

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
⊕⊙∇⋅:Σ⊕ ⊔:∥:∇ ∙⊕ ⊔.⊔.⊙
DEPARTEMENT DES SCIENCES GEOLOGIQUES



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de
MASTER EN SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
Option : Géologie Des Bassins Sédimentaires

Réalisé Par :

AIT BALI Abdelghani
Et
SADOUN Boukhalfa

Thème :

**Etude sédimentologique et pétrophysique du Trias série inférieure du
gisement de Benkahla-Bassin Oued Mya-province Triasique(Algérie).**

Thème proposé par : Mme. SAADI Malika

Soutenu publiquement le 28 /09/ 2022 devant le Jury composé de:

M. KARDACHE Ramdane	M.C.A à l'UMMTO	Président
M. ACHOUI M'hand	M.A.A à l'UMMTO	Encadreur
M. AMROUCHE Farid	M.A.A à l'UMMTO	Examineur
Mme. SAADI Malika	Ingénieure Géologue (Division EXPLO ,Boumerdès)	Co-promotrice

Remerciements

L'enseignement de qualité dispensé par le Master « GBS » qui a su nourrir nos réflexions et a représenté une profonde satisfaction intellectuelle, merci donc aux enseignants-chercheurs de départements des sciences géologique à l'université Mouloud MAMMERRI -Tizi Ouzou-

On souhaite remercier notre co-promotrice, Mme SAADI Malika, pour le temps qu'il a consacré à nous apporter les outils indispensables à la conduite de cette recherche. Son exigence nous a grandement stimulé et pour avoir eu la patience de répondre à nos innombrables questions.

On ne trouve pas les mots pour exprimer notre gratitude envers Mr ACHOUI M'hand notre directeur de mémoire. Ses conseils et ses encouragements ont permis à ce travail d'aboutir. Ses capacités scientifiques et ses compétences étaient notre grand support. Faire notre projet sous sa direction est un grand honneur et un immense bonheur. La liberté qu'il nous a accordée et les responsabilités qu'il nous a confiées ont beaucoup contribué à la formation d'un esprit d'autonomie de travail en nous.

Un remerciement partagé avec tous les membres de jury, Mr KARDACH Remdane ; et Mr AMROUCHE Farid ; Qui nous ont fait le grand honneur d'accepter de rapporter et examiner notre mémoire de fin d'étude.

Un grand merci tous les ingénieurs de département d'Amguid Massaoud de la division exploration à l'IAP de Boumerdès

On aimerait exprimer notre gratitude à tous nos amis et camarades ainsi qu'à tous les anciens étudiants du département des sciences géologiques, trop nombreux pour les citer, mais une pensée spéciale à OUMIRI Mourad. Qui ont pris le temps de discuter de notre sujet. Chacun de ces échanges nous a aidé à faire avancer notre analyse.

Un grand merci à Tassadit SADOON pour ses conseils concernant notre style d'écriture, ils ont grandement facilité notre travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents qui ne cessent de m'encourager de me soutenir et de croire en moi : Idir et Rebiha.

A mes chères frères et sœur : Aghiles et Slimane, Lyes, Samira.

A Michmicha.

Je consacre mon travail à mon coéquipier avec qui j'ai partagé tous les hauts et les bas de cette aventure ainsi qui m'a offert de la motivation et le courage tout au long de cette aventure.

AIT BALI Abdelghani.

Dédicaces

Je dédier mon travail a toute ces nuits blanches et a ces insomnies, ces sommeille écourté, et a toute ces inspirations qui naissent quand il fait noir

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédier ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leurs exprimer mon amour sincère. A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences, qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureux, mon adorable mère Yamina. A l'homme, mon précieux offre de dieu, à qui je dois ma vie, ma réussite et tout mon respect, mon chère père Mohamed-Ouamar.

Mon oncle paternelle Mohamed-Sadek, vous avez toujours été pour moi un exemple respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que vous êtes. Grâce à vous j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais vous remercier pour votre amour, votre générosité et votre compréhension. Votre soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Mes chère frères Djilali et Djafar, mes sœurs et ma grande mère et mes tentes pour leur dévouement, leur compréhension et leur grande tendresse, qui en plus de m'avoir encouragé tout le long de mes études, m'ont consacré beaucoup de temps et disponibilité, et qui par leur soutien, leurs conseils et leur amour, m'ont permis d'arriver jusqu'à ici car ils ont toujours cru en moi, Merci de m'avoir toujours soutenu et merci pour tous les bons moments passé ensemble, et ce n'est pas fini. A ma famille et toutes les personnes que j'aime, je dédier mon travail à ma bien aimé qui n'a jamais cessé de m'encourager et de me donner la motivation pendant tant d'années. Tarik tu es le meilleur ami que je puisse avoir. Merci d'être resté à mes côtés toute au long de la période de préparation de mon mémoire de fin d'étude. Merci pour tous les bons moments passé ensemble.

A Tous mes amis d'enfance et du long parcours scolaire et universitaire trop nombreux pour les citer mais une pensée est réservée à Adel, Axel, Amir, Boualam, Youcef, Brahim, Slimane, Mourad. A mon camarade avec qui j'ai partagé les hauts et les bas de cette expérience, la-Gani.

SADOUN .Boukhalfa

Sommaire	4
Liste des tableaux	7
Résumé	8
Abstract	8
Introduction.....	9
Problématique.....	9
Méthodologie	12
1 Acquisition des données	12
2 Traitements des données.....	12
3 Interprétation et conclusion	12
Chapitre N°1: Présentation de la zone d'étude et généralités sur le bassins d'Oued Mya	
Introduction	14
1 Situation géographique du bassin d'Oued Mya:	14
2 Aperçu géologique sur la bassin d'Oued Mya:	15
2-1 Au plan stratigraphique:	15
2-2 Au plan structural:.....	19
3 Situation géographique du champ de Benkahla:	20
4 Situation géologique du champ de Benkahla:	20
5 Géodynamique de mise en place du Trias série inférieure.....	21
Chapitre N°2: Etude sédimentologique	
Introduction	23
Méthodologie.....	23
1 Notions sédimentologiques	23
1-1 Définition de la sédimentologie	23
1-2 Définition du faciès	23
1-3 L'analyse séquentielle	24
1-4 La sédimentation dans le milieu fluviatile.....	26
2description macroscopique (facies) des puits.....	29
2-1 le puits de référence (PR)	29
2-2 le puits 2 (P2)	34
2-3 Le puits 4 (P4).....	37
2-4 Le puits 5 (P5).....	41
2-5 Le puits 6(P6)	44
3 Environnement de dépôt.....	47
4 Découpage séquentiel.....	49

4-1 puits de référence (PR).....	49
4-2 Puits P2.....	52
5 Le modèle paléogéographique	56
6 Corrélation entre les puits	58
6-1 Profil de corrélation des résultats diagraphiques de direction SE-NW (Coupe 1).....	59
6-2 Profil de corrélation des résultats diagraphiques de direction NE-SW (Coupe 2).....	60
Conclusion.....	61
Chapitre N°3:Etude pétrophysique	
Introduction	64
1 Généralités sur les diagraphies.....	64
1-1Définition des diagraphies.....	64
1-2Types de diagraphies:.....	65
1-3Champs d'applications des diagraphies:	65
2Notions de base sur la pétrophysique.....	66
2-1Notion de porosité (Φ)	66
2-2Notion de perméabilité	67
2-3Volume d'argile (Vsh)	68
3Acquisition des données:.....	69
4 Traitement des données :.....	69
4-1 Interprétations des courbes de porosité et de perméabilité dans les puits étudiés.....	70
4-2 Interprétations des cartes	75
Conclusion.....	77
Conclusion générale.....	78
Perspectives.....	79
Références bibliographique	80

Liste des figures

Figure 1 : montre la position des bassins des deux provinces de la plate-forme saharienne sur la carte.....	10
Figure 2: Situation géographique d'Oued Mya	14
Figure 3 : montre une coupe lithostratigraphique type de bassin d'Oued Mya (D'après SONATRACH,).....	18
Figure 4: Schéma structurale du bassin d'Oued Mya (BOUDJEMA 1987)	19
Figure 5: Situation géographique du champ de Benkahla	20
Figure 6: Bloc-diagramme de la mise en place du Trias série inférieure	21
Figure 7: Schéma représentatif de quelques exemples de séquence (Delfaud).....	26
Figure 8: Schéma d'un système fluvatile en tresse et une séquence de dépôt associée(J. Beauchamps, 2012).....	27
Figure 9: Deux coupes dans un système dépôts fluvatile en tresse(J. Beauchamps, 2012)....	27
Figure 10: Schéma d'un système fluvatile à méandre et une séquence de dépôt associée(J. Beauchamps, 2012).....	28
Figure 11: Séquence de dépôt d'un système fluvatile à méandres(J. Beauchamps, 2012).	28
Figure 12: Photo de la carotte qui montre la discordance hercynienne dans le puits de référence.....	29
Figure 13: Photos d'une partie de la carotte, montre le dernier terme du Dévonien et le premier banc de grès de la SI dans le puit de référence.....	30
Figure 14: Photo de la carottes, montre la deuxième partie de la SI dans le puit de référence.	31
Figure 15: Photos de la carottes, montre la dernière partie de la SI dans le puit de référence.	32
Figure 16: Représentation de log synthétique et la description de carotte, en fonction de profondeurs, du Trias série inférieur dans le puit de référence (PR)	33
Figure 17: Photo de la carottes qui montre la discordance hercynienne dans le P2.	34
Figure 18: Des photos de la carotte faite dans la série inférieure dans le P2.....	35
Figure 19: Représentation du log synthétique et la description de carotte, en fonction de la profondeurs, du Trias série inférieur dans le puits (P2).....	36
Figure 20: Photo de la carottes qui montre la discordance hercynienne dans le P4	37
Figure 21: Photos de la carotte faite dans les dépôts de la série inférieure dans le P4 (partie 1)	38
Figure 22: Photos de la carotte faite dans les dépôts de la série inférieure dans le P4 (partie 2)	39
Figure 23: Représentation du log synthétique et la description de carotte, en fonction de profondeurs, du Trias série inférieur dans le puits (P4).....	40
Figure 24 :Photo de la carotte qui montre la discordance hercynienne dans le puits 5 (P5). ...	41
Figure 25: Des photos de la carotte faite dans la série inférieure dans le puits 5 (P5).	42
Figure 26: Représentation du log synthétique et la description de carotte, au fonction de profondeurs, du Trias série inférieur dans le puits (P5), Document SONATRACH.....	43
Figure 27: Photo de la carotte qui montre la discordance.....	44
Figure 28: Des photos de la carotte faite dans la série inférieure dans le puits 6 (P6).	45

Figure 29: Représentation du log synthétique et la description de carotte, au fonction de profondeurs, du Trias série inférieure dans le puits 6 (P6), Document SONATRACH.....	46
Figure 30: Carte des environnements de dépôt du Trias série inférieure	48
Figure 31: Découpage séquentielle du Trias série inférieure dans le puits de référence PR...	51
Figure 32: Découpage séquentielle du Trias série inférieure dans le puits 2 (P2).....	53
Figure 33: Découpage séquentielle du Trias série inférieure dans le puits 4 (P4).....	55
Figure 34: Paléogéographie au cours du dépôt de la série inférieure - Zonéologie séquentielle - (AIT-SALEM H 1990)	57
Figure 35: Carte d'emplacement des puits dans la région de Benkahla et les lignes des coupes réalisées.....	58
Figure 36: Bloc-diagramme du modèle de dépôts de la série inférieure dans la région de Benkahla	62
Figure 37: Les types de la porosité des roches (in Anonyme 2, 2011).....	66
Figure 38 : Courbes d'évolutions de porosité et de perméabilité de la série inférieure dans le puits P8.....	70
Figure 39 : Courbes d'évolutions de porosité et de perméabilité de la série inférieure dans le puits P6.....	71
Figure 40: Courbes d'évolutions de porosité et de perméabilité de la série inférieure dans le puits P7.....	72
Figure 41: Courbes de porosité et de perméabilité dans le puits de référence PR.....	73
Figure 42: Courbes de porosité et de perméabilité dans le puits HKBE-1	74
Figure 43: Carte en iso-porosité du Trias série inférieure dans la région de Benkahla.....	75
Figure 44: Carte en iso-perméabilité du Trias série inférieure dans la région de Benkahla	76

Liste des tableaux

Tableau 1: Quelques données sur le puit de référence.....	29
Tableau 2: Quelques données sur le puits 2 (P2).....	34
Tableau 3: Quelques données sur le puits 4 (P4).....	37
Tableau 4: Quelques données sur le puits 5 (P5).....	41
Tableau 5: Quelques données sur le puits 6 (P6).....	44
Tableau 6: Gamme de porosité (René ; 1988)	67
Tableau 7: Gamme de perméabilité (René ; 1988)	68
Tableau 8: Les valeurs moyennes de porosités et de la perméabilité dans chaque puits dans la région de Benkahla.	69

Résumé

Plusieurs travaux de développement de champ de Benkahla ont été lancés par les compagnies pétrolières. Dans le cadre estimer le potentiel pétrolier de la série inférieure du Trias dans ce gisement. C'est dans ce sens que notre étude intitulée « étude du Trias série inférieure dans le gisement de Benkahla » converge. Notre principal objectif dans ce travail est de réaliser une étude sédimentologique de la série inférieure dans la région de Benkahla, en se basant sur l'analyse du faciès et l'évolution séquentielle pour reconstituer les paléogéographies et comprendre les événements géodynamiques qui ont contrôlé la mise en place de la série. Par la suite, définir les paramètres pétrophysiques de porosité et de perméabilité. Tous ces éléments nous permettront d'estimer l'intérêt pétrolier qui réside dans ce gisement de Benkahla.

Abstract

Oil companies have initiated several Benkahla field development works. Within the framework, estimate the oil potential of the Lower Triassic series in this deposit. It is in this sense that our study entitled "study of the Lower Triassic series in the Benkahla deposit" converges. Our main objective in this work is to carry out a sedimentological study of the lower series in the Benkahla region, based on the analysis of the facies and the sequential evolution to reconstruct the paleogeographies and understand the geodynamic events that controlled the setting. Instead of the series. Subsequently, define the petrophysical parameters of porosity and permeability. All these elements will allow us to estimate the oil interest that resides in this deposit of Benkahla.

Introduction

L'économie algérienne dépend exclusivement des énergies fossiles, ces dernières représentent 96% des exportations du pays. Depuis le début de l'exploitation des hydrocarbures en Algérie, l'essentiel du produit provient du combro-ordovicien et de silurien, mais malheureusement les réserves de ces formations sont sur le point de s'épuiser, c'est pourquoi il est primordial de trouver d'autres horizons qui peuvent avoir un potentiel énergétique. Les recherches faites dans ce sens au niveau du bassin d'Oued Mya indiquent qu'un volume très important d'hydrocarbure réside dans le Trias argilo-gréseux est à découvrir.

Le premier forage implanté dans le bassin d'Oued Mya, en 1965 a mis en évidence un gisement d'huile et de gaz dans la série inférieure du Trias, cette formation constitue entre autres le principal réservoir dans les gisements de Berkaoui et Guellala, mais l'unique source d'hydrocarbure dans le gisement de Benkahla. Les derniers bilans établis montrent qu'environ 75% de la contenance totale du gisement reste à explorer.

Problématique

De nombreux travaux de développement de champ de Benkahla ont été lancés par les compagnies pétrolières. Ces travaux visent à estimer le potentiel pétrolier de la série inférieure du Trias dans ce gisement. C'est dans ce sens que notre étude intitulée « étude du Trias série inférieure dans le gisement de Benkahla » converge. Notre principal objectif à travers cette étude est de mettre en application nos connaissances en géologie acquises au sein de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou durant notre formation, sur les données obtenues lors de notre stage à la division exploration « SONATRACH » pour présenter l'évolution géologique latérale et verticale des strates qui forment la série en question ainsi que les phénomènes qui ont contrôlé leurs genèses. Par la suite, définir les paramètres pétrophysiques de porosité et de perméabilité. Tous ces éléments nous permettront d'estimer l'intérêt pétrolier qui réside dans ce gisement de Benkahla.

Introduction générale

Mais avant d'entamer le sujet de notre étude, il est primordial de faire un petit aperçu sur Les bassins sédimentaires algériens qui couvrent plus de 1,5 million km². Ils sont classés sous trois grandes provinces:

- La province du Nord de l'Algérie ;

Bassin Offshore; bassin de l'Atlas saharien; bassin de Chélif; bassin de Hodna; bassin de tizi-ouzou; bassins Melrhir / Sud – Est Constantinois

- La province Est de la Plate-forme Saharienne ;

Le bassin du môle Amguid-Messaoud ;

Le bassin de Berkine ; le bassin d'Oued Mya; les bassins d'Illizi; et le bassin de Mouydir

- La province Ouest de la Plate-forme Saharienne.

Le bassin de l'Ahnet; le bassin de Timimoune; le bassin de Béchar-Oued Namous; le bassin de Reggane; le bassin de Tindouf[1]

La **figure 1** montre la position des bassins des deux provinces de la plate-forme saharienne sur la carte.



Figure 1 : montre la position des bassins des deux provinces de la plate-forme saharienne sur la carte.

Ce mémoire s'articule autour de trois chapitres comme suit :

- Le premier chapitre expose la zone d'étude sur le plan géographique et géologique et l'histoire de la mise en place du bassin.
- Le second chapitre c'est l'étude sédimentologique de la série inférieure dans la région de Benkahla dans le bassin d'Oued Mya (Province triasique), en se basant sur l'analyse du faciès et l'évolution séquentielle pour ressortir les événements géodynamiques qui ont contrôlé la mise en place de la formation.
- Le dernier chapitre est consacré à l'étude pétrophysique, pour étudier les paramètres de porosité et de perméabilité de la formation étudiée.

Méthodologie

La connaissance scientifique est une notion organisée, soumise à des règles et des normes méthodologiques et déontologiques, à laquelle nous ne pouvons accéder sans faire corps avec ces principes et y adhérer. Par conséquent, notre étude suit une méthodologie basée sur trois étapes :

1 Acquisition des données

Le présent travail est basé essentiellement sur la description des carottes et l'interprétation des données diagraphiques de 9 puits répartis sur la zone d'étude. Chaque puits comporte plusieurs méthodes d'enregistrements diagraphiques (GR, DT et Rhobi). Ces données sont acquises auprès de la division exploration de SONATRACH à l'Institut Algérien du Pétrole (IAP) à Boumerdas.

2 Traitements des données

Lorsque l'on parle de traitement de données, on entend le recours à plusieurs procédés, parmi eux

- Traitements des résultats de la description des carottes.
- Traitements des enregistrements diagraphiques.
- Analyse des données pétrophysiques de perméabilité et de porosité.
- Consultation des travaux déjà établies dans le même cadre d'étude, des ouvrages et des thèses reconnues.

Les outils informatiques utilisés pour le traitement des données sont Excel pour les calculs de base, PETREL 2016 de Schlumberger pour les traitements des données et résultats diagraphiques ainsi que d'autres logiciels graphiques comme Surfer.

3 Interprétation et conclusion

Cette étape représente la dernière phase du travail de recherche, elle a pour but d'apporter des significations aux résultats obtenus lors des étapes précédentes et d'élucider toutes ambiguïtés rencontrées tout au long de cette étude, pour pouvoir répondre à la problématique, confirmer ou infirmer les hypothèses et enfin tirer une conclusion.

**Chapitre N°1:
Présentation de la zone
d'étude et généralités sur le
bassins d'Oued Mya**

2 Aperçu géologique sur la bassin d'Oued Mya:

2-1 Au plan stratigraphique:

La couverture sédimentaire dans la région est constituée de trois grands ensembles d'âge paléozoïque, mésozoïque et cénozoïque. Avec une épaisseur moyenne d'environ 5000 m. Elle est marquée par plusieurs discordances qui sont :

- La discordance hercynienne : qui a érodé les dépôts de paléozoïque supérieur ;
- La discordance autrichienne : affectant les dépôts du Crétacé inférieur ;
- La discordance pyrénéenne : qui affecte les dépôts du tertiaire.

La colonne stratigraphique de bassin d'Oued Mya est marquée par l'absence des termes du paléozoïque supérieur et se présente de bas en haut :

2-1-1 Le paléozoïque:

Principalement métamorphisé, reposant sur un socle magmatique granitique, guidé et structuré par l'orogénèse hercynienne, se présentant comme une antiforme par le fait érosif affectant l'Est et l'Ouest du bassin dont le bloc 438c (fig. 2) représente le centre élevé de la structure. Le paléozoïque est constitué du Cambrien, d'Ordovicien, du Silurien et du Dévonien. On note l'absence totale des systèmes du Carbonifère et du Permien, qui sont présents dans d'autres secteurs, et la présence locale du Dévonien (Boudjema, 1987 ; Askri et al, 1995 ; et les travaux de la Sonatrach).

2-1-2 Le Mésozoïque:

Son épaisseur moyenne est de 3700 m.

a. Le Trias

Son épaisseur moyenne est de 350 m, il est limité à la base par la discordance hercynienne. Il est composé de bas en haut par la succession suivante :

- Le Trias argilo-gréseux inférieur (T.A.G.I): ou La Série inférieure repose en discordance angulaire sur le Paléozoïque (discordance hercynienne). Son épaisseur diminue vers le Nord et le Nord-Ouest. Il est constitué d'une alternance de grès fins à moyens souvent argilo-

Chapitre N° 1: Présentation de la zone d'étude et généralités sur le bassins d'Oued Mya

siliceux et de passés d'argiles bruns-rouges, d'origine continentale. Cette série est surmontée par un dépôt d'épanchement des roches éruptives.

- Le Trias T1: C'est l'unité qui se développe au sommet des roches éruptives et qui comprend des intervalles d'argiles à la base et au sommet avec des niveaux intermédiaires de grès. La diminution d'épaisseur des roches éruptives dans le Nord-Ouest, Nord et Nord-Est est compensée par des bancs de grès d'où l'épaississement de l'unité.

- Le Trias T2: Considéré comme le dernier épisode silto-gréseux du Trias qui évolue progressivement à un faciès argileux.

- Le Trias argileux: Représenté par des argiles pâteuses, salifères avec une épaisseur plus ou moins constante.

- Le Trias salifère "S4": C'est la dernière unité triasique qui marque la mise en place du cycle évaporitique clôturant toute la série argilo-gréseuse du Trias. Elle est composée d'une puissante série de sel massif.

b. Le Jurassique

Il s'agit d'une épaisse série laguno-marine de 1450 m d'épaisseur moyenne. Cette série évaporitique à la base devenant argilo-gréseuse au sommet. Elle comprend trois séries :

- Le Lias : constitué de différent ensemble lithologique :

- Lias argileux : Il est constitué d'Alternance d'argile salifère et de sel.
- Lias salifère (S3) : Sel massif.
- Lias salifère (S1+S2) : Sel massif à passées d'anhydrite et d'argiles.
- Lias dolomitique (Horizon B)
- Lias salifère : Sel massif à passées d'argile.
- Lias anhydritique : Anhydrite massif à passées de dolomie.
- Lias carbonaté et marneux.

Chapitre N° 1: Présentation de la zone d'étude et généralités sur le bassins d'Oued Mya

-Le Dogger: il est subdivisé en Dogger lagunaire et argileux. Le lagunaire est constitué d'argiles avec quelques passages d'anhydrite, de calcaire et de dolomie. Par contre l'argileux est formé par des argiles avec passées de calcaire, de dolomie et d'anhydrite.

- Le Malm : constitué principalement par une alternance irrégulière d'argiles et de grès à passées de marnes et traces d'anhydrite.

c. Le Crétacé

C'est la série la plus épaisse avec 1900m en moyenne. Elle est constituée des dépôts clastiques continentaux, formés essentiellement par des grès et des argiles au cours de Crétacé inférieur. Suivi des dépôts d'origine lagunaires et marins, formé essentiellement d'argile, d'anhydrite, de dolomie et de calcaire au cours de Crétacé supérieur.

2-1-3 Le Cénozoïque:

Très peu épais, cet étage est constitué de sable et de grès du Mio-Pliocène. Quelques travaux dans le côté Nord du bassin ont montré la présence de gypses, anhydrites, dolomies, argiles et marnes de l'Éocène inférieur.

La **figure 3** montre une coupe lithostratigraphique type de bassin d'Oued Mya (D'après SONATRACH).

ERE	SYSTÈME	PROFONDEUR (m)	Étage	Stratigraphie	Lithologie	Épaisseur (m)	
Tertiaire	NÉOGÈNE	65	Mio-pliocène		grès et argiles	0 à 60	
			MÉSOSOÏQUE	CRÉTACÉ	SUPÉRIEUR	752	Sénonien carbonaté
Sénonien anhydritique		anhydrites, dolomies et argiles					
Sénonien salifère		sels massifs					
Turonien-Cénomanien		anhydrites, dolomies et calcaires					
INFÉRIEUR	976	Albien		grès fin à grossiers à passées d'argiles	600		
	1426	Aptien		calcaires et sables grossiers	10 à 30		
	1445	Barrémien		sables fins à grossiers à passées de calcaires et de dolomies	600 à 700		
Néocomien		grès grossiers à passées d'argiles					
JURASSIQUE	SUP.	1969	Malm		argiles à passées de calcaires et de dolomies	700 à 900	
		MDY.	2200	Dogger Argileu Dogger Lagunaire			argiles, sel et anhydrites
	INFÉRIEUR	LIAS	2450	Sel massive I [Anhydrite massive]			sels et anhydrites
			Horizon B Sel et Anhydrites S2		sels et anhydrites		
			Sel massive III Argile super.		argiles		
	LIAS	TRIAS Argilo-gréseux	3290	Argile-salif. S4			sels et argiles
Argile infèr.				argiles			
T2 T1				intercalations grès fins à moyens et d'argiles			
Andésite				roche éruptive			
Série Inf.				grès et argiles			
PALÉOZOÏQUE	ORDOVICIEN	3460	Dévonien inf.		argiles schisteux	100 à 130	
		3580	Silurien		argiles schisteux radioactifs	60 à 65	
		Dalle de Mkrata		grès quartzeux et argiles	12 à 25		
		Argile Micro-conglomérat		argiles microconglomératiques	90 à 100		
		Grès d'Oued Saret		grès quartzeux	50 à 70		
		Argiles d'Azzel		argiles	40 à 50		

Figure 3 : montre une coupe lithostratigraphique type de bassin d'Oued Mya (D'après SONATRACH.).

