

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

DEPARTEMENT DES SCIENCES GEOLOGIQUES



MEMOIRE

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

Réalisé Par :

DABLI Sekoura

FALI Celia

Thème :

**Etude sédimentologique et paléogéographique du jurassique
supérieur des monts du ZAB (Atlas Saharien Central)**

Thème proposé par : M. BELFAR Farid

Soutenu publiquement le 02/07/2024 devant le Jury composé de :

Mr. BRAHMI Boualem	M.A.A à l'UMMTO	Président
Mr. ACHOUI M'hand	M.A.A à l'UMMTO	Encadreur
Mme.OUIKENE Karima	M.A.A à l'UMMTO	Examinatrice
Mr.BELFAR Farid	Chef de projet (Division Exploration, Boumerdès)	Co-promoteur

Année universitaire 2023/ 2024

REMERCIEMENTS

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord ; ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Monsieur **ACHOUI M'hand**, maitre-assistant à l'UMMTO, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce travail.

Nous sommes également reconnaissantes envers notre Co-promoteur, Monsieur **BELFAR Farid**, chef de projet à la SONATRACH, division exploration, pour le temps précieux qu'il nous a consacré et les moyens indispensables qu'il nous a fournis pour mener nos recherches ainsi que son bon accueil, ces précieux conseils et encouragement.

Nos remerciements s'adressent également à Mademoiselle **OUIKENE Karima**, maître assistante à l'UMMTO, qui nous a honoré d'examiner notre travail et faire partie de notre membre de jury.

Nos plus vifs remerciements vont également à monsieur **BRAHMI Boualem**, chef département à l'UMMTO, d'avoir répondu favorablement à l'invitation qui lui à été faite pour présider ce jury.

Nos remerciements vont également à tous le personnel du département de Géologie CRD/SONATRACH pour leurs aides et leurs encouragements, particulièrement : Madame **CHILALI Radia**.

Merci à vous

DEDICACE

C'est avec gratitude et sincère mots que je dédie humblement ce mémoire à :

*A mon paradis à la prunelle de mes yeux à la source de ma vie et mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allumer mon chemin. A ma moitié
Maman.*

A mon héros, mon guide et le roc sur lequel je m'appuie chaque jour. Ta sagesse inébranlable a été ma boussole, éclairant le chemin de ma croissance personnelle. A mon chère PAPA

A mon frère YAHIA et mes deux sœurs ZOHRA et THANINA ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de mon travail.

Mes deux chères tantes SMINA et HAMMAMA, je vous offre ce travail pour vous remercier pour votre présence à chaque moments et événements de ma vie.

A mon oncle AMRANE, tu as été bien plus qu'un simple oncle pour moi tu as été comme un deuxième papa. Ton amour et tes besoins ont touché mon cœur de manière indescriptible, à travers les années, offrant toujours ton aide et des conseils avisés lorsque j'en avais besoins.

A mon cher binôme CYLIA qui était là, pendant le pire et le bien, tout au long de notre parcours, pour sa patience et sa compréhension.

Sans oublier mes amis AZOUAOU et ADEL chaque moment passer avec vous est un trésor dont je suis reconnaissante. Votre amitié inestimable a illuminé mon parcours et enrichi cette expérience. Merci d'être toujours là.

A tous ceux qui sont proches de mon cœur et qui m'encouragent et me soutiennent pour donner le meilleur de moi-même.

SEKOURA

DEDICACE

À ma mère

À celle qui incarne la force et la douceur, qui a illuminé ma vie de son amour inconditionnel et de son soutien indéfectible. Tes sacrifices et ta présence constante ont été le fondement de mes réussites. Chaque ligne de ce mémoire est un témoignage de ton influence positive dans ma vie. Merci pour tout ce que tu as fait et continues de faire pour moi.

À la mémoire de mon père

À celui qui, bien que physiquement absent, reste présent dans chaque accomplissement et dans chaque pas que je fais. Ton héritage de détermination et de persévérance guide toujours mes aspirations.

À mes frères et mes chers oncles

Pour leur soutien inébranlable, leurs encouragements sans faille et leur compréhension profonde qui ont enrichi mon parcours.

À mon fiancé

Pour son amour infini, sa patience et son soutien sans faille à chaque étape de ce voyage. Ta présence et ton encouragement m'ont donné la force et la motivation nécessaires pour atteindre mes objectifs.

À mes professeurs et mentors

Pour leur enseignement inspirant, leur patience infinie et leur expertise qui ont façonné ma vision du monde et mes compétences académiques

A mon binôme et tous mes amis

Leur collaboration précieuse et leur engagement ont été essentiels pour mener à bien ce travail.

CELIA

Résumé :

Cette étude, intitulée "Lithostratigraphie, sédimentologie et paléogéographie du Jurassique supérieur de la zone de transition (plateforme saharienne et Atlas saharien central)", se concentre sur les réservoirs carbonatés de la région des Zibans.

Pour mener à bien ce travail, cinq sondages réalisés par Sonatrach ont été sélectionnés. Le sondage RDJ-1 (RASS EL DJAR-1) est considéré comme le sondage de référence. Le Jurassique supérieur du sondage RDJ-1 mesure 1305 mètres d'épaisseur et est subdivisé en deux formations : la première, d'âge Kimméridgien, est constituée de trois membres à évolution transgressive, et la deuxième, d'âge Portlandien, comprend également trois membres à évolution transgressive. Les autres sondages sont presque analogues au sondage de référence, avec quelques différences en termes de variation d'épaisseur et de faciès.

L'objectif principal de ces forages était de cibler le Jurassique supérieur carbonaté, mais tous les forages réalisés n'ont pas révélé de présence significative d'hydrocarbures. L'analyse faciologique des carottes a révélé que les réservoirs potentiels sont de qualité médiocre.

Les cinq profils de corrélation établis (N-S, SW-NE, NNE-SSW, NNW-NNE) ont permis de tenter une reconstitution paléogéographique de la région. Ces profils ont montré un Kimméridgien à forte bathymétrie et un Portlandien peu profond, infra à intertidal

Mots clés : Atlas Saharien centrale, les monts d'Ouleds Naïl, les Zibans, les réservoirs carbonatés du Jurassique Supérieur, Kimméridgien, Portlandien cartes des faciès, profils paléogéographiques, profil sismique.

Abstract:

This study entitled lithostratigraphy, sedimentology and paleogeography of the Upper Jurassic of eastern Saharan Atlas, focuses on carbonate reservoirs in the area at the junction of Zibans Atlas-Aures.

In developing this dissertation, five wells were selected by Sonatrach. The well MTL-1 (Metlili-1) is considered reference well.

The Upper Jurassic well MTL-1 is 1216 m thick, it is divided into two: formations the first Kimmeridgian age, consisting of three members to change transgressive and second age Portlandian consists of three members regressive evolution mainly dolomite. Other wells are almost similar to reference well with a few differences (variation in thickness and facies).

The main objective of this drilling was the Upper Jurassic carbonate, however all wells drilled proved dry. The facies analysis carrots proved that potential reservoirs are of poor quality.

The three patterns of correlations established: NNW-SSE, NE-SW, SSW-NNE, we were able to try a paleogeographic reconstruction of the region and we have demonstrated a high Kimmeridgian bathymetry and Portlandian shallow infra to intertidal.

Keywords: Central Saharan Atlas, Ouled Naïl Mountains, Zibans, Upper Jurassic carbonate reservoirs, Kimmeridgian, Portlandian, facies maps, paleogeographic profiles, seismic profile.

Tables des matières

REMERCIEMENTS

DEDICACE

Résumé

Abstract :

Chapitre I :

Introduction générale

I. Problématique et objectifs de l'étude	1
II. Méthodologie et organisation du travail	1
II.1 Méthodologie	1
II.2 Organisation du travail :.....	2
III. Présentation du secteur d'étude	3
III.1 Cadre géographique régional	3
III.2 Cadre géologique	3
III.3 Cadre stratigraphique	3
III.4 Les phases tectoniques	5
III.5 Situation Géologique de la zone d'étude	12

Chapitre II :

Etude sédimentologique

I. Données utilisées	14
II. Subdivisions lithostratigraphiques	17
II.1. Etude lithostratigraphique du sondage RDJ-1	18
II.2. Etude lithostratigraphique du sondage RED-1	20
II.3. Etude lithostratigraphique de sondage BNM (Bordj-Nâama)	22
II.4. Etude lithostratigraphique de sondage OKM-1(Oued el kerma)	24
II.5. Etude lithostratigraphique de sondage HM-1 (Djebel Hamara-1)	25
III-Corrélations	27
III. 1. Le profil de corrélation NNW-NNE : (RDJ-1_OKM-1_RED-1).....	27

<i>III.2. Le profil de corrélation SW-NE : (HM-1_RDJ-1_OKM-1_BNM-1)</i>	30
<i>III.3. Le profil de corrélation NNE-SSW : (HM-1_OKM-1)</i>	32
<i>III.4. Le profil de corrélation N-S : (BNM-1_RED-1)</i>	34
<i>III.5. Le profil de corrélation SW-NE : (RDJ-1_HM-1_BNM-1)</i>	36
<i>Conclusion</i>	38
<i>IV. Description des cartes en isopaques</i>	38
<i>IV.1. Au Kimméridgien</i>	38
<i>IV.2 Au Portlandien</i>	39
<i>Conclusion</i>	39

Chapitre III :

Etude pétrographique et distribution des faciès et paléogéographique

<i>I. Sédimentologie : analyse de faciès (microfaciès) et définition des environnements</i>	41
<i>I.1. Formation I :(Kimméridgien).....</i>	41
<i>I.2. Formation II (Portlandien)</i>	43
<i>II. Interprétation des cartes faciès</i>	43
<i>II.1. Au Kimméridgien</i>	43
<i>II.2. Au Portlandien</i>	44
<i>III. Interprétation des profils paléogéographiques</i>	44
<i>III.1. Au Kimméridgien</i>	44
<i>III.2. Au Portlandien</i>	45
<i>Conclusion</i>	46

Chapitre IV :

Stratigraphie séquentielle

<i>I. Généralité</i>	48
<i>I.1. La stratigraphie séquentielle</i>	48
<i>I.3. Les surface de Discontinuités</i>	49
<i>I.4. Séquence de dépôt</i>	50

<i>I.5. Para-séquence</i>	50
<i>II. Etude lithostratigraphique</i>	50
<i>II.1. Description des cortèges des séquences de puits</i>	50
<i>II.2. Profil Sismiques</i>	52

Chapitre V :

Intérêt pétrolier

<i>I. Système pétrolier</i>	54
<i>I.1. Introduction</i>	54
<i>I.1.1. Les Roches Mères</i>	56
➤ <i>Roche mère du Jurassique (Tab. I.1.1.a)</i>	56
➤ <i>Roche mère du Dogger</i>	57
➤ <i>Roche mère du Callovo-Oxfordien</i>	57
➤ <i>Les roches mères du Malm</i>	58
➤ <i>Roche mère du Paléozoïque</i>	59
<i>I.1.2 Les Roches Réservoirs</i>	59
➤ <i>Les Réservoirs du Jurassique</i>	59
➤ <i>Les Réservoirs du Trias</i>	61
➤ <i>Les Réservoirs du Paléozoïque (Au sud de la région d'étude)</i>	63

Chapitre VI

Conclusion générale

<i>Synthèse des résultats</i>	66
<i>1. Caractères Essentiels du Jurassique Supérieur de cette Région</i>	66
<i>2. Environnements Caractéristiques</i>	66
<i>3. Réservoirs Potentiels et Intérêt Pétrolier</i>	66
<i>4. Roches-Mères Potentielles et Maturation</i>	67
<i>Planches</i>	68
<i>Bibliographique</i>	75

Liste des figures

<i>Fig.1 : Les principaux éléments morpho-structuraux de la chaîne des magrébides (D'après A. Piqué et al, 1998).....</i>	<i>05</i>
<i>Fig.2 : Coupe structurale schématique Nord-Sud de l'Algérie du Nord (A. CAIRE, 1971).....</i>	<i>05</i>
<i>Fig.3 : Log synthétique de l'Atlas Saharien Central. (Guillemot et al, 1974). (Extrait de la notice de la carte géologique de Laghouat inédit).</i>	<i>09</i>
<i>Fig.4 : Directions des phases de déformation de l'atlas saharien au cours de Méso-Cénozoïque (BETTAHAR, 2009).</i>	<i>11</i>
<i>Fig.5 : carte géologique de la zone d'étude.....</i>	<i>12</i>
<i>Fig.6 : Localisation géographique des sondages étudiés.....</i>	<i>14</i>
<i>Fig.7 : Découpage stratigraphique à travers le puits RDJ-1.....</i>	<i>19</i>
<i>Fig.8 : Découpage stratigraphique à travers le puits RED-1.....</i>	<i>21</i>
<i>Fig.9 : Découpage stratigraphique à travers le puits BNM-1.....</i>	<i>23</i>
<i>Fig.10 : Découpage stratigraphique à travers le puits OKM-1.....</i>	<i>24</i>
<i>Fig.11 : Découpage stratigraphique à travers le puits HM-1.....</i>	<i>26</i>
<i>Fig.12 : Carte géologique montre les profils de corrélation établis.</i>	<i>27</i>
<i>Fig.13 : profil litho stratigraphique entre les puits RDJ-1, OKM-1, RED-1.....</i>	<i>29</i>
<i>Fig.14 : profil lithostratigraphique entre les puits HM-1, RDJ-1, OKM-1, BNM-1.....</i>	<i>31</i>
<i>Fig.15 : profil lithostratigraphique entre les puits HM-1, OKM-1.....</i>	<i>33</i>
<i>Fig.16 : Profil lithostratigraphique entre les puits BNM-1, RED-1.....</i>	<i>35</i>
<i>Fig.17 : profil lithostratigraphique entre les puits RDJ-1, HM-1, BNM-1.....</i>	<i>37</i>
<i>Fig.18 : Catre en isopaque au Kimméridgien.....</i>	<i>38</i>
<i>Fig.19 : Catre en isopaque au Portlandien.....</i>	<i>39</i>
<i>Fig.20 : Carte de distribution des faciès au Kimméridgien.....</i>	<i>43</i>
<i>Fig.21 : Carte de distribution des faciès au Portlandien.....</i>	<i>44</i>
<i>Fig.22 : profil paléogéographique montre les milieux de dépôts des puits au Kimméridgien.....</i>	<i>45</i>
<i>Fig.23 : profil paléogéographique montre les milieux de dépôts des puits au Portlandien.....</i>	<i>46</i>
<i>Fig.24 : cortèges sédimentaires et surfaces clés qui constituent la séquence de dépôt d'après Vail et al 1997.....</i>	<i>49</i>

<i>Fig.25 : Découpage séquentiel du puits RED-1 suivant la charte du HAQ 98 (révisée en 2002)</i>	<i>51</i>
<i>Fig.26 : Profil sismique qui passe par le puits OKM-1.....</i>	<i>52</i>
<i>Fig.27 : les différents types de migration</i>	<i>54</i>
<i>Fig.28. : Les différents types de piège pétrolier (A. BOURQUE P,1997-2004).....</i>	<i>55</i>
<i>Fig.29 : Eléments qui constituent un play pétrolier (internet)</i>	<i>56</i>
<i>Fig.30 : Coupe montrant le chemin de migration des hydrocarbures au voisinage de la région de Sidi Nadjj.....</i>	<i>63</i>

Liste des Tableaux

<i>Tableau.1 : Tableau récapitulatif des données disponibles.....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau.2 : Tableau résumant le remplissage sédimentaire du Kimméridgien et Portlandien des puits de la région d'étude.....</i>	<i>17</i>
<i>Tableau.3 : Tableau des analyses géochimiques de la roche mère du jurassiques</i>	<i>57</i>
<i>Tableau.4 : Caractéristiques pétrophysiques des réservoirs au Portlandien des puits situés au sud de la région d'étude.....</i>	<i>60</i>
<i>Tableau.5 : Caractéristiques pétrophysiques des réservoirs du Trias des puits situés au sud de la région</i>	<i>62</i>

Chapitre I :
Introduction générale

I. Problématique et objectifs de l'étude :

Ce travail, mené en partenariat avec la Division Exploration de SONATRACH à BOUMERDES, s'inscrit dans le cadre de la réalisation d'un mémoire de Master 2, spécialité : Géologie des bassins sédimentaires. Il se focalise sur l'étude des réservoirs carbonatés du Jurassique supérieur des Monts des Zab qui font partie de l'Atlas Saharien. Ce dernier est une chaîne étendue depuis le Sud-ouest algérien jusqu'à la frontière tunisienne.

L'étude porte sur la partie centrale du domaine atlasique, constituée par les Monts des Zab, Ouled Djellal et les monts de Zekri qui se situent au SE des Monts d'Ouled Nail.

Les réservoirs carbonatés sont d'un intérêt majeur puisqu'ils contiennent plus de 50% des réservoirs d'hydrocarbures mondiaux. Leur importance a été soulignée par la découverte de vastes champs pétrolifères dans les milieux carbonatés du Moyen-Orient, associés à ces environnements.

Les travaux antérieurs sur l'Atlas Saharien laissent supposer que cette zone pourrait receler des caractéristiques pétrolières économiquement valorisables, en particulier dans les réservoirs carbonatés du Jurassique supérieur.

Le but principal de notre étude est de réaliser une analyse détaillée sur le plan sédimentologique et stratigraphique, enrichie par une analyse séquentielle et des corrélations entre différents forages. Ceci afin de reconstituer l'histoire paléogéographique de cette région durant le Jurassique supérieur (Malm).

II. Méthodologie et organisation du travail

II.1 Méthodologie :

Notre étude a suivi une démarche structurée en deux principales étapes :

a. Synthèse bibliographique :

- Recherche approfondie sur l'Atlas central, en particulier les Zibans et les régions avoisinantes.

- Analyse des études précédentes sur les réservoirs, basée sur des thèses, publications, rapports inédits de Sonatrach, articles scientifiques, et mémoires d'ingénieurs.

b. Exploitation des données :

- Réalisation d'une étude lithostratigraphique en utilisant l'analyse séquentielle des enregistrements diagraphiques.

- Caractérisation des environnements de dépôt pour chaque sondage, en examinant leur évolution verticale.

- Description détaillée des microfaciès à partir des lames minces de chaque intervalle carotté.

- Corrélation des différents sondages pour illustrer les variations latérales (épaisseur, faciès et environnements de dépôt), les contrôles de la sédimentation, et pour définir une approche paléogéographique.

- Identification des caractéristiques essentielles du Jurassique supérieur et évaluation de l'intérêt pétrolier des réservoirs.

II.2 Organisation du mémoire :

Le travail est subdivisé en cinq chapitres :

- **Le premier chapitre :** il consiste l'introduction générale, pose de la problématique et l'objectif de l'étude, la démarche à suivre pour la réalisation de ce travail.
- **Le deuxième chapitre :** il est basé sur l'étude stratigraphique, définit par une analyse séquentielle et des corrélations entre différents forages, et la réalisation des cartes isopaques afin de déterminer l'évolution du bassin.
- **Le troisième chapitre :** il traite l'étude sédimentologique et paléogéographique et l'interprétation des différents faciès et leurs environnements de dépôts.
- **Le quatrième chapitre :** établir un découpage séquentiel par la méthode de la stratigraphie séquentielle et comparer les séquences dégagées avec la charte eustatique Haq 98 (révisée en 2002).
- **Le cinquième chapitre :** il présente un aperçu sur l'intérêt pétrolier des réservoirs du Jurassique.

III. Présentation du secteur d'étude :

III.1 Cadre géographique régional :

L'atlas saharien est une chaîne montagneuse orientée dans une direction générale Nord-est Sud-ouest à E-W et s'étend sur environ 1200 kilomètres. Elle commence à la frontière entre l'Algérie et le Maroc à l'ouest et se termine aux Monts des Nememcha à l'est. Cette chaîne se trouve entre deux zones géographiques : les Hautes Plaines et les Hauts Plateaux au nord, et le Sahara au sud.

La région que nous étudions, les Monts du ZAB, au Sud-est des Monts d'Ouled Naïl, se trouve dans une zone géologique qui présente une inclinaison graduelle d'Ouest en Est, atteignant plus de 2000 mètres dans les Monts des Ksour, tandis que le point le plus élevé du massif se trouve à 1491 mètres au Djebel El-Azreg.

Cette zone du domaine atlasique englobe les Zibans qui constituent la partie intermédiaire entre les Aurès et les Monts des Ouled Naïl, se rattachant à la partie atlasique proprement dite, ainsi que, vers le Nord, les Monts de Bellezma, ou terminaison occidentale des Monts de Batna. Plus au Nord se trouvent les Monts du Hodna (partie orientale) (Missoum HARKAT, 1991).

L'étude se focalise sur la moitié Est des feuilles d'Aïn Rich et l'Ouest de la feuille de Biskra, à l'échelle 1/200000, couvrant ainsi ce qui est considéré comme l'Atlas saharien central. Cette région inclut les montagnes des Ouled Naïl et les Zibans. De chaque côté, on trouve des zones relativement plates correspondant aux affleurements du Barrémien, entourées de reliefs marqués qui s'étendent du nord-ouest à l'est-ouest. Ces reliefs, principalement dépourvus de végétation à l'exception de l'alfa, typique des zones semi-désertiques, dominent le paysage. Les vallées, larges, sont traversées par de nombreux oueds qui témoignent de la puissance des crues hivernales, se dirigeant en majorité vers le Chott el Hodna. (BETTAHAR, 2009).

III.2 Cadre géologique :

L'Algérie, en raison de sa diversité géologique, est caractérisée par la présence de plusieurs ensembles géologiques. Voici les principaux ensembles géologiques en Algérie. (Fig.1)

- Les chaînes littorales kabyles.
- L'atlas tellien.
- L'avant fosse.

- La meseta oranaise.
- L'atlas saharien.
- La plateforme saharienne.

La chaîne atlasique, comprenant les montagnes des Ksour, Ouled Nail, Aurès, se divise en trois parties distinctes : l'Atlas occidental, central et oriental. Ce sillon atlasique est séparé des hauts plateaux au nord par l'ANA (Accident Nord-Atlasique) et de la PFS (Plateforme Saharienne) au sud. Cet accident représente une ligne tectonique majeure qui traverse l'ensemble du Maghreb, constituée d'une faille d'ampleur continentale. (**Fig. 2**)

Cette chaîne subit une fragmentation et un plissement prononcés en raison de plusieurs épisodes d'orogénèse. Les structures sont généralement orientées selon la direction de la chaîne NE-SW, sauf dans les zones des Zibans où il existe une rotation horaire des structures, liée à un accident transversal majeur de direction NW-SE (BETTAHAR 2009).

L'histoire tectonique de l'atlas saharien débute par des phases de rifting au Trias et au Lias liée à l'ouverture de la Téthys et de l'Atlantique central (Aït Ouali, 1991 ; Aït Ouali & Delfaud, 1995).

Cette tectonique et comme dans le cas des autres bassins maghrébins, est contrôlée par le jeu des décrochements hérités de l'orogénèse hercynienne (Mattauer et al. 1977 ; Aït Ouali & Delfaud, 1995). Les premières phases d'ouverture et de distension commencent au Trias et continuent pendant le Lias. Ce bassin était le siège d'une importante sédimentation marino-continentale durant le Mésozoïque et une partie du Cénozoïque (Emberger, 1960 ; Bassoullet, 1973 ; Douihasni, 1976 ; Mahboubi, 1983 ; Mekahli, 1995) (in Naimi 2022).

