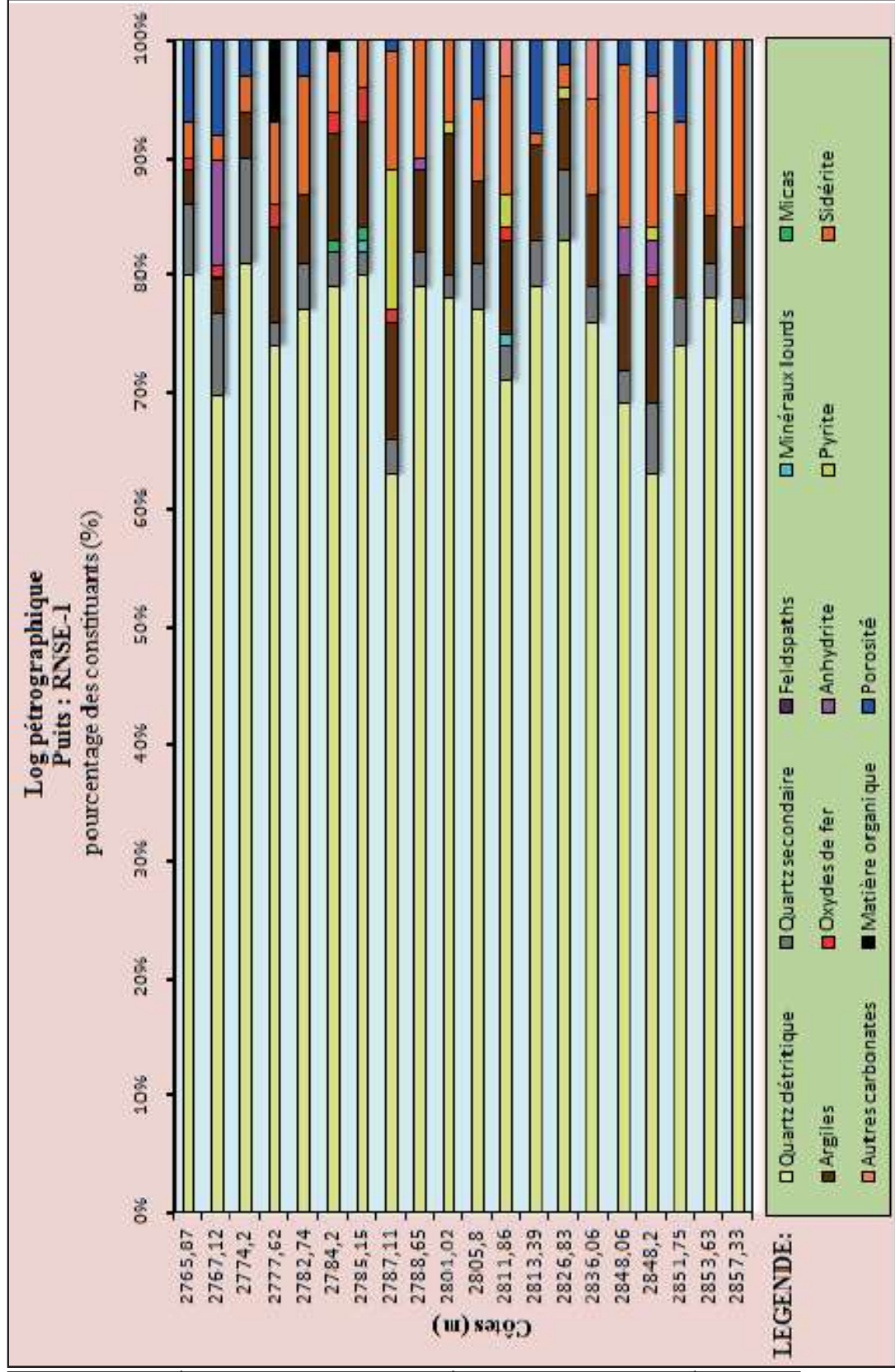


Figure 26 : Log pétrographique du puits RNSE-1

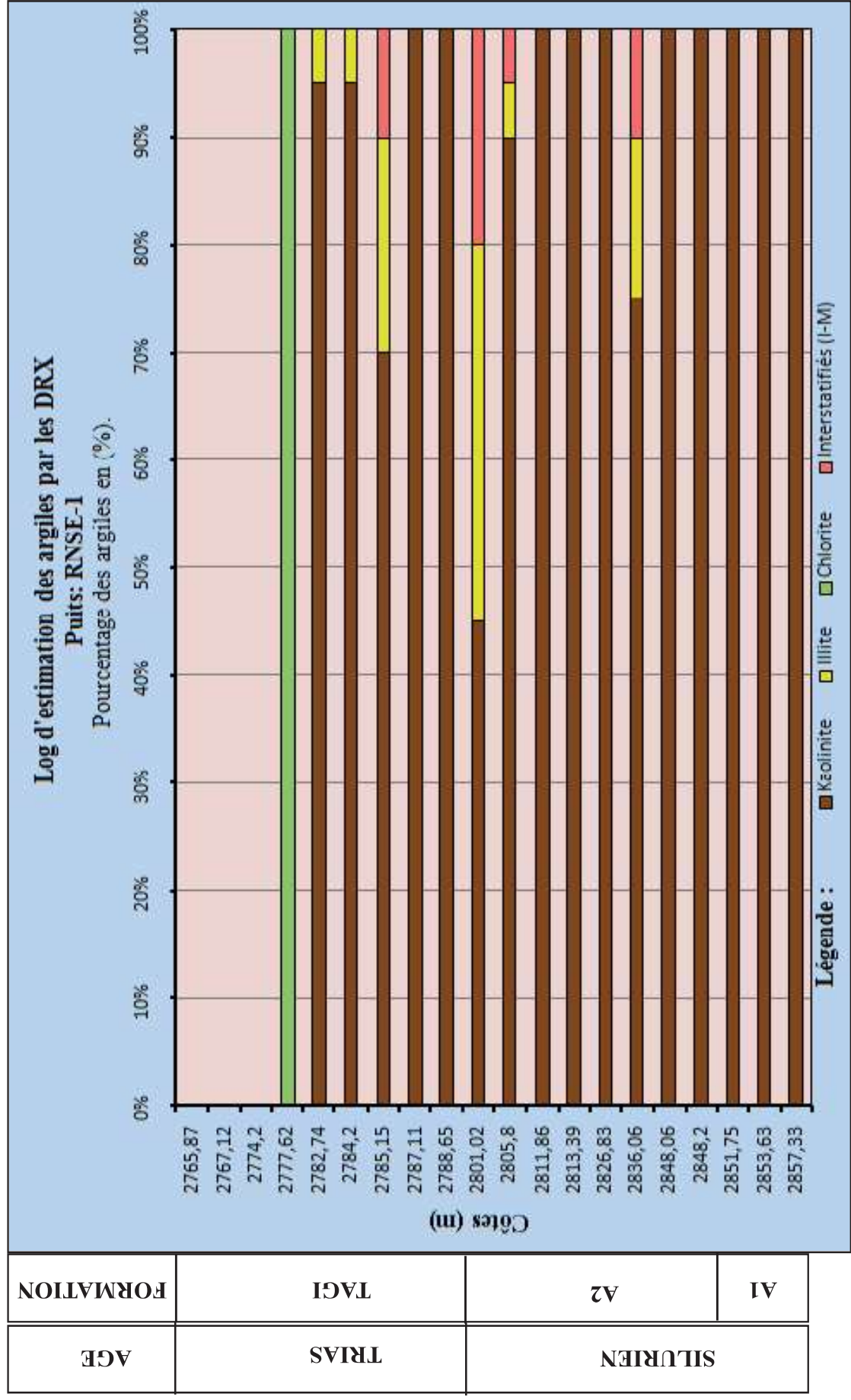


Figure 27 : Log d'estimation des argiles par la diffractométrie des rayons X du puits :RNSE-1.

**Le ciment carbonaté :**

Le ciment carbonaté vient concurrencer le ciment argileux, le pourcentage de **la sidérite** ( $\text{FeCO}_3$ ) atteint les 14 % à la côte -2848.06m, on rencontre parfois de petits cristaux de **dolomite**  $\{\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2\}$  dont le pourcentage arrive jusqu'à 5% à la côte -2836.06m, (photos 43, 44 et 45).

**-Le ciment évaporitique :**

Le ciment évaporitique se présente sous forme **d'anhydrite** ( $\text{CaSO}_4$ ) **et de barityne** ( $\text{BaSO}_4$ ) aux dernières côtes (-2848.06m et -2848.2m) ne dépassant jamais les 4% (photos 46, 47, 48 et 49).

**-Le ciment pyriteux ( $\text{FeS}_2$ ) :**

Le ciment pyriteux est présent en traces et atteint les 3% à la côte -2811.86m (photos 50 et 51).

**-Les oxydes de fer ( $\text{Fe}_x\text{O}_y$ ) :**

Les oxydes de fer sont présents en trace car le ciment argileux et/ou carbonaté est souvent oxydé (photos 40, 41, 42, 52 et 53).

**❖ La porosité :**

La porosité rencontrée est une porosité secondaire qui existe grâce aux microfissures et/ou à la dissolution du ciment, elle varie de 0% jusqu'à 8% (photos 54, 55, 56 et 57) tandis que la porosité intergranulaire est très rare (photo 58).

**\_ Conclusion :** l'analyse pétrographique montre que l'unité A2 est constituée par un grès fin moyennement classé, à ciment argilo-carbonaté, siliceux et rarement pyriteux ayant une porosité primaire faible améliorée par les microfissures et la dissolution du ciment.

A partir des résultats pétrographiques nous avons réalisé le log pétrographique (Figure 26) et le log d'estimation des argiles par la diffractométrie des rayons X (Figure 27) du puits RNSE-1.

**IV-2. Etude diagénétique :*****IV-2-1. Rappel théorique :***

-**La diagenèse** : La diagenèse correspond à l'ensemble des processus qui affectent le sédiment après son dépôt jusqu'à sa transformation en roche.

La limite avec le métamorphisme, souvent placée à l'anchizone, est floue.

L'évolution diagénétique permet de maintenir la composition chimique et les conditions physiques des sédiments en équilibre avec le champ des contraintes extérieures. Le produit final possédera une texture et une composition qui dépendront tout autant de la provenance des matériaux que de leur évolution post-dépôt.

On distingue généralement la diagenèse précoce de la diagenèse tardive, la première se réfère aux changements essentiellement biochimiques, rapides, qui se produisent au cours des premiers décimètres d'enfouissement et la diagenèse tardive qui comprend toutes les autres modifications physico-chimiques, beaucoup plus lentes (compaction, transformation minéralogiques et dissolution). (Isabelle Cojan et Maurice Renard).

***IV-2-2. Méthodologie :***

L'étude des phénomènes diagénétiques se base essentiellement sur l'observation microscopique des lames minces qui permet de :

- Observer les processus diagénétiques (altération des minéraux, cimentation, dissolution et précipitation) et essayer de les classer chronologiquement.
- Voir l'influence des différents phénomènes diagénétiques sur les propriétés du réservoir.

***IV-2-3. Les phénomènes diagénétiques des réservoirs TAGI et l'unité A2 :***

La formation du TAGI et de l'unité A2 présentent presque les mêmes phénomènes diagénétiques qui sont : La compaction, le développement des différents ciments, la dissolution et la fissuration.

❖ **La compaction** : La compaction se résume par l'effet du poids des sédiments susjacentes sur les sédiments sous-jacents. L'analyse pétrographique des lames minces dévoile un contact tangentiel abondant entre les grains de quartz et leur forme est sub-anguleuse à sub-arrondie ce qui montre une faible compaction mécanique (Microstylolithes (Annexe 2 ; Planche 12 : Photo 68) et un transport pas long des sédiments.

❖ **Les ciments :**

• **Le ciment siliceux :**

C'est un liant de quartz de néoformation qui remplit les espaces intergranulaires et qui assure la cohésion entre les grains de quartz formant ainsi une cristallisation syntaxiale ; plus ce ciment est abondant plus le grès est compact (moins poreux et moins perméable).

La silification est due à la circulation des eaux riches en silice qui s'ajoute à celles libérées probablement par la transformation des micas et des feldspaths en argiles dans des conditions de température et de pression élevées et dans un milieu basique.

- **Le ciment argileux :** Ce ciment est rencontré dans le TAGI et dans l'unité A2 et constitue le ciment principal car sa présence remplit presque tout l'espace intergranulaire, la présence des argiles autour du grain de quartz constitue une cristallisation épitaxiale.

L'origine des argiles est probablement du :

\_ Au transport des sédiments fins à partir des continents puis déposés en même temps que les grains de quartz.

\_ A la transformation des feldspaths en kaolinite sous un climat rubifiant.

\_ A l'illitisation des micas qui augmente le pourcentage des argiles (ce phénomène est bel et bien rencontré dans les deux formations), (photos 05 et 06).

- **Le ciment carbonaté :**

La sidérite est rencontrée dans les deux formations (TAGI et l'unité A2), c'est une variété des carbonates ferri-fères ( $\text{FeCO}_3$ ), tandis que la dolomite  $\{\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2\}$  est une carbonate magnésienne présente seulement dans l'unité A2 (photo 45).

L'origine du ciment carbonaté est probablement due à la circulation des fluides sursaturés en calcium (Ca) qui permet la précipitation de la calcite, la combinaison de cette dernière avec la présence du fer (Fe) conduit à sa transformation en sidérite. Alors que la circulation des fluides sursaturés en magnésium (Mg) conduisent à la dissolution de la calcite et la précipitation de la dolomite et la création d'une porosité secondaire car les atomes de magnésium sont plus petits que les atomes de calcium.

- **Le ciment évaporitique :**

L'anhydrite peut se former suite à une déshydratation du gypse lors de l'évaporation des eaux, ou suite à la circulation des eaux riches en sulfates de calcium ( $\text{CaSO}_4$ ).

La barytine apparaît probablement quand il y a un mouvement des fluides contenant du Baryum (Ba) ou des résidus de sulfates de Baryum ( $\text{BaSO}_4$ ).

- **Le ciment pyriteux :**

La pyrite, considérée comme un ciment accessoire a une origine post-sédimentaire car elle peut provenir de la synthèse du soufre (S) par l'attaque des bactéries anaérobies sur la matière organique et du fer (Fe) qui peut être issue de la dégradation de l'hémoglobine de la décomposition des cellules osseuses des organismes marins ou par la circulation des hydrocarbures qui atteste un milieu confiné favorable à son développement.

- **Les oxydes de fer :**

L'oxydation des argiles et des carbonates dans le TAGI et l'unité A2 prouve la présence de l'oxygène qui peut être contenue dans les eaux souterraines ou dans un milieu oxydé dû à une régression marine.



**❖ La dissolution :**

La dissolution est un phénomène avantageux pour la porosité, il s'agit de la dissolution d'un précipité antérieur comme les ciments argileux et carbonatés des formations du TAGI et de l'unité A2.

Elle a été identifiée par la présence du ciment résiduel sur les bords des pores (photo 57) ou par l'existence des grains corrodés et elle représente un indice de la diagénèse tardive.

**❖ La fissuration :**

La fissuration est rencontrée seulement dans l'unité A2 et a contribué à l'augmentation de la porosité par la présence de microfissures qui sont : vides, partiellement colmatées ou totalement colmatées par des différents ciments (anhydrite, argile, sidérite...), (photos 54, 55 et 56). La fissuration se manifeste par les processus de la diagénèse tardive.

**✓ Les indices de la diagénèse précoce se résument par :**

- \_ Un réarrangement des particules aboutissant à un classement moyen par la compaction mécanique.
- \_ L'altération de la matière organique en bitume et sa présence négligeable.
- \_ La transformation des micas en argiles.

**✓ Les indices de la diagénèse tardive se résument par :**

- \_ Le développement du contact suturé ce qui est rare dans notre cas d'étude.
- \_ La transformation des carbonates : dissolution de la calcite et précipitation de la sidérite et de la dolomite en formant un ciment carbonaté selon des conditions de température et de teneur en  $\text{CO}_2$ .
- \_ La création de la porosité secondaire de dissolution et la présence des microfissures qui peuvent affectées la perméabilité.

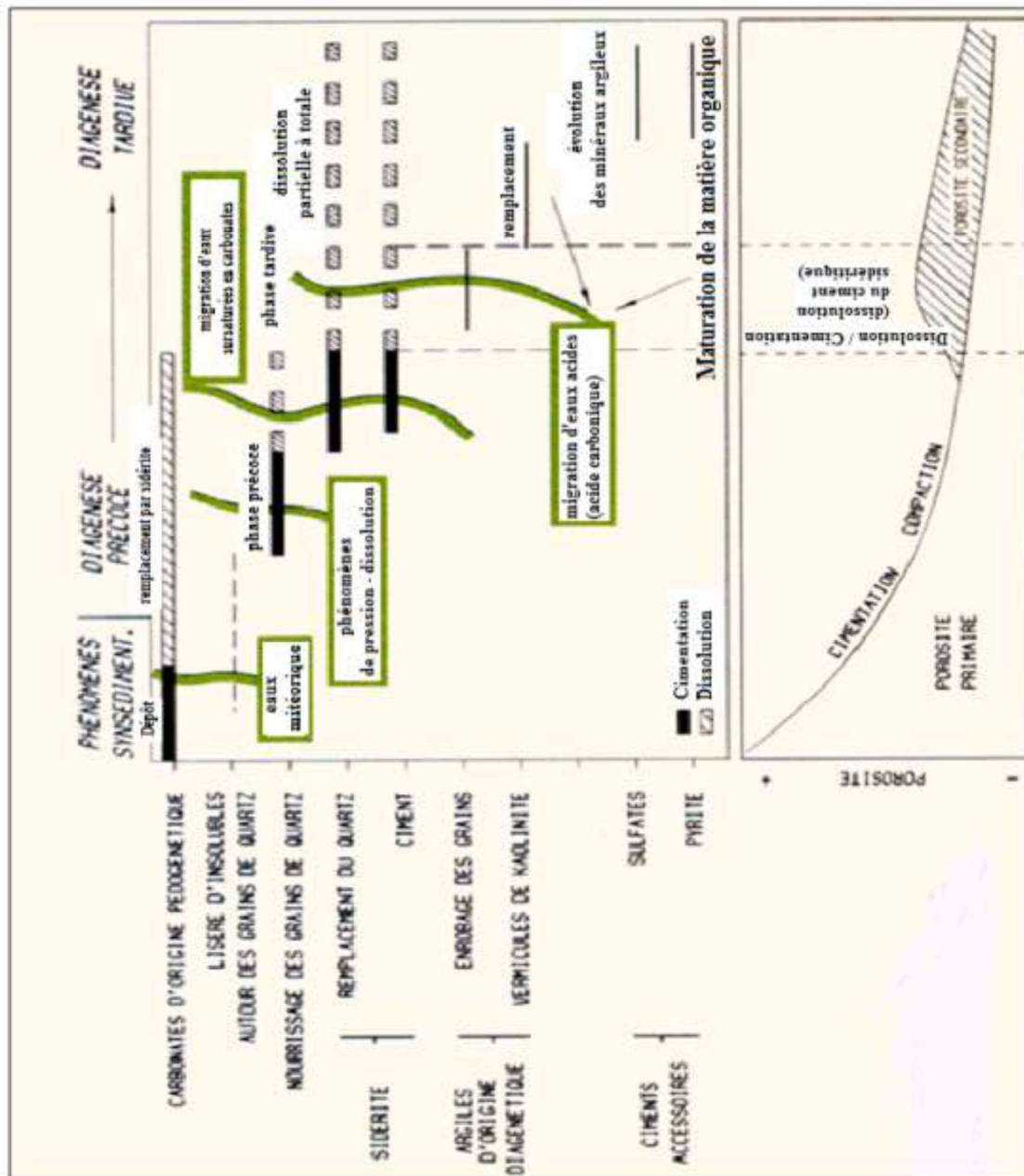


Figure 28 : principales phases diagénétiques et évolution de la porosité de l'Infra TAGS (Beicip/SONATRACH.PED, 1990).

**IV-3. Conclusion :**

Ce chapitre nous a permis de :

- \_ Faire une analyse détaillée sur les formations réservoirs du TAGI et de l'unité A2 par l'étude des microfaciès.
- \_ Confirmer la description lithologique des fiches carottes faite dans le chapitre précédent.
- \_ Savoir le type de ciment pour prévoir le procédé approprié pour essayer de l'éliminer afin d'augmenter la porosité.
- \_ Connaître les processus physico-chimiques qui contrôlent la diagenèse et qui contribuent à la modification de la texture et de la composition minéralogique du sédiment après son dépôt afin de le ramener à un état plus stable.
- \_ Pour mieux comprendre les variations de la porosité et de la perméabilité dans le TAGI et l'unité A2, une étude des paramètres pétrophysiques est nécessaire à effectuer.



**Chapitre V :**  
**Etude**  
**pétrophysique**

## V. Etude des paramètres pétrophysiques :

### V-1. Méthodologie :

Dans ce chapitre nous avons étudié du point de vue pétrophysique les réservoirs du Trias Argileux Gréseux Inférieur (TAGI) et l'unité A2 (Silurien), afin d'évaluer les variations des paramètres pétrophysiques au niveau de ces deux réservoirs. Nous avons établi différentes cartes en iso-valeurs, réalisées à partir des données des fiches carotte, des diagraphies complétées par des rapports d'implantation et les rapports de fin de sondage des puits de la structure de Rhourde Nouss Sud-Est, grâce au logiciel Surfer 13. Il en est de même pour des représentations graphiques qui vont nous permettre d'interpréter cette variation des paramètres pétrophysiques dans la zone d'étude.

### V-2. Etude pétrophysique des réservoirs TAGI et l'unité A2:

#### V-2-1. Analyse des cartes structurales :

##### V-2-1-1. Les cartes en isobathes des réservoirs TAGI et l'unité A2 :

Pour établir ces cartes on a utilisé les données de huit puits (tableaux 3 et 4) :

| Nom du puits | X         | Y          | Toit(m) | Mur(m)   | Epaisseur(m) |
|--------------|-----------|------------|---------|----------|--------------|
| RNSE-1       | 283436,01 | 3277134,58 | -2749   | -2791    | 42           |
| RNSE-2       | 284217    | 3273365,00 | -2774   | -2811    | 37           |
| RNSE-3       | 283775,48 | 3279640,41 | -2951   | -2994    | 43           |
| RNSE-4       | 283248,32 | 3269723,64 | -2923   | -2952    | 29           |
| RNSE-8       | 283850,57 | 3275149,43 | -2708   | -2728,75 | 20,75        |
| RNSE-9       | 284643,35 | 3276887,60 | -2877   | -2908    | 31           |
| RNSE-54      | 282540,07 | 3266270,37 | -2745   | -2775    | 30           |
| RNSE-72      | 281500,23 | 3265750,18 | -2856   | -2861    | 5            |

Tableau 3 : Les données des côtes et épaisseurs du réservoir TAGI.

| Nom du puits | X         | Y          | Toit (m) | Mur (m)  | Epaisseur(m) |
|--------------|-----------|------------|----------|----------|--------------|
| RNSE-1       | 283436,01 | 3277134,58 | -2791    | -2849    | 58           |
| RNSE-2       | 284217    | 3273365,00 | -2811    | -2892    | 81           |
| RNSE-3       | 283775,48 | 3279640,41 | -2994    | -3028    | 34           |
| RNSE-4       | 283248,32 | 3269723,64 | -2952    | -3023,5  | 71,5         |
| RNSE-8       | 283850,57 | 3275149,43 | -2729    | -2782,55 | 53,55        |
| RNSE-9       | 284643,35 | 3276887,60 | -2908    | -2977    | 69           |
| RNSE-54      | 282540,07 | 3266270,37 | -2775    | -2800    | 5            |
| RNSE-72      | 281500,23 | 3265750,18 | -2861    | -2918    | 57           |

Tableau 4 : Les données des côtes et épaisseurs de l'unité A2.



***V-2-1-2. Commentaire des cartes en isobathes au toit et au mur des réservoirs TAGI et l'unité A2 (Figure 29, 30 et 31) :***

D'après les cartes en isobathes réalisées au toit et au mur du réservoir TAGI et l'unité A2, nous remarquons, du Nord vers le Sud, la présence de deux structures anticlinales et une structure synclinale d'orientation Est-Ouest dont le sommet des anticlinaux sont forés les puits RNSE-8 et RNSE-54 et sur le flanc desquelles sont forés les autres puits (RNSE-72, RNSE-9, RNSE-3, RNSE-2 et RNSE-1).en générale, on a une alternance de zones hautes et des zones basses affectées par les différentes failles.

***V-2-1-3. Commentaire des cartes en isopaques des réservoirs TAGI et l'unité A2:***

- **La carte en isopaques du TAGI :( Figure 32)**

L'analyse de cette carte montre que l'épaississement du réservoir TAGI est orienté Sud-Ouest/ Nord-Est. En plus, on constate que l'épaisseur maximale du réservoir TAGI existe au niveau du puits RNSE-3 (43 m) tandis que l'épaisseur minimale du TAGI se trouve au niveau du puits RNSE-72 (5 m).

- **La carte en isopaques de l'unité A2 : (Figure 33)**

D'après cette carte, on constate que l'épaisseur de l'unité A2 augmente du centre vers la périphérie dans la partie Sud tandis que dans la partie Nord l'épaisseur diminue du centre vers la périphérie. En plus, on remarque que l'épaisseur maximale est enregistrée au niveau du puits RNSE-2 (81m) et l'épaisseur minimale se trouve au niveau du puits RNSE-54 (5m).

**V-2-2. Analyse pétrophysique des réservoirs TAGI et l'unité A2:**

Pour mieux comprendre le changement des paramètres pétrophysiques et faire une caractérisation satisfaisante, nous avons utilisé les données de six puits extraits des rapports d'implantation et de fin de sondage de ces puits, ces données sont résumées dans les deux tableaux 5 et 6.

| Nom du puits | X         | Y          | Porosité (%) | Perméabilité (md) |
|--------------|-----------|------------|--------------|-------------------|
| RNSE-1       | 283436,01 | 3277134,58 | 9,4          | 152,97            |
| RNSE-2       | 284217    | 3273365,00 | 16,4         | 14,36             |
| RNSE-3       | 283775,48 | 3279640,41 | 0,09         | 157,4             |
| RNSE-4       | 283248,32 | 3269723,64 | 3,8          | 42,9              |
| RNSE-8       | 283850,57 | 3275149,43 | 7,33         | 0,63              |
| RNSE-9       | 284643,35 | 3276887,60 | 7,83         | 21,17             |

**Tableau 5 : Les données pétrophysiques du TAGI.**

| Nom du puits | X         | Y          | Porosité (%) | Perméabilité (md) |
|--------------|-----------|------------|--------------|-------------------|
| RNSE-1       | 283436,01 | 3277134,58 | 5,46         | 5,21              |
| RNSE-2       | 284217    | 3273365,00 | 9,1          | 12,03             |
| RNSE-3       | 283775,48 | 3279640,41 | 0,08         | 39,17             |
| RNSE-4       | 283248,32 | 3269723,64 | 8,15         | 10,2              |
| RNSE-8       | 283850,57 | 3275149,43 | 6,17         | 17,53             |
| RNSE-9       | 284643,35 | 3276887,60 | 4,83         | 13,63             |

Tableau 6 : Les données pétrophysiques de l'unité A2.

*V-2-2-1. Commentaire des cartes en isoporsités des réservoirs TAGI et l'unité A2 :*

- **La carte en isoporsités du réservoir TAGI :( Figure 34)**

D'après cette carte nous remarquons que les valeurs de la porosité diminuent du centre vers le Nord, le Sud, l'Est et l'Ouest de notre structure. En plus, on observe que la valeur maximale de la porosité est enregistrée au niveau du puits **RNSE-2 (16,4 %)** et que la valeur minimale se trouve au niveau du puits **RNSE-3 (0,09 %)**.

- **La carte en isoporsités de l'unité A2 : (Figure 35)**

Dans carte réalisée, on remarque que les valeurs de la porosité augmentent du Nord vers le Centre tandis qu'elles diminuent du Centre vers la périphérie dans la partie Sud. De plus, la valeur maximale de la porosité est enregistrée au niveau du puits **RNSE-2 (9,1 %)** et la valeur minimale est celle au niveau du puits **RNSE-3(0,08 %)**.

*V-2-2-2. Commentaire des cartes en isoperméabilités des réservoirs TAGI et l'unité A2 :*

- **La carte en isoperméabilités du réservoir TAGI : (Figure 36)**

L'analyse de cette carte montre que les valeurs de la perméabilité augmentent de la partie Est de notre structure vers la partie Ouest. En plus, nous observons que la valeur maximale de la perméabilité est égale à **198 md** au niveau du puits **RNSE-1** tandis que la valeur minimale est égale à **0,63 md** au niveau du puits **RNSE-8**.

- **La carte en isoperméabilités de l'unité A2 :(Figure 37)**

D'après cette carte, les valeurs de la perméabilité diminuent du centre vers la périphérie dans la partie Sud tandis que dans la partie Nord les valeurs de la perméabilité augmentent du centre vers la périphérie. En plus, on constate que la valeur maximale de la perméabilité se trouve au niveau du puits **RNSE-3(39,17 md)** et la valeur minimale est enregistrée au niveau du puits **RNSE-1 (5,21 md)**.

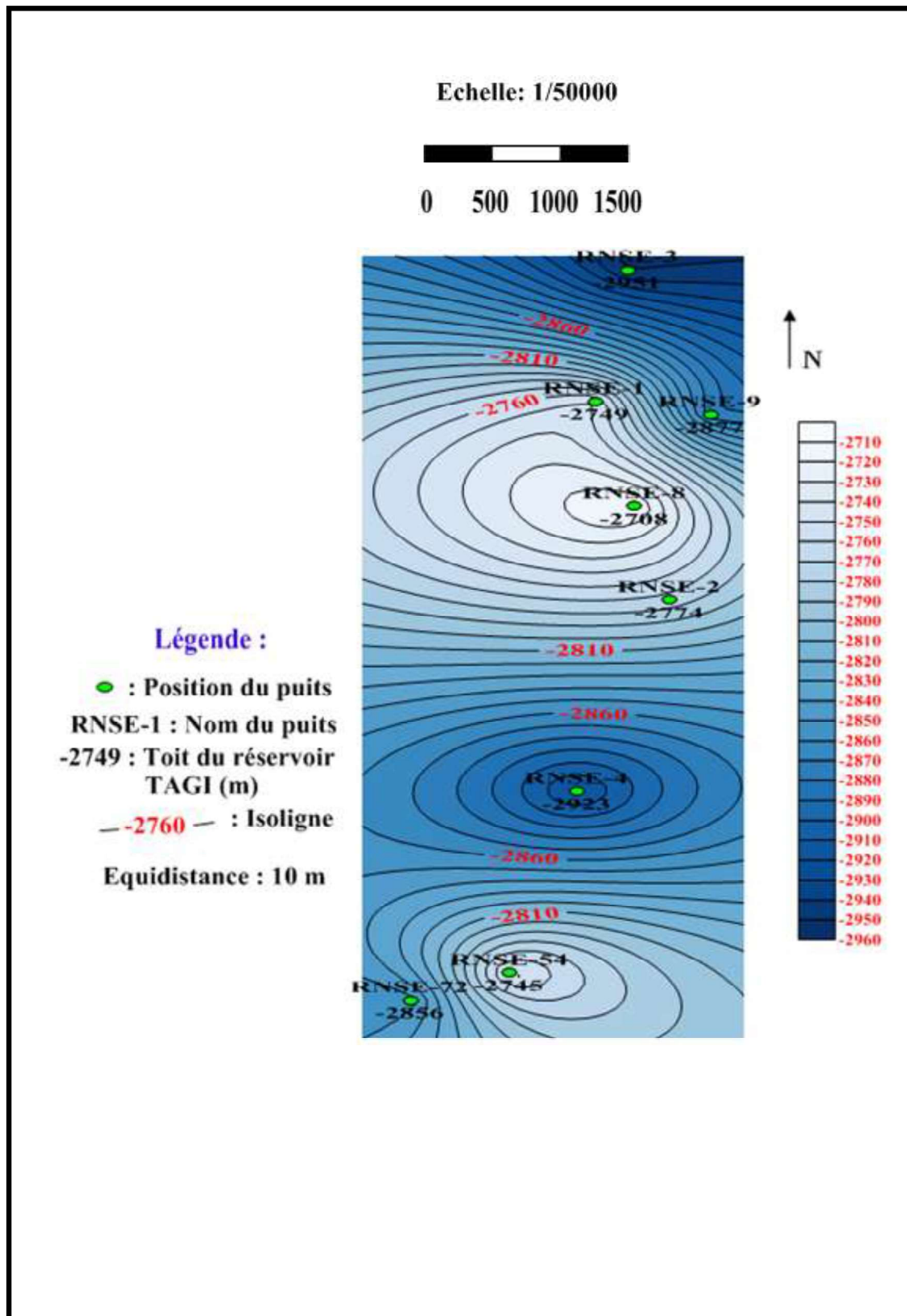
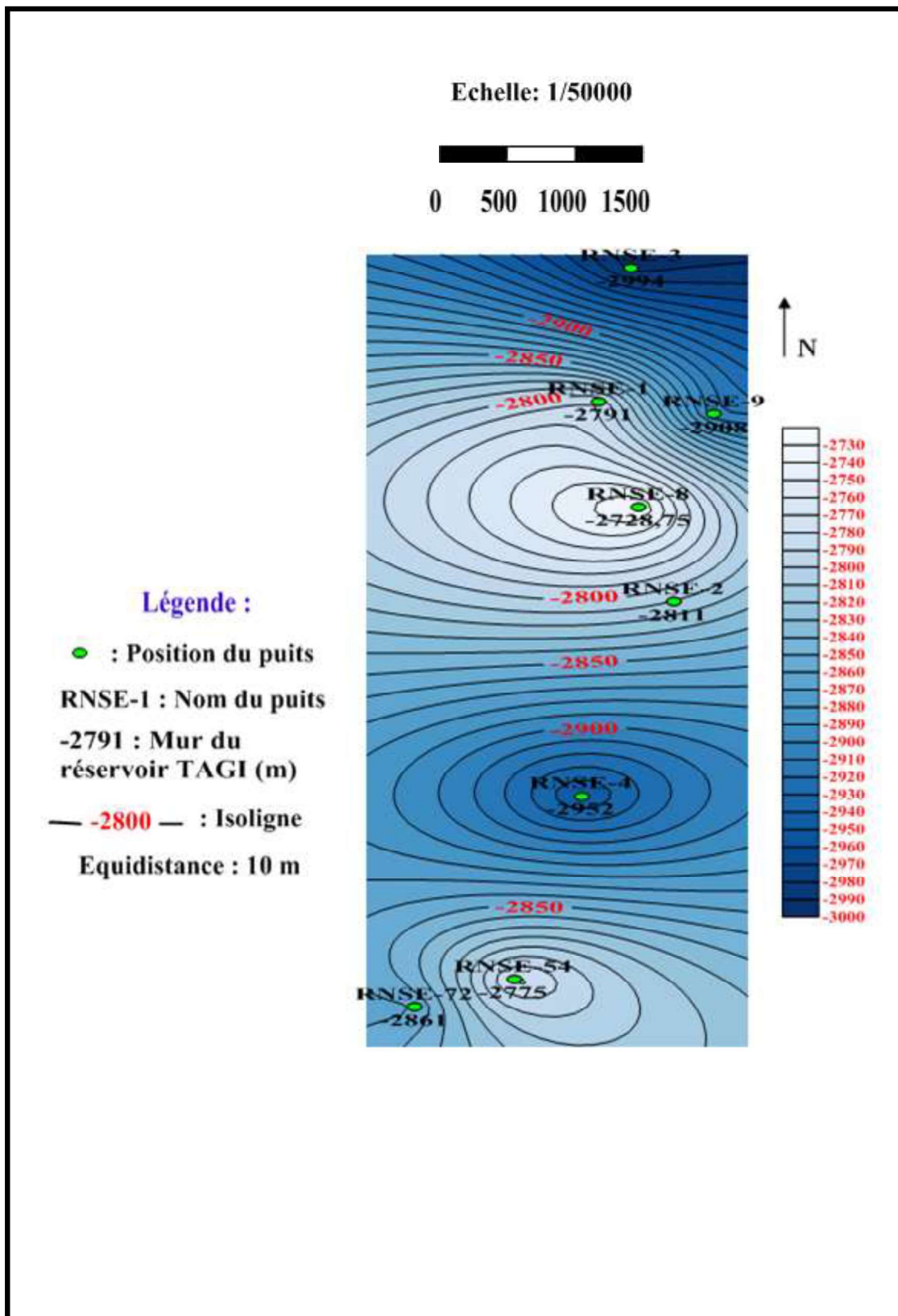


Figure 29: Carte en isobathes au toit du réservoir TAGI.



