

UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID - TLEMCEN  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers  
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers



UNIVERSITÉ DE TLEMCEN



Laboratoire de recherche N° 25  
« PROMOTION DES RESSOURCES HYDRIQUES, PEDOLOGIQUES ET MINIERES  
LEGISLATION ET CHOIX TECHNOLOGIQUE »

Mémoire de fin d'études

*Présenté par*

**BENMANSOUR Abdel Kamal & LAZREG Nesrine**

*En vue de l'obtention du*

Diplôme de MASTER

En Géologie des bassins sédimentaires

*Thème*

Lithostratigraphie, organisation sédimentaire du Champ  
de Ben Kahla Est

Aspect pétrolier du puits BKHE 2

Haoud Berkaoui - Bassin de Oued M'ya – Algérie

Soutenu le 30/07/2019, devant le jury composé de :

Président	BOUCIF Abdelkader	M.A.A	U.A.B.T
Encadreur	KACEMI Ali	M.C.B	U.A.B.T
Co-Encadreur	BENCHOUK Mustapha	M.A.A	U.A.B.T
Examineur	HEBIB Hakim	M.C.B	U.A.B.T
Invité	KACEMI Mohammed	Superviseur	Sonatrach

**Année universitaire 2018/2019**

## **DEDICACES**

*Au nom d'ALLAH le Miséricordieux.*

*Je dédie ce travail en premier lieu à la première personne dans ma vie, la qu'elle m'a toujours soutenue, ma guidé et orienté, conseillé et éduqué, la personne que je ne suis et je ne serai jamais capable de lui retourner la faveur. Elle a été et elle est mon meilleur amie.*

*Je le dédie à Ma Mère **KARIMA**.*

*Je le dédie aussi à mon père **BENALI**, que dieu le bénisse.*

*Je le dédie à ma sœur **RABIA**, à mes frères **BADR EDDINE**, **M. AMINE**, **OTMANE**.*

*Je le dédie à ma tante **FATIHA**, que Dieu la bénisse.*

*Je le dédie à mon neveu **NOUR EDDINE** et à ma nièce **WISSEM YOUSRA**.*

*Je le dédie à mon généreux encadreur, mon moniteur universitaire, et ma référence*

*Mr. **ALI KACEMI**.*

*Je le dédie à mon binôme Mlle. **NASRINE LAZREG**.*

*Je le dédie à mes ami(e)s, géologues et non géologues et aux prochaines générations des géologues.*

*Je le dédie à toute la communauté Musulmane.*

*Et bien sûr je le dédie à moi-même.*

***Abdel Kamal BENMANSOUR***

## **DEDICACES**

*A ma très chère mère : MIMOUNA*

*Quoi que je fasse ou que je puisse dire je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.*

*A mon très chère père : BOUTKHIL*

*Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.*

*A mon cher frère : Mohammed*

*A mes chères sœurs Fatima, Fatiha, Zahra, Zana, Assia, Fayza, Wissal et Meriamme*

*A mes neveux RIHAB, ALAA ET YOUCEF*

*Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.*

**Pour mon binôme : ABDEL KAMAL BENMANSOUR**

*Pour sa entent et sa sympathie.*

*A mes chères amies (is) :*

**RANIA BELAGOUNE, ADEL BERRANI.**

*Pour leurs aides et support dans les moments difficiles.*

*A toute ma famille LAZREG*

*A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.*

**NESRINE LAZREG**

## REMERCIEMENTS

Louange à dieu, seigneur de l'univers qui nous a doté de sa miséricorde jusqu'à la réalisation de ce modeste travail. Alors, nous nous prosternons à notre dieu le tout puissant.

Ainsi, nous voudrions exprimer notre profonde gratitude aux nobles personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Nous adressons tout d'abord nos remerciements les plus vifs à notre encadreur monsieur KACEMI ALI qui nous a proposé ce sujet en collaboration avec la Sonatrach (DP) et qui a bien voulu nous diriger et nous conseiller afin de mener à bien cette tâche. Nous apprécions sa bienveillante attention, sa rigueur et sa disponibilité jusqu'à la dernière minute de ce mémoire.

Nous remercions Mr KACEMI MOHAMMED et Mr MOUZAOUI AREZKI, nos encadreurs à la Division de Production de Haoud Berkaoui-Sonatrach, qui malgré la surcharge de leur travail, ont su nous consacrer de leur temps, de leur savoir et nous ont guidé tout au long de notre stage au sein de la Sonatrach. Nous les remercions aussi de nous avoir accompagné sur les chantiers malgré la fatigue et la pression qu'ils ont rencontré durant cette période, que DIEU les bénisse.

Nous avons le plaisir d'exprimer notre profond respect à monsieur BENSALAH MUSTAPHA professeur à l'université de Tlemcen et directeur du Laboratoire de Recherche N°25 qui nous a bien reçus dans son laboratoire.

Il nous est agréable de remercier profondément Monsieur BOUCIF ABDELKADER d'avoir fait l'honneur de présider le jury.

A Monsieur HEBIB HAKIM, nous faisons un hommage par lequel on manifeste nos sentiments les plus chaleureux d'avoir accepté de juger ce travail.

Nous tenons à remercier tous nos enseignants par qui nous étions entourés durant tout ce cursus.

Enfin nous remercions tous nos amies et amis de notre promotion.

Un grand Merci

# SOMMAIRE

تلخيص

Résumé

Abstract

Introduction

## Premier Chapitre : Généralités

A. Cadre géographique	2
1. Situation géographique régionale	2
2. Situation géographique du bassin de Oued M'ya	2
3. Situation géographique du bassin de Ben Kahla Est	4
3.1 Bloc 438c	4
3.2 Haoud Berkaoui	4
3.3 Champ de Ben Kahla	5
3.4 Champ de Ben Kahla Est	5
B. Cadre géologique et structural	6
1. Contexte géologique du bassin de Oued M'ya	6
1. Le Paléozoïque	10
2. Le Mésozoïque	10
2.1. Le Trias	10
2.2. Le Jurassique	10
2.3. Le Crétacé	10
3. Le Cénozoïque	10
2. Aperçu structural de Oued M'ya	10
3. Aperçu géologique et structural de Ben Kahla Est	14
3.1 Géologie de Ben Kahla Est	14
3.1.1 Le Paléozoïque	14
3.1.2 Le Mésozoïque	14
Trias	14
3.2 Aperçu structural de Ben Kahla Est	14
3.2.1 Aperçu Structural de Ben Kahla Est	14
C. Historique des recherches	16
D. Problématique, objectifs et méthodes	18

1. Problématique	18
2. Objectifs	18
3. Méthodes	19

## Deuxième Chapitre : Etude géologique du champ de Ben Kahla Est

1. Lithostratigraphie de Ben Kahla Est	21
2. Situation de la coupe	22
3. Description de la coupe	23
3.1 Socle	24
3.2 La couverture	25
3.3 Magmatisme	26
Conclusion	26
<b>B. Organisation sédimentaire</b>	27
1. Description pétro sédimentaire de la roche réservoir dans les puits BKHE	27
a) Classification des grès, Folk (1974) de la région de Ben Kahla	27
b) Etude des lames minces	28
2. Analyse séquentielle (Trias) et milieux de dépôts	36
2.1 Analyse séquentielle de la formation triasique de Ben Kahla Est	36
2.1.1 Série virtuelle	36
2.1.2 Essai de découpage séquentiel de la formation triasique de BKHE	36
2.2 Milieux de dépôts du Trias –Jurassique	37
2.2.1 Milieu de dépôts de la série inférieure du puits BKHE-2	37
2.3 Conclusion	40

## Troisième Chapitre : Aspect pétrolier du BKHE 2 : corrélation et résultats

A. Des rappels sur la Diagraphie	42
a. les diagraphies instantanées	42
b. les diagraphies différées	42
c. quelques types de des diagraphies	42
➤ Diagraphie électrique	42
➤ Diagraphie nucléaire	43



يقع مخزن حوض بركاوي في جنوب التكتل 438ج. يحتوي على ثلاثة حقول بترولية أساسية , بركاوي, قلالة و بن كحلة بالإضافة إلى بعض الحقول الثانوية. تمثل منطقة « بن كحلة الشرقية » مركز الإهتمام لدراستنا و التي تنتمي إلى حقل بن كحلة. تظهر ثلاثة خزانات تقع كلها في التركيبة الترياسية : التشكيلة السفلية , ت 1 و ت 2.

التركيبة الجيولوجية للخزان تظهر هدفين أساسيين : التشكيلة السفلية و هي الهدف رقم 1 و ت 1+2 ذات أهمية أقل. المستويات المنتجة ذات العصر الترياسي قد ترسبت في بيئة نهريّة. التشكيلة السفلية و هي الخزان الأساسي تتميز بحجارة رملية دقيقة إلى متوسطة، في بعض الأحيان خشنة تتخللها مسالك طينية، مرتبة في مقاطع مجموعة تصاعديا من الخشن إلى الدقيق. هذه السلسلة تقع فوق الطين الرملي وتلوندي مغطات إما بحمم أنديسياتية التي تكتسب سماكة نحو الجهة الشمالية الشرقية، أو بأرضية بركانية قديمة مكافأة.

بهدف تحليل الخاصية البترولية لحقل بن كحلة الشرقية, العديد من الآبار تمت معاينتها و دراستها (ب كه ش 1, ب كه ش 2...الخ). الدراسات الوصفية للصخور و تصنيفها (البينروغرافية) عن طريق الرقاقات الزجاجية و دراسة الخصائص الفيزيائية للصخور (البينروفيزياء) عن طريق التسجيلات اللامرئية أفضت إلى تمييز الإمكانات البترولية لكل بئر.

توفيقات إرتباطية إنطلاقا من مراكز ذات إتجاه شمال-جنوب و شرق-غرب تم وضعها عن طريق برنامج « تاغلوغ » لتقفي إنتشار التطور الزمكاني للخزان الترياس الرملي-الطيني « التشكيلة السفلية ».

في النهاية, تحليل البيانات الرسوبية, إضافة إلى معطيات التوفيقات المبنية إنطلاقا من الآبار المعنية كشفت أن الخزان الجوفي « التشكيلة السفلية » أظهر تباينات مهمة في بيئة الترسيب, المسامية-النفادية و السماكة-الخصائص الصخرية,

هذه النتائج تشكل إجابة على الإشكالية المنبثقة من الخصائص البترولية لبئر التنمية ب كه ش 2 الذي إتضح أنه غير منتج.

**الكلمات المفتاحية :** حوض بركاوي - بن كحلة الشرقية - ب كه ش 1 - ب كه ش 2 - التشكيلة السفلية - علم الصخور - علم الرسوبيات - التوفيقات - الخصائص البترولية لبئر ب كه ش 2.

**Résumé :**

Le gisement de Haoud Berkaoui est situé dans le Sud du Bloc 438c. Il englobe trois champs principaux ; Berkaoui, Guellala et Ben Kahla, en plus de quelques petits champs secondaires. «Ben Kahla Est» qui est la zone d'intérêt de notre étude fait partie du champ de Ben Kahla. Il présente trois réservoirs tous situés dans la série triasique : la « Série Inférieure », le « T1 » et le « T2 ».

La géologie du réservoir montre deux unités principales : la « série inférieure » qui représente l'objectif N° 1 et le « T2 » de moindre importance. Les niveaux producteurs d'âge triasique sont déposés dans un environnement fluviatile. La série inférieure réservoir principal est caractérisée par des grès fins à moyens, parfois grossiers intercalés de quelques passées d'argiles, ordonnés en séquences qui se regroupent en séquences grano-décroissantes (fining up). Cette série repose en discordance sur les argiles gothlondiennes où elle est recouvertes soit par des laves andésitiques dont l'épaisseur augmente en direction NE, soit par un paléosol volcanique équivalent.

Dans le but d'analyser l'aspect pétrolier du gisement de Ben Kahla Est, plusieurs puits ont été étudiés (BKHE 1, BKHE 2, etc.). L'étude pétrographique à partir des lames minces et l'étude pétrophysique à partir de la diagraphie ont abouties à la caractérisation du potentiel pétrolier de chaque sondage.

Des corrélations à partir de profils NS et EW ont été établies par le biais du logiciel « Techlog » afin de suivre la répartition et l'évolution spatio-temporelle du réservoir triasique argilo-gréseux de la « série inférieure ».

Enfin l'analyse des données sédimentologiques, diagraphiques ainsi que les corrélations lithostratigraphiques réalisées à partir des puits considérés montrent que le réservoir de la « Série Inférieure » présente des variations importantes, des milieux de dépôts, de la porosité – perméabilité et des épaisseurs - lithologie.

Ces résultats constituent une réponse à la problématique émanant de l'aspect pétrolier du forage de développement BKHE 2 qui s'est avéré négatif.

**Mots clés :** Haoud Berkaoui – Benkahla Est – BKHE 1 – BKHE 2 – Série inférieure – lithostratigraphie – sédimentologie– corrélation – aspect pétrolier BKHE 2.

**Abstract**

The oilfield of Haoud Berkaoui is situated in the South of the bloc 438c. It contains three principals' oil fields, Berkaoui, Guellala and Ben Kahla, plus of some several smalls oilfields considered as secondary oil tank. «Ben Kahla East» is our zone of interest for our study which is a part of Ben Kahla's oilfield. It presents three reservoir rocks situated in the Triassic serie: «the lower serie», the T1 and the T2.

The geology of this reservoir shows two principal goals: «the lower serie» which represent the goal N°1 and «T2» of less importance. The productive levels of Triassic age are deposited in a river environment. The lower serie principal tank is characterized by fine to average sandstone, sometimes coarse interspersed by clay's passages, ordered in sequences gathered as fining up sequence. This serie rests in discordance on the gothlandien clay where it either covered by an andesitic lava with increasing thickness towards the NE, or by a volcanic paleosol equivalent.

In order to analyze the petrological aspects of the oilfield of Ben Kahla East, several wells were studied (BKHE 1, BKHE 2, etc.). The petrographic study from the thin blades and the petrophysic study from the diagraphy have led to the characterization of the oil potential of each oil borehole.

Correlations from profile NS and EW were achieved through the « Techlog » software to follow the repartition and evolution spatio-temporal of the Triassic reservoir clayey-sandstone and « the lower serie ».

Finally the analysis of the sedimentologics data, diagraphics thus the lithostratigraphiques correlations realized from the considered wells show that the reservoir of the lower serie presents important variations, of the deposits environments, the porosity-permeability and the thickness-lithology.

These resultants constitute a respond to the problematic from the petroleum aspect of the development borehole BKHE 2 which turned out to be negative.

**Key-words:** Haoud Berkaoui – Ben Kahla East – BKHE 1 – BKHE 2 – lower serie – lithostratigraphy – Sedimentology – correlation – petrolium aspect of BKHE 2.

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1	Situation géographique de Oued M'ya (SONATRACH).	03
FIGURE 2	détails du Bloc 438c (BEICIP, 1992).	05
FIGURE 3	carte géologique du grand Maghreb (Galeazi et al., 2010)	07
FIGURE 4	coupe générale de Oued M'ya (Sonatrach).	09
FIGURE 5	Eléments tectoniques du Bloc 438C (Boudjema, 1987).	11
FIGURE 6	Sections simplifiées à travers des parties choisies de la plate-forme saharienne. La grande exagération est nécessaire pour donner un point de vue de la création régionale de ces bassins. d'après Galeazzi et al., 2010.	13
FIGURE 7	Catre structural de Ben Kahla Est (SONATRACH).	15
FIGURE 8	description de carottes des niveaux (série inférieure et silurien) (Ech. BKHE-5)	21 22
FIGURE 9	carte de positionnement des puits de la zone d'étude.	22
FIGURE 10	coupe lithostratigraphique de Ben Kahla Est (Gothlandien-Trias-Jurassique).	23
FIGURE 11	Classification QFR des grès triasiques du champ de Ben Kahla (D'après Folk, 1974). (Activité amont - division laboratoires, Sonatrach, 2013).	27
FIGURE 12	Exemple de dépôts de levées et de plaines d'inondation (SONATRACH).	37
FIGURE 13	Découpage séquentiel du Trias de BKHE-1	38
FIGURE 14	coupe lithostratigraphique et milieux de dépôts de Ben Kahla Est (Gothlandien-Trias-Jurassique)	39
FIGURE 15	type d'électrofaciès rencontrées dans la série inférieure.	45
FIGURE 16	Corrélation W-E.	47
FIGURE 17	Corrélation S-N.	48
FIGURE 18	Corrélation WNW-ESE.	49
FIGURE 19	Corrélation WNW-ESE.	50

### LISTE DES PLANCHES

PLANCHE PHOTO 1	Ph. 1 BKHE-1 : 3423.75m	29
PLANCHE PHOTO 2	Ph. 2 BKHE-1 : 3421.75m	31
PLANCHE PHOTO 3	Ph. 3 BKHE-2 : 3421.00m	33
PLANCHE PHOTO 4	Ph. 4 BKHE-2 : 3406.00m	34
PLANCHE PHOTO 5	Ph. 5 BKHE-2 : 3420.50m	36
PLANCHE 6	Milieu de dépôts du BKHE-1 et BKHE-2 (comparaison de séquences)	54
PLANCHE 7	comparaison pétrographique et diagraphique entre BKHE-1 et BKHE-2.	55



## **Introduction**

L'intérêt énergétique pétrolier et économique de Oued M'ya a poussé la société France-Algérie (SFPA) dès 1956 à explorer dans la province triasique algérienne pour la découverte des sources énergétiques.

Les campagnes d'exploration ont mis en évidence d'autres zones pétrolifères et gazières dans le bassin de Oued M'ya, geste qui a contribué à la découverte des champs d'hydrocarbures multiples notamment Hassi Messaoud, Haoud Berkaoui et ses environnants et le champ de Ben Kahla et Ben Kahla Est.

L'intérêt de Ben Kahla Est s'est agrandi par la découverte pertinente de BKHE-1 au début, puis les exploits continus par la série des puits BKHE (BKHE-1, BKHE-2, BKHE-4, BKHE-5, BKHE-6, BKEQH-1, TTG-1, MKT-1) provenant de la série inférieure du Trias, et le nouveau BKEQH 1 provenant des quartzites El Hamra d'Ordovicien.

Un premier chapitre : concernera la description géographique et géologique générale de la région de Oued M'ya et de la zone d'étude concernée Ben Kahla Est, l'historique des recherches et enfin l'objectif de l'étude et les méthodes suivies.

Un deuxième chapitre : où, les titres seront axés sur l'évolution géologique de la zone d'étude, la lithostratigraphie, le magmatisme et l'évolution structurale. Il sera traité :

Une carte de positionnement des puits sera établie, une description lithostratigraphique des puits concernées et enfin un aperçu sur le magmatisme de la région d'étude.

Un troisième chapitre : pour interpréter et de conclure, Finalement une conclusion générale pour répondre à la problématique.

# Premier Chapitre Généralités

## **Premier Chapitre : Généralités**

### **A. Cadre géographique**

#### **1. Situation géographique régionale**

La totalité des bassins sédimentaires de la province centrale saharienne algérienne fait partie des grands bassins triasiques du Nord-Est saharien, couvrant ainsi une superficie de 400.000km<sup>2</sup>. Elle est limitée par :

Les chaînes de l'Anti-Atlas et de l'Atlas saharien au Nord

Le bassin de Berkine à l'Est

Le bassin d'Illizi et la môle de Mouydir au Sud

Le bassin de Béchar à l'Ouest

L'activité tectonique intense de l'orogénèse hercynienne a induit la formation de plusieurs cuvettes topographiques, essentiellement paléozoïques avec une sédimentation importante du Mésozoïque et du Cénozoïque contribuant à l'évolution de plusieurs bassins sédimentaires notamment :

- Le bassin du môle Amguid-Messaoud
- Le bassin de Berkine
- Le bassin de Oued M'ya
- Les bassins d'Illizi
  
- Le bassin de Mouydir

#### **2. Situation géographique du bassin de Oued M'ya**

Le bassin de Oued M'ya, se localise dans le nord de la province centrale du Sahara Algérien légèrement décalé vers l'Est dont la wilaya d'Ouargla occupe le centre.

Ses limites géographiques sont les parallèles 31°15' au sud et 33°00' au Nord et les méridiens 6°15' à l'Est et 3°30' à l'Ouest (fig. 1). Il est limité par la zone haute Djemaa-Touggourt au Nord, dans le Sud par bassin de Mouydir, la voûte d'Allala à l'Ouest, la zone haute d'Amguid-Messaoud à l'Est.



### **3. Situation géographique du bassin de Ben Kahla Est**

#### **3.1 Bloc 438c**

Il est considéré comme la zone la plus explorée du bassin de Oued M'ya, situé dans la partie occidentale avec une superficie d'environ de 120 000km<sup>2</sup>. Limité au Nord-Ouest par le grand gisement de Hassi R'mel et au Sud-Est par le grand gisement de Hassi Messaoud.

Les formations cibles ou les objectif dans ce bassin se récapitulent dans :

- trois niveaux triasiques, la série inférieure (SI) et le trias argilo-gréseux 1 et 2 (T1 et T2) dont la série inférieure est la plus importante, considérée comme cible primaire des exploitations dans le bloc 438c et qui le couvre entièrement. Elle se trouve sur une profondeur comprise entre 3400m à 4000m et qui se repose directement sur la discordance hercynienne (DH) marquant le début du Trias. Tandis que le T1 et T2 sont des cibles secondaires sur la majorité du bloc 438c.

- les formations paléozoïques de l'Ordovicien et du Dévonien sont peu d'intérêts et qui se présentent au niveau de l'axe du sillons de Oued M'ya pour le Dévonien, et d'une façon marginale pour l'Ordovicien.