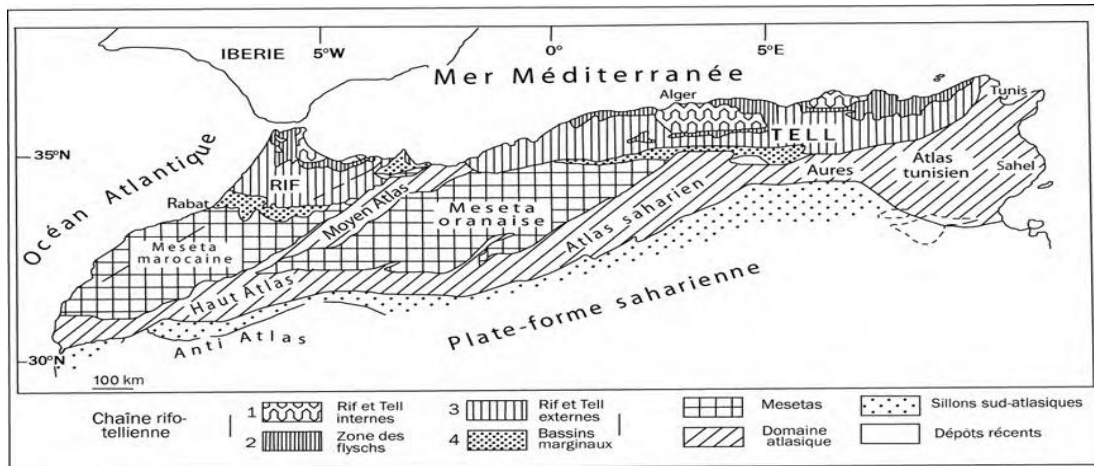


Fig.1 : Les principaux éléments morpho-structuraux de la chaîne des magrébides(D’après A. Piqué et al, 1998).

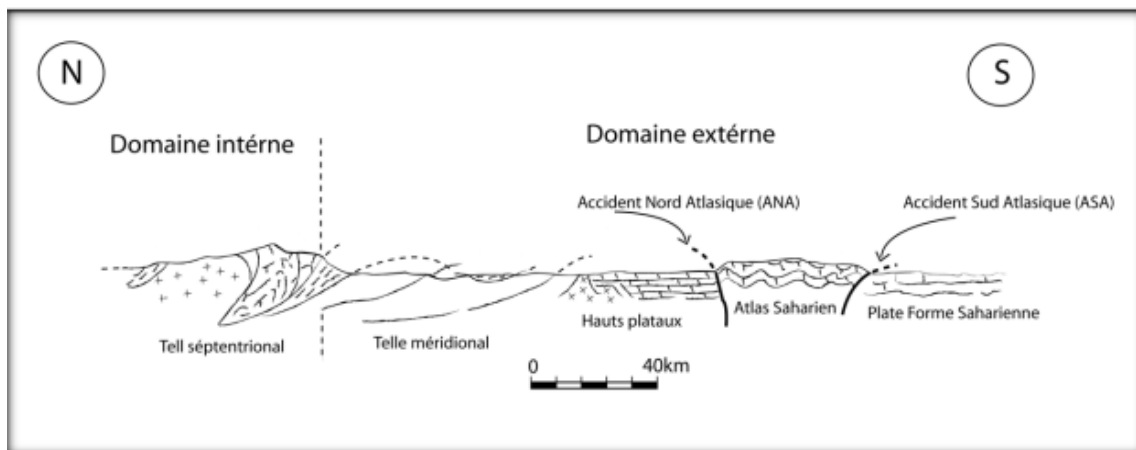


Fig. 2 : Coupe structurale schématique Nord-Sud de l’Algérie du Nord (A. CAIRE, 1971)

III.3 Cadre stratigraphique :

Elle représente une sédimentation déposée dans un sillon de subsidence avec des faciès allant du Trias au Quaternaire (Fig.3). 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.

Le Paléozoïque :

Il n’affleure essentiellement que dans la partie septentrionale (Monts de Ghar Rouban, Tiffrit, Traras). 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 :**

- **Le Trias :**

Il n'est pas connu en affleurement que dans quelques forages, où il consiste en une série gréseuse à la base. Suivie d'une puissante série évaporitique comprenant des passées calcaréo-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 à djebel Zlarh (sud-ouest de Seklafa), le trias se met en place à la faveur d'un accident tectonique.

- **Le Jurassique :**

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.

- **Le Lias :**

Après l'épisode évaporitique du Trias supérieur, le caractère marin s'accroît durant le Lias. Le faciès calcaro-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.

Les affleurements liasiques sont connus dans l'Atlas Saharien occidental et dans le haut Atlas Marocain. Ils montrent un caractère calcaro-dolomitique et des épaisseurs allant de 1000 à 1200 m (Cornet, 1952). La série présente un infra-lias dolomitique et calcaro-dolomitique à interlits argileux dans le Djebel Melah, et un Lias essentiellement carbonaté (Bassoulet, 1973).

- **Le Dogger :**

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 fluviodeltaïque. 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 dominent et traduisent un régime fluviodeltaïque. 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 et 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.

Par contre au niveau de l'Atlas Saharien occidental, les dépôts post-turonien sont mal datés et représentés par des séries conglomératiques d'origine continentales (molasse) localisées 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.

PUISSANCE (m)	LOG	UNITES LITHOLOGIQUES "FORMATIONS"	INDICE	AGE	TERT. ^{re}
400			TC	TERTIAIRE CONTINENTAL	TERT.
<300			C ³⁻⁵	SENONIEN S.L.	C R E T A C E
>70		Barre dolomitique	C ²	TURONIEN	
100		Argiles à gypses	C ¹	CENOMANIEN	
60		Calcaire fin blanc	n ⁷	ALBIEN SUP.	
250		Grès à Dragées supérieurs	n ⁶	ALBIEN INF.	
15 - 20		Barre calcaire intra-gréseuses	n ⁵	APTIEN	
850		Grès à Dragées inférieurs	n ²⁻⁴	VALANGINIEN-BARREMIEN	
160-230		Barre calcaire "portlandienne"	J ⁶ⁿ¹	PORTLANDIEN-BERRIASIEN	J U R A S S I Q U E
150-170		Marnes gypseuses	J ⁵⁻⁶	KIMMERIDG. TERMINAL A PORTLANDIEN	
150-200		Grès intermédiaires	J ^{5d}	KIMMERIDGIEN SUPERIEUR	
200-300		Marno-calcaire bleutés			
50-130		Repère calcaire massif			
170		Marnes gypseuses et Calcaires lumachelliques	J ^{5c}	KIMMERIDGIEN INFÉRIEUR	
200		Couches lie.de.vin	J ^{5b}		
500		Grès supérieurs			
>100		Grès beiges	J ^{5a}	OXFORDIEN	
		Calcaire à polypiers			
800		Marno-calcaires à Ammonites de l'Azreg	J ³⁻⁴	OXFORDIEN	
		Grès inférieurs			
300		Argiles silteuses	J ¹⁻²	DOGGER	
?		Argile violine et roches vertes	t ³	TRIAS	

(Extrait de la notice de la carte géologique de Laghouat inédit).

III.4 Les phases tectoniques :

Voici un aperçu des principales phases tectoniques associées à la formation de l'Atlas saharien (Fig. 4) :

- **La phase néo cimmérienne à la fin du Jurassique :**

Elle interrompt une longue phase de subsidence qui a duré de l'oxfordien terminale Kimméridgien inférieure à l'albien inférieure (Kazi-Tani N .1986).

Elle est mieux marquée dans les atlas marocains (Mattauer et al.1977). Dans l'Atlas centrale (Monts des Ouled Nail), elle engendre quelque plis N10° à N20° fossilisés par les formations crétacées ; ce sont par exemple les plis de dj.Radjel (au Sud-est de Bou Saada) et les structures et accidents N60° à N80° observés et décrits par A.Bettahar le long de l'anticlinal du Zerga qui est adossé à l'accident sud atlasique ; dans le DJ .Amour, au Nord d'Aflou, la structure de Kef Ksessa en est un autre exemple.

- **Phase autrichienne (Albien) :**

Cette phase ne se marque bien que dans la partie orientale de la chaîne, sous forme de plis NW-SE, comme le pli de la région de l'Ouenza.

- **Phase emscherienne, au Santonien :**

Elle est bien marquée dans les Ouled Nail par des plis NW-SE. Le résultat le plus spectaculaire de cette phase est l'exondation de l'édifice atlasique et la création d'une avant-fosse molassique sur la bordure saharienne.

- **Phase majeur atlasique à l'Eocène moyen-supérieur,** s'exprime par de longs plis étroits (rides) NE-SW et structure définitivement la chaîne. Cette phase provoque également l'extravasion de la chaîne atlasique sur son avant-pays.

- **Phase Mio-Pliocène :**

C'est également une phase majeure compressive connue dans tout l'atlas. Elle a donné naissance à des plis orientés Est-ouest à vergence sud et structure l'atlas saharien lui donnant la configuration actuelle (Aite, 1994 in Bettahar2009).

- **Phase quaternaire :**

C'est une phase connue surtout dans l'atlas saharien oriental, elle accentue les phases précédentes (Philip et al.1977 in Bettahar 2009).

Le rapprochement Afrique-Europe produit une chaîne de collision à partir de l'Eocène.

Les événements majeurs de l'Eocène moyen et de Mio-Pliocène ont également été mis en évidence dans le tell (Belhai, 1987 ; 1996 au chenoua, Bettahar, 1990 à Sid Ali Bounab-Grande

Kabylie et Mahdjoub et al.1990 à Collo-petite Kabylie in Bettahar 2009) et dans l’atlas saharien (Guiraud, 1986 ; Kazi Tani, 1986 et Bettahar et al.2007 in Bettahar 2009).

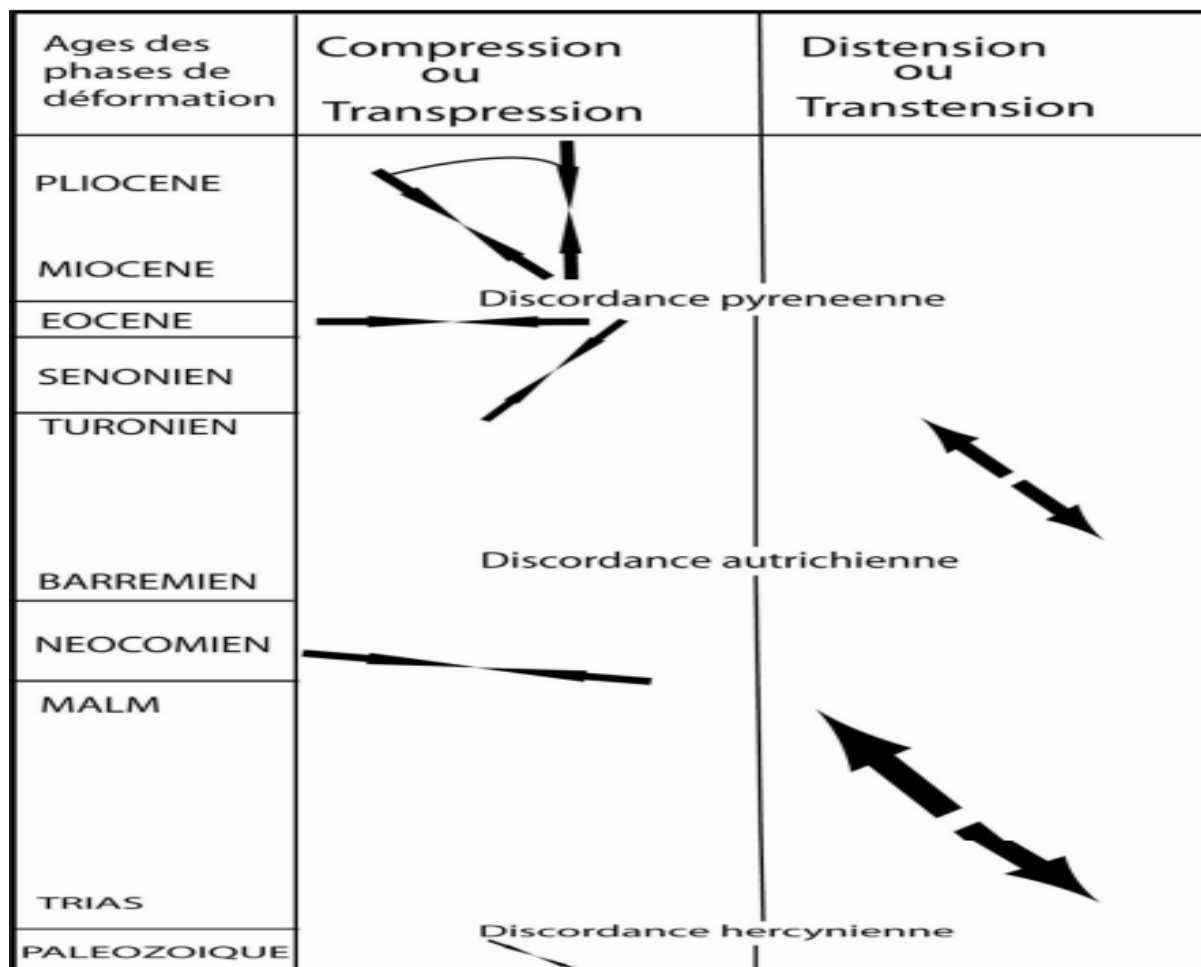


Fig. 4 : Directions des phases de déformation de l’atlas saharien au cours de Méso-Cénozoïque (BETTAHAR, 2009).

Conclusion :

On conclue que l'histoire tectonique de l'Atlas saharien est complexe, avec des influences de plusieurs événements géologiques majeurs au fil du temps. Ces processus ont contribué à la création de la topographie actuelle de la région, caractérisée par des montagnes, des plateaux et des déserts.

III.5 Situation Géologique de la zone d'étude :

La zone d'étude se situe à l'Est des Monts des Ouled Naïl (ou l'Atlas saharien central) qui sont constitués par des terrains allant du Trias au Quaternaire (Emberger, 1960). Ces terrains constituent la couverture plissée d'un substratum paléozoïque, inconnu jusqu'à ce jour, ni à l'affleurement, ni en sub-surface. Le Mésozoïque (surtout le Crétacé), constitue la majeure et la principale partie de cette couverture, son épaisseur est estimée à 7500 m. Le Jurassique supérieur ainsi que le Berriasien affleurent uniquement dans les monts de BenSrouer (Naimi 2022) au nord des Monts du Zab (Fig 5).

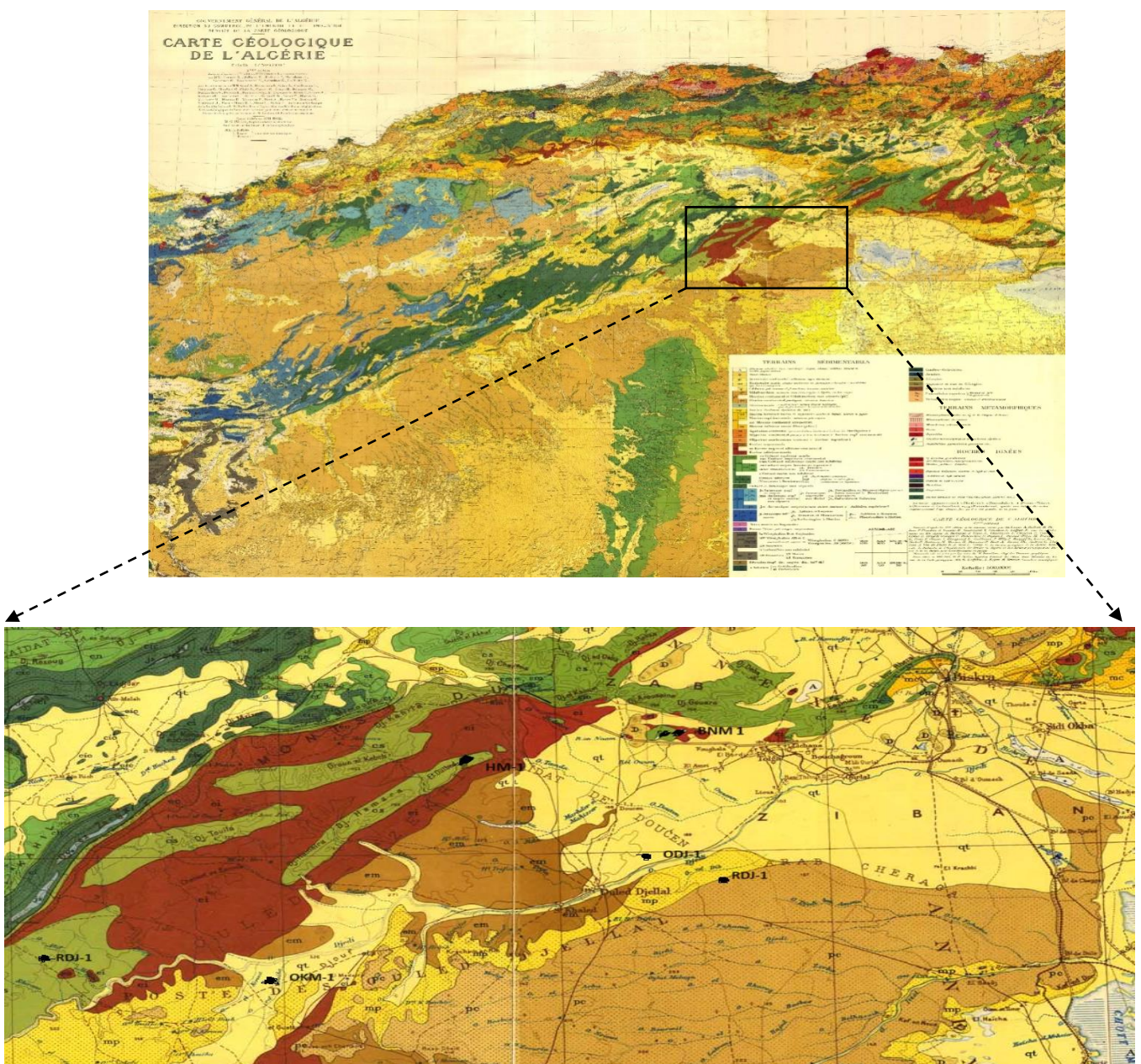


Fig 5 : Extrait de la carte géologique de la zone d'étude

Chapitre II :
Etude sédimentologique

Nom du sondage	Localisation (rapport de fin de sondage)	Epaisseur du Jurassique supérieur traversée	Carottes	Nombre de lames
BNM-1	Le puits de Bordj-Nâama a été implanté dans la partie Sud de Djebel GOUARA	2823m Portlandien	Crt.14 : 2837 à 2855 m Crt.15 : 2855 à 2864 m Crt.16 : 2923 à 2932 m Crt.17 : 2932 à 2941 m Crt.18 : 2941 à 2950 m Crt.19 : 3014 à 3023 m	42 23 21 28 25 28
		3130m Kimméridgien	Crt.20 : 3077 à 3086 m Crt.21 : 3141 à 3150 m Crt.22 : 3245 à 3250 m	
HM-1	Le puit HM-1 a été implanté à Djebbel HAMARA (à 770 m d'altitude)	2850m Berriasien	Crt.32:2860 à 2860,70 m Crt.33:2950,40 à 2951 m	
		2985m Portlandien	Crt.34:3022,70 à 3023,60 m Crt.35:3033,20 à 3034,20 m Crt. 36:3069,50 à 3071 m Crt.37:3152,80 à 3154,30 m Crt.38:3184 à 3185 m Crt.39:3258,20 à 3259,20 m Crt.40:3377,30 à 3378,80 m Crt.41:3472,20 à 3475,50 m Crt.42:3526 à 3531 m	
RDJ-1	Le puit RDJ-1 a été implanté à RASS EL DJAR (à 750 m d'altitude)	3710m Kimméridgien		
		4255m Portlandien	Crt.K-6 : 3234 à 3243m	9
RDJ-1	Le puit RDJ-1 a été implanté à RASS EL DJAR (à 750 m d'altitude)	3850m Kimméridgien	Crt.K-7 : 3723,5à3731,5m Crt.K-8 : 4075,5à4087,5m	12 25
		4353m		

RED-1	Le puit RDJ-1 a été implanté à RAS EL DJEDDAR au Sud d'Ouled Djellal	2610m	Portlandien sup – Berriasien	12
		2970m		
OKM-1	Le puits OKM-1 à été implanté près de Oued Kerma	3585m	Portlandien inf – Kimméridgien	19
		2280m	Portlandien	
		2740m	Kimméridgien	
		3175m		

Tableau.1 : Tableau récapitulatif des données disponibles.

V. Subdivisions lithostratigraphiques :

Log Age	BNM-1	RED-1	HM-1	RDJ-1	OKM-1
Kimméridgien	Cette formation est constituée d'un ensemble de marne qui s'alterne avec des argiles et des calcaires argileux renfermant des traces de pyrites. Elle est subdivisée en trois membres à évolution transgressive	Est un ensemble carbonaté composé de calcaire oolithique beige ou fossilifère séparée par des argiles et présences des niveaux dolomitiques. Cette formation composé de trois membre de différent épaisseur qui marque une évolution transgressive	Elle commence par des calcaires plus en moins argileux parfois dolomitique surmontés par une alternance de marnes noire, parfois micacé et des calcaires marneux beiges, ce dernier est composé de trois membres d'épaisseur variable témoignant une évolution transgressive	On distingue trois grands ensembles carbonatés séparés par deux bancs gréseux de 20 à 50 m d'épaisseur. Ces ensembles forment une formation à une évolution transgressive.	Est un ensemble carbonaté constitué par l'intercalation de calcaire blanc, beige parfois oolithique cryptocristallin à microcristallin moyennement dur crayeux, argileux avec d'argile gris vert et brun au sommet moyennement induré, carbonaté avec de rare passées dolomitique
Epaisseur	De 3240m à 3685m (445m)	De 2970m à 3585m (615m)	De 3700m à 4255m (555m)	De 3850m à 4353m (503m)	De 2740m à 3175m (435m)
Portlandien	Cette formation est constituée d'un ensemble carbonaté composé de calcaire gris, parfois dolomitique subdivisé en deux membres qui montre une évolution régressive.	Est un ensemble carbonaté constitué des calcaires oolithiques beiges et des calcaires microcristallins avec trace de pyrite. Elle s'inscrit en une méga séquence qui assure une régression totale de la mer.	C'est un ensemble argileux qui s'alterne avec des marnes noires intercalées par des fréquents niveaux dolomitique. Elle s'organise en trois membres dont l'évolution est régressive.	Série à dominante argileuse caractérisée par des intercalations de calcaire beige moyennement dur crypto à microcristallin et de marne gris vert tendre feuilletée. Cet ensemble de dépôts montre une évolution transgressive.	Cette série est constituée par des marnes gris et des argiles brunes pâteuse, carbonatée parfois vert micacée indurée avec intercalation de calcaire beige cryptocristallin tendre, rarement oolithique à moyennement dur argileux avec la présence d'anhydrite blanche pulvérante massive et de pyrite en trace.
Epaisseur	De 2823m à 3130m (307m)	De 2610m à 2970m (360m)	De 2990m à 3700m (710m)	De 3048m à 3850m (803m)	De 2280m à 2740m (460m)

Tableau 2: Tableau résumant le remplissage sédimentaire du Kimméridgien et Portlandien des puits de la région d'étude

• **Choix du sondage de référence :**

Nous avons sélectionné le forage RDJ-1 (RASS EL DJAR-1) comme un forage de référence grâce à la continuité de l'échantillonnage par carottage.

