

N° Ordre...../Faculté/UMBB/2017

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA
BOUMERDES



Faculté des hydrocarbures et de la chimie

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme :

MASTER

Présenté par

KHAOUA BILAL

Filière : Hydrocarbures

Option : Géologie Pétrolière

Thème

**Etudes pétrographiques et diagénétique, et analyse des
paramètres pétrophysiques du trias argilo-gréseux du
champ de Haoud Berkaoui, Bassin de Oued Mya.**

Devant le jury :

Mme. DERRIDJA

Melle. BENAYAD.S

Melle. YASSBA.L

Encadré par :

Mr. BELHADI, AHMED

Mme. AMIA Z' HOUR

Année universitaire : 2016/2017

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE..... Error! Bookmark not defined.

CHAPITRE 1 : CADRES GEOLOGIQUE REGIONAL ET LOCAL

I.1 INTRODUCTION:ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

I.2 CADRE GEOLOGIQUE DU BASSIN DE OUED MYA :ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

I.2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE : ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

I.2.2. SITUATION GÉOLOGIQUE : ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

I.2.3. HISTORIQUE DE LA RECHERCHE : ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

I.2.4. STRATIGRAPHIE DU BASSIN DE OUED MYA : ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

I.2.4.1 Le Paléozoïque : Error! Bookmark not defined.

A. Le Cambrien : Error! Bookmark not defined.

B. L'Ordovicien : Error! Bookmark not defined.

❖ Argiles d'El Gassi:..... Error! Bookmark not defined.

❖ Grès d'El Atchane: Error! Bookmark not defined.

❖ Quartizites de Hamra:..... Error! Bookmark not defined.

❖ Grès de Ouargla:..... Error! Bookmark not defined.

❖ Argiles d'Azzel: Error! Bookmark not defined.

❖ Grès de Oued Saret: Error! Bookmark not defined.

❖ Argiles microconglomératiques: Error! Bookmark not defined.

❖ Dalle de M'krata: Error! Bookmark not defined.

C. Le Silurien: Error! Bookmark not defined.

D. Le Dévonien inférieur: Error! Bookmark not defined.

I.2.4.2. Le Mésozoïque: Error! Bookmark not defined.

A. Le Trias : Error! Bookmark not defined.

❖ La Série inférieure : Error! Bookmark not defined.

❖ Roches éruptives : Error! Bookmark not defined.

❖ Le Trias T1: Error! Bookmark not defined.

❖ Le Trias T2: Error! Bookmark not defined.

❖ Le Trias argileux : Error! Bookmark not defined.

❖ Le Trias salifère "S₄":..... Error! Bookmark not defined.

B. Le Jurassique : Error! Bookmark not defined.

❖ Le Lias: Error! Bookmark not defined.

➤ Lias argileux : Error! Bookmark not defined.

➤ Lias S3 : Error! Bookmark not defined.

➤ Lias S1 + S2:..... Error! Bookmark not defined.

➤ Lias Horizon "B":	Error! Bookmark not defined.
➤ Lias salifère:	Error! Bookmark not defined.
➤ Lias anhydritique:.....	Error! Bookmark not defined.
❖ Le Dogger:	Error! Bookmark not defined.
➤ Dogger Lagunaire:.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Dogger argileux:.....	Error! Bookmark not defined.
❖ Le Malm :	Error! Bookmark not defined.
C. Le Crétacé :	Error! Bookmark not defined.
<i>1.2.4.3. Le Cénozoïque:.....</i>	Error! Bookmark not defined.
1.2.5. APERCU TECTONIQUE :	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
I.3 CADRE GEOLOGIQUE LOCAL	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
I.3.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE:.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
I.3.2. SITUATION GEOLOGIQUE:	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
I.3.3. LES CHAMPS DE LA REGION :.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
<i>a- Champ de Haoud-Berkaoui :.....</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>b- Champ de Benkahla :.....</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>c- Champ de Guellala :.....</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>d- La Périphérie :</i>	Error! Bookmark not defined.
I.3.4. HISTORIQUE :.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
I.3.5. ASPECT STRUCTURAL LOCAL:	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
I.3.6. STRATIGRAPHIE DU CHAMP DE HAUD-BERKAOUI :	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
I.3.7. L'ASPECT PETROLIER :	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
<i>a- Les roches mères et l'alimentation des réservoirs :</i>	Error! Bookmark not defined.
<i>b- Les roches réservoirs :.....</i>	Error! Bookmark not defined.
➤ La série inférieure.	Error! Bookmark not defined.
➤ Le Trias T ₁	Error! Bookmark not defined.
➤ Le Trias T ₂	Error! Bookmark not defined.
<i>c- Les roches couvertures :.....</i>	Error! Bookmark not defined.

Chapitre II étude pétrographique et diagénétique

II. Introduction	Error! Bookmark not defined.
II.1. Méthodologie	Error! Bookmark not defined.
II. 1.1. Description de carottes	Error! Bookmark not defined.
II. 1.2. Préparation des échantillons.....	Error! Bookmark not defined.
II. 1.3. Analyse au microscope optique.....	Error! Bookmark not defined.
II. .1.5. Analyse au microscope électronique à balayage (MEB)	Error! Bookmark not defined.
II.2. Résultats :	Error! Bookmark not defined.
II..2. 1. LE SONDAGE BKO-1 :	Error! Bookmark not defined.
II.2.1.1 le Trias T1 (Intervalle 3503 à 3517.5 m).....	Error! Bookmark not defined.

A .Lithologie :	Error! Bookmark not defined.
B .Les éléments figurés.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Les grains de quartz.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Les micas	Error! Bookmark not defined.
➤ Les feldspaths.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Les minéraux lourds	Error! Bookmark not defined.
C . Les Ciments	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment siliceux.....	Error! Bookmark not defined.
❖ Le ciment siliceux de nourrissage.....	Error! Bookmark not defined.
❖ Le ciment siliceux de compaction.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment argileux	Error! Bookmark not defined.
❖ L'illite.....	Error! Bookmark not defined.
❖ La chlorite.....	Error! Bookmark not defined.
❖ La kaolinite	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment carbonaté.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment pyriteux.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment ferrugineux.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment évaporitique (halite et anhydrite) ...	Error! Bookmark not defined.
D . LA POROSITE.....	Error! Bookmark not defined.
II.2.1.2.. Roches éruptives du Trias (intervalle 3518 à 3521.5 m)	Error! Bookmark not defined.
II.2.1.3. Série inférieure du Trias (Intervalle 3589.5 à 3607 m)	Error! Bookmark not defined.
A .Lithologie :	Error! Bookmark not defined.
B .Les éléments figurés.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Le quartz	Error! Bookmark not defined.
➤ Les micas.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Les feldspaths	Error! Bookmark not defined.
➤ Les minéraux lourds	Error! Bookmark not defined.
C .Les ciments	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment siliceux.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment argileux	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment carbonaté.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment ferrugineux.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment évaporitique (halite et anhydrite) ..	Error! Bookmark not defined.
D .la porosité	Error! Bookmark not defined.
II.2.1.4 Le Silurien (Intervalle 3705.5 à 3835)	Error! Bookmark not defined.
II.3.Sondage BKHE-1	Error! Bookmark not defined.
II.3.1..Réservoir Trias (3401 m à 3425,5 m)	Error! Bookmark not defined.
A ..Les éléments figurés.....	Error! Bookmark not defined.

➤ Les grains de quartz.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Les micas.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Les feldspaths :.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Les minéraux lourds:	Error! Bookmark not defined.
B .Les ciments:	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment siliceux.....	Error! Bookmark not defined.
❖ Le ciment siliceux de nourrissage	Error! Bookmark not defined.
❖ Le ciment siliceux de compaction	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment argileux :	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment carbonate :.....	Error! Bookmark not defined.
➤ Le ciment pyriteux.....	Error! Bookmark not defined.
➤ L'anhydrite.....	Error! Bookmark not defined.
C .La porosité :	Error! Bookmark not defined.
II.3 Etude diagénétique.....	Error! Bookmark not defined.
II.3.1. Phénomènes diagénitiques	Error! Bookmark not defined.
La silicification.....	Error! Bookmark not defined.
Transformation des argiles.....	Error! Bookmark not defined.
Précipitation des carbonates	Error! Bookmark not defined.
Développement du ciment pyriteux.....	Error! Bookmark not defined.
Développement du ciment ferrugineux.....	Error! Bookmark not defined.
Dissolution de la silice.....	Error! Bookmark not defined.
Porosité de dissolution (dissolution partielle d'un feldspath).....	Error! Bookmark not defined.
Altération des micas	Error! Bookmark not defined.
Transformation des feldspaths.....	Error! Bookmark not defined.
II.3.2 Séquence diagénitique.....	Error! Bookmark not defined.
II.4 CONCLUSION.....	Error! Bookmark not defined.

Chapitre III : analyse des paramètres pétrophysiques

III. Introduction:	Error! Bookmark not defined.
III.1 Analyse Statistique de la porosité et de la perméabilité:.....	Error! Bookmark not defined.
III.1.1-Puits BKO-1 :	Error! Bookmark not defined.
a- L'histogramme de la porosité :	Error! Bookmark not defined.
b- L'histogramme de la perméabilité:	Error! Bookmark not defined.
c-La relation entre la perméabilité et la porosité :	Error! Bookmark not defined.
III.1.2-Puits BKO-2 :	Error! Bookmark not defined.
a- L'histogramme de la porosité :	Error! Bookmark not defined.

b- L'histogramme de la perméabilité:	Error! Bookmark not defined.
c-La relation entre la perméabilité et la porosité :	Error! Bookmark not defined.
III.1.3.-Puits BKO-3 :	Error! Bookmark not defined.
a- L'histogramme de la porosité :	Error! Bookmark not defined.
b- L'histogramme de la perméabilité :	Error! Bookmark not defined.
c- La relation entre la perméabilité et la porosité:	Error! Bookmark not defined.
III.1.4.-Puits BKO-4 :	Error! Bookmark not defined.
a- L'histogramme de la porosité :	Error! Bookmark not defined.
b- L'histogramme de la perméabilité :	Error! Bookmark not defined.
c- La relation entre la perméabilité et la porosité:	Error! Bookmark not defined.
III.1.5.-Puits BKO-5 :	Error! Bookmark not defined.
a- L'histogramme de la porosité :	Error! Bookmark not defined.
b- L'histogramme de la perméabilité :	Error! Bookmark not defined.
c- La relation entre la perméabilité et la porosité:	Error! Bookmark not defined.
III.1.6.-Puits BKOS-1 :	Error! Bookmark not defined.
a- L'histogramme de la porosité :	Error! Bookmark not defined.
b- L'histogramme de la perméabilité :	Error! Bookmark not defined.
c- La relation entre la perméabilité et la porosité:	Error! Bookmark not defined.
III.1.7.-Puits BKOP-3 :	Error! Bookmark not defined.
a- L'histogramme de la porosité :	Error! Bookmark not defined.
b- L'histogramme de la perméabilité :	Error! Bookmark not defined.
c- La relation entre la perméabilité et la porosité:	Error! Bookmark not defined.
III.2 Discussion et Conclusion :	Error! Bookmark not defined.
CONCLUSION GENERALE	Error! Bookmark not defined.

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

➤ Chapitre I

- Figure I.1** : Situation géographique et géologique du bassin de Oued Mya.....04
- Figure I.2** : Colonne stratigraphique du Bassin de Oued Mya (D'après SONATRACH).....11
- Figure I.3** : Section stratigraphique du Trias argilo-gréseux (D'après SONATRACH).....12
- Figure I.4** : Schéma tectonique du bassin de Oued Mya (SH/EXPLORATION).....14
- Figure I.5**: Situation géographique du champ de Haoud Berkaoui et des champs limitrophes.16

➤ Chapitre II

- Figure II.A** : carotte 01 a l'Intervalle 3503 à 3517.5 m du Trias T1 **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.01**: Grès fin argilo-siliceux..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.02**: Les différents contacts (concavo-convexe et suturé) marquant les deux stades de la pression-dissolution..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.03**: Grès quartzitique à contact droit-tangentiel **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.04**: Déformation plastique de la Muscovite par l'effet de la compaction **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.05**: Le contact entre ces grains de quartz est flottant sur le ciment carbonaté **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.06**: Grès avec quartz et quelques feldspaths fortement altérés et dissouts. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.07**: Développement de la silice secondaire autour des grains de quartz **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.08**: Vue globale d'un grès mature, fin, sub-anguleux à sub-arrondie et très compact suite à une forte compaction (contact concavo-convexe) **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.10**: Mise en évidence du ciment argileux intergranulaires de type illite/kaolinite. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.09**: Vue globale d'un grès mature, fin, sub-anguleux à sub-arrondie et très compact **Error! Bookmark not defined.**
- suite à une forte compaction (contact concavo-convexe) **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.11**: Grès moyen à fin argilo-siliceux carbonaté. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.12**: Grès fin argilo-siliceux carbonaté..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.13**: Carbonates en remplissage **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.14**: Développement du ciment pyritique. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.15**: Porosité de dissolution. **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.16**: Porosité intergranulaire **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.17** : Mise d'une texture doléritique composée de feldspaths (plagioclases), d'illite, de chlorite et d'oxydes de fer **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.B** : Carotte 01 a l'Intervalle 3503 à 3517.5 m roches éruptives du Trias **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.C** : Carotte 02 a l'Intervalle (Intervalle 3589.5 à 3607 m) Série inférieure du Trias **Error! Bookmark not defined.**
- Figure II.18** : Grès moyen à grossier argilo-siliceux..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.19 : Feldspath à un stade très avancé d'altération et de dissolution **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.20: Grès fine argilo-siliceux..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.21 : Grès fin à très fin argilo-siliceux. Ciment argileux intergranulaire de type illite. **Error! Bookmark not defined.**

Remarquer un grain de zircon en haut à droite **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.22: Grès fin argilo-siliceux Illustration du développement de la silice de nourrissage. **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.23: Développement d'un ciment sidéritique. **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.24: Transformation de l'anhydrite par la calcite. **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.25: Développement d'un réseau poreux intergranulaire issu de la dissolution **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.26: Grès moyen argilo-siliceux. **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.27 : Silurien. Argile silteuse. Mise en évidence d'une argile silteuse du Silurien. **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.D : Le Silurien (Intervalle 3705.5 à 3835) **Error! Bookmark not defined.**

Figure II. E : Log Pétrographique du puit BKO-1 49

Figure II.F: Log mineralogique du puits BKO-1 50

Figure II.28 : Les grains de quartz flotté dans le ciment carbonaté **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.29 : Grains arrondis **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.30 : Porosité de dissolution (dissolution partielle d'un feldspath) **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.31: Texture mode bimodale **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.32 : Précipitation de l'anhydrite dans une microfissure. **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.33: Transformation d'un grain détritique probablement un feldspath en kaolinite. **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.34: Grès moyen à grossier argilo-siliceux carbonaté Développement de la pyrite (P) **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.35: Développement important de la silice secondaire . **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.36: Grès fin carbonaté Développement intense de la dolomite (Do). **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.37: Grès fin argilo-siliceux Mise en évidence du réseau poreux de dissolution. **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.38: Porosité de fissure..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.39: Pores primaires et secondaire connectée..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.G: log pétrographique du puits BKHE-2 **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.H : Log minéralogique du puits BKHE-2 **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.40 et 41: Développement du ciment siliceux secondaire abondant obturant tous les pores intergranulaires. **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.42: La dissolution des minéraux instables et les ciments authigène favorisent la création d'une porosité secondaire importante qui peut atteindre les 15%. **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.43: Développement du ciment argileux par le phénomène d'illitisation des micas. **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.44: Mise en évidence du ciment argileux intergranulaires de type illite/kaolinite. **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.45: Transformation d'un grain détritique probablement un feldspath en kaolinite. **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.46: Développement d'un ciment carbonaté dans un grès moyen **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.47: Grès fin carbonaté. Développement intense de la dolomite (Do). **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.48: Ciment carbonaté oxyde de fer (sidérite) Mise en évidence du développement intense des oxydes de fer **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.49: La précipitation des ciments carbonatés et sulfatés (anhydrite). La coexistence de ces deux ciments renforce l'hypothèse de substitution des éléments chimiques (CaSO₄ et CaCO₃). **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.50: Pyrite qui épigénise la matière organique (MO) . **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.51: Porosité de dissolution (dissolution partielle d'un feldspath) **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.52: Amélioration de la porosité par la dissolution partielle des carbonates **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.53: Développement d'un ciment argileux authigène issu de la transformation des micas blancs. **Error! Bookmark not defined.**

Figure II.I : séquence diagenétique des réservoirs triasique **Error! Bookmark not defined.**

➤ Chapitre III

Figure III.1 : L'histogramme de la porosité de puits BKO-1 71

Figure III.2 : L'histogramme de la perméabilité du puits BKO-1 71

Figure III.3: La relation entre la perméabilité et la porosité du puits BKO-1 72

Figure III.4: L'histogramme de la porosité du puits BKO-2 73

Figure III.5: L'histogramme de la perméabilité du puits BKO-2 74

Figure III.6: La relation entre la perméabilité et la porosité du puits BKO-2 74

Figure III.7: L'histogramme de la porosité du puits BKO-3 76

Figure III.8: L'histogramme de la perméabilité du puits BKO-3 76

Figure III.9: La relation entre la perméabilité et la porosité du puits BKO-3 77

Figure III.10: L'histogramme de la porosité du puits BKO-4 78

Figure III.11: L'histogramme de la perméabilité du puits BKO-4 79

Figure III.12: La relation entre la perméabilité et la porosité du puits BKO-4 79

Figure III.13: L'histogramme de la porosité du puits BKO-5 80

Figure III.14: L'histogramme de la perméabilité du puits BKO-5 81

Figure III.15: La relation entre la perméabilité et la porosité du puits BKO-5 81

Figure III.16: L'histogramme de la porosité du puits BKOS-1 83

Figure III.17: L'histogramme de la perméabilité du puits BKOS-1 83

Figure III.18: La relation entre la perméabilité et la porosité du puits BKOS-1 84

Figure III.19 : L'histogramme de la porosité du puits BKOP-3 85

Figure III.20: L'histogramme de la perméabilité du puits BKOP-3 85

Figure III.21: La relation entre la perméabilité et la porosité du puits BKOP-3 86

➤ Conclusion

INTRODUCTION GENERALE

Le bassin de Oued-Mya est parmi les provinces pétrolières les plus importantes du Sud algérien. Son exploration a connu un important succès au cours de ces dernières années. Le champ de Haoud Berkaoui, découvert en 1960 dans la dépression de Oued Mya est situé au Sud-Est de Hassi R'mel. Ces formations à hydrocarbures, d'âge Triasique sont représentées par les séries argilo-gréseuses : T1, T2 et la série inférieure.

Depuis la découverte du champ de Haoud Berkaoui, les techniques de traitement et d'acquisition des données ont énormément évoluées. Ces données, notamment les propriétés pétrophysiques (Porosité et perméabilité) sont extrêmement hétérogènes. Ce qui est à l'origine du problème des résultats des puits forés, qui sont parfois productifs et parfois non productifs.

Notre étude s'inscrit dans le cadre du développement du périmètre de Haoud Berkaoui et a pour but de réaliser une étude pétrographique, diagénétique et pétrophysique afin de déterminer les tendances de changement des différents paramètres étudiés à savoir la porosité et la perméabilité.

Cette étude est scindée en trois chapitres :

- Le premier chapitre traite des généralités sur le bassin de Oued Mya.
- Le deuxième chapitre présente le Cadre géologique local de Haoud Berkaoui
- Le troisième chapitre présente l'analyse pétrographique et diagénétique pour déterminer les constituants minéralogiques et les différents phénomènes diagénétiques qui ont affectés les réservoirs.
- Le quatrième chapitre présente une Analyse des paramètres pétrophysiques, et la relation entre eux.

Et enfin une conclusion générale.

I.1 Introduction:

La plateforme saharienne s'est structurée au Paléozoïque en plusieurs bassins séparés par des zones hautes. Elle comprend un socle précambrien sur lequel repose en discordance une puissante couverture sédimentaire.

La province Triasique, dite également province Nord orientale du Sahara, est située dans la partie septentrionale de la plate-forme saharienne. La superficie approximative de cette province est de 300.000km². Elle fait l'objet de plusieurs études et contient les plus grandes découvertes d'hydrocarbures en Algérie. Cette province est comprise entre le bassin du grand erg oriental à l'Est et la frontière Tunisienne, l'accident Sud Atlasique au Nord et le grand erg occidental à l'Ouest, au Sud elle est limitée par le domaine d'existence des formations Triasiques : c'est une ligne sinueuse qui va de l'Est du bassin de Béchar jusqu'au Nord du bassin d'Illizi.

Les dépôts étalés du Paléozoïque dans la province triasique sont affectés par l'orogénèse hercynienne. Les formations du Trias, par lesquelles débute le Mésozoïque, sont donc discordantes sur le Paléozoïque.

Dans la moitié occidentale de cette province, les accumulations d'hydrocarbures découvertes à ce jour, peuvent être regroupées en quatre:

- A l'Est, le gisement de Hassi Messaoud et ses périphéries.
- A l'Ouest, le gisement de Hassi R'mel.

Entre ces deux gisements géants, on distingue :

- La région d'Oued Noumer.
- L'axe du sillon d'Oued Mya.

I.2 Cadre géologique du bassin de Oued Mya :

I.2.1 Situation géographique :

Oued Mya est une dépression de la plate forme saharienne, correspondant à la partie occidentale de la province triasique algérienne.

Elle est limité au Nord par les permis Talemzane, Touggourt, à l'Est par le champ de Hassi Messaoud, au Nord-ouest par le champ de HassiR'mel, et au Sud, elle est ouverte sur la dépression de Mouydir. Ses limites géographiques sont: Les parallèles 31°15' et 33°00' la limite respectivement au Sud et au Nord et les méridiens 3°30' et 6°15' la limite à l'Ouest et à l'Est.

Elle englobe les blocs: 438,425,422,437,436,318,420,419,418,417 et 416, appartenant au district 4 de la Sonatrach. Un climat désertique et une surface topographique constituée surtout d'Ergs et de Regs avec quelques chotts et sebkhas d'âge Mio-Pliocène caractérisent cette région.

I.2.2 Situation géologique :

Le bassin de Oued Mya est un paléosynclinal de direction SW-NE, limité à l'Ouest par la dorsale Idjerane – M'Zab (composé du mole d'Allal et le mole de Tilrhmet), au Nord par le système Djemaa – Touggourt, et au Sud, il s'ouvre sur la dépression de Mouydir.

Le bassin de Oued Mya est affecté par plusieurs bourrelets de direction NE – SW dont la majorité sont liés à un système de failles de mêmes direction. Parmi les plus importants, on peut citer : le bourrelet d'Erg Djouad qui s'étend jusqu'à Benkahla – HaoudBerkaoui et se prolonge jusqu'au blok 417 en passant par Guellala, N'goussa et Boukhezana, le bourrelet de Tahtani, le bourrelet de Kef el Argoub et le bourrelet de Djerrah.

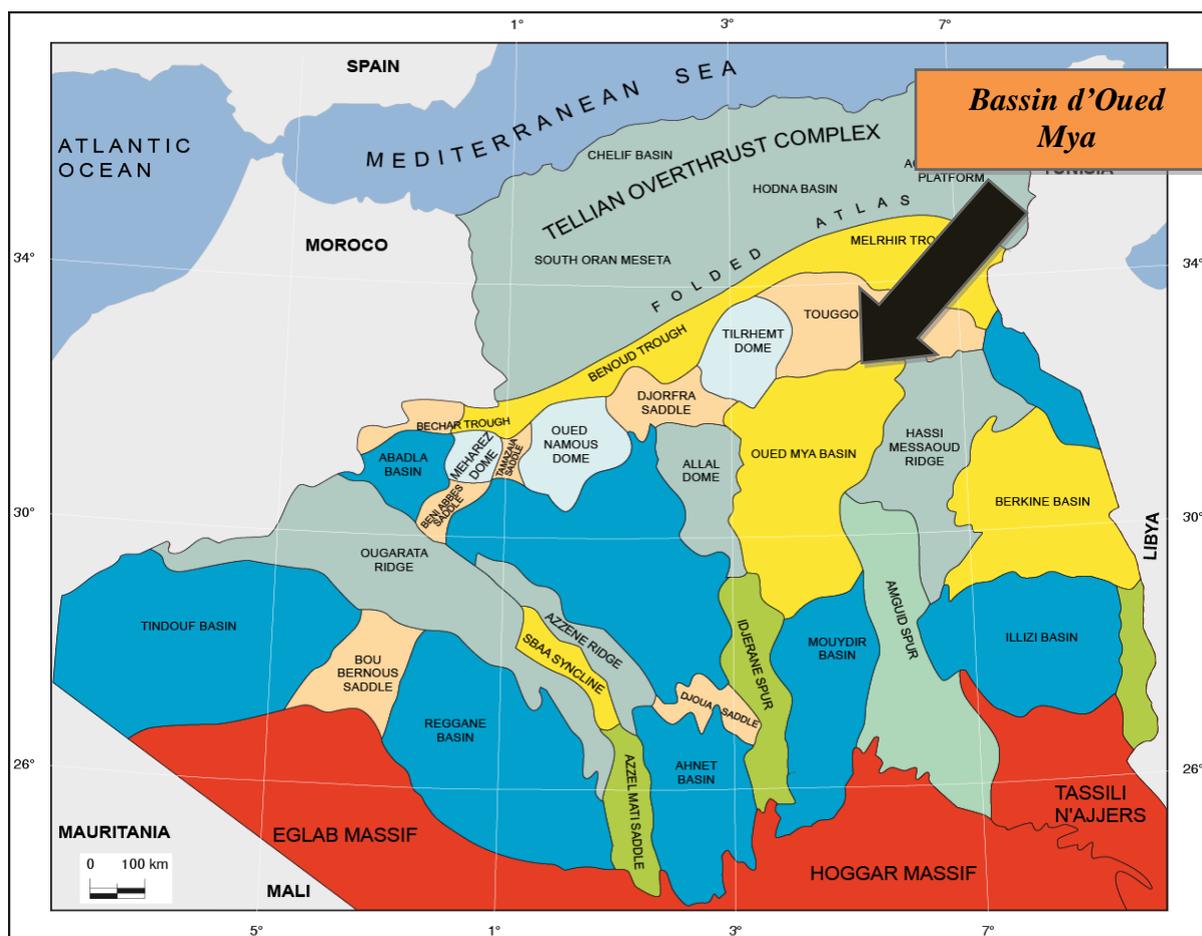


Figure.I.1: Situation géographique et géologique du bassin de Oued Mya (document Sonatrach).

I.2.3. Historique de la recherche :

Le sondage Be-1, premier dans la région fut implanté en octobre 1952 .Il avait pour but principal, la reconnaissance des terrains sédimentaires mésozoïques et paléozoïques avec identifications des différents marqueurs sismiques.

Cette première implantation faite suite à une campagne gravimétrique complétée par la sismique réfraction suite à la découverte d'indice pétrolier dans la série détritique du Trias mis en évidence, Hr-1 fut implanté.

En 1956, AF-1 posa le problème d'un éventuel biseau stratigraphique suite à l'amincissement du Trias détritique.

AF-2, AF-3 et AF-4, AK-1 furent implantés afin de suivre l'extension du Trias détritique.

De l'eau salée avec quelques indices d'hydrocarbures fut mise à jour.

Les nouvelles campagnes sismiques ont localisé des zones à prospection.

Dans la partie centrale du bassin triasique en 1969-1972, de l'huile fut découverte dans les grès du Trias à bonnes propriétés pétrophysiques.

Les gisements de Oued Noumer, Djorf, Makouda et Ait-Kheir sont situés dans le Sahara septentrional entre le champ de HassiR'mel, HaoudBerkaoui et Hassi Messaoud.

La découverte du champ de Oued Noumer a été faite en 1969 par les puits ONR-1, il produit de l'huile et du gaz à partir des réservoirs "A" et "B" du Trias.

Le champ de Ait-Kheir juste après c.à.d. en 1971 par le puits ATK-1, Djorf en 1974 et enfin le champ de Makouda en 1975. Ces derniers produisent à partir du niveau "A" du Trias uniquement.

I.2.4. Stratigraphie du bassin de oued mya :

La découverte sédimentaire du sillon est représentée par les dépôts paléozoïques et mésozoïques. Son épaisseur moyenne est d'environ 5000m.

I.2.4.1 Le Paléozoïque :

Reposant sur le socle cristallophyllien, il s'amincit d'une façon progressive (phénomène du à l'érosion hercynienne) vers l'Est et l'Ouest par rapport au

centre du bassin (bloc438).Il se compose du Cambrien, de l'Ordovicien, du Silurien et du Dévonien inférieur.