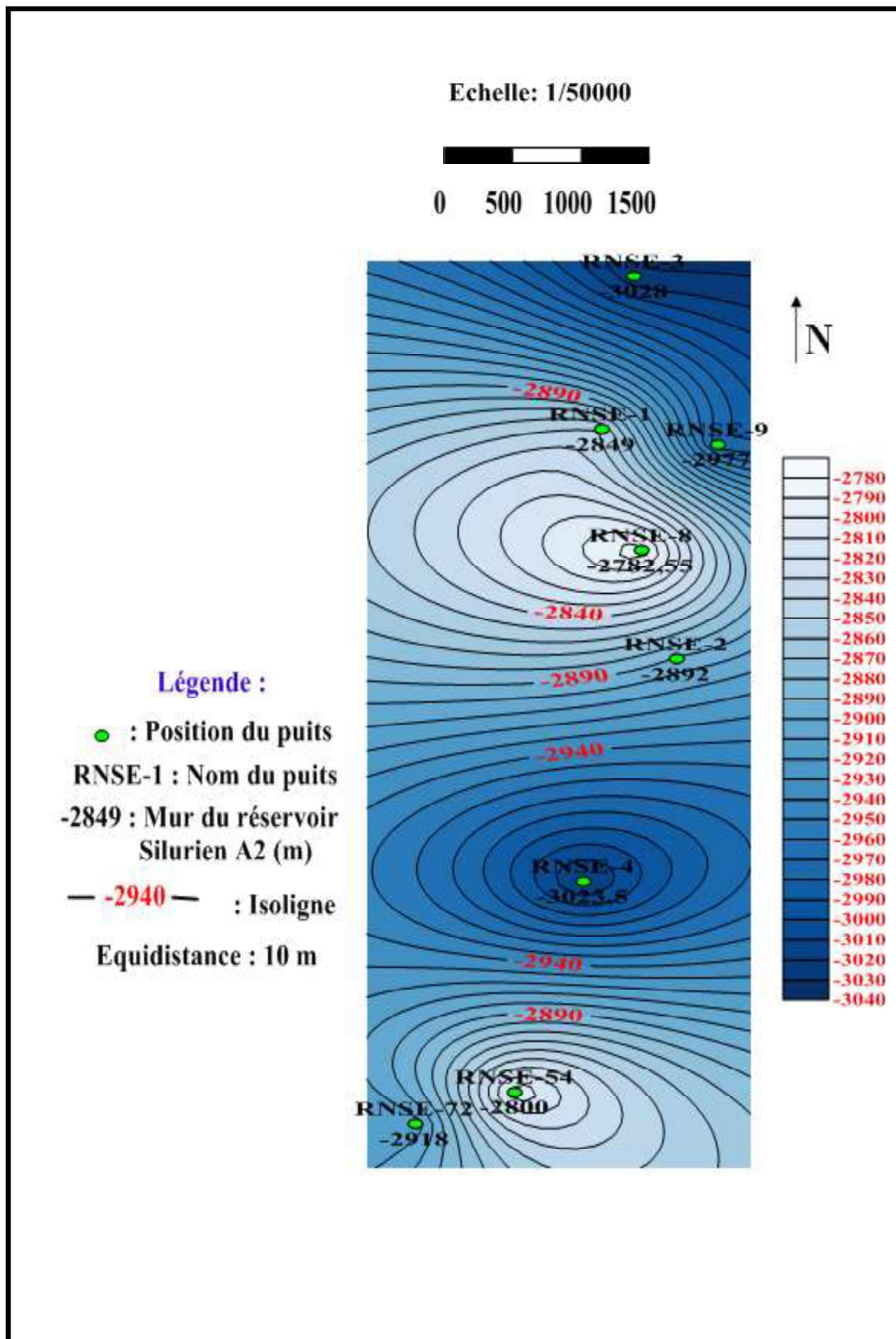
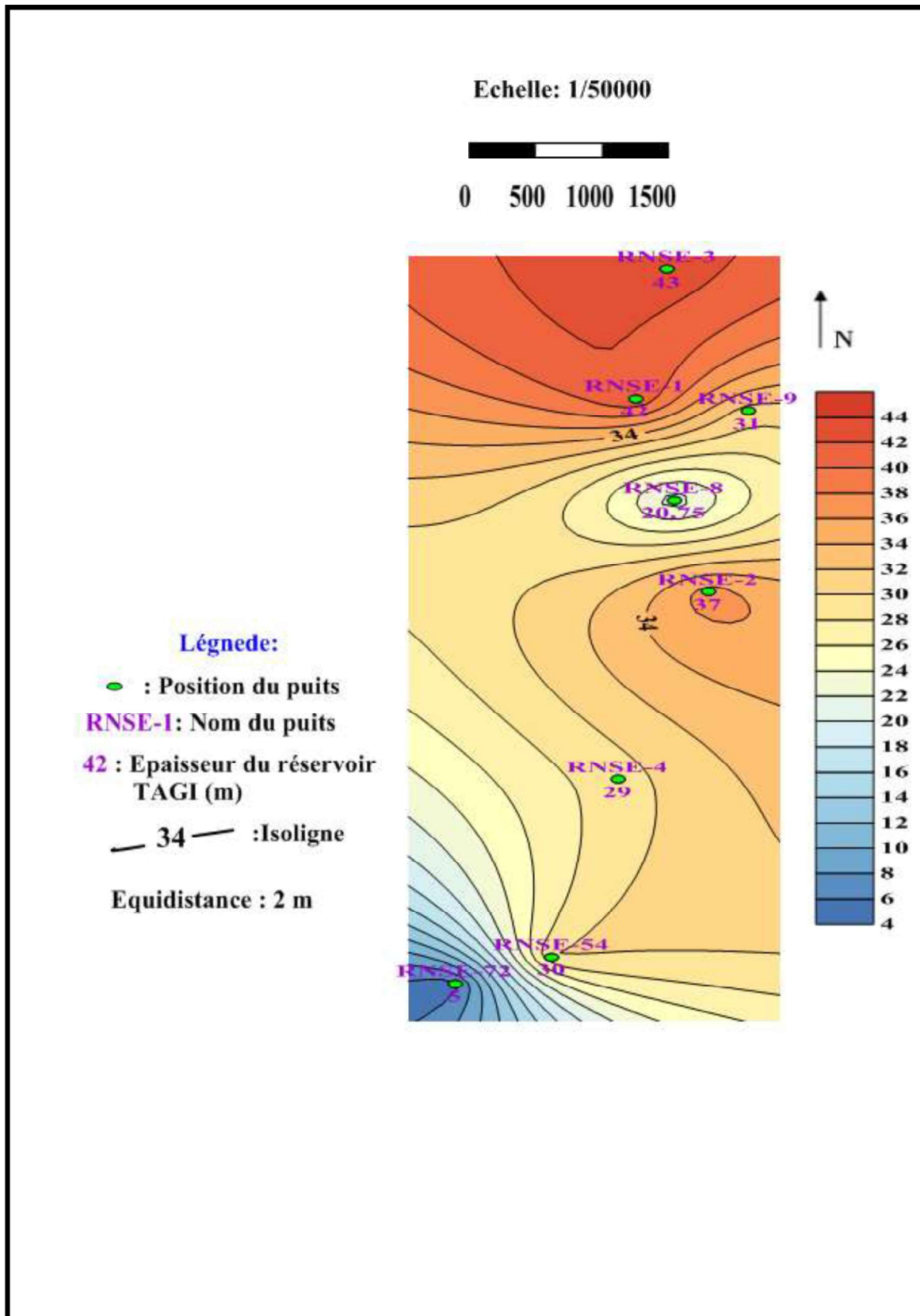


Figure 31 : Carte en isobathes au mur de l'unité A2.





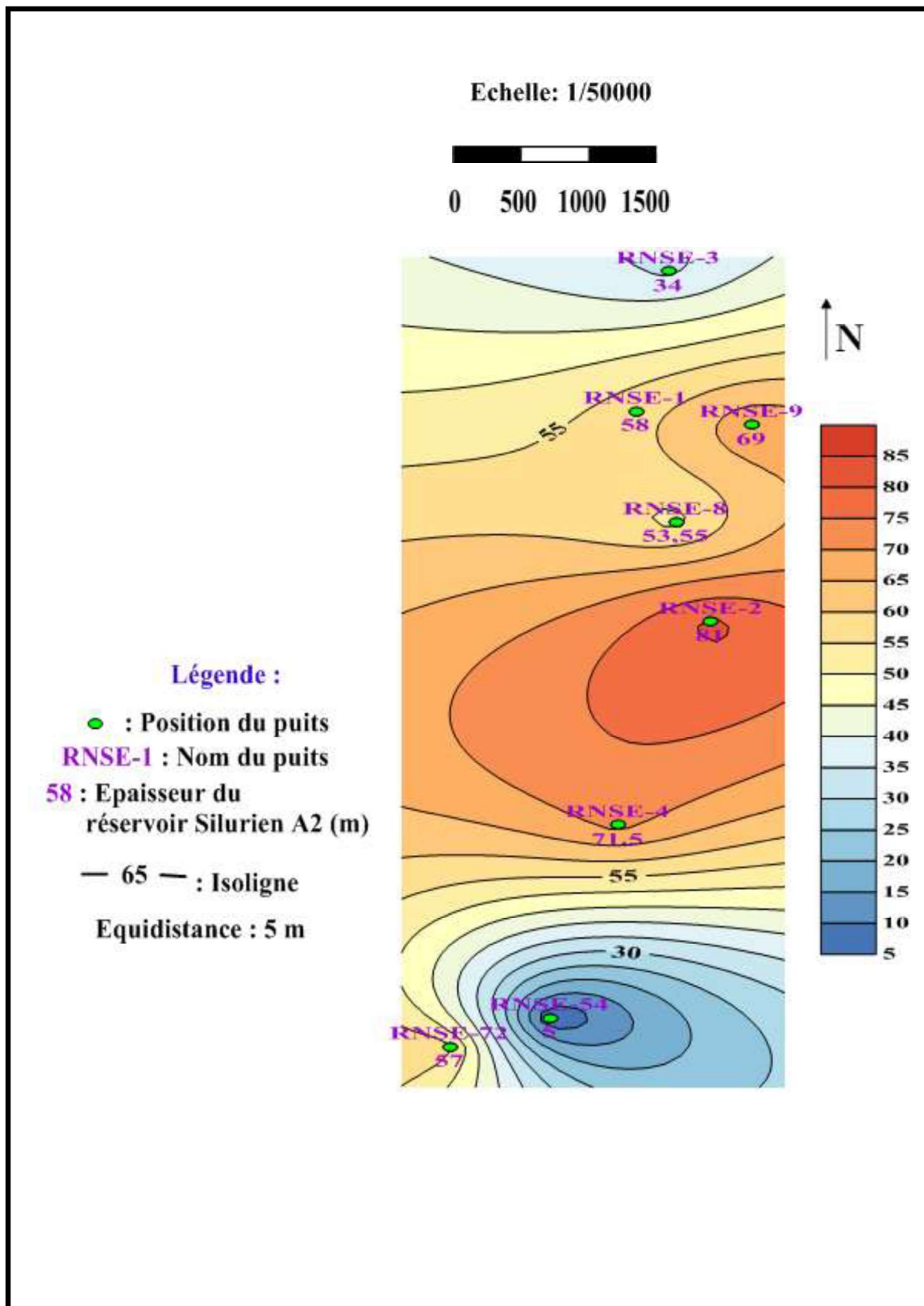


Figure 33 : Carte en isopaques de l'unité A2.

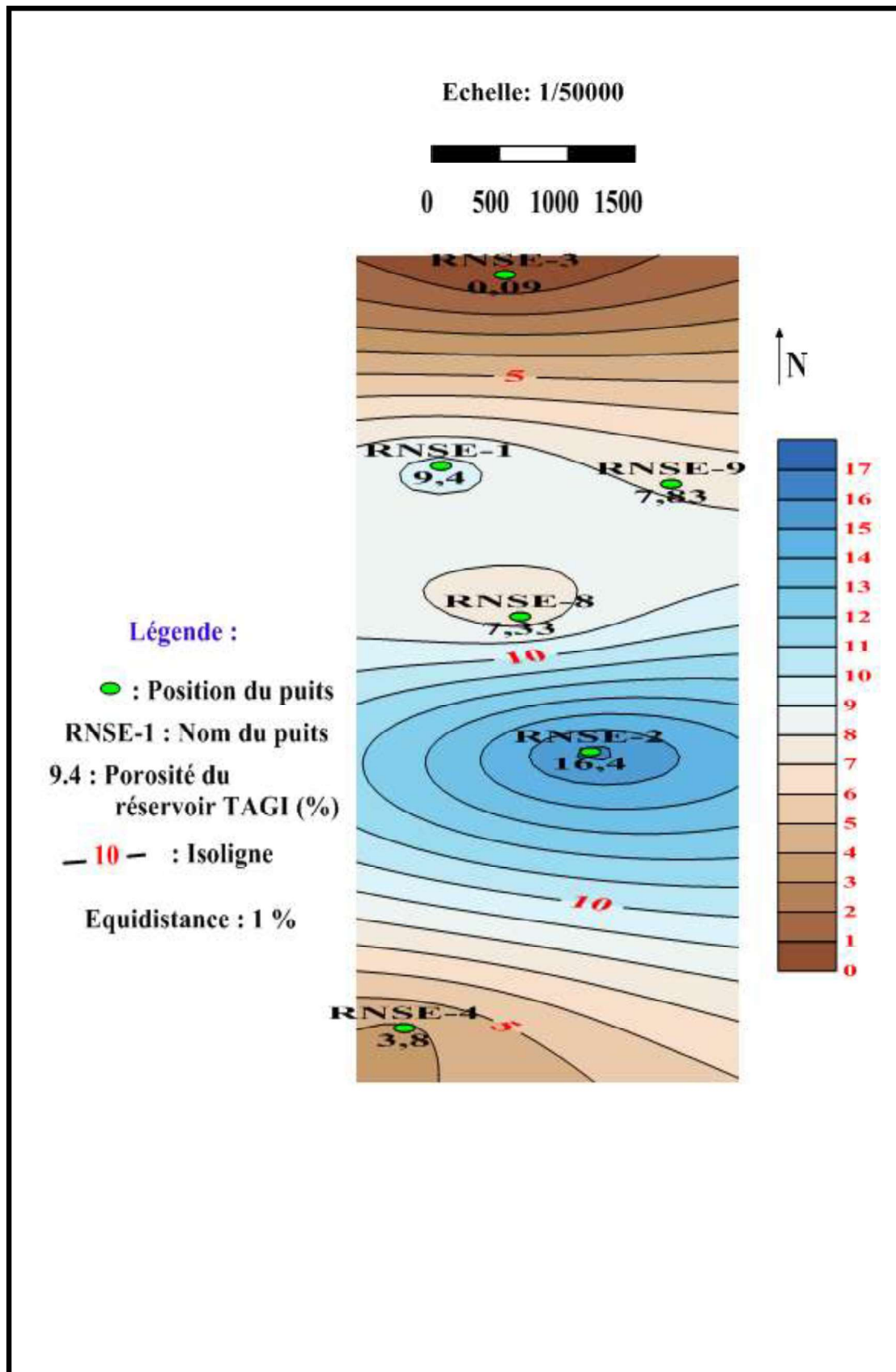


Figure 34 : Carte en isoporosités du réservoir TAGI.

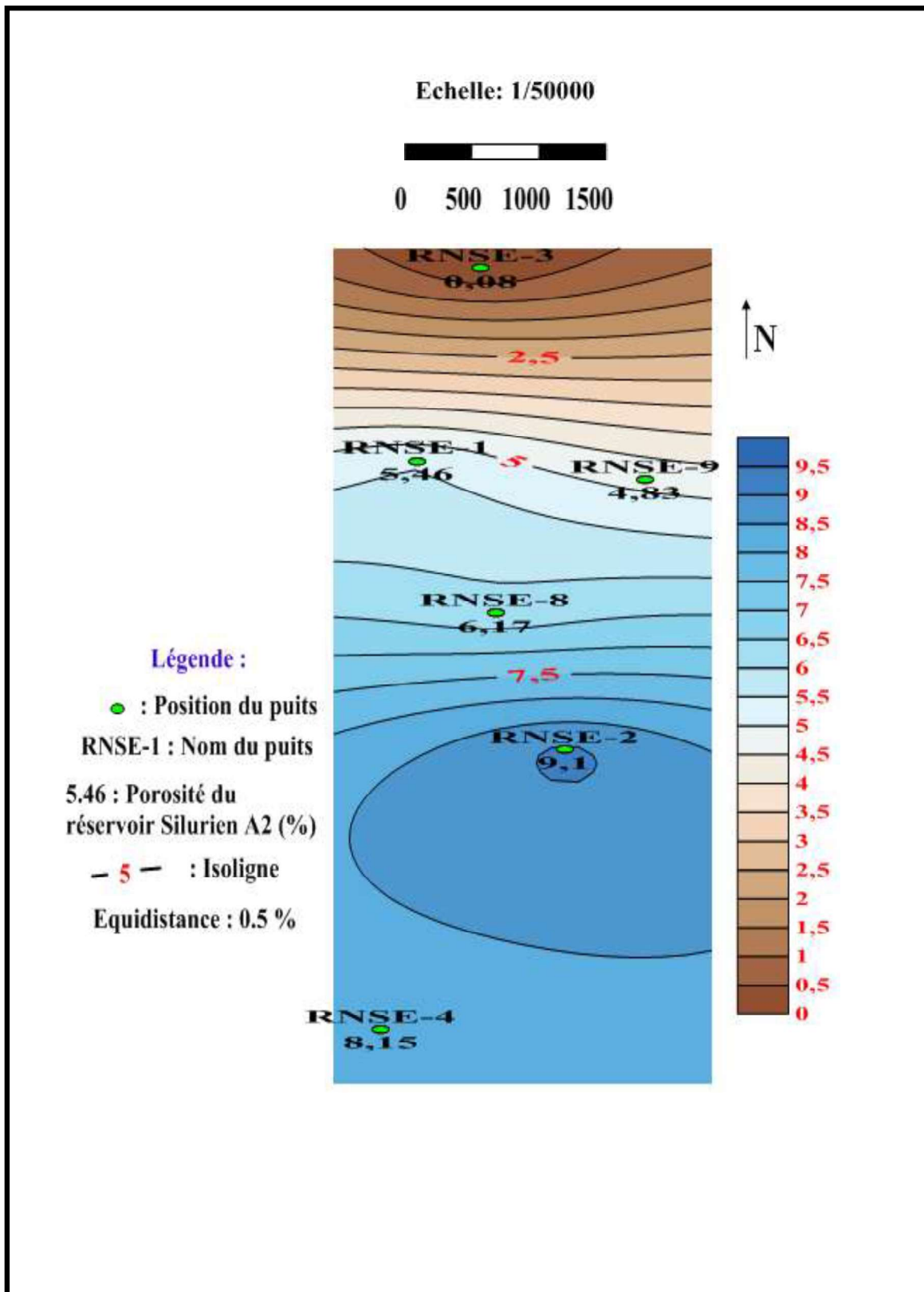


Figure 35 : Carte en isoporosités de l'unité A2.

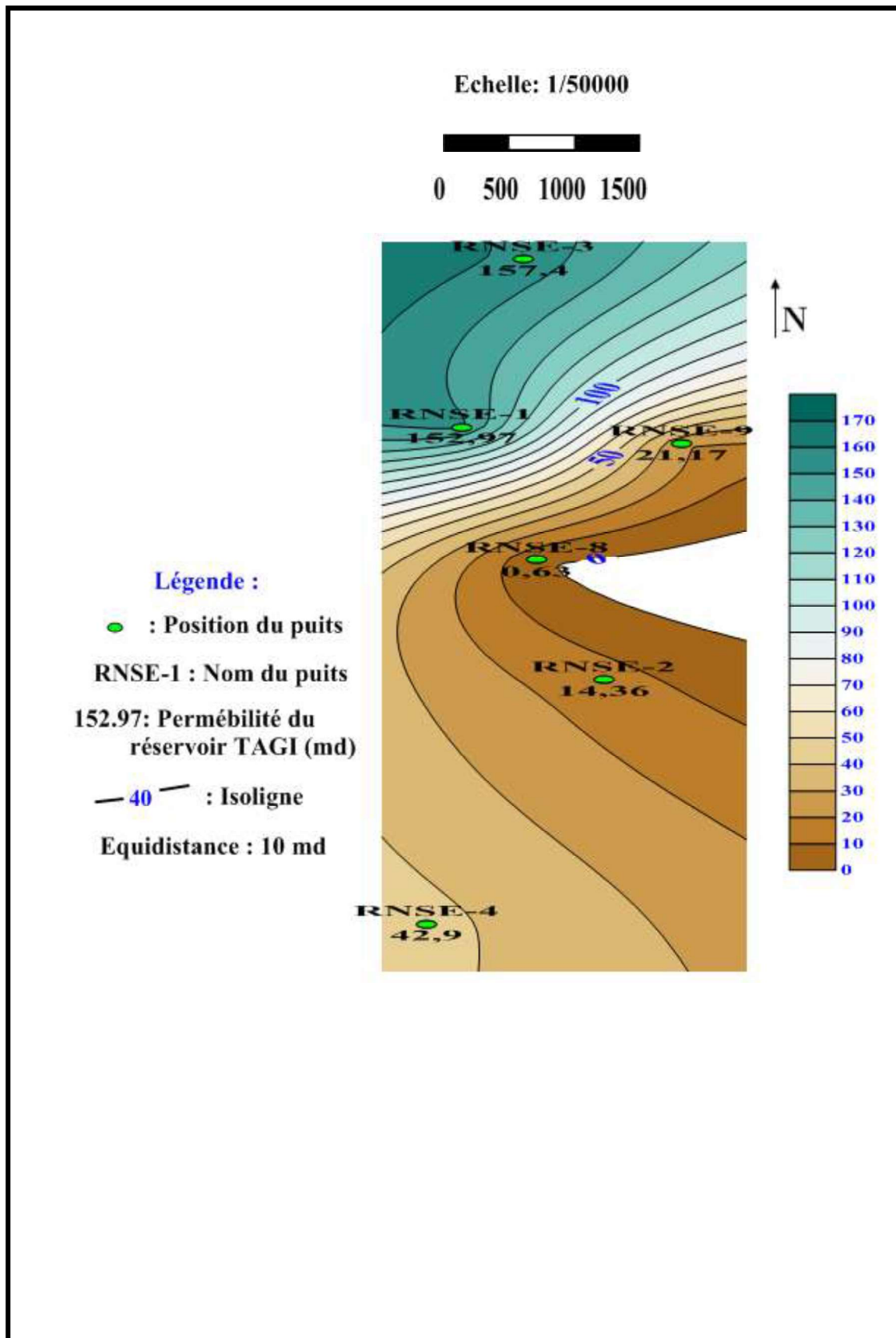


Figure 36 : Carte en isoperméabilités du réservoir TAGI.



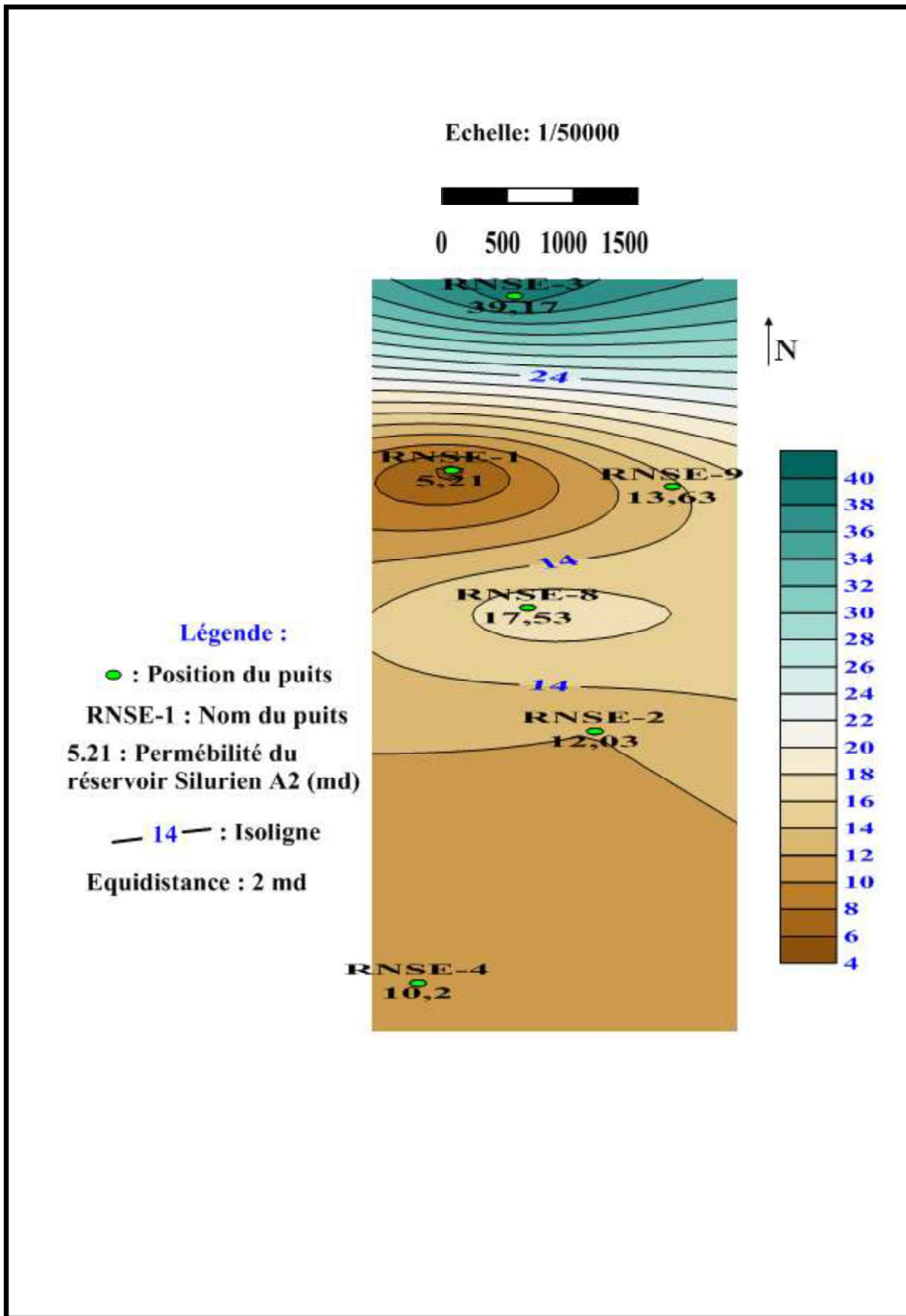


Figure 37 : Carte en isoperméabilités de l'unité A2.

**V-2-3. Evolution verticale de la porosité et la perméabilité des réservoirs TAGI et l'unité A2 au niveau du puits RNSE-1 :*****V-2-3-1. Evolution verticale de la porosité :*****• Dans le réservoir TAGI :(Figure 38)**

D'après le profil de la porosité du TAGI au niveau du puits RNSE-1, on remarque que les intervalles (de -2766m à -2767m) et (de -2768,5 à -2770,25m) présentent une bonne porosité (>20%) expliquée par la faible compaction tandis que au niveau des intervalles (de -2767,5 à -2768m, de -2774,25m à -2774,75m, de -2785 à -2786,5m et de -2787,5 à -2788,5m) et les côtes -2777,5m, -2780m et -2781,5m la porosité est négligeable qui s'explique par l'effet de la forte compaction et le colmatage des fissures et les vides par les différents ciments.

**• Dans l'unité A2 :( Figure 39)**

Le profil de la porosité de l'unité A2 réalisé montre que les valeurs de la porosité sont bonnes (>20 %) au niveau des côtes -2806,5m, -2810m et -2814,25m et qu'elles sont moyenne dans les intervalles (de -2812,25m à -2813,25m et de -2814,75m à -2815,25m) et au niveau des côtes suivantes -2808,5m, -2825,75m, -2848m et -2849m. Dans les autres endroits du réservoir les valeurs sont faibles à négligeables (<10 %).

***V-2-3-2. Evolution verticale de la perméabilité :*****• Dans le réservoir TAGI : (Figure 40)**

D'après le profil de la perméabilité du TAGI réalisé, on constate la perméabilité est bonne (>200 md) dans les intervalles (de -2765 à -2765,5m et de -2768m à -2769,5m) tandis que dans le reste du réservoir elle est faible à négligeable.

**• Dans l'unité A2 : (Figure 41)**

D'après le profil de la perméabilité de l'unité A2 on remarque que les côtes -2806,25m et -2814,25m présentent une perméabilité moyenne tandis que tous les autres niveaux la perméabilité est faible à négligeable.

**V-2-4. Interprétation des résultats pétrophysiques :**

La combinaison de l'analyse des cartes en isoporosités, en isoperméabilités et des profils de l'évolution verticales des paramètres pétrophysiques ainsi que les analyses structurales et pétrographiques nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

\*La bonne porosité du réservoir TAGI au niveau du puits RNSE-2 est expliquée par :

-La bonne porosité primaire intergranulaire pendant la sédimentation.

-La granulométrie grossière des sédiments associée à une faible argilosité.

-Le bon classement des grains.

-L'homogénéité du réservoir.

-La faible cimentation au cours de l'enfouissement.

\*La porosité est faible à négligeable du TAGI, au niveau des puits RNSE-1, RNSE-8, RNSE-3, RNSE -4 et RNSE-9 et dans l'unité A2. Il en est de même pour le puits RNSE-2, cela s'explique par :

-La présence de différents ciments (Anhydritique, Carbonaté, Argileux) qui ont colmaté les pores et n'ont pas favorisé la circulation des Hydrocarbures.

-Le ciment carbonaté réduit la porosité car il précipite directement dans les vides, ainsi que le ciment siliceux qui cause la réduction de volume des vides, par l'accroissement progressive de la silice liée à la compaction.

\* La faible perméabilité s'explique par la proximité des failles qui ont affectées notre structure et qui ont constitué une barrière qui empêche la circulation des Hydrocarbures dans ces endroits.

\* En générale, la présence de différents ciments et des minéraux lourds (zircon), les micas (muscovite) et la matière organique et la proximité des zones faillées colmatées ont contribué à la réduction de la porosité et de la perméabilité à ces niveaux.

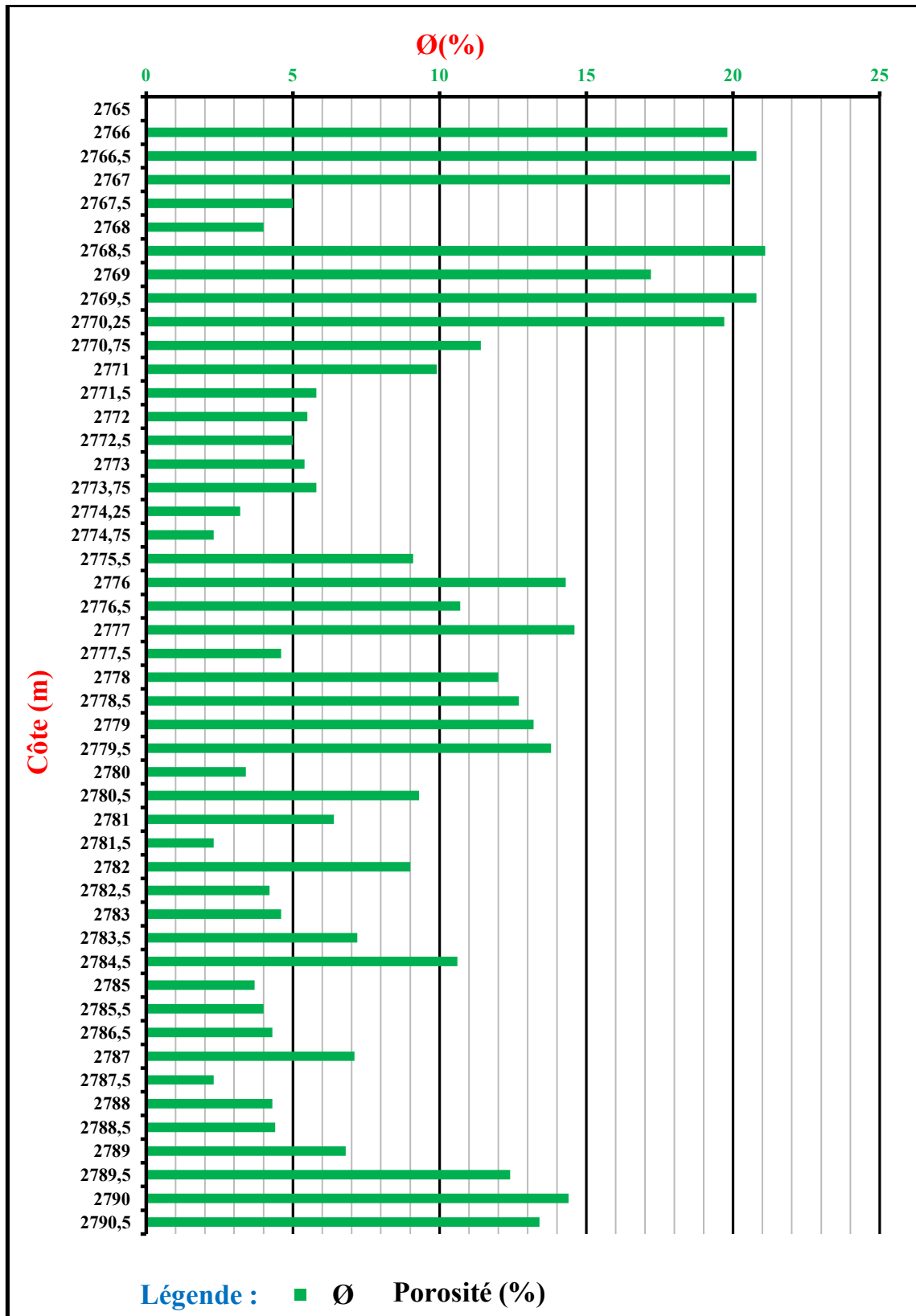


Figure 38: Profil de la porosité du puits RNSE-1 (TAGI).

