



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou
جامعة مولود معمري
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Géologiques



Mémoire de Fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Géologie

Option : Géologie des bassins sédimentaires

Thème

Caractérisation sédimentologique et analyse pétrophysique du Lias de l'anticlinal d'Ain madhi (NE du sillon de Benoud / Atlas Saharien Central)

Présenté par

BENNEBRI Houdhaifa

Thème proposée par : M. Farid BELFAR

Soutenu publiquement le : 23/09/2024

Devant le jury composé de :

Président	M. BRAHMI	MAA (Ummto)
Promoteur	M. ACHOU	MAA (Ummto)
Co-Promoteur	M. BELFAR	Ingenieur (Sonatrach)
Examineur	M. AMROUCHE	MAA (Ummto)

2023/2024

Remerciements

Je remercie en premier lieu, le bon Dieu de m'avoir donné la santé, la patience, et le courage de mener à bon terme le présent travail.

Ce travail a été effectué au sein de la SONATRACH, dans la division exploration de Boumerdès.

*Je tiens à remercier grandement **Mr. BELFAR farid**, d'avoir accepté de diriger, de m'avoir donné la chance d'effectuer le stage pratique, de m'avoir écouté et orienté, suivi et conseillé tout le long de cette étude.*

Et un grand merci s'adresse à **Mr. ACHOU** pour son aide et son soutien moral et encouragements, sans oublier les membres de jury composé par le président **Mr. BRAHMI** et l'examineur

Mr. AMROUCHE.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mon très cher père et ma très chère mère qui m'ont toujours apporté leur soutien inconditionnel tout au long de mes études, ainsi qu'à mes frères. À Toute la famille à tous mes amis.

Sommaire

Sommaire

Remerciements	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	
I Généralités	3
Introduction	3
I.1 Cadre géographique.....	4
I.2 Cadre géologique.....	7
I.3 Géologie de l'atlas saharien	9
I.3.1 Stratigraphie de l'Atlas Saharien.....	9
I.4 Géologie de l'atlas central	13
I.4.1 Stratigraphie de l'Atlas Central :	14
I.4.2 Malm	16
I.5 Phases tectoniques.....	19
I.5.1 Les Accidents	22
II Description des puits	23
Introduction	25
II.1 Stratigraphie du secteur d'étude :.....	25
II.2 DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	27
II.2.1 Puit KHL-1	27
II.2.2 Puit AMI-1	29
II.2.3 Puit AMI-2.....	46
II.2.4 Puit EKL-1	48
II.2.5 Puit OAZ-1	53
Conclusion.....	56
III Corrélation lithostratigraphique.....	58
Introduction	58
Conclusion :.....	65
IV Intérêts pétroliers	66
Introduction	66
IV.1 Roche Mère.....	66
IV.1.1 Pliensbachtien	66

IV.1.2	Toarcien.....	67
IV.1.3	Aalénien – Bajocien	68
IV.1.4	Bajocien- Callovien.....	69
IV.1.5	Malm.....	69
IV.1.6	Modélisation géochimique des puits de la région d'Aïn Madhi	70
IV.2	Roche Réservoir	73
IV.2.1	Le Toarcien.....	73
IV.2.2	Le Dogger	76
IV.3	Roche couverture.....	77
	Conclusion.....	77
	Conclusion	78
	Bibliographie.....	79

Liste des figures

Figure 1: localisation de la zone d'étude depuis le satellite (google Maps)	4
Figure 2: carte géologique de région d'étude et un aperçu les traces de l'ASA	5
Figure 3: carte topographie de région d'étude	6
Figure 4: les grandes unités structurales de l'Afrique du nord (a. Caire 1967)	8
Figure 5: l'Atlas saharien dans son cadre régional	9
Figure 6: Log stratigraphique de l'Atlas Saharien	13
Figure 7: Schéma structural de l'Atlas Saharien	14
Figure 8: Log litho stratigraphique de la carte géologique à Laghouat ou l'échelle 1/20000 ..	19
Figure 9: Accident d'El Kohol 'Brezina' (d'après Bettahar et Mattaaur 1996 – Bulletin CGS)	23
Figure 10: Accident du Dj. Tebag d'Ain Rich. Schéma structural sur photo satellite Google Earth.....	24
Figure 11: Représentation de positionnement des puits de la région d'étude (Sonatrach).....	25
Figure 12: log litho stratigraphique du lias dans le puit KHL-1	28
Figure 13: Log lithologie de carotte numéro 6 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)	31
Figure 14: Log lithologie de carotte numéro 7 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)	34
Figure 15: Log lithologie de carotte numéro 8 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)	35
Figure 16: Log lithologie de carotte numéro 9 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)	36
Figure 17: Log lithologie de carotte numéro 10 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)	37
Figure 18: Log lithologie de carotte numéro 11 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)	38
Figure 19: Log lithologie de carotte numéro 12 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)	39
Figure 20: Log lithologie de carotte numéro 13 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)	40
Figure 21: Log lithologie de carotte numéro 16 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)	42
Figure 22: Log lithologie de carotte numéro 17 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)	43
Figure 23: Log lithologie de carotte numéro 18 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)	44
Figure 24: Log lithologie de carotte numéro 19 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)	45
Figure 25: Log litho stratigraphique du lias dans le puits AMI-1	46
Figure 26: Log litho stratigraphique du lias dans le puits AMI-2.....	48
Figure 27: Log lithologie de carotte numéro 3 du puits EKL- 1.....	49
Figure 28: Log lithologie de carotte numéro 4 du puits EKL-1.....	51
Figure 29: Log litho stratigraphique du lias dans le puits EKL-1	53
Figure 30: Log litho stratigraphique du lias dans le puits OAZ-1	55
Figure 31: Le puits KHL-1- et le puits EKL-1.....	59
Figure 32: Le puits KHL-1- et le puits OAZ-1	61
Figure 33: Les puits OAZ-1 et EKL-1 et AMI-1 et AMI-2.....	62
Figure 34: Les puits KHL-1 et AMI-1 et AMI-2	63
Figure 35: carte de faciès du Lias.....	64
Figure 36: Richesse en COT de la roche mère du Pliensbachtien	67
Figure 37: Richesse en COT de la roche mère du Toarcien	68
Figure 38: Richesse en COT de la roche mère de l'Aalénien - Bajocien	69
Figure 39: Richesse en COT de la roche mère du Malm.....	70
Figure 40: Modélisation du puits AMI-1.....	71
Figure 41: Modélisation du puits BRZ-1.....	71
Figure 42: Zones potentielles en termes de roches mères	72

Figure 43: Coupe litho stratigraphique entre AMI-1 et AMI-2 (M. Belghache 2017)	74
Figure 44: Lithofaciès et Biofaciès de l'intervalle entre 2800 et 3300m AMI-1.....	75
Figure 45: Elan et Tests Productifs à AMI-1	76

Liste des tableaux

Tableau 1: les différentes phases de déformations enregistrées	22
Tableau 2: lithologie de carotte numéro 6 du puits AMI-2	47
Tableau 3: lithologie de carotte numéro 7 du puits AMI-2	47
Tableau 4: lithologie de carotte numéro 8 du puits AMI-2	48
Tableau 5: la génération de l'huile dans la roche mère	70
Tableau 6: Les niveaux Jurassique potentiellement riche en COT	72
Tableau 7: Interprétation diagraphique des niveaux carbonatés du Lias : Puits AMI-1	76

Résumé :

La région de Ain madhi est située au NW du Sahara Algérien, les explorations dans cette région sont nombreuses, cette étude s'intéresse plus particulièrement au Lias, il présente d'une manière générale des caractéristiques pour les hydrocarbures, en effet le lias évoque un milieu où la dominance est souvent des roches nécessaires à la formation d'un système pétrolier ainsi que les conditions géodynamique et climatique sont présentes à cette période donc, le potentiel pétrolier est important.

Les explorations de la compagnie pétrolière SONATRACH se confrontent aux résultats des puits implantés au près des forages, cela est dû des dépôts sédimentaires, cet obstacle suscite énormément d'inconvénients dans les projets en cours de la compagnie ; cette étude a pour but d'expliquer et de mieux orienter les géologues pétroliers sur ce terrain complexe, afin d'atteindre cet objectif en se basant sur une étude sédimentaire des puits implantées ainsi qu'une étude qui va nous permettre d'avoir une visibilité plus claire des formations en sondage.

Mots clés : Forage, Lias, dépôts sédimentaires, Puits pétrolier.

Abstract:

The Ain Madhi region is located in the NW of the Algerian Sahara, explorations in this region are numerous, this study is particularly interested in the Lias, it generally presents characteristics for hydrocarbons, in fact the Lias evokes an environment where the dominance is often rocks necessary for the formation of an oil system as well as the geodynamic and climatic conditions are present at this period therefore, the oil potential is important.

The explorations of the oil company SONATRACH are confronted with the results of the wells implanted near the drillings, this is due to sedimentary deposits, this obstacle causes a lot of inconveniences in the company's current projects; this study aims to explain and better guide petroleum geologists on this complex terrain, in order to achieve this objective based on a sedimentary study of the implanted wells as well as a study that will allow us to have a clearer visibility of the formation in the survey.

Keywords: drilling, Lias, sedimentary deposits, oil well.

ملخص

تقع منطقة عين ماضي شمال غرب الصحراء الجزائرية، الاستكشافات في هذه المنطقة عديدة، هذه الدراسة تهتم بشكل خاص بمنطقة لياس، فهي تعرض بشكل عام خصائص المحروقات، في الواقع، يستحضر لياس بيئة تكون فيها الهيمنة في كثير من الأحيان الصخور اللازمة لتكوين النظام النفطي وكذلك الظروف الجيوديناميكية والمناخية موجودة في هذه الفترة، لذلك فإن الإمكانيات البترولية مهمة.

تواجه التنقيبات التابعة لشركة النفط سوناطراك نتائج الآبار المقامة بالقرب من الحفر، وذلك بسبب الترسبات الرسوبية، وهذا العائق يسبب الكثير من الإزعاجات في مشاريع الشركة الحالية؛ تهدف هذه الدراسة إلى شرح وتوجيه علماء الجيولوجيا النفطية بشكل أفضل حول هذه التضاريس المعقدة، من أجل تحقيق هذا الهدف من خلال الاعتماد على دراسة رسوبية للآبار المنشأة بالإضافة إلى دراسة ستتيح لنا الحصول على تدريب مسحي أوضح.

الكلمات المفتاحية: الحفر، لياس، الرواسب الرسوبية، بئر النفط.

Introduction générale

Introduction

La demande énergétique croissante incite les opérateurs gaziers à exploiter des réservoirs naturels de gaz de plus en plus difficiles d'accès en raison de leur faible perméabilité. Ces réservoirs, qualifiés de non conventionnels par opposition aux réservoirs conventionnels plus faciles à exploiter, contribuent à répondre aux besoins croissants en énergies fossiles.

Le présent sujet est inscrit dans la région Ain Madhi correspond situer à l'Ouest du Champs gazier de Hassi R'mel. Géologiquement, il constitue une jonction entre deux grands ensembles distincts, la plateforme saharienne, représentée par le sillon de Benoud et l'Atlas Saharien Central.

L'objectif de cette étude réside dans la caractérisation sédimentologique du réservoir du Lias, productif de 5667 m³/h de gaz à AMI-1.

Problématique

Cette étude consiste à étudier les caractéristiques sédimentologiques et les paramètres pétrophysiques du Lias des puits réalisés dans la région d'Ain Madhi, située au Nord de l'accident Sud Atlasique.

Cette région d'Ain Madhi est située au Nord du champ gazier de Hassi R'mel où les deux localités sont séparées par l'accident Sud Atlasique. Il devient nécessaire de connaître les régions avoisinantes de ce champ réputé par sa bonne production en gaz.

Notre travail s'intéresse donc à l'étude de cinq puits implantés à Ain Madhi pour évaluer les paramètres du Lias qui pourraient éventuellement présenter un intérêt économique et une source en gaz comme à Hassi R'mel.

Méthodologie du travail

L'approche sédimentologique est réalisé dans le but de mieux caractériser notre réservoir (Lias) et de définir l'environnement de dépôt en se basent sur l'utilisation de différentes méthodes, à savoir :

- La description des carottes du Lias des puits :
- L'analyse des électro faciès à partir essentiellement de gamma-ray, qui est le plus utilise.
- Établir des corrélations lithostratigraphique et de retracer l'évolution des réservoirs.

Notre réservoir (Lias) caractérise et définit l'environnement de dépôt à savoir la description des carottes de puits et l'analyse des électrofaciès essentiellement de gamma-ray, qui est le plus utilisée.

Ce mémoire s'organisera en quatre chapitres :

- Le premier chapitre ; introduit le Cadre géographies, géologique, Géologie de l'atlas saharien, Géologie de l'atlas central, Phases tectoniques.
- Le deuxième chapitre ; présente les Travaux Antérieurs, Stratigraphie du secteur d'étude, description lithologique, Puits.
- Le troisième chapitre ; décrit la corrélation sédimentaire.
- Le dernier chapitre ; présente la roche mère, réservoir, couverture.

Chapitre I

Généralités sur l'Atlas Saharien Central

Introduction

Ce chapitre se concentre sur la caractérisation géologique et sédimentologique du réservoir Lias dans la région d'Ain Madhi, située au sud-ouest de la wilaya de Laghouat en Algérie. L'objectif principal est d'étudier l'environnement de dépôt, la structure sédimentaire et les dynamiques tectoniques de la région, en s'appuyant sur des méthodes telles que la description des carottes, l'analyse des électro faciès et l'analyse séquentielle. En examinant les strates géologiques, allant du Trias au Crétacé, nous visons à comprendre l'évolution paléogéographique du Lias et ses implications pour la formation des réservoirs.

Travaux antérieurs

E. Brossard (1886) et Tissot (1881) effectuent les premiers travaux sur l'Atlas Saharien qui consistaient à lever les cartes Géologiques, en suit, Poron (1883) et Savourin (1934) esquissent la première carte géologique ; Laffite réalise des travaux épare dans tous l'Atlas Saharien Centrale en 1939 ; Emberger (1960) d'écrit une stratigraphie détaillée de l'extrémité orientale des monts de ouled Nails ;

Les élèves ingénieurs de l'I.A.P (1970-1980) réalisent les cartes géologiques de Ain Rich, Laghouat et Brezina au 1/200000 sous la direction de Bassitot et Guillemot ;

-Delfaud et Guiraud (1970) étudiant la sédimentation des monts des Ksour et des Houdna respectivement ;

-Aissaoui (1979) présente une thèse sur les Aurès et une partie des monts des Ouled Nail.

-Herkat (1982) réalise une étude litho stratigraphique sur la sédimentation carbonatée du Jurassique de l'Atlas central.

-Abed (1982) étudie le jurassique moyen et supérieur de Djebel Amour.

-Kazi-Tani (1986) traite l'évolution géodynamique de la bordure nord-africaine et propose un modèle en bloc basculés.

Ait Ouali (1991) présente une thèse ayant pour titre « La sédimentation du haut Niveau marin du crétacé supérieur de l'Atlas saharien occidental »

I.1 Cadre géographique

La localité du secteur d'étude Ain Madhi se situe au Sud-ouest de la wilaya de Laghouat, à 66 km à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya, dans le Sud du pays. La localité moderne est située dans une plaine en contrebas du Djebel Amour (Atlas saharien central) lequel occupe la partie centrale entre les monts des Ksour à l'ouest et les monts de Ouled Nail à l'est, Il s'étend sur une centaine de kilomètres de longueur, du sud-ouest est et les est, pour une largeur de 60 kilomètres, entre le Sahara au sud et les Hauts Plateaux au nord.



Figure 1: localisation de la zone d'étude depuis le satellite (google Maps)

La structure anticlinale de Ain Madhi (AMI-1) n'est qu'à 6Km à vol d'oiseaux au Sud Est du village, elle fait partie du permis de recherche Ain Madhi, qui présente une superficie de 8815.50 km², couvrant l'ensemble de la carte géologique de Laghouat au 1/2000.

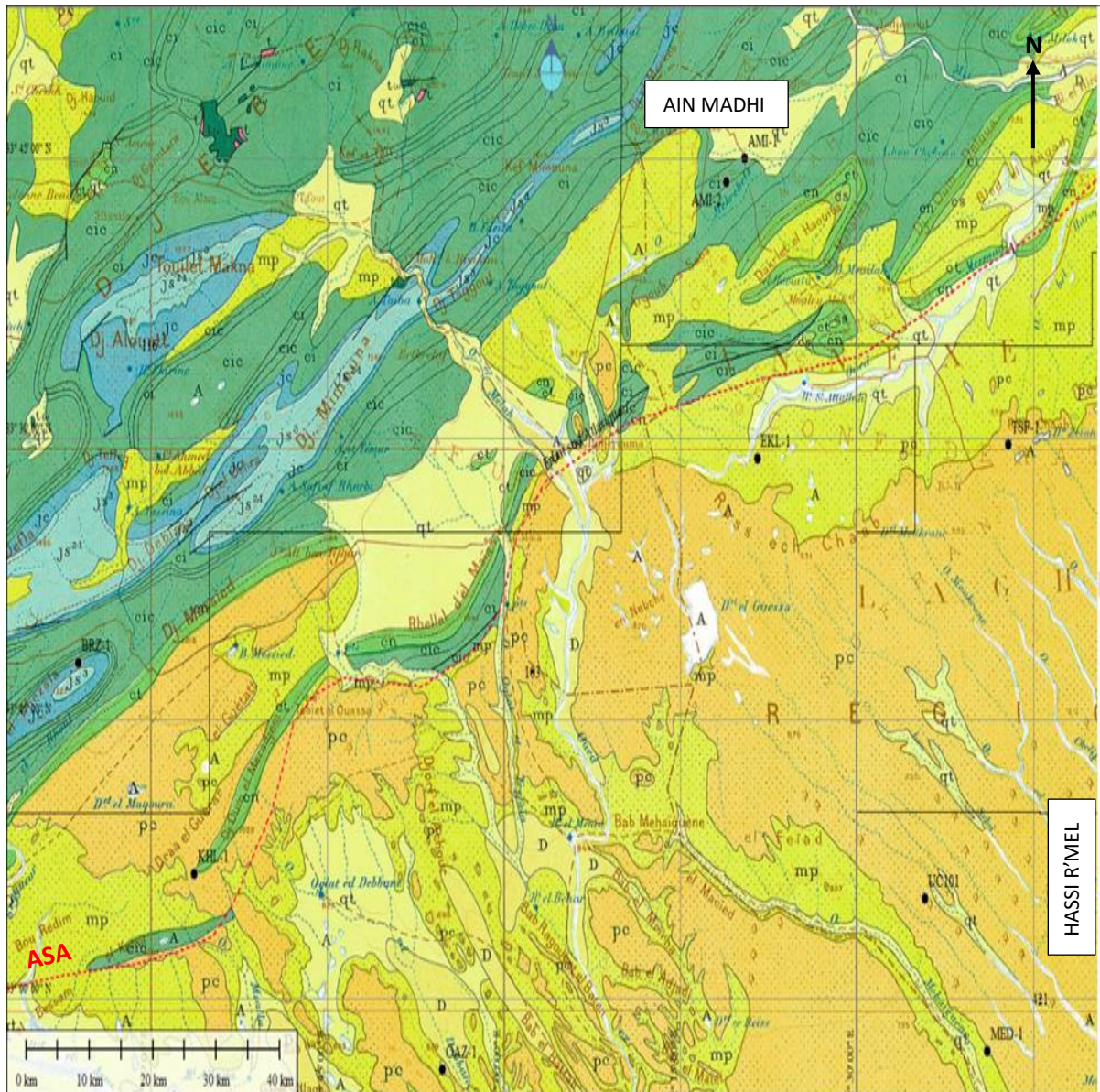


Figure 2: carte géologique de région d'étude et un aperçu les traces de l'ASA

La région présente un relief abrupt avec des altitudes de 1200 à 1600m dans la région de Kef Mimouna et de Djebel El Azreg, Avec un couvert végétal peu important représenté par des plantes des zones semi-arides.

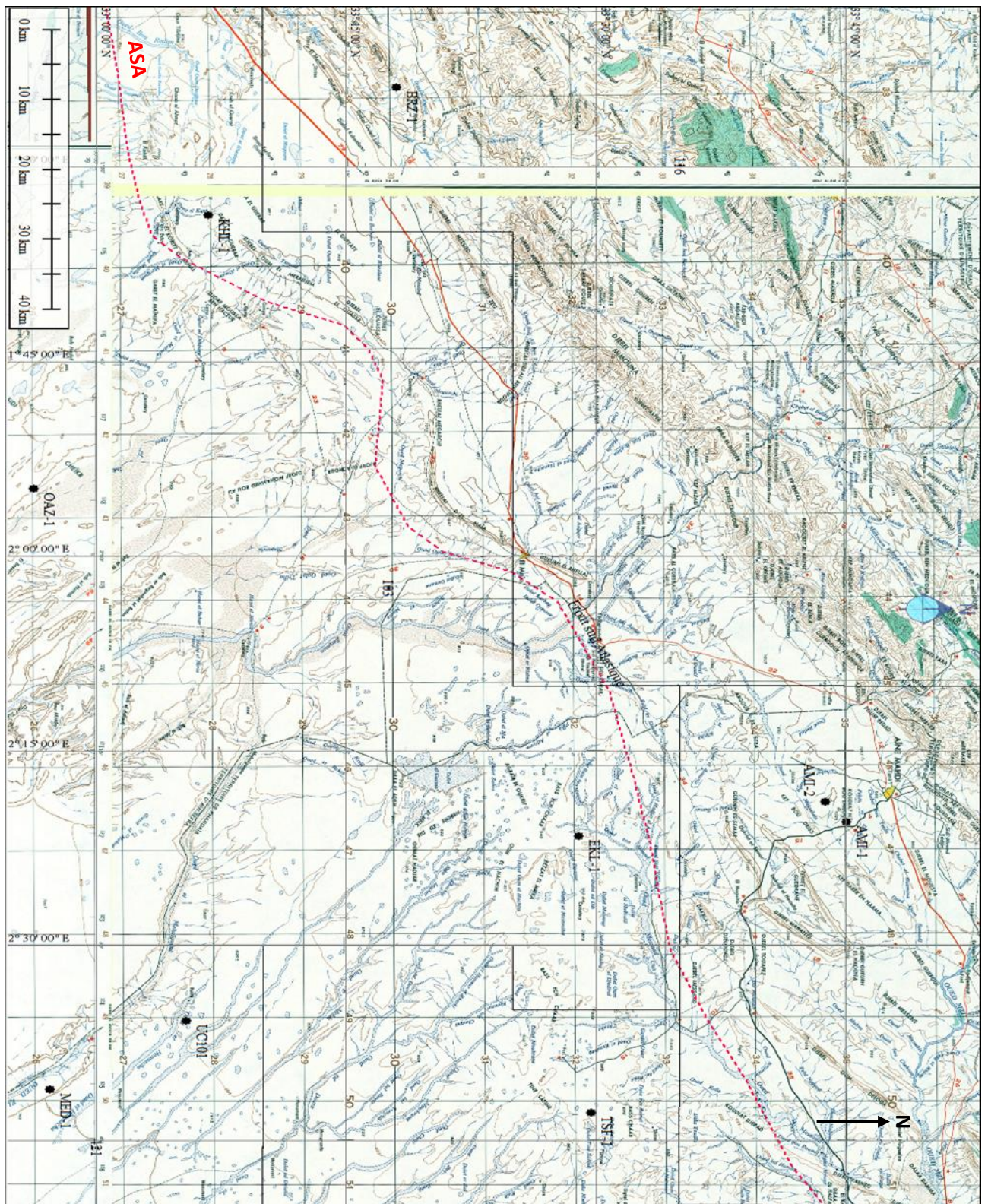


Figure 3: carte topographie de région d'étude

I.2 Cadre géologique

En Algérie, les principaux ensembles géologiques sont les suivants du Nord au Sud (fig., A. CAIRE, 1967) :

- les chaînes littorales Kabyles
- l'Atlas Tellien
- l'avant fosse
- la Meseta Oranaise
- l'Atlas Saharien
- la Plateforme Saharienne

La région d'étude est localisée dans l'Atlas Saharien, au sens large. Cette chaîne se compose de l'Atlas Saharien, au sens strict, et des Aurès. L'Atlas Saharien au sens strict est constitué du SW au NE par :

- les Monts des Ksours, ou Atlas Saharien Sud Occidental
- le Djebel Amour, ou Atlas Central
- et les Monts des Oulad Nail ou Atlas Nord Oriental.

L'Atlas Saharien prit naissance sur l'emplacement d'une gouttière subsidente, entre la Meseta Oranaise et la Plateforme Saharienne. Pendant le Secondaire et le Tertiaire, s'y déposèrent les sédiments néritiques et continentaux. Enfin, au Tertiaire, tous les sédiments furent plissés. C'est ainsi l'histoire sédimentaire d'une chaîne intracontinentale.

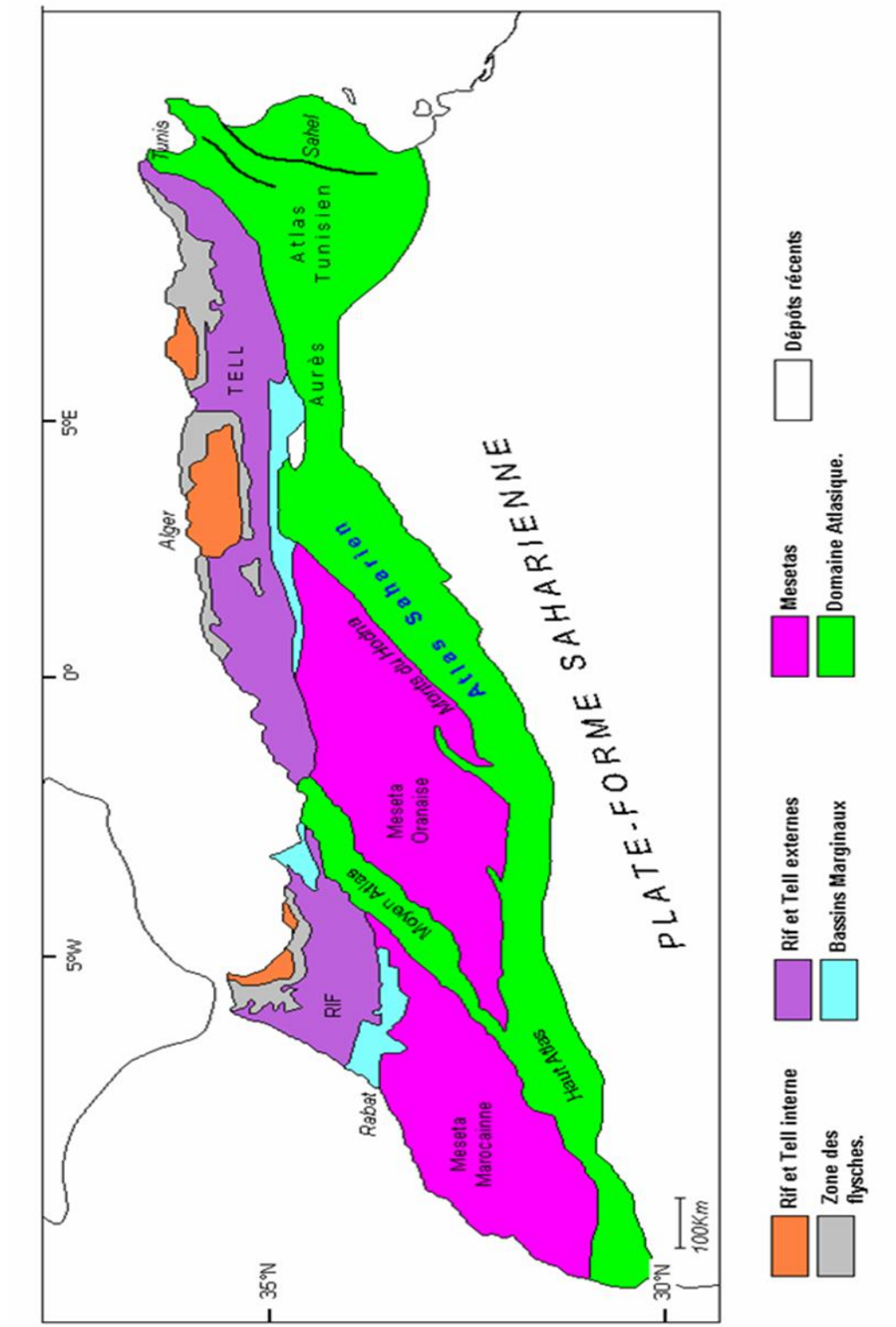


Figure 4: les grandes unités structurales de l'Afrique du nord (a. Caire 1967)

I.3 Géologie de l'Atlas Saharien

Présentation géologique de l'Atlas saharien dans son cadre régional : L'Atlas saharien (fig.6) fait suite au haut Atlas marocain et se continue à l'Est vers l'Atlas tunisien. C'est dans les monts de l'Atlas saharien que l'on rencontre les plus hauts sommets d'Afrique du Nord. Dans le haut Atlas marocain, le sommet de Djebel Toubkal culmine à plus de 4000 m d'altitude et en Algérie, le djebel Chélia culmine à 2328 m. Le domaine atlasique est séparé du Sahara par une énorme faille d'ampleur continentale, elle est continue depuis le Maroc (Agadir) jusqu'en Tunisie (Gabès) passant en Algérie par Biskra, Laghouat... C'est un accident majeur qui limite au Nord l'Atlas saharien (domaine plissé) de la plate-forme peu ou pas plissée d'où l'appellation d'Accident Sud Atlasique (ASA). L'Atlas saharien est limité des hauts plateaux par des failles en échelon qui se suivent d'ouest en est, elles forment L'Accident Nord Atlasique (ANA) non caractéristique comme l'ASA, il passe dans la ville de Bousâada. Ce domaine est formé de sédiments allant du Trias à l'Eocène avec le Mio-Plio-Quaternaire discordant.