2-2 Au plan structural:

Le bassin d'Oued Mya est très affecté par plusieurs bourrelets de direction NE-SW, la majorité d'entre eux sont liés à un système de failles de la même direction. Parmi les plus importants dans le bloc 438 (BEICIP,1992), on peut citer : le bourrelet d'Erg Djouad qui s'étend jusqu'à Benkahla, Haoud Berkaoui et se prolonge jusqu'au bloc 417 en passant par Guellala, N'goussa et Boukhezana, le bourrelet de Tahtani, le bourrelet de Kef el Argoub et le bourrelet de Djerrah [3].

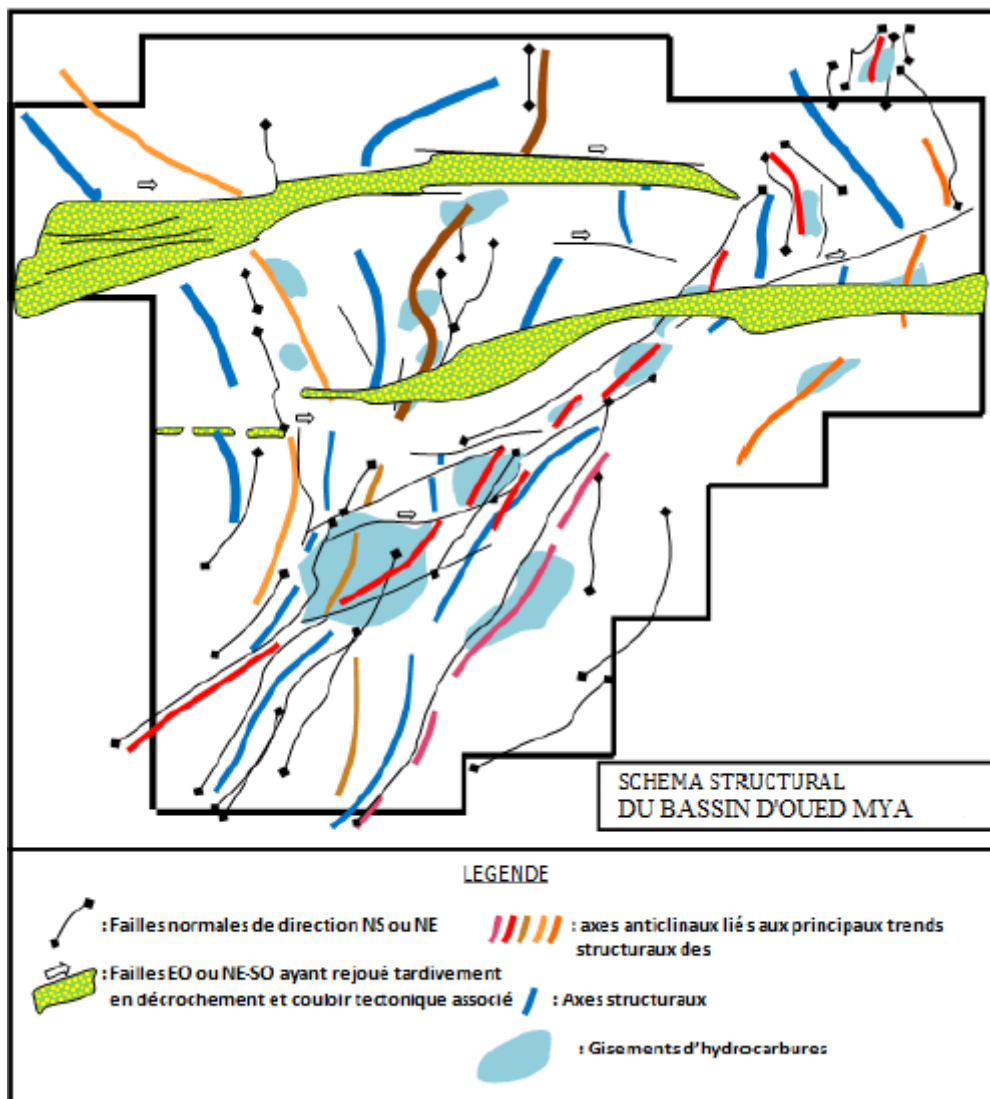


Figure 4: Schéma structurale du bassin d'Oued Mya (BOUDJEMA 1987)

3 Situation géographique du champ de Benkahla:

Le champ de Benkahla est un vaste étendue, d'une superficie de l'ordre de 83.5 km². Il se trouve dans la wilaya d'Ouargla, il s'intercale ainsi entre les deux régions de Hassi Messaoud et de Hassi R'mel à 600 km au Sud d'Alger. Le gisement de BenKahla est situé dans la région de Garackrima à 80 kilomètres environ à l'Ouest de Hassi Messaoud et à une vingtaine de kilomètres au Sud du gisement de Guellala et à la même distance à l'Est de Haoud Berkaoui.

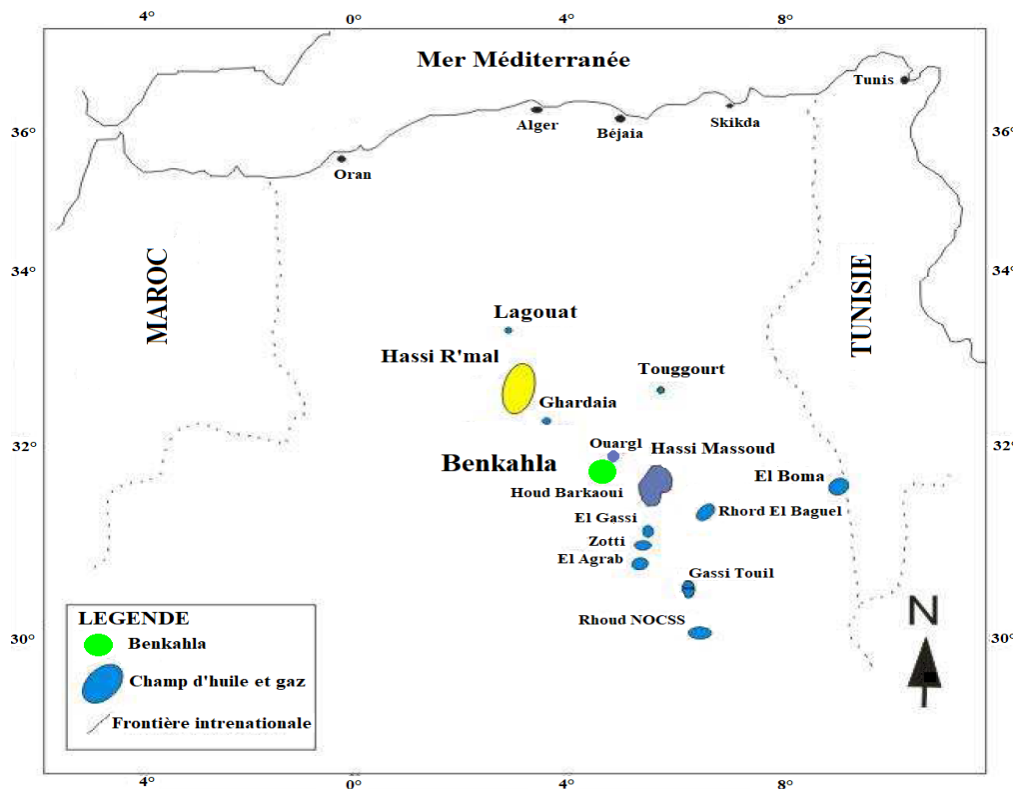


Figure 5: Situation géographique du champ de Benkahla

4 Situation géologique du champ de Benkahla:

La tectonique de Benkahla suit la tectonique globale de la plate-forme saharienne, l'architecture actuelle est le résultat d'une longue évolution et l'aboutissement de longues déformations, qui se sont poursuivies d'une façon plus ou moins continue tout au long de l'histoire du bassin, parmi les principales déformations qui ont affecté la région de Benkahla on a une faille distensive de direction NO-SE.

5 Géodynamique de mise en place du Trias série inférieure

Ce qui est remarquable lors de dépôt de la série inférieure comme indiqué dans le bloc-diagramme ci-dessus (**figure 6**) c'est l'absence presque absolue des manifestations tectoniques pendant cet intervalle de temps dans tout le bassin d'Oued Mya. Il y a cependant de très timides amorces de failles qui deviendront par la suite très importantes lors de la phase éruptive dans le contexte d'ouverture, pendant le dépôt de lasérie intermédiaire, le climat dans le Trias série inférieure est le seul agent qui a contrôlé la sédimentation.

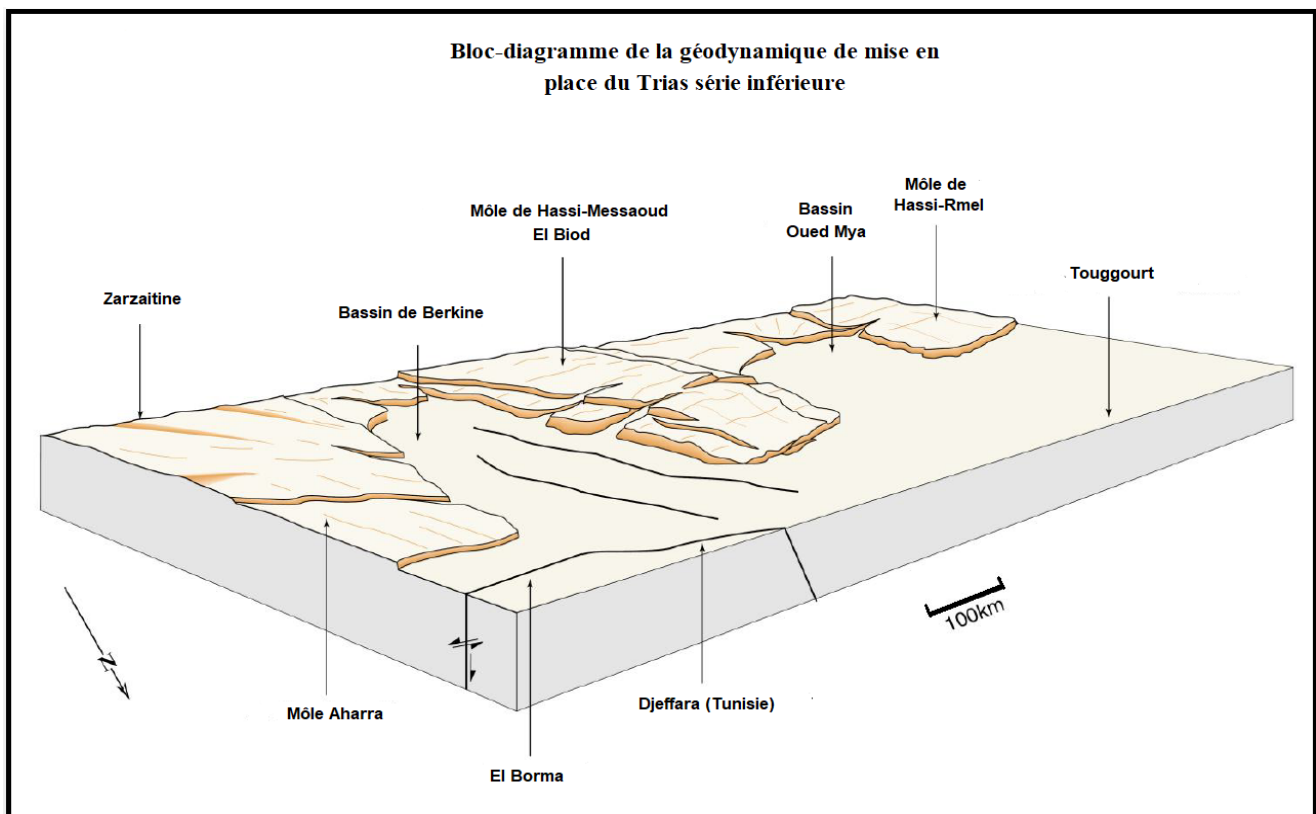


Figure 6: Bloc-diagramme de la mise en place du Trias série inférieure (DOC SONATRACH)

Chapitre N°2:

Etude sédimentologique

Chapitre 2: Etude sédimentologique

Introduction

Pour comprendre l'évolution de la série étudiée, une analyse de sédimentologie est essentielle. Cette dernière nous permettra de connaître l'évolution des sédiments et de déduire l'environnement de dépôts. A ce niveau, nous serons aptes de réaliser un schéma représentatif de modèle de dépôts et arriver finalement à caractériser le réservoir en s'appuyant par les études pétrophysiques (voire chapitre 3).

Méthodologie

La réalisation de cette étude nécessite plusieurs méthodes à savoir:

- L'analyse des carottes des puits BBH-1/BKHE-1/DAL-1/ESM-1 et HKB-1.
- L'analyse du faciès à partir des données diagraphiques (GR) traitées par le logiciel {pétrel}. Cette analyse nous permet d'obtenir un log synthétique, et reconnaître les environnements de dépôt.
- Réalisation d'un découpage séquentiel pour reconstituer le modèle paléogéographique
- Réalisation des corrélations suivant deux lignes de coupe de direction NE/SO et SE/NO pour suivre la continuité latérale des faciès.

Les noms et les coordonnées géographiques des puits ne sont pas indiqués pour des raisons de sécurité et de confidentialité.

1 Notions sédimentologiques

1-1 Définition de la sédimentologie

(Voir l'introduction générale)

1-2 Définition du faciès

La notion de faciès correspond à la description de l'ensemble des caractères lithologique (lithofaciès) et paléontologique (biofaciès). Cependant cette notion est très souvent utilisée dans un sens interprétatif (génétique), qui fait alors référence au mécanisme de dépôt et le milieu ou l'environnement de dépôt. (ISABELLE Cojan, MAURIS Renard 2021)

Chapitre 2: Etude sédimentologique

1-3 L'analyse séquentielle

La reconnaissance, l'interprétation des faciès et la compréhension de leurs relation spatio-temporelle constituent les bases de l'étude des séries sédimentaires en vue de reconstitutions des paléo-environnement et de la paléogéographie. L'étude de la succession verticale des faciès permet d'identifier l'évolution temporelle des environnements.

1-3-1 Définition d'une séquence sédimentaire

Ensemble de niveaux sédimentaires de natures différentes se succédant dans un ordre déterminé, habituellement limité au mur et au toit par des discontinuités stratigraphiques. Son ordonnance peut traduire soit un mécanisme de sédimentation particulier (eg. Des séquences sédimentaires de flysch), soit une histoire sédimentaire caractéristique (eg. Séquence transgressive, dans laquelle des dépôts littoraux passent vers le haut à des dépôts plus profonds). Mais Lombard a montré, dès 1956, qu'il ne fallait pas considérer une série sédimentaire comme une simple superposition de termes lithologiques mais comme une succession de termes déposés dans un continuum. Ainsi chaque niveau (chaque faciès) est à étudier en fonction de celui qui le précède et de celui qui le suit. L'analyse séquentielle essaie donc de définir des séquences de références idéales traduisant les enchaînements théoriques logiques des (micro)faciès (séquences virtuelles). On compare ensuite les séquences réelles observées dans la nature à la séquence virtuelle ainsi définie.

Si l'analyse séquentielle est un moyen très performant pour décrire l'évolution des séries sédimentaires, il faut insister sur ses limites :

- Il ne sortira rien d'une analyse séquentielle qui ne soit pas inscrit dans la séquence virtuelle. La démarche scientifique se fait lors de la définition de la séquence virtuelle, le reste n'est que représentation graphique. Si la succession définie dans la séquence virtuelle est fautive, tous les résultats seront erronés.
- Il n'existe pas de séquence virtuelle universelle, il convient, pour chaque nouvelle étude, de redéfinir une séquence adaptée.

- **Séquence élémentaire**

C'est la petite séquence de dépôt corrélable à l'échelle d'un bassin sédimentaire, leurs épaisseurs est comprise entre 1 et 10m. Elle est plus souvent définie en milieu marin entre deux surfaces durcies ; C'est l'unité élémentaire de la stratigraphie.

Chapitre 2: Etude sédimentologique

- **Séquence virtuelle**

Succession la plus complète possible théoriquement de niveaux qui s'arrangent

Habituellement en séquences (exemple : séquence type de Bouma). Certains auteurs après Lombard (1953) définissent ces séquences types pour des séries correspondant à une transgression marine et qui commencent généralement par des sédiments gréseux et se terminent par des couches calcaires, ou tout au moins pour des séries où la granulométrie décroît de bas en haut. (Foucault et Raoult, 2001).

- **Séquence Lithologique**

Succession évolutive univoque de termes lithologiques liés, verticale ou horizontale, Présentant des limites naturelles. La séquence correspond à un enchaînement (une suite) Logiquement asymétrique. (CSRPPGN, comité des techniciens, 1983); (voir **figure 7**).

- **Séquence positive ou négative :**

Séquence lithologique présentant une évolution nette de l'énergie de mise en place au moment du dépôt (voir **figure 7**)

Séquence positive : Séquence où l'on trouve l'ordre d'une séquence virtuelle (Lombard, 1972) ; 2. Succession de turbidités qui deviennent moins épaisses et moins grossières vers le haut: il s'agit en fait d'une méga-séquence (en anglais fining and thinning upward cycle).

Séquence négative : Séquence où l'on retrouve l'ordre inverse d'une séquence virtuelle (Lombard, 1972) ; 2. Succession de turbidités qui deviennent plus épaisses et plus grossières vers le haut : il s'agit en fait d'une méga-séquence (en anglais coarsening and thickening upward cycle). (Foucault et Raoult, 2001).

- **Séquence transgressive ou régressive**

Succession évolutive de termes lithologiques liés, traduisant verticalement une transgression ou une régression (CSRPPGN, comité des techniciens, 1983); (voir **figure 7**).

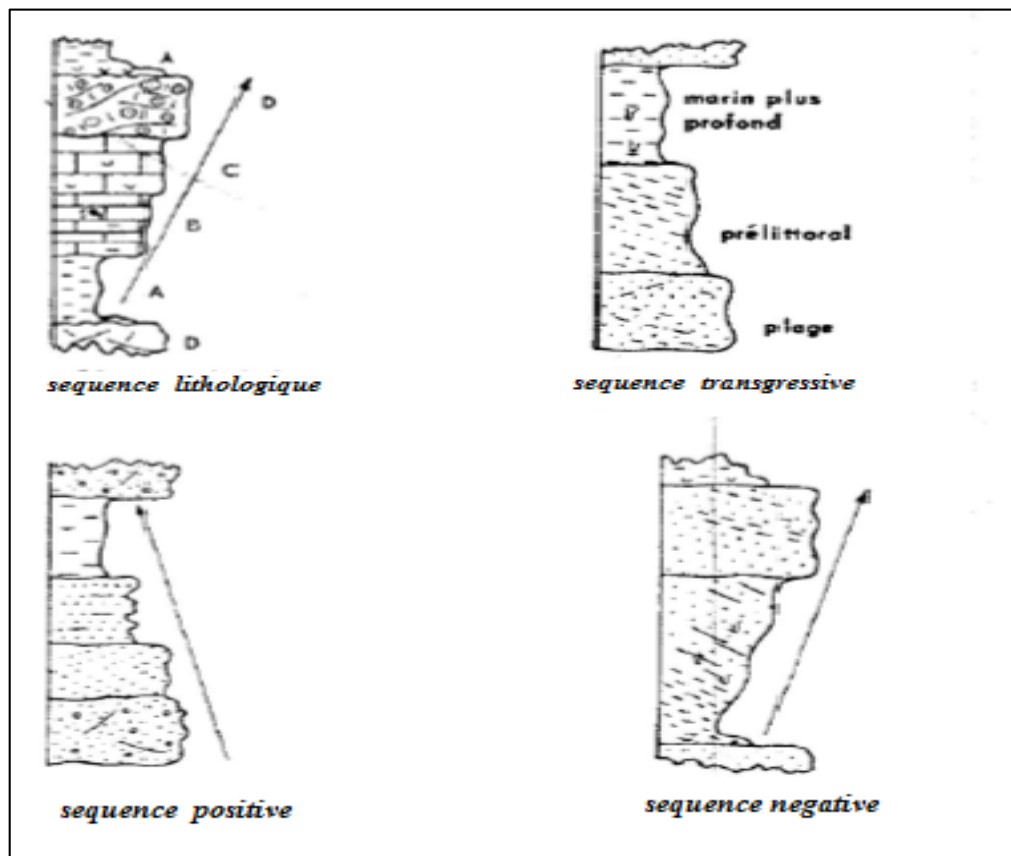


Figure 7: Schéma représentatif de quelques exemples de séquence (Delfaud)

1-4 La sédimentation dans le milieu fluvial

1-4-1 Réseaux en tresses

Elles se présentent sous forme de barres longitudinales qui séparent les chenaux. Ces barres deviennent obliques (transversales) dans les courbes; elles sont mobiles et s'accroissent dans le sens du courant ("accrétion longitudinale"), leur forme dépend de la charge et du débit. Elles sont constituées de galets imbriqués qui tombent en avalanche en aval, de graviers, de sable à litage entrecroisé. Elles sont souvent ravinées par le déplacement des chenaux.

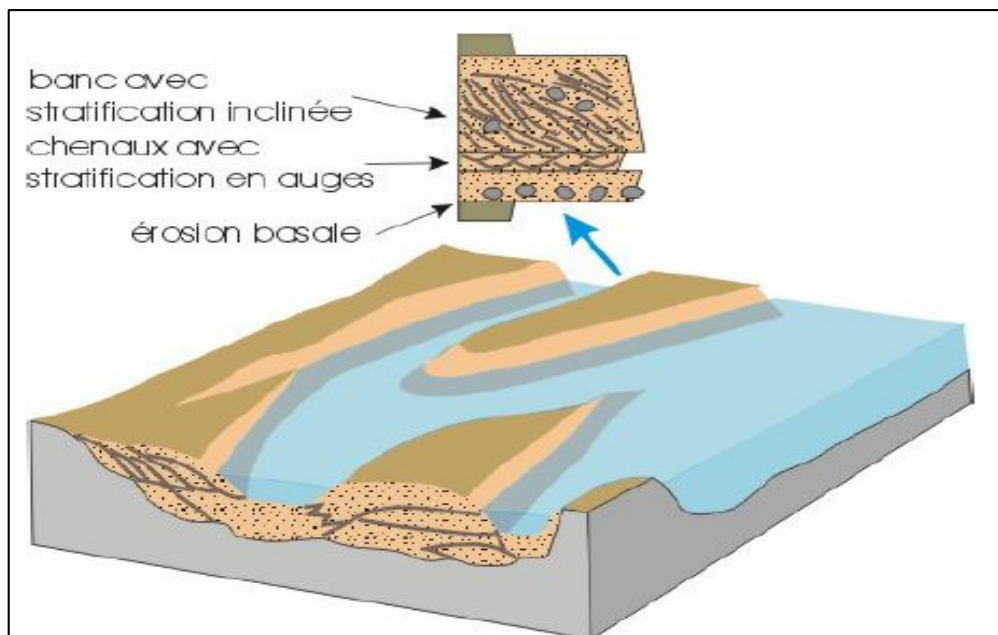


Figure 8: Schéma d'un système fluvial en tresse et une séquence de dépôt associée(J. Beauchamps, 2012)

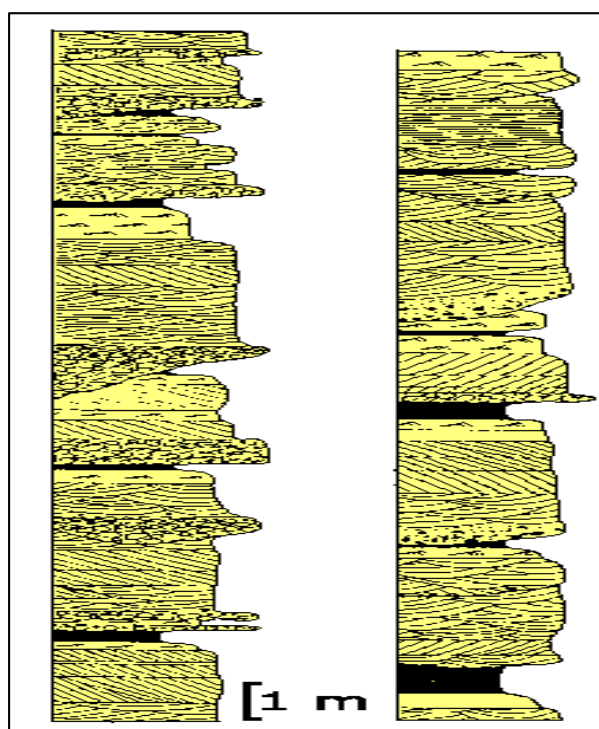


Figure 9: Deux coupes dans un système de dépôts fluvial en tresse(J. Beauchamps, 2012)

Chapitre 2: Etude sédimentologique

1-4-2 Réseaux à méandre

Les séquences de rivières à méandre sont positives: elles débutent par un pavage de galets et se terminent par des limons de plaine d'inondation montrant des traces de sols et de végétation. Les dépôts de plaine d'inondation sont formés de limons et d'argiles. Ils renferment des lentilles décamétriques de sable et de galets qui correspondent à la divagation des chenaux méandriiformes. Les sols de végétation sont nombreux.