#### **3.2 Haoud Berkaoui**

Situé au sud du bloc 438c. Il se trouve à environ 35km de la capitale d'Ouargla, à 650km du Sud-Est d'Alger et à 200km au Sud-Ouest de Touggourt.

Limité par la latitude 30°N et 32°N et la longitude 4°E et 6°E. La zone pétrolière de Haoud Berkaoui comprend 3 champs importants :

- ▶ Champ de Berkaoui (HBK)
- ▶ Champ de Ben Kahla (BKH)
- ▶ Champ de Guellala (GLA)

En plus de quelques petits champs à la périphérie.

- N'goussa (N'GS)
- Draa Tamra (DRT)
- Mellala (MEL)
- Haniet El Baida (HEB)
- Kef El Agroub (KG)
- Guellala Nord-Est (GLANE)

### 3.3 Champ de Ben Kahla

La région de Ben Kahla se localise dans la wilaya de Ouargla, entre Hassi Messaoud, Hassi R'mel, exactement dans le centre de la province centrale, entourée par la dépression de Oued M'ya.

Ce gisement se positionne à environ de 80km de l'Ouest de Hassi Messaoud et 20km du Sud du champ de Guellala et aussi à 20km de l'Est du champ de Haoud Berkaoui.

Le champ de Ben Kahla couvre une superficie de plus de 83km<sup>2</sup>, affectée par 6 failles majeurs. La profondeur utile est localisée à une profondeur d'environ 3500m et 3600m.

### 3.4 Champ de Ben Kahla Est

Notre zone d'étude se trouve dans la partie sud-est de la région de Ben Kahla, elle couvre une superficie d'environ 10Km<sup>2</sup>. il comporte 06 puits en état actuel, 05 puits d'huile et un puits sec abandonné.

La production des puits au niveau de Ben Kahla Est est très importants, elle est de 12m<sup>3</sup>/h à BKHE1 et 8m<sup>3</sup>/h à BKHE4.

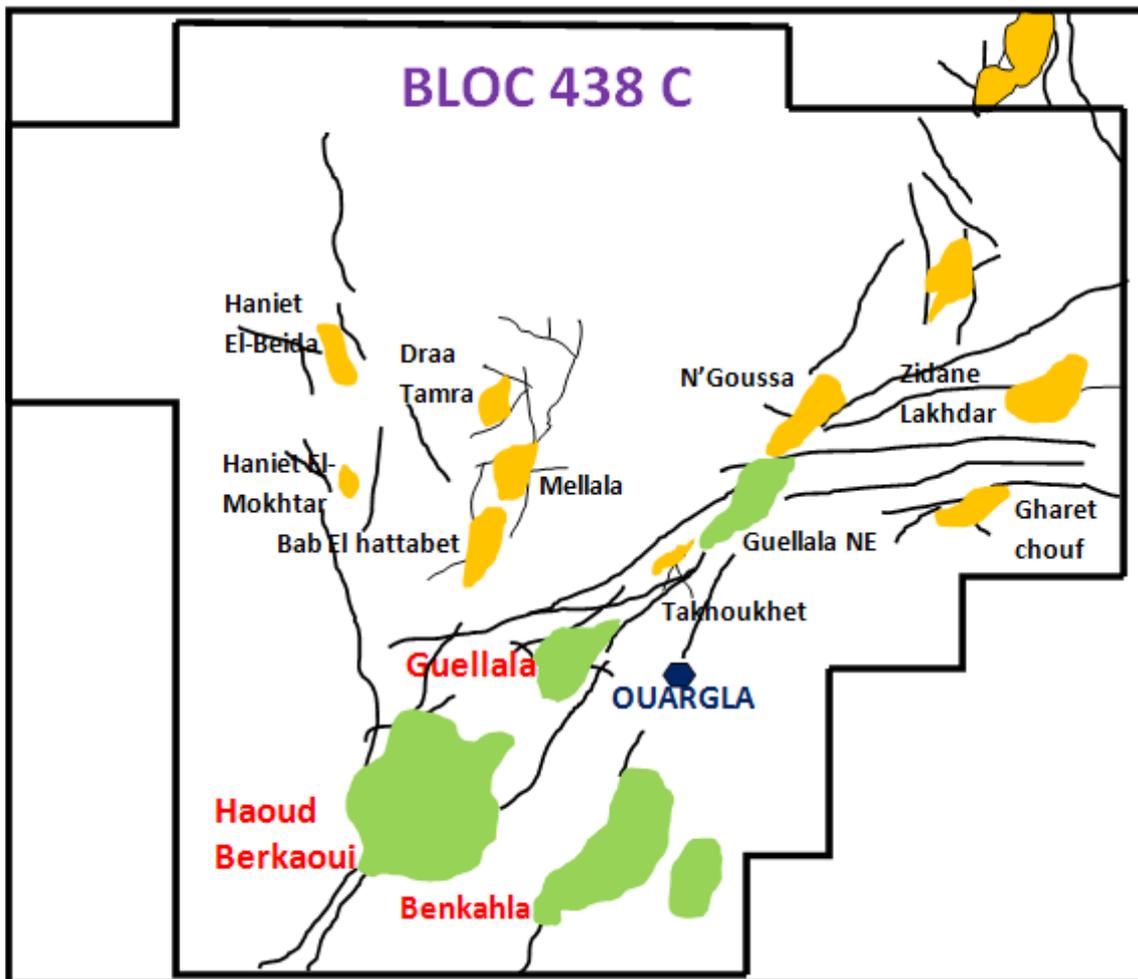


Figure 2 : détails du Bloc 438c (BEICIP, 1992).

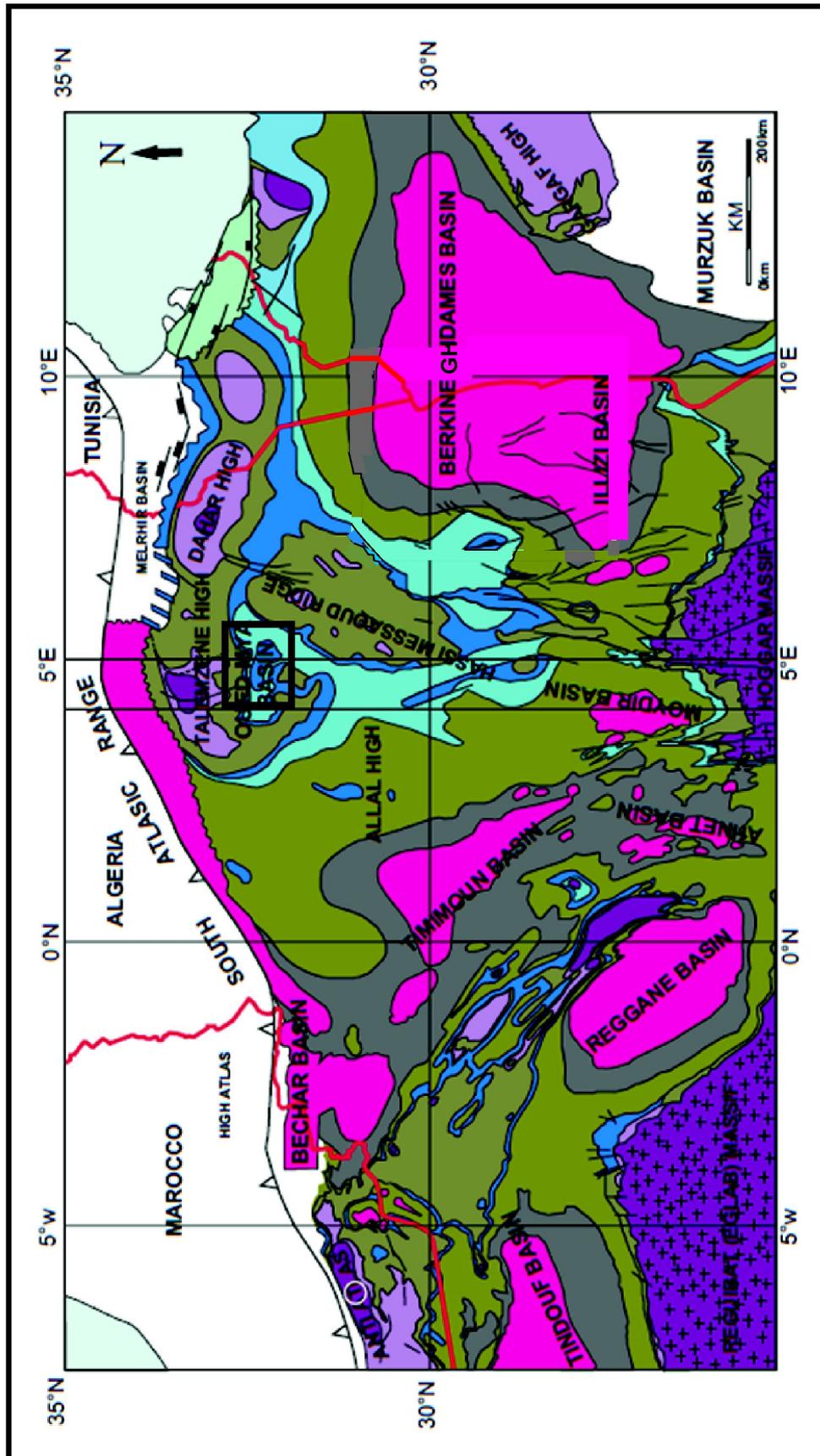
## **B. Cadre géologique et structural**

### **1. Contexte géologique du bassin de Oued M'ya :**

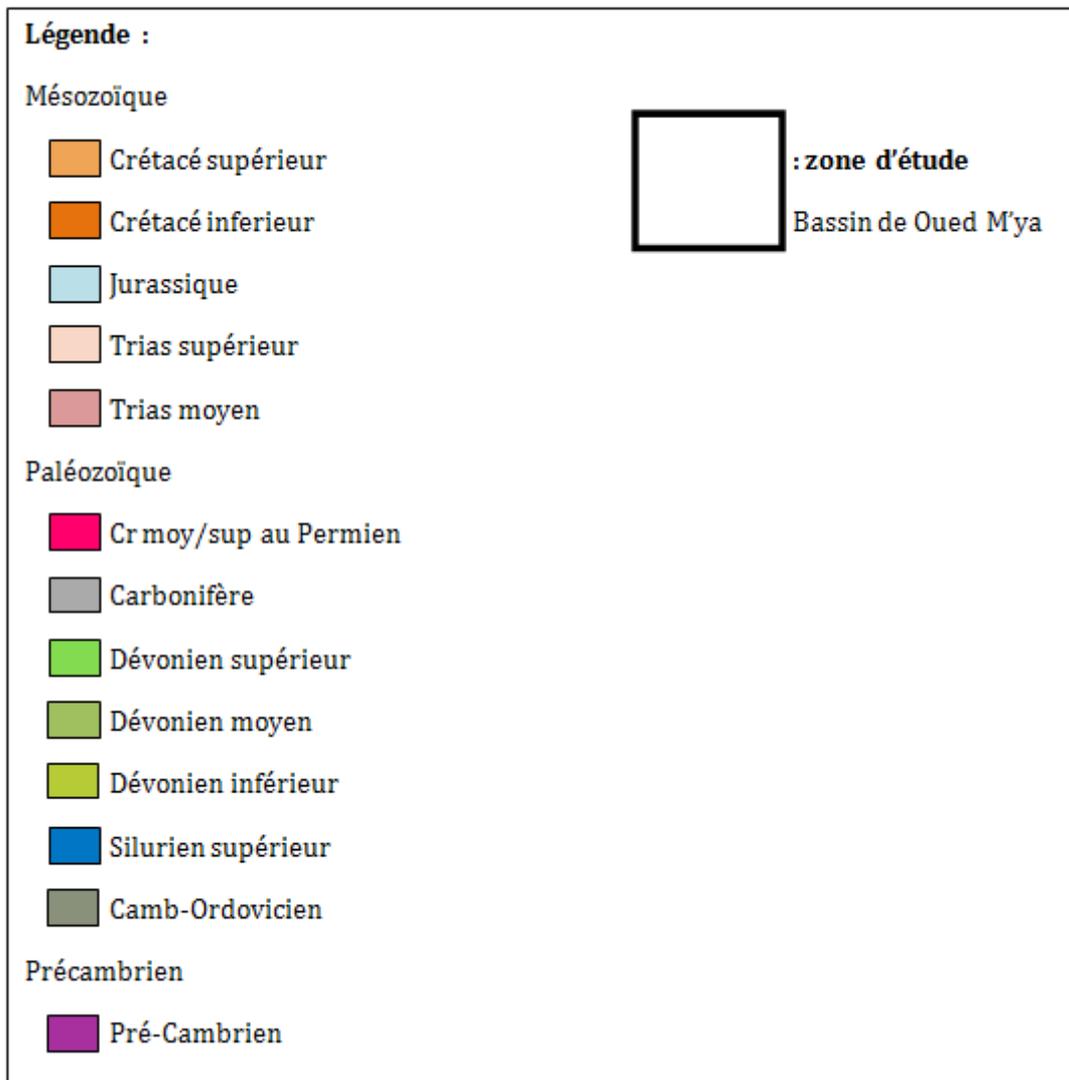
La couverture sédimentaire reconnue dans la région de Oued M'ya est représentée par trois grands ensembles d'âge paléozoïque, mésozoïques et cénozoïque (Boudjema. A, 1987). Leurs épaisseurs moyenne est d'environ 5000m, elle est marquée par plusieurs discordances qui sont:

- la discordance hercynienne : affectant les dépôts de paléozoïque supérieur.
- la discordance autrichienne : affectant les dépôts du crétacé inférieur.
- la discordance pyrénéenne : qui a érodée les dépôts du tertiaire.

Le Trias présente des faciès continentaux fluviaux et parfois lagunaires, dont les quels s'intercalent des coulées volcaniques. La distension à travers tout le bassin s'exprime par le jeu de nombreuses failles normales (Boudjema. A, 1987).



**Figure 3** : carte géologique du grand Maghreb (Galeazi et al., 2010). (légende page suivante)



sédimentation dans le bassin de Oued M'ya est prédominée par les trois ères du Phanérozoïque : le Paléozoïque, le Mésozoïque et le Cénozoïque, donnant une amplitude de sédimentation assez importante.

ERE	SYSTÈME	PROFONDEUR (m)	Etage	Stratigraphie	Lithologie	Epaisseur (m)	
Tertiaire	NÉOGÈNE	65	Mio-pliocène		grès et argiles	0 à 60	
			MÉSOZOÏQUE	CRÉTACÉ	SUPÉRIEUR	752	Sénonien carbonaté
Sénonien anhydritique		anhydrites, dolomies et argiles					
Sénonien salifère		sels massifs					
Turonien-Cénomanién		anhydrites, dolomies et calcaires					
INFÉRIEUR	976	Albien			grès fin à grossiers à passées d'argiles	600	
	1426	Aptien			calcaires et sables grossiers	10 à 30	
	1445	Barrémien			sables fins à grossiers à passées de calcaires et de dolomies	600 à 700	
		Néocomien			grès grossiers à passées d'argiles		
JURASSIQUE	SUP.	1969		Malm		argiles à passées de calcaires et de dolomies	
				MOY.	2200	Dogger Argileu Dogger Lagunaire	
	INFÉRIEUR	2450	LIAS	Sel massive I [Anhydrite massive]		sels et anhydrites	700 à 900
				Horizon B Sel et Anhydrites S2		sels et anhydrites	
				Sel massive III			
				Argile super.		argiles	
LIAS	3290	TRIAS Argilo-gréseux	Argile-salif. S4		sels et argiles	100 à 250	
			Argile infèr.		argiles		
			T2		intercalations grès fins à moyens et d'argiles		
			T1				
			Andésite		roche éruptive		
Série Inf.		grès et argiles					
PALÉOZOÏQUE	ORDOVICIEN	3460	Dévonien inf.		argiles schisteux	100 à 130	
			Silurien		argiles schisteux radioactifs	60 à 65	
	ORDOVICIEN	3580	Dalle de Mkrata	Argile Micro-conglomérat		argiles microconglomératiques	90 à 100
				Grés d'Oued Saret		grès quartzeux	50 à 70
				Argiles d'Azzel		argiles	40 à 50

**Figure 4** : coupe générale de Oued M'ya (Sonatrach).**a. Le Paléozoïque (4000m)**

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

**b. Le Mésozoïque (3250m)****b.1. Le Trias (250m)**

Le trias est transgressif et est constitué par la série inférieure, série magmatique, le Trias 1, le Trias 2, le Trias Argiles inférieure (AI) et enfin le Trias Argileux-salifère (S4) ; (Chabouni, 2007 ; BEICEP, 1992 ; Aït Salem, 1990 ; Boudjema, 1987 ; Aït Hamouda, 1979).

**b.2 Le Jurassique (1100m)**

Il est développé dans la région, le Jurassique est constitué de dépôts marins et lagunaires, qui se développent de la base par des formations évaporitiques jusqu'au sommet par des formations argilo-gréseuses ; (Boudjema, 1987 ; Sonatrach et Schlumberger, 2007)

**b.3 Le Crétacé (1900m)**

Cette période de dépôt est constituée par des lithologies diverses allant des faciès fluviaux jusqu'aux faciès littoraux (sables et argiles, dolomies, calcaires, marnes et anhydrites), il englobe deux périodes distinctes ; le Crétacé inférieur (Néocomien, Aptien et Albien) et le Crétacé supérieur (Cénomaniens, Turonien et Sénonien) ; (Boudjema, 1987 ; Sonatrach et Schlumberger, 2007)

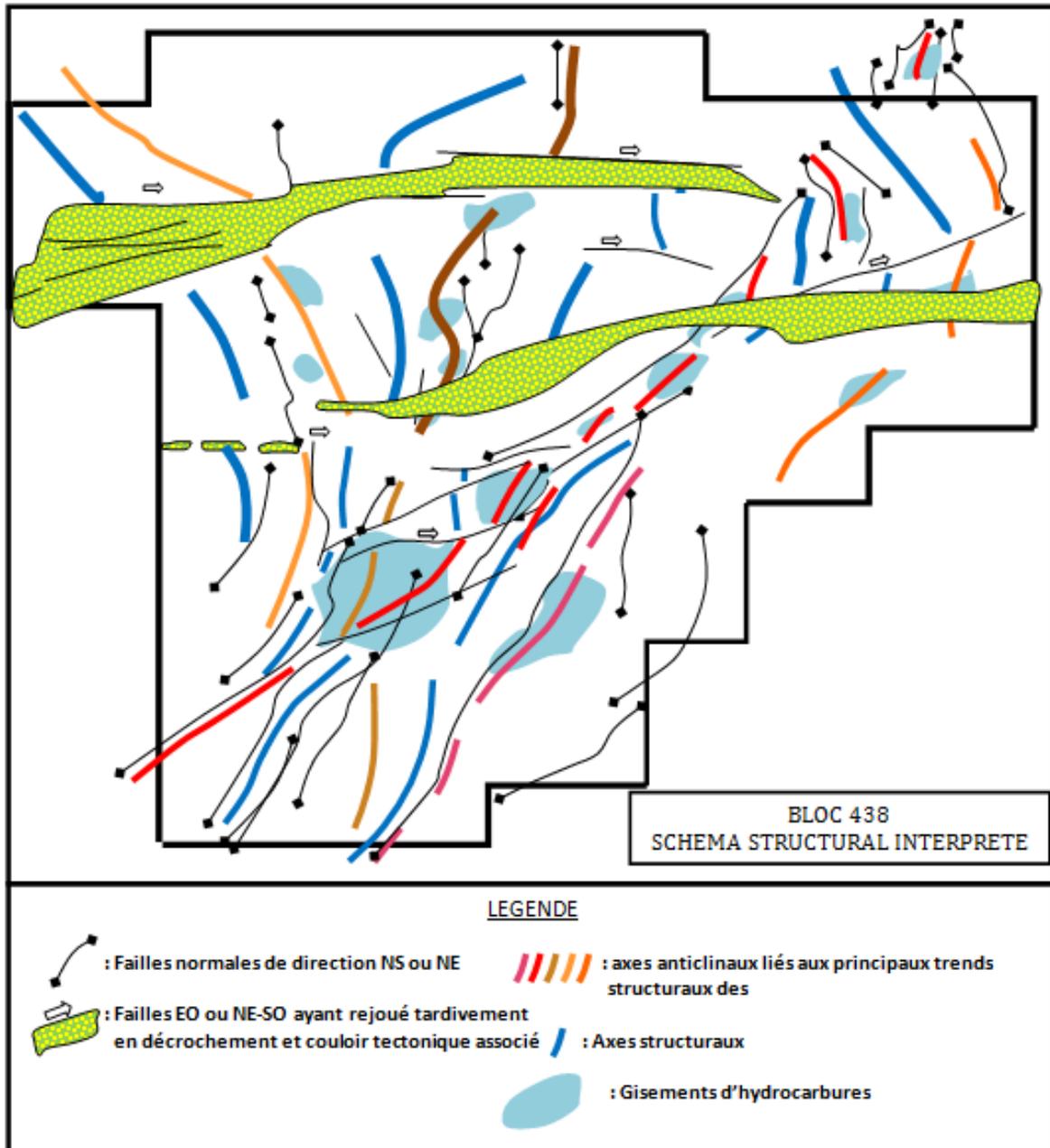
**c. Le Cénozoïque (60m)**

Cette ère est représentée par le Mio-Pliocène uniquement, ce sont des formations purement fluviales, constituées de sables, de grès et d'argile.

**2. Aperçu structural de Oued M'ya**

La région du fait de son évolution géologique, sédimentation puis érosion a pu garder des traces témoignant de l'activité tectonique, principalement orogénique dont la majorité se présente sous forme de discordances.

