

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur de la recherche scientifique

Université M'hamed Bougara Boumerdes
Faculté des hydrocarbures et de la chimie
Département Gisements miniers et pétroliers

جامعة بوقرة بومرداس
كلية المحروقات و الكيمياء
قسم حقول المعادن والمحروقات



MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Domaine : sciences et technologies

Filière : Hydrocarbures

Spécialité : Géologie Pétrolière

Thème

Etude sédimentologique, pétrographique et diagénétique de TAGS et de Quartzites de Hamra des puits 01 et 02 de la région de TOUGGOURT

Présenté par :

- BRIK Aziz
- AOUED Asaad

Publiques devant le jury composé de :

-BELHADI.M

MCA

Président

-KECIR.A

MAA

Examineur

-BELKACEMI.A

MCA

Encadrant

Année universitaire : 2023/2024

Dédicaces :

Je dédie ce travail :

À ma famille entière pour leur valorisation extrême de mes efforts.

À mon père **AHMED** qui m'était un support sur divers côtés.

D'une manière exceptionnelle, à ma mère qui je considère le seul soutien solide et
inébranlable.

À mes deux petites sœurs que dieu les protèges et à mon frère **AZZEDINE** que je respecte
beaucoup.

À mes oncles sans exception.

Particulièrement à mon oncle **RAMADHAN** qui m'a donné la base qui m'a ouvert une voie
claire dans mes études.

Pour tous mes compères de plus loin au plus proche. J'avoue ma gratitude à mon binôme pour
sa collaboration. Je dédie ainsi ce travail à tous mes amis.

BRIK Aziz

Dédicaces :

À mes chers parents bien-aimés,

Je les remercie pour leurs sacrifices, leur amour inconditionnel et leur soutien financier et moral. Leur présence et leurs efforts constants dans ma vie sont des trésors précieux. Je leur souhaite une vie longue et en bonne santé, et je les aime plus que tout.

À mes frères et sœurs,

Merci d'être toujours présents pour moi, de partager les rires, les larmes et les souvenirs. Votre amour et votre soutien me rendent plus fort chaque jour. Je suis infiniment reconnaissant de vous avoir dans ma vie.

À ma famille,

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude et mon amour sincère envers chaque membre qui fait partie de notre famille. Votre soutien inébranlable, votre affection inconditionnelle et votre présence précieuse ont une empreinte sur ce que je suis aujourd'hui. Je suis profondément reconnaissant d'avoir la chance d'appartenir à une famille aussi merveilleuse et aimante. Mon amour pour vous tous est infini.

À mon binôme,

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et ma gratitude envers lui pour son écoute attentive et son aide précieuse. Sa générosité et sa disponibilité ont fait de lui un partenaire exceptionnel

إلى روح شهداء فلسطين ومجاهديها الأشاوس

إيكم إهداء مفعم بالاحترام والتقدير لشهداء ومجاهدي غزة وفلسطين
"إلى الأرواح الطاهرة التي سقطت في ساحات العزة والشرف، إلى أبطال غزة وفلسطين الذين نقشوا بدمائهم معاني الحرية والمقاومة،
سلاماً على قلوب لا تعرف الانكسار، وأرواح صعّدت إلى السماء بعد أن زرعت على الأرض بذور الكرامة.
شهداؤنا، أتم الشعلة التي تضيء دروبنا نحو النصر، والمجاهدون أتم السيف الذي لا ينثني أمام الظلم. لأجلكم، سنبقى مخلصين
لل قضية، نتمسك بالأمل حتى تشرق شمس الحرية على أرض الأبطال. رحم الله الشهداء وأيد المجاهدين بنصر من عنده.
الحرية لفلسطين، والمجد للشهداء.

عواد أسعد

Remerciements :

Tout d'abord, nous exprimons notre gratitude envers ALLAH pour sa force et sa patience qui nous ont permis de rédiger notre mémoire de fin d'études. Nous sommes reconnaissants de sa présence constante dans nos vies, qui nous a aidés à surmonter les obstacles et à persévérer jusqu'à la fin. Sans son soutien et sa guidance, nous n'aurions pas réussi à atteindre ce jalon important de nos vies. Nous prions pour que ALLAH continue à nous guider et à nous bénir dans notre parcours académique et professionnel.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers Mme A. BELKACEMI, notre encadrante pour sa gentillesse et son soutien moral précieux tout au long de notre stage pratique. Sa présence bienveillante et ses conseils avisés ont grandement contribué à notre réussite et à notre développement académique.

Nous remercions aussi notre encadrant au niveau de CRD, Mr Z. HAMZA pour l'entretien de nos résultats et son évaluation permanente durant toute la période de stage.

Nous exprimons notre profonde gratitude envers tous les enseignants de l'Université M'Hamed Bougara Boumerdes qui ont joué un rôle essentiel dans notre apprentissage et dans l'acquisition de connaissances tout au long de notre parcours universitaire. Leur dévouement, leur expertise et leur engagement envers l'éducation ont grandement contribué à notre développement académique et personnel. Nous leur sommes reconnaissants pour leur soutien constant et pour avoir partagé avec nous leur savoir et leur passion pour leurs domaines d'expertise.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous nos amis que nous avons rencontrés tout au long de notre parcours académique. Leur présence et leur accompagnement dans notre vie ont été inestimables. Leur soutien, leur encouragement et leur amitié ont rendu notre expérience universitaire plus enrichissante et significative. Nous sommes reconnaissants d'avoir pu partager des moments précieux, des rires, des défis et des réussites avec eux. Leur amitié restera gravée dans nos souvenirs et nous les remercions chaleureusement d'avoir été présents à nos côtés.

Résumé :

La recherche pétrolière se distingue par l'outil descriptif et interprétatif. Dans notre étude, nous penchons sur un sujet d'actualité, qui se mène à propos de la région de Touggourt. Il est impératif de passer par une étude sédimentologique, pétrographique et diagénétique. Ce processus sera appliqué, dans cette étude, pour les quartzites de Hamra et les Grès triasiques dans deux puits (01 et 02) dont le but est de décortiquer les paléoenvironnements, et établir une relation entre les paramètres pétrophysiques (ϕ et K) et leur influence sur la qualité réservoir. Cette étude a été menée en s'appuyant sur la description de 108.8 m de carottes et l'analyse microscopique de 30 lames minces.

Les caractéristiques sédimentologiques de Quartzites de Hamra peuvent affecter la capacité des formations de réservoirs à emmagasiner les hydrocarbures. Tandis que le Trias argilo-gréseux possède des caractéristiques réservoirs meilleurs.

La plupart des phénomènes diagénétiques identifiés ne correspondent pas à de bonnes qualités de réservoir pour les 02 réservoirs.

Abstract:

Petroleum research is characterised by its descriptive and interpretative tools. In our study, we look at a topical subject, which is being carried out in the Touggourt region. It is essential to carry out a sedimentological, petrographic and diagenetic study. This process will be applied in this study to the Hamra quartzites and Triassic sandstones in two wells (01 and 02), the aim being to unravel the paleoenvironments and establish a relationship between the petrophysical parameters (ϕ and K) and their influence on reservoir quality.

This study was based on the description of 108.8 m of core samples and the microscopic analysis of 30 thin sections.

The Hamra Quartzites and the Clay-Sandstone Triassic have a high mineralogical maturity.

The characteristics of the Hamra Quartzites can affect the capacity of reservoir formations to store hydrocarbons.

Most of the diagenetic phenomena identified run counter to good reservoir qualities.

ملخص :

تتميز البحوث البترولية بأدواتها الوصفية والتفسيرية. نتناول في دراستنا هذه موضوعاً موضوعياً يجري تنفيذه في منطقة تقرت. من الضروري القيام بدراسة رسوبية وبتروجرافية . سيتم تطبيق هذه العملية في هذه الدراسة على كوارتزيت الحمرة والحجر الرملي الترياسي في بئر (01 و02)، والهدف من ذلك هو الكشف عن البيئات القديمة وإيجاد علاقة بين المعايير البتروفيزيائية (ϕ) و (K) وتأثيرها على جودة الخزانات.

استندت هذه الدراسة على وصف 108.8 متر من العينات الجوفية والتحليل المجهرى لـ 30 مقطعاً رقيقاً.

تتميز كوارتزيتات الحمرة والحجر الطيني الرملي الترياسي بنضج معدني عالٍ.

يمكن أن تؤثر خصائص كوارتزيت الحمرة على قدرة التكوينات الممكنية على تخزين الهيدروكربونات.

تتعارض معظم الظواهر الدياجينية التي تم تحديدها مع صفات الخزانات الجيدة.

TABLES DE MATIÈRES

Introduction générale	1
Problématique et objectif	1
Méthodologie.....	1
Étude sédimentologique	2
Étude pétrographique et diagénétique	2
CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS	3
1. La province triasique.....	4
2. Cadre géologique régional (le Bas-Sahara).....	5
3. Cadre géographique de la région d'étude « TOUGGOURT ».....	7
5. Aspect structural	9
6. Aspect stratigraphique	12
7. Les réservoirs étudiés	15
➤ Les Quartzites de Hamra.....	15
➤ Le Trias argilo-gréseux	15
8. Le système pétrolier	16
➤ Pour la roche mère	17
➤ Pour la roche réservoir	17
➤ Pour la roche couverture	17
➤ Migration des hydrocarbures	17
➤ Pièges.....	17
CHAPITRE II : SÉDIMENTOLOGIE.....	19
1. Quelques définitions.	20
➤ Le chenal actif.....	20
➤ La barre d'accrétion	20
➤ La plaine d'inondation.....	20
➤ Le dépôt de levée.....	20
➤ La séquence fluviatile	21
➤ Shore-face	22
2. Introduction et objectifs de l'étude sédimentologique.....	23
3. Etude sédimentologique de puits 01.....	24
➤ Méthodologie	24

➤ Description de faciès du puits 01	25
➤ Association de lithofaciès et environnement de dépôt	33
4. Étude sédimentologique de puits 02.....	35
➤ Méthodologie	35
➤ Description de faciès du puits 02.....	36
➤ Association de lithofaciès et environnement de dépôt	42
5. Conclusion	43
CHAPITRE III : ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE	44
1. Étude pétrographique de puits 01.....	45
➤ Méthodologie	45
➤ Classification des grès étudiés	45
➤ Description pétrographique	47
2. Etude pétrographique de puits 02.....	58
➤ Méthodologie	58
➤ Classification des grès étudiés	58
➤ Description pétrographique	59
3. Conclusion	73
CHAPITRE IV : DIAGENÈSE.....	75
1. Les étapes de la diagenèse	76
➤ Diagenèse précoce	76
➤ Diagenèse tardive.....	76
2. Les phénomènes diagénétiques	76
➤ La décomposition de la MO.....	76
➤ L'altération chimique	76
➤ La compaction de sédiment	77
➤ La dissolution.....	77
➤ Authigenèse.....	77
➤ Recristallisation	77
➤ Remplacement	77
3. Les phénomènes diagénétiques identifiés dans les réservoirs étudiés	78
4. Les phases diagénétiques majeures.....	78
➤ Précipitation de la chlorite.....	78
➤ La silicification et la compaction	78
5. Les phases diagénétiques mineures.....	79
➤ La dissolution des feldspaths	79
➤ La dissolution des argiles	79

➤	Le développement des sulfates (anhydrite)	79
➤	La dissolution de carbonates	79
6.	La séquence diagénétique	80
7.	Relation diagenèse – qualités réservoirs	80
8.	Conclusion	82
•	Conclusion générale.....	83

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte géologique montrant les différents bassins sédimentaires de la plateforme saharienne et compris le bassin d'Anguid-Messaoud (Ministère de l'énergie-2023.....	4
Figure 2 : carte géologique de Bas Sahara (ERESS 1972).....	6
Figure 3: Carte géographique montrant la situation du territoire de Touggourt (Wikimédia commons , 2012)	7
Figure 4 : Plan de situation de la zone d'étude « Touggourt » et le bloc de recherche inclus dans cette étude (Sonatrach)	8
Figure 5: carte structurale de Bas-Sahara	14
Figure 6: colonne stratigraphique de Bas-Sahara(SONATRACH et SHLUMBERGER.2007)	16
Figure 7 : Lithologie des séries triasiques (AIT OUALI, NEDJARI, 1996).....	11
Figure 8: vue aérienne de la rivière à méandres de Morava	21
Figure 9: Types de séquences sédimentaires fluviales (d'après Doeglas, 1962, Reineck et Singh, 1980).....	21
Figure 10: zonation bathymétrique et spatiale des environnements de dépôts marins.....	22
Figure 11: log sédimentologique de carotte 01 de puits 01	25
Figure 12: log sédimentologique de carotte 02 du puits 01	26
Figure 13: log sédimentologique de carotte 03 du puits 01	28
Figure 14: log sédimentologique de carotte 04 du puits 01	30
Figure 15: log sédimentologique de carotte 05 du puits 01.....	31
Figure 16: log sédimentologique de carotte 01 du puits 02.....	37
Figure 17: log sédimentologique de carotte 02 du puits 02.....	38
Figure 18: log sédimentologique de carotte 03 du puits 02.....	40
Figure 19: log représentatif de la fréquence des milieux de dépôt dans le puits 01	43
Figure 20: log représentatif de la fréquence des milieux de dépôt dans le puits 02.....	43
Figure 21: diagramme QFR des grès pour la carotte 05 du puits 01	46
Figure 22: distribution des microfaciès dans le puits 01	47
Figure 23: Photo microcopique : côte : 3733.50 m/ LPNA (01), LPA (02)	48
Figure 24: Photo microcopique : côte : 3818,24 m/ LPNA (01), LPA (02)	49
Figure 25: Photo microcopique : côte : 3818.24 m/ LPNA, dissolution de feldspaths.....	49
Figure 26: Photo microcopique : côte : 3818.24m/ LPNA, argile en filling	49
Figure 27: Photo microcopique : côte : 3818.93m/ LR, muscovite	50
Figure 28: Photo microcopique : côte : 3819,50 m, argiles en filling.....	51
Figure 29: Photo microcopique : côte : 4192.76 m/ LPNA (01), LPA (02)	52
Figure 30: Photo microcopique : côte : 4199.86m/ LPNA dissolution de feldspaths	55
Figure 31: Photo microcopique : côte : 4200,47 m/ LPNA, Porosité primaire (01), Porosité secondaire (02).....	56
Figure 32: Photo microcopique : côte : 4200.47 m, ciment anhydritique/ LPNA (01), LPA (02)	56
Figure 33: log pétrographique de puits 01	57
Figure 34: diagramme QFR des grès pour les carottes 01 et 03 du puits 01 et pour les carottes 01 et 03 du puits 02.....	59
Figure 35: distribution des porosités des microfaciès dans le puits 02	60
Figure 36: Photo microcopique : côte : 3708.54 m /LPNA argile en coating.....	61
Figure 37: Photo microcopique : côte : 3798.69m/LPNA, porosité de dissolution : stade primaire (01), stade avancé (02)	63
Figure 38: Photo microcopique : côte : 3800.59m/ LPA.....	64
Figure 39: Photo microcopique : côte : 3801.29m /LPNA silice secondaire (01), LPA contact concavo-convexe (02)	65
Figure 40: Photo microcopique : côte : 3801,29m/LPA	65
Figure 41: Photo microcopique : côte : 3802.80 m/LPNA (01), LPA (02)	66
Figure 42: Photo microcopique : côte : 3803.14 m/ LPNA, Illite stylolithique.....	67

Figure 43: Photo microscopique : côte : 3805.40 m/ LPNA, fragments de roche (01), dissolution de l'argile (02)	68
Figure 44: Photo microscopique : côte : 3805.40 m /LPNA, Matière Organique	69
Figure 45: Photo microscopique : côte : 3808.67 m/ LPNA (01), LPA (02) ciment dolomitique.....	70
Figure 46: Photo microscopique : côte : 3810.80 m/LPNA (01), LPA (02)	71
Figure 47: log pétrographique de puits 02.....	72
Figure 48: les moyennes des composants de la roche réservoir de Trias T1 et T2	74
Figure 49: les moyennes des composants de la roche réservoir de la série inférieure de Trias	74
Figure 50: les moyennes des composants de la roche réservoir de quartzites de Hamra	74

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Principales caractéristiques des lithofaciès et interprétation des milieux de dépôts (Miall, 1996).....	23
Tableau 2: Répartition des intervalles, des épaisseurs et du nombre d'échantillons analysés en fonction des carottes du puits 01	24
Tableau 3: classification des faciès du puits 01 pour les carottes 01,02,03 et 04	32
Tableau 4: classification des faciès du puits 01 pour la carotte 05	33
Tableau 5: répartition des intervalles, des épaisseurs et du nombre d'échantillons analysés en fonction des carottes du puits 02	35
Tableau 6: classification des faciès du puits 02.....	41
Tableau 7: la séquence diagénétique des réservoirs des puits 01 et 02.....	80

Annexes :

Annexe 1: tableau pétrographique de puits 01

Annexe 2: tableau pétrographique de puits 02

Annexe 3: les résultats de DRX de puits 01

Annexe 4 : les résultats de DRX de puits 02

Annexe 5 : planche de carotte 01 de puits 01

Annexe 6 : planche de carotte 02 de puits 01

Annexe 7 : planche de carotte 03 de puits 01

Annexe 8 : planche de carotte 04 de puits 01

Annexe 9 : planche de carotte 05 de puits 01

Annexe 10 : planche de carotte 01 de puits02

Annexe 11 : planche de carotte 02 de puits02

Annexe 12 : planche de carotte 03 de puits 02

Liste des abréviations :

SI : Série Inférieur de Trias

QH : Quartzites de Hamra

LPA : Lumière polarisée analysée

LPNA : Lumière polarisée non analysée

LR : Lumière réfléchie

DRX : Diffraction par Rayons X

GRS : Grossissement

Introduction générale

Le désert algérien est un trésor en termes de ressources énergétiques. Les hydrocarbures représentent le pilier primordial sur lequel repose les études effectuées à travers le temps. On évoque ici des régions qui sont susceptibles d'y posséder des réserves considérables de pétrole et de gaz. Cette perspective élaborée par la communauté pétrolière en Algérie se manifeste dans l'identification des zones potentielles afin de bien orienter les prochains travaux de l'exploration et de délimitation.

La région en question, fait partie du bassin d'anguid-Messaoud qui entre autres possède un potentiel pétrolier assez important. Ce caractère d'approvisionnement en hydrocarbures est lié notamment à la présence des pièges structuraux, stratigraphiques ou mixtes.

La province triasique comme son nom l'indique a pour objectif primaire le trias supérieur (T1+T2 et la série inférieure) à qui s'associe les quartzites de Hamra d'âge Ordovicien supérieur. Les niveaux productifs s'y manifestent d'une manière abondante.

Problématique et objectif

Les données initiales confirment que le Trias forme un réservoir argilo-gréseux qui représente un niveau très hétérogène résultant de processus sédimentaires en milieu fluvial.

Les Quartzites de Hamra de l'âge Ordovicien, se déposent généralement dans un environnement d'avant-plage.

La complexité et la mauvaise compréhension de ses réservoirs sont les causes des résultats négatifs enregistrés et des faibles performances de certains puits implantés, à proximité de puits productifs.

L'objectif principal de cette étude vise à identifier la répartition sédimentaire des dépôts fluviaux et leur interaction avec le processus diagenétique qui peut influencer sur les caractéristiques pétro-physiques de réservoir Ordovicien et de Trias (SI-T1+T2) de la région de TOUGGOURT.

Méthodologie

Les dépôts triasiques sont particulièrement continentaux plus fréquemment issus du milieu fluvial. Cette structure géomorphologique est tributaire des changements climatiques ce qu'explique le changement latéral de faciès façonné par la migration des chenaux et la création

Introduction

des plaines d'inondation. Les Quartzites de Hamra sont des dépôts de l'Ordovicien dont l'environnement est le shore-face. Pour comprendre l'évolution latérale et verticale des paramètres pétrophysiques, et décortiquer le système on fait appel à une étude répartie en deux volets principaux : étude sédimentologique, étude pétrographique et diagénétique.

Étude sédimentologique

On s'appuie sur les intervalles carottés pour élaborer une fiche de description de faciès grâce à l'aspect lithologique, la granulométrie, la couleur, les structures sédimentaires et par la suite on interprète l'environnement de dépôts, cette méthode se base essentiellement sur la description des résultats de forage en exploitant les master log, qui en dérive de l'inspection de la carotte. Ces analyses sont compensées par des électrofaciès qui s'appuient sur des interprétations diagraphiques.

Selon « la classification des faciès continentaux de Miall, 1996 », nous organisons les différents litho-faciès

Étude pétrographique et diagénétique

C'est une approche qui repose sur la description microscopique de lames minces dont les éléments à identifier se répartissent en termes de granulométrie à qui s'ajoute le classement, la modalité et le contact entre les grains ainsi que la morphoscopie. Ensuite, on détermine les minéraux détritiques et les différents ciments qui les combinent. Enfin, on estime d'une manière optique la porosité et déterminer son type.

Sur la base de ces informations et en utilisant les résultats de la DRX, nous avons développé un log pétrographique et déterminé les microfaciès.

En s'appuyant sur « le Diagramme de Folk », nous proposons un nom pour la roche. Et enfin, nous créons des planches illustratives après avoir photographié les microfaciès par microscopie polarisante.

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

1. La province triasique

La province triasique occupe 400 000 Km² dans la partie nord-est de la plateforme saharienne, elle se caractérise par sa **complexité, en raison des antécédents africains de son substratum** ainsi que sa sédimentation au Trias en font un ensemble assez complexe dans l'agencement des corps argileux gréseux ce qui en fait un environnement varié. (AIT OUALI et NADJARI, 1996).

Cette province est comprise entre le grand bassin de l'Erg occidental, la frontière tunisienne, la **flexure sud-atlasique** et une ligne sinueuse qui va de l'Est du bassin de Béchar traversant le bassin d'Oued-Mya pour se coller vers le nord de bassin d'Illizi au niveau du plateau de Tinhert (Structure interne Môle d'Ahara).

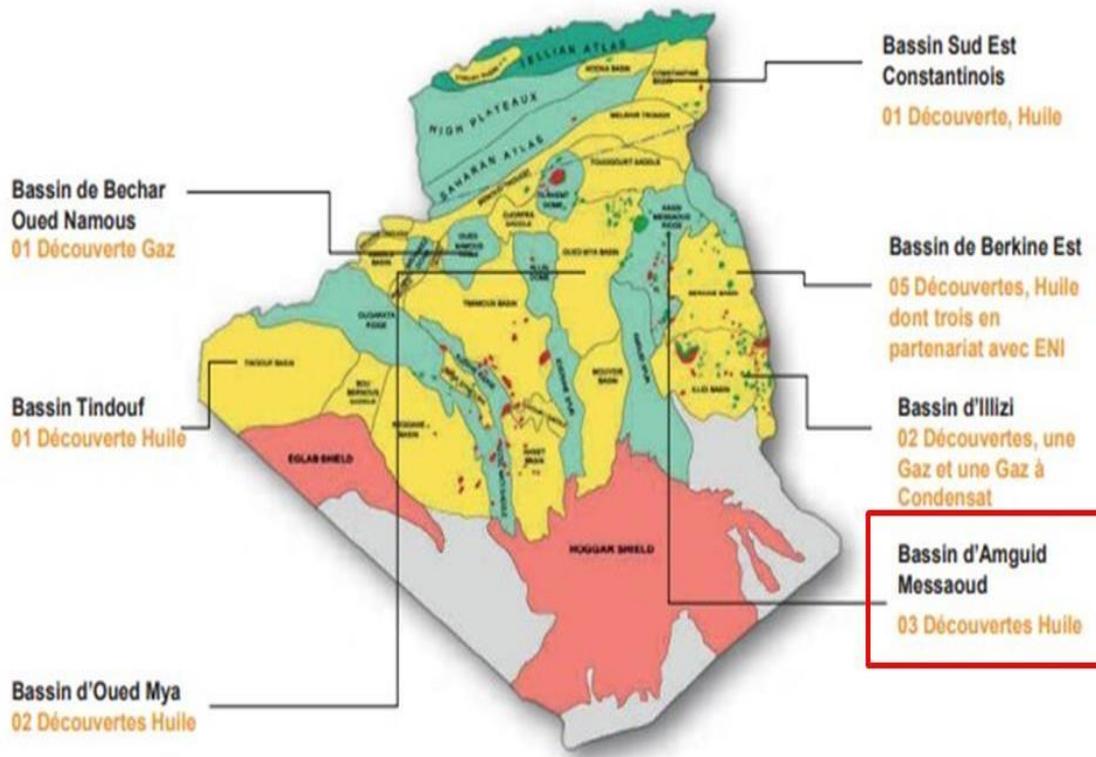


Figure 1 : Carte géologique montrant les différents bassins sédimentaires de la plateforme saharienne et compris le bassin d'Amguid-Messaoud (Ministère de l'énergie-2023)

2. Cadre géologique régional (le Bas-Sahara) :

Le bas Sahara s'étend le long de la bordure nord des régions sahariennes, se déployant comme une vaste dépression délimitée à l'ouest par la dorsale de Mزاب, au sud par les **Hamadas** du Tademaït et de Tinhert et à l'est par les plateaux de Dahar tunisien. Ces frontières, de faible élévation, s'inclinent progressivement vers la partie centrale, marquée par **l'axe sud-sud-ouest et nord-nord-est d'Oued-Mya et Oued-Righ**.

Cette région, se présente donc comme une cuvette synclinale, où les formations géologiques allant du Cambrien au Tertiaire, demeurant largement enfouies sous le grand erg oriental. Malgré cela, quelques affleurements sont visibles le long de ses contours. On distingue ainsi, de bas en haut, trois ensembles distincts :

- Les terrains paléozoïques affleurent au sud, entre les plateaux de Tademaït et Tinhert et le massif de Hoggar.
- Les terrains Mésozoïque et Cénozoïque, constituent l'essentiel des affleurements des bordures du Bas-Sahara.
- Des dépôts continentaux de la fin du Tertiaire et du Quaternaire, occupent le centre de la cuvette. (KHADRAOUI et BOUNEGRAB, 2014)

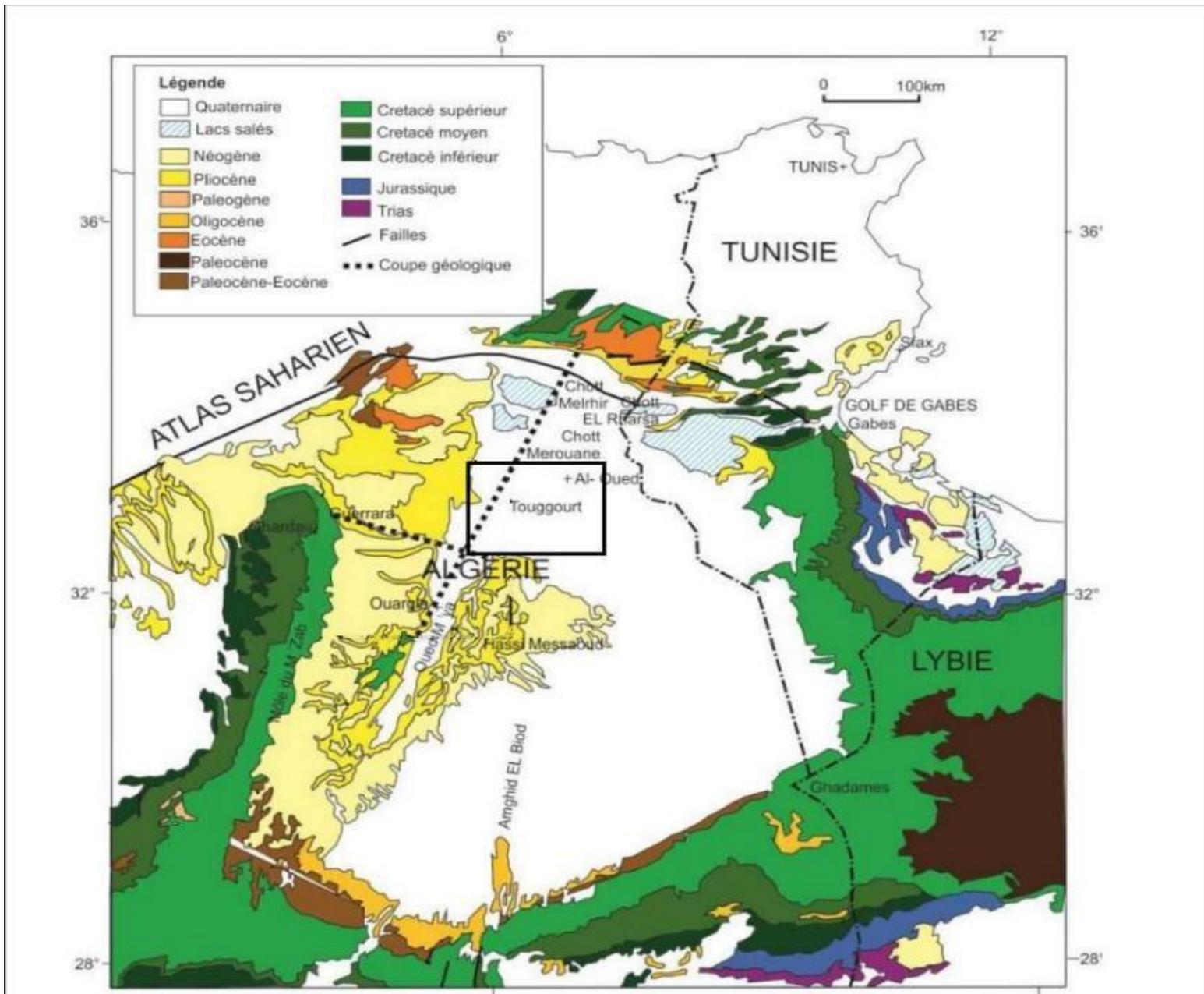


Figure 2 : carte géologique de Bas Sahara (ERESS 1972)

3. Cadre géographique de la région d'étude « TOUGGOURT » :

Touggourt, une cité nichée dans le Nord-est du Sahara Algérien, a été récemment érigée en chef-lieu de la toute nouvelle wilaya de Touggourt. Autrefois, elle trônait en tant que capitale historique de la région d'Oued-Righ, un territoire délimité par le vaste Erg Oriental au Sud-est et la zone de Chotts au Nord.

Géographiquement, la région de Touggourt s'étend entre les latitudes Nord 32°54' et 34°9', et les longitudes Est 5°30' et 6°20', avec une altitude avoisinant les 70 mètres. Situé à 160 kilomètres au Nord-est de Ouargla, à 225 kilomètres au Sud de Biskra, et à environ 600 kilomètres au Sud-est d'Alger. Elle couvre une superficie d'environ 1874 Km². Ses frontières sont délimitées au Nord par la wilaya d'El Oued, à l'Ouest par la dorsale de Mzab, et au Sud par la vallée d'Oued Mya.