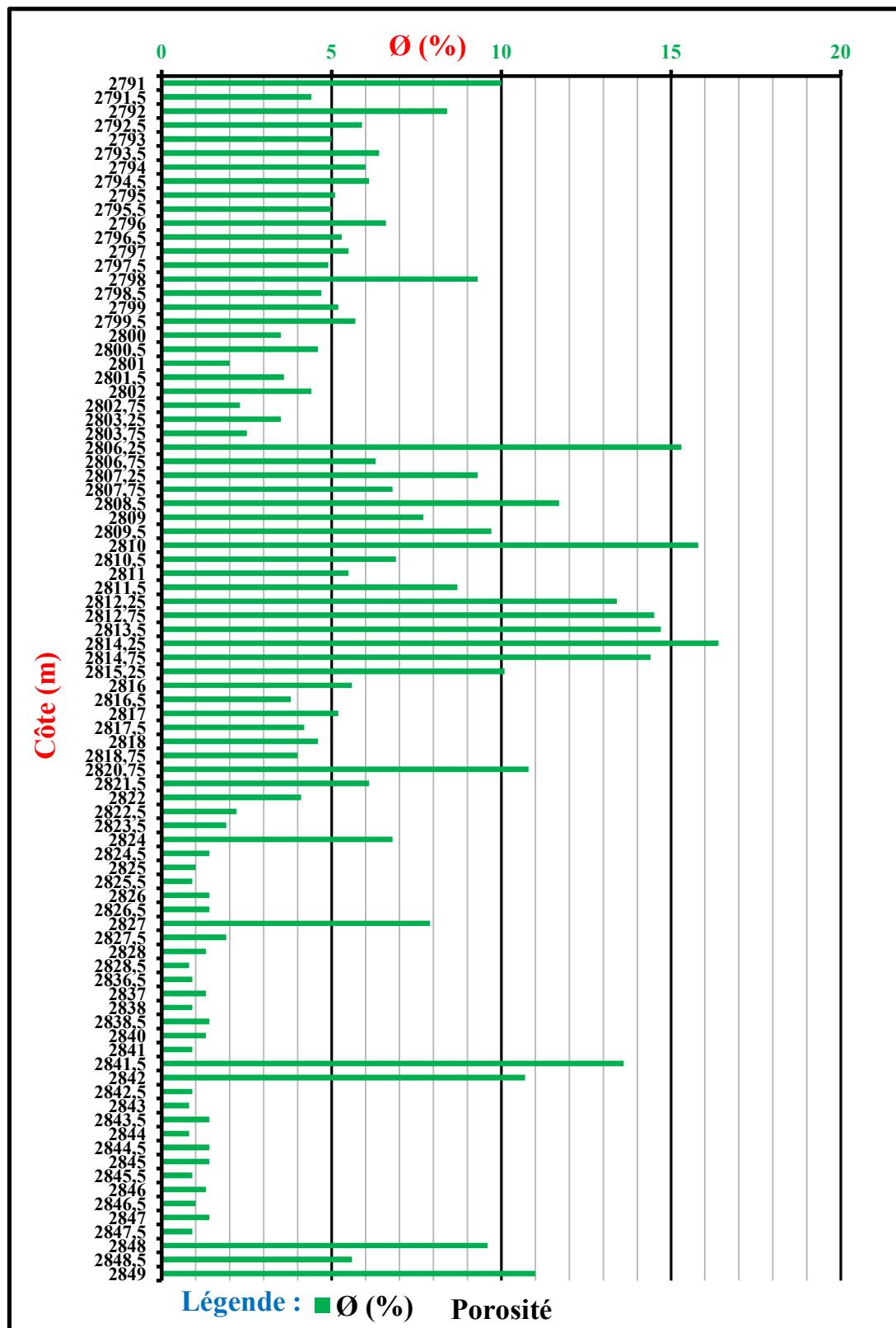


Figure 39 : Profil d la porosité du puits RNSE-1(l'unité A2).



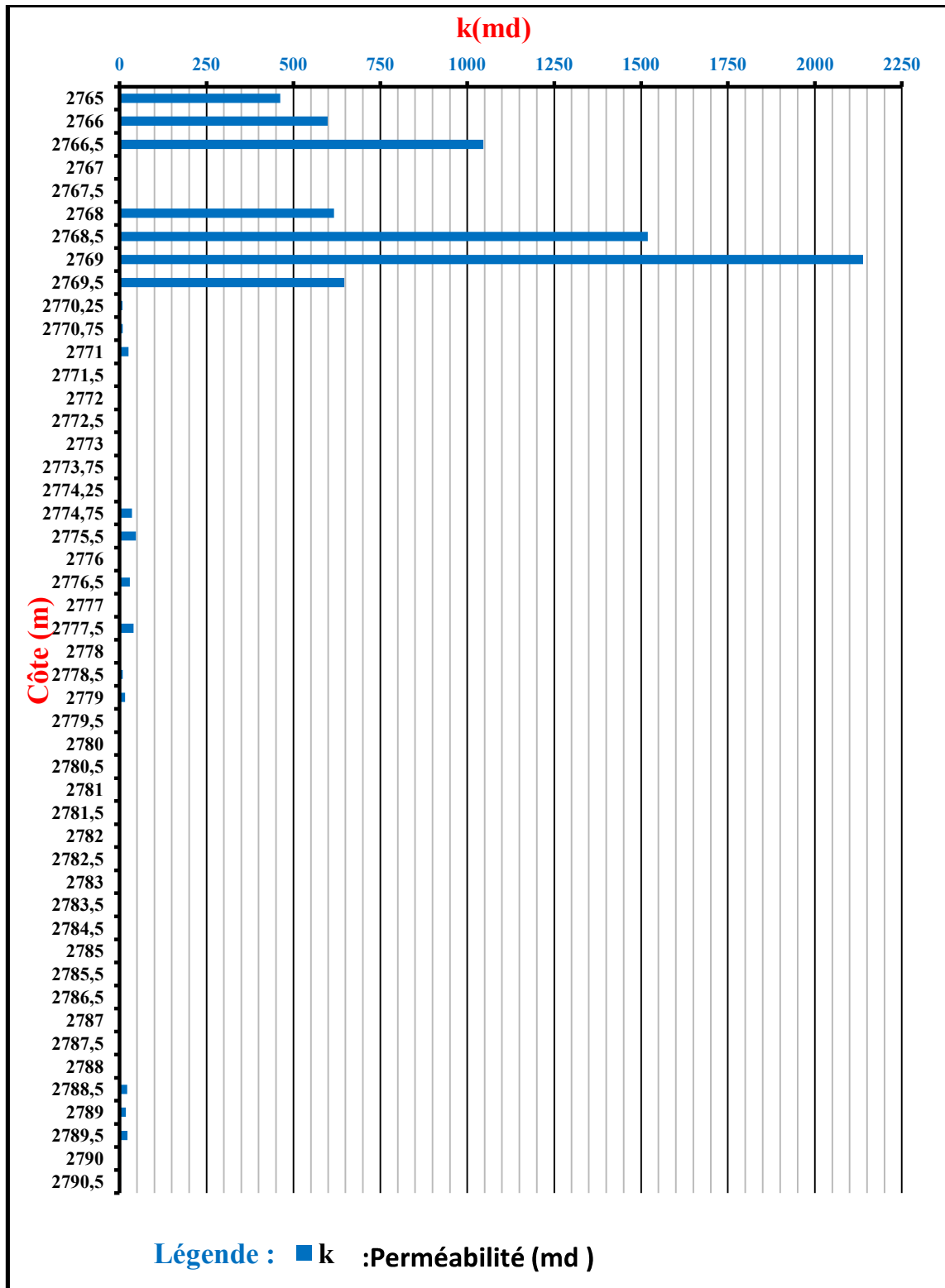


Figure 40 : Profil de la perméabilité du puits RNSE-1(TAGI).

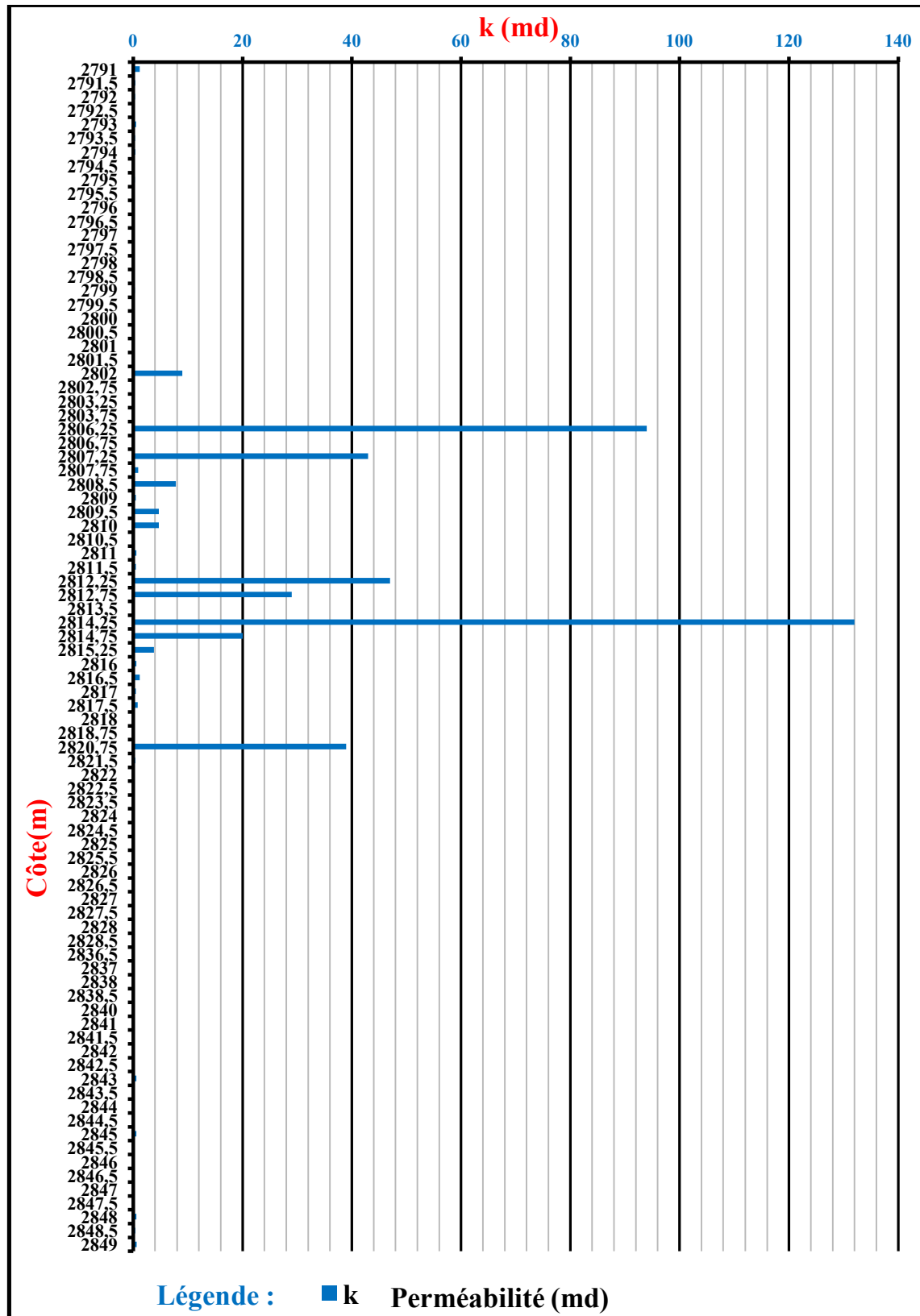


Figure 41: Profil de la perméabilité du puits RNSE-1(l'unité A2).

**V-3. Analyse statistique des réservoirs TAGI et l'unité A2 :****V-3-1. Le réservoir TAGI :*****V-3-1-1. Histogramme de la porosité : (Figure 42)***

L'histogramme de la porosité établi présente une allure bimodale, les classes qui présentent les valeurs de la porosité les plus fréquentes sont exprimées comme suite :

- 33% des valeurs de la porosité sont comprises entre 2 et 5%.
- 8% des valeurs de la porosité sont comprises entre 17 et 20%.

***V-3-1-2. Interprétation de l'histogramme de la porosité :***

D'après l'analyse de l'histogramme de la porosité du réservoir TAGI au niveau du puits RNSE-1 on a deux familles de porosité, la première c'est la porosité primaire ou encore matricielle s'est formée pendant la sédimentation, elle est due au classement des grains et de la proportion de matrice, donc de l'énergie du milieu de dépôt et de l'évolution diagénétique postérieure. La deuxième est secondaire qui a pris naissance après la sédimentation.

***V-3-1-3. Histogramme de la perméabilité : (Figure 43)***

L'histogramme de la perméabilité présente une allure bimodale, les classes qui présentent les valeurs de la perméabilité les plus fréquentes sont exprimées comme suite :

- 86% des valeurs de la perméabilité sont comprises entre 0 et 306 md.
- 5 % des valeurs de la perméabilité sont comprises entre 612 et 918 md.

***V-3-1-4. Interprétation de l'histogramme de la perméabilité :***

D'après l'analyse de l'histogramme de la perméabilité du réservoir TAGI au niveau du puits RNSE-1, on a deux familles de la perméabilité, une perméabilité primaire qui a pris naissance pendant la sédimentation et une autre secondaire liée aux fissures.

**V-3-2. Le réservoir de l'unité A2 :*****V-3-2-1. Histogramme de la porosité : (Figure 44)***

L'histogramme de la porosité présente une allure bimodale, les classes qui présentent les valeurs de la porosité les plus fréquentes sont exprimées comme suite :

- 36 % des valeurs de la porosité sont comprises entre 0 et 3%.
- 14 % des valeurs de la porosité sont exprimées entre 9 et 12 %.

***V-3-2-2. Interprétation de l'histogramme de la porosité :***

L'analyse de l'histogramme de la porosité de l'unité A2 au niveau du puits RNSE-1, on a deux familles de porosité, la première est une porosité primaire qui se forme pendant la sédimentation, la deuxième est une porosité secondaire formée après la sédimentation.

***V-3-2-3. Histogramme de la perméabilité : (Figure 45)***

L'histogramme de la perméabilité présente une allure plurimodale.

***3-2-4. Interprétation de l'histogramme de la perméabilité :***

L'analyse de l'histogramme de la perméabilité de l'unité A2 montre une hétérogénéité du terrain.

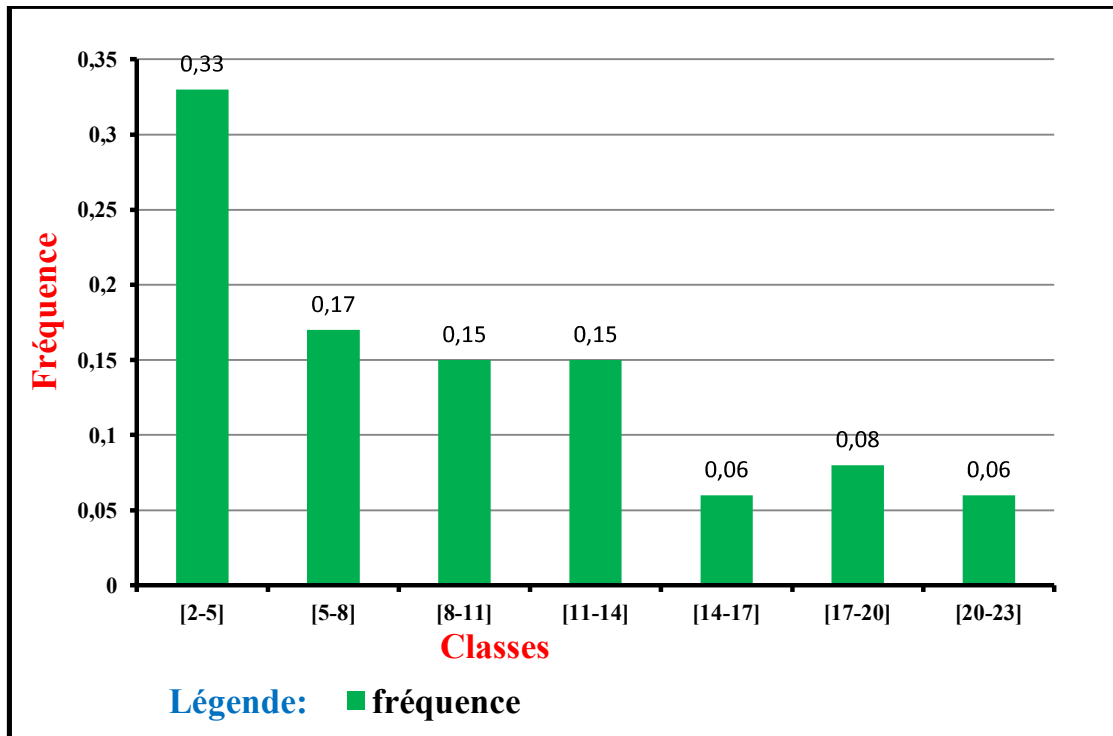


Figure 42: Histogramme de la porosité du réservoir TAGI au niveau du puits RNSE-1.

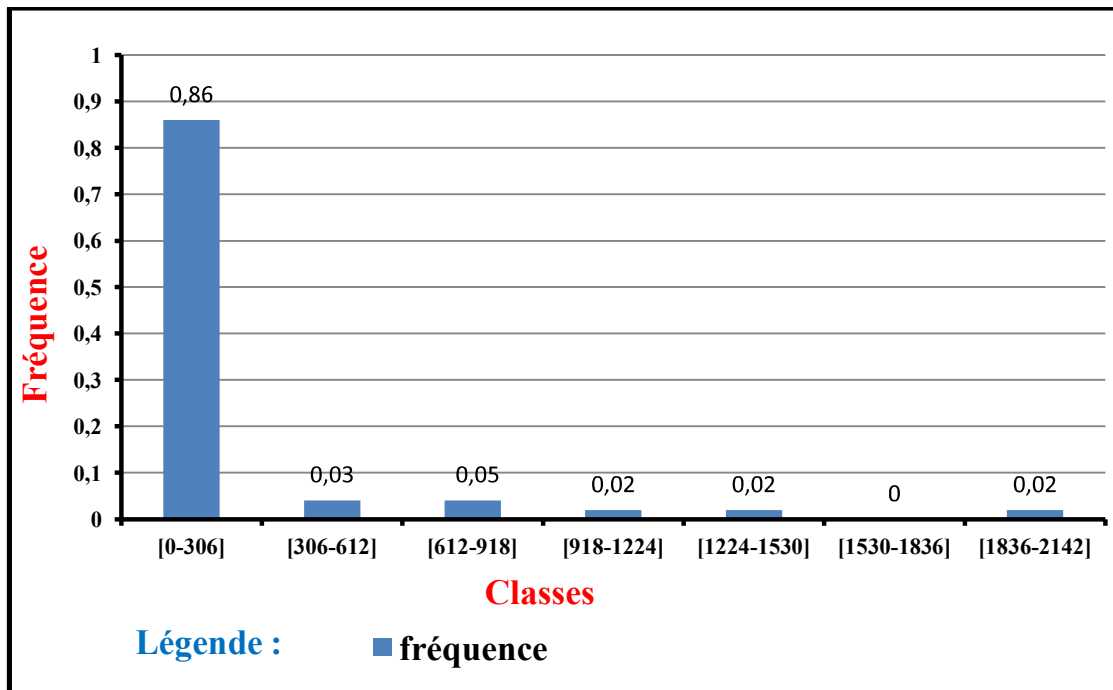


Figure 43: Histogramme de la perméabilité du TAGI au niveau du puits RNSE-1.



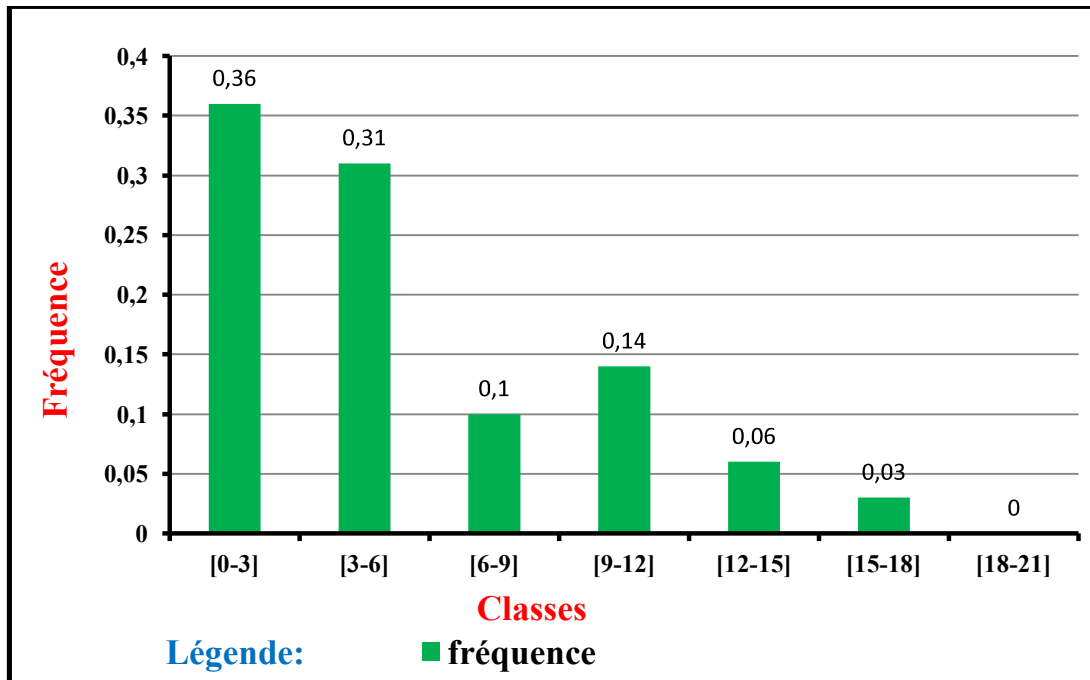


Figure 44: Histogramme de la porosité de l'unité A2 au niveau du puits RNSE-1.

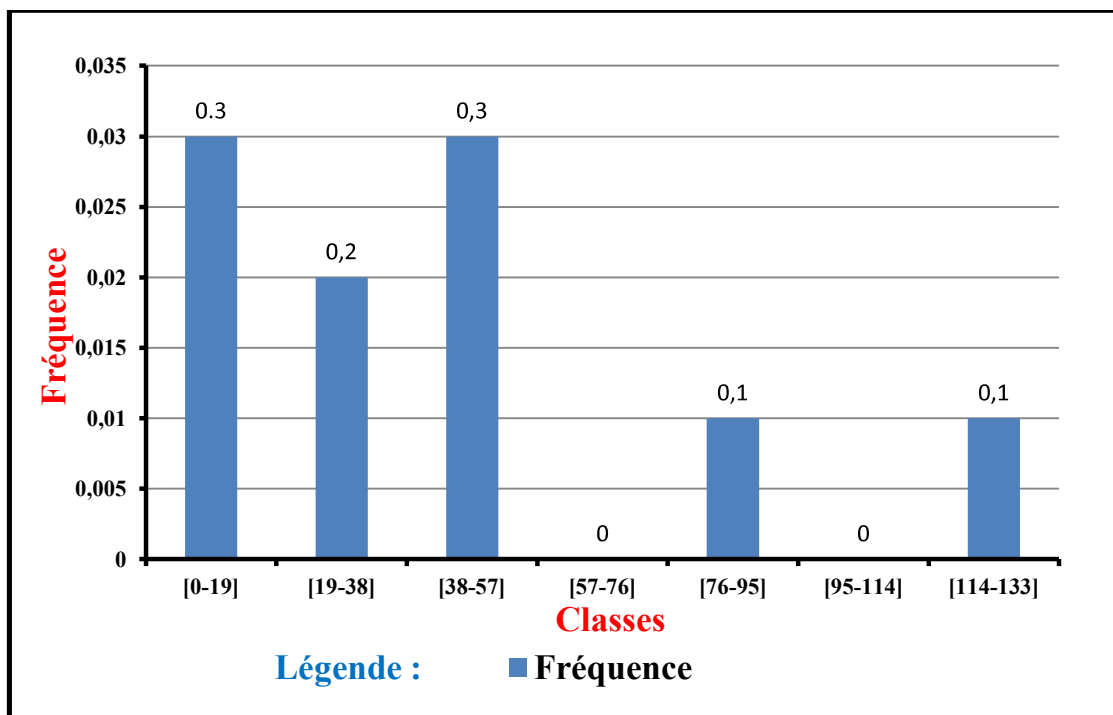


Figure 45 : Histogramme de la perméabilité de l'unité A2 au niveau du puits RNSE-1.

**V-4. Conclusion :**

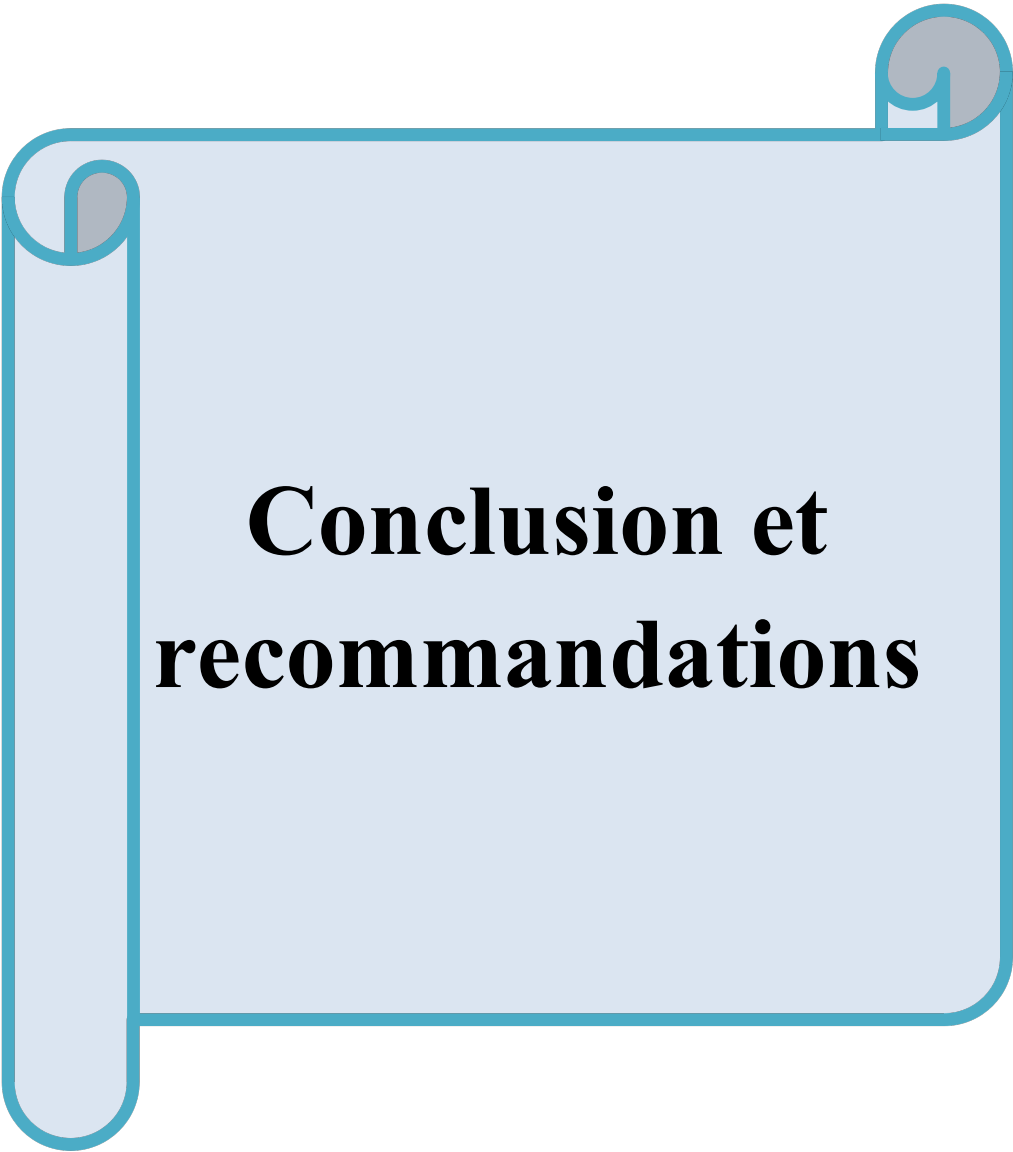
L'étude pétrophysique des réservoirs TAGI et l'unité A2 au niveau du puits RNSE-1 montre que :

\* Le réservoir TAGI présente une porosité faible (9.4 %) due à l'effet de la présence de différents ciments. des quelques zones qui ont une bonne porosité, est expliquée par les phénomènes diagénétiques tardive (dissolution des ciments...). En plus, il possède une perméabilité moyenne (152,97 md) qui s'explique par la présence de nombreuses fissures.

\* L'unité A2 présente une porosité faible (5.46 %) qui s'explique par la présence des ciments qui ont colmaté les pores entre les grains et une perméabilité faible (5.21 md) due à la proximité des zones de failles colmatées qui ont provoqué la détérioration de la circulation des Hydrocarbures au niveau de ce réservoir.

Donc les propriétés pétrophysiques des deux réservoirs TAGI et de l'unité A2 au niveau du puits RNSE-1 sont influencées par les phénomènes diagénétiques (compaction, dissolution et cimentation) et la tectonique (fissures, microfissures et failles).

Les observations et les constatations faites sur les cartes en isoporosités, en isoperméabilités et isobathes nécessitent, pour une interprétation plus précise, des cartes paléogéographiques et structurales détaillées.



## **Conclusion et recommandations**

## **Conclusion et recommandations :**

---

### **\_ Conclusion :**

La structuration actuelle de la région de Rhourde Nouss est le résultat des différentes phases tectoniques qui ont affectées le Sahara Algérien à travers le temps géologique, conduisant à la formation des diverses unités structurales de Rhoudre Nouss et les trois trends structuraux.

Les deux anticlinaux qui représentent la zone de Rhourde Nouss Sud Est constituent des pièges favorables grâce à la disposition de plusieurs réservoirs qui sont : les quartzites de Hamra, les unités du Silurien (A1, A2 et B1), le Trias Argileux gréseux inférieur (TAGI), le Trias intermédiaire I (T.INT.I), Trias argileux moyen (TAM), Trias intermédiaire II (T.INT.II) et le Trias argileux gréseux supérieur (TAGS). Seuls le TAGI et l'unité A2 ont constitués l'objectif de cette étude.

Les cinq associations des faciès de l'unité A2 (Silurien) et du TAGI (Trias) décrits dans les fiches carottes montrent que l'environnement de dépôts de l'unité A2 est fluviatile et de Lower Shoreface, alors que le TAGI reflète une sédimentation typiquement fluviatile avec un réseau anastomosé. Cela s'explique par la chute du niveau marin à partir du Silurien moyen (Cycle de deuxième ordre, qui a débuté au Cambrien et atteint son maximum au Silurien).

L'analyse des microfaciès montrent la présence de différents ciments (carbonaté, argileux, siliceux, pyriteux...) formés durant les différents stades diagénétiques, la présence de ces ciments détériorent les qualités pétrophysiques du TAGI et de l'unité A2, par contre les phénomènes diagénétiques tel que la dissolution et la fracturation améliorent la porosité et la perméabilité.

L'étude pétrophysique détaillée du TAGI et de l'unité A2 explique que la porosité dépend des phénomènes diagénétiques précoces ou tardives et que la perméabilité est influencée par la fissures vides ou colmatés et la présence des fractures ou des failles.

### **\_ Recommandations :**

- ✓ Faire un enregistrement d'imagerie des puits pour mieux étudier les réseaux de fractures dans la région.
- ✓ Elargir cette étude sédimentologique à partir de la description des carottes des divers puits de la région afin de réaliser un découpage séquentiel et des corrélations entre les puits pour mieux constater les variations latérales des couches réservoirs.
- ✓ Approfondir les études des microfaciès sur lames minces pour mieux comprendre les phases diagénétiques et suivre l'amélioration ou la détérioration des qualités pétrophysiques.