Niveau départ	Niveau atteint	Profondeur atteinte
Portlandien	Kimméridgien	4353m

II.1. Etude lithostratigraphique du sondage RDJ-1 :

➤ **Les formations reconnues :**

Le Jurassique supérieur du sondage RDJ-1, est constitué par deux formations, dont l'épaisseur totale avoisine les 1305m.

Le découpage en unités lithostratigraphique est basé sur :

- L'étude micropaléontologique de sondage (stratigraphique).
- Les enregistrements géophysiques (Diagraphies).
- Les variations verticales des faciès.

➤ **Les limites reconnues (discontinuités) :**

La limite kimméridgien portlandien est située à une profondeur à 3850m, caractérisée par une augmentation du signal Gamma-Ray. Cette augmentation est interprétée comme le commencement d'une période de transgression.

L'intensification du signal Gamma-Ray à 3850m, déclenchée par l'accumulation de dépôts carbonatés qui indiquent la limite entre le Portlandien et le kimméridgien (**Fig.7**).

• **Formation I : (3850m à 4353 m), 503m :**

Cette série est à dominante argileuse caractérisée par des intercalations de calcaire beige moyennement dur crypto à microcristallin et de marne gris vert tendre feuilletée. Cet ensemble de dépôts montre une évolution transgressive.

• Formation II : (3084m à 3850m) ,802 m :

On distingue trois grands ensembles carbonatés séparés par deux bancs gréseux de 20 à 50 m d'épaisseur. Ces ensembles forment une formation à une évolution transgressive.

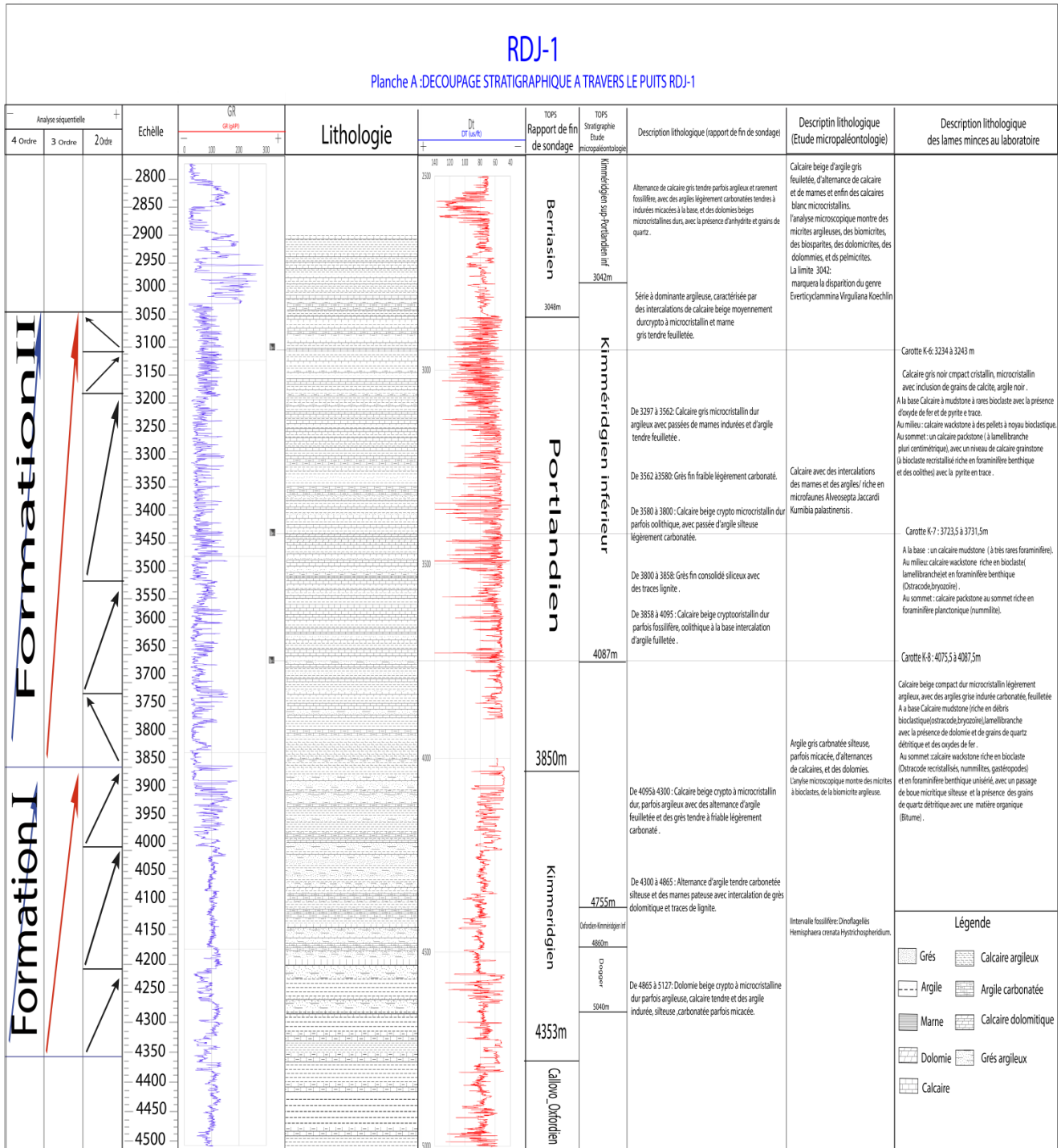


Fig.7 : Découpage stratigraphique à travers le puits RDJ-1

II.2. Etude lithostratigraphique du sondage RED-1 :

La limite kimméridgien portlandien est située à une profondeur de 2970m caractérisée par une augmentation du signal Gamma-Ray. Cette diminution est interprétée comme le commencement d'une période de régression (**Fig.8**).

- **Formation I : (3585m à 2970m), 615m**

Est un ensemble carbonaté constitué des calcaires oolithiques beiges et des calcaires microcristallins avec trace de pyrite. Elle s'inscrit en une méga séquence qui assure une régression totale de la mer

- **Formation II :(2970m à 2610m), 360m**

Est un ensemble carbonaté composé de calcaire oolithique beige ou fossilifère séparée par des argiles et présences des niveaux dolomitiques.

Cette formation est composée de trois membres de différent épaisseurs qui marque une évolution transgressive.

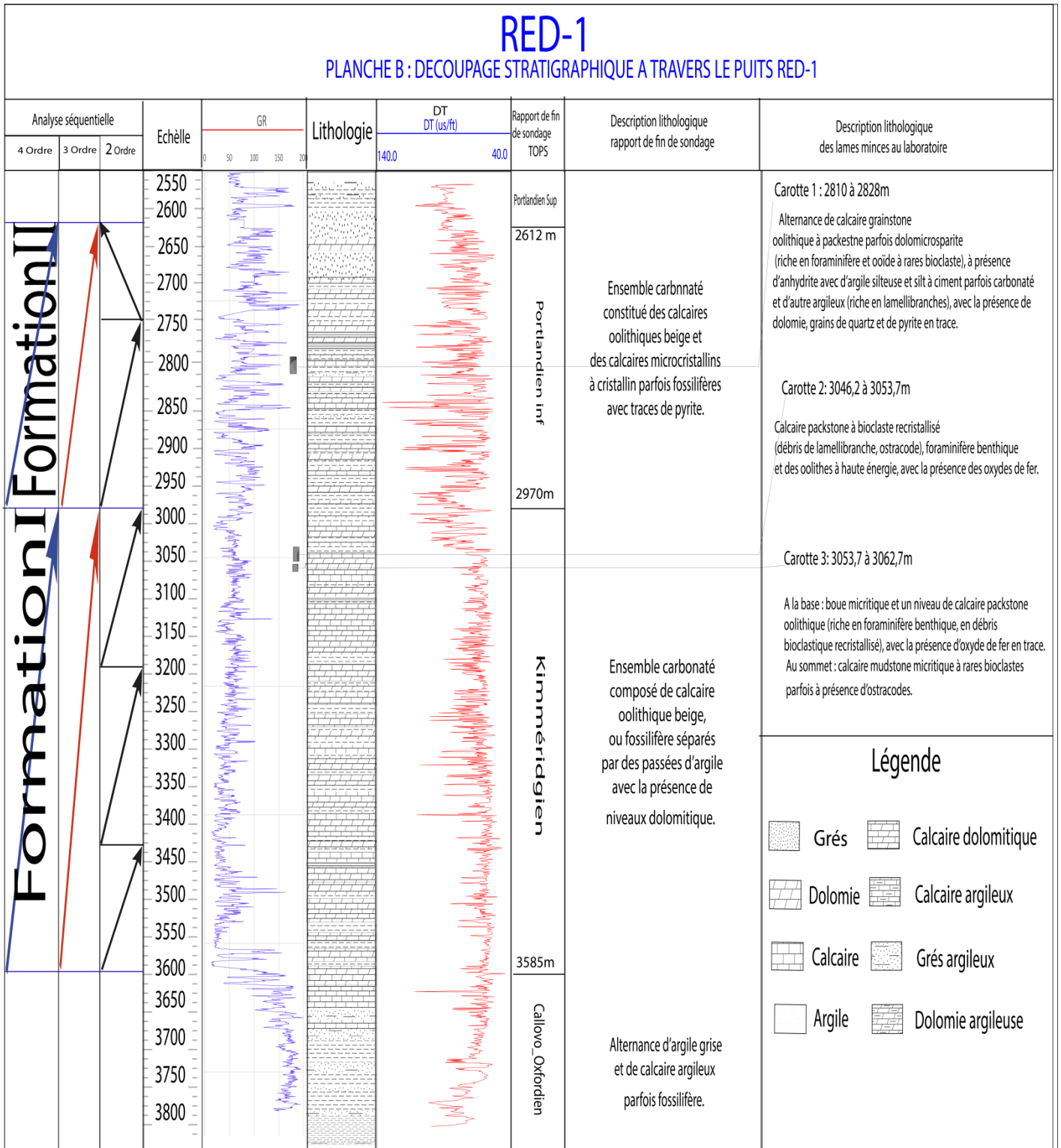


Fig.8 : Découpage stratigraphique à travers le puits RED-1

II.3. Etude lithostratigraphique de sondage BNM (Bordj-Nâama) :

Ce sondage est caractérisé par des dépôts plus profonds par rapport au sondage de référence (RDJ-1) avec réduction des niveaux dolomitiques.

La limite Kimméridgien-Portlandien est située à une profondeur de 3130mètres, caractérisée par une baisse du signal Gamma-Ray. Cette diminution est interprétée comme le commencement d'une période de régression.

L'intensification du signal Gamma-Ray à 2823 mètres, déclenchée par l'accumulation de dépôts détritiques, indique la limite entre le Portlandien et le Néocomien (**Fig.9**).

- **Formation I : (3250 à 3685 m.), 435 m :**

Elle s'agit d'une formation composée de marnes alternant avec des argiles et des calcaires argileux, contenant des traces de pyrite. Cette formation est divisée en trois membres, montrant une évolution transgressive.

- **Formation II : (2823 à 3250 m.), 573 m**

Cette formation est composée par un ensemble carbonaté constitué de calcaire gris cryptocristallin à cristallin et de calcaire dolomitique, regroupés en trois membres distincts. L'ensemble de ces dépôts démontre une tendance à la régression.

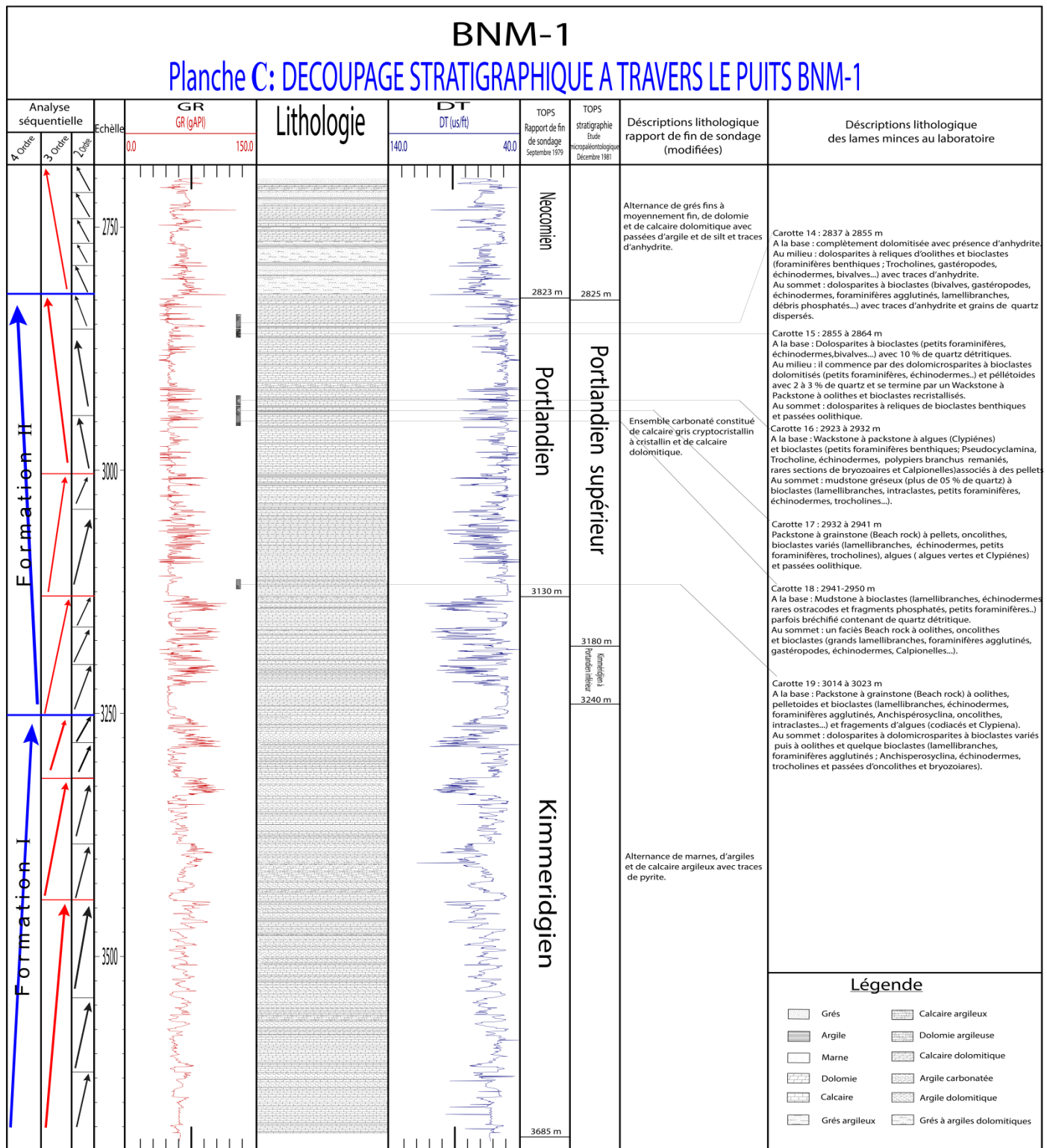


Fig.9 : Découpage stratigraphique à travers le puits BNM-1

II.4. Etude lithostratigraphique de sondage OKM-1(Oued el kerma) :

- La limite Kimméridgien-Portlandien est placée à 2740 m.
- La limite Portlandien-Néocomien est placée à 3175 m (Fig.10)

• Formation I : (3175m à 2740m), 435m :

Cette série est constituée par des marnes gris et des argiles brunes pâteuse, carbonatée parfois vert micacée indurée avec intercalation de calcaire beige cryptocristallin tendre, rarement oolithique à moyennement dur argileux avec la présence d’anhydrite blanche pulvérante massive et de pyrite en trace.

• Formation II : (2740m à 2280m), 460m :

Est un ensemble carbonaté constitué par l’intercalation de calcaire blanc, beige parfois oolithique cryptocristallin à microcristallin moyennement dur crayeux, argileux avec d’argile gris vert et brun au sommet moyennement induré, carbonaté avec de rare passées dolomitique.

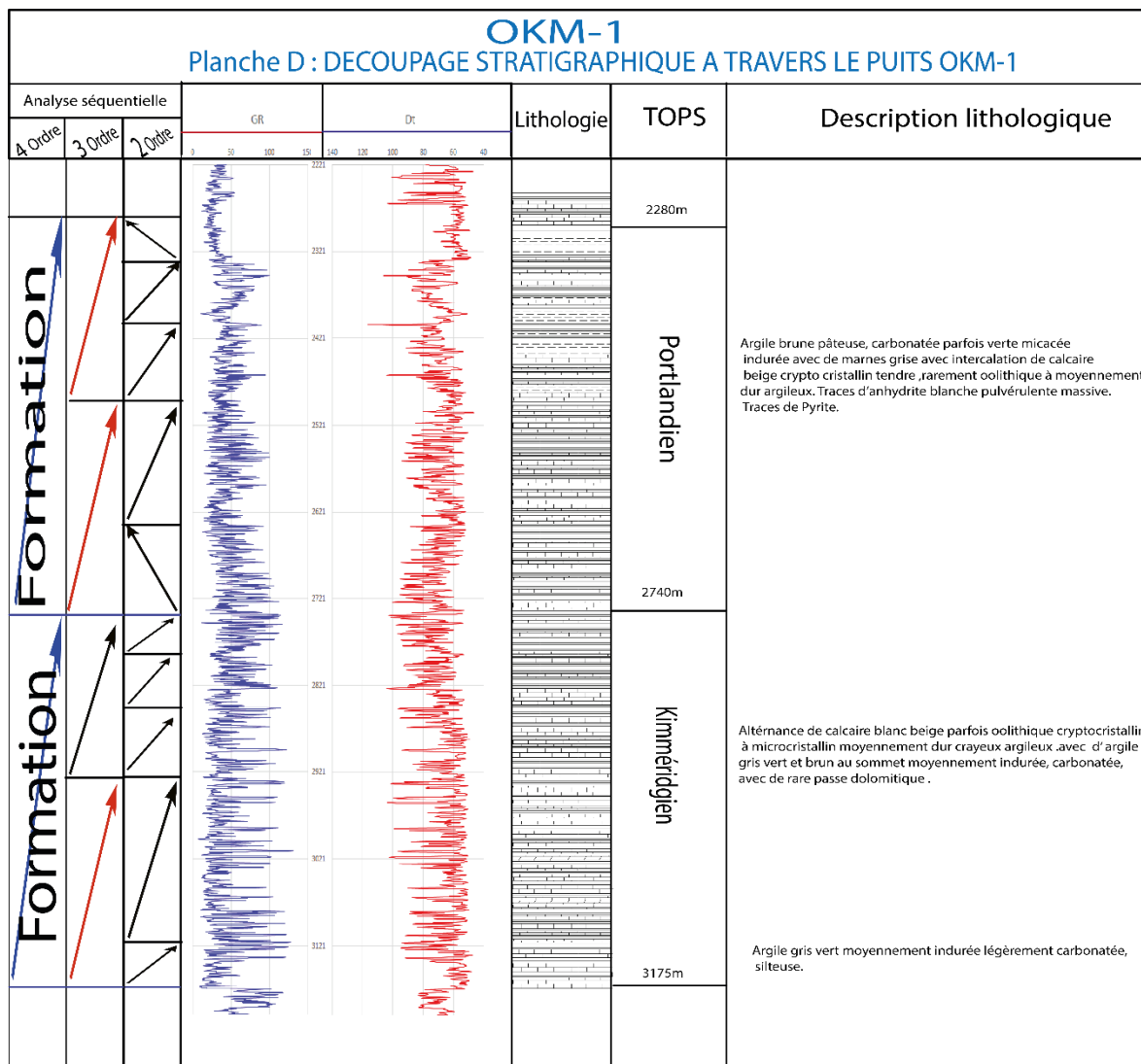


Fig.10 : Découpage stratigraphique à travers le puits OKM-1

II.5. Etude lithostratigraphique de sondage HM-1 (Djebel Hamara-1) :

Selon le rapport de fin du sondage :

- La limite Kimméridgien-Portlandien est placée à 3710 m.
- La limite Portlandien-Néocomien est placée à 2985 m (**Fig11**).

- **Formation I :(3670 à 4255 m), 585 m :**

Elle commence par des calcaires qui varient en contenu argileux et peuvent être dolomitiques, lesquels sont recouverts par une succession de marnes noires, qui sont parfois contenant du mica, et de calcaires marneux de couleur beige. Ceci reflète une progression transgressive. La structure est formée de trois membres d'épaisseur différente.

- **Formation II :(2985 à 3670 m), 685 m :**

Cela concerne une série de calcaires argileux, interposés avec des marnes noires, et ponctués de façon récurrente par des strates de dolomies. Cette formation est divisée en trois membres, chacun caractérisé par une tendance vers des conditions plus sèches, illustrant une évolution régressive.

Pour conclure, il convient de souligner que les formations I et II apparaissent systématiquement dans chaque sondage, leur aspect et leur épaisseur diffèrent.