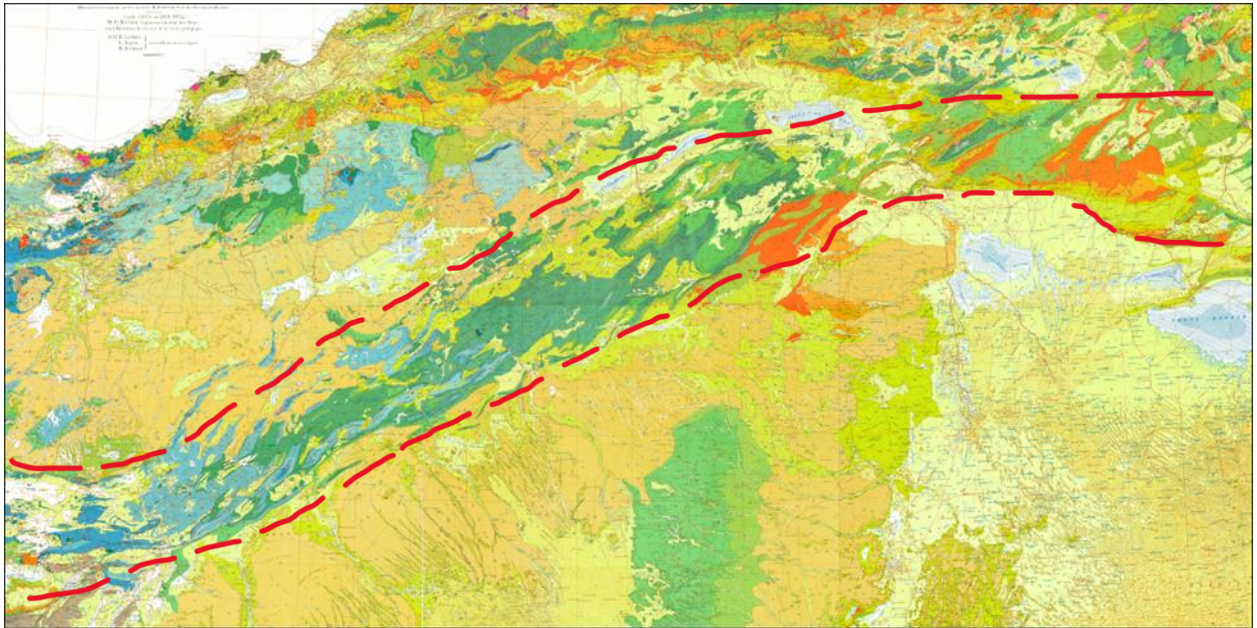


Figure 5: l'Atlas saharien dans son cadre régional

I.3.1 Stratigraphie de l'Atlas Saharien

D'après les données des travaux effectués par les auteurs (Laffite, 1939. Emberger, 1960 et Kazi-Tani, 1987) nous essayerons de faire une synthèse litho stratigraphique de l'Atlas saharien. Elle représente une sédimentation déposée dans un sillon de subsidence avec des faciès allant du Trias au Quaternaire. Sur l'ensemble de la chaîne, on remarque la dominance des terrains d'âge jurassique vers le Sud-Ouest et des terrains d'âge crétacé vers le Nord-Est, qui est due à

l'érosion différentielle très intense dans cette région et à un basculement de la chaîne d'Ouest en Est.

- Le Paléozoïque : Il n'affleure essentiellement que dans la partie septentrionale (Monts de Ghar Rouban, Tiffrit, Trairas). Il est remonté par le trias diapirique dans l'Atlas saharien. Il est constitué de gneiss, de micaschistes, de grès et de quartzites, datés par endroits (Ordovicien Dévonien, Carbonifère, Permien)
- Le Mésozoïque :
 - Trias : Il n'est connu in situ que dans quelques forages où il consiste en une série gréseuse à la base suivie d'une puissante série évaporitique comprenant des passées calcaire-dolomitiques et des intercalations volcaniques basiques au sommet. Le Trias apparaît, le plus souvent en position anormale, sous forme diapirique formant des massifs de sel associé à des argiles gypseuses et enrobant des éléments remaniés du socle cénozoïque (exemple de diapir de Ain Ouarka, des diapirs de la région Aurès-Kef. A djebel Zlarh (sud-ouest de Seklafa), le trias se met en place à la faveur d'un accident tectonique.
 - Le Jurassique, représenté par tous ses termes, affleure largement dans la partie occidentale de l'Atlas Saharien. A l'Est, excepté les affleurements connus au cœur de l'anticlinal du Ravin Bleu de Batna, le Jurassique n'est montré que par les sondages des pétroliers. b.1- Le Lias : Après l'épisode évaporitique du Trias supérieur, le caractère marin s'accroît durant le Lias. Le faciès calcaire-dolomitique évolue progressivement vers les marnes du Lias supérieur. Le caractère marin du Lias s'affirme par l'apparition de calcaires dolomitiques et oolithiques indiquant un milieu ouvert aux influences pélagiques sans pour autant être très profond. Le Lias débute par un niveau carbonaté qui coiffe les séquences évaporitiques du Keuper. En divers points de l'Atlas saharien, ce niveau est d'âge Rhétien. Les affleurements liasiques sont connus dans l'Atlas Saharien occidental et dans le haut Atlas Marocain. Ils montrent un caractère calcaire-dolomitique et des épaisseurs allant de 1000 à 1200 m Cornet, 1952 La série présente un infra-lias dolomitique et calcaire-dolomitique à inter lits argileux dans le Djebel Melah, et un Lias essentiellement carbonaté (Bassoulet, 1973).
 - Le Dogger est réparti, du nord au sud, en différents domaines paléogéographiques. Dans la partie sud des hauts plateaux oranais et de

l'Atlas saharien occidental, on relève au Bajocien supérieur les traces d'une sédimentation détritique qui traduit la proximité d'une activité fluvio-deltaïque. Il présente une alternance de marne, marno- calcaire et calcaire par endroit, et des faciès pro-deltaïques caractérisés par des argiles silteuses et des carbonates alternant avec des calcaires massifs à d'autre endroit (ex. Djebel Amour) (Abed,1982).

- Le Malm : L'extension des faciès gréseux vers le nord montre que la régression amorcée dans la fosse atlasique à la fin du Dogger s'accroît. Durant cette période, s'opposent les domaines marins au nord et les domaines continentaux ou deltaïques au sud. Le Malm est décrit dans les monts des Ksour comme étant une série deltaïque complète, composée de calcaire de haute énergie, bioclastiques à polypiers (Delfaut, 1973), montrant des épisodes gréseux au Kimméridgien et des calcaires massifs au Portlandien (Ait Ouali, 1982).
- Le Crétacé : Il affleure dans l'ensemble de l'Atlas saharien. Ses sédiments détritiques et siliceux connaissent leur plus grand développement dans l'Atlas saharien occidental avec des épaisseurs de 1200 m.
 - Le Néocomien-Barrémien : Cette période est caractérisée par une régression maximum au Barrémien avec un retrait de la mer de l'Atlas tellien, du môle constantinois et du NE de la fosse atlasique. Les faciès présentent le plus souvent des alternances d'épisodes argilo-gréseux et de niveaux carbonatés.
 - L'Aptien : Dans le Hodna et les Aurès, c'est un bref épisode marin transgressif à carbonates et récifs. Vers le sud et l'ouest, les faciès gréseux dominant et traduisent un régime fluvio-deltaïque. Cependant, dans la fosse atlasique, rien ne permet de distinguer l'Aptien de l'Albien, sauf dans la région de Laghouat où des dépôts calcaires ont été retrouvés.
 - L'Albien : Deux ensembles lithologiques se distinguent. Dans l'Atlas Saharien, l'Albien gréseux à la base, évolue vers des faciès flysch vers le sud. Dans le Tell, il est représenté par un faciès argilo-gréseux.

Enfin dans le sud-est Constantinois, là où la transgression est déjà amorcée, l'Albien est carbonaté. Dans l'Albien supérieur, des dépôts de marnes et de calcaires succédant aux faciès gréseux du Tell et de l'Hodna, annoncent la transgression majeure du Crétacé supérieur.

- Le Turonien : A l'exception de certaines zones des hauts plateaux et du Constantinois, la mer recouvre tout le Nord de l'Algérie et le Sahara. Les faciès cénomaniens sont remplacés par des marnes à lamellibranches et échinodermes.
 - Le Sénonien : Il s'agit d'une sédimentation marno-calcaire à lumachelles. La paléogéographie précédente persiste jusqu'au Sénonien supérieur, avec un léger approfondissement marin et, à nouveau, une microfaune pélagique abondante.
- Le Cénozoïque : Le cénozoïque continental repose en discordance sur n'importe quel terme du Mésozoïque.

Il correspond à des séries rouges et conglomératiques post-coniaciennes sauf dans le synclitorium de Selim (Djelfa), où il repose sur les Dalles maestrichiennes. Au niveau de l'Atlas Saharien centro-oriental, le paléocène est représenté par des calcaires lacustres rouges. L'Eocène et l'Oligocène sont caractérisés par une sédimentation subaérienne rouges avec un Lutétien observé du côté de Biskra, composé de galets à calcaires nummulitique. Le Mio-pliocène repose en discordance angulaire sur les séries inférieures et il est composé essentiellement de sables argileux rouges, chargés de conglomérats. Au niveau de l'Atlas Saharien occidental.

Les dépôts post-turonien sont mal datés et représentés par des séries conglomératiques d'origine continentales (molasse) localisée sur les flancs des structures et en bordure sud atlasique où elles peuvent atteindre 500 à 1000 m, ces dépôts précèdent les paroxysmes alpins et sont le reflet de l'exondation de l'édifice à la fin du Crétacé.

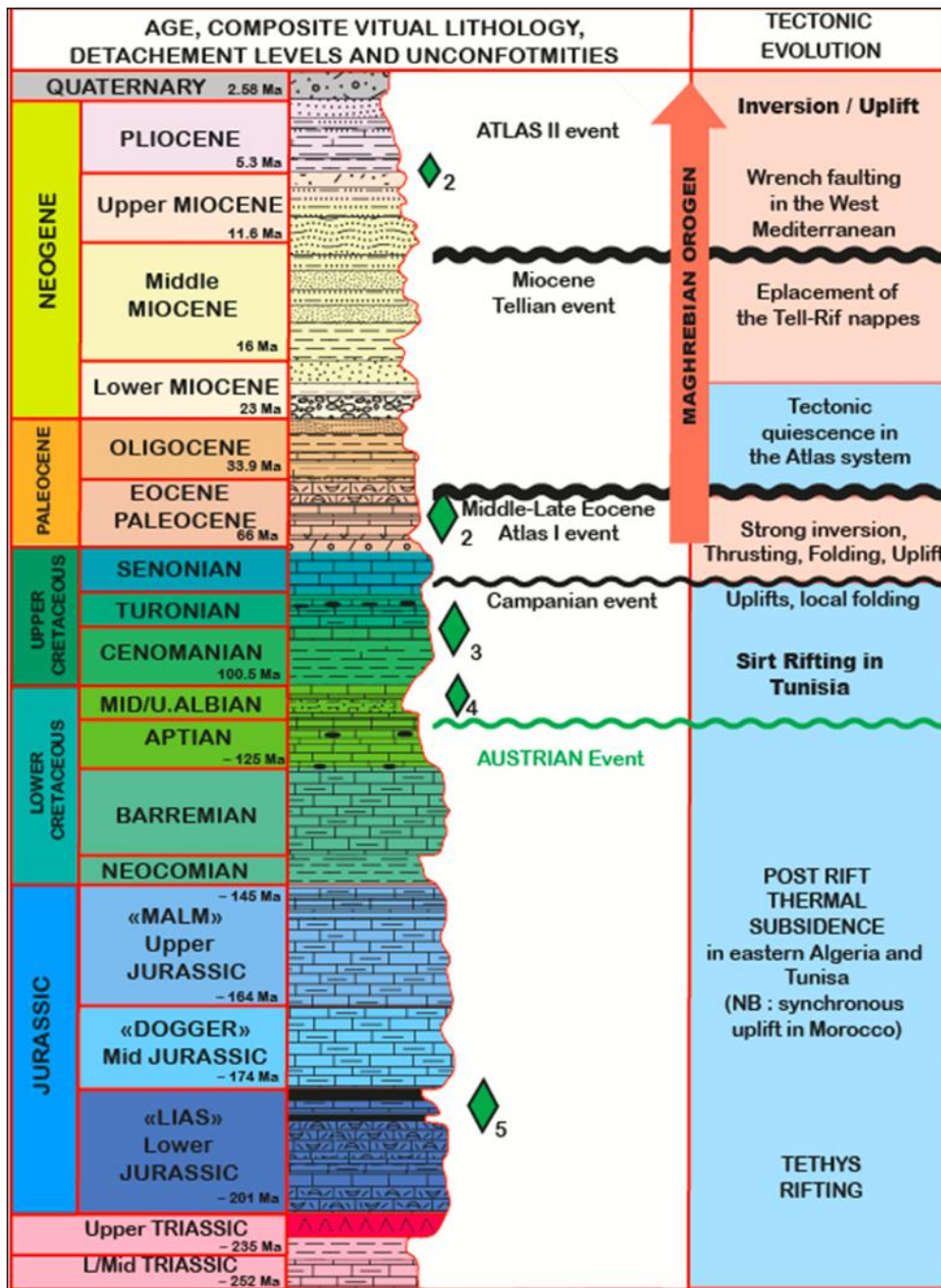


Figure 6: Log stratigraphique de l'Atlas Saharien

I.4 Géologie de L'atlas Central

L'Atlas Saharien Central est limité au Nord et au Sud par respectivement, les accidents nord et sud atlasique dont la géométrie montre la rotation évoquée précédemment. Il est caractérisé par des plis synclinaux et anticlinaux de grande dimension tantôt très allongés avec des flancs longs et des flancs courts, tantôt sous forme de dômes ou bombements à cœur érodé. L'Atlas Saharien Central est caractérisé par deux directions structurales principales. La première, dans la partie occidentale, caractéristique de l'Atlas Saharien, est représentée par des

structures allongées suivant une direction NE-SW. La seconde, localisée à l'Est, a subi une déviation ou torsion donnant une direction presque EW. A l'affleurement, le Méso-Cénozoïque couvre la totalité de l'Atlas Saharien Central. Par contre les séries plus anciennes (paléozoïques), n'affleurent pas. Le Jurassique supérieur n'affleure qu'à la faveur d'accidents. Ces terrains constituent des chaînons très allongés, correspondant à des plis tronqués sur un des flancs et parfois découpés et morcelés. Il existe également des pointements de terrains triasiques, liés généralement à l'intersection de plusieurs directions d'accidents. Un autre accident majeur s'observe à l'intérieur de la chaîne, haché et décalé, toujours jalonné par un noyau jurassique et des pointements triasiques. S'ajoute à cela, des accidents orientés NW-SE et N-S à NE-SW. Les derniers jeux de ces accidents sont responsables de la physionomie actuelle de la chaîne.

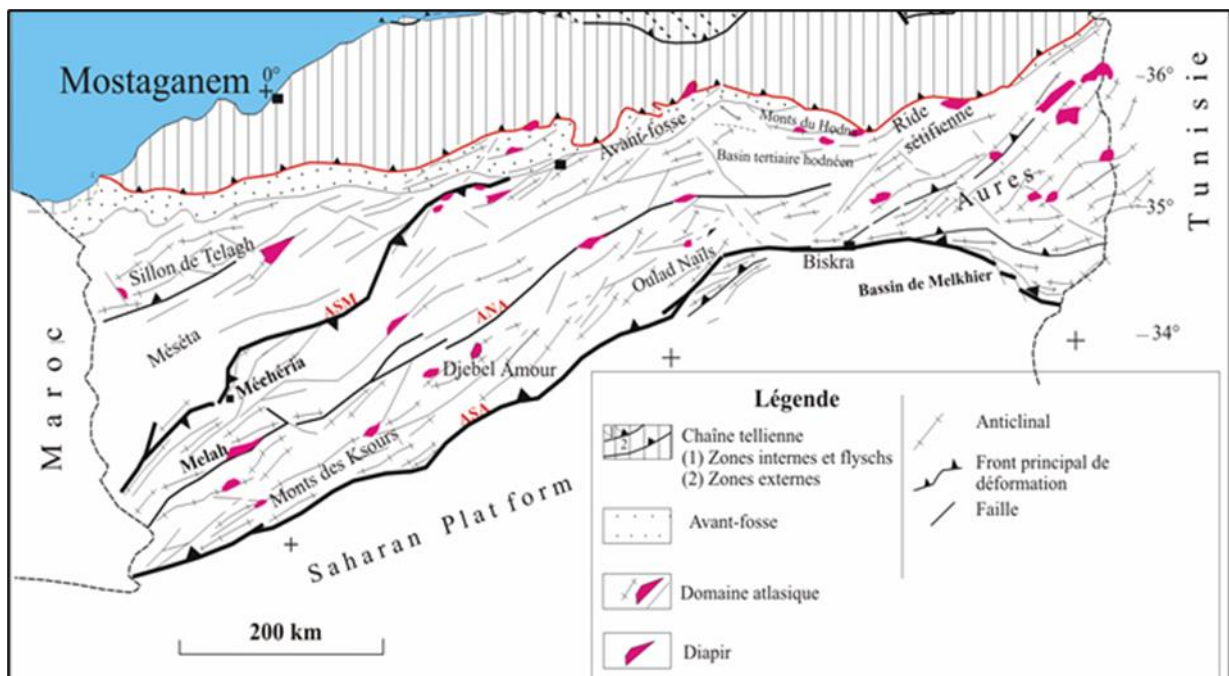


Figure 7: Schéma structural de l'Atlas Saharien

I.4.1 Stratigraphique de l'Atlas Central :

La sédimentation de l'Atlas saharien central présente les caractères suivants :

- Le substratum Paléozoïque :

Le Paléozoïque n'est pas connu dans ce segment de la chaîne car il se trouve à une très grande profondeur.

- La série Mésozoïque :

- LE TRIAS : Cette série reste mal connue en. En surface, elle affleure en contacts anormaux, par extrusion facilitée par des accidents. Elle est constituée d'argiles bariolées et salifère révélatrice de la constitution lithologique de la partie sommitale du Trias. La base serait composée d'une série argilo gréseuse connue par les pétroliers sous le nom du TAG (Trias Argilo Gréseux).

La sédimentation au cours du Trias dans le domaine Atlasique fût syntectonique, Cette sédimentation est associée à des flux thermiques aussi bien perceptible au nord Saharien datée d'environ 200Ma, et une activité volcanique. Ce qui a permis à Laville et Piqué de décrire une tendance d'une ouverture NE-SW 'Rift Atlasique' qui s'étend depuis l'Atlas Moyen jusqu'au Haut Atlas Central, parallèle au rift Atlantique.

Compte tenu de ces indices, on peut penser que ce Trias est lithologiquement comparable au Trias de la plateforme Saharienne et que sa partie inférieure serait détritique.

- LE JURASSIQUE : Une bonne partie du Lias reste également inconnue que ce soit en affleurement ou en subsurface. Les tentatives de reconnaissance en profondeur n'ont pas été fructueuses, néanmoins la partie sommitale visible en surface et traversée par des sondages révèle la formation d'un ensemble argilo calcaire. La partie inférieure correspondant à un milieu lagunaire serait formée d'un ensemble argilo anhydritique

(Le Jurassique de l'Atlas Saharien central et du Hodna : Sédimentologie – Aspect pétrolier. SONATRACH).

Le Dogger, peut se résumer en deux parties

Première partie : Une formation Bajocienne à la base, très épaisse et composée essentiellement de grés avec des passées de dolomies, d'argiles et de calcaires.

Deuxième partie : Une formation Bathonienne très réduite, argilo carbonatée avec au sommet des grés à ciment argilo carbonaté et ferrugineux.

Quant au Jurassique supérieur, il se caractérise par d'épaisses séries grés-argileuses issues de la progradation d'anciens systèmes deltaïques sur une plateforme carbonatée au Callovo-Oxfordien (grés de Kerakda et Argiles silteuses de l'Aouidja) et au Kimméridgien supérieur – Portlandien (grés et argiles rouges de Kourdane) le long de l'Atlas Saharien, ainsi que des séries carbonatés parfois récifales au Kimméridgien

inférieure (Récifs de l'Azreg, calcaires à polypiers de l'Aouidja et les récifs de Hassi M,guita).

1.4.2 Malm

Le Jurassique supérieur de l'Atlas Saharien central est composé de sédiments essentiellement carbonatés dans les Monts des Ouled Nail, des séries mixtes dans le Djebel Amour oriental et gréseux de nature deltaïque dans le Djebel Amour et les monts des Ksour.

Ce dispositif résulte de la progradation du delta des Ksour (issu de l'ancien fleuve paléo Niger J. DELFAUD et all. 1987) sur une plateforme carbonatée.

S. ABED et M. HERKAT en 1982, ont défini 5 séries Jurassiques dans l'Atlas Saharien. Le nom de chaque série provient de la carte ou les affleurements sont le plus caractéristiques. On distingue de bas en haut les séries de :

- I. EL BAYADH (Bathonien / Callovo-Oxfordien).
- II. BREZINA (Kimméridgien inférieur / Kimméridgien supérieur).
- III. LAGHOUAT (Kimméridgien supérieur / Portlandien supérieur).
- IV. AIN RICH (Portlandien supérieur / Berriasien).
- V. BOU SAADA (Berriasien / Néocomien).

Ces séries sont séparées par des discontinuités d'ordre différent et d'origine eustatique et/ou tectonique (M. HERKAT 1982).

Le découpage stratigraphique du Jurassique supérieur suivant a été proposé par M. Herkat en 1982, après révision de l'ancien découpage déjà effectué par D. Basseto et J. Guillemont 1972 :

- Oxfordien supérieur :
C'est la formation infra dolomitique de Hassi Mguita constituée par des grès à nodules, déposés dans un milieu de barres ou de cordons deltaïques indiquant la progradation du complexe deltaïque jusqu'à la région des Ouled Nail durant l'Oxfordien supérieur. Ces grès sont surmontés par des marnes.
- Oxfordien supérieur à Kimméridgien inférieur :
Il est constitué de marnes grises à Ammonites de Hassi M'guita, renferme une association d'espèces d'Ammonites très variées. M.HERKAT signale une découverte de M. Dereumot, une Ammonite datant du Kimméridgien inférieur qui donne une nouvelle précision sur le gisement, il s'agit de la zone à Streblites tenuilobatus.

Ce passage correspond à la discontinuité limitant la série d'EL BAYADH de la série de BREZINA. Il marque la transition brusque de la sédimentation deltaïque à une sédimentation de milieu marin ouvert :

- Dans le Dj. Amour : cette discontinuité est caractérisée par des grès quartzitiques surmontés par des marnes et calcaires.
- *Dans les Ouled Nail* : la discontinuité se manifeste par des grès surmontés de marnes silteuses et accompagnée par un niveau de condensation du passage Oxfordien / Kimméridgien dit le niveau rouge « Ammonitico-rosso ».
- Kimméridgien inférieur :

Cet âge est attribué à la série récifale de Brezina, c'est une succession séries carbonatée qui associe :

- Des calcaires récifaux construits.
- Des calcaires à Codiacées,
- Marnes et calcaires oolithiques ; le sommet de ce terme est caractérisé par l'apparition des *Pseudocylamines* datant du Kimméridgien supérieur.
- Marnes et calcaires à *Ostracodes*.

Ces séries carbonatées marquent l'interruption de la progradation deltaïque.

- Kimméridgien supérieur à Portlandien inférieur :

Cette époque correspond à une sédimentation essentiellement terrigène, caractérisée par un degré de confinement élevé à certaines époques et par l'établissement d'estrans tidaux (M. HERKAT 1982).

Au Dj. Tebag, la série de Laghouat est datée du Kimméridgien supérieur à Portlandien inférieur. La nature des intercalations dans les marnes permet de subdiviser cette série en deux sous séries :

- Sous série inférieure à intercalations de calcaire oolithique à la base et un terme marneux au sommet.
- Sous série supérieure à intercalations de calcaires lumachelliques.
- Portlandien supérieur :
Il est constitué par des calcaires à bioturbations intenses et se distingue par des surfaces durcies, les marnes apparaissent à la base et au sommet de la formation.
- Portlandien supérieur à Berriasien :

Il montre des faciès calcaires à intercalations marneuses dans la partie médiane, les calcaires sont caractérisés par la présence d'organismes encroûtant et constructeurs

- LE CRETACE :
 - Le Crétacé inférieur : Il se décompose en deux séries à dominante détritique : KI du Néocomien – Barrémien et KII de l'Albien inférieur, séparées par l'intervalle carbonaté (ou argileux) de l'Aptien. Au-dessus de la discontinuité complexe du passage Jurassique – Crétacé, une puissante formation détritique se dépose au-dessus des termes carbonatés littoraux du Bérriasien-Valangien. Il s'agit de la formation des 'Grès à dragées'. A l'Aptien, une transgression marine, venant de l'Est, commune à tout le domaine téthysien (J. Delfaud 1986), dépose une formation calcaire (Calcaire à Orbitolnes), et qui entraîne une rétrogradation du delta. C'est précisément à l'Ouest de Laghouat que cette formation passe rapidement à une combe argileuse à gypse. A l'Albien inférieur, la progradation deltaïque reprend, avec des nappes détritiques rouges, grossières. Ces nappes détritiques atteignent les Aurès. C'est le terme ultime de l'avancée du delta.
 - Le Crétacé supérieur : Les événements tectoniques et eustatiques de l'Albien supérieur – Vraconien interrompent définitivement cette sédimentation détritique qui laisse place à des dépôts de plateforme carbonatée au Crétacé supérieur.

Dans cette partie de l'Atlas, la série s'achève avec les calcaires et dolomies à silex du Turonien qui forment l'ossature des synclinaux perchés.

- La série Tertiaire : Le Tertiaire est surtout marqué par la surrection de l'Atlas Saharien et le développement de formations conglomératiques, molassiques dues à l'action intense de l'érosion sur un pays structuralement jeune

L'érosion et les dépôts continentaux se poursuivent jusqu'au Quaternaire.

LOG	UNITES LITHOSTRATIGRAPHIQUE FORAMNTIONS	INDICE		AGE		
			TC	TERTIAIRE CONTINENTAL		
		C ^s	3-5	SENONIEN S.L		
	Brre Dolomitique	C ^t	C ²	TURONIEN		
	Argille à gypse	cn	C ¹	CENOMANIEN		
	Calcaire Fin blanc		n ⁷	ALBIEN SUP		
	Grés à dragées supérieur		n ⁶	ALBIEN INF		
	Barre calcaire intra-gréseuses		n ⁵	APTIEN		
	Grés a dragées inférieurs	cl	n ²⁻⁴	VALANGIEN BARREMIEN		
	Brre Calcaire pottandien		j ⁶ⁿ	PORTLANDIEN- BERRIASIEN		
	Marne gypseuses		j ⁵⁻⁶	KIMMERIDGIEN TERMINAL A PORTLANDIEN		
	Grés intermediaires	j ^{sa}	j ^{sd}	KIMMERIDGIEN SUPERIEUR		
	Marno-calcaire bleuté					
	Repère Massif calcaire					
	Marne gypseuse et calcaire lumachellique		j ^{sc}	KIMMERIDGIEN INFERIEUR		
	Couche lie vin Grés supérieur Grés belges		j ^{sa}			
	Calcaire à polypier		j ^{sc}			
	Marno-calcaires à AMMONITES De Azreg	j ^{si-2}	j ³⁻⁴	OXFORDIEN		
	Grés Inférieur					
	Argille silteuse	j ^m	j ¹⁻²	DOGGER		
	Argile violine et roches vertes	t	t ³	TRIAS		

Figure 8: Log litho stratigraphique de la carte géologique à Laghouat ou l'échelle 1/20000 (GULLEMOTJ 1984)

I.5 Phases tectoniques

L'Afrique du nord a été découpée en blocs par des décrochements majeurs de direction NESW ainsi que des failles normales de même direction, contrôlant l'évolution sédimentaire post-hercynienne du domaine atlasique (Kazi Tani, 1986). Les sédiments méso-cénozoïques de

l'Atlas Saharien se sont déposés dans un bassin subsidente à remplissage carbonaté et deltaïque (Herkat, 1999 et Laville, 1985).

Au Trias, l'Atlas Saharien a été soumis à un régime lagunaire (Emberger, 1960), caractérisé par une série évaporitique (salifère) très épaisse avec à sa base des dépôts détritiques et à son sommet des carbonates. Une importante transgression marine au Jurassique couvre surtout l'Atlas Occidental et Central. Un approfondissement considérable du sillon atlasique, débute au Lias avec des dépôts Exclusivement carbonatés. Le Dogger-Malm se caractérise par des apports détritiques très importants, qui se développent jusqu'au Crétacé inférieur marquant la fin du comblement du bassin (Caire, 1970 ; 1971 ; Kazi Tani, 1985 et Guiraud, 1990). Au Cénomaniens, une mer largement ouverte sur la Mésogée, revient. Au Crétacé supérieur (Sénonien), un processus d'émersion s'engage du SW vers le NE dans l'Atlas Saharien, coïncidant avec le début du plissement atlasique. Cette amorce s'amplifie à l'Eocène moyen, et représente la phase orogénique majeure du cycle alpin. Cette phase est responsable du passage du bassin atlasique vers une chaîne intracratonique déformée.

Le Mio-Pliocène et le Quaternaire dans l'Atlas Saharien sont caractérisés par une phase compressive déformant ou accentuant les anciennes structures, donnant à l'Atlas Saharien son visage actuel.

L'Atlas Saharien Central, comme tout le reste de la chaîne ou le Nord de l'Algérie, a enregistré les effets de plusieurs phases de déformation distinctes. De nombreuses phases tectoniques ont été reconnues dans la couverture sédimentaire au cours du Secondaire- Tertiaire et Quaternaire.

L'Atlas Saharien Central a été également le siège d'une tectonique ancienne hercynienne qui a influencé la sédimentation et guidé les nouvelles phases de déformation.

- Phase Néo-Cimmérienne (Cimmérienne)

La première phase caractéristique dans l'Atlas Saharien se situe au passage du Jurassique/Crétacé (Berriasien- base du Néocomien) (Kazi Tani, 1970 ; 1986 ; Bettahar et al. 2004 ; 2006 et 2007). Elle est exprimée également dans les Babors (Durand Delga, 1969) et au Sahara (Sonatrach in Conrad. 1979-1980)

- Phase Autrichienne

Cette phase de déformation a été reconnue en Tunisie (Buroillet, 1956), au Zaccar où l'Albien supérieur repose en discordance sur le Jurassique et même sur le Paléozoïque (Maluski et al

1979) et dans les massifs de Boutaleb (Monts du Hodna) (Bertraneu, 1955). Généralement cette discordance est reprise par les déformations postérieures, oblitérant complètement ses indices.