Notant la discordance la plus ancienne et la plus importante la discordance hercynienne, issue de l'érosion de l'orogénèse hercynienne, où on marque une absence totale des systèmes terminant l'ère Paléozoïque (Boudjema, A, 1987).



**Figure 5** : Eléments tectoniques du Bloc 438 (Boudjema, 1987)

La tectonique du cycle hercynien a été subdivisée en deux épisodes successifs (Boudjema, 1987) :

Le premier épisode est représenté par une activité hercynienne précoce au Tournaisien-Viseen, caractérisée par une période de convergence de direction N40°

Le deuxième épisode représenté par une activité hercynienne majeure, a causé une phase de non dépôt au cours du Carbonifère Supérieur - Permien par le fait de l'inversion de la direction du régime compressif à N120° donnant un système décrochant.

Lors du Mésozoïque la phase hercynienne marque son apogée par les mouvements de convergence (Busson, 1970).

Les déformations Anté-mésozoïque engendrés par l'orogénèse hercynienne et qui favorisent la structure du bassin de Oued M'ya se présentent comme suivant :

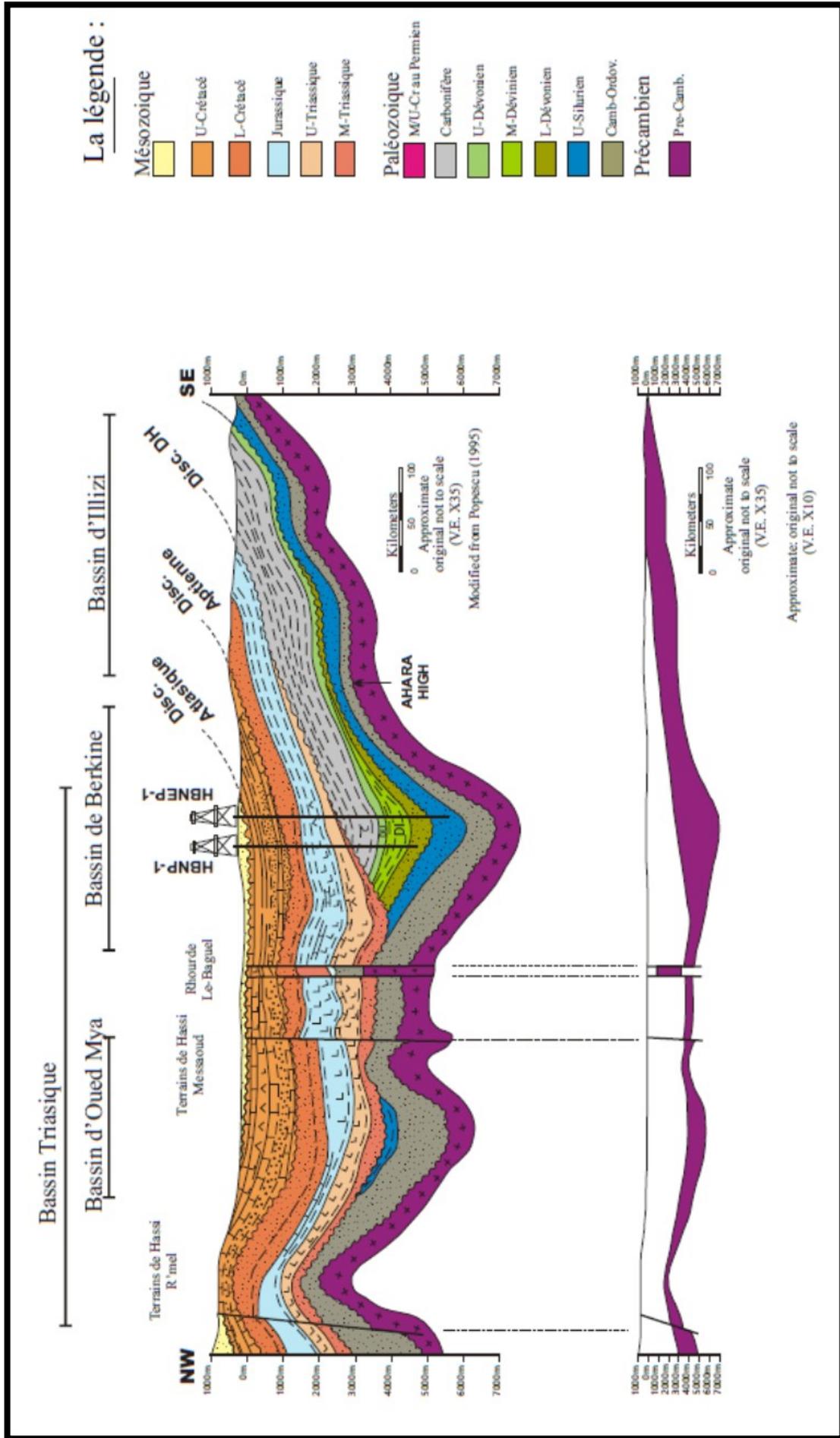
Au Nord-Est, le sillon Melghir.

Au Nord-Ouest, le sillon de Benoud.

Au Sud, le bassin de Mouydir et le Mole de l'Amguid El Biod.

À l'Ouest, bassin de Timimoune et voute d'Allal.

Et à l'Est, la dépression de Dahra.



**Figure 6 :** Sections simplifiées à travers des parties choisies de la plate-forme saharienne. La grande exagération est nécessaire pour donner un point de vue de la création régionale de ces bassins (Galeazzi et al., 2010).

La structure du bassin de Oued M'ya englobant le bloc 438 (la zone de Haoud Berkaoui) fait partie du domaine tectonique global de la plate-forme saharienne. Sa structure actuelle est le résultat d'une évolution montrant l'achèvement de plusieurs mécanismes de déformations qui se sont poursuivis au cours de la genèse du bassin, d'une façon plus ou moins continue.

### **3. Aperçu géologique et structural de Ben Kahla Est**

#### **3.1 Géologie de Ben Kahla Est**

##### **3.1.1 Le Paléozoïque**

###### **Gothlandien (siluro-dévonien)**

Dans cette zone de Ben Kahla -Est, il se présente comme le dernier système géologique du Paléozoïque dont il représente la roche mère, constitué par des argiles radioactives cuites d'une couleur noire à gris-noire à quelques passées gréseuses.

##### **3.1.2 Le Mésozoïque**

###### **Trias**

Les niveaux triasiques ont été déposés dans un environnement lagunaire et/ou fluvial (Boudjema, 1987, Ait Salem ,1990...etc.). Ces niveaux sont presque identiques à ceux de Oued M'ya à l'exception de l'absence des niveaux conglomératiques de la série inférieure dans le champ de Ben Kahla Est, qui débute la sédimentation triasique dans le champ de Ben Kahla.

#### **3.2 Aperçu structural de Ben Kahla Est**

##### **3.2.1 Aperçu Structural de Ben Kahla Est**

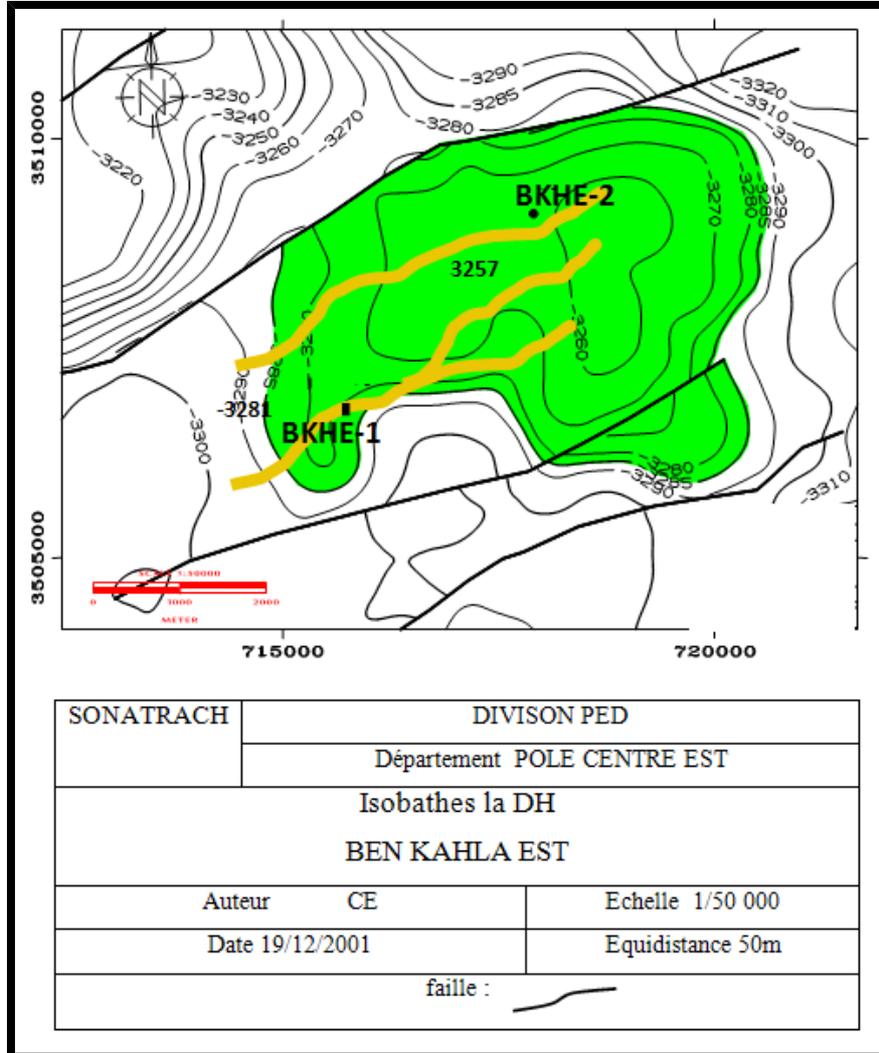
Ben Kahla Est est une structure anticlinale, grossièrement orientée NNE-SSO cette structure est séparée de la structure Ben Kahla (forages BKHE-1 et BKHE-2) par une faille de direction SSO-NNE, cette dernière structure est légèrement affaissée par rapport à la première.

Les données géophysiques obtenues lors des études élaborées pour l'implantation de deux puits, selon deux profils distincts, orientés NW-SE et ENE-WSW, ont permis la distinction de deux failles.

**Faille 1** prouvée par le profil NW-SE entre BKHE-1 (champ de Ben Kahla -Est) et OKT 04 (champ de Ben Kahla).

**Faille 2** prouvée par le profil ENE-WSW lors de l'implantation du TTG 1.

Des contraintes de compression générées par une tectonique orogénique qui initié le cycle alpin. Cette tectonique très forte qui a abouti à une fracturation intense affectant le nord de la Sahara algérienne notamment la fracturation dans l'Oued M'ya (Haoud Berkaoui, Champ de Ben Kahla, zone de Ben Kahla Est...etc.).



**Figure 7** : Cadre structural de Ben Kahla Est (SONATRACH).

### C. Historique des recherches

Parmi les premiers travaux réalisés sur le secteur d'étude, on note :

R. Bouchon et *al* (1959) retraçant l'apport de la sismique réfraction à la reconnaissance géologique régionale mise en évidence des haute fonds de Hassi R'mel et Hassi Messaoud et par la suite locale utilisant les données précises de stratigraphie et de faciès elle permet l'établissement des cartes structurales (gisement de Hassi Messaoud).

I. Orzynski et *al* (1959) donne une esquisse paléogéographique et structurale des bassins du Sahara septentrional, les résultats de forage et la sismique réfraction révèlent l'individualisation d'un bassin siluro-dévonien dans la région occidentale et des bassins secondaire comportant une épaisse série salifère dans la partie orientale.

J. Mallenfer et A. Tillous (1963) décrivent en détail le champ de Hassi Messaoud ils donnent une coupe stratigraphique dont le découpage en unités lithologiques n'a pratiquement pas varié de nos jours, on note la présence d'intercalations basaltiques à l'Ouest et au Sud-Ouest de la structure. Le réservoir est formé par des grès parfois quartzitiques.

G. J. Demaison (1965) reprend les résultats de Colloque de stratigraphie sur le Permo-Trias du nord Sahara 1961, il subdivise le trias en deux termes :

- un trias argilo-gréseux (série inférieure, T1 et T2)
- un trias à évaporites transgressif et passant latéralement vers le Sud et le Sud-Est à des dépôts argilo détritiques.

J. Roucache (1969) analyse les huiles brutes de quelques gisements pétroliers, les résultats expliquent les variations de composition chimique présentées par les bruts. Ils indiquent une origine différente pour les bruts de Nezzla Nord et Baguel qui serait dévonienne et silurienne pour Hassi Messaoud, Berkaoui et Agreb.

A. Balducchiet et G. Pommier (1970) précisent la structure de Hassi Messaoud et la placent dans un contexte régional, ils mettent en évidence de nombreuses discordances dans le Cambro-Ordovicien qu'ils le relient aux effets de la phase tectonique SERD (SERD : changement tectonique ou bien des événements tectoniques)

A. Odeh (1973) indique que les andésites rencontrées dans la série inférieure à Hassi R'mel et à Haoud Berkaoui contiennent des vacuoles et des fissures remplies de matériel argileux, silteux, carbonaté et dolomitique.

M. Aït Hamouda (1979) donne une analyse séquentielle détaillée des séries triasiques, il met en évidence deux période volcaniques dont la source est liée à la grande faille NE-SW allant de Haoud Berkaoui à Boukhzana et une troisième période localisée uniquement dans la zone de Hassi R'mel.

A. Boudjema (1987) le secteur de Oued M'ya forme une vaste dépression NE-SW situe entre deux axes structuraux le haut fond de Mzab-Talemezane au NW et celui d'El Gassi Hassi Messaoud au SE. Parmi les plus importante, on peut citer : le bourrelet d'Erg Djouad qui s'étend jusqu'à Ben Kahla, Haoud Berkaoui et se prolonge jusqu'un bloc 417 en passant par Guellala, N'goussa et Boukhzana, le bourrelet de Tahtani, le bourrelet de Kef el Argoub et Djerrah.

Aït Salem Hamid, 1990 (bassin de Oued M'ya, présent une forte sédimentation détritique triasique, dont il s'intéresse à la sédimentation estuarienne et sa diagenèse, porogenese et le potentiel pétrolier)

Lasmi Rachid, 2013 (travail de Magister) « Caractérisation des Quartzites de Hamra dans le gisement de Hassi Tefra, Hassi D'zabat et Hassi Guettar » dans son étude il s'intéresse à la Pétrophysique, la Fracturation et la Modélisation des trois zones mentionnées en haut, dans le but de réaliser : - une caractérisation de la roche réservoir d'Ordovicien « Quartzite de Hamra » dans les trois secteurs à partir l'étude de la pétrophysique et la réalisation d'un modèle de fracturation.

Mebrouki Nacira, 2015 (travail d'un Magister) « Etude géologique de l'extension de la zone de Ben Kahla » traitant les caractérisations et faire une modélisation du réservoir TAGI pour élaborer un model géologique d'extension du champ de Ben Kahla.

M. Bensacia Houdaifa et M. Aimene Chaouki, 2016 (travail de Master) intitulé « contribution à l'étude des caractéristiques géologiques et pétrolières du réservoir TAGI de la région de Haoud Berkaoui (Cas du champ de Berkaoui et de Ben Kahla Sud) » dont ils ont de synthétiser et déterminer les grandes éléments structuraux contrôlant l'accumulation des hydrocarbures.

## **D. Problématique, objectifs et méthodes**

### **1. Problématique**

Ce sujet nous a été proposé par notre encadreur en collaboration avec le service production Haoud Berkaoui. Il présente une problématique qui se résume comme il suit :

À la faveur de la découverte des hydrocarbures dans le niveau Triasique appelé la série inférieure ou le TAGI à Ben Kahla Est-1 (BKHE-1) et pour le développement du gisement Haoud Berkaoui la division PED a programmé de réaliser le puits BKHE-2.

Le puits BKHE-2 a traversé une colonne lithologique similaire à celle reconnue par le puits évidence en se limitant à des corrélations des électrofaciès.

Du point de vue intérêt pétrolier, BKHE-2 s'est avéré négatif et a été abandonné provisoirement.

Pour arriver à répondre à cette problématique, un plan de travail a été établi en collaboration avec notre encadreur pour atteindre les objectifs tracés pour ce projet et pour la rédaction de ce mémoire.

### **2. Objectifs**

Dans ce travail nous nous intéresserons aux caractéristiques lithostratigraphiques, à l'organisation sédimentaire et aux puits du champ de Ben Kahla Est (les BKHE) dont on va traiter les problèmes de productivité des puits pétroliers du réservoir triasique représentée dans la série inférieure de ce champ.

Cette étude est basée sur le traitement et l'interprétation des données de huit puits de champ de Ben Kahla Est, qui vont nous permettre de trouver une réponse à la relation existante entre la production des puits et les facteurs régissant sur elle : facteurs sédimentologiques, géodynamiques et structuraux, régissant sur ces derniers pour pouvoir expliquer la variabilité productive entre ces puits de Ben Kahla Est.

Dans ce but, les objectifs tracés pour la réalisation de ce mémoire se présentent comme suivant :

- Faire des descriptions sédimentologique, lithostratigraphique et structuraux de la zone d'étude à partir des données valables pour cette tâche : carottes, lames minces, traitements géophysiques ou bien diagaphiques.

- Elaboration d'une analyse séquentielle durant le Trias.

- Revu sur l'aperçue structural de la zone d'étude avec analyse des corrélations diagaphiques selon quatre profils (E-W), (N-S) et (WNW-ESE) x 2.

- Et contribution à une conclusion après interprétation des résultats récoltés.

### **3. Méthodes**

#### Stage

- Séjour au niveau du complexe SONATRACH - Berkaoui pour 14 jours, nous permettre de connaître les différents services occupants la Division Production (DP) et aussi l'acquisition des données cruciales pour le traitement des puits de la zone d'étude (BKHE-1, BKHE-2, BKHE-4, BKHE-5, BKHE-6, BKEQH-1, TTG-1, MKT-1) pour mener cette étude.
- Acquisition des compétences de manipulation du logiciel Techlog, et les connaissances nécessaires pour l'interprétation des résultats.
- Prendre en compte les types de diagraphies utilisée dans le traitement de problématique dans notre sujet.
- Avoir une idée sur le site de travail et sur le rôle du géologue dans ce dernier.

#### Laboratoire

- Observation des photos acquise des lames minces réalisées sur la série inférieure dans l'un de ces puits pour les analyser et déduire l'évolution sédimentologique et stratigraphiques, avec corrélation des données des carottes.

#### Bureau

- réunions fréquentes avec l'encadreur pour évaluation du travail réalisé et l'évaluation du progrès, correction des lacunes de compréhension, et acquisition des conseils valables pour l'avance dans ce projet.
- Traitement des données par le logiciel Techlog.
- Implantation des puits sur carte par Google Earth.



Deuxième Chapitre  
Etude géologique du champ de  
Ben Kahla Est (BKHE)

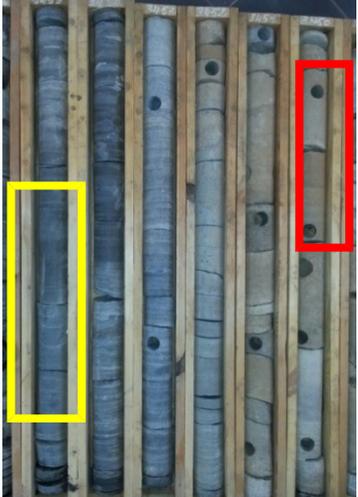
**Deuxième Chapitre : Etude géologique du champ de Ben Kahla Est**

**1. Lithostratigraphie de Ben Kahla Est**

**Introduction : procédure**

Une colonne lithostratigraphique synthétique a été élaborée à partir des données des sondages de plusieurs puits (description des carottes et diagraphie), englobant toutes les séries du Paléozoïque jusqu'au Jurassique. Ensuite une description a été établie.

**Exemple d'une description de carottes d'un puits BKHE (Socle + Série inférieure)**

NIVEAUX	PLANCHES	DESCRIPTIONS
Série inférieure		Grès utiles
Zone de transition stratigraphique : Silurien – DH – (conglomérat) Série inférieure		Grès beiges (SI)  Argile noires cuites (Silurien)

*Suite page suivante*

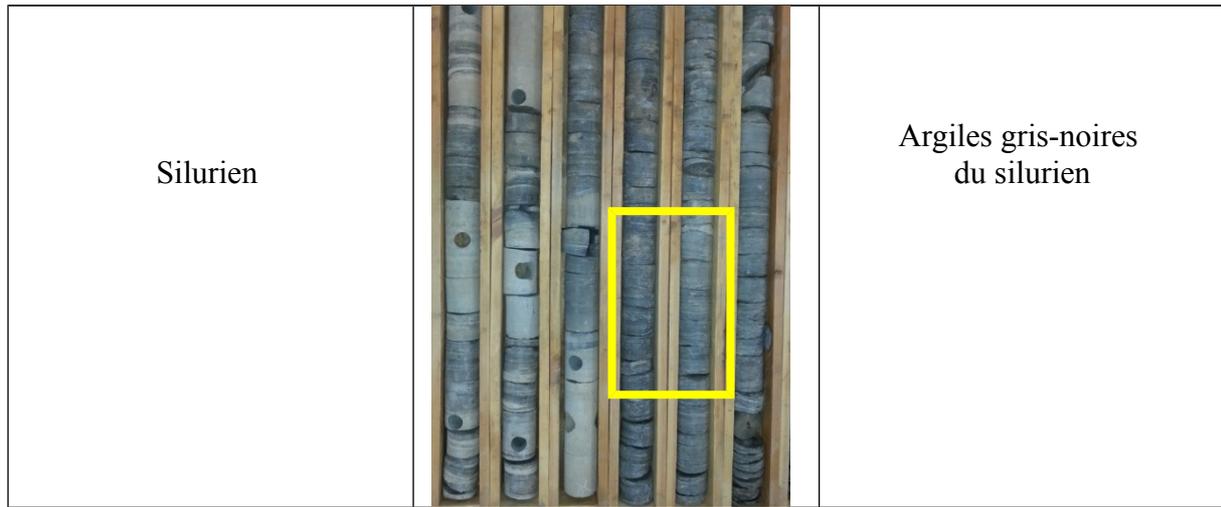


Figure 8 : description de carottes des niveaux (série inférieure et silurien) (Ech. BKHE-5)

## 2. Positionnement de la coupe

La réalisation de la colonne lithostratigraphique a été basée sur les données sondages (descriptions de carottes et diagraphie) situés dans le champ de Ben Kahla Est (Fig. 12).