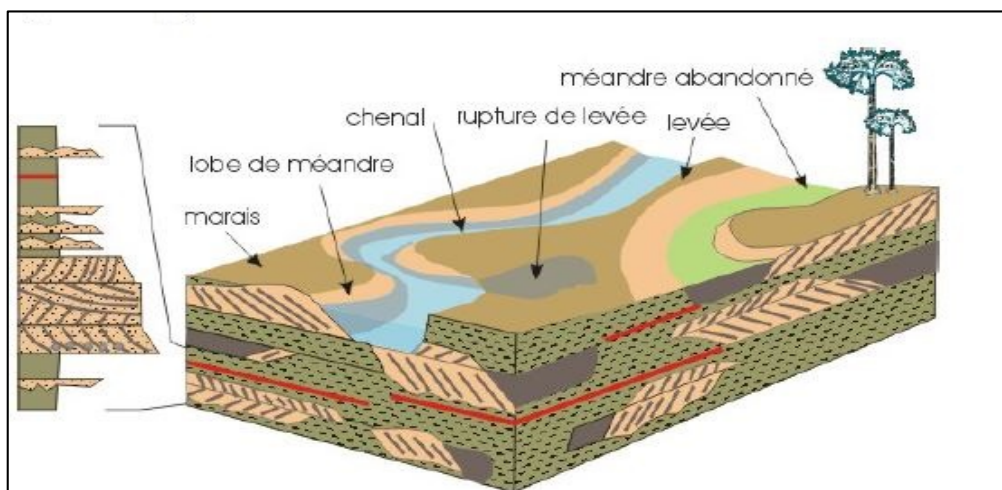


Figure 10: Schéma d'un système fluvial à méandre et une séquence de dépôt associée(J. Beauchamps, 2012).

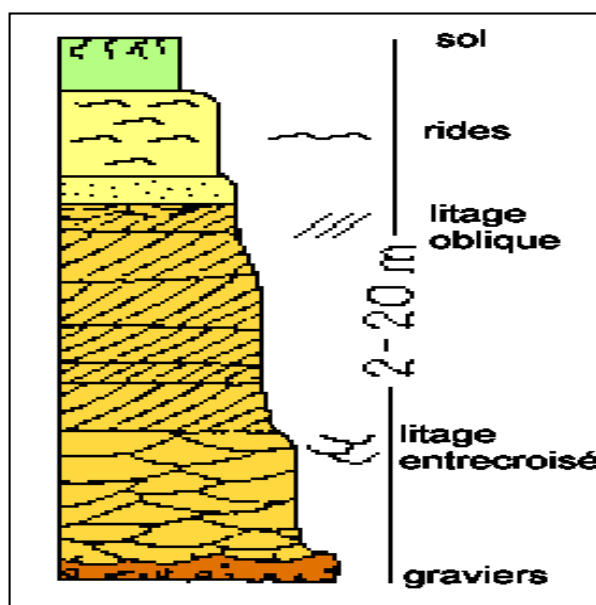


Figure 11: Séquence de dépôt d'un système fluvial à méandres(J. Beauchamps, 2012).

Chapitre 2: Etude sédimentologique

2description macroscopique (facies) des puits

En se basant sur la description et les photos des carottes des différents puits étudiés nous avons réalisé cette analyse du faciès.

2-1 le puits de référence (PR)

Base de la Série Inférieure	-3471,13 m
Toit de la Série Inférieure	-3454m
Epaisseur de la Série Inférieure	17m
Production du gaz	105,8 m3/h
Production d'huile	6,07m3/h
Profondeur finale atteinte par le forage	-4142m
Dernière formation atteinte par le forage	Argile d'El Gassi

Tableau 1: Quelques données sur le puit de référence.

La discordance hercynienne

Se matérialise avec une surface d'érosion qui marque le passage des derniers dépôts du Dévonien qui sont des argillesilteuse grise, verte et blanche au sommet, micacée bioturbée avec une présence de pyrite et de la glauconie, au grès conglomératique du Trias a 3471,13 m de profondeur. La **figure 12** montre les argiles de Dévonien, les grès du Trias et la discordance hercynienne.

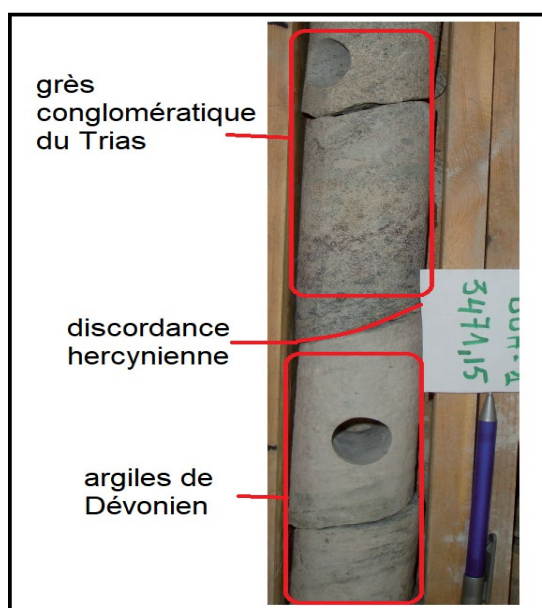


Figure 12: Photo de la carotte qui montre la discordance hercynienne dans le puits de référence.

Chapitre 2: Etude sédimentologique

Le Trias série inférieure

Les premiers dépôts du Trias (de -3471,13 m jusqu'à -3466,5 m) sont des grès grossiers conglomératiques à la base qui s'affinent au sommet des bancs à galets argileux avec une base érosive, une argile verte et l'oxyde de fer et des traces de charbon sont présents. Les stratifications sont obliques et en auge. La **figure 13** montre la partie de carotte faite dans ces dépôts.

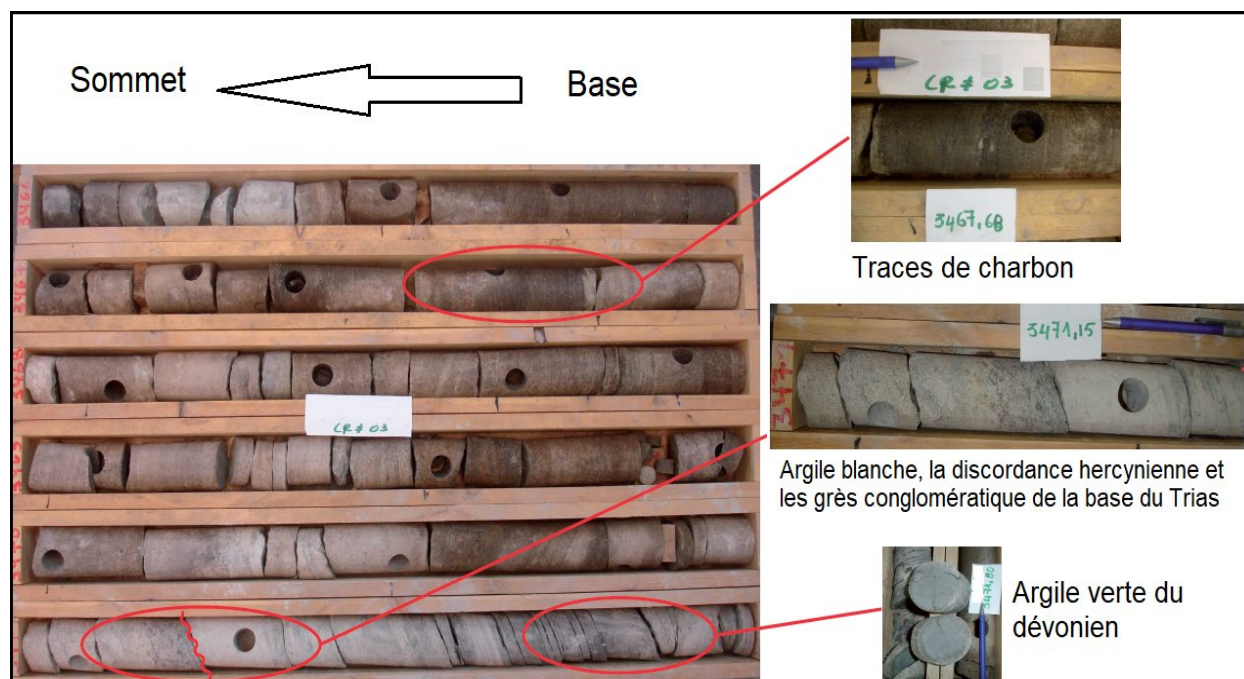


Figure 13: Photos d'une partie de la carotte, montre le dernier terme du Dévonien et le premier banc de grès de la SI dans le puit de référence.

A partir de -3466,8 m on a des niveaux d'argile et de silts, de grès fins à très fins et des intercalations de niveaux compacts quartzitiques, jusqu'à -3462,3 m. L'argile est silteuse versicolore grise verdâtre, noire et rouge, charbonneuse, à rides de courant, avec des intercalations de niveaux de silts et de grès fins à très fins compacts quartzitiques. Une couche d'environ 2 m d'épaisseur de grès fin à très fin argileux, gris clair verdâtre et sombre charbonneux, présence de fracture subverticale fermée par des argiles noires a été marqué.

De -3460 m à -3459 m on a une argile rouge verdâtre, silteuse. La **figure 14** montre la partie de la carotte faite dans ces couches.

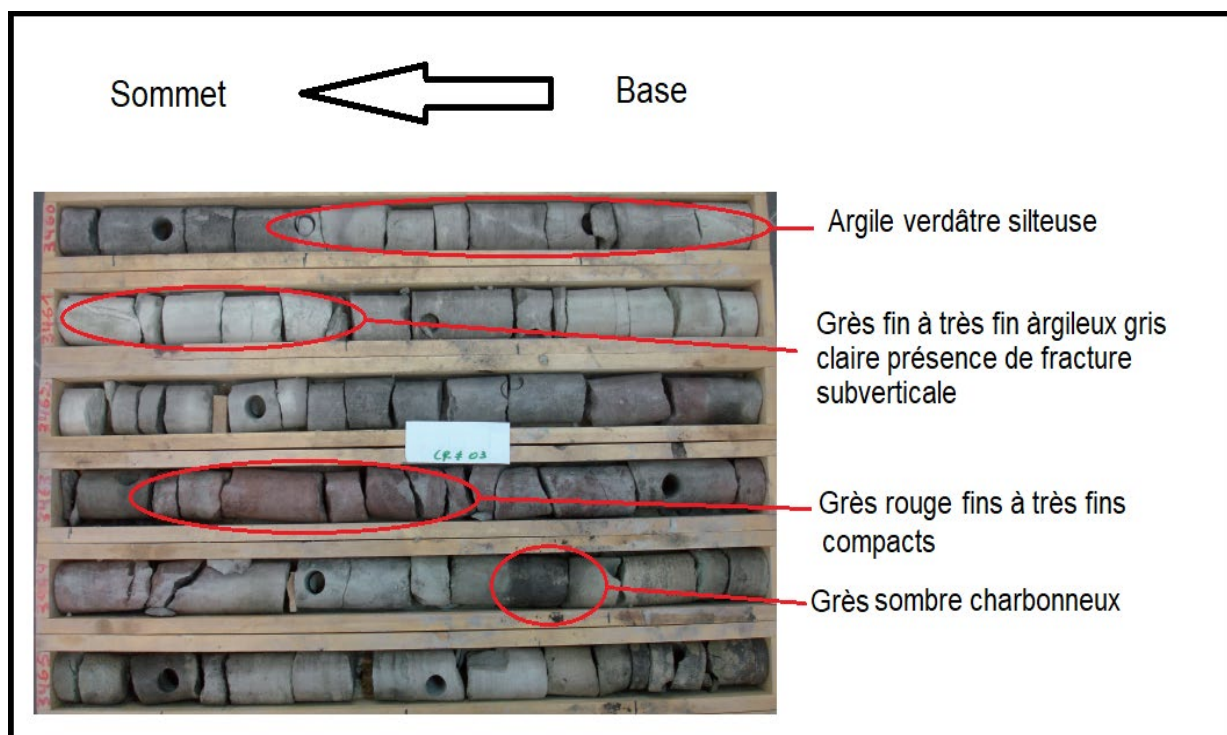


Figure 14: Photo de la carottes, montre la deuxième partie de la SI dans le puit de référence.

La dernière partie de la série inférieure dans le puits de référence, en allant de -3459 m jusqu'à -3454 m est marquée par des grès rouge et qui indiquent l'installation d'un paléosol. Des bancs de grès fin à moyen, brun à brun foncé, quartzique à la base, avec des bases érosives, à stratifications obliques et entrecroisées en auge et galets argileux verts, et des rides de courant au sommet. Une intercalation argileuse est aussi présente. Cette dernière est suivi d'un grès fin à moyen, gris verdâtre à gris foncé, argileux, avec des bases érosives, à stratifications obliques et entrecroisées en auge et rides de courant au sommet, avec des passées argilo-silteuse vertes et noires charbonneuses. La **figure 15** montre les Photos de la carotte faite dans ces dépôts.

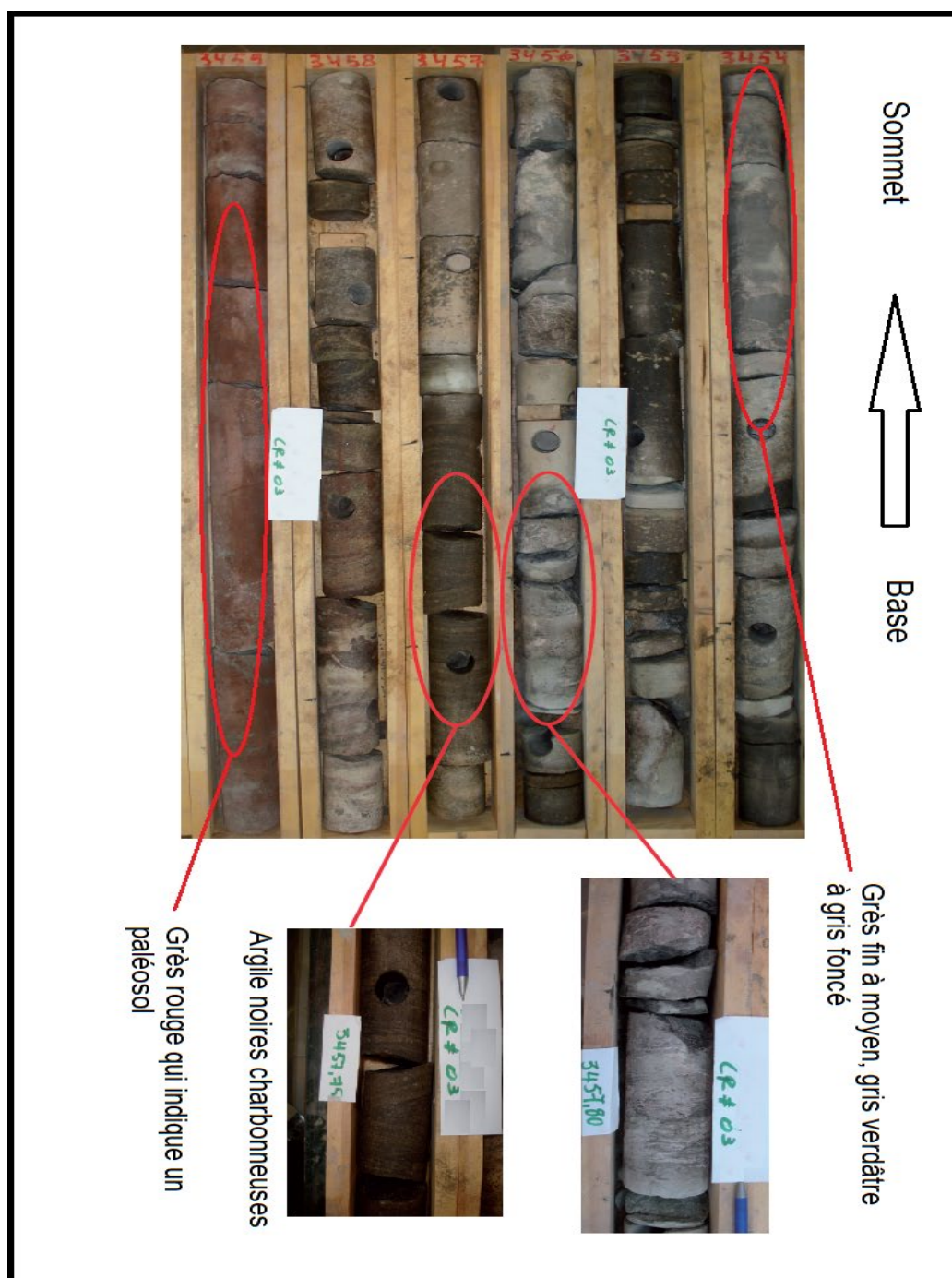


Figure 15: Photos de la carottes, montre la dernière partie de la SI dans le puit de référence.

La **figure 16** représente le log synthétique ainsi que la description de carotte, en fonction de profondeurs de tout le Trias série inférieure dans le puit de référence

Chapitre 2: Etude sédimentologique

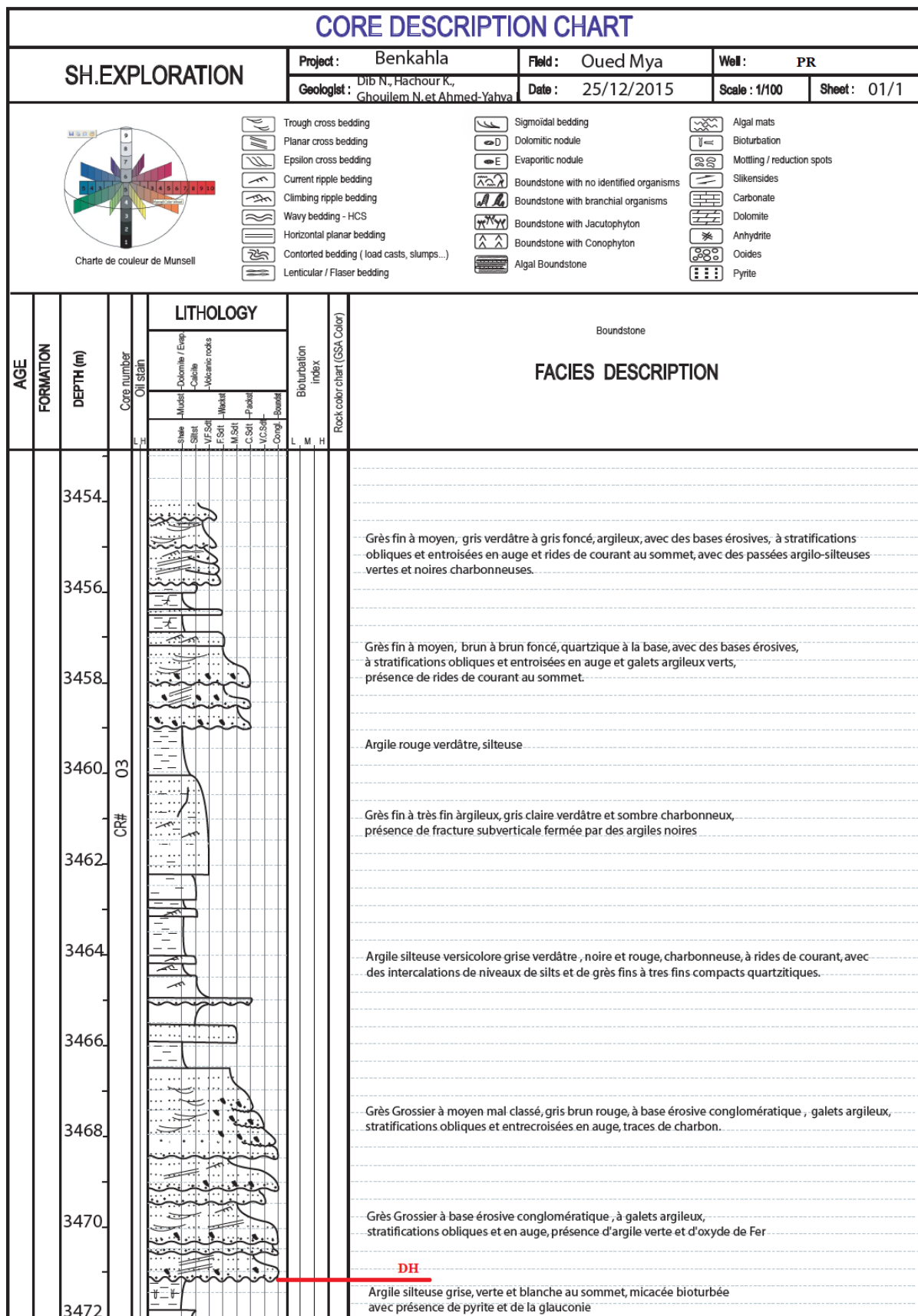


Figure 16: Représentation de log synthétique et la description de carotte, en fonction de profondeurs, du Trias série inférieure dans le puit de référence (PR)

Chapitre 2: Etude sédimentologique

2-2 le puits 2 (P2)

Base de la Série Inférieure	-3393 m
Toit de la Série Inférieure	-3388 m.
Epaisseur de la Série Inférieure	5 m
Emplacement par rapport au puits de référence	5,4 km au Sud-Sud-Est de puits de référence
Production du gaz	/
Production d'huile	/
Profondeur finale atteinte par le forage	-3945 m
Dernière formation atteinte par le forage	Argile d'El Gassi

Tableau 2: Quelques données sur le puits 2 (P2).

La discordance hercynienne

Est une surface d'érosion qui se trouve à -3393 m et qui marque le passage des argile grise du Dévonien au grès conglomératique de la base du Trias. La **figure 17** est une photo d'une partie de la carotte qui montre les derniers dépôts du Dévonien et les premiers dépôts du Trias.

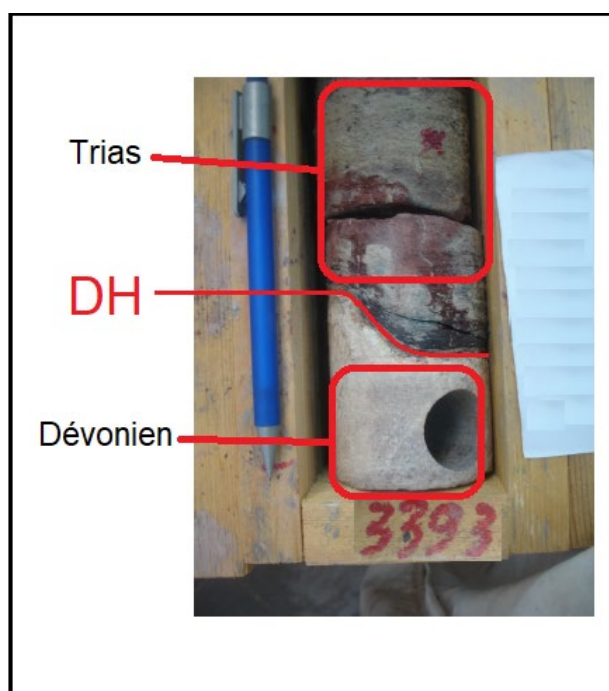


Figure 17: Photo de la carottes qui montre la discordance hercynienne dans le P2.

Chapitre 2: Etude sédimentologique

Le Trias série inférieure

La sédimentation dans le Trias débute avec des grès grossiers beige à base conglomératique érosive, mal classé, surmonté par des argiles beiges, rouges et noires à rides de courant. Cette argile est suivie par des grès grossier beige clair verdâtre, à bases conglomératiques érosives, mal classé, micacé, à stratifications obliques et entrecroisées, galets argileux verdâtres, avec une présence de charbon. Après les grès on a une couche d'argiles rouges violacées, vertes, et oxydées d'une épaisseur qui ne dépasse pas 1m. Dans les deux derniers mètres de la série inférieure dans le P2 on a des grès grossier beige clair verdâtre, à bases conglomératiques érosives, mal classé et micacé, à stratifications obliques et entrecroisées, galets argileux verdâtres avec présence de charbon. La **figure 18** montre des photos de la carotte faite dans P2.