- Phase laramienne

Elle débute à la fin du Turonien et se poursuit au Sénonien. Elle se manifeste généralement par des plis orientés NW-SE (Bertraneu, 1952 ; Guillemot, 1972 et Guiraud, 1990). Ces structures sont bien représentées dans l'Atlas Saharien (Kazi Tani, 1986), avec parfois des dépôts conglomératiques au Sénonien (Bertraneu, 1952).

- Phase Atlasique

C'est une phase majeure, responsable de la surrection de l'édifice atlasique (Laffite, 1939 ; Aissaoui, D. M., 1979 ; Aissaoui, D., 1984 ; Guiraud, 1990 ; Addoum, 1995 ; Ghandriche, 1991 ; Bettahar et al. 1996 et 2007). Elle est caractérisée par des plis généralement coiffés orientés NE-SW à terminaison conique, ainsi que des accidents majeurs parallèles aux plis limitant l'Atlas Saharien de la Plateforme Saharienne au Sud et du Pré Atlas au Nord.

- Phase Mio-Pliocène

C'est également une phase majeure compressive connue dans tout l'atlas. Elle a donné naissance à des plis orientés E-W à vergence Sud et structure l'Atlas Saharien lui donnant la configuration actuelle (Aite, 1994)

- Phase Quaternaire

C'est une phase connue surtout dans l'Atlas Saharien Oriental, elle accentue les phases précédentes (Philip et al. 1977). Le rapprochement Afrique-Europe produit une chaîne de collision à partir de l'Eocène. Les événements majeurs de l'Eocène moyen et du Mio-Pliocène ont également été mis en évidence dans le Tell (Belhai, 1987 ; 1996 au Chenoua, Bettahar, 1990 à Sid Ali Bouna Grande Kabylie et Mahdjoub, 1991 ; Mahdjoub et al. 1990 à Collo- Petite Kabylie) et dans l'Atlas Saharien (Guiraud, 1986 ; Kazi Tani, 1986 et Bettahar et al. 2007)

Formations dans lesquelles ont été observé	COMPRESSION	DISTENSION
Ages des phases de déformation	Compression ou Transpression	Distension ou Transtension
PLIOCENE		
MIOCENE		
EOCENE		
SENONIEN		
TURONIEN		
BARREMIEN		
NEOCOMIEN		
MALM		
TRIAS		
PALEOZOIQUE		

Tableau 1: les différentes phases de déformations enregistrées

Au cours de l'histoire de la chaîne atlasique (Bettahar.2009)

I.5.1 Les Accidents

Mis à part les principaux linéaments tectoniques évoqués ci-dessus la région comptent des accidents mineurs et majeurs, parmi lesquels on peut citer :

- L'accident d'EL BAYADH : linéament tectonique majeur et orienté NE - SW qui se suit depuis la localité du Khôder au Nord Est d'El Bayadh et se prolonge au nord de la ville d'Aflou. Cet accident correspond à une faille inverse qui a joué dès le Lias moyen délimitant ainsi un domaine Atlasique au sens strict au sud et un domaine pré Atlasique au nord (R.AIT OUALI1991).
- L'accident d'El Kohol (Brézina) : représente l'Accident sud Atlasique dans la région, situé à 35Km au Sud Est de Brezina et à environs 120Km au Sud d'El Bayadh près de la marge Sud de l'Atlas Saharien occidentale sens strict.

C'est une zone à déformation polyphasée où sont décelées les traces de trois phases majeures distinctes :

Une phase sénestre, résultant d'un raccourcissement orienté Nord Est Sud-Ouest d'âge Crétacé supérieur.

Une phase dextre, résultant d'un raccourcissement orienté Nord Est Sud-Ouest d'âge Eocène supérieur.

Une phase compressive compatible avec un raccourcissement maximum Nord-Sud est probablement Mio - Pliocène (A. BETTAHAR, H. HABANI et M. MEDAOURI 1996).

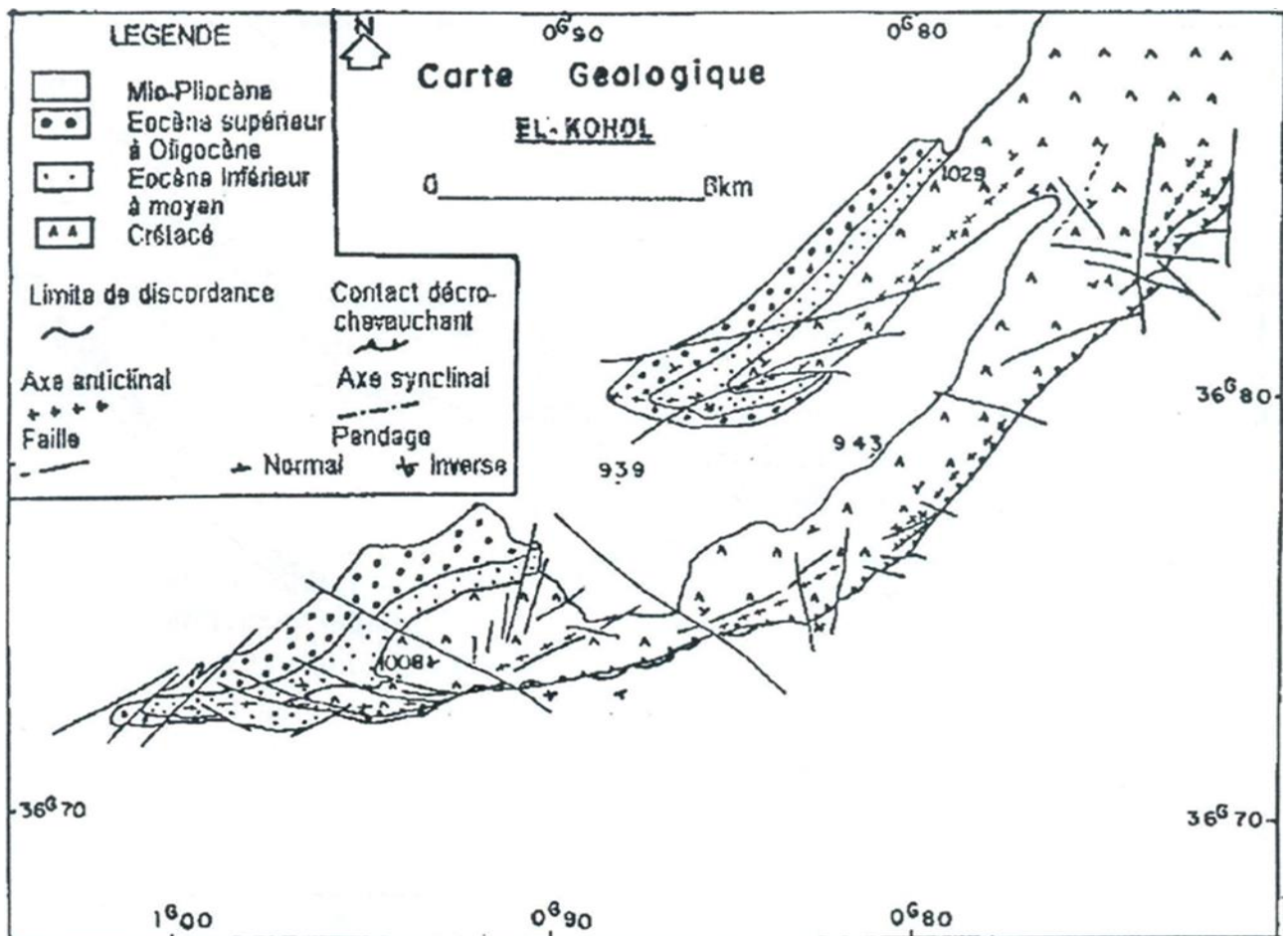


Figure 9: Accident d'El Kohol 'Brezina' (d'après Bettahar et Mattaeur 1996 – Bulletin CGS)

- L'accident du Djebel Tebag d'Ain Rich : il imite le Djebel Tebag au Nord avec une direction Sud-Ouest – Nord Est séparant des assises de Ain Khaloua essentiellement argilo gréseuses d'âge Crétacé inférieur (Emberger 1960).

Cette structure avec les massifs annexes du Harraza et Ladjdar sont encadrés par plusieurs accidents dont le plus important dans sa partie septentrionale aurait entraîné les calcaires récifaux d'âge Oxfordien supérieur– Kimméridgien inférieur à l'affleurement en les mettant en contact anormal avec le Crétacé inférieur (Néocomien).

Cet accident se prolonge à l'Ouest jusqu'à Hassi M, guita.

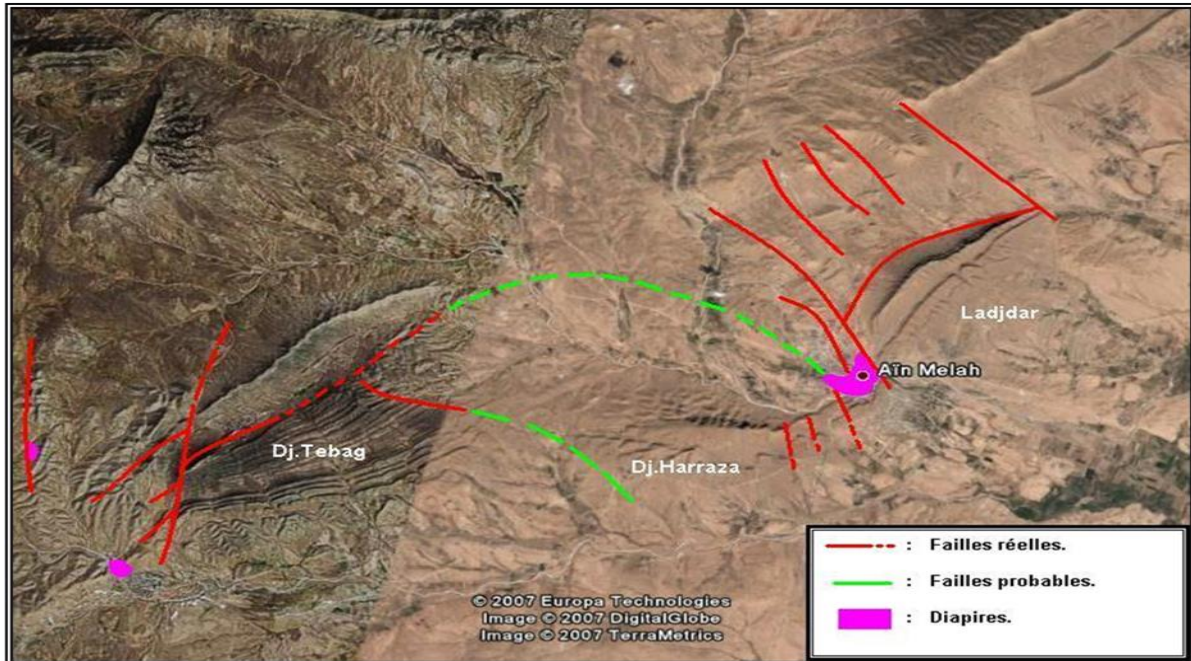


Figure 10: Accident du Dj. Tebag d'Ain Rich. Schéma structural sur photo satellite Google Earth

- Les accidents Nord-Ouest – Sud Est : ces accidents correspondent le plus souvent à des décrochements $N100^{\circ}$ à $N120^{\circ}$ et paraissent actifs dès la fin du Jurassique (S. Guellal 1991).
- Les accidents Nord Est – Sud-Ouest : ce sont des accidents anciens qui correspondent aux directions privilégiées des cassures profondes du socle héritées dès la fin de la phase Hercynienne et le début du Lias (S. Guellal 1991).

Chapitre II

Description des puits

II Description des puits

Introduction

Dans ce deuxième chapitre, nous abordons l'étude stratigraphique de la région d'Aïn Madhi et d'autres secteurs adjacents de l'Atlas Saharien. L'analyse stratigraphique repose à la fois sur des travaux antérieurs et sur des forages récents, notamment ceux réalisés par la SONATRACH. Le but de cette analyse est de mieux comprendre les différentes formations géologiques qui composent le sous-sol de cette région, particulièrement celles du Jurassique inférieur. En nous appuyant sur des données lithologiques détaillées, nous visons à identifier les structures stratigraphiques et les potentielles ressources en hydrocarbures associées à ces formations.

II.1 Stratigraphie du secteur d'étude

Les affleurements les plus anciens du périmètre AIN MADHI sont d'âge jurassique moyen, présents généralement au cœur des anticlinaux formant les reliefs les plus importants de la région, sous forme de barres (calcaire ou gréseuses)

La figure suivante est représentée le positionnement des puits de notre région d'étude.

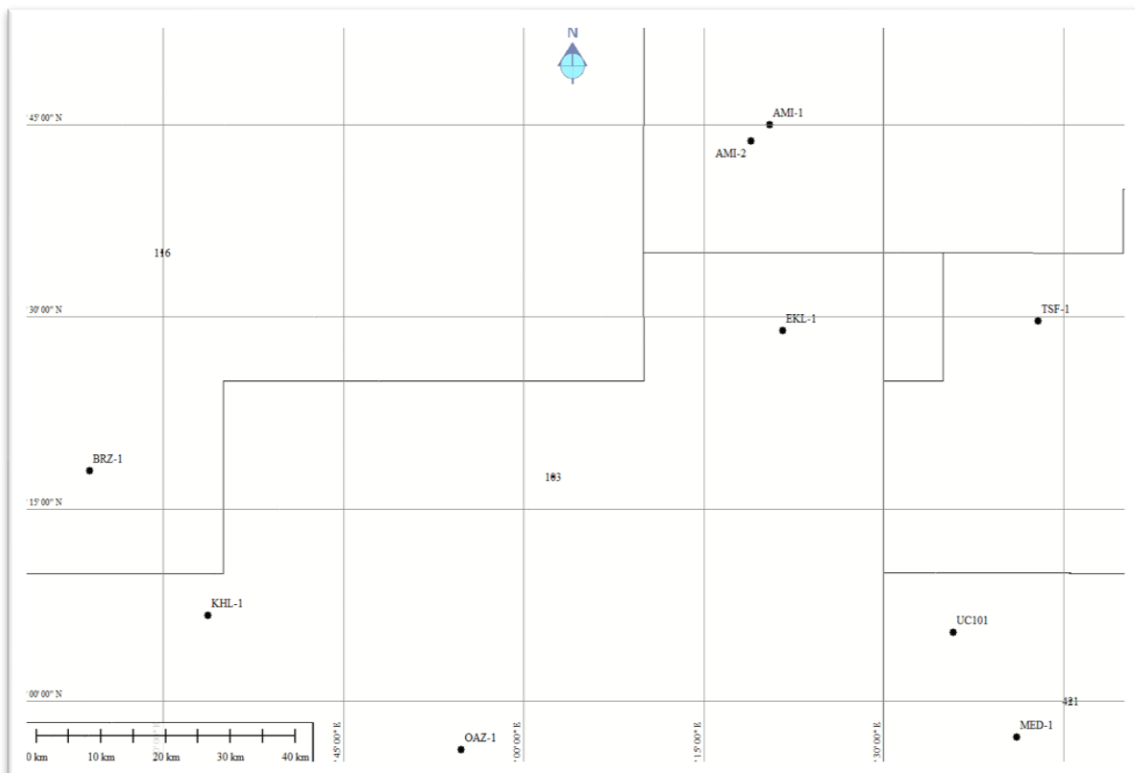


Figure 11: Représentation de positionnement des puits de la région d'étude (Sonatrach)

Les formations jurassiques supérieurs en subsurface :

Pour de mieux comprendre l'agencement des séries du Jurassique inférieure dans la région, leurs évolutions verticales et latérales et compléter les coupes de surface, on aura recours à l'étude de certains forages effectués dans la région par la SONATRACH et qui traversent entièrement ou partiellement les formations du Jurassique supérieur en profondeur.

*Les forages traités à cet effet sont les suivants :

- -KHL – 1 : Ce forage se situe au sud de Brezina, dans la région d'El kohol appartenant à la marge sud de l'Atlas Saharien Occidentale. La structure d'El Kohol est complexe, elle se caractérise par deux anticlinaux d'échelle kilométrique séparés par un large synclinal

Il a connu de nombreux problèmes lors des différentes phases du forage à cause de la complexité tectonique de la région, l'incompatibilité des résultats de datation par le C.R.D (centre de recherche et de développement de la Sonatrach) avec l'étude stratigraphique séquentielle de GEORESSOURCES donne un aperçu de la délicatesse de la situation

- -AMI – 1 et AMI – 2 : Ces deux forages traversent la région de Aïn Mahdi. Cette dernière a fait l'objet d'une étude détaillée par sismique et sondage à cause de sa substructure affectée par plusieurs failles multidirectionnelles qui auraient certainement créés différents piégés d'hydrocarbures.
- Le AMI – 1 traverse le Jurassique supérieur, moyen et inférieur ainsi que des accidents profonds pour s'arrêter à 5020m de profondeur suite à des difficultés techniques. Ce puits montre des indices importants de présence de gaz (5662m³/h) dans les calcaires du Lias encourageant ainsi la société à implanter un deuxième forage près de ce dernier.
- Et les deux puits OAZ-1 et EKL-1 : Ces deux forages ont été implantés au sud, dans le sillon de Benoud. OAZ-1 est foré en 2018, il avait pour objectifs d'explorer les réservoirs gréseux du Paléozoïque, il a atteint la profondeur de 4800m dans le Cambrien. Le DST réalisé au droit du réservoir Siegénien à donner de l'huile et de gaz.

- EKL-1 a été foré en 2008, il avait pour objectifs Kheil, l'exploration des réservoirs triasique, Moscovien et Dévonien inférieur (Siegénien) qui ont montré de bons résultats vers l'Est. Il a atteint une profondeur de 4800m dans le Siegénien.

II.2 DESCRIPTION LITHOLOGIQUE

II.2.1 Puit KHL-1

Le lias s'étend de la côte 4735m jusqu'à 5106m, l'épaisseur totale est de : 371m qui comprend trois formations :

- Formation 1 : 4735-4875m : constitué de calcaire beige et gris-brunâtre, oolithique et microcristallin a cryptocristallin moyennement dur a dur avec rares passées d'argiles grise, silteuse, micacée, indurée, feuilletés et carbonatée présence de grès blanc, fin, siliceux et gris-verdâtre silico-argileux dur
- Formation2 :4875-5070m : marnes gris-clair a gris-fonce, tendre passant localement à argiles gris-fonce et gris-verdâtre, silteuse, indurée, feuilletés ou a calcaire gris-clair a gris-fonce tendre argileux et gris-brunâtre, microcristallin a cryptocristallin dur
- Formation3 ; 5070-5106m calcaire gris a gris-brunâtre et beige microcristallin parfois oolithique et gris-clair tendre, localement mouchetés, argileux

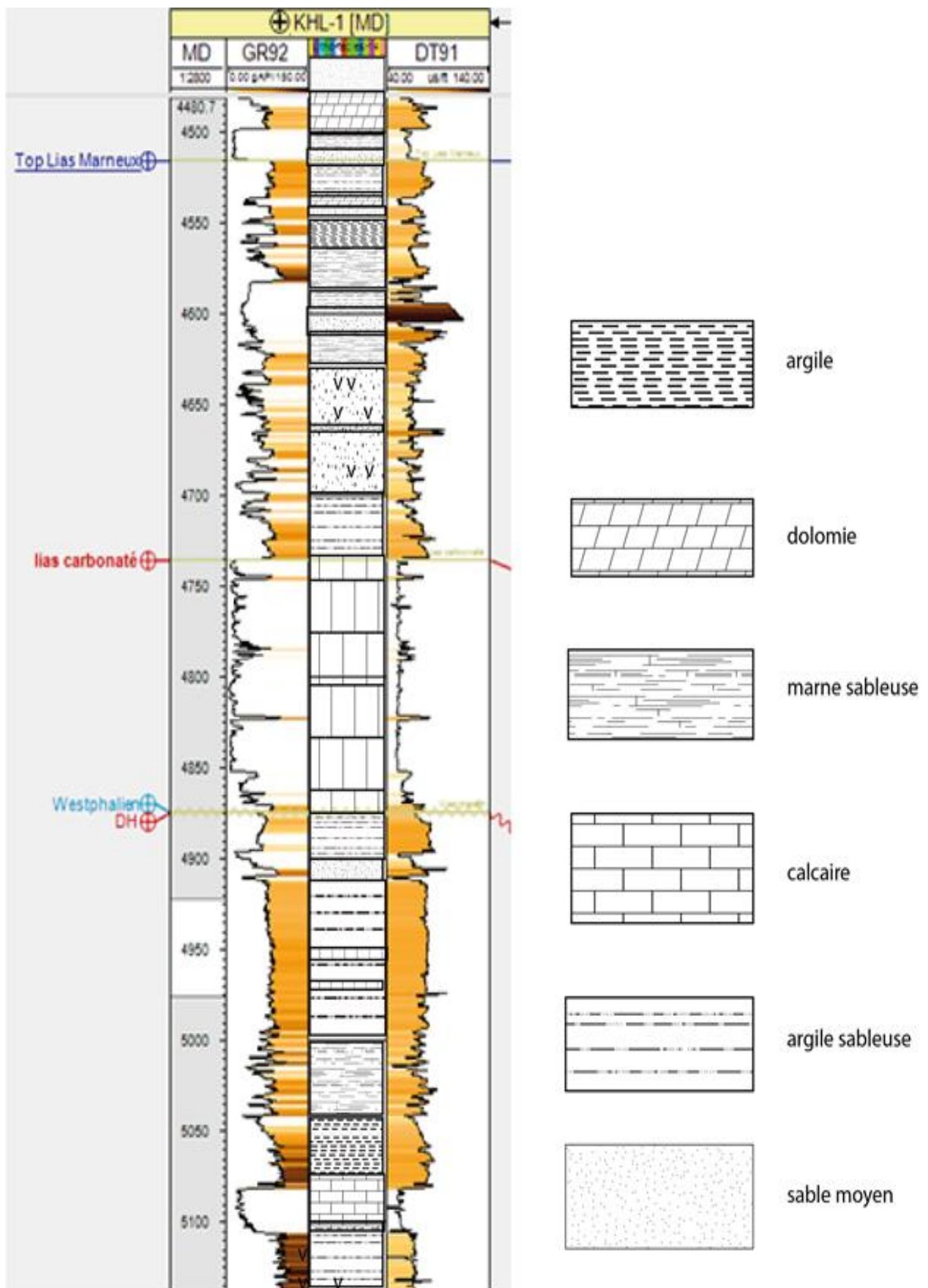


Figure 12: log litho stratigraphique du lias dans le puit KHL-1

II.2.2 Puit AMI-1

Le lias est divisé en trois parties (supérieure, moyenne, inférieure)

Le lias supérieur s'étend de la cote 2950m jusqu'à 3874m, l'épaisseur totale est de : 924m qui comprend quatre formations :

Formation 1 : 2950-3225m Intercalations de calcaire argileux, gris foncé à gris brun, beige massif à fractures pleines de calcite, fossilifères, de marne, et calcaire argileux, gris-bleu, à gris-noir massif, induré légèrement dolomitique, traces de pyrite.

CAROTTE N°06 DE 3065,5 m à 3074,5 m

RECUPERE : 100 %

❖ 3065,50 à 3068,80 m.

Calcaire gris-verdâtre avec abondantes fissures et jointes sub-verticales, fermées, Remplies de Calcite cristalline.

❖ 3068,8 à 3068,5 m

Calcaire gris-verdâtre amorphe à cryptocristallin, dense, dur, finement micacé légèrement argileux par endroit, avec quelques fissures millimétriques subhorizontales de calcite cristalline plus ou moins, déplacées par de très fins jointes lithiques réguliers, verticaux, noirs plus récents parfois pyritisés et calcite. Quelques intercalations de 4 à 5 cm, d'épaisseur de calcaire gris-noirâtre plus ou moins argileux et de plages d'argiles gris-noir, indurée, Souvent. Lustres

❖ 3068,50 à 3069,90 m

Calcaire gris-verdâtre à gris-bleuâtre, amorphe à microcristallin, dur, dense légèrement dolomitique avec macrofaunes (BRACHIOPODES), quelques fissures Calcite, quelques inclusions de pyrite, Verticales ou horizontales pleines de Calcite fines fissures et plaques verticales d'argile gris-bleu, parfois lustrées.

❖ 3069,90 à 3071,50 m

Calcaire gris-verdâtre comme ci-dessus. Avec banc de pyrite a 3070, 35 m de 0.5 millimètre. D'épaisseur et inclusions de Pyrite, localement finement gréseux.

❖ 3071,50 à 3072,40 m

Calcaire argileux talations de marne. Gris-verdâtre foncé. Marno-calcaire et fines à gris bleuâtre. Dur, dense, avec inter Tissures verticales d'argile noire,

❖ 3072,40 à 3073,90 m

Calcaire moins argileux ... idem avec quelques passées de Calcaire argileux gris-noir, fossilifère, macrofaune. Traces de fissures millimétriques verticales Termes, noires.

❖ 3073,90 à 3074,50 m

Calcaire gris-foncé à gris-verdâtre, amorphe, dur, dense, avec quelques intercalations de calcaire argileux gris-noir, avec inclusions de Pureté ensemble faiblement fissure, parfois finement gréseux.

Formation2 :3225-3425m argile grise a gris fonce-légèrement dolomitique, silteuse, finement micacée, massive, indurée parfois litée, feuilletée, nombreux fillonniste de calcite, intercalations de grès-quartzitique fin compact fracture

Grès calcaireux blone, fin a moyen

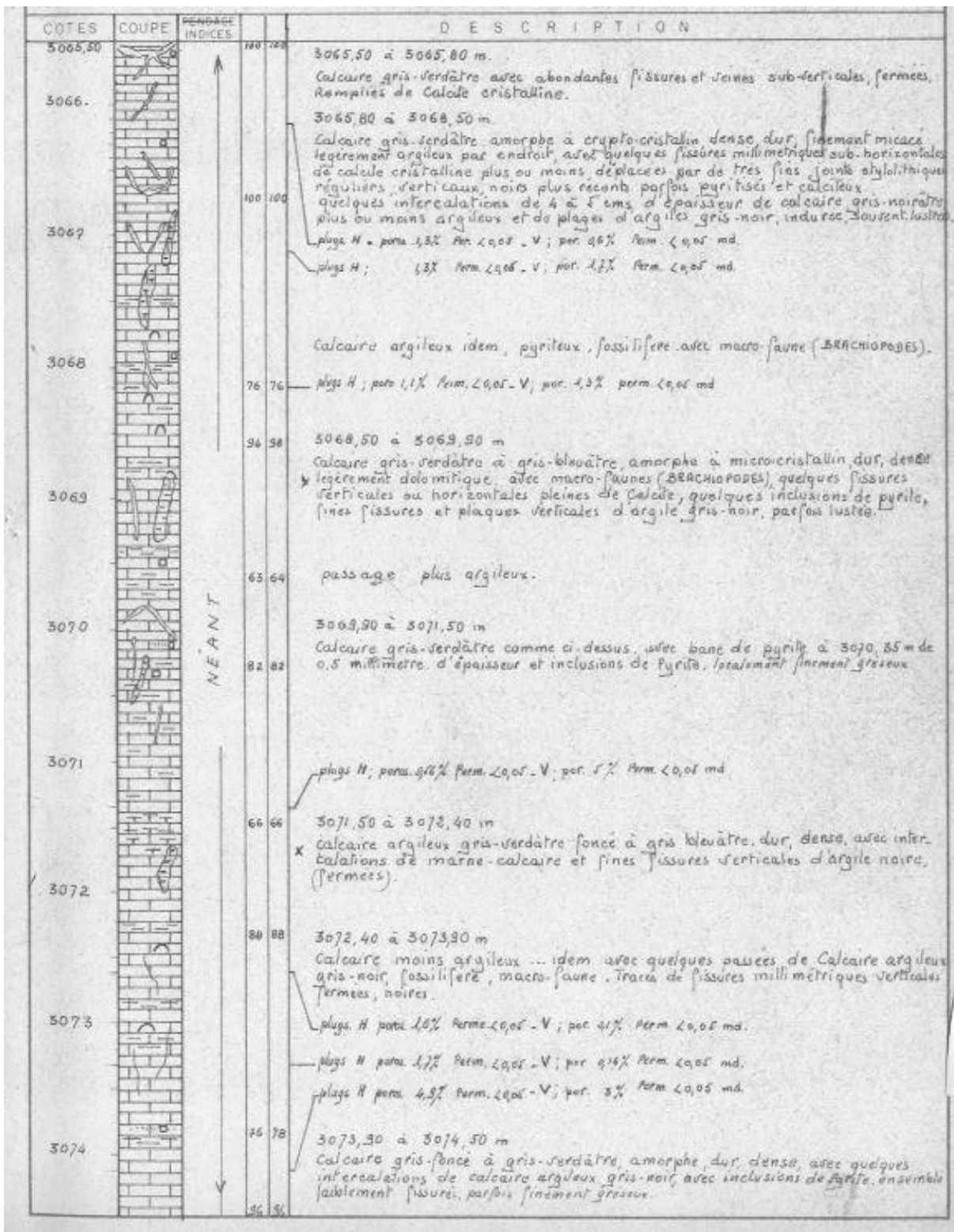


Figure 13: Log lithologie de carotte numéro 6 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)

CAROTTE N#07 DE 3120 m à 3132 m

RECUPERE :92%

❖ 3120 à 3122,25 m

Calcaire argileux gris à gris-foncé, dur, compact, cristallin à amorphe avec légères fissures verticales gris-foncé fonde et pins filonnets de calcite millimétrique.

❖ 3122,25 à 3123 m

Calcaire avec nombreuses intercalations centimétriques de MARNE.

❖ 3123 à 3123,90 m

Marne grise à gris-vert, légèrement feuilletée, dur, compact, micacés. Avec intercalations centimétriques de calcaire.

❖ 3123,90 à 3125,39

Calcaire gris à gris-foncé, argileux, amorphe, dur, avec quelques fines passées de marne gris-Ponce. Quelques fractures obliques, fermées, pleines de calcite cristalline blanche, opaque. Et fissures verticales noires.