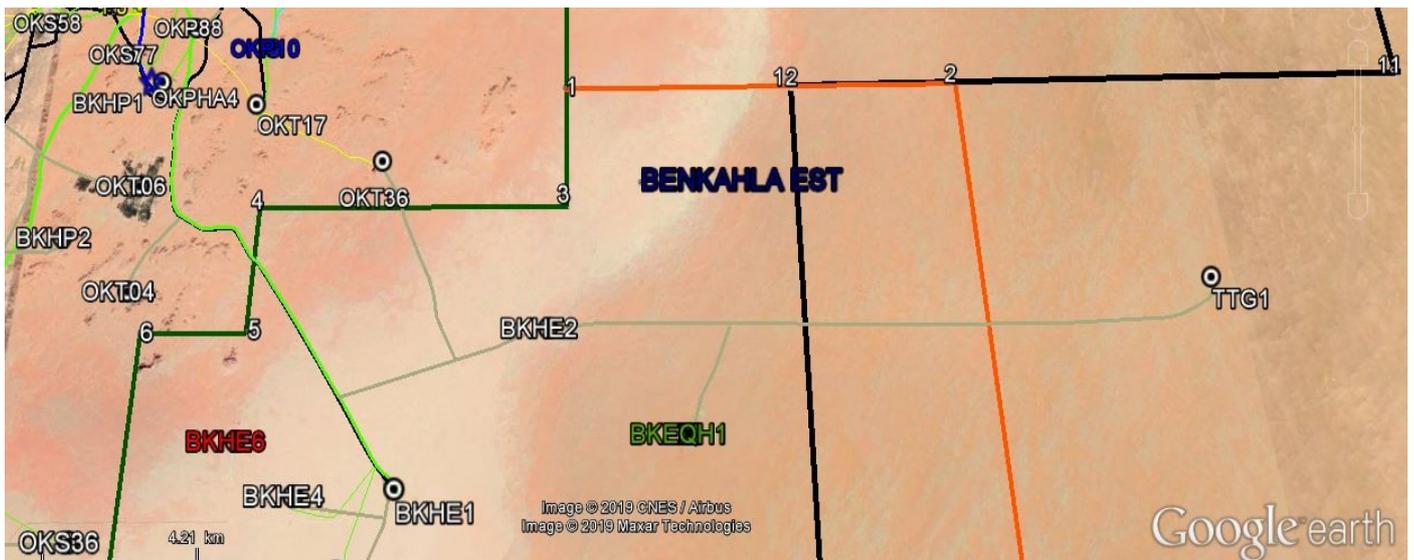


Figure 9 : carte de positionnement des puits de la zone d'étude Bases de données pour l'élaboration d'une colonne lithostratigraphique de synthèse, Ben Kahla Est.

3. Description de la coupe

Ere	Systeme	Etages	Epaisseur	Coupe lithologique	Nomenclature des strates	Descriptions sommaires			
Mésozoïque	Jurassique	Malm	160m			Calcaire sommitale à légère passées gréseuses			
						Alternance de calcaire et de dolomie à passées d'argiles, de marne			
						Calcaire et Anhydrites latérales			
						Calcaire			
		Dogger	80m		Dogger argileux	Cambe argileuses			
					Dogger lagunaire	Des formations lagunaires : argiles, sel et anhydrites			
		Lias	200m		niveau anhydritique	Dome d'anhydrites			
					Niveau salifère	Alternance d'argiles passant à des anhydrites			
					Horizon B	Dolomie et calcaire, parfois oolithiques à passées de marnes			
					S1 + S2	200m			Alternance d'anhydrite, sel et d'argiles
								S3	Sel massive à passées d'argiles
					A.S	35m		A.S	Formation argileuse Un passée dolomitique basal
					S4	30m		S4	Des anhydrites et des argiles
					AI	10m		AI	Formation argileuse
					T2	10m		T2	Trias argilo-gréseux T2 : grès fin à très fin
					T1	20m		T1	Trias argilo-gréseux T1 : c'est des argiles dolomitiques à la base, grès mov. et des argiles dolomitiques au sommet
		RV	10m		RV	Roche éruptive			
SI	50m		SI	Trias argilo-gréseux inférieur à passées d'argile Base conglomératique					
Paléozoïque	Gothlandien				argiles-gréseuses cuites				

Figure 10 : coupe lithostratigraphique de Ben Kahla Est (Gothlandien-Trias-Jurassique)

### 3.1 Le Socle

Le socle considéré dans cette étude pour Ben Kahla Est est le paléozoïque sur lequel repose le Trias en discordance du fait érosif touchant les systèmes supérieur Carbonifère et Permien. De la base au sommet on distingue :

Le Paléozoïque : les formations paléozoïques reposent en discordance sur les terrains sous-jacents de l'Infracambrien et du Protérozoïque, séparé par la discordance panafricaine.

Le Cambrien : constitue de grès hétérogènes, fins à très grossiers à passées de siltstones argileux et micacés, subdivisé en quatre grandes unités et qui sont : Ri, Ra, R2 et R3.

a) Unité R3 : doté d'une épaisseur de 370 m, composé de grès feldspathiques et micacés, à grains moyens à grossiers et un ciment argileux avec une base conglomératique, voir des passées ferrugineuses gréseuses et des argiles silteuses.

b) Unité R2 : épaisseur moyenne de 100m, composé de grès moyens à grossiers micacés à ciment argileux, mal classés avec des intercalations silteuses à stratifications souvent obliques.

c) Unité Ra : épaisseur moyenne de 125m composé de grès à grès quartzites anisométriques moyens à grossiers à ciment argileux et siliceux, comportant de nombreuses passées de siltstones centimétriques et décimétriques.

d) Unité Ri : épaisseur moyenne de 42m, isométrique, composé de grès quartzitiques à grains fins, bien classés à ciment argileux et siliceux, glauconieux avec une présence des tigillites abondante.

NB : les Tigillites se sont des traces d'activité organique de ver affectant certains types de grès de l'Ordovicien inférieur. Comme suite, on les voit comme traceurs de passage du Cambrien vers l'Ordovicien.

L'Ordovicien : On distingue quatre (04) unités lithologiques :

a) Zone des alternances : épaisseur moyenne de 20m, qualifié ainsi en raison de la présence remarquable des passées d'argiles indurées alternant des bancs de quartzites fins isométriques.

b) Les argiles d'El-Gassi : épaisseur moyenne de 50m, la formation est constituée par des argiles schisteuses, vertes à noires indurées, occasionnellement rouges, qui peut être glauconieuses ou carbonatées avec une faune de graptolites marquant un milieu de dépôts marins.

c) Les grès d'El Atchane : épaisseur moyenne de 12 à 25m, constituée de grès fins à très fins, gris beige à gris sombre, et qui peuvent être argileux ou glauconieux.

d) Les quartzites de Hamra : épaisseur moyenne de 12 à 75m, c'est des grès quartzitiques fins à rares intercalations d'argiles.

Le Silurien + Le Dévonien

Ce sont des argiles gréseuses cuites, très riches en matières organiques.

### 3.2. La couverture

Au dessus de la discordance hercynienne se développe une couverture sédimentaire allant du Trias jusqu'au Malm. La coupe établie commence de Trias jusqu'au Jurassique supérieur (Malm).

#### 1) Trias

Les niveaux triasiques ont été déposés dans un environnement lagunaire et/ou fluvatile (Boudjema, 1987, Ait Salem, 1990...etc.).

- La série inférieure (TAGI) (Boudjema, 1987. Aït Salem, 1990) : Elle repose en discordance sur des argiles siluriennes, elle représente le réservoir principale du champ Ben Kahla Est et des autres champs de Oued M'ya. C'est des alternances de grès fins à moyens parfois grossiers et des argiles. Elle est recouverte par des laves éruptives avec des lacunes de répartition, dont elle est absente dans le forage BKHE-2.

- Roche éruptive (Aït Hamouda, 1979. Boudjema, 1987. Aït Salem, 1990) : il s'agit d'une roche éruptive, « Andésite » (Boudjema, 1987), « Basaltes » (Aït Salem, 1990) ou « Dolérites » (Chabouni, 2007), cela dépend des auteurs, elle est fissurée et présente des filons de calcites « Aït Hamouda, 1979 », qui surmonte la série inférieure (SI) d'une nomenclature définie différemment, on se contente de la plus récente dolérites avec fissures et filons de calcites.

- Trias T1 (Boudjema, 1987. Aït Salem, 1990) : c'est un dépôt argilo-gréseux présentant un banc conglomératique et argileux-dolomitique au sommet, déposé sur la formation andésitique, réduit dans cette zone par rapport aux autres régions du bassin de Oued M'ya (Berkaoui, Guellala). Il comporte deux unités :

. Couche argilo-dolomitique sommitale avec une épaisseur de 8m.

. Couche gréseuse basale avec une épaisseur de 12m.

- Trias T2 (Boudjema, 1987. Aït Salem, 1990) : le réservoir T2 est caractérisé par des siltstones à grès très fin brun rouge, feldspathique très argileux avec la présence de sel dans la matrice occasionnellement.

- **Trias Argiles inférieures AI (Boudjema, 1987. Aït Salem, 1990)** : il s'agit d'argiles brunes indurées, légèrement silteuses avec passées de grès gris-bruns fin argileux.

- Trias Argiles salifères S4 (Boudjema, 1987. Aït Salem, 1990) : sel blanc translucide, massif avec passées d'argile brun-rouge plastique à indurée légèrement silteuse et salifère.

**2) Le Lias** : se présente sous un empilement des formations salifères et argileuses à quelques niveaux carbonatées.

**3) Le Dogger** : subdivisé en deux unités, lagunaires et argileuses, englobant des formations salifères, anhydritique et argileuses.

**4) Le Malm** : cette couverture est constituée d'argile silteuse à intercalation de dolomie, de calcaire et de marne.

**NB :** vu la difficulté rencontrée dans la désignation exacte de chacun de ces deux réservoirs, il les considère comme formation unis T1-T2.

### **3.3. Magmatisme**

Ce magmatisme est connu à plusieurs reprises, pendant l'orogénèse panafricaine, le Frasnien (Dévonien inférieur) et la phase post-hercynienne (rejeu triasique).

En ce qui concerne le volcanisme triasique, il s'agit d'épanchements basaltiques connus dans tout le Maghreb au Nord et Sud pendant le Trias, probablement causé par la réactivation des mouvements tectoniques verticaux. Il est synsédimentaire, mis en place pendant la fin dépositionnelle de trias argilo-gréseu Inferieur (TAG SI). Dans la zone sud de Ben Kahla, on trouve des argiles à cendres volcanique ou argiles cinéritiques volcaniques déposé au-dessus ou à la place du trias éruptif.

Son épaisseur diffère d'un champ à un autre, cependant son épaisseur au niveau de Ben Kahla de 0 à 80m, généralement son amplitude verticale est manipulée par son positionnement par rapport au failles, notant que non pas tous les puits de Ben Kahla Est ont abrité cette éruption volcanique. Dans le cas où elle est absente, la seule trace de l'activité volcanique se récapitule dans les argiles cinéritiques.

### **Conclusion**

Le champ de Ben Kahla Est fait partie de bassin de Oued M'ya, il occupe la partie SE du Bloc 438c et qui présent de divers réservoirs des hydrocarbures notamment Berkaoui, Guellala, Ben Kahla et Ben Kahla Est. Sa stratigraphie contient d'importantes formations paléozoïques constituant le socle. Une couverture méso-cénozoïque qui débute essentiellement par le Trias. Ce dernier est constitué par des terrains gréseu-argilo-gypso-salins représentés par : la série inférieure (réservoir principale) et le T2-T1 (réservoir secondaire), interceptées par des perturbations volcaniques issue lors de l'agitation tectonique, le tout est surmonté par des bancs salifères (S4). Les deux séries ; la coulée volcanique et le S4 forment une couverture pour les deux systèmes pétroliers, le SI et le T2-T1.

## B. Organisation sédimentaire

L'arrangement sédimentaire de la région durant les ères géologiques, surtout triasiques et sur quoi nous nous intéressons, présente des caractères particuliers sur lesquels on va concentrer nos procédés d'analyses sédimentologiques.

### 1. Description pétro sédimentaire de la roche réservoir dans les puits BKHE

#### a) Classification des grès, Folk (1974) de la région de Ben Kahla :

Les réservoirs triasiques du champ de Ben Kahla sont constitués principalement de grès fluviatiles remplissant des chenaux multilatéraux. Ces grès présentent en général une minéralogie complexe avec des proportions variables de quartz, de feldspaths, de fragments de roches et autres, unis par une cimentation parfois abondante accentuant l'hétérogénéité des propriétés réservoirs.

207 échantillons (Sonatrach, 2013) prélevés sur 12 sondages dont 59 échantillons destinés à des analyses DRX ; ont permis de réaliser une étude pétrographique et diagénétique des grès triasiques.

Dans l'ensemble, les grès sont classés Sublitharénite à Quartzarénite selon Folk (1974) avec Composition moyenne de **Q** : 38-90% ; **F** : 0-3% ; **R** : 0-35%.

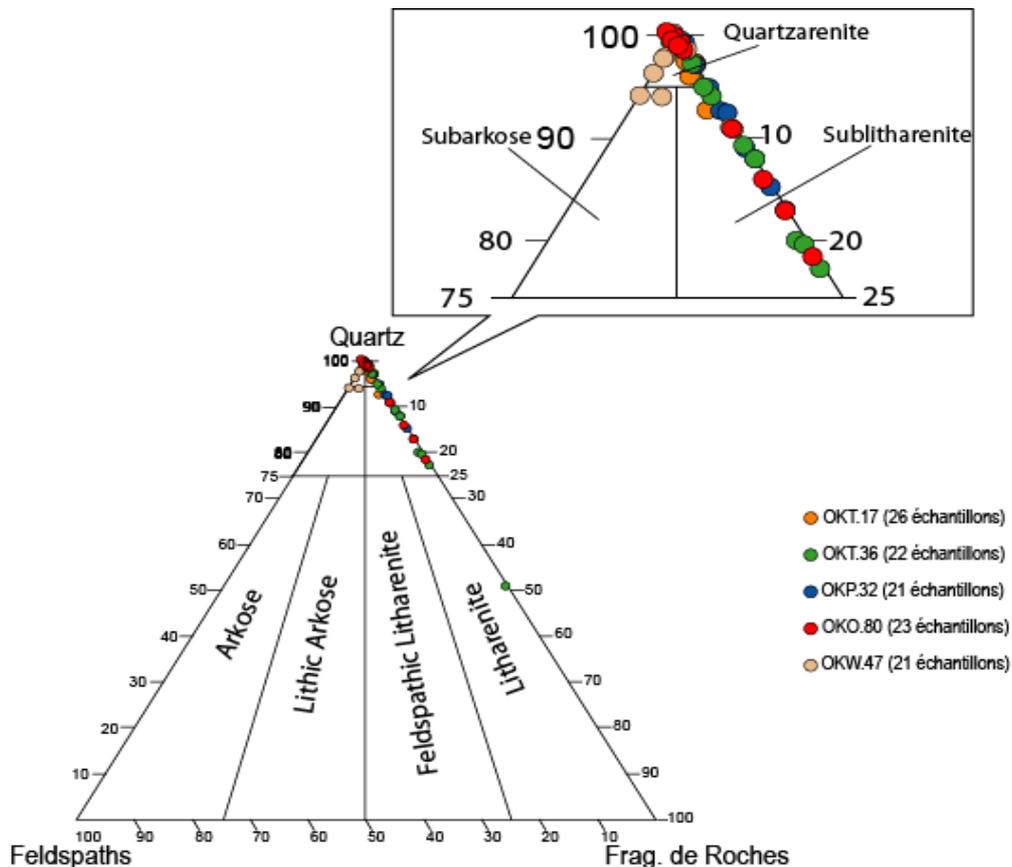


Figure 11 : Classification QFR des grès triasiques du champ de Ben Kahla (Folk, 1974)

(Activité amont - division laboratoires, Sonatrach, 2013)

**b) Etude des lames minces**

**b.1. Observation microscopique**

Une étude pétrographique a été réalisée à partir d'une analyse microscopique de 09 échantillons du sondage BKHE-2 et 04 échantillons du sondage BKHE-1 (Sonatrach, 2004).

Pour notre étude nous avons sélectionné quatre échantillons que nous avons trouvé utiles pour étude

- **Les échantillons du puits BKHE-1** situé au Sud-Ouest de la structure de Ben Kahla Est, ont montré des grains de quartz sub-arrondis à sub-anguleux, voir même anguleux avec une cimentation principalement carbonatée avec présence d'anhydrite, les grains sont parfois entourés de bitumes. Ces grès sont poreux (**Ech : 3421.75m**), parfois colmatés par de la halite (**Ech : 3421.75m**).

- **Les échantillons du puits BKHE-2** situé au Nord Est par rapport à ceux du puits BKHE-1, qui se situe au sommet de la structure, ont montré des grains de quartz bien arrondis, rarement sub-arrondis, ils présentent, très souvent, un nourrissage (quartz secondaire) de silice bien développé (**Ech : 3421m**). La cimentation est faiblement représentée par :

- Des argiles oxydées
- De l'anhydrite qui se présente en général sous divers aspects pétrographiques, dans ce cas elle se présente le plus souvent sous l'aspect fibreux envahissant totalement les espaces intragranulaires, réduisant ainsi fortement la porosité des grès (**Ech : 3406m**)

- **Lame mince : (Ech. : 3423.75m)**

**b.2. Description de l'échantillon observé en lumière naturelle et en lumière polarisée analysée**

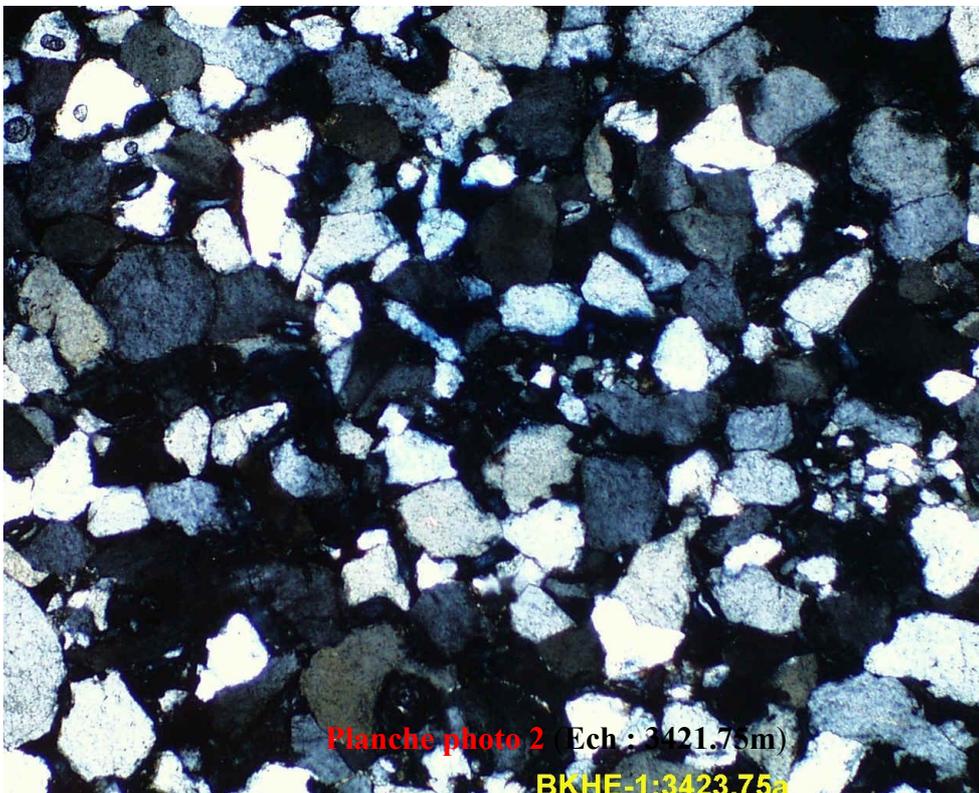
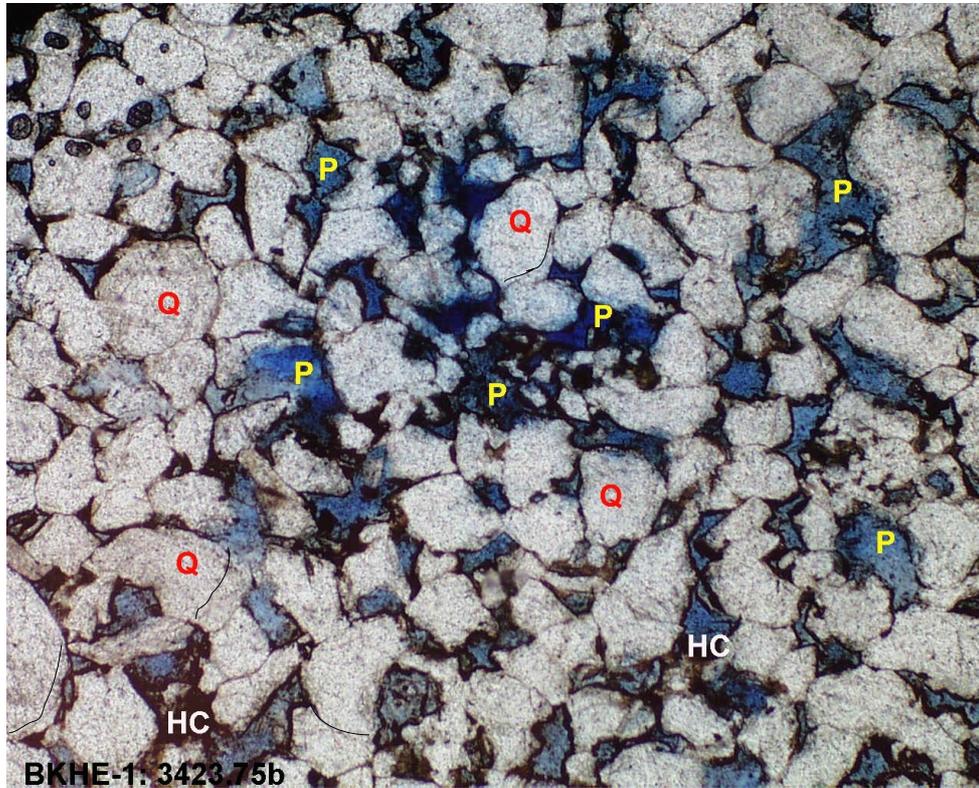
**La texture** : La lame mince montre des grains arrondis à sub-arrondis, bien classés, quelques grains de quartz montrent un nourrissage de silice. Il s'agit de grès massifs à texture quartzeuse. Le quartz mono-cristallin représente dans cet échantillon pratiquement la totalité de la phase minérale détritique. Cet échantillon montre que le quartz est le minéral authigène dominant.