A. Le Cambrien :

C'est un ensemble grès-conglomératique d'origine continentale, subdivisé en quatre unités: R₃, R₂, lithozones R_a et R_i Aucun puits ne l'a entièrement traversé, son épaisseur moyenne est de 500m.

B. L'Ordovicien :

Débutant par une transgression marine qui marque la fin des dépôts continentaux du Cambrien, cette formation montre un ensemble de dépôts très diversifiés.

- ❖ Argiles d'El Gassi: Ce sont des argiles grises, silteuses, glauconieuses, ainsi que de fines passées de silstone de glauconie et des intercalations de coulées volcaniques par endroit.
- ❖ Grès d'El Atchane: Ce sont des grès argileux parfois siliceux ou quartzitiques.
- ❖ Quartzites de Hamra: Très caractéristique par son faciès qui montre une grande homogénéité.Cette formation est représentée par des quartzites blancs, fins et moyens, intercalés de grès quartzitiques à Tigillite.
- ❖ Grès de Ouargla: Alternances irrégulières d'argiles silteuses sombres, micacées et de grès fins, argileux parfois siliceux à quartzitique.
- ❖ Argiles d'Azzel: Argiles grises silteuses micacées, avec par endroits des coulées volcaniques.
- ❖ Grès de Oued Saret: Alternances de grès gris-blanc, fin à moyen quartzitique et d'argiles gris-noires, silteuses, micacées.

- ❖ Argiles microconglomératiques: Argiles noires à gris-noire à nombreux grains de quartz arrondis et intercalations de grès fins, quartzitiques.
- ❖ Dalle de M'krata: C'est un faciès constitué de grès quartzitiques généralement très fins.

C. Le Silurien:

Considéré comme roche mère principale, grâce à sa partie basale appelée "argiles radioactives". Cette formation est représentée par des argiles grises noires fortement radioactives, à fines passées de carbonates, très fossilifères (Graptolites, Lamellibranches...)

D. Le Dévonien inférieur:

C'est la formation paléozoïque la plus jeune gisant sous discordance, surtout dans la partie centrale du bassin de direction NE / SW (bloc 417, 438,425).

Cette formation est constituée par des argiles grises, pyriteuses avec intercalation de niveaux gréseux d'épaisseur variant de 5 à 15m, surtout dans sa partie basale.

Les grès sont fins à moyens, gris clairs à grains sub-arrondis à sub-anguleux et à ciment argilo-carbonaté.

I.2.4.2. Le Mésozoïque:

Son épaisseur moyenne est de 3700m. Il se subdivise en trois grandes séries : Trias, Jurassique et Crétacé.

A. Le Trias : son épaisseur moyenne est de 350m. Il est constitué de :

❖ La Série inférieure :

C'est un ensemble argilo-gréseux, d'origine continentale, reposant en discordance angulaire sur le Paléozoïque. Son extension se limite à l'Ouest de la région. Son épaisseur diminue vers le Nord et le Nord-ouest, elle est constituée de grès gris à bruns, fins à moyens, argilo-siliceux à intercalations d'argiles bruns-rouges

❖ Roches éruptives :

Ces épanchements volcaniques ont une épaisseur très variable atteignant 143m à GLAI et diminuant sur le flanc Ouest du bassin jusqu'à disparition.

On note par endroits la présence de minces bancs de grès intercalés dans ces coulées.

❖ Le Trias T1:

C'est l'unité qui se développe au sommet des roches éruptives et qui comprend des intervalles distincts d'argiles aussi bien à la base qu'au sommet avec certains niveaux intermédiaires de grès .La diminution d'épaisseur des roches éruptives sur les flancs Nord-Ouest, Nord et Nord-Est est compensée par le développement des bancs de grès d'où l'épaississement de l'unité.

Au NW, la base du T1 est parfois subdivisée en "B" et "C" soit un équivalent approximatif de coulée éruptive.

❖ Le Trias T2:

Correspond au dernier épisode silico-gréseux du Trias qui évolue progressivement vers un faciès argileux.

❖ Le Trias argileux :

Est constitué d'argiles pâteuses, salifères avec une épaisseur plus ou moins constante.

❖ Le Trias salifère "S₄":

C'est l'unité finale triasique qui marque l'installation du cycle évaporitique couvrant toute la série argilo-gréseuse du Trias .Elle est constituée de sel.

B. Le Jurassique :

C'est une épaisse série laguno-marine de 1450m d'épaisseur moyenne .Elle est à prédominance évaporitique devenant argilo-gréseuse dans sa partie supérieure.

❖ Le Lias: Il est constitué de :

- **Lias argileux :** Alternance d'argile salifère et de sel.
- **Lias S3 :** Sel massif
- **Lias S1 + S2:**Sel et anhydrite
- **Lias Horizon "B":** Calcaire dolomitique, marneux.
- **Lias salifère:** Sel à passées d'argiles.
- **Lias anhydritique:** Anhydrite à passées de dolomie

❖ Le Dogger:

- **Dogger Lagunaire:** Argiles avec passées d'anhydrite, de calcaire et de dolomie.
- **Dogger argileux:** Argiles avec passées de calcaire, de dolomie et d'anhydrite.

❖ Le Malm : Alternances irrégulières d'argiles et de grès, à passées de marnes et trace d'anhydrite.

C. Le Crétacé :

C'est la série Mésozoïque la plus puissante, avec 1900m d'épaisseur moyenne.

Le Crétacé inférieur est en général représenté par des dépôts clastiques continentaux. Sa partie supérieure est formée de sédiments halogènes, d'origine marine et lagunaire

I.2.4.3. Le Cénozoïque:

Peu épais, cet étage est constitué de sable et de grés du Mio-Pliocène. Quelques sondages dans la moitié Nord du bassin ont rencontré des gypses, anhydrites, dolomies, argiles et marnes de l'Eocène inférieur.

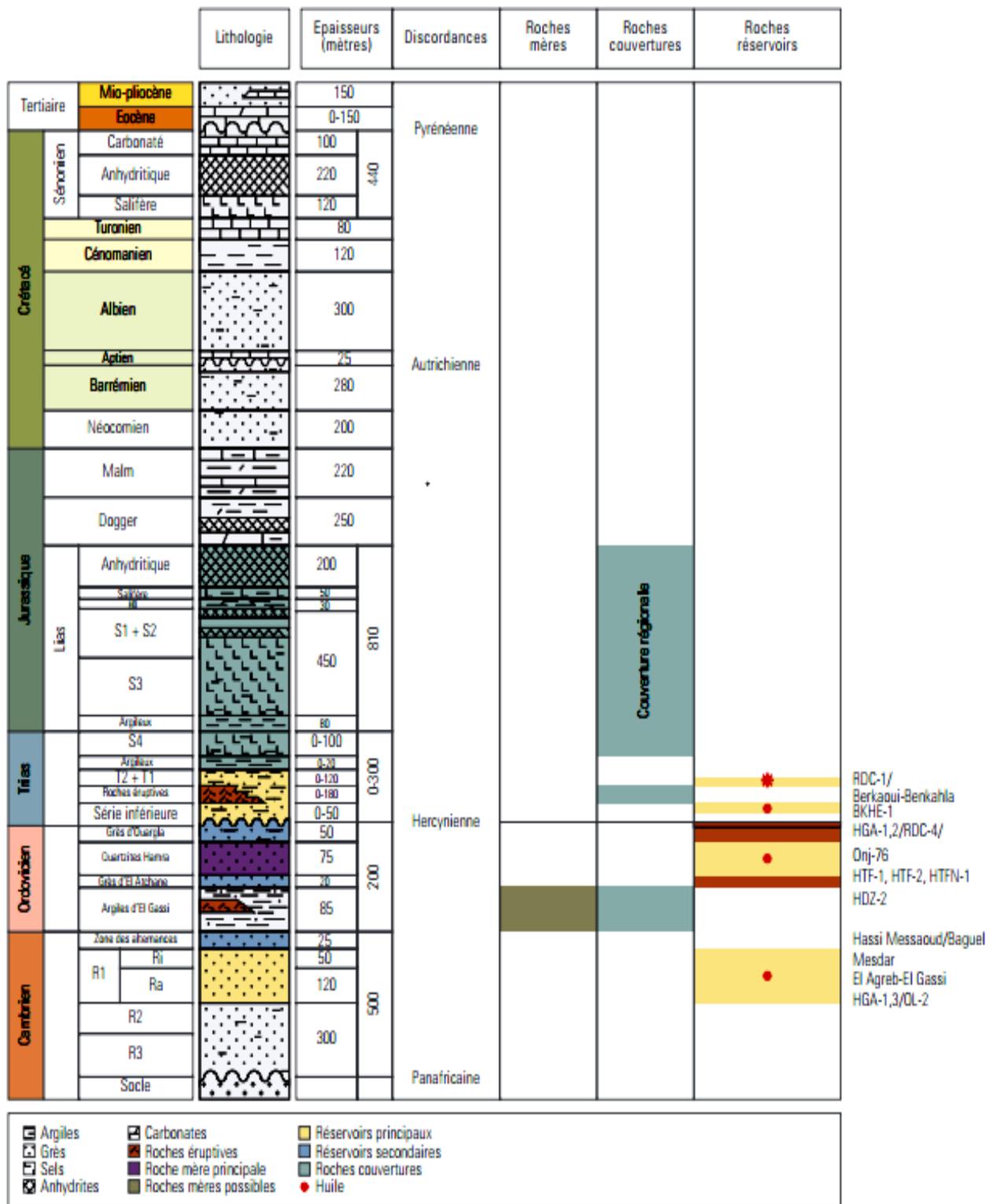


Figure I.2 : Colonne stratigraphique du Bassin de Oued Mya (D'après SONATRACH)

Age	Etages	Strati.	Lithologie	Epaisseur
T R I A S A R G I L O G R E S E U X	T-2		Altern. d'argile silteuse et de silts, passées de grés beige à cim. argilo-dolomitique	20 à 25m
	T-1		Alternance d'argile et de silts passées de grés beige ciment argilo siliceux fine altercal. de grés gris-blanc.	25 à 30 m
	ERUPTIF		Andésite brun-rouge à brun sombre altérée en général au sommet. Présence de nodules de carbonates. Fines intercalations de joints d'argile ferrugineuse.	0 à 75 m
	SERIE INFERIEURE		Grés gris beige fin, moy à grossier. Ciment carbonaté à siliceux. Passées de films d'argile verdâtre. Presence de pyr et nodules d'argile verte ou ferrugineuse.	15 à 60 m
	GOTHLANDIEN		Argile noire feuilletée pyriteuse, silt.	300 à 900m

Figure I.3: Section stratigraphique du Trias argilo-gréseux (D'après SONATRACH)

I.2.5. APERCU TECTONIQUE :

L'architecture actuelle dénote un résultat d'une longue évolution, comme l'aboutissement de lentes déformations qui se sont poursuivies d'une façon plus ou moins continue tout au long de l'histoire du bassin.

Les principales phases de déformations ayant influencé la sédimentation et la structuration du bassin (Bœuf, 1971; Boudjemaa, 1987) sont la phase hercynienne et la phase autrichienne.

Les mouvements hercyniens correspondent à une compression de direction N 120, la déformation la plus importante se situe le long des accidents NE- SW.

Un des traits les plus importants de cette formation concerne le sort des principales roches mères (siluriennes).Elles sont préservées dans les dépressions de Berkine et de l'Oued Mya et alimenteront en hydrocarbures les pièges structuraux et stratigraphiques qui se formeront ultérieurement. (Boudjemaa, 1987).

Lors des mouvements autrichiens (Aptien terminal), on assiste à une phase compressive Est-ouest, qui fait rejouer en inverse les accidents subméridiens N-S de l'Oued Mya.

Cette compression serait responsable de l'individualisation des pièges structuraux.

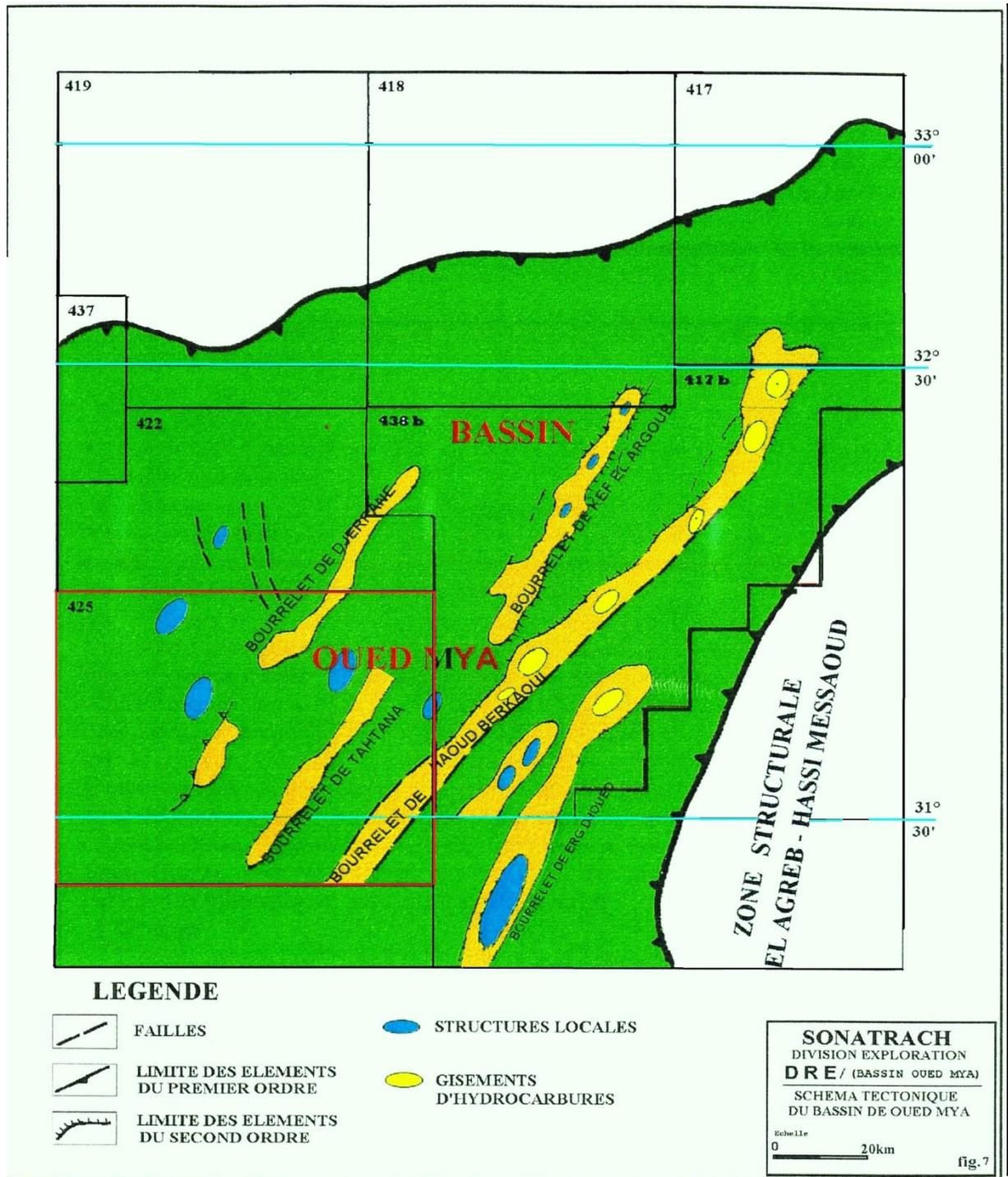


Figure I.4 : Schéma tectonique du bassin de Oued Mya (SH/EXPLORATION)

II.1 Introduction

La région de Haoud Berkaoui représente l'une des principales zones d'hydrocarbures du Sahara Algérien.

Elle se trouve à une trentaine de kilomètres au Sud-Ouest de la wilaya d'Ouargla. Cette région se positionne entre les deux régions de Hassi-Massaoud et de Hassi - R'Mel à 700 km au Sud- Est de la capitale Alger et à environ 100Km à l'Ouest de Hassi- Massaoud, à une altitude de 220 mètre.

L'absence des formations Paléozoïque dans la région d'étude est expliquée par la présence du réservoir principal Triasique.

II.2.1. Situation géographique:

La région de Haoud-Berkaoui se situe à environ 800 Km au Sud-Est de la capitale Alger, au Nord de la dépression de Oued Mya (Bloc 438), à 100 km au Nord-Ouest de Hassi-Messaoud et à 30 km de Ouargla. Elle s'étend du Sud-Est de Ghardaïa jusqu'au champ extrême Boukhzana près de la route de Touggourt

II.2.2. Situation géologique:

La région de Haoud-Berkaoui a la configuration d'une dépression allongée d'orientation Nord-Est/Sud-Ouest, acquise au cours du Paléozoïque.

Elle est limitée, au Nord par la zone haute de Djamaa –Touggourt, constituée de terrains d'âge Cambrien, Au Nord-Ouest le môle de Talemzane (Hassi R'Mel), Au Sud-Est le môle de Hassi Messaoud, qui se prolonge au Nord par la dorsale d'El Agreb-El Gassi.

Cette structure se trouve dans la partie la plus subsidence orientée Nord-Est/Sud-Ouest, cette dernière est séparée du bourrelet d'Erg Djouad par un

sillon, dont l'amplitude varie de 200 à 400 Km, sa largeur varie de 25 à 30 Km au Sud-Ouest et de 08 à 10 Km au Nord-Ouest

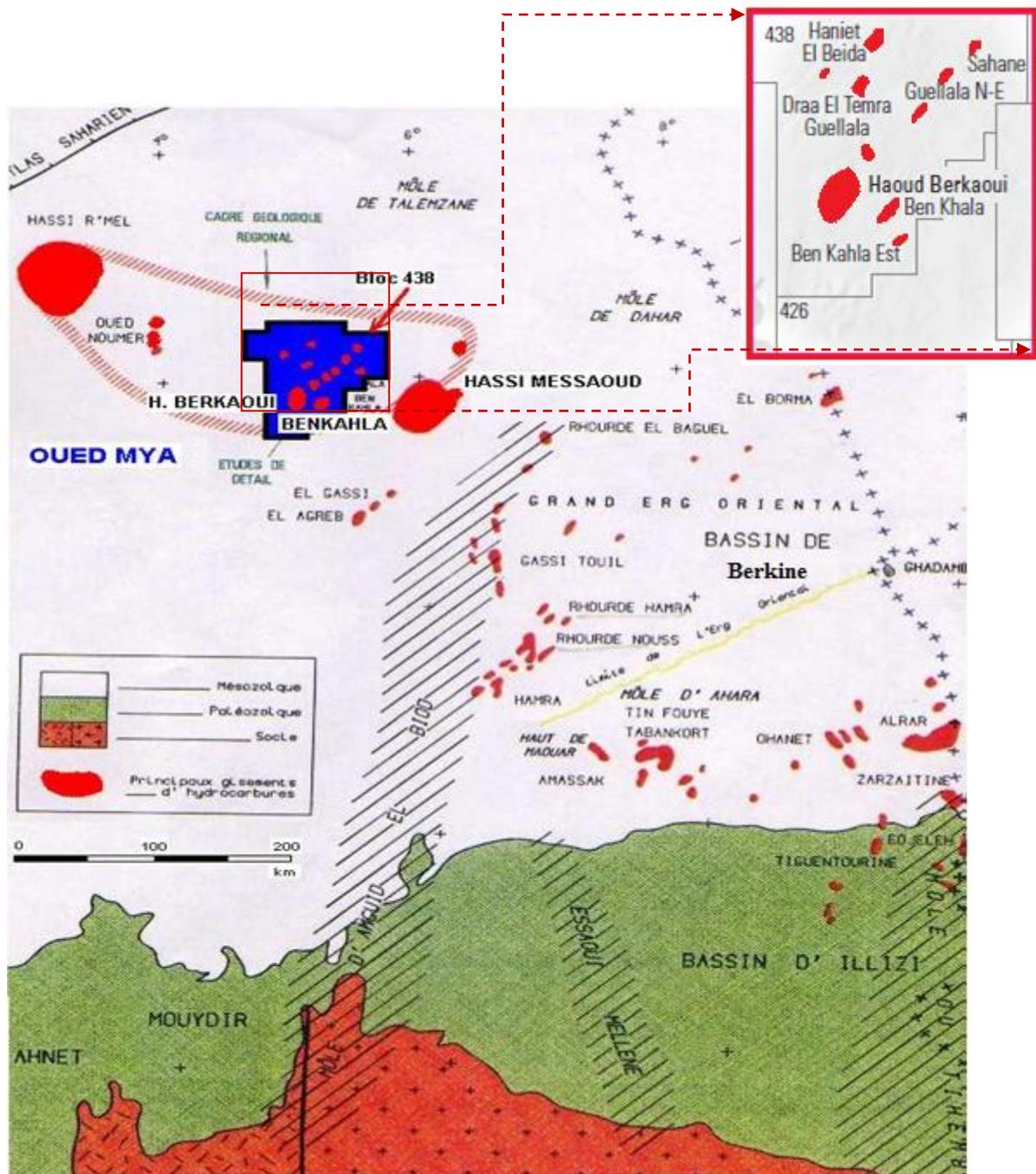


Figure.II.2: Situation géographique du champ de Haoud Berkaoui et des champs limitrophes (SH/EXPLORATION)

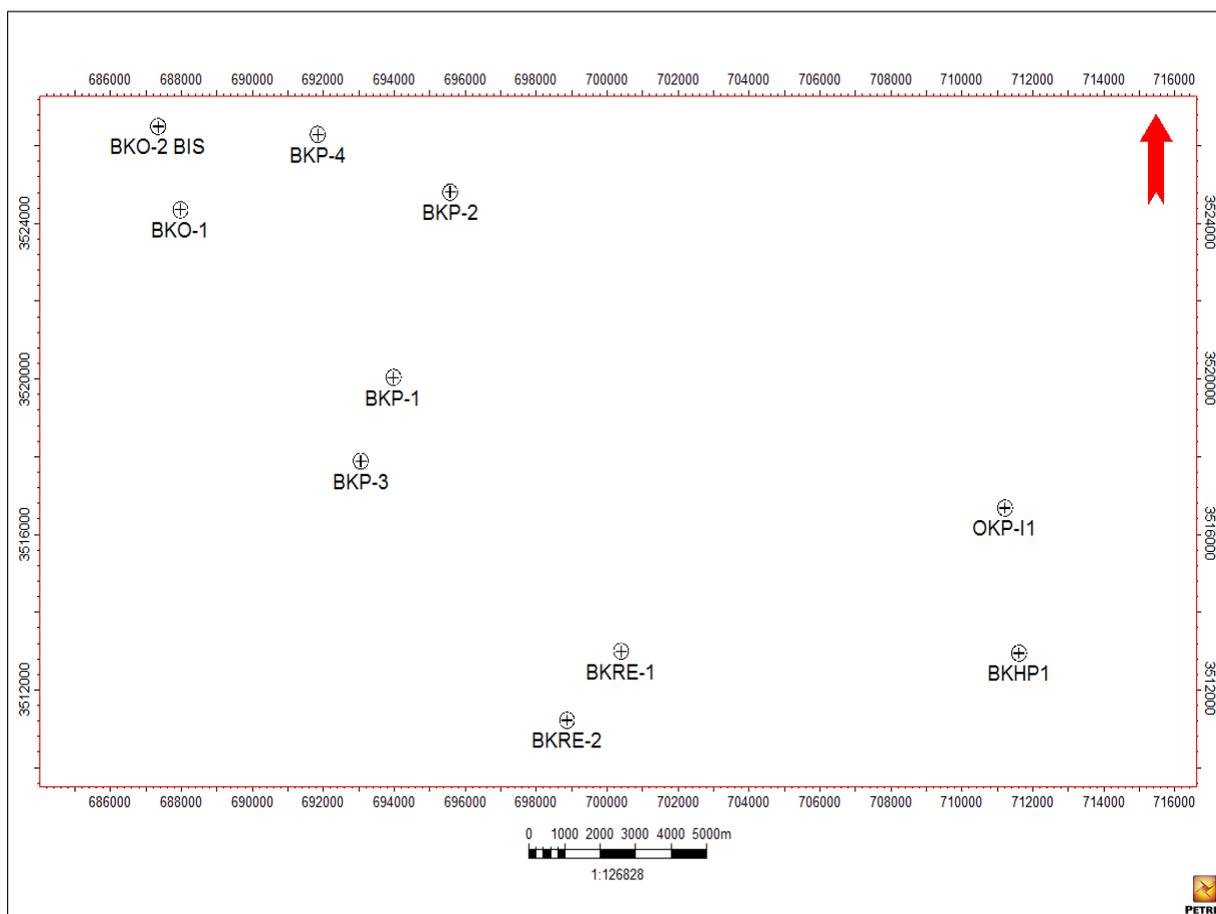


Figure.II.2 : Carte de position des puits du champ de Haoud Berkaoui

II.2.3. Les champs de la région :

La région de Haoud-Berkaoui est répartie sur une superficie de 6.300km². C'est l'un des grands secteurs pétroliers algériens. Elle est composée essentiellement de trois champs principaux (Berkaoui, Benkahla, Guellala) et de petites structures de périphérie.

a- Champ de Haoud-Berkaoui :

Le champ de Haoud-Berkaoui s'étend sur une superficie de 175 Km² avec 220m d'altitude.

Il a été découvert en Mars 1965 par la CFPA (Compagnie Française du Pétrole Algérien) avec le forage OK#101, situé au sommet de la structure.

Ce gisement a été mis en production en Janvier 1967, dont les réserves ont été évaluées à 136,4 millions stm^3 d'huile. La profondeur moyenne est de 3550 m. Actuellement le soutirage de l'huile se fait naturellement (déplétion naturelle) et artificiellement (gas-lift), tout en citant que la pression de gisement est maintenue par l'injection d'eau (dans certaines zones).

b- Champ de Benkahla :

Le champ de Benkahla s'étend sur une superficie de 72 Km^2 , avec une altitude 209m.

Il a été découvert en Novembre 1966 par la même compagnie française par le forage OKP#24. Benkahla a été mis en production le 02 Mai 1967, dont les réserves sont environ 86,8 millions stm^3 d'huile. La profondeur moyenne est de 3550 m. Il produit par sa propre énergie de gisement, aidé par le maintien de pression et le gas-lift.

c- Champ de Guellala :

Le champ de Guellala a une surface de 35 Km^2 avec une altitude de 198 m.

Il a été découvert à la date de 28 Octobre 1969 par le forage GLA#01. Il a été mis en production en Février 1973, dont les réserves sont de 99 millions stm^3 d'huile. La profondeur moyenne est de 3500 m. Sa production est assurée comme Berkaoui et Benkahla.

d- La Périphérie :

Cette zone est composée de plus de 10 gisements. La production de quelques puits se fait par une déplétion naturelle et d'autres sont activés par le gaz-lift. Parmi ces petits gisements on a : N'goussa; Drâa Tamra; Guellala Nord-Est; Haniet El Beida; Mokh El Kabech; Boukhazana ...etc.

II.2.4. Historique :

En espace de 39 ans, la région a connu des changements très importants au fur et à mesure de son développement dont voici les plus importants :

- 1960 : Découverte du champ de Ouargla par le sondage OA#01.
- 1965 : Découverte du champ de Haoud Berkaoui par le sondage OK#101, situé au sommet de la structure.
- 1966 : Découverte du champ de Benkahla par le sondage OKP#24.
- 1967 : Mise en production d'un centre de traitement d'huile à Berkaoui, composé de deux (02) batteries de séparation, trois (03) bacs de stockage et de deux (02) motopompes Diesel pour l'expédition.
- 1969 : Découverte du champ de Guellala par le sondage GLA#01.
- 1970 : Extension du centre de Berkaoui pour recevoir la production de Benkahla.
- 1971 : Mise en service du centre de Benkahla.
- 1972 : Découverte du champ de Guellala Nord-Est par le sondage Guellala-NE#01.
- 1976 : Mise en service du centre de production de Guellala.
- 1978 : Mise en service du centre de production de Guellala-NE et création de la région de Haoud Berkaoui.
- 1979 : Mise en service du centre de traitement de Draa Tamra (DRT).
- 1981 : Démarrage de l'injection d'eau à Haoud Berkaoui et Benkahla.
- 1984 : Extension du centre de Benkahla.
- 1985 : Démarrage de l'unité de traitement des gaz associés à Oued Noumer.
- 1986 : Extension du centre Guellala-NE.

-1989 : Passation de consignes entre la région Haoud Berkaoui et Hassi R'mel pour les champs d'Oued Noumer.

-1992 : Mise en service des nouvelles unités électriques d'injection d'eau à Guellala et Benkahla.

-1995 : Mise en service de la nouvelle unité électrique d'injection d'eau à Haoud Berkaoui.