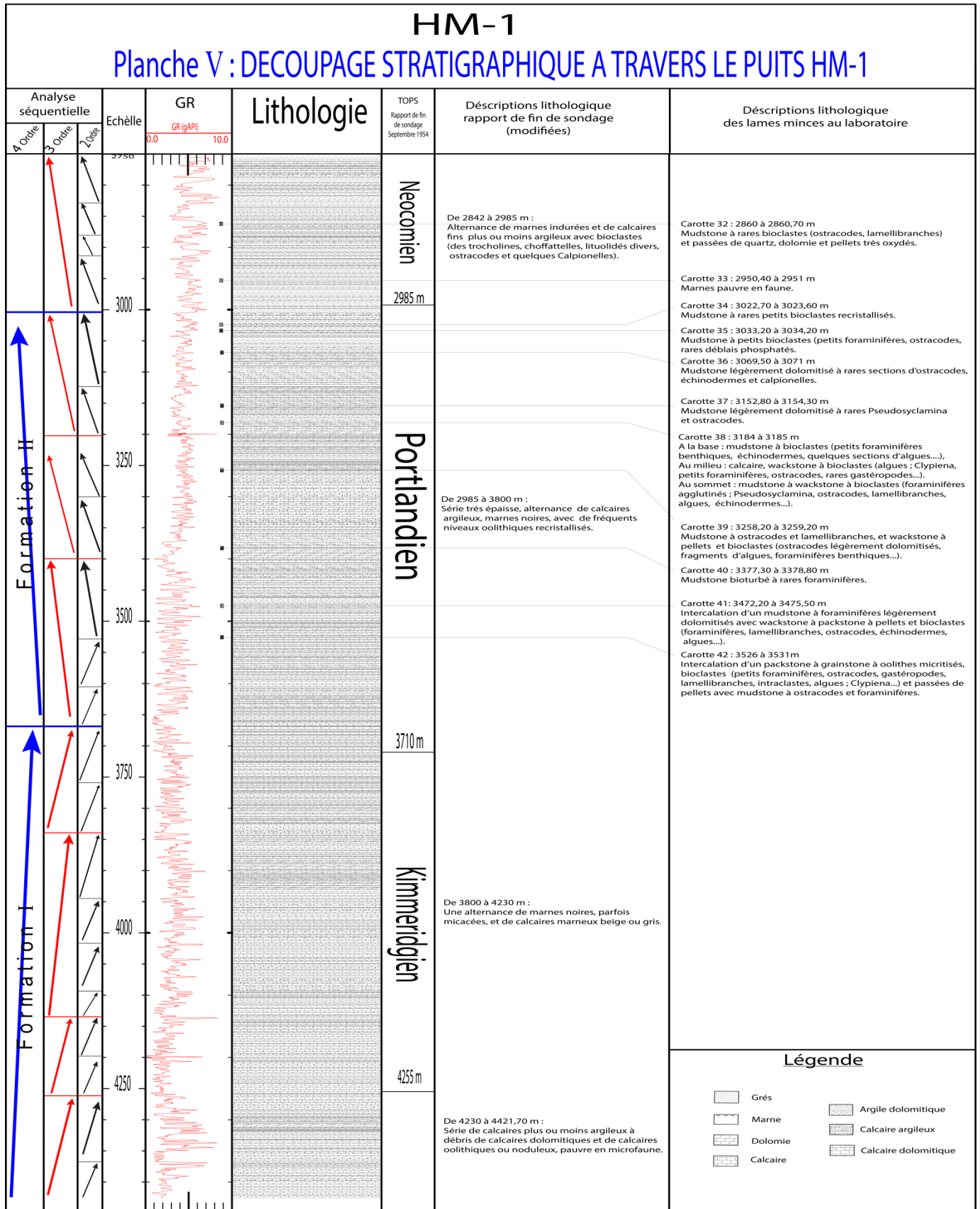


Fig11 : Découpage stratigraphique à travers le puits HM-1

III-Corrélations :

Pour mieux comprendre l'évolution et les variations des faciès dans le temps et dans l'espace, nous avons établis quatre profils de corrélation de directions différentes (Fig. 12)

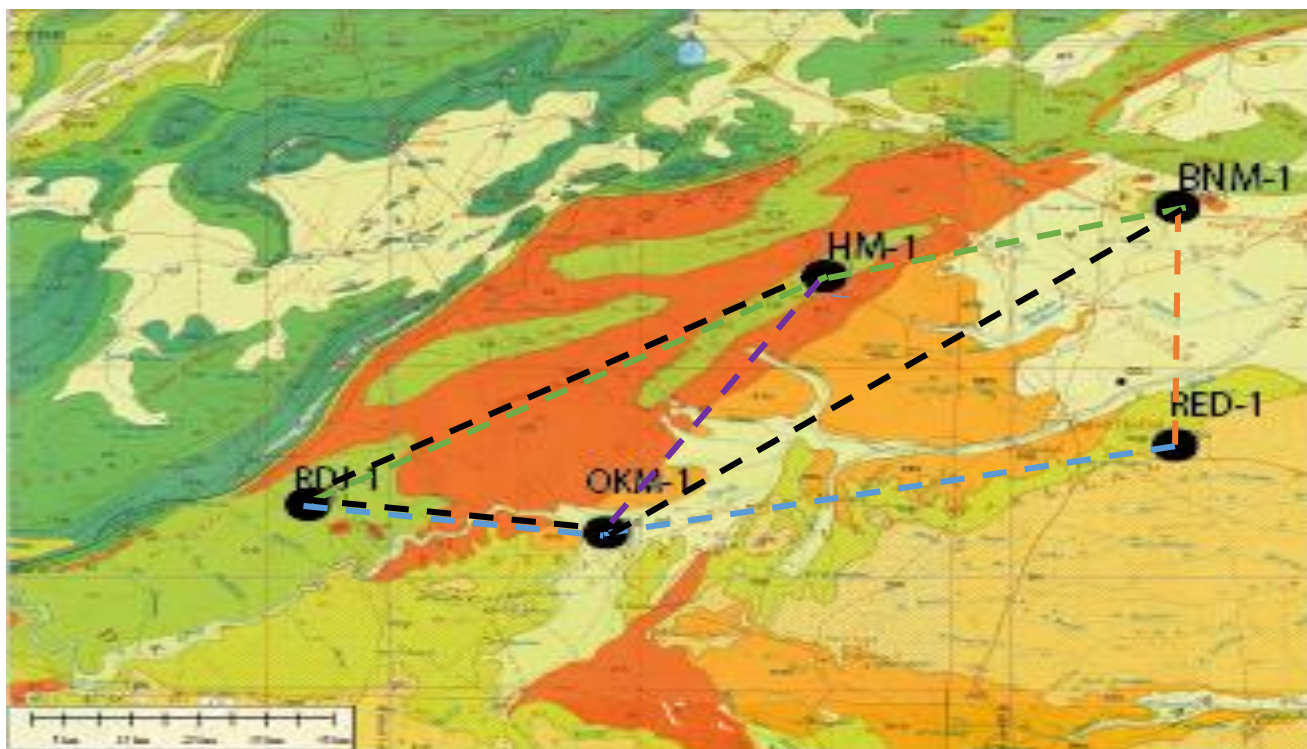


Fig. 12 : Extrait de la carte géologique montre les profils de corrélation établis.

- Profil de corrélation N-S
- Profil de corrélation NNE-SSW
- Profil de corrélation SW-NE
- Profil de corrélation NNW-NNE

VI. 1. Le profil de corrélation NNW-NNE : (RDJ-1_OKM-1_RED-1) :

Les corrélations réalisées dans le Malm, des puits RDJ-1, OKM-1 et RED-1 suivent une orientation NNW-NE.

• Formation I :(Kimméridgien) :

Au Kimméridgien à RDJ-1 la formation est constitué par des calcaires avec des intercalations des marnes et des argiles et quelques passés gréseux, dont l'épaisseur est de **503m**, ce dernier passe au S-E (OKM-1) à des faciès carbonatés constitué des intercalations des calcaire avec des argiles et rares passage dolomitique, dont l'épaisseur est de 435m, ensuite

passent vers le NE (RED-1) au calcaires séparés par des passés d'argiles avec la présence des niveaux dolomitiques, dont l'épaisseur est de 615m.

• **Formation II (Portlandien) :**

Au Portlandien à RDJ-1 le faciès est constitué par une série à dominante argileuse avec l'intercalation des calcaires et des marnes, d'une épaisseur de 802m, passant à des argiles et des marnes intercalées par des calcaires moyennement durs argileux vers le SE (OKM-1), d'une épaisseur de 460m, puis en allant vers le NE (RED-1) à des faciès carbonatés constitué par des grès gréseux à passer d'argile silteux et des grès fins au sommet de la formation, dont l'épaisseur est de 360m.

III.2. Le profil de corrélation SW-NE : (HM-1_RDJ-1_OKM-1_BNM-1) :**• Formation I (Kimméridgien) :**

Cette formation montre un Kimméridgien constitué par une alternance des marnes et de calcaire marneux (HM-1), qui est d'une épaisseur de 555m, passant vers le SW (RDJ-1) à des calcaires avec des intercalations des marnes et des argiles et quelques passés gréseux, dont l'épaisseur est de **503m**, ce dernier passe au SE (OKM-1) à des faciès carbonatés constitué des intercalations des calcaire avec des argiles et rares passage dolomitique, dont l'épaisseur est de 435m, puis en allant vers le NE (BNM-1) à une série à l'alternance de marnes, d'argile et de calcaire argileux, d'une épaisseur 520m.

• Formation II (Portlandien) :

Cette série est constituée par alternance des calcaires argileux et marnes noirs, d'épaisseur de 710m a HM-1, passant à RDJ-1 vers le SW où le faciès est constitué par une série à dominante argileuse avec l'intercalation des calcaires et des marnes, d'une épaisseur de 802m, passant à des argiles et des marnes intercalées par des calcaires moyennement dur argileux vers le SE (OKM-1), d'une épaisseur de 460m, puis en allant vers le NE (BNM-1) à un ensembles carbonatés constitué de calcaire et de calcaire dolomitique, d'une épaisseur de 307m.

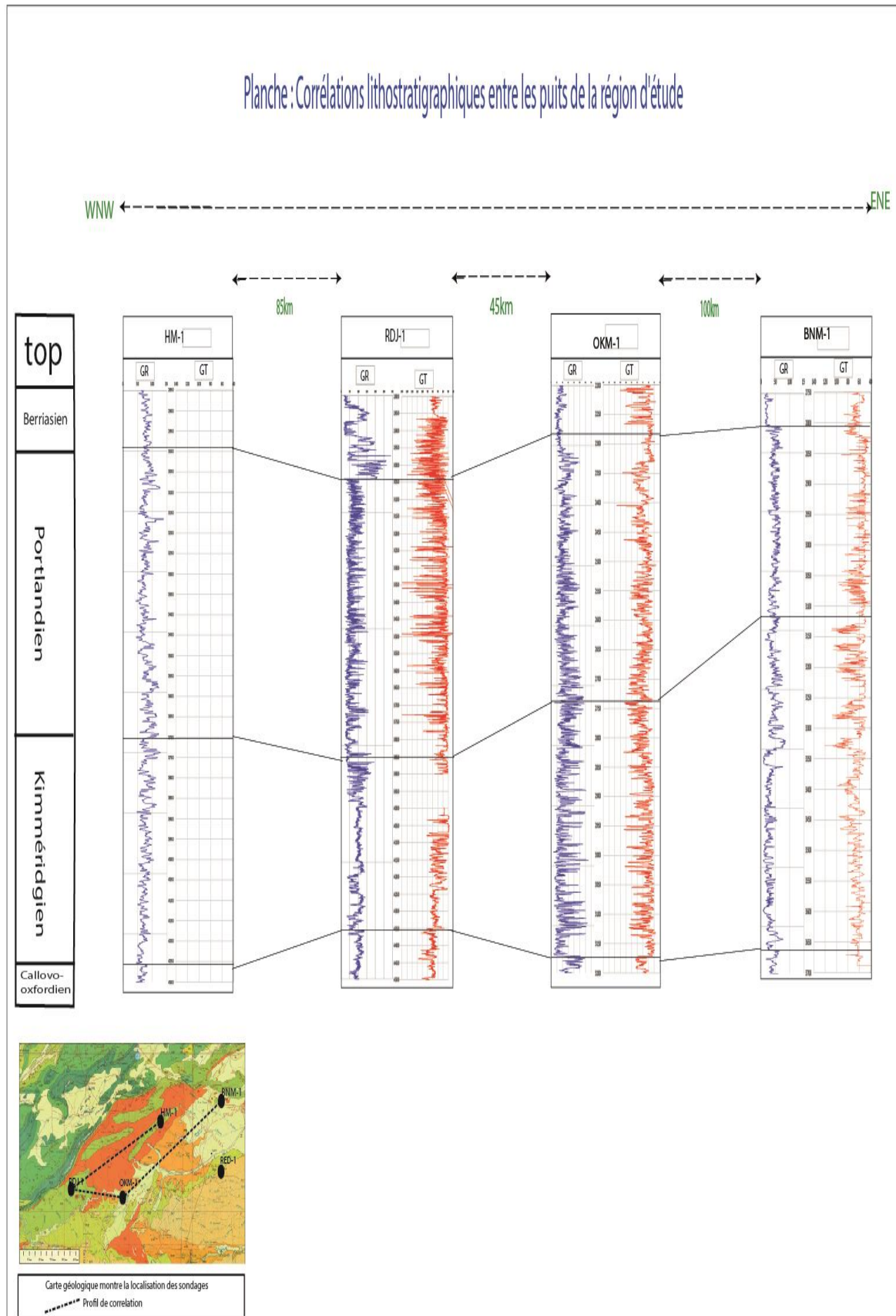


Fig.14 : profil lithostratigraphique entre les puits HM-1, RDJ-1, OKM-1, BNM-1

III.3. Le profil de corrélation NNE-SSW : (HM-1_OKM-1) :**• Formation I (Kimméridgien) :**

Cette formation montre un Kimméridgien constitué par une alternance des marnes et de calcaire marneux (HM-1), qui est d'une épaisseur de 555m, passant vers SSW à des faciès carbonatés constitué des intercalations des calcaires avec des argiles et rares passage dolomitique, dont l'épaisseur est de 435m.

• Formation II :(Portlandien) :

Cette série est épaisse constituée par alternance des calcaires argileux et marnes noirs, d'épaisseur de 710m, passant vers le SSW à des argiles et des marnes intercalées par des calcaires moyennement durs argileux vers le SE (OKM-1), d'une épaisseur de 460m.

III.4. Le profil de corrélation N-S : (BNM-1_RED-1) :**• Formation I :(Kimméridgien) :**

Cette formation montre une série à une alternance de marnes, d'argile et de calcaire argileux, d'une épaisseur 520m, en allant vers le S (RED-1) à des calcaires séparés par des passés d'argiles avec la présence des niveaux dolomitiques, dont l'épaisseur est de 615m.

• Formation II :(Portlandien) :

Cette formation montre un ensembles carbonatés constitué par des calcaires et de calcaire dolomitique, d'une épaisseur de 307m, passant vers le S (RED-1) à des faciès carbonatés constitué par des grès gréseux à passer d'argile silteux et des grès fins au sommet de la formation, dont l'épaisseur est de 360m.

III.5. Le profil de corrélation SW-NE : (RDJ-1_HM-1_BNM-1) :**• Formation I :(Kimméridgien) :**

Cette formation montre des calcaires avec des intercalations des marnes et des argiles et quelques passés gréseux, dont l'épaisseur est de 503m, passant vers NE (HM-1) à une série constituée par une alternance des marnes et de calcaire marneux (HM-1), qui est d'une épaisseur de 555m, puis en allant vers NE (BNM-1) vers une série à une alternance de marnes, d'argile et de calcaire argileux, d'une épaisseur 520m.

• Formation II :(Portlandien) :

Cette formation montre une série à dominante argileuse avec l'intercalation des calcaires et des marnes, d'une épaisseur de 802m, passant vers le NE (HM-1) à une série d'alternance calcaires argileux et marnes noirs, d'épaisseur de 710m, puis en allant vers le NE (BNM-1) à un ensemble carbonaté constitué par des calcaires et de calcaire dolomitique, d'une épaisseur de 307m,

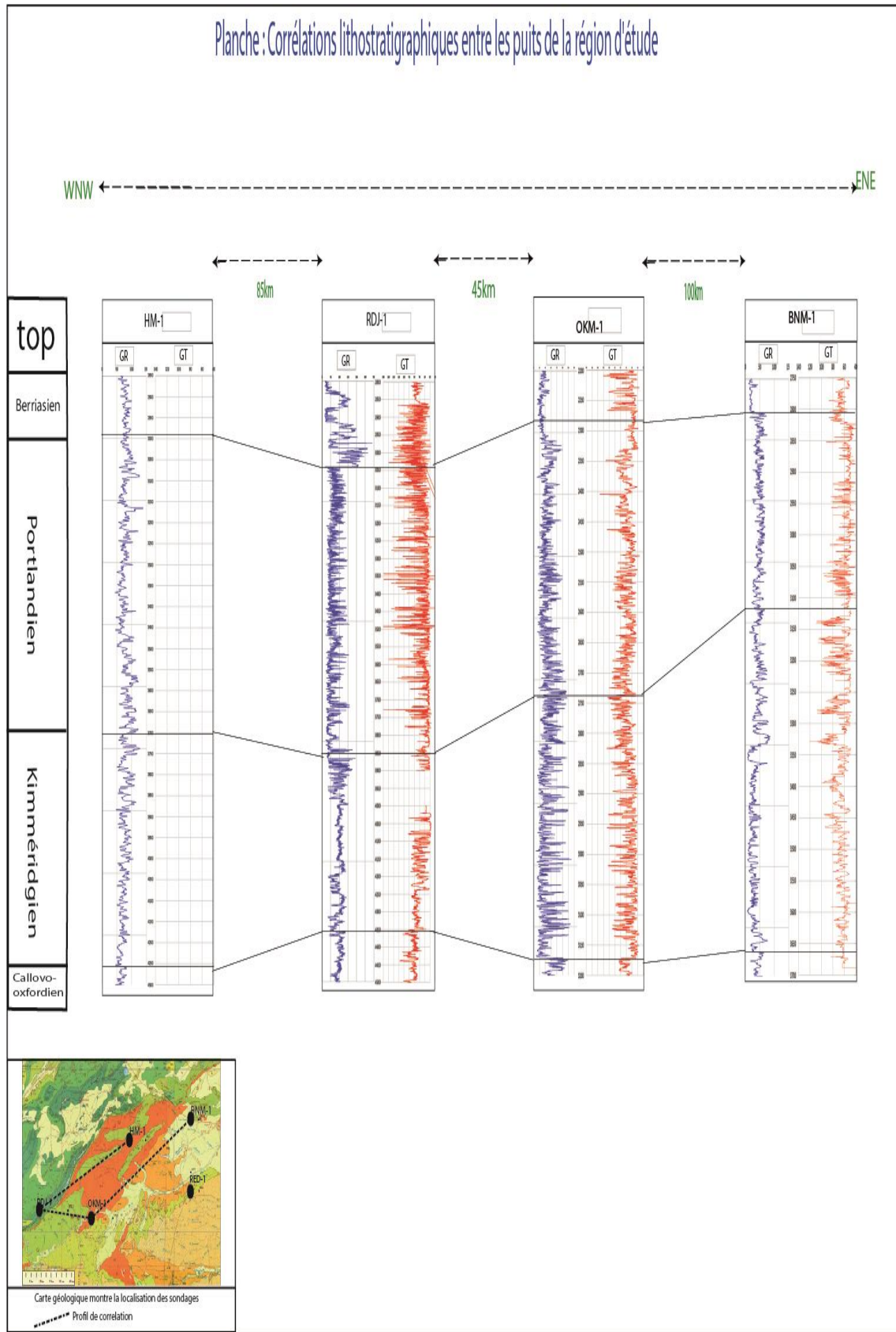


Fig.17 : profil lithostratigraphique entre les puits RDJ-1, HM-1, BNM-1

Conclusion :

D'après les corrélations qui ont été faites, on conclut qu'au Kimméridgien l'approfondissement du bassin se fait du SW vers le NE.

Au Portlandien les profils de corrélations et les variations des faciès montrent que le bassin forme un creux à OKM-1 bordé par les autres régions relativement hautes (RDJ-1, HM-1, BNM-1 et RED-1) à des variables épaisseurs.

En revanche à BNM-1 on marque un affaissement léger au Kimméridgien, qui se poursuit jusqu'au Portlandien d'une épaisseur de 408 m de profondeur. Tout cela est déduit à partir des corrélations RDJ-1 HM-1 BNM-1.

IV. Description des cartes en isopaques :

IV.1. Au Kimméridgien :

Au Kimméridgien, la carte isopaque montre une subsidence croissante du NW à HM-1 vers le SE à RED-1 qui est le puits le plus subsident ; avec des épaisseurs allant de 555m à HM-1 jusqu'à 615m à RED-1 ; d'une différence de 60m, ainsi que OKM-1 marque l'épaisseur minimale du bassin qui est de 435m. (Fig.18)

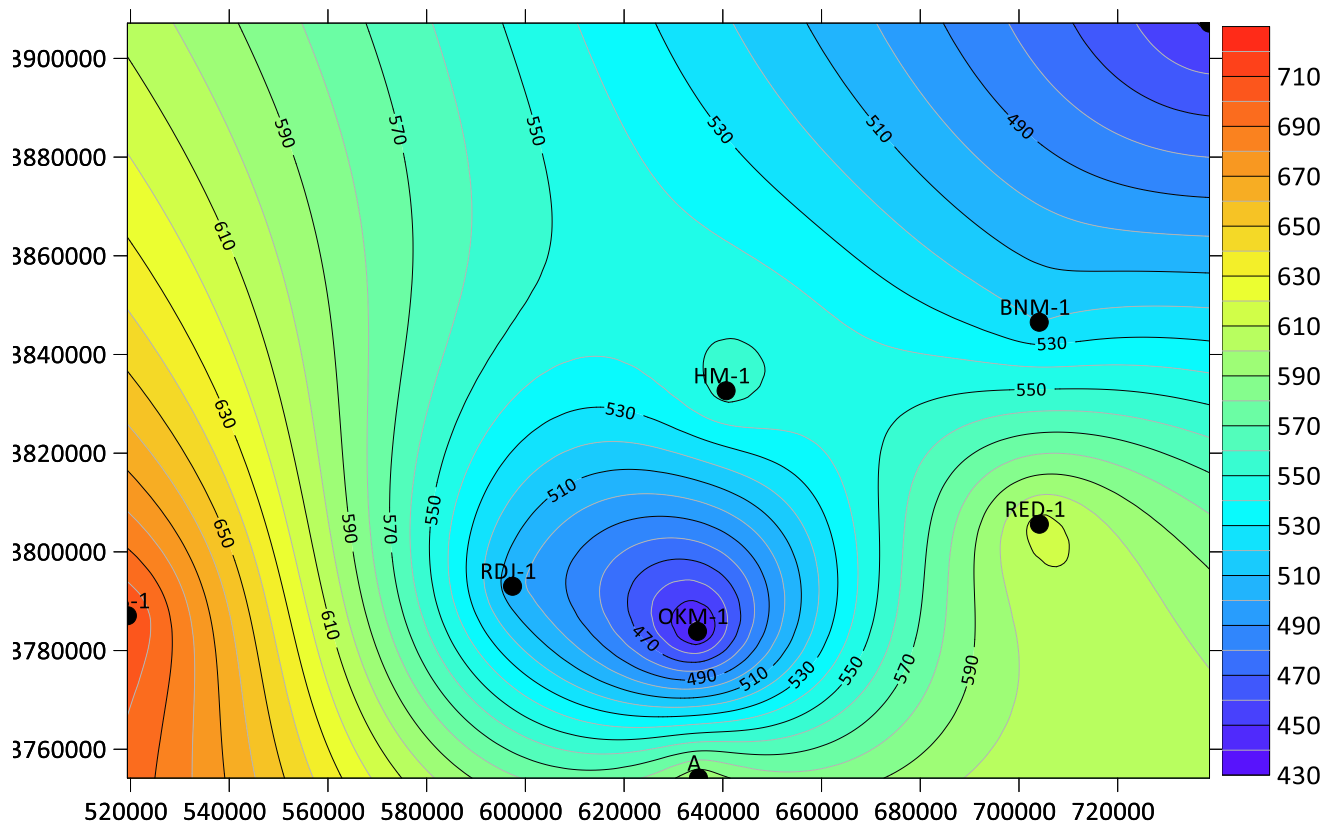


Fig.18 : Carte en isopaque au Kimméridgien

IV.2 Au Portlandien :

Dans cette période l'axe subsident est de direction NE-SW (HM-1 et RDJ-1,) avec une épaisseur de 802m à RDJ-1, qui se diffère de 108m par rapport à HM-1 qui fait 710m d'épaisseur. L'épaisseur minimale dans ce bassin atteint 307m au niveau de BNM-1.