Figure 3: Carte géographique montrant la situation du territoire de Touggourt

(Wikimédia commons , 2012)

4. Cadre géologique local :

La voûte de Touggourt est située au nord-est du Bas-Sahara, est entourée au nord par l'accident Sud-Atlasique et les premiers contreforts des monts des Aurès. Au sud, elle est délimitée par la falaise méridionale de Tinhert, les roches crétacées du Dahar à l'est, et la dorsale de Mzab à l'ouest (selon Babou-Smail, 2016)

A plus de 3000 m de profondeur, repose le socle le plus ancien, uniquement visible grâce à des sondages. Il est surmonté de Grès paléozoïques, légèrement plissés et érodés. Au-dessus, les couches marines du **Sénonien** et de l'**Eocène** s'empilent après la **discordance cénomanienn**e pour finalement être recouvertes par la couverture continentale de **Mio-Pliocène**, également aquifère, comme décrit dans un rapport interne de SONATRACH

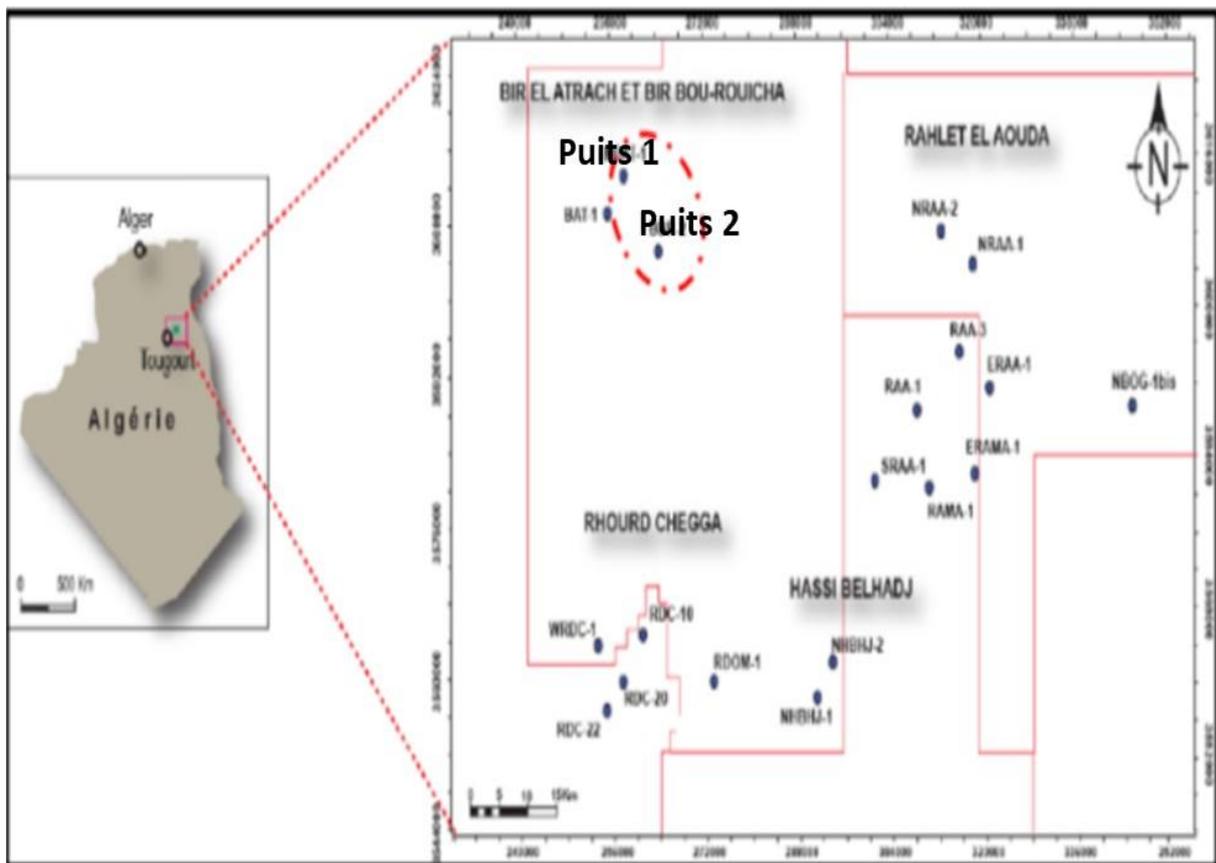


Figure 4 : Plan de situation de la zone d'étude « Touggourt » et le bloc de recherche inclus dans cette étude (Sonatrach)

5. Aspect structural

Les structures géologiques actuelles résultent de trois grandes phases tectoniques majeures : l'orogénèse panafricaine au Précambrien, l'orogénèse Hercynienne au Paléozoïque, et l'orogénèse alpine au sens strict au Cénozoïque.

Chaque phase a contribué à façonner les failles, les plis et les bassins sédimentaires et autres structures géologiques observées aujourd'hui.

- **L'orogénèse panafricaine** : est un événement majeur de Néo-protérozoïque interprété comme résultat de la collision entre deux cratons : le craton ouest-africain rigide et le craton est-africain plus plastique. Elle a engendré la formation de cratons et de ceintures orogéniques. Dans le bas Sahara, cela se traduit par la présence de socle précambrien constitué de roches métamorphiques et ignées. Cette collision a entraîné des **failles subméridiennes** dont les directions est N-S qui sont ensuite réactivées au cours de Méso-Cénozoïque.
- **Phase Sardinienne** : c'est une phase distensive de direction NW-SE survenue pendant la transition Cambrien-Ordovicien. Elle est responsable du mouvement le long des failles N-S.
- **Phase Taconienne** : c'est une phase compressive de direction E-W et elle est responsable du **mouvement inverse** le long des failles N-S. Les arches continuent de se développer.
- **Phase Calédonienne** : c'est une phase compressive de direction NW-SE survenue durant la transition Silurien-Dévonien et elle est responsable de mouvements inverses ou décrochant le long des failles N-S. Elle aurait accentué le développement des arches.
- **L'orogénèse hercynienne** : est un événement majeur survenu durant le carbonifère et qui a continué jusqu'à la fin de Paléozoïque, c'est une phase tectonique caractérisée par des **directions nord-ouest/sud-est et nord-sud**. Elle a engendré de grands plis et de nouvelles orientations structurales **nord-est/sud-ouest** suite à des déformations compressives. En outre, il y avait la formation de bassins sédimentaires. Les reliefs hercyniens étaient sujets à l'érosion intense produisant **une discordance atteignant parfois l'ordovicien sur laquelle repose les sédiments triasiques**.

L'extension du Trias-Crétacé : elle est marquée par l'apparition de phénomènes extensifs (de direction NW-SE)

- **L'extension pré-rift : Ladinien supérieur- Carnien** : correspond à l'ouverture de l'océan Paléo-Téthys entre les plaques africaine et européenne. Il en résulte que la partie nord de la plateforme saharienne a commencé à s'affaisser, entraînant le dépôt des séries sédimentaires du Trias. D'importants accidents tectoniques orientés NW-SE ont probablement affecté la partie nord de la plateforme saharienne, avec une forte composante décrochant, ce qui a conduit à d'importantes variations d'épaisseur des séries triasiques.
- **L'extension syn-rift, Carnien supérieur** : c'est une phase marquée par la réactivation de failles héritées de l'orogénèse panafricaine ce qui a contribué à la création de bassins d'Oued Mya, la surélévation des hauts structuraux d'Ahara, Hassi Messaoud et Hassi R'mel.
En revanche, on constate la formations de failles normales et donc des horsts et Graben alors que ce phénomène géologique est accompagné par une activité volcanique qui s'avère moins aperçue dans le Bas-Sahara comparé à d'autres régions.
- **La phase de subsidence, Norien-Hettangien** : une subsidence a débuté, lissant progressivement la morphologie des bassins et des horsts. Elle se poursuivait entre les horsts et les grabens, mais les principales failles ne provoquaient plus de variations significatives des épaisseurs et des faciès.
- **La phase autrichienne** : survenu à l'**Aptien**, une phase de compression est-ouest a entraîné une structuration importante le long des principaux **accidents subméridiens**.
- **L'orogénèse alpine (au sens strict)** : marquée par une compression nord-sud affectant le nord de bassin d'Oued Mya, provoquant le soulèvement de sa partie méridionale. Elle se caractérise par un coulissage dextre le long des failles orientées est-ouest ainsi que par des chevauchements dans la région tellienne.

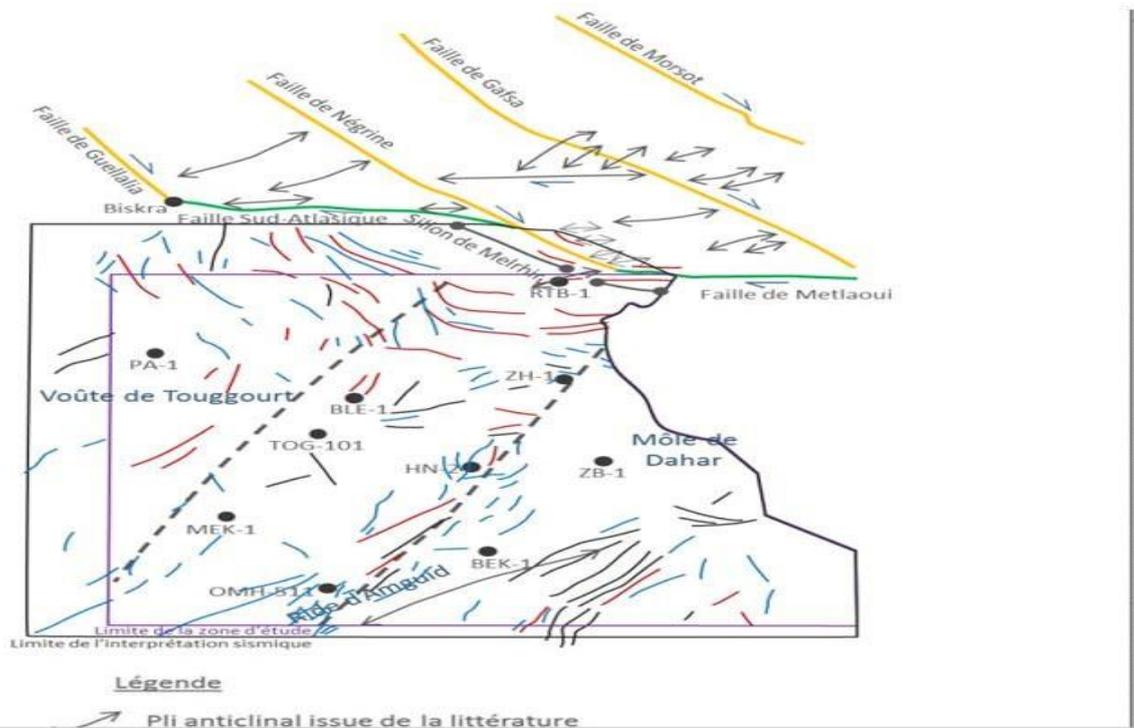


Figure 5: Carte structurale de Bas-Sahara

Dans cette carte (figure 5) qui représente les différents éléments structuraux de bas sahara où on remarque le môle de Dahar plus à l'est et la ride d'anguid qui se trouve au sud de la voûte de touggourt. Les lignes jaunes représentent des failles décrochantes parallèles dont leur activation génère des plis anticlinaux suite aux mouvements de compressions de différentes directions.

On remarque en bleu et en rouge des petites failles ayant été générées par les petites phases de compressions et de distensions qui ont touché la région à de des échelles locales.

Les lignes noires représentent des sillons tels que le sillon de MELGHIR.

On remarque aussi en vert La faille de METLAOUI qui est une faille normale située dans la région des Aurès ce qui prouve que la région a subi une phase extensive.

Les points soulignés par des codes sont les différents puits importants implantés dans la région

6. Aspect stratigraphique

L'aspect stratigraphique de la région de Bas-Sahara sera réalisé par l'examen de différentes formations géologiques et en basant sur les événements tectoniques et les conditions environnementales spécifiques à chaque période.

La série sédimentaire de cette région repose sur le socle précambrien composé principalement de roches métamorphiques et de roches ignées. Ces roches affleurent rarement en surface et sont plus souvent enfouies sous les dépôts sédimentaires plus jeunes.

Le Cambrien est marqué par le début de la transgression marine et le dépôt de Grès et de schistes marins.

L'Ordovicien est caractérisé par une glaciation à son niveau supérieur. Ainsi, il est caractérisé par des dépôts glaciaires et post-glaciaires, y compris les **Tellites** et des Grès qui souvent bien stratifiées et montrant **des traces d'anciennes glaciations**.

Le Silurien s'est manifesté par la continuation des dépôts marins qui comprennent principalement des **schistes noirs riches en matière organique** suggérant des environnements marins anoxiques. Ces formations sont importantes pour la génération de pétrole.

Durant le Dévonien, les chercheurs ont constaté le développement **des récifs et des lagons** dont les dépôts caractérisés par des calcaires récifaux, des marnes et des Grès. Ces dépôts ont été déposés dans une mer chaude et peu profonde.

Le Carbonifère est dominé par le dépôt de Grès rouges et d'argiles, souvent associés à des environnements fluviaux et deltaïques. C'est une sédimentation continentale.

Le Dévonien et le Carbonifère sont très couramment érodés surtout sur les périphéries de relief de Bas-Sahara.

Le Trias comprend des transgressions et régressions marines ce qui donnent des dépôts d'évaporites, des dolomies et des Grès.

Généralités

Le jurassique se stabilise dans un environnement de mer peu profonde en raison de la présence des récifs coralliens. Il est dominé par des calcaires et des marnes riches en fossiles tels que les **bélemnites**.

Le Crétacé étant une période où une sédimentation mixte a pris essor. Une alternance de dépôts marins et continentaux se manifeste, représentée par des calcaires et des marnes se trouvant en concomitance avec des Grès et des argiles déposés dans des environnements fluviaux et lacustres.

Le Cénozoïque s'est marqué par des transgressions marines du Paléocène à Eocène comprenant des calcaires et des marnes. Les **phosphorites** y sont encore présentes, témoins d'une productivité biologique élevée.

De l'Oligocène au Miocène, la sédimentation continentale a généré des formations dominées par des grès, des sables et des conglomérats. Ceci atteste d'un environnement fluvial et/ou désertique.

Du Pliocène au Quaternaire, les sédiments éoliens (dunes de sable) et alluviaux (terrasses fluviales) ont dominé, formant de vastes zones de dunes de sable comme le Grand Erg oriental.

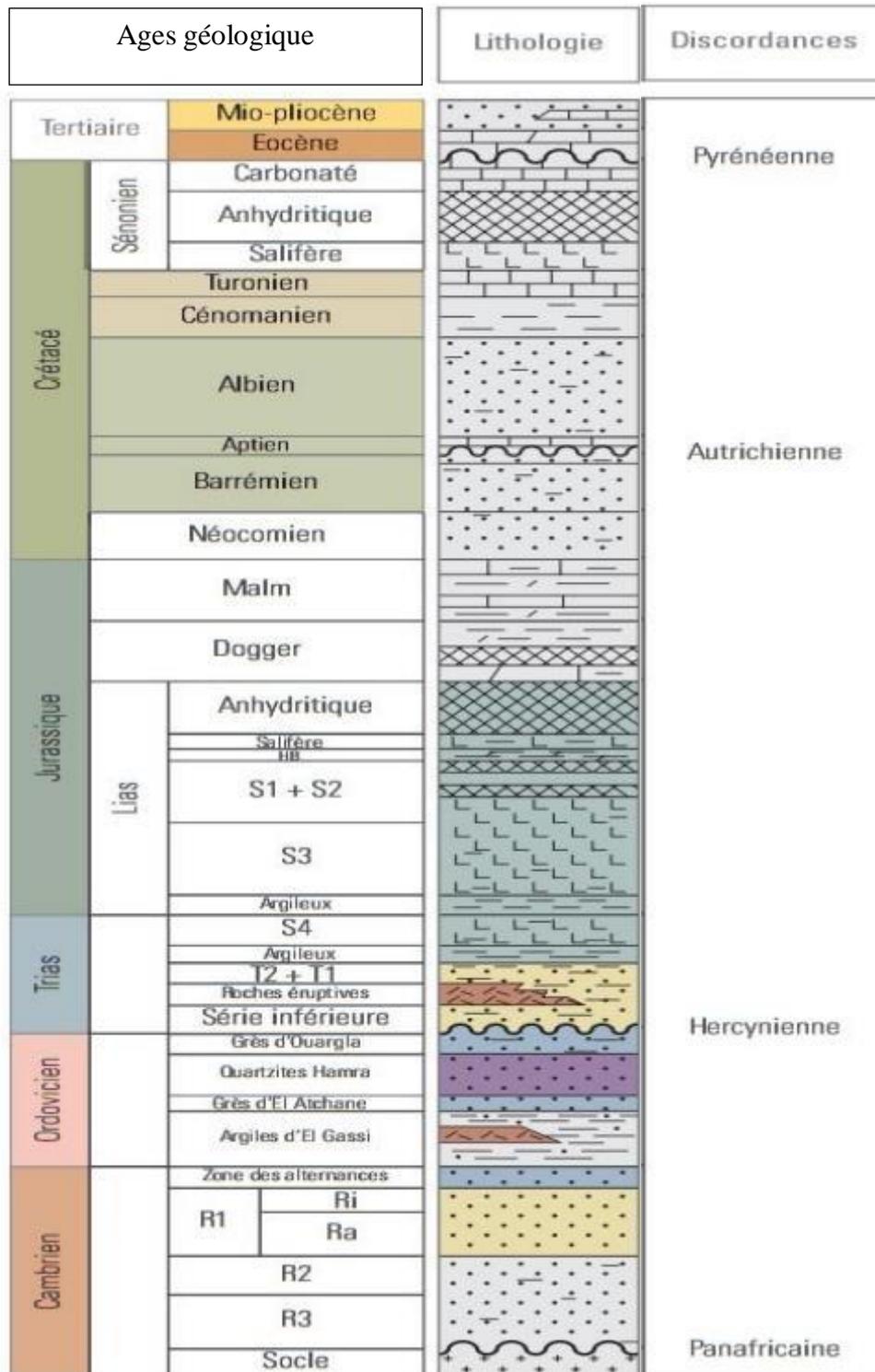


Figure 6: Colonne stratigraphique de Bas-Sahara(SONATRACH et SHLUMBERGER.2007)

7. Les réservoirs étudiés

Notre étude porte sur deux réservoirs : Les Quartzites de Hamra d'âge Ordovicien et le Trias argilo-gréseux.

➤ Les Quartzites de Hamra :

Communément appelés formations de Quartzites de Hamra, sont une unité géologique importante dans la région de Touggourt. Ils se trouvent principalement dans le bassin de l'Oued Mya et se développent vers la région de Touggourt. Ils sont souvent associés à d'autres formations géologiques du Trias supérieur dans cette région.

Les quartzites de Hamra sont principalement composés de grains de quartz, ce qui leur confère une couleur rougeâtre caractéristique. Elles sont généralement très résistantes à l'érosion en raison de leur composition quartzitique.

Ils ont été formés par la consolidation et le métamorphisme de sables de quartz, déposés probablement dans un environnement d'avant-plage et évolués pendant le Trias supérieur.

Bien que les quartzites de Hamra ne soient généralement pas de bons réservoirs d'hydrocarbures eux-mêmes en raison de leur faible porosité et perméabilité, ils peuvent avoir un impact significatif sur le système pétrolier et la distribution des réservoirs dans la région. Ils peuvent agir comme des roches réservoirs ou des roches-couvertures pour les formations de réservoirs situées en dessous ou à proximité.

➤ Le Trias argilo-gréseux :

-Nous portons sur les réservoirs de Trias (T1+T2) qui sont composés à leur base par la Série Inférieure. Cette formation est d'âge **Carnien** et se caractérise principalement par un faciès argilo-gréseux. On y trouve également des roches volcaniques sous forme de coulées.

-Au-dessus de la Série Inférieure, se trouve le Trias Argilo-Gréseux Supérieur (TAGS), daté de **Norien**. Il se compose de formations T1 et T2, caractérisées principalement par une lithologie silico-clastique, comprenant des grès et des argiles continentales issues de plaines inondables et de chenaux fluviaux.

Le TAGS est surmonté par le **Trias S4** qui se compose principalement d'évaporites telles que l'halite et éventuellement de l'anhydrite. Cette dernière est suivie par un horizon dolomitique appelé « Horizon D », marquant la transition entre le Trias et le **Lias**.

- La présence d'une roche réservoir permettant le stockage de pétrole et/ou de gaz ayant pris chemin de la roche mère.
- La notion de piège pour empêcher les hydrocarbures du dismigration.
- La nécessité d'une roche étanche pour le maintien des hydrocarbures dans la roche couverture.

Dans notre cas d'étude, le modèle suivant est validé :

➤ **Pour la roche mère :**

La principale roche mère pouvant alimenter per descendum le réservoir Ordovicien de Quartzites de Hamra est constituée par **les argiles basales radioactives du Silurien** qui alimente aussi le réservoir de Trias.

Même si le Silurien suit l'Ordovicien dans l'échelle des temps géologiques, des structures tectoniques comme des failles inverses ou des plissements, ils ont fait en sorte que les roches siluriennes se retrouvant sous ou en contact direct avec des réservoirs Ordoviens.

➤ **Pour la roche réservoir :**

C'est l'Ordovicien (Quartzites de Hamra). Ce réservoir est généralement **tight** (Classé dans les réservoirs non conventionnels), il produit par fracturation de gaz à condensat dans la majorité de gisements. (In MALLA A, et al, 2016). Il se situe à la base des chenaux de remplissage des vallées glaciaires. (ALNAFT).

Le Trias Argileux-Gréseux (T1+T2 et la série inférieure) représenté par des Grès fins à intercalations argileuses.

➤ **Pour la roche couverture :**

La couverture est assurée par les argiles de Silurien donc c'est la roche mère elle-même pour le réservoir Ordovicien.

Pour le réservoir Trias Argileux-Gréseux la couverture est assurée par une épaisse série évaporitique du Trias et du Lias.

➤ **Migration des hydrocarbures :**

Pour que les hydrocarbures générés dans des roches mères siluriennes atteignent un réservoir Ordovicien, il doit y avoir des voies de migration efficaces, des fractures ou des failles.

➤ **Pièges**

Sont des pièges stratigraphiques (biseutage) formés par l'amincissement de l'Ordovicien par l'érosion de la discordance hercynienne. (Agence National Pour La Valorisation Des

Ressources En Hydrocarbures ‘ALNAFT’), il en existe des pièges structuraux résultants des phases compressives hercyniennes et autrichiennes.

CHAPITRE II : SÉDIMENTOLOGIE

-Introduction :

Une étude sédimentologique est une approche approfondie des roches sédimentaires pour comprendre leur origine et leur histoire géologique. Son dessein est de reconstituer les environnements paléogéographiques et paléoclimatiques ainsi qu'identifier les sources de sédiments et les mécanismes de transport.

1. Quelques définitions.

➤ Le chenal actif

Le chenal actif correspond à la partie du cours d'eau où l'écoulement est permanent, où s'effectue le transport solide et liquide. C'est la zone où le courant est le plus rapide et où se déroulent les principaux processus fluviaux. (Hervé Piégay, 1995)

➤ La barre d'accrétion

Une barre d'accrétion est un dépôt sédimentaire qui se forme dans le chenal fluvial, généralement sur l'intérieur d'une courbe, par la décantation de particules transportées par le courant.

➤ La plaine d'inondation

La plaine d'inondation correspond à la zone qui est régulièrement inondée lors des crues du cours d'eau. C'est un milieu riche en biodiversité qui joue un rôle important dans la régulation des crues. (Jean-Paul Bravard et al, 1997)

➤ Le dépôt de levée

Les dépôts de levée sont des bourrelets sédimentaires qui se forment de part et d'autre du chenal fluvial, lors du débordement des eaux lors des crues. Ils sont composés de sédiments plus grossiers déposés à proximité du chenal.

➤ Le crevasse splay

Une crevasse splay est un éventail sédimentaire qui se forme lorsque le courant d'un cours d'eau rompt les levées naturelles et se déverse dans la plaine d'inondation, y déposant des sédiments de sables et de la boue.

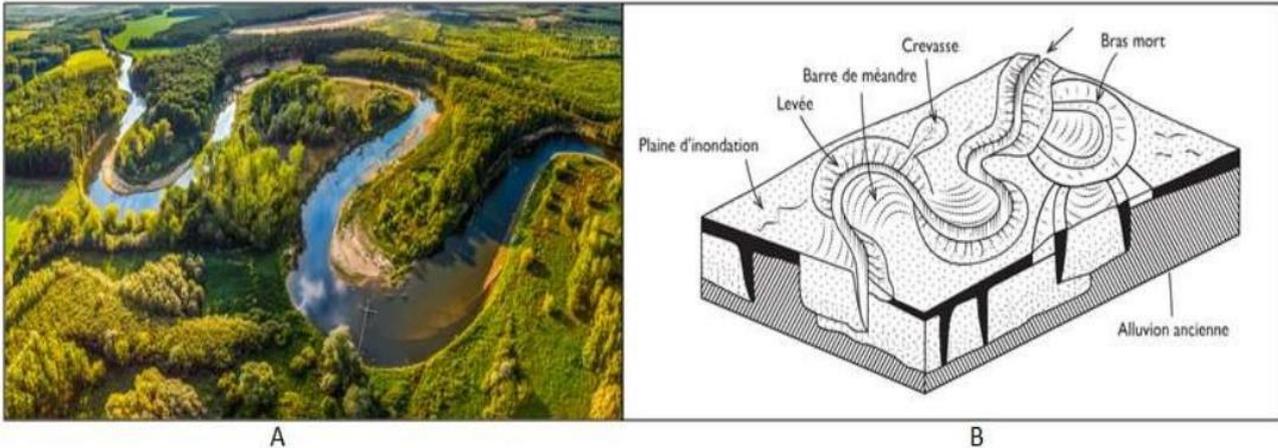


Figure 8: vue aérienne de la rivière à méandres de Morava

➤ La séquence fluviatile

Elle désigne la succession verticale des différents faciès sédimentaires (chenaux, barres, plaines d'inondation, etc.) qui se forment au sein d'un système fluvial au cours du temps. Cette succession reflète les variations des conditions d'écoulement et de transport sédimentaire, en réponse aux changements climatiques, tectoniques ou de niveau de base.

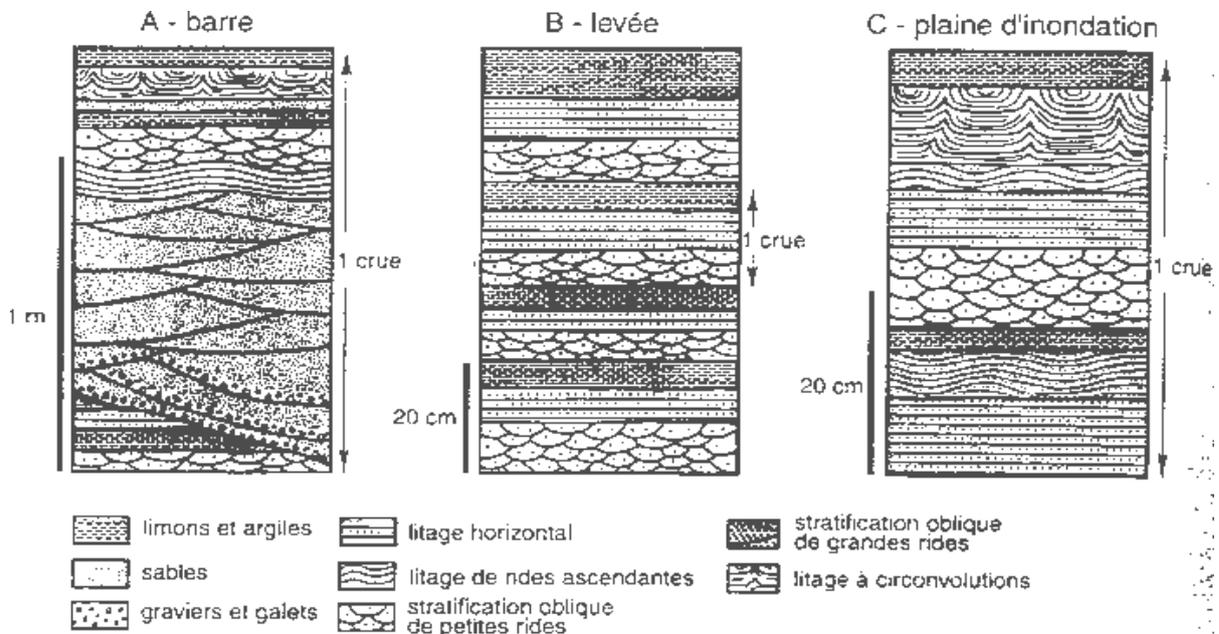


Figure 9: Types de séquences sédimentaires fluviatiles

(Doeglas, 1962, Reineck et Singh, 1980)

➤ Shore-face

Appelée **face de rivage** est la zone sous-marine qui s'étend depuis la ligne de marée basse jusqu'à une profondeur où les vagues n'influencent plus le fond marin. Elle est divisée en deux parties principales : l'**Upper shore-face** (partie supérieure) et la **Lower shore-face** (partie inférieure).

✓ **Upper shore-face :**

Une zone située près de la ligne de marée basse et elle est influencée par des vagues qui remuent les sédiments. C'est un environnement constitué principalement de sable fin à moyen et caractérisé par une dynamique avec un transport constant des sédiments.

✓ **Lower shore-face :**

Une zone située en dessous de l'Upper shore-face et elle est moins influencée par les vagues, donc les sédiments sont moins plus stables et peut contenir des particules et des matières organiques.

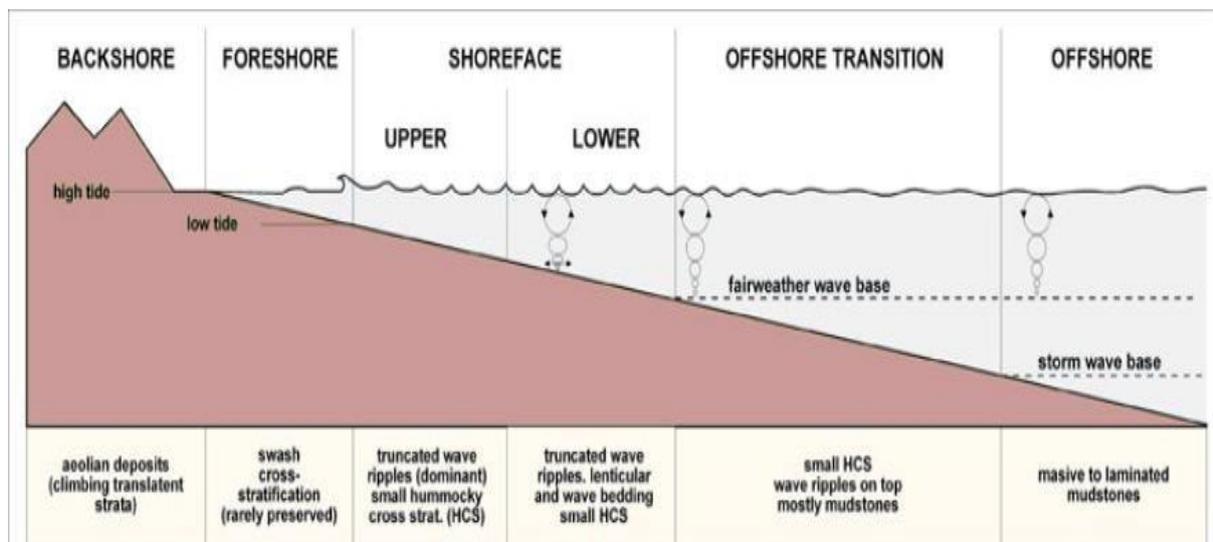


Figure 10: zonation bathymétrique et spatiale des environnements de dépôts marins

2. Introduction et objectifs de l'étude sédimentologique :

A partir des faciès décrits sur carottes, des classifications de faciès codifiés adaptées pour les intervalles étudiés ont été mises en place. Ces faciès sont ensuite regroupés en association de faciès pour caractériser un environnement de dépôt pour chacun des intervalles d'intérêt selon la classification de Miall (1996) (*Tableau 1*).