❖ 3125,25 à 3125,39 m passée plus marneuse.

❖ 3125,39-3125,90 m.

Calcaire argileux devenant Marno-calcaire avec fines fractures et fissures, milli métrique, verticales remplies de calcite.

❖ 3125,90 à 3127 m

Calcaire argileux gris-foncé amorphe. Avec fractures verticales.

❖ 3127 à 3127,75 m

Calcaire mais très nombreuses fractures, verticales remplies de Sable très fin et cristaux de calcite.

❖ 3127,75 à 3129 m

Calcaire argileux gris à gris fonce amorphe, dur, compact, avec passée de 6 cm de MARNE Feuilletée grise dur compacte TRACES de microfossiles.

❖ 3128,40 m passée de 8 cm de Marne noire.

❖ 3128,48 m lits de calcite opaque entrecroisées et inverses.

❖ 3129 à 3129,70 m

Calcaire argileux à fractures verticales pleines de cristaux de calcite et dessable très pin :

❖ 3129,70 à 3130,75 m.

Calcaire gris-fonce cristallin à amorphe argileux, avec quelques passées de Marne noire TRACES de fossiles.

❖ 3130,75 très fracturé.

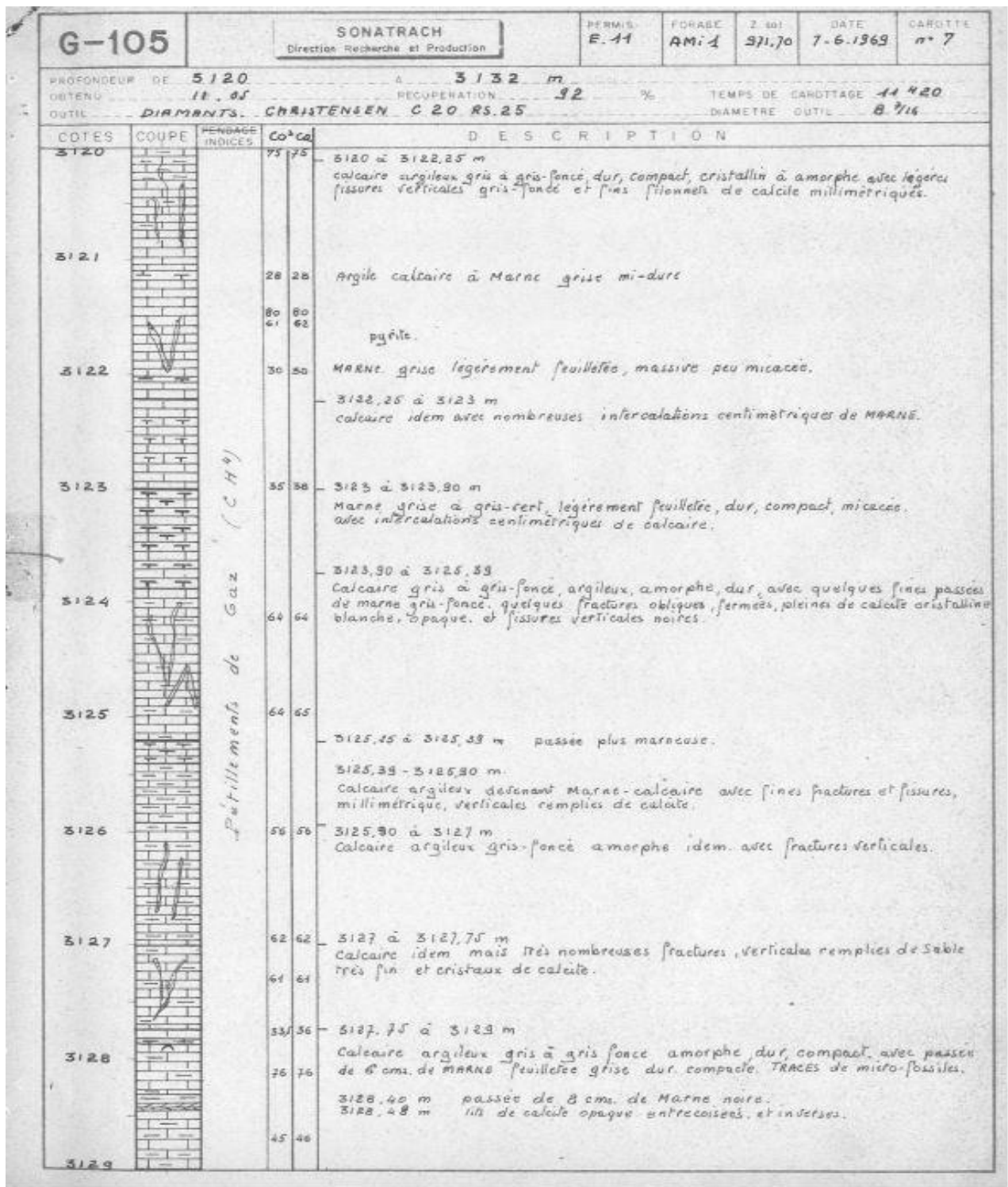


Figure 14: Log lithologie de carotte numéro 7 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)

CAROTTE N#08 DE 3274 m à 3282 m

RECUPERE :3%

❖ 3274 à 3374,25m

Argile légèrement dolomitique, silteuse gris-noir, litée, indure massive. (C03 8.11%). Avec un lit de 2cms. (3274,16-3274,18m) d'argile calcaire, dolomitique, gris-fonce (co3 : 17.200 avec plages de dolomie cristalline et traces à surfaces lustrées.

Pas d'indices

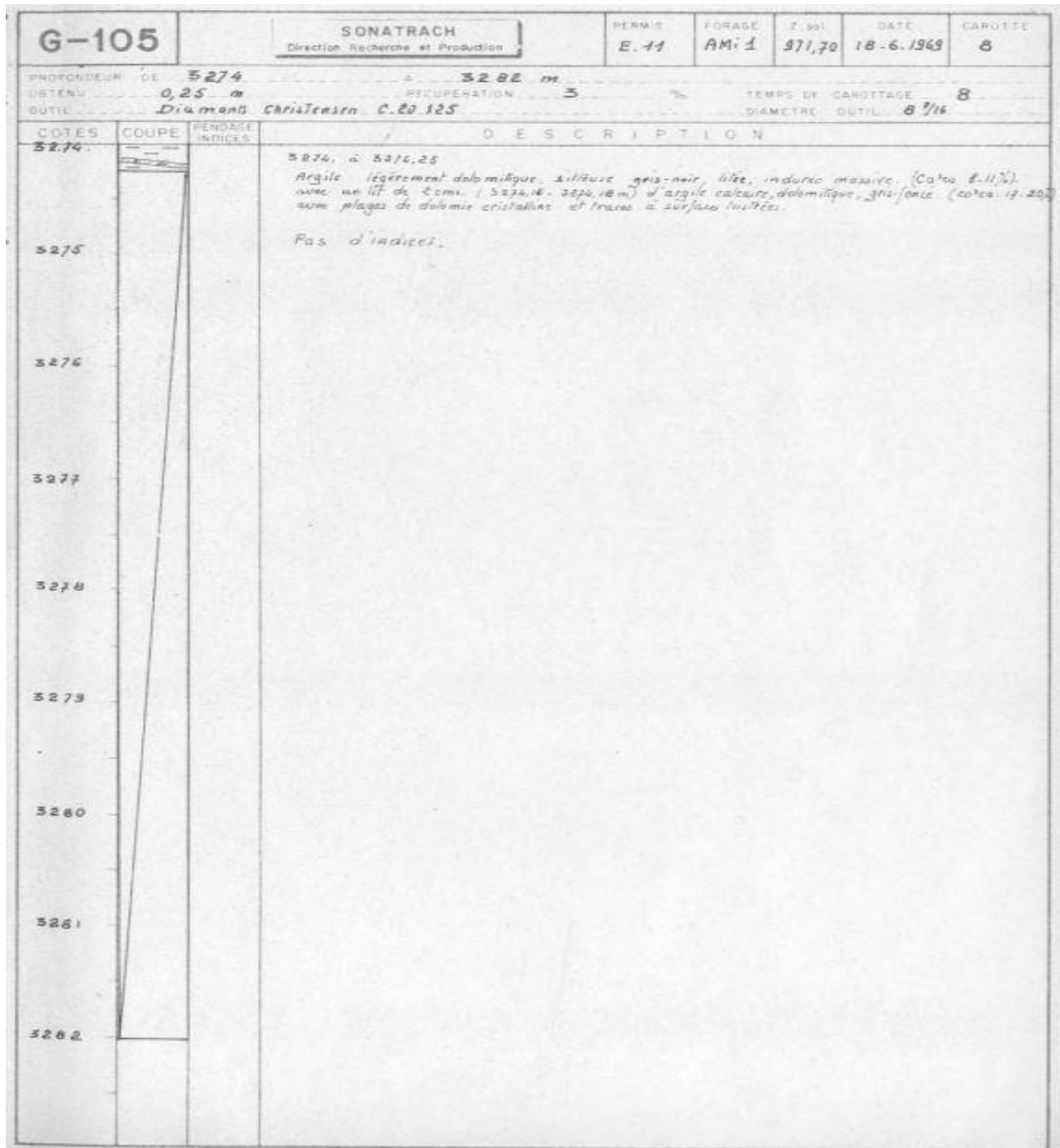


Figure 15: Log lithologie de carotte numéro 8 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)

CAROTTE N#09 DE 3320 m à 3327 m

RECUPERE :64 %

❖ 3320-3320,90 m

Argile grise, massive, m indurée, litée, légèrement calcaire avec quelques nodules of argile silteuse et d'argile noire Pilonnées de calcite.

❖ 3320,90- 3323,75 m

Alternances, d'argile grise massive, indurée, légèrement, silteuse. Et d'argile noire indurée.

❖ 3323,75 - 3324.50 m

Argile grise tendre, molle, parfois indurée feuilletée avec quelques surfaces lustrées. Aux fractures.

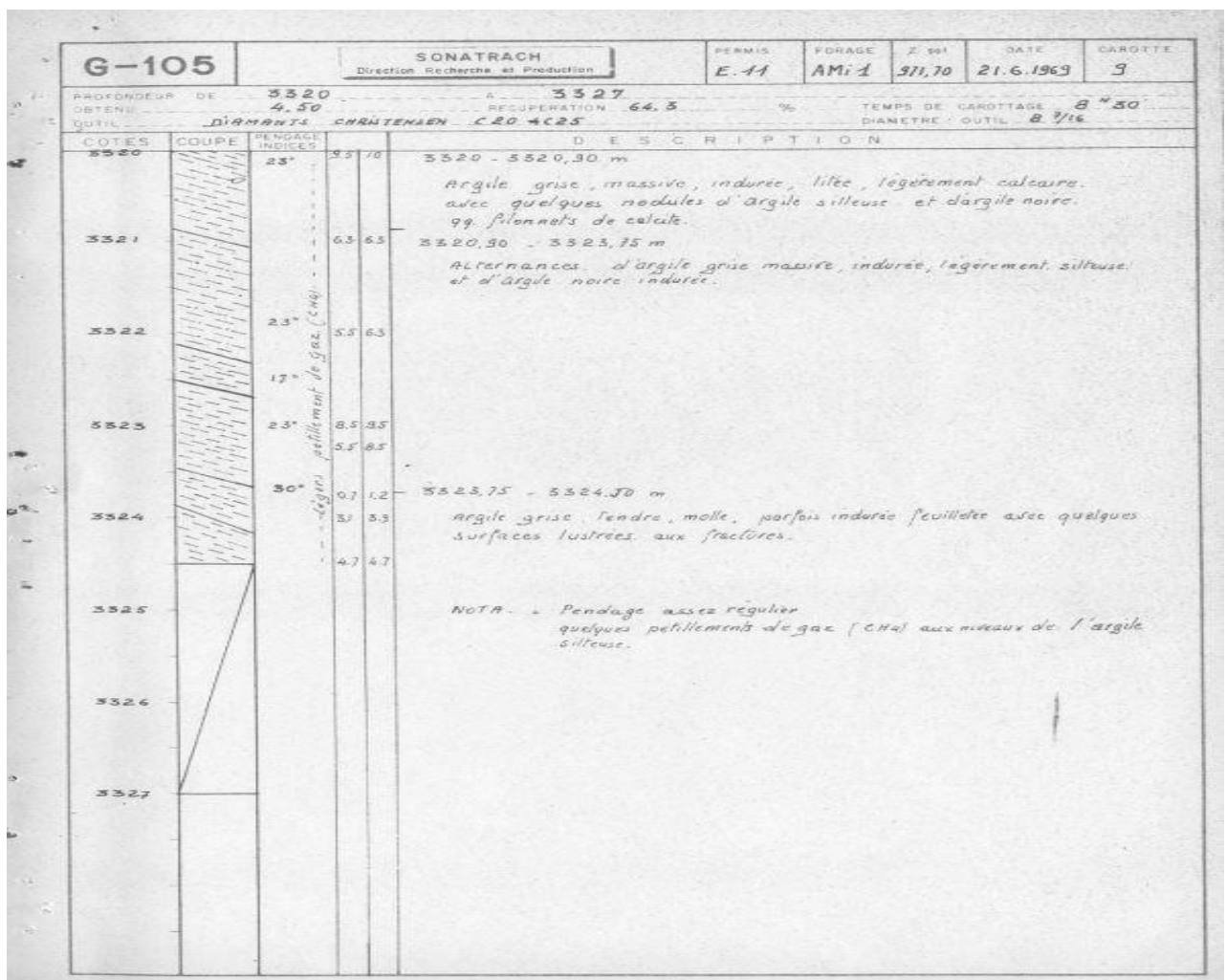


Figure 16: Log lithologie de carotte numéro 9 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)

CAROTTE N#10 DE 3367 m à 3370,5 m

RECUPERE :32 %

- ❖ 3367m 3367,70m = Argile gris foncé plastique schisteuse et lustrée avec intercalations millimétriques de grès quartzeux gris blanc à blanc, grain moyen & Fin mal classé avec pyrite et peu consolide, forme sub arrondi à sub anguleux

- figures de tectonique-

- ❖ 3367,70m à 3367,90m = Silt gris à gris blanc passant localement progressivement

3367,90m a 3368, 10 m : grès de mêmes caractéristiques plus haut. Grès Foncé fortement recimenté par calcaire fréquemment cristallin Fractures millimétriques verticales et obliques remplies de Calcite - un pro Fossilifère

Formation3 : (3425-3490) m calcaire gréseux, argileux, gris compact pyriteux trace d'oxydes de fer nombreuses fractures remplies de calcite et argile silteuse grise a gris-fonce, calcareuse.

Formation4 : 3490-3874m argile silteuse et gréseux claire a gris fonce finement micacée, trace de calcite de pyrite et de lignite quelques intercalations de bancs de calcaire gréseux et de rares passées de grès fin

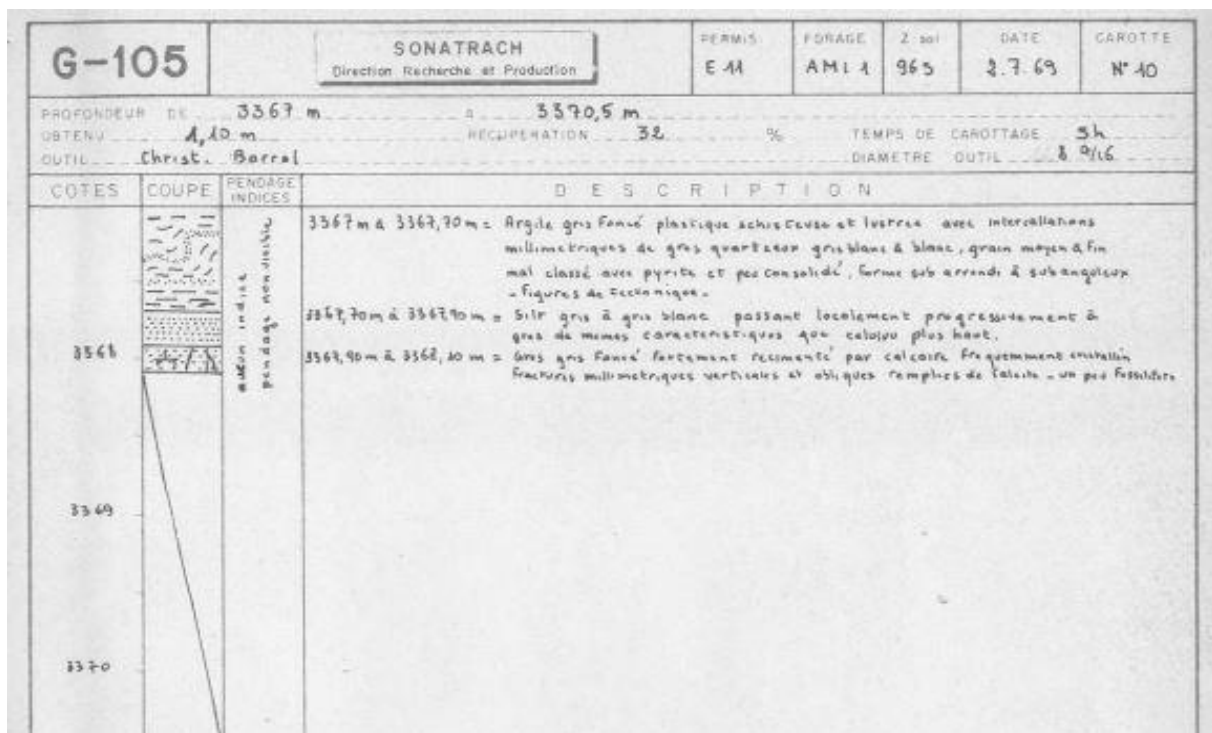


Figure 17: Log lithologie de carotte numéro 10 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)

CAROTTE N#11 m DE 3370,5 m à 3380,6 m

RECUPERE :92 %

- ❖ 3370,50 à 3371,60 : Grès quartzeux gris blanc, grains Fins, anguleux, de nature homogène (malgré présence de pyrite et 99 micas), engrenés, peu cimentés (sauf local où venues de parallèles et réguliers ou filonnets et de silt gris blanc. Fractures verticales et obliques remplies de calcite.
- ❖ 3371,60 à 3372 : Grès quartzeux gris blanc, grains moyens, sub arrondis à sub anguleux, nature hétérogène (pyrite, inclusions argileuses noires fortement par calcaire cimenté),
- ❖ 3372 à 3379,20 : Argile grise silteuse et silt gris en fine alternance avec intercalations millimétriques d'épaisseur irrégulière de grès blanc quartzeux compact, à grains fins subanguleux, de nature hétérogène (nbreuses inclusions argileuses)

G-105		SONATRACH Direction Recherche et Production		PERMIS E 11	FORAGE AMI 1	Z 501 965	DATE 3x4.7.69	CAROTTE n° 11
PROFONDEUR DE		3370,50 m		A. 3380 m		RECUPERATION 92 %		TEMPS DE CAROTTAGE 12h30
OBTENU		8,70 m		Diamant Christensen C 20 C 25		DIAMETRE OUTIL 8 9/16		
COTES	COUPE	PENDAGE INDICES	CALCI.	DESCRIPTION				
3374			11 16	3370,50 à 3371,60 : Grès quartzeux gris blanc, grains fins, anguleux, de nature homogène (malgré présence de pyrite et 99 micas), engrenés, peu cimentés (sauf local où venues de parallèles et réguliers ou filonnets et de silt gris blanc. Fractures verticales et obliques remplies de calcite.				
3372			20 24	3371,60 à 3372 : Grès quartzeux gris blanc, grains moyens, sub arrondis à sub anguleux, nature hétérogène (pyrite, inclusions argileuses noires et lignite), fortement cimenté par calcaire.				
3373		Indice: Neant Pendage: 35°	4 9					
3374								
3375			4 8	3372 à 3379,20 : Argile grise silteuse et silt gris en fine alternance avec intercalations millimétriques d'épaisseur irrégulière de silt ou grès blanc quartzeux compact, à grains fins subanguleux, de nature hétérogène (nombreuses inclusions argileuses)				
3376								
3377			4 8					
3378								
3379								

Figure 18: Log lithologie de carotte numéro 11 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)

CAROTTE N#12 DE 3380 m à 3383 m

RECUPERE :82 %

Argile silteuse grise à silt gris à grains subanguleux et faible comme calcaire (présence de micas et pyrite) En inclusions ou intercalations au toit : Filonnets ou nodules d'argile noire silteuse - au pied : un niveau de 5 cm d'argile noire plastique dans la matrix : paillettes d'argile charbon, en forte proportion dans certains lits millimétriques irréguliers de grès gris quartzeux à grains Fins-subanguleux suivant joints argileux noirs Quelques Filonnets obliques de calcaire.



Figure 19: Log lithologie de carotte numéro 12 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)

CAROTTE N#13 DE 3383 m à 3389 m

RECUPERE : 88 %

Argile silteuse à Silt gris, léger micacé avec particules d'argile noire charbonnée (local : zones léger recimentés par calcaire à partir de Filonnets verticaux ou obliques de calcite).

Intercalations :

- lits centimétriques feuilletés de cette argile plastique nodules et lits millimétriques irréguliers d'argile noire finement.

- lits millimétriques de Fins à moyen, calcaire grès quartzeux gris blanc, compact, à subanguleux à subarrondis à grain local recimente par

Débit selon joints argileux noirs

Dans le mur : Filonnets obliques d'anhydrite

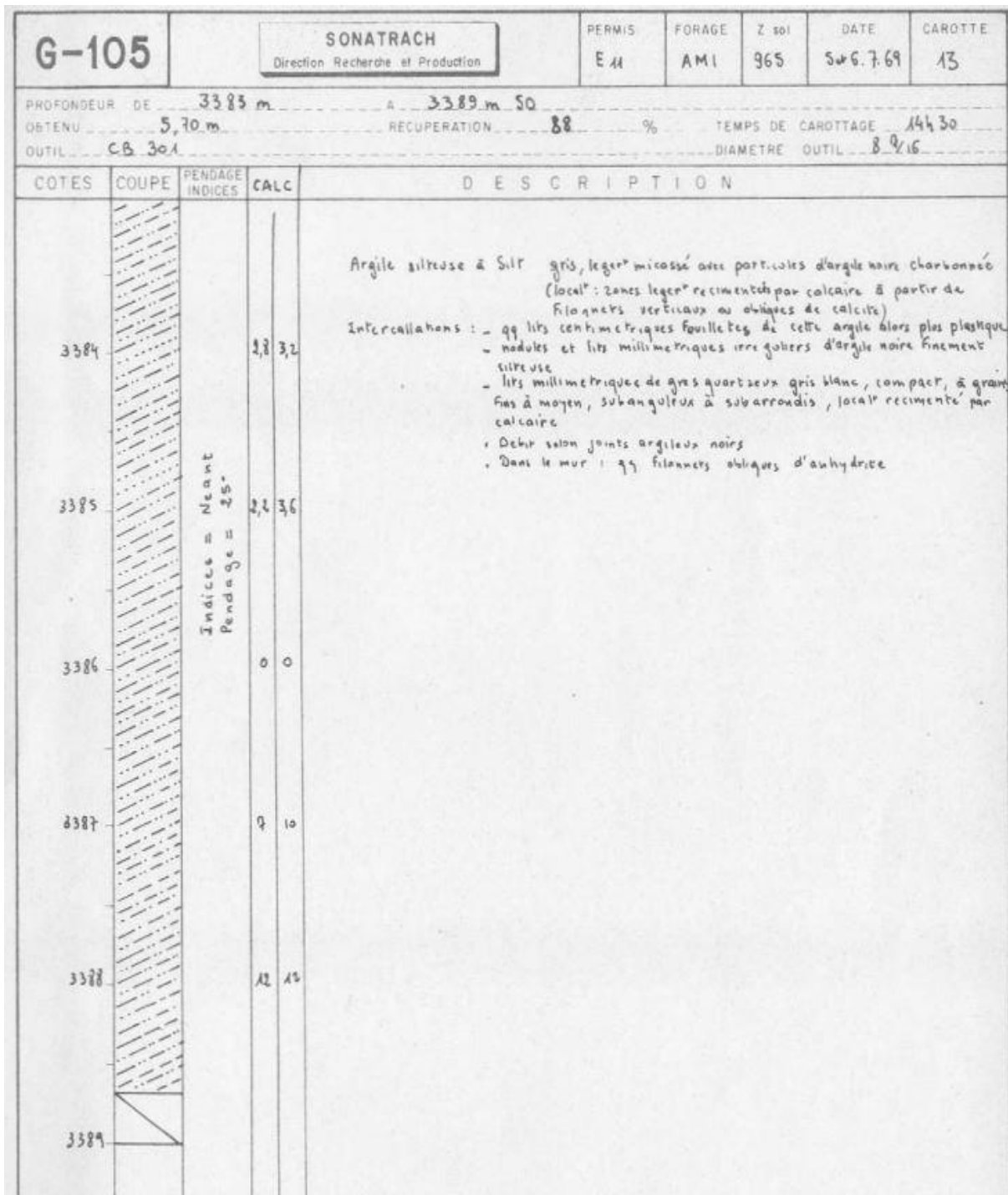


Figure 20: Log lithologie de carotte numéro 13 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)

CAROTTE N#14 DE 3389,5 m à 3400 m

RECUPERE : 100 %

Fossile 1 :

Argile silteuse à Silt : gris léger micacé, avec fines particules ou taches d'argile noire charbonnée, local recimentation par calcaire.

Avec intercalations de : - argile silteuse noire en lits millimétriques, amandes ou nodules.

- grès quartzeux gris, compact, grains fins à moyens subanguleux à subarrondis, léger micacé, un peu de pyrite et nombreuses particules d'argile noire charbonneuse, local cimenté par calcaire

Disposition bouleversée par la tectonique Filonnets de calcite cristallisant local en amas
Présence de kaolinite surtout sur surface de glissement

Fossile 2 :

Argile silteuse à Silt : gris, léger micacé, d'argile noire charbonnée avec fines particules ou taches Avec intercalations de local recimentation par calcaire - argile noire en lits millimétriques, amandes, nodules quartzeux, gris, compact, grains fins à moyens que nombreuses

-grès subanguleux à sub arrondis, léger micacé, un peu de pyrite particules ou taches d'argile charbonnée, par Disposition bouleversée par tectonique

Filonnets de calcite cristallisante locale, amas Présence de kaolinite surtout sur surface de glissement

CAROTTE N#16 DE 3728 m à 3737 m

RECUPERE :100 %

Argile gris foncé avec de fréquentes. Taches noires massives finement silteuse rarement micacée, légèrement calcaire. Cassure obliques orientées-30-35°. Par endroit

Cassures conchoïdales de 10 cm de grès très fin. Silteux beige clair Siliceux. Compact

Argile plus foncée

Plans de fracturations lustrées. Orientées à 40°-45° inclusions de pyrite

Inclusions de lignite fibreuse noire brillante.

Inclusions de Pyrite.

Aucune fluorescence observée Pendage impossible à déterminer

G-105		SONATRACH Direction Recherche et Production		PERMIS E11	FORAGE AMI	DATE 11-8-63	CAROTTE 16
PROFONDEUR DES OBTENUS	3728		3737				
OUTIL	CHRISTENSEN C-20			RECUPERATION	100	TEMPS DE CAROTTAGE	9438
						DIAMETRE OUTIL	
COTES	COUPE	PENDEGE (MOSES)	CO3 active	DESCRIPTION			
3728				argile grise - grise foncée avec de fréquentes tâches noires massives finement silteuse par endroit rarement micacée, légèrement calcaire.			
3729		1.6	32	cassure concoidales			
3730		2.4	48	veine de 10cm de grès très fin - silteux beige clair siliceux compact			
3731		1.6	24				
3732		2.4	32	argile plus foncée plans de fracturations lustrées, orientées à 40°-45° inclusions de pyrite			
3733		0.7	24				
3734		1.6	24	inclusions de lignite fibreuse noire brillante.			
3735		3.1	39				
3736		4.7	63	inclusions de pyrite.			
3737		3.1	39				
aucune fluorescence observée pendage impossible à déterminer							

Figure 21: Log lithologie de carotte numéro 16 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)

CAROTTE N#17 DE 3853 m à 3860,5 m

RECUPERE : 100 %

Le lias moyen s'étend de la côte 3874m jusqu'à 4126m, l'épaisseur totale est de : 252m qui comprend une formation :

Argile silteuse et gréseuses grises a gris-fonce finement micacées avec des traces de pyrite et lignite. Quelques intercalations de silt gris compact dur, et de marne silteuse ; passées de grès blanc, a gris-clair, très fin avec des inclusions minérales

Description

Argile silteuse gris clair avec intercalations de filets ligneux calcitique. Pendage 35°

Argile gris foncé compacte avec quelques inclusions de Lignite

-argile silteuse, ligniteuse

- Pendage 40.

Argile gris foncé compacte à cassure copcoïdale.

Récupération 100% fluorescence.