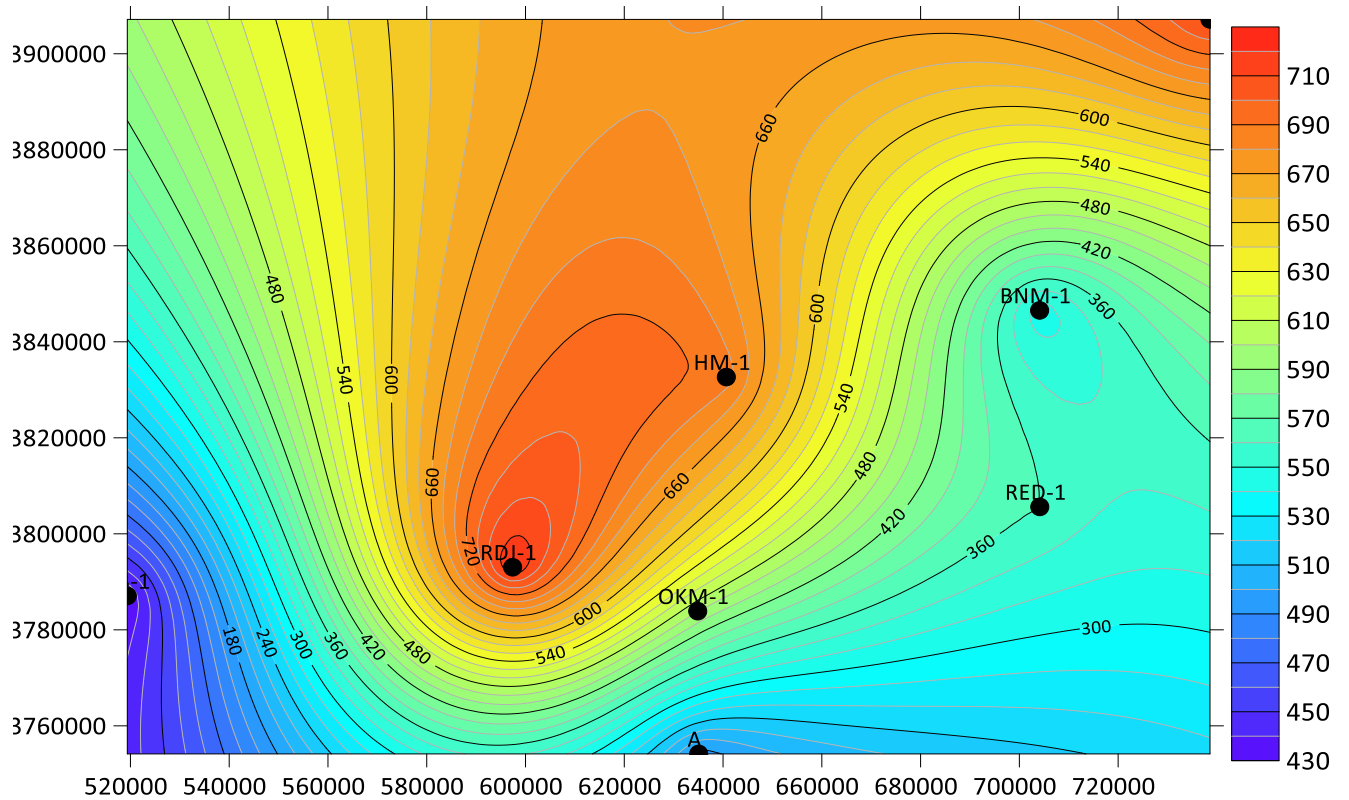


Fig.19 : Carte en isopaque au Portlandien

Conclusion :

D'après ces cartes isopaqes, on déduit que le déposé migre suivant une direction SE-NO, au Kimméridgien, nous avons un axe subsident d'orientation SSE-NNO, là où a été implanté les puits RED-1, par contre au Portlandien, l'axe subsident se situe là où sont implantés les puits RDJ-1 et HM-1, dont la direction de l'axe SSO-NNE.

Chapitre III :

**Etude pétrographique et distribution
des faciès et paléogéographique**

I. Sédimentologie : analyse de faciès (microfaciès) et définition des environnements :

Pour réaliser une analyse sédimentologique et paléogéographique d'un environnement de dépôt, diverses données de terrain et de laboratoire sont utilisées.

❖ Données de terrain :

- Log habille : ce type de log permet de recueillir des informations sur la composition et la structure des formations géologique traversées par puits.

- Enregistrements diagraphiques : les diagraphies sont des mesures géophysiques réalisées dans les puits, fournissant des données sur les propriétés physiques des roches et des fluides en place.

❖ Données de laboratoires :

- Descriptions des lames minces : les échantillons de roche sont préparés sous forme de lame mince et examinés au microscope pour identifier les textures des roches par l'observation des changements dans la composition et la structure des sédiments.

❖ L'objectif des analyses :

- Analyse séquentiel : en étudiant les différentes séquences de dépôts et comprendre les variations des niveaux marins.

- Profile paléogéographique : ces profiles aident à reconstituer les anciens paysages et environnements de dépôt et mieux comprendre les conditions paléogéographiques durant les périodes étudiées « kimméridgien, portlandien ».

I.1. Formation I :(Kimméridgien) :

❖ Le sondage RED-1 :

• Carotte 2 de 3046,2 à 3053,7m (7,5m) :

Un faciès calcaire packstone à bioclaste recristallisé (débris de lamellibranche, ostracode), foraminifère benthique et des oolithes à haute énergie, avec la présence des oxydes de fer. (Planche I)

• Carotte 3 : 3054,17 à 3062m (9m) :

A la base elle est Caractérisée par une boue micritique et un niveau de calcaire packstone oolithique (riche en foraminifère benthique, en débris bioclastique recristallisé), avec la présence d'oxyde de fer en trace, et au sommet par un niveau de calcaire mudstone micritique à rares bioclastes parfois à présence d'ostracodes.

❖ Le sondage RDJ-1 :**• Carotte K-7 : 3723,5 à 3731,5 m (8m) :**

Un faciès calcaire qui évoluent depuis une texture mudstone à la base (à très rares foraminifère), puis wackstone dans les niveaux intermédiaires (riche en bioclaste (lamellibranche) et en foraminifère benthique (Ostracode, bryozoïre)) et enfin un calcaire packstone au sommet riche en foraminifère planctonique .

• Carotte K-8 : 4075,5m-4087,5m :

Un faciès calcaire qui évoluent depuis une texture mudstone à la base (riche en débris bioclastique (ostracode, bryozoïre), lamellibranche avec la présence de dolomie et de grains de quartz détritique et des oxydes de fer , à un calcaire wackstone au sommet riche en bioclaste (Ostracode recristallisés, nummilites, gastéropodes) et en foraminifère benthique unisériel, avec un passage de boue micritique silteuse et la présence des grains de quartz détritique avec une matière organique (Bitume). (Planche II)

I.2. Formation II (Portlandien) :**❖ Le sondage RED-1 :****• Carotte-1 : 2810m-2828m :**

Caractérisée par une alternance de calcaire grainstone oolithique à packstone parfois dolomicrosparite (riche en foraminifère et ooïde à rares bioclaste), à présence d'anhydrite avec d'argile silteuse et silt à ciment parfois carbonaté et d'autre argileux (riche en lamellibranches), avec la présence de dolomie, grains de quartz et de pyrite en trace. (Planche1)

❖ Le sondage RDJ-1 :**• Carotte K-6 : 3234m-3243m :**

Un faciès calcaire qui évoluent depuis une texture mudstone à la base à rares bioclaste avec la présence d'oxyde de fer et de pyrite e trace, puis wackstone dans les niveaux intermédiaires à des pellets à noyau bioclastique, et enfin un calcaire packstone au sommet packstone (à lamellibranche pluri centimétrique), avec un niveau de calcaire grainstone

(à bioclaste recristallisé riche en foraminifère benthique et des oolithes) avec la pyrite en trace.
(Planche 1)

II. Interprétation des cartes faciès :

II.1. Au Kimméridgien :

La carte de faciès au Kimméridgien montre une évolution latérale d’Ouest en Est des environnements de dépôts marins (plateforme carbonatées), appartenant à l’environnement infratidal matérialisée par des alternances de calcaire riche en foraminifère, argiles et marnes qui se sont déposés dans la plateforme interne plus en moins profond (Puits RDJ-1, OKM-1, RED-1, HM-1, BNM-1.)

A l’Ouest au niveau du puits RDJ-1, y’a deux passages détritiques qui témoignent d’une progradation deltaïque, la présence de ces apports est confirmée par le puits AIB-1 (Situé à l’Ouest de la zone d’étude). Les faciès carbonatés se prolonge jusqu’à l’Est avec localement des niveaux dolomitiques (RED-1), qui indique un début de confinement de milieu.

Plus au Nord (HM-1, BNM-1), on a un faciès plus fin qui indique un milieu de dépôt plus profond et plus distal où se sont déposés des calcaires marneux et marnes à quelques foraminifères. (Fig.20)

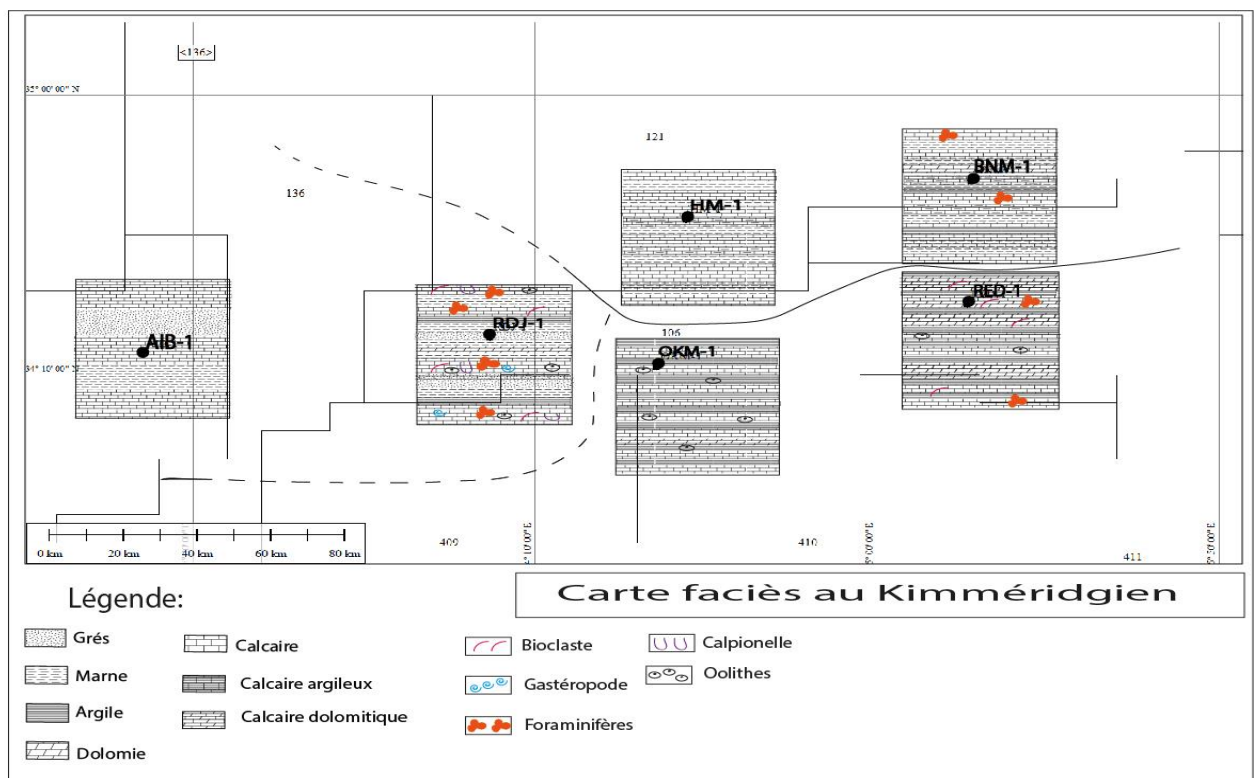


Fig.20 : Carte de distribution des faciès au Kimméridgien

II.2. Au Portlandien :

La carte faciès au portlandien montre une évolution latérale de ouest en est des environnements de dépôts marin (plateforme carbonaté) caractérisé par des environnement intertidaux et infratidaux ces environnements sont matérialisé par des alternances des calcaires parfois oolithique et riche en foraminifères ainsi que d’argile et des marnes dépose sur la plateforme carbonaté interne au niveaux des puits RED-1, OKM-1, RDJ-1, HM-1et BNM-1. Au niveau des puits RDJ-1, BNM-1et RED-1, les dépôts correspondent aux bordures du bassin et les puits OKM-1, HM-1 montrent des dépôts d’un environnement calme, indique un approfondissement du milieu. En revanche au niveau du puits RED-1 en observe un passage détritique, signalent un changement lithologique et paléogéographique au sud-est de la zone d’étude. (Fig.21)

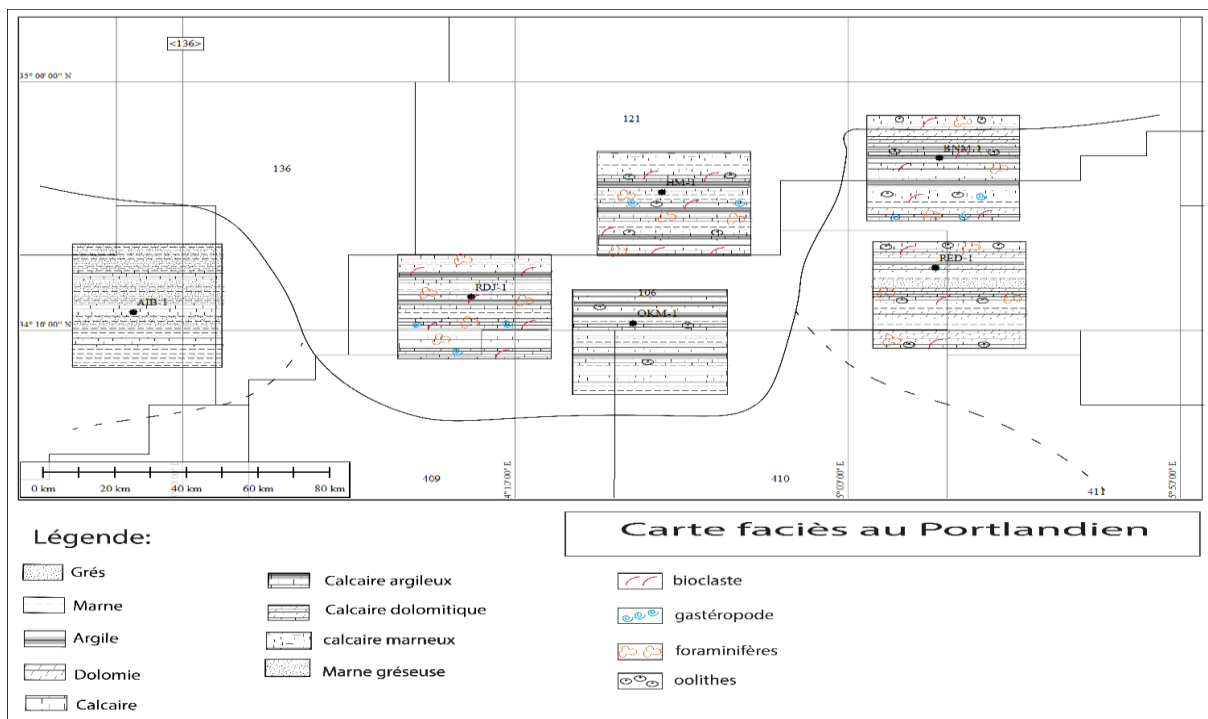


Fig.20 : Carte de distribution des faciès au Portlandien

III. Interprétation des profils paléogéographiques :

Après avoir analysé les données microfaciès et macrofaciès, nous avons opté à réaliser un modèle paléogéographique des environnements de dépôts.

III.1. Au Kimméridgien :

La partie Nord-Est où se situent les puits (HM-1 et BNM-1) les dépôts correspondent à des sédiments fins de la plateforme interne, tandis que, dans la partie Sud, au niveau des puits (RDJ-1, OKM-1 et RED-1) les dépôts se forment dans un environnement de plateforme interne. Dans cette zone, l'environnement de dépôt s'étend entre la partie inférieure de la zone supratidale jusqu'à à la zone l'infratidale, en passant par toute la zone l'intertidale. (Fig.22)

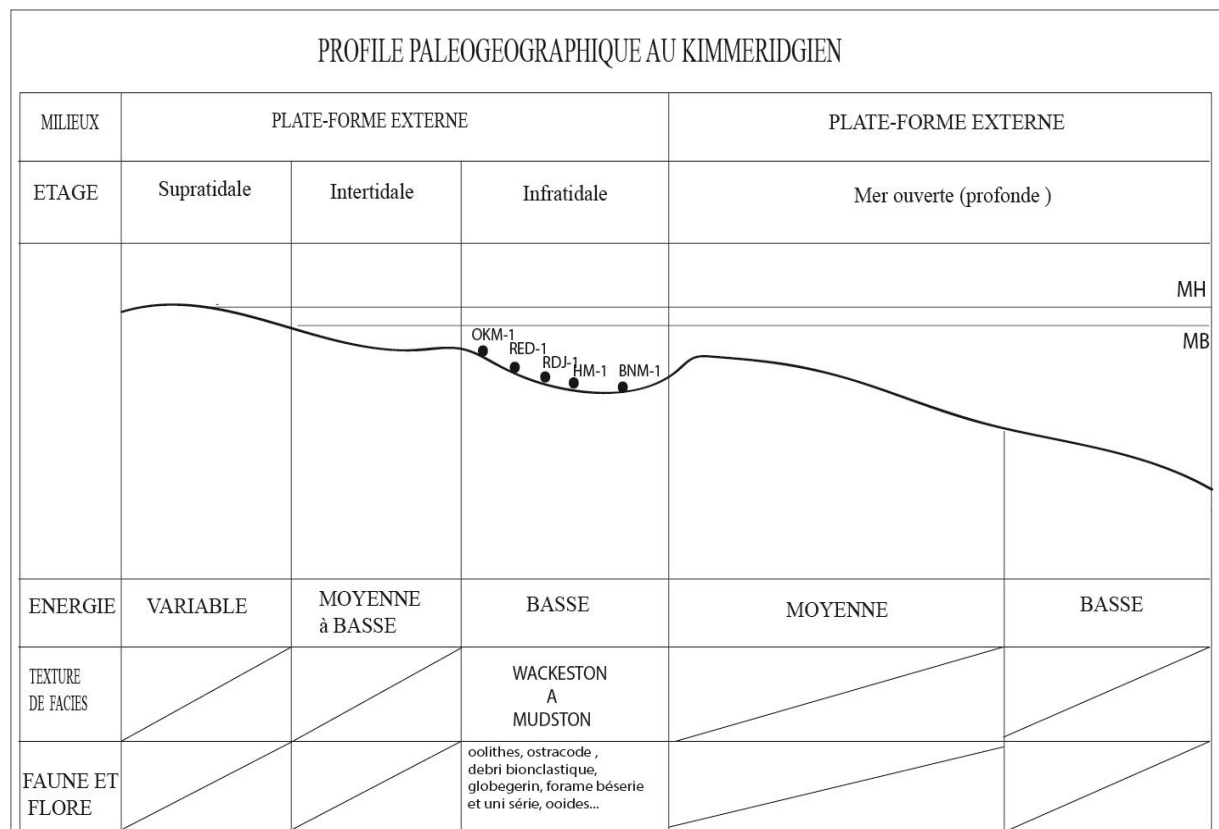


Fig .22 : profil paléogéographique montre les milieux de dépôts des puits au Kimméridgien

III.2. Au Portlandien :

Cette période est caractérisée par des dépôts de plateforme interne, pour l'ensemble des puits, bien que, dans le détail nous rencontrons des faciès de nature variés correspondant aux différentes zones de la plateforme, c'est-à-dire ; supratidale, intertidale et infratidale. Ces faciès correspondent à des calcaires packstone à grainstone oolithique à bioclaste recristallisés. Le sondage HM-1 montre des faciès de milieux profonds et confinés de basse énergie, marneux et marno-calcaires riches en faune benthique.

Cependant, un passage gréseux est observé au niveau des puits (BNM-1 et RED-1), il peut être expliqué soit par une forte progradation des chenaux distributaires du delta à l'Ouest qui atteignent le sillon du Hodna, soit par la présence d'une embouchure qui alimente le bassin dans la partie Est du bassin atlasiques par un matériel silico-clastique fin (silts). (Fig.23)

En revanche, les sondages d'Ouest en Est (RDJ-1, OKM-1) montrent des faciès correspondant à la zone de bordure du bassin.

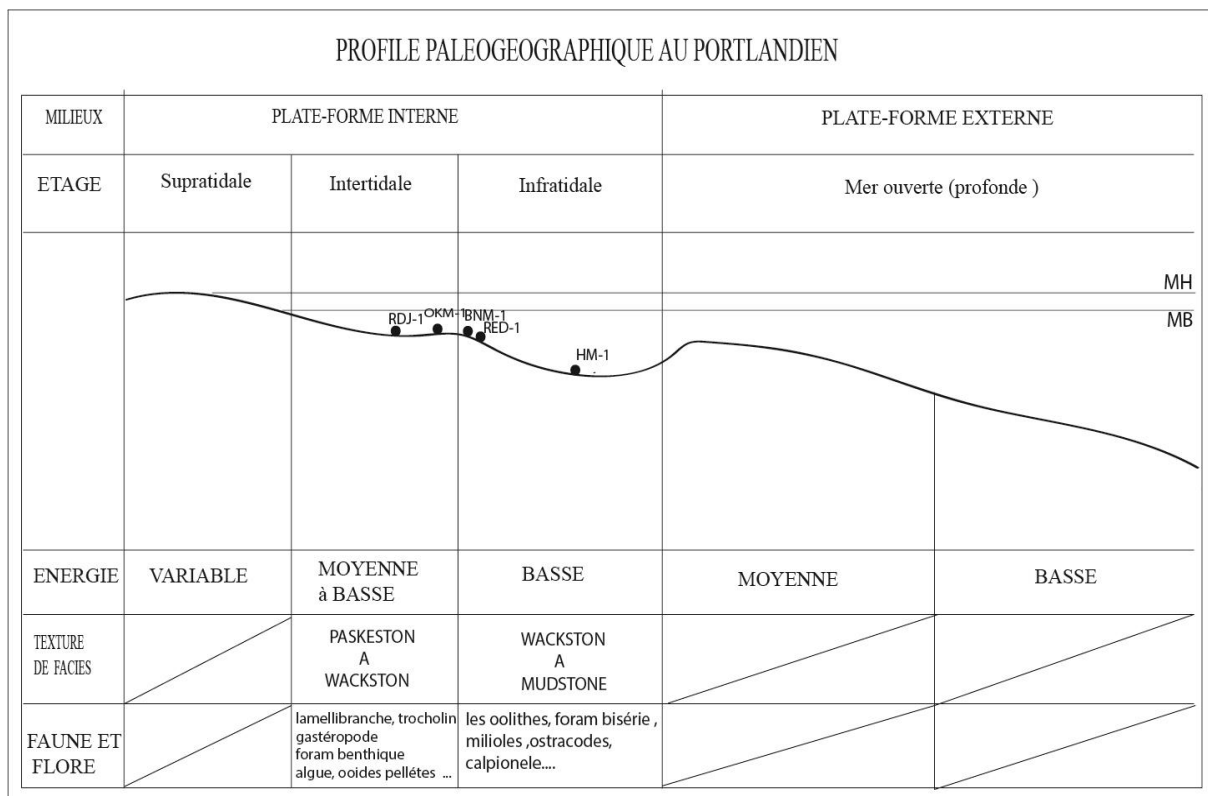


Fig.23 : profil paléogéographique montre les milieux de dépôts des puits au Portlandien

Conclusion :

A partir de ces analyses et des profils paléogéographiques, nous avons pu obtenir une vision claire des environnements et des processus sédimentaires. Cette approche intégrée permet de mieux comprendre les évolutions paléogéographiques et les variations des niveaux marins au cours des périodes étudiées « kimméridgien, portlandien ».