## **Conclusion et recommandations :**

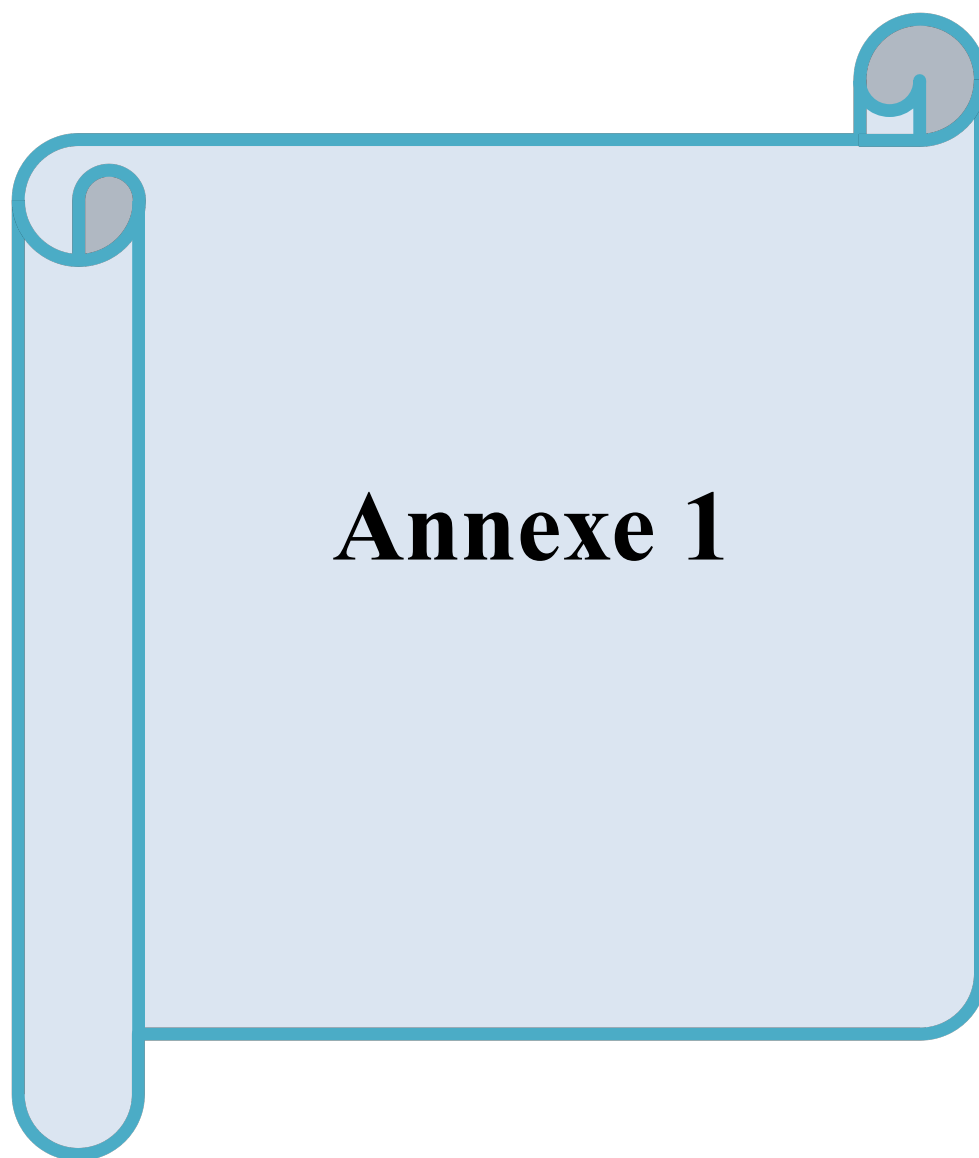
---

- ✓ A cela, il faut la compléter par une étude géophysique fine par exemple, faire appel à une acquisition sismique 3D dans la zone pour étudier tout le réseau de failles.
- ✓ Vu la présence du ciment carbonaté et du bitume, l'acidification chloridrique et la thermoacidification peuvent être utilisées pour dissoudre ces ciments et améliorer la production tout comme la fracturation hydraulique et le torpillage.
- ✓ Réaliser une simulation dynamique des réservoirs avec Petrel pour mieux percevoir les écoulements des fluides au sein de la roche réservoir.
- ✓ Exécuter une étude sur la variation tridimensionnelle de la porosité et de la perméabilité pour comprendre les variations de ces paramètres dans la zone.
- ✓ Réestimer les réserves pour voir si les gisements sont en fin de vie.



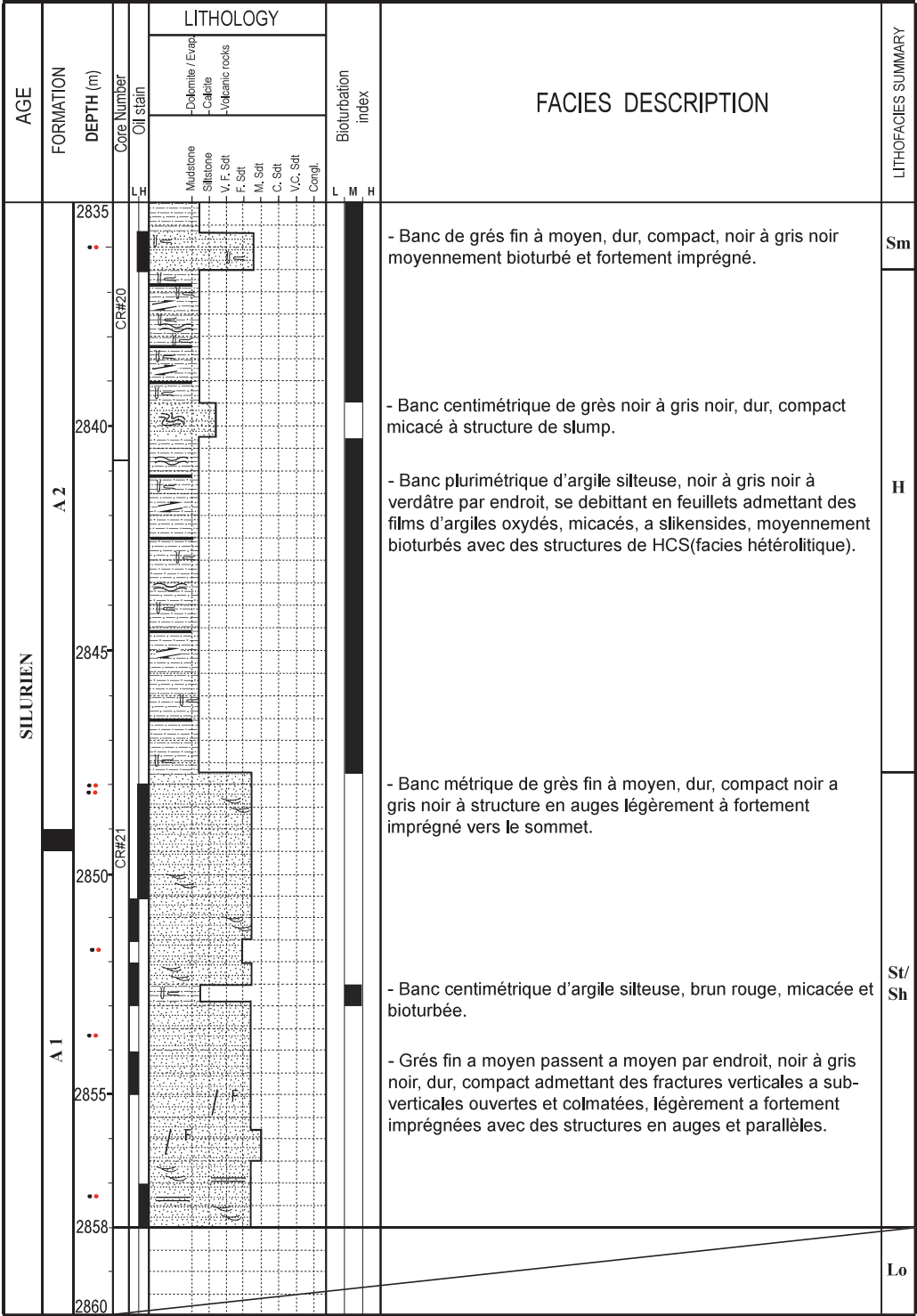
## **Bibliographie**

- Beicip-SONATRACH, 1990. Evaluation des des réservoirs du champ de Rhourde Nouss ; Volume I, Edition IFP.
- BIJU-DUVAL, B. 1999. Géologie sédimentaire, bassins, environnements de dépôts, formation du pétrole ; édition : TECHNIP.
- Boudjamaa, A. 1987. Evolution structurale des bassins pétroliers triasiques du Sahara Nord-oriental (Algérie). Thèse université, Paris XI.
- Corps sédimentaires, 1986. Exemples sismiques et diagaphiques, Institut Français du pétrole, Ecole des moteurs et du pétrole.
- Cojan, I. et Renard, M. 2006. Sédimentologie.
- Fabre, J. 2005. Géologie du Sahara occidental et central, Musée royal de l'Afrique centrale – Belgique.
- Moullai, S. 1995. Bassin de Ghadamès, synthèse préliminaire des travaux réalisés en partenariat. Algérie.
- SONATRACH 2015. Rapport de fin de projet d'étude des réservoirs Infra-TAGS de la région de Rhourde Nouss Sud Est. DTD (Ex : CRD).
- SONATRACH / Exploration. Les rapports d'implantation et de fin de sondage des puits de la structure de Rhourde Nouss Sud-Est. Institut Algérien du pétrole.
- Les mémoires:
- BELKACEMI Djamila et GUARBI Akila, 2004. Etude sédimentologique du réservoir Trias Argileux Gréseux Supérieur de la zone de Rhourde Nouss Sud-Est et impact sur la qualité réservoir. Université de Boumerdès.
- BOUKELMOUN Aboubaker et GUERGUEB Moussa, 2012. Caractérisation et évaluation du réservoir TAGS dans la structure de Rhourde Nouss Sud-Est. Université de Boumerdès.
- MOUKHTARI Naser , 2011. Etude de l'étanchéité de la faille de Rhourde Nouss, bassin de Berkine oriental- Algérie. USTHB.



# **Annexe 1**

|                         |              |            |                 |             |
|-------------------------|--------------|------------|-----------------|-------------|
| Description de carottes | RHOUDE NOUSS | Zone: RNSE | Puits: RNSE-1   |             |
|                         |              |            | Echelle : 1/100 | Feuille :01 |

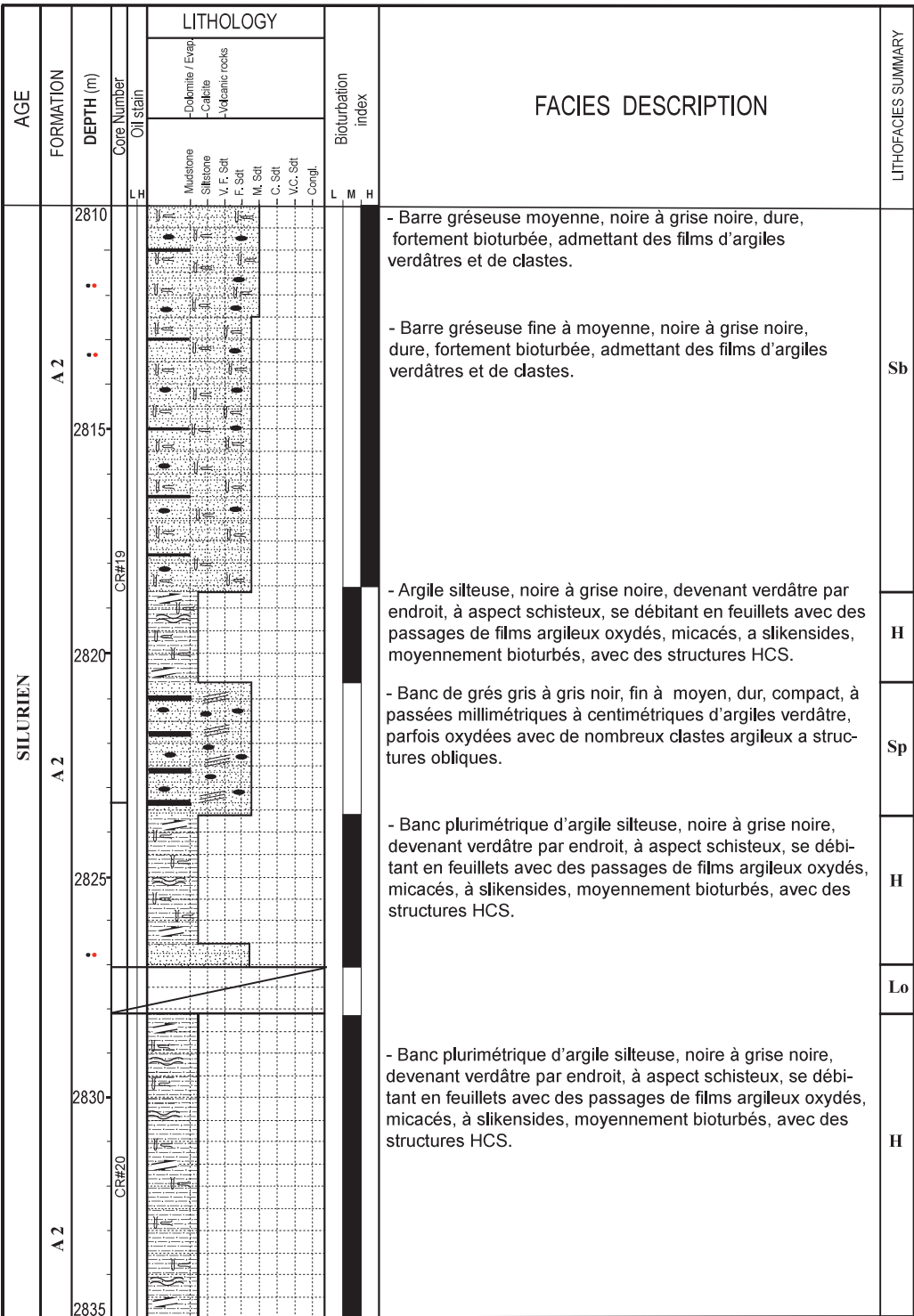


•• : Prélèvement de lame mince.

Figure 15: Description de carottes : CR#21 et CR#20 (intervalle:2860m-2835m), (SONATRACH, 2015).



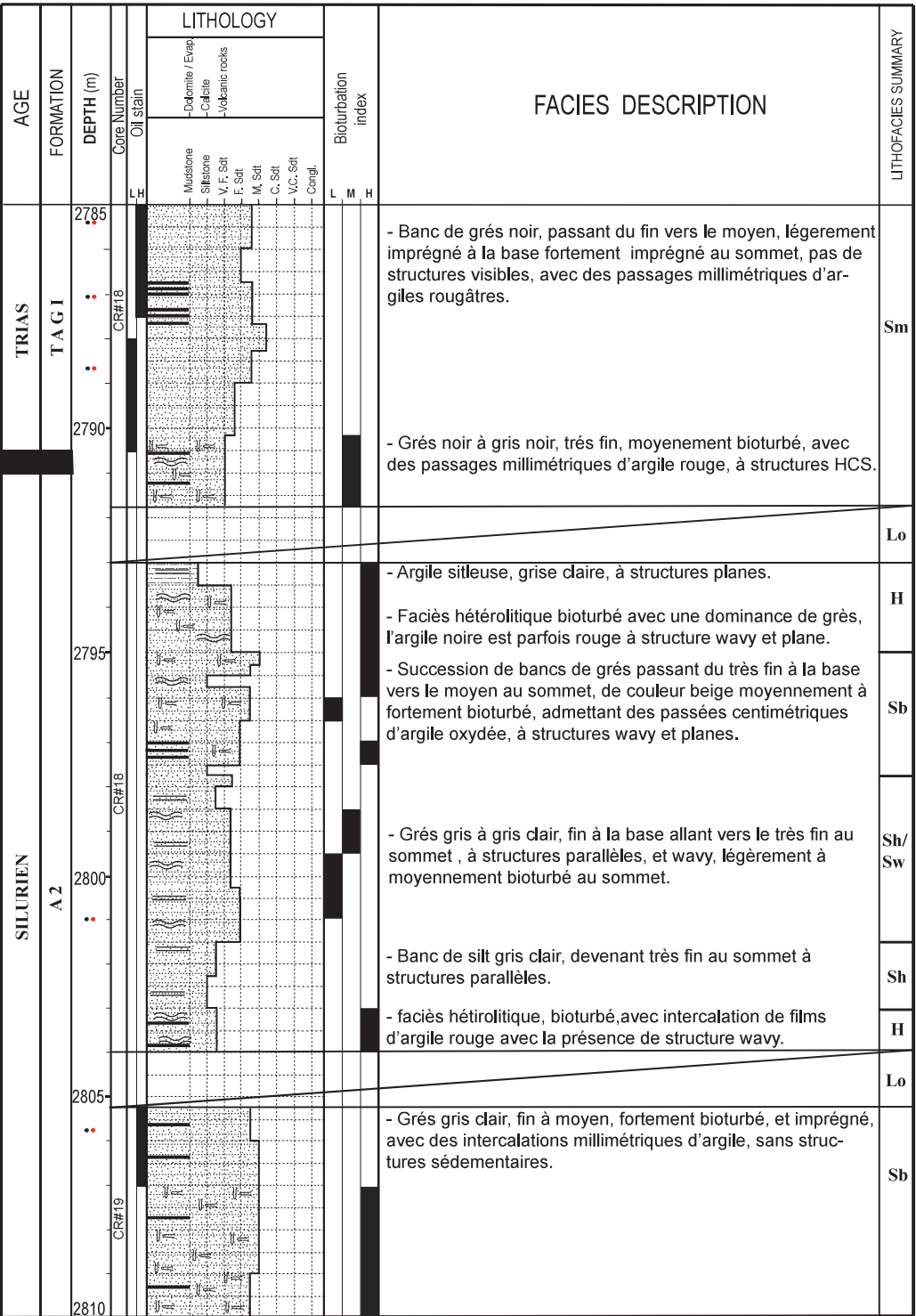
|                         |              |            |                 |              |
|-------------------------|--------------|------------|-----------------|--------------|
| Description de carottes | RHOURE NOUSS | Zone: RNSE | Puits: RNSE-1   |              |
|                         |              |            | Echelle : 1/100 | Feuille : 02 |



•• : Prélèvement de lame mince.

Figure 16: Description de carottes : CR#20 et CR#19 (intervalle:2835m-2810m), (SONATRACH, 2015).

|                         |               |            |                 |              |
|-------------------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| Description de carottes | RHOURDE NOUSS | Zone: RNSE | Puits: RNSE-1   |              |
|                         |               |            | Echelle : 1/100 | Feuille : 03 |

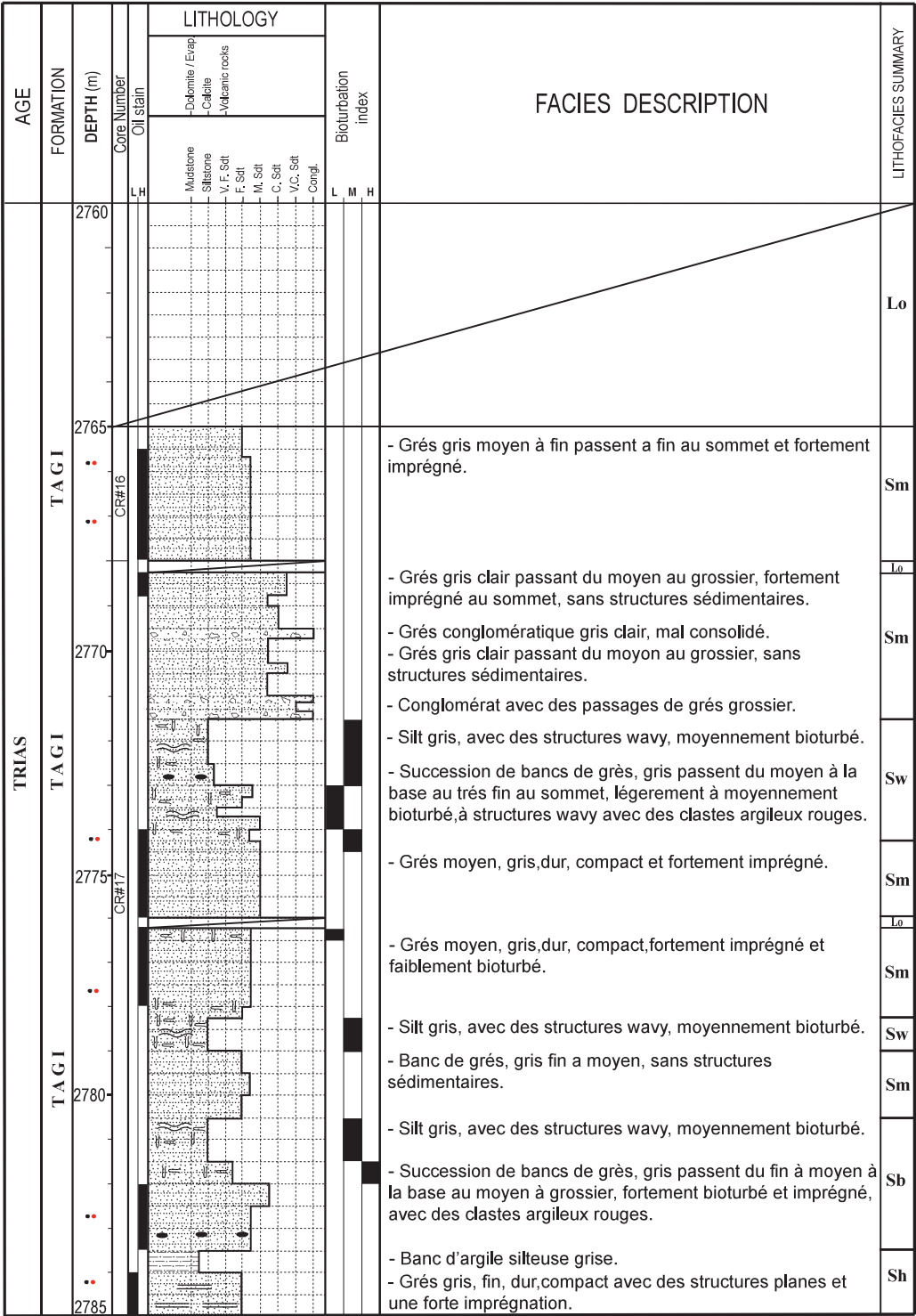


•• : Prélèvement de lame mince.

Figure 17: Description de carottes : CR#19 et CR#18 (intervalle:2810m-2785m), (SONATRACH, 2015).



|                         |               |            |                 |              |
|-------------------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| Description de carottes | RHOURDE NOUSS | Zone: RNSE | Puits: RNSE-1   |              |
|                         |               |            | Echelle : 1/100 | Feuille : 04 |



•• : Prélèvement de lame mince.

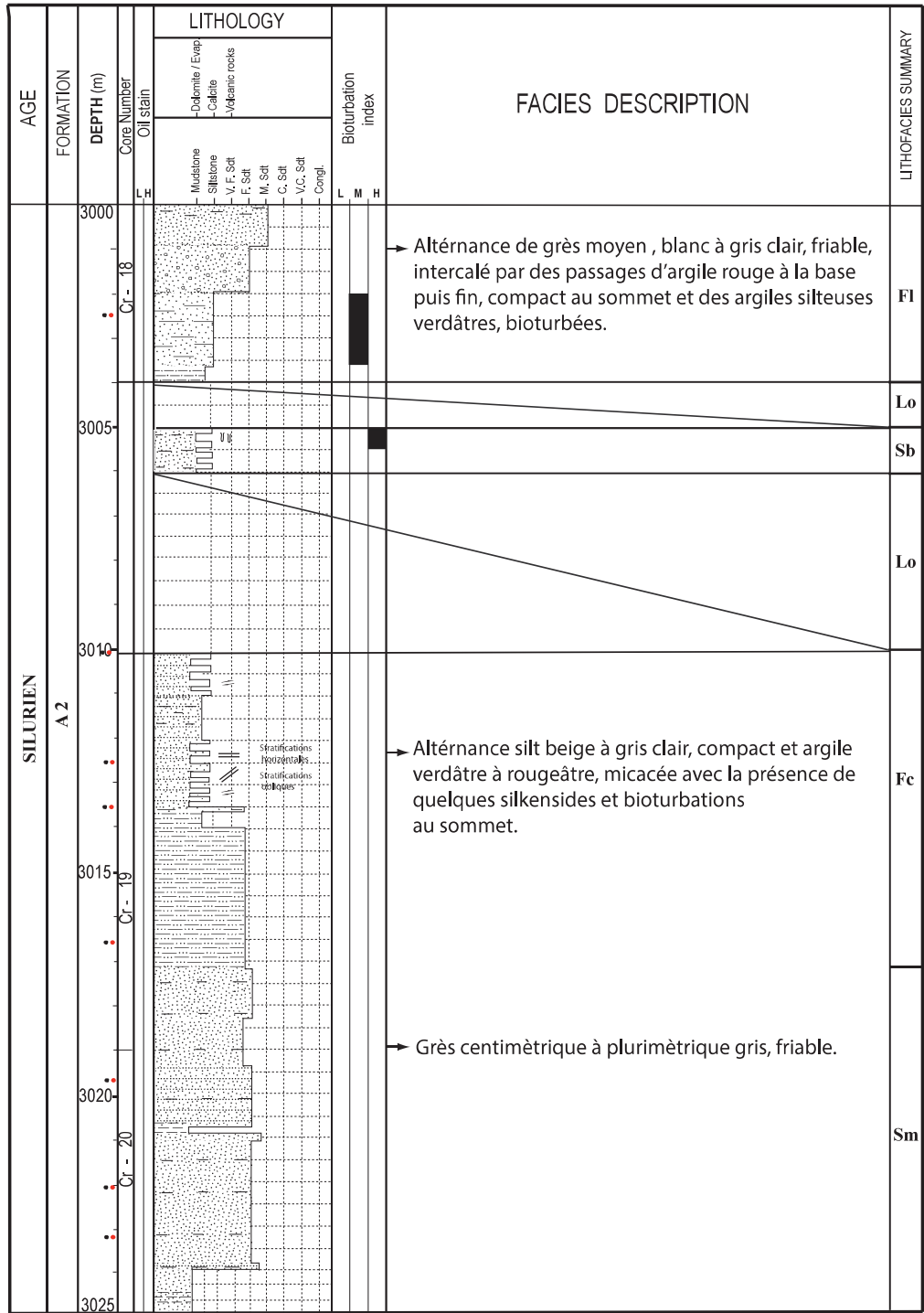
Figure 18 : Description de carottes : CR#17 et CR#16 (intervalle:2785m-2760m), (SONATRACH, 2015).

| AGE      | FORMATION | DEPTH (m) | Core Number | Oil stain | LITHOLOGY                                                                                   |       | Bioturbation index | FACIES DESCRIPTION                                                                                                                                                                                                | LITHOFACIES SUMMARY |
|----------|-----------|-----------|-------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| SILURIEN | A 2       |           | L H         |           | Mudstone<br>Siltstone<br>V. F. Silt<br>F. Silt<br>M. Silt<br>C. Silt<br>V.C. Silt<br>Congl. | L M H |                    |                                                                                                                                                                                                                   |                     |
|          |           | 3025      |             |           |                                                                                             |       |                    | <p>→ Grès beige passant au silt vers la base et moyen au sommet, légèrement bioturbé, imprégné, avec quelques passages d'argile verdâtre, violacée, parfois friable et la présence d'oxydes de fer en traces.</p> | Sm                  |
|          |           | 3030      |             |           |                                                                                             |       |                    |                                                                                                                                                                                                                   | Lo                  |

- : Prélèvement de lame mince.

Figure 46: Description de carotte : Cr-20 (intervalle:3028m-3025m), (SONATRACH, 2015).

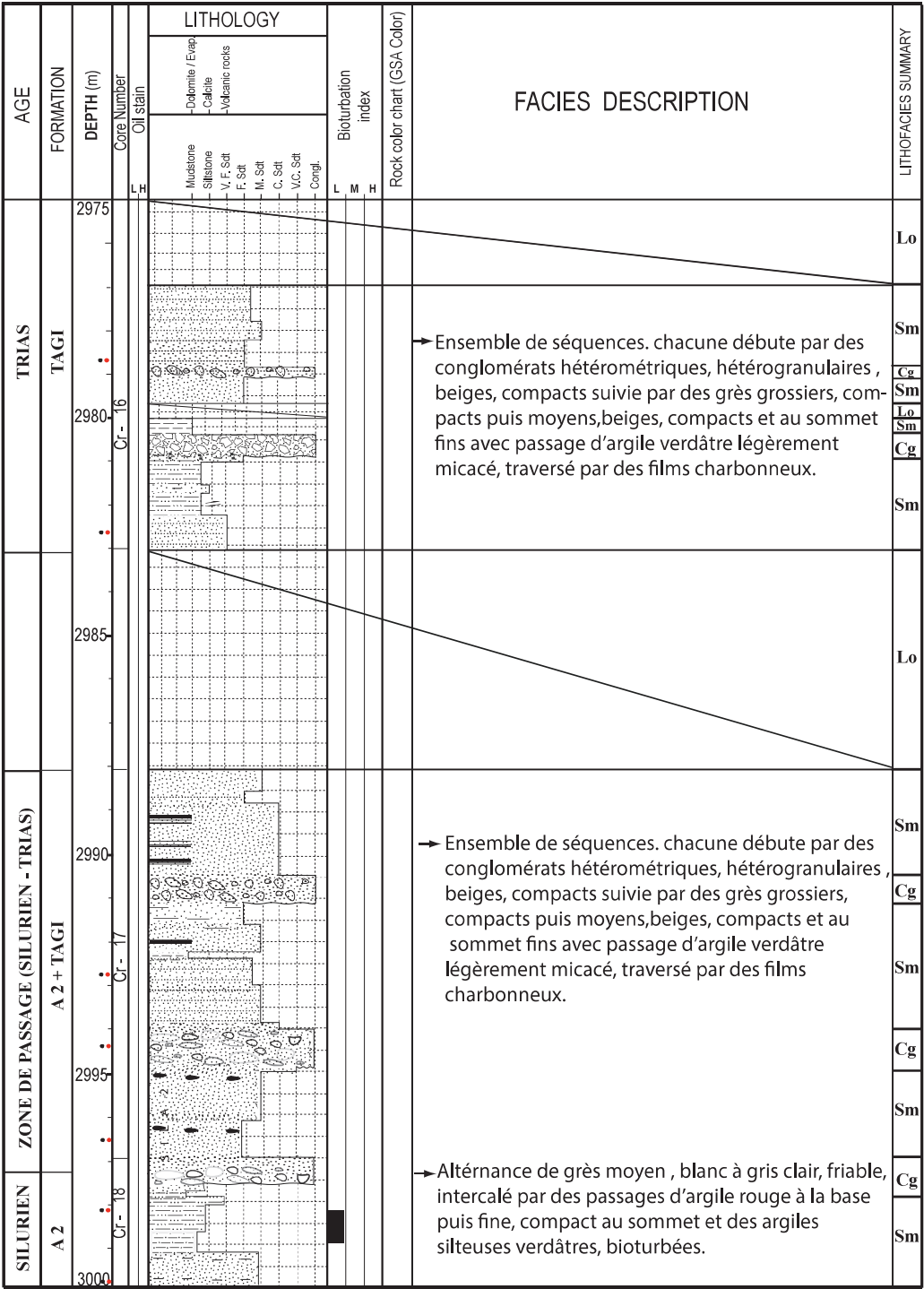
|                        |               |            |                 |              |
|------------------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| Description de carotte | RHOURDE NOUSS | Zone: RNSE | Puits: RNSE-3   |              |
|                        |               |            | Echelle : 1/100 | Feuille : 02 |



•• : Prélèvement de lame mince.

Figure 47 : Description de carottes : Cr-20, Cr-19 et Cr-18 (intervalle:3025m-3000m), (SONATRACH, 2015).

|                        |               |            |                 |              |
|------------------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| Description de carotte | RHOURDE NOUSS | Zone: RNSE | Puits: RNSE-3   |              |
|                        |               |            | Echelle : 1/100 | Feuille : 03 |

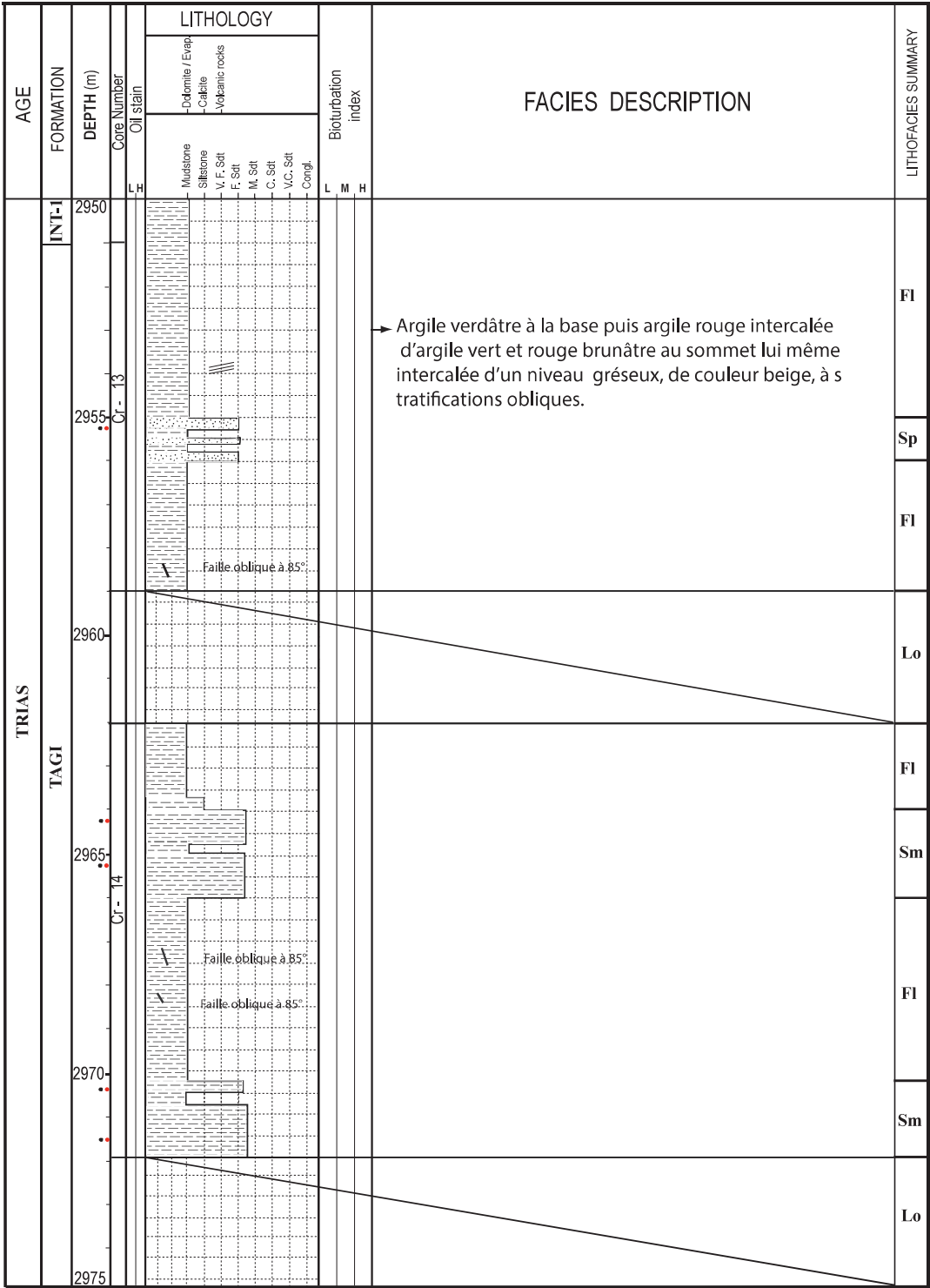


••

: Prélèvement de lame mince.