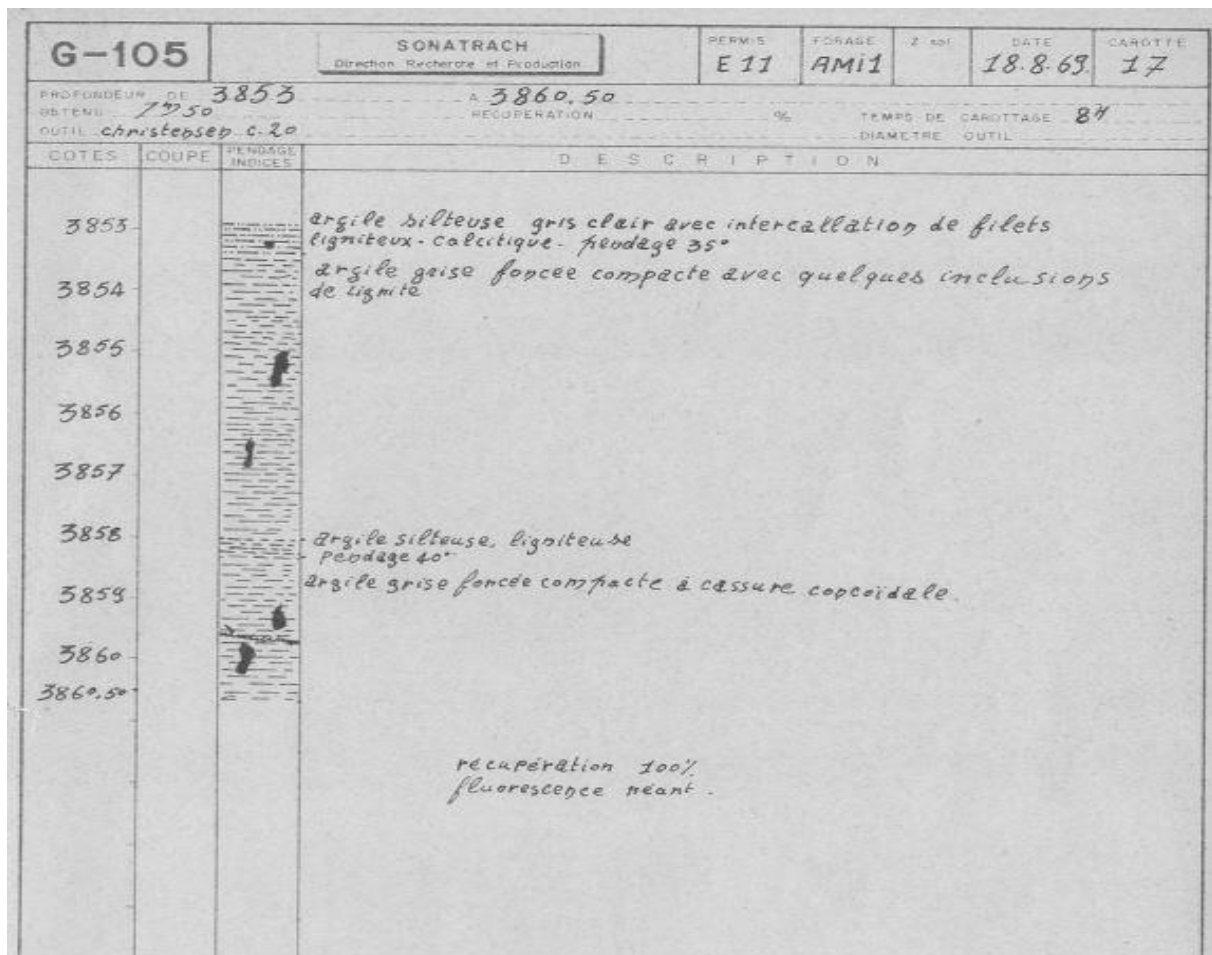


Figure 22: Log lithologie de carotte numéro 17 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)

CAROTTE N#18 DE 4080 m à 4089,5 m

RECUPERE :100 %

LIAS INFERIEURE

Le lias inférieur s'étend de la côte 4126m jusqu'à 4474m, l'épaisseur totale est de : 342m qui comprend deux formations :

Formation1 : 4126-4184m argile silteuse grise a gris fonce a passées de grès gris clair a ciment légèrement dolomitique

Formation2 :4184-4474m argile gréseuse grise a gris-fonce avec fines passées de grès a ciment calcaire, traces de pyrite, lignite et calcite

Description :

❖ 4080-4081,70m

Argile noire compacte indurée avec filets de lignite

❖ 4081.70-4084-30m

Argile silteuse grise foncée a cassures orientes à 30°

❖ 4084,30-4085m

Argile silteuse avec filets de calcite, rognons de lignite a cassure lustrée

❖ 4085-4085.20m

Calcaire beige clair à grain fin.

Argile noire micacée

❖ 4085.20-4087m

Filets de lignite abondants

❖ 4087-4087.20m

Argile noire plus tendre

❖ 4087-20-4089.50m

Argile gris foncé nombreuse filets de Lignite. Calcite

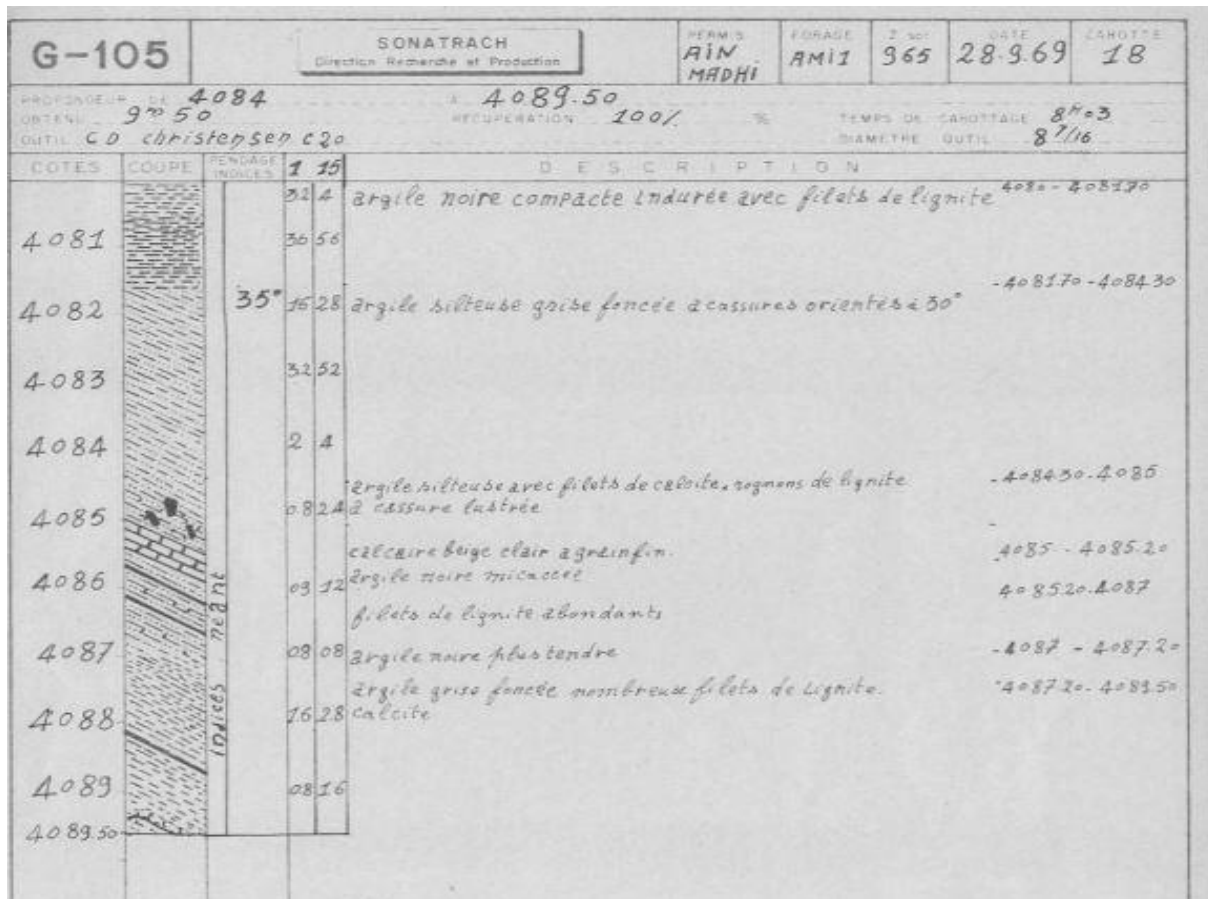


Figure 23: Log lithologie de carotte numéro 18 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)

CAROTTE N#19 DE 4190 m à 4194,5 m

RECUPERE :100 %

Description :

Argile calcareuse grise foncée massive dense indurée finement micacée à cassures avec quelques intercalations d'argile gris clair silteuse

Argile gris clair plus silteuse massive localement finement plissotées 20° 225° avec quelques inclusions d'argile noire de rognons.

❖ 4194 à 4194.20 m

Fissurations verticales avec plages d'argile noire

❖ 4194.20 à 4194.50 m

Filonnets subverticale avec remplissage de calcite.

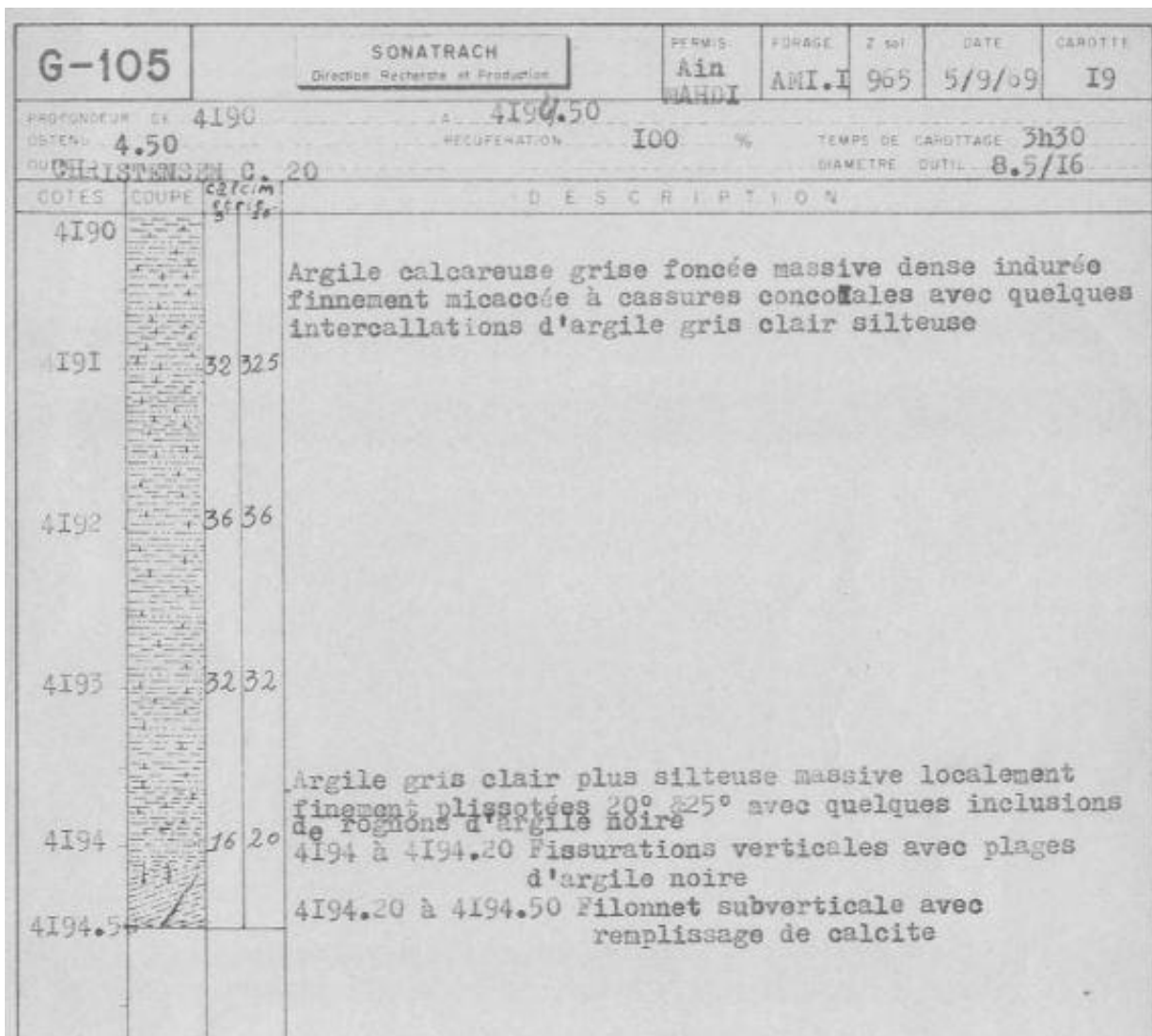


Figure 24: Log lithologie de carotte numéro 19 du puits AMI-1 (archive Sonatrach)

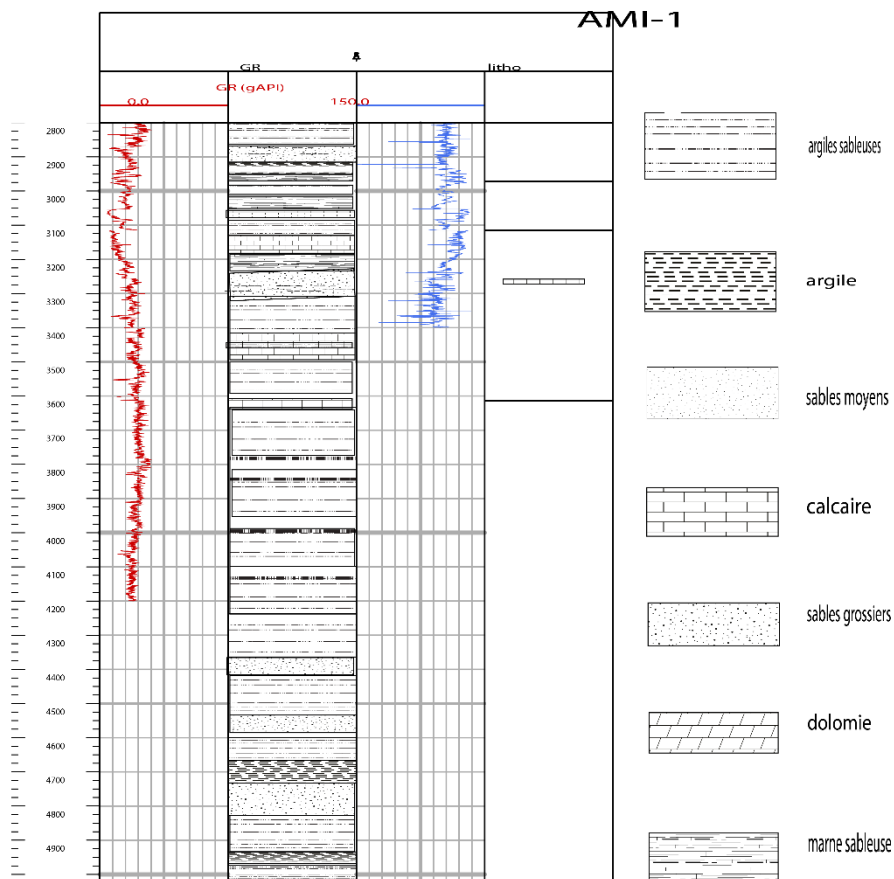


Figure 25: Log litho stratigraphique du lias dans le puits AMI-1

II.2.3 Puit AMI-2

Le lias supérieur s'étend de la cote 2660m jusqu'à 3400m, l'épaisseur totale est de : 740m qui comprend deux formations :

Formation 1 : 2660-3000m alternance de calcaire gris noir argileux, microcristallin, de marne gris-brunâtre, tendre, indurée et d'argile gris-noir à noire, indurée, parfois silteuse

CAROTTE N#6 DE 3679,5 m à 2688,5 m

RECUPERE : 77,7 %

Description :

Calcaire gris-noir, gréseux moyennement dur, parfois argileux avec passées centimétriques d'argile gris-noir à noir indurée, silteuse, micacée et carbonatée. Présence de calcite.

06	2679,5	2688,5	09 m	07 m	77,77	GT : 29 % C ₁ : 3-12 % Fissures sub-verticales remplies de calcite.	Calcaire gris-noir, gréseux moyennement dur, parfois argileux avec passées centimétriques d'argile gris-noir à noir indurée, silteuse, micacée et carbonatée. Présence de calcite.
----	--------	--------	------	------	-------	--	--

Tableau 2: lithologie de carotte numéro 6 du puits AMI-2

Formation 2 : 3000-3400m argile gris-clair, silteuse, tendre à pâteuse, parfois gypseuse, grès gris à gris clair, fin à très, silico-carbonate et de calcaire blanc microcristallin (fissures remplies de calcite)

CAROTTE N#7 DE 3107 m à 3114,5 m

RECUPERE :100 %

Description :

Argile grise à gris-noir, indurée, silteuse, micacée, légèrement carbonatée avec rares nodules. Des films argileux noirs sont également abondants. Argile noir silteuse, micacée, feuilletée indurée avec passées de grès.

07	3107	3114,5	07,5 m	07,5 m	100	Fissures sub-verticales et subhoriz. dont certains sont remplis de calcite.	Argile grise à gris-noir, indurée, silteuse, micacée, légèrement carbonatée avec rares nodules. Des films argileux noirs sont également abondants. Argile noir silteuse, micacée, feuilletée indurée avec passées de grès
----	------	--------	--------	--------	-----	---	---

Tableau 3: lithologie de carotte numéro 7 du puits AMI-2

CAROTTE N#8 DE 3388 m à 3396,7 m

RECUPERE :97 %

Description :

Argile gris-foncé à gris-clair indurée, silteuse, feuilletée micacée avec quelques passées millimétriques à centimétriques de grès gris-clair à gris foncé, fin à très fin, compact dur, silico-dolomitique.

Grès avec passées millimétriques d'argiles, Miroir de friction.

08	3388	3396,7	09 m	9,70	97 %	Fissures subvert.et subhoriz. parfois rem.-plies de calcite.	Argile gris-foncé à gris-clair indurée, silteuse, feuilletée micacée avec quelques passées millimétriques à centimétriques de grès gris-clair à gris foncé, fin à très fin, compact dur, silico-dolomitique. Grès c.c.d; avec passées millimétriques d'argiles ccd Miroir de friction.
----	------	--------	------	------	------	--	--

Tableau 4: lithologie de carotte numéro 8 du puits AMI-2

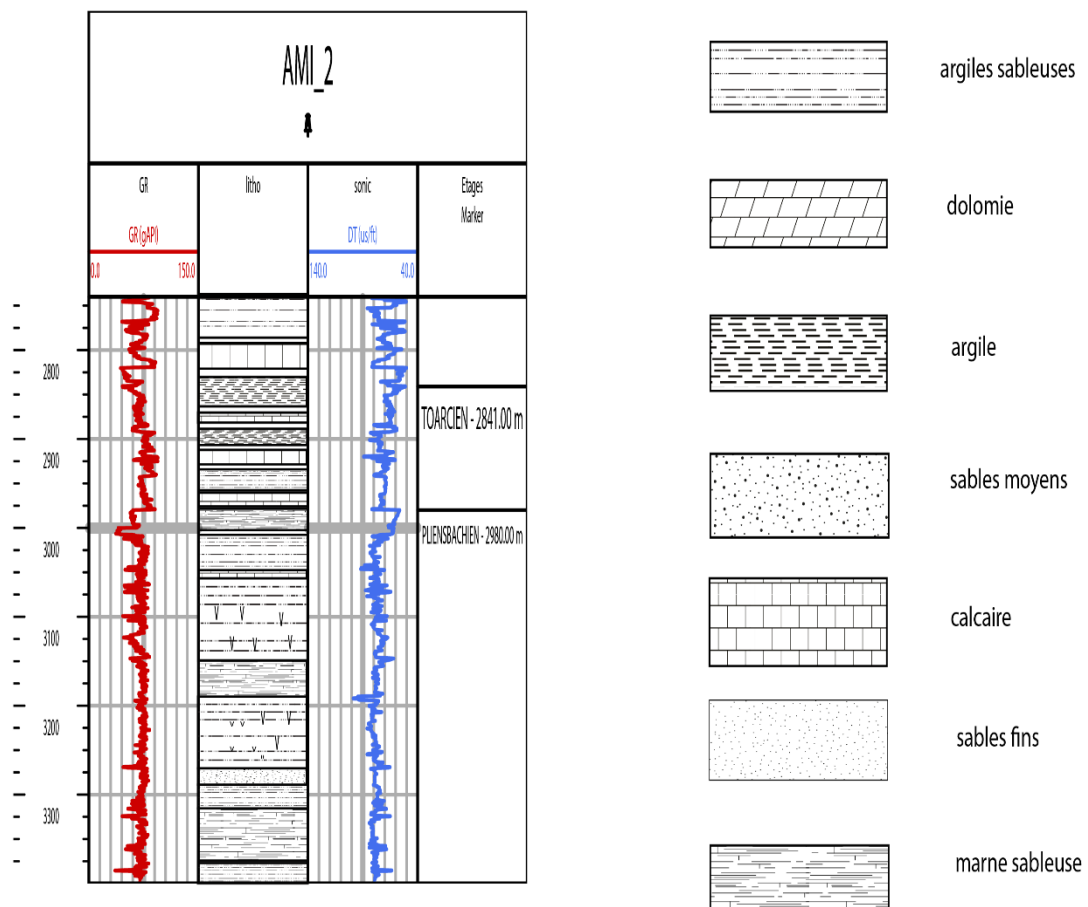


Figure 26: Log litho stratigraphique du lias dans le puits AMI-2

II.2.4 Puit EKL-1

Le Lias de ce puits est divisé en deux parties (carbonate et marneux)

- Le lias carbonate s'étend de la côte 3975m jusqu'à 4080m, l'épaisseur totale est de : 105m qui comprend deux formations :

Formation 1 :

Alternances d'Argile gris vert à gris sombre, brune, tendre, de Calcaire gris blanc, et de Dolomie gris beige, gréseuse, microcristalline à cryptocristalline, compacte, dure, fossilifère, oolithique.

Calcaire blanco gris, légèrement argileux, tendre, avec passées d'Argile gris vert, gris sombre brune, tendre.

CAROTTE N#03 DE 3976m à 3985m

RECUPERE : 8.5m, SOIT :94.441 %

A/Alternance de Grés fin-silts de couleur gris verdâtre, massif à stratification horizontales, obliques et entrecroisés de rides de vagues, présence de quelques fractures à remplissage calcitique et présence de quelques fragments de bioclastes calcifiés.

B/ Grés fins à moyen à stratifications légèrement oblique avec structures en flammes soulignées par des niveaux argileux de couleurs noirs bitumineuses.

C/Argile silteuse de couleur gris à noir localement carbonatées contenant des bioclastes

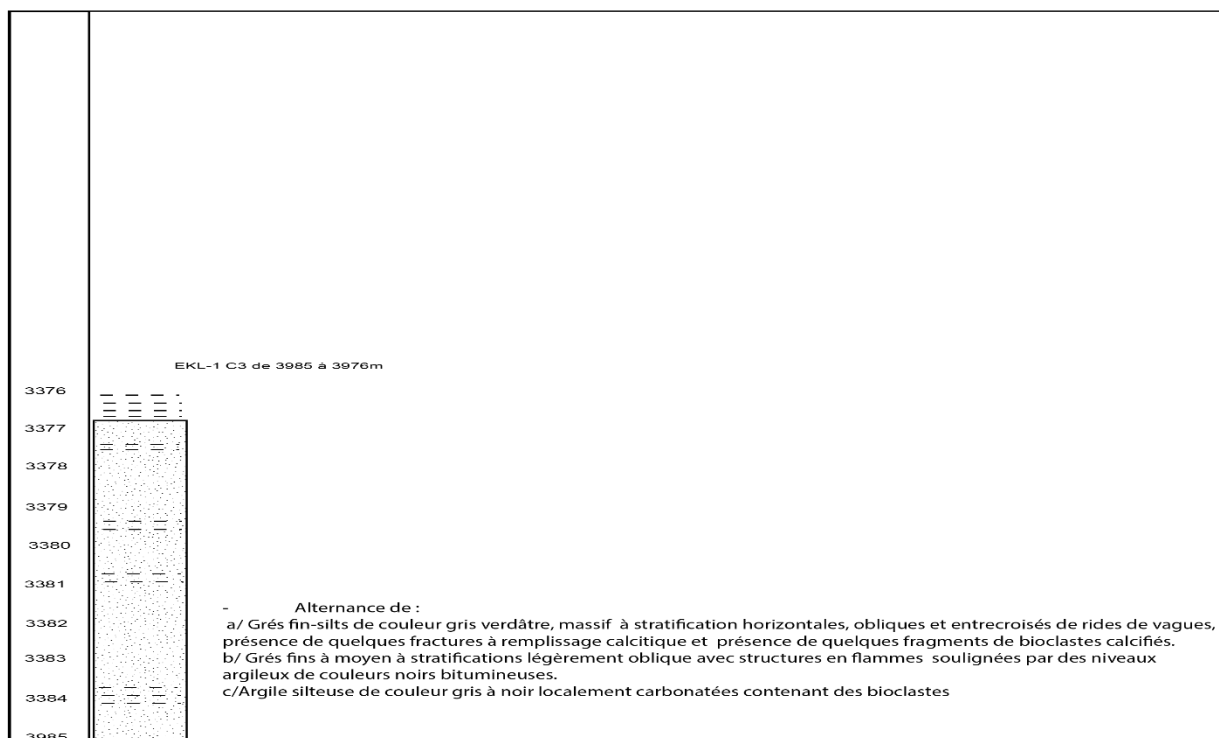


Figure 27: Log lithologie de carotte numéro 3 du puits EKL- 1

❖ 3976-3982m :

Alternance de Calcaire dolomitique gris beige, gris sombre, légèrement argileux, compact, dur et de Dolomie calcaire gris beige, sombre, cryptocristalline a microcristalline, gréseuse, compacte, dure, avec Intercalations d'Argile carbonatée, gris vert, brune, tendre, passant à Argile dolomitique gris beige, indurée, et de Calcaire gris blanc, argileux, tendre.

❖ 3982-3983m :

Grès gris blanco, très fin a fin, siliceux a silico-dolomitique, dur, avec passées de Calcaire Cod et traces d'Anhydrite blanche, pulvérulente.

❖ 3983-3984m : Dolomie

❖ 3984-3984.5m

Argile carbonatée gris vert, tendre, passées de Dolomie Cod. Grès gris blanc, très fin a fin argileux, friable, passant à Silt, et Grès gris blanc, fin a moyen, silico-carbonate a siliceux, compact, dur. Alternances d'Argile gris vert a gris sombre, carbonatée, tendre, et de Calcaire gris- vert, argileux, tendre, avec passées de Grès gris blanc, très fin a fin, argileux, tendre vers la base, de Dolomie gris beige, sombre, cryptocristalline a microcristalline, gréseuse, compacte, dure, et d'Argile gris vert a gris sombre, carbonatée, tendre.

Formation 2 :

Calcaire gris blanc, gris vert légèrement argileux, tendre. Passées de Dolomie gris beige, argileuse, cryptocristalline a microcristalline, oolithique, fossilifère, compacte, dure.

Calcaire gris vert, brun, avec fines passées de Dolomie.

4081-4082m : Calcaire gris blanc argileux, dur, avec passées d'Argile gris vert, brune, tendre, et Dolomie gris beige, cryptocristalline, oolithique, compacte, dure.

CAROTTE N#04 DE 4081m @4090m

RECUPERE : 8m, SOIT :88.881%

Description

Calcaire Wackestone à Packstone, à pelles/oïdes /oncolites et bivalves, fortement imprégné

Calcaire Wackestone à Packstone, structuré en litage oblique, à bioclastes et pellesoïdes/oncolites et des niveaux à forte concentration de bivalves.

Calcaire Packstone à Grainstone, structuré (oblique) à bioclastes et pellesoïdes/oncolites. On note que le passage est fortement recristallisé.

Calcaire Wackestone à Packstone de couleur grisâtre, à bivalves, pellesoïdes/oncolites, algues, quelques galets et joints argileux. Quelques passages sont imprégnés

Intercalation de bancs décimétriques de calcaire Wackestone à pellesoïdes/oncolites et bivalves et calcaire Floatstone, séparé parfois par des niveaux argileux verdâtres centimétriques

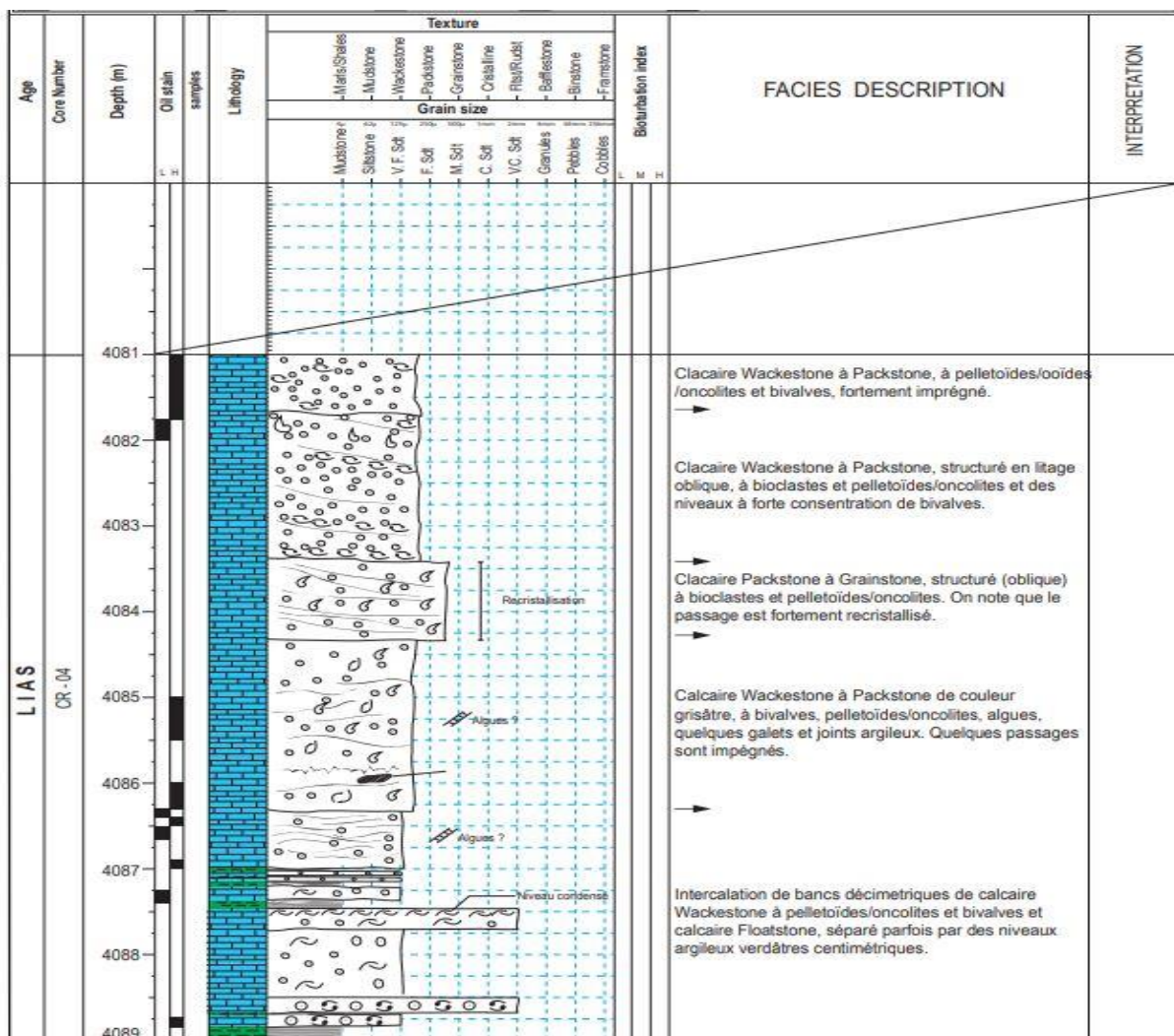


Figure 28: Log lithologie de carotte numéro 4 du puits EKL-1

LIAS MARNEUX

Le lias marneux s'étend de la côte 4082m jusqu'à 4115m, l'épaisseur totale est de : 33m qui comprend quatre formations :

❖ 4082-4087m

Calcaire dolomitique gris- beige a gris blanc, cryptocristallin a microcristallin, oolithique, fossilifère, compact, dur.