Code	LITHOFACIES	ENVIRONNEMENTS DE DEPOTS
P	Paléosol	Dépôts pédogénétisés (Plaine d'inondation)
Pc	Paléosol (concrétions carbonatées coalescentes)	Dépôts pédogénétisés (Plaine d'inondation)
Fm	Argile massive plus ou moins silteuse, présentant un débitage en agrégat	Plaine d'inondation humide ou aride
Fl	Argile silteuse à structures laminaires, de couleur verdâtre	Plaine d'inondation humide
Fsr	Silt argileux à ride de courant	Levée / Plaine d'inondation
Fsm	Silt argileux massif	Levée / Plaine d'inondation
Sp	Grès à stratifications obliques planes	Barre de chenal fluvatile / Tidal
Sm	Grès massifs (sans structures apparentes), rip up argileux	Chenal fluvatile actif / Barre
Sh	Grès à stratifications horizontales	Levée / Barre de chenal
St	Grès à stratifications entrecroisées en auges	Chenal fluvatile / Tidal
Sl	Grès à stratifications obliques planes faiblement inclinées	Barre de chenal fluvatile
Sr	Grès à rides de courant	Levée / Crevasses Splays
Stg	Grès à stratifications entrecroisées en auges à granules de quartz (millimétriques)	Chenal fluvatile actif
Gt	Conglomérat à structures obliques en auges	Chenal fluvatile actif
Cg	Conglomérat à éléments mono ou polygéniques sans structures apparentes	Pavage de fond de chenal ou lag
Gm	Conglomérat isolé dans une plaine d'inondation	Écoulement en masse sans chenalisation marquée

Tableau 1: Principales caractéristiques des lithofaciès et interprétation des milieux de dépôts (Miall, 1996).

3. Etude sédimentologique de puits 01 :

➤ Méthodologie :

Une description sédimentologique détaillée des carottes du Trias a été effectuée pour le puits 1 totalisant une longueur de 53.70m, ainsi que la carotte de l'ordovicien (QH) qui renferme une longueur de 8.6m.

Les résultats de la description sédimentologique sont répertoriés dans des fiches à carottes à l'échelle 1/100 ème habillées en milieux de dépôt. En général, les faciès étudiés sont de type détritique non carbonaté appartenant à un environnement continental (fluvatile) et avant-plage (shore-face). (Les planches, annexes : 05,06,07,08 et 09).

Le tableau 2 montre la répartition des intervalles, des épaisseurs et du nombre d'échantillons analysé en fonction des carottes pour le puits 01

Age	Puits	N° de carotte	Intervalle décrit	Métrage décrit	Pétrographie	DRX
Trias T1+T2	1	1	3729m-3738m	9m	1	1
		2	3780m-3792m	12m	0	0
		3	3818m-3833m	15m	4	2
		4	3900m-3917,7m	17,7m	0	0
Ordovicien (QH)	1	5	4192m-4200,6m	8,6m	11	4
		Total		61,3m	16	7

Tableau 2: Répartition des intervalles, des épaisseurs et du nombre d'échantillons analysés en fonction des carottes du puits 01

➤ Description de faciès du puits 01

✓ Carotte 01 [3729m-3738m]

- Intervalle [3729m-3735.6m] :

Grès très fin, parfois silteux, de couleur rouge présentant des structures horizontales, et rides de courants. Ces grès sont limités par des surfaces érosives micro-conglomératiques à éléments argileux.

- Intervalle [3735.6m-3738m] :

Argile silteuse, rougeâtre, massive à des traces de racines.

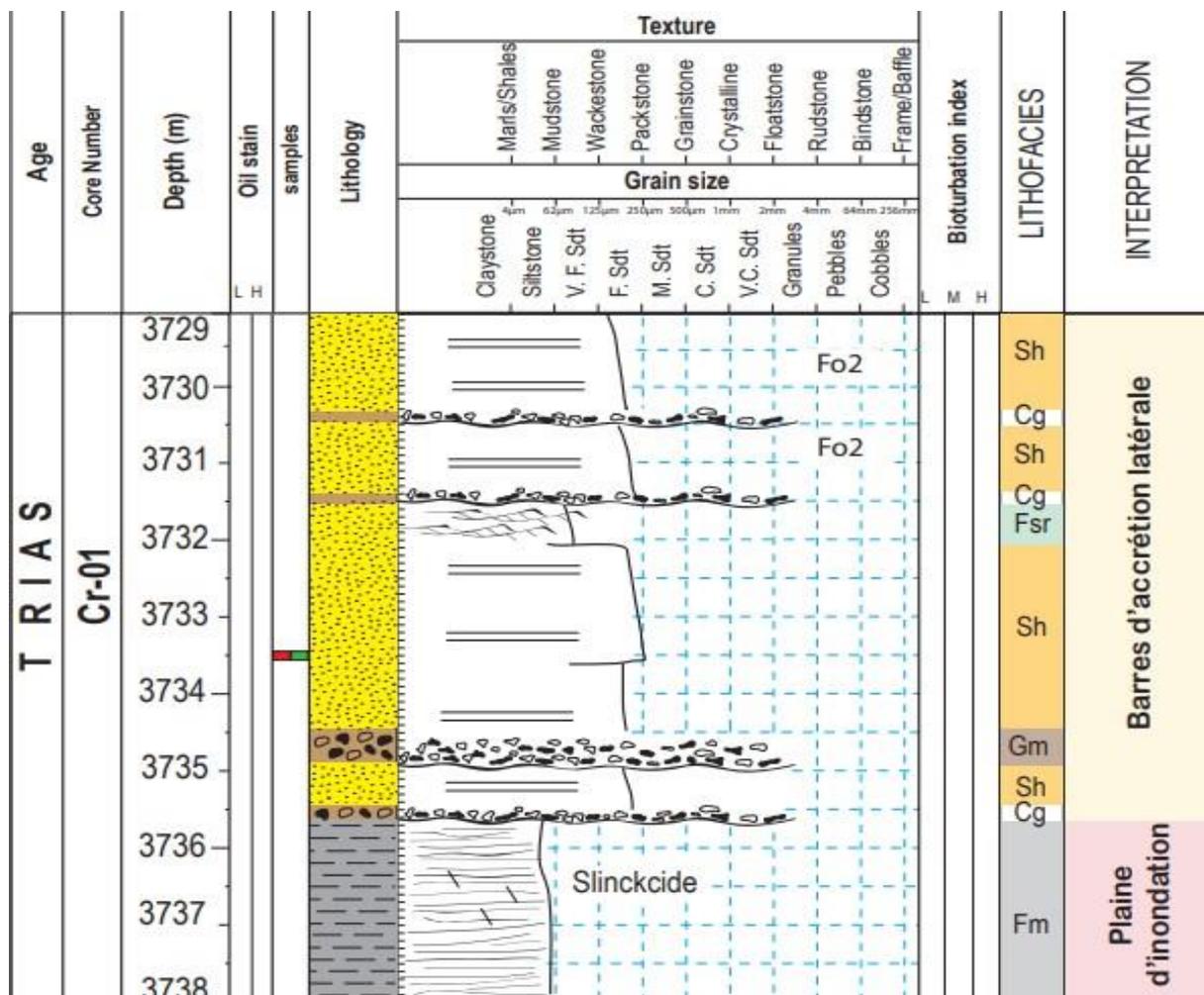


Figure 11: log sédimentologique de carotte 01 de puits 01

✓ Carotte 02 [3780m-3792m]

• Intervalle [3780m-3781m] :

Lag conglomératique à matrice argilo-silteuse, renfermant des éléments argileux centimétriques chapoté par des grés fins à stratifications horizontales.

• Intervalle [3781m-3792m] :

Argile silteuse de couleur rougeâtre, indurée et feuilletée, renfermant des traces de racines et débuté à la base par des silt-stones argileux à rides de courants. Il est à noter que quelques crachés de grés silteux de couleur verdâtres ont été repérés dans ces argiles.

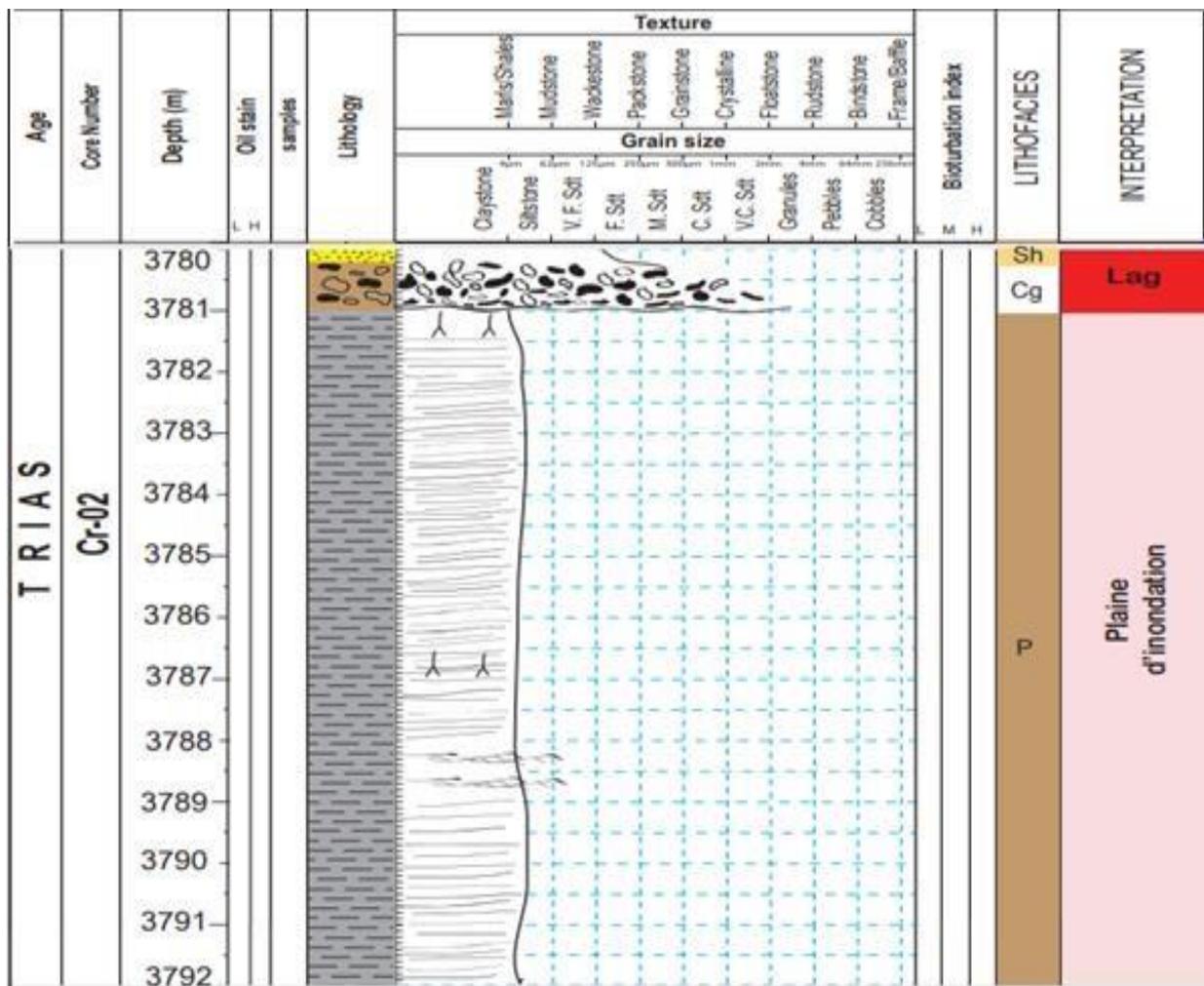


Figure 12: log sédimentologique de carotte 02 du puits 01

✓ **Carotte 03 [3818m-3833m]**

• **Intervalle [3818m-3821m] :**

Succession de deux séquences fluviales, débutant à la base par des surfaces érosives composés d'éléments argileux et des Peebles, surmonté de grés, allant de fins à très fins, de couleur gris clair. Ces grés présentent des stratifications entrecroisées en auges et horizontales à la partie supérieure.

• **Intervalle [3821m-3829.2m] :**

Siltstone légèrement argileux de couleur rougeâtre, massif présentant des rides de courants. Ces siltstones sont intercalés par des grés silteux massifs, très fins.

• **Intervalle [3829.2m-3833m] :**

Argile silteuse, rougeâtre, indurée et laminée.

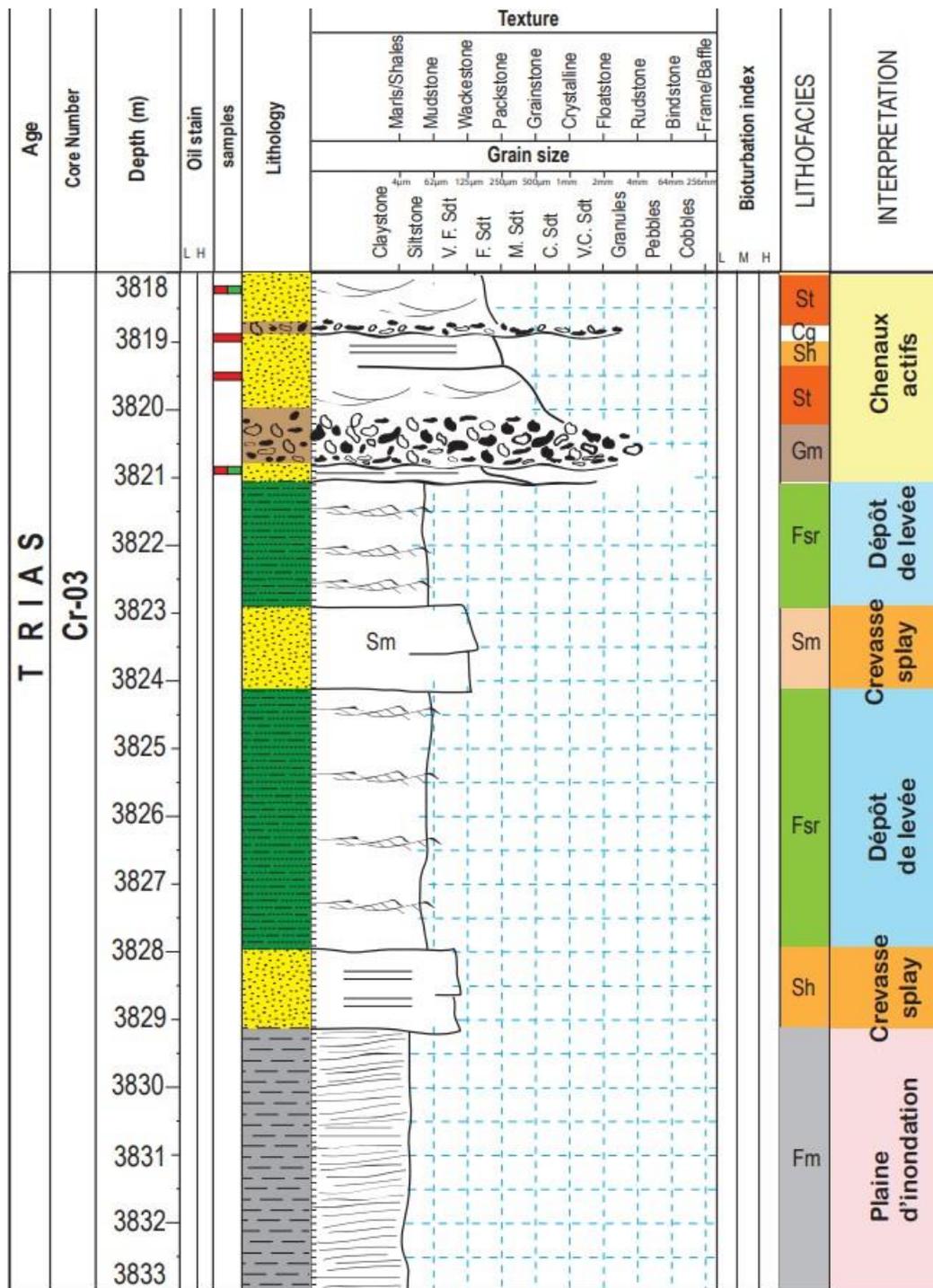


Figure 13: log sédimentologique de carotte 03 du puits 01

✓ **Carotte 04 [3900m-3917.70m]**

- **Intervalle [3900m-3900.2m]** : Grés argileux, gris blanchâtre, limité à la base par une surface érosive. Son milieu de dépôt n'est pas déterminé car la séquence a été tronquée et n'est pas complète.
- **Intervalle [3900.2m-3908m]** : Argile silteuse, rougeâtre, marmorisée par endroit, présentant des traces de pédogénèse et intercalés par de petits passages de grés très fins (Dépôt de débordement).
- **Intervalle [3908m-3911m]** : Siltstone argileux, massif, avec des rides de courants apparentes.
- **Intervalle [3911m-3917.70m]** : Argile silteuse, rougeâtre, indurée et laminée, légèrement friable.

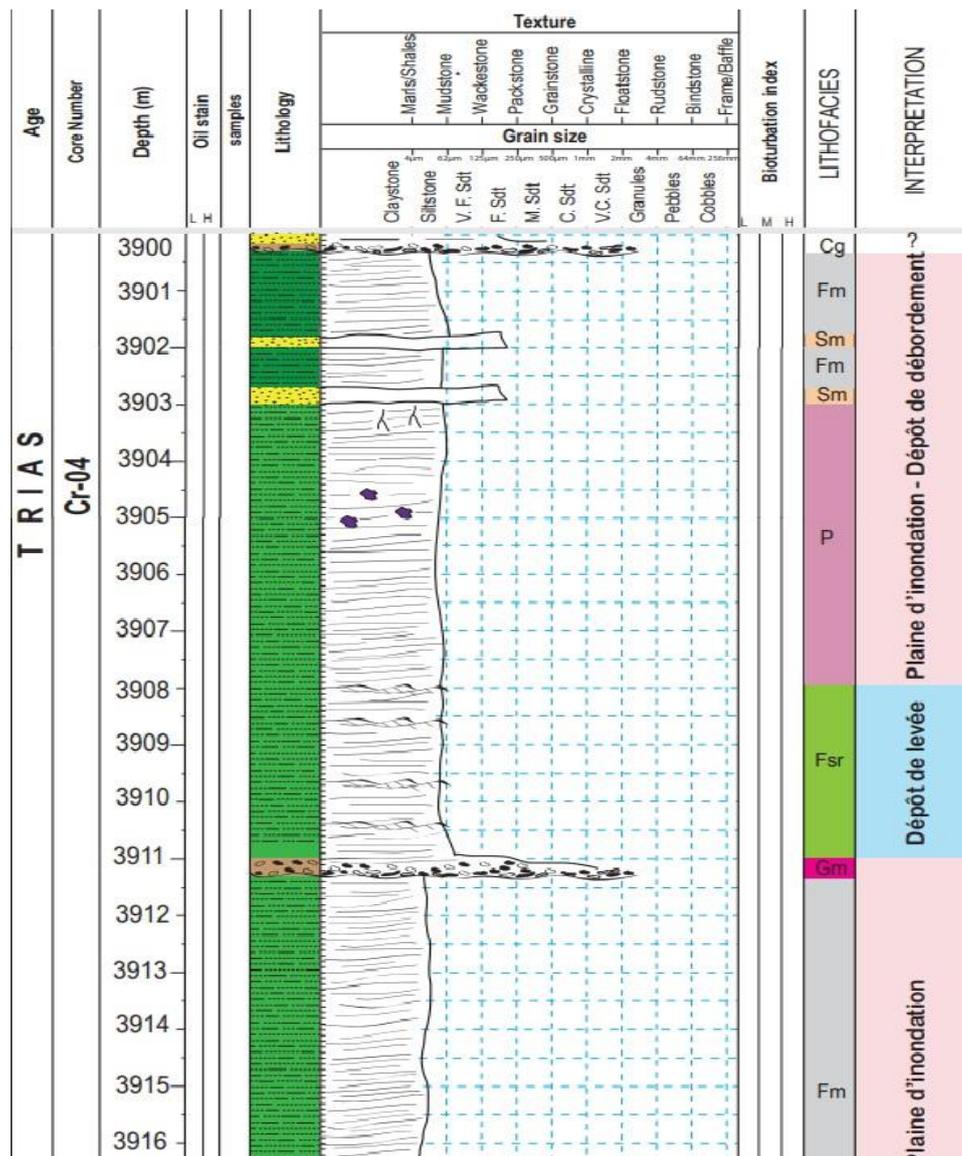


Figure 14: log sédimentologique de carotte 04 du puits 01

✓ Carotte 05 [4192m-4200.6m]

Succession de plusieurs barres de nature gréseuse, présentant de teintes allant du beige au blanchâtre, moyennement bio-turbés, fracturées en certains endroits, dures et compactes, avec des flasers-bedding et des drapages argileux, imprégnés dans la partie basale, la granulométrie varie de la fin au moyen. Il est important de noter que la silification du faciès rend difficile la visibilité des structures sédimentaires.

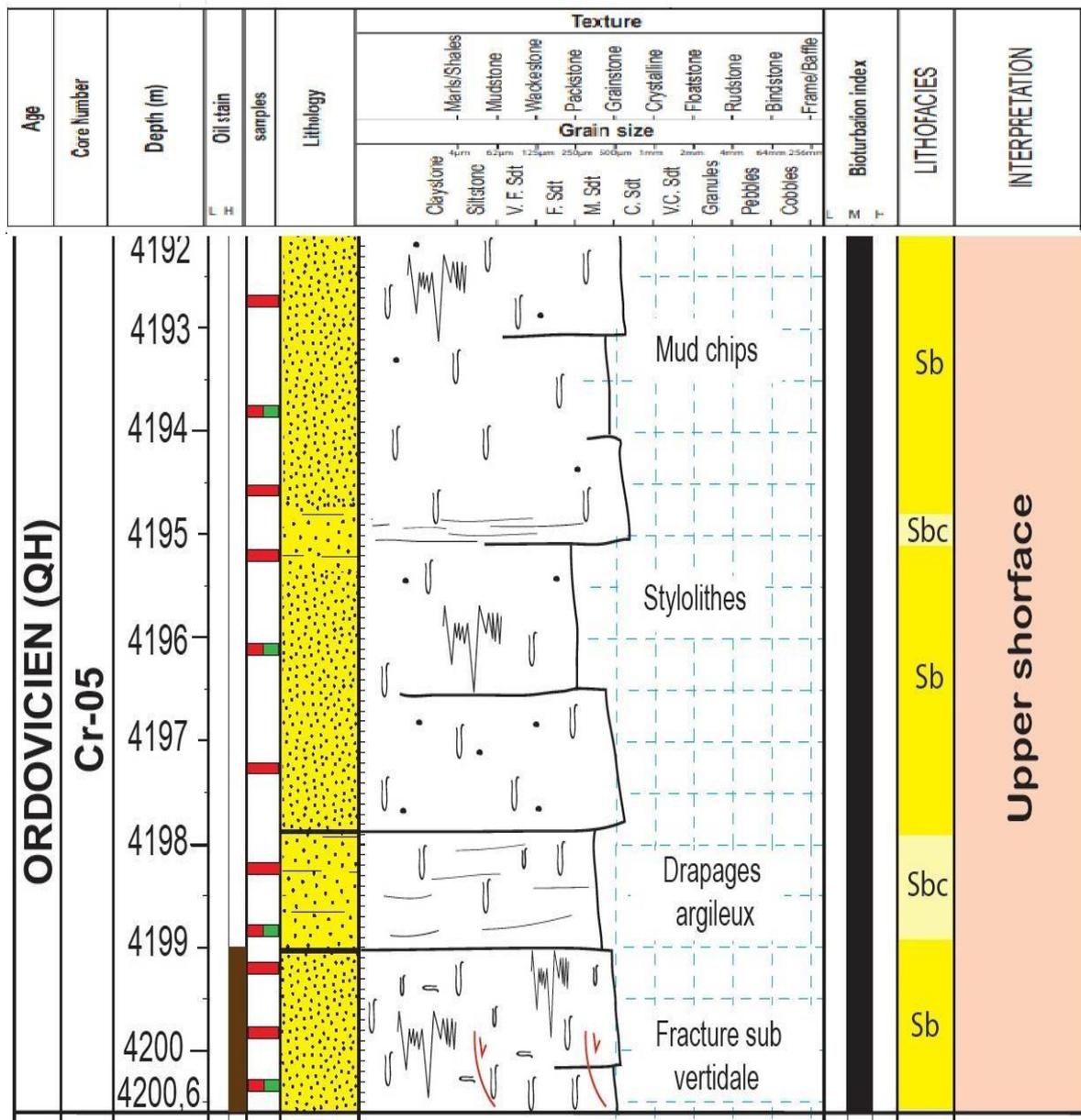


Figure 15: log sédimentologique de carotte 05 du puits 01

Tableau 3: classification des faciès du puits 01 pour les carottes 01,02,03 et 04

Facès	Intervalles	Litho faciès	Code	Granulométrie	Milieu de dépôt	Carotte	Age
Grès	3729m-3735,6m	Grès à stratifications horizontales	Sh	Très fine	Barre d'accrétion latérale	1	Trias
		Conglomérat à éléments polygéniques	Cg	Très fine à grossière			
		Grès à stratifications horizontales	Sh	Très fine			
		Conglomérat à éléments polygéniques	Cg	Très fine à grossière			
		Silt argileux à rides de courants	Frs	Très fine			
		Grès à stratifications horizontales	Sh	Très fine			
		Conglomérat	Gm	Grossière			
		Grès à stratifications horizontales	Sh	Très fine			
Argile silteuse	3735,6m-3738m	Argile massive plus au moins silteuse	Fm	Très fine	Plaine d'inondation		
Lag conglomératique	3780m-3781m	Grès à stratifications horizontales	Sh	Fine	Lag	2	Trias
		Conglomérat à éléments polygéniques	Cg	Très fine à grossière			
Argile silteuse	3781m-3792m	Paléosol	P	Très fine	Plaine d'inondation		
Grès	3818m-3821m	Grès à stratifications entrecroisées en auges	St	Très fine à fine	Chenaux actifs	3	Trias
		Conglomérat à éléments polygéniques	Cg	Très fine à grossière			
		Grès à stratifications horizontales	Sh	Très fine à fine			
		Grès à stratifications entrecroisées en auges	St	Très fine à fine			
		Conglomérat	Gm	Grossière			
Siltite argileuse	3821m-3823m	Silt argileux à rides de courants	Fsr	Très fine	Dépôt de levée		
Grès silteux	3823m-3824,2m	Grès massif	Sm	Très fine	Crevasse splay		
Siltite argileuse	3824,2m-3828m	Silt argileux à rides de courants	Fsr	Très fine	Dépôt de levée		
Grès silteux	3828m-3829,2m	Grès à structures horizontales	Sh	Très fine	Crevasse splay		
Argile silteuse	3829,2m-3833m	Argile massive plus au moins silteuse	Fm	Très fine	Plaine d'inondation		
Grès	3900m-3900,2m	Conglomérat à éléments polygéniques	Cg	Très fine à grossière	Non identifié		
Argile silteuse	3900,2m-3917,7m	Argile massive plus au moins silteuse	Fm	Très fine	Plaine d'inondation-dépôt de débordement	4	Trias
		Grès massif	Sm	Très fine			
		Argile massive plus au moins silteuse	Fm	Très fine			
		Grès massif	Sm	Très fine			
		Paléosol	P	Très fine			
		Silt argileux à rides de courants	Fsr	Très fine			
		Conglomérat	Gm	Grossière			
Argile massive plus au moins silteuse	Fm	Très fine	Dépôt de levée				
					Plaine d'inondation		

Tableau 4: classification des faciès du puits 01 pour la carotte 05

Faciès	Intervalles	Lithofaciès	Code	Granulométrie	Milieu de dépôt	Carotte	Age
Grès	4192m-4200,6m	Grès intensément bioturbés	Sb	Fine à moyenne	Upper shoreface	5	Ordovicien (QH)
		Grès bioturbés clastique	Sbc	Fine à moyenne			
		Grès intensément bioturbés	Sb	Fine à moyenne			
		Grès bioturbés clastique	Sbc	Fine à moyenne			
		Grès intensément bioturbés	Sb	Fine à moyenne			

➤ **Association de lithofaciès et environnement de dépôt**

Huit (08) litho-faciès (Sh, Cg, Fsr, Fm, P, St, Sm et Gm) et cinq associations de litho-faciès ont été définis dans les carottes 01, 02, 03 et 04 du puits 01. De même, la carotte cinq a permis de repérer deux litho-faciès (Sb, Sbc) d'où leur association donne un seul faciès caractérisant l'intervalle qu'elle limite. Il faut noter aussi qu'un seul litho-faciès peut représenter à lui seul un milieu de dépôt. (*Tableau 03 et 04*).

✓ **Association de litho-faciès de la plaine d'inondation**

La plaine d'inondation comprend, essentiellement, les argiles de la plaine d'inondation au sens strict ou dépôt de débordement, les dépôts de levées et la crevasse splay.

- **Les levées** : caractérisées par un seul litho-faciès **Fsr** qui est un silt argileux à rides de courant. Il a été observé dans **les intervalles : 3821.2m -3823m et 3824m-3828m** au niveau de la carotte 03. (*Figure 13*)
- **La plaine d'inondation-dépôt de débordement** : Caractérisée par une association des litho-faciès Fm, Sm et P au niveau de la carotte 04 dans **l'intervalle 3900,4m-3908m**. Ce sont des argiles silteuses de couleur rougeâtre marmorisée, renfermant quelques traces de racines entre-coupées par des grès fins. (*Figure 14*)
- **La plaine d'inondation au sens strict** : caractérisée par les lithofaciès Fm présents **dans les intervalles 3735,7m-3738m (Figure 11) et 3829,2m-3833m (Figure 13)**. Au niveau de la carotte 02 dont **l'intervalle 3781.1m-3792m (Figure 12)**, le lithofaciès P représente à lui seul l'environnement en question. Une association de deux lithofaciès Fm et Gm (conglomérat isolé dans une plaine d'inondation) caractérise la plaine d'inondation. Ce sont des argiles silteuses rougeâtres, indurées feuilletées ou laminées à des traces de racines et parfois marmorisées avec quelques crachés de grès silteux.