Figure 48 : Description de carottes : Cr-18, Cr-17 et Cr-16 (intervalle:3000m-2975m), (SONATRACH, 2015).

|                        |               |            |                 |              |
|------------------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| Description de carotte | RHOURDE NOUSS | Zone: RNSE | Puits: RNSE-3   |              |
|                        |               |            | Echelle : 1/100 | Feuille : 04 |



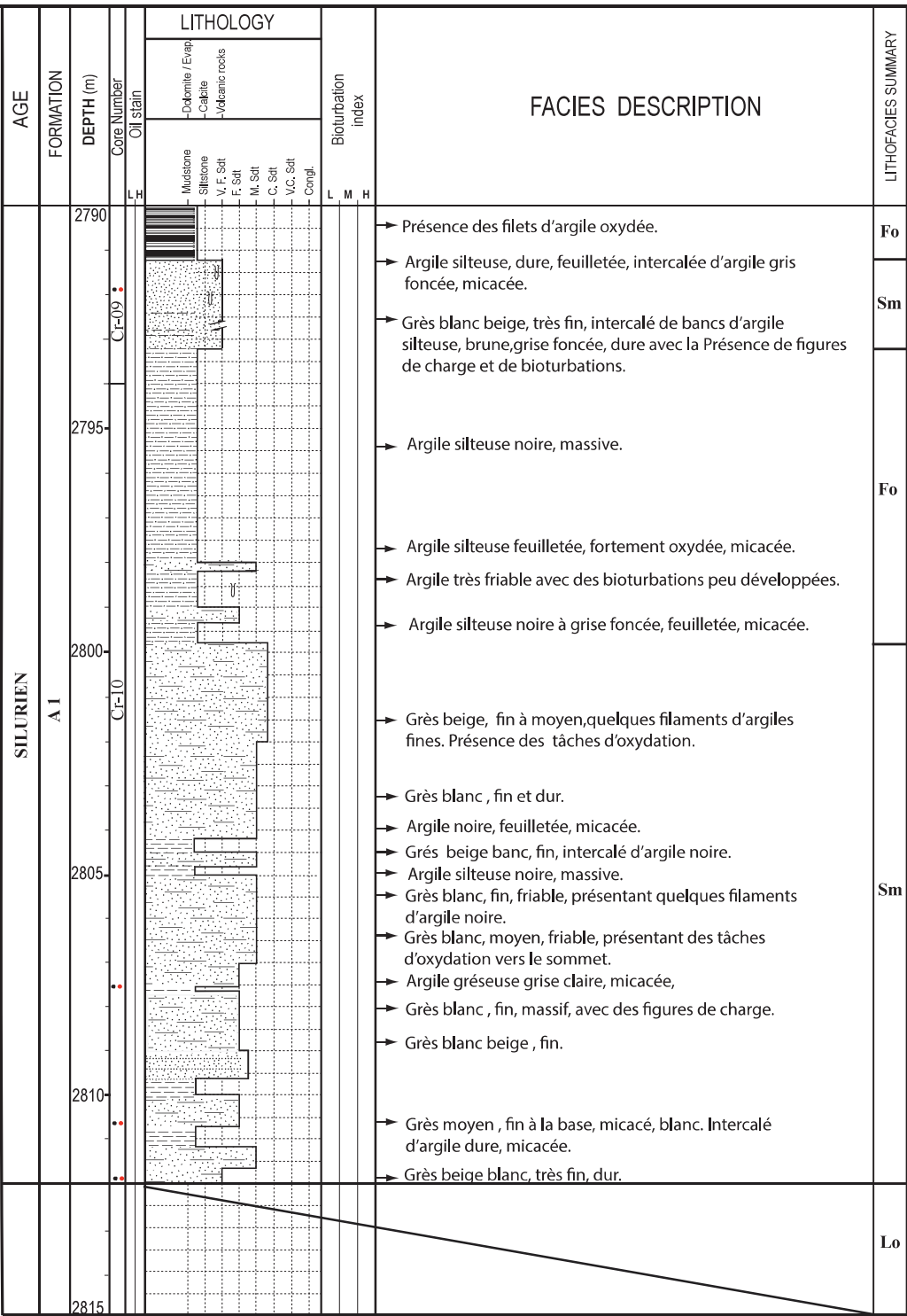
•• : Prélèvement de lame mince.

Figure 49 : Description de carottes : Cr-14 et Cr-13 (intervalle: 2975m-2950m), (SONATRACH, 2015).





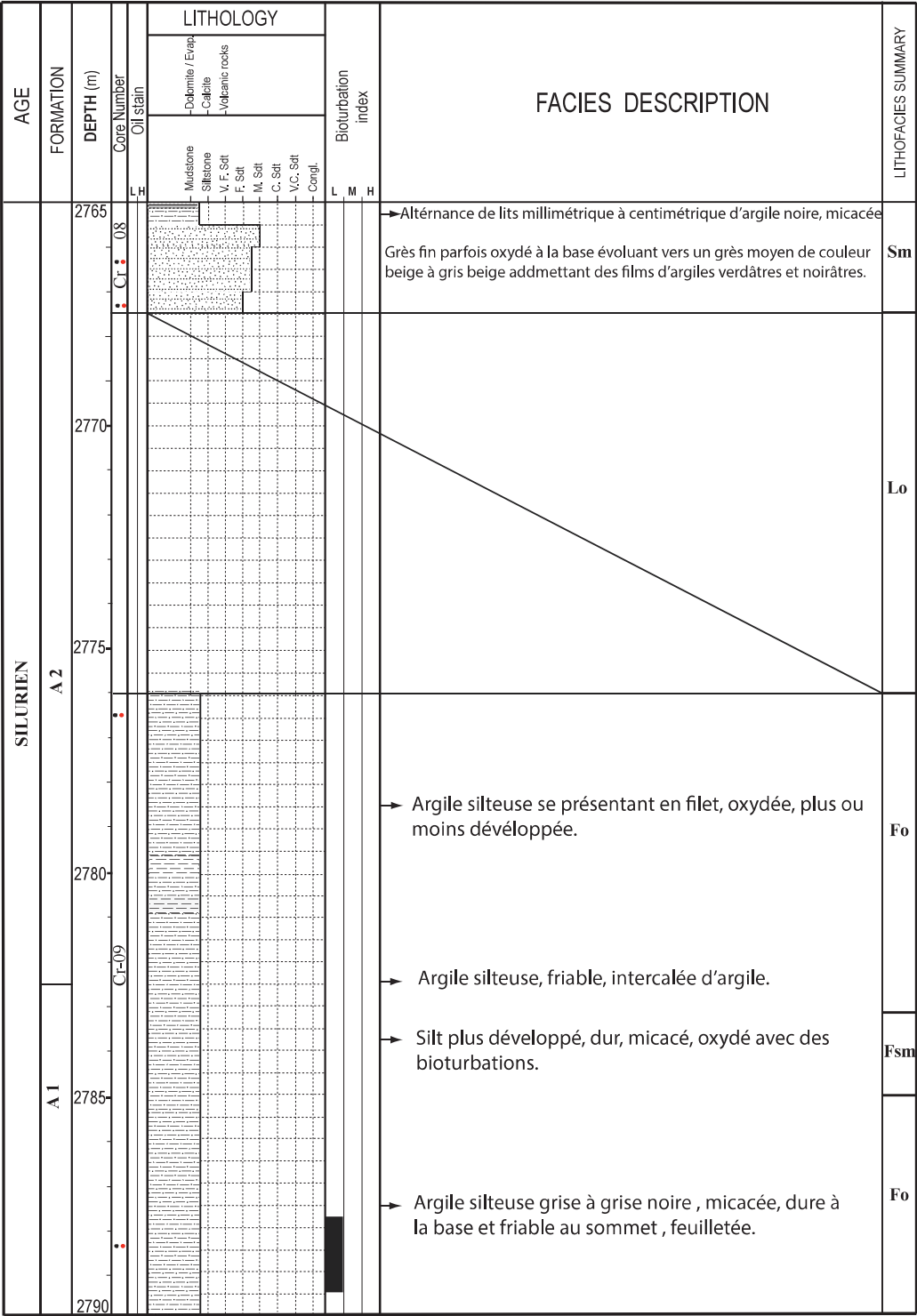
|                        |              |            |                 |              |
|------------------------|--------------|------------|-----------------|--------------|
| Description de carotte | RHOURE NOUSS | Zone: RNSE | Puits: RNSE-8   |              |
|                        |              |            | Echelle : 1/100 | Feuille : 01 |



•• : Prélèvement de lame mince.

Figure 51: Description de carottes : Cr-10 et Cr-09 (intervalle:2815m-2790m), (SONATRACH, 2015).

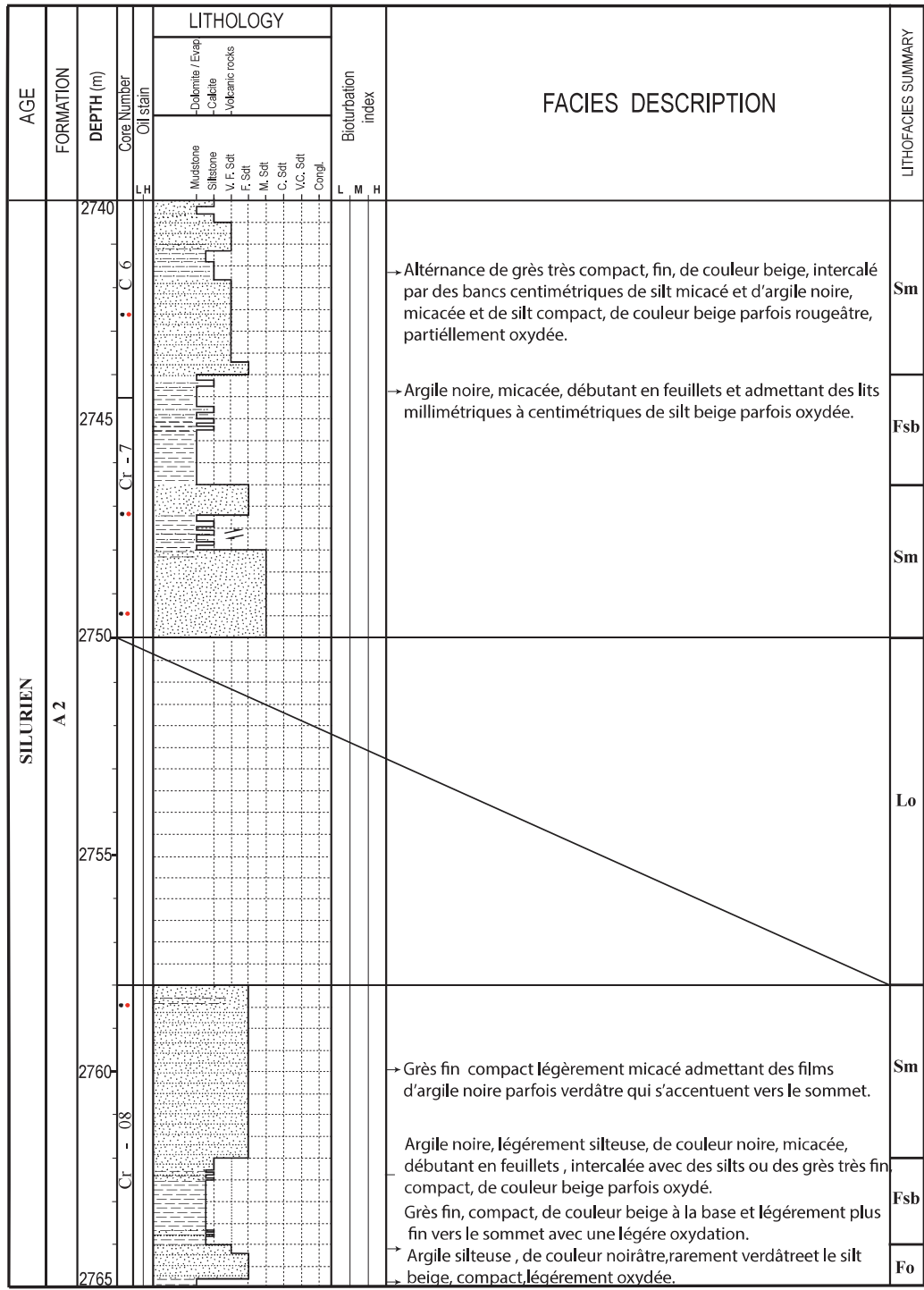
|                        |               |            |                 |              |
|------------------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| Description de carotte | RHOURDE NOUSS | Zone: RNSE | Puits: RNSE-8   |              |
|                        |               |            | Echelle : 1/100 | Feuille : 02 |



•• : Prélèvement de lame mince.

Figure 52 : Description de carottes : Cr-09 et Cr-08 (intervalle:2790m-2765m), (SONATRACH, 2015).

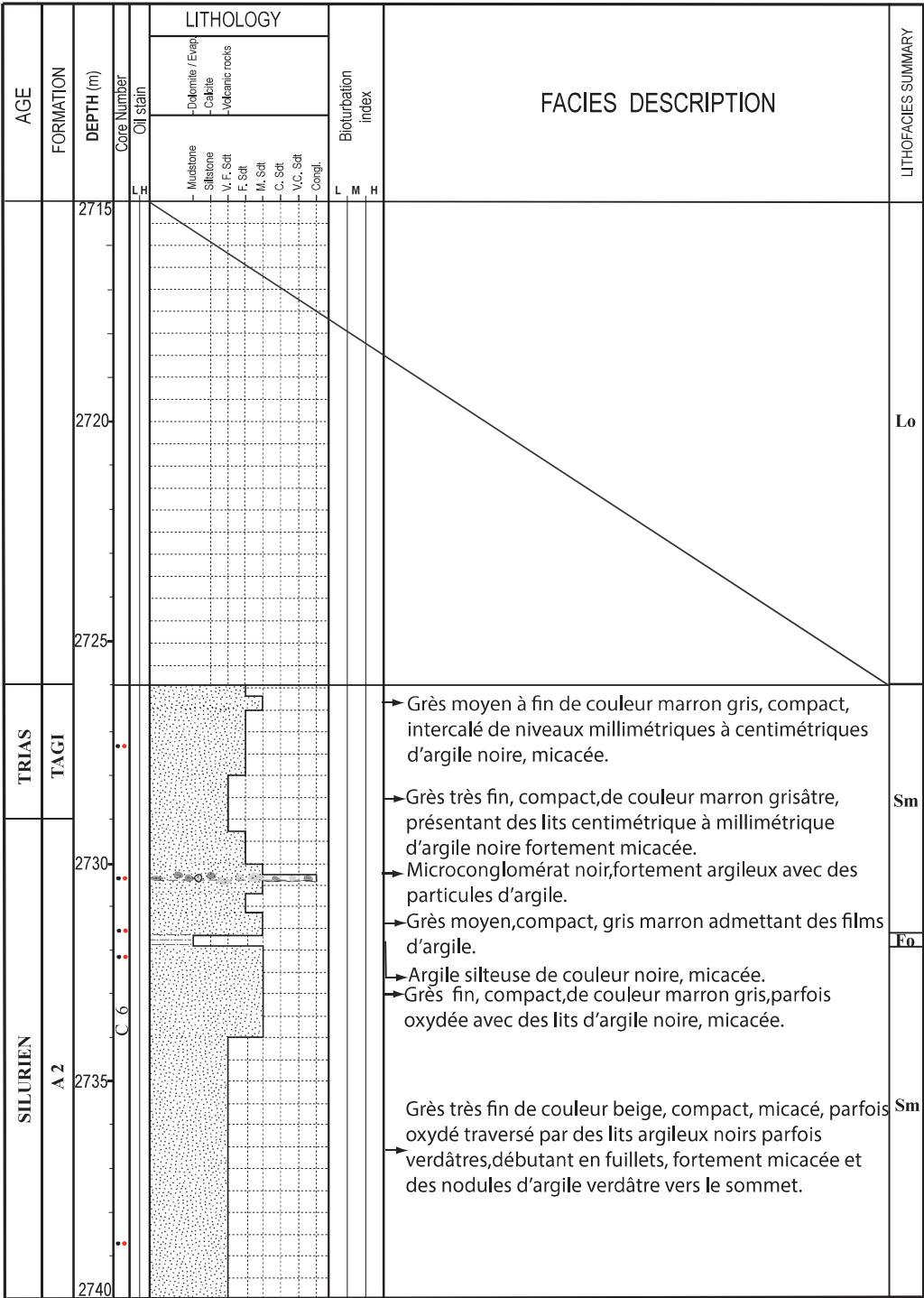
|                        |               |            |                 |              |
|------------------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| Description de carotte | RHOURDE NOUSS | Zone: RNSE | Puits: RNSE-8   |              |
|                        |               |            | Echelle : 1/100 | Feuille : 03 |



•• : Prélèvement de lame mince.

Figure 53 : Description de carottes : Cr-08, Cr-7 et C 6 (intervalle:2765m-2740m), (SONATRACH, 2015).

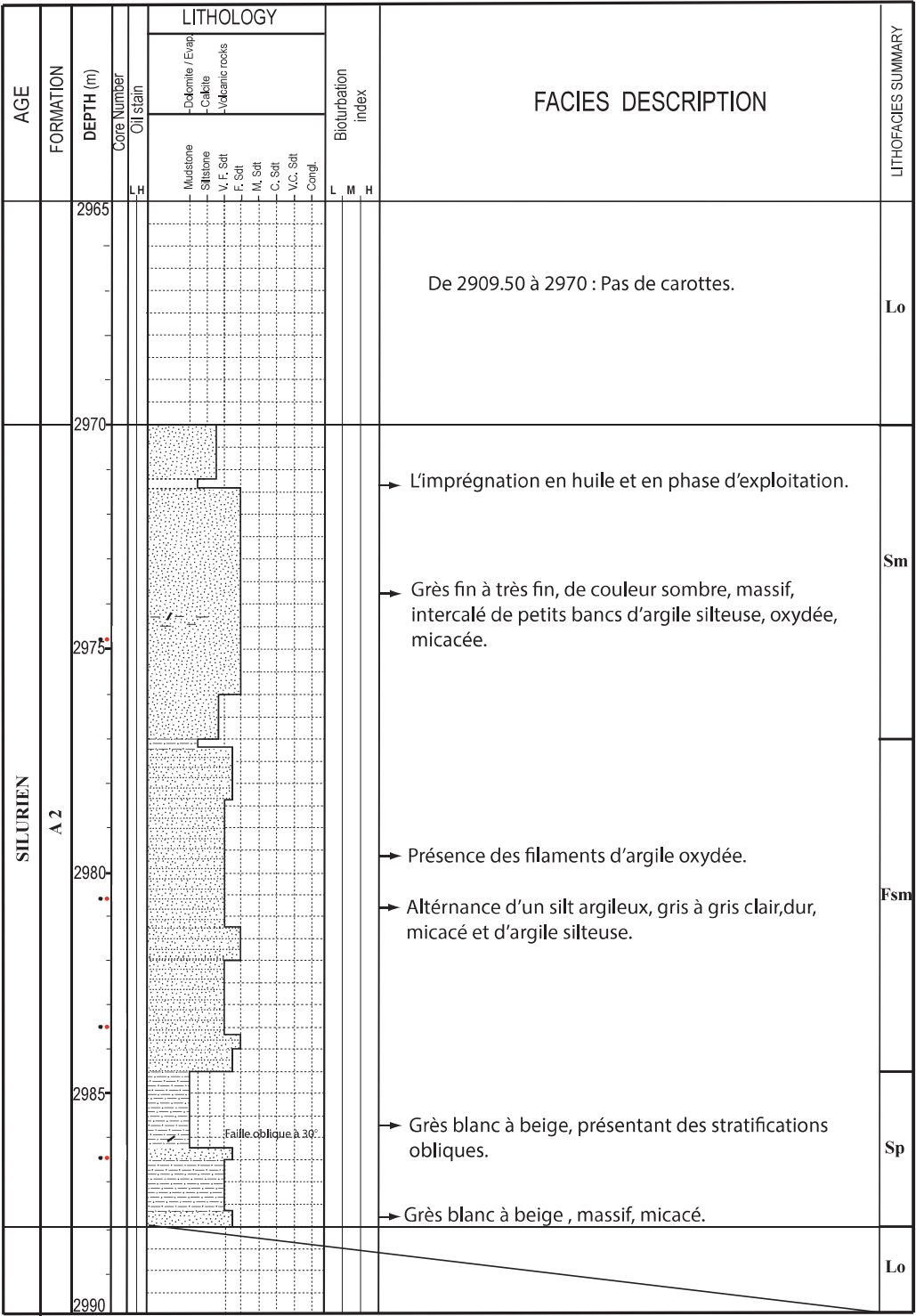
|                        |               |            |                 |              |
|------------------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| Description de carotte | RHOURDE NOUSS | Zone: RNSE | Puits: RNSE-8   |              |
|                        |               |            | Echelle : 1/100 | Feuille : 04 |



•• : Prélèvement de lame mince.

Figure 54 : Description de carotte : C 6 (intervalle:2740m-2715m), (SONATRACH, 2015).

|                        |               |            |                 |              |
|------------------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| Description de carotte | RHOURDE NOUSS | Zone: RNSE | Puits: RNSE-9   |              |
|                        |               |            | Echelle : 1/100 | Feuille : 01 |



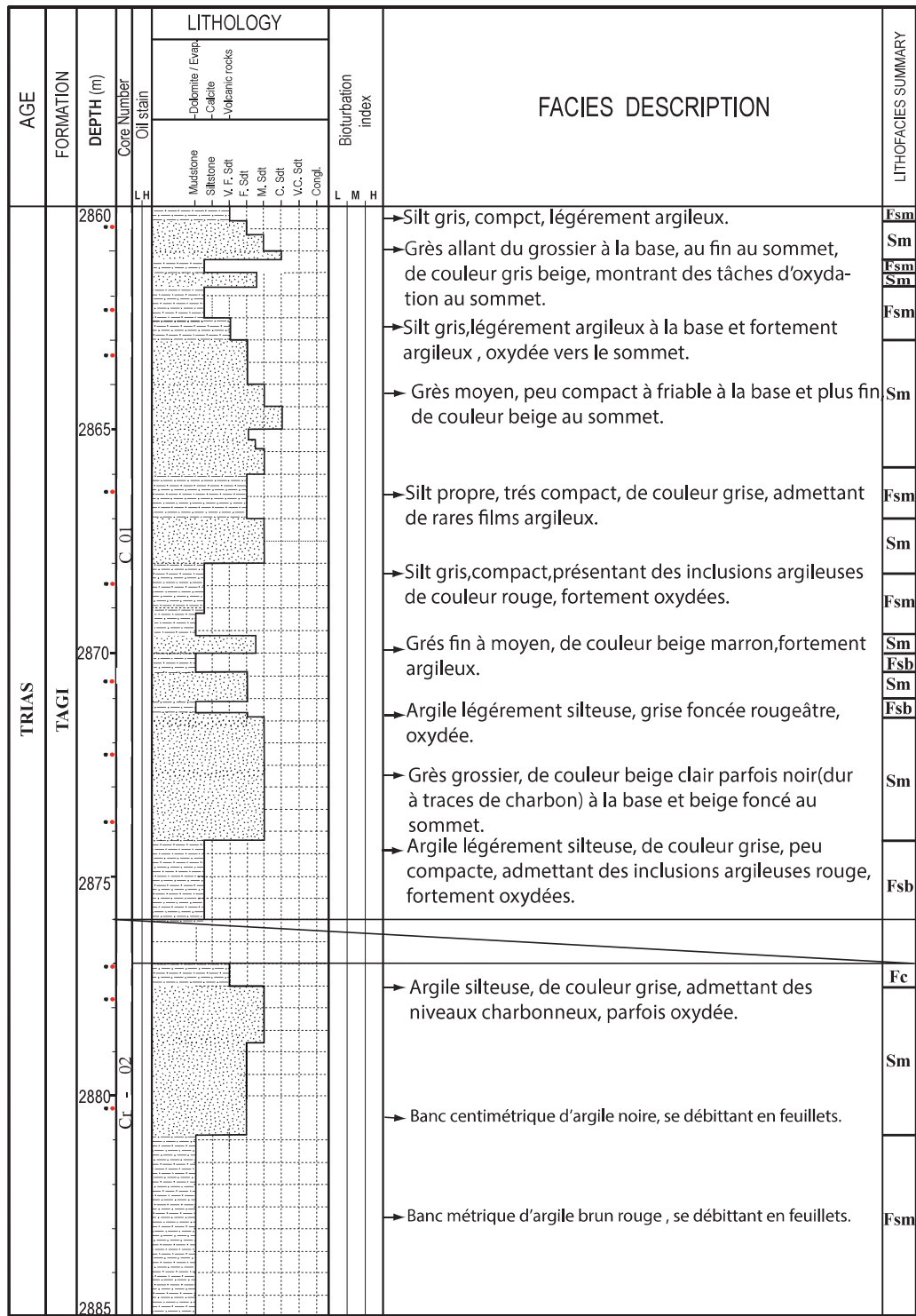
•• : Prélèvement de lame mince.

Figure 56: Description de carottes (intervalle:2990m-2965m), (SONATRACH, 2015).





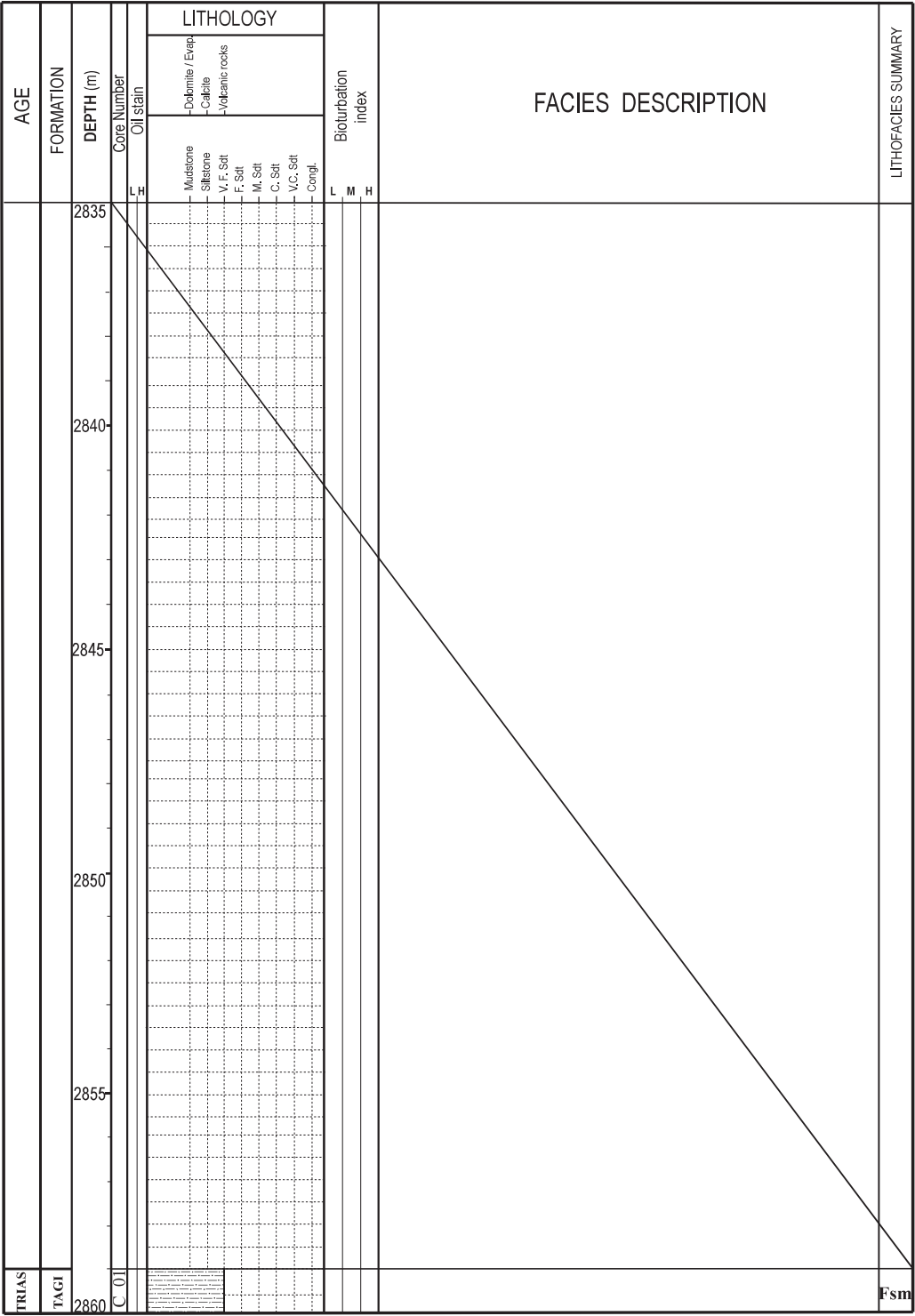
|                        |               |            |                 |              |
|------------------------|---------------|------------|-----------------|--------------|
| Description de carotte | RHOURDE NOUSS | Zone: RNSE | Puits: RNSE-9   |              |
|                        |               |            | Echelle : 1/100 | Feuille : 03 |



•• : Prélèvement de lame mince.

Figure 58 : Description de carottes : Cr-2 et C 01 (intervalle:2885m-2860m), (SONATRACH, 2015).

|                        |              |            |                 |              |
|------------------------|--------------|------------|-----------------|--------------|
| Description de carotte | RHOURE NOUSS | Zone: RNSE | Puits: RNSE-9   |              |
|                        |              |            | Echelle : 1/100 | Feuille : 04 |



•• : Prélèvement de lame mince.

Figure 59 : Description de carottes : C 01 (intervalle:2860m-2835m), (SONATRACH, 2015).



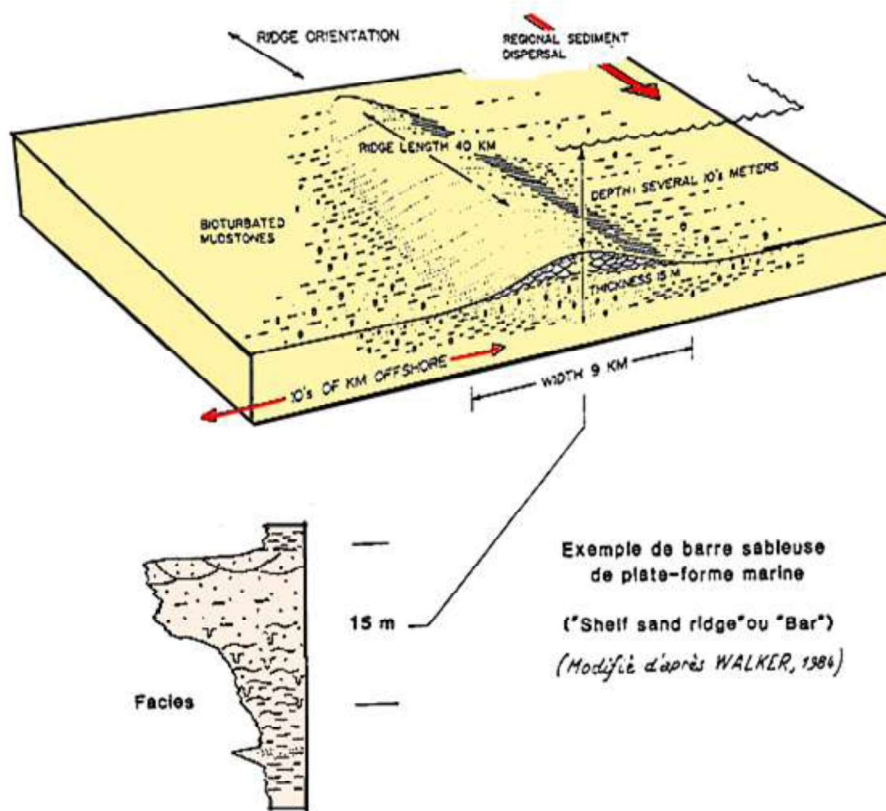
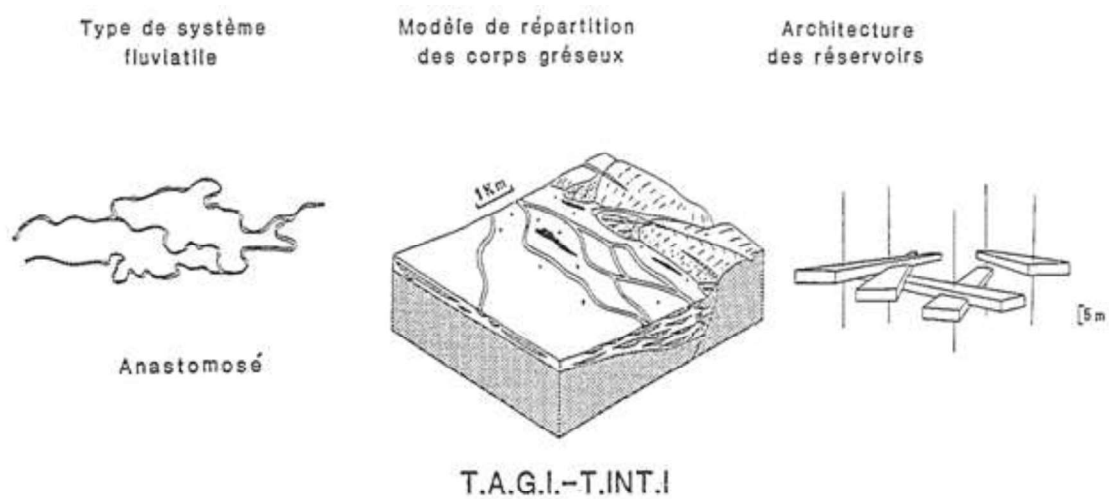
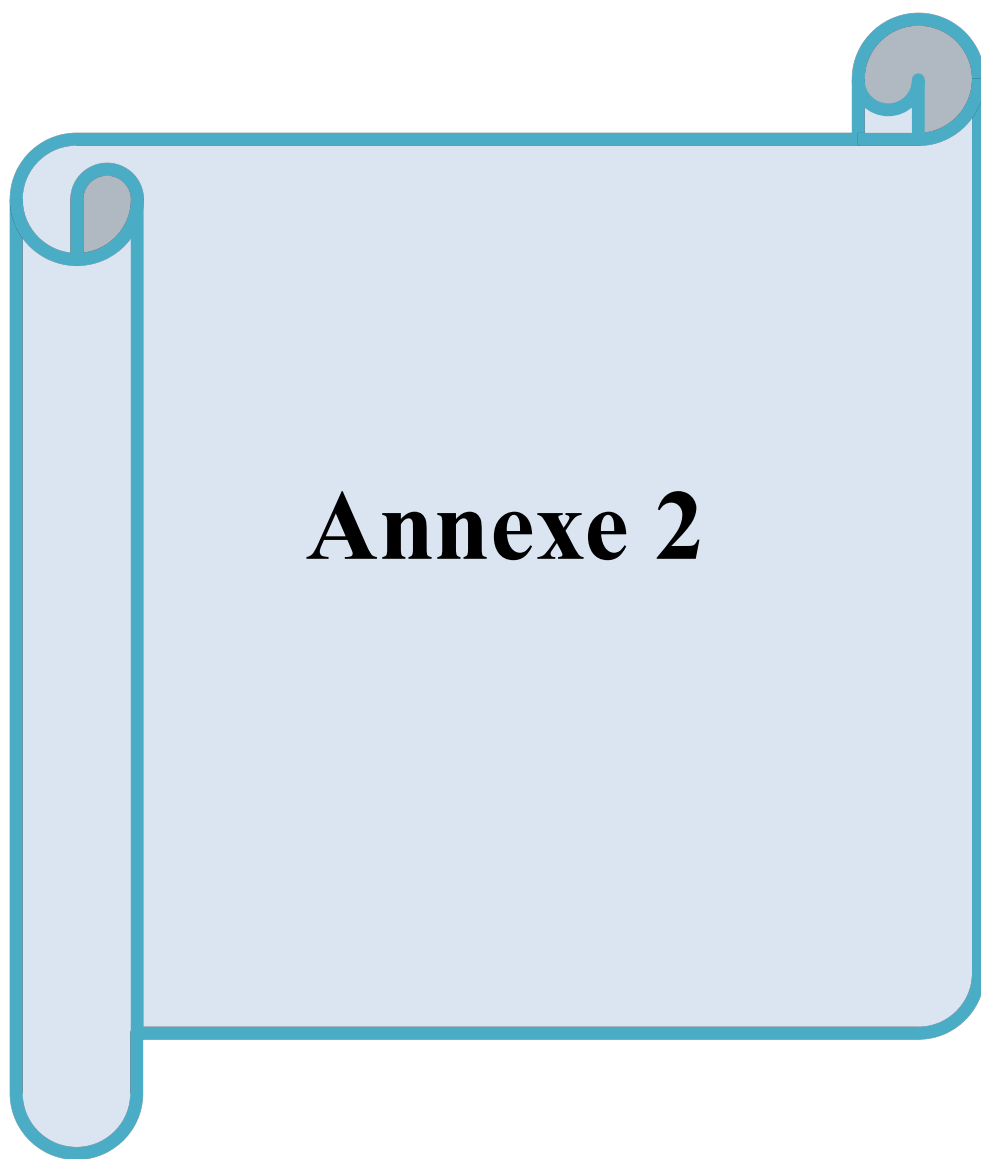


Figure 60 : Modèle sédimentologique des formations A1 et A2 de la région de Rhourde Nouss (Beicip/SONATRACH.PED, 1990).