-1996 : Mise en service d'une unité de dessalage au centre de Haoud Berkaoui.

-1999 : Découverte du champ de Benkahla par le sondage BKHE#01.

-2001 : Mise en service d'une station de traitement des eaux domestiques, et découverte du champ de Berkaoui Ouest par le sondage BKO-1.

Après 2001 : commencement de la découverte de région Houad Berkaoui Ouest par les sondages: BKO-2 en Juin 2004, BKO-3 en Septembre 2005, BKO-4 en Janvier 2007 et BKO-6 en Juin 2008.

II.2.5. Aspect structural local:

La structure de Haoud Berkaoui appartient à l'Est du bassin de Oued Mya au bord Ouest du môle d'Amguid El Biod, faisant partie d'un trend de structures de direction Nord / Nord-Est, Sud / Sud-Ouest.

La structure est un brachyanticlinal orienté Nord-Sud d'environ 22 Km de long et de 15 Km de large, la fermeture structurale est de 300m.

La structure de Haoud Berkaoui a subit plusieurs accidents structuraux, ce qui a créé une certaine complexité structurale. Cette structure encaisse un réseau de failles conséquentes et subséquentes.

II.2.6. Stratigraphie du champ de Haoud-Berkaoui :

Le rapport de fin de sondage du champ de Haoud Berkaoui a été établi sur la base des études qui ont été faite par :

Y.PELIPENKO et P.KARPOV sur la stratigraphie du paléozoïque de la région d'oued Mya (Sonatrach, 2003),

Sur les rapports de fin de sondages des puits qui ont atteints les formations paléozoïques dans la région de Berkaoui et sur une étude intitulée projet Oued Mya.

D'après ces études on peut conclure que la série stratigraphique de la région est essentiellement composée de dépôts mésozoïques de (3331 à 3434.5) m d'épaisseur, reposant en discordance sur le paléozoïque de (653 à 698) m d'épaisseur.

Enfin, un faible épandage détritique d'âge tertiaire de (32 à 41) m repose en discontinuité sur le mésozoïque.

➤ **Paléozoïque : Ep : (653 à 698) m**

De bas en haut on distingue :

❖ **Cambrien Ra Ep : 100m**

Il est composé de grés quartzitique, moyen à grossiers

❖ **Cambrien Ri : Ep : 38m**

Il est constitué de grés blancs, fin à moyen, isométrique.

❖ **Zone des alternances : Ep : 24m**

Alternance d'argile de grés et de siltstone.

❖ **Ordovicien : Ep : (489.5 à 528.5) m**

L'ordovicien est subdivisé en trois séries:

L'ordovicien inférieur est constitué du trémadocien et l'arénigien.

L'ordovicien moyen est composé du lianvirinien et du liandeilien.

L'ordovicien supérieur est représenté par le caradocien.

Ordovicien inférieur :

Trémadocien :

❖ Argiles d'El Gassi: Ep : 145 m

Cette unité lithostratigraphique est constituée d'argile gris noir à noire, indurée, glauconieuse, silteuse, micacée, localement feuilletée, a minces passés de silt stone, gris blanc, assez compacte.

Les argiles d'EL Gassi se caractérisent par des graptolites.

Arénigien :

L'Arénigien se subdivise en trois formations :

❖ Grés d'El Atchane: Ep : (44 à 49) m

Ils sont composés de Grés gris blanc et gris vert, moyen parfois grossier, silico-argileux à siliceux, glauconie, et gris clair à blanc, grossier, siliceux à silico-quartzitique, sub-arrondi à arrondi, moyennement dur à dur, avec passées d'argile gris noir à noire, indurée, silteuse et micacée. Présence de siltstone gris blanc, glauconie et dur.

❖ Quartzite de Hamra : Ep : (95.5 à 100) m

Les Quartzites de Hamra sont constituées de Grés quartzitique gris blanc à blanc, beige à gris beige, gris, de grains fin à moyen, parfois grossier, subarrondi, compact, dur, avec passées d'argile gris noir, indurée, silteuse et pyriteuse , avec présence de tigillites.

❖ Grés d'Ouargla: Ep : (119 à 148) m

Ils sont composés de grés gris beiges à gris, fin, silico-argileux à argileux, faible, parfois blanc, siliceux, bien consolidé, micacé, avec fines intercalations d'argile grise foncée à noire, indurée, silteuse, micacée et feuilletée, fin à très fin, silico-argileux à argileux, passant localement à siltstone, à nombreux fossiles.

Ordovicien moyen :

L'Ordovicien moyen est représenté par :

Argile d'Azzel : Ep : (42 à 49) m

Les Argiles d'Azzel sont représentées par des Argiles gris foncé à noire, indurée, silteuse, micacées, feuilletée, avec fines intercalations de grés gris à gris clair, très fin, argileux à silico-argileux, et rarement blanc, siliceux, bien consolidé.

Grés d'Oued Saret: Ep : (55 à 71) m

Ils se subdivisent en deux parties d'après leur lithologie :

La partie inférieure constituée d'argile gris foncé à noire, indurée, fortement silteuse, micacée, avec rares passées de grés gris clair, très fin, argileux, et gris blanc à blanc, siliceux bien consolidé.

La partie supérieure est constituée de grés gris clair, très fin à fin, argileux, friable, et gris blanc à blanc, siliceux, bien consolidé.

Ordovicien supérieur :

Il est représenté de bas en haut par :

Argiles micro conglomératiques: Ep : (72 à 118.5) m

Argile gris foncé à noire, indurée, silteuse, micacée. Traces à fines passées de grés gris blanc, fin, silico-quartzitique et gris sombre, très fin, argileux. Avec une présence de pyrite et de siltstone gris.

Les argiles microconglomératiques de la région d'Oued Mya sont paléozoïques.

Dalle de M'Kratta : Ep: (4 à 27) m

Elle couvre en discordance les argiles micro conglomératiques et marque la fin de l'Ordovicien. Elle est constituée de Grés blanc à gris blanc, fin, localement moyen, siliceux à silico-quartzitique, compact, avec présence d'argile grise à gris foncé, indurée, silteuse. Abondance de grains de quartz moyen à grossier, sub-arrondi. Avec présence de pyrite.

Silurien radioactif : Ep: (58 à 64) m

Il est constitué d'Argile gris noir à noire, indurée, silteuse, micacée, carbonatée, avec passées de calcaire gris clair à gris noir argileux à graptolithes.

Dévonien inférieur : Ep: (90 à 105) m

Il est représenté par le Gédinnien qui repose en concordance sur les sédiments du Silurien.

Il est formé d'argiles gris foncé à gris noire, indurée, silteuse, micacée, légèrement feuilletée, carbonatée par endroits, avec quelques passées de grés gris clair, rarement gris foncé, fin à très fin, siliceux à silico-argileux. Présence de pyrite et de calcite.

Le Gédinnien est représenté par de nombreux fossiles (Lamellibranches, Brachiopodes, Ostracodes, Graptolites).

➤ **Mésozoïque : Ep: (3282-3434.5) m**

❖ **Trias: Ep: (155-197) m**

De bas en haut on distingue :

- **Série inférieure : Ep : (56-86) m**

Elle est représentée par des grés gris clair à gris beige, et gris clair à gris verdâtre, fin, rarement moyen, sub-arrondi, silico-argileux, consolidé, avec passées d'argile brun rouge, tendre à indurée, silteuse à silto-sableuse et présence de pyrite.

Argile grise, tendre à indurée, silteuse à silto-sableuse, avec passées de grés gris clair à gris blanc, fin, silico-argileux, consolidé.

- **Trias « Roches éruptives » : Ep : (14-28) m**

Il est constitué de roches éruptives, composées de minéraux verts, gris clair, gris foncé, noirs et blancs. On note aussi la présence de calcite.

- **Trias « T1 » : Ep : (27.5-37.5) m**

Il est constitué par des grés gris clair, localement gris noir, fin à très fin, argileux à silico-argileux, moyennement consolidé à friable, avec passées d'argile grise à gris verdâtre, indurée, silteuse à silto-sableuse.

- **Trias « T2 » : Ep : (15-20) m**

Il est constitué de Grés gris clair à gris foncé, fin à très fin, silico-argileux à argileux, moyennement consolidé à friable, avec passées d'argile gris brun à brunâtre, indurée, silteuse.

- **Trias Argileux inférieur : Ep : (14-26) m**

Il est constitué d'argile grise à gris verdâtre, et brun rouge, tendre à indurée, silteuse à silto-sableuse.

- **Trias salifère « S4 »: Ep : (44.5-48.5) m**

Il est constitué de Sel blanc translucide, massif, avec passées d'argile brun rouge, tendre à indurée, silteuse et salifère.

❖ **Jurassique :**

De bas en haut on distingue :

- **Lias Argileux : Ep : (78-85) m**

Il est constitué d'argile brun rouge et gris verdâtre à brunâtre, tendre à indurée, silteuse et salifère, avec passées de sel blanc translucide et massif.

- **Lias S3 : Ep : (186-227) m**

Il est constitué de Sel translucide, blanc et rosâtre, massif, avec passées d'argile brun rouge et grise à gris verdâtre, tendre à indurée, salifère.

- **Lias S1 + S2 : Ep :(226-245) m**

Sel translucide, blanc et rosâtre massif, avec passées d'anhydrite blanche, tendre, pulvérulente, et gris clair microcristalline, dure, et d'argile brun rouge et grise à gris verdâtre, tendre à indurée, salifère.

- **Lias « HB » : Ep : (27-30) m**

Il est constitué de calcaire gris clair à gris sombre, tendre à indurée, argileux, localement dolomitique, avec passées d'argile brun rouge, tendre à indurée, carbonatée.

- **Lias Salifère : Ep : (55-57) m**

Il est constitué de sel blanc translucide et rosâtre, massif, avec passées d'argile brun rouge, indurée, salifère et d'anhydrite, blanche, pulvérulente, rarement gris clair, microcristalline dure.

- **Lias Anhydritique : Ep : (268-272) m**

Il est constitué d'anhydrite blanche pulvérulente, avec intercalations de calcaire gris blanc à blanc, moucheté, cryptocristallin, tendre et fines passées d'argile grise indurée, légèrement dolomitique. Anhydrite blanche, tendre et gris clair, microcristalline dure, avec passées d'argile grise indurée.

- **Dogger lagunaire : Ep :(100-110) m**

Il est représenté par une alternance de calcaire brun, tendre, argileux et d'argile versicolore, indurée, légèrement dolomitique, et d'anhydrite blanche pulvérulente.

- ***Dogger argileux : Ep : (100-120) m**

Il est constitué d'argile brun rouge, rarement gris vert, indurée, avec passées de calcaire gris blanc, tendre argileux. Présence de niveaux de grés blanc, fin, argileux, friable et d'anhydrite blanche pulvérulente.

- **Malm : Ep : (222-234) m**

Il est constitué d'argile brun rouge et verte, indurée, avec passées de calcaire gris blanc, tendre argileux, et d'anhydrite blanche pulvérulente.

Grés blanc, fin, argileux, friable, avec passées d'argile brun rouge indurée et de calcaire gris blanc, tendre, argileux.

- ❖ **Crétacé : Ep : (1763-1823) m**

Il est représenté par :

- **Néocomien : Ep :(161-168) m**

Il est constitué d'argile gris vert et brun rouge, localement dolomitique, avec intercalations de grés blanc, fin, argileux et de calcaire gris blanc tendre argileux avec présence d'anhydrite.

- **Barrémien : Ep : (329-405) m**

Il est constitué de grés brun rouge, beige, fin à très fin, faible, argileux, rarement blanc fin à moyen, siliceux, avec intercalations de sable blanc translucide, fin à grossier, sub-arrondi, passées d'argile brun rouge silto-sableuse à silto-gréseuse, tendre à indurée. Traces de calcaire blanc et de dolomie beige microcristalline dure.

- **Aptien : Ep : (19-20) m**

Il est constitué de calcaire blanc à gris blanc, tendre argileux, localement beige microcristallin avec présence de marne grise.

- **Albien : Ep : (491-493) m**

Il est constitué d'argile versicolore indurée, dolomitique.

Alternance de grés blancs, fin à très fin, friable, argileux, d'argile gris vert, brun rouge, silto-sableuse, et de calcaire dolomitique gris clair, cryptocristallin. Présence de dolomie beige, microcristalline dure.

Grés blancs, brun rouge, fin à très fin, friable, argileux, rarement blanc, fin à moyen, siliceux, avec passées d'argile gris vert, brun rouge, tendre à indurée, silto-sableuse.

- **Cénomaniens : Ep : (130.5-139) m**

On remarque une alternance d'anhydrite blanche, pulvérulente, rarement translucide et d'argile grise à gris foncé, parfois brun rouge, tendre à indurée, dolomitique, et de calcaire gris blanc, tendre argileux.

Argile versicolore, brun rouge, indurée, localement dolomitique avec rares fines passées de calcaire dolomitique blanc, cryptocristallin. Présence de dolomie beige, microcristalline dure.

- **Turonien : Ep : (69-79) m**

Il est constitué de :

Calcaire blanc, tendre, crayeux, rarement brunâtre à gris brun, tendre argileux.

- **Sénonien salifère : Ep : (194-201) m**

Il est constitué par du Sel blanc translucide, massif, avec fines passées d'argile brun rouge, localement grise tendre à indurée, carbonatée. Anhydrite blanche, pulvérulente, parfois massive dure.

- **Sénonien Anhydritique : Ep : (210-213) m**

Il est constitué d'anhydrite blanche à grise clair, massive, localement pulvérulente, avec passées de dolomie beige, microcristalline à cristalline, parfois saccharoïde dure et de calcaire blanc, microcristallin dur.

Alternance d'argile versicolore, tendre à indurée, d'anhydrite blanche pulvérulente et de calcaire blanc, microcristallin, parfois blanc beige dolomitique.

- **Sénonien carbonaté : Ep : (151-165) m**

Il est constitué par des Calcaires blancs, localement blancs beiges, microcristallins à cristallin, vacuolaires, moyennement durs, avec intercalations de dolomie beige à blanc beige, microcristalline, dure.

- **Cénozoïque : EP : (32-41) m**

Il est discordant incomplet et peu épais et représenté par des dépôts continentaux gréseux est sableux du mio-pliocène et de l'éocène.

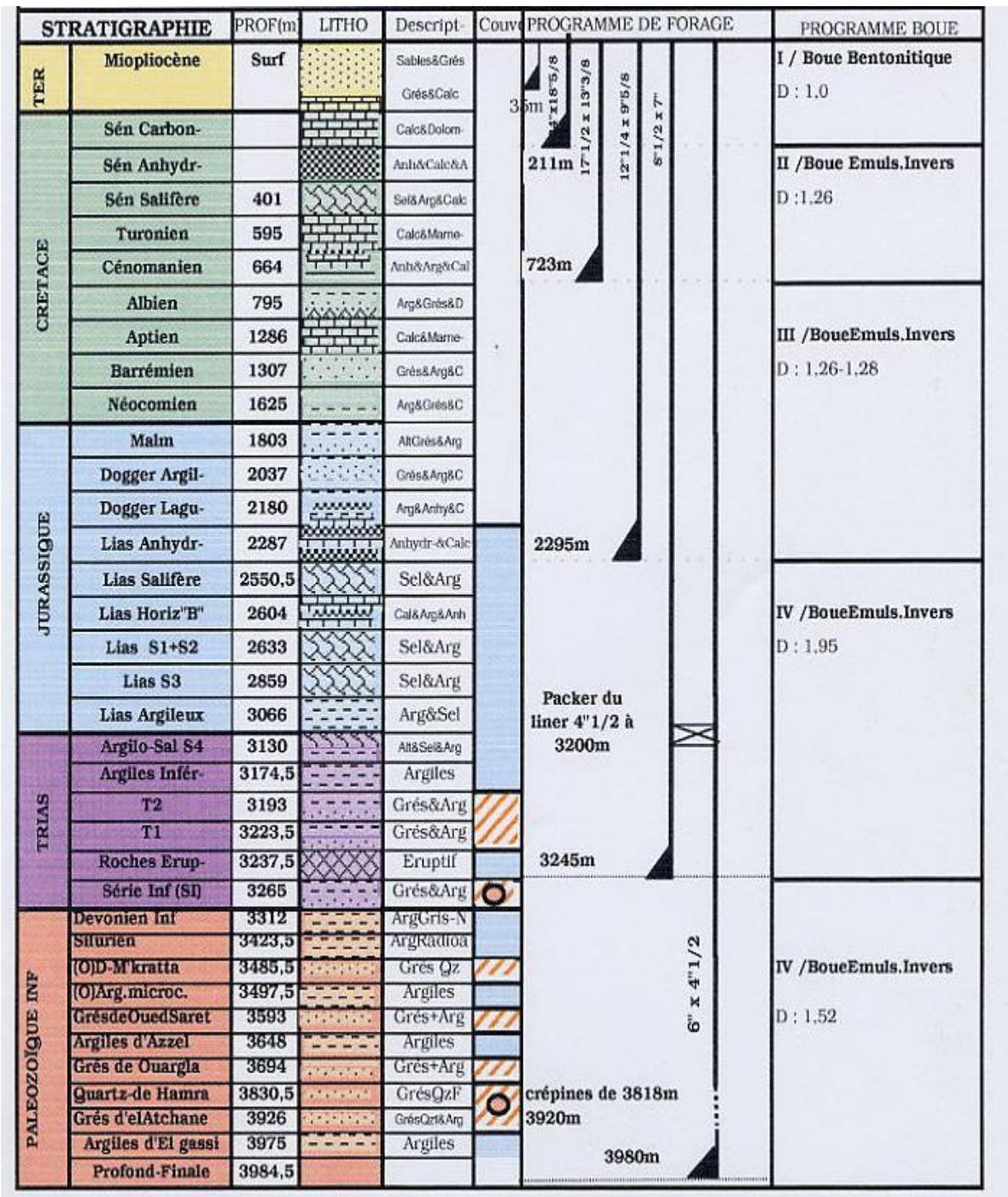


Figure II.3 : Colonne stratigraphique du champ de Haoud Berkaoui. (Puits BKP-1, Sonatrach, 2003)

II.2.7. L'aspect pétrolier :

a- Les roches mères et l'alimentation des réservoirs :

L'importance de la série Paléozoïque est liée à la présence des roches mères du bassin, dont la plus riche est constituée par les argiles radioactives du Silurien, bien développées, mais affectées par une érosion intense sur de vastes secteurs de la région de Oued Mya.

En liaison avec la condensation sédimentaire de l'ensemble du Silurien dans cette région, ces argiles radioactives présentent d'excellentes caractéristiques géochimiques. Leur faible enfouissement au cours du Paléozoïque a préservé leur potentiel pétrolier, leur maturation et la genèse des hydrocarbures ayant eu lieu lors de leur évolution ultérieure, sous l'effet de la subsidence au cours du Mésozoïque.

Cette roche mère du Silurien présente actuellement un degré de maturation favorable à la génération d'huile, ce degré est plus élevé (zone à gaz) à l'Ouest de Hassi R'mel et au Nord du môle de Telemzane, où son enfouissement augmente vers le sillon Sud Atlasique.

Les argiles de l'Ordovicien, notamment les argiles d'Azzel et les argiles micro-conglomératiques, sont aussi considérées et jugées comme intéressantes du point de vue richesse en hydrocarbures.

Une meilleure connaissance des caractéristiques de ces roches mères Ordoviciennes serait indispensable pour l'exploration de cette vaste région, où les bons réservoirs du Trias (série inférieure) reposent sur discordance Cambro-Ordovicien.

b- Les roches réservoirs :

Le Trias argilo-gréseux est relativement peu puissant, renfermant les principaux réservoirs, constitués par les séries suivantes :

- **La série inférieure.**
- **Le Trias T₁.**
- **Le Trias T₂.**

Les trois (3) gisements de la région produisent de l'huile à partir de la série inférieure et du réservoir T₁.

c- Les roches couvertures :

La couverture du Trias argilo-gréseux est parfaitement assurée à l'échelle régionale par une puissante série évaporitique représentée par environ 1000 m de Sel et d'anhydrite, allant du Trias S4 au Lias anhydritique. Au Sud de la région, cette couverture est directement transgressive sur le substratum Paléozoïque, assurant ainsi la couverture des biseaux des différents réservoirs du Trias.

III.1 Introduction

Les résultats obtenus seront représentés à travers l'observation lithologique des macrofaciès, l'analyse pétrographique quantitative et qualitative avec le microscope optique et le microscope électronique à balayage (MEB) ainsi que l'analyse minéralogique par la diffraction des rayons X.

III.2 Méthodologie

Dans le but d'atteindre les objectifs fixés, des techniques et procédures analytiques ont été suivies, à savoir :

III.2.1 Description de carottes

Une campagne de description lithologique de carottes de 60.5 m des réservoirs Triasique argilo-gréseux des puits BKO-1 et BKHE-1.

L'étude des lithofaciès est basée sur la détermination sommaire des attributs du sédiment à savoir la couleur, la dureté ainsi que la granulométrie. Toutes les informations recueillies sont consignées dans des fiches de description sédimentologique à l'échelle 1/100.

III.2.2 Préparation des échantillons

Les échantillons prélevés sur carottes ont été nettoyés avant leur imprégnation par une résine (Araldite) de couleur bleu ciel pour faciliter l'observation de la porosité. Les lames minces couvertes (30 μm) confectionnées à partir de ces échantillons ont été réalisées au laboratoire de lithopréparation de la Division Technologie et Développement à Boumerdes.

III.2.3 Analyse au microscope optique

Pour la détermination des constituants pétrographiques ainsi que les phénomènes diagénétiques qui ont affectés le réservoir au cours de son enfouissement, il est nécessaire d'analyser les phases minérales ainsi que leur relation textural afin d'établir une chronologie relative et reconstituer l'histoire du réservoir et prévoir son avenir. Cependant, pour le besoin de notre étude, 146 lames minces polies ont été observées au microscope optique de type Olympus BX-50.

III.2.4 Analyse par diffraction des rayons X (DRX)

La diffractions des rayons X vise à déterminer et à quantifier les phases minérales micro et poly-cristallines .Les échantillons solides finement broyés, sont montés sur des portes échantillons adéquats, puis soumis à un faisceau des rayons X dans le diffractomètre *PANalytical: XPERT-PRO*. Il en résulte ainsi des diffractogrammes qui seront interprétés par les personnes habilités. Les positions et les intensités des pics observés sont comparées aux fichiers de référence *PDF-ICDD* (Powder Diffraction File - International Center for Diffraction Data) pour l'identification des phases minéralogiques présentes dans l'échantillon.

III.2.5 Analyse au microscope électronique à balayage (MEB)

L'intérêt premier du MEB est de pouvoir observer la structure minéralogique d'une roche avec un grossissement maximum de $\times 200000$. Les échantillons se recouvrent par une fine pellicule (d'or ou d'argent) et soumis à un bombardement continue d'électron par émission d'électrons secondaires et rétrodiffusés sur un modèle Quanta 650.

Les électrons secondaires permettent d'obtenir des informations sur la surface de l'échantillon et les morphologies minérales et la rétrodiffusion d'électrons nous renseigne sur la masse des atomes qui le composent.

Les observations permettent d'obtenir des informations texturales (relations texturales entre les minéraux, remplacement) et morphologiques (type morphologique des phases minérales, caractère authigène ou détritique).

III.3 Résultats :

III.3.1 LE SONDAGE BKO-1 :

L'intervalle étudié a été prélevé dans les formations :

- **Trias T1**
- **Roches éruptives du Trias**
- **Série inférieure du Trias**
- **Le Silurien**

III.3.1.1 le Trias T1 (Intervalle 3503 à 3517.5 m)

A .Lithologie :

Cet intervalle est représenté par des grès gris sombre localement gris vert parfois gris- beige, fin, mal à moyennement classé, à ciment argilo-siliceux et carbonaté. Ces niveaux gréseux sont intercalés par des passées argilo-silteuse oxydées parfois carbonatées.

Ces faciès sont composés d'éléments figurés et de plusieurs ciments.



Figure III.A : carotte 01 a l'Intervalle 3503 à 3517.5 m du Trias T1

B .Les éléments figurés

➤ Les grains de quartz

Les résultats d'observation au microscope polarisant de toutes lames montrent que les grains de quartz qui constituent l'élément principal de ce réservoir sont fins rarement très fins. Le classement de ces grains est mauvais à moyen. Leur morphoscopie est sub-arrondi à sub-anguleuse rarement sub-anguleuse à sub-arrondi. Cette morphoscopie est fonction de la taille des grains, plus les grains sont fins plus ils sont anguleux. Les contacts entre ces grains de quartz sont très variables le plus souvent concavo-convexes à droits rarement suturés et flottants. Ces contacts dépendent du degré de compaction de la roche et de la fréquence des différents ciments. Le pourcentage des grains de quartz dans cet intervalle peut atteindre 58%

➤ Les micas

Ils sont de deux types, la biotite et la muscovite. Leur pourcentage total varie de 1 à 4 % et souvent en traces. Ils sont d'autant plus fréquents que le pourcentage d'argile est plus élevé. Les biotites sont plus abondantes et fréquemment transformées en illite.

➤ Les feldspaths

Leur présence est contenue le long de l'intervalle étudié. Ils sont représentés par les plagioclases et les orthoclases, ces derniers sont souvent transformés en kaolinite.

➤ Les minéraux lourds

Suite à leur grande résistance aux altérations et aux transformations durant les longs transports et sédimentations, seuls le zircon et la tourmaline sont présents d'une manière discontinuée et sous forme de traces dans les faciès étudiés.

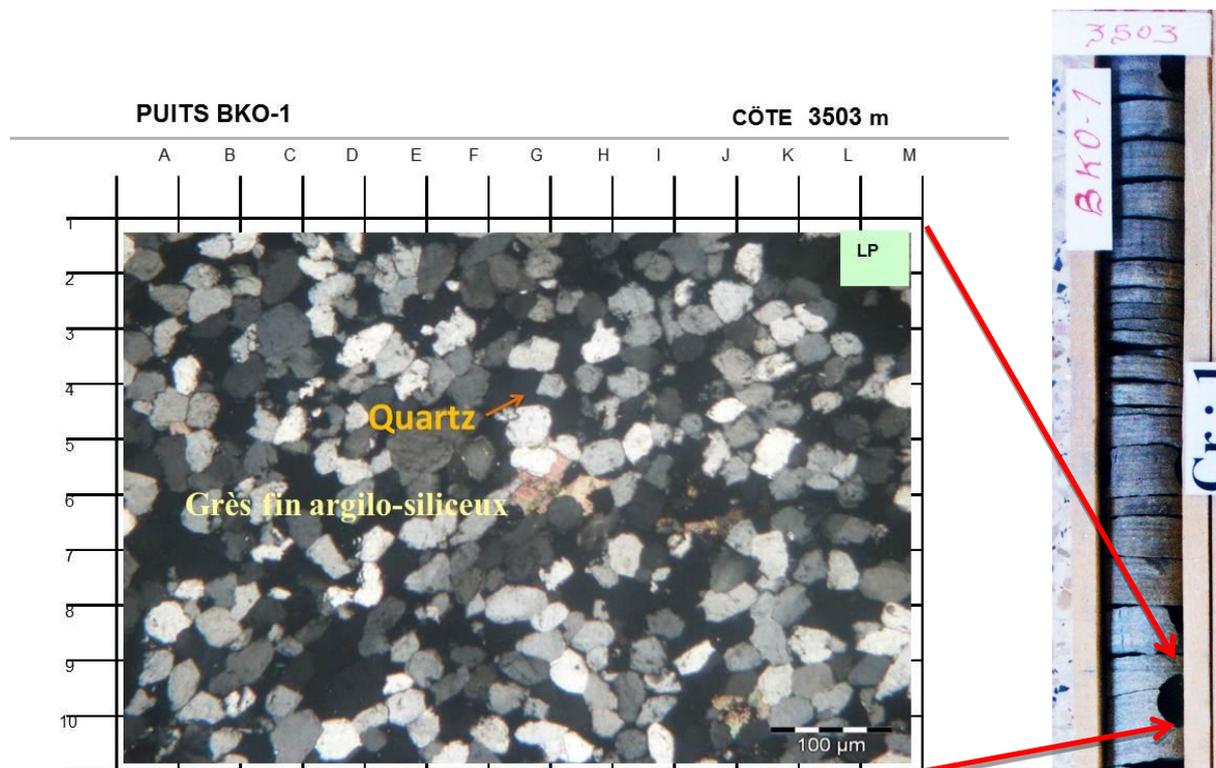


Figure III.01:
Grès fin argilo-siliceux.
 Vue globale du faciès montrant un classement mauvais à moyen et des contacts concavo-convexes à suturés des grains de quartz sous l'effet de la compaction.