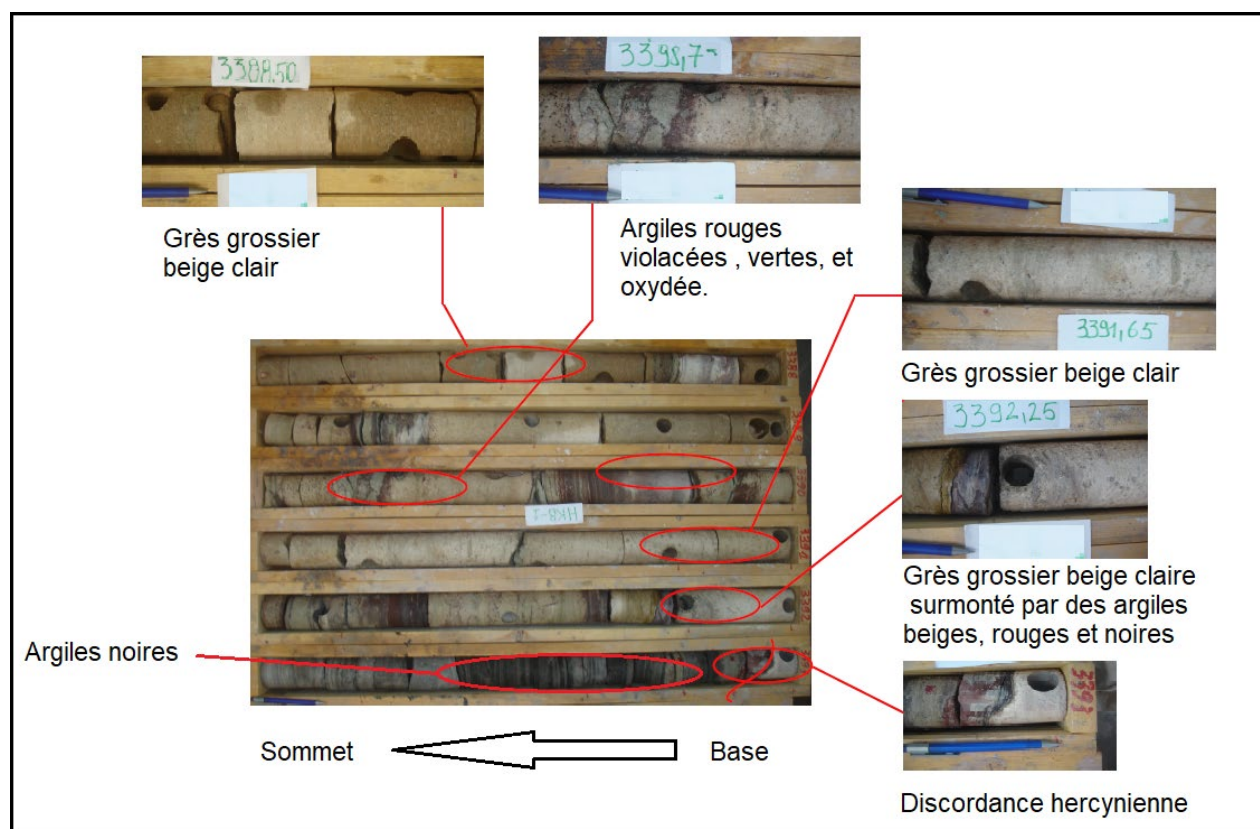


Figure 18: Des photos de la carotte faite dans la série inférieure dans le P2.

La **figure 19** représente le log synthétique ainsi que la description de carotte, en fonction de profondeurs de tout le Trias série inférieure dans le P2.

Chapitre 2: Etude sédimentologique

2-3 Le puits 4 (P4)

Base de la Série Inférieure	-3468,35m
Toit de la Série Inférieure	-3458m
épaisseur de la Série Inférieure	10,3m
emplacement par rapport au puits de référence	13,3 km au sud-est
production du gaz	/
production d'huile	/
Profondeur finale atteinte	3965 m
Dernière formation atteinte	Quartzites de Hamra

Tableau 3: Quelques données sur le puits 4 (P4).

La discordance hercynienne

Il s'agit d'une intense ferruginisation, marquée au sommet des grès rouges du Dévonien à -3468,35m. La **figure 20** montre cette discordance, les derniers dépôts de Dévonien et les premiers dépôts du Trias dans le P4.

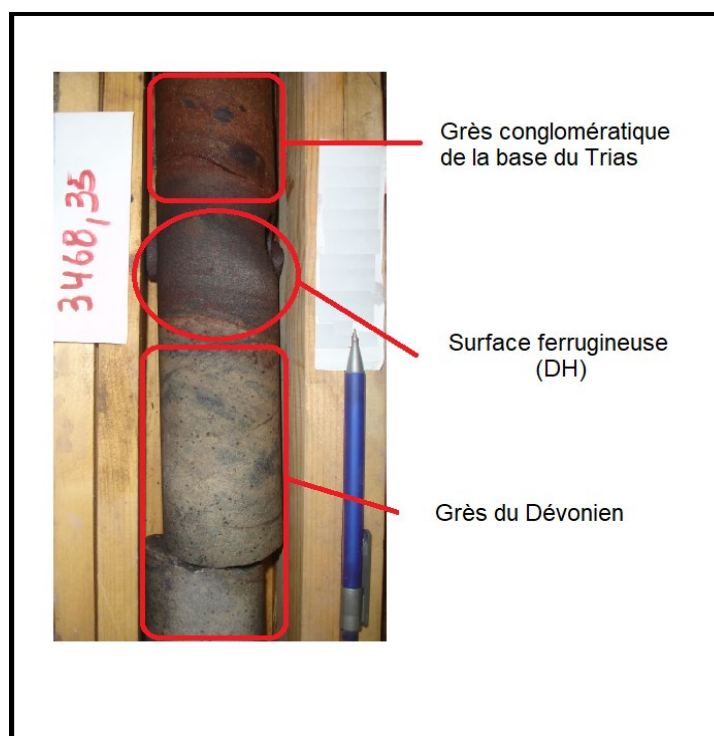


Figure 20: Photo de la carottes qui montre la discordance hercynienne dans le P4

Chapitre 2: Etude sédimentologique

Le Trias série inférieure

La sédimentation dans le trias débute avec des grès brun rouge et noir, très grossier et conglomératique, à base érosive, stratifications entrecroisées en auge, une présence de charbon et des micas est marqué. Le passage de -3467,5 m à -3466,3 m est marqué par des éléments hétérogènes, hétérométriques et anguleux. Ces grès sont surmontés par une petite intercalation argileuse verte, avant que les dépôts des grès reprennent, avec des grès brun rouge et noir, très grossier et conglomératique. Ces dépôts sont représentés par la **figure 21**.

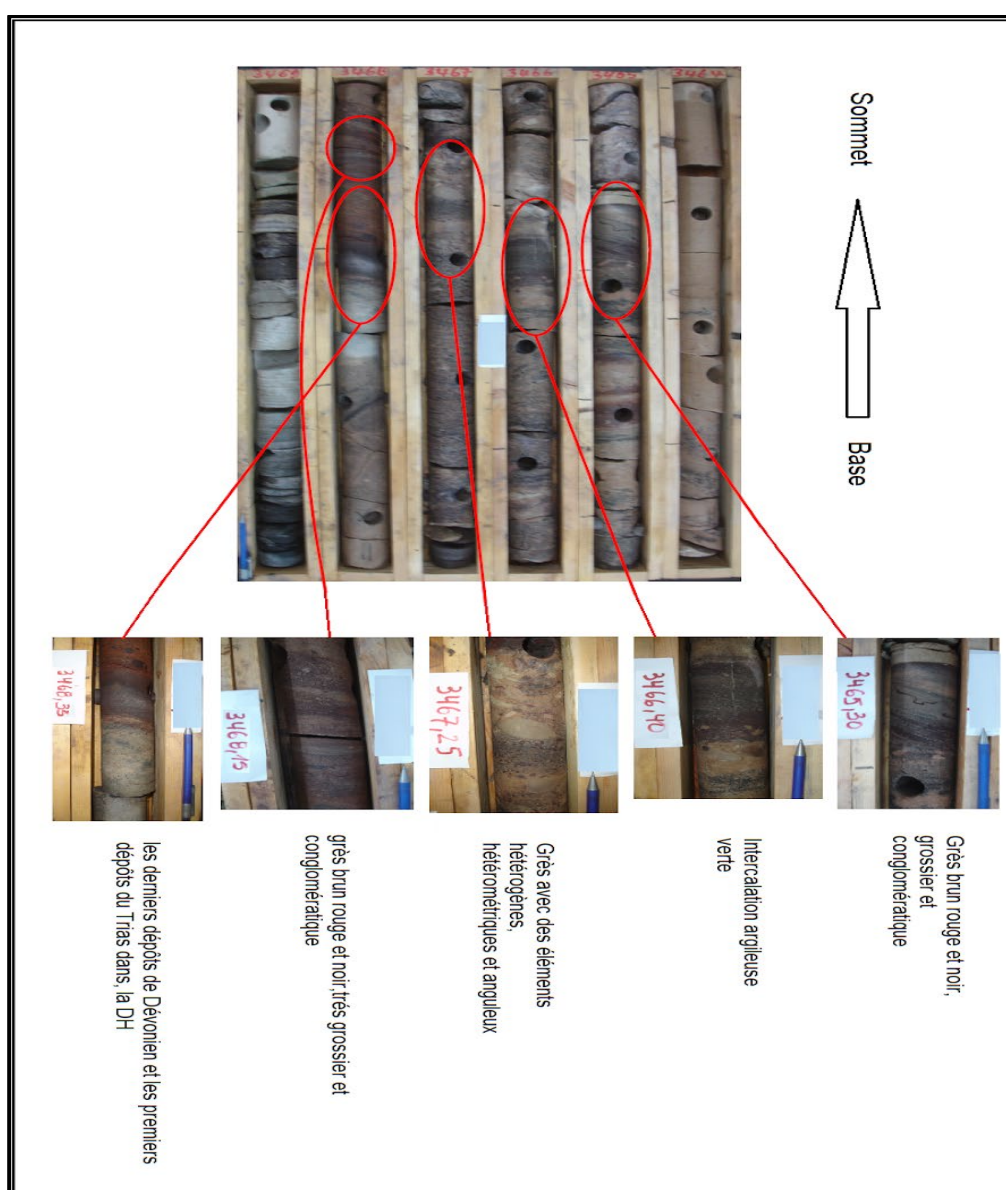


Figure 21: Photos de la carotte faite dans les dépôts de la série inférieure dans le P4 (partie 1)

Chapitre 2: Etude sédimentologique

A partir de -3464 m on a des dépôts des grès brun, beige, grossier à très grossier, à bases érosives conglomératiques, à stratifications entrecroisées en auge, des rares galets argileux, une présence du charbon et des micas avec des timide passage d'argile, jusqu'à -3460m où on trouve des argiles rouges violacé, parfois verdâtres, et argiles silteuse et silts à rides de courant. La **figure 22** montre la carotte faite dans ces dépôts.

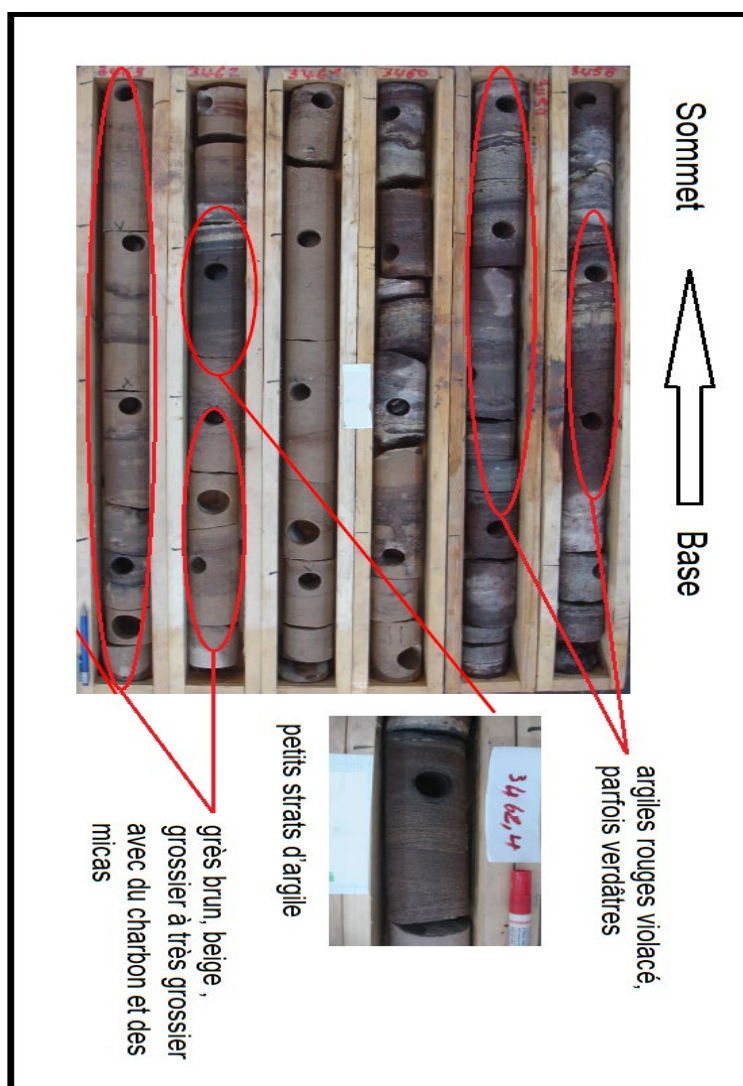


Figure 22: Photos de la carotte faite dans les dépôts de la série inférieure dans le P4 (partie 2)

Le log synthétique et la description de carottes de toute la série inférieure dans le puits (P4) sont représentés par la **figure 23**.

Chapitre 2: Etude sédimentologique

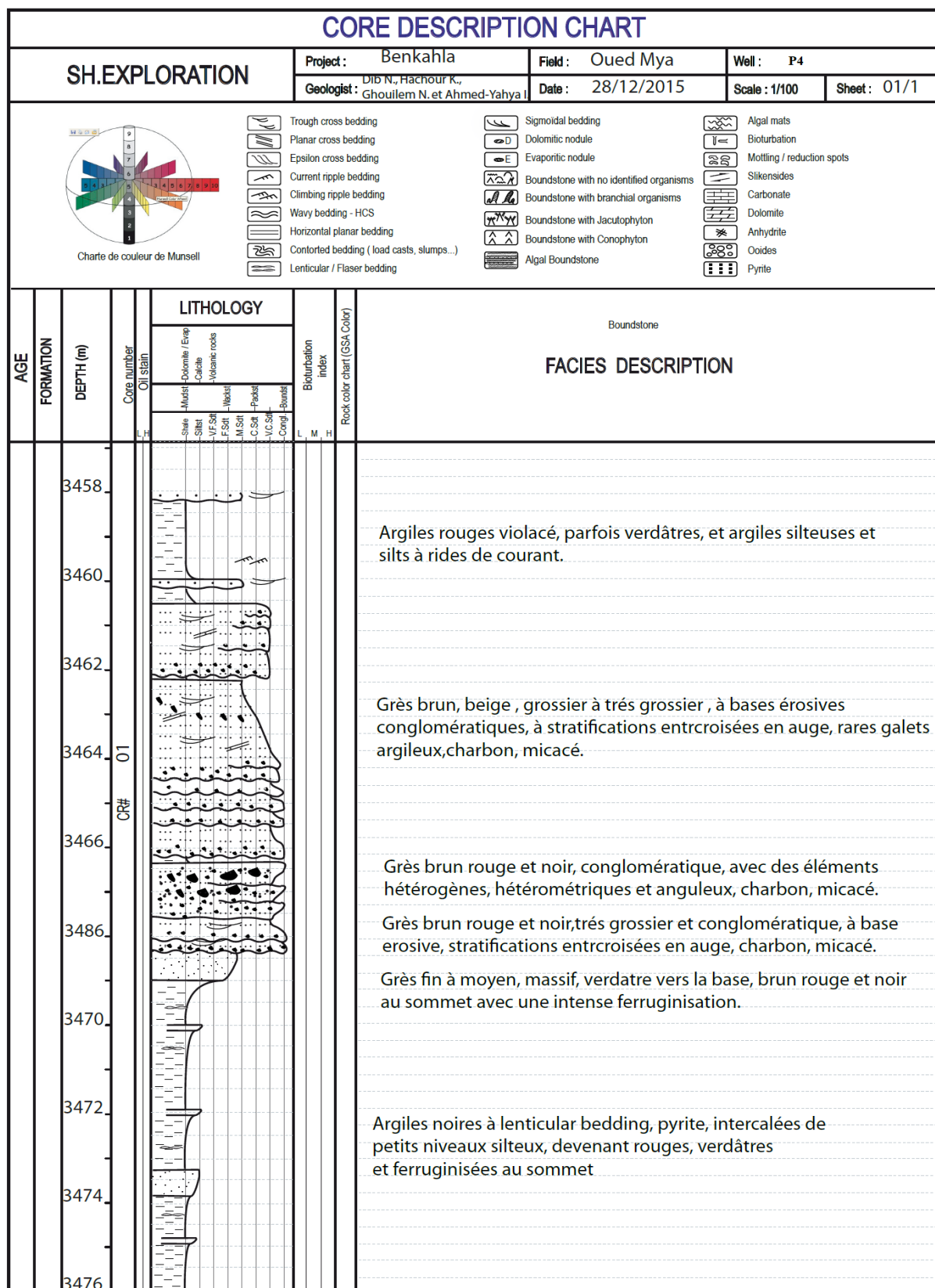


Figure 23: Représentation du log synthétique et la description de carotte, en fonction de profondeurs, du Trias série inférieur dans le puits (P4).

Chapitre 2: Etude sédimentologique

2-4 Le puits 5 (P5)

Base de la Série Inférieure	-3507,60
Toit de la Série Inférieure	-3503m
épaisseur de la Série Inférieure	4,60m
emplacement par rapport au puits de référence	13.1 km au Sud-Est
production du gaz	/
production d'huile	/
Profondeur finale atteinte par le forage	3720 m
Dernière formation atteinte par le forage	Argiles micro conglomératique

Tableau 4: Quelques données sur le puits 5 (P5).

La discordance hercynienne

C'est une surface d'érosion qui marque le passage des argile verdâtres, micacé du Dévonien, au grès grossier conglomératique, ferrugineux de la base du Trias. La **figure 24** est une photo d'une partie de la carotte qui montre les derniers dépôts du Dévonien et les premiers dépôts du Trias.

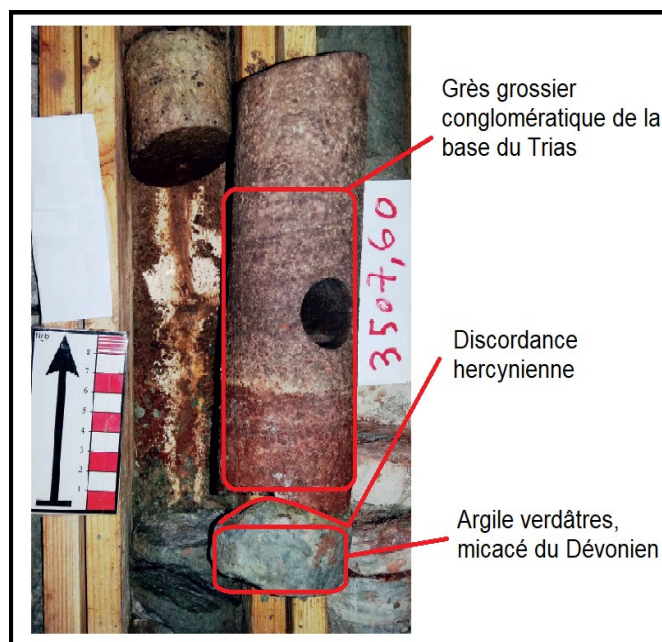


Figure 24 :Photo de la carotte qui montre la discordance hercynienne dans le puits 5 (P5).

Chapitre 2: Etude sédimentologique

Le Trias série inférieure

Les premiers dépôts du Trias sont des grès grossiers à base érosive conglomératique, ferrugineux et qui présentant des structures à stratifications obliques, surmonté par des argile verdâtre-rougeâtre, indurée, pâteuse et micacée par endroits. Suivi des grès grossiers à moyen avec une base érosive conglomératique, charbonneux, à galets argileux. Les stratifications sont horizontales et obliques au sommet. Une intercalation d'argile a -3504,5 m les sépare des grès grossiers à la base et moyen au sommet, beige, à galets argileux présentant des structures entrecroisées en auges. Les derniers dépôts de la série inférieure est une succession de conglomérats à bases érosives, séparée par une intercalation argileuse délimitant des passées de grès grossier à moyen, gris et vert et à galets argileux. La **figure 25** montre des photos de la carotte faite dans ces dépôts.

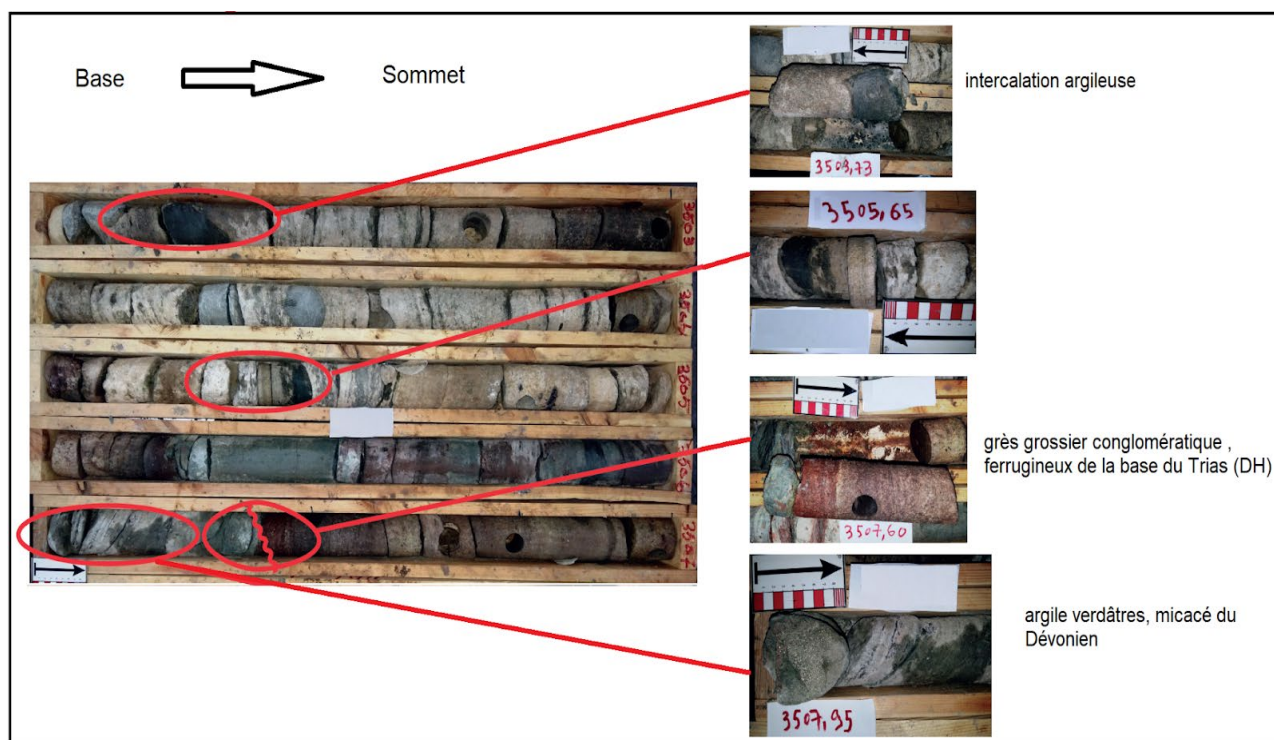


Figure 25: Des photos de la carotte faite dans la série inférieure dans le puits 5 (P5).

Le log synthétique et la description de carottes de toute la série inférieure dans le puits (P4) sont représentés par la **figure 26**.

Chapitre 2: Etude sédimentologique

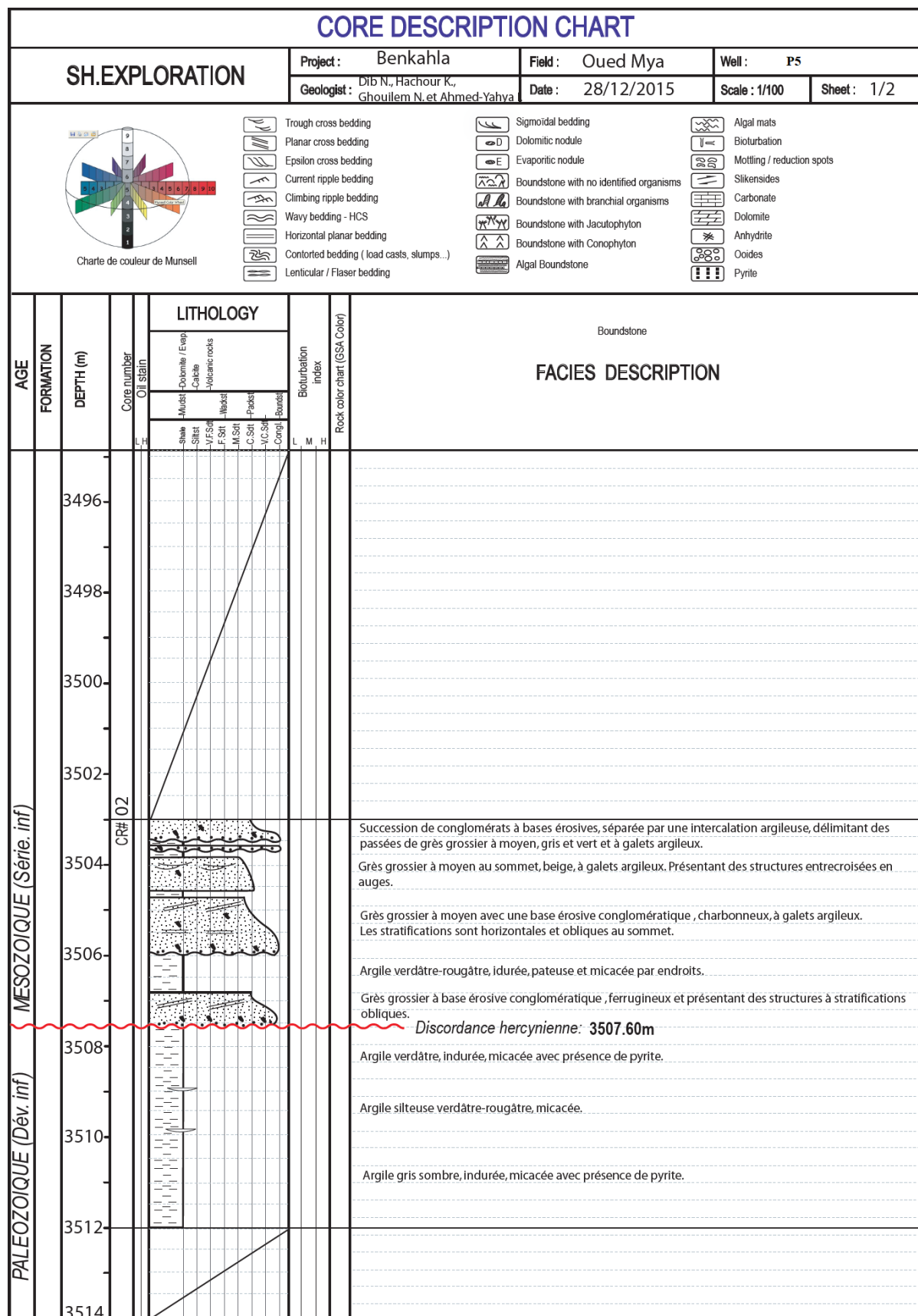


Figure 26: Représentation du log synthétique et la description de carotte, au fonction de profondeurs, du Trias série inférieure dans le puits (P5), Document SONATRACH.