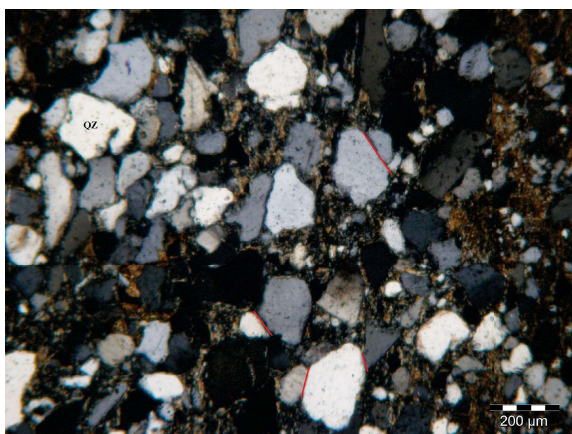


*Figure 61 : Environnement de dépôt et architecture des réservoirs TAGI et T.INT-I de la région de Rhourde Nouss (SONATRACH.PED, 1990).*

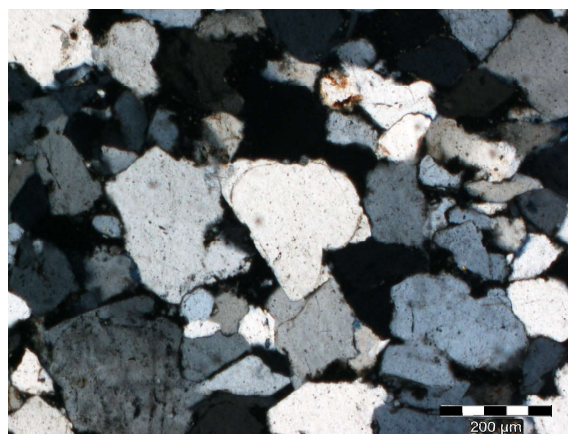


## **Annexe 2**

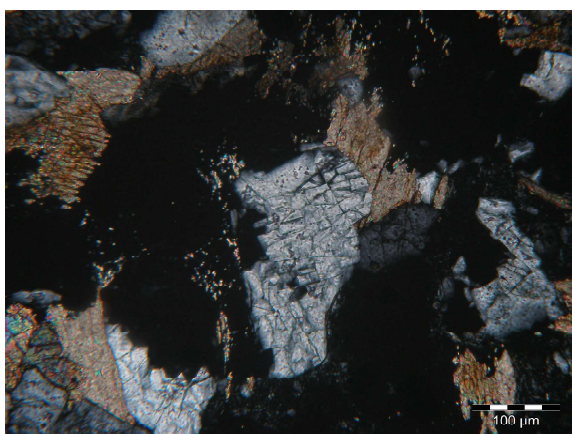




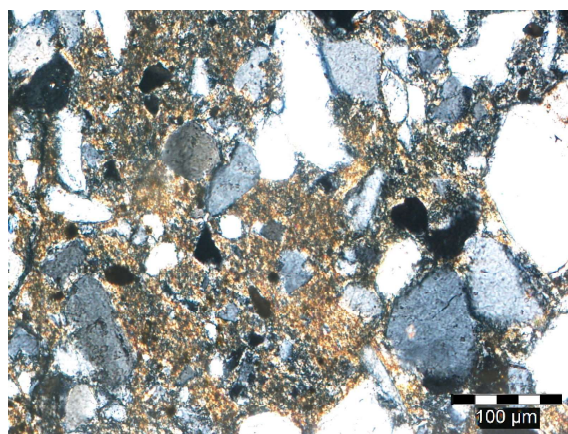
**Photo 59 :** côte: 2964.35m X4 LP  
Vue d'ensemble (contact droit+ argile).



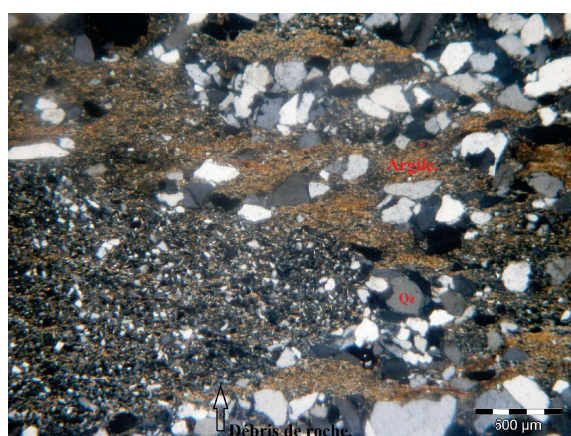
**Photo 60 :** côte: 2965.34m X4 LP  
Silice secondaire.



**Photo 61 :** côte: 2964.35m X10 LP  
Craquage du quartz et dissolution de la sidérite.



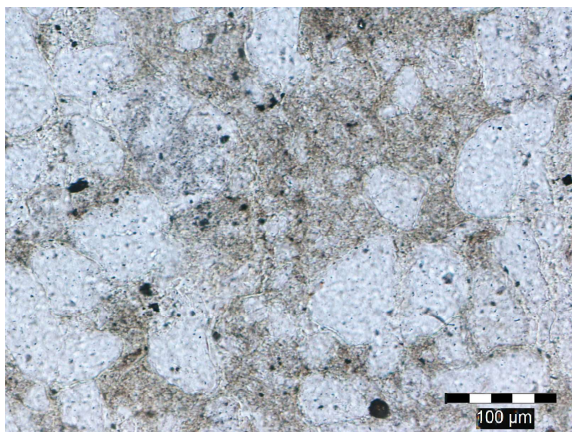
**Photo 62 :** côte: 2970.36m X10 LP  
Illite.



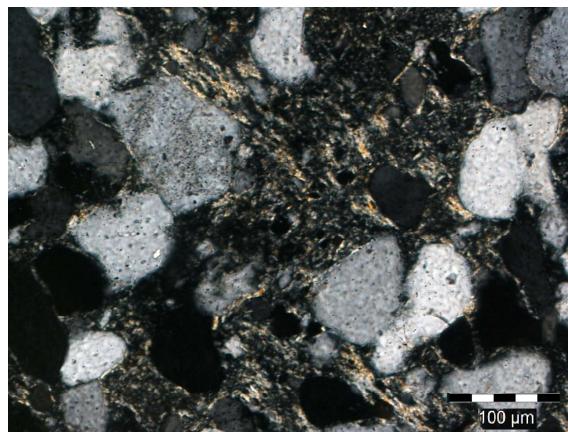
**Photo 63 :** côte: 2978.6m X2 LP  
Débris de roche.

**Planche 11 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-1 (TAGI)**

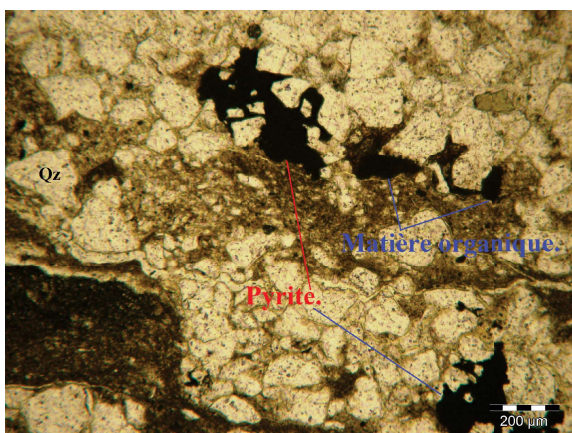




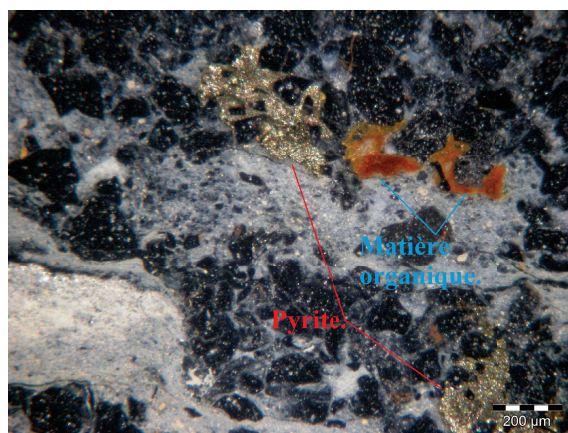
**Photo 64 :** côte: 2970.36m X10 LN  
Kaolinite.



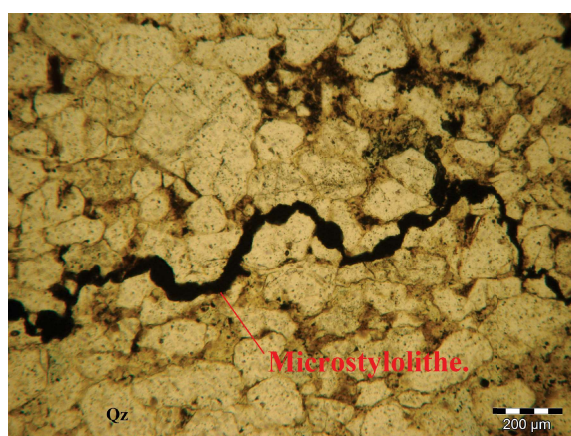
**Photo 65 :** côte: 2970.36m X10 LP  
Kaolinite.



**Photo 66 :** côte: 2978.6m X4 LN  
Pyrite et matière organique.



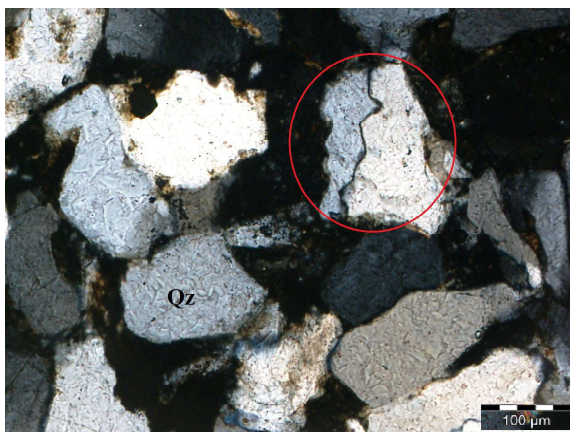
**Photo 67 :** côte: 2978.6m X4 LR  
Pyrite et matière organique.



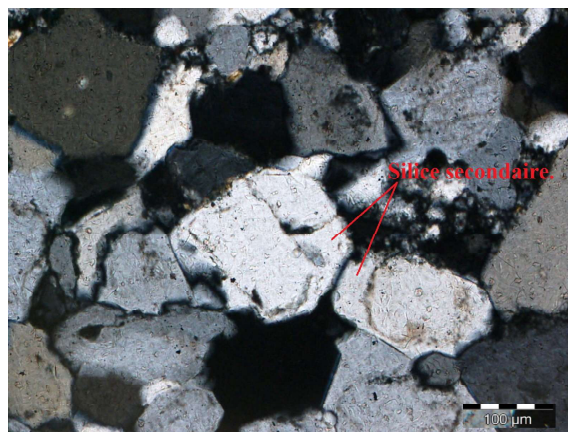
**Photo 68 :** côte: 2978.6m X4 LN  
Microstylolithe.

**Planche 12 :** Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-3 (TAGI)

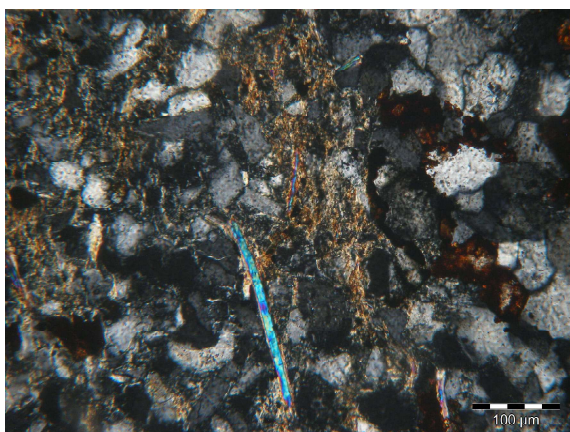




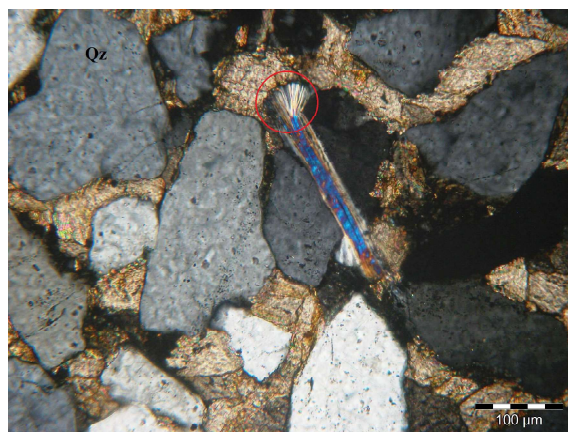
**Photo 69 :** côte: 3023.37m X10 LP  
Contact suturé.



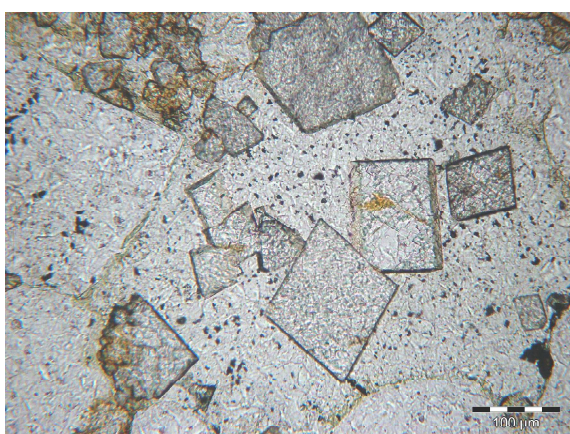
**Photo 70 :** côte: 2971.5m X10 LP  
Silice secondaire.



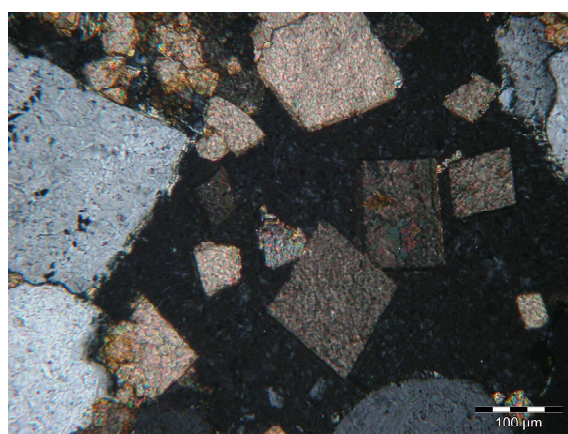
**Photo 71 :** côte: 3012.52m X10 LP  
Illite et muscovite.



**Photo 72 :** côte: 3019.76m X10 LP  
Ciment sidéritique et Illitisation de la muscovite.



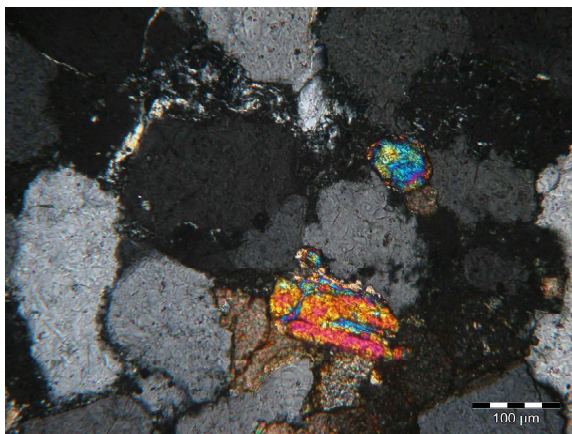
**Photo 73 :** côte: 2999.54m X10 LN  
Cristaux de dolomite et ciment argileux (kaolinite).



**Photo 74 :** côte: 2999.54m X10 LP  
Cristaux de dolomite et ciment argileux (kaolinite).

**Planche 13 :** Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-3 (Unité A2)

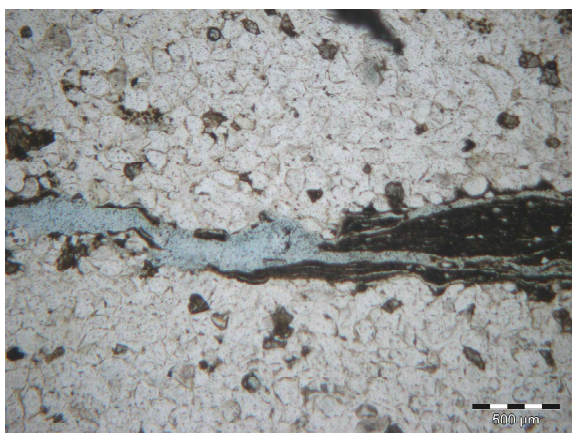




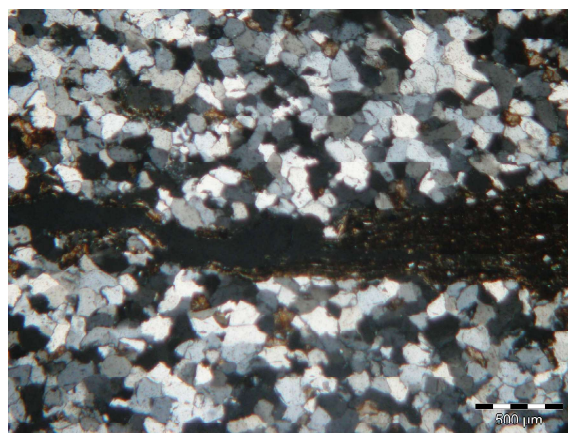
**Photo 75 :** côte: 2999.54m X10 LP  
Zircon.



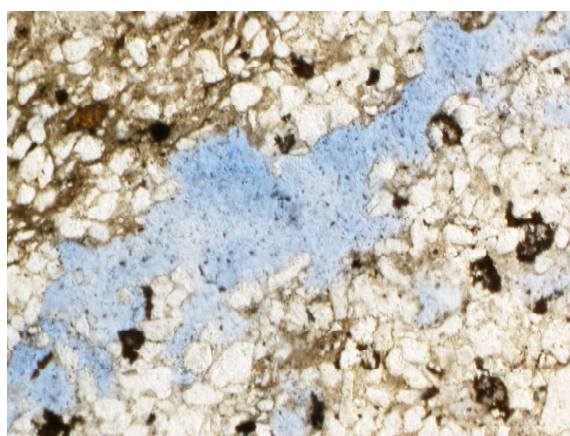
**Photo 76 :** côte: 2971.50m X4 LN  
Porosité primaire(intergranulaire).



**Photo 77 :** côte: 3002.50m X2 LN  
Porosité secondaire(microfissure).



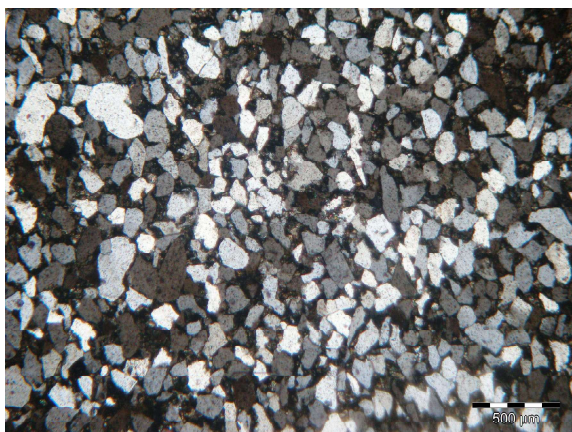
**Photo 78 :** côte: 3002.50m X2 LP  
Porosité secondaire(microfissure).



**Photo 79 :** côte: 3010.68m X4 LN  
Porosité secondaire(microfissure).

**Planche 14 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-3 (Unité A2)**

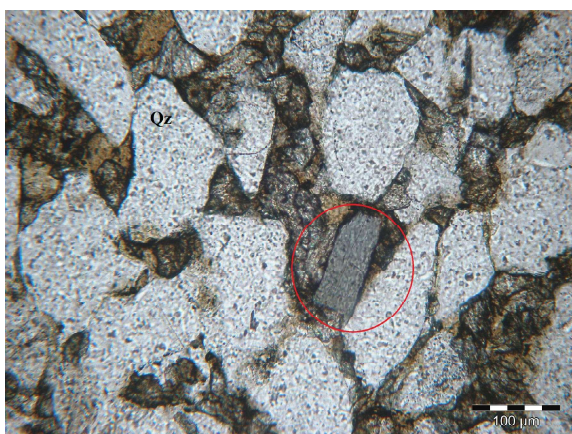




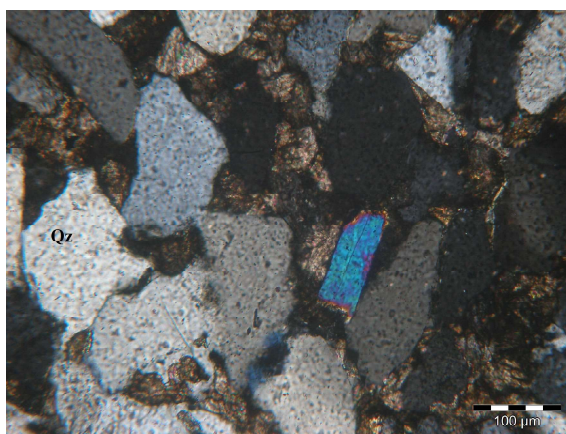
**Photo 80 :** côte: 2727.33m X2 LP  
Grés bien classé.



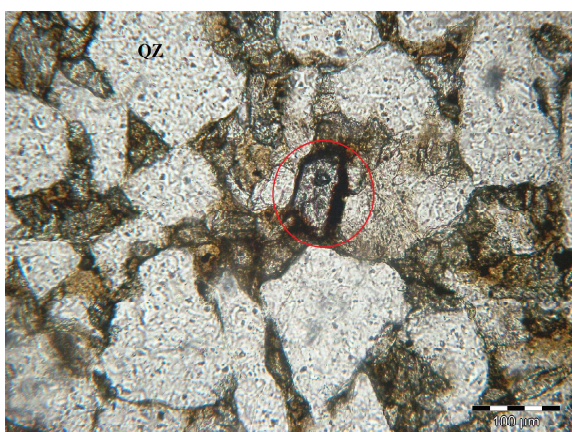
**Photo 81 :** côte: 2727.33m X10 LN  
Ciment sidéritique et argileux.



**Photo 82 :** côte: 2727.33m X10 LN  
Tourmaline.



**Photo 83 :** côte: 2727.33m X10 LP  
Tourmaline.



**Photo 84 :** côte: 2727.33m X10 LN  
Zircon.



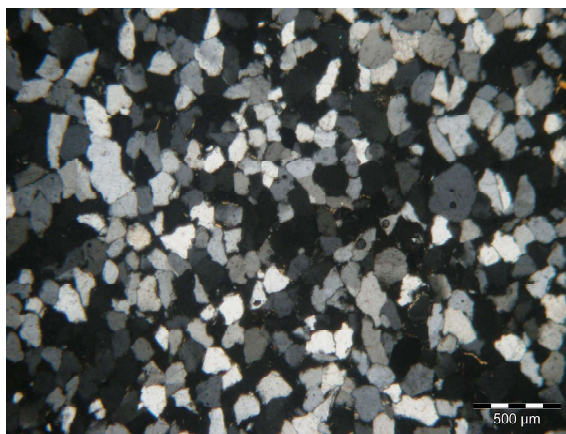
**Photo 85 :** côte: 2727.33m X10 LP  
Zircon.

**Planche 15 :** Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-8 (TAGI)

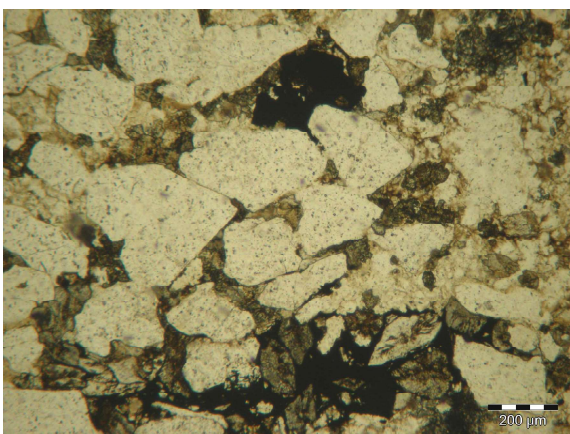




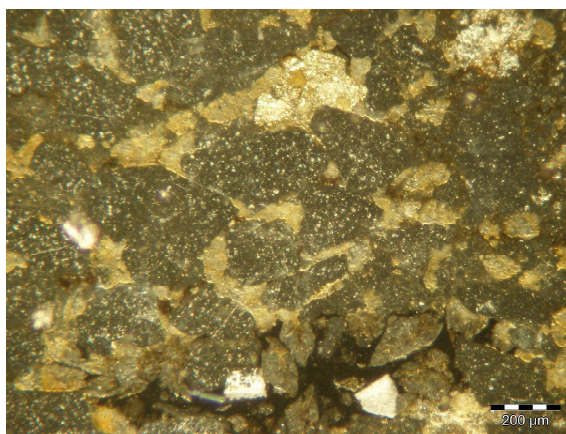
**Photo 86 :** côte: 2749.40m X2 LN  
Vue d'ensemble.



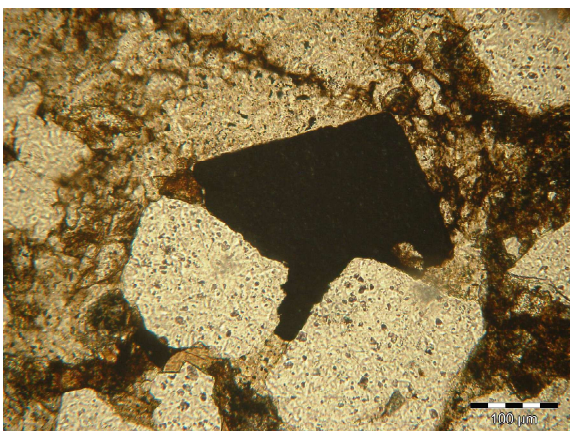
**Photo 87 :** côte: 2749.40m X2 LP  
Vue d'ensemble.



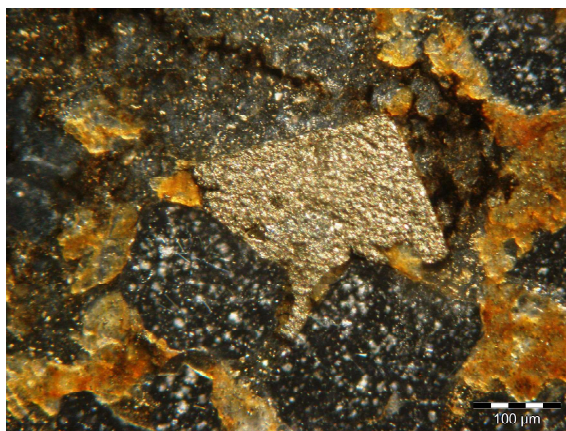
**Photo 88 :** côte: 2730.35m X4 LN  
Ciment sidéritique, pyriteux et présence de bitume.



**Photo 89 :** côte: 2730.35m X4 LP  
Ciment sidéritique, pyriteux et présence de bitume.



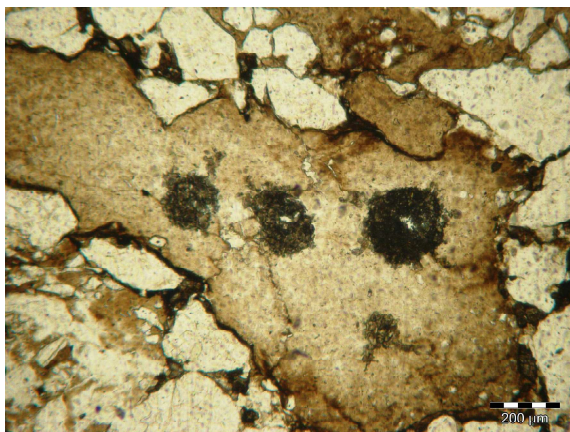
**Photo 90 :** côte: 2730.35m X10 LN  
Pyrite, sidérite et matière organique.



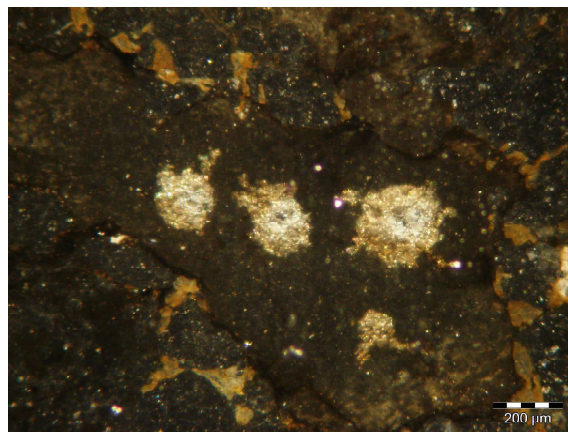
**Photo 91 :** côte: 2730.35m X10 LP  
Pyrite, Sidérite et matière organique.

**Planche 16 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-8 (Unité A2)**

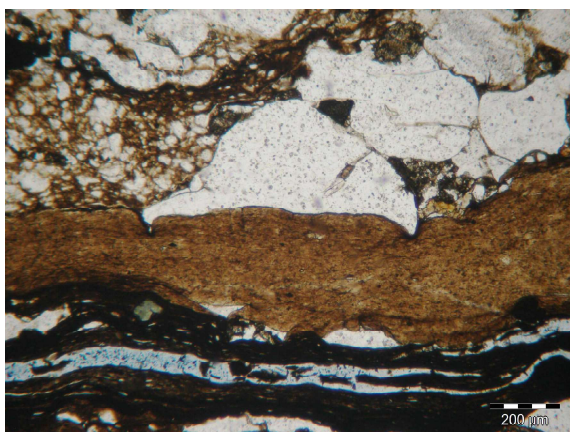




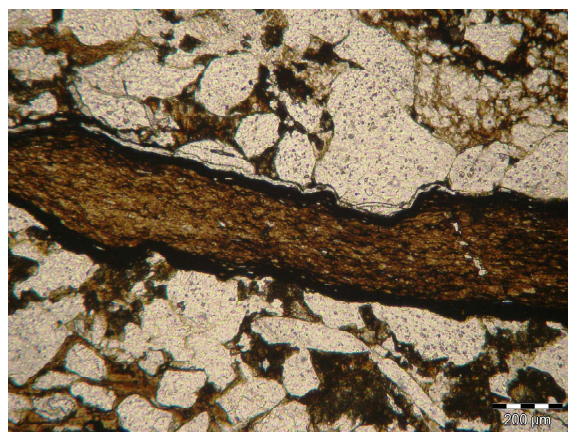
**Photo 92 :** côte: 2730.35m X4 LN  
Nodules de pyrite ciment argileux.



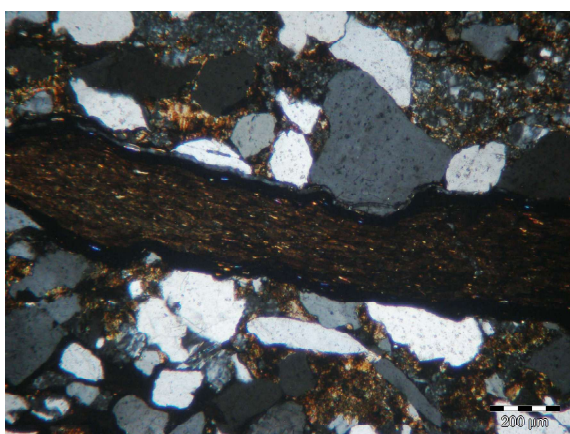
**Photo 93 :** côte: 2730.35m X4 LP  
Nodules de pyrite ciment argileux.



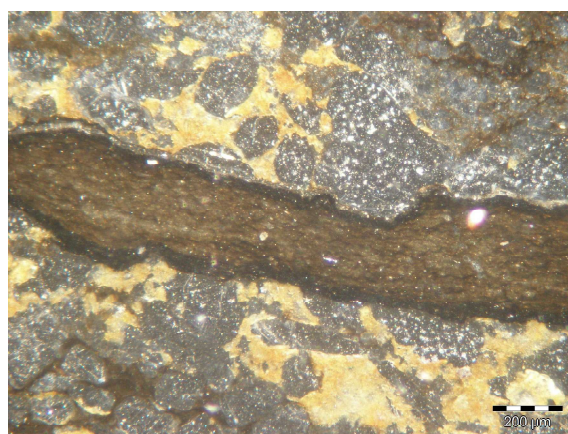
**Photo 94 :** côte: 2730.35m X4 LN  
Porosité secondaire (microfissure).



**Photo 95 :** côte: 2730.35m X4 LN  
Microfissure rempli par l'argile.



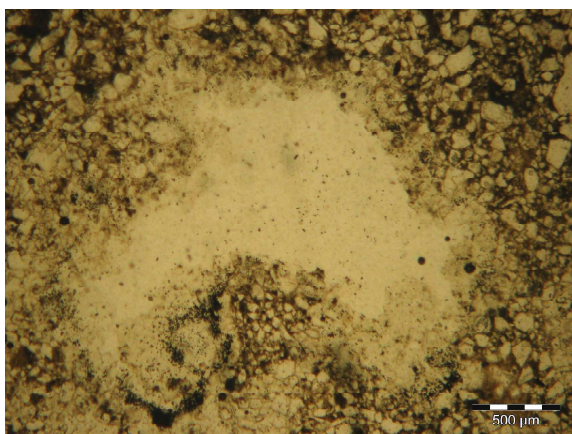
**Photo 96 :** côte: 2730.35m X4 LP  
Microfissure rempli par l'argile.