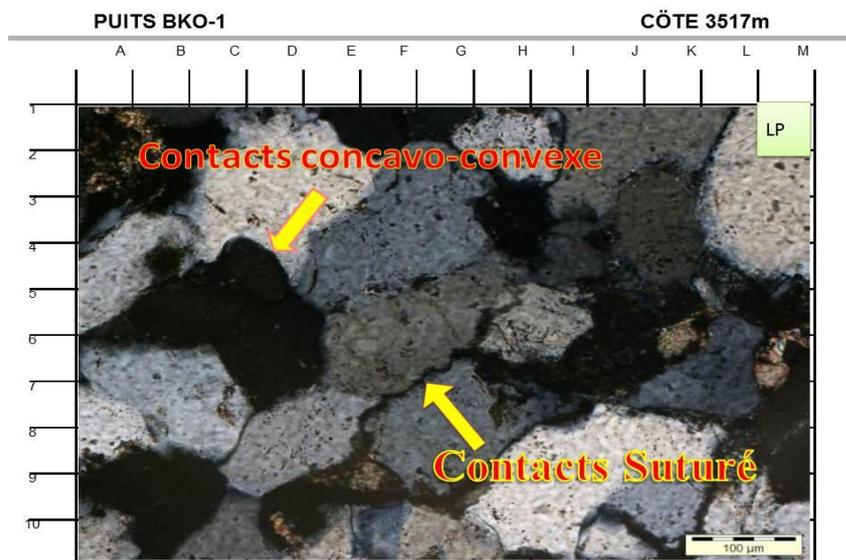


Figure III.02:
 Les différents contacts (concavo-convexe et suturé) marquant les deux stades de la pression-dissolution

Carotte 01

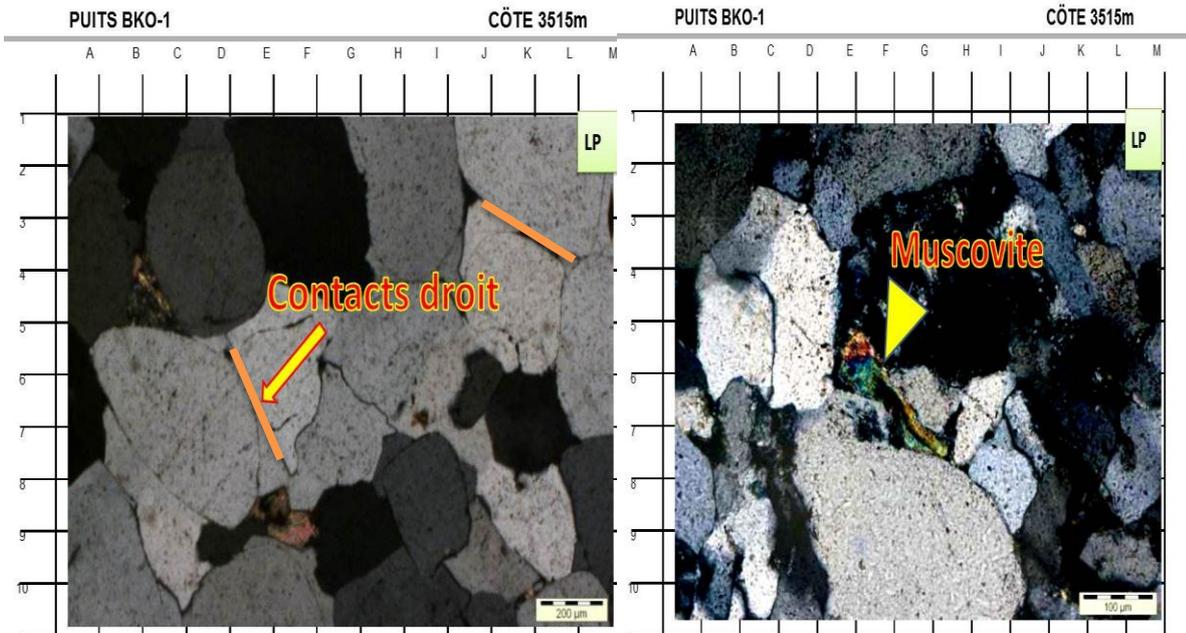


Figure III.03:
Grès quartzitique à contact droit-tangent

Figure III.04:
Déformation plastique de la Muscovite par l'effet de la compaction

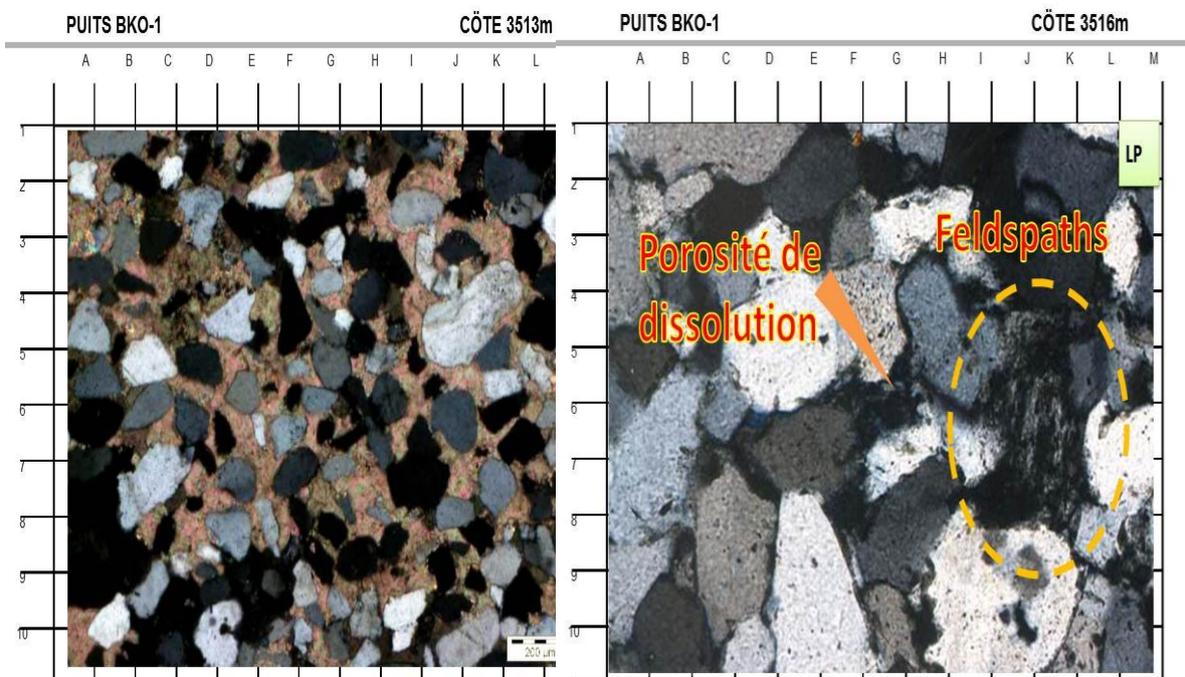


Figure III.05:
Le contact entre ces grains de quartz est flottant sur le ciment carbonaté.

Figure III.06:
Grès avec quartz et quelques feldspaths fortement altérés et dissouts.

C. Les Ciments

Les ciments répertoriés dans les faciès de cet intervalle sont les ciments siliceux (de nourrissage et de compaction), argileux, carbonaté, évaporitique (halite et anhydrite), ferrugineux et accessoirement pyriteux.

➤ Le ciment siliceux

Développé autour et entre les grains de quartz, le ciment siliceux a une origine diverse. Son pourcentage total oscille entre 2 et 11 % parfois en traces. On distingue deux types, le ciment siliceux de nourrissage et le ciment siliceux de compaction.

➤ Le ciment siliceux de nourrissage

Il se développe autour des grains de quartz, en auréoles d'impuretés généralement irrégulières. Ce ciment est plus fréquent que celui provenant de la compaction son pourcentage varie de 2 à 9 %

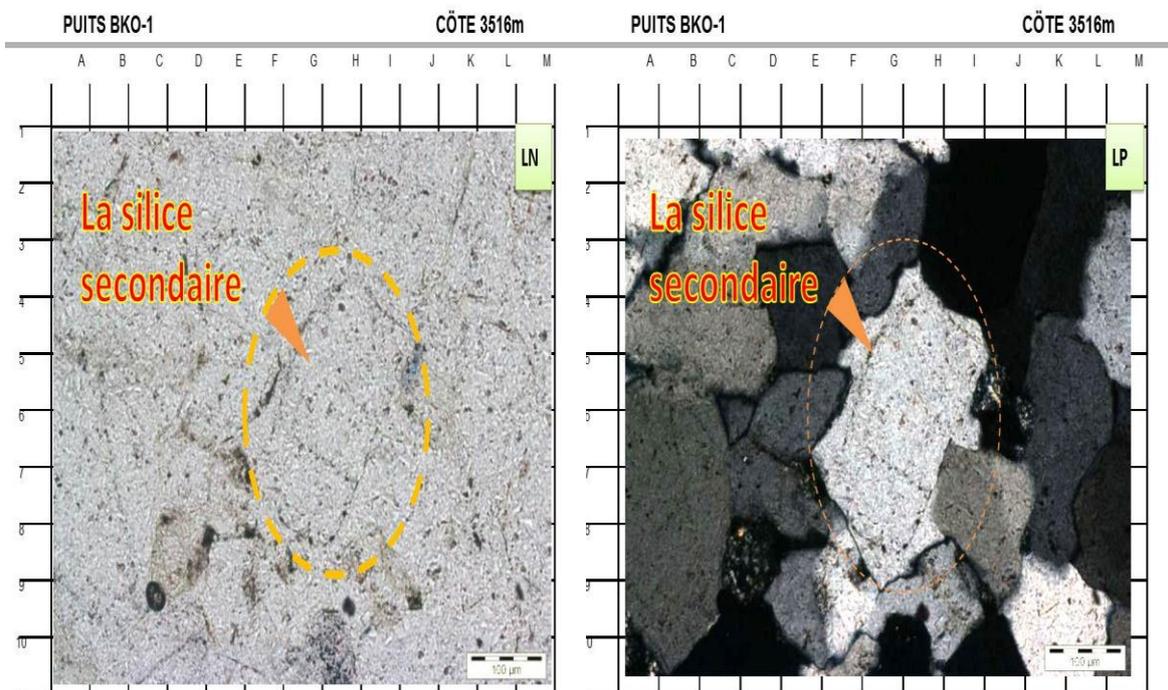


Figure III.07:

Développement de la silice secondaire autour des grains de quartz.

➤ Le ciment siliceux de compaction

Il augmente en fonction de la profondeur. La silice de compaction est localisée entre les grains et en petits cristaux formant des plages isolées (silice microgrenue). Elle est matérialisée par les contacts entre grains de type concavo-convexes à suturés. Son pourcentage est légèrement moins important que celui de la silice de nourrissage et varie de 0 à 4 %.

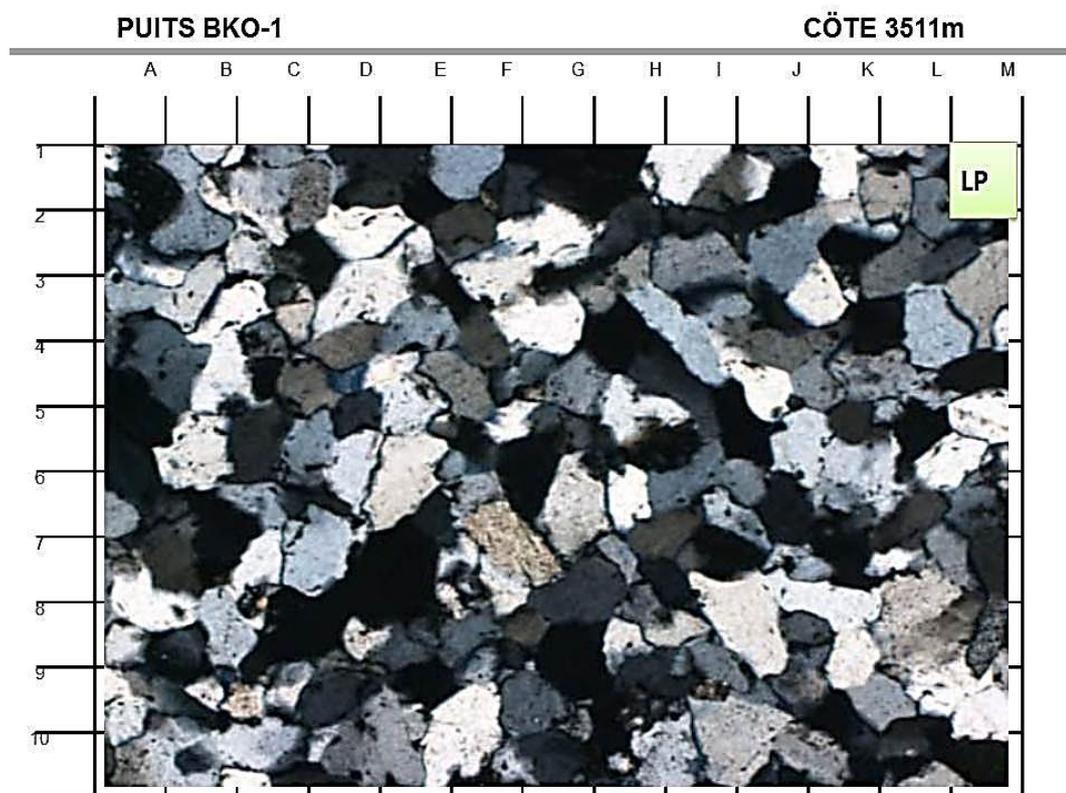


Figure III.08:

Vue globale d'un grès mature, fin, sub-anguleux à sub-arrondi et très compact suite à une forte compaction (contact concavo-convexe).

➤ **Le ciment argileux**

Les analyses aux rayons-X complétées par les observations pétrographiques nous ont permis de distinguer trois types d'argiles qui sont par ordre d'importance : l'illite, la chlorite, et la Kaolinite.

Ciment argileux

- **L'illite**

L'illite est plus abondante que la chlorite et la kaolinite, son pourcentage peut atteindre 100 %. L'illite est développée entre les grains de quartz en formant un ciment intergranulaires et parfois en fin liseré autour des grains de quartz. C'est une illite ouverte et mal cristallisée d'après les analyses aux RX.

- ✓ **La chlorite**

La chlorite est moins abondante que l'illite et plus fréquente que la kaolinite et peut atteindre parfois 50 du pourcentage totale des argiles. Elle se présente sous forme de plages entre les grains de quartz, parfois il est très difficile de la distinguer des autres types d'argiles.

- ✓ **La kaolinite**

La kaolinite est présente exclusivement dans l'intervalle 3503 à 3509.5 m. Elle est développée entre les grains de quartz en formant un ciment intergranulaires et son pourcentage ne dépasse pas 50 %.

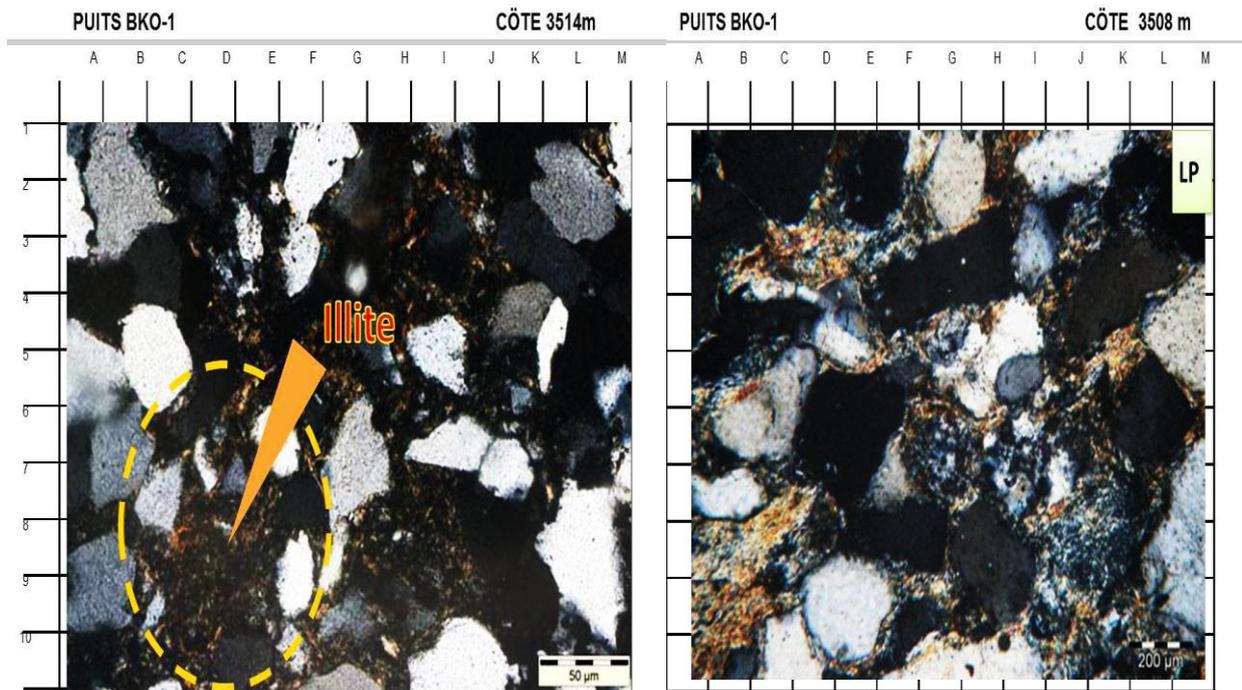


Figure III.09:
 Vue globale d'un grès mature, fin, sub-anguleux à sub-arrondie et très compact.

Figure III.10:
 Mise en évidence du ciment argileux intergranulaires de type illite/kaolinite.

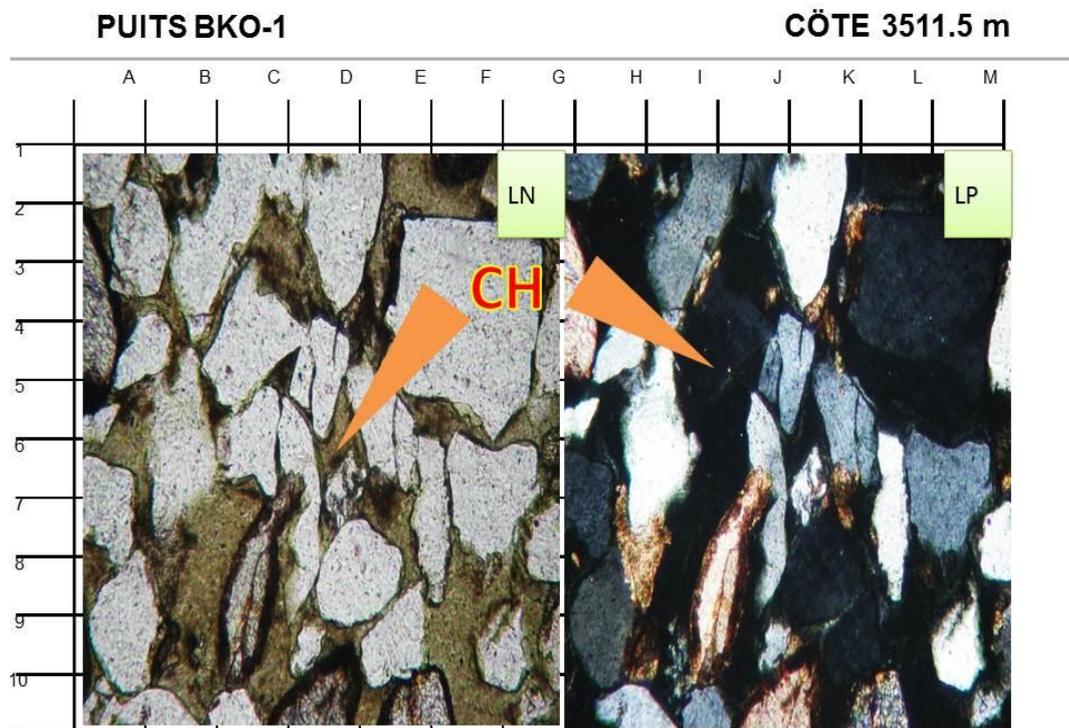


Figure III.11:
 Grès moyen à fin argilo-siliceux carbonaté.
 Mise en évidence du développement du chlorite intergranulaire (Ch)

➤ Le ciment carbonaté

Il est développé dans les réseaux poreux intergranulaires et de dissolution. Le ciment carbonaté est représenté principalement par la dolomite et accessoirement par la calcite. Il est à noter qu'à la côte 3507.5 m, le ciment carbonaté est représenté par la sidérite (11%)

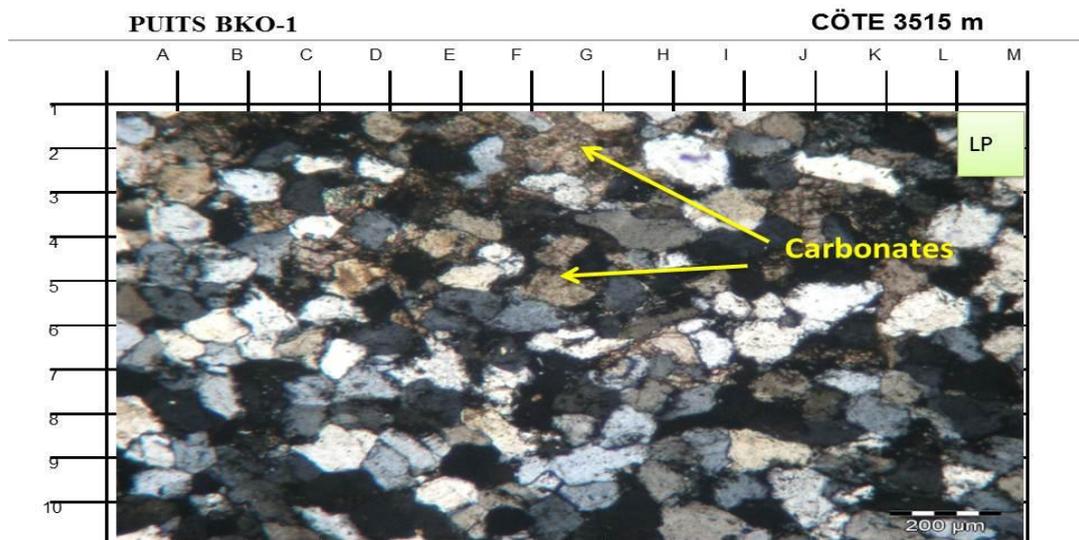


Figure III.12:
Grès fin argilo-siliceux carbonaté.
Développement des carbonates dans les vides intergranulaire et de dissolution.

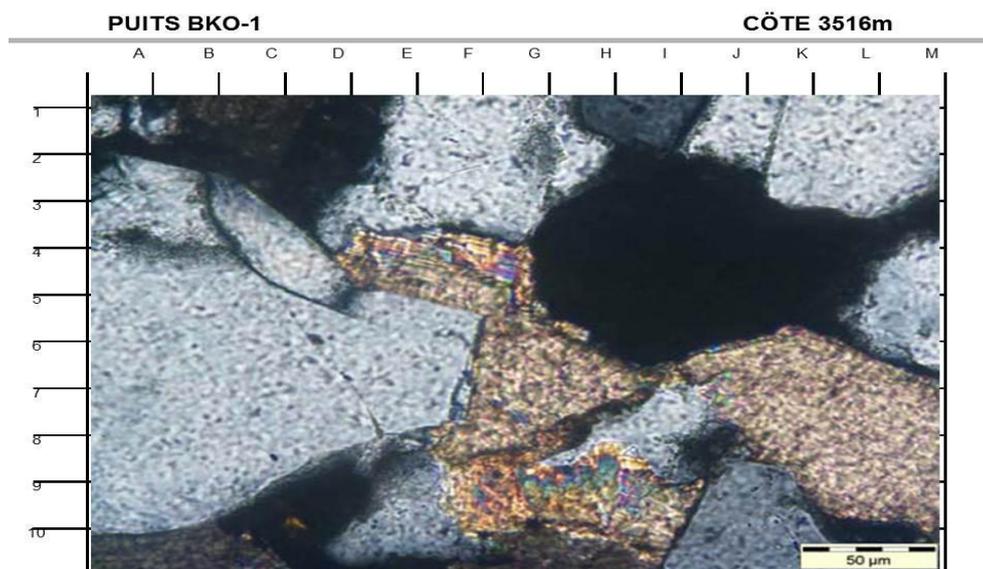


Figure III.13:
Carbonates en remplissage.

➤ **Le ciment pyriteux**

La pyrite est généralement sous forme de traces, son pourcentage ne dépasse pas 2 %.

Elle est localisée dans les porosités intergranulaires et de dissolution.

➤ **Le ciment ferrugineux**

Il reflète un milieu oxydé, ce ciment est de type hématite et son pourcentage varie entre 1 et 4 %.

➤ **Le ciment évaporitique (halite et anhydrite)**

Ces ciments sont détectés uniquement par les analyses aux rayons X sous forme de traces.

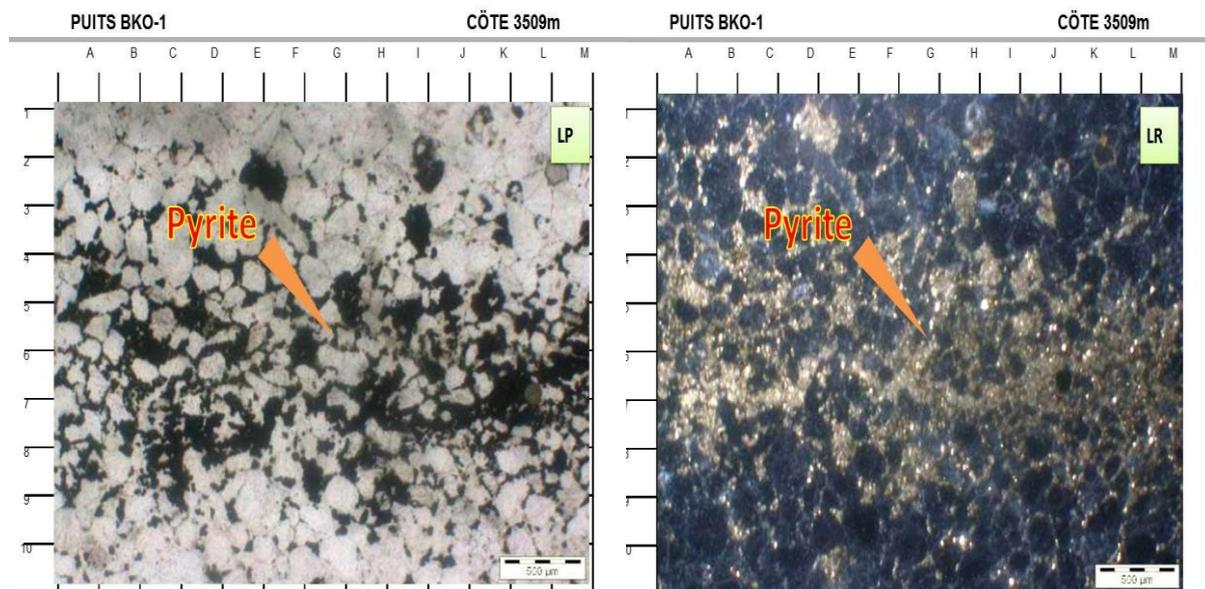


Figure III.14:
Développement du ciment pyritique.

D. LA POROSITE

Le réseau poreux dans cet intervalle est faible à très faible rarement moyen parfois nulle de 0 à 8 %. 11 est matérialisé en grande partie par la porosité secondaire de dissolution et la porosité primaire intergranulaires. La porosité secondaire est le résultat de la dissolution du ciment siliceux et représente la majeure partie du réseau poreux

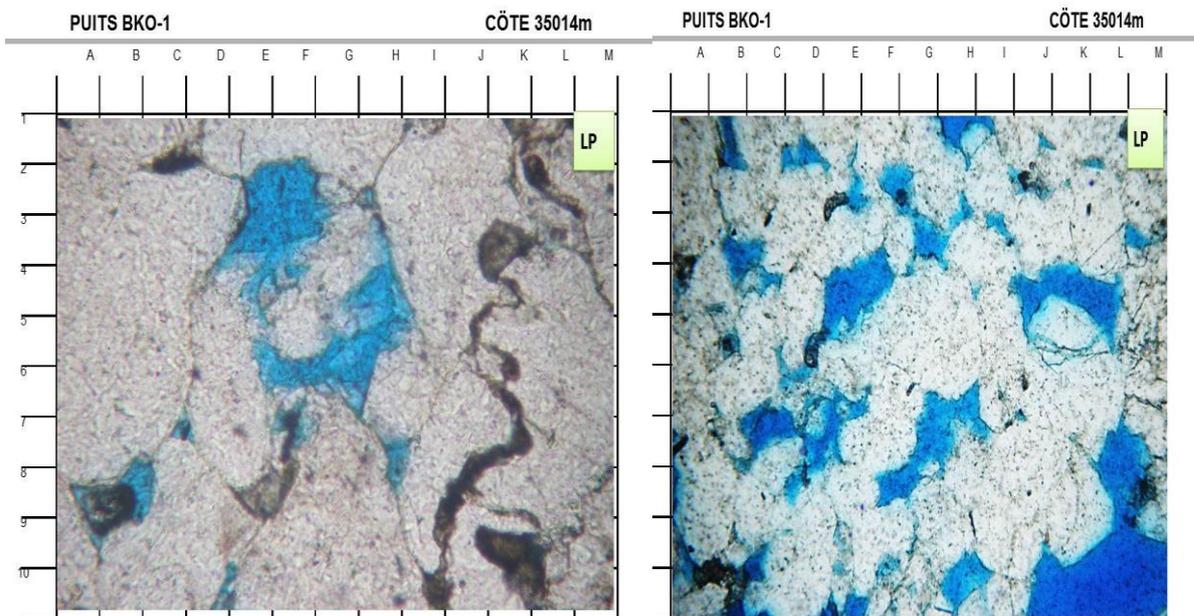


Figure III.15:
Porosité de dissolution.