**La porosité visible** : La porosité qui caractérise cet échantillon est une porosité inter granulaire primaire bien que, quelques-uns des larges pores inter granulaires peuvent avoir une seconde nature. En effet la dissolution des feldspaths peut provoquer une porosité secondaire.

**(Voir Planche photo 1 :Ech. : 4323.75m)**

**Planche photo 1** : Ech. : 3423.75m

**Ph. 1\_BKHE-1 : 3423.75m**



- **Lame mince : (Ech. : 3421.75m)**

**Description de l'échantillon observé en lumière naturelle et en lumière polarisée analysée**

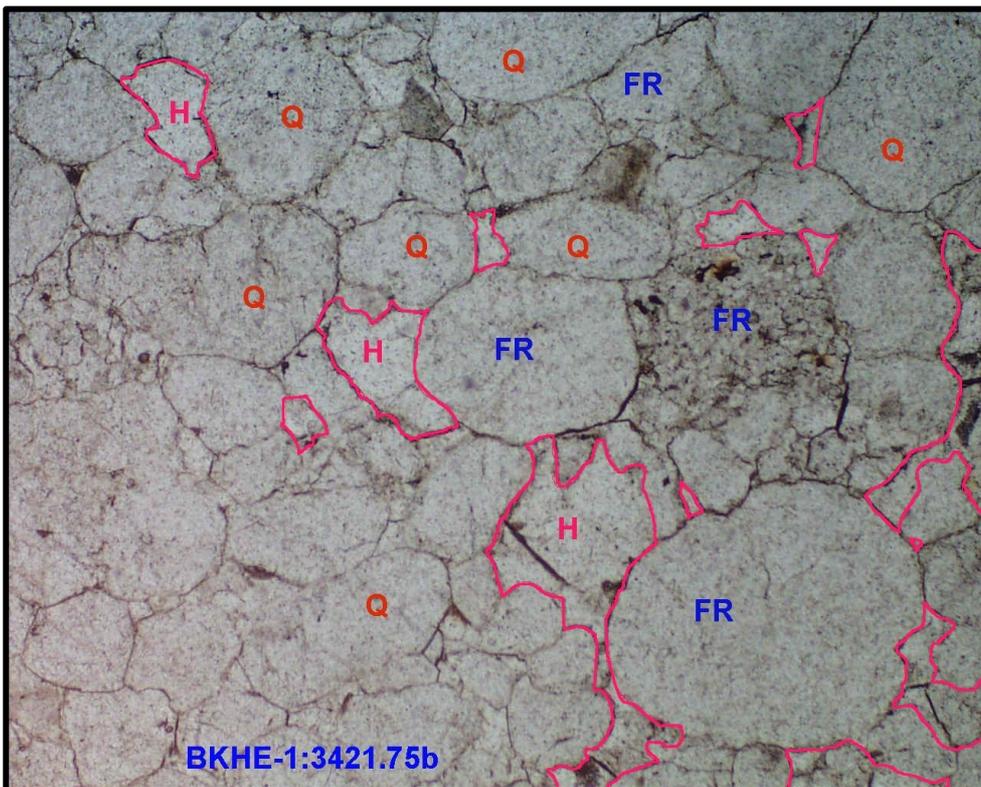
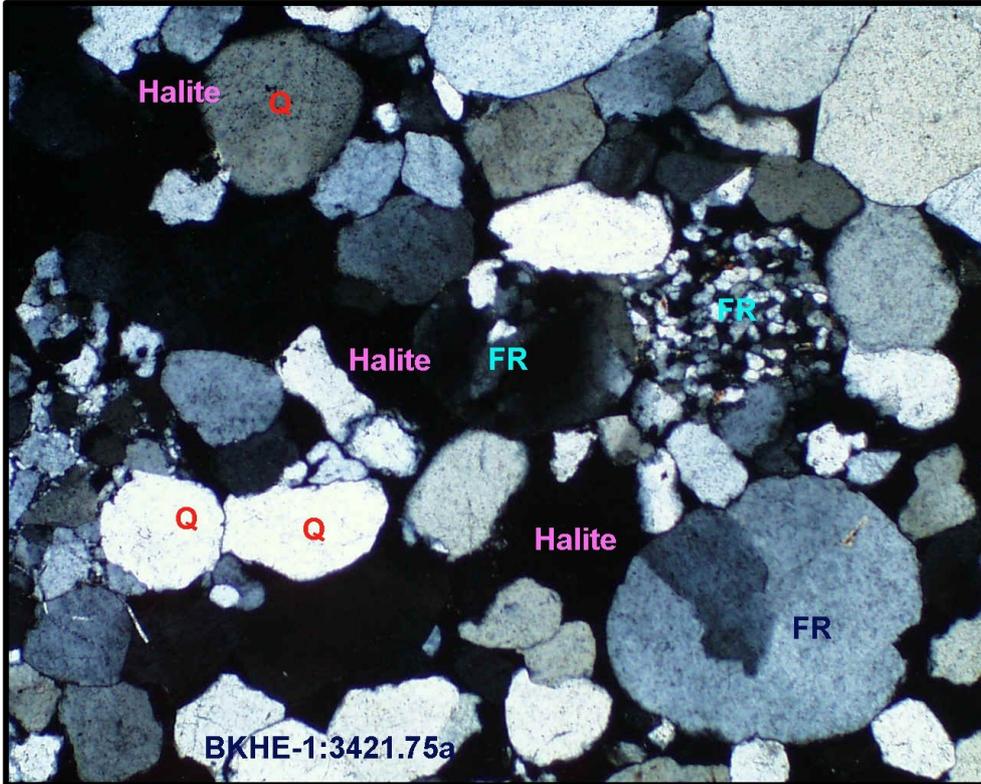
**La texture :** Cet échantillon montre des grains de quartz bien arrondis à sub-arrondis bien classés avec un nourrissage de silice assez important. On note également que les grands axes d'alignement des grains ne sont pas visibles. À cette échelle la lame mince montre une texture massive et quartzeuse. Le quartz mono-cristallin représente dans cet échantillon pratiquement la totalité de la phase minérale détritique comme on l'observe sur l'échantillon : **3421.75b** et la majorité du ciment est représenté par des traces de feldspaths. Cet échantillon montre que le quartz est le minéral authigène dominant et l'autre minéral c'est la Halite. On remarque que la lame présente de larges plages de quartz de nourrissage.

**La porosité visible :** La lame mince montre que cet échantillon représente un grès fin qui est pratiquement totalement colmaté par de la silice secondaire. Les rares pores inter granulaire sont d'origine primaire bien qu'une porosité secondaire existe, grâce à la dissolution des Feldspaths.

**(Voir Planche photo 2 :Ech. : 3421.75m)**

Planche photo 2 (Ech. : 3421.75m)

Ph. 2\_ BKHE-1 : 3421.75m



- **Lame mince : (Ech. : 3421m)**

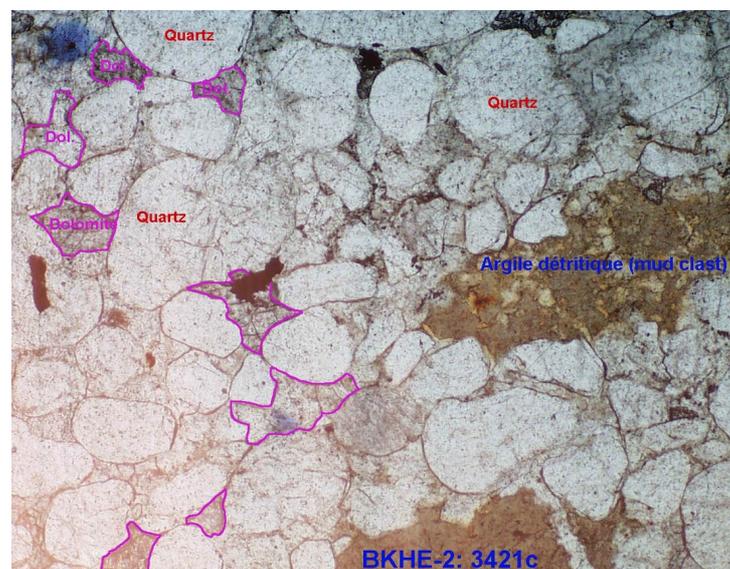
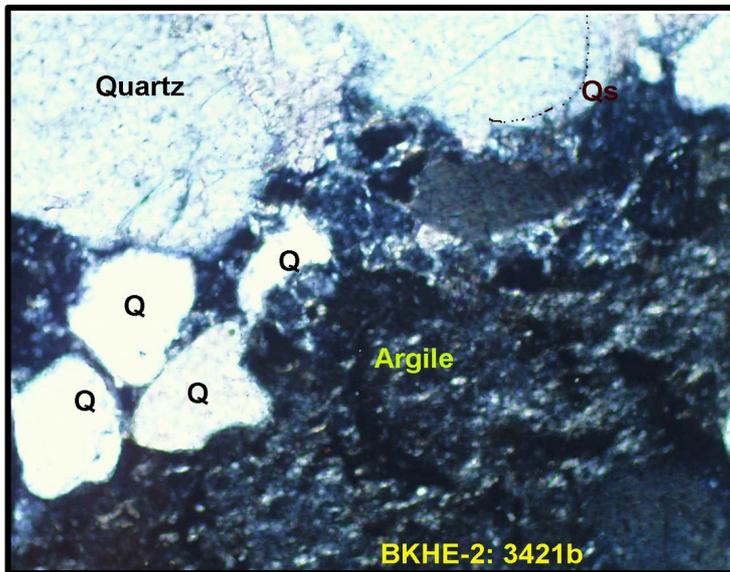
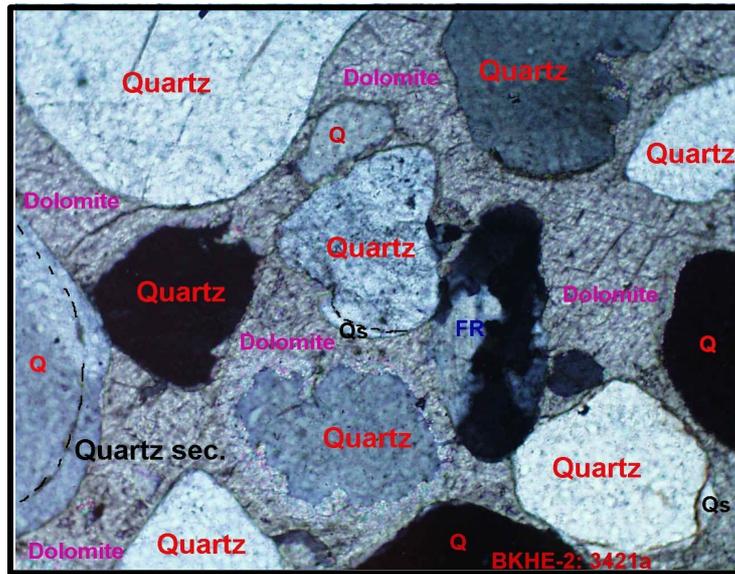
**Description de l'échantillon observé en lumière naturelle et en lumière polarisée analysée**

**La texture :** Cet échantillon montre un grès fin, très mal classé, on peut y voir des grains de différentes tailles et de différentes formes. La forme des grains peut être anguleuse, sub-anguleuses, sub-arrondis à arrondis. Les trois photos prises dans des endroits différents de la lame mince, montrent un aspect assez fin du grès. Le minéral dominant pour cet échantillon est le quartz mono-cristallin, en plus des feldspaths et des argiles. Les minéraux authigènes dominants de cette fraction sont représentés par de la dolomie, de la silice secondaire des feldspaths ainsi que du quartz poly-cristallin.

**La porosité visible :** Les espaces inter granulaires sont entièrement occupés par de la dolomie, une matrice argileuse et de silice secondaire. Ce qui donne à la roche une porosité nulle.

**(Voir Planche photo 3 :Ech. : 3421m)**

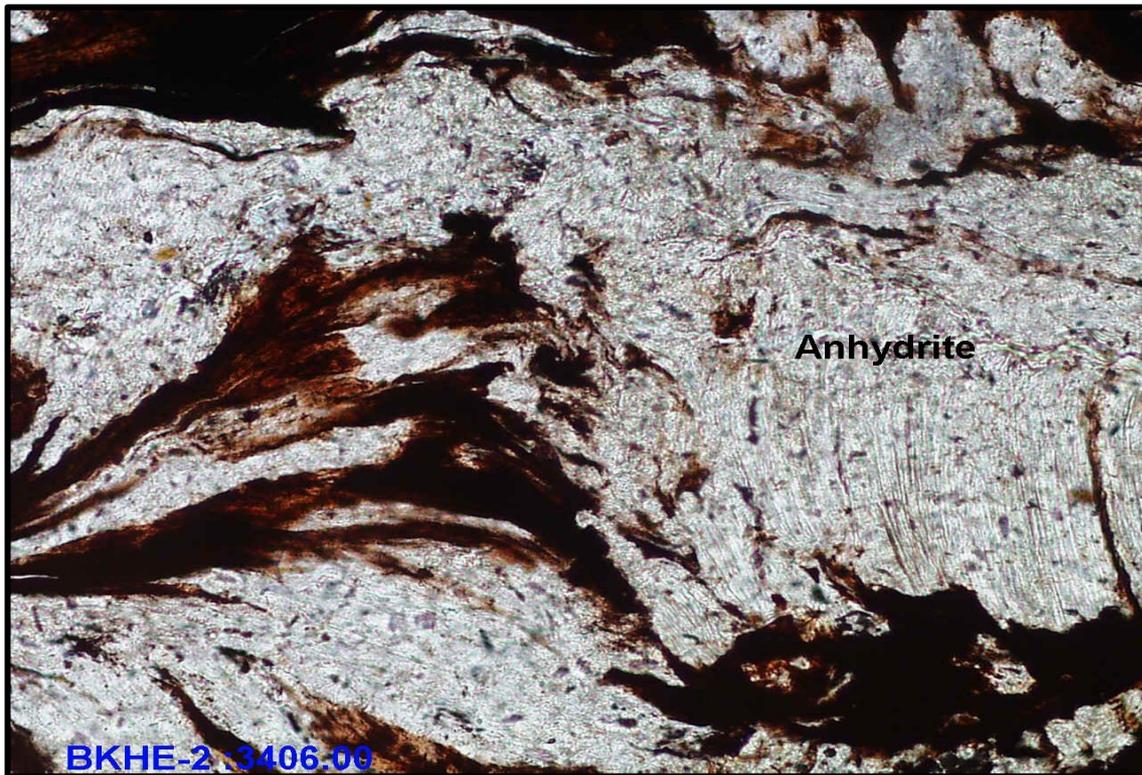
**Ph. 3\_BKHE-2 : 3421m**



**Planche photo 4 (Ech. 3406.00m)**

**Structure :** Cet échantillon montre l'existence et l'importance de l'anhydrite dans le puits (BKHE-2) et sur lequel l'aspect de cette anhydrite est lamellaire. Il faut noter que cette dernière peut se présenter sous différents aspects.

**Ph. 4\_ BKHE-2 : 3406.00m**



- **Des carbonates du type dolomie :** L'abondance du ciment dolomitique est parfois liée à celles des clasts dolomitiques remaniés et intra-formationnels (Ech : 3420.5m). En effet, de nombreux clasts à contours pratiquement indiscernables, forment de larges plages de dolomite de remplacement.

- **Lame mince : (Ech. : 3420,50m)**

**Description de l'échantillon observé en lumière naturelle et en lumière polarisée analysée**

**La texture :** Cet échantillon montre un grès assez fin, très mal classé, où on peut voir des grains de différentes tailles baignant dans une matrice argileuse assez importante, ce qui lui donne un aspect non massif. Les grains sont Arrondis à sub-arrondis. Vu la relation grains/ciment, la lame présente une texture quartzeuse. Le minéral dominant et pratiquement le seul est toujours le quartz

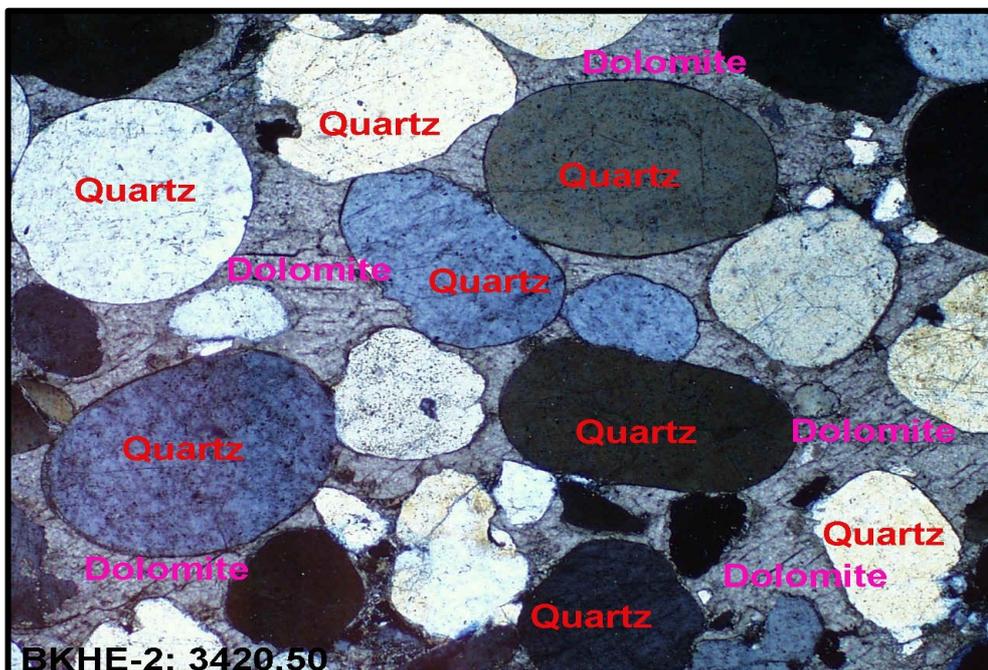
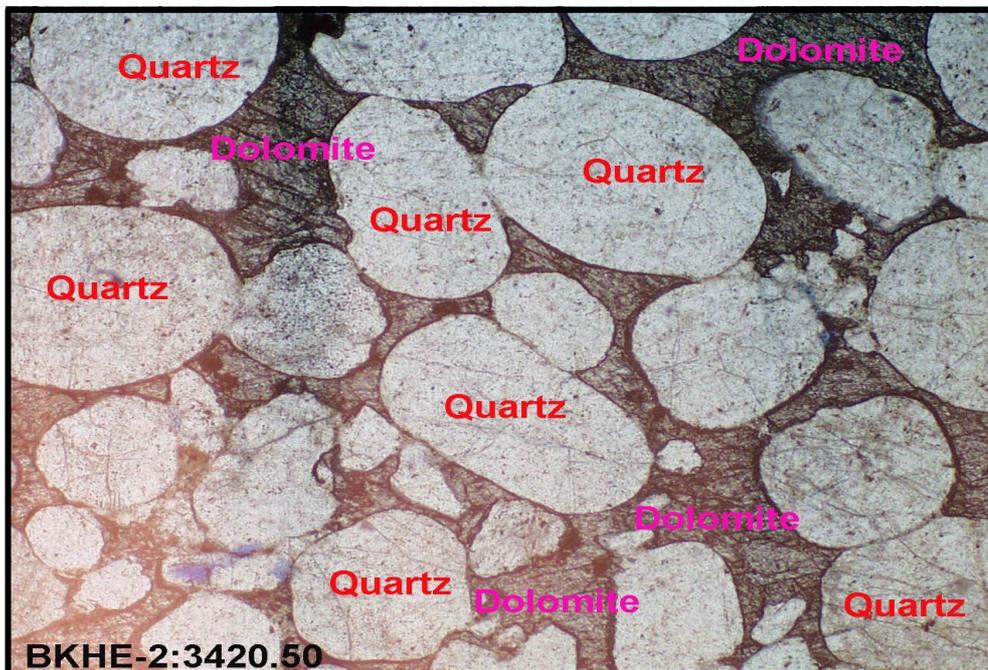
mono-cristallin à extinction roulante. Pour les minéraux authigènes : Le minéral dominant de cette fraction est représenté par la dolomie le quartz poly-cristallin.