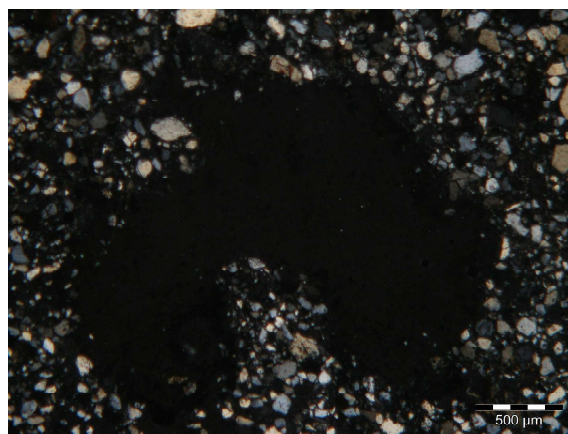
**Photo 97 :** côte: 2730.35m X4 LP  
Microfissure rempli par l'argile.

**Planche 17 :** Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-8 (Unité A2)

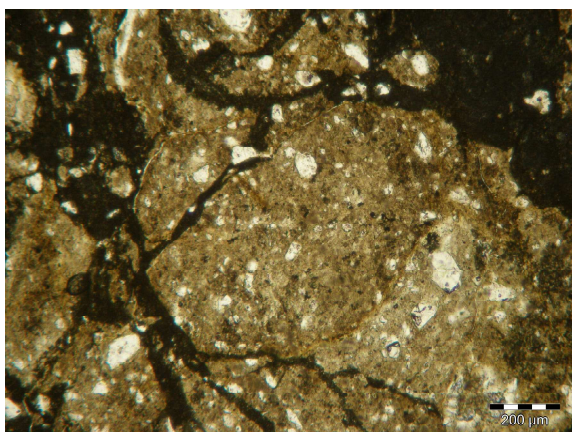




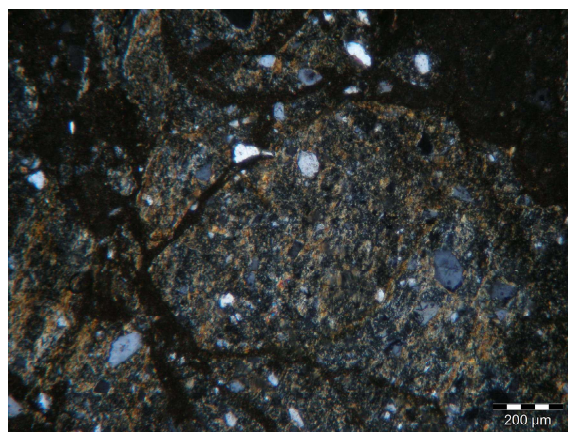
**Photo 98 :** côte: 2899.8m X2 LN  
Porosité secondaire (dissolution du ciment).



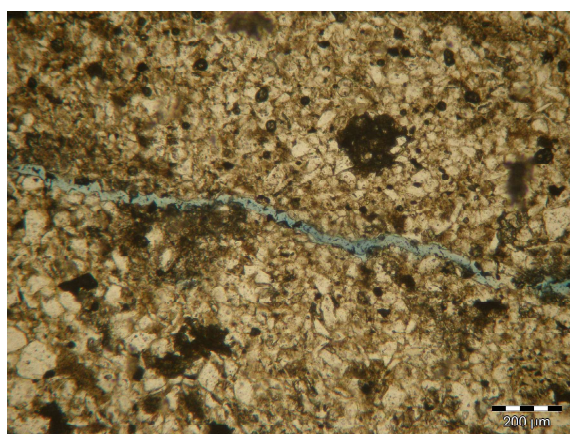
**Photo 99 :** côte: 2899.8m X2 LP  
Porosité secondaire (dissolution du ciment).



**Photo 100 :** côte: 2909.1m X4 LN  
Ciment argileux.



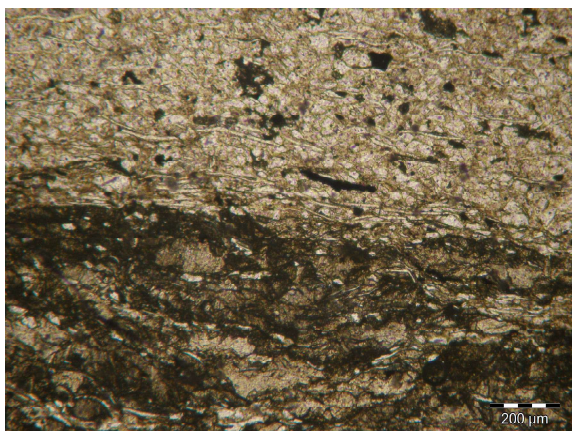
**Photo 101:** côte: 2909.1m X4 LP  
Ciment argileux.



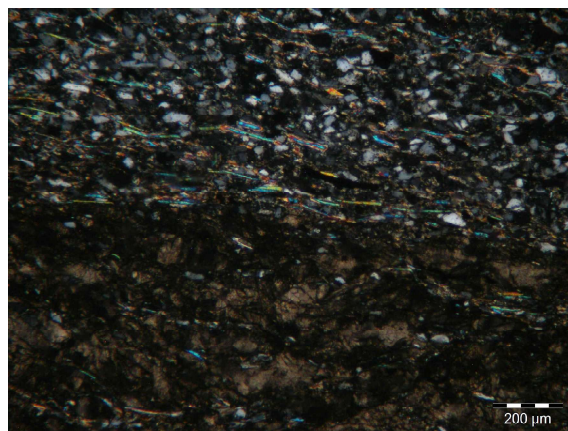
**Photo 102:** côte: 2909.94m X4 LN  
Porosité secondaire (microfissure).

**Planche 18 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-9 (TAGI)**

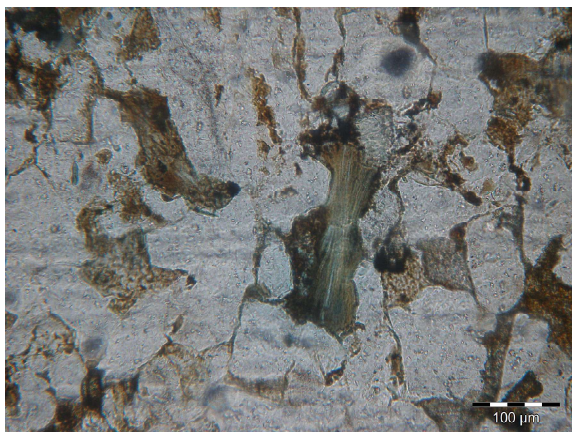




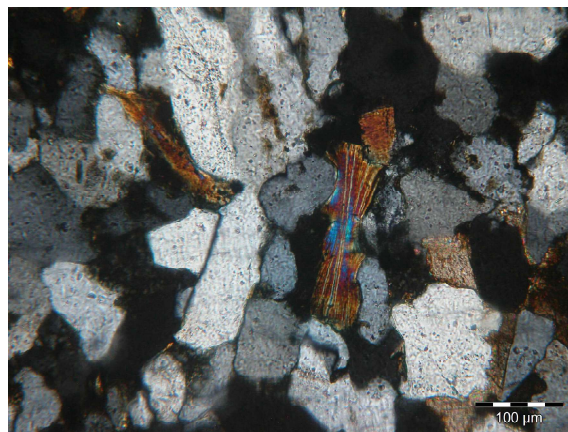
**Photo 103:** côte: 2980.7m X4 LN  
Micas et ciment sidéritique.



**Photo 104:** côte: 2980.7m X4 LP  
Micas et ciment sidéritique.



**Photo 105:** côte: 2983.58m X10 LN  
Illitisation de la muscovite.



**Photo 106:** côte: 2983.58m X10 LP  
Illitisation de la muscovite.

**Planche 19 : Différents constituants minéralogiques et phénomènes diagénétiques.  
puits :RNSE-9 (unité A2)**

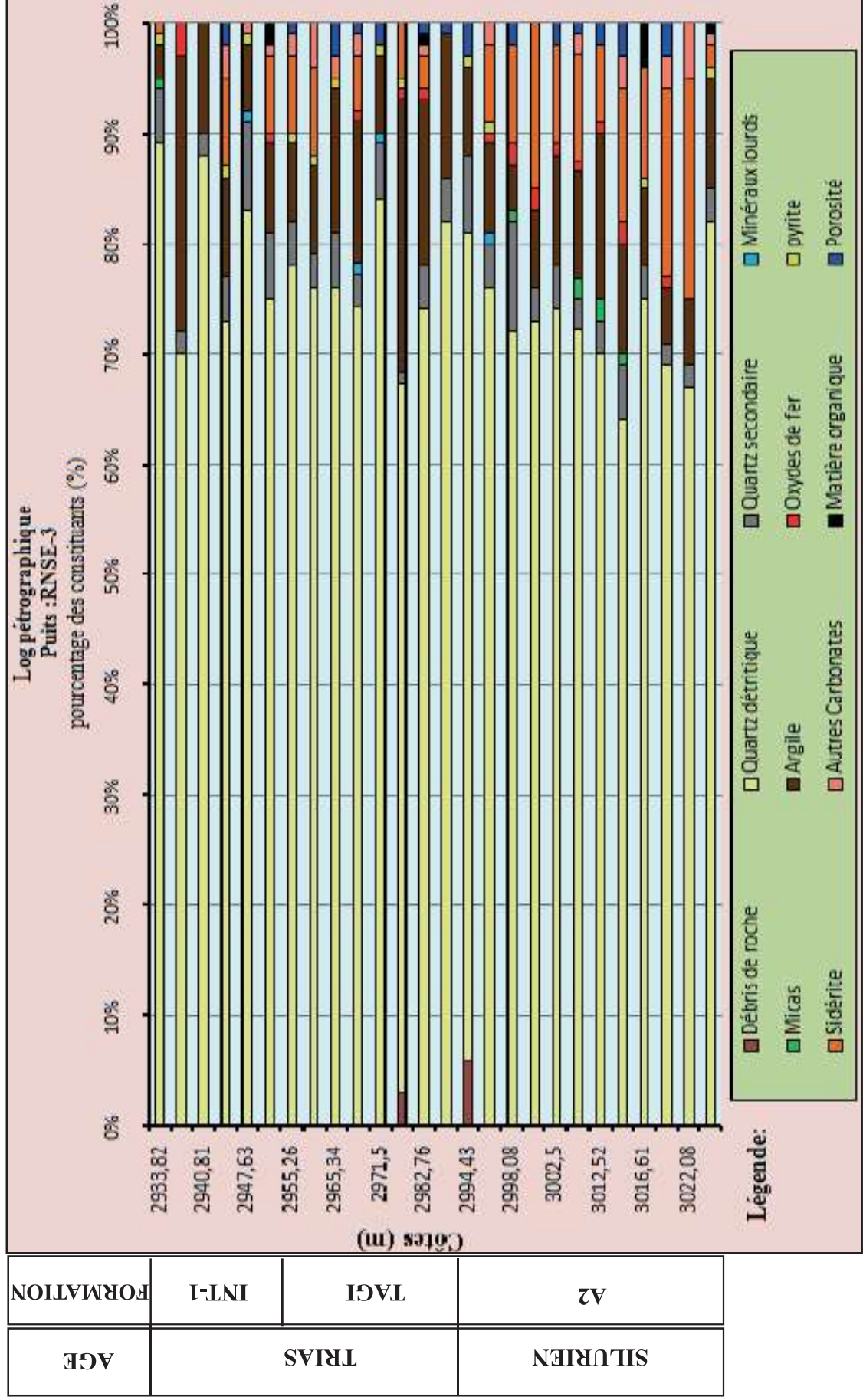


Figure 62 : Log pétrographique du puits RNSE-3.

| AGE   | FORMATION |
|-------|-----------|
| TRIAS | A2        |
|       | TAGI      |
|       | INT-1     |

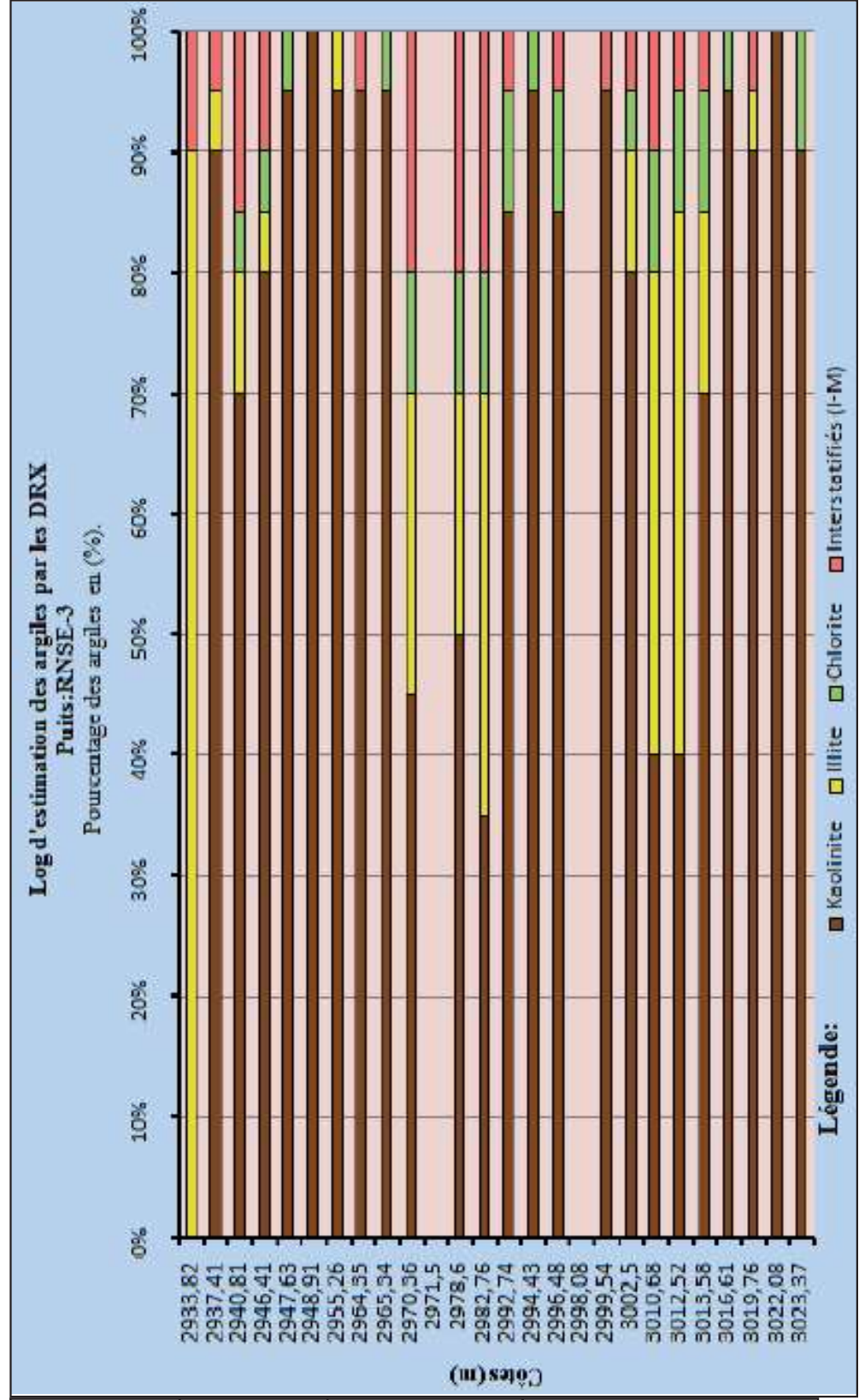


Figure 63 : Log d'estimation des argiles par la diffractométrie des rayons X du puits :RNSE-3.



| AGE | SILURIEN |           |
|-----|----------|-----------|
|     | TAGI     | A2        |
|     | INT-1    | FORMATION |

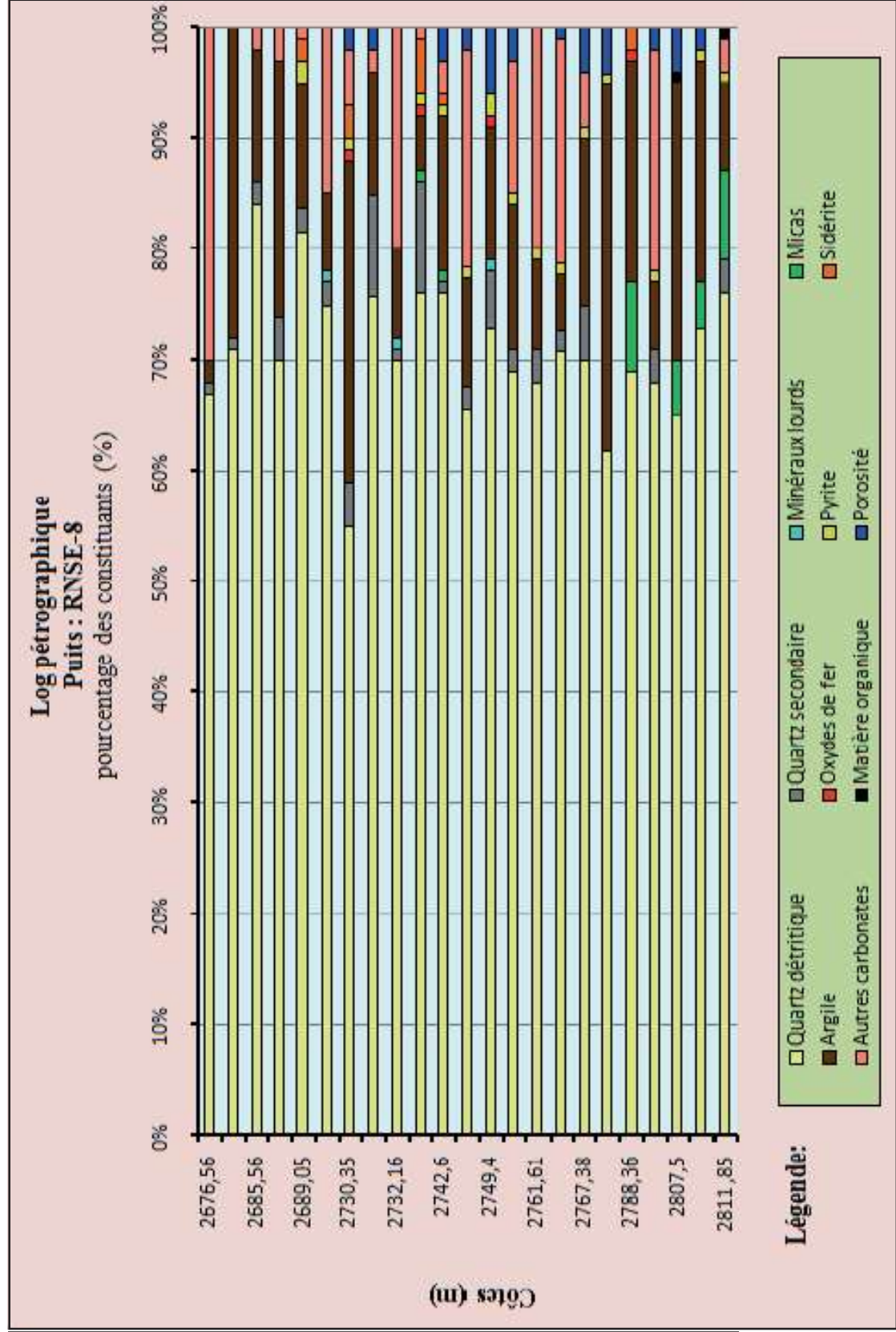


Figure 64 : Log pétrographique du puits RNSE-8.

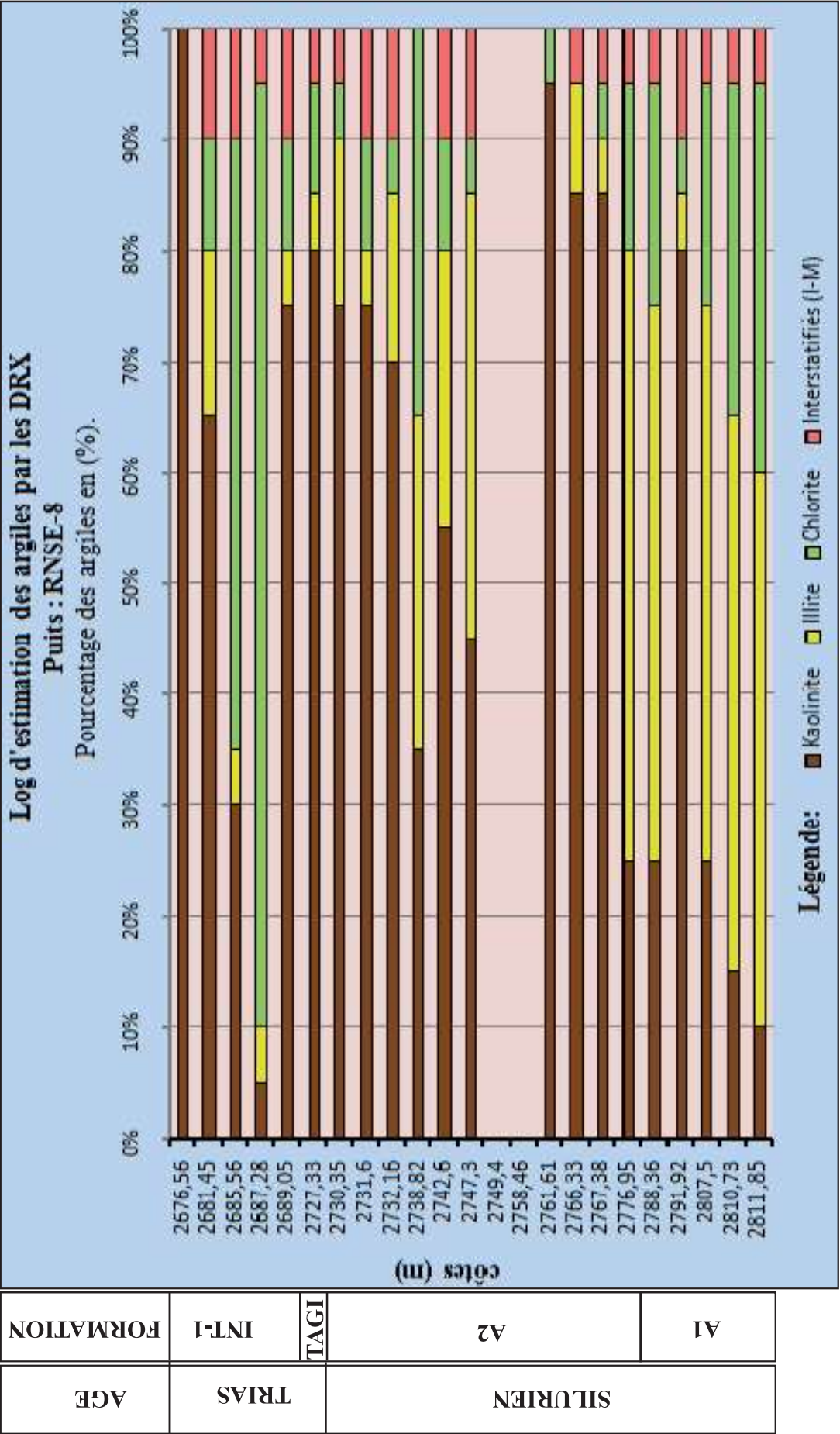


Figure 65 : Log d'estimation des argiles par la diffractométrie des rayons X du puits :RNSE-8.

|           |       |
|-----------|-------|
| AGE       | TRIAS |
| FORMATION | TAGI  |

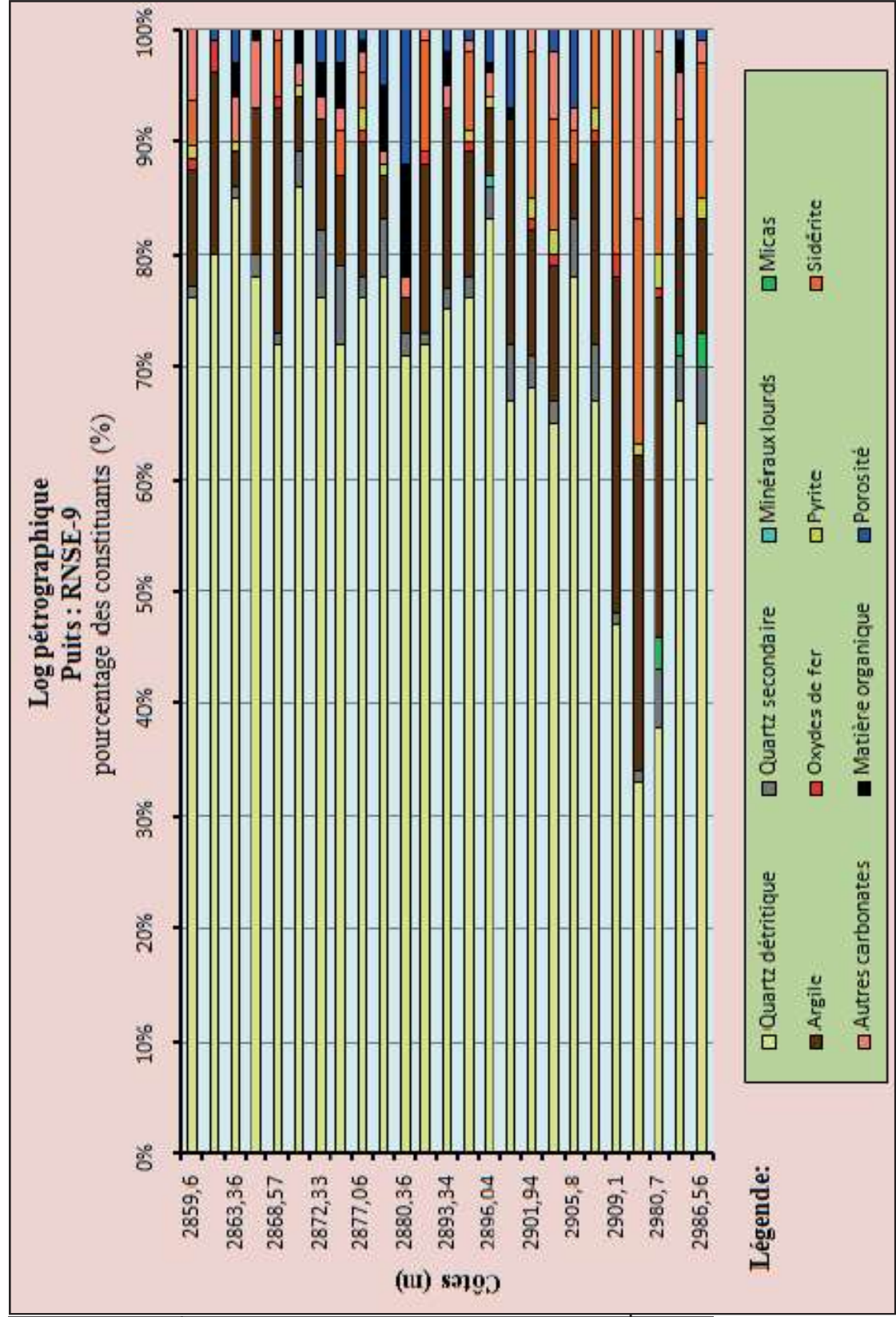
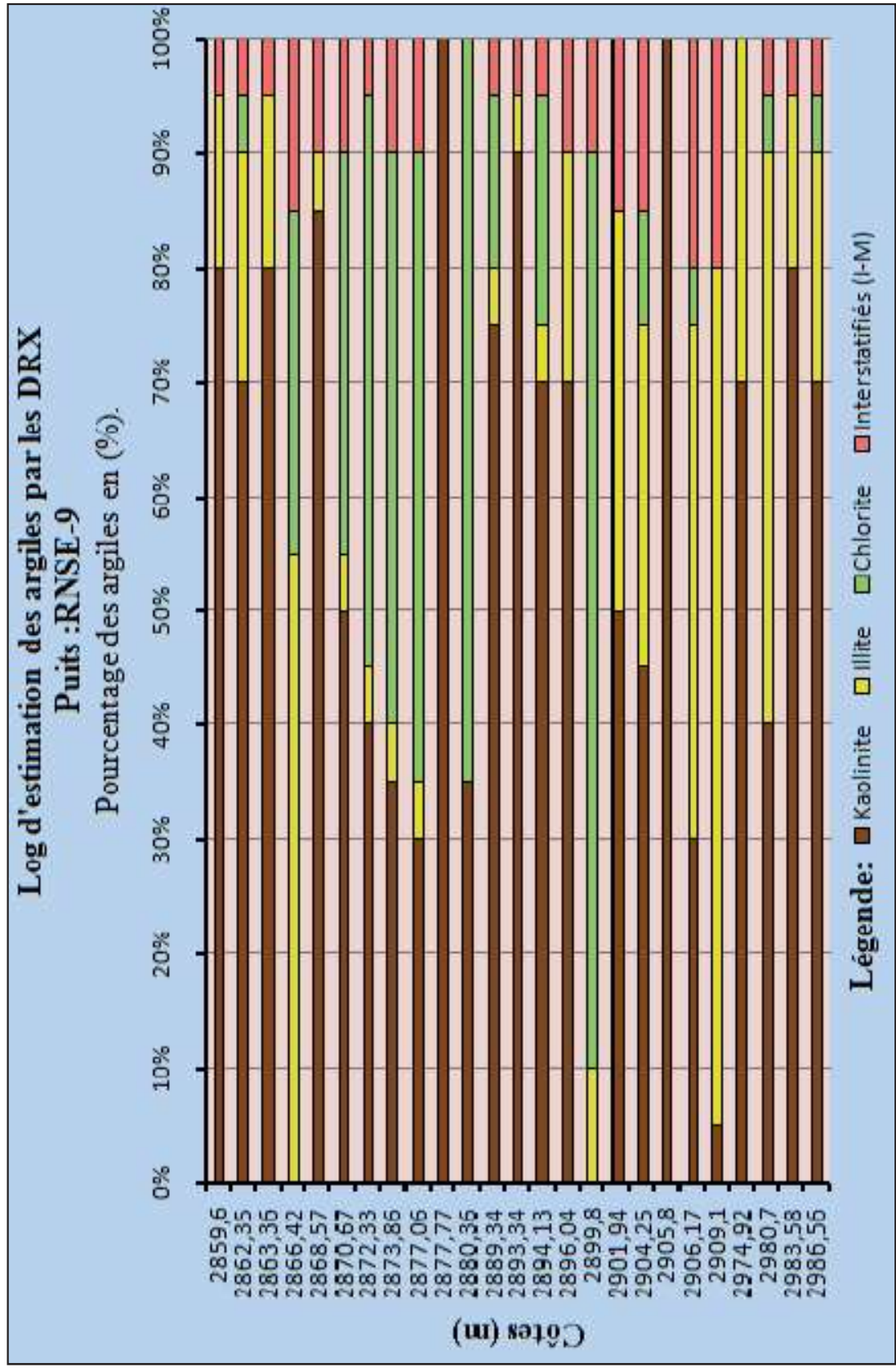


Figure 66 : Log pétrographique du puits RNSE-9.



|           |          |
|-----------|----------|
| FORMATION | AGE      |
| A2        | SILURIEN |
| TAGI      | TRIAS    |

Figure 67 : Log d'estimation des argiles par la diffractométrie des rayons X du puits :RNSE-9.



| Cotes (m) | Granu. (mm) |          | Texture  |                | Morphoscopie | Contacta   |          |                 |          | Composants Pétrographiques (%) |                 |                   |                   |            |                 |       |        |               |           |        |         | Parcels échant. |                   |                   |
|-----------|-------------|----------|----------|----------------|--------------|------------|----------|-----------------|----------|--------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|-------|--------|---------------|-----------|--------|---------|-----------------|-------------------|-------------------|
|           | e.Max       | e.Moy    | Mode     | Classification |              |            |          |                 |          |                                | Débris de roche | Quartz détritique | Quartz secondaire | Feldspaths | Minéraux lourds | Micas | Argile | Oxydes de fer | Amphibole | Pyrite | Sulfure |                 | Autres Carbonates | Matière organique |
|           |             |          |          |                |              |            | Flotante | Droit/Ingenieur | Ponctuel | Concave-concave                |                 |                   |                   |            |                 |       |        |               |           |        |         |                 |                   |                   |
| 2765.87   | 0.525000    | 0.275000 | 0.250000 | BI             | Mv           | SAN        | A        | R               | P        |                                | 80              | 6                 |                   |            |                 | 3     | 1      |               | Tr        | 3      |         |                 |                   | 7                 |
| 2767.12   | 0.625000    | 0.400000 | 0.250000 | BI             | Mv           | SAN-SAR    | A        | R               | P        |                                | 69              | 7                 | 1                 |            |                 | 3     | 1      | 3             |           | 2      |         |                 |                   | 8                 |
| 2774.2    | 0.625000    | 0.425000 | 0.250000 | BI             | Mv           | SAN-SAR    | A        | R               | P        |                                | 81              | 9                 |                   | Tr         |                 | 4     | Tr     |               | Tr        | 3      |         |                 |                   | 3                 |
| 2777.62   | 0.625000    | 0.300000 | 0.150000 | BI             | M            | AR-SAN     | A        | R               | P        |                                | 74              | 2                 |                   | Tr         |                 | 3     | 2      |               |           | 7      | 7       |                 |                   | Tr                |
| 2782.74   | 0.800000    | 0.400000 | 0.150000 | BI             | Mv           | SAN-SAR    | A        | R               | P        |                                | 77              | 4                 |                   |            | Tr              | 6     | Tr     |               | 10        |        |         |                 |                   | 3                 |
| 2784.7    | 0.400000    | 0.200000 |          | UNI            | B            | AR-SAR     | A        | R               | P        |                                | 79              | 3                 |                   | Tr         | 1               | 3     | 2      |               | 5         |        |         | 1               |                   | Tr                |
| 2785.15   | 0.425000    | 0.325000 | 0.175000 | BI             | Mv           | SAN-SAR    | A        | R               | P        |                                | 80              | 2                 | Tr                | 1          | 1               | 3     | 3      |               | 4         |        |         |                 |                   | Tr                |
| 2787.11   | 0.675000    | 0.500000 | 0.250000 | BI             | M            | SAN-SAR    | A        | R               | P        |                                | 63              | 3                 |                   |            |                 | 10    | 1      |               | 12        | 10     |         |                 |                   | 1                 |
| 2788.65   | 0.525000    | 0.325000 | 0.175000 | BI             | Mv           | SAN-SAR    | A        | R               | P        |                                | 79              | 3                 |                   |            |                 | 7     |        | 1             |           | 10     |         |                 |                   | Tr                |
| 2801.02   | 0.400000    | 0.200000 |          | UNI            | B            | AR-SAN-SAR | A        | R               | P        |                                | 73              | 2                 |                   | Tr         | 12              | Tr    |        | 1             | 7         |        |         |                 |                   | 0                 |
| 2805.8    | 0.450000    | 0.350000 | 0.225000 | BI             | Mv           | SAN        | A        | R               | P        |                                | 77              | 4                 |                   |            |                 | 7     | Tr     |               | Tr        | 7      |         | Tr              |                   | 5                 |
| 2811.36   | 0.750000    | 0.300000 |          | UNI            | D            | DAN-SAR    | A        | R               | P        |                                | 71              | 3                 |                   | 1          |                 | 8     | 1      |               | 3         | 10     | 3       | Tr              |                   | Tr                |
| 2813.39   | 0.625000    | 0.500000 | 0.250000 | BI             | Mv           | SAN-SAR    | A        | R               | P        |                                | 79              | 4                 |                   |            |                 | 8     |        |               | Tr        | 1      |         | Tr              |                   | 8                 |
| 2826.82   | 0.425000    | 0.300000 | 0.225000 | BI             | Mv           | SAN-SAR    | A        | R               | P        |                                | 83              | 6                 |                   |            |                 | 6     | Tr     |               | 1         | 2      | Tr      |                 |                   | 2                 |
| 2836.06   | 0.750000    | 0.325000 | 0.175000 | BI             | Mv           | SAN-SAR    | A        | R               | P        |                                | 76              | 3                 |                   |            |                 | 8     | Tr     |               | Tr        | 8      | 5       | Tr              |                   | 0                 |
| 2848.06   | 0.375000    | 0.300000 | 0.200000 | BI             | Mv           | SAN-SAR    | A        | R               | P        |                                | 69              | 3                 |                   |            |                 | 8     |        | 4             | Tr        | 14     |         | Tr              |                   | 2                 |
| 2849.2    | 0.300000    | 0.250000 |          | UNI            | Mv           | AR         | A        | R               | P        |                                | 63              | 0                 |                   |            |                 | 10    | 1      | 3             | 1         | 10     | 3       | Tr              |                   | 3                 |
| 2851.75   | 0.375000    | 0.250000 |          | UNI            | B            | SAN-SAR    | A        | R               | P        |                                | 74              | 4                 |                   |            |                 | 9     |        |               | Tr        | 6      | 0       | Tr              |                   | 7                 |
| 2853.62   | 0.350000    | 0.325000 | 0.225000 | BI             | Mv           | SAN-SAR    | A        | R               | P        |                                | 78              | 3                 |                   |            |                 | 4     | Tr     |               | Tr        | 15     | 0       |                 |                   | 8                 |
| 2857.35   | 0.350000    | 0.325000 | 0.225000 | BI             | Mv           | SAN-SAR    | A        | R               | P        |                                | 76              | 2                 |                   |            |                 | 6     |        |               | Tr        | 16     |         |                 |                   | 0                 |