Figure III.16:
Porosité intergranulaire

III.3.1.2 Roches éruptives du Trias (intervalle 3518 à 3521.5 m)

L'observation des lames minces des échantillons montre que ces roches ont une texture doléritique et qu'elles sont composées de plagioclases en lattes obliques plus ou moins jointifs, d'illite, de chlorite et d'oxydes de fer. Il s'agit d'une Dolérite.

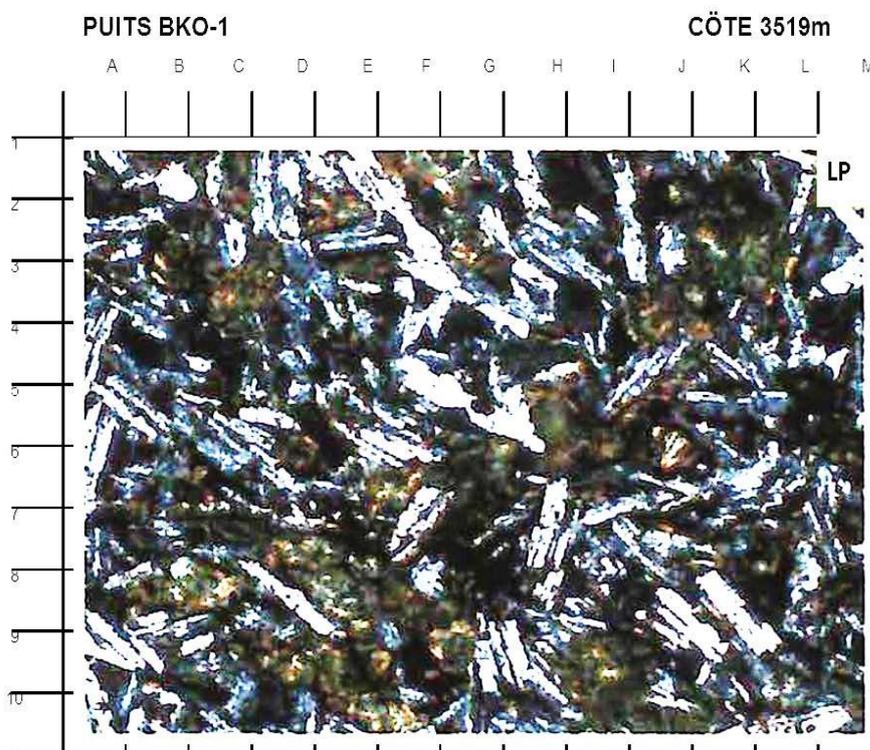


Figure III.17 :

Mise d'une texture doléritique composée de feldspaths (plagioclases), d'illite, de chlorite et d'oxydes de fer.



Carotte 01

Figure III.B :
Carotte 01 a l'Intervalle 3503 à 3517.5 m
roches éruptives du Trias.



III.3.1.3 Série inférieure du Trias (Intervalle 3589.5 à 3607 m)**A .Lithologie :**

Cet intervalle est constitué par des grès blancs parfois gris-bruns, fins à moyens, rarement grossiers, mal classés, sub-arrondis à sub-anguleux parfois sub-arrondis à arrondis, à ciment argilo-siliceux et carbonaté. Ces niveaux gréseux sont intercalés par des passées argileuses silteuse, brun-rouges et consolidées.



Figure III.C :
Carotte 02 a l'Intervalle (Intervalle 3589.5 à 3607 m) Série inférieure du Trias

B .Les éléments figurés**➤ Le quartz**

Dans cet intervalle les grains de quartz sont fins à moyens parfois grossiers rarement très fins, mal classés, sub-arrondis à sub-anguleux à anguleux sub-arrondis à arrondis quand les grains sont grossiers. Les contacts sont concavo-convexes à droits parfois suturés dans les niveaux gréseux matures et flottants dans les faciès immatures. La taille du grain moyen varie de 0.075 à 0.625 mm et la taille des grains grossiers oscille entre 0.150 et 1.75mm. Leur pourcentage total oscille de 30 à 70 %.

➤ Les micas

Ils sont de deux types, la muscovite et la biotite. Ils sont plus abondants dans les grès très fins et moins propres ou leur pourcentage peut atteindre 6 %. Dans les autres niveaux gréseux ils se présentent sous forme de traces. Il est à noter que les micas noirs (biotites) sont fréquemment épigénies en chlorite.

➤ Les feldspaths

Seuls les orthoclases sont présents dans cet f intervalle. Leur pourcentage est faible inférieur à 3%. Ils sont généralement altérés en kaolinite.

➤ Les minéraux lourds

Ils sont de deux types (zircon et tourmaline) et leur présence est accessoire (moins de 1 %). verticalement, leur répartition est discontinue.

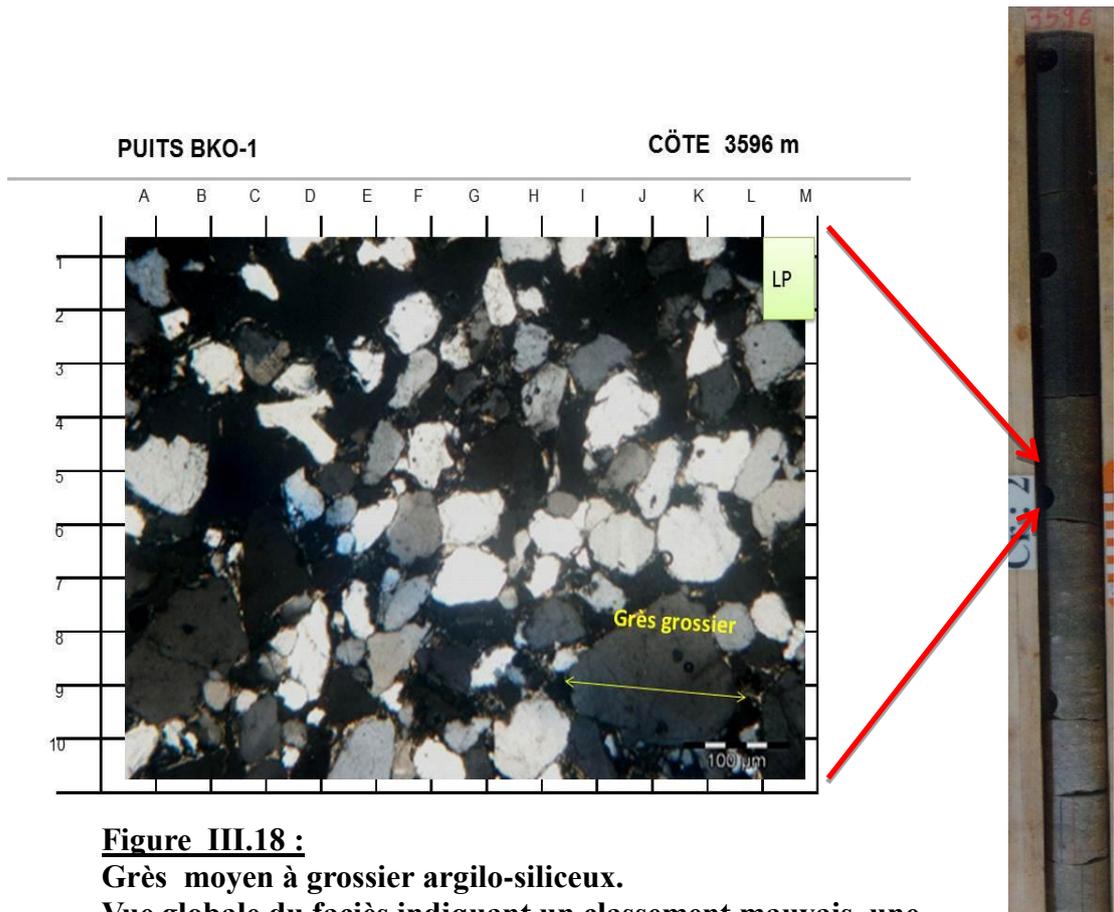


Figure III.18 :
Grès moyen à grossier argilo-siliceux.
Vue globale du faciès indiquant un classement mauvais, une
morphoscopie sub-arrondie à sub-anguleuse et des contacts
concavo-convexes à droits.

Carotte 02

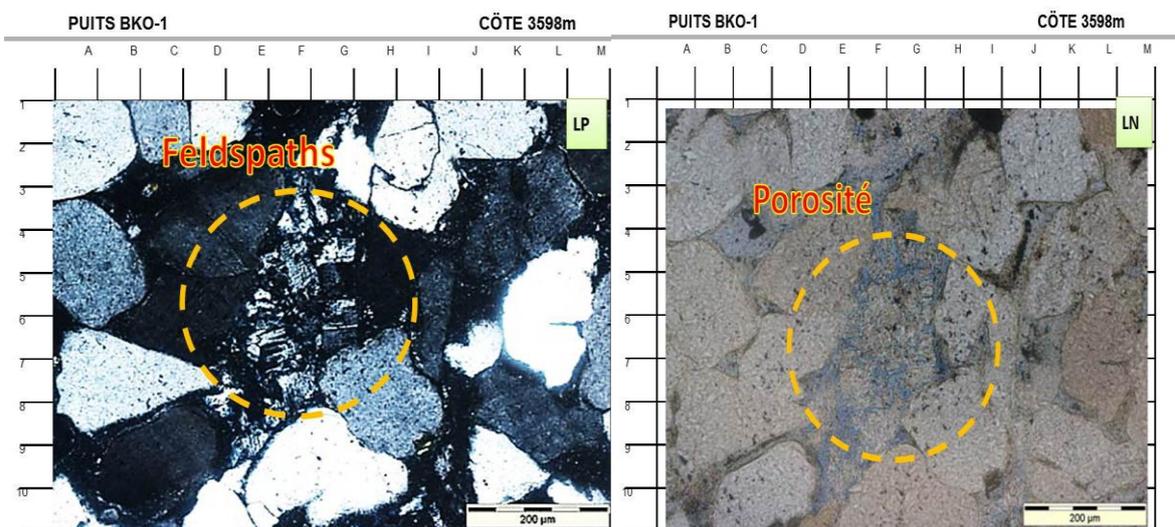


Figure III.19 :
Feldspath à un stade très avancé d'altération et de dissolution

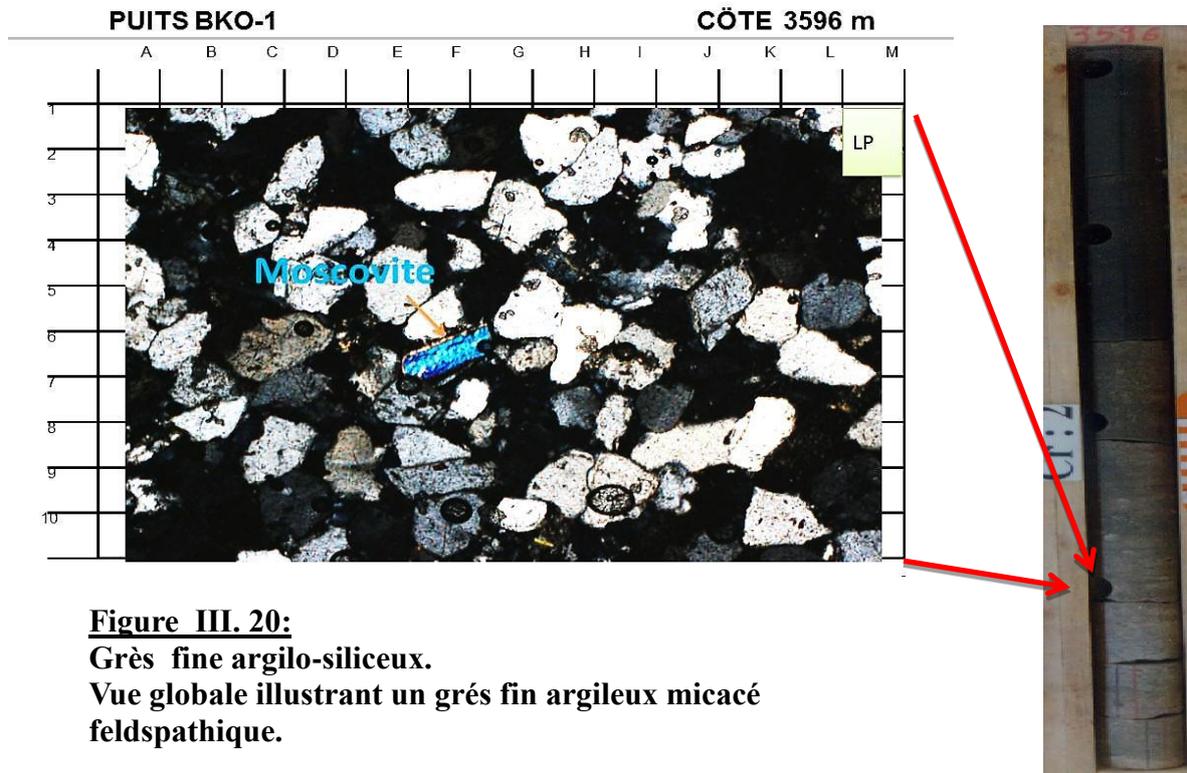


Figure III. 20:
Grès fine argilo-siliceux.
Vue globale illustrant un grés fin argileux micacé feldspathique.

Carotte 02

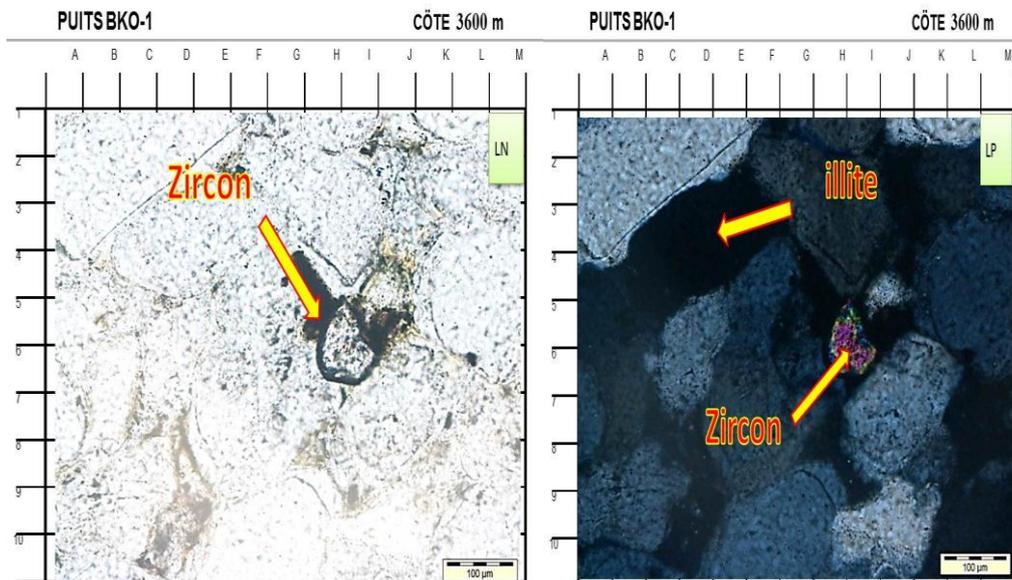


Figure III. 21:
Grès fin à très fin argilo-siliceux.
Ciment argileux intergranulaire de type illite. Remarquer un grain de zircon en haut à droite.

C .Les ciments

Les ciments qui constituent ce réservoir sont les ciments argileux , siliceux, carbonaté, ferrugineux et accessoirement pyriteux.

➤ Le ciment siliceux

Le ciment siliceux est moins important V argileux et le carbonaté. Son pourcentage total est inférieur à 15 % mais le plus souvent en traces. Il représenté par le ciment siliceux de nourrissage précoce et le ciment siliceux de compaction tardif. La silice de nourrissage se développe autour des grains de quartz en formant des auréoles d'impuretés, et son pourcentage est plus important que celui du deuxième type, il oscille entre 0 et 12 %. Le ciment de compaction est développé soit entre les grains de quartz soit sous forme de plages de silice microgrenue. Il est matérialisé par les contacts entre les grains de type concavo-convexes à suturés, sa proportion varie de 0 à 5 %.

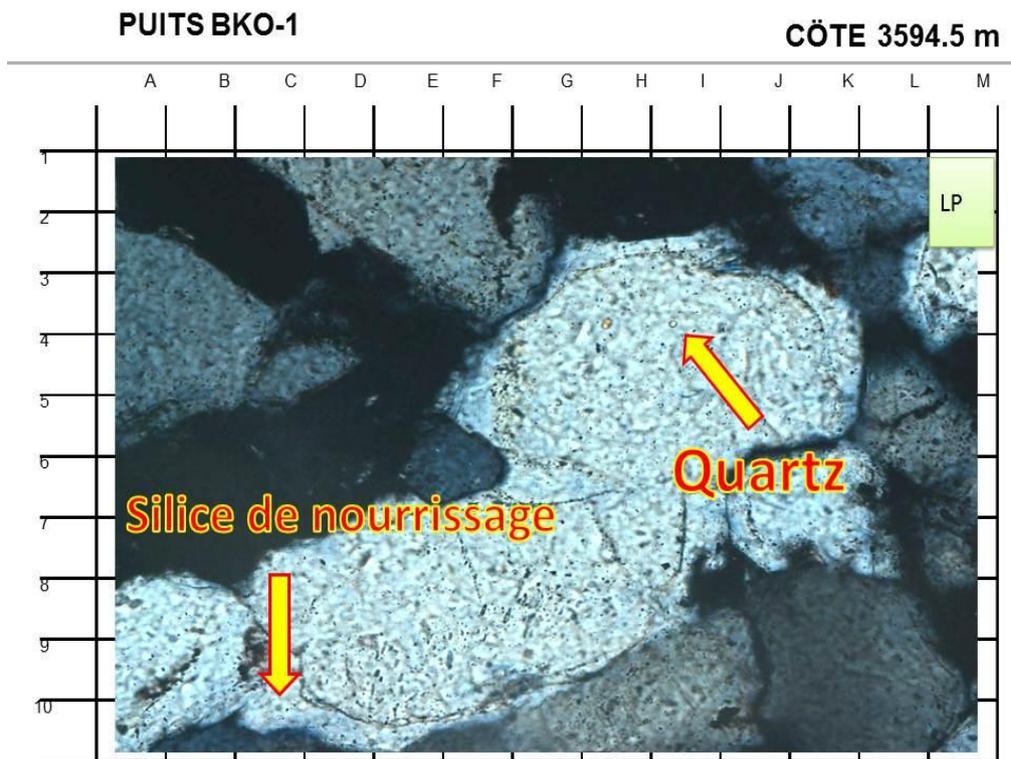


Figure III. 22:
Grès fin argilo-siliceux
Illustration du développement de la silice de nourrissage.

➤ **Le ciment argileux**

Le ciment argileux est composé d'illite et de chlorite, sa proportion totale est très variable (5 à 45 %). La chlorite apparaît d'une manière discontinue avec une proportion de 50 % et disposée en plage entre les grains de quartz réduisant la porosité primaire. L'illite peut atteindre 100 % du pourcentage total de la fraction argileuse, et se présente soit en plages entre les grains soit en lisérés autour des grains de quartz.

➤ **Le ciment carbonaté**

Ce ciment est présent dans tous les échantillons étudiés. Il est représenté par la dolomite, développée dans la porosité intergranulaire et de dissolution en forme de plages. Les analyses radiocristallographique montrent l'existence en traces de la sidérite et la calcite dans quelques échantillons.

➤ **Le ciment ferrugineux**

Il est de type hématite et dû à l'oxydation du milieu. Ce ciment ferrugineux se présente d'une manière chaotique en association avec les argiles et les carbonates.

➤ **Le ciment évaporitique (halite et anhydrite)**

Leur présence en traces est uniquement prouvée par les analyses aux rayons X.

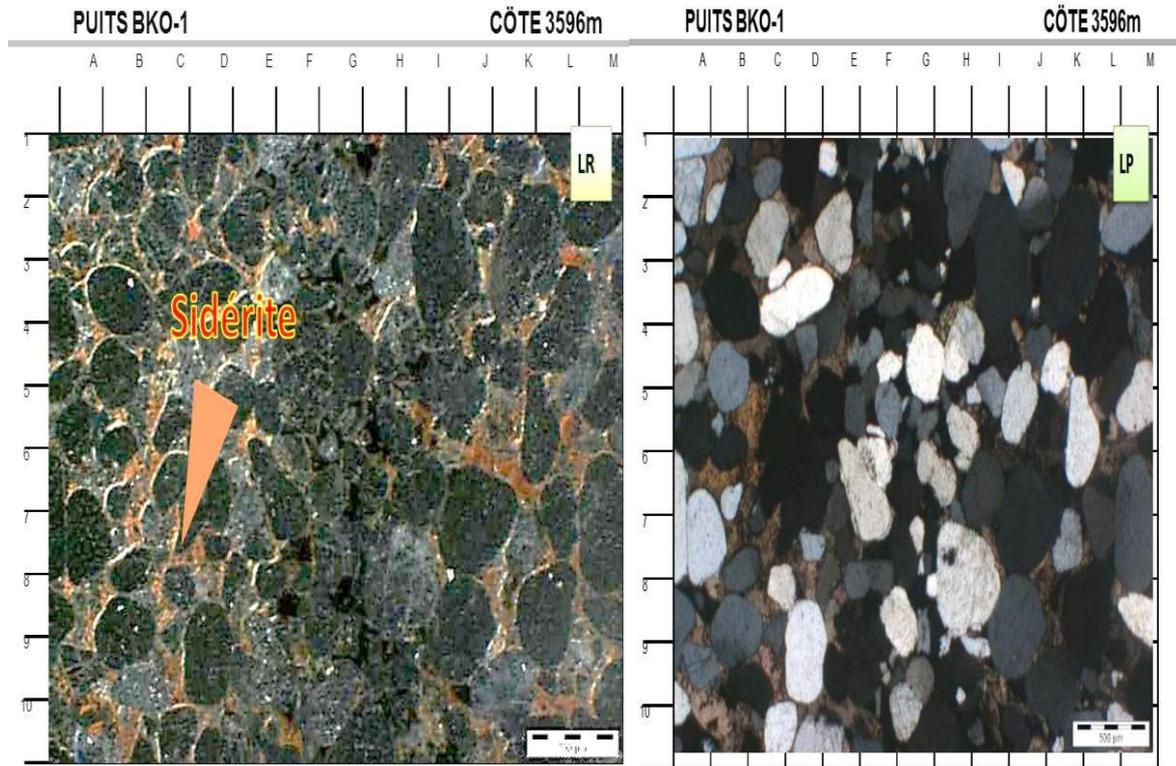


Figure III. 23:
Développement d'un ciment sidéritique.

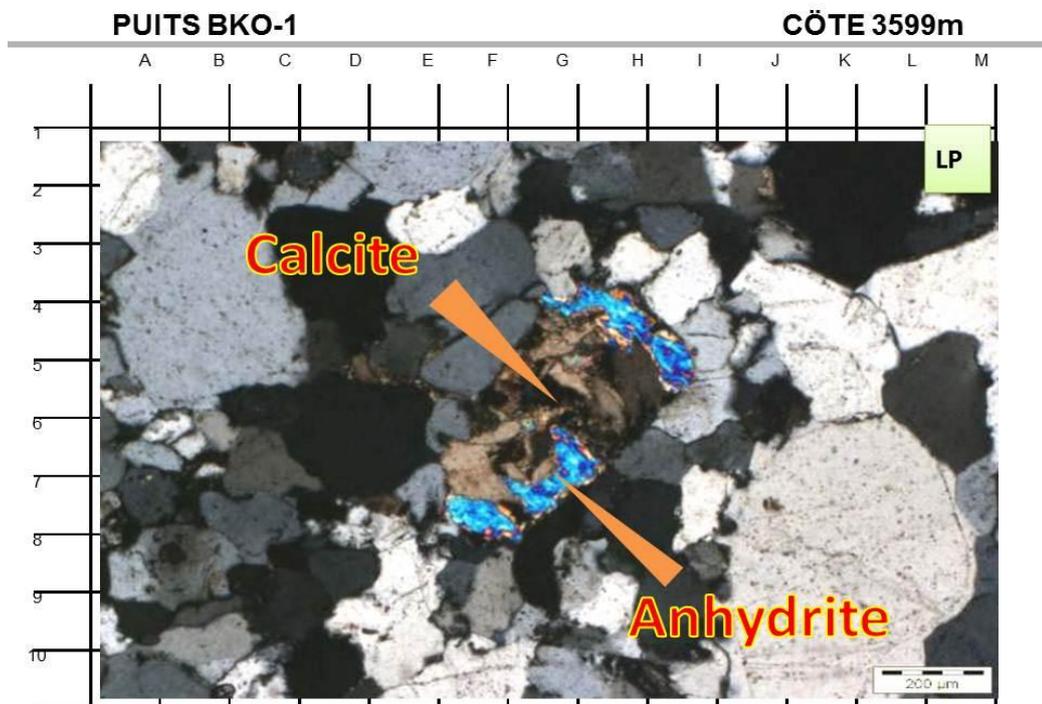


Figure III. 24:
Transformation de l'anhydrite par la calcite.

D .la porosité

Elle est représentée par la porosité primaire intergranulaire et la porosité secondaire de dissolution. La porosité de dissolution est la plus représentative (0 à 14 %), résultat de la dissolution du ciment siliceux. Elle engendre généralement des pores de grande dimension et favorise leur interconnexion. La porosité intergranulaire qui représente un taux très faible de 0 à 2 % de la porosité totale du réservoir est matérialisée par des vides entre les grains de quartz.

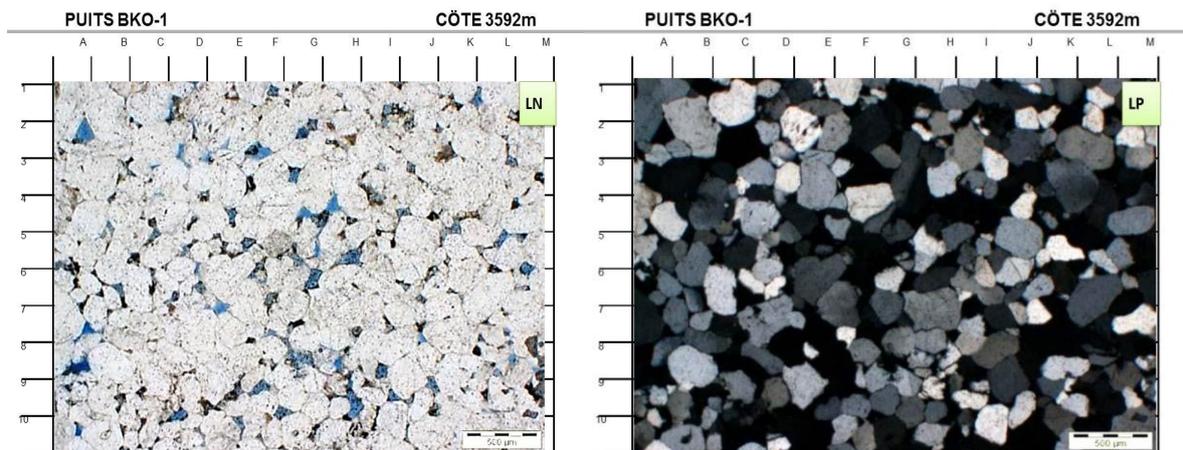


Figure III. 25:
Développement d'un réseau poreux intergranulaire issu de la dissolution.