- **La crevasse splay** : caractérisée par un seul litho-faciès Sm ou Sh qui respectivement des grès massifs sans structures apparentes et des grès à stratifications horizontales. Elle a été repérée au niveau de la carotte 3 dans les intervalles **3823m-3824.2m** et **3828m-3829m**. (*Figure 13*)

✓ **Association de litho-faciès de la plaine alluviale**

La plaine alluviale comprend essentiellement les grès du chenaux actifs, le lag et/ou la barre de d'accrétion latérale

- **Chenal actif** : Caractérisé par une association de litho-faciès Gm,Cg, St Ce type de remplissage présente deux séquences fluviatiles grano-décroissantes à bases érosives représentées par des microconglomérats composés d'éléments polygéniques (galets d'argiles oxydés.) Surmontées par des grès avec des structures sédimentaires entrecroisées et ou en auges. Cette association a été observée dans **l'intervalle 3818m-3821.2m**. (*Figure 13*)
- **Barre d'accrétion latérale** : caractérisé par une association de litho-faciès Sh, Cg, Gm et Fsr et donne un faciès de Grès avec des structures sédimentaires horizontales et rides de courants à des surfaces érosives micro-conglomératiques à éléments argileux. Cette association a été observée dans **l'intervalle 3729m-3734,5m**. (*Figure 11*)
- **Le lag** : caractérisé par une association de deux lithofaciès Sh et Cg. Il a été observé dans **l'intervalle 3780m-3781m** (*Figure 12*). Cette association produit un Lag conglomératique à matrice argilo-silteuse chapoté par des grès fins à stratifications horizontales.

✓ **Association de litho-faciès de shoreface :**

Le shoreface ou l'avant plage est un milieu de transition entre le domaine continental et le domaine marin. Il est caractérisé par l'association de deux lithofaciès Sb et Sbc dont l'un est un grès bio-turbé et l'autre est un grès bio-turbé compacte. On remarque des stylolithes, des drapages argileux et des fractures en certains endroits. Il est observé tout au long de la carotte 05 à un intervalle allant de **4192m à 4200.6m** (*Figure 15*) et donne la nomenclature de Quartzites de Hamra

-Une note à souligner : il existe un intervalle 3900m-3900.4m (*Figure 14*) représenté par le lithofaciès Cg et qui renferme un grès argileux limité à la base par une surface érosive. Il n'est

pas identifié car la séquence fluviatile a été tronquée donc on ne peut pas suggérer un milieu de dépôt.

4. Étude sédimentologique de puits 02 :

➤ Méthodologie

Une description sédimentologique détaillée des carottes du Trias a été effectuée pour le puits 2, totalisant une longueur de 47.50 m. Cette description de carottes s'est attachée à illustrer le type de sédiments rencontrés, incluant la taille des grains, la texture, la couleur, la lithologie, l'épaisseur des bancs, les structures sédimentaires associées, la fracturation et la bioturbation.

Les résultats de la description sédimentologique sont répertoriés dans des fiches à carottes à l'échelle 1/100 ème habillées en milieux de dépôt. En général, les faciès étudiés sont de type silico-clastique appartenant à un environnement continental (fluviatile) (*les planches, Annexe : 10,11,12*)

Le tableau 5 montre la répartition des intervalles, des épaisseurs et du nombre d'échantillons analysé en fonction des carottes pour le puits 2 :

Age	Puits	N° de carotte	Intervalle décrit	Métrage décrit	Pétrographie	DRX
Trias T1+T2	2	1	3700m-3718m	18m	2	2
		2	3718m-3734,50m	16,50m	0	0
Série inférieure		3	3798m-3811m	13m	12	7
	Total			47,50m	14	9

Tableau 5: répartition des intervalles, des épaisseurs et du nombre d'échantillons analysés en fonction des carottes du puits 02

➤ **Description de faciès du puits 02 :**

✓ **Carotte 01 [3700m-3718m]**

• **Intervalle [3700m-3708.5m]**

Siltstone légèrement argileux, de couleur rougeâtre, oxydé par endroits, affichant des stratifications horizontales et des rides de courants.

• **Intervalle [3708.5m-3714.5m]**

Succession de plusieurs barres pluri-métriques de grés fin parfois très fin de couleur gris clair, plus ou moins dur, massives au sommet, très argileux à la base. Ces barres gréseuses sont débutées par des surfaces érosives de nature micro-conglomératiques à matrice argileuse, comprenant des éléments mous et des galets d'argiles.

• **Intervalle [3714.5m-3718m]**

Empilement de paquets pluri-métriques d'argile quelques fois silteuse de la plaine d'inondation, indurés, oxydés, de couleur rouge pourpre, et verdâtre par endroits, à traces de racines et présentant des débris de charbon.

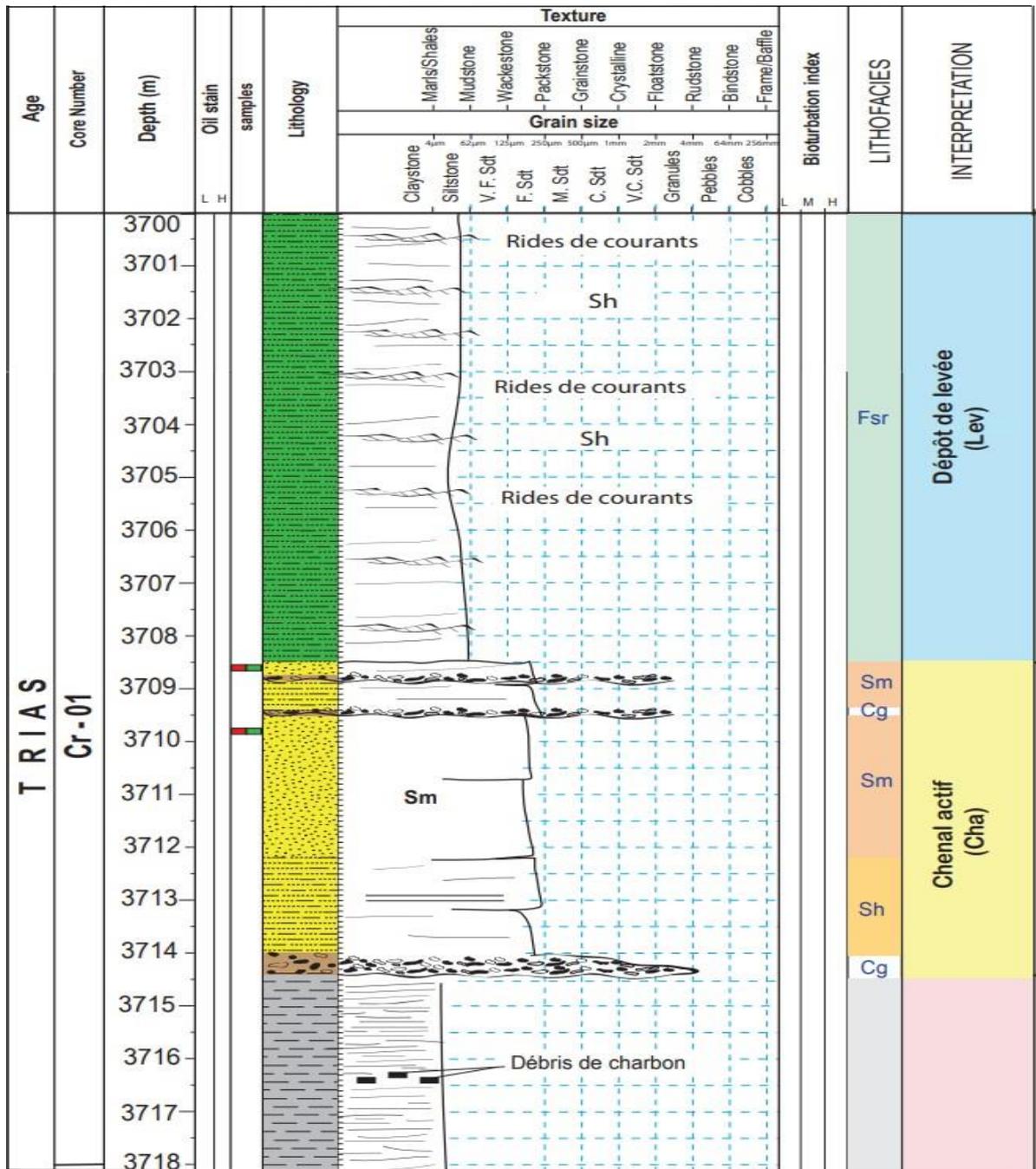


Figure 16 log sédimentologique de carotte 01 du puits 02

✓ Carotte 02 [3718m-3734.5m]

Empilement de paquets pluri-métriques d'argile quelques fois silteuse de la plaine d'inondation, indurés, oxydés, de couleur rouge pourpre, et verdâtre par endroits, à marmorisation, à traces de racines et présentant des débris de charbon au sommet et des nodules de nature salifères à la base. Ces paquets d'argile sont entrecoupé par des dépôts de débordements constitués de grés silteux, massif, très fin.

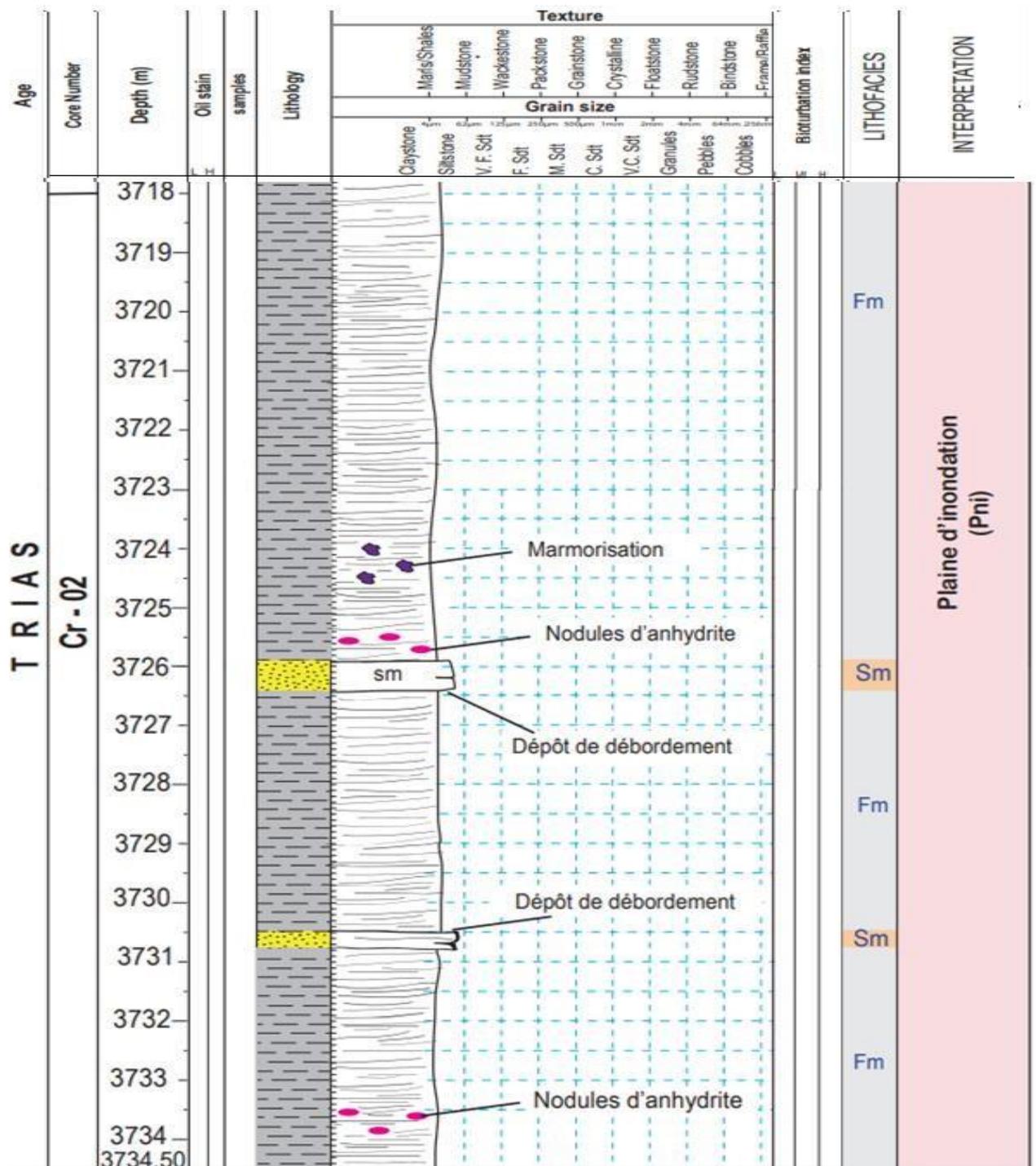


Figure 17: log sédimentologique de carotte 02 du puits 02

✓ **Carotte 03 [3798m-3811m]**

• **Intervalle [3798m-3805.1m]**

Empilement de plusieurs barres de grés imprégnées, de fin à très fin, légèrement dures et compactes, affichant une couleur gris clair, parfois gris beige. Ces barres sont délimitées par plusieurs surfaces érosives à galets d'argiles de tailles millimétrique à centimétrique. Les structures sédimentaires observées comprennent essentiellement : les entrecroisées de faibles angles, ainsi que les obliques planes.

• **Intervalle [3805.1m-3807.3m]**

Grès massif, métrique, de couleur gris clair, peu imprégné.

• **Intervalle [3807.3m-3811m]**

Grés argileux, fin à très fin, d'ordre métrique, affichant une couleur gris clair et une texture légèrement friable. Il renferme des galets d'argiles et des Mud chips. Les structures sédimentaires les plus apparentes sont représentées, essentiellement, par les structures horizontales planes, ainsi que, les structures planes faiblement inclinées.

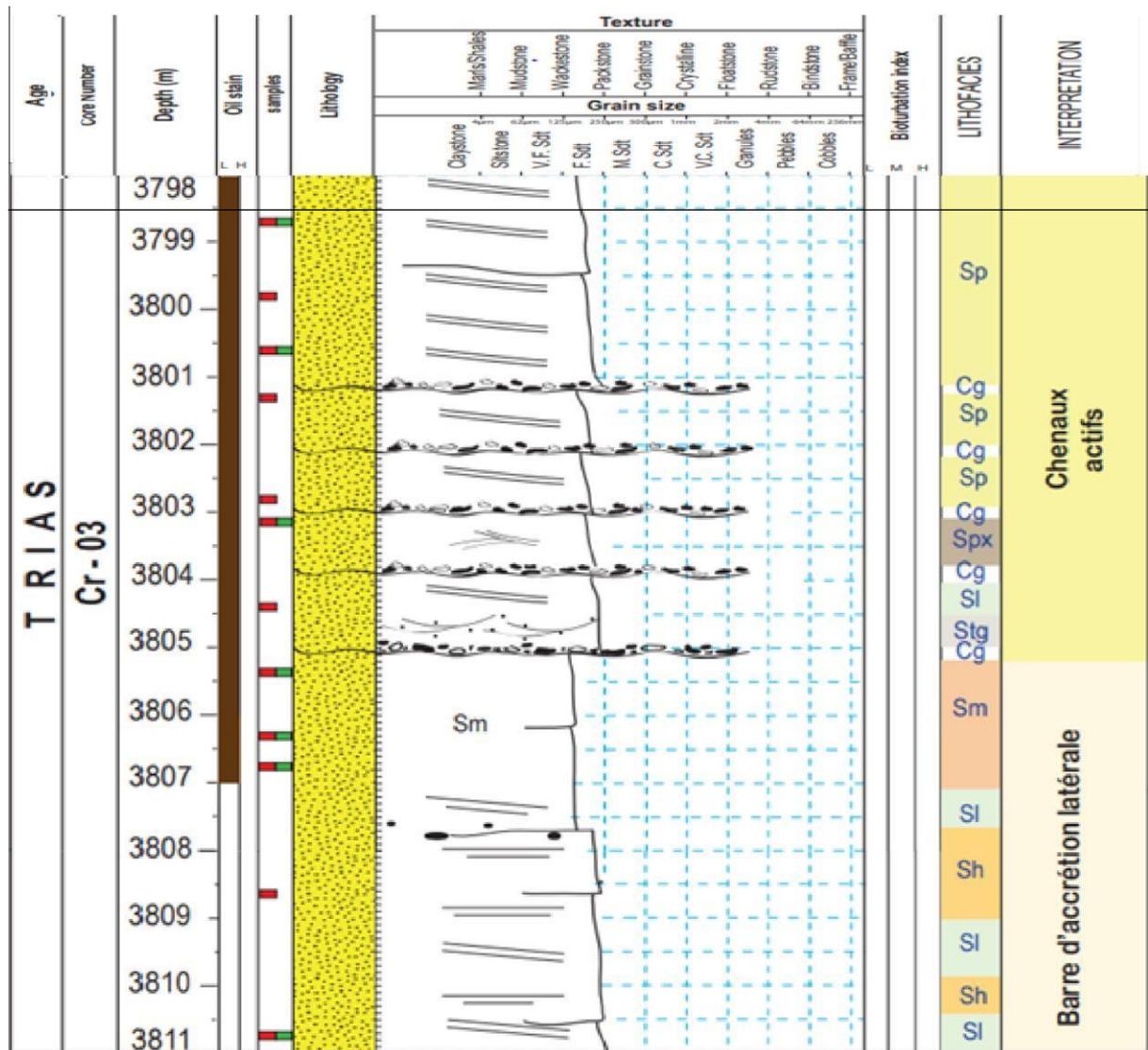


Figure 18: log sédimentologique de carotte 03 du puits 02

Tableau 6: classification des faciès du puits 02

Faciès	Intervalles	Litho-faciès	Code	Granulométrie	Milieu de dépôt	Carotte	Age
Siltite argileuse	3700m-3708,5m	Silt argileux à rides de courant	Fsr	Très fine	Dépôt de levée	Carotte 1	Trias
Grès	3708,5m-3714,5m	Grès massif	Sm	Fine	Chenal actif		
		Conglomérats à éléments polygéniques	Cg	Très fine à grossière			
		Grès massif	Sm	Fine			
		Grès à stratifications horizontales	Sh	Fine			
		Conglomérats à éléments polygéniques	Cg	Très fine à grossière			
Argilite silteuse	3714,5m-3718m	Argile massive plus ou moins silteuse	Fm	Très fine	Plaine d'inondation	Carotte 2	Trias
Argilite silteuse	3718m-3726m	Argile massive plus ou moins silteuse	Fm	Très fine			
Grès silteux	3726m-3726,5m	Grès massif	Sm	Très fine			
Argilite silteuse	3726,5m-3730,5m	Argile massive plus ou moins silteuse	Fm	Très fine			
Grès silteux	3730,5m-3730,8m	Grès massif	Sm	Très fine			
Argilite silteuse	3730,8m-3734,5m	Argile massive plus ou moins silteuse	Fm	Très fine			
Grès	3798m-3805,1	Grès à stratifications obliques planes	Sp	Très fine à fine	Chenaux actifs	Carotte 3	Trias
		Conglomérats à éléments polygéniques	Cg	Très fine à grossière			
		Grès à stratifications obliques planes	Sp	Très fine à fine			
		Conglomérats à éléments polygéniques	Cg	Très fine à grossière			
		Grès à stratifications obliques planes	Sp	Très fine à fine			
		Conglomérats à éléments polygéniques	Cg	Très fine à grossière			
		Grès à stratifications entrecroisées	Spx	Très fine à fine			
		Conglomérats à éléments polygéniques	Cg	Très fine à grossière			
		Grès à stratifications obliques faiblement inclinées	Sl	Très fine à fine			
		Grès à stratifications entrecroisées en auges à granules	Stg	Très fine à fine			
	Conglomérats à éléments polygéniques	Cg	Très fine à grossière				
	3805,1m-3807,3m	Grès massif	Sm	Fine	Barre d'accrétion latérale		
Grès argileux	3807,3m-3811m	Grès à stratifications obliques faiblement inclinées	Sl	Très fine à fine			
		Grès à stratifications horizontales	Sh	Très fine à fine			
		Grès à stratifications obliques faiblement inclinées	Sl	Très fine à fine			
		Grès à stratifications horizontales	Sh	Très fine à fine			
		Grès à stratifications obliques faiblement inclinées	Sl	Très fine à fine			

➤ Association de lithofaciès et environnement de dépôt

Neuf (09) litho-faciès (Fsr, Sm, Cg, Sh, Fm, Sp, Spx, Sl, stg) et trois associations de litho-faciès ont été définis dans les carottes 01, 02 et 03 du puits 2. (Tableau 06 et log sédimentologique figure n°).

✓ Association de litho-faciès de la plaine d'inondation

La plaine d'inondation comprend, essentiellement, les argiles de la plaine d'inondation au sens strict, les dépôts de levées.

- **Les levées** : caractérisées par un seul litho-faciès **Fsr** qui est un silt argileux à rides de courant. Il a été observé dans **l'intervalle 3700m -3708.5m. (Figure 16)**
- **La plaine d'inondation au sens strict** : Caractérisée par une association des litho-faciès Fm et Sm. Ce sont des argiles silteuses et indurées, de couleur rougeâtre, parfois oxydées, renfermant quelques traces de racines et des nodules d'anhydrite ainsi qu'une marmorisation, entre coupées par des grès silteux. Cette association a été observée dans **l'intervalle 3714.5m-3734.5m. figure 16 et 17**
- **Les chenaux abandonnés ou bras mort** : Cette association correspond aux litho-faciès Cg, Sm et Sh et est caractérisée par des surfaces érosives de nature micro-conglomératique, à matrice argileuse suivies par des grès très fins à fins, son épaisseur est de 6 mètres, cette association a été observée dans **l'intervalle 3708.5m-3714.5m. figure 16**

➤ Association de litho-faciès de la plaine alluviale

La plaine alluviale comprend essentiellement les grès du chenaux actifs et/ou la barre de d'accrétion latérale.

- **Chenal actif** : Caractérisé par une association de litho-faciès Sp, Cg, Sl, Spx, Stg. Ce type de remplissage présente des séquences grano-décroissantes à bases érosives représentées par des microconglomérats composés d'éléments polygéniques (galets d'argiles oxydés.) avec des structures sédimentaires entrecroisées ainsi qu'obliques planes. Cette association a été observée dans **l'intervalle 3798m-3805.1m. (Figure 18)**
- **Barre d'accrétion latérale** : caractérisé par une association de litho-faciès Sm, Sl, Sh et donne un faciès de Grès avec des structures sédimentaires horizontales et planes faiblement inclinées. Cette association a été observée dans **l'intervalle 3805.1m-3811m. (Figure 18)**

5. Conclusion

Le trias argilo-gréseux, renferme une succession d'unités argilo-gréseuses déposées dans des endroits différents de milieu fluviatile, on évoque les chenaux actifs, le chenal abandonné et la barre d'accrétion latérale. Ceux-ci donnent probablement un faciès réservoirs. En contrepartie, d'autres endroits dont le matériel sédimentaire ne donnent pas des faciès réservoirs : la plaine d'inondation, la crevasse splay et les dépôts de levées.

Les quartzites de Hamra, reflètent l'ordovicien supérieur caractérisé par un grès compact avec bioturbation. Il fait partie des dépôts de shore-face ou l'avant-plage, et donne un faciès réservoirs de mauvaises qualités. Notons que la fréquence (%) représente le métrage des faciès réservoirs ou non-réservoirs par rapport au métrage total de la carotte. Cette description est illustrée dans les figures suivantes :

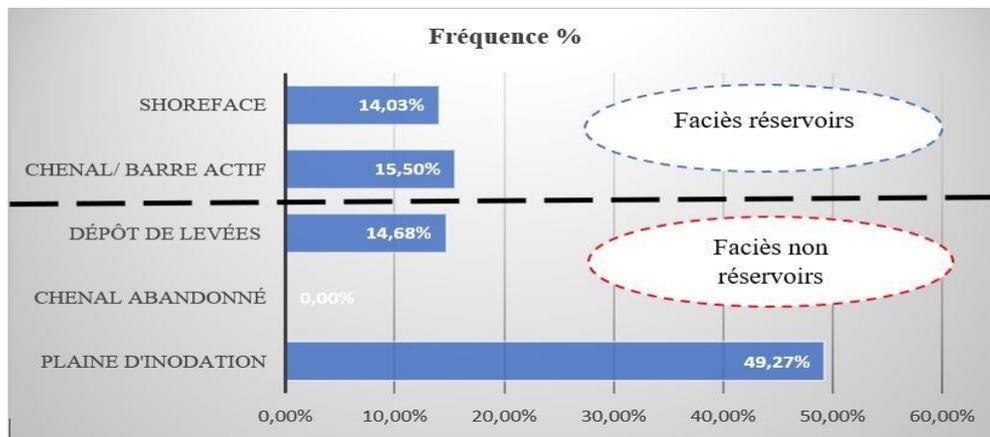


Figure 19 log représentatif de la fréquence des milieux de dépôt dans le puits 01

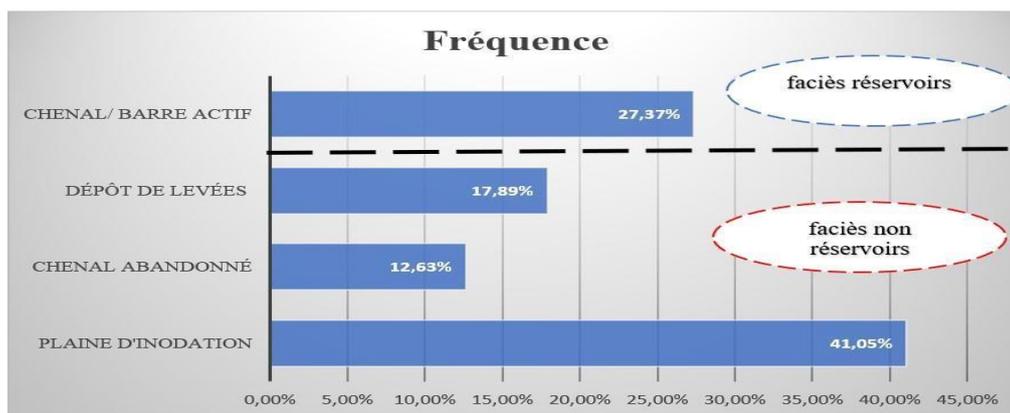


Figure 20: log représentatif de la fréquence des milieux de dépôt dans le puits 02 (pour le Trias argilo-gréseux)

CHAPITRE III : ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE

-Introduction :

L'étude pétrographique est une analyse détaillée des échantillons de roches à l'échelle microscopique pour identifier et caractériser les composants minéralogiques, les structures et les relations entre les minéraux. Elle a pour but, d'identifier les types de roches réservoirs et de caractériser leurs qualités pétro-physiques notamment la porosité. Dans notre cas, une étude a été menée sur deux puits 01 et 02.

1. Étude pétrographique de puits 01

➤ Méthodologie

L'étude est basée sur l'analyse pétrographique de seize (16) lames minces, confectionnées à partir des carottes 01-03 et 05 de puits 01. (*Tableau 2*)

L'analyse pétrographique est basée sur l'observation au microscope optique polarisant. Elle consiste en la détermination et la quantification, des phases minérales présentes (détritiques et diagénétiques), l'appréciation de la texture, l'estimation de la porosité et la détermination de son origine, et finalement la mise en évidence des principales transformations diagénétiques ayant affecté la roche.

Les résultats de l'analyse pétrographique sont portés sur un tableau (*annexe I*), et synthétisés également sur le log pétrographique (*Figure 33*). Les microfaciès et les transformations diagénétiques sont également illustrés par microphotographies.

➤ Classification des grès étudiés :

L'analyse de toutes les lames minces révèle des grès fins à moyen ainsi que moyen à grossier, grossier dans la côte 4192.76m et exclusivement moyen au niveau des côtes 3820,8m et 4199,2m. Ces grès sont majoritairement mal à moyennement classés, à ciment argileux et siliceux, peu à moyennement poreux. Selon la classification de folk 1974, ces grès sont matures, de type quartz-arénites pour les quartzites de Hamra à sub-arkose pour les grès de Trias (*Figure 21*)

Les éléments détritiques sont représentés, de 74%, de quartz monocristallin, en moyenne, de morphoscopie sub-anguleuse à subarrondie, parfois arrondie. Pour les feldspaths, les micas muscovite, les fragments argileux, et les minéraux lourds, leur présence est accessoire et parfois sont réduits à néant. Quant aux ciments, on constate qu'ils occupent l'espace intergranulaire, notamment occupé par l'argile dont le taux varie de 3 à 10% du volume total de la roche. Cette argile se rencontre sur tous les échantillons, excepté l'échantillon de la côte 4200.47m, avec des

proportions variables. Elle est de type chloritique, illitique et se présente en remplissage de pores primaires c'est-à-dire en filing, en revêtement des grains de quartz et en coating et parfois sous forme des lamines détritiques qui donne apparemment l'impression d'une illite. Elle est parfois imprégnée de matière organique. Rarement repéré, l'oxyde de fer a été vu vers la côte 3818,93m où on note aussi une présence de micas exfoliés. Le ciment siliceux vient, sur le plan quantitatif, presque au même rang avec l'argile, et se rencontre tout au long des trois carottes, sauf qu'il est absent vers la côte 4200.47m, il varie de 3 à 13%. Il s'appelle aussi ciment de nourrissage et se précipite autour de grains suivant le mode de cristallisation de quartz.