Chapitre 2: Etude sédimentologique

2-5 Le puits 6(P6)

Base de la Série Inférieure	-3424,95 m
Toit de la Série Inférieure	-3417 m
Epaisseur de la Série Inférieure	7,95 m
Production du gaz	5412 m ³ /h
Production d'huile	29,6m ³ /h
Profondeur finale atteinte par le forage	-3490m
Dernière formation atteinte par le forage	Dévonien

Tableau 5: Quelques données sur le puits 6 (P6).

La discordance hercynienne

C'est une surface d'érosion au sommet des argiles grises foncées, micacées du Dévonien et à la base des conglomérats du Trias à -3424,95 m. La **figure 27** montre une photo de la carotte qui montre la discordance hercynienne.

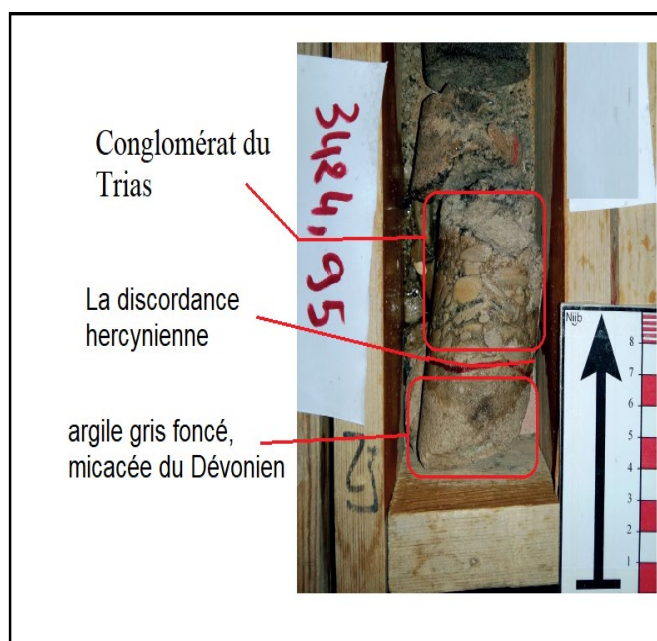


Figure 27: Photo de la carotte qui montre la discordance Hercynienne dans le puits 6 (P6).

Chapitre 2: Etude sédimentologique

Le Trias série inférieure

Les premiers dépôts du Trias est une succession de conglomérats à bases érosives, délimitant des passées décimétriques de grès moyen, compact et mal classé, micacé de couleur gris beige parfois noir présentant des structures en auges et entrecroisées et qui devenant au sommet obliques peu inclinées. Ces grès sont surmontés par une argile verte claire, un peu silteuse, suivie d'une succession de minces assises conglomératiques à bases érosives presquesimilaire au premiers banc du Trias au préalable décrit. Le sommet de la série inférieure est marqué par des dépôts d'argile brun rouge. La **figure 28** montre des photos de la carotte faite dans ces dépôts.

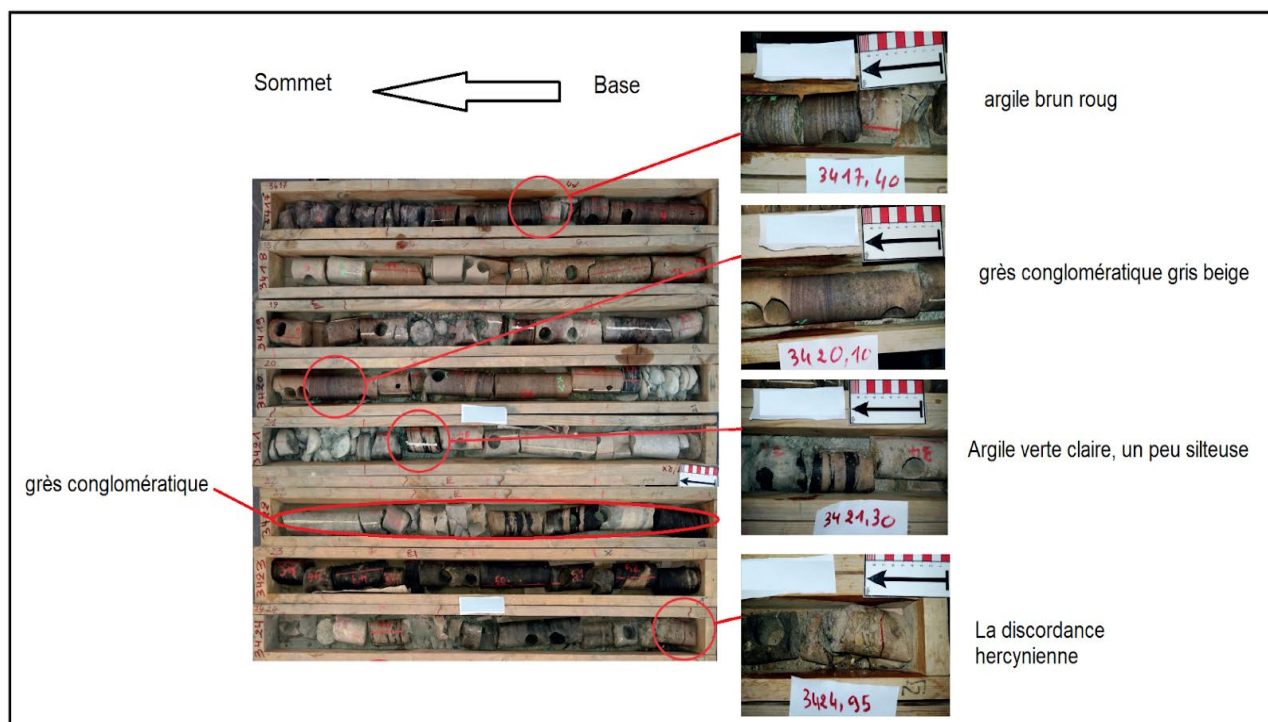


Figure 28: Des photos de la carotte faite dans la série inférieure dans le puits 6 (P6).

La **figure 29** représente le log synthétique ainsi que la description de carotte, en fonction de profondeurs de tout le Trias série inférieure dans le P6.

Chapitre 2: Etude sédimentologique

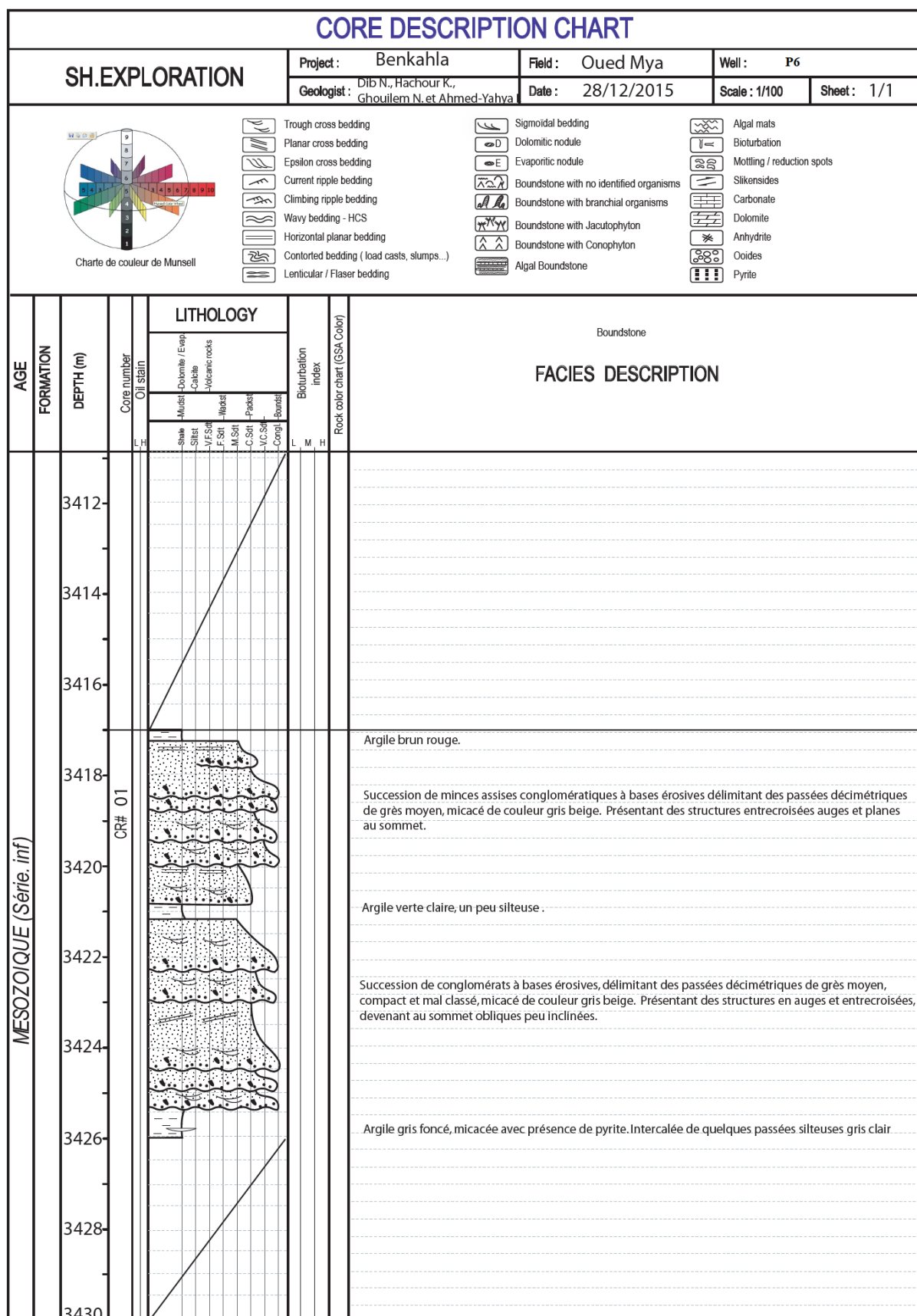


Figure 29: Représentation du log synthétique et la description de carotte, au fonction de profondeurs, du Trias série inférieure dans le puits 6 (P6), Document SONATRACH

Chapitre 2: Etude sédimentologique

3 Environnement de dépôt

A partir des résultats de l'analyse des carottes, les faciès rencontrés dans tous les puits et les figures sédimentaires qui marquent les bancs, nous avons pu identifier 3 environnements de dépôt qui ont contrôlé la sédimentation dans le Trias série inférieure, et qui sont :

- **Chenaux fluviaux en tresse : (voir carotte du puits de référence PR)**

Les faciès observés dans nos carottes sont représentés par des grès grossiers à base érosive conglomératiques à stratifications obliques en auge soulignées par des galets d'argiles ce qui consiste en un remplissage de chenaux, l'ensemble est surmonté par des bancs de grès fin à moyen, brun à brun foncé, quartzique à la base, avec des bases érosives, à stratifications obliques et entrecroisées en auge et galets argileux verts, et des rides du courant au sommet. Cette association des faciès caractérise les systèmes fluviaux en tresse.

- **Plaine d'inondation**

Les plaines d'inondation se forment lors du débordement des chenaux en période de crue par décantation des sédiments fins et argileux. Ce faciès est représenté par les argiles silteuses versicolores grise verdâtre, noire et rouge, charbonneuse, à rides de courant, avec des intercalations de niveaux de silts et de grès fins.

- **Plaine alluviale (voir carotte du puits P2)**

Les faciès observés dans nos carottes sont représentés par les grès grossiers mal classés, à galets d'argiles verts, avec des stratifications obliques et entrecroisées, ainsi que les argiles rouges violacées et oxydées, caractérisent la plaine alluviale.

- **Cônes alluviaux (voir carotte du puits P4)**

Les faciès observés dans nos carottes sont représentés par des grès fin à moyen à la base avec une intense ferruginisation, et les grès très grossiers brun rouge et noir, conglomératique, avec des éléments hétérogènes, hétérométriques et anguleux, caractérisent les cônes alluviaux.

La **figure 30** montre la distribution des environnements de dépôts dans la région d'études et l'emplacement des puits étudiés.

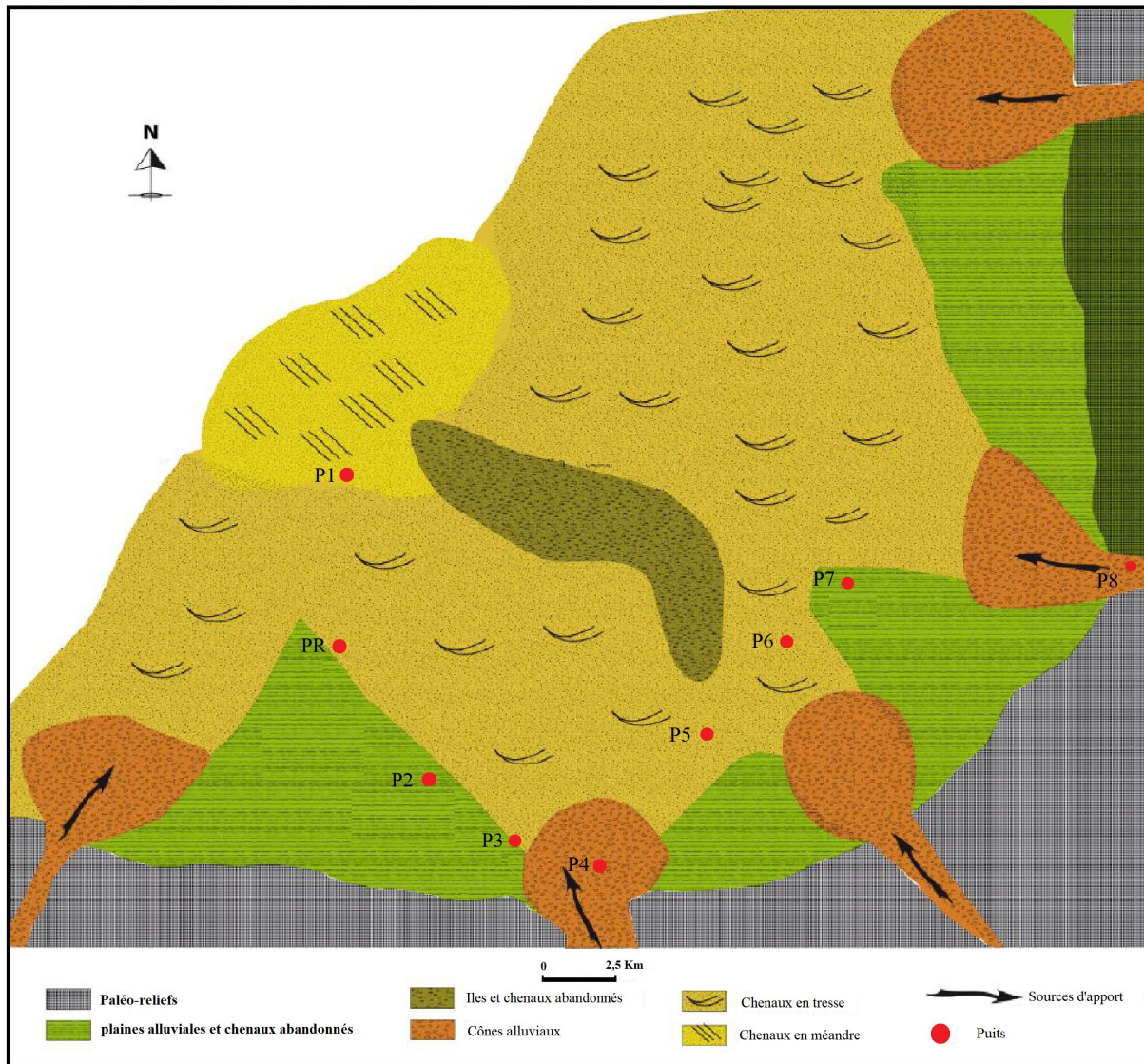


Figure 30: Carte des environnements de dépôt du Trias série inférieure

Chapitre 2: Etude sédimentologique

4 Découpage séquentiel

Le découpage séquentiel dans notre étude est fait sur les loges synthétiques, résultat de la description des carottes et le traitement des données diagraphique du Gamma Ray des puits les plus représentatifs de chaque environnement de dépôts.

4-1 puits de référence (PR)

Dans ce profil la série inférieure est subdivisée en trois membres et en 5 séquences d'ordre 2, présentant des séquences dites positives « en cloche » typique d'un environnement fluvial (réseau en tresse).

➤ 1^{er} membre :

Il est de 5 mètres d'épaisseur constitué d'une seule séquence élémentaire d'ordre 2, constitué de 3 parties gréseuses grossières à base érosive conglomératique, argileuse à traces de charbon, La partie gréseuse montre une granulométrie grossière à la base, strato-décroissantes à grains mal classés qualifiant un hydrodynamisme de haute énergie, ce qui a eu pour conséquence d'éroder, les bases des bancs de grès.

Vers la fin, la dernière séquence de ce membre, est coiffée par une strate d'argile rouge marquant une discontinuité, concrétisée par une ferruginisation signant ainsi la fin du premier membre.

➤ 2^{ème} membre : il est de 7 mètres d'épaisseur constitué de deux séquences d'ordre 2 :

- Première séquence d'ordre 2 :

Elle est de 3 mètres d'épaisseur constituée à la base par un banc de grès fin d'ordre centimétrique surmonté par des argiles silteuses versicolores grises verdâtres, noires et rouges, charbonneuses, à rides de courant.

- Deuxième séquence d'ordre 2 :

Elle est de 4 mètres d'épaisseur constituée à la base d'un banc de grès très fin sombre charbonneux et présence de fractures sub-verticales formées par les argiles noires, montrant un faciès de basse énergie, l'ensemble est bordé par des argiles rouges verdâtres silteuses.

Chapitre 2: Etude sédimentologique

➤ Troisième membre :

Il est de 5 mètre d'épaisseur, constitué de deux séquences d'ordre 2 presque identique, ces dernières sont formées de paquets de grès gris fin à moyen, avec des bases érosives, présentant des stratifications obliques et entrecroisées en auge, indiquant une énergie moyenne de régime fluvial, suite à la reprise progressive de matière détritique.

Tandis qu'au sommet, les séquences sont coiffées par une strate argilo-silteuse vertes et noires charbonneuses, les deux séquences sont séparées par une discontinuité mineure, matérialisée par une surface ferrugineuse, marquant un arrêt temporaire de la sédimentation. (Voir **figure 15**).

Vers la fin de cette analyse on constate que :

- Les séquences de 1 et 2^{ème} membres correspondent à des séquences de comblement d'un chenal.
- Les structures sédimentaires, rencontrées dans le 1 et 3^{ème} membre témoignent d'un courant unidirectionnel.
- Les séquences de 2^{ème} membre de la série correspondent à des séquences générées par le débordement du chenal.

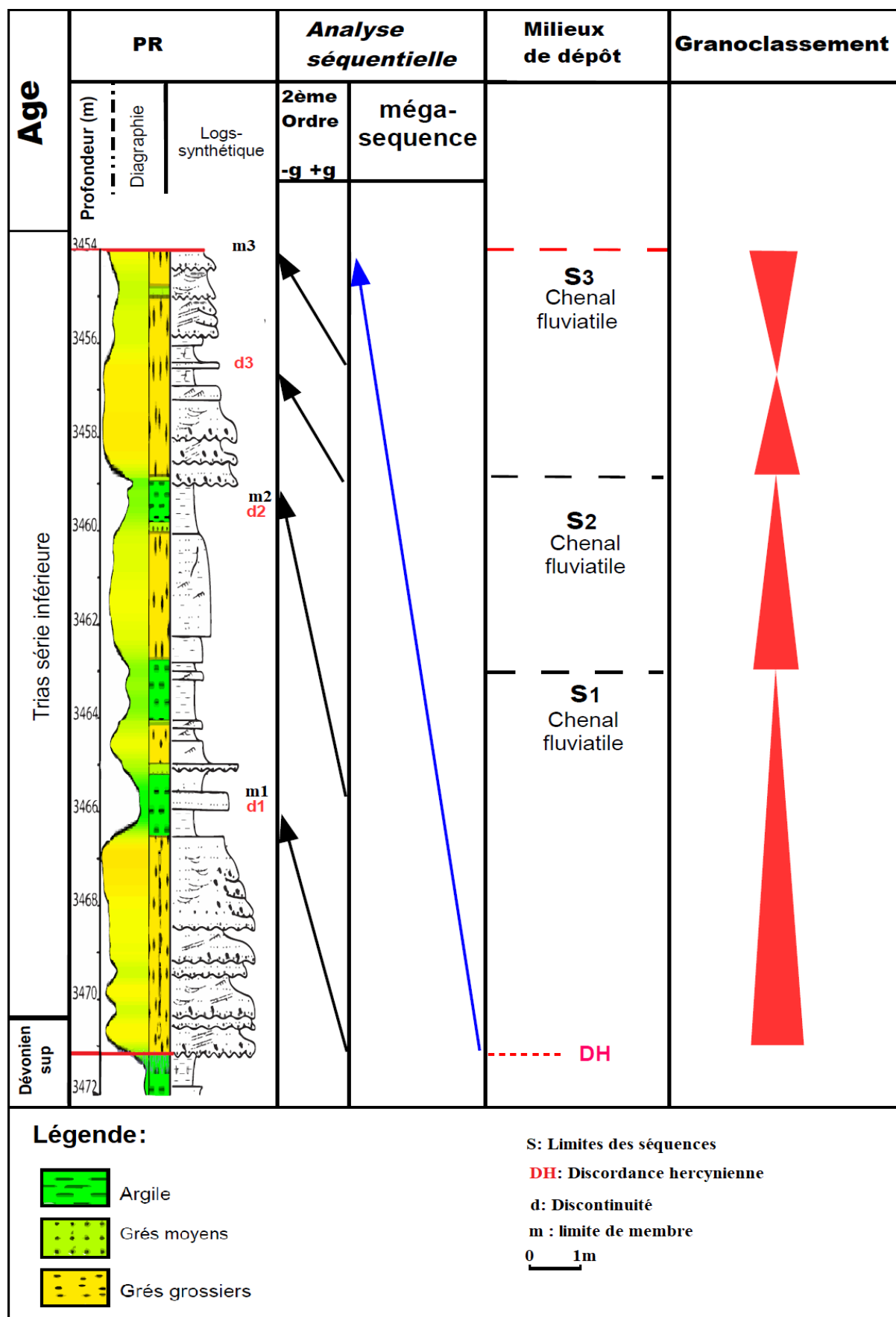


Figure 31: Découpage séquentielle du Trias série inférieure dans le puits de référence PR

Chapitre 2: Etude sédimentologique

4-2 Puits P2

Dans ce profil la série inférieure est subdivisée en deux séquences d'ordre 2, présentant des séquences dites positives « en cloche » typique d'un environnement fluviatile, ainsi qu'un arrangement des faciès d'une plaine alluviale.