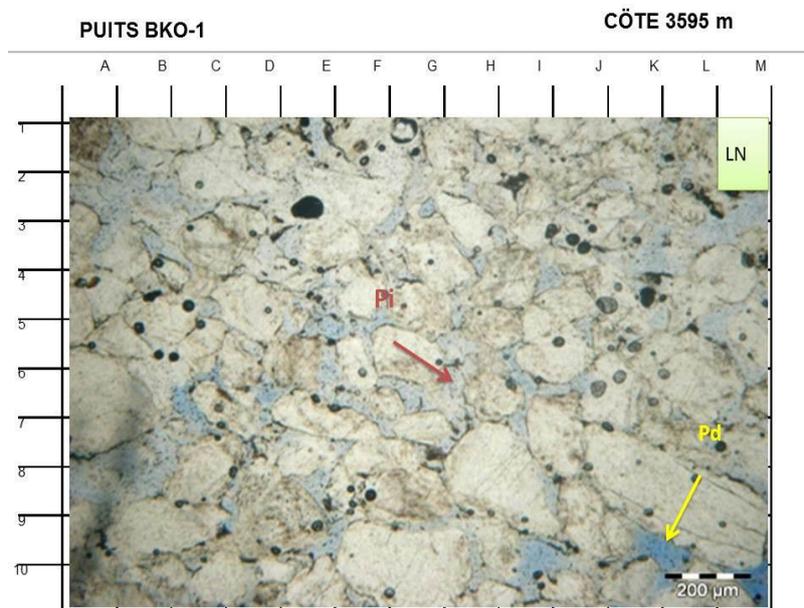


Figure III. 26:
Grès moyen argilo-siliceux.
Porosité de dissolution (Pd) et intergranulaire (Pi), Porosité estimée =5 %.

III.3.1.4 Le Silurien (Intervalle 3705.5 à 3835)

Macroscopiquement, cet intervalle correspond aux argiles gris-foncés à noires, micacées, feuilletées, silteuse, carbonatées, indurées, intercalées de fines passées de grès gris à gris-brun, fin, silico-carbonaté et compact.

Le Silurien est constitué d'argiles noires à bruns, silteuse micacées, carbonatées et pyriteuse surtout à la base.

On note la présence de feldspaths (plagioclases et orthoclases) ainsi que des traces de sel.

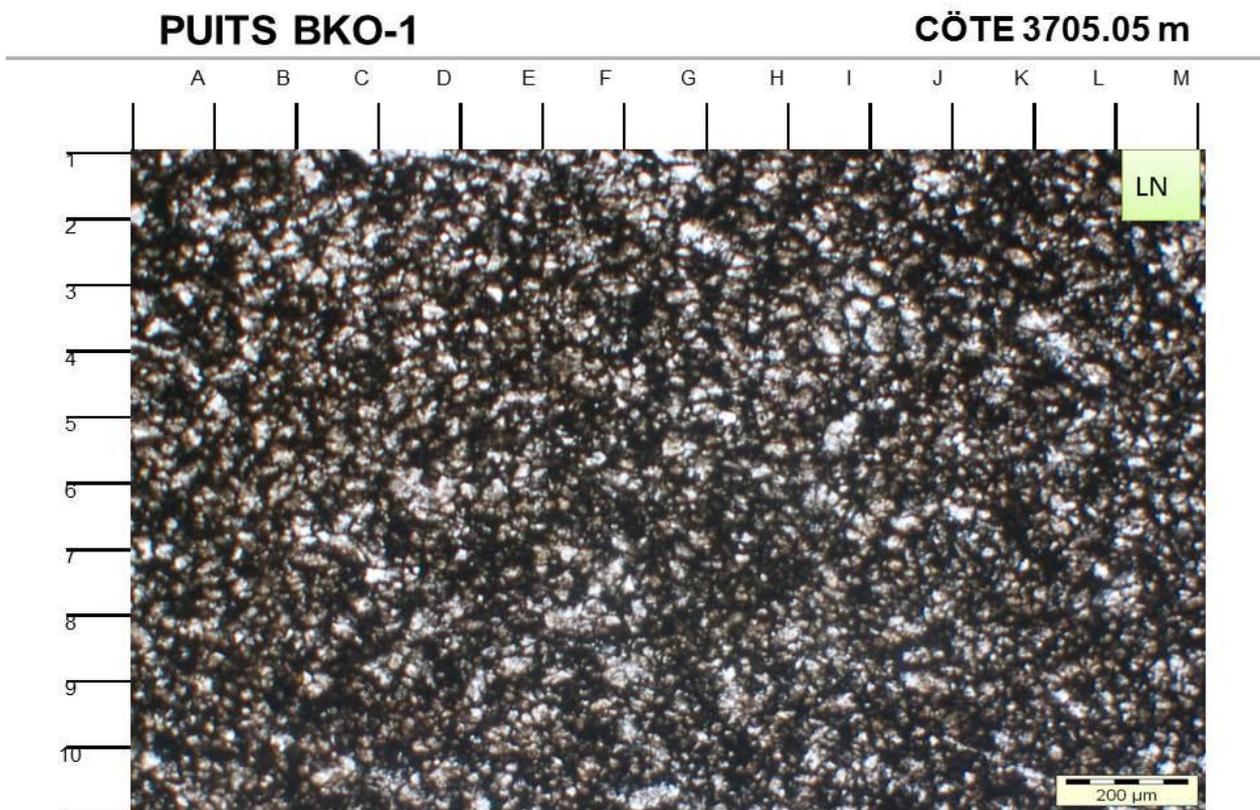
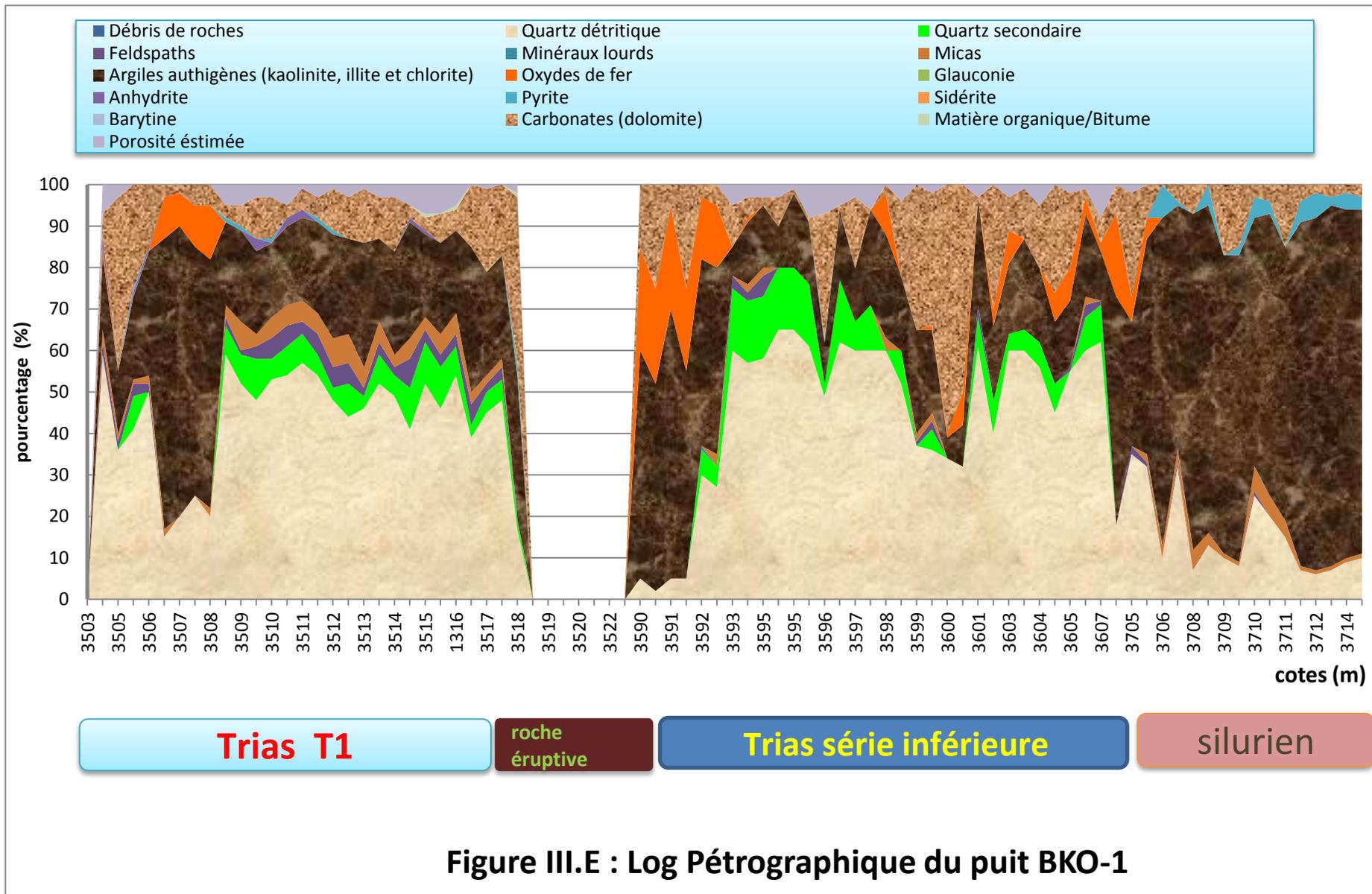
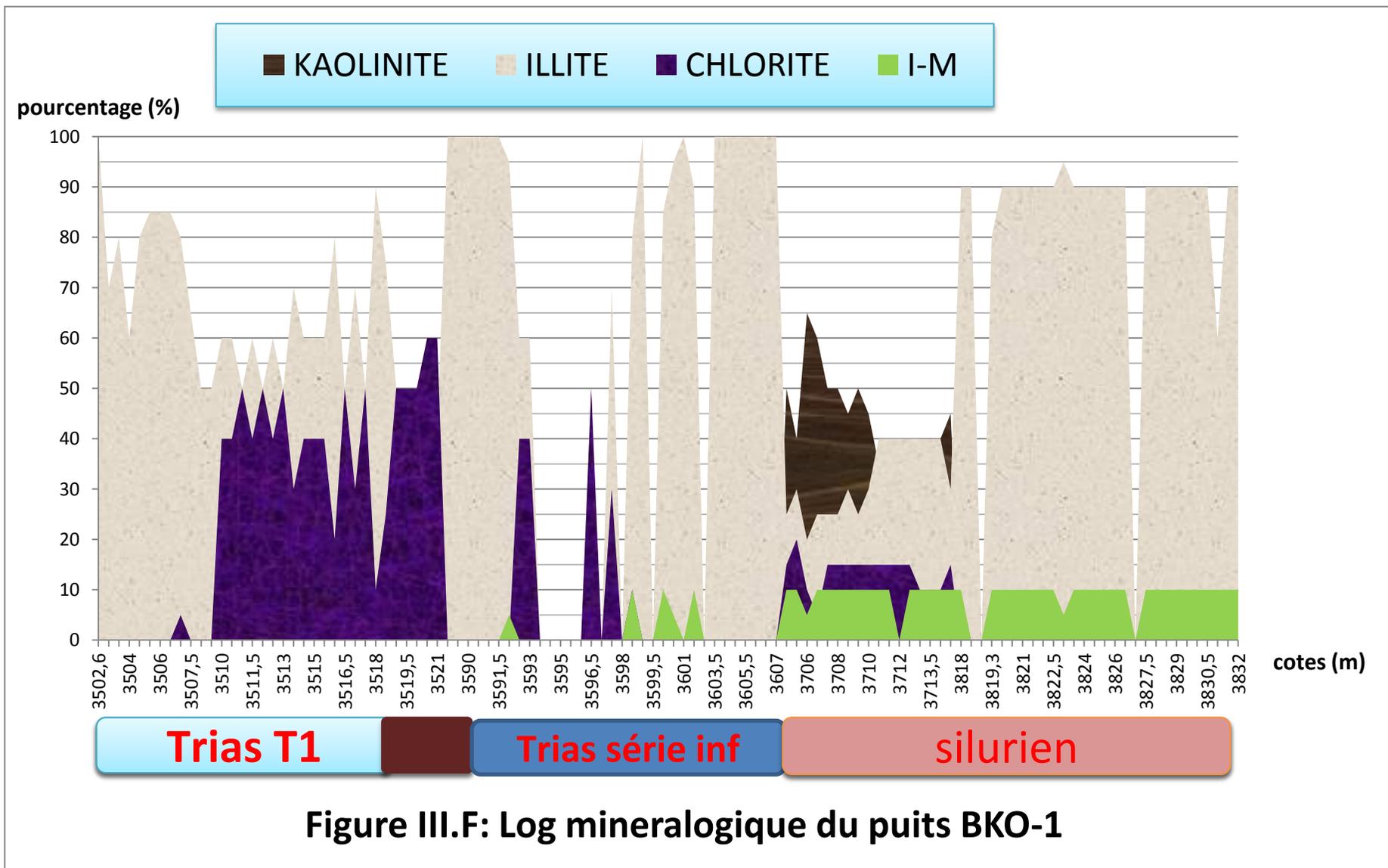


Figure III. 27 :
Silurien. Argile silteuse.
Mise en évidence d'une argile silteuse du Silurien.



Figure III. D :
Le Silurien (Intervalle 3705.5 à 3835)





III.4 Sondage BKHE-1

III.4.1..Réservoir Trias (3401 m à 3425,5 m)

A .Les éléments figurés

➤ Les grains de quartz

Les résultats d'observation au microscope polarisant de toutes lames montrent que les grains de quartz qui constituent l'élément principal de ce réservoir sont très fins, fins à moyen rarement très fins. Le classement de ces grains est mauvais, moyen à bien. Leur morphoscopie est sub-arrondi à sub-anguleuse rarement arrondi à sub-arrondi Cette morphoscopie est fonction de la taille des grains, plus les grains sont fins plus ils sont anguleux. Les contacts entre ces grains de quartz sont très variables le plus souvent flottants rarement concavo-convexes. Ces contacts dépendent du degré de compaction de la roche et de la fréquence des différents ciments. Le pourcentage des grains de quartz dans cet intervalle peut atteindre 40.87%

➤ Les micas

Ils sont de deux types, la biotite et la muscovite. Leur pourcentage total 0.1 % et souvent en traces. Ils sont d'autant plus fréquents que le pourcentage d'argile est plus élevé. Les biotites sont plus abondantes et fréquemment transformées en illite.

➤ Les feldspaths :

Les feldspaths quant à eux, ils sont représentés par les plagioclases dont leur fréquence est très négligeable (en trace), cela est dû à la maturité des sédiments étudiés. Ils se transforment souvent en kaolinite.

➤ **Les minéraux lourds:**

Ils sont représentés par le zircon et la tourmaline, suite à leur grande résistance aux altérations et aux transformations au cours du transport et sédimentation. Il est souvent en trace.

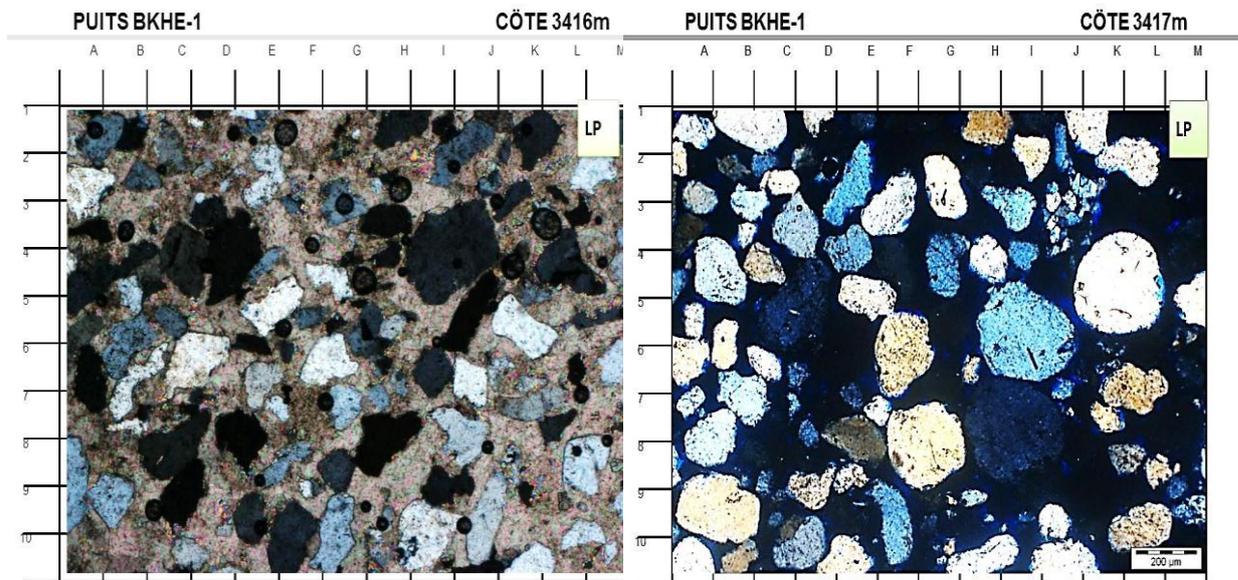


Figure III. 28 :
Les grains de quartz flotté dans le ciment carbonaté.

Figure III. 29 :
Grains arrondis

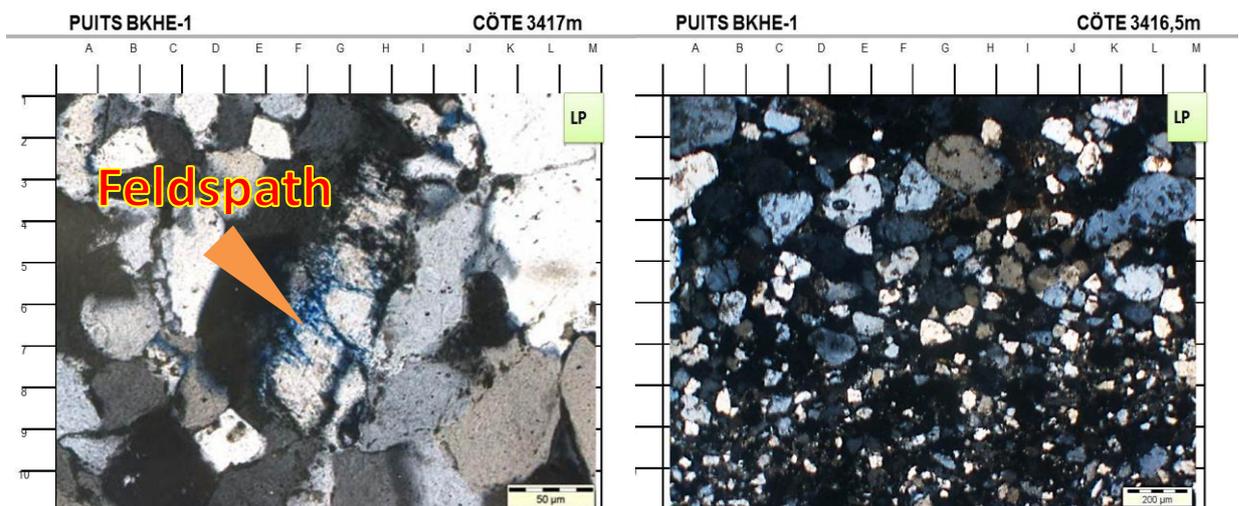


Figure III. 30 :
Porosité de dissolution (dissolution partielle d'un feldspath)

Figure III. 31:
Texture mode bimodale

B .Les ciments:**➤ Le ciment siliceux**

Développé autour et entre les grains de quartz, le ciment siliceux a une origine diverse. Son pourcentage total oscille entre 1 et 7 % parfois en traces. On distingue deux types, le ciment siliceux de nourrissage et le ciment siliceux de compaction.

➤ Le ciment siliceux de nourrissage

Il se développe autour des grains de quartz, en auréoles d'impuretés généralement irrégulières. Ce ciment est plus fréquent que celui provenant de la compaction, son pourcentage varie de 1 à 7 %.

➤ Le ciment siliceux de compaction

Il augmente en fonction de la profondeur. La silice de compaction est localisée entre les grains et en petits cristaux formant des plages isolées (silice microgrenue). Elle est matérialisée par les contacts entre grains de type cocavo-convexes à suturés. Son pourcentage est légèrement moins important que celui de la silice de nourrissage et varie de 0 à 3 %.

➤ Le ciment argileux :

Le ciment argileux constitue le ciment principal, sa teneur peut atteindre 37.58 % du volume total des constituants. D'après l'observation microscopique des plaques minces, l'argile est représentée essentiellement par l'illite de chlorite et de kaolinite.

➤ Le ciment carbonate :

Le ciment carbonaté est essentiellement dolomitique, il est souvent poecilitique. Sa teneur peut atteindre 11.74 %

➤ Le ciment pyriteux

La pyrite est généralement sous forme de traces, son pourcentage ne dépasse pas 3 %. Elle est localisée dans les porosités intergranulaires et de dissolution.

➤ L'anhydrite :

Ce ciment est plus fréquent que celui provenant, son pourcentage varie de 1 à 7 %.

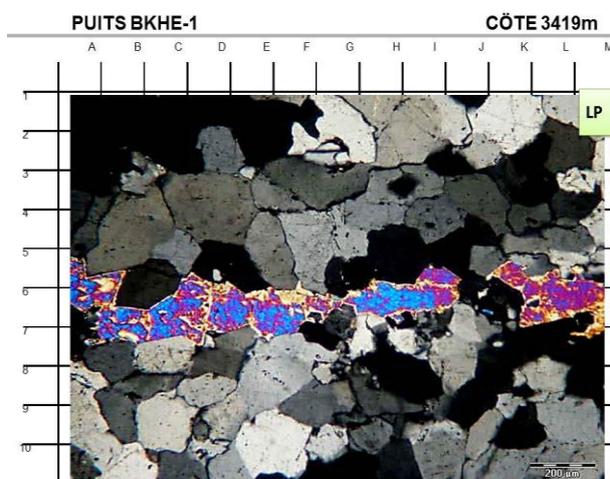


Figure III. 32 :
Précipitation de l'anhydrite dans
une microfissure.

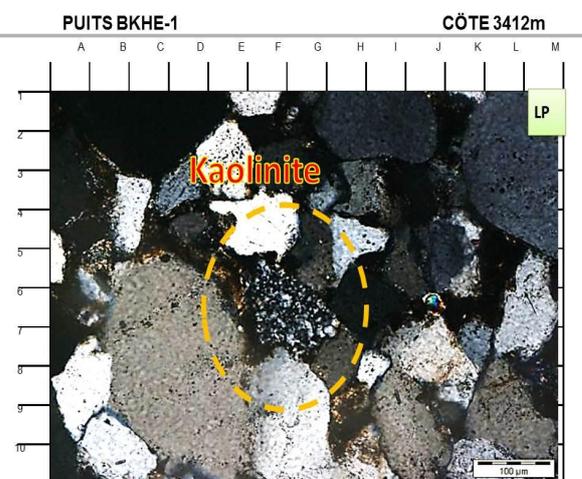


Figure III. 33 :
Transformation d'un grain
détritique probablement un
feldspath en kaolinite.

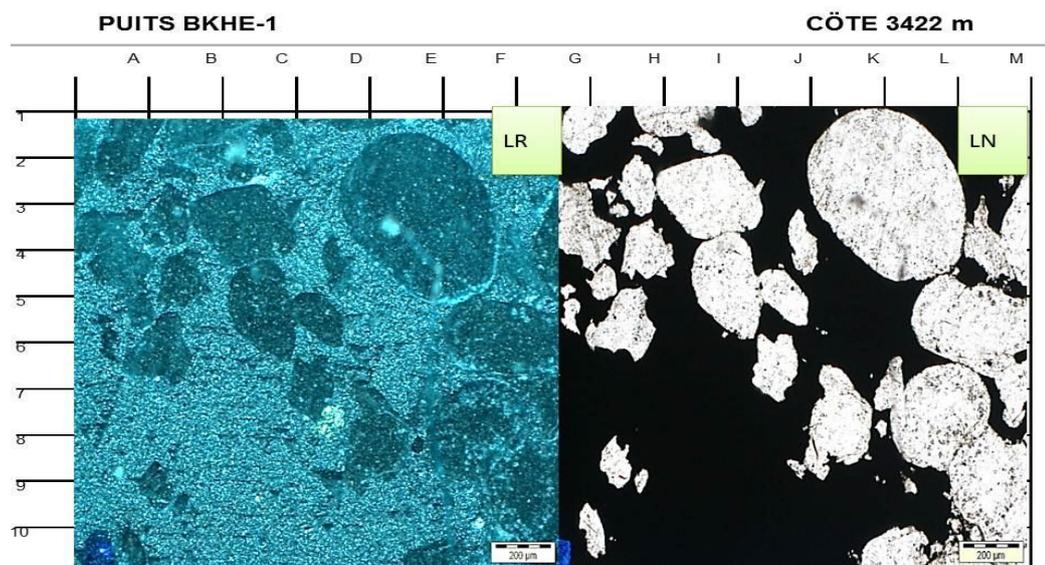


Figure III. 34:
Grès moyen à grossier argilo-siliceux
carbonaté.

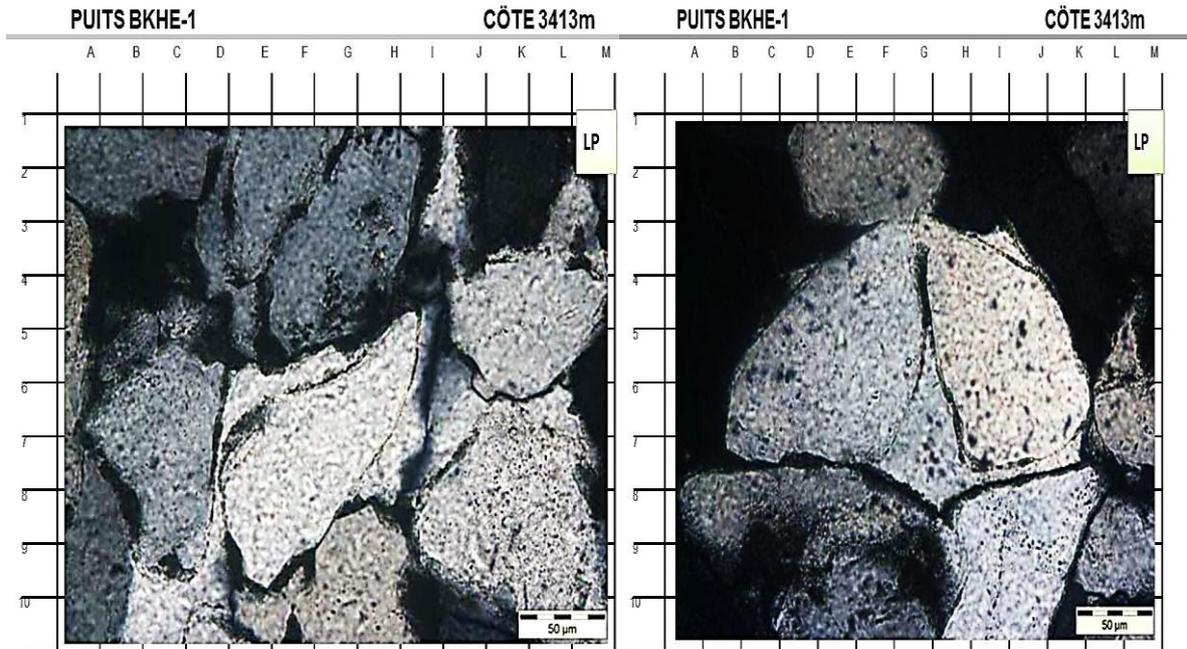


Figure III. 35:
Développement important de la silice secondaire.