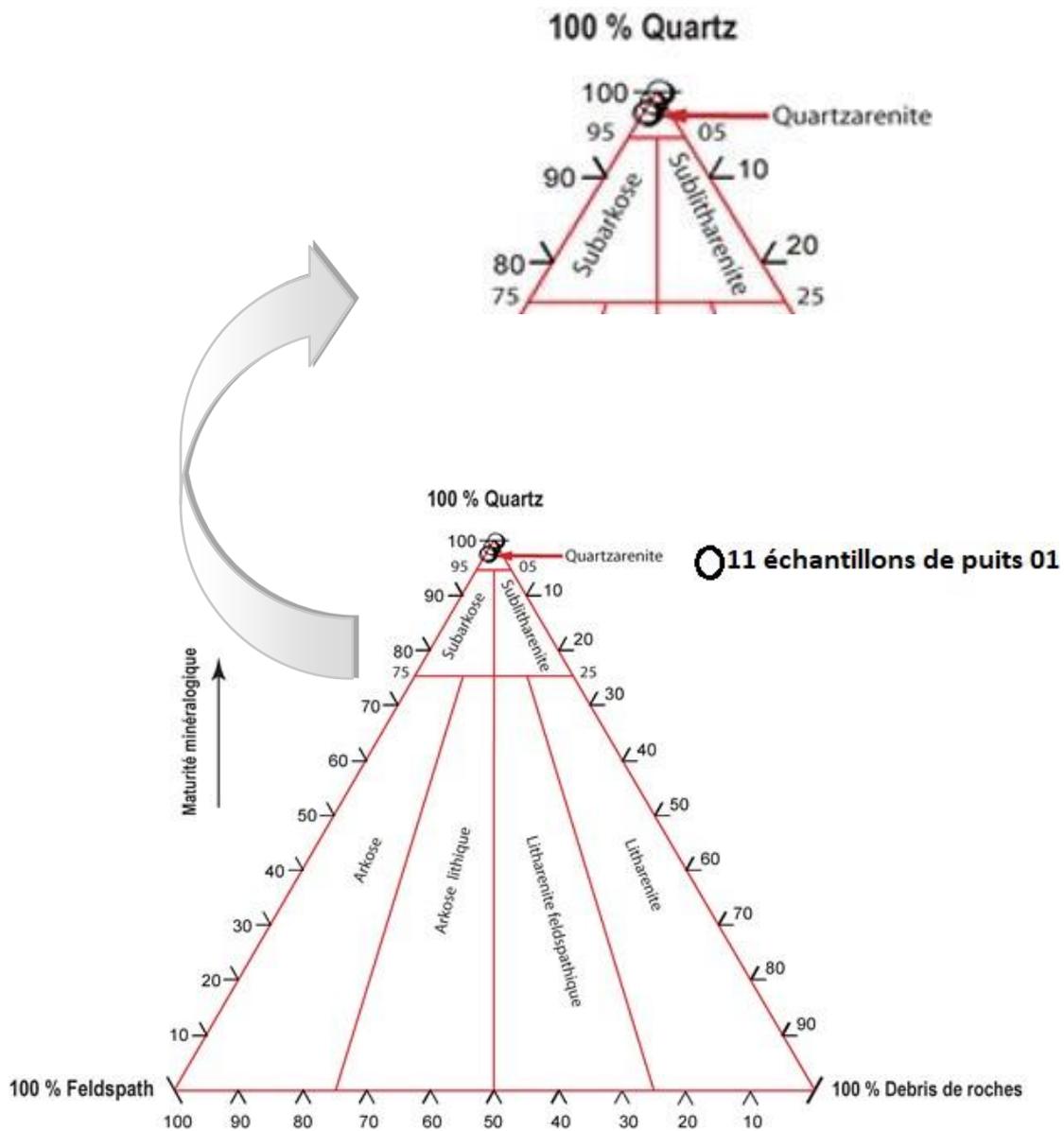


Figure 21: diagramme QFR des grès pour la carotte 05 du puits 01

➤ Description pétrographique

L'analyse pétrographique des échantillons du puits 1, a montré l'existence de trois microfaciès différents :

- **Microfaciès 01 (MF-1)** : représenté par les lames issues de carotte (01) et (03), c'est-à-dire l'intervalle estimé est (3733,5m - 3820,8m). Il est constitué généralement d'un grès fin à moyen et moyen à grossier vers la lame mince ayant la côte 3819, 50m, essentiellement, à ciment argileux au premier rang suivi par la silice secondaire. Il est moyennement poreux.
- **Microfaciès 02 (MF-2)** : représenté par un seul échantillon de la cote 4192,76m, et il s'agit d'un grès grossier avec des grains bien arrondis à ciment sulfaté (anhydrite) ce qui explique l'absence de la porosité à ce niveau car l'anhydrite est connue pour son potentiel destructeur de la porosité
- **Microfaciès 03 (MF-3)** : Il est constitué de onze (11) échantillons (intervalle 4193,80m-4200,47m), et composé de grès moyen à grossier, essentiellement à ciment siliceux et, à un degré moindre, mais considérable du ciment argileux, et est moyennement poreux.

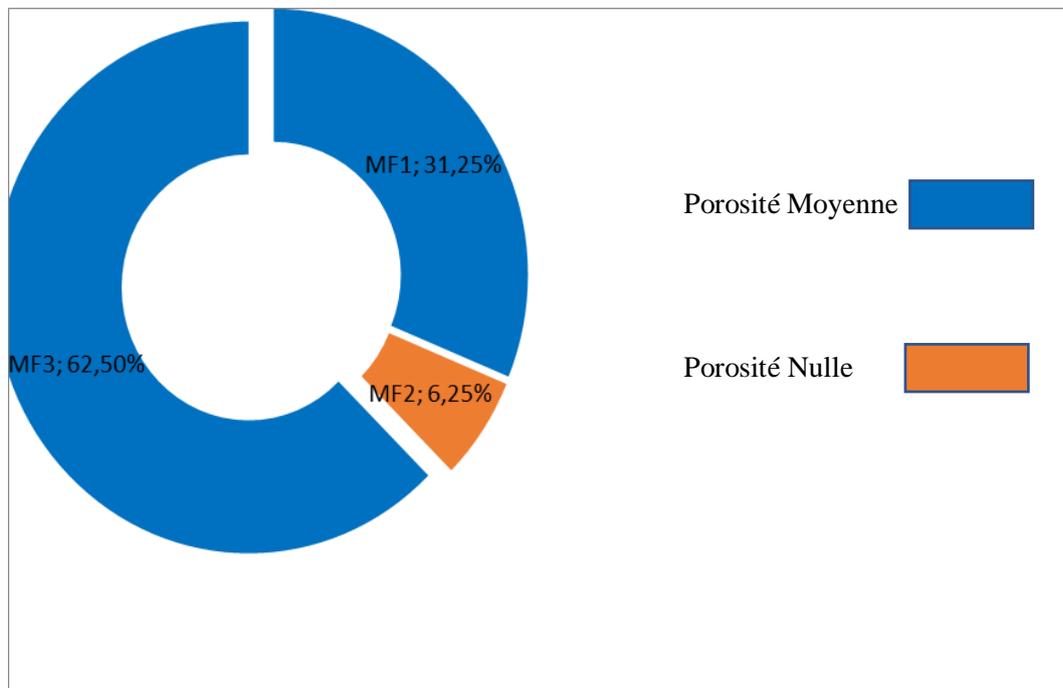


Figure 22: distribution des porosités des microfaciès dans le puits 01

✓ **Microfaciès 01 (MF-01) :**

• **Carotte_01 :**

Echantillon de la côte 3733,50m :

Cet échantillon est caractérisé par un grès, fin à moyen, moyennement classé et une porosité estimée à 11%.

Les grains de quartz sont évalués à **61%** du volume total de la roche. Ils sont arrondis à sub-arrondis, nourris en silice secondaire, et les contacts sont droits à concavo-convexe.

Le ciment est composé essentiellement d'argile de type illite en remplissage des pores primaires. A un degré moindre, il existe la silice secondaire appelée communément le ciment de nourrissage estimé à 3%.

Accessoirement, on rencontre des grains de feldspaths et les micas de type muscovite à un degré plus élevé évalué respectivement à 4 et 5%.

Des indices de bitume sont aussi observés à un pourcentage environnant le 3%.

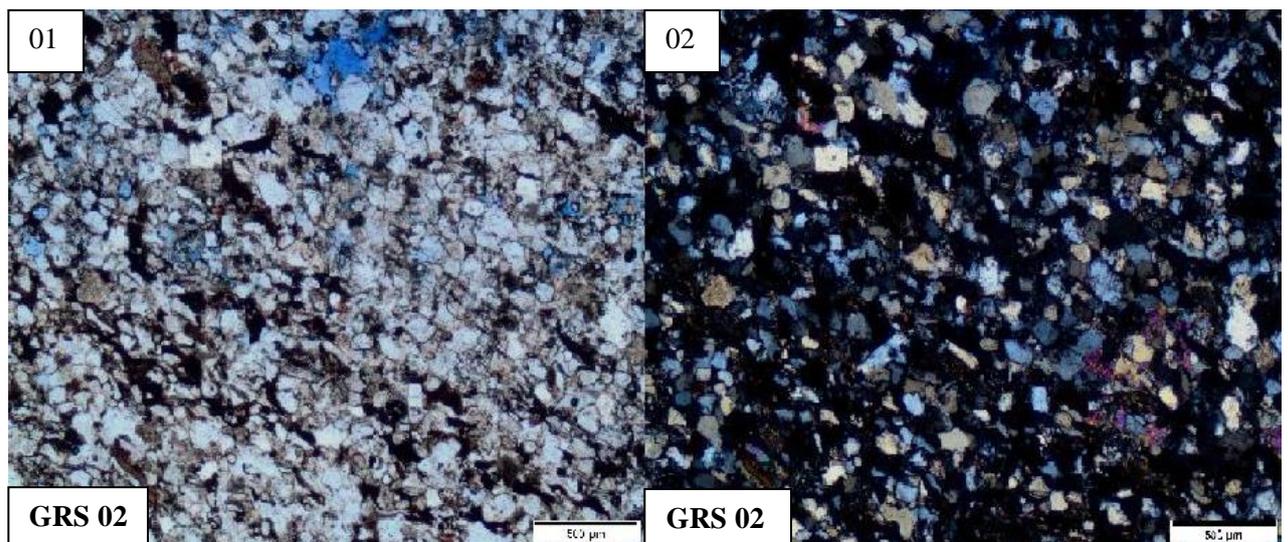


Figure 23: Photo microscopique : côte : 3733.50 m /LPNA (01), LPA (02)

• **Carotte 03**

Echantillon de la côte 3818,24m :

L'échantillon analysé révèle un moyen, avec une compaction modérée, moyennement classé, essentiellement, à ciment argileux et faiblement poreux.

Les grains de quartz estimé à 71%, sont sub-arrondis à arrondies et les contacts sont droits fréquemment concavo-convexe, et sont nourris en silice secondaire (5%). Le taux d'argile est

plus au moins fréquent (8%), celle-ci est composée du chlorite (6%) généralement présente en filing et d'illite (4%).

Accessoirement, on rencontre quelques grains de feldspaths, de muscovite et de bitume avec un taux de 4%. La porosité optique primaire et secondaire est faible, estimée à 5%.

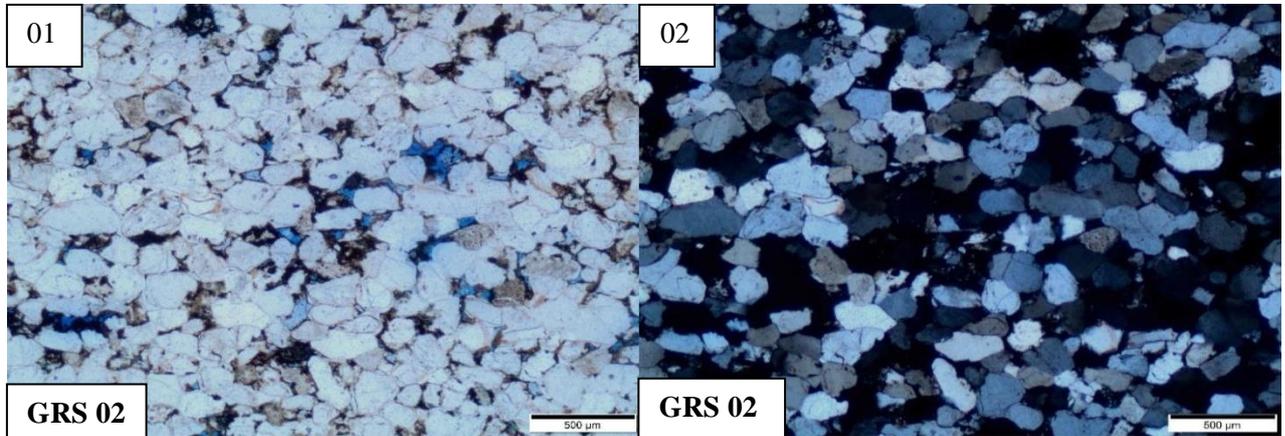


Figure 24: Photo microscopique : côte 3818,24 m/ LPNA (01), LPA (02)

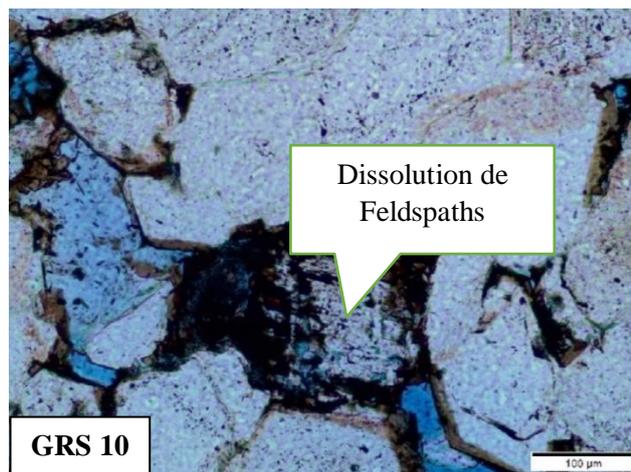


Figure 25: Photo microscopique : côte :3818.24 m/ LPNA, dissolution de feldspaths

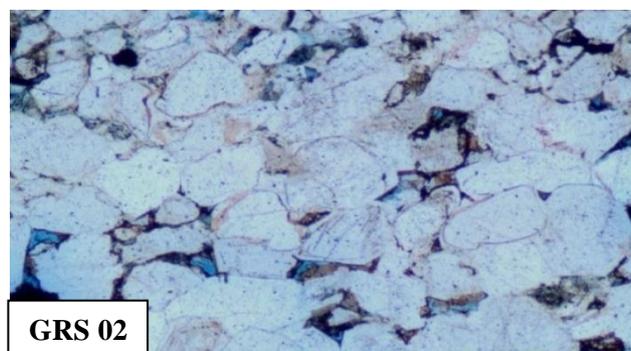


Figure 26: Photo microscopique : côte : 3818.24m/ LPNA, argile en filling

Echantillon de la côte 3818,93m :

Cet échantillon est caractérisé par un grès fin à moyen, avec une compaction un peu avancée, moyennement classé à ciment argileux majoritairement et siliceux. Ce grès représente une porosité moyenne de 7%.

Les grains de quartz constituent un taux de 68% du volume total de la roche. Ils sont sub-arrondis à sub-anguleux parfois arrondis et les contacts sont droits et plus fréquemment concavo-convexe

Le ciment est composé de silice secondaire de nourrissage (3%) et d'un ciment argileux composé, essentiellement de chlorite (15%) se manifestant en plage intergranulaire c'est-à-dire en filing. La porosité est moyenne (7%), d'origine secondaire liée à la dissolution des feldspaths. On remarque aussi la présence de paillettes dispersées des micas en exfoliation.

Le taux d'oxydes de fer qui, rencontrés en indice à 1%. La bitume quant à lui, sa présence est estimée à 4% se retrouvant remplir l'espace intergranulaire.

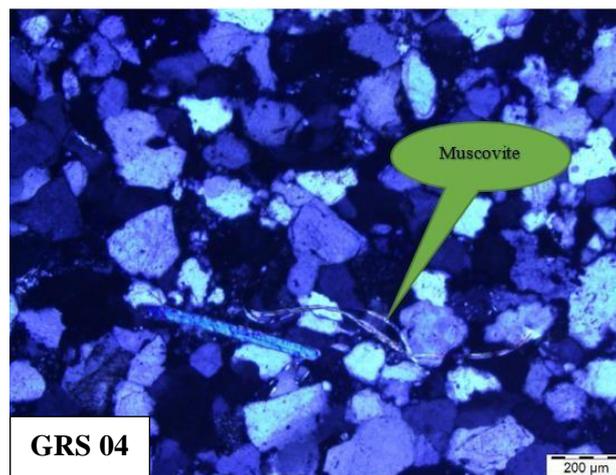


Figure 27: Photo microscopique :
côte :3818.93m/LR, muscovite

Echantillon de la côte 3819,50 m :

Il est caractérisé par un grès moyen à grossier, uni-modal, moyennement classé et à ciment argileux et siliceux, peu compact, et très faiblement poreux.

Les grains de quartz constituent jusqu'à 73% du volume total de la roche. Ils sont sub-anguleux à sub-arrondis, et à contacts droits rarement ponctuels. Ils sont accompagnés de quelques clastes argileux en d'autres termes fragments de roches détritiques (2%) et quelques paillettes de micas dispersées.

Le ciment est assuré, essentiellement, par les argiles en quantités de 10% du volume total de la roche, et se manifestants entre les grains. Le ciment siliceux est réduit à 3%. Quant à la porosité,

un taux de 3%, elle est quasiment faible. Le bitume qui est une trace de la matière organique est estimée à 4% un taux moins élevé.

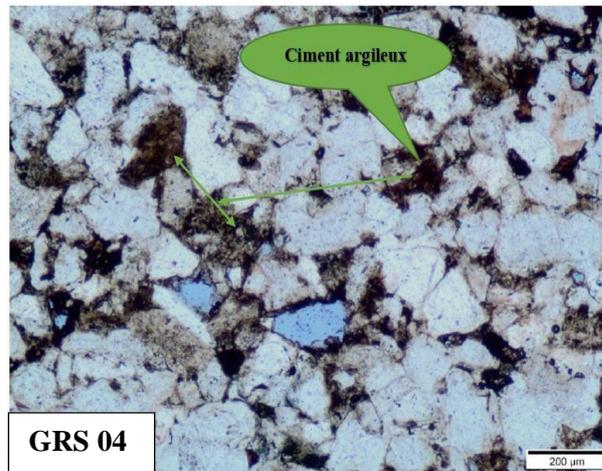


Figure 28: Photo microscopique :
côte :3819,50 m/LPNA, argiles en filling

Echantillon de la côte 3820,80m :

Il correspond à un grès moyen, mal classé, peu compact, à grains de quartz sub-arrondis à sub-anguleux, de contacts droits à ponctuels, essentiellement, à ciment argileux et siliceux et à porosité moyenne.

Les fragments de roche argileuse sont de taille supérieure à celle des grains de quartz et se rencontrent en faible quantités (3%). Les micas apparaissent en quantités très faibles allant de 1 à 2%. L'espace inter-granulaire est occupé partiellement par les argiles (7%) imprégnées en bitume qui représente (5%) de volume total. Le ciment siliceux de nourrissage est présent à 6%. On a rarement un phénomène de dissolution de feldspaths ce qui confirme une porosité secondaire qui accompagne accessoirement la porosité primaire.

✓ **Microfaciès 02 (MF-2) :**

✓ **Carotte 05 :**

Echantillon de la côte 4192,76m :

Il s'agit d'un grès grossier, uni-modal, bien classé, plus au moins compact et à ciment sulfaté. Les grains de quartz détritique représentent 68% du volume total de la roche. Ils sont arrondis, quelquefois sub-arrondis et les contacts sont droits à une faible présence de concavo-convexe. Dans ce cas, on ne rencontre rien d'autres éléments sauf le ciment sulfaté qui est représenté par

l'anhydrite qui a un lot de 32% ce qui explique l'absence totale de la porosité car cette dernière est détruite par la précipitation de l'anhydrite.

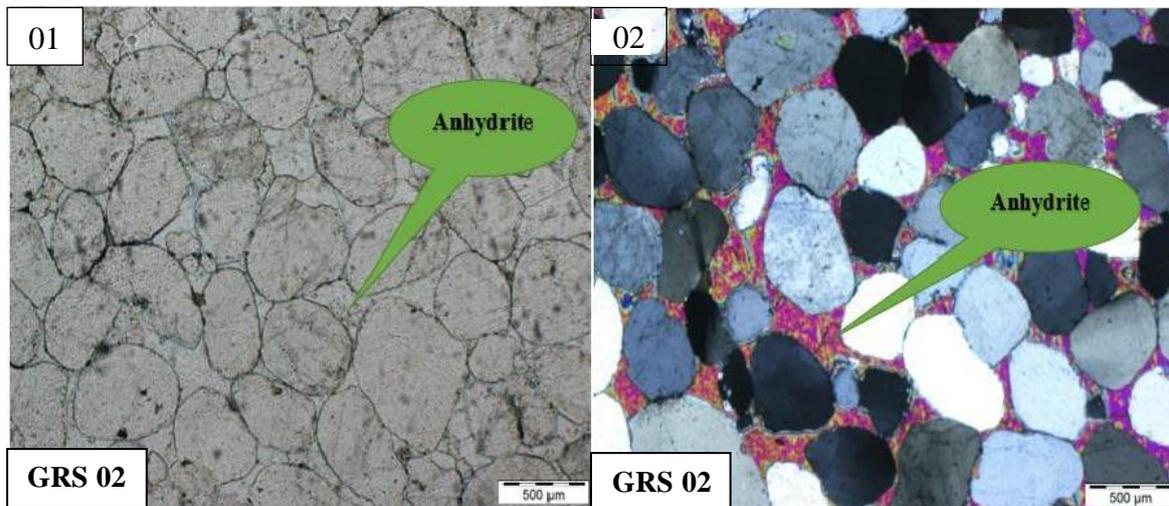


Figure 29: Photo microscopique :
côte :4192.76 m/ LPNA (01), LPA (02)

✓ **Microfaciès 03 (MF-3) :**

• **Carotte 05 :**

Echantillon de la côte 4193,80m :

Il s'agit de grès moyen à grossier, mal classé, bimodal. Les grains de quartz détritiques représentent 78% du volume total de la roche. Ils sont sub-arrondis à arrondis, quelquefois, sub-anguleux et les contacts sont droits.

Accessoirement, on rencontre, les micas avec un taux de (2%), de feldspaths (01%).

Le ciment est composé essentiellement, par la silice secondaire à 8% et l'argile qui se manifestent en plages inter-granulaires à un taux de 06%. La porosité optique est relativement faible et ne constitue que 5% de volume total de la roche.

Echantillon de la côte 4194,57m :

On constate un grès moyen à grossier, mal classé. Les grains de quartz représentent un taux élevé de 83% de volume de la roche. Ils sont sub-arrondis à arrondis et parfois sub-anguleux et les contacts sont apparemment droits mais on a pu repérer d'autres concavo-convexe.

Accessoirement, on rencontre les feldspaths et les micas. Des ciments argileux et siliceux à des quantités égales (5%) et une porosité estimée seulement à une faible proportion.

Echantillon de la côte 4195,27m :

On rencontre un grès moyen à grossier, mal classé, polymodal. Le taux de quartz est très élevé et représente 86%. Les grains sont sub-arrondis à arrondis et parfois sub-anguleux. Les contacts sont majoritairement droits subordonnés par des contacts ponctuels.

Les micas et les feldspaths ne représentent que des traces. Le ciment siliceux se présente proportionnellement à 6% suivi par l'argile (4%). La porosité de type primaire est très faible, 2% à titre d'estimation.

Echantillon de la côte 4196,09m :

Il est constitué d'un grès moyen à grossier, mal classé, polymodal, à ciment siliceux et argileux. Les grains de quartz sont arrondis à sub-arrondis, parfois, sub-anguleux et admettent, entre eux, des contacts droits et à des traces de concavo-convexes.

Le quartz constitue 81% de volume total. Les micas sont rarement présents (1%), les ciments occupent 15% du volume total de la roche. Il est composé, essentiellement par le ciment siliceux (10%) de nourrissage et, à un degré moindre l'argile à 5%, et se manifeste en remplissage des pores. Sur le plan réservoirs, la porosité est très faible (3%).

Echantillon de la côte 4197,37m :

On constate un grès moyen à grossier, mal classé, bimodal, à une morphoscopie arrondie à sub-arrondie et parfois sub-anguleuse. Le contact prépondérant est droit, le contact ponctuel est fréquent, avec des traces de concavo-convexe.

Le quartz monocristallin représente 80% de volume total observé.

Les micas sont présents avec une proportion (1%). Le ciment siliceux de nourrissage est moyennement présent à 10% tandis que le ciment argileux s'est manifesté accessoirement (3%).

En terme que qualités réservoirs, la porosité primaire est faible à moyenne (6%).

Echantillon de la côte 4198,22m :

Il est caractérisé par un grès moyen à grossier, mal classé, bimodal, à des grains sub-arrondies à arrondies régissant un contact droit et accessoirement concavo-convexe. Le quartz est présent à 79% de volume total.

Le ciment siliceux accepté à un taux de 6% comme ciment de nourrissage tandis que le ciment argileux représente une estimation de 7%. La porosité observée est de type primaire et elle est notée à 8% à la moyenne.

Echantillon de la côte 4198,80m :

Un échantillon caractérisé par un grès moyen à grossier, moyennement classé, avec une morphoscopie, bimodale, tandis que les grains se contactent d'une manière droite suite à la présence des éléments figurés arrondis et des sub-arrondis, et accessoirement des grains sub-anguleux.

Le taux de quartz s'élève à 80% de volume total, alors que les feldspaths et les micas ne présentent que des traces à 1%. On voit comme ciment la silice secondaire de nourrissage (8%) et le ciment argileux estimée à 7% composé d'illite qui représente 5% et de chlorite à 2%. Une porosité optique primaire, est estimée à 3%, donc elle est faible.

Echantillon de la côte 4199,20m :

L'échantillon analysé révèle un grès moyen, moyennement classé, faiblement à moyennement poreux.

Les grains de quartz constituent 82% du volume total de la roche et sont essentiellement arrondis à sub-arrondis ce qui renforce le contact droit à qui subordonne le contact concavo-convexe.

Ces grains sont liés par un ciment siliceux (6%), et un faible taux de ciment argileux qui se forme, issu de l'altération de la silice.

Quant à la porosité, elle est primaire estimée à 7%, donc, elle faible à moyenne.

Echantillon de la côte 4199,86m :

La lame observée donne l'image d'un grès moyen à grossier, bien classé, uni-modal, avec une morphoscopie allant de sub-arrondie à arrondie dont les contacts entre les grains sont concavo-convexes et parfois droits, ce qui signifie une compaction plus au moins avancée.

Les grains de quartz monocristallin sont estimés à 70% de volume total reliés entre eux par la silice de nourrissage qui apparait à une proportion de 8%. Le ciment argileux est faiblement présent à 1% en filing c'est-à-dire dans l'espace inter-granulaire.

On remarque une certaine usure de quelques grains de quartz ce qui peut engendrer la formation de minéraux argileux.

On remarque une dissolution de feldspath à un stade primaire.

La porosité étant primaire ainsi que secondaire de dissolution est assez élevée et culmine jusqu'à 16% de volume total.

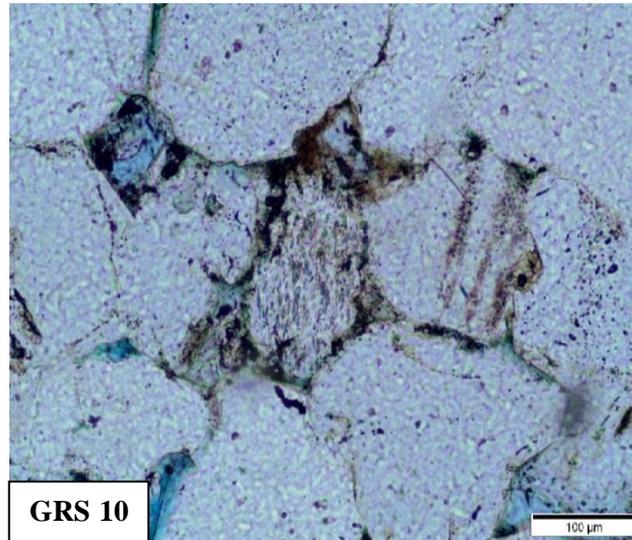


Figure 30 : Photo microscopique : côte : 4199.86m,
LPNA dissolution de feldspaths

Echantillon de la côte 4200,47m :

Ce niveau repéré est caractérisé par un grès moyen à grossier, moyennement classé, bimodal, avec des grains sub-arrondis à arrondis et rarement sub-anguleux admettant un contact droit et assez de concavo-convexe ce qui explique le phénomène de compaction.

Les grains de quartz représentent 65% de volume total. On observe des feldspaths en dissolution estimés à 3%.

La silice secondaire se précipite faible et présente un taux de 8%. On remarque ainsi de sulfates à 8%, quelques traces de bitume allant vers 1%.

La porosité optique étant primaire et elle est assez élevée et atteint 15% de volume total.