**La porosité visible :** Les espaces inter granulaires sont entièrement occupés par de la dolomie. Ce qui donne à ce grès particulier une porosité nulle.

(Voir Planche photo 5 :Ech. : 3420,50m)

Planche photo 5 (3420.50m)

**Ph. 5\_BKHE-2 : 3420.50m**



Les grains qui constituent les faciès de **BKHE-1** proviennent d'une source d'apport assez proche vu leur état de conservation qui semble avoir subi un léger transport. Par contre l'état des grains qui constituent les sédiments de **BKHE-2**, bien arrondis et bien façonnés et semblent même avoir subi des transformations minéralogiques, sont des sédiments qui proviennent probablement d'une source assez éloignée.

Les proportions de la dolomie et de l'anhydrite sont relativement plus abondantes dans le puits BKHE-2 situé au Nord-Est de la structure tandis que les proportions les plus élevées sont représentées par de la halite et un ciment argileux pour le puits BKHE-1 situé au Sud-Ouest de la structure.

Il faut mentionner que les grès de BKHE-2 sont relativement plus fins que ceux de BKHE-1.

## **2. Analyse séquentielle (Tria) et milieux de dépôts**

### **2.1 Analyse séquentielle de la formation triasique de Ben Kahla Est**

#### **2.1.1 Série virtuelle :**

La série triasique partage généralement la même lithologie et lithostratigraphie partout dans le domaine nord africain, elle englobe de bas en haut les niveaux suivants :

- Des conglomérats
- Des grès ou arkoses
- Des argiles bariolées
- De l'anhydrite et du sel
- Enfin de la Dolomie

La suite d'éléments lithologiques de la série triasique ci-dessus représente la série virtuelle de la séquence triasique

#### **2.1.2 Essai de découpage séquentiel de la formation triasique de BKHE (Fig. 13)**

La formation triasique englobe 08 séquences de 2<sup>ème</sup> (S<sub>21</sub>, S<sub>22</sub>, S<sub>23</sub>, S<sub>24</sub>, S<sub>25</sub>, S<sub>26</sub>, S<sub>27</sub> et S<sub>28</sub>). Les 4 premières séquences (S<sub>21</sub>, S<sub>22</sub>, S<sub>23</sub>, S<sub>24</sub>) constituent le premier membre de la formation (membre 1). Ce dernier est constitué de deux séquences de 3<sup>ème</sup> ordre (S<sub>31</sub> et S<sub>32</sub>). Le 2<sup>ème</sup> membre (membre 2) de cette formation est formé de deux séquences d'ordre 3 (S<sub>33</sub> et S<sub>34</sub>) qui englobent les quatre dernières séquences de 2<sup>ème</sup> ordre (S<sub>25</sub>, S<sub>26</sub>, S<sub>27</sub> et S<sub>28</sub>).

## **2.2 Milieux de dépôts du Trias –Jurassique (voir figure 14)**

### 2.2.1 Milieu de dépôts de la série inférieure du puits BKHE-2

L'étude des carottes a montré des faciès de dépôts de levées de chenaux qui évoluent en faciès de plaine d'inondation, caractérisée par des argiles silteuses des silts et parfois de grès très fins, (exemple Fig. 12).

La formation débute par un « hard ground » à la base surmonté par des grès compacts de couleur gris claire à sombre à galets mous argileux verdâtres à ciment carbonaté et anhydritique, à grains moyens, fins à très fins, arrondis à sub arrondis. Il faut noter la présence de stratifications horizontales au sommet des grès avec intercalation de passées d'argiles rouges et vertes indurées et silteuses et la présence de quelques inclusions de pyrites et de nodules de carbonates. Le sommet est marqué par des argiles silteuses de couleur brun rouge. Il s'agit d'une suite de séquences fining upward (transgressives).

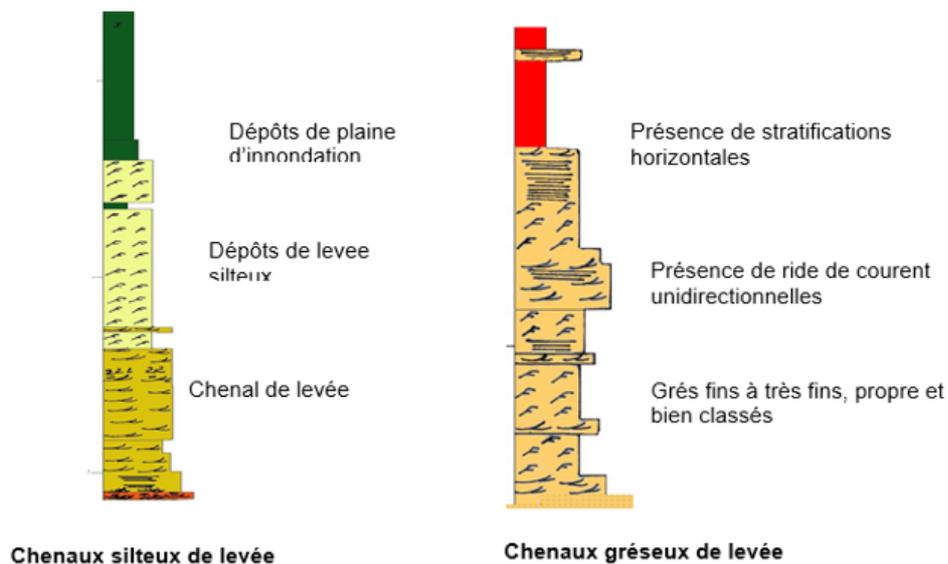
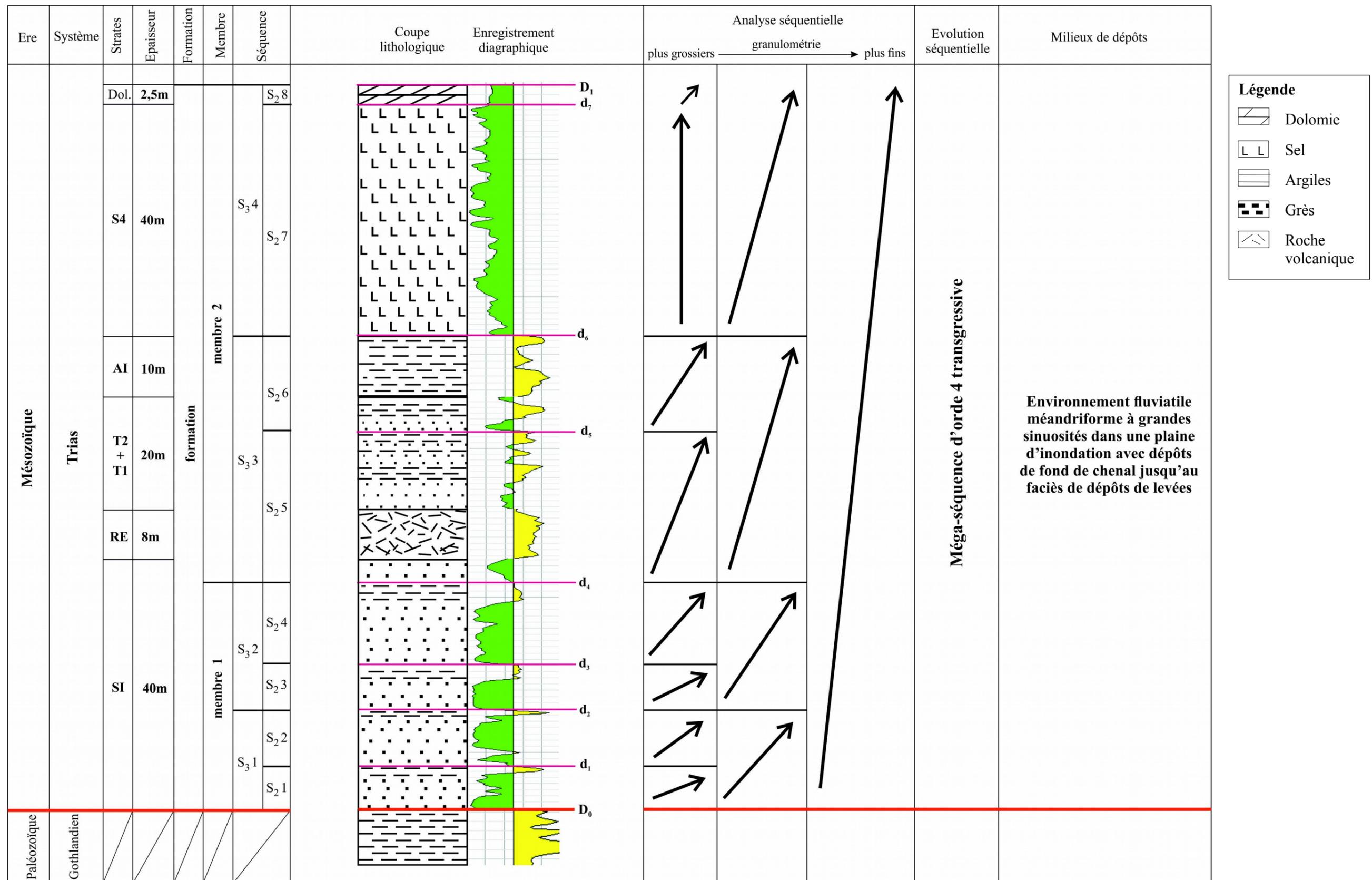


Figure 12 : Exemple de dépôts de levées et de plaines d'inondation (SONATRACH).



**Légende**

- Dolomie
- Sel
- Argiles
- Grès
- Roche volcanique

Figure 13 : découpage séquentiel du Trias de BKHE-1

NB : la série volcanique est absente dans le puits BKHE-2.

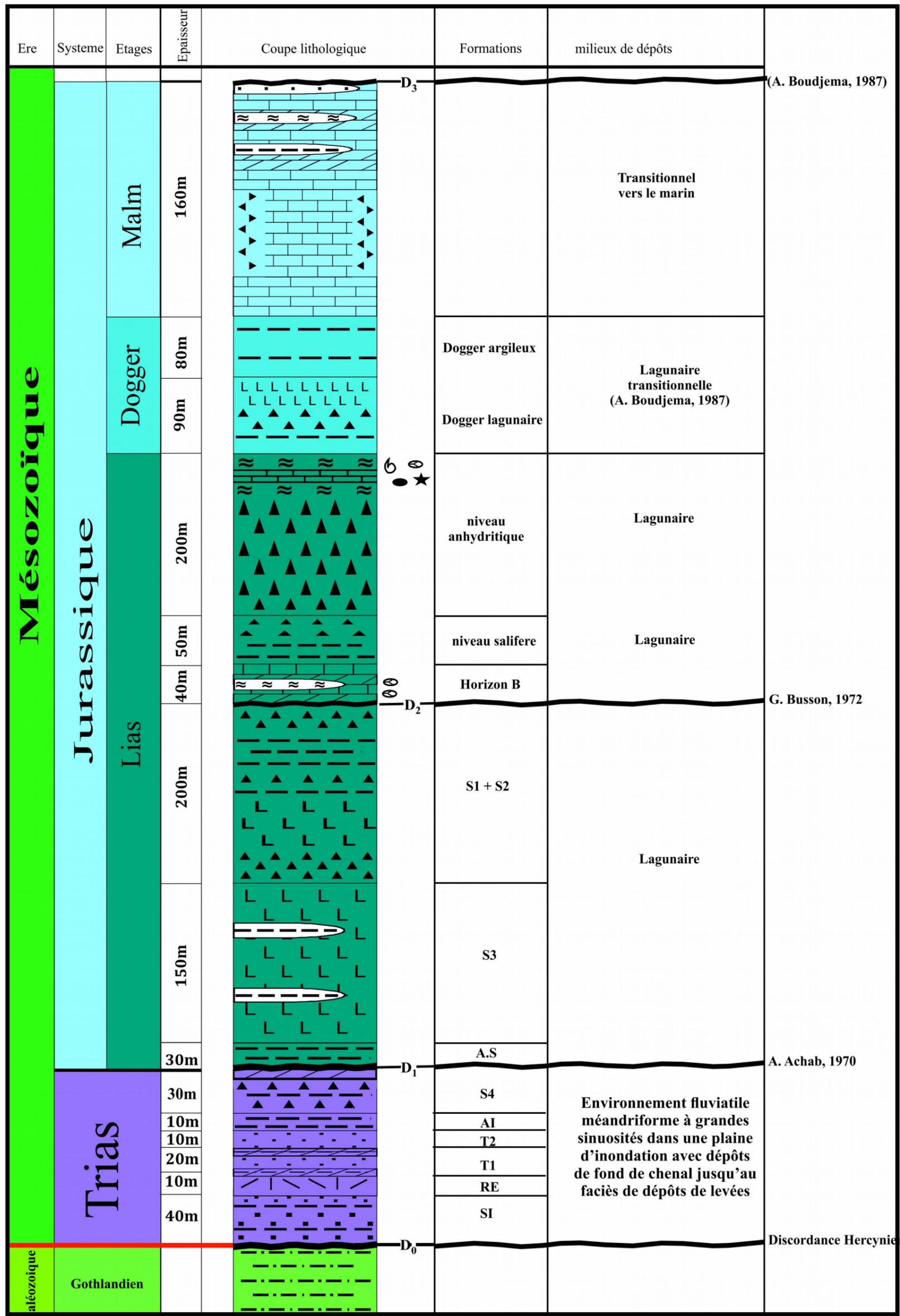


Figure 14 : coupe lithostratigraphique et milieux de dépôts de Ben Kahla Est (Gothlandien-Trias-Jurassique) (établie sur les travaux antérieurs).

**c) Conclusion**

Les grains qui constituent les faciès de **BKHE-1** proviennent d'une source d'apport assez proche vu leur état de conservation qui semble avoir subi un léger transport. Par contre l'état des grains qui constituent les sédiments de **BKHE-2**, bien arrondis et bien façonnés et semblent même avoir subi des transformations minéralogiques, sont des sédiments qui proviennent probablement d'une source assez éloignée.

Les proportions de la dolomie et de l'anhydrite sont relativement plus abondantes dans le puits BKHE-2 situé au Nord-Est de la structure tandis que les proportions les plus élevées sont représentées par de la halite et un ciment argileux pour le puits BKHE-1 situé au Sud-Ouest de la structure.

Concernant la porosité, caractéristique matricielle qui peut être déduite de l'analyse des lames minces, le puits BKHE-1 présente une cimentation très faible caractérisée par une porosité inter granulaire primaire. Par contre les lames minces du puits BKHE-2 montrent des espaces inter granulaires entièrement colmatés, et occupés par de la dolomie, la halite ou de la silice secondaire ou carrément une matrice argileuse.

**Troisième Chapitre**  
**Aspect pétrolier du puits BKHE 2 :**  
**corrélations et résultats**

### **Troisième Chapitre : Aspect pétrolier du puits BKHE 2 : corrélations et résultats**

Ce troisième chapitre consacré à l'interprétation qualitative de signal diagraphique des puits du Ben Kahla Est avec quelques puits voisins. Les interprétations nous permettront de mieux comprendre les particularités de la Série inférieure (SI) et de répondre à la problématique liée à l'aspect pétrolier du puits BKHE-2.

#### **A. Rappels sur la Diagraphie**

La diagraphie est un enregistrement continu des caractéristiques des formations géologiques traversées par un sondage en fonction de la profondeur.

Les mesures diagraphiques permettent d'estimer le contenu (les saturations) en eau et en hydrocarbures des réservoirs traversés et la détermination des caractéristiques du puits.

Les méthodes de diagraphie sont des techniques géophysiques mises en œuvre à l'intérieur d'un forage. Elles permettent l'enregistrement en continu des variations des paramètres physiques et pétrophysiques en fonction de profondeur.

L'enregistrement des paramètres est effectué pendant la remontée de la sonde dans le puits et on distingue dans ce cas deux genres de diagraphies :

- a. les diagraphies instantanées qui sont réalisées pendant le forage donnant des informations sur :
  - la vitesse d'avancement du trépan qui fore.
  - la porosité, perméabilité et densité.
  
- b. les diagraphies différées qui sont réalisées à la fin du forage. les principales informations sont :
  - la résistivité et le potentiel spontané.
  - la densité de la formation, sa porosité et sa perméabilité.
  - la température de la boue de forage.
  - le pendage de la formation.
  - les principaux minéraux constituant la matrice de formation.
  
- c. quelques types des diagraphies

##### **➤ Diagraphie électrique :**

Les outils de résistivité sont destinés à donner des informations sur la saturation en eau à partir de la connaissance de la résistivité de cette dernière et de la porosité de la formation.

De fortes valeurs de résistivité indiquent des quantités d'eau faibles et vis-versa de faibles valeurs de résistivité indiquent une saturation en eau faible. Deux groupes sont définis :

- Potentiel spontané(PS) = polarisation spontanée

C'est l'enregistrement de la différence de potentiel entre une électrode dans le trou de forage et la surface. L'unité de mesure est le millivolt (mV).

Une PS donne le plus souvent une déflexion positive devant un banc argileux

- Résistivité ( $\rho$ )

La résistivité d'une formation exprime son degré d'opposition au passage d'un courant Électrique. L'unité est le « ohm.m », elle nous renseigne sur :

- la structure de la roche (massive ou hétérogène, laminée, plissée ou fracturée).
- l'épaisseur des bancs.
- la température plus celle-ci est élevée plus la formation est conductrice.

Les plus utilisés sont :

➤ **Diagraphie nucléaire :**

Les diagraphies nucléaires font un usage intensif de la mesure de la radioactivité dans les forages, peuvent être enregistrés en trous ouverts ou tubés vides ou remplis de n'importe quel type de fluide. On distingue :

- le log gamma ray naturel (GR)

La radioactivité gamma ray naturelle est liée à la présence d'isotopes radioactifs dans les roches. Les seuls éléments radioactifs ayant une concentration notable dans les matériaux naturels sont : Le Potassium ( $K^{40}$ ), L'Uranium ( $U^{238}$   $U^{235}$ ), Le Thorium ( $Th^{232}$ ).

Plusieurs unités sont employées pour mesurer la radioactivité gamma sont :

- l'unité ancienne utilisée par Schlumberger est le microgramme équivalent du Radium par tonne ( $\mu g.Ra-eg/tonne$ ).

- l'unité calibration micro roentgen par heure ( $\mu r/h$ )

- l'unité API (American petroleum Institut).

- l'unité de mesure coup par division ( $cps/ division$ ).

Les principales roches radioactives sont :

- les roches plutoniques et/ou volcaniques
- les argiles
- les sels de potassique et les phosphates

- le log gamma-gamma (densité) (FDC)

C'est une diagraphie nucléaire provoquée qui utilise des sources radioactives pour l'émission des rayons Gamma.

Les formations sont soumises à un bombardement de rayons gamma au moyen d'une source radioactive fixée au bas de la sonde. L'élément le plus utilisé c'est le Cs<sup>137</sup>.

- le log neutron (CNL)

Le CNL (Compensated Neutron Log) : il enregistre les neutrons thermiques, cette sonde est munie d'une source radioactive et dotée de deux détecteurs placés à différents espacements réduisant ainsi les effets de trou. La mesure issue de ces deux détecteurs est convertie automatiquement en unité de porosité neutron.

Le CNL mesure l'attitude d'une formation à ralentir les neutrons rapides émis par une source placée sur l'outil.

#### ➤ **Diagraphie acoustique**

- Diagraphie sonique

Le log sonique est basé sur l'étude de la propagation d'ondes acoustiques dans les formations, la mesure de la propagation de ces ondes et de leur atténuation apporte des renseignements sur les propriétés mécaniques des formations traversées.

#### ❖ Application de diagraphie acoustique :

- Détermination des propriétés mécaniques de la formation.
- Analyse des fractures.
- Vérification de la cimentation.
- Estimation de la perméabilité.

#### **d.** les facies diagraphiques

Le facies lithologique est l'ensemble des caractéristiques physique, chimiques, biologique permettant de définir un sédiment (texture, structure, couleur...etc.).

On peut définir un facies diagraphique ou électrofacies comme l'ensemble des paramètres diagraphiques pouvant caractériser un banc, une association de bancs ou même une formation suivant le type du dépôt considéré.

➤ **Principaux faciès rencontrés au niveau de la série inférieure**

A l'aide de l'interprétation des données diagaphiques des huit (08) puits de Ben Kahla Est, on distingue plusieurs faciès diagaphiques dans le réservoir, du Trias argileux gréseux (TAG) à la série inférieure.

À partir des sondages étudiés trois types d'électrofaciès ont été définis :

**1. faciès diagaphique type 1**

Il correspond à des niveaux argileux, l'enregistrement du GR est de l'ordre de 105 à 145 API.

**2. faciès diagaphique type 2**

Il correspond à des niveaux gréseux, l'enregistrement du GR=19 à 45 API.

**3. faciès diagaphique type3**

Il s'agit de l'enregistrement d'une alternance grès-argile comme le montre les mesures pour les grès sont GR=20 à 46 API et pour les argiles sont : GR=103 à 150 API.