➤ 1^{ère} séquence d'ordre 2 :

Elle est de 3 mètres d'épaisseur formée essentiellement à la base par des bancs de grès grossier strato-croissants, à bases conglomératiques érosives, à stratifications obliques et entrecroisées, ainsi que on note la présence du charbon, qualifiant un hydrodynamisme de haute énergie et enrichissement en matière sédimentaire vers la fin la séquence est marquée par des argiles rouges violacées et oxydées, caractéristique d'une plaine alluviale. La fin de la séquence est marquée par une discontinuité qui se matérialisant par une ferruginisation. (Voir **figure 18**)

➤ 2^{ème} séquence d'ordre 2 :

Elle est d'un mètre d'épaisseur formée essentiellement à la base par des bancs de grès grossier strato-croissants, à bases conglomératiques érosives, à stratifications obliques et entrecroisées, ainsi que on note la présence du charbon, qualifiant un milieu de dépôt de haute énergie et enrichissement en matière sédimentaire vers la fin la séquence est marquée par une diminution considérable d'argiles, d'une plaine alluviale. (Voir **figure 18**)

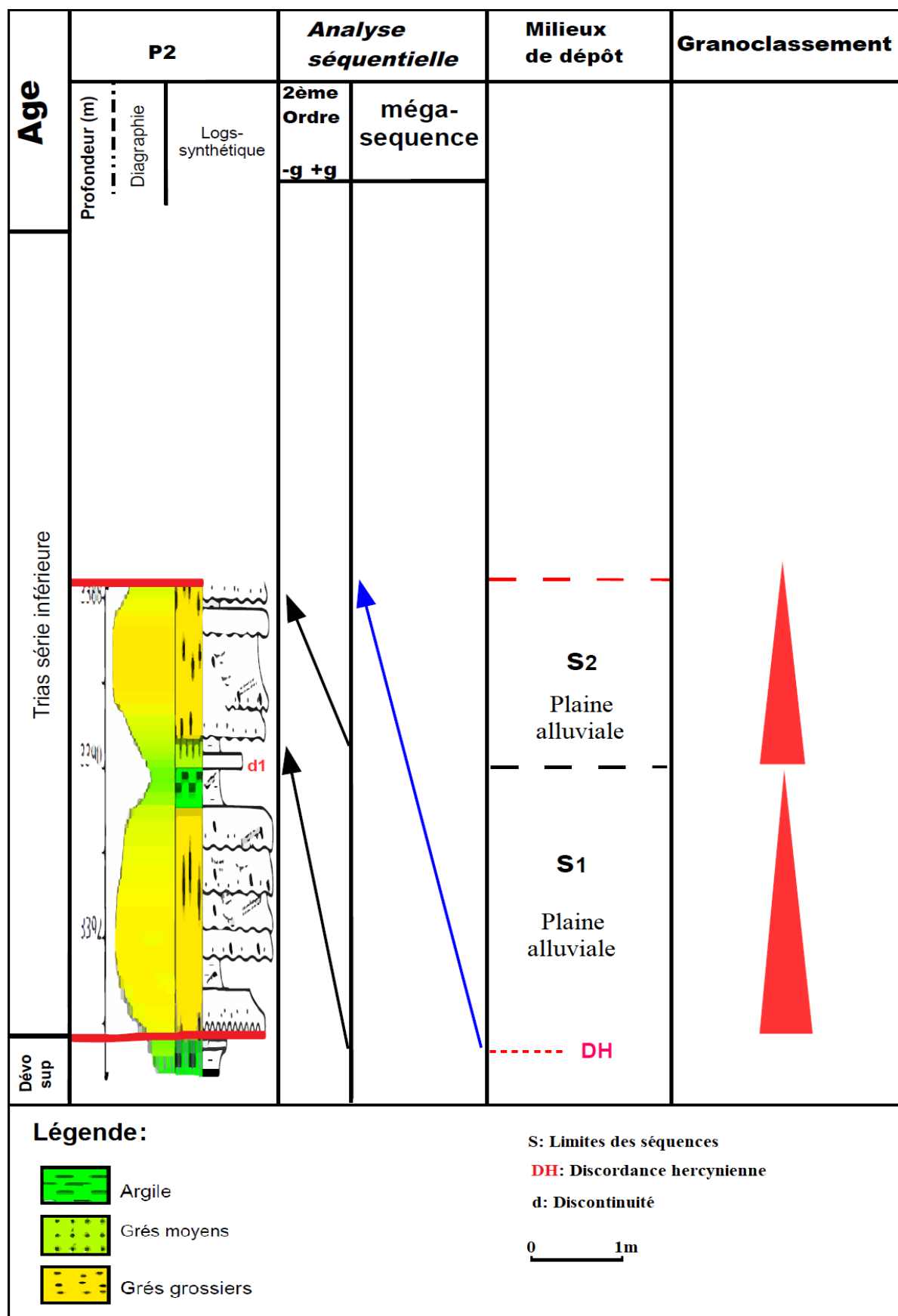


Figure 32: Découpage séquentielle du Trias série inférieure dans le puits 2 (P2)

Chapitre 2: Etude sédimentologique

4-3 Puits P4

Dans ce profil la série inférieure est subdivisée en deux membres, et en trois séquences d'ordre 2 qui, présentant des séquences dites positives « en cloche » typique d'un environnement fluvial, ainsi qu'un arrangement des faciès d'un cône d'alluvial.

- Le premier membre : il est de 5 mètres d'épaisseur constitué de deux séquences d'ordre 2 caractérisant le même environnement de dépôt.

- La première séquence d'ordre 2

Elle est d'un mètre d'épaisseur constituée essentiellement à la base par des grès brun rouge et noir, très grossier et conglomératique à éléments hétérogènes, hétérométriques et anguleux, avec des bases érosives, et des stratifications entrecroisées en auge, au sommet, la séquence est marquée par une intercalation d'argiles, témoignant d'un milieu de dépôt à forte énergie.

- La deuxième séquence d'ordre 2

Elle est d'une épaisseur de 4 mètres débutée à la base par des bancs strato-croissants Grès brun, beige, grossier à très grossier, conglomératique, à bases érosives, des stratifications entrecroisées en auge, tandis qu'au sommet, la séquence est coiffée par une strate d'argiles d'ordre centimétrique, cette association des faciès caractérise les cônes d'alluvions, la fin de la séquence est marquée d'une discontinuité, se matérialisant une surface d'érosion marquant un arrêt temporaire de sédimentation. (Voir **figure 21**)

- Le deuxième membre : constitué d'une seule séquence d'ordre d'une épaisseur de 4 mètres avec une association des faciès caractérisant un cône alluvial lors d'une forte crue.

- La séquence d'ordre 2 :

Elle est d'une épaisseur de 4 mètres débutée à la base par des bancs grès brun, beige, grossier à très grossier, conglomératique, à bases érosives, des stratifications entrecroisées en auge, tandis qu'au sommet, la séquence est coiffée par une strate d'argiles rouges violacées, parfois silteuse, strato-croissante, témoignant d'un milieu de dépôt d'une énergie moyenne, à faible. (Voir **figure 22**)

- **Conclusion pour l'analyse séquentielle :**

La série inférieure dans tous les environnements présente des séquences de comblement avec une évolution régressive. Toutefois on marque des séquences générées par les périodes de forte crue, d'une manière générale on ne note pas de changement transitionnel des environnements, mais de simples variations mineures à l'intérieur des mêmes environnements, avec l'influence des phénomènes allocycliques (le climat).

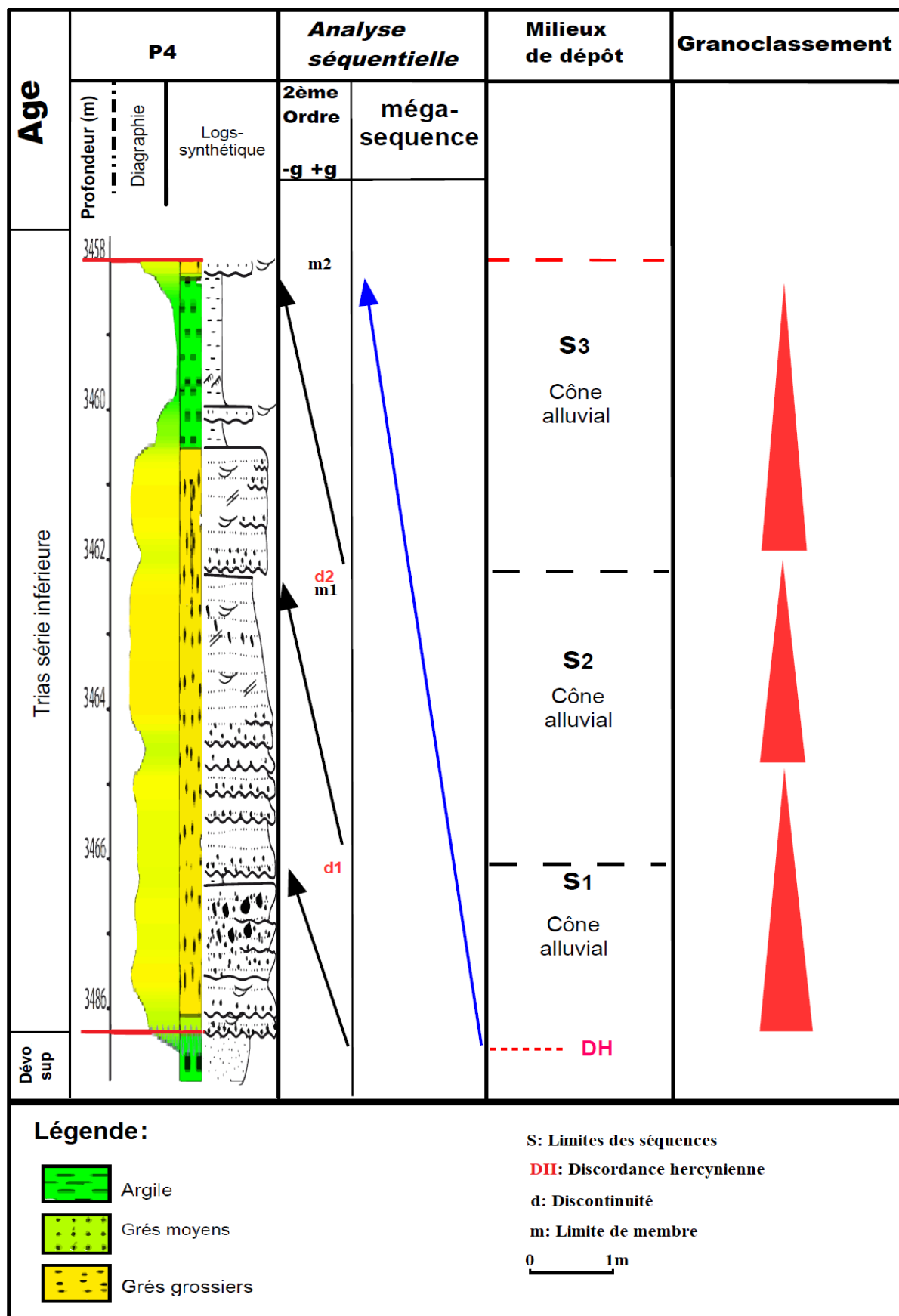


Figure 33: Découpage séquentielle du Trias série inférieure dans le puits 4 (P4)

5 Le modèle paléogéographique

Le dépôt de la série inférieure dans la région de Benkahla suit la sédimentation globale dans le bassin qui est considéré par **AIT-SALEM H (1990)** comme étant une série de comblement d'une large paléovallée (comblement de la topographie héritée de la phase hercynienne). La sédimentation s'est poursuivie jusqu'à ce que le sommet du remblaiement ait le même niveau que celui d'érosion (môle de Hassi-Messaoud) ce qui a eu pour conséquence de créer une topographie pénéplanée, presque horizontale.

Le Trias série inférieure dans notre région d'étude porte l'empreinte des dépôts continentaux. En effet, le milieu de dépôt est exclusivement fluvial en tresse dans la grande partie de la série. Toutefois, d'autres dépôts d'une plaine alluviale et ceux des cônes alluviaux ont été rencontrés. La présence des passages d'argiles vertes qui se trouvent au sein des séquences serait lié au débordement des chenaux lors des périodes de forte crue.

La **figure 34** est une carte de paléogéographie au cours du dépôt de la série inférieure - Zonologie séquentielle - réalisée dans le cadre de l'étude du Trias détritique de bassin d'Oued Mya faite par **AIT-SALEM H (1990)**; dans laquelle on peut voir que la région de Benkahla se trouve dans la zone de dépôt fluvial en tresse, et que les apports sédimentaires proviennent de l'érosion de môle de Hassi-Messaoud.

Chapitre 2: Etude sédimentologique

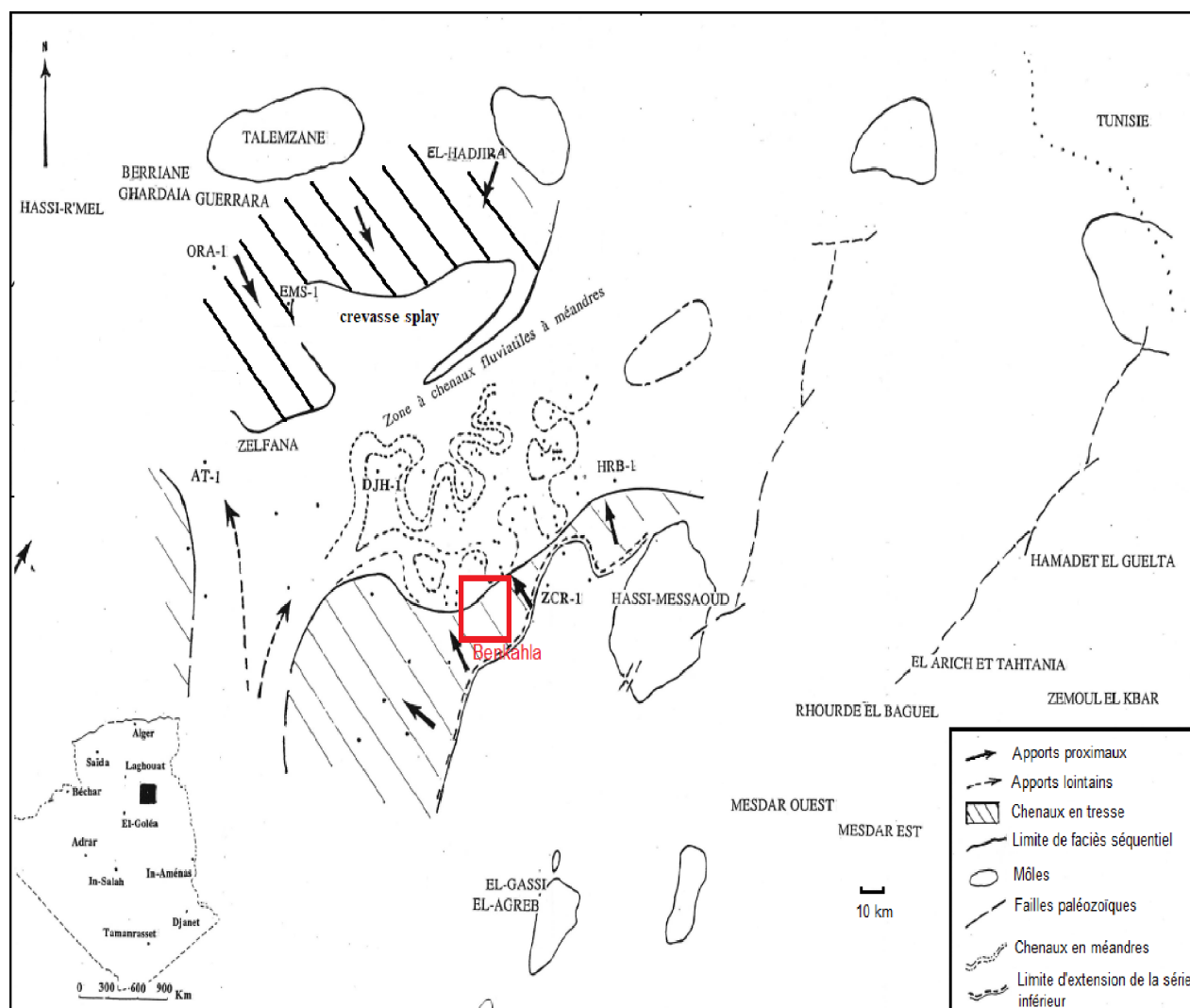


Figure 34: Paléogéographie au cours du dépôt de la série inférieure - Zonéologie séquentielle - (AIT-SALEM H 1990)

6 Corrélation entre les puits

Pour réaliser une représentation schématique du modèle de dépôts qui caractérise la sédimentation dans la région d'étude au cours du Trias série inférieure, une étude d'étendue et d'évolution latérale de cette formation est nécessaire. Pour ce faire, nous avons fait deux coupes de corrélation diagraphique en utilisant le logiciel 'pétrel'. Ces coupes ont été faites entre 9 puits éparpillés dans la région d'étude et elles suivent les directions suivantes:

- SE-NW qui passe par le puits de référence PR et les puits P1-P2-P3-P4 qu'on nomme (coupe 1)
- NE-SW qui passe par les puits P4-P5-P6-P7-P8 (coupe 2).

La **figure 35** montre l'amas de puits dans la région de Benkahla et les deux lignes de coupe.

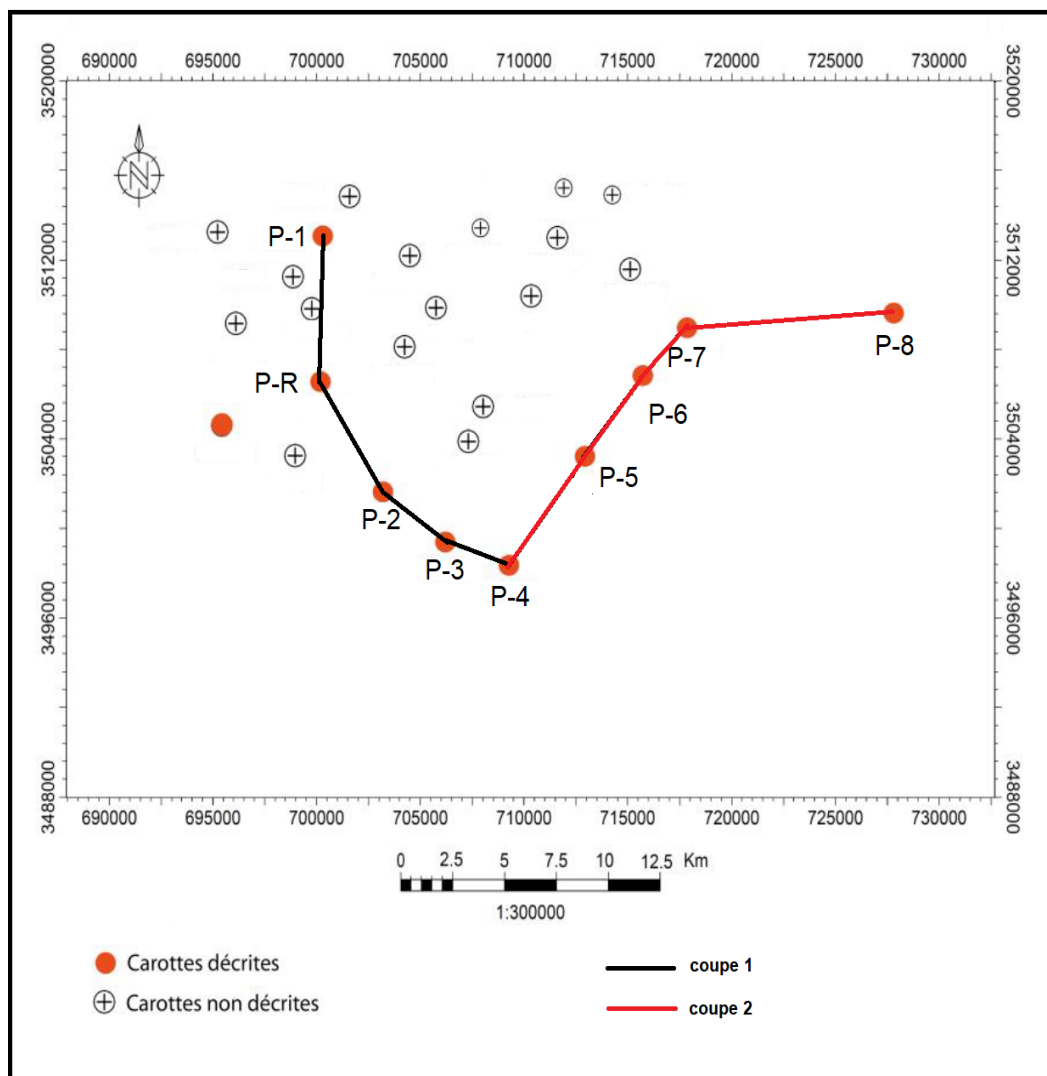


Figure 35: Carte d'emplacement des puits dans la région de Benkahla et les lignes des coupes réalisées.

Chapitre 2: Etude sédimentologique

6-1 Profil de corrélation des résultats diagraphiques de direction SE-NW (Coupe 1)

Le premier profil traverse Cinque puits dont le puits de référence les puits P1-P2-P3-P4. L'orientation de la coupe est SE-NW. L'analyse de ce profil de corrélation révèle l'existence de trois grandes séquences d'environnements et que l'évolution des sédiments est à dominances gréseuse, à passées d'argiles et de silts.

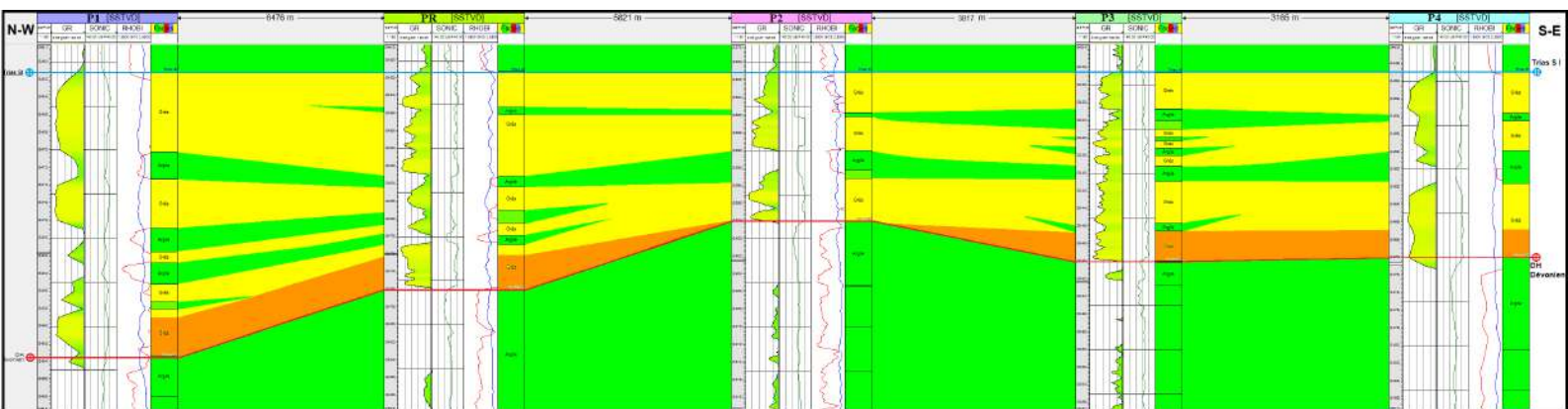
La base de la série inférieure dans la partie NW est caractérisé par des grès grossier conglomératique qui indiquent un milieu de dépôt fluviatile à haut régime. Cette sédimentation se poursuit sur 11739m en allant de P1 au P2. Ces dépôts reprenant à partir de P2 jusqu'à la limite de la coupe dans le côté SE sur une distance d'environ 7 km. Nous avons associé cette interruption des conglomérats au niveau de P2 à la topographie de la DH qui a hérité à cette zone une altitude haute, cette dernière a affecté tout le paléozoïque supérieure, l'érosion c'est poursuivi jusqu'au dévonien inférieure.

Les conglomérats sont surmontés par des grès moyen avec des intercalations des passages d'argile dans le NW. Cette séquence est dans le puits (P1) plus épaisse, 20m environ. Une fois le sommet de remblaiement ait le même niveau, on marque une strate isochrone¹ d'argile d'une large étendue, qui s'étale sur toute la coupe environ 20km, d'une épaisseur d'ordre métrique.

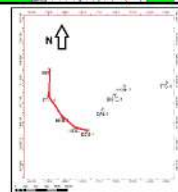
Après un autre passage des grès fin, une autre couche d'argile d'une épaisseur moins importante que la précédente, s'étend entre les sondage PR et P5. Cette dernière est suivie d'un grès fin à moyen, argileux, avec des bases érosives, des stratifications obliques et entrecroisées en auge, qui marquent le sommet de tout le Trias série inférieure dans cette coupe.

A noter que le Trias série inférieure est intercalé entre deux formations argileuses. Les argiles du Dévonien à la base et les argiles de la série intermédiaire au sommet, donnant ainsi la structure idéale d'un système pétrolier pour cette série.

¹ Strates isochrone : Elle correspond à un dépôt à faciès uniforme sur une grande distance à l'échelle d'un bassin.



- Grès
- Argile
- Grès conglomératique
- Base de la série inférieure DH
- Toit de la série inférieure



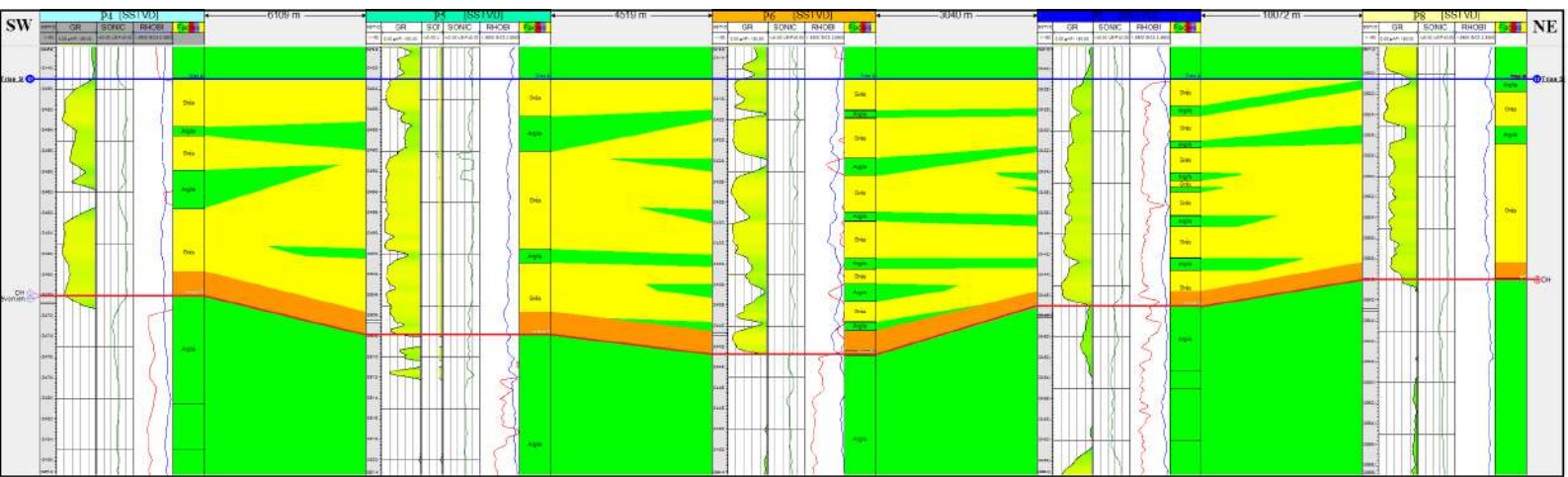
6-2 Profil de corrélation des résultats diagraphiques de direction NE-SW (Coupe 2)

Le deuxième profil traverse Cinq puits (P4-P5-P6-P7-P8); seul le puits P6 est productif, dans les autres le Trias série inférieure est sec ou compact. L'orientation de la coupe est NE-SW. L'analyse de ce profil de corrélation révèle l'existence de trois grandes séquences d'environnements et que l'évolution des sédiments est à dominances gréseuse, à passées d'argiles et de silts. La DH a beaucoup affecté Paléozoïque supérieur dans cette région, à l'exemple de P8, où le niveau d'érosion a atteint le Silurien.