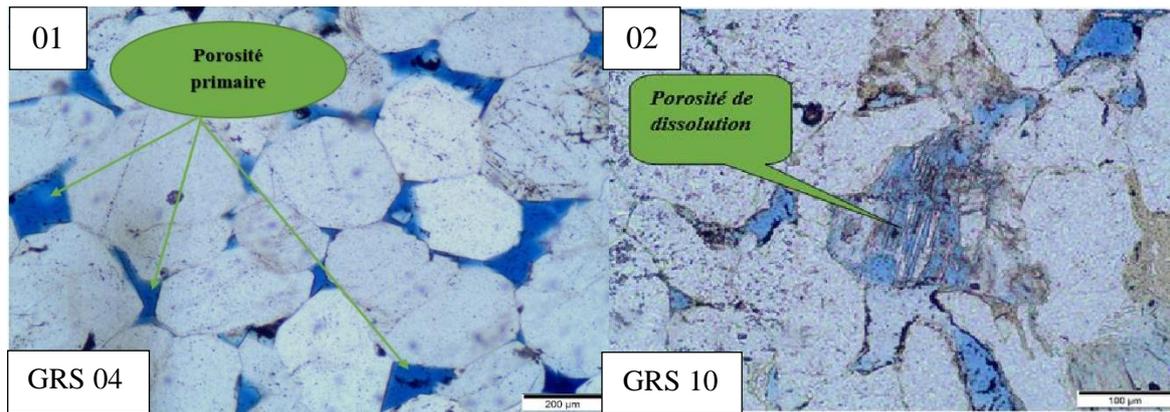


Figure 31 : Photo microscopique : côte : 4200,47 m /LPNA, Porosité primaire (01), Porosité secondaire (02)

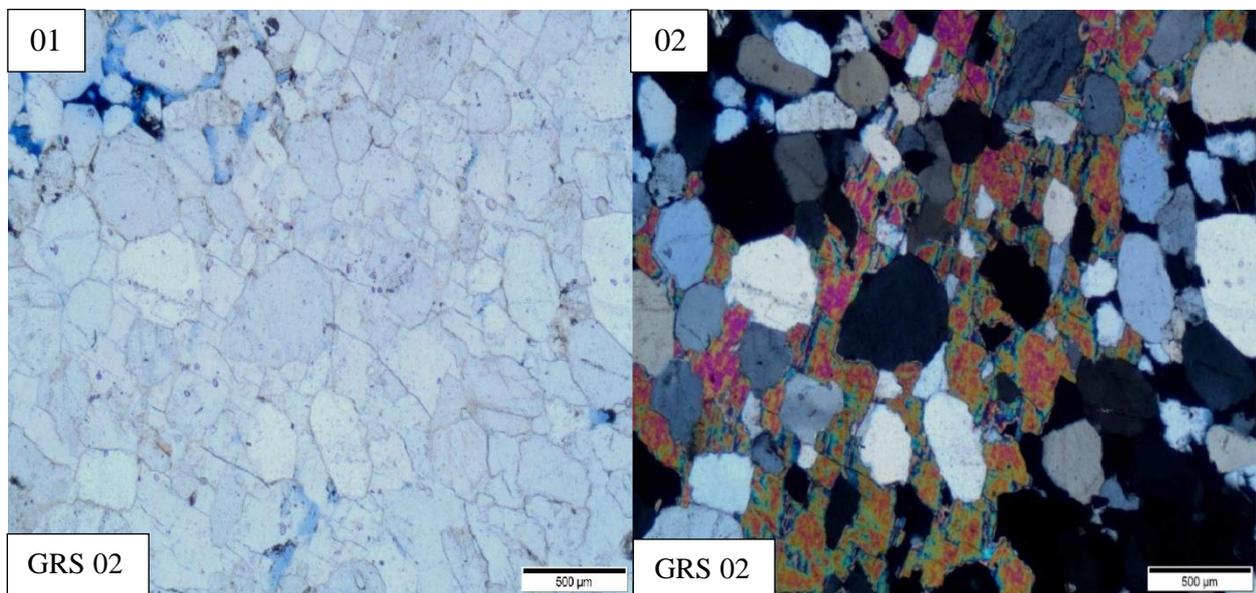


Figure 32: Photo microscopique côte :4200.47 m, ciment anhydritique, /LPNA (01), LPA (02)

Log pétrographique de puits 01

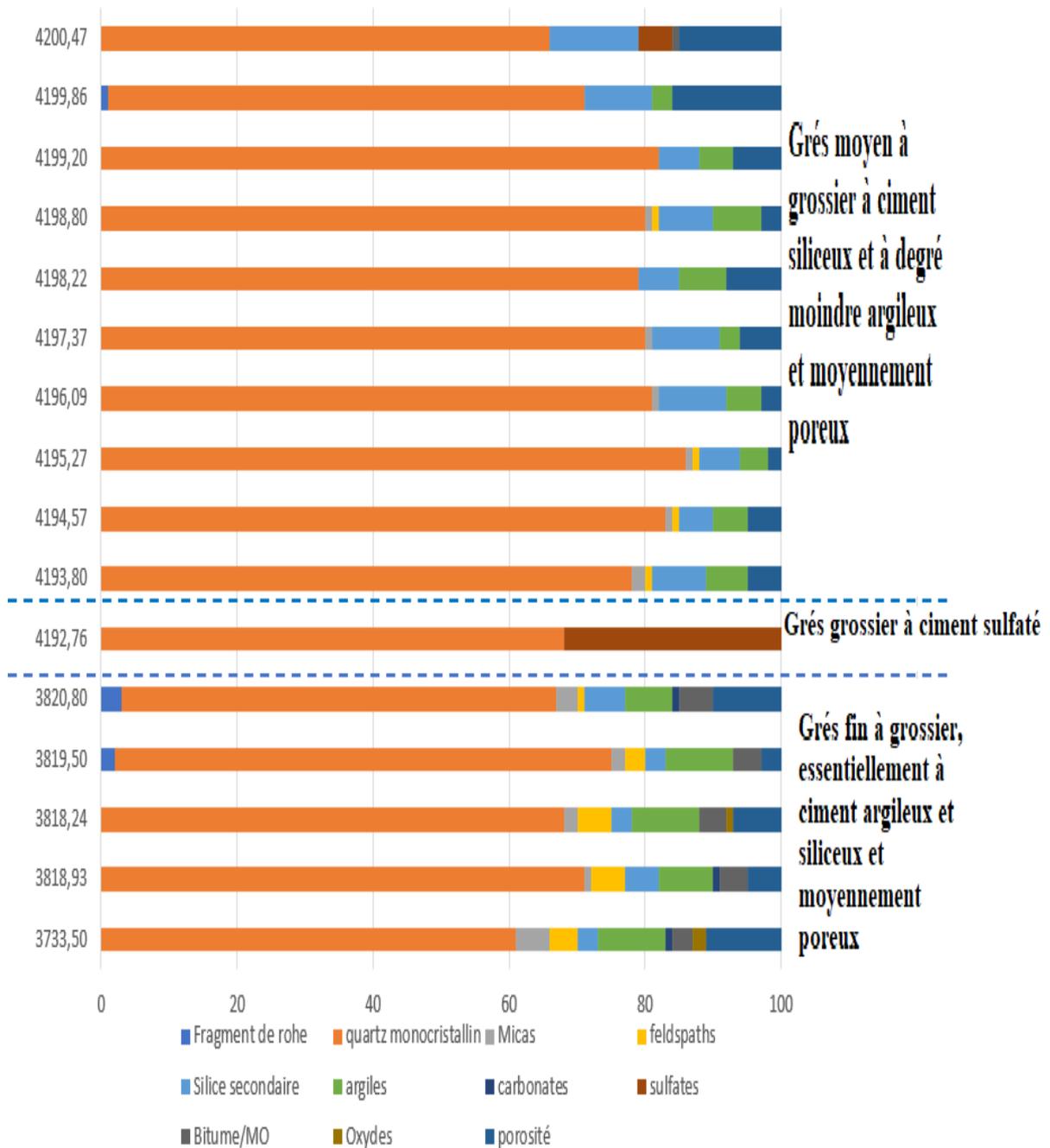


Figure 33 : log pétrographique de puits 01

2. Etude pétrographique de puits 02 :

➤ **Méthodologie**

L'étude est basée sur l'analyse pétrographique de quatorze (14) lames minces, confectionnées à partir des carottes 01 et 03 de puits 02. (*tableau 5*)

Les résultats de l'analyse pétrographique sont portés sur un tableau (*Annexe 2*), et synthétisés également sur le log pétrographique (*Figure 47*). Les microfaciès et les transformations diagénétiques sont également illustrés par microphotographies.

➤ **Classification des grès étudiés :**

L'analyse des lames minces issues des deux carottes précédemment évoquées, révèle des grès fins à moyen. Ces grès sont majoritairement, moyennement classés, à ciment argileux et siliceux, en parallèle, on rencontre un ciment exclusivement carbonaté vers les deux côtes : 3808,7m et 3810,8m. Ce grès est peu à moyennement poreux, et classé selon la classification de folk 1974, comme des grès matures, de type quartz-arénites à sub-arkose. (*Figure 34*)

Les éléments détritiques sont représentés, de 70%, de quartz monocristallin, en moyenne, de morphoscopie sub-anguleuse à subarrondies, parfois, anguleuse. Pour les feldspaths, les micas muscovite, les fragments argileux, et les minéraux lourds leur présence est accessoire et parfois sont réduits à néant, à l'exception de niveaux : 3799,8m et 3800,59m, où le feldspath surgit avec un notable taux. Quant aux ciments, on constate qu'ils occupent l'espace intergranulaire, notamment occupé par l'argile dont le taux varie de 5 à 17% du volume total de la roche. Cette argile se rencontre sur tous les échantillons avec des proportions variables. Elle est de type chloritique, illitique et se présente en remplissage de pores primaires c'est-à-dire en filing, en revêtement des grains de quartz en coating et parfois sous forme des lamines détritiques qui donne apparemment l'impression d'une illite. Elle est parfois imprégnée de matière organique. Rarement repéré, l'oxyde de fer a été vu vers la côte 3708,54m où on note aussi une présence de micas exfoliés. Sur le plan quantitatif, le ciment siliceux vient derrière le ciment argileux, et son estimation varie entre 1 et 7% et se trouve nulle dans le trias T1+T2. Le ciment carbonaté est absent sauf des traces, mais, il s'est manifesté massivement dans la série inférieure au niveau des côtes : 3808,7m et 3810,8m à des taux 12 et 13% respectivement.

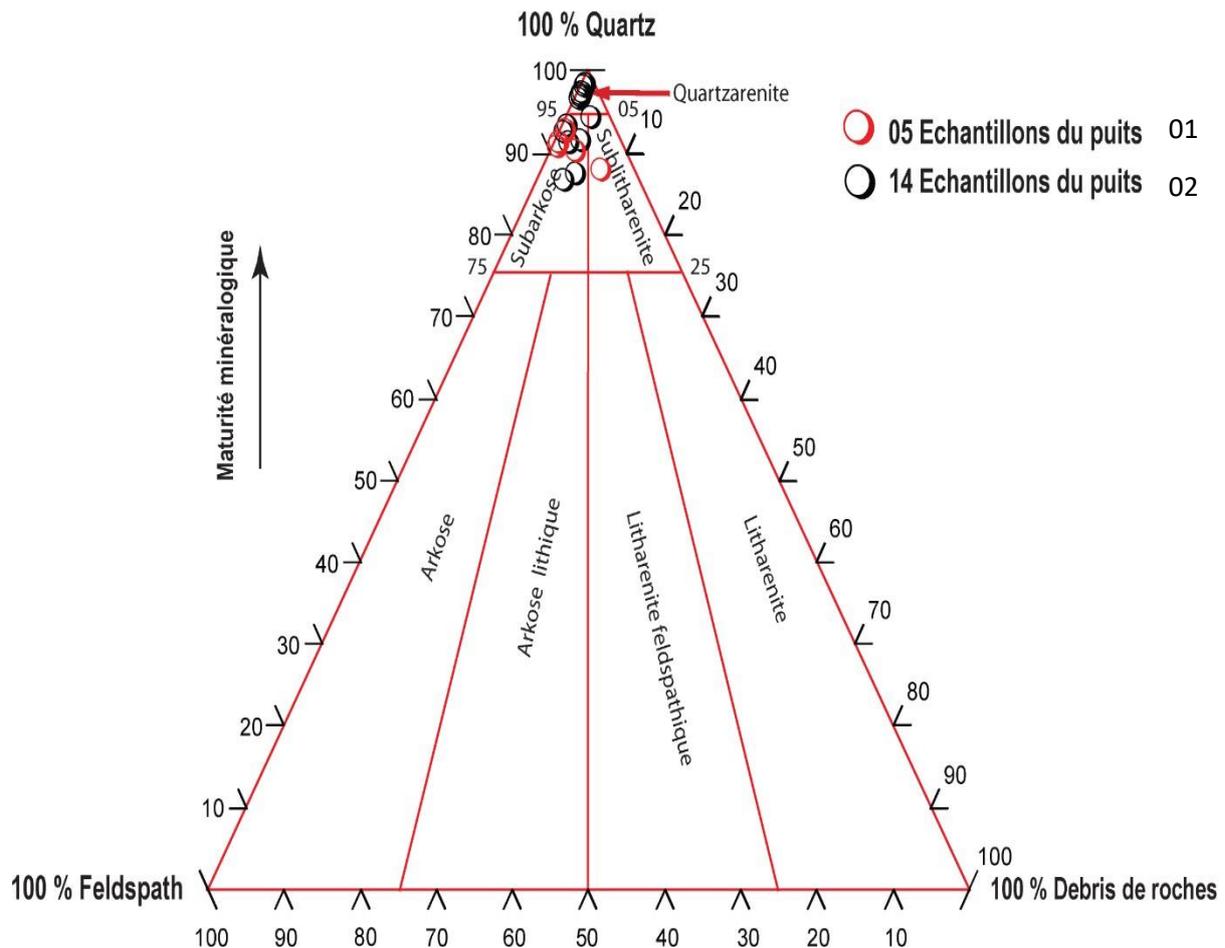


Figure 34 : diagramme QFR des grès pour les carottes 01 et 03 du puits 01 et pour les carottes 01 et 03 du puits 02

➤ Description pétrographique

L'analyse pétrographique des échantillons du puits 02, a montré l'existence de trois microfaciès différents :

- **Microfaciès 04 (MF-4) :** Il est constitué de deux (02) échantillons (3708,54m et 3709,74 m), et composé de grès fin, exclusivement à ciment argileux et il est faiblement à moyennement poreux.
- **Microfaciès 05 (MF-5) :** représenté par dix lames issues de carotte (03), c'est-à-dire l'intervalle estimé est (3798,69m - 3806,78 m). Il est constitué généralement d'un grès fin à moyen, essentiellement, à ciment argileux au premier rang suivi par la silice secondaire, et il est moyennement poreux.

- **Microfaciès 06 (MF-6)** : représenté par deux échantillons de carotte (03) ayant les côtes, 3808,67m et 3810,80m, il s'agit d'un grès fin à moyen retenu pas un ciment carbonaté ce qui explique le faible taux de la porosité à ces niveaux.

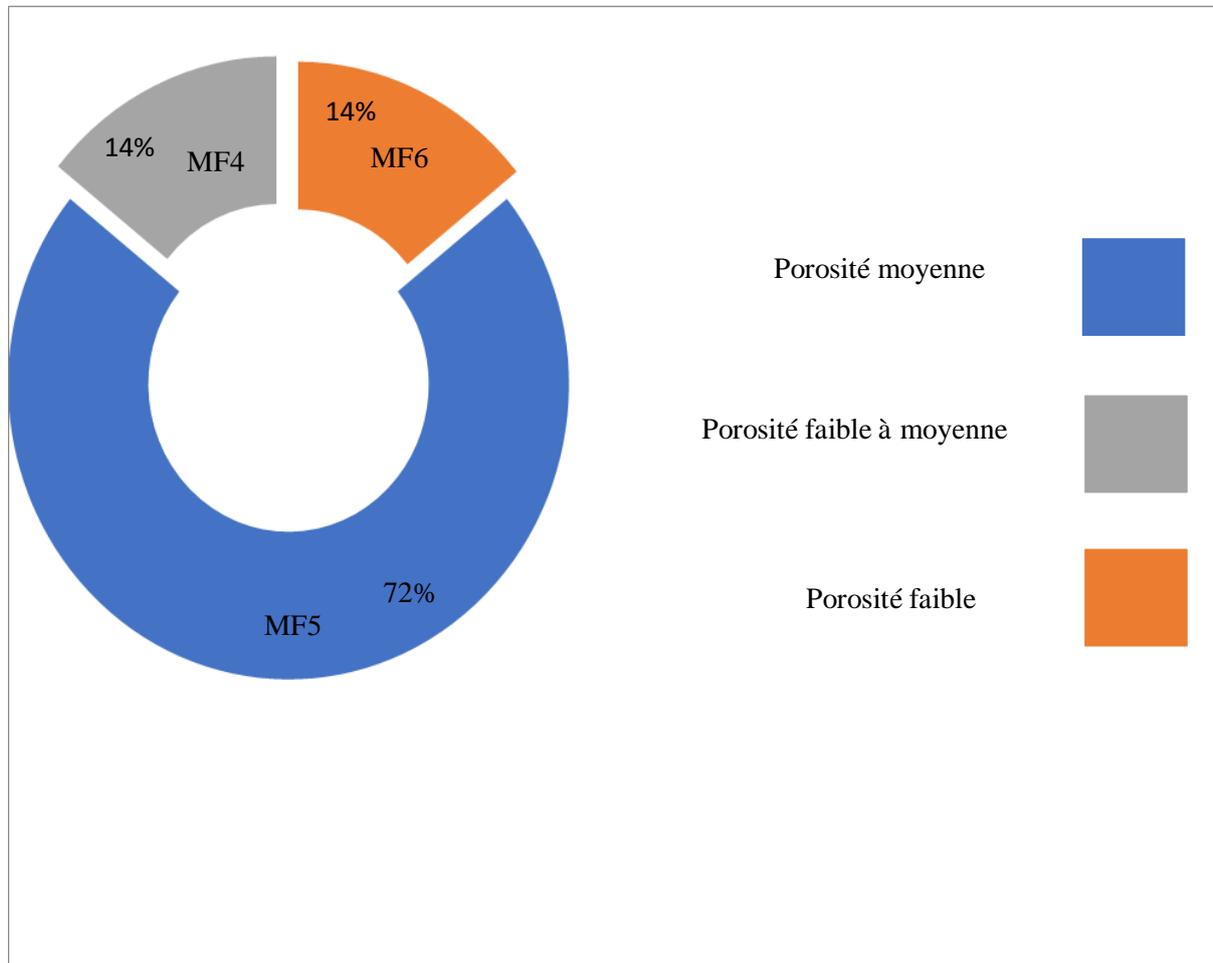


Figure 35 : distribution des porosités des microfaciès dans le puits 02

✓ **Microfaciès 04(MF-4) :**

• **Carotte 01 :**

Echantillon de la côte 3708,54m :

Il correspond à un grès fin, moyennement classé, peu compact, à grains de quartz sub-arrondis à sub-anguleux, de contacts droits à concavo-convexe, quelquefois flottants.

Le quartz est d'estimation à 73%. Les feldspaths ayant une faible présence de 1% et les micas n'ont que des traces.

Les fragments de roche argileuse se rencontrent en faibles quantités (1%).

La cimentation est d'une grande partie argileuse (8%) disposée en coating c'est-à-dire autour des grains, accessoirement à oxydes de fer (1%). Le bitume est présent dans l'espace intergranulaire à 3%.

La porosité étant au premier rang primaire et à un degré moindre secondaire issu de la dissolution des minéraux silicatés estimée à 10%.

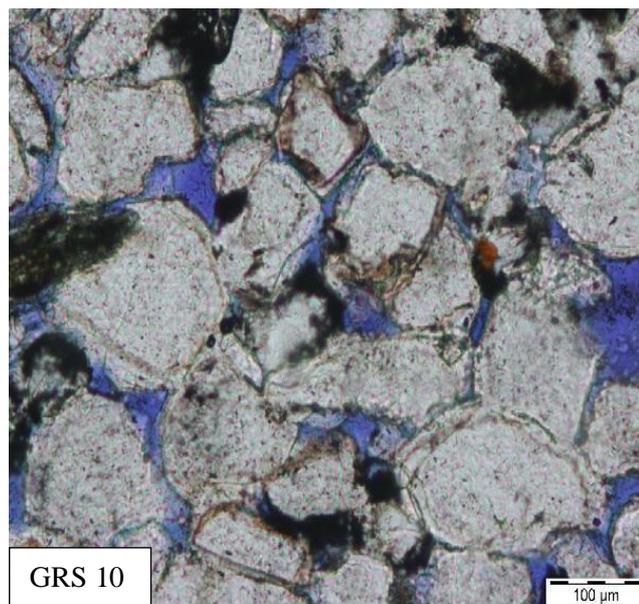


Figure 36 : Photo microscopique : côte : 3708.54 m/
LPNA argile en coating

Echantillon de la côte 3709,74m :

Il s'agit d'un grès fin, moyennement classé, peu compact, à grains de quartz anguleux à sub-arrondis, quelquefois arrondis. Le quartz est évalué à 78%. Les feldspaths et les micas n'ayant que des estimations allant de traces à 2%.

La cimentation est essentiellement à 12% généralement chloritique. Les carbonates, les sulfates sont que des accessoires à 1% de même que la présence de bitume.

La porosité étant primaire, faible et restera plafonnée à 3%.

✓ **Microfaciès 05 (MF-5) :**

• **Carotte 03 :**

Echantillon de la côte 3798,69m :

Cet échantillon est caractérisé par un grès, fin à moyen, peu compact moyennement classé, à ciment argileux, à degré moindre le ciment siliceux et moyennement poreux.

Les grains de quartz constituent jusqu'à **67%** du volume total de la roche. Ils sont

Sub-anguleux à anguleux et parfois sub-arrondis, les contacts sont droits en abondance, flottants et concavo-convexe fréquents.

On remarque le feldspath à 3% qui est en phase de dissolution ce qui confirme la génération de la porosité secondaire.

Le ciment est composé d'argile souvent chloritique disposé en filing c'est-à-dire, il occupe l'espace inter-granulaire, en remplissage des pores primaires, et à degrés moindre d'illite, il détient un pourcentage élevé à 17%. La silice secondaire de nourrissage, malgré son existence, elle reste faible et observée uniquement à 3%.

La porosité optique primaire et secondaire est considérée comme moyenne estimée à 8%.

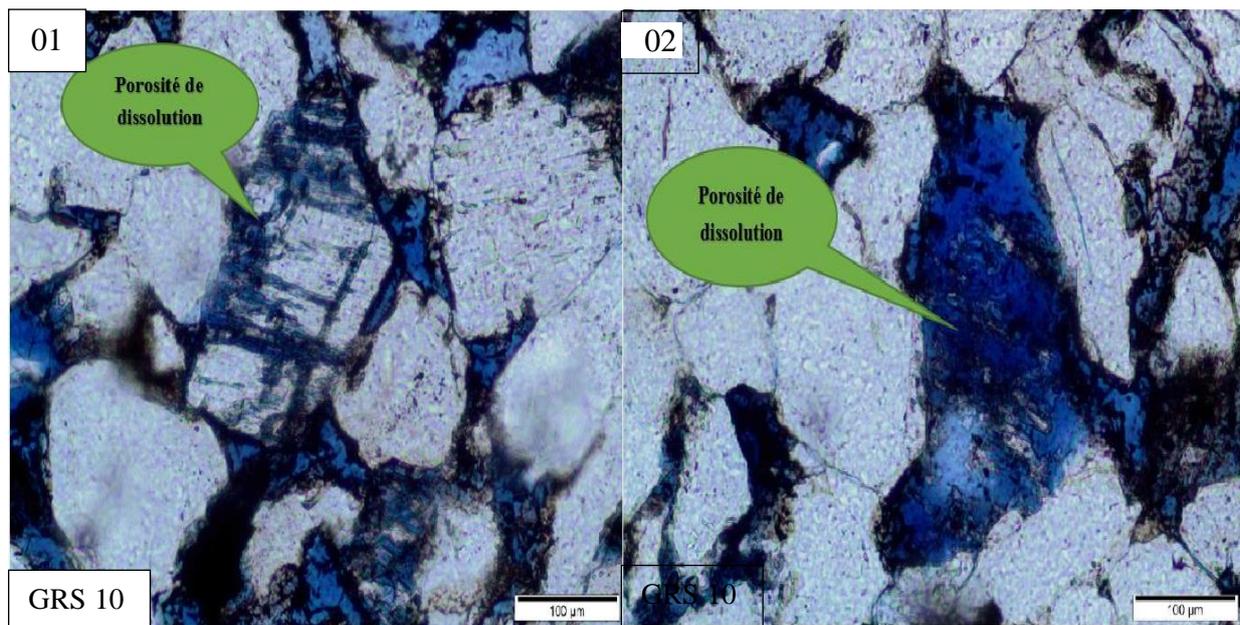


Figure 37: Photo microscopique : côte :3798.69m/ LPNA, porosité de dissolution : stade primaire (01), stade avancé (02)

Echantillon de la côte 3799,80m :

L'échantillon observé révèle un grès fin à moyen, bimodal, d'une morphoscopie anguleuse à sub-anguleuse parfois sub-arrondie, moyennement classé et faiblement poreux.

Les grains de quartz font une partie de **67%** du volume de la roche. Les contacts entre eux, sont droits et à des proportions moindres concavo-convexes et ponctuels. La partie détritique comprend aussi les feldspaths qui sont en phase de dissolution et sont estimées à 6% ce qui crée de la porosité de type secondaire.

La partie authigène fait l'objet d'un ciment argileux, disposé généralement en coating c'est-à-dire autour des grains. En plus, la silice secondaire est présente à 4% , elle en phase de départ de cristallisation.

Le bitume ne représente que des traces. La porosité qui est majoritairement secondaire restera faible à moyenne estimée à 6%.

Echantillon de la côte 3800,59m :

Cet échantillon est un grès fin à moyen, uni-modal avec une morphoscopie allant de sub-anguleuse à sub-arrondie, avec quelques grains arrondis, admettant un contact droit et

fréquemment concavo-convexe ce qui peut donner l'attention d'une compaction faiblement pratiquée.

Le quartz monocristallin est présent à 70%. On remarque des traces de micas ainsi la présence de feldspaths à 5% qui jusqu'alors sont au début de la dissolution qui n'est pas très bien manifestée.

Le ciment argileux a un taux plus au moins moyen estimé à 9%. Les carbonates ne représentent que 1%. La silice mène une faible présence à 4% seulement et le bitume est absent ce qui donne une validité à une porosité primaire moyennement élevée à 7%.

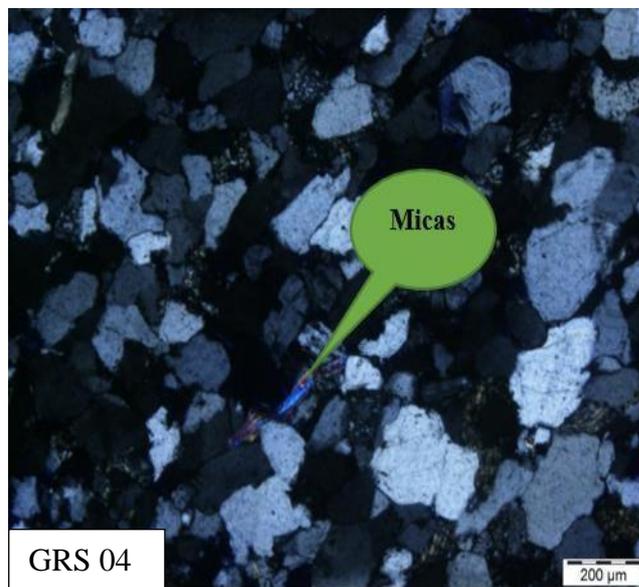


Figure 38 : Photo microscopique : côte : 3800.59m/ LPA

Echantillon de la côte 3801,29m :

Il est caractérisé par un grès fin à moyen avec une compaction modérée, bimodal, moyennement classé. Il représente des contacts concavo-convexes et droits. Les grains sont sub-anguleux à sub-arrondis avec la présence de ciment siliceux de nourrissage.

La partie détritique est principalement constituée de quartz évalué à 62% de volume total, avec la présence des feldspaths en dissolution en un taux de 3%. On remarque aussi une trace des minéraux lourds qui est le zircon.

La partie authigène renferme une silice secondaire qui nourrit les grains avec un mode similaire de cristallisation, elle représente 10% de volume de la roche. La présence de ciment argileux est modeste, notamment dans l'espace inter-granulaire, illustré par la chlorite et une infime

fraction de sphène et ne représente que 4%. Le bitume est estimé à 13% ce qui prouve le passage d'une quantité considérable des hydrocarbures à ce niveau-là.

Suite à l'occupation de la porosité par le bitume, elle est considérée comme faible à moyenne et estimée à 7%.

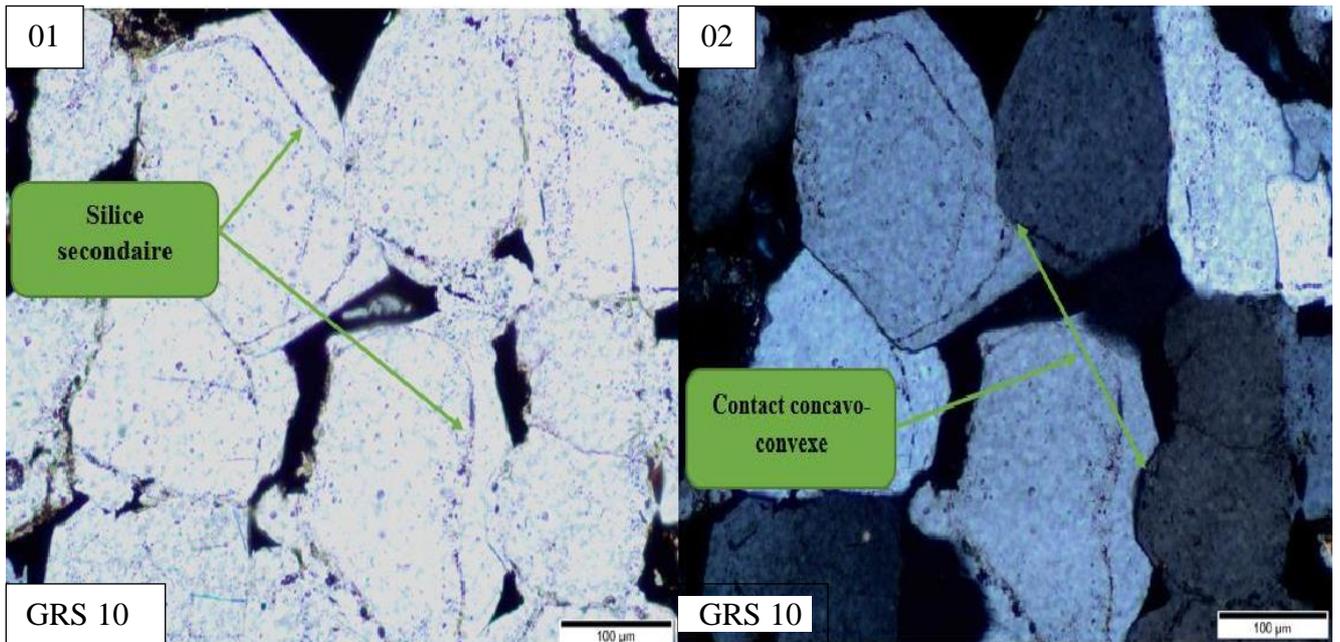


Figure 39 : Photo microscopique : côte :3801.29m/ LPNA, silice secondaire (01)/ LPA contact concavo-convexe (02)

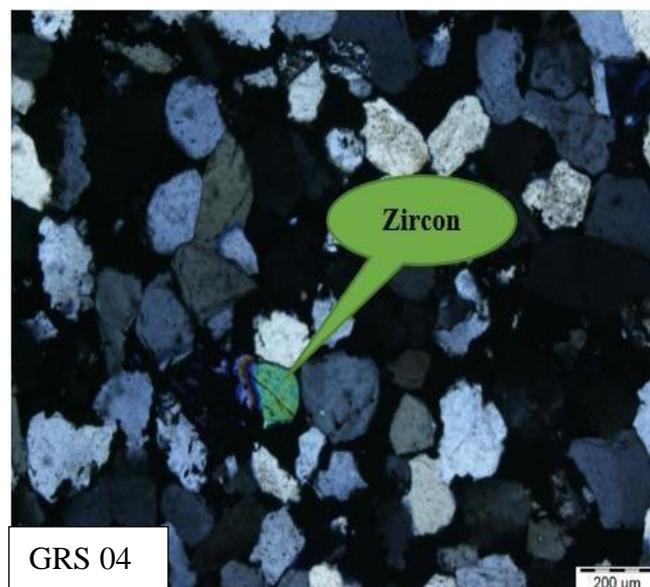


Figure 40: Photo microscopique : côte : 3801,29m/ LPA

Echantillon de la côte 3802,80m :

Un échantillon qui renferme un grès fin, unimodal, moyennement classé, plus au moins compact avec des contacts droits et concavo-convexes et rarement ponctuels. Il est constitué de grains sub-anguleux à sub-arrondis enclavant de matrice argileuse.

Les grains de quartz constituent 68% de volume total de la roche. Les minéraux lourds qui sont les oxydes de fer présentent des traces. On voit aussi quelques traces de micas et de feldspaths.

La matrice argileuse domine l'échantillon avec une proportion allant jusqu'à 15%. Le taux de la silice de nourrissage est faible 3%, ainsi que le bitume est à 2%.

Tous ces paramètres sont la cause de la faible porosité optique qui est détruite et présente 5% de volume de la roche.