Chapitre IV : Stratigraphie séquentielle

I. Généralité :

I.1. La stratigraphie séquentielle :

La stratigraphie séquentielle est définie comme l'étude des relations entre les roches ou une méthode qui permet de définir un cadre chronostratigraphique à l'échelle planétaire basé sur des discordances d'origine eustatique encadrant des unités génétiques de dépôt. Elle permet de reconstituer l'histoire du remplissage des bassins sédimentaires et prédire la disposition de roches qui ont pu piéger du pétrole. L'identification et la datation de ces discontinuités permettent d'établir un modèle de dépôt et un diagramme global des cycles eustatiques. Elle rapporte les informations obtenues par sismique, forage ou affleurement à un modèle de dépôt rattaché ultérieurement au diagramme des cycles eustatiques par calage biostratigraphique (marqueurs).

La structure des corps sédimentaires est une réponse à l'accroissement ou la diminution de l'espace disponible entre le fond du bassin et le niveau de la mer. L'espace disponible dépend de 3 facteurs : apports sédimentaires (variations liées aux mouvements eustatiques), subsidence/soulèvement (s'opérant à long terme – 100 millions d'années), mouvements eustatiques (s'opérant à plus court terme), ces derniers ayant la plus grande importance.

I.2. Cortèges sédimentaires :

Un enchainement de système de dépôts contemporains. (Brown and Fisher, 1977) délimité par des discontinuités qui passent latéralement à des surfaces de concordances. Chaque ensemble de strate est associé à un segment particulier de la courbe eustatique et la vites de sédimentation. (Fig.24)

Dans un cycle eustatique on distingue trois cortège sédimentaires (BENBAKIR N & MOKHTAR B,2022) in (MERIDJA.F et MANSOURI.M ,2023) :

- Cortège de bas niveau *LST* (Lowstand système tract) : il est limité au sommet avec une surface transgressive et à la base par une séquence Boundary (SB) qui traduit une migration rapide de ligne de rivage.

- Cortège transgressive *TST* (transgressive système tract) : Il débute par une surface de transgression TS et s'achève par la surface d'inondation maximale MFS (maximum flooding surface).

• Cortège de haut niveau *HST* ou *PHN* (highstand système tract) : il est limité par une surface transgressive à la base et une séquence Boundary (SB) au sommet. C'est un cortège progradant avec une base aggradante.

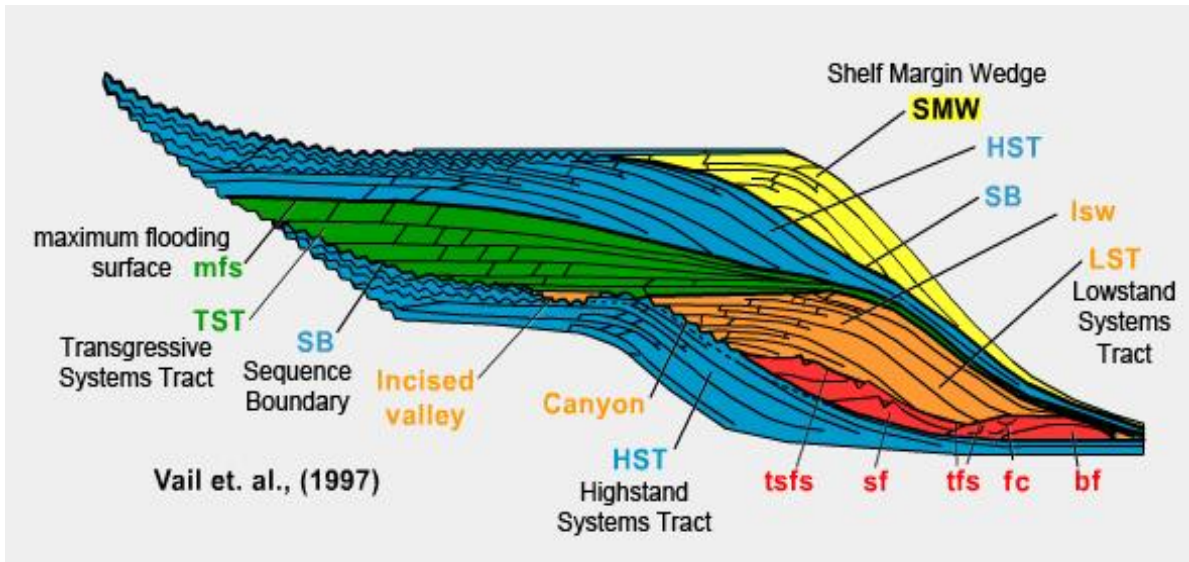


Fig.24 : cortèges sédimentaires et surfaces clés qui constituent la séquence de dépôt d'après Vail et al 1997

I.3. Les surface de Discontinuités :

Les fluctuations du niveau marin forment des discontinuités on distingue plusieurs types de discontinuités à savoir :

- **Discontinuité de type 1 séquence Boundray ou limite de séquence (SB) :** elle se forme lorsque la subsidence est moins importante que la chute du niveau marin
- **Discontinuité de type2 (SB2) :** elle se forme lorsque la subsidence est importante par rapport à la chute eustatique.
- **Surface transgressive (ST) :** c'est une surface qui marque le passage des séries transgressive aux séries régressives. Traduisant un approfondissement du milieu de dépôt.
- **Surface d'inondation maximale (MFS) :** c'est une surface de non dépôt qui correspond au maximum de la transgression marine.

I.4. Séquence de dépôt :

C'est une unité stratigraphique composée d'une succession relativement conforme de strates génétiquement liées, délimitée à son sommet et à sa base par des discordances ou leurs conformités corrélatives (Vail et al, 1977, in Mridja F, Mansouri M).

I.5. Para-séquence :

Est une unité de bancs successifs cohérents entre eux, issus d'une même dynamique d'installation, limitée au toit par une surface d'inondation mineure.

II. Etude lithostratigraphique :

Dans cette partie à l'aide des diagraphies (GR et DT), on a établi un découpage séquentiel du puits RED-1. (**Fig.25**)

II.1. Description des cortèges des séquences de puits :

Au kimméridgien, une formation transgressive (TST 1) est mise en évidence, la base de cette séquence est constituée par une ST marquant le passage Oxfordien-kimméridgien. Ce TST est constitué par un ensemble carbonaté composé de calcaire oolithique beige ou fossilifère séparée par des argiles et présences des niveaux dolomitiques, cette formation s'enrichit en argiles de plus en plus vers le sommet marquant la MFS, où se commence une deuxième séquence transgressive (TST-2), qui s'étale sur une épaisseur de 360m.

Ces deux dernières (TST 1 et TST 2) confirme une transgression (T) marqué par une séquence d'ordre 4 qui a duré environ 6 MA (datée de 157 à 151 MA), au-delà de la ligne de maximum d'inondation (MFS-2) se développe un (PHN) de 140m d'épaisseur marquant ainsi le cycle régressif du passage Portlandien – Néocomien, qui a durée 4 MA (datée de 151 à 147 MA).

Du point de vue faciès nous avons traversé un ensemble carbonaté constitué des calcaires oolithiques beiges et des calcaires microcristallins avec trace de pyrite. Elle s'inscrit en une méga séquence qui assure une transgression maximale, ensuite on assiste à une régression marine généralisée marquée par des apports détritiques annonçant le début du Crétacé inférieur.

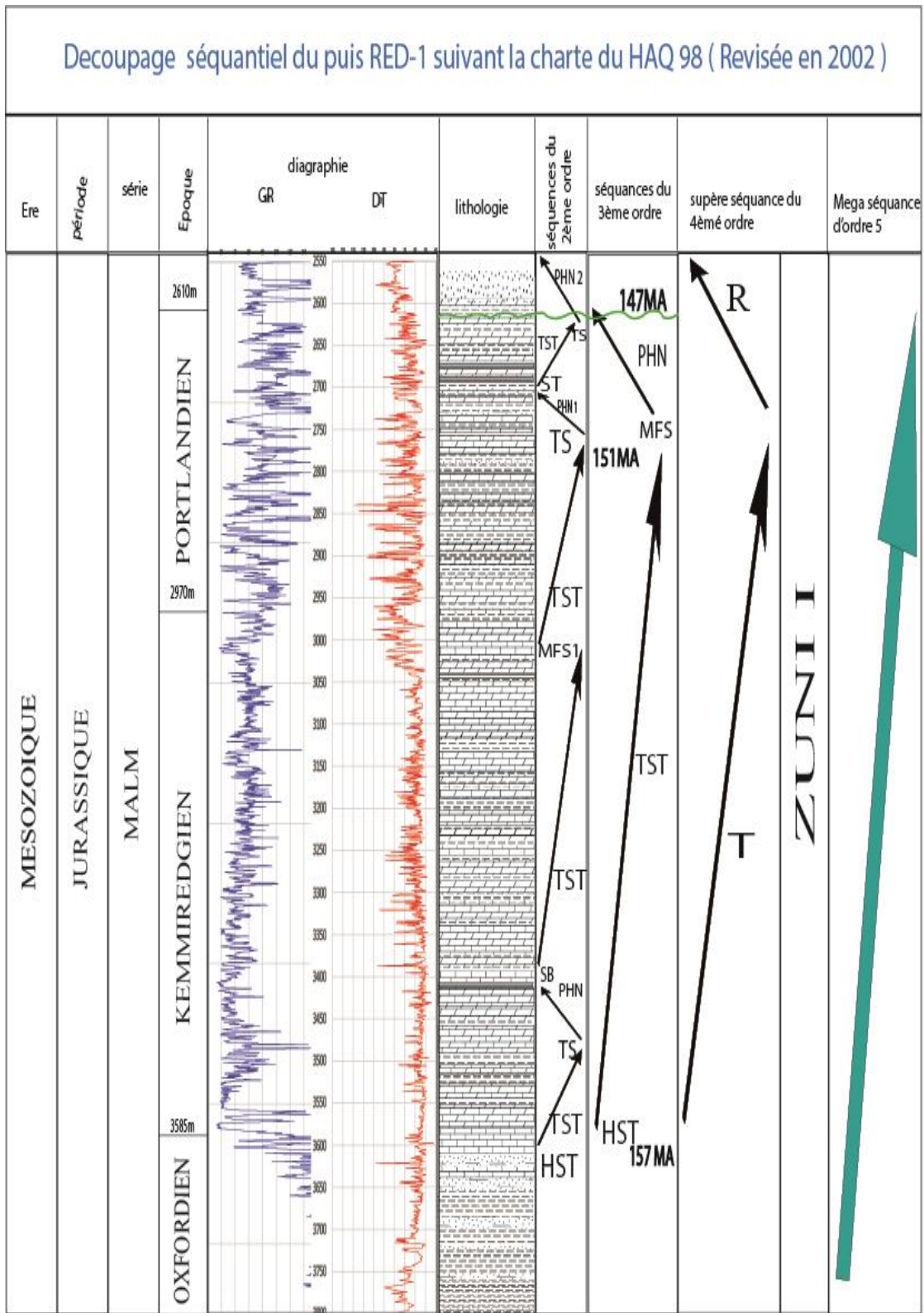


Fig.25 : Découpage séquentiel du puits RED-1 suivant la charte du HAQ 98 (révisée en 2002)

II.2. From sismiques :

Du point de vue stratigraphie sismique, le profil sismique, passant par le puits OKM-1, présente une qualité médiocre (**Fig.26**). La série allant du Kimméridgien – Portlandien montre qu'il y'a une sédimentation syn tectonique, matérialisée par la présence de failles synsédimentaires. La géométrie des dépôts et la présence de discontinuités attestent d'une sédimentation liée aussi aux variations eustatiques mises en évidence pendant cette période.

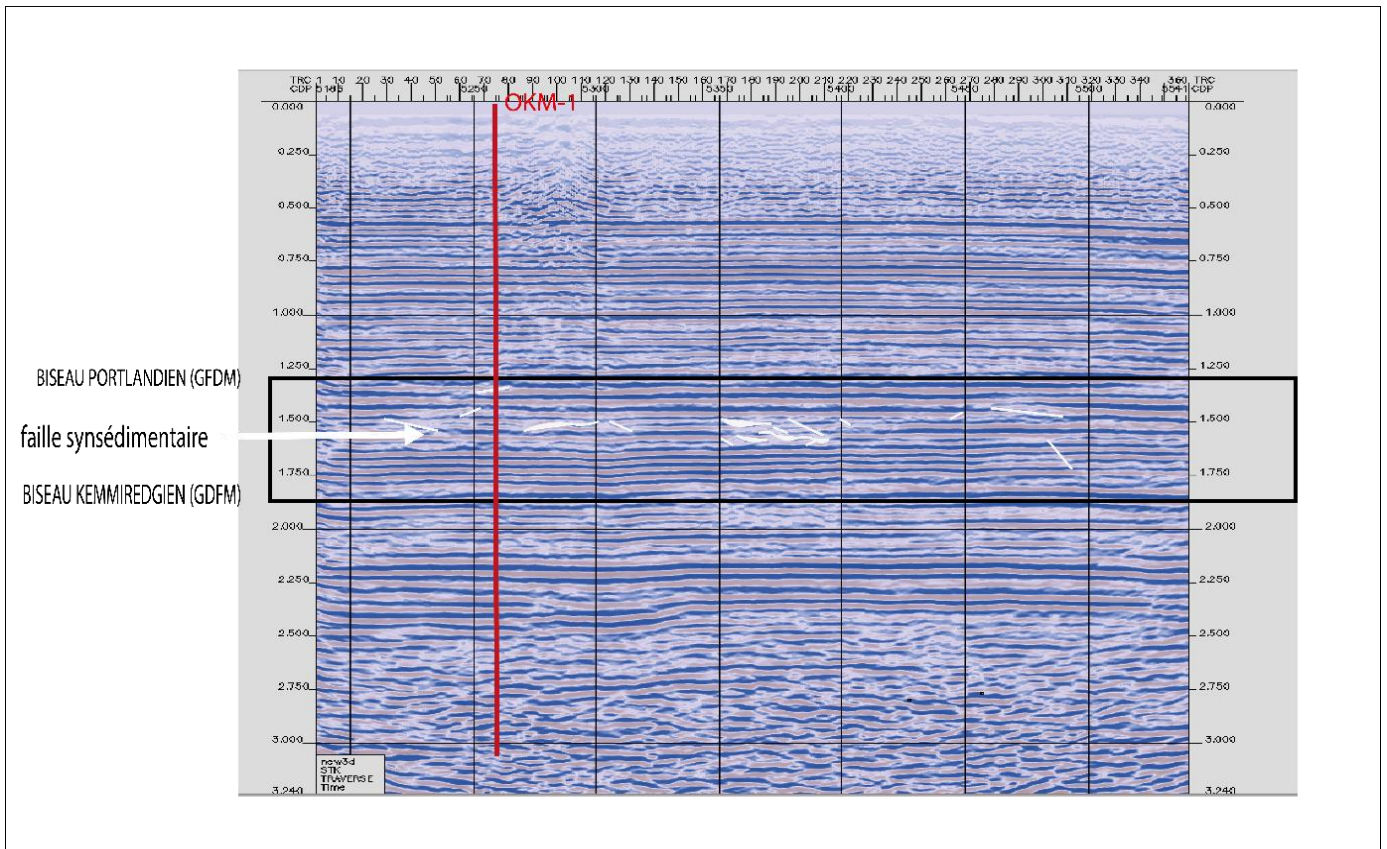


Fig26 : Profil sismique qui passe par le puits OKM-1

Chapitre V : Intérêt pétrolier

I. Système pétrolier :

I.1. Introduction :

Les conditions de sédimentation et de concentration affectent quantitativement et qualitativement le sédiment et son potentiel pétrolier. (BIJU-DUVAL.B,1999), où au cours des temps géologiques les variations de température et de pression résultent de l'histoire du bassin sédimentaire et de ses déformations, en contribuant à la genèse, à la migration, à la concentration et à la dissipation des hydrocarbures.

L'enchaînement de différents processus géologiques et la présence d'éléments pétroliers établie un système pétrolier :

- **La roche mère :** c'est une roche sédimentaire (argile ou marnes) riche en matière organique déposée dans un milieu anoxique dépourvue d'oxygène et favorable à la formation et la préservation des combustibles fossiles. Une partie des hydrocarbures générés restent confinés à l'intérieur des roches mères.

- **La migration :** c'est le mouvement et le déplacement des hydrocarbures en deux modèles ; migration primaire ou secondaire. la migration primaire se définit par leur échappement de la roche mère vers la première formation poreuse perméable rencontrée par des distances de centaines de mètres, et elle est étroitement liée à la genèse des hydrocarbures.

La migration secondaire se produit au sein de roches poreuses perméables par des distances plus importantes en quelques centaines de kilomètres. (Fig. 27)

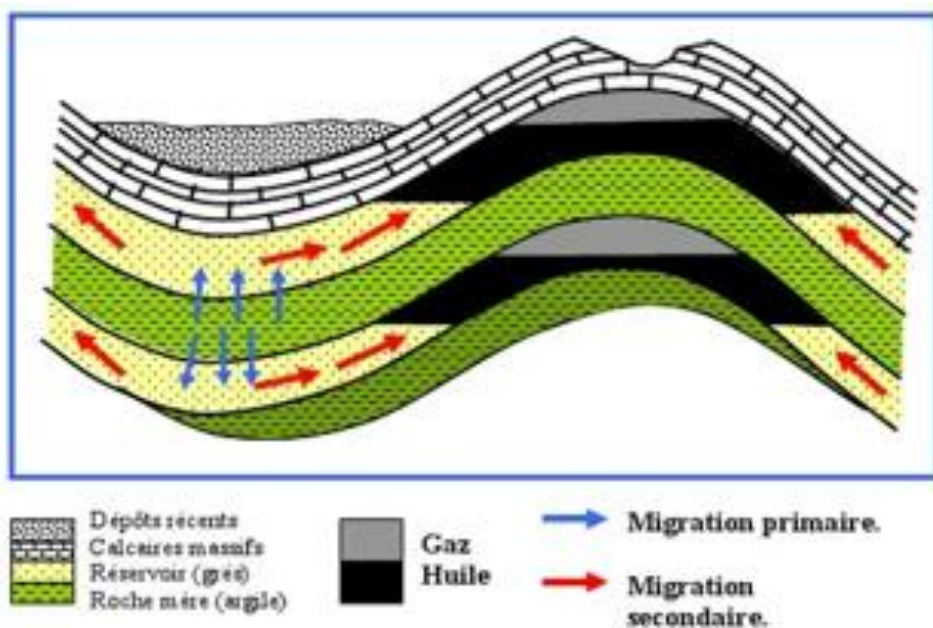


Fig. 27 : les différents types de migration

- **Roche réservoir** : c'est une roche poreuse (une porosité intrinsèque et une porosité de fracture) et/ou perméable permettant la migration et l'accumulation des hydrocarbures.
- **Roche couverture** : elle se situe au-dessus de la roche réservoir et est caractérisée par deux paramètres principaux ; une faible perméabilité et une plasticité élevée qui doit lui permettre de conserver et bloquer dans un piège géologique la migration des hydrocarbures dans leur ascension vers la surface, même à travers des épisodes de déformation structurale. On distingue les roches évaporites/salines et argiles comme offrant des propriétés aux systèmes pétroliers exploitables.
- **Pièges pétroliers** : ce sont des structures avec des points hauts fermés sous forme d'une déformation résultant des mouvements tectoniques. En cas de leur absence les hydrocarbures peuvent remonter en surface ce qu'on appelle une dis-migration ; ils affectent la roche réservoir et la roche couverture d'un système pétrolier permettant l'accumulation des hydrocarbures. Les types de ces structures peuvent être structuraux par la déformation des couches en plis anticlinaux ou failles, stratigraphique par des géométries d'origines sédimentaires comme des biseaux ou des discordances, lithologique (récifs, dunes) et mixte tecto-sédimentaire comme les diapres salifères. (Fig. 28)

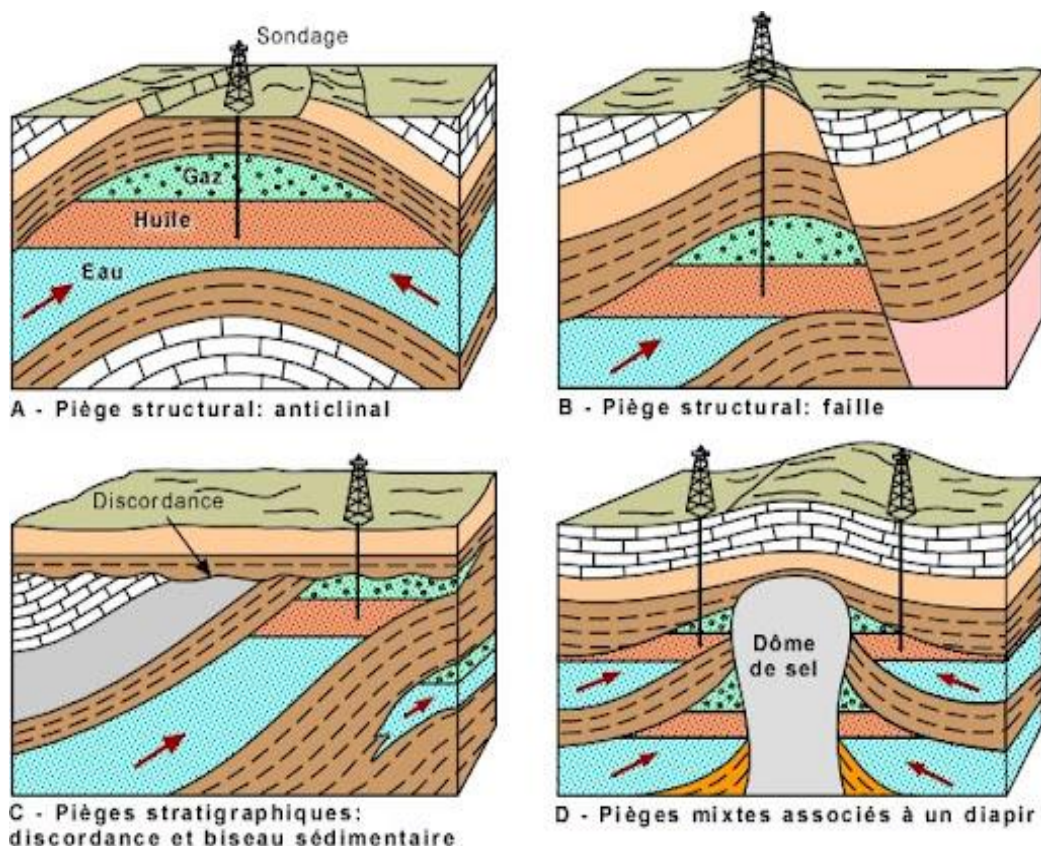


Fig. 28. : Les différents types de piège pétrolier (A. BOURQUE P,1997-2004).