❖ 4087-4089m :

Argile gris vert, brune, carbonatée, indurée. Passées de Dolomie.

❖ 4089-4115m :

Formation 1 : Argile gris vert, légèrement carbonatée, indurée avec passées de Dolomie gris- sombre, gréseuse, compacte, dure. Calcaire gris clair a gris- gris vert, argileux, moucheté, tendre a dur.

Formation 2 : Argile gris vert, silteuse, carbonatée, indurée. Grès gris blanc, moucheté, très fin a fin (voir silt stone), carbonate, argileux, tendre. Argile gris vert, silteuse, carbonatée, indurée. Grès gris blanc, mouchette, très fin a fin (voir Silt stone), silico-carbonate, argileux, tendre. Argile gris vert a gris fonce, silteuse, légèrement carbonatée indurée. Grès gris vert a gris sombre, très fin a fin (voir Silt stone silico-carbonate, tendre. Argile grise fonce a gris vert, silteuse, légèrement carbonatée indurée.

Formation 3 : Argile Cod, avec traces de Calcaire grisâtre, argileux. Alternances de Grès gris blone, parfois gris- sombre, localement mouchette, très fin a fin (voir Silt stone s11100- carbonate, légèrement argileux, tendre, rarement gris blanc, fin a moyen, siliceux, dur, et Argile grise a gris vert, silteuse, légèrement carbonatée, que traces de Dolomie gris beige, indurée cryptocristalline, oolithique, compacte, dure, et traces de Calcaire gris bane, tendre, et d'Argile Cod, et passées de Grès gris bane.

Formation 4 : Marne gris vert, indurée. Traces de frés gris blanc, fin a moyen, siliceux, légèrement carbonate, dur, et de Dolomie gris beige, microcristalline, gréseuse, compacte, dure. Calcaire gris clair, gris vert argileux. Marne gris vert, indurée, avec traces de Bres gris blanc, fin a moyen, siliceux, légèrement carbonate, dur.

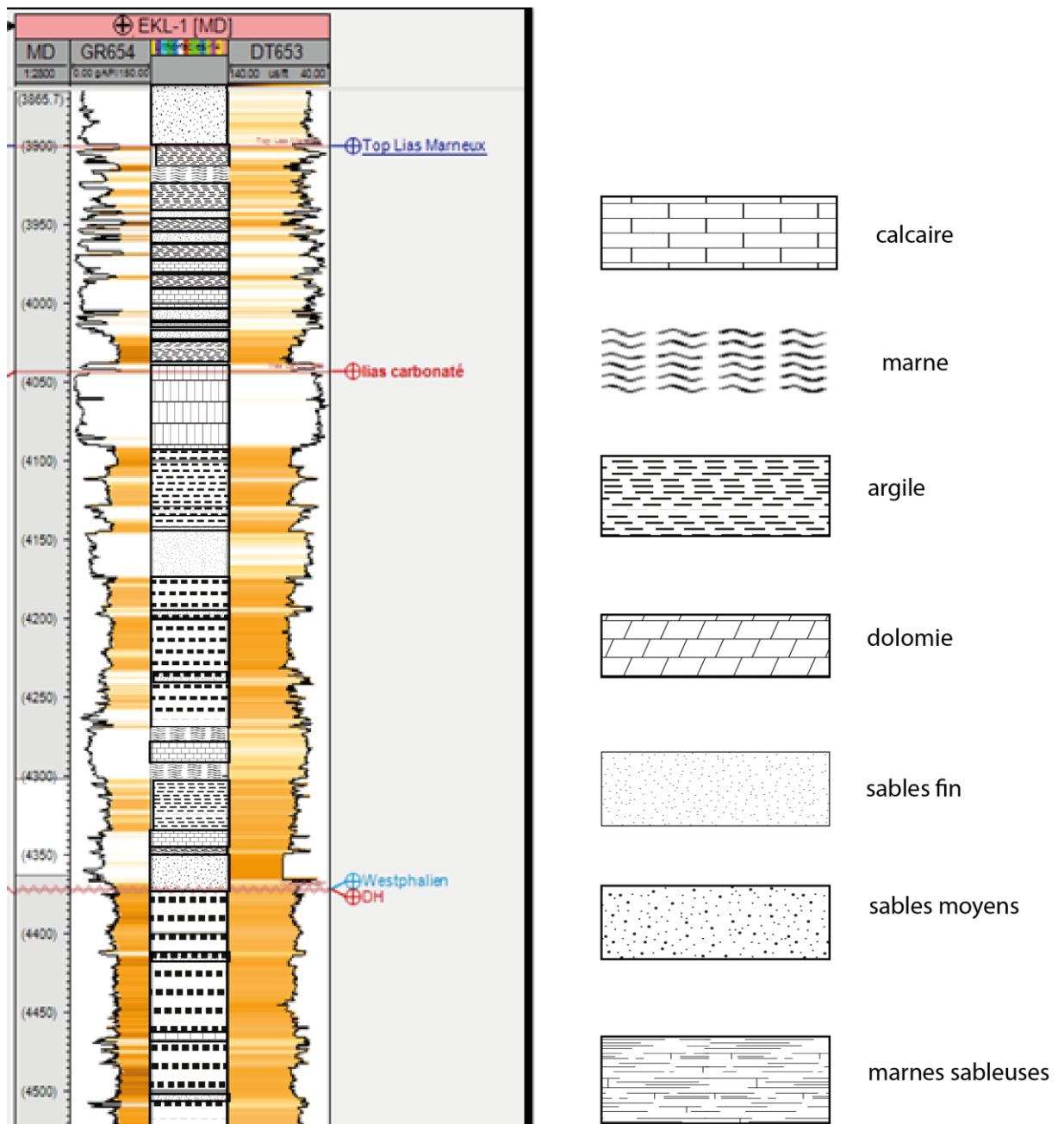


Figure 29: Log litho stratigraphique du lias dans le puits EKL-1

II.2.5 Puit OAZ-1

Le Lias de ce puits est divisé en trois parties (carbonate et marneux et anhydritique)

LIAS MARNEUX

Le lias marneux s'étend de la côte 3147m jusqu'à 3333m, l'épaisseur totale est de : 186m qui comprend une formation :

- ❖ 3147 m : Calcaire beige parfois gris clair à gris foncé, fin, fossilifère,

Oolithique de 3190 à 3195 m, Intercalations de marne grise tendre à indurée et d'argile verte à gris vert tendre.

❖ 3265-3285 m :

Calcaire blanc-beige fin, tendre, argile gris vert foncé, vert clair et rouge ; fines passées d'anhydrite blanche pulvérulente.

❖ 3285-3305 m :

Argile gris foncé avec passées de marne gris foncé, de calcaire brun et d'anhydrite.

❖ 3305-3315 m : Argile rouge avec passées d'argile gris foncé.

❖ 3305-3315 m : Argile rouge avec passées d'argile gris foncé.

❖ 3315-3333 m : Marne gris foncé, argile gris vert foncé, vert clair et gris foncé ; passées de calcaire beige et d'anhydrite

LIAS CARBONATE

Le lias carbonaté s'étend de la côte 3333m jusqu'à 3472m, l'épaisseur totale est de : 139m qui comprend une formation :

❖ 3333 m : Calcaire argileux à marneux gris foncé tendre.

❖ 3410-3427 : Calcaire gris foncé fin fossilifère induré avec passées de calcaire marneux gris foncé.

❖ 3427-3472 : Calcaire beige à gris blanc crayeux contenant parfois des plages irrégulières d'anhydrite blanche pulvérulente.

LIAS ANHYDRITIQUE

Le lias carbonaté s'étend de la côte 3472m jusqu'à 3498m, l'épaisseur totale est de : 36m qui comprend une formation :

❖ 3472-3475 : Anhydrite blanche pulvérulente intercalée de calcaire gris foncé argileux et de calcaire beige tendre et fin.

❖ 3475-3498 m : Anhydrite blanche pulvérulente, argile rouge et verte, grès blanc et vert fin friable, passées de calcaire beige fin.

❖ 3498-3543 m : Argile rouge parfois fortement silteuse, argile verte, passées de dolomie gris clair à beige, fine très dure, Intercalations de grès roux, rouge vif, vert, beige et blanc, fin, friable, argileux et de grès roux à brun foncé ferrugineux grossier, très dense et très dur.

- ❖ 3543-3560 m : Argile anhydritique gris verdâtre tendre, passées de grès blanchâtre fin silico-argileux compact, dur parfois verdâtre et friable.
- ❖ 3560-3607 m : Argile anhydritique gris verdâtre à gris clair tendre contenant par endroits de petites veines noires charbonneuses ; fines intercalations d'anhydrite blanche pulvérulente et de grès beige, blanchâtre parfois brun rougeâtre, fin silico-argileux, dur, et de calcaire beige, dur parfois dolomitique.

Argile grise à gris verdâtre, fortement silteuse, passant à silt blanc beige et gris blanc, avec fines passées de dolomie grise à beige, cryptocristalline, dure. Calcaire blanc à gris blanc, microcristallin, argileux, tendre à moyennement dur.

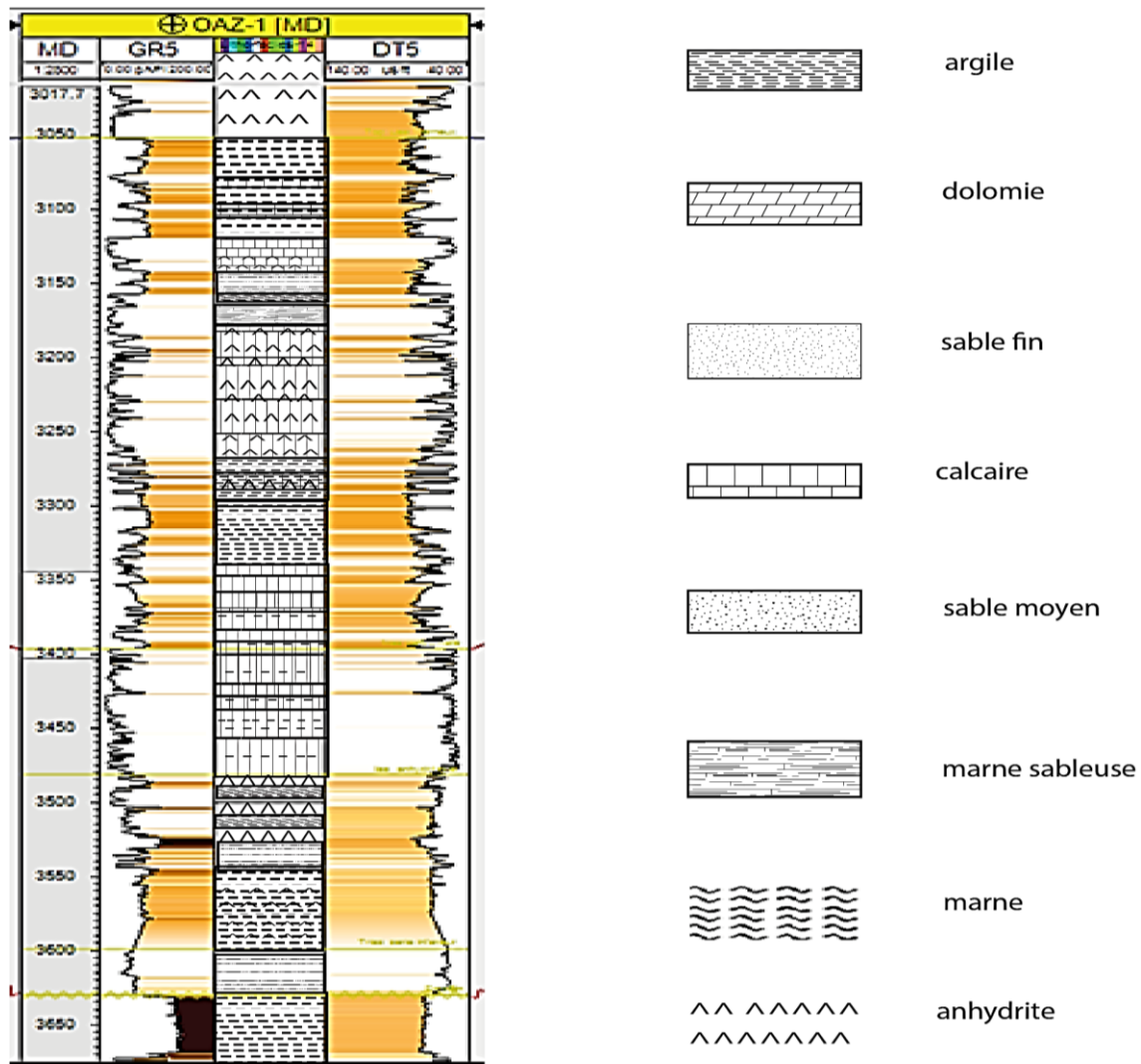


Figure 30: Log litho stratigraphique du lias dans le puits OAZ-1

Conclusion

En conclusion, l'étude stratigraphique du secteur d'Aïn Madhi révèle une structure complexe, marquée par des formations sédimentaires variées et une tectonique influente. Les résultats des forages, tels que AMI-1 et AMI-2, ont permis de mettre en lumière la diversité des lithologies, allant des calcaires oolithiques aux argiles silteuses, tout en suggérant la présence potentielle de réservoirs d'hydrocarbures. Cette analyse constitue une base solide pour de futures explorations et pour une meilleure compréhension du potentiel géologique de la région.

Chapitre III

Corrélations lithostratigraphiques

III Corrélation lithostratigraphique

Introduction

Ce chapitre se concentre sur la corrélation des puits dans la région de l'Atlas Saharien, en particulier ceux du Lias. L'analyse stratigraphique entre les puits KHL-1, EKL-1, OAZ-1, AMI-1 et AMI-2 met en lumière les variations de faciès et d'épaisseur des formations géologiques. En reliant ces différents puits, nous cherchons à mieux comprendre les variations latérales des sédiments et leur disposition en fonction des événements tectoniques et sédimentaires, tels que la discordance hercynienne. Cette étude vise également à identifier les différences de composition lithologique entre les différents sites, en mettant l'accent sur les variations des calcaires, marnes et grès.

Corrélation de puits :

Les corrélations du lias réalisés entre deux puits EKL-1 et KHL- 1, montre une variation notable de faciès. (Figure 31)

À KHL -1 le lias repose directement en discordance par le westphalien. A la faveur de la discordance hercynienne ; le lias traversé est globalement constitué par des carbonates (calcaire et dolomie) avec pp passée des gris et d`argiles :

[Calcaire beige et gris-brunâtre, oolithique et microcristallin a cryptocristallin moyennement dur a dur avec rares passées d`argiles grise, silteuse, micacée, indurée, feuilletés et carbonatée présence de grès blanc, fin, siliceux et gris-verdâtre silico-argileux dur], Vers l'est, les apports terrigènes deviennent de plus en plus lias en plus importants, où se décale un ensemble de [marnes gris-clair a gris-fonce, tendre passant localement à argiles gris-fonce et gris-verdâtre, silteuse, indurée, feuilletés ou a calcaire gris-clair a gris-fonce tendre argileux et gris-brunâtre, microcristallin a cryptocristallin dur] intercalé entre deux bancs de calcaires avec pulpes passé de marnes, il s'agit [calcaire gris a gris-brunâtre et beige microcristallin parfois oolithique et gris-clair tendre, localement mouchetés, argileux], l'épaisseur du lias pratiquement identique au sein des deux bans.

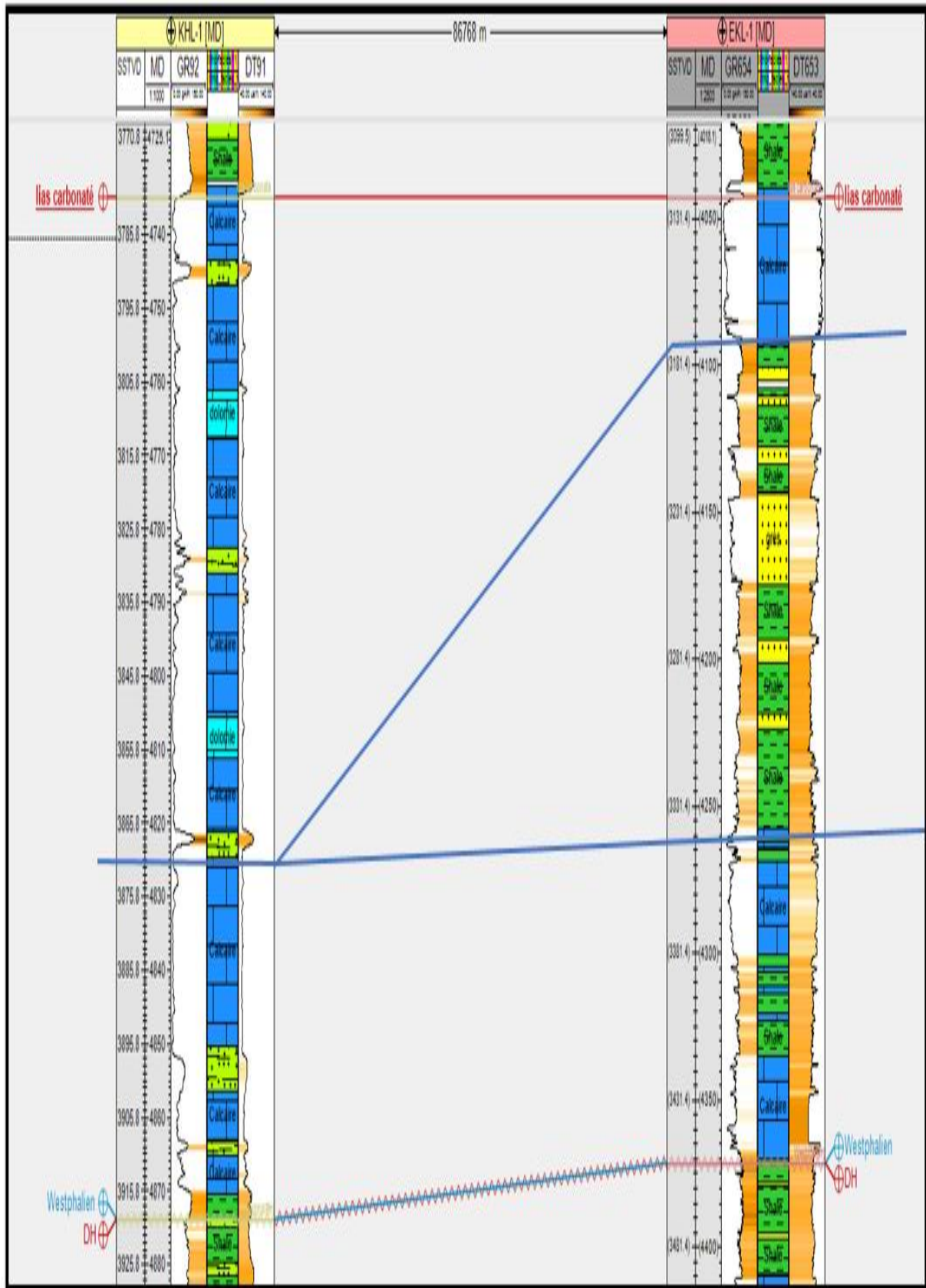


Figure 31: Le puits KHL-1- et le puits EKL-1

Les corrélations du lias (Figure 32) réalisé au nord vers le sud reliant le lias des puits KHL-1 et OAZ-1 montre de variations importantes d'épaisseur et de faciès.

Le lias à KHL-1 est constituée essentiellement par des calcaires avec pp intercalant de dolomies [Calcaire beige et gris-brunâtre, oolithique et microcristallin à cryptocristallin moyennement dur à dur avec rares passées d'argiles grise, silteuse, micacée, indurée, feuilletés et carbonatée présence de grès blanc, fin, siliceux et gris-verdâtre silico-argileux dur] repose directement sur le westphalien. Par contre le lias à OAZ-1 est constitué par une partie sommitale carbonatée (calcaire argileux) équivalent de la partie carbonatée de KHL-1, passant plus bas à [Anhydrite blanche pulvérulente, argile rouge et verte, grès blanc et vert fin friable, passées de calcaire beige fin] correspondant au lias anhydritique. Cette formation a été traversé à OAZ-1, situé dans le sillon de Benoud.

Le niveau du lias présente la même épaisseur entre ces deux puits.

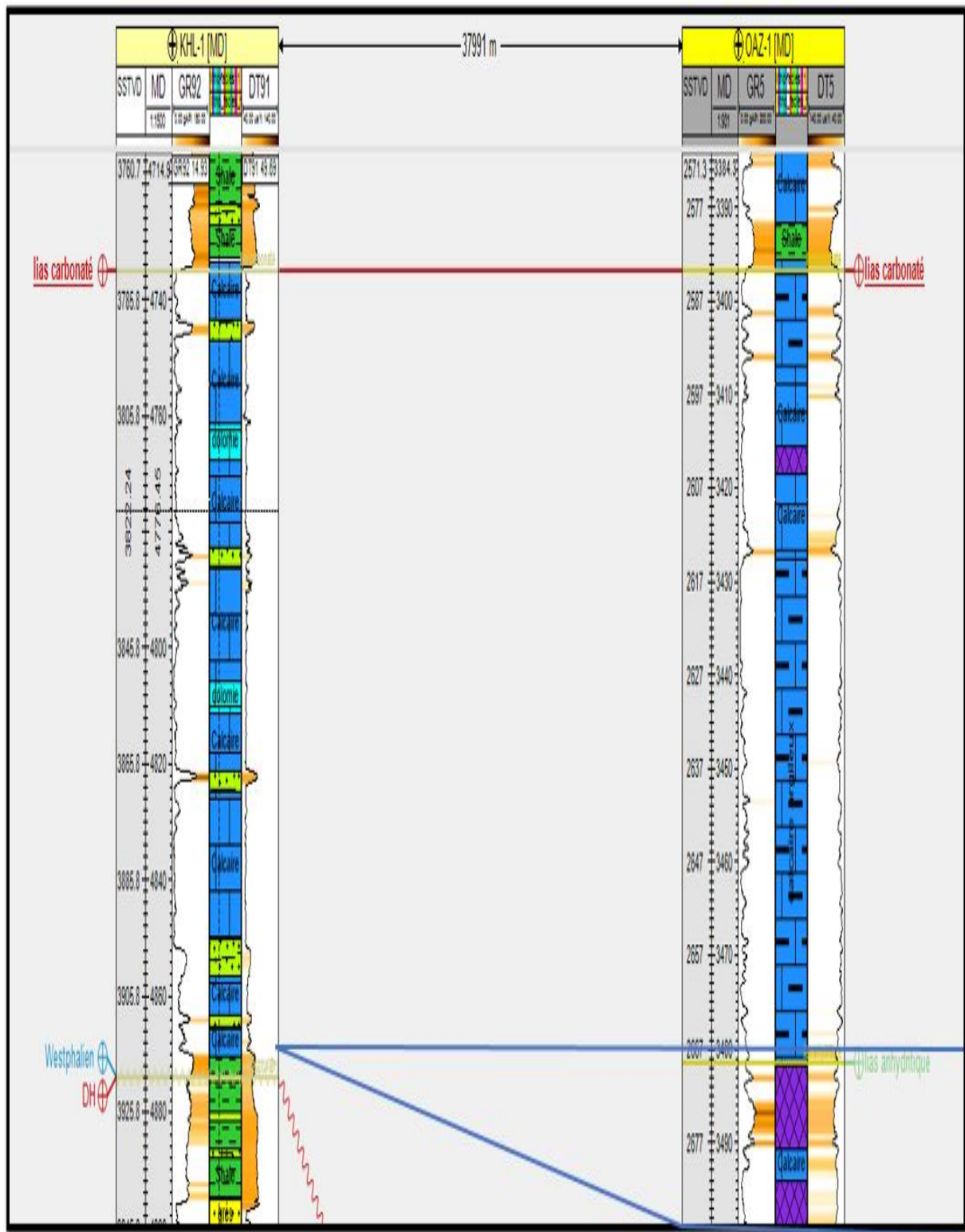


Figure 32: Le puits KHL-1- et le puits OAZ-1

La corrélation (Figure 33) est orienté SO-NE reliant le lias des puits OAZ-1, EKL, AMI-2 et AMI-1 montre des variations de faciès.

En termes de faciès du lias marneux en partie supérieure, traversé vers le nord (AMI-1, AMI-2) est constitué essentiellement par un faciès marin, où s'intercale des calcaires et des marnes, par contre il présente des passés de grès et d'argiles vers le sud, au-delà de l'ASA à travers les puits EKL-1 et OAZ-1.

Tandis que la partie médiane, se développe un banc de calcaire avec pulpe niveaux marneux. (OAZ-1 et EKL-1) et disparaît vers le nord. La partie basale du lias est généralement argilo gréseux avec pp passé de calcaire évoluant vers le bas à des calcaires de base du lias, à OAZ-1 et EKL-1, ces niveaux n'ont pas été atteint à AMI-2.

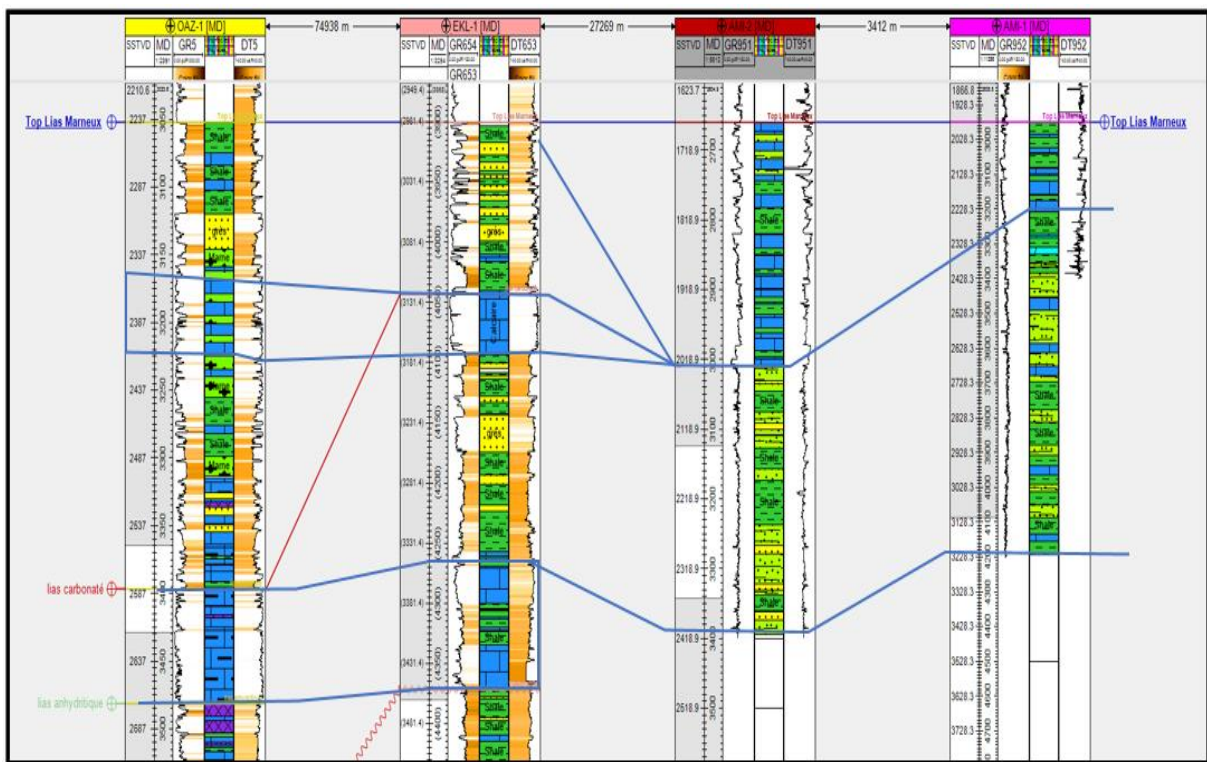


Figure 33: Les puits OAZ-1 et EKL-1 et AMI-1 et AMI-2

La corrélation (Figure 34) est généralement E-W reliant par KHL-1, AMI-2 et AMI-1.

Le lias carbonaté à KHL-1 est discordant sur le westphalien et débuté par un banc de [Calcaire beige et gris-brunâtre, oolithique et microcristallin à cryptocristallin moyennement dur à dur avec rares passées d'argiles grise, silteuse, micacée, indurée, feuilletés et carbonatée présence de grès blanc, fin, siliceux et gris-verdâtre silico-argileux dur], ce dernier n'a pas été traversé à AMI-1 et AMI-2. Le niveau argilo gréseux subjacents est traversé par les trois puits constitués

[alternance de calcaire gris noir argileux, microcristallin, de marne gris-brunâtre, tendre, indurée et d'argile gris-noir a noire, indurée, parfois silteuse]

À KHL-1, les niveaux gréseux sont bien développés, la partie centrale du lias de nature carbonaté avec des passées de marnes bien développé au niveau d'AMI et absente à KHL-1.