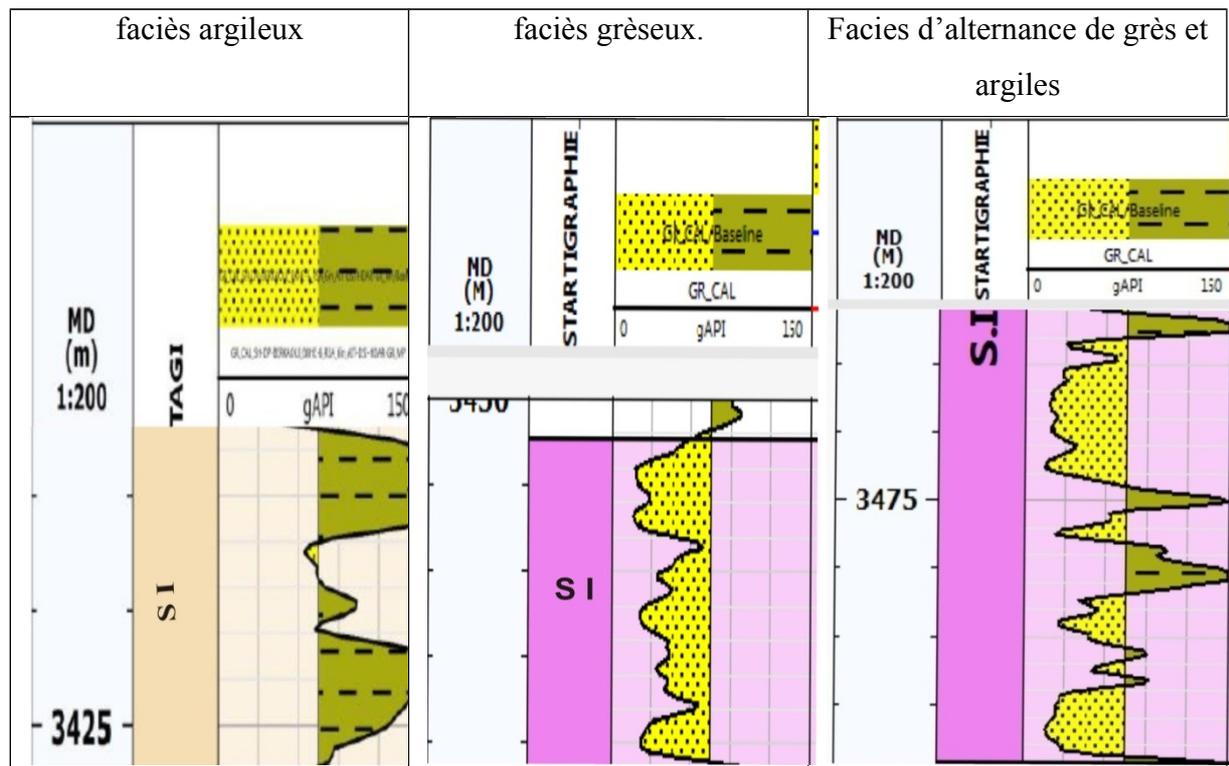


Figure 15 : type d'électrofaciès rencontrées dans la série inférieure.

## **B. Corrélations et interprétations**

Les corrélations des différents puits selon différents profils en fonction des objectifs tracés, ont été établies par le logiciel « Techlog » (au niveau de la Sonatrach, Unité de Production de Berkaoui).

Le but de ces corrélations c'est d'étudier la dynamique des corps sédimentaires à partir des épaisseurs des unités corrélables et enfin de voir la variation de la bathymétrie du Toit du Paléozoïque et de la série inférieure.

Le manque de données précises ne nous a pas permis une étude sédimentologique complète et détaillée de cette région de Ben Kahla Est. En effet le peu de sondages forés dans cette région ainsi qu'une très mauvaise sismique, rend difficile l'identification et la corrélation des corps gréseux. Ce qui veut dire qu'il est très difficile de procéder à une corrélation par séquence (séquence : entité lithologique entre deux discontinuités, ayant une signification environnementale), c'est-à-dire corréler des séquences de même milieux de dépôts.

Pour entamer ce travail il faut avoir une étude sédimentologique complète (analyse séquentielle et milieux de dépôts).

Les seules corrélations établies concernent donc les épaisseurs et la bathymétrie, ou la présence ou l'absence des unités corrélables des différentes séries du Trias (Série inférieure et T2+T1) (fig. 16, 17, 18 et 19).

Enfin ces corrélations nous seront plus ou moins utiles pour répondre à la problématique de BKHE-2.

## Corrélations g

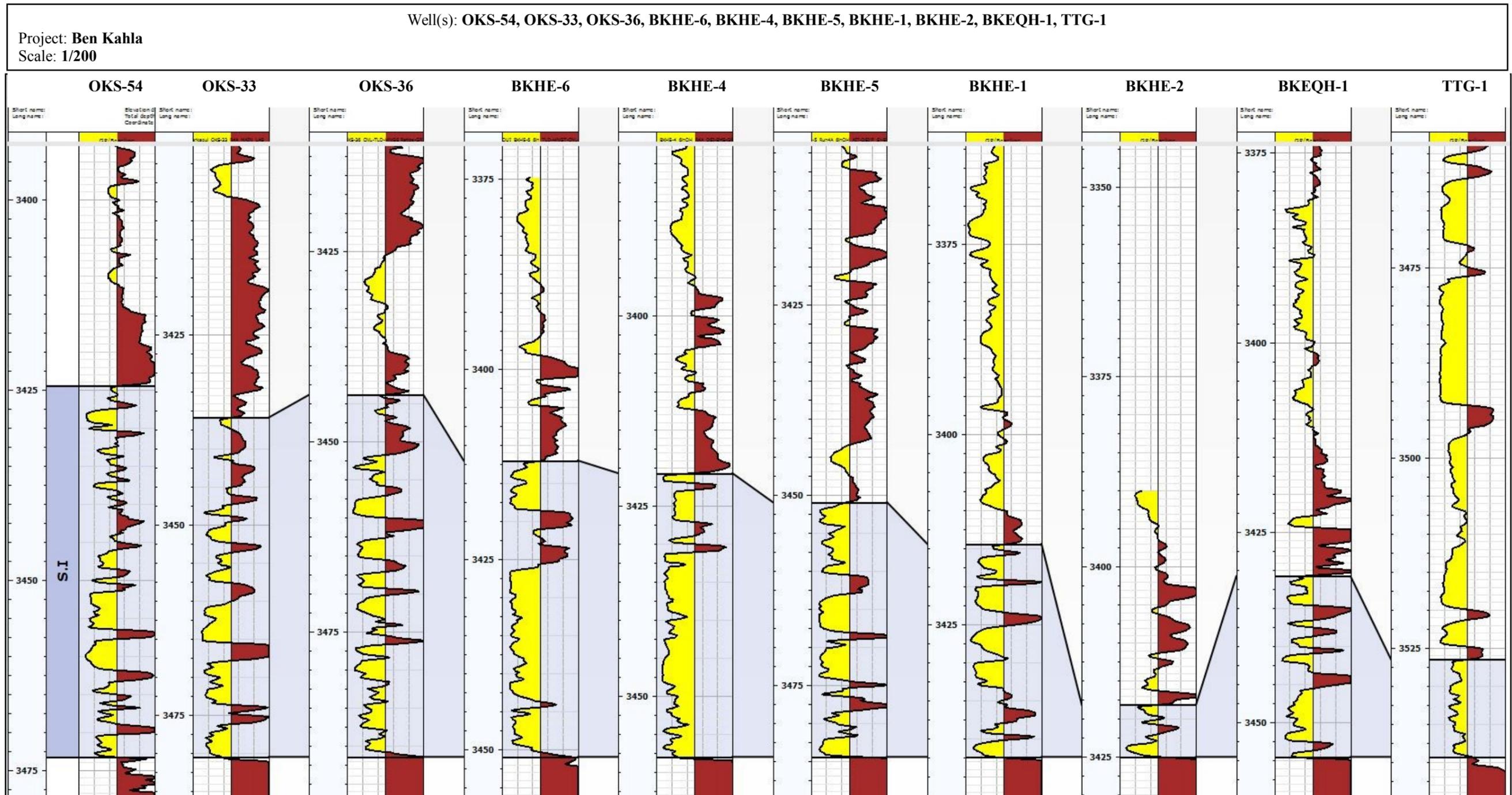


Figure 16 : Corrélation W-E

Cette corrélation englobe 10 puits (OKS-54, OKS-33, OKS-36, BKHE-6, BKHE-4, BKHE-5, BKHE-1, BKHE-2, BKEQH-1, TTG-1), selon un profil W-E, tous les puits sont producteurs d'huiles sauf le BKHE-2. Le puits sec BKHE-2, en le comparant avec les autres puits, montre l'épaisseur la plus réduite des puits étudiés, d'environ 9m et une situation topographique spatiale élevée, occupant la zone la plus proche à la surface.

Well(s): DAL-1, BKHE-5, BKHE-1, BKHE-2, MKT-01

Project: Ben Kahla  
Scale: 1/200

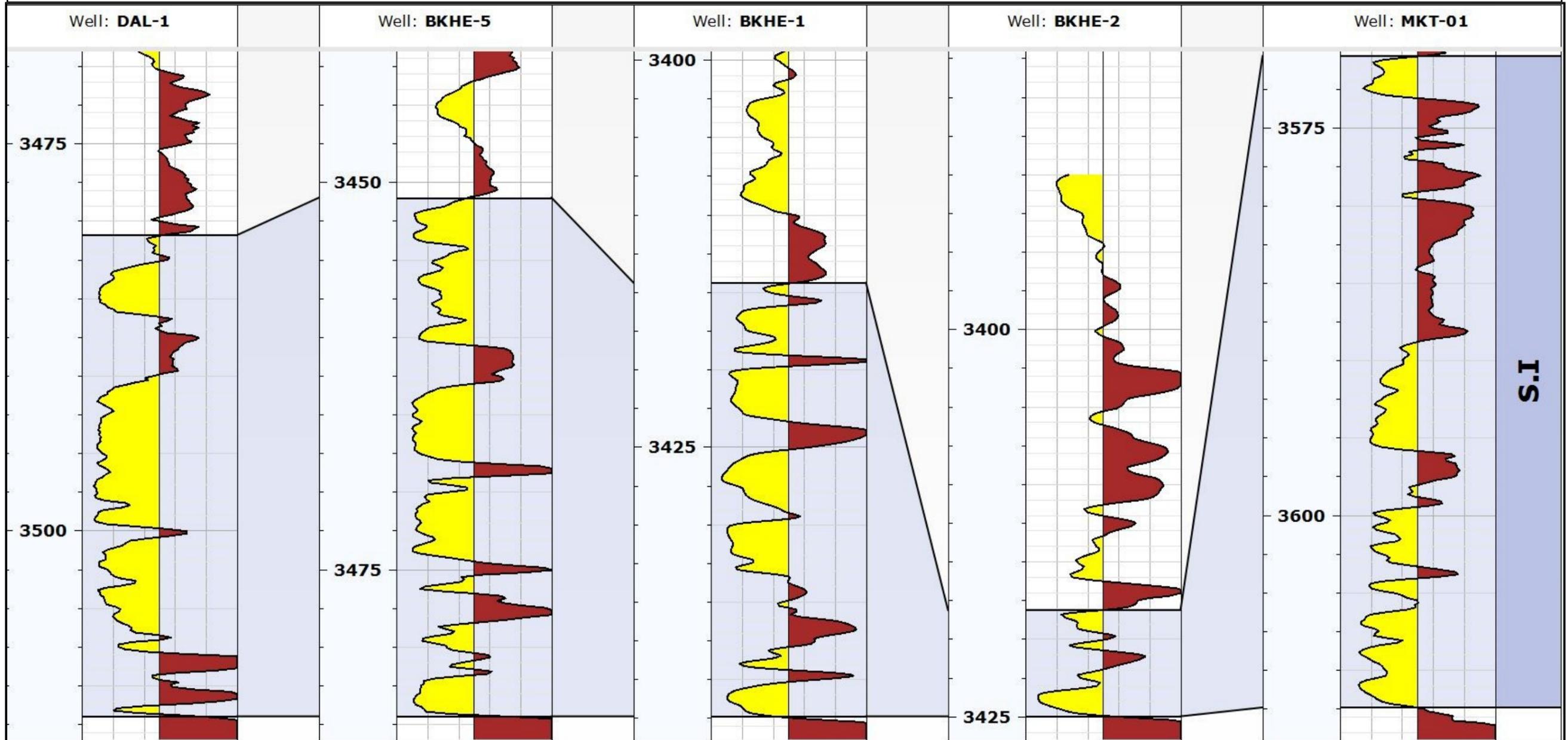
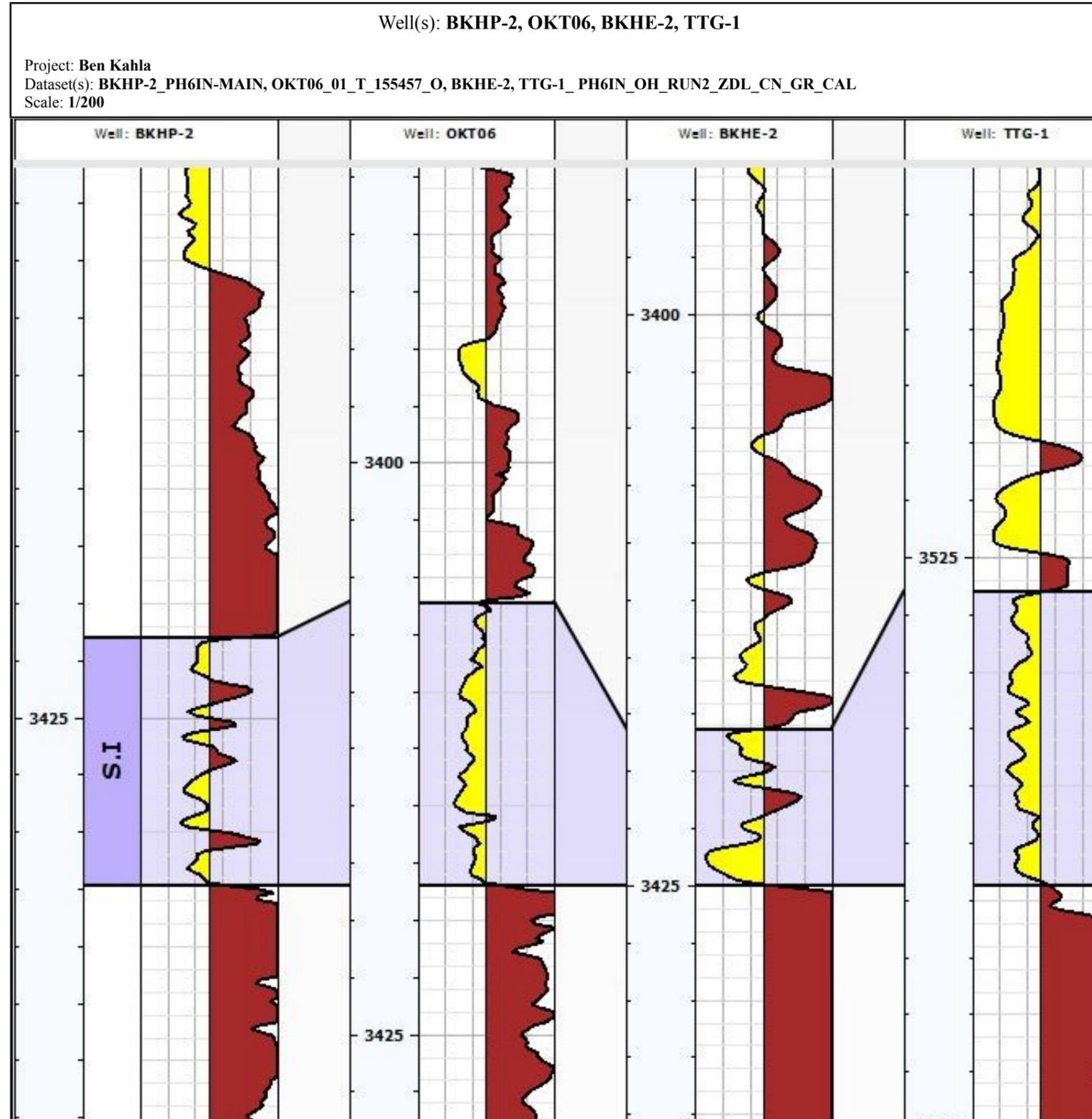


Figure 17 : Corrélation S-N

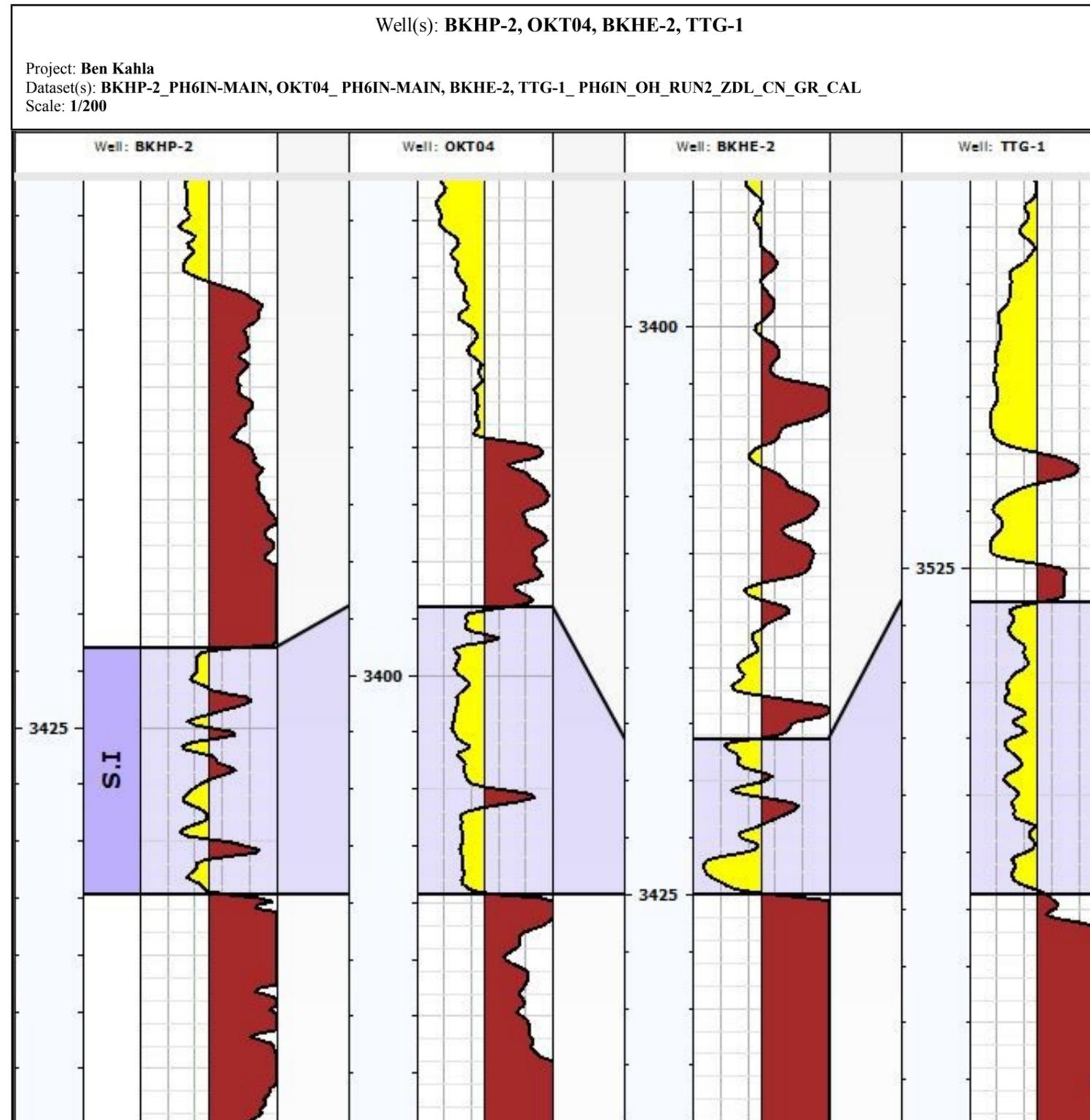
Cette corrélation englobe 5 puits (DAL-1, BKHE-5, BKHE-1, BKHE-2, MKT-01) tous sont producteurs d'huiles sauf le BKHE-2 et le DAL-1) selon un profil S-N.

Le puits sec BKHE-2, en le comparant avec les autres puits montre l'épaisseur la plus réduite, d'environ 9m et il représente la zone la plus proche à la surface.



**Figure 18** : Corrélation WNW-ESE

Cette corrélation englobe 4 puits selon un profil WNW-ESE, tout les puits à une profondeur d'environ 3400m à 3430m sont secs, sauf le TTG-1 qui dépasse les 3500m. Le puits sec BKHE-2 montre une épaisseur la plus réduite, d'environ 9m.



**Figure 19** : Corrélation WNW-ESE

Cette corrélation englobe 4 puits selon un profil WNW-ESE, tout les puits à une profondeur d'environ 3400m à 3430m sont secs, sauf le TTG-1 qui dépasse les 3500m. Le puits sec BKHE-2 montre une épaisseur la plus réduite, d'environ 9m.

## **Interprétations**

Les quatre corrélations établies selon les trois orientations des quatre profils ont révélé que la série inférieure de BKHE-2 dispose d'un positionnement spatial ou topographique le plus élevé parmi les autres positionnements de la série inférieure des autres puits de Ben Kahla Est, et que l'épaisseur de la série inférieure au niveau de BKHE-2 a l'épaisseur la plus réduite dans le champ de Ben Kahla Est.