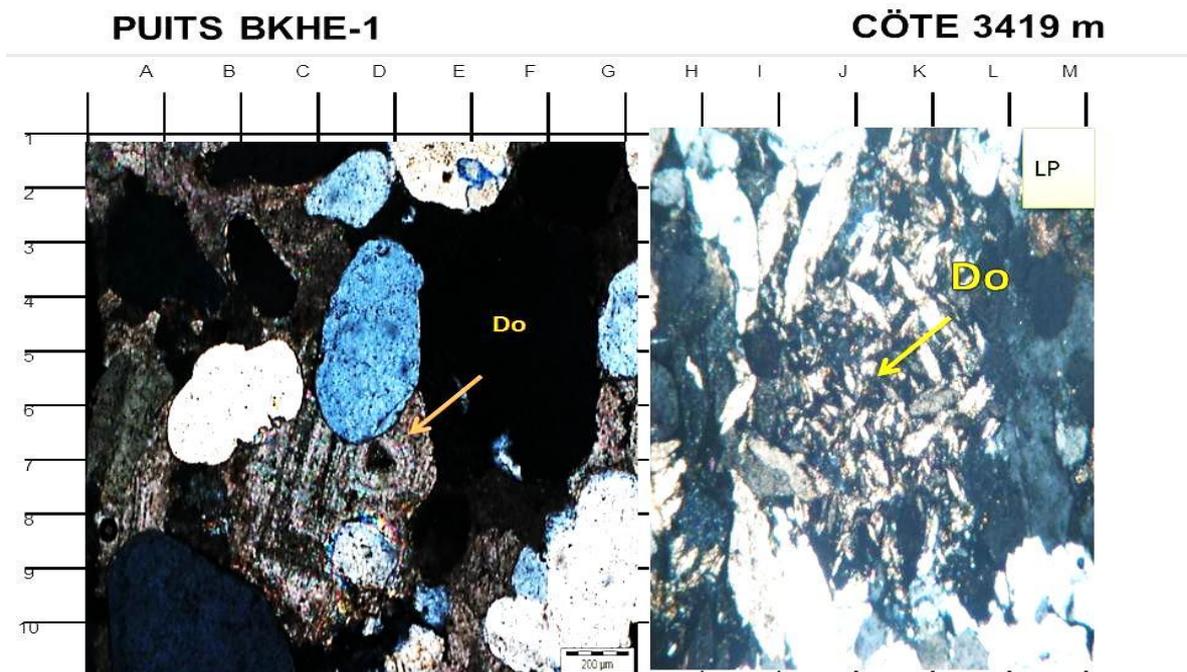


Figure III. 36:
Grès fin carbonaté.
Développement intense de la dolomite (Do).

C .La porosité :

Le réseau poreux est représenté par une porosité primaire et une porosité secondaire. On distingue une porosité de dissolution et une porosité de fracturation de moindre effet. Sa fréquence peut atteindre 20 % du volume total.

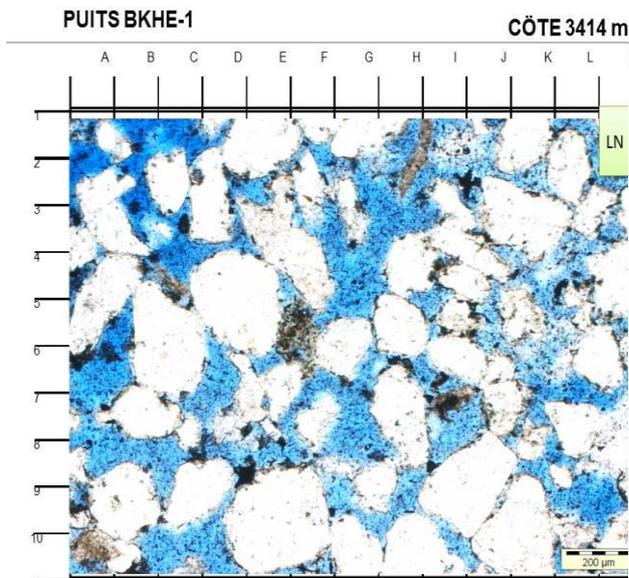


Figure III. 37:
Grès fin argilo-siliceux.
Mise en évidence du réseau poreux de dissolution.

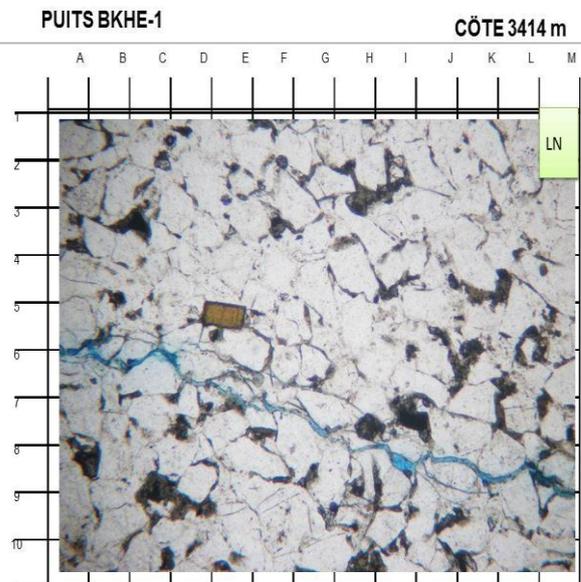


Figure III. 38:
Porosité de fissure .

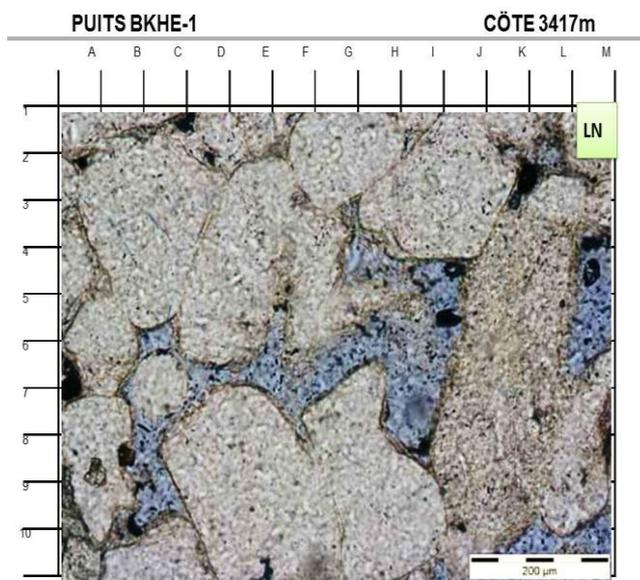


Figure III. 39:
Pores primaires et secondaire connectée.

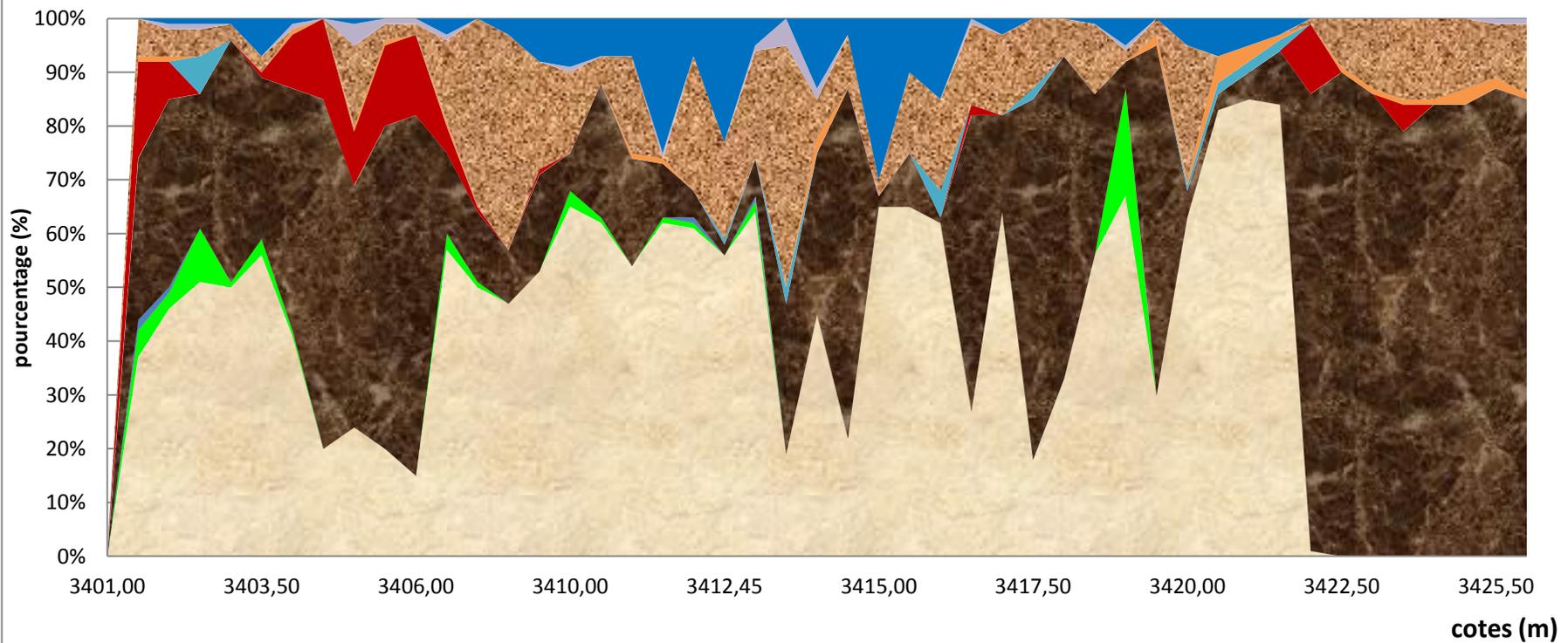
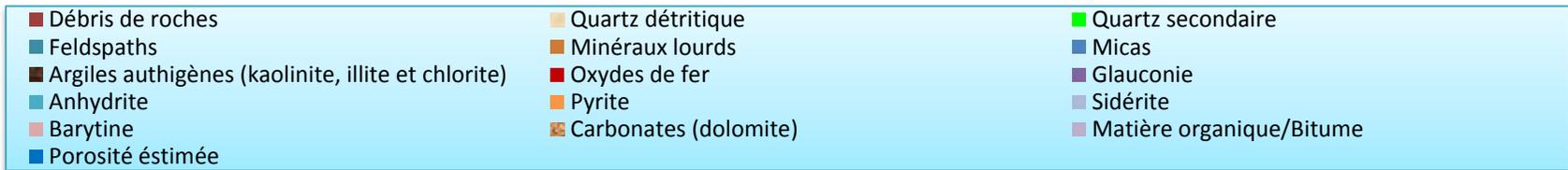


Figure III.G: Log pétrographique du puits BKHE-1

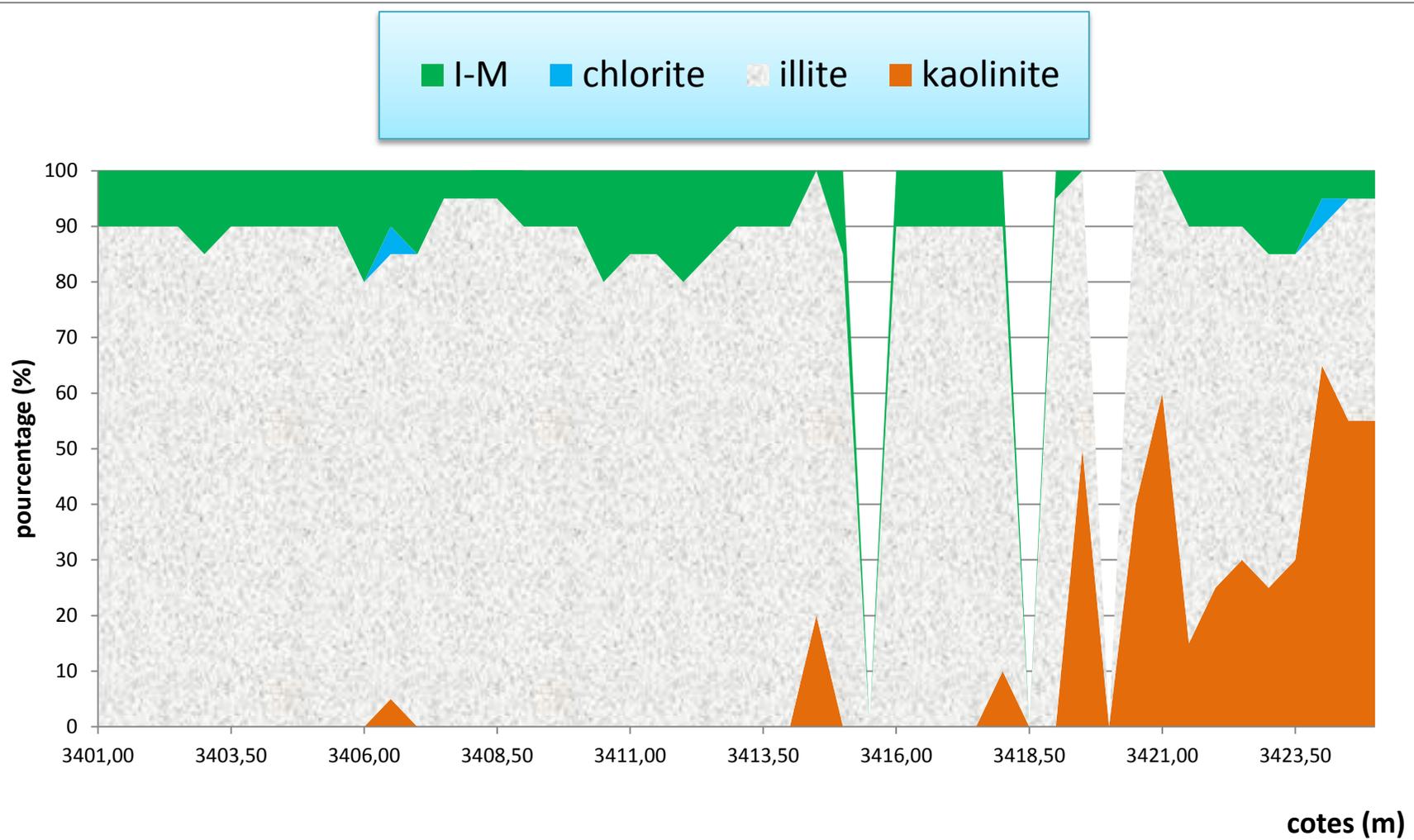


Figure III.H : Log minéralogique du puits BKHE-1

III.5 Etude diagénétique

III.5.1. Phénomènes diagénétiques

Cette partie est consacrée à l'interprétation des principaux phénomènes diagénétiques ayant affectés les réservoirs du Trias argilo-gréseux dans les puits BKO-1 et BKHE-2

Ces phénomènes sont :

✓ La silicification

Très fréquente dans les grès, la silicification est un phénomène qui est dû à plusieurs facteurs dont les plus probables sont :

La pression dissolution due au phénomène de compaction et matérialisée par les contacts entre grains de types concavo-convexes et suturés.

La circulation des eaux riches en SiO_2 .

Les émergences momentanées dues aux variations du niveau marin.

L'altération des micas et feldspaths.

Les observations pétrographiques de toutes les lames nous a permis de distinguer deux types de ciments siliceux :

Le ciment siliceux de compaction, localisé entre les grains de quartz, est favorisé par les contacts entre grains de type concavo-convexes à suturés. Dans notre cas ce ciment engendré par la pression dissolution est précoce par rapport au ciment de nourrissage.

Dans tous les échantillons décrits ce ciment siliceux est moins abondant que le ciment de nourrissage.

Le ciment siliceux de nourrissage développé autour des grains de quartz est matérialisé par les auréoles d'impuretés. Il est tardif par rapport au ciment siliceux de compaction car son développement autour des grains est partiel. L'origine la plus probable pour la silice de nourrissage est la circulation des eaux riches en SiO_2 qui peut provenir de la transformation des argiles, de

l'altération des micas et des feldspaths.

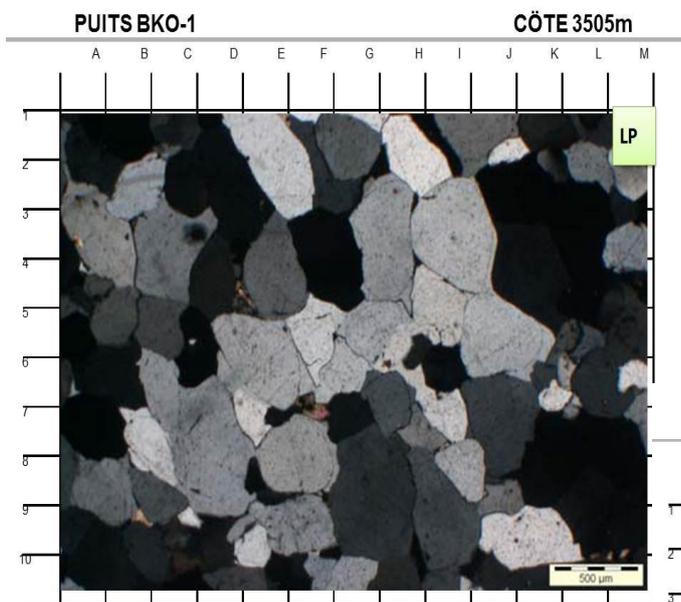


Figure III. 40 et 41:

Développement du ciment siliceux secondaire abondant obturant tous les pores intergranulaires.

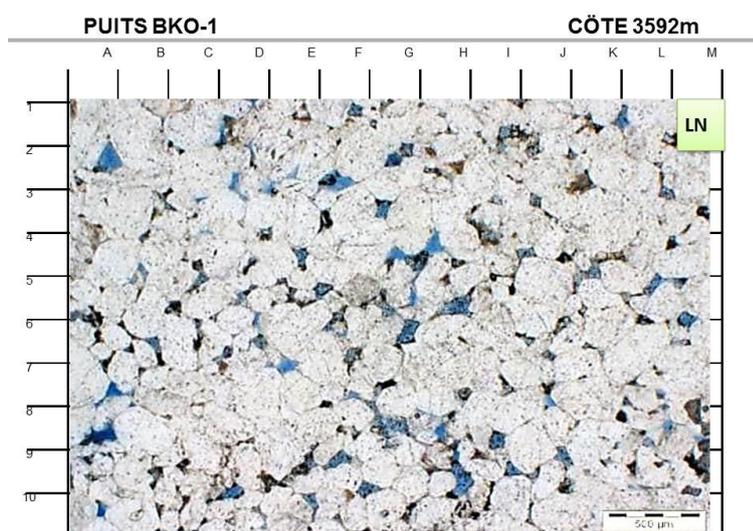
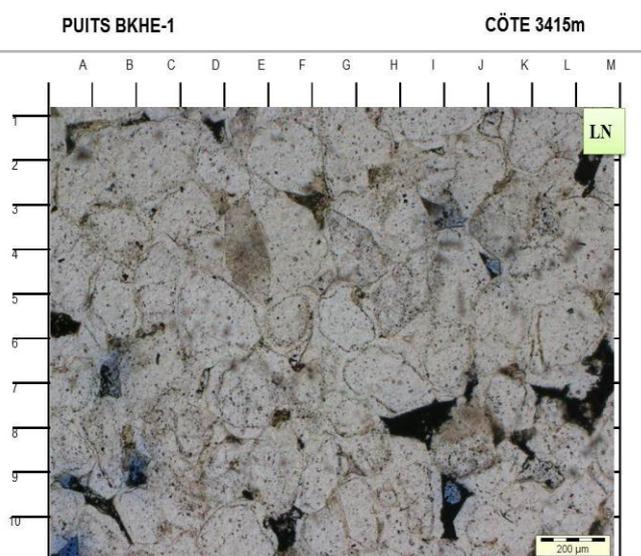


Figure III. 42:

La dissolution des minéraux instables et les ciments authigène favorisent la création d'une porosité secondaire importante qui peut atteindre les 15%.

✓ Transformation des argiles

Les argiles représentent la plus grande partie du ciment qui constitue les réservoirs du Trias de Berkaoui ouest. Le cortège argileux est composé par l'illite, le chlorite et la kaolinite.

Le passage de la kaolinite en illite est déterminé par l'observation au microscope optique polarisant en effet, des plages de kaolinites entourées par des vermicules d'illite. Ce phénomène est probablement due aux solutions interstitielles basiques et concentrées en ion K et Na qui peuvent provoquer l'illitisation du ciment kaolinique des grès. Quant à chlorite son origine est certainement due à la richesse des solutions interstitielles en ions Mg qui provient des carbonates présents dans les faciès. La figure 3 montre que la kaolinite existe uniquement au sommet de l'intervalle étudié du Trias T1, sa disparition en profondeur est vraisemblablement due à la présence de roches éruptives qui peuvent induire des températures très élevées et par conséquent la transformation de kaolinite en illite et en chlorite en fonction de la disponibilité d'ion K^+ ou Mg^+ .

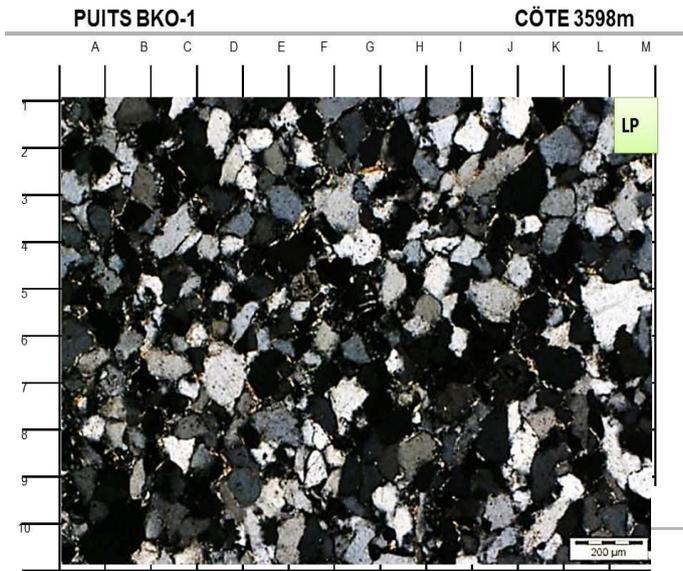


Figure III. 43:

Développement du ciment argileux par le phénomène d'illitisation des micas.

Figure III. 44:
Mise en évidence du ciment argileux intergranulaires de type illite/kaolinite.

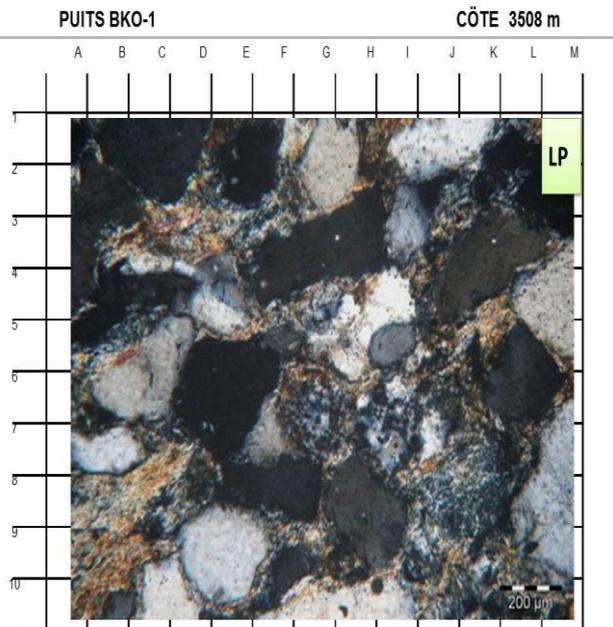
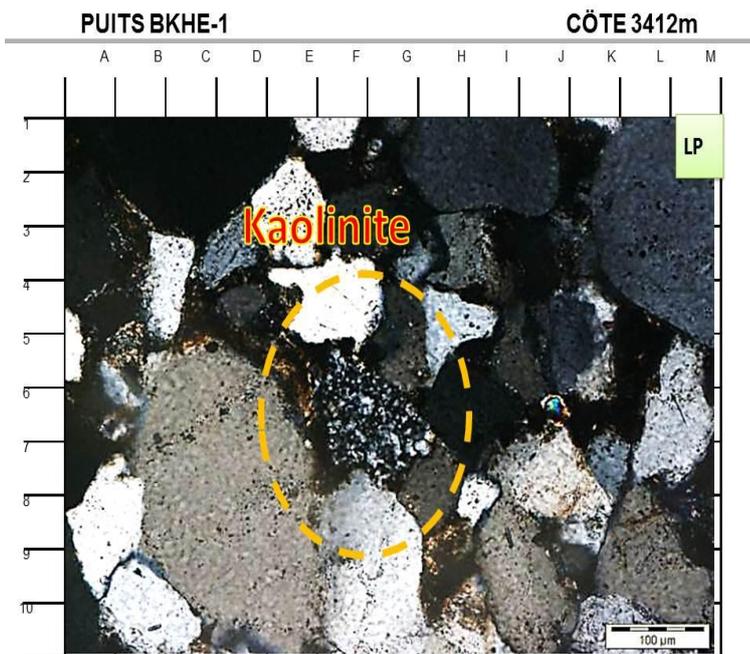


Figure III. 45 :
Transformation d'un grain détritique probablement un feldspath en kaolinite.



✓ Précipitation des carbonates

Le ciment carbonaté est rencontré dans tous les échantillons analysés. Ce ciment est originellement calcique représenté en majeure partie par la dolomite qui provient de la substitution d'un ion Ca^{+2} par deux ion Mg^{+2} . Il est développé dans la porosité intergranulaire et de dissolution. Son origine est probablement due à la présence de niveaux carbonates sus-jacents et à la circulation des eaux riche en CaCO_3 sous des pressions et températures élevées. La sidérite qui se présente sous forme de traces dans certains échantillons est le résultat de la transformation de la calcite en présence du fer libéré par la chlorite.

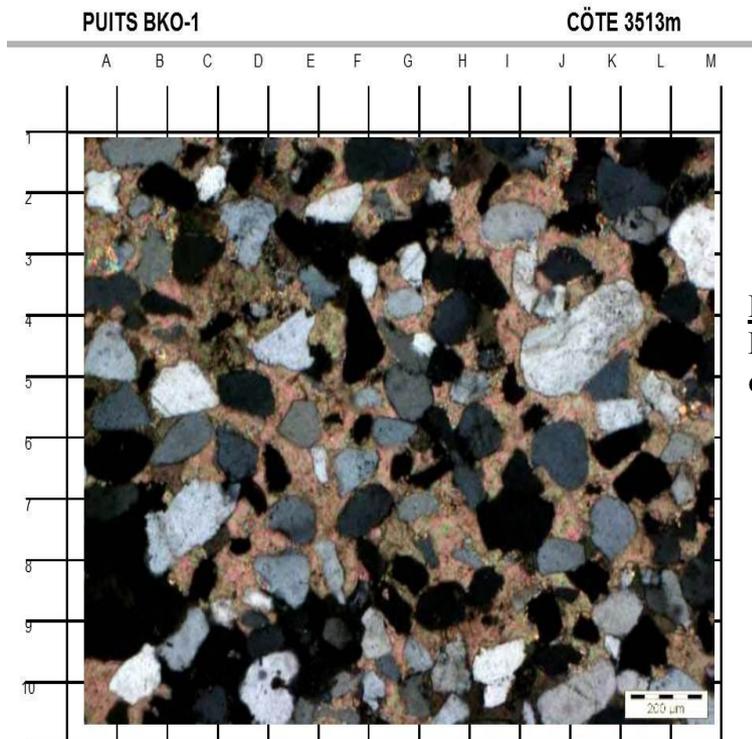
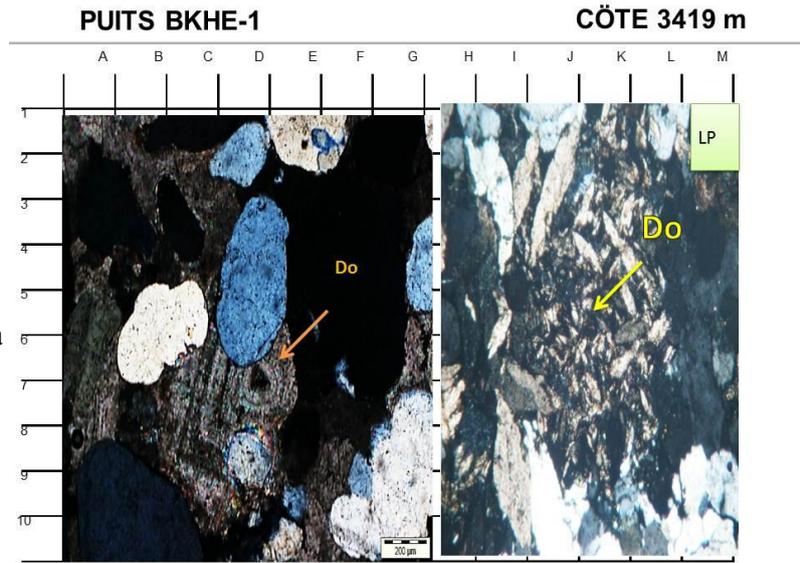


Figure III. 46:
Développement d'un ciment
carbonaté dans un grès moyen

Figure III. 47:
Grès fin carbonaté.
Développement intense de la dolomite (Do).