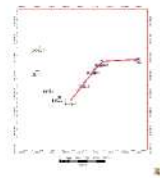
Ce qui est remarquable dans le cas de cette seconde coupe, est l'existence d'un nombre supérieur d'intercalation argileuses dans les dépôts des grès en apparence (on compte 7 intercalation dans le puit P6 et 5 intercalation dans le puits P7). Les grès à éléments grossiers conglomératique de la base du Trias série inférieure s'étend sur la totalité de la coupe d'une épaisseur de 2m environ.

Les conglomérats sont surmontés par des grès moyen avec des intercalations des passages d'argile. Cette séquence est dans le puits (P6) plus épaisse, 22m environ. Une fois le sommet de remblaiement ait le même niveau, on marque une strate d'argile d'une large étendue, qui s'étende sur toute la coupe environ 25km, d'une épaisseur d'ordre métrique, tout fois cette dernière est plus épaisse dans le SW de la coupe. Cette dernière est surmonté par des grès fin à moyen, argileux, avec des bases érosives avec des stratifications obliques et entrecroisées en auge, qui marquent le sommet du Trias série inférieure dans cette coupe.

Comme dans la précédente coupe, on remarque que le Trias série inférieure s'intercale entre deux formation argileuse. Les argiles de Dévonien et ceux de Silurien au niveau de puits P8 à la base, au sommet les argiles de la série intermédiaire. Ce qui donne la structure idéale d'un système pétrolier pour la série inférieure dans tout le secteur d'étude.



- Grès
- Argile
- Grès conglomératique
- Base de la série inférieure DH
- Toit de la série inférieure



Chapitre 2: Etude sédimentologique

Conclusion

Après l'étude sédimentologique de quelques puits dans le champ de Benkahla, situé dans le bassin d'Oued Mya, on a pu déduire que :

- Le faciès change d'une manière cyclique, des grès grossiers voir conglomératiques à la base de la série à des grès fins au sommet, séparé par des strates d'argile, qui définissent exclusivement des séquences d'environnement fluviatile. Des traces de matière organique sont aussi massivement aperçues.
- Le milieu de dépôt qui caractérise la série étudiée est exclusivement fluviatile en tresse marqué par des stratifications entrecroisées en auge, avec des sous-environnements associer.

Toutefois, d'autres dépôts d'une plaine alluviale et ceux des cônes alluviaux ont été rencontré (HKB-1 ESM-1).

- Le découpage séquentiel a révélé des séquences de comblement avec un comportement cyclique, les discontinuités qui séparent ces séquences se matérialisent avec des surfaces d'érosions et d'autres ferrugineuses.
- Le résultat de l'interprétation de profil de corrélation coupe 1 (de direction NW-SE), nous a montré un volume important des grès au NW de la région, qui diminue progressivement en allant vers le SE tout fois les bancs des grès affichent des intercalations argileuses. Dans le second profil –coupe 2- (de direction NE-SW), on a noté l'existence d'un nombre supérieur d'intercalations argileuses dans les dépôts des grès, ce qui a réduit de leurs épaisseurs.
- Le Trias série inférieure est stable sur le plan tectonique. On voit donc que le climat est dans le cas de la série inférieure, le principal agent qui contrôle la sédimentation, il s'agit d'un climat à saisons alternées, de type semi-aride à longues saisons sèches (G. TRUC et al., 1989).

Les environnements de dépôts, la position des sondages et les sources du matériel détritiques sont illustré dans le bloc-diagramme du modèle de dépôts de la série inférieure **figure 36**.

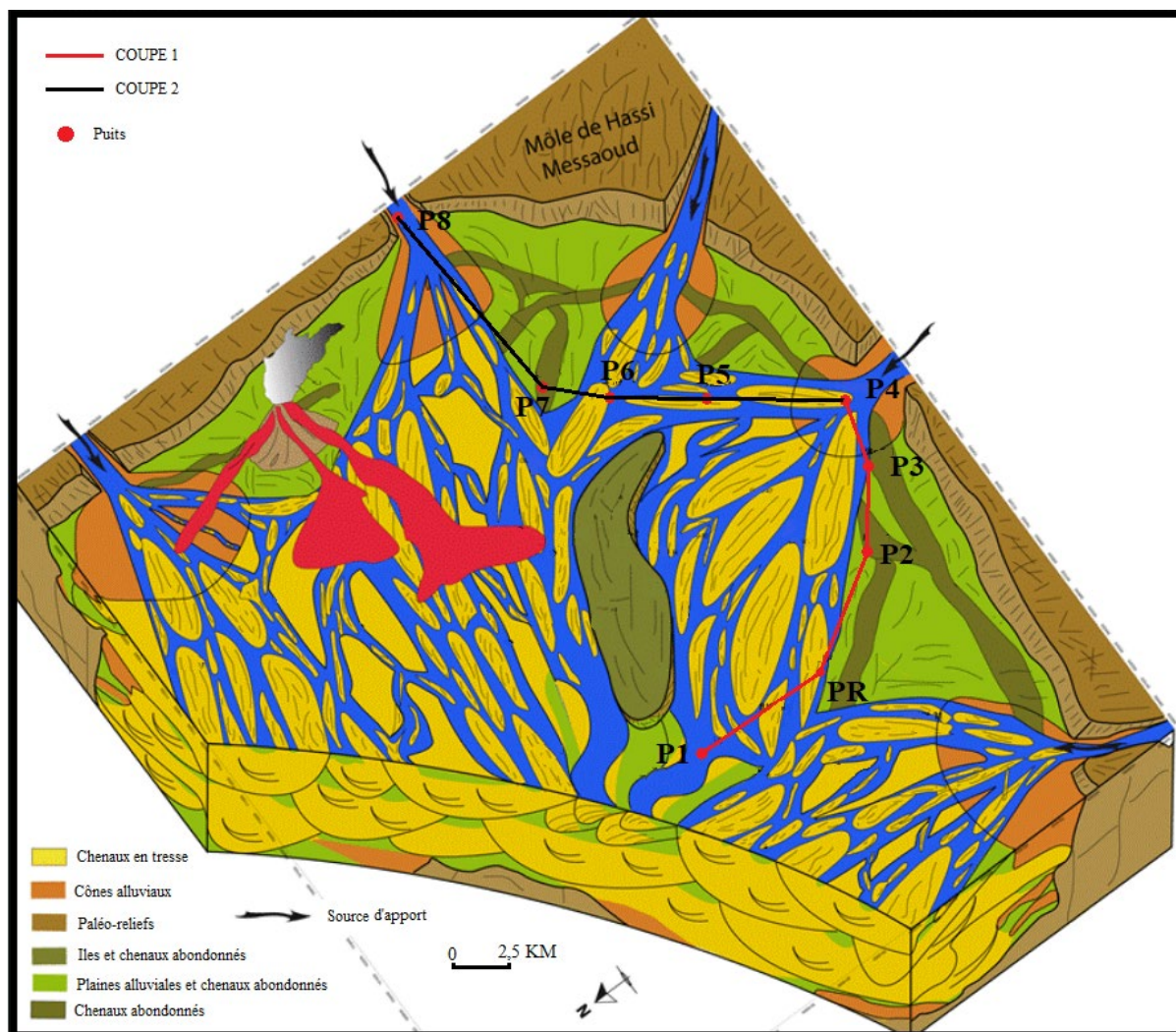


Figure 36: Bloc-diagramme du modèle de dépôts de la série inférieure dans la région de Benkahla

Chapitre N°3:

Etude pétrophysique

Introduction

L'environnement fluviatile constitue un milieu extrêmement favorable à la constitution de réservoir sableux, ce qui coïncide avec les dépôts du Trias série inférieure dans notre région d'étude. Donc l'étude de la qualité de ce réservoir implique une étude pétrophysique. En effet, pour comprendre et prévoir les qualités de la production d'un réservoir, il est primordial de connaître les propriétés pétro physique (porosité, perméabilité, saturation, densité) des Réservoirs à hydrocarbures.

La porosité et la perméabilité sont deux paramètres fondamentaux qui caractérisent un réservoir pétrolier, dépendent essentiellement des milieux de dépôt, la nature des sédiments et la diagénèse. Pour mieux caractériser le secteur d'étude, on se basant sur les données pétrophysiques de porosité et perméabilité, on a pu réaliser :

- Des courbes d'évolutions verticales de porosité et de perméabilité, c'est ainsi que nous avons étudié la variation des deux paramètres en fonction de profondeur dans chaque puit.
- Des cartes en iso-porosité et d'iso-perméabilité pour évoluer la variation latérale de ces deux paramètres, pour déterminer les zones les plus favorable pour l'exploitation, et enfin évaluer l'intérêt pétrolier de la région d'étude.

1 Généralités sur les diagraphies

Les diagraphies sont devenues des moyens indispensables pour l'exploration et l'exploitation des gisements. (Les premières ont été enregistrées en 1927 par les frères Schlumberger).

1-1 Définition des diagraphies

On appelle diagraphie tout enregistrement continu en fonction de la profondeur des variations d'une caractéristique donnée des formations traversées par un sondage.

L'enregistrement se fait depuis la surface grâce à une sonde descendue au bout d'un câble muni de conducteurs électriques. Actuellement, il existe environ 35 enregistrements différents sans compter les opérations auxiliaires faites à bout de câble comme :

- ✓ Le carottage latéral
- ✓ Les tests de formation
- ✓ Les perforations

1-2 Types de diagraphies:

On étudie les principes d'application et d'interprétation des diagraphies suivantes:

- Les diagraphies électriques:

- La polarisation spontanée.
- Les diagraphies classiques de résistivité.
- L'induction.

- Les diagraphies focalisées:

- Le latérolog
- Le dual latérolog

- Les micro-diagraphies focalisées:

- Le microlog et le microlatérolog
- Le proximity log et Le micro SFL

- Les diagraphies nucléaires:

- La diagraphie du rayon gamma naturel.
- La diagraphie gamma gamma.
- La diagraphie des neutrons.

- Les diagraphies acoustiques: Sonic ; CBL; VDL;

- Les diagraphies diverses: Le caliper ; Le carottage latéral

1-3 Champs d'applications des diagraphies:

L'étude des diagraphies nous permet d'agir dans les différentes étapes de l'exploration et de l'exploitation des gisements pétroliers

- La reconstitution précise de la lithologie des différentes formations traversées.
- La localisation des roches réservoirs.
- Le type de roches réservoirs
- L'approche des problèmes stratigraphiques et sédimentologiques.
- L'évaluation des caractéristiques pétro-physiques : La porosité, La perméabilité, Les saturations.

2Notions de base sur la pétrophysique

2-1Notion de porosité (Φ)

La porosité (Φ) est la fraction du volume de la formation qui n'est pas occupée par les solides. Il s'agit d'une grandeur sans unité, représentée souvent en %. Dans l'interprétation de la diagraphie, deux définitions différentes de la porosité sont utilisées :

- Porosité totale (Φ_t) : Il s'agit de la somme de la porosité primaire (Inter granulaire, inter cristalline) et secondaire (dissolution, fissures, fractures).

A noter :

$$\Phi = V_p / V_t$$

- V_p : volume des espaces occupé par des fluides (eau-gaz- huile)

- V_t : volume total de la roche

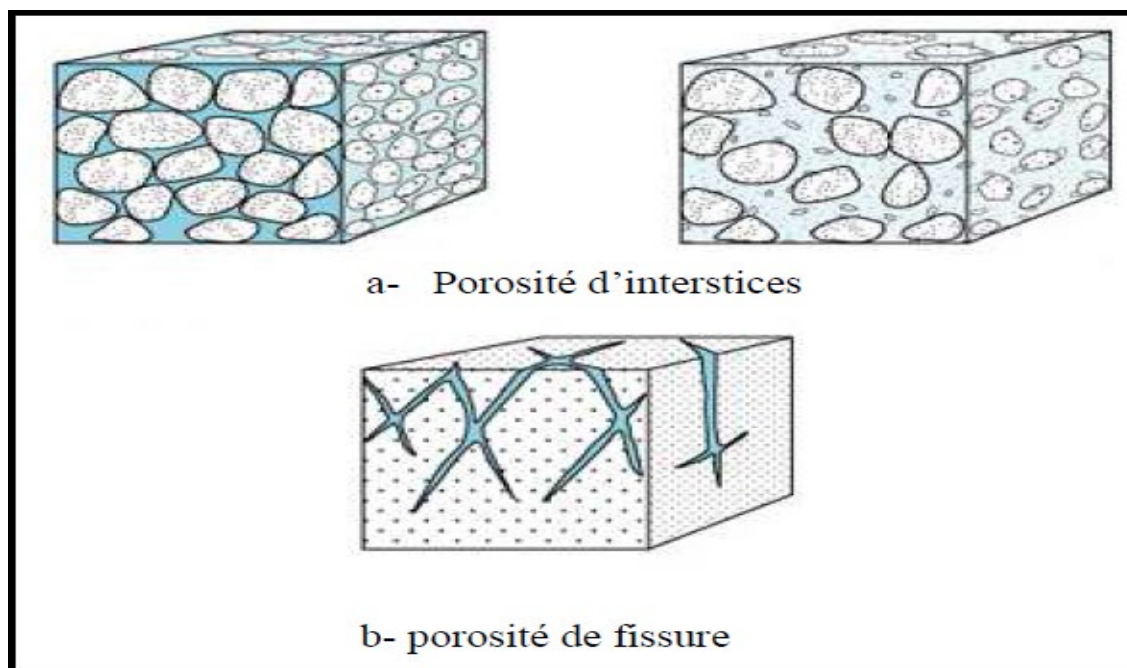


Figure 37: Les types de la porosité des roches (in Anonyme 2, 2011)

- Porosité connectée ($\Phi_{connect}$): c'est le volume total des vides reliés entre eux. Cette porosité peut être inférieure à la porosité totale si les pores ne sont pas connectés (SERRA, 1979).

Chapitre N°3: Etude pétrophysique

- Porosité potentielle (Φ_{pot}) : elle correspond au pourcentage dans la roche du volume total des vides reliés entre eux par des passages ou seuils dont la section est supérieure à une limite au-dessus de laquelle le fluide ne peut pas circuler (SERRA, 1979).
- Porosité efficace (Φ_e) : Elle exclut les pores non-connectés et l'eau liée aux argiles. (SERRA, 1979). Sa formule est la suivante :

A noter :

$$\Phi_e = \Phi_t \times (1 - V_{sh})$$

- V_{sh} (volume des argiles).

Les termes employés pour spécifier les valeurs de perméabilité et de porosité sont ceux de René (1988).

Gamme de porosité	
$\emptyset < 5\%$	Faible
$5\% < \emptyset < 10\%$	Médiocre
$10\% < \emptyset < 20\%$	Moyenne
$20\% < \emptyset < 30\%$	Bonne
$\emptyset > 30\%$	Excellente

Tableau 6: Gamme de porosité (René ; 1988)

2-2 Notion de perméabilité

La perméabilité (K) mesure la facilité avec laquelle une formation permet à un fluide de viscosité donnée de la traverser (SERRA, 1979). Cette perméabilité est dite absolue, si le fluide est homogène, et n'a aucune action chimique importante sur le milieu encaissant. Nous distinguons, trois types de perméabilité dont l'unité est le millidarcy (md) :

- la perméabilité absolue ou intrinsèque (K) ;
- la perméabilité efficace (K_e) ;
- la perméabilité relative (K_r).

Les termes employés pour spécifier les valeurs de perméabilité et de porosité sont ceux de René (1988).

Gamme de Perméabilité	
K < 1 mD	Très faible
K de 1 à 10 mD	Faible
K de 10 à 50 mD	Médiocre
K de 50 à 200 mD	Moyenne
K de 200 à 500	mD Bonne
K > 500 mD	Excellente

Tableau 7: Gamme de perméabilité (René ; 1988)

2-3 Volume d'argile (Vsh)

C'est le pourcentage volumique d'argile. Il peut être calculé à l'aide des réponses de la courbe de rayon-gamma (GR), en utilisant la relation suivante :

$$V_{shale} = [GR_{lue} - GR_{min}] / [GR_{max} - GR_{min}]$$

A noter :

- GR_{lue}: Valeur GR du banc donné lue directement sur le log (IAP) ;
- GR_{min}: Valeur GR minimum du même banc (IAP),
- GR_{max}: Valeur GR maximum du même banc (IAP).

Cette argilosité peut être également déterminée à l'aide des réponses de la courbe de Potentiel Spontané (SP), en utilisant la relation ci-après :

$$V_{shale} = 1 - [PSP / SSP]$$

A noter:

- PSP: Potentiel spontané pseudo-statique (Valeur maximum du SP);
- SSP: Potentiel spontané statique.

Chapitre N°3: Etude pétrophysique

3Acquisition des données:

Afin de comprendre l'évolution spatio-temporelle des deux paramètres pétrophysiques

(Porosité, perméabilité) de la zone d'étude, nous avons utilisés les données consignées dans le tableau ci-dessous :

PUITS	Porosité	perméabilité
PR	7	39.4
P6	9.3	200.8
P7	0.2	0.1
P1	10.6	82.2
P3	8.2	18.01
P8	4.9	0.1

Tableau 8: Les valeurs moyennes de porosités et de la perméabilité dans chaque puits dans la région de Benkahla.

4 Traitement des données :

Nous avons traité les données de tableaux ci-dessus avec le logiciel surfer pour établir des cartes d'iso-valeur afin de comprendre la répartition de la porosité et la perméabilité dans la zone d'étude, et des courbes pour comprendre l'évolutions verticale des deux paramètres dans la série du Trias série inférieure dans les puits étudiés.

4-1 Interprétations des courbes de porosité et de perméabilité dans les puits étudiés

4-1-1 Puits P8

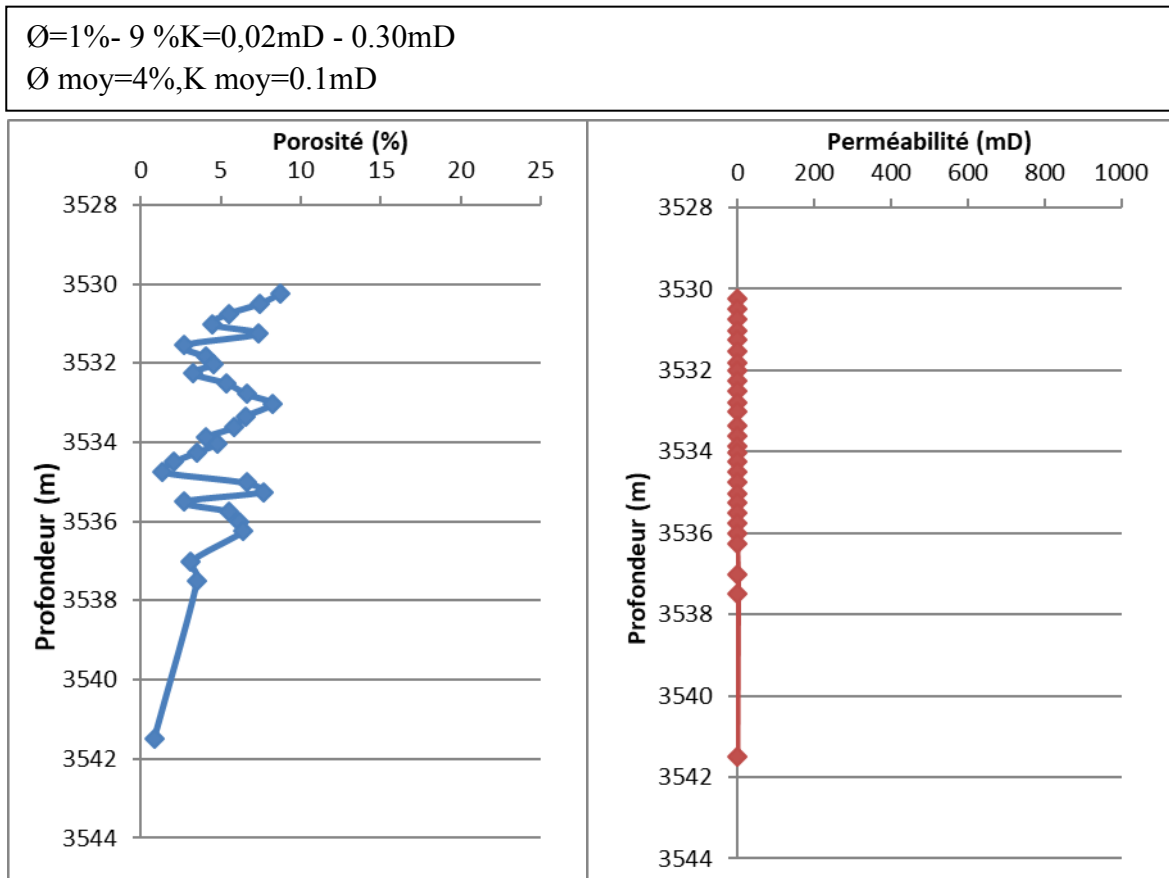


Figure 38 :Courbes d'évolutions de porosité et de perméabilité de la série inferieur dans le puits P8

- La courbe de variation de la porosité dans le puits P8 montre des valeurs de porosité faible <5 % voir médiocre avec une valeur minimale de 1 % et une valeur maximale de 9%, avec une moyenne de 4%.
- La courbe de la perméabilité pour le même puits montre des valeurs oscillant entre 0.02 mD et 0.30 mD, et une moyenne de (0.1 mD).

4-1-2Puits P6

$\emptyset=2\%- 20 \%$, $K=0,1mD - 570mD$,
 $\emptyset_{moy}=9\%$, $K_{moy}=145mD$

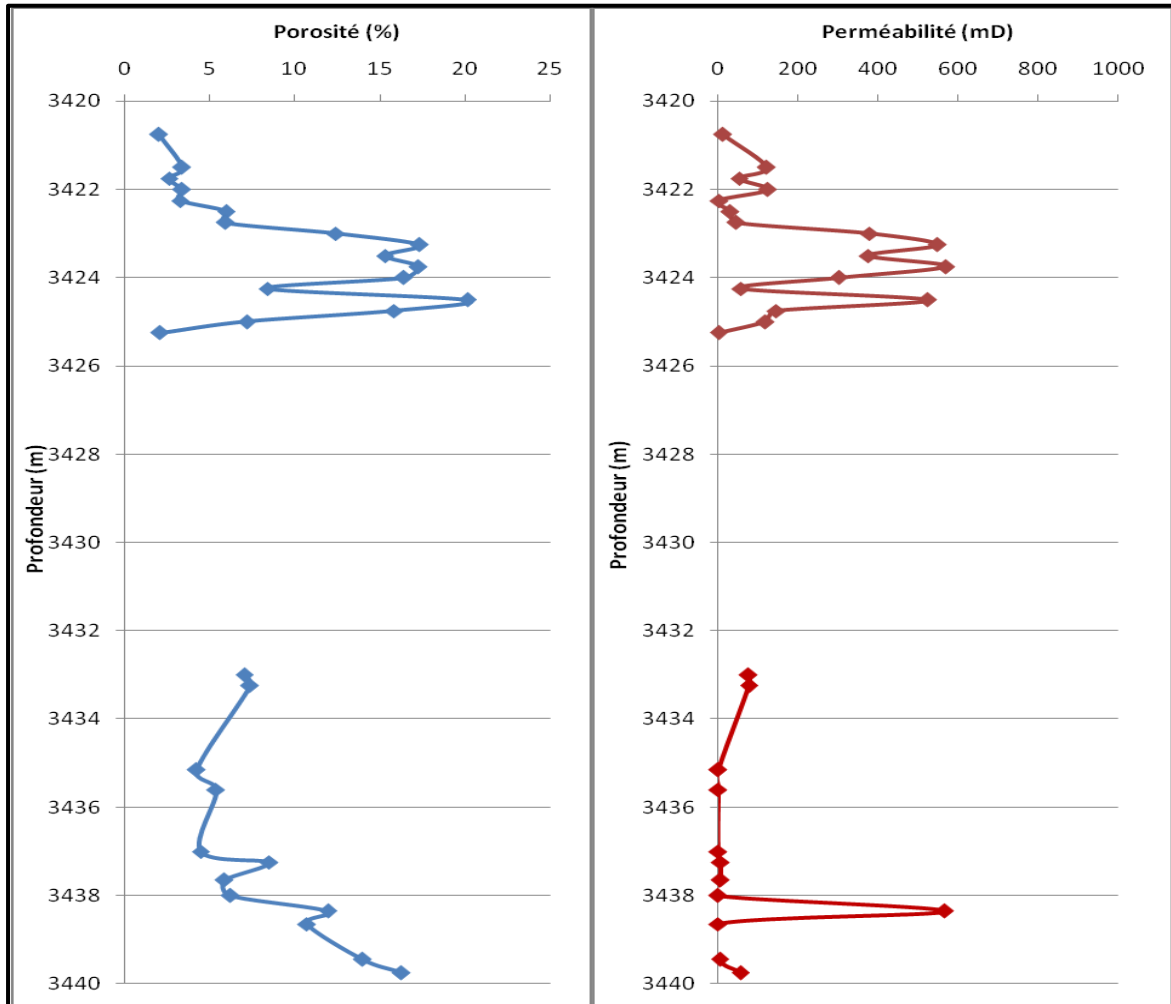


Figure 39 : Courbes d'évolutions de porosité et de perméabilité de la série inferieur dans le puits P6

- La courbe de porosité dans le puits P6 en fonction de la profondeur montre des valeurs de porosités faibles voir moyennes de (2%-20%) avec une moyenne de 7%.
- Tant dis que la courbe perméabilité dans le ce puits montre des valeurs varient entre (0,1mD - 570mD), avec une moyenne de (145mD).