### **C. Problématique, résultats et conclusion**

#### **C.1. Rappel de la problématique**

Le puits de Ben Kahla Est – 2 (BKHE-2) est situé dans le Bloc 438. Il est implanté à environ 3km au NE du puits de BKHE-1 à la faveur de la découverte d'hydrocarbures dans le niveau Trias (Série inférieure) à BKHE-1. Dans le cadre de développement de cette zone de gisement « Haoud Berkaoui », il a été programmé de réaliser le puits BKHE-2. L'objectif attribué à ce puits est de cerner l'extension de ce réservoir.

Le puits BKHE-2 a traversé une colonne lithostratigraphique similaire à celle de BKHE-1. Il faut mentionner que l'objectif pétrolier principal c'est-à-dire le Trias « série inférieure » a été difficile à mettre en évidence en se limitant à des corrélations des électrofaciès.

En outre les lithofaciès de l'intervalle 3416-3425 couvert par la carotte décrite précédemment présente certains caractères qui laissent penser qu'il s'agirait de la série inférieure. Cet intervalle se caractérise par des propriétés pétrophysiques très médiocres (Ferraz S. et Benbellil M., 2001).

Du point de vue intérêt pétrolier, le puits BKHE-2 s'est avéré négatif et a été abandonné. Aucun indice de gaz n'a été enregistré durant le forage et le carottage (rapport de fin de sondage, Benbellil M., Benour B., Berrah R., Ferraz S. et Laissaoui A., 2001).

#### **C.2. Résultats et conclusion**

L'examen des épaisseurs et des faciès de BKHE-2 indique que les unités lithostratigraphiques n'ont pas présenté de variations notables, sauf l'absence de la roche éruptive triasique et l'amincissement de la série inférieure qui est reconnue uniquement sur 9m.

La série inférieure au niveau du puits BKHE-2 est positionnée structurellement plus haute par rapport aux autres forages les plus proches (BKHE-5, BKHE-1, MKT-1, OKS54, OKS33, BKHE-6, etc.) (Voir corrélation).

Le puits BKHE-2 est en position structurale plus favorable que le puits de référence BKHE-1, l'absence de l'intérêt pétrolier ne peut donc pas être expliquée par le facteur tectonique.

Dans l'interprétation de la diagraphie, les différentes courbes enregistrées montrent que le Trias « T1+T2 » et la « Série inférieure » sont constitués par des niveaux gréseux argileux et à ciment salifère. L'évaluation des diagraphies concorde avec l'analyse des carottes et des lames minces qu'on a étudiées.

En effet l'interprétation diagraphique montre que le Trias « T1+T2 » et la « Série inférieure » sont compactes avec des porosités < à 2% et un volume d'argiles assez élevé (11 à 36%) (Ferraz S. et Benbellil M., 2001). Comme il faut noter la très faible perméabilité dont, les résultats sont confirmés par les pressions. Les résultats de l'interprétation de diagraphie de BKHE-2, attestent que les niveaux gréseux du Trias sont dénués de tout intérêt pétrolier.

On peut dire que cette absence s'explique par la détérioration des paramètres pétrophysiques (très faible porosité et perméabilité) ; la formation est complètement compacte avec une porosité de 0,3 à 2%.

Ce déficit, il faut le chercher dans la distribution ou bien dans l'évolution non uniforme des caractéristiques de réservoir entre les deux puits BKHE-1 et BKHE-2. Cette distribution est une conséquence logique liée à la nature et les processus de dépôt dans le système fluviatile triasique du gisement Ben Kahla Est.

On a pu corréliser toute la série inférieure pour voir les variations des épaisseurs, ce qui n'est pas le cas pour corréliser les lithofaciès, car ces derniers ne sont pas corrélables, puisqu'il s'agit de deux séquences types fining upward ayant des milieux de dépôts différents.

Celles de BKHE-1 au SW elles sont formées d'empilement de chenaux de méandre avec une sédimentation de barres fluviales plus grossières. Ce sont des séquences de chenaux fluviales favorables à l'intérêt pétrolier (forte porosité et perméabilité, etc.).

Vers le NE, les séquences de BKHE-2 évoluent en dépôts de levée et plaine d'inondation (intra-clasts dolomitiques et argileux, des lits d'argiles soulignant les surfaces de stratification et la cimentation argileuse assez abondante), où les corps gréseux sont

discontinus et emballés dans de l'argile de plaine d'inondation qui est beaucoup plus développée.

On peut conclure que les corps gréseux qui sont producteurs à BKHE-1 s'amincissent et disparaissent au niveau de BKHE-2 en même temps que d'autres qui ne sont pas producteurs apparaissent et se développent progressivement vers BKHE-2.

Ces résultats constituent une réponse à la problématique émanant de l'aspect pétrolier du forage de développement BKHE-2 qui c'est avéré négatif.

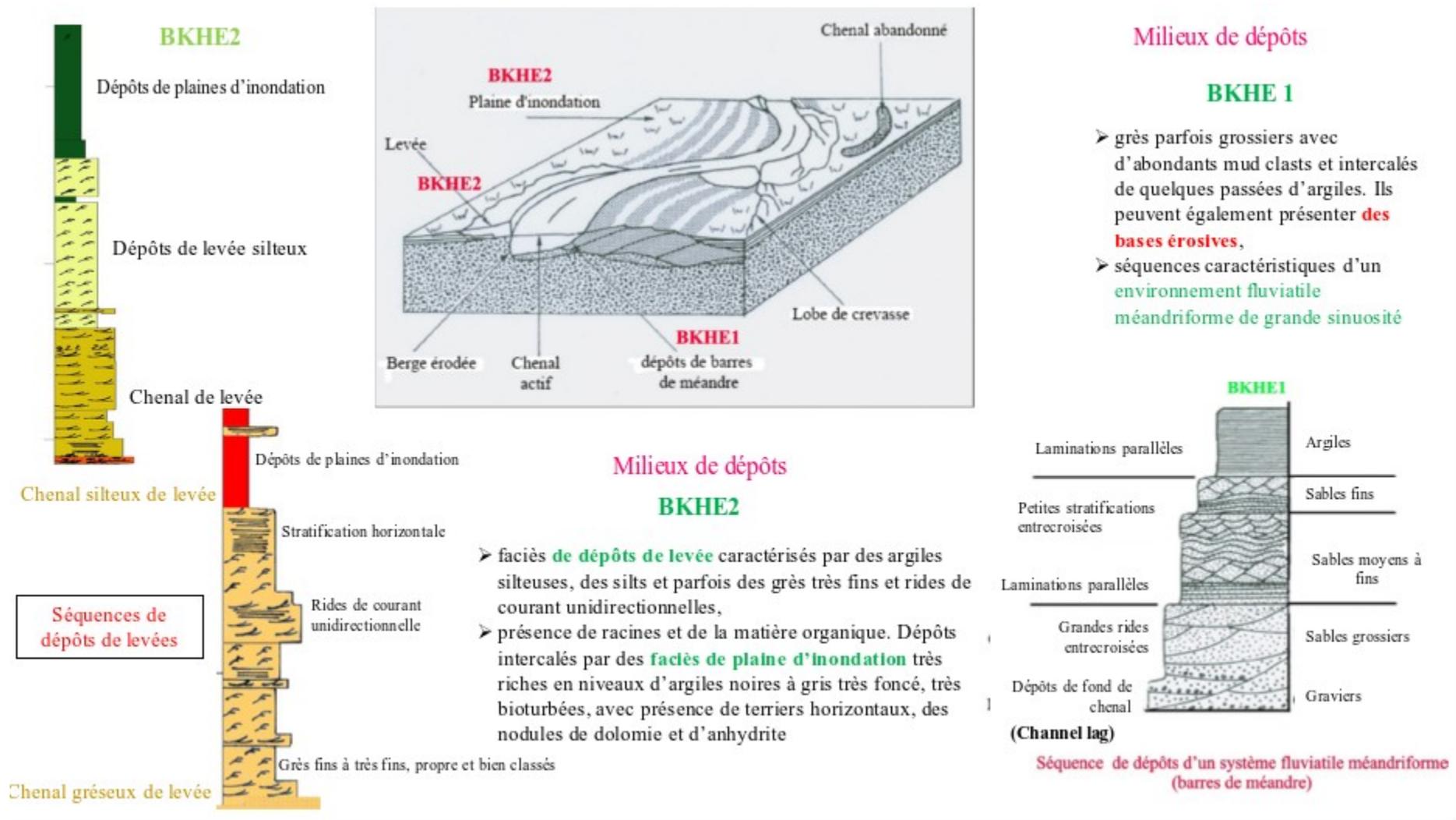
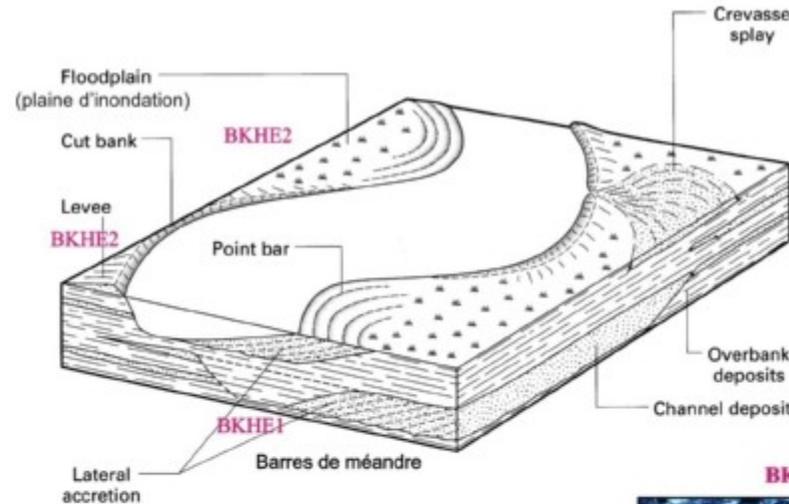


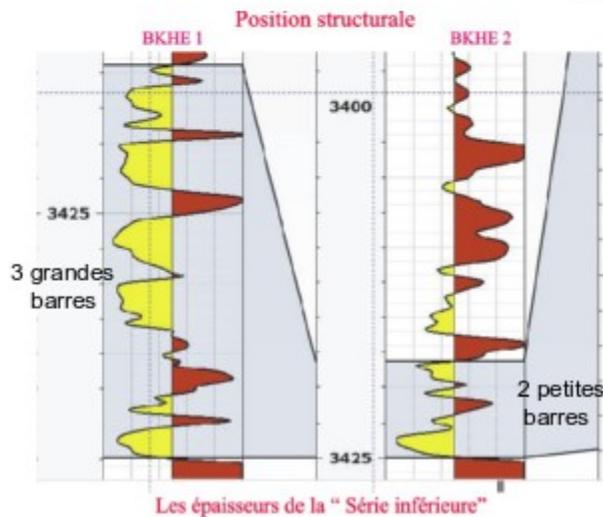
Planche 6 : Milieu de dépôts du BKHE-1 et BKHE-2 (comparaison de séquences)

- BKHE2 se situe **au sommet de la structure**, ce qu'il lui donne un aspect pétrolier **favorable**
- Les épaisseurs de la « Série inférieure » est de 9m à BKHE2 et de 28m à BKHE1
- 3 grandes barres à BKHE1 et 2 petites barres à BKHE2



**La Porosité**

- BKHE2 la porosité est presque nulle
- BKHE1: porosité inter granulaire Primaire importante



**La distribution et l'évolution non uniforme des caractéristiques de réservoir entre les puits BKHE-1 et BKHE-2 est une conséquence liée à la nature des processus de dépôt dans un système fluvial.**

**Lames minces (Texture & Porosité)**

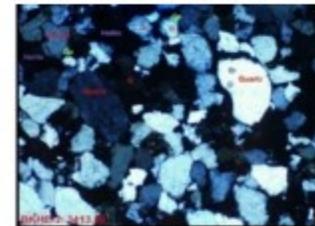
**BKHE2**

**BKHE1**



La halite occupe la totalité des pores existant

Porosité intergranulaire primaire



La silice secondaire et la halite ont obturé les pores

**Planche 7 : comparaison pétrographique et diagraphique entre BKHE-1 et BKHE-2.**

## **Conclusion générale**

## Conclusion générale

Le bassin de Oued M'ya situé dans la province triasique centrale du Nord de la Sahara algérienne, représente un lieu avec grande importance énergétique (pétrole et gaz), subdivisé en plusieurs blocs tel que le bloc 438c, là où se localise Haoud Berkaoui qui est à son tour subdivisé en plusieurs champs (Ben Kahla, Guellala et Berkaoui,... etc).

Le champ d'étude de Ben Kahla Est se présente comme un petit morcellement de Ben Kahla, dont on reconnaît le potentiel productif des puits BKHE (BKHE-1), notant la déception survenu dans le puits BKHE-2 après qu'il était estimé comme puits favorable.

Ce champ présente une géologie diversifié du paléozoïque jusqu'au Mio-Pliocène et les roches réservoirs rencontrées sont : trois séries triasiques et d'autres réservoirs du Paléozoïques (de l'Ordovicien). La série inférieure est la roche réservoir principale dans ce champ qui repose en discordance sur le Paléozoïque (discordance hercynien). Cette série triasique est marquée par des passages volcaniques basaltiques.

Le champ de Ben Kahla Est a subi une tectonique intense induisant a la création de la fracturation qui a abouti à un léger décalage entre ses compartiments.

L'étude des carottes de BKHE-2 de la série inférieure et les lames minces du puits BKHE-1 et BKHE-2 de la « série inférieure » a montré une différence lithologique entre les deux du fait que le BKHE-1 a une roche considérablement poreuse a faible taux d'argile tandis que le BKHE-2 a une faible porosité et présence de la dolomie, de sel et d'argile très fréquentes colmatant l'espace inter granulaire.

Les profils de corrélations montrent le puits BKHE-2 occupe une position spatiale plus proche de la surface.

L'épaisseur de la série inférieure dans le puits BKHE-2 (9m) est fortement réduite en comparant avec les autres puits (de 12m à 28m).

On peut conclure que les corps gréseux qui sont producteurs à BKHE-1 s'amincissent et disparaissent au niveau de BKHE-2 en même temps que d'autres qui ne sont pas producteurs apparaissent et se développent progressivement vers BKHE-2.

Ces résultats constituent une réponse à la problématique émanant de l'aspect pétrolier du forage de développement BKHE-2 qui s'est avéré négatif.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AIT SALEM H. (1990) -Le Trias Détritique de l'Oued M'ya (Sahara Algérien) Sédimentation Estuarienne, Diagenèse et Porogenèse potentialités pétrolières. Thèse de Doctorat, Univ : Lyon I, France.

AMZAL. B (2009) : Analyse Géologique et Pétrophysique de la Zone Sud-Sud-Est du Champ de Haoud Berkaoui développement, Déplétion et Maintien de Pression. Dipl. D'ingénieur spécialisé En GEOSCIENCES, Ecole de Boumerdes.

BENACHOUR H, M. BENDELLALI O, M. BELADJAL. B (2016) : Evaluation corrélative et diagraphique des paramètres pétrophysique dans le gisement de Ben Kahla sud réservoir TAGI (Berkaoui, bassin de Oued M'ya).Dipl. Master. Univ. Ouargla. 64p, 34fig.

BENBELLIL M., BENOUR B., BERRAH R., FERRAZ S. ET LAISSAOUI A., (2001) - Rapport de fin de sondage Ben Kahla Est BKHE 2, Activité amont - division opération, Sonatrach.

BENSACIA. H, AIMENE.C (2016) : contribution a l'étude des caractéristiques géologiques et pétrolières du réservoir TAGI de la région de Haoud Berkaoui (cas du champ de Berkaoui et Ben Kahla Sud). Dipl. Master, Univ .OUARGLA ,57 p, 24fig

BEN TABBA. D, LADOUANIS (2015) : Etude géologique et pétrophysique d'un niveau réservoir (H-C). Dipl. Master, Univ. Oum El Boughi 98p, 58fig.

BENYOUCEFA, (2015) : Cours des diagraphies, Documents .Sonatrach.

BOUDJEMA. A (1987)- Evolution structural du bassin pétrolier "triasique" du Sahara Nord oriental (Algérie). Thèse Doct. D'Etat, Univ. P et M. Curie – Paris (France), n°220. 259 p, 53 fig.

DAHOU.W. (2018) : interprétation des data diagraphiques et pétrophysiques du réservoir triasique du champ de Haoud Berkaoui (Bassin De Oued M'ya). Dipl. Master, Univ. Tlemcen, 50p, 44fig.

HAFSI. F. (2015) : Etude géologique pétrophysique du réservoir série inférieure de Haoud Berkaoui (Ouargla) Sud-est Algérien. Dipl. Magister, Univ. Ouargla, 90 p, 37fig.

HAMEL AICHA & M. BENCHABLA, 2004 : Synthèse d'une Etude Sédimentologique et Diagenétique des Sondages BKHE-1 et BKHE-2 de la région Ben Kahla Est, rapport Sonatrach

HAMZAOUI.N (2018) : interprétation des data diagraphiques et pétrophysiques du réservoir triasique (série inférieure) : cas de bloc de Nechou (Haoud Berkaoui, Bassin de Oued M'ya). Dipl. Master, Univ .Tlemcen, 28 p, 26fig.

KACEMI. M (2017) : Analyse des problèmes géologiques rencontrés dans le forage cas de puits OKJ-52 champs de Haoud Berkaoui. Dipl. D'ingénieur spécialisé En géologie pétrolier, Ecole de Boumerdès, 106 p, 45fig.

KHAZANI.Y, BENNANA.N, (2016) : caractéristiques pétrophysiques du réservoir triasique du champ de Ben Kahla Sud (bassin de Haoud Berkaoui). Dipl. Master, Univ .Tlemcen ,41p 21fig.

MEBROUKI. N (2015) : Etude géologique de l'extension de la zone de Ben Kahla : le model géologique du gisement. Dipl. Magister. Univ. Ouargla, 75p, 38fig.

NEDJARI.A, BENHAMOUCHE.A, HAMDIDOUCHE.R, AIT OUALI.R, AMROUCHE.F, BEBAGHI.F, MESSAMRI. K. (2009) : la géologie saharienne revisitée (1980-2009), service géologique national, pp.77, 53fig, 3tbl.

SOUILAH.O, MAKROUDI.A (2016) : Apport des diagraphies à la reconnaissance géologique du réservoir cambrien (Ra) dans le secteur Nord-Ouest du champ de Hassi Messaoud. Dipl. .Master, Univ .Ouargla ,70 p, 44 fig.

RAPPORT SONATRACH, (2013) : Trias du champ de Ben Kahla : Pétrographie et diagenèse, Activité amont - division laboratoires, Sonatrach

SONATRACH. Interprétation des diagraphies. Division production-Haoud Berkaoui.

SONATRACH. Rapports de description des carottes du champ de Ben Kahla.

SONATRACH. Rapports de description des lames minces du BKHE-1.

## تلخيص

يقع مخزن حوض بركاوي في جنوب التكتل 438 ج. يحتوي على ثلاثة حقول بترولية أساسية , بركاوي, قلالة و بن كحلة بالإضافة إلى بعض الحقول الثانوية. تمثل منطقة « بن كحلة الشرقية » مركز الإهتمام لدراستنا و التي تندرج تحت ضمن حقل بن كحلة. يظهر ه

التركيب الجيولوجية للخزان تظهر هدفين أساسيين : التشكيلة السفلية و هي الهدف رقم 1 و ت 2 ذات أهمية أقل. المستويات المنتجة ذات العصر الترياسي قد ترسبت في بيئة نهريّة. التشكيلة السفلية و هي الخزان الأساسي تتميز بحجارة رملية دقيقة إلى متوسطة، في بعض الأحيان خشنة تتخللها مسالك طينية، مرتبة في مقاطع مجموعة تصاعديا من الخشن إلى الدقيق. هذه السلسلة تقبع فوق الطين الرملي وتلوندي مغطات إما بحمم أنديسياتية التي تكتسب سماكة نحو الجهة الشمالية الشرقية، أو بأرضية بركانية قديمة مكافأة.

بهدف تحليل الخاصية البترولية لحقل بن كحلة الشرقية, العديد من الآبار تمت معاينتها و دراستها (ب كه ش 1, ب كه ش 2,... الخ.). الدراسات الوصفية للصخور و تصنيفها (البيتروغرافية) عن طريق الرقاقات الزجاجية و دراسة الخصائص الفيزيائية للصخور (البيتروفيزياء) عن طريق التسجيلات اللامرئية أفضت إلى تمييز الإمكانات البترولية لكل بئر.

توفيقات إرتباطية إنطلاقا من مراكز ذات إتجاه شمال-جنوب و شرق-غرب تم وضعها عن طريق برنامج « تاغلوغ » لتقفي إنتشار التطور الزمكاني للخزان الترياس الرملي-الطيني « التشكيلة السفلية ».

في النهاية, تحليل البيانات الرسوبية, إضافة إلى معطيات التوفيقات المبينة إنطلاقا من الآبار المعنية كشفت أن الخزان الجوفي « التشكيلة السفلية » أظهر تباينات مهمة, بيئة الترسيب , المسامية-النفاذية و السماكة-الخصائص الصخرية,

هذه النتائج تشكل إجابة على الإشكالية المنبثقة من الخصائص البترولية لبئر التسمية ب كه ش 2 الذي إتضح أنه غير منتج.

**الكلمات المفتاحية :** حوض بركاوي - بن كحلة الشرقية - ب كه ش 1 - ب كه ش 2 - التشكيلة السفلية - علم الصخور - علم الرسوبيات - التوفيقات - الخصائص البترولية لبئر ب كه ش 2.