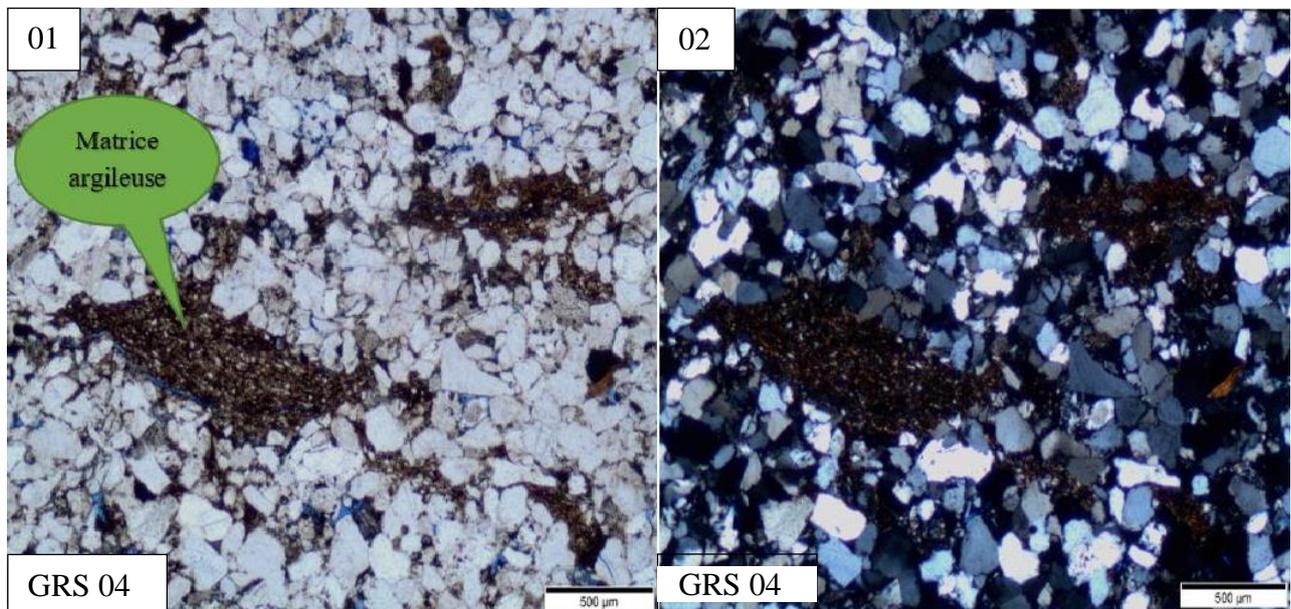


Figure 41 : Photo microscopique : côte : 3802.80m
LPNA (01), LPA (02)

Echantillon de la côte 3803,14m :

Il est constitué d'un grès fin à moyen, bimodal, moyennement classé, représentant des contacts droit et concavo-convexe avec une compaction notable. Les grains qui le constituent sont sub-anguleux à sub-arrondis.

Le quartz présente 68% de la somme de volume de la roche. Les feldspaths dissolus sont présents à 4% et les micas ne présentent que des traces. Les minéraux lourds notamment le zircon présentent aussi des traces.

Le ciment siliceux de nourrissage est estimé à 4%. Quant au ciment argileux, son taux s'élève et touche 14%, il est illitique présent en forme stylolithique, et dans l'espace inter-granulaire affecté par la chlorite issue de l'altération des minéraux silicatés. Le bitume contribue à 4% de volume globale et la porosité est caractérisée comme étant, de premier rang, secondaire évaluée comme faible à 3% uniquement.

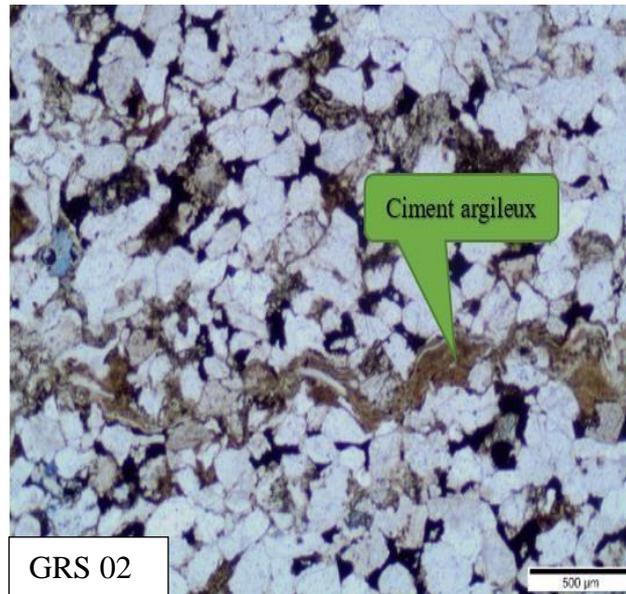


Figure 42 : Photo microscopique : côte : 3803.14 m
LPNA, Illite stylolithique

Echantillon de la côte 3804,46m :

Un grès fin à moyen, bimodal, moyennement classé avec une morphoscopie allant de sub-anguleux à sub-arrondis avec quelques grains arrondis. Les contacts majoritairement concavo-convexe qui se trouvent en compagnie avec les contacts droits.

Le quartz a le taux de 68% dans cet échantillon, les feldspaths et les micas ne représentent que des traces à 2% et à 1% respectivement.

Le ciment argileux de type chloritique présent dans l'espace inter-granulaire est de 13% alors que le ciment siliceux qui joue le rôle de nourrissage de grains s'est faiblement manifesté à 5%. Le bitume est à 5%.

La porosité optique est primaire estimée à 5%, donc elle faiblement présente.

Echantillon de la côte 3805,40m :

Il est caractérisé par un grès fin à moyen, mal classé, dont les grains allant de sub-anguleux à sub-arrondis et rarement anguleux tandis que les contacts sont droits, fréquemment concavo-convexe et rarement flottant.

Les grains de quartz sont estimés à 68% de volume total. Les micas et les feldspaths sont présents mais qu'à 1%. On voit encore des fragments de roches c'est-à-dire des clastes argileux dont le taux est estimé à 3%.

La fraction d'argiles est caractérisée par la présence de la matrice argileuse ainsi que le ciment argileux principalement la chlorite estimée à 10%. La silice de nourrissage, elle aussi se manifeste mais avec une proportion faible à moyenne évaluée à 5%. Le bitume est notable, avoisinant les 6%. Toute cette gamme authigène, contribue à la destruction des qualités réservoirs, notamment la porosité qui est moindre, un faible taux de 5%.

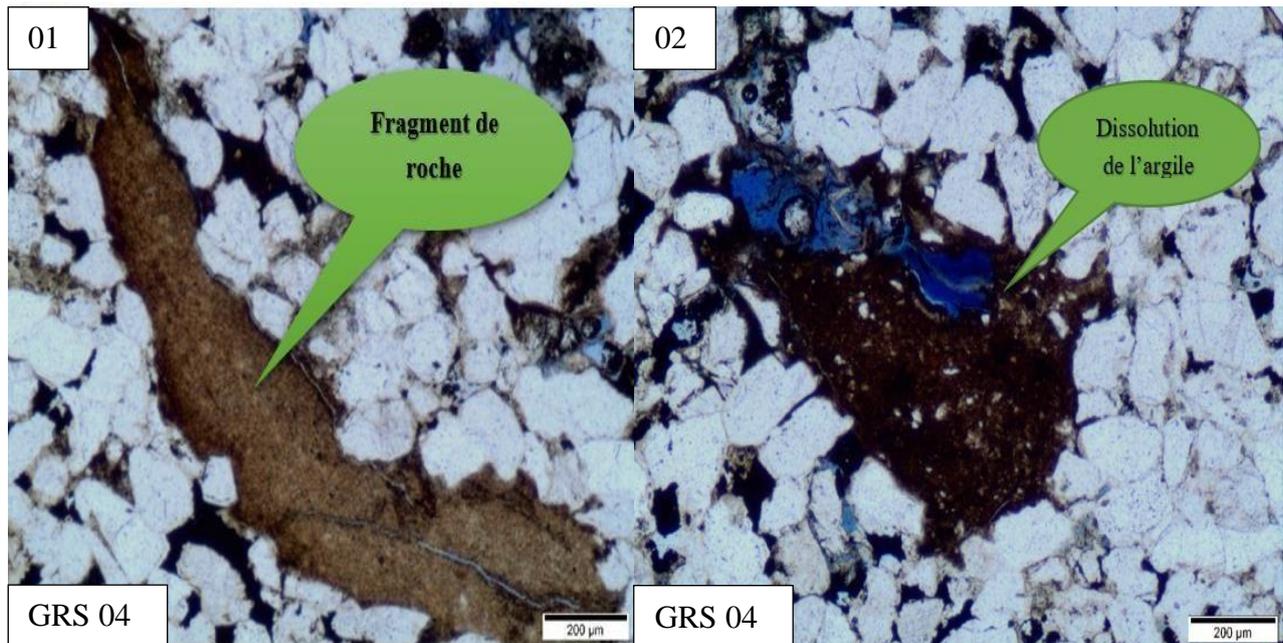


Figure 43: Photo microscopique : côte :3805.40 m /LPNA, fragments de roche(01), dissolution de l'argile (02)

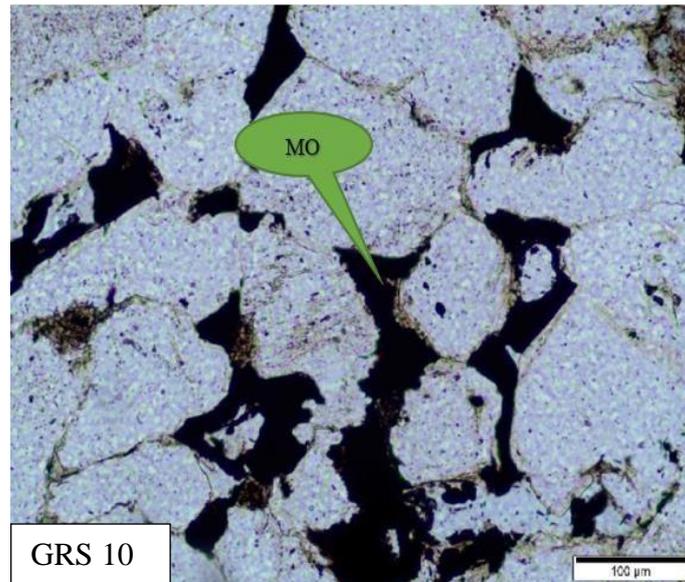


Figure 44 : Photo microscopique : côte : 3805.40 m, LPNA, Matière Organique

Echantillon de la côte 3806,34m :

Cet échantillon révèle un grès moyen, uni-modal, moyennement classé avec des grains sub-anguleux à sub-arrondis avec des contacts droits et fréquemment concavo-convexes et flottants d'une manière très rare.

Le taux de quartz dans cet échantillon avoisine 78% de volume de la roche. Les feldspaths y présents avec un taux faible de 4% tandis les micas représentent 1%.

Le ciment argileux est principalement chloritique, disposé en filing entre les grains, leur présence sera considérée comme moyenne 10%. La silice secondaire est presque absente, elle s'est précipitée seulement en quelques endroits et elle est à 2%. Le bitume vaut 3% de cet ensemble rocheux.

La porosité est secondaire et très faible seulement estimée à 2%.

Echantillon de la côte 3806,78m :

Cet échantillon est un grès fin à moyen, uni-modal, bien classé. La morphoscopie est sub-anguleuse à sub-arrondie et parfois anguleuse. Les éléments figurés se contactent essentiellement d'une manière droite ainsi que concavo-convexe.

Le quartz est estimé à 78% de volume total. Les feldspaths et les micas sont presque absents à 1% près. Donc, la partie détritique est constituée que de quartz.

Quant à la cimentation, on constate un ciment argileux estimé à 10% qui varie entre l'illite et la chlorite. La présence de la silice secondaire n'est presque pas observée et on l'estime à 2% seulement. Le bitume est optimisé à 3%.

La porosité est de type primaire à une faible proportion juste à 3%.

✓ **Microfaciès 06 (MF-6)**

• **Carotte 03**

Echantillon de la côte 3808,67m :

Il correspond à un grès fin, moyennement classé, unimodal, à ciment carbonaté et à un degré moindre argileux. Les grains de quartz détritiques représentent 72% du volume total de la roche. Ils sont sub-arrondis à sub-anguleux et les contacts sont concavo-convexe et rarement droits. Accessoirement, on rencontre, les micas avec un taux de (2%), de feldspaths (3%), et la matière organique relativement manquante (5%). Le ciment est composé essentiellement, par les carbonates 16%, et se manifestent en plages intergranulaires, occupant l'espace intergranulaire, les argiles 03% sont de type illitique et accessoirement la silice secondaire à 1%. Quant à la porosité, elle est faible (3%) et est d'origine secondaire issue de la dissolution de feldspaths et à un degré moindre primaire inter-granulaire.

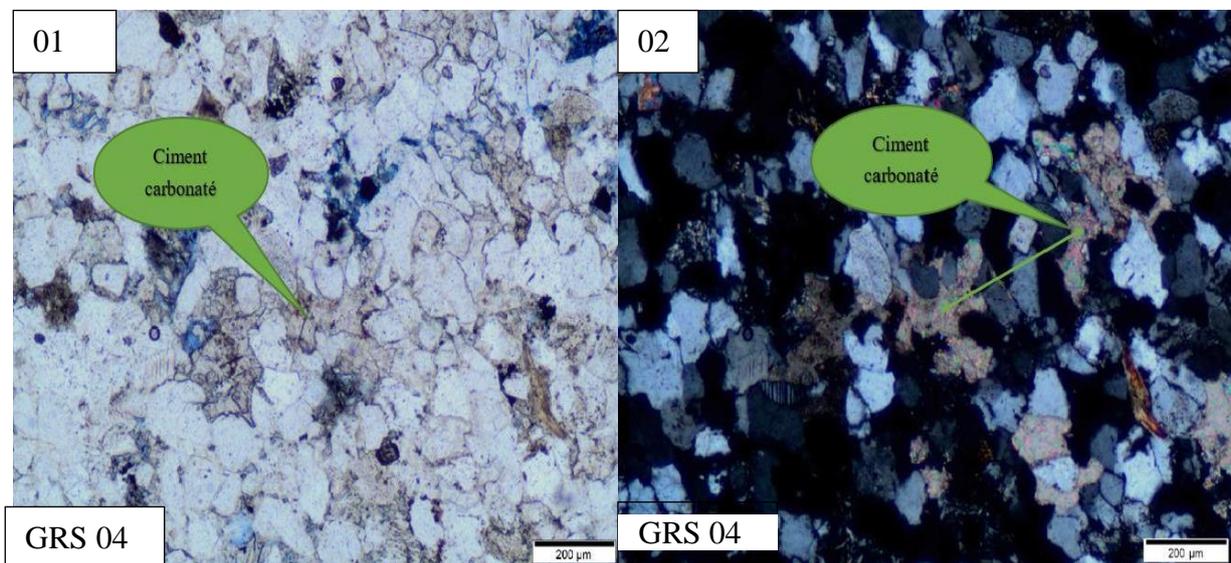


Figure 45: Photo microscopique : côte :3808.67 m/ LPNA (01), LPA (02), ciment dolomitique

Echantillon de la côte 3810,80m :

Il correspond à un grès fin à moyen, mal classé, très peu compact, uni-modal à grains de quartz anguleux à sub-anguleux, quelquefois, sub-arrondis de contacts flottants à ponctuels.

Le quartz est estimé à 72% de volume total. Les autres minéraux détritiques tels que les feldspaths et les micas ne représentent que des traces à 1%.

Les grains se relient essentiellement par un ciment carbonaté (17%) à qui s'ajoute accessoirement le ciment argileux (4%) présenté en filing c'est-à-dire dans l'espace inter-granulaire et la silice secondaire (2%). La porosité est notamment primaire et s'avère très faible (3%).

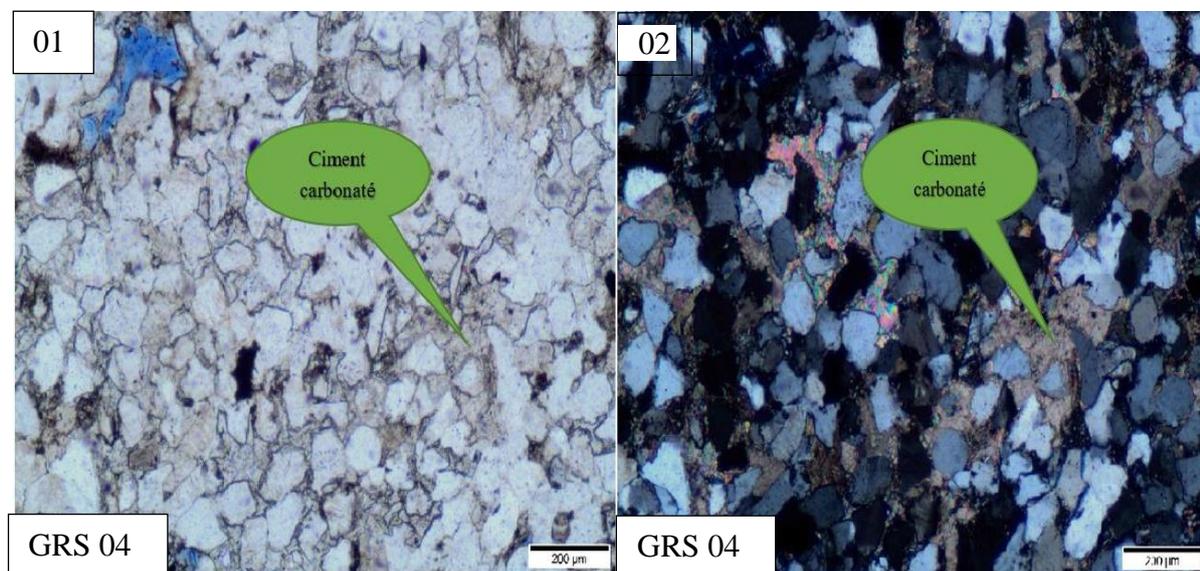


Figure 46 : Photo microscopique :côte :
3810.80 m/ LPNA (01), LPA (02)

Log pétrographique de puits02

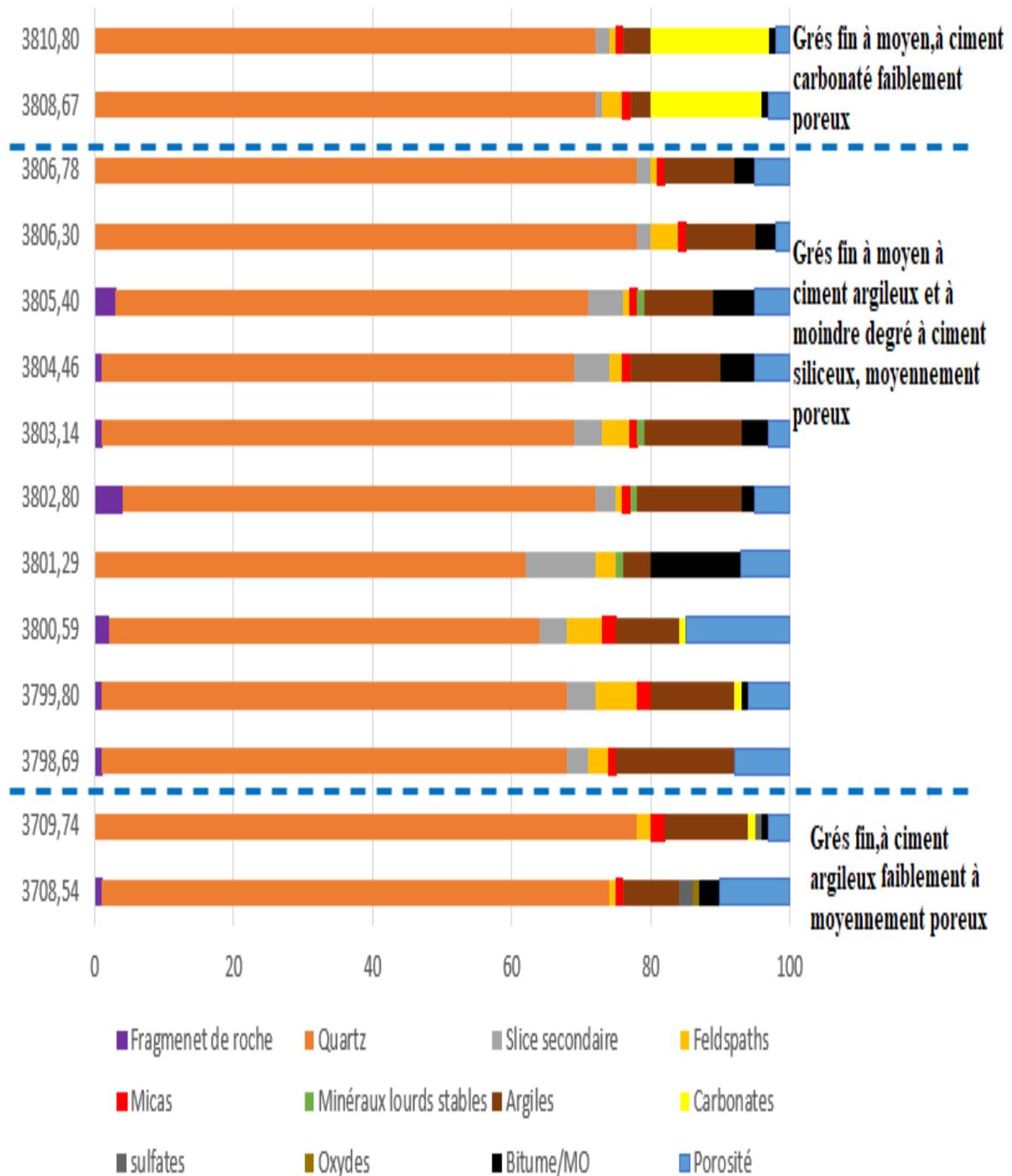


Figure 47 : log pétrographique de puits 02

3. Conclusion

L'analyse pétrographique a révélé les différents constituants détritiques, et ceux de la partie authigène en termes de ciments ainsi que l'estimation des qualités réservoirs c'est-à-dire la porosité. Les valeurs de ces paramètres seront regroupées pour décrire les faciès réservoirs de Trias argilo-gréseux et de l'Ordovicien supérieur (QH).

- **Le TAGS T1 et T2 : le Trias Argilo-Gréseux Supérieur qui englobe T1 et T2 :**

D'une manière globale, il est caractérisé par une présence de 75,86% d'éléments détritiques. Il est moyennement poreux (7%) ce qui rend son étude intéressante sur le plan réservoir. Il est dominé par la présence de ciment argileux (9,29%). Il y avait une proportion à considérer de bitume estimé à 3,43%. La silice secondaire étant faible à 2,86% tandis que le ciment sulfato-carbonaté est presque inexistant à 1%.

- **La série inférieure (SI) de Trias Argilo-Gréseux**

En général, la partie détritique constitue 74,50 % de tout son intervalle d'étude. Il est faiblement poreux (5,5%). La cimentation est de premier rang, argileuse 10,08% suivi par la silice qui est faiblement présente 3,75% tandis que le bitume est un élément avec cette proportion de 3,25% ouvrant une étude de chemin de migration des hydrocarbures. Le ciment sulfato-carbonaté est quasiment nul sauf à deux niveaux.

- **Les QH de l'Ordovicien supérieur :**

Dans son ensemble, il est moyennement poreux 6,36%. Ils ont une particularité, c'est qu'elles contiennent un pourcentage élevé d'éléments détritiques notamment du quartz (78,64%). Contrairement au T1+T2 et la série inférieure, la silice secondaire prédomine en termes de quantification 7,45% et la proportion d'argile est moindre 4,9%. Le bitume n'est que de simples traces 0,09%. L'autre exception, c'est que le ciment sulfato-carbonaté est présent d'une manière appréciée à 3,36% ce qui a contribué d'une part à détruire la porosité au niveau de 4192,76m qui est dominé par l'anhydrite à 32%.

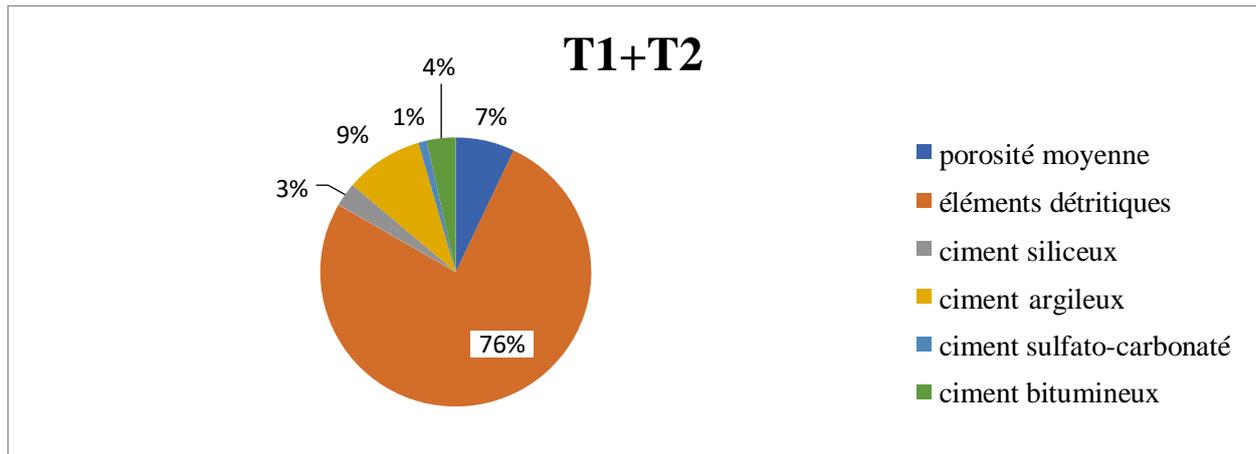


Figure 48 : les moyennes des composants de la roche réservoir de Trias T1 et T2

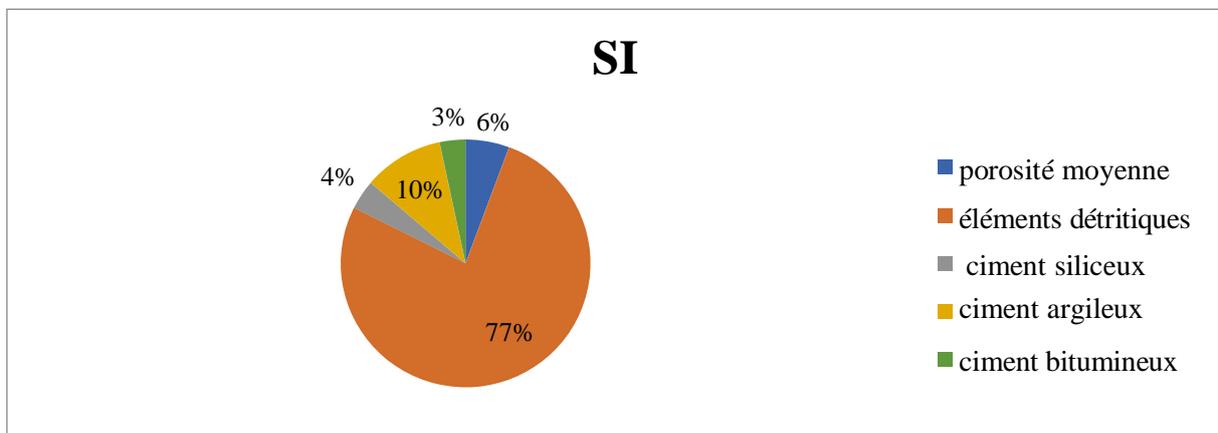


Figure 49: les moyennes des composants de la roche réservoir de la série inférieure de Trias

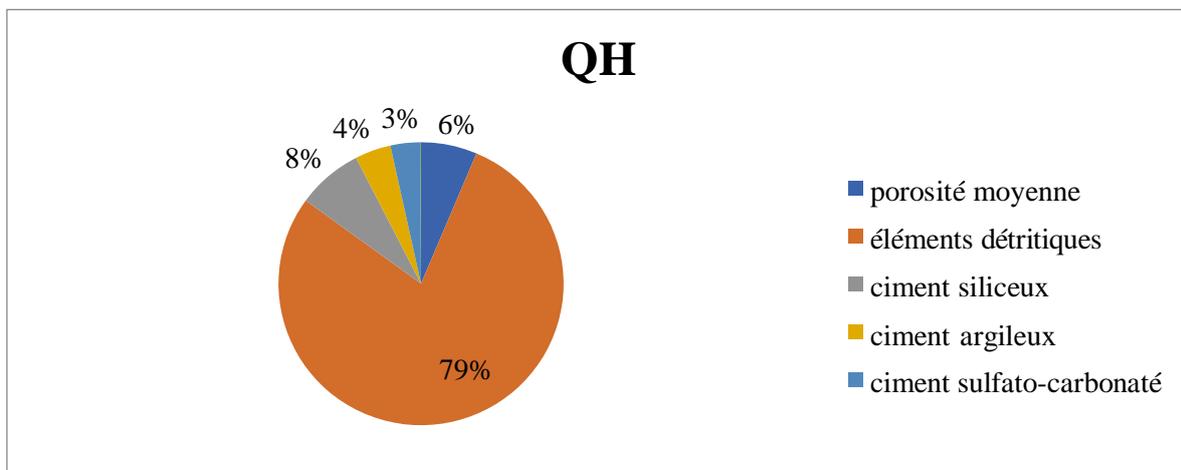


Figure 50 : les moyennes des composants de la roche réservoir de quartzites de Hamra

CHAPITRE IV : DIAGENÈSE

-Introduction :

Cette étude est basée sur les résultats issus de l'étude pétrographique des lames minces au microscope polarisant. Elle consiste à décortiquer les différents phénomènes diagénétiques qui en affectent les roches ainsi que le degré de compaction.

1. Les étapes de la diagenèse

L'histoire diagénétique d'un dépôt sédimentaire peut être complexe et polyphasée. Cependant, d'une manière plus générale et en simplifiant, elle peut être subdivisée en deux étapes :

➤ Diagenèse précoce

La première transformation va affecter les phases les moins stables sur le plan chimique comme la matière organique sédimentaire notamment par biodégradation et oxydation. Les minéraux les moins stables comme les feldspaths seront soit dissous soit remplacés par des minéralogies plus stables. On remarque une survenue des premières cimentations ou authigènes dites « précoces » comme les argiles et les carbonates qui seront au contact de matériel sédimentologique. Ils resteront des phases instables qui continueront à se dégrader. La diagenèse précoce est caractérisée par une compaction modérée.

➤ Diagenèse tardive

Caractérisée par une redistribution du matériel sédimentaire (dissolution- transport de solutés en milieu perméable- cimentation). Une forte compaction mécanique et chimique s'est mise ce qui provoque la formation de stylolithes et l'expulsion d'eau retenue par capillarité des les interfeuillets argileux. On remarque aussi une déshydratation poussée et mène notamment à la formation de ciment sulfaté.