4-1-3 Le puits P7

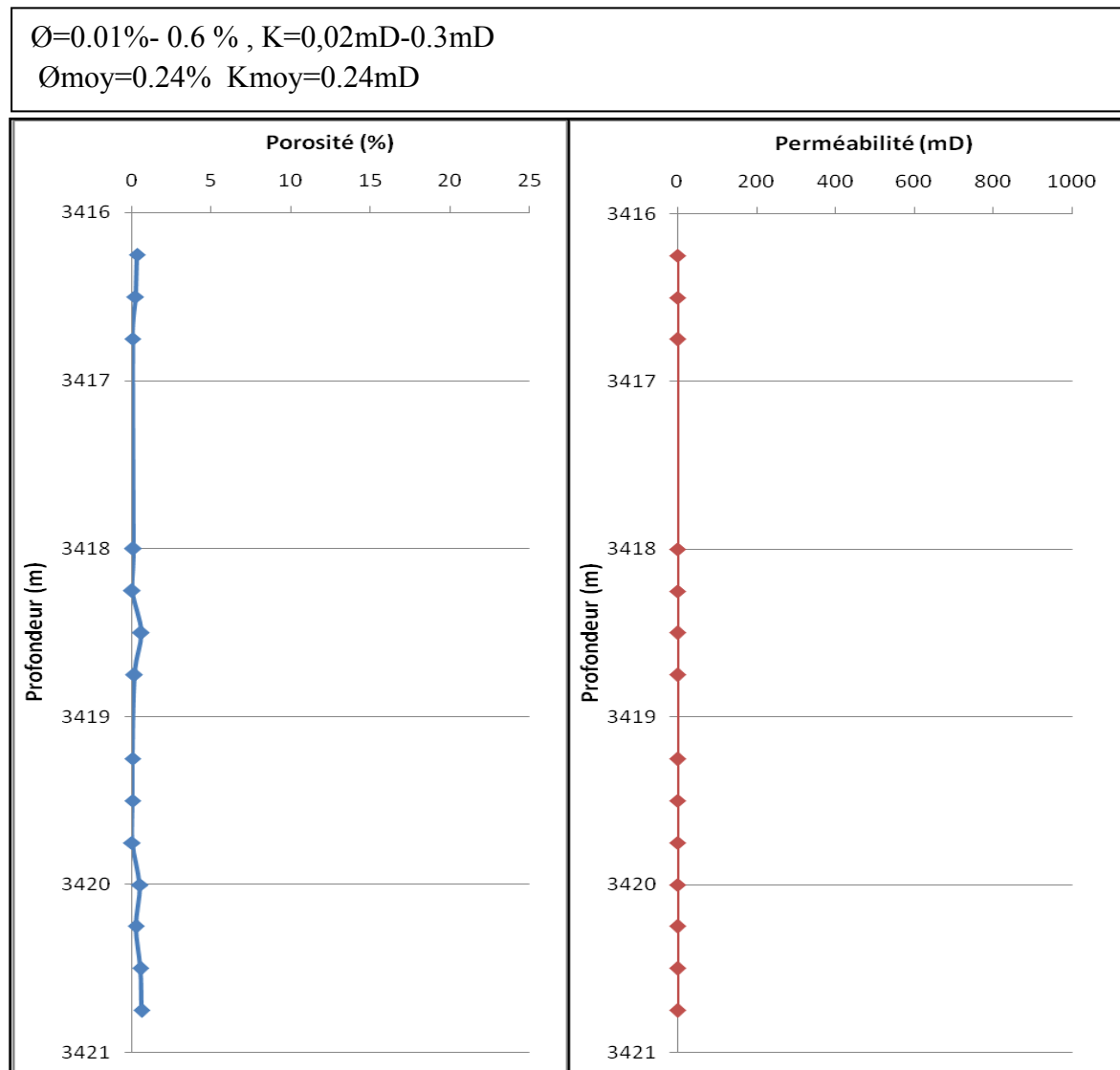


Figure 40: Courbes d'évolutions de porosité et de perméabilité de la série inférieure dans le puits P7

- La courbe de porosité dans le puits P7 en fonction de la profondeur montre des valeurs très faibles variant entre (0.01% -0.6%) avec une moyenne de 0.24%.
- La courbe perméabilité dans le puits P7 montre des valeurs faibles de la perméabilité oscillant entre 0,02mD – 0.3 mD, avec une moyenne de (0.24 mD).

4-2-4 Le puits de référence PR

$\emptyset=3.45\%-16.37\%$, $K=0.015\text{mD}-367\text{mD}$
 $\emptyset_{\text{moy}}=7.87\%$, $K_{\text{moy}}=39.5\text{mD}$

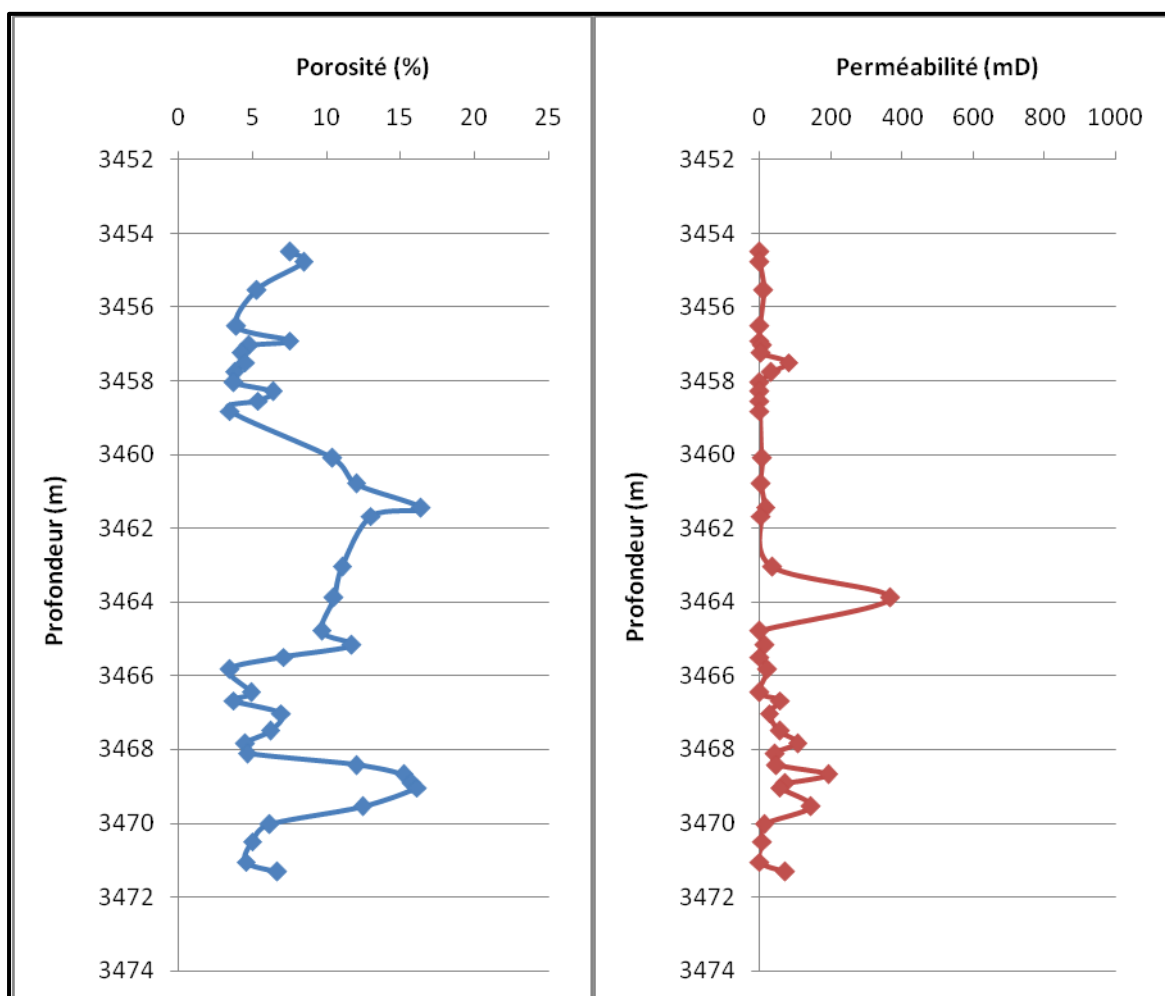


Figure 41: Courbes de porosité et de perméabilité dans le puits de référence PR

- La courbe d'évolutions de porosité en fonction de la profondeur dans le puits de référence PR montre des valeurs faibles à médiocres variant entre (3.45% -16%) avec une moyenne de 7.87%.
- La courbe de perméabilité dans le puits de référence PR montre des valeurs faibles à bonnes variant entre (0,015mD – 367 mD), avec une moyenne de (39,5 mD).

4-2-5Puits HKBE-1 :

$\emptyset=1.62\%-16\%$, $K=0.016\text{mD}-502\text{mD}$
 $\emptyset_{\text{moy}}=8.43\%$, $K_{\text{moy}}=22.5\text{mD}$

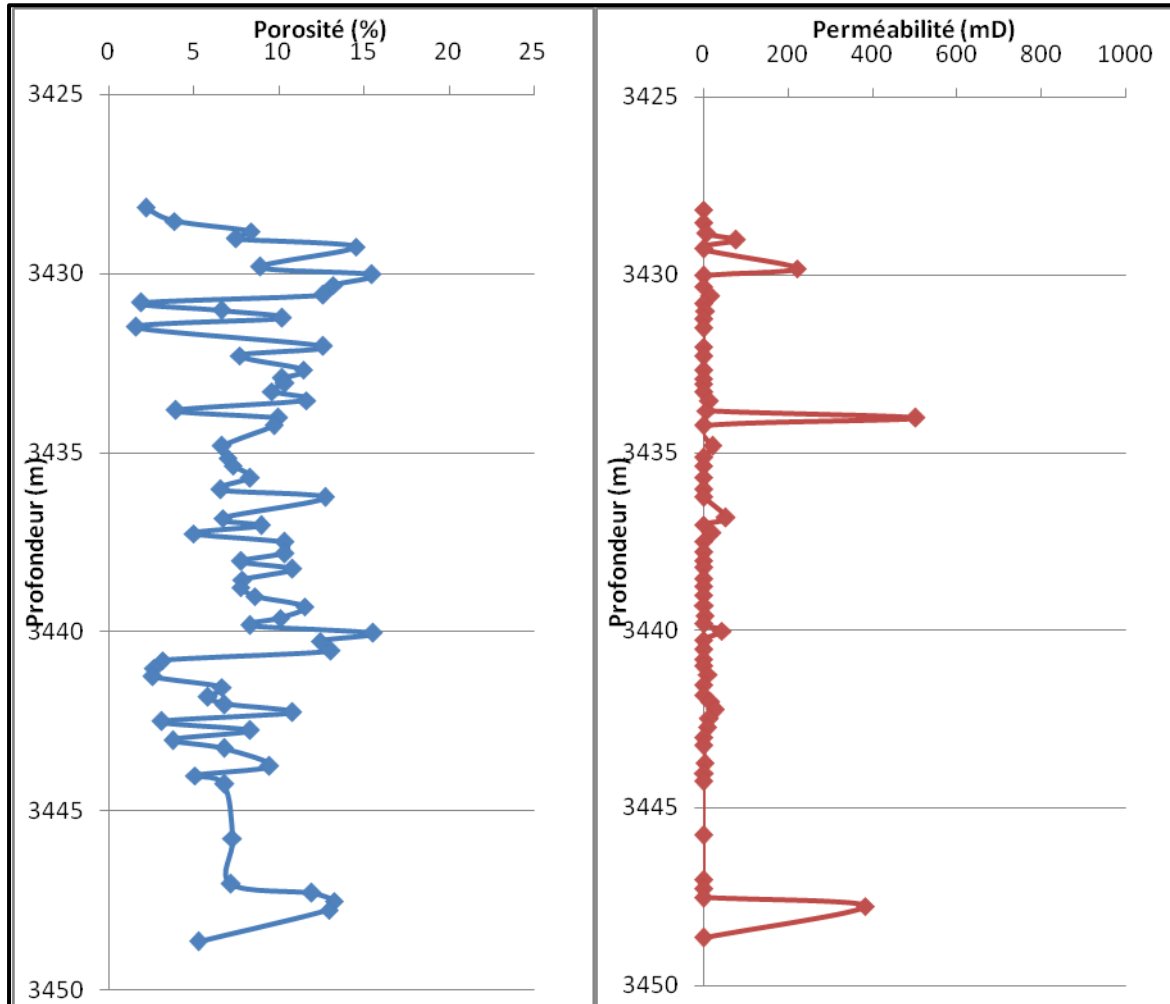


Figure 42: Courbes de porosité et de perméabilité dans le puits HKBE-1

- La courbe d'évolutions de porosité en fonction de la profondeur dans le puits HKBE-1 montredes valeurs faibles a médiocre varient entre (1.62% -16%) avec une moyenne de 8.43%.
- La courbe perméabilité dans le puits BBH-1 montredes valeurs faibles a bonne varient entre (0,015mD – 502 mD), avec une moyenne de (22.5 mD).

4-2 Interprétations des cartes

4-2-1 Distribution de la porosité

La carte montre le contraste des variations de la porosité moyenne (mDmoy) de la série inférieure dans notre zone d'étude, les valeurs maximales mais qui restent médiocres (**voir tableau 6**) ont été notées au niveau des deux puits **P6** et **PR** avec des valeurs oscillant entre (7% - 9%), tandis que les valeurs minimales sont marquées au niveau des deux puits **P7** et **P8** avec des valeurs très faibles de (0.2% - 4%).

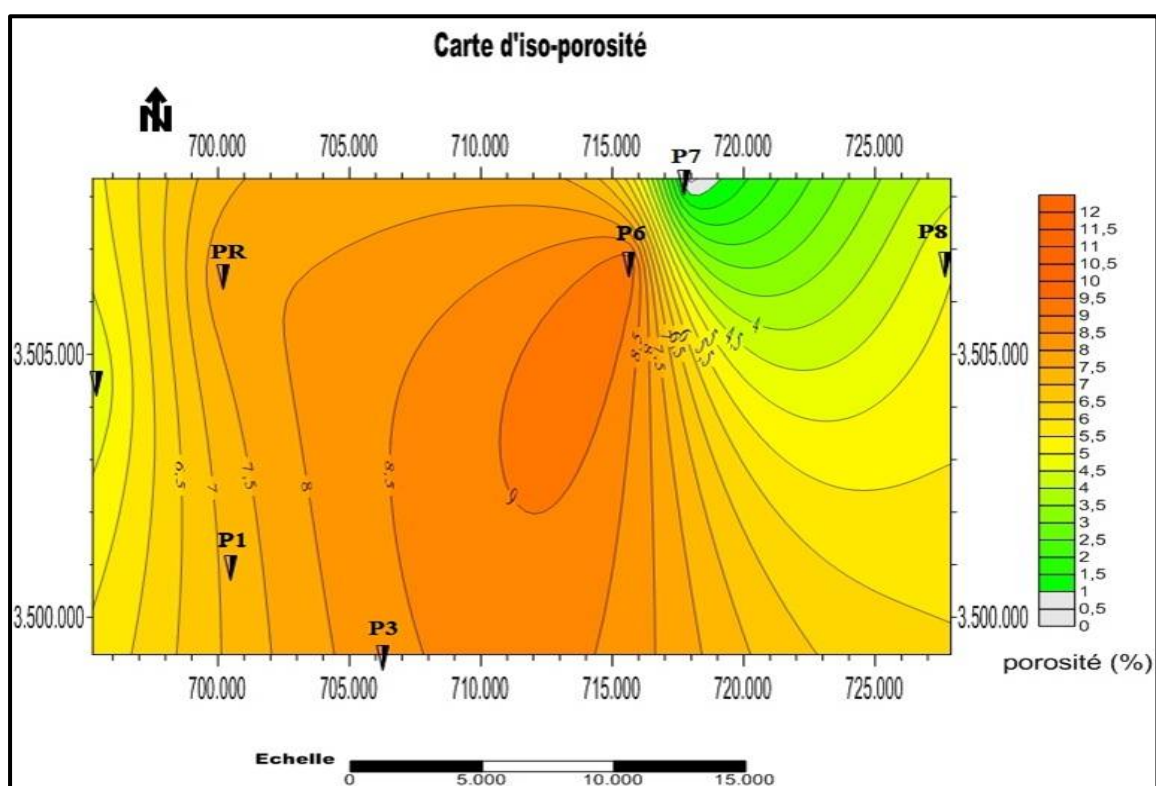


Figure 43: Carte en iso-porosité du Trias série inférieure dans la région de Benkahlha

4-2-2 Distributions de la perméabilité :

La carte montre le contraste des variations disproportionné de la perméabilité moyenne (mD_{moy}) de la série inférieure dans notre zone d'étude, où les valeurs maximales ont été noté au niveau des deux puits **P6**, avec une valeur de (200 mD), et **PR** avec une valeur de (39.5 mD) en revanche la valeur minimale est marqué au niveau des deux puits **P7** et **P8** avec une valeur de (0.1 mD).

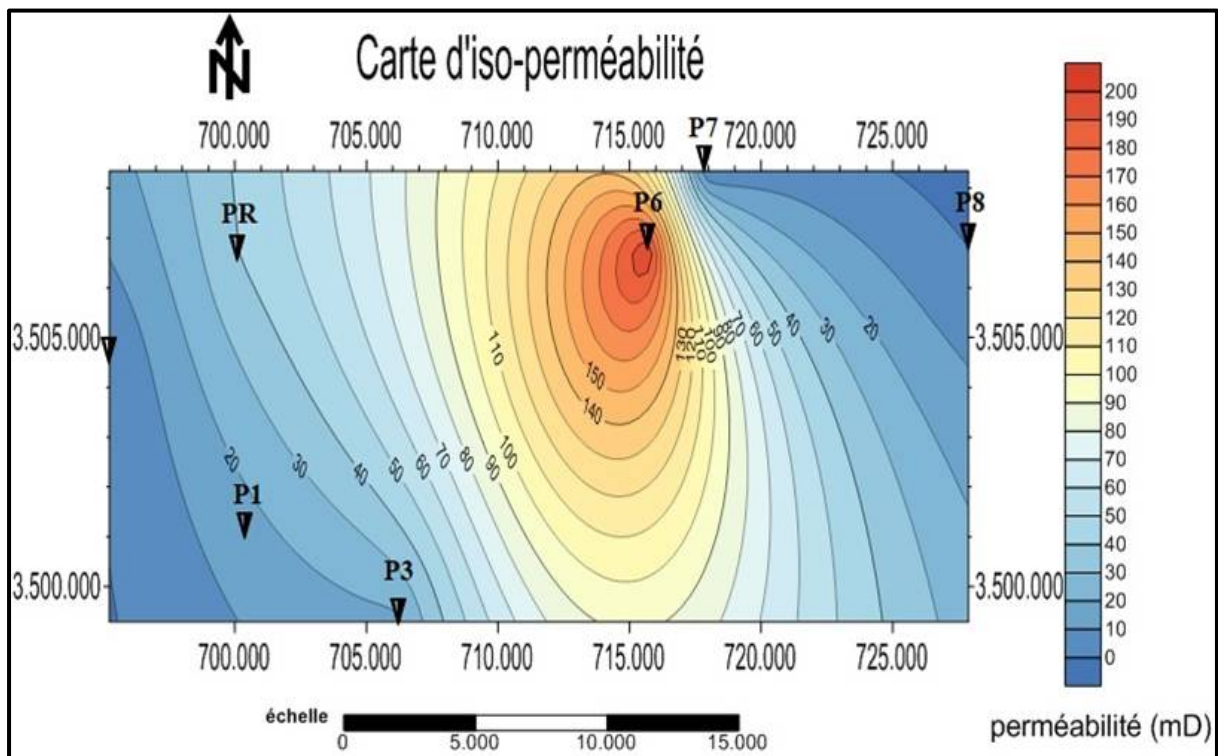


Figure 44: Carte en iso-perméabilité du Trias série inférieure dans la région de Benkahla

Conclusion

A partir de l'interprétation des courbes d'évolution verticale des deux paramètres pétrophysique (perméabilité et porosité), les cartes d'iso-porosité et iso-perméabilité qui renseignent sur la distribution latérale de ces mêmes paramètres nous avons conclu :

- Les valeurs des deux paramètres, porosité et perméabilité sont globalement très faibles dans la partie Nord-Est du champs d'étude notamment dans le sondage P8 et P7, en allant du côté Ouest les valeurs sont plus importantes, entre autres dans les sondages PR et P3.
- Cette inconformité dans la distribution de la porosité et de la perméabilité, est en relation directe avec les facies et le milieu de dépôt associé ainsi qu'a avec les processus sédimentaires (diagenèse).
- La détérioration des caractéristiques pétrophysiques est probablement due à l'enrichissement en galets mous à la base des séquences, l'intensité de la compaction des dépôts ainsi que la cimentation qui ne peut être confirmée qu'avec une étude pétrographique.

Conclusion générale

Le travail effectué sur la Trias série inférieure dans la région de Benkahla nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

La première étape dans l'étude sédimentologique qui s'intéresse à la description macroscopique des carottes a montré un faciès à dominance gréseuse avec des passées argileuses, et que l'environnement de dépôt est fluviatile très variable. Le découpage séquentiel a révélé des séquences de comblement avec un comportement cyclique, les discontinuités qui séparent ces séquences se matérialisent avec des bases érosives ou une surface ferrugineuse.

Le résultat de l'interprétation de profils de corrélations coupe 1 (de direction NW-SE), nous a montré un volume important de grès au NW de la région, qui diminue progressivement en allant vers le SE tout fois les bancs de grès affichent des intercalations argileuses. Dans le second profil –coupe 2- (de direction NE-SW), on a noté l'existence d'un nombre supérieur d'intercalations argileuses dans les dépôts de grès, ce qui a réduit leurs épaisseurs.

Dans l'ensemble on pourrait dire que la Trias série inférieure s'intercale entre deux formations argileuses donnant ainsi la structure idéale d'un système pétrolier pour cette série.

Sur le plan pétrophysique notre champ d'étude est caractérisé au Nord-Est par des paramètres pétrophysiques faibles tandis qu'à l'ouest on trouve des valeurs plus importantes. Cela a profondément affecté la qualité de ce réservoir.

Perspectives

A la fin de ce travail nous recommandons de faire :

- Une étude des paramètres diagenétique sur la partie Sud-Est de la région d'étude, pour estimer le degré de la compaction de cette série et la nature de la cimentation.
- Réaliser une étude sédimentologique, pétrophysique et diagenétique très approfondie sur la partie Ouest de la région de Benkahla, qui présente un profil favorable à la production pétrolière.

Références bibliographique

- **AIT SALEM.H 1990** -Le Trias Détritique de l'Oued Mya (Sahara Algérien)
Sédimentation Estuarienne, Diagenèse et Porogenèse potentialités pétrolières. Thèse de Doctorat, Univ : Lyon I, France.
- **BEN TABBA.Dj. LADOUANI.S 2015** - Etude géologique et pétrophysique d'un niveau réservoir (H-C).Mémoire MasterUniversité Larbi Ben M'Hidi - Oum El Bouaghi.Faculté des sciences de la Terre et de l'architecture.
- **BENMANSOUR A.K. LAZREG.N 2019** -Lithostratigraphie, organisation sédimentaire du Champ de Benkahla Est-Aspect pétrolier du puits BKHE 2-Haoud Berkaoui - Bassin de Oued Mya – Algérie.Mémoire MasterUNIVERSITE Abou Bakr Belkaid– Tlemcen. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers.
- **BIDJU-DUVAL.B 1999** -géologie sédimentaire, bassins environnements de dépôts formation du pétrole,Ouvrage (les pages 222,414,417).
- **BOUDJEMA.A** -Évolution structurale du bassin pétrolier" triasique" du Sahara Nord oriental (Algérie). Thèse de doctorat 1987. Paris 11.
- **ECHIKH. K 1975** - Géologie des provinces pétrolières du l'Algérie. SNED.1975.
- **MERZERAUD.G 2017** -Manuelle Sédimentologie. Ouvrage (les pages 123,164,166,171).
- **COJAN.I 2021** - Sédimentologie 3 ème édition.Ouvrage(les pages 116,300,308,334).
- **MEBROUKI. N 2015** -Étude Géologique De l'extension de la zone de Benkahla : le model géologique du gisement ; Mémoire MasterUniversité KASDI MARBEH Ouargla Faculté Des Hydrocarbures Des Énergies Renouvelables et Des Sciences de la Terre et de l'univers, (19p, 40p).

- **MEGHNI.R 2018** - Etude du Trias « SERIE INFERIEURE » région de BENKAHLA, synthèse bibliographique. Mémoire Master.
- **OMIRI.M. DAHMANI.A 2019** -Découpage séquentiel, évaluation pétro-physique, des Réservoirs du Silurien Argilo-Gréseux (SAG) et du Trias Argilo-Gréseux (TAG) du Bassin de Berkine (Région de Gassi Touil -Taouil).Mémoire Master
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques Département des Sciences Géologiques, chapitre 2.
- [1]<https://www.energy.gov.dz/?rubrique=hydrocarbure>
- [2]<https://fsnv.univsetif.dz/images/telecharger/EB/G%C3%A9ologie,%201ere%20ann%C3%A9e.pdf>
- [3]https://www.persee.fr/doc/geoly_0750-6635_1992_mon_120_1
- [4]<https://doc.rero.ch/record/4475/files/ColombieC.pdf>