- **Le timing** : c'est la période lors de la migration de roche mère vers la roche réservoir par les hydrocarbures.
- **Play pétrolier** : c'est un groupe de champs pétrolifères dans la même région où prospectivement sont contrôlés par les mêmes conditions géologiques. (Fig.29)

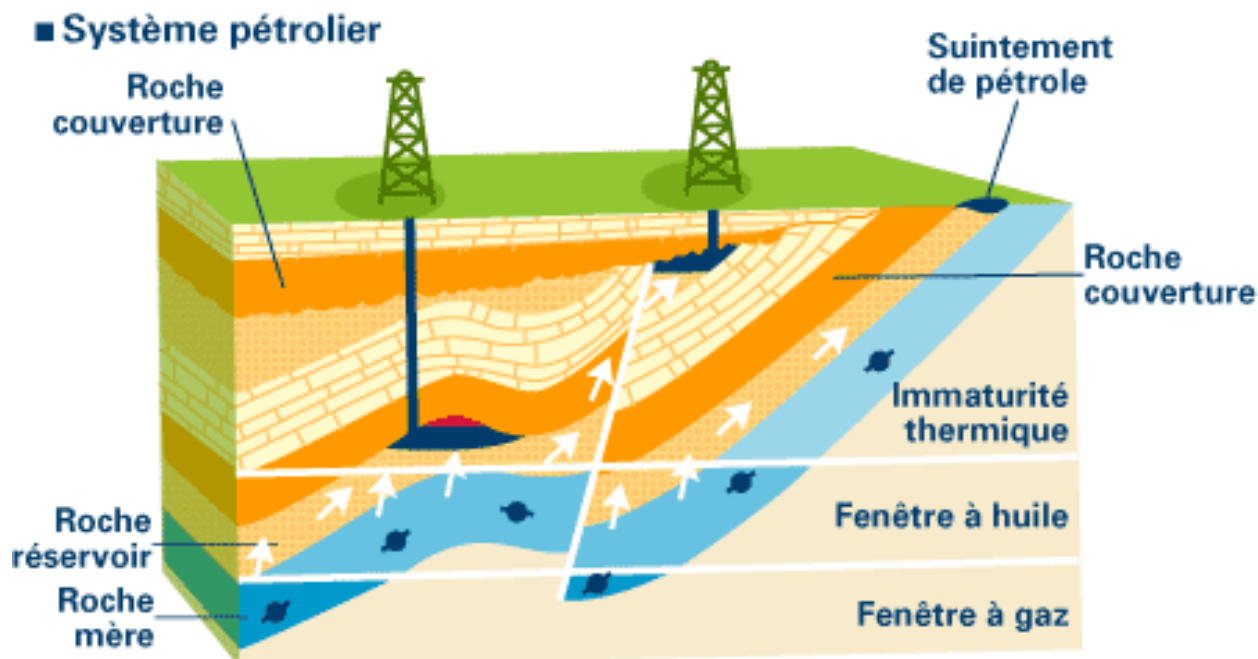


Fig 29 : Eléments qui constituent un play pétrolier (internet)

I.1.1. Les Roches Mères :

➤ Roche mère du Jurassique (Tableau.3)

Les niveaux roches mères connus à l'état actuel sont : Le Dogger, le Callovo-Oxfordien et le Malm. A partir des analyses géochimiques effectuées sur les quelques puits du permis Sidi Nadji, on a remarqué que le COT varie de 0.8 à 3.44 %, le PP oscille entre 0.64 et 1.91 mg HC/g de roche tandis que la Tmax, oscille entre 436 et 444°C, ce qui les place en phase à huile, à RED-1.

PUITS	ETAGE	C.O.T(%)	S2 (mg HC/gr R)	IH (mg HC/gr COT)	IO (mg HC/gr COT)	PP	Tmax (°C)
RDJ-1	Dogger	1.58				1.44	Immature
RED-1	Kimméridgien	0.59 à 2.06	0.16 à 1.14	25 à 127	23 à 54	0.47 à 1.19	(441)Huile
	Callovo- Oxfordien	0.91 à 3.3	0.49 à 1.23	21 à 127	25 à 44	0.62 à 1.45	(432)Huile
	Dogger	0.99 à 3.44	0.61 à 2.71	24 à 106	23 à 37	0.45 à 2.82	(444)Huile
BAR-1	Lias	0.81 à 4.91	0.14-0.3	7-23	4-123	0.18- 0.33	
	Dogger	0.32 à 9.61	0.18- 38.24	11-619	5-20	0.38- 39	
	Malm	0.34 à 0.46	0.77- 10.14	128-364	12-68	0.86- 10.44	

Tableau 3 : Tableau des analyses géochimiques de la roche mère du jurassique

➤ **Roche mère du Dogger**

Elle est caractérisée par des argiles, des marno-calcaires et des calcaires argileux. Le **C.O.T** varie de **1 à 3.44%** ; le potentiel pétrolier de **1.44 à 1.91 mg HC/g** de roche. La température maximale a été prélevée au niveau du Dogger sur le forage RED-1, elle est de **441°C** et situe cette roche mère en phase à huile.

Une étude et **MODELISATION GEOCHIMIQUE**, des puits RED-1 et RDJ-1 a été réalisé par le C.R.D – Laboratoire de Géochimie – Unité études des kérogènes, suite à la demande du Département. Cette étude concerne une modélisation géochimique des niveaux susceptibles de présenter des caractères de niveau roche mère. Les résultats d'analyses géochimiques diffusées dans le rapport n° 31/0.2013 « Projet Atlas Saharien et Hauts plateaux » ont été intégrés.

➤ **Roche mère du Callovo-Oxfordien**

Constituée par des argiles carbonatées, des marnes indurées à fines passées de grès argileux et de calcaires micritiques. La teneur en **C.O.T** est de **0.91 à 3.30%**, le

potentiel pétrolier est de **1.40 mg HC/g de roche**. La roche mère du Callovo-Oxfordien est en phase à huile avec une **Tmax de 432°C à RED-1**.

- **Interprétation des résultats d'analyses géochimiques :**

Les résultats d'analyses géochimiques nous montrent qu'au niveau du puits RED-1, la présence des niveaux stratigraphiques d'âge Jurassique qui ont révélé une richesse en matériel organique, se situent

1. Dogger, de 4050 à 4317m, avec un COT moyen de 2.21%.

2. Callovo-Oxfordien de 3835 à 4010m avec un COT moyen de 2.10% et de 3753 à 3815m avec un COT moyen de 2.05%.

3. Kimméridgien -Portlandien inférieur de 3432 à 3750m avec un COT moyen de 1.32%.

D'autres valeurs ont été enregistrées dans la partie basale du Callovo-Oxfordien, variant entre 1.57% et 2.58%.

Ces niveaux qui présentent une richesse moyenne en matière organique sont associés à de faibles potentiels pétroliers, qui varient entre 0.45 et 2.82mg HC/gr de roche.

L'Index d'Hydrogène qui exprime surtout la qualité de la matière organique est pauvre et varie entre 21 et 127mg HC/gr de COT.

- **Résultats de la Modélisation géochimique :**

Génération des hydrocarbures liquides vers 96Ma et a généré jusqu'à l'actuel 12.42mg HC/gr initial dry rock, le taux de transformation de la matière organique est de 81%.

Les hydrocarbures expulsés par la roche mère sont faibles, de l'ordre de 5 mg HC/gr initial dry rock avec une efficacité d'expulsion de 48%, les hydrocarbures résiduels sont estimés à 6mg HC/gr initial dry rock.

➤ **Les roches mères du Malm**

Les roches mères du Malm sont constituées par des niveaux argilo-carbonatés. La teneur en carbone organique totale varie de **0.59 à 2.06%** ; le potentiel pétrolier est faible, il est de

0.64 à 1.46 mg HC/g de roche et la température maximale y est de **444 °C**. Les roches mères du Kimméridgien et du Portlandien ont atteint un stade de génération d'huile entre la fin du Néocomien et du Sénonien inférieur dans la région de BNM-1 et à RED-1 situé plus au Sud. Cet état demeure jusqu'à l'Actuel.

➤ **Roche mère du Paléozoïque**

La roche mère la plus connue à l'échelle de la plateforme saharienne est :

Le Silurien qui alimente les réservoirs Triasiques (T.A.G) et Paléozoïque (Cambro - Ordovicien).

• **Silurien**

La roche mère principale reconnue est représentée par l'intervalle radioactif à la base des argiles noires à graptolithes du Silurien, qui constitue une unité marqueur à travers la plateforme saharienne.

Il s'agit d'argile noire radioactive présentant d'excellents paramètres dans la Plateforme saharienne.

Dans le sillon de Benoud et dans la région de Hassi R'Mel, les argiles inférieures du Silurien sont absentes, quant aux argiles supérieures présentant des valeurs de COT atteignant les 8%, présentent une bonne distribution avec une épaisseur allant de 30 à 100m. À Oued Mya (MGD-1) cette roche mère entre en phase à huile au Malm (148Ma) et en phase de génération de Gaz à l'Albien sup (108Ma)

En Tunisie (SABN-1), son épaisseur est d'environ 50m, les valeurs de COT atteignent 11,92% avec une moyenne de 5,4% et le Potentiel S2 est de 27,6 Kg/t. R0 est de 0,8%.

I.1.2 Les Roches Réservoirs :

➤ **Les Réservoirs du Jurassique**

Le Jurassique présente de bonnes caractéristiques de réservoir. Le potentiel pétrolier n'est pas encore prouvé dans cette région mais en TUNISIE, il est productif d'huile.

○ **Le Kimméridgien :**

Constitué par des calcaires parfois oolithiques.

○ **Le Portlandien :**

Il est constitué par des calcaires oolithiques, des calcaires dolomitiques, fossilifères et des dolomies. Le forage **RED-1** a montré des porosités carotte de **2 à 10 %** et une perméabilité de **0,03 à 0,16 md** entre 3046 m et 3053 mètres et de **2 à 14 %** et une perméabilité de **0,03 à 24md** entre 2810 m et 2828 m.(**Tableau 4**)

○ **LE Dogger :**

A RDJ-1 et RED-1, le Dogger est constitué par des grès blancs fins à moyens et des calcaires. Le forage RED-1 a montré de bonnes valeurs de porosités carotte.

PUITS	ETAGE	LITHOLOGIE	CAROTTE	POROSITES (%)	PERMEABILITES (MD)
RED-1	Portlandien - Bériasien	Calcaires dolomitiques	2810-2828m	2 - 14	0,03-2
	Kimméridgien	Calcaires	3046-3062m	2 - 10	0,03-0,16
RDJ-1	Bériasien	Calcaires	2875-2891		
ZH-1	Kimméridgien	Calcaires		5 à 10	
	Oxfordien	Calcaires		10 à 25	
	Dogger	Calcaires		5 à 10	
	Lias	Calcaires		5 à 15	
BAR-1	Kimméridgien	Calcaires		2,5 à 5	0,1 à 4,70
	Oxfordien	Calcaires		2 à 15	3,6 à 6,3
	Dogger	Calcaires		5 à 15	
	Lias	Calcaires dolomitiques		2 à 15	0,1 à 5,7
MTL-1	Kimméridgien – Portlandien inf.	Dolomies	C6	1,5-4,4	0,03-3,1
	Portlandien Sup- Néocomien	Calcaires et Dolomies		1,2-3	0,01-156
DTA-1	Portlandien	Dolomies et calcaires	C2	2.12-2.91	0,027
	Kimméridgien	Calcaires			17.5
BNM-1	Portlandien	Calcaires		0.05-5.6	0,01-51,9

Tableau 4 : Caractéristiques pétrophysiques des réservoirs au Portlandien des puits situés au sud de la région d'étude

La couverture des réservoirs jurassique est assurée par la série argileuse du Néocomien, les argiles et les anhydrites du même âge.

➤ **Les Réservoirs du Trias**

Les principaux réservoirs sont :

- **Trias argilo-gréseux supérieur** (T2); constitué de grès très fins à fins à intercalations d'argile (puits LG-1)
- **Trias argilo-gréseux inférieur** (T1) ; cette unité présente des grès fins à moyens avec intercalations d'argile.

La porosité est de 10% à LG-1 pour atteindre 13% à HN-1.

Dans notre secteur d'étude, ces deux systèmes ne sont pas encore prouvés, mais la position structurale de certains prospects paraît favorable à leur exploration. (**Tableau 5**)

PUITS	TOP BASE	EPAISSEUR TOTALE(m)	EPAISSEUR DES GRES(m)	Ø (%) &K(md)	RESULTATS PETROLIERS
BLE-1 PF: 4754m	3908 4165	257	53	Ø: 1-12% K: 0,01-10 md	TF2: 3909-4175m:Eau salée 325gr/l
LG-1 PF: 4250m	3685 4021	336	144	Ø: 2,8-10,5% K: 0,8-3md	TC-2: 3682-3786,6m:Venue très faible 15l d'eau salée TF-3: 3807,6-3841,5m: pas de venue
PA-1 PF: 4313m	3818 4144	326	139	Ø: 2,9-8,2% K: 0,2-56 md	TC-3: 3836-4121m: Faible venue d'eau salée avec traces de gaz dans la boue, P. St : 562kg/cm ²
PG-1 PF: 3896,7m	3347 3623	276	120	Ø: 1,3-13,1% K: 0,1-1,13md	TC-1:3337,5-3397m: sec TF-2:2354,5-3489m:0,4m ³ /h eau salée. TF-3:3598,8-3607: 546l eau salée à 350g/l
ZH - 1 PF: 5049m	3737 4809	102	23	Ø: 5 – 11 %	Non testé
PH-1 PF: 4754m	3406 3673	260	57	Ø: 3-11,2 % K: 0,1-200 md	TC-2: 3628-3738,5m:Venue de 96l d'eau salée / P. St : 568kg/cm ²

Tableau 5 : Caractéristiques pétrophysiques des réservoirs du Trias des puits situés au sud de la région d'étude

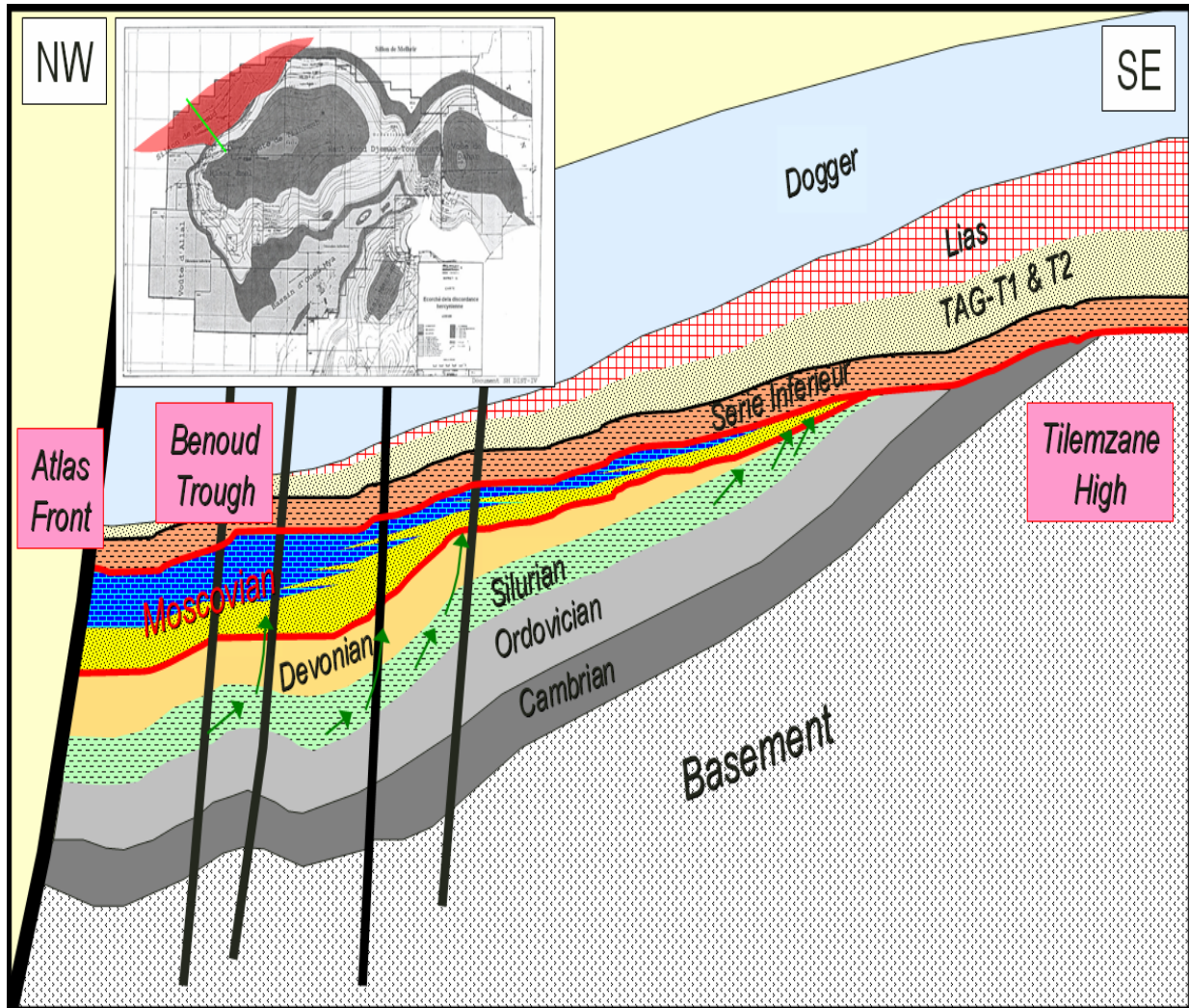


Fig 30 : Coupe montrant le chemin de migration des hydrocarbures au voisinage de la région de Sidi Nadji.

➤ **Les Réservoirs du Paléozoïque (Au sud de la région d'étude)**

Non connu dans le périmètre Sidi Nadji, du fait qu'aucun forage de la région ne l'a traversé, toutefois, l'interprétation sismique du profil 03NJ10, orienté SW-NE et passant par la structure d'Oued El Kerma, montre clairement la présence de la discordance hercynienne ainsi que le passage Trias-Paléozoïque. .(**Fig 30**)

Il peut s'agir dans notre cas :

- **Le Siégénien et le Strunien** possèdent de très bonnes caractéristiques pétrophysiques permettant une bonne production d'huile et de Gaz.

- **Le Moscovien** possède de basses à moyennes porosités et perméabilités du fait de la présence d'un grand pourcentage d'argile.

- **L'Ordovicien** présente en général, de faibles porosités dues aux phénomènes de cimentation et d'obstruction des pores par les argiles et une recristallisation de quartz. Toutefois, la production de gaz reste possible.

- **Le Cambrien** présente des porosités similaires à celles de l'Ordovicien mais avec des perméabilités plus faibles.

Chapitre VI :
Conclusion générale

Conclusion générale :

Synthèse des résultats :

1. Caractères Essentiels du Jurassique Supérieur de cette Région :

Le Jurassique supérieur de cette région se divise en deux formations géologiques distinctes :

✚ **Formation I** : D'âge Kimméridgien, cette formation présente une évolution transgressive, indiquant une montée progressive du niveau de la mer au cours de cette période.

✚ **Formation II** : D'âge portlandien, cette formation est principalement dolomitique et montre une évolution transgressive puis régressive, suggérant une baisse du niveau de la mer et un environnement de dépôt différent.

2. Environnements Caractéristiques :

Les environnements déposés durant le Jurassique supérieur reflètent les conditions suivantes :

- **Kimméridgien** : Caractérisé par une forte bathymétrie, indiquant des eaux relativement profondes.
- **Portlandien** : Correspond à des environnements peu profonds, variant de l'infratidal à l'intertidal.

3. Réservoirs Potentiels et Intérêt Pétrolier :

L'objectif principal des forages menés dans cette région était d'explorer les réservoirs carbonatés du Jurassique supérieur. Cependant, tous les forages réalisés se sont avérés non productif, ne rencontrant pas de quantités significatives d'hydrocarbures.

Les réservoirs potentiels identifiés présentent une qualité médiocre, ne contenant que quelques traces de matière organique localisée principalement dans des stylolithes formés tardivement. Cette situation suggère que le problème principal réside dans les roches-mères et leur évolution géologique.

4. Roches-Mères Potentielles et Maturation :

Les formations du Callovo-Oxfordien et du Kimméridgien inférieur à moyen sont considérées comme des roches-mères potentielles. Ces formations se sont déposées dans des environnements plus ou moins profonds et confinés, propices à l'accumulation de matière organique. Cependant, il est possible que la matière organique présente n'ait pas atteint un degré de maturation suffisant, en raison d'un enfouissement inadéquat et/ou d'un flux thermique insuffisant.

Cette maturation insuffisante pourrait expliquer l'absence d'hydrocarbures exploitables dans cette région, malgré les conditions géologiques initialement favorables.

Planches

PLANCHE I

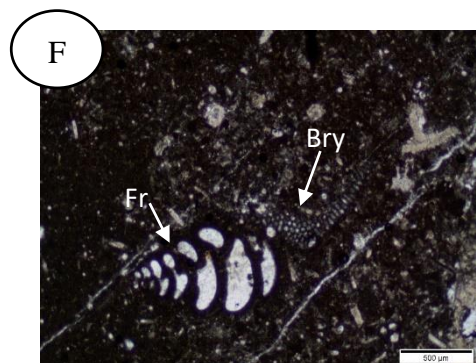
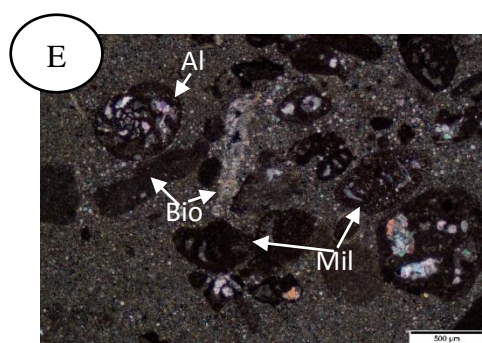
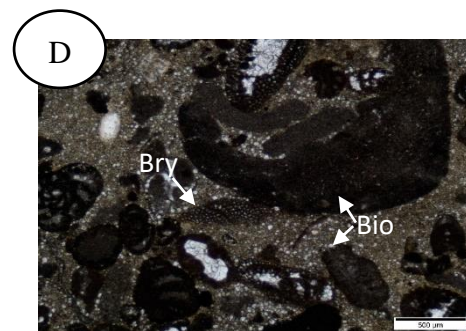
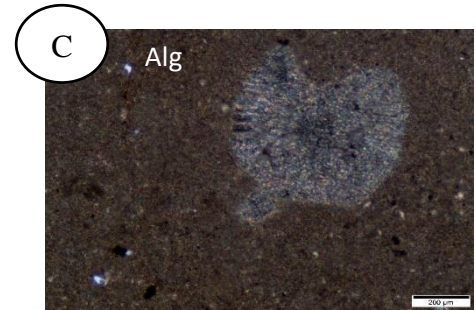
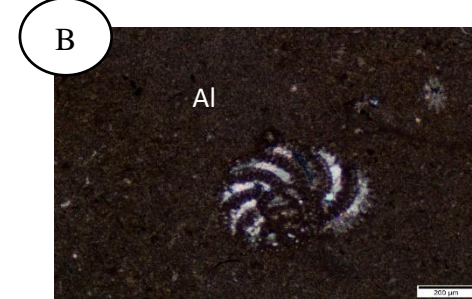
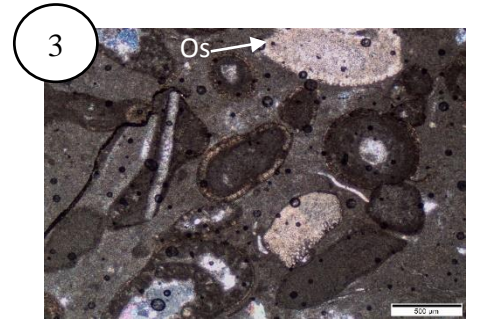
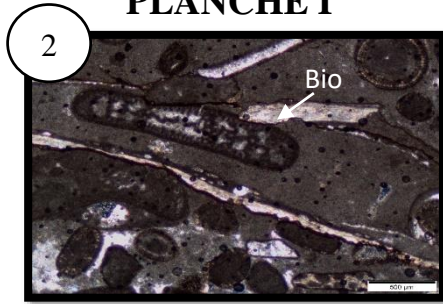
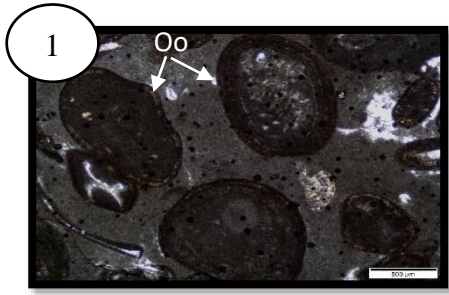


PLANCHE I

Carotte.2, Côte.3053,65 (RED-1) :

Fig.I.1,2,3-calcaire packstone

Fig.I.1 : Oo : Oolithes de haute énergie.