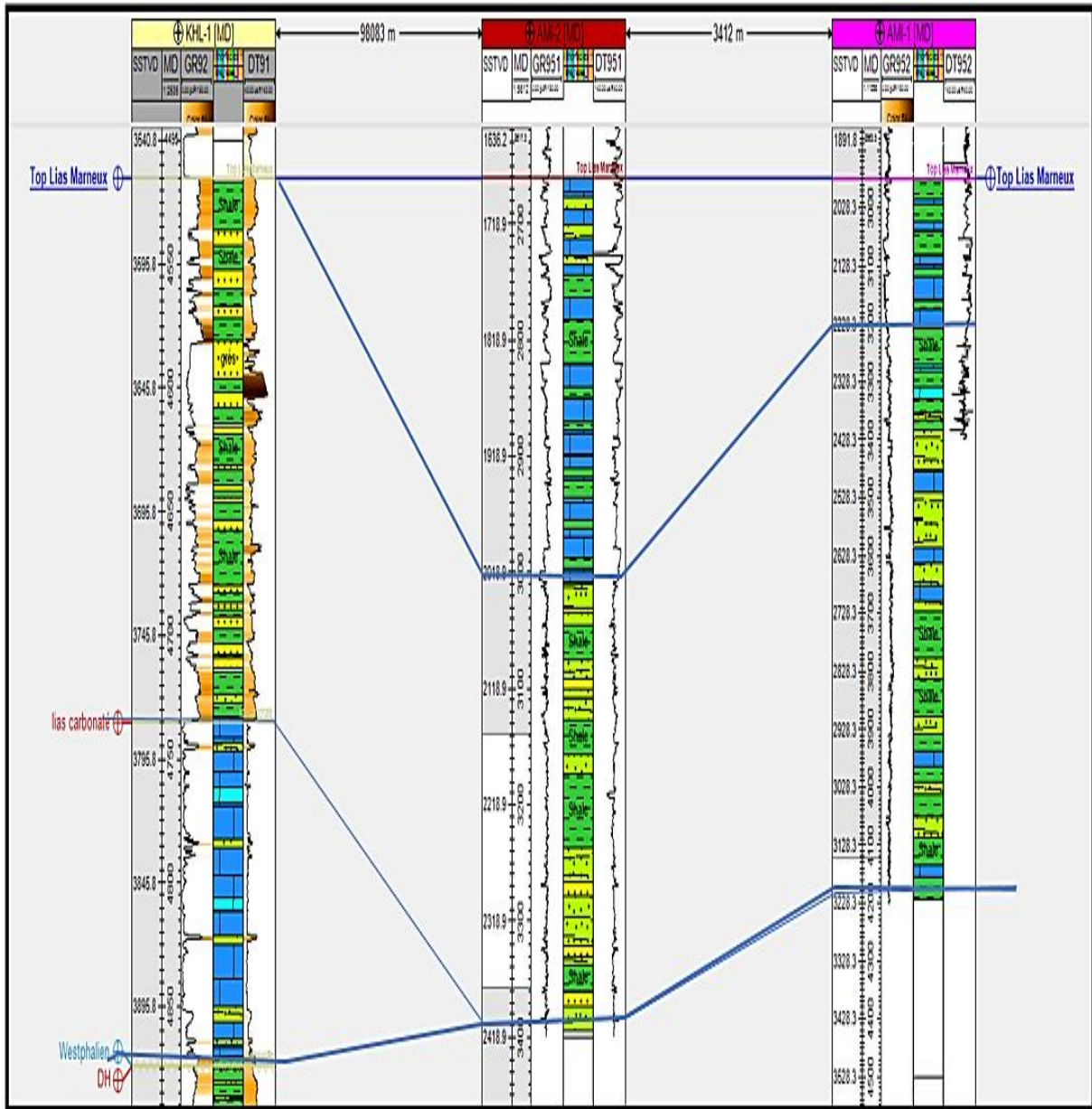


Figure 34: Les puits KHL-1 et AMI-1 et AMI-2

Carte de faciès

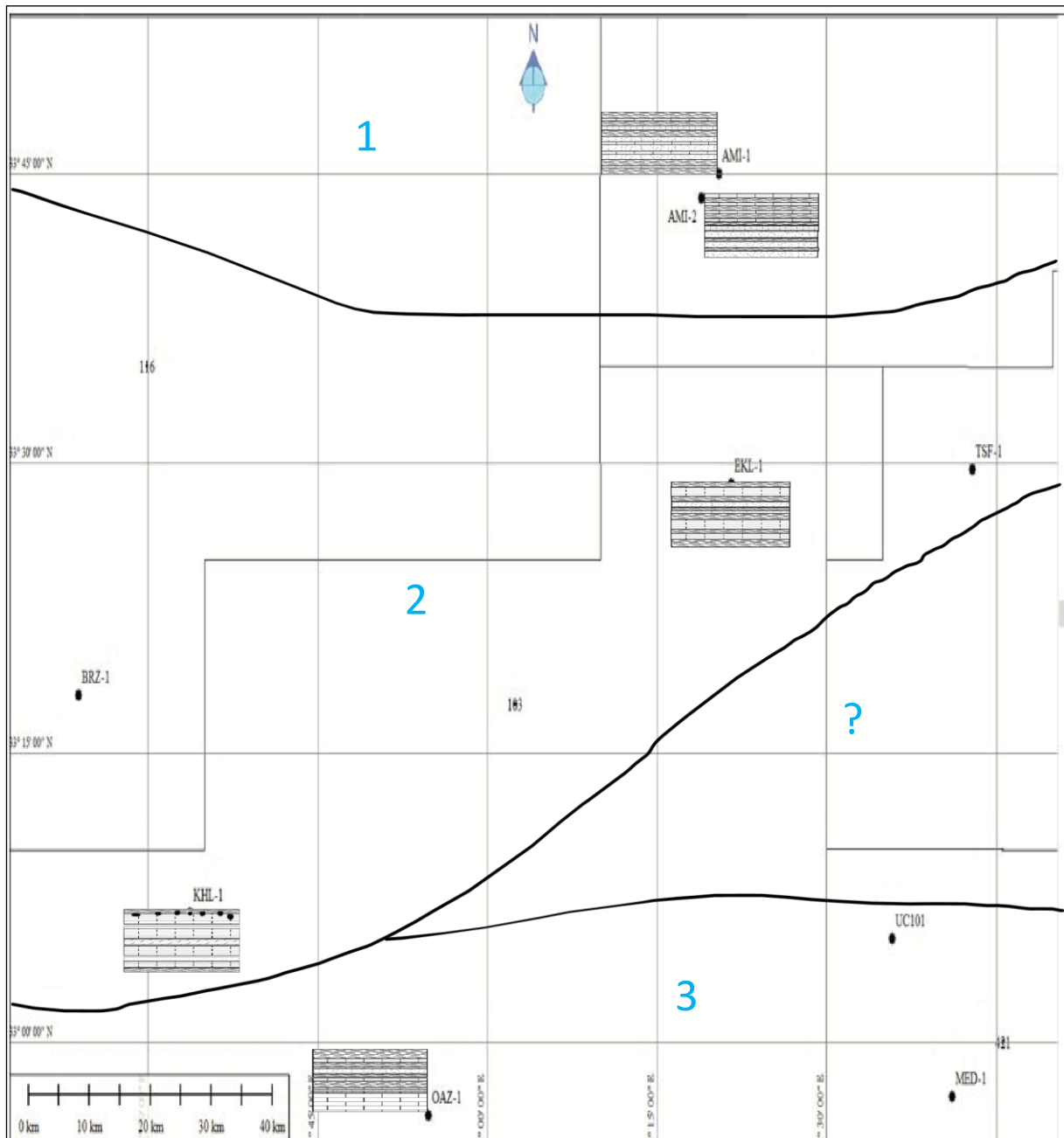


Figure 35: carte de faciès du Lias

- Plateforme carbonatée a influence détritque prodeltaïque
- Plateforme carbonatée interne ou se développe des barrières oolithiques et fossilifères
- Plateforme carbonatée interne évoluant du supratidale au subtidale

KHL-1

Constitue par des calcaires gris a beige microcristallin, oolitique, et mouchetée passant a des marnes et argiles silteuse

AMI- 1

Le lias supérieur est bien Développé, il est détritique a la base et carbonatée au sommet, il s'agit d'une épaisse série d'argile silteuse parfois gréseuse a passée de grès à ciment argilo dolomitique passant au marne et calcaire marneux bioclastique

AMI-2

Alternance de calcaire gris, noir, argileux microcristallin et de marne avec des passant d'argiles silteuse à gypse

EKL- 1

Il s'agit d'alternance d'argile gris verdâtre, de calcaire cristallin et de dolomie, micro a cryptocristalline, fossilifère et dolomitique et de calcaire argileux, passant au sommet a des calcaires dolomitiques avec des passées d'argiles parfois silteuse

OAZ-1

Le Lias commence par des dépôts anhydritique passant a des calcaires gris fonce fossilifères avec des passant des calcaire gris foncé, fossilifère avec des passées de calcaire crayeux

Conclusion :

L'étude des corrélations de puits a révélé d'importantes variations dans la composition des faciès du Lias au sein des puits étudiés. Les différences entre les formations carbonatées, les niveaux argilo-gréseux et les marnes témoignent des dynamiques tectoniques et sédimentaires qui ont affecté cette région. La corrélation entre les puits, notamment entre KHL-1, EKL-1 et OAZ-1, montre des variations notables dans l'épaisseur et la composition des couches, ce qui pourrait être déterminant pour les futures explorations pétrolières. Ces résultats fournissent des informations essentielles sur la géologie régionale et aident à mieux comprendre la structure et l'évolution du Lias de part et d'autre de l'Accident sud atlasique

Chapitre IV

Intérêts pétroliers

IV Intérêts pétroliers

Introduction

Le Jurassique a été traversé, entièrement, par la majorité des puits de la zone d'intérêt, de AMI-1, AMI-2, et BRZ-1 (F. Belfar).

- Les observations sur carottes, indiquent que le niveau jurassique est caractérisé par des carbonates fracturés, en faveur d'un bon réservoir. Toutefois, une détérioration de la qualité du réservoir peut être associée aux changements de faciès, aux intercalations des niveaux de calcaire argileux.
- La présence de zones "kitchen" peut être déduite localement, dans la région d'étude. Elles se situent essentiellement dans la zone de Aïn Madhi, la partie SO et NE de la zone pré atlasique.

Depuis l'évènement compressif majeur, fin-Pliocène, le facteur critique pour la charge réside dans la compréhension du timing de structuration par rapport au timing de l'expulsion des hydrocarbures, ainsi que l'emplacement des zones "kitchen" dans la région d'étude.

- La couverture, pour les prospectifs jurassiques, est assurée essentiellement par les carbonates compacts ainsi que les fines intercalations d'argile dans les carbonates.

IV.1 Roche Mère

Présence et richesse des niveaux roches mères du Jurassique dans le contexte atlasique :

Une synthèse des données géochimiques concernant tout le domaine atlasique a été établie, sur la base des données existantes. Cette étude a permis d'évaluer les différents niveaux roches en termes de richesse en matière organique, essentiellement dans le Jurassique.

IV.1.1 Pliensbachtien (Figure 36)

Dans la partie Nord orientale de la zone pré atlasique les rares niveaux marneux analysés à travers les forages BCH-1 et NAS-1, ont donné un COT moyen de 0.72 à 0.89%, avec un maximum de 1.27%. Dans le sillon atlasique, ces niveaux ont délivré un taux moyen de COT de 0.58% et un maximum de 1.50% (AMI-1).

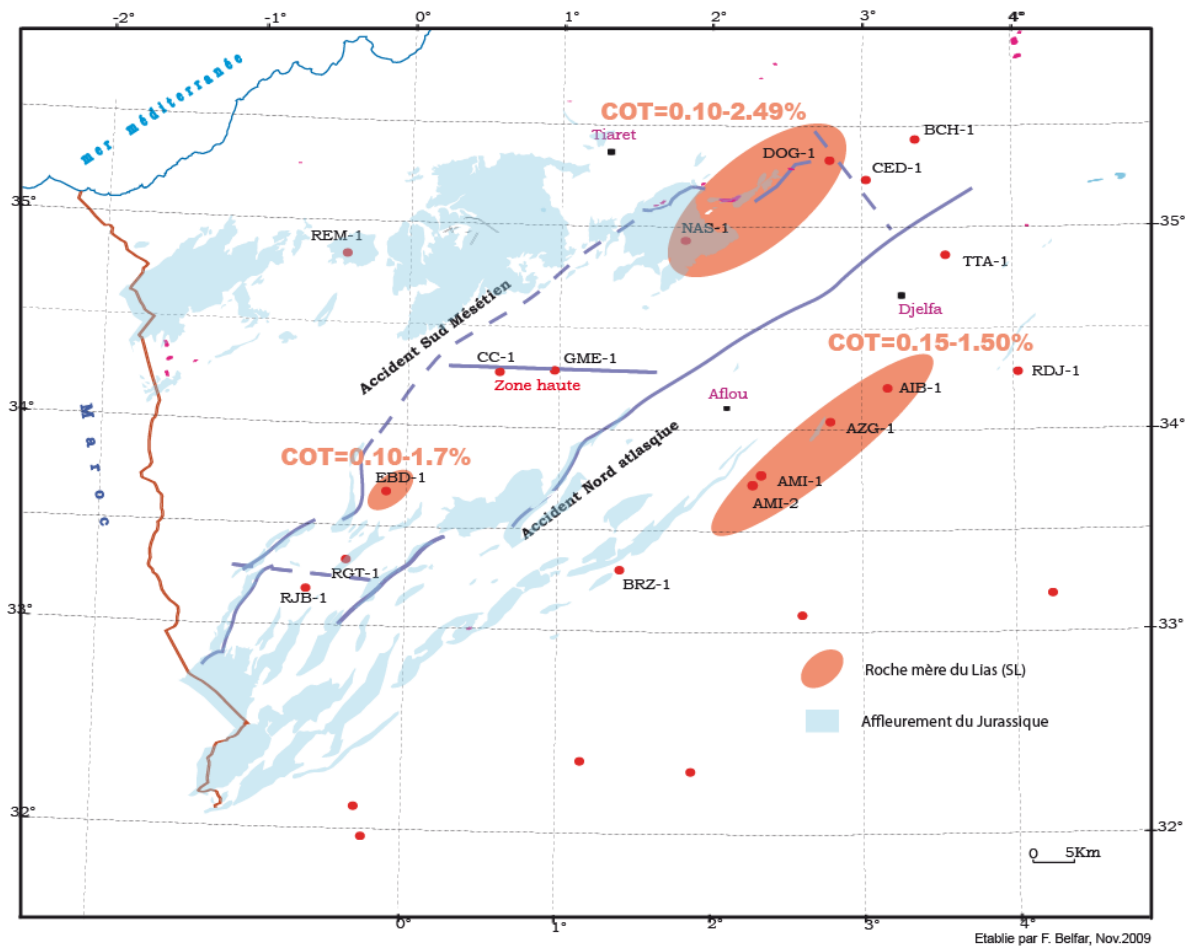


Figure 36: Richesse en COT de la roche mère du Pliensbachtien

IV.1.2 Toarcien (Figure 37)

Les niveaux marneux du Toarcien se présentent comme la meilleure roche mère potentielle mise en évidence dans le Jurassique. Dans la zone pré atlasique le COT moyen est de 0.80% avec un maximum qui varie de 1.7% (CED-1) et 2.49% (DOG-1). Au SW, ces niveaux ont délivré un COT moyen de qui varie de 0.18 (EBD-1) à 1 (RJB-1) et un maximum de 2.87%. Dans la région d’Aïn Mahdi, le Toarcien présente un COT moyen de 0.87% et un maximum de 1%. A Dj. Chemarikh (sillon atlasique) les niveaux marneux appartenant à un environnement de bassin montrent des valeurs de COT qui atteignent 2%.

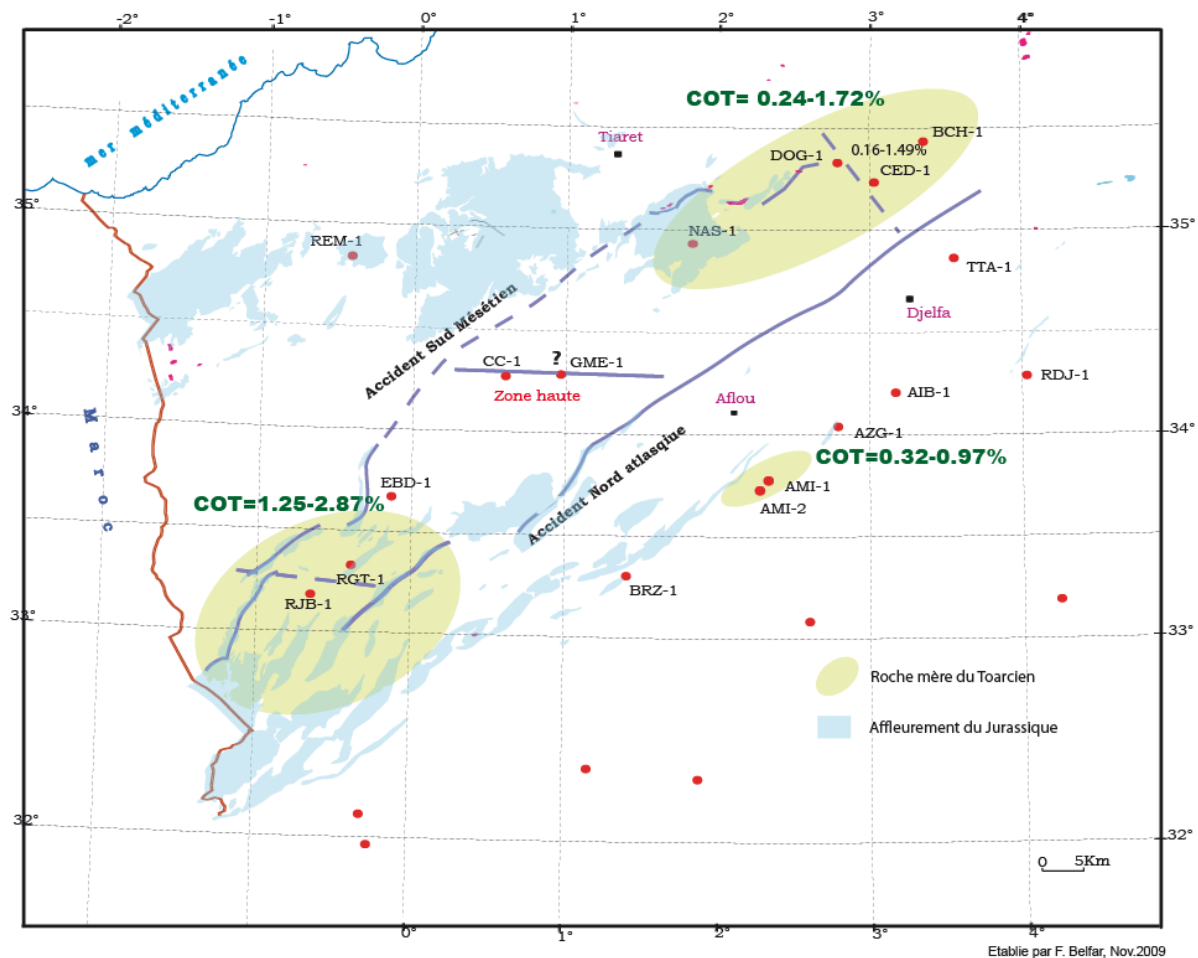


Figure 37: Richesse en COT de la roche mère du Toarcien

IV.1.3 Aalénien – Bajocien (Figure 38)

Seules quelques données d'analyse géochimique sont disponibles à travers les puits AIB-1 (Sillon atlasique), BCH-1 et NAS-1 qui donnent des valeurs de COT moyen de 0.65% et un maximum qui varie de 1.34% (BCH-1) à 1.49 % (NAS-1).

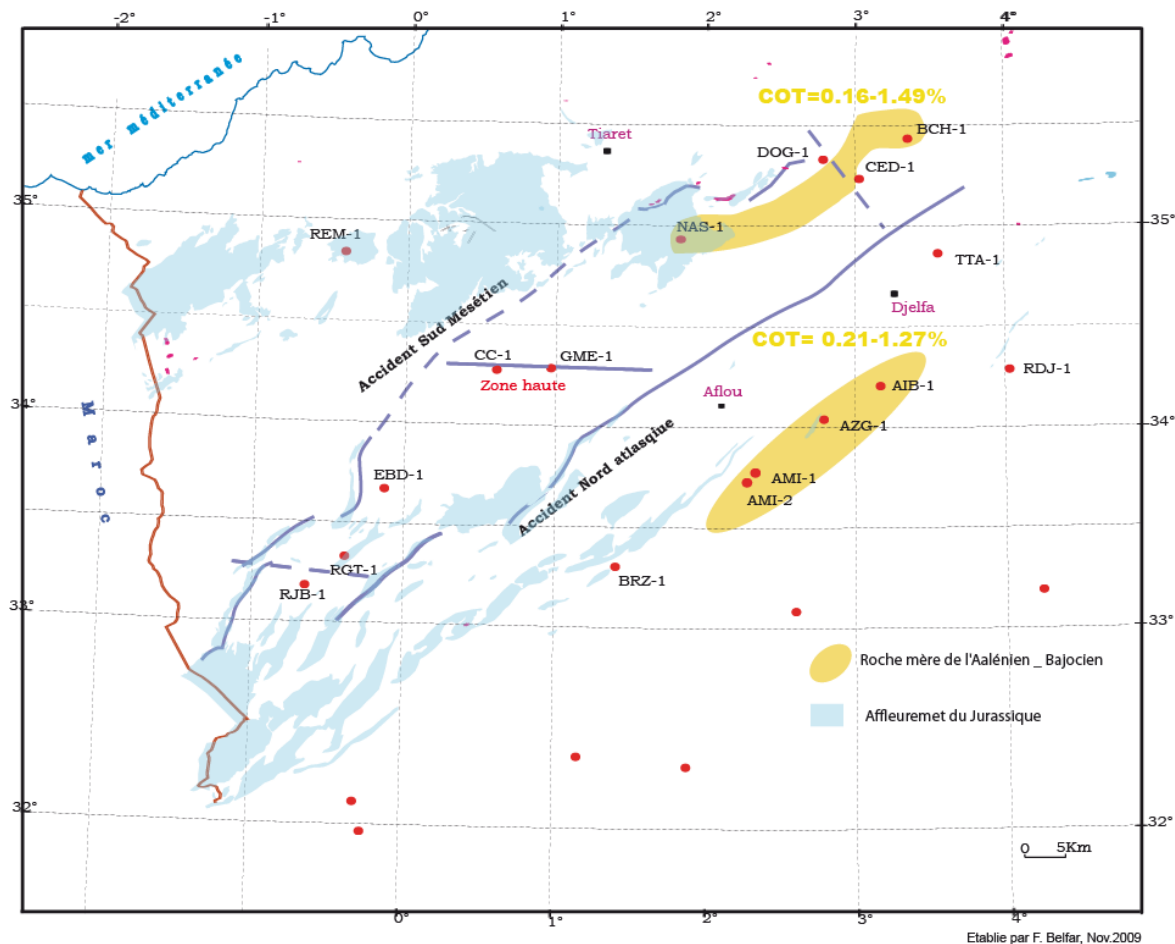


Figure 38: Richesse en COT de la roche mère de l'Aalénien - Bajocien

IV.1.4 Bajocien- Callovien

Analysés dans les Forages d'Aïn Mahdi, les niveaux marneux du Bajocien ont délivré des valeurs de COT moyen de 0.42% (AMI-1) à 0.55% (AMI-2) avec un maximum de 1.27% (AMI-1). Par contre les niveaux du Callovien ont délivré des taux de COT maximum un peu plus faible, variant de 0.73 à 1.09%.

Plus au Nord, à la limite Hauts Plateaux- Monts de Tlemcen, les niveaux argileux du Callovien et Bathonien du puits REM-1 ont délivré respectivement un taux de COT moyen de 0.61% et 0.55%

IV.1.5 Malm (Figure 39)

Ce sont de fins niveaux argileux et marneux dont l'épaisseur cumulée ne dépasse pas les 30m. Les niveaux roches mères du Malm sont localement riches, avec des COT maximum qui varient de 1.17% (DOG-1) à 2.23% (CED-1). Dans la région d'Aïn Ibel le COT a atteint localement 1.13%.

Dans la région de Brézina et de Mazar les valeurs de COT à ces niveaux sont très élevées et sont respectivement de 3.82% et 5.6%.

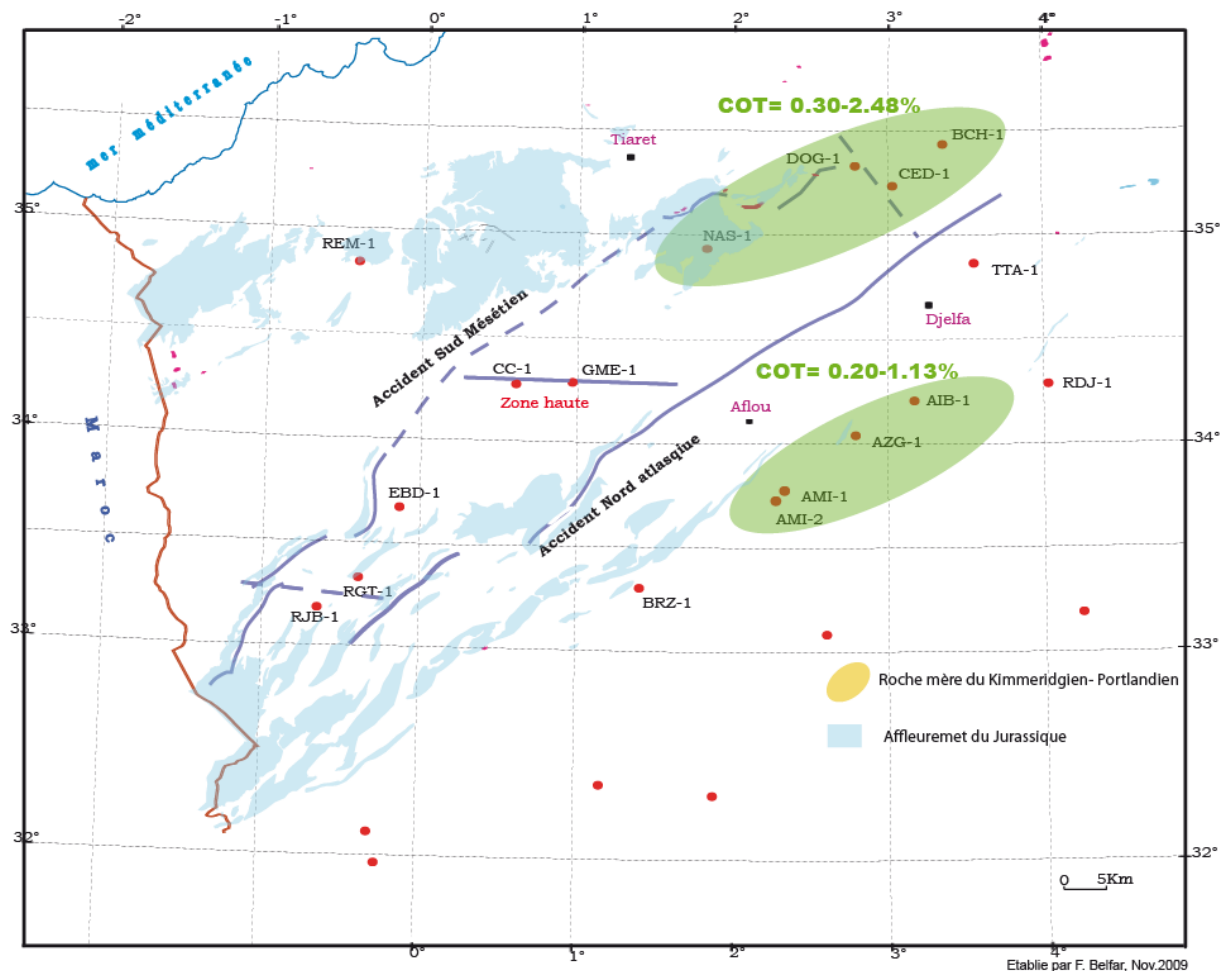


Figure 39: Richesse en CO₂ de la roche mère du Malm

IV.1.6 Modélisation géochimique des puits de la région d’Aïn Madhi

Le Callovo – Oxfordien dans la région de BRZ-1 a atteint la fenêtre à huile vers 105 Ma (Figure 41). La génération de l’huile par la roche mère du Domérien a eu lieu vers 140 Ma à AMI-1 (Figure 40)

Niveau roche mère	Génération H/G	Début de génération (Ma)	Taux de transformation à l’actuel	Zone
Callovo-Oxfordien	Huile	105 Ma (Albien)	25%	BRZ-1
Domérien	Huile	140 Ma (Valanginien)	55%	AMI-1