TM: très mal classé  
 M: mal classé  
 Mv: moyennement classé  
 B: bien classé  
 TB: très bien classé

SAR: sub-arrondi  
 AR: arrondi  
 SAN: sub-anguleux  
 AR: anguleux  
 UNI: unimodale  
 BI: bimodale

A: abondant  
 F: fréquent  
 P: présent  
 R: rare  
 Tr: trace

Tableau 07 : Résultat d'analyse pétrographique du puits RNSE-1.



| Côtes (m) | Kaolinite | Illite | Chlorite | Interstratifiés (I-M) | Somme des argiles | Somme d'argile+indosés |
|-----------|-----------|--------|----------|-----------------------|-------------------|------------------------|
| 2859,6    | 80        | 15     | tr       | 5                     | 100               | 12                     |
| 2862,35   | 70        | 20     | 5        | 5                     | 100               | 12                     |
| 2863,36   | 80        | 15     | tr       | 5                     | 100               | 4                      |
| 2866,42   |           | 55     | 30       | 15                    | 100               | 7                      |
| 2868,57   | 85        | 5      |          | 10                    | 100               | 17                     |
| 2870,67   | 50        | 5      | 35       | 10                    | 100               | 7                      |
| 2872,33   | 40        | 5      | 50       | 5                     | 100               | 8                      |
| 2873,86   | 35        | 5      | 50       | 10                    | 100               | 9                      |
| 2877,06   | 30        | 5      | 55       | 10                    | 100               | 10                     |
| 2877,77   | 100       | tr     |          | tr                    | 100               | 5                      |
| 2880,36   | 35        | tr     | 65       | tr                    | 100               | 4                      |
| 2889,34   | 75        | 5      | 15       | 5                     | 100               | 12                     |
| 2893,34   | 90        | 5      | tr       | 5                     | 100               | 10                     |
| 2894,13   | 70        | 5      | 20       | 5                     | 100               | 10                     |
| 2896,04   | 70        | 20     | tr       | 10                    | 100               | 4                      |
| 2899,8    |           | 10     | 80       | 10                    | 100               | 10                     |
| 2901,94   | 50        | 35     | tr       | 15                    | 100               | 7                      |
| 2904,25   | 45        | 30     | 10       | 15                    | 100               | 7                      |
| 2905,8    | 100       |        |          |                       | 100               | 3                      |
| 2906,17   | 30        | 45     | 5        | 20                    | 100               | 7                      |
| 2909,1    | 5         | 75     | tr       | 20                    | 100               | 7                      |
| 2974,92   | 70        | 30     |          |                       | 100               | 16                     |
| 2980,7    | 40        | 50     | 5        | 5                     | 100               | 59                     |
| 2983,58   | 80        | 15     | tr       | 5                     | 100               | 7                      |
| 2986,56   | 70        | 20     | 5        | 5                     | 100               | 8                      |

tr : trace.

**Tableau 08 : Résultat d'estimation semi-quantitative des argiles du puits : RNSE-1**

| Côtes (m) | Granu. (mm) |       | Texture |            | Composants Pétrographiques (%) |          |               |          |                 |                 |                   |                   |            |                 |       |        |               |           |        |          |                  |                   |                  |
|-----------|-------------|-------|---------|------------|--------------------------------|----------|---------------|----------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|-------|--------|---------------|-----------|--------|----------|------------------|-------------------|------------------|
|           | G.Max       | G.Moy | Mode    | Classement | Morphoscopie                   | Contacts |               |          |                 | Débris de roche | Quartz détritique | Quartz secondaire | Feldspaths | Minéraux lourds | Micas | Argile | Oxydes de fer | Anhydrite | pyrite | Sidérite | Autres Carbonate | Matière organique | Porosité estimée |
|           |             |       |         |            |                                | Flottant | Droit/ angent | Ponctuel | Concavo-convexe |                 |                   |                   |            |                 |       |        |               |           |        |          |                  |                   |                  |
| 2933.82   | 0.625       | 0.315 | UNI     | B-Mj       | SAR                            |          | A             | F        | P               |                 | 89                | 5                 |            | Tr              | 1     | 3      | Tr            |           | 1      | 1        |                  |                   | Tr               |
| 2937.41   | 0.400       | 0.200 | BI      | Mj-M       | SAN-SAR                        |          | A             |          |                 |                 | 70                | 2                 | Tr         |                 |       | 25     | 3             |           | Tr     |          |                  |                   |                  |
| 2940.81   | 0.425       | 0.325 | UNI     | M          | AR                             | F        | P             | A        | R               |                 | 88                | 2                 |            | Tr              |       | 10     | Tr            |           | Tr     |          |                  |                   |                  |
| 2946.41   | 0.475       | 0.380 | BI      | M          | SAR                            |          | A             |          | F               |                 | 73                | 4                 |            |                 |       | 9      | Tr            |           | 1      | 8        | 3                |                   | 2                |
| 2947.63   | 0.370       | 0.190 | UNI     | B          | SAN-SAR                        |          | A             |          | F               | P               | 83                | 8                 | 1          |                 | 6     | Tr     |               |           | 1      | 1        |                  |                   | Tr               |
| 2948.91   | 0.775       | 0.375 | BI      | M          | SAN-SAR                        |          | A             |          | P               |                 | 75                | 6                 | Tr         |                 | 8     | 1      | Tr            | 7         | 1      | 2        |                  |                   | Tr               |
| 2955.26   | 0.475       | 0.300 | UNI     | B-Mj       | SAN-SAR                        |          | A             | P        |                 |                 | 78                | 4                 |            |                 | 7     | Tr     |               | 1         | 7      | 2        |                  |                   | 1                |
| 2964.35   | 0.300       | 0.190 | UNI     | Mj         | SAN-SAR                        | A        | P             | F        |                 |                 | 76                | 3                 | Tr         |                 | 8     | Tr     |               | 1         | 8      | 4        |                  |                   |                  |
| 2965.34   | 0.240       | 0.170 | UNI     | M          | SAN-SAR                        | F        | A             | P        |                 |                 | 76                | 5                 | Tr         |                 | 13    | Tr     |               | 1         | 2      |          |                  |                   | 3                |
| 2970.36   | 0.500       | 0.400 | BI      | Mj-M       | SAR-SAR                        | F        | P             | A        | R               |                 | 75                | 3                 | 1          |                 | 13    | 1      |               | Tr        | 5      | 2        |                  |                   | 1                |
| 2971.5    | 0.260       | 0.140 | BI      | B          | SAR-SAN                        |          | A             | R        | F               |                 | 84                | 5                 | 1          | Tr              |       | 7      | Tr            |           | 1      | Tr       |                  |                   | 2                |
| 2978.6    | 0.625       | 0.300 | BI      | Mj-M       | SAN-SAR                        | A        | R             | F        |                 | 3               | 65                | 1                 | Tr         |                 | 25    | 1      |               | 1         | 5      |          | Tr               |                   | Tr               |
| 2982.76   | 0.375       | 0.250 | UNI     | B-Mj       | SAN-SAR                        | A        | F             | F        |                 |                 | 74                | 4                 | Tr         |                 | 15    | 1      |               | Tr        | 3      | 1        |                  |                   | 1                |
| 2992.74   | 0.625       | 0.475 | UNI     | B-Mj       | SAR-SAN                        |          | A             | P        | F               |                 | 82                | 4                 | Tr         |                 | 13    | Tr     |               | Tr        | Tr     |          |                  |                   | 1                |
| 2994.43   | 0.100       | 0.750 | UNI     | B-Mj       | SAR                            |          | A             | F        |                 | 6               | 75                | 7                 | Tr         |                 | 8     |        |               | 1         |        |          |                  |                   | 3                |
| 2996.48   | 0.330       | 0.180 | UNI     | B-Mj       | SAR-SAN                        | A        | P             | F        | R               |                 | 76                | 4                 | 1          |                 | 8     | 1      |               | 1         | 7      | 2        |                  |                   | Tr               |
| 2998.08   | 0.380       | 0.130 | UNI     | B-Mj       | SAR-SAN                        |          | A             | P        | F               |                 | 72                | 10                | Tr         |                 | 4     | 2      |               | Tr        | 9      |          |                  |                   | 2                |
| 2999.54   | 0.725       | 0.325 | UNI     | Mj         | SAR-SAN                        | F        | P             | A        |                 |                 | 73                | 3                 | Tr         |                 | 7     | 2      |               | Tr        | 15     | 0        | Tr               |                   | Tr               |
| 3002.5    | 0.400       | 0.170 | UNI     | B          | SAR                            | R        | A             | F        |                 |                 | 74                | 4                 | Tr         |                 | 10    | 1      |               | Tr        | 9      |          |                  |                   | 2                |
| 3010.68   | 0.300       | 0.500 | UNI     | B          | SAR                            |          | P             | F        |                 |                 | 75                | 3                 |            | 2               | 10    | 1      |               | Tr        | 10     | 2        | Tr               |                   | 1                |
| 3012.52   | 0.130       | 0.040 | BI      | Mj-M       | SAN-SAR                        |          | A             |          | P               |                 | 70                | 3                 |            |                 | 2     | 15     | 1             |           | Tr     | 7        |                  |                   | 2                |
| 3013.58   | 0.425       | 0.100 | BI      | Mj-M       | SAR-SAN                        | A        |               | F        |                 |                 | 64                | 5                 | Tr         | 1               | 10    | 2      |               | Tr        | 12     | 3        | Tr               |                   | 3                |
| 3016.61   | 0.775       | 0.225 | UNI     | Mj         | SAN-SAR                        | R        |               | A        | R               |                 | 75                | 3                 | Tr         |                 | 7     |        |               | 1         | 10     |          | 4                |                   | Tr               |
| 3019.76   | 0.450       | 0.275 | UNI     | Mj-M       | R-SAR-SAR                      | R        | P             | F        |                 |                 | 69                | 2                 |            |                 | Tr    | 5      | 1             |           | Tr     | 17       | 3                | Tr                | 3                |
| 3022.08   | 0.425       | 0.150 | UNI     | Mj-M       | SAN-SAR                        | F        |               | F        |                 |                 | 67                | 2                 |            |                 | 6     | Tr     |               |           | Tr     | 20       | 5                |                   | Tr               |
| 3023.37   | 0.500       | 0.175 | UNI     | B          | SAN-SAR                        | R        | A             | F        |                 |                 | 82                | 3                 | Tr         |                 | 10    |        |               | 1         | 2      | 1        |                  |                   | 1                |

TM: très mal classé

M: mal classé

Mj: moyennement classé

B: bien classé

TB: très bien classé

SAR: sub-arrondi

AR: arrondi

SAN: sub-anguleux

AN: anguleux

UNI: unimodale

BI: bimodale

A: abondant

F: fréquent

P: présent

R: rare

Tr: trace

Tableau 09 : Résultat d'analyse pétrographique du puits RNSE-3.

| Côtes (m) | Kaolinite | Illite | Chlorite | Interstratifiés (I-M) | Somme des argiles | Somme d'argile+indosés |
|-----------|-----------|--------|----------|-----------------------|-------------------|------------------------|
| 2933,82   |           | 90     | tr       | 10                    | 100               | 5                      |
| 2937,41   | 90        | 5      | tr       | 5                     | 100               | 10                     |
| 2940,81   | 70        | 10     | 5        | 15                    | 100               | 10                     |
| 2946,41   | 80        | 5      | 5        | 10                    | 100               | 8                      |
| 2947,63   | 95        |        | 5        |                       | 100               | 3                      |
| 2948,91   | 100       | tr     |          | tr                    | 100               | 4                      |
| 2955,26   | 95        | 5      | tr       | tr                    | 100               | 9                      |
| 2964,35   | 95        | tr     | tr       | 5                     | 100               | 6                      |
| 2965,34   | 95        | tr     | 5        | tr                    | 100               | 4                      |
| 2970,36   | 45        | 25     | 10       | 20                    | 100               | 5                      |
| 2971,5    | tr        | tr     | tr       | tr                    | 0                 | 4                      |
| 2978,6    | 50        | 20     | 10       | 20                    | 100               | 10                     |
| 2982,76   | 35        | 35     | 10       | 20                    | 100               | 9                      |
| 2992,74   | 85        | tr     | 10       | 5                     | 100               | 6                      |
| 2994,43   | 95        |        | 5        |                       | 100               | 4                      |
| 2996,48   | 85        | tr     | 10       | 5                     | 100               | 7                      |
| 2998,08   | tr        | tr     | tr       | tr                    | 0                 | 4                      |
| 2999,54   | 95        | tr     |          | 5                     | 100               | 8                      |
| 3002,5    | 80        | 10     | 5        | 5                     | 100               | 5                      |
| 3010,68   | 40        | 40     | 10       | 10                    | 100               | 10                     |
| 3012,52   | 40        | 45     | 10       | 5                     | 100               | 20                     |
| 3013,58   | 70        | 15     | 10       | 5                     | 100               | 26                     |
| 3016,61   | 95        |        | 5        |                       | 100               | 6                      |
| 3019,76   | 90        | 5      |          | 5                     | 100               | 11                     |
| 3022,08   | 100       |        |          |                       | 100               | 4                      |
| 3023,37   | 90        | tr     | 10       | tr                    | 100               | 6                      |

tr : trace.

**Tableau 10 : Résultat d'estimation semi-quantitative des argiles du puits : RNSE-3.**

| Cotes (m) | Granul. (mm) |       | Texture |            | Composants Pétrographiques (%) |          |                |          |                 |                 |                   |                   |            |                 | Porosité estimée |       |        |               |           |        |          |                  |                   |
|-----------|--------------|-------|---------|------------|--------------------------------|----------|----------------|----------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|------------------|-------|--------|---------------|-----------|--------|----------|------------------|-------------------|
|           | G.Max        | G.Moy | Mode    | Classement | Morphoscopie                   | Contacts |                |          |                 | Débris de roche | Quartz détritique | Quartz secondaire | Feldspaths | Minéraux lourds |                  | Micas | Argile | Oxydes de fer | Anhydrite | pyrite | Sidérite | Autres Carbonate | Matière organique |
|           |              |       |         |            |                                | Flottant | Droit/anguleux | Ponctuel | Concavo-convexe |                 |                   |                   |            |                 |                  |       |        |               |           |        |          |                  |                   |
| 2676,6    | 13,000       |       | UNI     | Myl        | SAR-SAN                        | A        |                |          |                 |                 | 67                | 1                 |            |                 |                  | 2     | Tr     |               | Tr        | Tr     | 30       |                  |                   |
| 2681,5    | 1,125        |       | UNI     | M          | SAR-SAN                        | A        | F              |          |                 |                 | 71                | 1                 |            | Tr              |                  | 28    |        |               | Tr        |        | Tr       |                  |                   |
| 2685,6    | 0,600        |       | UNI     | M          | SAR-SAN                        |          | A              | R        |                 |                 | 84                | 2                 |            | Tr              |                  | 12    | Tr     |               | Tr        | Tr     | 2        | Tr               |                   |
| 2687,3    | 1,350        |       | UNI     | TM         | SAN-SAR                        |          | A              | F        |                 |                 | 70                | 4                 |            | Tr              |                  | 23    |        |               | Tr        |        | 3        | Tr               |                   |
| 2689,1    | 0,625        |       | UNI     | M          | SAR                            |          | F              | A        |                 |                 | 80                | 2                 |            | Tr              |                  | 11    | Tr     |               | 2         | 2      | 1        |                  |                   |
| 2727,3    | 0,950        |       | UNI     | Myl        | SAN-AR                         |          | F              | A        | P               |                 | 75                | 2                 |            | 1               |                  | 7     |        |               | Tr        |        | 15       | Tr               |                   |
| 2730,4    | 1,250        |       | UNI     | TM         | SAN-SAR-AR                     | A        |                | F        |                 |                 | 55                | 4                 |            |                 | Tr               | 29    | 1      |               | 1         | 3      | 5        | 2                |                   |
| 2731,6    | 2,000        |       | UNI     | Myl        | SAN-SAR-AR                     |          |                | A        | F               |                 | 75                | 3                 |            |                 | Tr               | 11    | Tr     |               | Tr        | Tr     | 2        | 2                |                   |
| 2732,2    | 0,500        |       | UNI     | Myl        | SAR                            |          | A              | F        |                 |                 | 70                | 1                 |            | 1               |                  | 8     |        |               | Tr        | 20     | Tr       | Tr               |                   |
| 2738,8    | 0,325        |       | UNI     | Myl        | SAN-SAR                        |          | F              | A        | R               |                 | 76                | 10                |            |                 | 1                | 5     | 1      |               | 1         | 5      | 1        |                  |                   |
| 2742,6    | 0,300        |       | UNI     | M          | SAN-SAR                        |          | F              | A        | F               |                 | 76                | 1                 |            |                 | 1                | 14    | Tr     |               | 1         | 1      | 3        | 3                |                   |
| 2747,3    | 0,500        | 0,125 | BI      | M          | SAN-SAR                        |          |                | F        |                 |                 | 67                | 2                 |            | Tr              |                  | 10    |        |               | 1         |        | 20       | 2                |                   |
| 2749,4    | 0,750        |       | UNI     | Myl        | SAN                            |          | F              | A        |                 |                 | 73                | 5                 |            | 1               | Tr               | 12    | 1      |               | 2         | Tr     |          | 6                |                   |
| 2758,5    | 0,550        |       | UNI     | M          | SAN-SAR                        |          | A              | F        | R               |                 | 69                | 2                 |            | Tr              |                  | 13    |        |               | 1         |        | 12       | 3                |                   |
| 2761,6    | 0,500        |       | UNI     | M          | SAN-SAR                        |          | A              |          |                 |                 | 68                | 3                 |            | Tr              |                  | 8     | Tr     |               | 1         | Tr     | 20       | Tr               |                   |
| 2766,3    | 0,700        |       | UNI     | B          | SAN-SAR-AR                     |          | F              | A        |                 |                 | 70                | 2                 |            |                 |                  | 5     | Tr     |               | 1         | Tr     | 20       | 1                |                   |
| 2767,4    | 0,425        |       | UNI     | B          | SAN-SAR                        |          | A              | F        |                 |                 | 70                | 5                 |            | Tr              |                  | 15    |        |               | 1         |        | 5        | 4                |                   |
| 2777      | 0,250        |       | UNI     | Myl        | AN-SAN-SAR                     |          | F              | P        |                 |                 | 60                |                   |            |                 |                  | 32    |        |               | 1         |        | Tr       | 4                |                   |
| 2788,4    | 0,375        |       | UNI     | Myl        | SAN                            | A        | P              | F        |                 |                 | 69                |                   |            |                 | 8                | 20    | 1      |               | Tr        | 2      |          | Tr               |                   |
| 2791,9    | 0,400        |       | UNI     | Myl        | SAN-SAR                        |          | A              | F        | P               |                 | 68                | 3                 |            |                 |                  | 6     |        |               | 1         |        | 20       | 2                |                   |
| 2807,5    | 0,275        |       | UNI     | M          | SAN-SAR                        |          | A              | F        |                 |                 | 65                |                   |            |                 | 5                | 25    | Tr     |               |           |        | 1        | 4                |                   |
| 2810,7    | 0,225        |       | UNI     | M          | SAN-SAR                        | A        | F              |          |                 |                 | 73                |                   |            |                 | 4                | 20    | Tr     |               | 1         |        |          | Tr               |                   |
| 2811,85   | 0,375        |       | UNI     | Myl        | SAR                            |          | A              | F        | R               |                 | 76                | 3                 |            | Tr              | 8                | 8     | Tr     |               | 1         | Tr     | 3        | 1                |                   |

TM: très mal classé  
M: mal classé  
Myl: moyennement classé  
B: bien classé  
TB: très bien classé

SAR: sub-arrondi  
AR: arrondi  
SAN: sub-anguleux  
AN: anguleux  
UNI: unimodale  
BI: bimodale

A: abondant  
F: fréquent  
P: présent  
R: rare  
Tr: trace

TM: très mal classé  
 M: mal classé  
 My: moyennement classé  
 B: bien classé  
 TB: très bien classé

SAR: sub-arrondi  
 AR: arrondi  
 SAN: sub-anguleux  
 AN: anguleux  
 UNI: unimodale  
 BI: bimodale

A: abondant  
 F: fréquent  
 P: présent  
 R: rare  
 Tr: trace

Tableau 11 : Résultat d'analyse pétrographique du puits RNSE-8.

| Côtes (m) | Kaolinite | Illite | Chlorite | Interstratifiés (I-M) | Somme des argiles | Somme d'argile+indosés |
|-----------|-----------|--------|----------|-----------------------|-------------------|------------------------|
| 2676,56   | 100       |        |          |                       | 100               | 4                      |
| 2681,45   | 65        | 15     | 10       | 10                    | 100               | 22                     |
| 2685,56   | 30        | 5      | 55       | 10                    | 100               | 10                     |
| 2687,28   | 5         | 5      | 85       | 5                     | 100               | 18                     |
| 2689,05   | 75        | 5      | 10       | 10                    | 100               | 12                     |
| 2727,33   | 80        | 5      | 10       | 5                     | 100               | 7                      |
| 2730,35   | 75        | 15     | 5        | 5                     | 100               | 45                     |
| 2731,6    | 75        | 5      | 10       | 10                    | 100               | 15                     |
| 2732,16   | 70        | 15     | 5        | 10                    | 100               | 8                      |
| 2738,82   | 35        | 30     | 35       | tr                    | 100               | 6                      |
| 2742,6    | 55        | 25     | 10       | 10                    | 100               | 12                     |
| 2747,3    | 45        | 40     | 5        | 10                    | 100               | 30                     |
| 2749,4    |           | tr     | tr       | tr                    | 0                 | 4                      |
| 2761,61   | 95        | tr     | 5        | tr                    | 100               | 4                      |
| 2766,33   | 85        | 10     | tr       | 5                     | 100               | 10                     |
| 2767,38   | 85        | 5      | 5        | 5                     | 100               | 4                      |
| 2776,95   | 25        | 55     | 15       | 5                     | 100               | 25                     |
| 2788,36   | 25        | 50     | 20       | 5                     | 100               | 26                     |
| 2791,92   | 80        | 5      | 5        | 10                    | 100               | 15                     |
| 2807,5    | 25        | 50     | 20       | 5                     | 100               | 30                     |
| 2810,73   | 15        | 50     | 30       | 5                     | 100               | 25                     |
| 2811,85   | 10        | 50     | 35       | 5                     | 100               | 15                     |

tr : trace.

**Tableau 12 : Résultat d'estimation semi-quantitative des argiles du puits : RNSE-8.**



| Cotes (m) | Granu. (mm) |       | Texture |            | Composants Pétrographiques (%) |          |                |          |                 |        |                 |                   |                   |            |                 |       |        |               | Porosité estimée |           |        |          |                  |                   |
|-----------|-------------|-------|---------|------------|--------------------------------|----------|----------------|----------|-----------------|--------|-----------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|-------|--------|---------------|------------------|-----------|--------|----------|------------------|-------------------|
|           | G.Max       | G.Moy | Mode    | Classement | Morphoscopie                   | Contacts |                |          |                 |        | Débris de roche | Quartz détritique | Quartz secondaire | Feldspaths | Minéraux lourds | Micas | Argile | Oxydes de fer |                  | Anhydrite | pyrite | Sidérite | Autres Carbonate | Matière organique |
|           |             |       |         |            |                                | Flottant | Droit/anguleux | Ponctuel | Concavo-convexe | Suture |                 |                   |                   |            |                 |       |        |               |                  |           |        |          |                  |                   |
| 2859.6    | 0,375       | 0,125 | UNI     | M          | SAR-SAN                        |          | F              | A        |                 |        | 73              | 1                 |                   |            |                 | 10    | 1      |               | 1                | 4         | 6      |          | Tr               |                   |
| 2862.4    | 0,175       | 0,750 | UNI     | M          | SAN-SAR                        |          | A              |          |                 |        | 80              |                   |                   |            |                 | 16    | 3      |               |                  |           |        |          | 1                |                   |
| 2863.4    | 0,400       | 0,175 | UNI     | M          | SAR                            |          | A              |          |                 |        | 85              | 1                 |                   | Tr         |                 | 3     |        |               | 1                | Tr        | 4      | 3        | 3                |                   |
| 2866.4    | 1,000       | 0,225 | UNI     | TM         | SAR-SAN                        |          |                |          | A               | F      |                 | 2                 |                   | Tr         |                 | 13    |        |               | Tr               |           | 6      | 1        |                  |                   |
| 2868.6    | 0,500       | 0,125 | UNI     | M          | SAR-SAN                        | A        |                |          |                 |        | 72              | 1                 |                   |            |                 | 20    | 1      |               | Tr               | 5         | 1      |          | Tr               |                   |
| 2870.7    | 0,350       | 0,175 | UNI     | TM         | SAN-SAR                        |          | A              |          |                 |        | 86              | 3                 |                   | Tr         |                 | 5     | Tr     |               | 1                | Tr        | 2      | 3        | Tr               |                   |
| 2872.3    | 1,000       | 0,375 | UNI     | TM         | SAN-SAR                        |          | A              |          | F               |        | 76              | 6                 |                   |            |                 | 10    | Tr     |               | Tr               |           | 2      | 3        | 3                |                   |
| 2873.9    | 1,000       | 0,350 | UNI     | M          | SAR                            |          | A              |          |                 |        | 72              | 7                 |                   |            |                 | 8     | Tr     |               | Tr               | 4         | 2      | 4        | 3                |                   |
| 2877.1    | 0,250       | 0,100 | UNI     | M          | SAN                            |          | A              |          |                 |        | 76              | 2                 |                   | Tr         | Tr              | 12    | 1      |               | 2                | 3         | 2      | 1        | 1                |                   |
| 2877.8    | 1,750       | 0,300 | UNI     | M          | SAR                            |          | A              |          | F               |        | 78              | 5                 |                   | Tr         |                 | 4     | Tr     |               | 1                |           | 1      | 6        | 5                |                   |
| 2880.4    | 0,575       | 0,200 | UNI     | Mg         | SAR                            |          | A              |          | F               |        | 71              | 2                 |                   |            |                 | 3     | Tr     |               |                  |           | 2      | 10       | 12               |                   |
| 2889.3    | 0,500       | 0,125 | UNI     | M          | SAR-SAN                        |          | A              | F        |                 |        | 72              | 1                 |                   | Tr         |                 | 15    | 1      |               | Tr               | 10        | 1      |          |                  |                   |
| 2893.3    | 0,750       | 0,250 | BI      | TM         | SAN                            |          | A              |          |                 |        | 75              | 2                 |                   | Tr         | Tr              | 16    | Tr     |               | Tr               |           | 2      | 3        | 2                |                   |
| 2894.1    | 0,500       | 0,200 | UNI     | Mg         | SAN-SAR                        |          | A              |          | F               |        | 76              | 2                 |                   | Tr         | Tr              | 11    | 1      |               | 1                | 7         | 1      |          | 1                |                   |
| 2896      | 0,275       | 0,175 | UNI     | Mg         | SAR                            |          | F              |          | A               | F      | 83              | 3                 |                   | 1          |                 | 6     | Tr     |               | 1                |           | 2      | 1        | 3                |                   |
| 2899.8    | 0,450       | 0,125 | UNI     | M          | SAN-SAR                        |          | A              |          |                 |        | 67              | 5                 |                   | Tr         |                 | 20    | Tr     |               | Tr               |           |        | 1        | 7                |                   |
| 2901.9    | 0,300       | 0,075 | UNI     | M          | AR-SAN-SAR                     |          | A              | A        |                 |        | 68              | 3                 |                   | Tr         | Tr              | 11    | 1      |               | 2                | 13        | 2      |          | Tr               |                   |
| 2904.3    | 0,700       | 0,125 | UNI     | M          | SAN-SAR                        |          | A              |          |                 |        | 65              | 2                 |                   |            | Tr              | 12    | 1      |               | 2                | 10        | 6      |          | 2                |                   |
| 2905.8    | 0,750       | 0,200 | UNI     | M          | SAR-AR                         |          | F              |          | A               | F      | 78              | 5                 |                   |            |                 | 5     | Tr     |               | Tr               | 3         | 2      |          | 7                |                   |
| 2906.2    | 0,350       | 0,150 | UNI     | M          | SAN-SAR                        |          | F              | A        |                 |        | 67              | 5                 |                   |            |                 | 18    | 1      |               | 2                | 7         |        |          | Tr               |                   |
| 2909.1    | 1,225       | 0,175 | UNI     | M          | SAN-SAR-AR                     | A        |                |          |                 |        | 47              | 1                 |                   |            |                 |       | 30     | 2             |                  | 20        |        |          |                  |                   |
| 2974.9    | 0,425       | 0,250 | UNI     | B          | SAR-AR                         |          |                | A        |                 |        | 33              | 1                 |                   |            | Tr              | 28    | Tr     |               | 1                | 20        | 17     |          |                  |                   |
| 2980.7    | 0,125       | 0,075 | UNI     | M          | SAR-AR                         |          | A              |          | F               |        | 38              | 5                 |                   |            |                 | 3     | 30     | 1             |                  | 3         | 18     | 2        |                  |                   |
| 2983.6    | 0,325       | 0,125 | UNI     | Mg         | SAN-SAR                        |          | A              |          | F               |        | 67              | 4                 |                   | Tr         | 2               | 10    | Tr     |               | Tr               | 9         | 4      | 3        | 1                |                   |
| 2986.6    | 0,325       | 0,100 | UNI     | Mg         | SAN-SAR                        |          |                |          | A               | F      | 65              | 5                 |                   |            | 3               | 10    |        |               | 2                | 12        | 2      |          | 1                |                   |

TM: très mal classé

M: mal classé

Mg: moyennement classé

B: bien classé

TB: très bien classé

SAR: sub-arrondi

AR: arrondi

SAN: sub-anguleux

AN: anguleux

UNI: unimodale

BI: bimodale

A: abondant

F: fréquent

P: présent

R: rare

Tr: trace

Tableau 13 : Résultat d'analyse pétrographique du puits RNSE-9.

| Côtes (m) | Kaolinite | Illite | Chlorite | Interstratifiés (I-M) | Somme des argiles | Somme d'argile+indosés |
|-----------|-----------|--------|----------|-----------------------|-------------------|------------------------|
| 2859,6    | 80        | 15     | tr       | 5                     | 100               | 12                     |
| 2862,35   | 70        | 20     | 5        | 5                     | 100               | 12                     |
| 2863,36   | 80        | 15     | tr       | 5                     | 100               | 4                      |
| 2866,42   |           | 55     | 30       | 15                    | 100               | 7                      |
| 2868,57   | 85        | 5      |          | 10                    | 100               | 17                     |
| 2870,67   | 50        | 5      | 35       | 10                    | 100               | 7                      |
| 2872,33   | 40        | 5      | 50       | 5                     | 100               | 8                      |
| 2873,86   | 35        | 5      | 50       | 10                    | 100               | 9                      |
| 2877,06   | 30        | 5      | 55       | 10                    | 100               | 10                     |
| 2877,77   | 100       | tr     |          | tr                    | 100               | 5                      |
| 2880,36   | 35        | tr     | 65       | tr                    | 100               | 4                      |
| 2889,34   | 75        | 5      | 15       | 5                     | 100               | 12                     |
| 2893,34   | 90        | 5      | tr       | 5                     | 100               | 10                     |
| 2894,13   | 70        | 5      | 20       | 5                     | 100               | 10                     |
| 2896,04   | 70        | 20     | tr       | 10                    | 100               | 4                      |
| 2899,8    |           | 10     | 80       | 10                    | 100               | 10                     |
| 2901,94   | 50        | 35     | tr       | 15                    | 100               | 7                      |
| 2904,25   | 45        | 30     | 10       | 15                    | 100               | 7                      |
| 2905,8    | 100       |        |          |                       | 100               | 3                      |
| 2906,17   | 30        | 45     | 5        | 20                    | 100               | 7                      |
| 2909,1    | 5         | 75     | tr       | 20                    | 100               | 7                      |
| 2974,92   | 70        | 30     |          |                       | 100               | 16                     |
| 2980,7    | 40        | 50     | 5        | 5                     | 100               | 59                     |
| 2983,58   | 80        | 15     | tr       | 5                     | 100               | 7                      |
| 2986,56   | 70        | 20     | 5        | 5                     | 100               | 8                      |

tr : trace.

**Tableau 14 : Résultat d'estimation semi-quantitative des argiles du puits : RNSE-9.**