G X 500

Fig.I.2 : Bio : Bioclaste.

G X 500

Fig.I.3 : Os : ostracode.

G X 500

Carotte.K-7 (RDJ-1) :

Fig.I.A- Calcaire mudstone foraminifère benthique bisérié. (côte.3726m)

G X 500

Fig.I.B- Calcaire mudstone (Al : *Alveosepta jaccardi* (SCHRODT)).(côte.3726.5m)

G X 200

Fig.I.C- Alg :Algue.(côte.3726.5m)

G X 200

Fig.I.D-Calcaire packstone(à Bio : bioclaste, Bry : bryozoïre).(côte.3727m)

G X 500

Fig.I.E- (à Al : *Alveosepta jaccardi* (SCHRODT), Mil : Miliolidea, Bio :
bioclastes).(côte.3727m)

G X 500

Fig.I.F- (Fr : foraminifère benthique bisérié, Bry :bryozoïre).(côte.3727m)

G X 500

PLANCHE I Photos des lames minces au kimméridgien

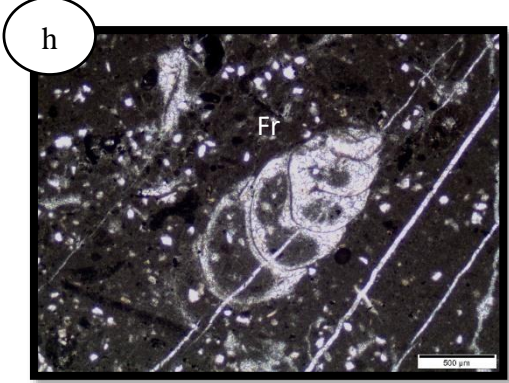
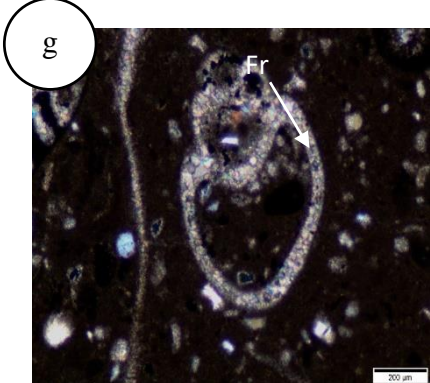
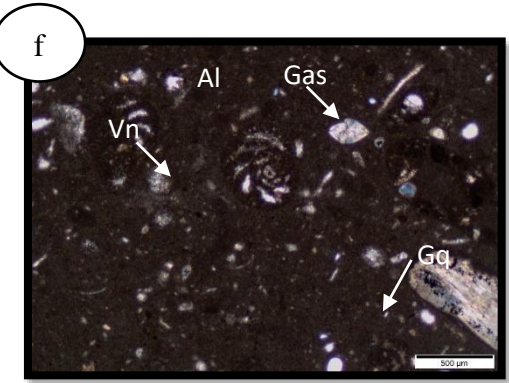
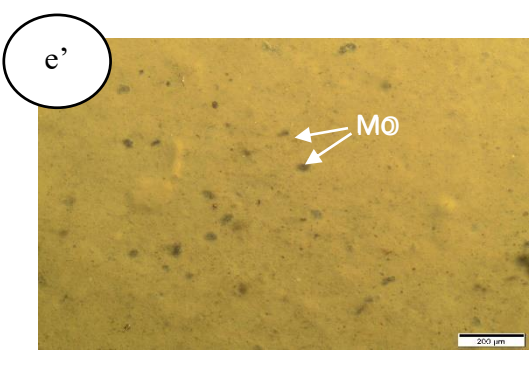
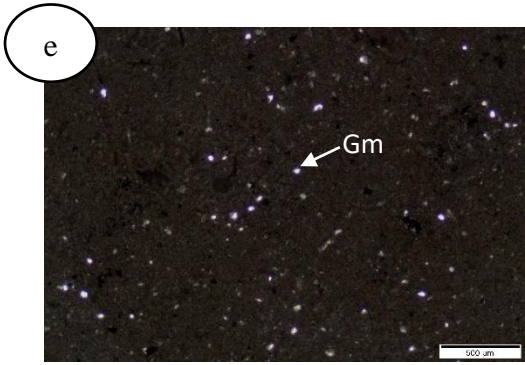
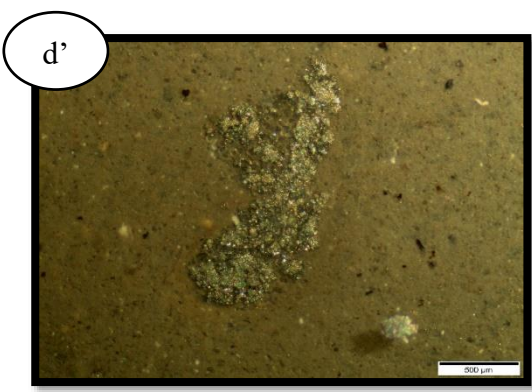
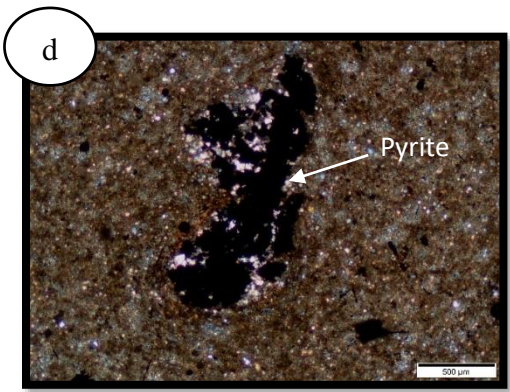
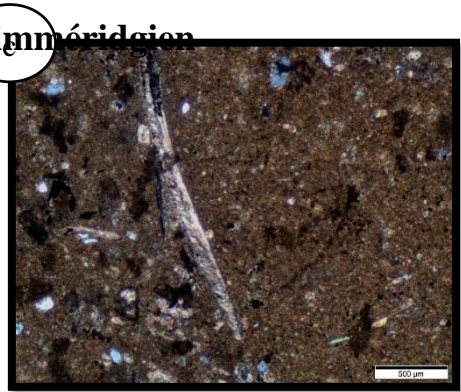
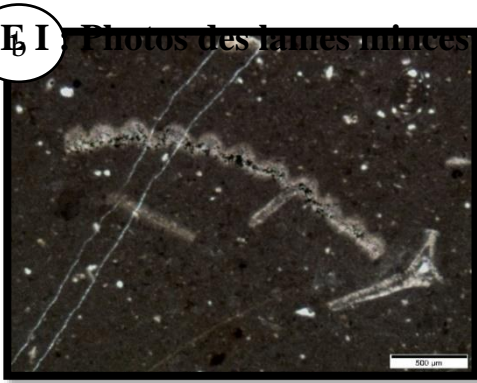
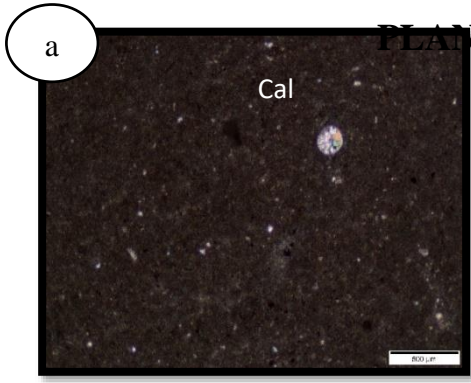


PLANCHE II

Carote.K-8 (RDJ-1) :

Fig.II.a-calcaire mudstone(Cal : calcisphère).(Côte.4078m)	G X 500
Fig.II.b-calcaire wackestone (Lam : section transversale d'une lamellibranche) .(Côte.4080m).	G X 500
Fig.II.c-calcaire mudstone à wackstone (Lam : lamellibranche de grande taille). (Côte.4083m)	G X 500
Fig.II.d,d'-boue micritique argileux silteuse montre une pyrite.(côte.4082,60)	
Fig.II.d-vue en Lumière polarisée analysée(LPA)	G X 500
Fig.II.d'-vue en lumière réfléchis(LF)	G X 500
Fig.II.e,e'-Boue micritique sombre (à Gm : grains microsparite, MO : matière organique (Bitume).(Côte.4081m)	
Fig.II.e-vue en lumière polatrisée analysée (LPA)	G X 500
Fig.II.e'-Vue en lumière réfléchis(LF)	G X 200
Fig.II.f-Calcaire mudstone à wackstone (à Al : <i>Alveosepta jaccardi</i> (SCHRODT), Gas : gastéropodes).(Côte.4086,15m)	G X 500
Fig.II.g-calcaire wackstone (à Gas :gastéropode, Gq :grains de quartz, Vc :vène colmatée). (Côte.4087m)	G X 200
Fig.II.h-Calcaire wackstone (à Fr : foraminifère bethique unisérié). (Côte.4087m)	G X 500

Planche 1 :Photos des lames minces au Portlandien

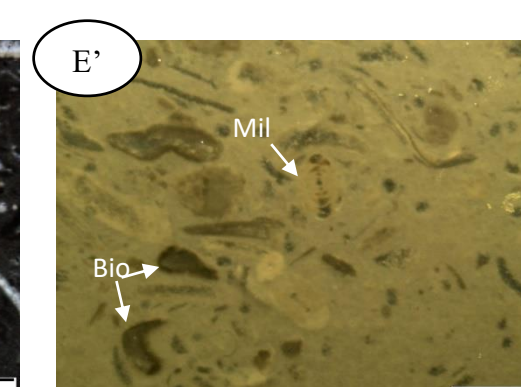
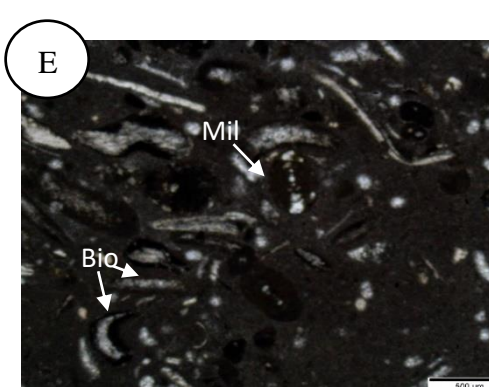
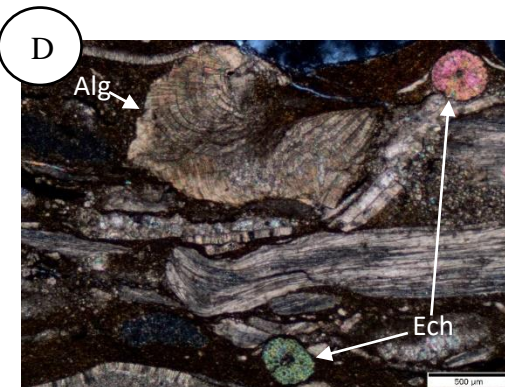
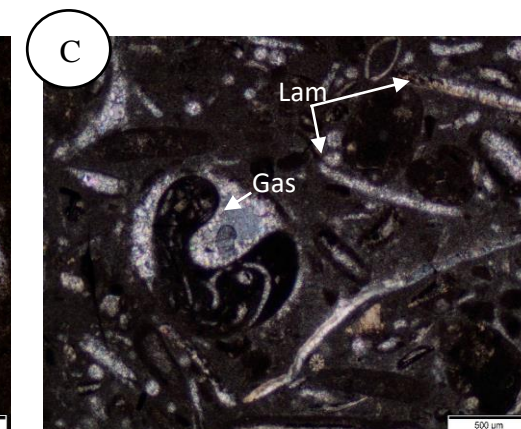
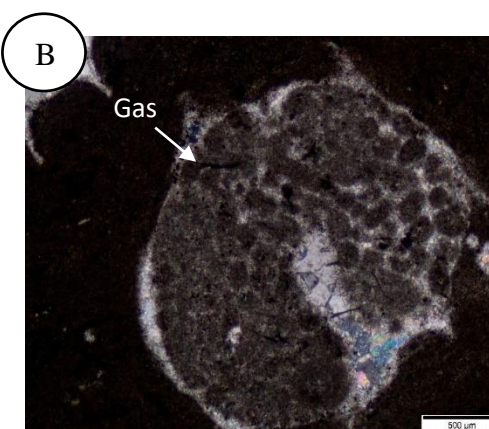
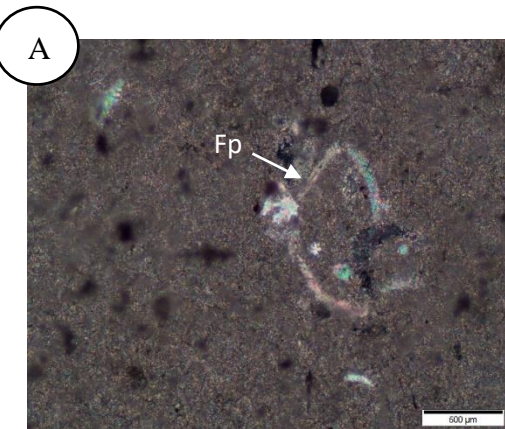
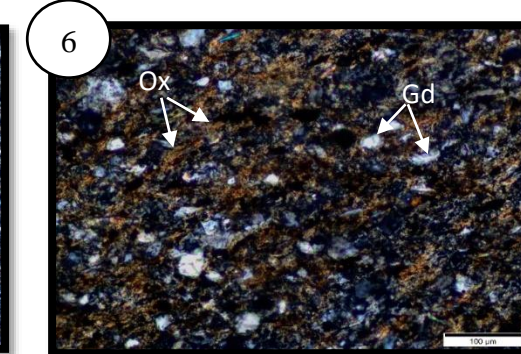
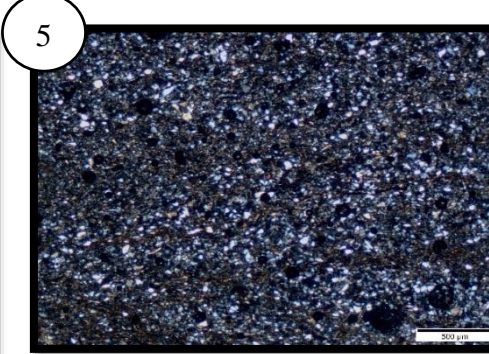
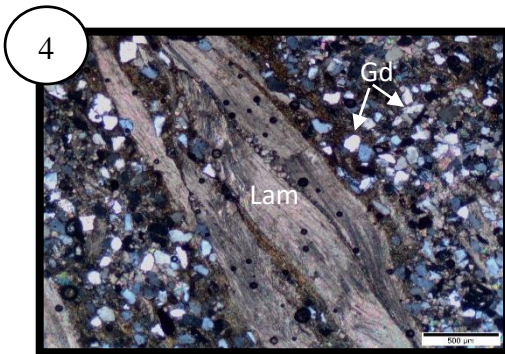
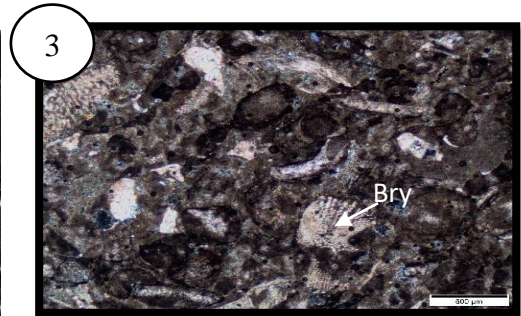
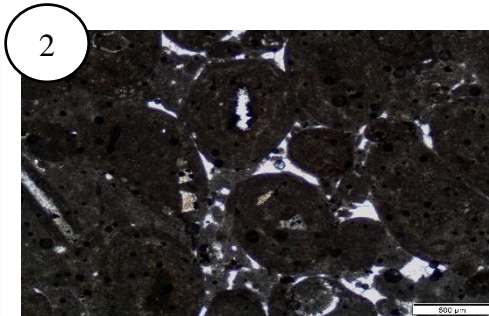
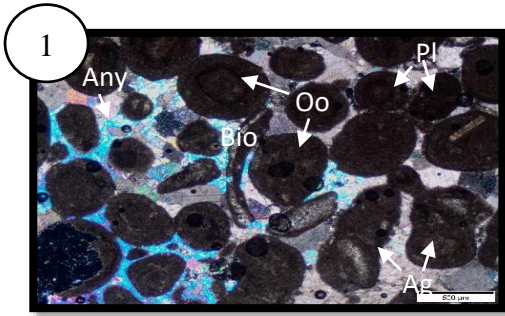


PLANCHE 1 :

Carotte.1 (RED-1) :

Fig.1.1- Calcaire grainstone (à Oo: Oolithes (bahamite), G X 500

Bio : bioclaste, Any : anhydrite, Ag : agrégats, Pl : pellets).(côte 2818,57)

Fig.1.2- Calcaire packstone à grainstone oolithique (côte.2820,52m) G X 500

Fig.1.3- Calcaire packstone à grainstone bioclastique (Bry : bryozoïre). G X 500
(côte.2821,48m)

Fig.1.4-Silt argileuse (à Lam : lamellibranche pluricentimétrique, G X 500

Gd : grains de quartz détritique et dolmie).(côte.2822,57m)

Fig.1.5-Argile silteuse à grains de quartz détritique et de dolomie . G X 500
(côte.2826,02m)

Fig.1.6-Argile silteuse (à Gd : grains de quartz détritique et dolomie, G X
100

Ox : oxyde de fer).(côte.2826,08m).

Carotte.K-6 (RDJ-1) :

Fig.1.A-Calcaire mudstone (à Fp : foraminifère pélagique). G X 500
(côte.3234m)

Fig.1.B- Calcaire wackstone(Gas : section transversale d'un gastéropode. G X 500
(côte.3235,5m).

Fig.1.C-Calcaire packstone à wackestone (Gas : section transversale G X 500
d'un gastéropode, Lam : Lamellibranche).(côte.3236,5m)

Fig.1.D- Calcaire packstone à grainstone (Ech : épines d'échinodermes, G X 500
Alg : Algue).
(côte.3238m)

Fig.1.E,E'- Calcaire wackestone (à Mil : Miliolidea, Bio : bioclastes). G X 500
(côte.3236m)

Fig.1.E-Vue en lumière polarisée analysée (LPA) G X 500

Fig.1.E'-Vue en lumière réfléchi (LF)

G X 500

Référence
Bibliographique

- ABED S., 1982.-** Lithostratigraphie et sédimentologie du Jurassique moyen et supérieur du Dj. Amour (Atlas saharien. Thèse 3ème cycle, Univ. de Pau.
- AIT OUALI R., 1982 :** «Lithostratigraphie et sédimentologie du jurassique moyen et supérieur du Djebel AMOUR ». Thèse. Université de Pau et des pays de l'Adour.
- AIT OUALI R., 1991 :** « Le rifting des Monts des ksour au Lias. Organisation des bassins diagenétique des assises carbonatées. Place dans les ouvertures Mésozoïque au Maghreb ». Thèse Doctorat ès science, USTHB, Alger.
- ANGREE J.B., BUBB J.N. et HATLER I.D.W., 1977.-** Seismic stratigraphy and global changes in sea level. In Payton C.E.
- BENBAKIR N. & MOKHTAR B., 2022 :** Etude pétrographique, sédimentologique et pétrophysique du Miocène argilo-gréseux du Nord-ouest du périmètre de Tiaret (Rahouia).
- BASSOULET J.P., 1973 :** Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'atlas saharien occidental (Algérie) . Thèse. Université de Paris.
- BIJU.-DUVAL B., 1999 :** Géologie sédimentaire ; bassins, environnements de dépôts et formation du pétrole.
- BETTAHAR A., 2009 :** « Les accidents majeurs de l'atlas saharien central et les structures associées ». Doct d'Etat. USTHB, Alger.
- BEY.RACHID N., 2012/2013 :** « Lithostratigraphie, sédimentologie et paléogéographique du Jurassique supérieur de l'atlas saharien oriental ». mémoire
- BOURQUET P.A., 1997-2004 :** Planète terre (département de géologie de l'Université Laval) du site www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planet_terre.html
- CAIRE A., 1971.** Chaînes alpines de la méditerranée centrale (Algérie et Tunisie septentrionales, Sicile, Calabre, et Apennin méridional). . Tectonique de l'Afrique, Science de la terre, 6, unesco, Paris.
- CORNET A., 1952.** L'atlas saharien Sud Oranais. Monographies régionales.
- DELFAUD .,1973 :** Sur l'appartenance de certains pseudo-flyschs aux faciès deltaïque de plateformes. C. R. Acad. Sci. Paris.
- EMBERGER J., 1960 :** « Esquisse géologique de la partie orientale des Monts des OuledNaïl (Atlas Saharien, Algérie) ».
- HERKAT M., 1999 :** « La sédimentation de haut niveau marin du Crétacé supérieur de l'Atlas saharien orienté et des Aurès : Stratigraphie séquentielle, Analyse quantitative des biocénoses, évolution paléogéographique et contexte géodynamique». Thèse Doctorat 3ème Cycle, USTHB, Alger.

KAZI TANI N., 1986 : «Evolution géodynamique de la bordure Nord-africaine : le domaine intraplaque nord-algerien. Approche mégaséquentielle». Thèse Sci. Uni. De Pau.

MATTAUER M., TAPPONIER P. et PROUST F., 1977.- Sur les mécanismes de formation des chaînes intracontinentales. L'exemple des chaînes atlasiques du Maroc.

NAIMI. M., 2022 : « Analyse ichnologique et reconstitution paléoenvironnementale de la série Albien-Turonien des monts des Ouled Naïl (Atlas saharien oriental, Algérie)

PIQUE,A., AIT BRAHIM,L., AZOUZI, M. E., MAURY, R. C., BELLON, H., SEMROUD, B. & LAVILLE, E., 1998. Le poïçon maghrébin : contraintes structurales et géochimies. C.R Acad. Sci. Paris. Sciences de la terre et des planètes.

VAIL PR., MITCHUM R.M., TODD R.G., WIDMIER J.M., THOMSON S. B.,