Tableau 5: la génération de l’huile dans la roche mère

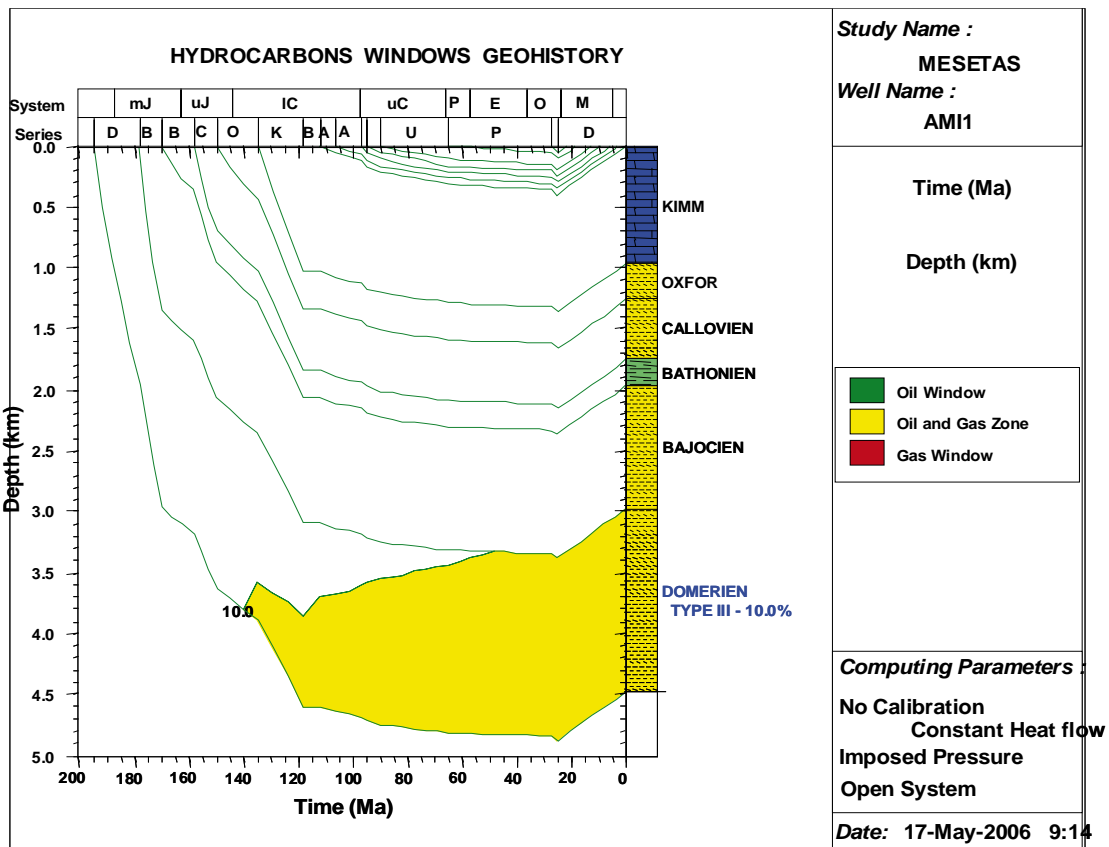


Figure 40: Modélisation du puits AMI-1

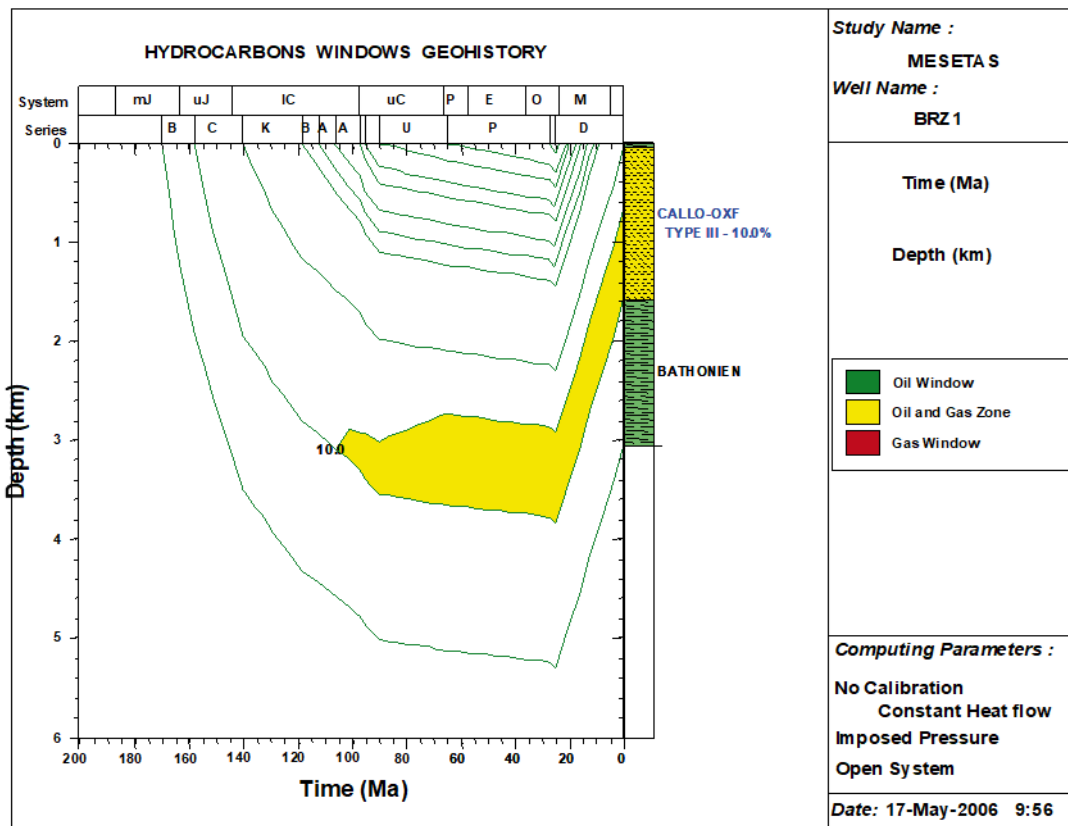


Figure 41: Modélisation du puits BRZ-1

Constat :

Le domaine atlasique central représenté par la région d'Aïn Madhi a montré des niveaux dans le Jurassique, potentiellement riche en COT. Ces niveaux sont représentés dans le Tableau et le Schéma ci-dessous (Figure 42)

BCH-1	Etages	COT Min (>0.5%)	COT Max	Epaisseur (m)
AIB-1	Sinémurien	0,51	0,8	54
	Kimméridgien-portlandien	0,5	1,3	25
	Bathonien	0,5	0,68	24
	Pliensbachtien		0,83	5
	Aalénien-Bajocien		0,53	5
AMI-1	Oxfordien	0,51	1,16	50
	Pliensbachtien	0,57	1,5	128
	Aalénien-Bajocien	0,52	1,17	45
	Callovien	0,5	1,10	32
	Toarcien	0,95	0,97	9
AMI-2	Aalénien-Bajocien	0,55	0,81	48
	Pliensbachtien	0,52	0,8	30
	Callovien	0,5	0,73	10
	Kimmeridgien.inf		0,93	5

Tableau 6: Les niveaux Jurassique potentiellement riche en COT

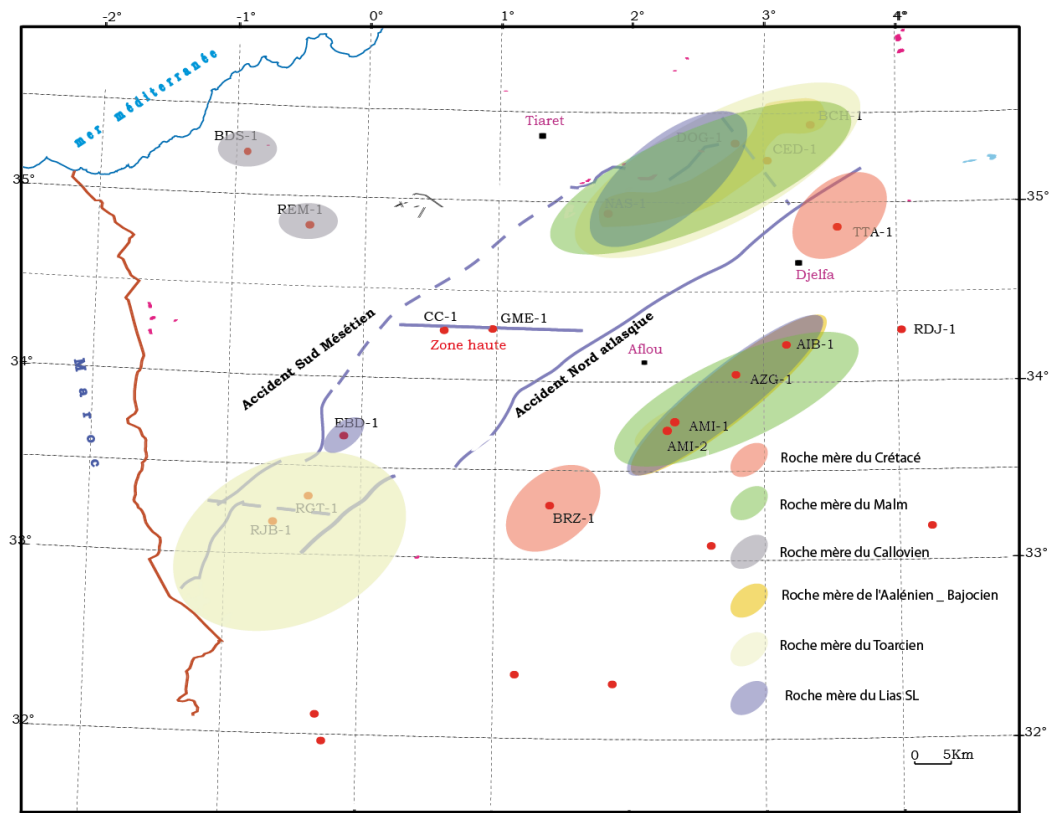


Figure 42: Zones potentielles en termes de roches mères

IV.2 Roche Réservoir

IV.2.1 : Le Toarcien :

Analysé uniquement à AMI-1, la porosité varie de 0.56 à 10 % et la perméabilité étant très faible.

Le faciès du Lias inférieur et moyen à AMI-1 et AIB-1, est détritique. Il correspond à une série de 1200m de silts, argiles gréseuses, à pyrite et fragments de lignite, avec de fins niveaux de grès. Ces sédiments sont interprétés comme étant des dépôts marins proximaux type pro delta.

Au Lias supérieur, les carbonates reprennent, (niveau producteur de gaz à AMI-1)

L'intervalle Domérien - Toarcien marque le changement d'environnement de dépôt. Dans la majorité des puits, ces niveaux correspondent à des argiles et des calcaires. A AMI-1, cette période coïncide avec le passage des dépôts clastiques en dépôts carbonatés.

Une Etude faite sur la base de 197 lames mince dans l'intervalle 2800 à 3300m et le maximum de cuttings, par trois personnes, T. MASSELINK M.SC, E.B. WOLFENDEN Ph. D et R.J. GREENWOOD B. Sc. Indique qu'il s'agit bien de dépôt de pro delta.

Ce sont ces calcaires argileux et fracturés, dont la porosité s'élève à 10%, qui ont produit 5662 m³/h de gaz CH₄ à AMI-1 (Fig.11). L'épaisseur des niveaux réservoirs du Lias, croit du Sud vers le Nord. Elle passe de 75m à AMI-1, 95m à AIB-1 et atteint 250m à BCH-1, 300m à CED-1 et 600m à NAS-1.

Une corrélation litho stratigraphique entre les deux puits AMI-1 et AMI-2, la section sismique 04DJ23 (NE-SW) montre que le Lias supérieure a été atteint au niveau de AMI-2 et se trouve en position plus haute que AMI-1.

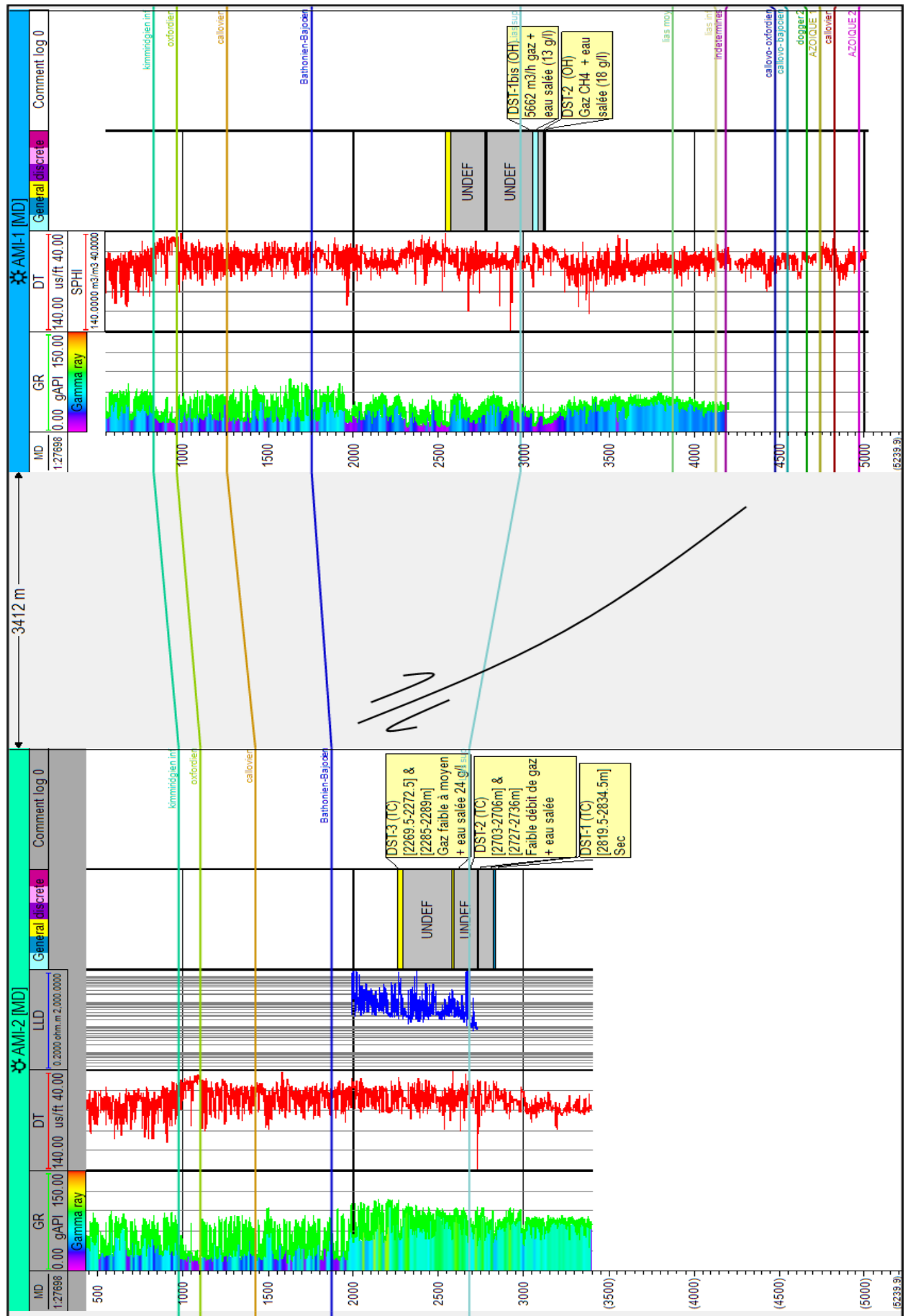
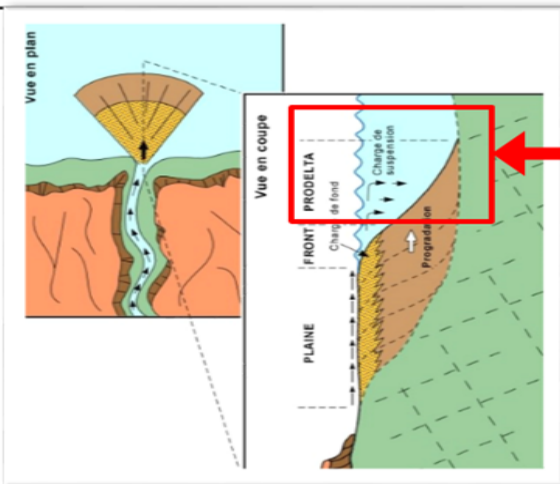


Figure 43: Coupe litho stratigraphique entre AMI-1 et AMI-2 (M. Belghache 2017)

Lithologie et Environnements de dépôt des différents intervalles étudiés à AMI-1

Profondeur en mètre	Environnement de dépôt	lithologie
2800 - 2900	Faible énergie, domaine marin, pente deltaïque, Profondeur tranche d'eau de 30 à 45m	Argile silteuse, gres Argileux et calaire greseux, quelques niveaux quartzite de la biomicrite et rarement de la dolomie
2900 - 2928	Pas d'échantillons	
2928 - 3056	Faible énergie, marine Prodelta shelf, Profondeur tranche d'eau supérieure a 30m	Gres carbonaté, argile silteuse, micrite argileuse et biomicrite, rare dolomie
3056 - 3200	Faible énergie, marine prodelta shelf, Profondeur tranche d'eau supérieure a 30m	Biomicrite arenacée et biomicrite peltoïde, dolomie, gres carbonaté argile silteuse et silstone.
3200 - 3300	Faible énergie, possible pente de delta, profondeur de la tranche d'eau entre 30 à 45m	Calcaire et/ou gres argileux, argile silteuse et biomicrite



Réservoir du Lias supérieure

In étude « Lithofaciés and Biofaciés analysis of the interval between 2800m and 3300m of the Ain Madhi-01 well »
Robertson Research Company Limited Dec, 1970

Figure 44: Lithofaciés et Biofaciés de l'intervalle entre 2800 et 3300m AMI-1

N°	Intervalles (m)	Hu (m)	Vsh	Fe	Rt	Sw	Observation
1	3055-3056,5	-	33,3	-	130	-	(compact) CP
2	3056,5-3059	2,5	6,7	6,8	42	44	HC
3	3059-3061,5	2,5	0,0	3,5	350	31	HC
4	3061,5-3062,3	1,2	0,0	4,4	125	40	HC
5	3062,5-3064	1,5	0,0	3,8	500	23	HC
6	3064-3067	-	0,0	5,2	50	54	Eau
7	3067-3070,2	-	6,7	2,9	150	56	Eau

Tableau 7: Interprétation diagraphique des niveaux carbonatés du Lias : Puits AMI-1

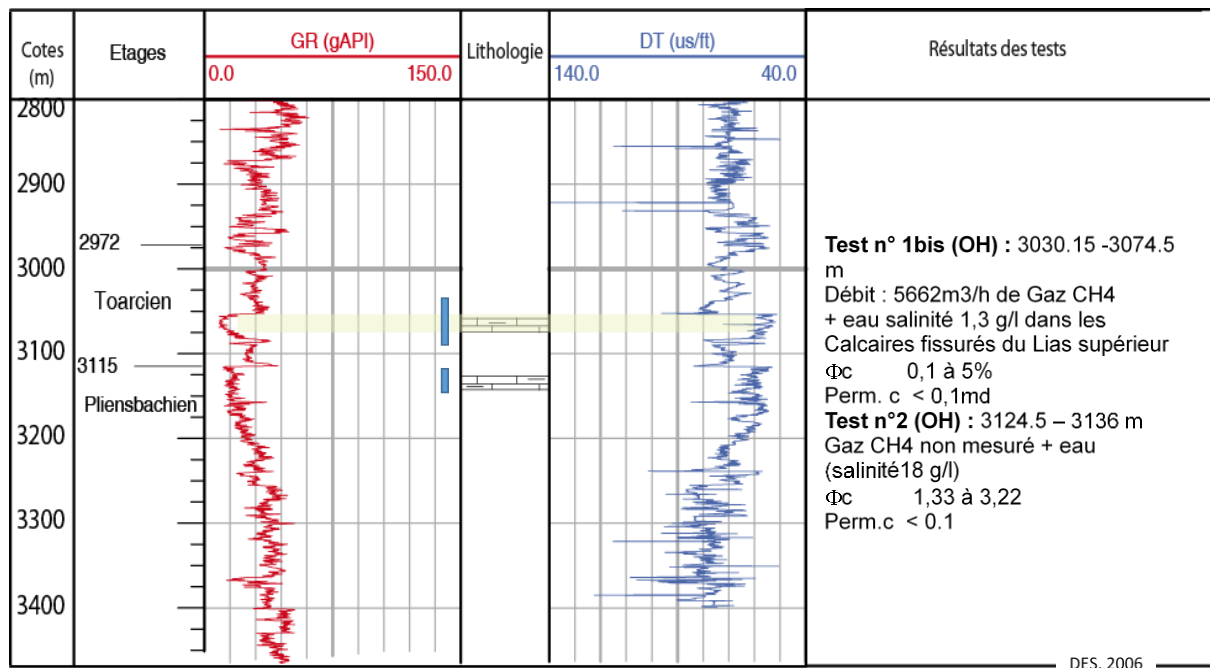


Figure 45: Elan et Tests Productifs à AMI-1

IV.2.2 Le Dogger

Les réservoirs gréseux et carbonaté du Dogger sont peu ou pas analysés. Les quelques résultats récoltés des analyses pétrographiques montrent que ces réservoirs sont de qualité mauvaise à moyenne. Dans l'intervalle Aalénien -Bajocien des puits AMI-1 et BCH-1 la porosité varie de 0.61 à 8.24% avec une moyenne de 4.32% et une perméabilité de 0.1 à 0.67mD. Le Callovien des puits AMI-1 et AMI-2 a donné une porosité de 0.9 à 4.13% associée à une perméabilité de 0.1 à 4mD, localement 11.73 mD (1425m).

IV.3 Roche couverture

Les Argiles et marne du Lias Supérieur et du Bajocien constituent de bonnes roches couvertures

Conclusion

Ce chapitre met en lumière l'importance des formations géologiques jurassiques dans la région d'Aïn Madhi, notamment en ce qui concerne les ressources pétrolières. Les analyses géochimiques révèlent des niveaux de richesse en matière organique, surtout dans les unités du Toarcien et du Malm, suggérant leur potentiel en tant que roches mères. Les résultats indiquent une variabilité des valeurs de COT, avec des zones riches en hydrocarbures, particulièrement dans le sillon atlasique.

De plus, la modélisation géochimique des puits a démontré que certaines roches, telles que celles du Callovo-Oxfordien et du Domérien, ont déjà atteint la fenêtre de génération d'hydrocarbures. Cela souligne l'importance d'une compréhension approfondie des processus géologiques qui ont influencé l'accumulation et la migration des hydrocarbures.

Les réservoirs, bien que présentés avec des caractéristiques variables, montrent également un potentiel significatif, notamment dans les formations du Toarcien et du Lias. Les roches de couverture, quant à elles, semblent adéquates pour retenir les hydrocarbures, renforçant ainsi l'attrait de la région pour l'exploration pétrolière.

En somme, les données présentées offrent un aperçu détaillé des potentialités pétrolières de la zone, tout en soulignant la nécessité de poursuivre les recherches pour optimiser l'exploitation de ces ressources stratégiques.

Conclusion Générale

Conclusion

L'étude sédimentologique du Lias dans le sillon d'Aïn Madhi, situé dans l'Atlas Saharien central, a permis de mieux comprendre la géologie complexe de cette région. Cette recherche a mis en lumière l'importance de la dynamique tectonique et des processus de dépôt dans la formation et l'évolution des réservoirs géologiques. Le cadre géologique de l'Atlas Saharien central présente des particularités qui influencent sur les formations rocheuses, les réservoirs potentiels et les couvertures de cette région.

Les principales découvertes de cette étude reposent sur l'analyse de plusieurs forages (KHL-1, AMI-1, AMI-2, etc.) qui ont permis de dresser un tableau précis des structures géologiques du Lias. Ces forages ont révélé une grande hétérogénéité lithologique, avec des alternances de calcaires, de marnes, et d'argiles, ce qui traduit la variabilité des environnements de dépôt. Le Lias, étudié en détail à travers ses différentes unités stratigraphiques, présente des caractéristiques pétrophysiques favorables à la formation de réservoirs d'hydrocarbures.

Les phases tectoniques, notamment atlasique, ont une influence notable sur l'architecture structurale de la région. Ces déformations tectoniques ont créé des pièges géologiques favorables à l'accumulation d'hydrocarbures. L'étude a également mis en évidence l'importance des corrélations entre les puits et l'analyse des électrofaciès pour mieux comprendre l'évolution des réservoirs dans l'espace et le temps.

D'un point de vue pratique, les résultats obtenus apportent des informations précieuses pour l'optimisation des futurs travaux d'exploration et de forage dans la région d'Aïn Madhi, en ciblant les zones à fort potentiel pétrolier. De plus, cette étude pourrait servir de référence pour des recherches notamment pour affiner les modèles géologiques et sédimentaires du Lias dans d'autres régions de l'Atlas Saharien.

En conclusion, cette étude constitue une avancée significative dans la compréhension du système géologique du Lias dans l'Atlas Saharien central. Elle met en lumière l'importance des études multidisciplinaires, combinant sédimentologie, stratigraphie et pétrophysique, pour décrire et comprendre les systèmes pétroliers dans des régions complexes. Les résultats obtenus posent ainsi les bases pour des explorations plus ciblées et plus efficaces, contribuant à l'essor des activités pétrolières dans cette région prometteuse de l'Algérie.

Bibliographie

Bibliographie

A. AISSAOUI.2016. Hydrologie et Hydrogéologie du bassin versant de l'Oued M'ZI (LAGHOUAT, ALGERIE)

A. BETTAHAR, 2009 Les Accidents majeurs de l'Atlas Saharien Central et les structures associés.

A. KACEMI, 2013. Evolution Lithostructurale des monts des Ksour (Atlas Saharien, Algérie) au cours du Trias et du Jurassique : Géodynamique, typologie du bassin et télédétection.

ABED S. (1984). - Mise en place d'un delta au Collovo-Oxfordien dans l'Atlas Saharien Central. 5^e Congrès Europ. De sédiment. p45.

AISSAOUI D. (1987). - Les structures liées à l'Accident Sud atlasique entre Beskra et Le Djebel Manndra, Algérie : Evolution géométrique et cinématique. Thèse et Publ. De L'office Nat. De Géol. Nle. Série, Bull. N°51.

AIT OUALI R. (2007). - Livret-Guide de l'excursion. 3^{ème} Séminaire National de Stratigraphie, Laghouat, Février 2007.

B. Saint Bezar, 1999. Apport de la modélisation Cinématique et du magnétisme structural à la compréhension d'un front de chevauchement aveugle : Région de Goulmima (Maroc), Elément du front Sud Atlasique.

BELFAR F. (2002). - Géométrie et Dynamique des bassins triasiques de L'Atlas Saharien Occidental et des Hauts Plateaux (Algérie). Thèse Mag. USTHB ; Alger.

BENAISSA S. et DERAMCHI S. (2005). - Etude géométrique et cinématique des accidents N-S à NE-SW de la région de Guelalia (Atlas Saharien central, Algérie). Mémoire Ing. USTHB; Alger.

BETTAHAR A. AIT OUALI R. et BECHE A. (2007). - Etude de la région de Djebel Er-Radjel à déformation polyphasée avec mise en évidence d'une inversion tectonique (Atlas Saharien Central-Algérie). Bulletin du Service Géologique de l'Algérie Vol.18.n 1, pp.43-56,12 fig., 2007.

BRACENE R. (2002). - Géodynamique du Nord de l'Algérie : implication sur la recherche pétrolière. Thèse doc. Univ. Cergy Pontoise 2 Vol.30p.

CHERIGUI A. (2002). - Les Monts des Ksour, Atlas Saharien Occidental : Structure et tectonique. Thèse Mag. USTHB ; Alger.

CHETTIH M. (1995). - Simulation par hydrodispersif des écoulements souterraines et des variations de salinité dans l'aquifère alluvial de la vallée du M'ZI. Thèse Mag. USTHB ; Alger.

D. Frizon de Lamotte B. Saint Bezar R. Bracene, TECTONICS, VOL. 19, NO. 4, PAGES 740-761 AUGUST 2000 The two main steps of the Atlas building and geodynamics of the western Mediterranean

DELFAUD J. (1978). Les Grès des Ksour: un modèle de delta tidale de plate forme. Colloque A.S.F. Sédiment. Deltaïque, Marseille.

DJEBBAR T. (200). - Structural evolution of the Algerian Sharian Atlas. Thèse PHD. University of London.

GUILLEMOT J. et al. (1972). Notice explicative de la carte géologique de Laghouat au 1/200 000.

GUELLAL S. (1988). Atlas littoral, Atlas Saharien : Généralités et aspect pétrolier, Rap. Int. Sonatrach. Inédit.

HABANI H. et MEDAOURI M. (1994). Analyse structurale d'un trançon de l'Accident Sud Atlasique El Kohol (Brézina), Atlas Saharien Occidental . Mémoire Ing. USTHB ; Alger.

HERKAT M. (1982). lithostratigraphie et Sédimentologie des formations carbonatées du Jurassique supérieur des Monts des Oulad Nail et la terminaison orientale du Djebel Amour (Atlas Saharien). Thèse 3ème cycle, Univ.Pau.

HERKAT M. (1999). La sédimentation de haut niveau marin du Crétacé supérieur de l'Atlas Saharien Oriental et des Aurès : Stratigraphie séquentielle, analyse quantitative des biocénoses, évolution paléogéographique et contexte géodynamique. Thèse doc. USTHB ; Alger.

KAZI TANI N. (1970). Contribution à l'étude du Djebel Fernane et des Monts de Ben-Srouer : étude sédimentologique et Structurale. Thèse 3^{ème} Cycle. Alger.

KAZI TANI N. (1986). Evolution Géodynamique de la bordure nord-africaine : Le domaine intraplaque algérien. Approche mégaséquentielle. Thèse es-Science, Univ. Pau.

KOPTAN A.A. et SEBAIBI A.S. (2003). La Zone de Transition : Atlas Saharien Centro-Occidental : Dj. Mimouna (Chaiba) : Etude géométrique et cinématique de l'Accident Sud Atlasique, intérêts pétroliers. Mémoire Ing. USTHB ; Alger.

LAFFITE R. (1939). Etude géologique de l'Aurès. Thèse es science, Paris, Bull. Paris, Pub. Serv. carte geol. Nouv. Série, N°46, t.I, 217p, et t.II 281p.

M. A. GUEMACHE, B. ADDOUM, D. MACHANE, S. GHARBI, H. YMMEL, L. DJADIA et H. DJELLIT 2009 - Apport de la morphotectonique et des profils sismique réflexion 2D dans l'analyse du front Sud de l'Atlas Saharien Occidental : exemple du pli d'El Kohol (Région de l'Laghouat, Algérie).

MEDAH A. (1998). Etude géologique des appareils diapiriques de l'Atlas Saharien Occidental (Monts des Ksour). Thèse Mag. USTHB ; Alger.

MIKAHLI L. (1995). Hettangien-Bajocien Supérieur des Monts des Ksour : Biostratigraphie, sédimentologie, évolution paléogéographique et stratigraphie séquentielle. Thèse Doc. Es Science Univ. d'Oran.

Kazi Tani, N. (1986). - Evolution géodynamique de la bordure Nord-africaine : le domaine intraplaque Nord algérien. Approche mégaséquentielle. Thèse ès Sciences, Univ. Pau, 2 tomes, 871 p.

R. Krummenacher, 2018. Effets d'une tectonique tournante sur un réseau de failles Laramienne : une autre hypothèse sur la formation du Jura.

RITTER E. (1902). Le Djebel Amour et les Monts des Ouled Nail. Bull. Serv. Géol. Algérie 2ème Ser., n°3.

SEKOUR M, SERIR H. (2003). Etude structurale de la région de Koudiat Toualet, étude pétrographique et structurale du diapir de Zriguet (Atlas Saharien Central). Mémoire Ing. USTHB ; Alger.