2. Les phénomènes diagénétiques

Les transformations physico-chimiques qui surviennent au cours de la diagenèse peuvent être regroupées en six grands phénomènes :

➤ La décomposition de la MO

La minéralisation de carbone organique sous la forme de CO₂ en carbone minéral par oxydation ou par biodégradation.

➤ L'altération chimique

Elle affecte les minéraux les moins stables notamment les micas qui seront transformés ainsi en chlorite. Ceci dépend de la composition chimique de fluide qui circule.

➤ **La compaction de sédiment**

Poids de sédiments sus-jacents ce qui donne de déformations de particules plus ductiles ou fracturation pour celles qui y sont moins. Sous l'effet d'une forte pression, certaines particules peuvent s'interpénétrer, se poinçonner les unes les autres, ceci engendre des contacts concavo-convexes entre les éléments figurés ainsi que l'exfoliation des micas.

➤ **La dissolution**

Il existe deux cas de figures :

✓ **Le passage d'un fluide sous-saturé**

Certains éléments vont passer de la phase solide vers la phase liquide, c'est une dissolution préférentielle d'une certaine minéralogie, il en résulte la création des pores à la place de matériel dissous. Ce type de dissolution dépend de la chimie de fluide. Il en illustre la dissolution des feldspaths.

✓ **La pression-dissolution**

Interpénétration des particules, une partie de matériel qui les constitue est forcée de passer en solution. Au niveau des zones de dissolution, se forment de petites structures, des micro-stylolithes où s'accumulent des minéraux insolubles (ex : argileux comme l'illite).

➤ **Authigenèse**

Phénomène qui surgit quand un fluide sursaturé percole dans le sédiment. Les éléments en sursaturation vont précipiter sous la forme de cristaux dans la porosité de matériel sédimentaire (ex : la silice secondaire) et constitue un ciment dont la minéralogie est liée à la composition chimique de fluide.

➤ **Recristallisation**

C'est le changement de la forme et/ou la taille de cristaux sans changer la composition minéralogique. Un exemple concret : la cristallisation de la silice

➤ **Remplacement**

Elle se fait d'une manière partielle ou totale par la substitution d'une minéralogie initiale par une autre minéralogie, on parle de remplacement de la calcite par la dolomite.

3. Les phénomènes diagénétiques identifiés dans les réservoirs étudiés

Dans notre cas d'étude, on tire des phénomènes diagénétiques bi-typiques, on note :

- **Les phénomènes diagénétiques majeures :**

- La compaction mécanique
- Le développement de chlorite en coating et filing
- Le développement de la silice secondaire (quartz over-growth)

- **Les phénomènes diagénétiques mineures :**

- La transformation des argiles : chloritisation de biotite, l'illitisation de muscovite.
- La dissolution des feldspaths
- La dissolution des argiles
- Le développement des sulfates.
- La dissolution des carbonates

4. Les phases diagénétiques majeures :

- **Précipitation de la chlorite :**

Il est nécessaire de rappeler que le développement du chlorite en grain-coating est d'une grande importance dans la préservation de la porosité inter-granulaire primaire. Son rôle est de réduire la surface de cristallisation des grains de quartz, ainsi elle inhibe la fixation des ions de silicium sur les grains de quartz et préserve ultérieurement l'espace inter-granulaire des phases de compaction et de cimentation siliceuse.

D'un point de vue chronologique, le développement du chlorite en grain-coating et pore-filling correspond à la première phase diagénétique survenue après le dépôt des sédiments. Elle est antérieure à la compaction et la précipitation de la silice.

Les mêmes observations pétrographiques montrent que le chlorite aussi colmate la porosité inter-granulaire.

- **La silicification et la compaction :**

Le degré de compaction atteint par ces grés est modéré. Cette compaction se manifeste par l'interpénétration des grains (dominance des contacts droits à concavo-convexes) ce qui a réduit visiblement l'espace inter-granulaire. L'effet de la compaction a été amorti par le développement du quartz overgrowth ceci suggère que la silicification a accompagné la

compaction, qui a engendré par ailleurs la limitation de l'effet de cette dernière et a permis la conservation partielle d'un espace inter-granulaire.

La silicification est présente dans la majorité des échantillons de l'intervalle étudié. Ce ciment siliceux est représenté par la silice secondaire de nourrissage et rarement par la silice de compaction issue de la pression-dissolution.

L'origine la plus probable de cette silice est interne comme il peut être le résultat de la circulation importante des eaux chargées en silice. Ces eaux ont été à l'origine de l'altération des feldspaths, qui à leur tour ont libéré de la silice.

L'exfoliation des micas (muscovite) observée en forme fibrique est le résultat d'une compaction de sédiments.

5. Les phases diagénétiques mineures.

➤ **La dissolution des feldspaths**

Le résultat d'un fluide chargé en silice. Ce phénomène crée de l'espace poreux, appelé une nouvelle porosité surnommée secondaire.

➤ **La dissolution des argiles**

Une opération menée par l'eau sous-saturée qui dissout les argiles et de même que les feldspaths, on crée une seconde porosité.

➤ **Le développement des sulfates (anhydrite)**

Le résultat d'une déshydratation de minéraux de gypse notamment suite à la compaction poussée, et suite à l'enfouissement qui crée une hausse de température qui en déshydrate et fait développer le ciment sulfaté.

➤ **La dissolution de carbonates :**

Un phénomène de remplacement graduelle de minéralogie, exceptionnellement la substitution de la calcite par de la dolomite. Elle se fait quand la calcite réagit avec un fluide riche en magnésium et dans ce cas, il y aura une précipitation ultime de la dolomite c'est la dolomitisation de la calcite.

Note : les micas vont subir une altération pour donner un résultat de ciment argileux, la biotite va se transformer en chlorite et la muscovite en illite.

6. La séquence diagénétique

Stades diagénétiques	Phénomènes physico-chimiques	Phénomènes diagénétiques	Effets sur les qualités réservoirs
Mésogénèse	Circulation des eaux riches en CaSO ₄	Précipitation de l'anhydrite	Effets défavorables
	Eaux riches en magnésium	La dolomitisation de la calcite (précipitation de carbonates)	Effets défavorables
	Pression et température élevée (milieu basique)	Dissolution de la silice (Grains et ciments)	Effets favorables
Eogénèse (diagenèse précoce)	Circulation des eaux riches en SiO ₂	Silice secondaire de nourrissage	Effets défavorables
		Altération de micas en chlorite	Effets défavorables
		Silice primaire de compaction peu importante	Effets défavorables
	Conditions syndédimentaires	Dissolution de feldspaths	Effets favorables

Tableau 7: la séquence diagénétique des réservoirs des puits 01 et 02

7. Relation diagenèse – qualités réservoirs

Sur le plan réservoir, la porosité est, dans l'ensemble, estimée faible à moyenne. Elle est de type secondaire liée, essentiellement, à la dissolution des grains instables tels que les feldspaths et les argiles à un degré moindre primaire notamment préservée par le développement du chlorite dans l'espace inter-granulaire.

Cependant, dans les niveaux gréseux non poreux, la porosité est détériorée par la combinaison de plusieurs processus liés à la fois au milieu de dépôt et à la diagenèse. Il est observé à un seul

niveau 4192,76 m dans la carotte 05 de puits 01 où l'espace inter-granulaire est occupé par le ciment sulfaté anhydrite.

Au niveau de puits 01, l'analyse pétrographique de carottes 01 et 03 révèle une gamme de l'espace inter-granulaire allant de 23 à 30%. Cet espace est occupé par les ciments diagénétiques à savoir les argiles, la silice secondaire et le bitume. A ces ciments s'accote la porosité secondaire issue de la dissolution des minéraux silicatés, ainsi qu'à moindre degré une porosité primaire.

- **L'intervalle 4193,80 m – 4199,20 m** : l'espace inter-granulaire révèle un espace plus étroit se borne sur une gamme de 12 à 21% du fait de la haute présence de Quartz, il est ainsi occupé excessivement par les ciments diagénétiques : la silice secondaire, l'argile illitique et chlortitique. Ils se précipitent et se développent au détriment de la porosité.
- **L'intervalle 4199,86 m – 4200,47 m** : l'espace inter-granulaire s'est procuré d'un volume allant de 29-34%, majoritairement occupé par une porosité primaire et rarement secondaire (de dissolution), avec un ciment siliceux. Donc cet intervalle renferme une roche avec de bonnes qualités réservoirs suite à la faiblesse des phénomènes défavorables à la préservation de la porosité.

Pour le puits 02, et au niveau de la carotte 01, la gamme de l'espace inter-granulaire se varie entre 18-24%, occupé principalement par les argiles qui détériorent par sa précipitation, les qualités réservoirs existantes.

- **Intervalle 3798,69 m – 3799,80 m** : dans la carotte 3, cet intervalle renferme de qualités réservoirs faibles car l'espace inter-granulaire qui varie 24 et 28% est occupé majoritairement par les argiles.
- **La côte 3800,59 m** : représente une anomalie dans la carotte 03 en termes de porosité qui occupe plus de la moitié de volume de l'espace inter-granulaire estimé à 29%. Ce facteur positif est lié à la présence d'argile notamment la chlorite qui a contribué à la préservation de l'espace inter-granulaire de l'effet de la circulation de fluide.
- **Intervalle 3801,29 m – 3806,78 m** : l'espace inter-granulaire varie entre 17 et 34% occupé par la silice de nourrissage et généralement par l'argile fortement imprégnée en bitume vers la côte 3801,29m ce qui a détruit la porosité.
- **L'intervalle 3808,67 m – 3810,80 m** : le volume de l'espace inter-granulaire est situé dans la gamme 24 à 26%. Il est occupé par les carbonates précipités suite aux

phénomènes diagénétiques de remplacement de la calcite par la dolomite qui occupe la majeure partie inter-granulaire ce qui a contribué à la détérioration drastique des qualités réservoirs.

8. Conclusion

L'étude diagénétique est une clé essentielle pour l'interprétation des phénomènes observés qui impactent la roche dans le contexte de qualités réservoirs. La plupart des phénomènes diagénétiques sont défavorables à l'exception de la dissolution de la silice et de feldspaths qui a contribué au développement de volume poreux. La compaction en fonction de son degré, influe directement sur la porosité, généralement, d'une manière négative sauf au cas de pression-dissolution.

Conclusion

- **Conclusion générale**

Les résultats d'analyse sédimentologique, pétrographique et diagénétique des réservoirs de Quartzites de Hamra et de Trias argilo-gréseux des puits 01 et 02 de la région de Touggourt sont :

-Les Quartzites de Hamra ,d'âge Ordovicien , sont caractérisés par un grès compact et bioturbé. Ils sont déposés dans un milieu de shore-face.

-Le Trias argilo-gréseux, renferme une succession d'unités argilo-gréseuses, très hétérogène, déposées dans des environnements différents de milieu fluviatile, on évoque les chenaux actifs, abandonnés et la barre d'accrétion latérale.

-L'analyse pétrographique de 30 lames minces des puits 01 et 02, ont montré que les niveaux gréseux de Trias argilo-gréseux et les Quartzites de Hamra sont exclusivement silico-clastiques, et d'une maturité minéralogique élevée communément des quartz-arénites à sub-arkose.

-La porosité estimée est faible à moyenne pour les deux réservoirs. La porosité inter-granulaire primaire préservée grâce au chlorite en grain filling et coating et la porosité secondaire se crée grâce à la dissolution de la silice secondaire et de feldspaths.

-La dissolution de la silice et de feldspaths sont des événements diagénétiques favorables de volume poreux ; par contre la compaction influe négativement sur la formation d'un bon réservoir.

Références :

1. Encyclopédie berbère (site internet)

2. BOUDJEMA Arezki, 1987, thèse, évolution structurale du bassin pétrolier « Triasique » du SAHARA Nord orientale Algérie (204p) Université de Paris-sud centre d'Orsay

3. GOUSCOV N., 1952 le problème hydrogéologique du bassin artésien de l'Oued Righ In « La géologie et les problèmes des eaux en Algérie » XIXème congrès géologique international T. II 16p

4. JACQUES BEAUCHAMP, 2005 cours de sédimentologies Université de Cergy Pontoise.

5. Rapport interne SONATRACH : rapport des forages implantés dans la région de Touggourt

6. AIT OUALI R, NEDJARI A, 1994, la province Triasique vingt ans d'information géologique du bilan critique CRD SONATRACH.

7. BENNEOUALA. L, mémoire de fin d'études Etude sédimentologique du corps du Trias T1 et T2 (TAGS) dans le bassin d'Amguid Messaoud Touggourt III, UMMTO.

8. Hervé Piégay, 1995, Géomorphologie fluviale.

9. Jean-Paul Bravard et al, 1997, **Écologie** des milieux aquatiques continentaux.

10. ALNAFT site internet de ministère de l'énergie

ANNEXES

PUITS	Formation	Carottes	Profondeur (m)	Granulométrie(mm)		Texture				Pétrographie (%)													Type de porosité	Micro-fracture	Microfaciès	Dimensions de grains																	
				G_Max	G_Moy	Mode	Classement	Morphoscopie	Contacts				Fragments de roches	Quartz détritique polycristallin	Quartz détritique monocristallin	Silice secondaire	Feldspaths		Micas	Phosphate	Minéraux lourds stables	Argiles					Matière organique	Carbonates ferrifère (Sidérite / Fe-dolomite)	Carbonates non ferrifères	Anhydrite	Barytine	Pyrite	Oxydes (Hématite)	Bitume	Oolites	Micro-sthyloolithes	Intergranulaire	Dissolution/léssivage partielle et moidique	Micro-Fracture	% Porosité totale estimée			
									Flottant	Droit	Ponctuel	Concavo-convexe					Suturé	Ortochclase				Plagioclase																			Muscovite	Biotite/Chlorite	% Total des argiles
				Flottant	Droit	Ponctuel	Concavo-convexe	Suturé					Ortochclase	Plagioclase	Muscovite	Biotite/Chlorite			% Total des argiles	Kaolinite en Pore-Filling	Chlorite						Illite	en remplissage des pores	Autour des grains de quartz	pseudocalistes	Carbonates ferrifère (Sidérite / Fe-dolomite)	Carbonates non ferrifères	Anhydrite	Barytine	Pyrite	Oxydes (Hématite)	Bitume	Oolites	Micro-sthyloolithes	Intergranulaire			
BBR-2	TRIAS	1	3708,54	220,000	130,000	bi	moy	SAN/SR	F	R	A		73	0	0	X	X			8	X	X	X		1									X	X	10	MF4	Fin					
			3709,74	200,000	150,000	uni	moy	AN/SAN/SR	F		A			78	0	0	X	X			10	X			X	1	1						X		2	fin							
		3			3798,69	370,000	150,000	bi	moy	AN/SAN/SR	A	R	F		67	3	0	X	X			17		X		X								X		8	MF5	fin à moyen					
					3799,8	330,000	220,000	bi	moy	SAN/SR/R	F		A		X	67	4	0	X	X			12	X			1	1						X		6		fin à moyen					
					3800,59	350,000	200,000	uni	moy	SR/R	A					62	4	0	X	X			12		X	X		1								12		fin à moyen					
					3801,29	320,000	170,000	bi	moy	SAN/SR/R	A	R	F			62	7	0	X			X	5	X			15					X		X		7		fin à moyen					
					3802,8	250,000	180,000	uni	moy	SAN/SR	F	R	A			64	7	0	X	X		X	12		X		X	X	2					X		4		fin					
					3803,14	400,000	220,000	bi	moy	SA/SR	A					68	2	0	X	X		X	16		X			4				X	X	X	X	3		fin à moyen					
					3804,46	350,000	150,000	bi	moy	SAN/SR/R	F	R	A			68	3	0	X	X			17	X			X	3								5		fin à moyen					
					3805,40	300,000	120,000	bi-poly	mal	AN/SAN	A	F	A			68	5	0	X	X		X	10		X	X		6				X		X		4		fin à moyen					
					3806,3	350,000	250,000	uni	moy	SA/SR	A					78	2	0	X	X			10	X	X		X	3			X		X	X	3	moyen							
					3806,78	430,000	180,000	uni	bien	SA/SR/AN	F	R	A			78	2	0	X	X			10	X		X		3				X		X		5		fin à moyen					
		3808,67	220,000	130,000	uni	moy	SAN/SR	A	F				72	1	0	X	X			8		X			1	12				X		3	MF6	fin									
		3810,8	300,000	150,000	uni	mal	AN/SAN	A	R	F			72	2	0	X	X			8	X		X		1	13				X	X	2		fin à moyen									

Annexe 2 : tableau pétrographique de puits 02

profondeur (m)	Cr	Minéraux non argileux						Minéraux argileux						autres					Σ		
		quartz	plagioclases	K-Feldspaths	calcite	dolomite	siderite /siderite Mg	total carbonates	Illite - Interstratifiées vs	Micas	kaolinite	chlorite	chlorite Fe	total argiles et Indosées	pyrite	barite	anhydrite	halite		hematite	anatase
3733,50	1	45,3	13,3			0,1		9,1	7,3	4,1		2,8		14,0			7,3	11,0			100,0
3818,24	3	78	6,1	1,7				0,0	3,4	1,6		5,8		10,6		0,9	0,9	1,8			100,0
3820,80		75,7	8,3					0,0	5,9	2,9		3,9		12,7		1,7		1,6			100,0
4193,80	5	89,9		1,6	0,5	0,8		1,3	4,4			1,1		5,5				1,7			100,0
4198,80		94,7						0,0	3,1			0,8		3,9			0,5	0,9			100,0
4200,47		97,3						0,0	0,9			0,8		1,5		0,5		0,7			100,0

Annexe 3 : les résultats de DRX de puits 01

profondeur (m)	Cr	Minéraux non argileux						Minéraux argileux						autres					Σ		
		quartz	plagioclases	K-Feldspaths	calcite	dolomite	siderite /siderite Mg	total carbonates	Illite - Interstratifiées vs	Micas	kaolinite	chlorite	chlorite Fe	total argiles et Indosées	pyrite	barite	anhydrite	halite		hematite	anatase
3708,54	1	60,8	11,6	3,2		1,8		1,8	1,6	2,4		1,8		5,8	0,8		2,4	13,6			100,0
3800,59	3	76,0	7,1	5,4	0,5			0,5	4,8			4,6		9,4			0,7	0,9			100,0
3803,14		78,3	6,1	3,2	0,5	0,5		1,0	4,9	1,7		3,1		9,7			0,8	0,9			100,0
3805,40		83,5	7,9					0,0	2,8			4,7		7,5				1,1			100,0
3806,30		78,1	6,3	1,1	0,8			0,8	5,0	2,0		5,2		12,2				1,5			100,0
3806,78		79,3	7,4	0,5					4,9	1,8		5,2		11,9				0,9			100,0
3810,80		55,9	10,7	3,1		19,4		19,4	3,1	4,8		2,4		10,1				0,8			100,0

Annexe 4 : les résultats de DRX de puits 02

Planche 01

Puits 01 – carotte 01



Log sédimentologique du puits 01 Carotte 01

Association de faciès de la plaine alluviale : Chenal actif / Barre :

Grès très fin, parfois silteux, de couleur rouge présentant des structures horizontales, et rides de courants. Ces grès sont limités par des surfaces érosives micro-conglomératiques à éléments argileux.

Association de faciès de la plaine d'inondation :

Argile silteuse, rougeâtre, massive à des traces de racines.

Annexe 5 : planche de carotte 01 de puits 01

Planche 02

Puits 01 – carotte 02



Log sédimentologique du puits 01 Carotte 02

Association de faciès de la plaine alluviale

Lag conglomératique à matrice argilo-silteuse, renfermant des éléments argileux centimétriques chapoté par des grès fins à stratifications horizontales.

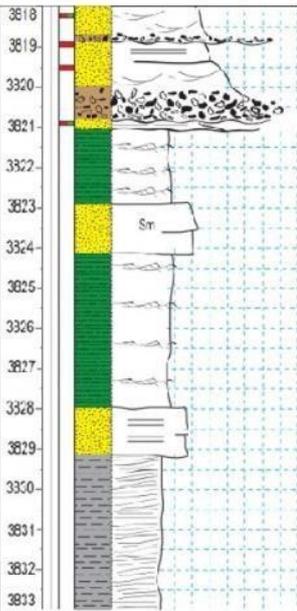
Association de faciès de la plaine d'inondation :

Argile silteuse de couleur rougeâtre, indurée et feuilletée, renfermant des traces de racines et débuté à la base par des silt-stones argileux à rides de courants. Il est à noter que quelques crachés de grès silteux de couleur verdâtres ont été repérés dans ces argiles.

Annexe 6 : Planche de la carotte 02 de puits 01

Planche 03

Puits 01-carotte 03



Log sédimentologique du puits 01 Carotte 03



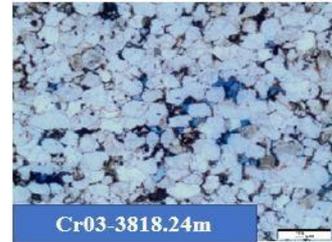
Association de faciès de la plaine alluviale chenal actif/ barre :

Des surfaces érosives composés d'éléments argileux et des Pebbles, surmonté de grès, allant de fins à très fins, de couleur gris clair. Ces grès présentent des stratifications entrecroisées en auges et horizontales à la partie supérieure.

Association de faciès de la plaine d'inondation/ crevasse splay et dépôt de levée :

- Siltstone légèrement argileux de couleur rougeâtre, massif présentant des rides de courants. Ces siltstones sont intercalés par des grès silteux massifs, très fins.

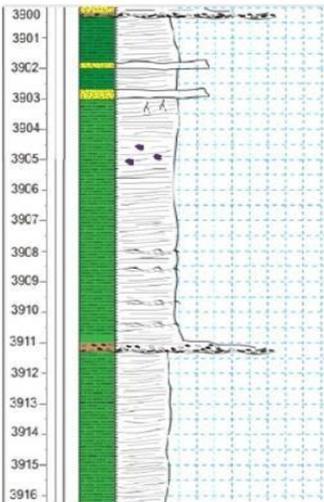
- Argile silteuse, rougeâtre, indurée et laminée.



Annexe 7: planche de carotte 03 de puits 01

Planche 04

Puits 01-carotte 04



Log sédimentologique du puits 01 Carotte 04



3902m

3902.3m



Grès massif gris blanchâtre

Faciès non identifié :

Grès argileux, gris blanchâtre, limité à la base par une surface érosive. Son milieu de dépôt n'est pas déterminé car la séquence a été tronquée et n'est pas complète.

Association de faciès de la plaine d'inondation/ crevasse splay et dépôt de levée :

- Argile silteuse, rougeâtre, marmorisée par endroit, présentant des traces de pédogénèse et intercalés par de petits passages de grès très fins (Dépôt de débordement).

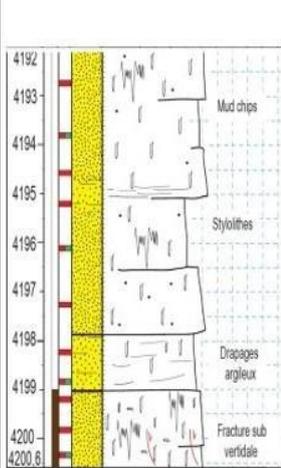
- Siltstone argileux, massif, avec des rides de courants apparentes.

- Argile silteuse, rougeâtre, indurée et laminée, légèrement friable.

Annexe 8: planche de carotte 04 de puits 01

PLANCHE 05

Puits 01-carotte 05



Log sédimentologique du puits 01 Carotte 05

Association de faciès de l'avant plage : upper shoreface :

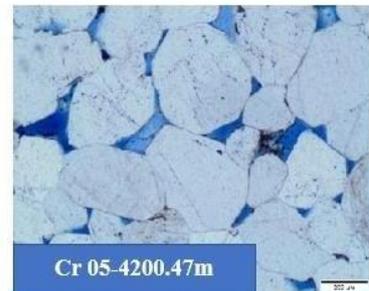
Succession de plusieurs barres de nature gréseuse, moyennement bio-turbés, fracturées en certains endroits, dures et compactes, avec des flasiers-bedding et des drapages argileux, imprégnés dans la partie basale, la silification du faciès rend difficile la visibilité des structures sédimentaires.



Grès à drapages argileux



Grès à fracture sub-verticale

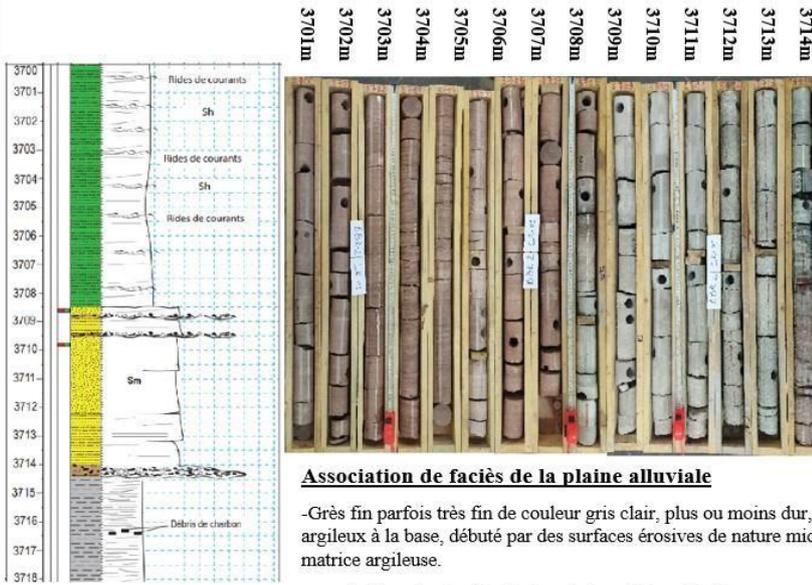


Cr 05-4200.47m

Annexe 9 : Planche de la carotte 05 de puits 01

PLANCHE 06

Puits 02- carotte 01



3706.00m
3706.28m
Siltstone de couleur rougeâtre, oxydé par endroits, affichant des stratifications horizontales et des rides de courants.

Association de faciès de la plaine alluviale

-Grès fin parfois très fin de couleur gris clair, plus ou moins dur, massives au sommet, très argileux à la base, débuté par des surfaces érosives de nature micro-conglomératiques à matrice argileuse.

Association de faciès de la plaine d'inondation :

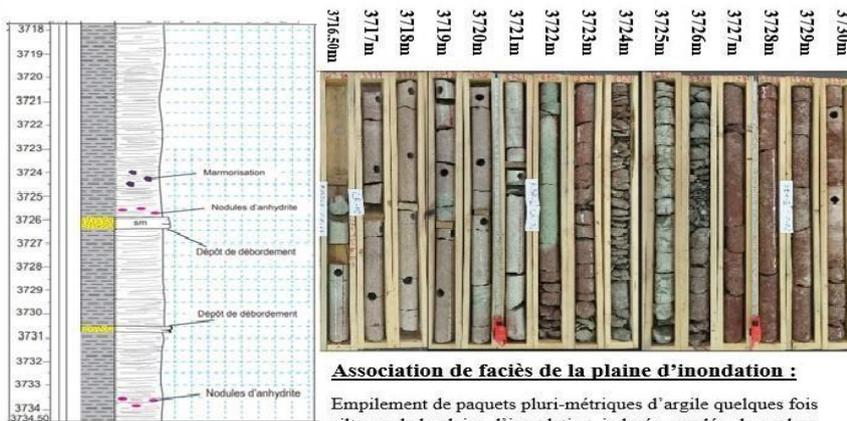
- Argile quelques fois silteuse de la plaine d'inondation, indurés, oxydés, de couleur rouge pourpre, et verdâtre par endroits, à traces de racines et présentant des débris de charbon.
- Siltstone légèrement argileux, de couleur rougeâtre, oxydé par endroits, affichant des stratifications horizontales et des rides de courants.

Log sédimentologique du puits 02 Carotte 01

Annexe 10: planche de carotte 01 de puits 02

PLANCHE 07

Puits 02- Carotte 02



3730.00m
3730.60m
argile oxydés de couleur rouge pourpre



3733.00m
3733.25m
argiles verdâtres marmorisées

Association de faciès de la plaine d'inondation :

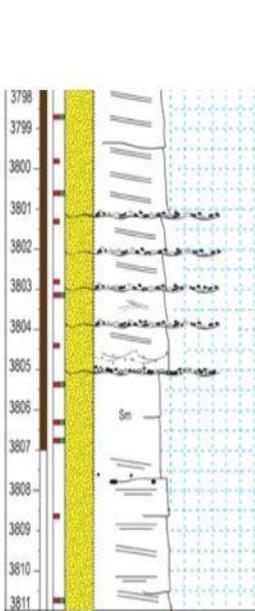
Empilement de paquets pluri-métriques d'argile quelques fois silteuse de la plaine d'inondation, indurés, oxydés, de couleur rouge pourpre, et verdâtre par endroits, à marmorisation, à traces de racines et présentant des débris de charbon au sommet et des nodules de nature salifères à la base. Ces paquets d'argile sont entrecoupé par des dépôts de débordements constitués de grés silteux, massif, très fin.

Log sédimentologique du puits 02 Carotte 02

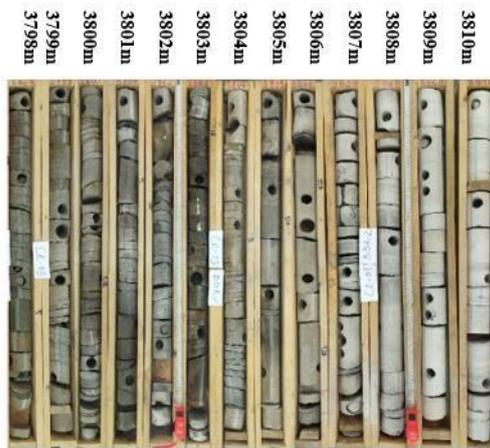
Annexe 11 : planche de la carotte 02 de puits 02

PLANCHE 08

Puits 02- carotte 03



Log sédimentologique du puits
02 Carotte 03



Association de faciès de la plaine alluviale : chenal actif/barre

-Grès imprégnés avec une couleur gris clair, parfois gris beige délimitées par des surfaces érosives à galets d'argiles. Les structures sédimentaires observées comprennent essentiellement : les entrecroisées de faibles angles, ainsi que les obliques planes.

-Grès massif, métrique, de couleur gris clair, peu imprégné.

-Grès argileux, affichant une couleur gris clair et une texture légèrement friable. Il renferme des galets d'argiles et des Mud chips à des structures sédimentaires horizontales planes, ainsi

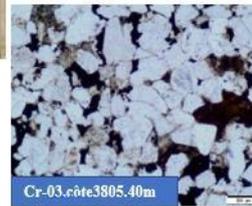
3800m



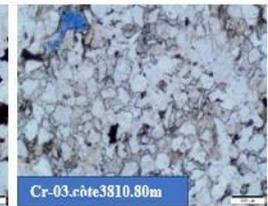
3810 m



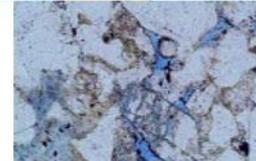
3805m



Cr-03.côte3805.40m



Cr-03.côte3810.80m



Annexe 12 : planche de la carotte 03 de puits 02