PUITS BKHE-1 **CÔTE 3419.45 m**

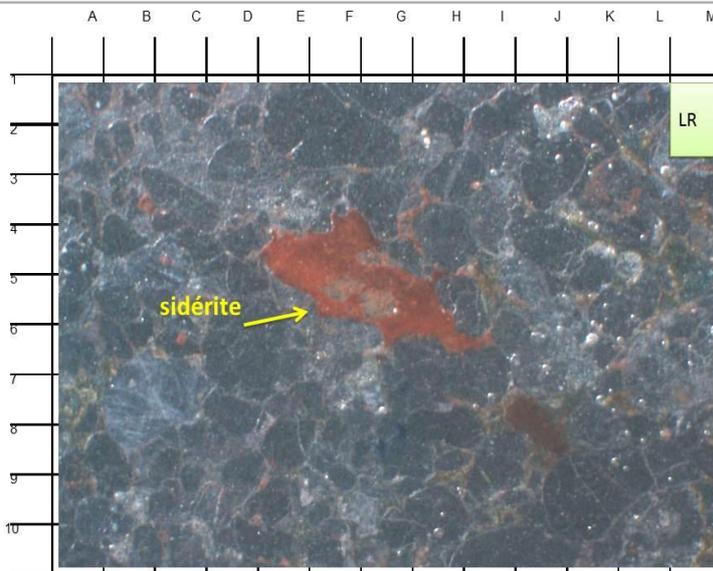
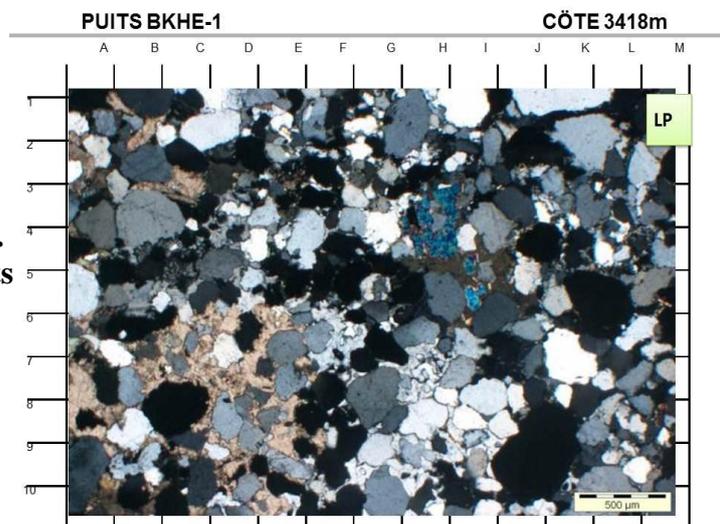


Figure III. 48:
Ciment carbonaté oxyde de fer (sidérite)
Mise en évidence du développement intense des oxydes de fer

Figure III. 49:
La précipitation des ciments carbonatés et sulfatés (anhydrite). La coexistence de ces deux ciments renforce l'hypothèse de substitution des éléments chimiques (CaSo4 et CaCo3).



✓ Développement du ciment pyriteux

La pyrite est considérée comme un ciment accessoire dans notre cas, développée dans le réseau poreux intergranulaire et de dissolution. Sa localisation dans la porosité de dissolution atteste un ordre chronologique de mise en place très tardif, probablement après l'arrivée des hydrocarbures qui peuvent créer un milieu réducteur favorable au développement de la pyrite.

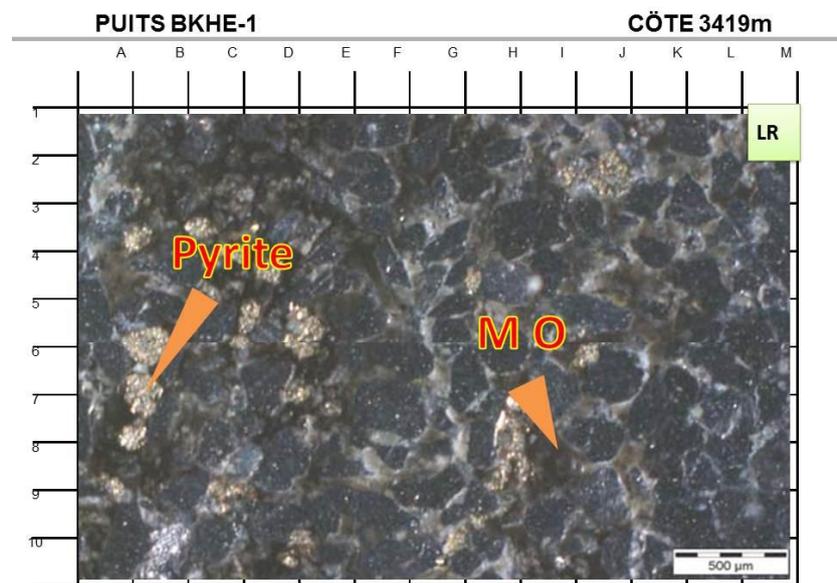


Figure III. 50:
Pyrite qui épigénies la matière organique (MO)

✓ Développement du ciment ferrugineux

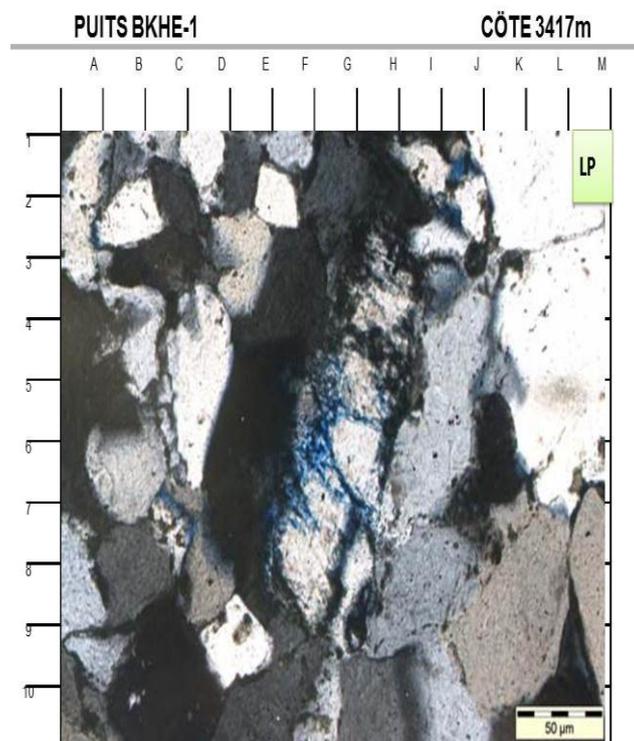
Il est exclusivement représenté par l'hématite, développée dans les vides intergranulaires et de dissolutions sous forme de plages et d'amas irréguliers. Son origine atteste d'un milieu oxydant et favorisé par Abondance du fer dans la composition chimique des roches et des faciès.

✓ Dissolution de la silice

La dissolution est un phénomène assez général qui accompagne souvent d'autres phénomènes comme la compaction, la recristallisation, la cimentation et l'épigénisation. Elle affecte certains minéraux (feldspaths) et certains ciments (siliceux, carbonaté) suite à leur grande solubilité sous certaines conditions de pression, température, de PH et concentration en sels dissous dans les eaux interstitielles.

Ce phénomène est particulièrement important car il augmente considérablement la porosité du réservoir. Dans notre cas, et d'après l'observation des lames minces colorées au bleu de méthylène, le phénomène de dissolution affecte préférentiellement le ciment siliceux suite à la circulation des eaux et l'élévation de la pression et de la température.

Figure III. 51:
Porosité de dissolution
(dissolution partielle d'un
feldspath)



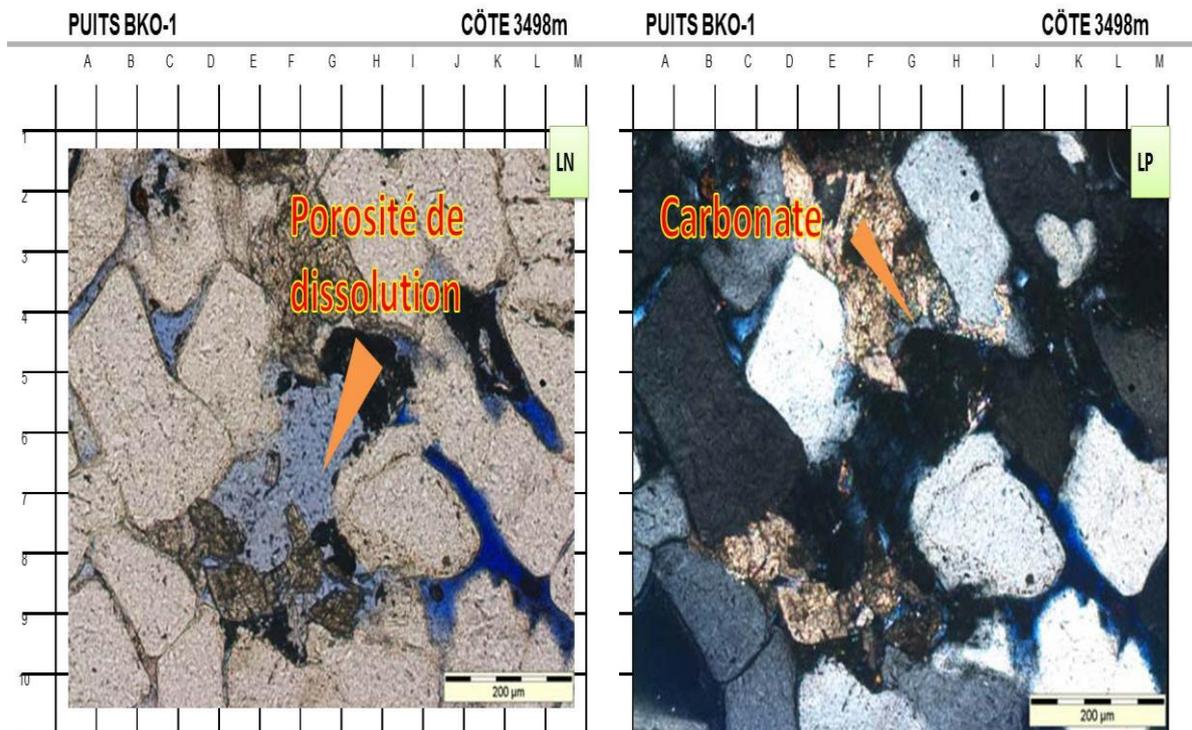


Figure III. 52:
Amélioration de la porosité par la dissolution partielle des carbonates

✓ Altération des micas

Comme on l'a déjà évoqué dans le chapitre pétrographie, les micas dans les niveaux gréseux du Trias de Berkaoui ouest sont de deux types, les biotites et les muscovites. Les biotites sont souvent altérées en chlorite. Le mécanisme de ce phénomène se fait par l'incorporation de magnésium et du fer qui sont respectivement liés aux carbonates et la chlorite, et un départ de la silice. Celle-ci a été évoquée par TOWE (1962) comme source possible de silice dans certaines cimentations siliceuses de la diagénèse.

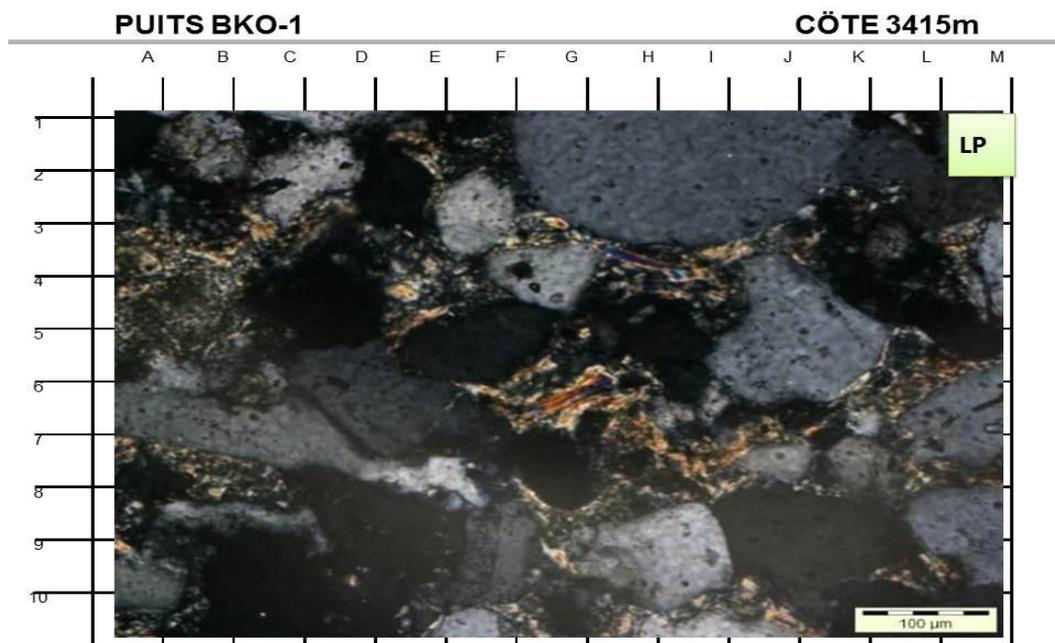


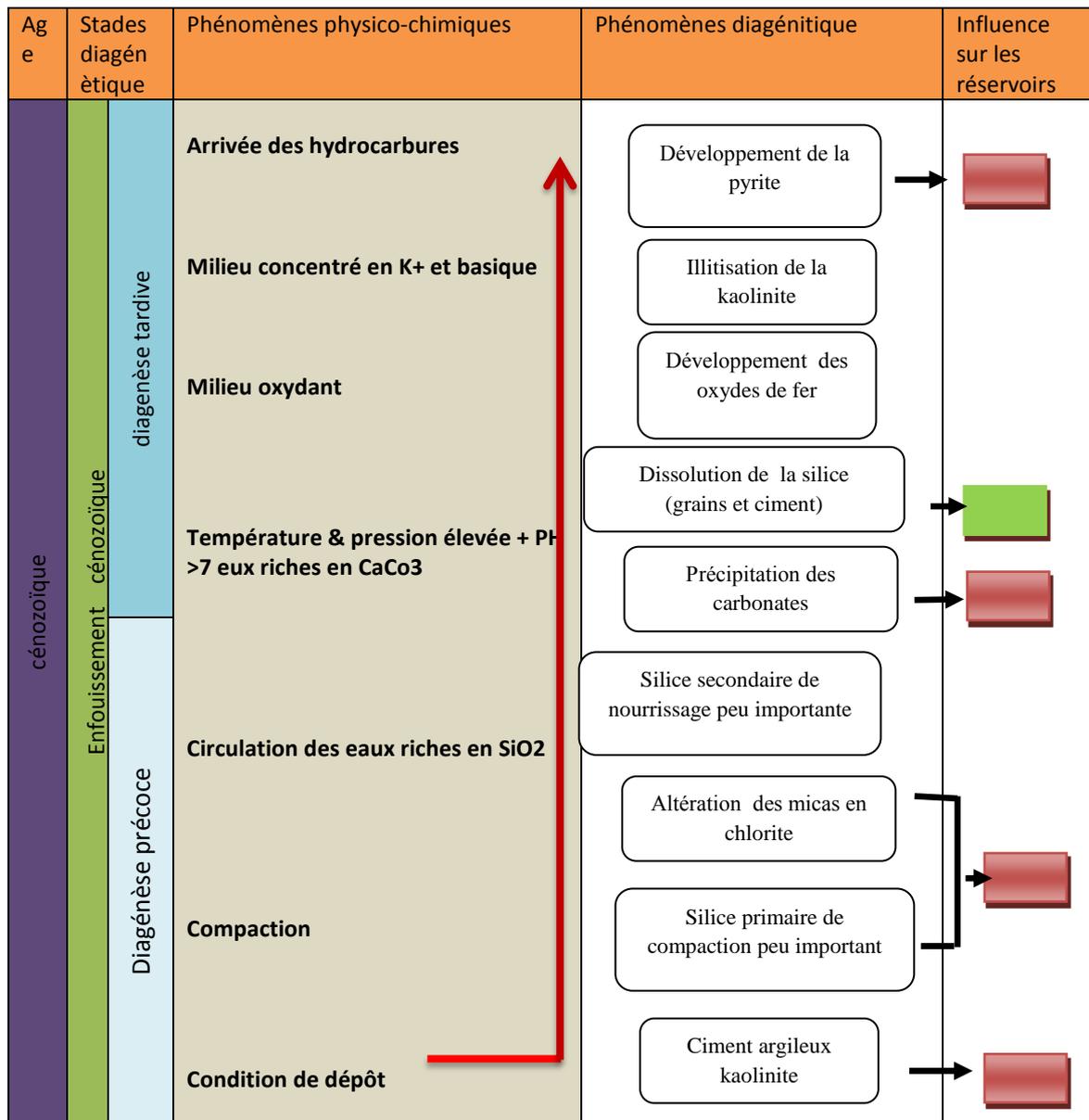
Figure III. 53:
Développement d'un ciment argileux authigène issu de la transformation des micas blancs.

✓ Transformation des feldspaths

La description pétrographique et radiocristallographique a révélé l'existence de deux types de feldspaths cités au chapitre précédent. Suite à leur instabilité, les plagioclases sont altérés en kaolinite. Il est très difficile de déterminer avec exactitude l'ordre chronologique de leur transformation.

III.5.2 Séquence diagénétique :

La séquence diagénétique résume les causes et l'ordre chronologique de mise en place de ces différents phénomènes diagénétiques ainsi que leurs influences sur la porosité et la perméabilité



Gain de porosité [Green Box]

Pert de porosité [Red Box]

Figure III.I : séquence diagénétique des réservoirs triasique

III.6 CONCLUSION

D'après les résultats d'analyses pétrographique et radiocristallographique effectués sur les échantillons des puits BKO-1 et BKHE-1, on peut conclure que les faciès qui constituent les niveaux gréseux et argilo-gréseux du Trias sont composés de grains de quartz, de micas, de feldspaths et accessoirement de minéraux lourds. Ces éléments figurés sont liés par une matrice représentée par des ciments siliceux, argileux, carbonatés, ferrugineux et pyriteux. Les mêmes analyses pétrographiques nous ont permis de définir les phénomènes diagénitiques qui ont affectés ces niveaux argilo-gréseux. Parmi les phénomènes majeurs on cite le développement du ciment siliceux, les transformations des argiles, la précipitation des carbonates, la dissolution du ciment siliceux et le développement de la pyrite, des oxydes de fer et accessoirement des ciments évaporitiques (halite et anhydrite). L'impact de ces phénomènes diagénétiques sur la porosité et la perméabilité se caractérise par une influence favorable de la dissolution du ciment siliceux et une influence défavorable des développements des différents ciments surtout le ciment carbonaté.

IV.1 Introduction:

Les caractéristiques pétrophysiques des réservoirs s'expriment fondamentalement en termes de porosité et de perméabilité, dont les relations sont souvent complexes, mais fondamentales pour l'étude d'un réservoir.

Elles sont le résultat de toute l'histoire géologique de ces dépôts et en particulier des conditions de sédimentation et des phénomènes de diagenèse qui leur succèdent.

L'étude très précise des couches magasins est l'un des problèmes essentiels des géologues pétroliers, afin de connaître et de calculer les réserves d'hydrocarbures d'un gisement et pour l'exploiter le plus économiquement possible.

Chaque couche magasin doit être caractérisée par ses paramètres, telles que la porosité, la perméabilité, l'épaisseur, saturation en huile, gaz et en eau. Parmi tous les paramètres déjà cités, les plus importants sont : la porosité et la perméabilité.

L'importance de la perméabilité est ressentie directement sur la production initiale d'un puits ainsi que sur l'indice de productivité.

Pour mieux étudier le secteur désigné et vu l'hétérogénéité du réservoir du Trias argileux gréseux, la nécessité d'une étude statistique de ces paramètres s'impose.

IV.2 Analyse Statistique de la porosité et de la perméabilité:

IV.2.1-Puits BKO-1 :

a- L'histogramme de la porosité :

L'histogramme des classes de la porosité du puits BKO-1, montre une distribution à caractère polymodale d'asymétrie gauche. Le premier mode correspond à la classe [3.5-5[dont la fréquence est de 21.62%. Le deuxième mode correspond à la classe [8-9.5 [dont la fréquence est de 16.21%, le troisième mode correspond à la classe [12.5-14[dont la fréquence est de 9.45 % (**Figure IV.1**).

b- L'histogramme de la perméabilité:

L'histogramme des classes de la perméabilité du puits BKO-2 montre une distribution polymodale, l'asymétrie est gauche, le premier mode correspond à la classe [0-50[md, avec une fréquence de 87.83%, le deuxième mode correspond [200-250[md avec une fréquence est de 1.35%, Le troisième mode correspond à la classe [350-400[dont la fréquence est de 1.35 % (**Figure IV.2**).

c-La relation entre la perméabilité et la porosité :

La relation entre les valeurs de la perméabilité et de la porosité est une fonction exponentielle. Le coefficient de corrélation obtenu est faible $R^2 = 0.0229$, ce qui montre l'absence de relation entre ces deux paramètres. Ceci est expliqué par l'hétérogénéité du réservoir. (**Figure IV.3**).

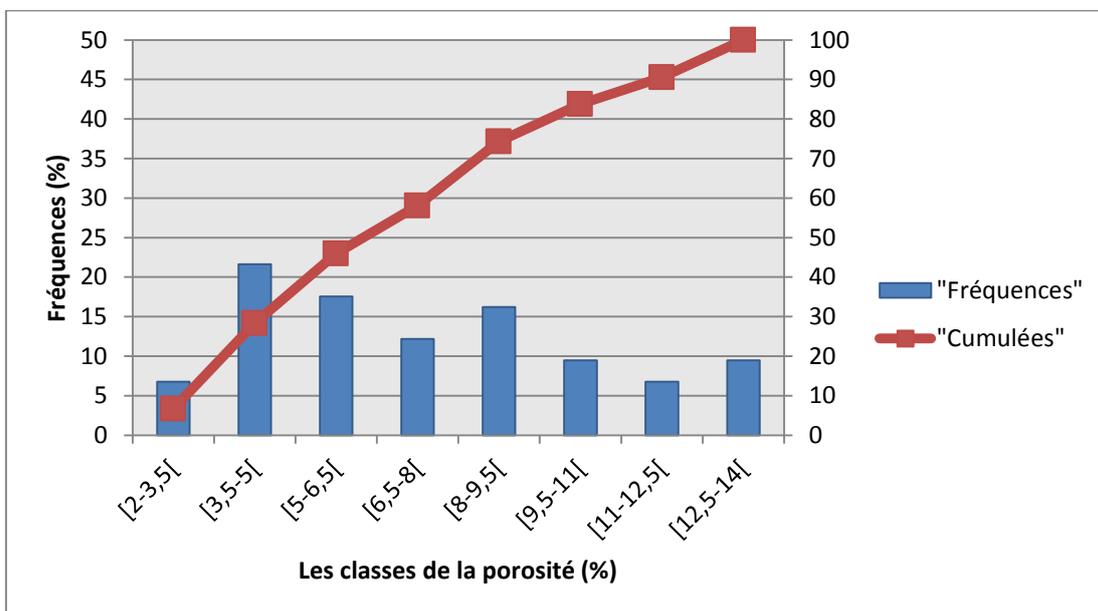


Figure IV.1 : L’histogramme de la porosité de puits BKO-1.

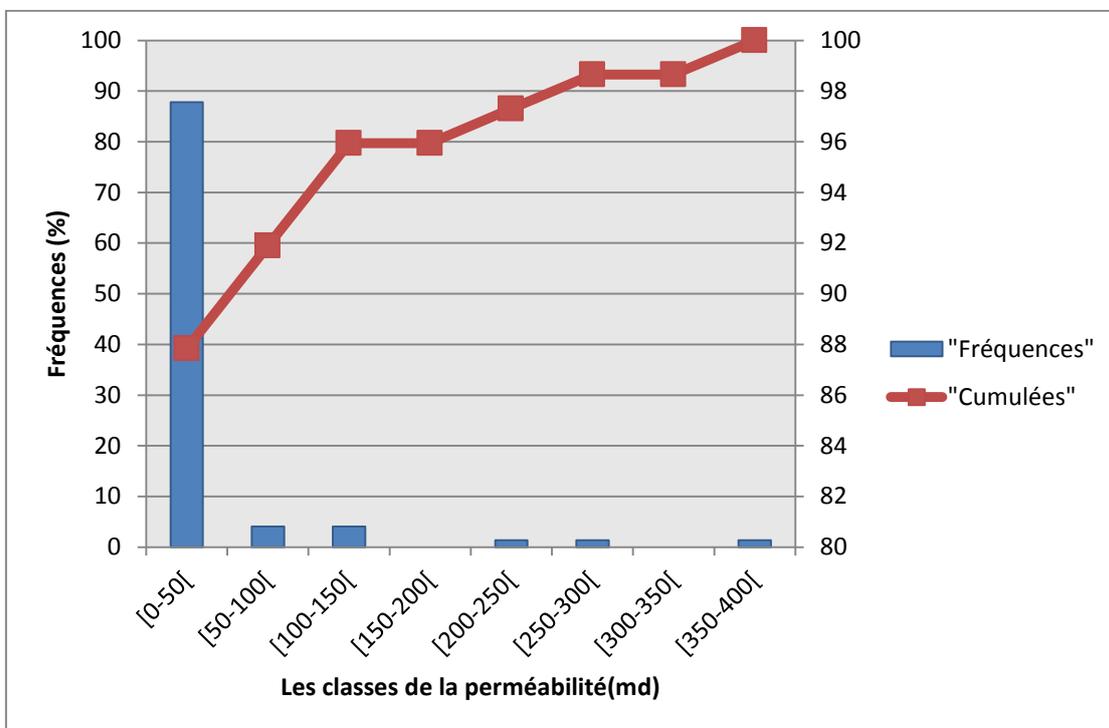


Figure IV.2 : L’histogramme de la perméabilité du puits BKO-1.

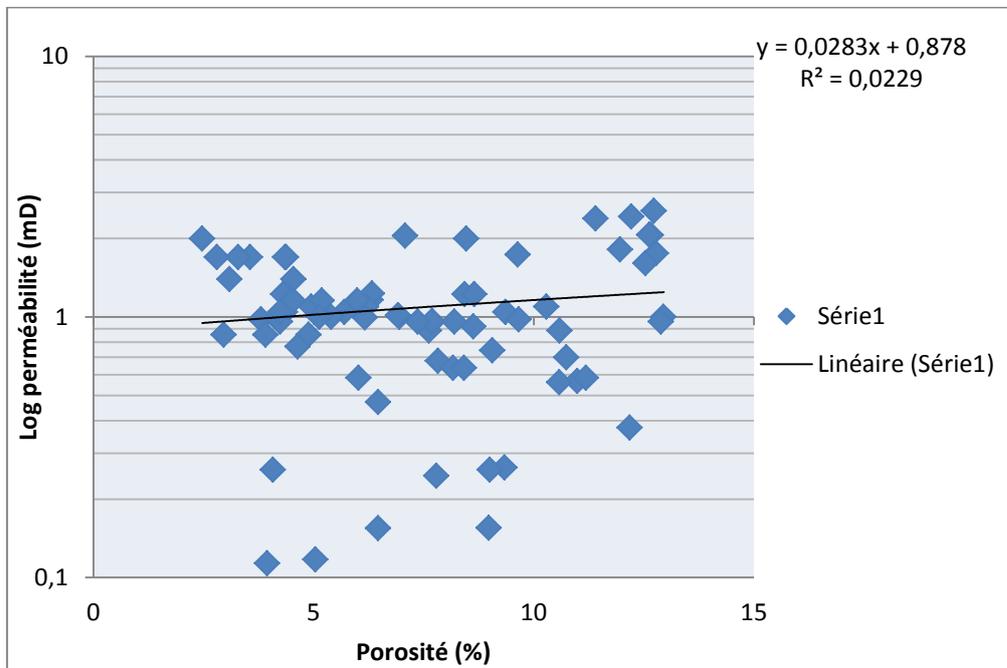


Figure IV.3: La relation entre la perméabilité et la porosité du puits BKO-1.

IV.2.2-Puits BKO-2 :

a- L'histogramme de la porosité :

L'histogramme des classes de la porosité du puits BKO-2, montre une distribution de caractère polymodale d'asymétrie gauche. Le premier mode correspond à la classe [2.5-5[dont la fréquence est de 33.66%. Le deuxième mode correspond à la classe [10-12.5 [dont la fréquence 13.94%, le troisième mode correspond à la classe [17.5-20[dont la fréquence est de 6.55%, (**Figure IV.4**).

b- L'histogramme de la perméabilité:

L'histogramme des classes de la perméabilité du puits BKO-2 montre une distribution bimodale, l'asymétrie est gauche, le premier mode correspond à la classe [0-360[md, avec une fréquence de 86.88%, le deuxième mode correspond [1800-2160[md avec une fréquence est de 1.63% (**Figure IV.5**).

c-La relation entre la perméabilité et la porosité :

La relation entre les valeurs de la perméabilité et de la porosité est une fonction exponentielle. Le coefficient de corrélation obtenu est faible $R^2 = 0.1292$, ce qui montre l'absence de relation entre ces deux paramètres. Ceci est expliqué par l'hétérogénéité du réservoir. (**Figure IV.6**).

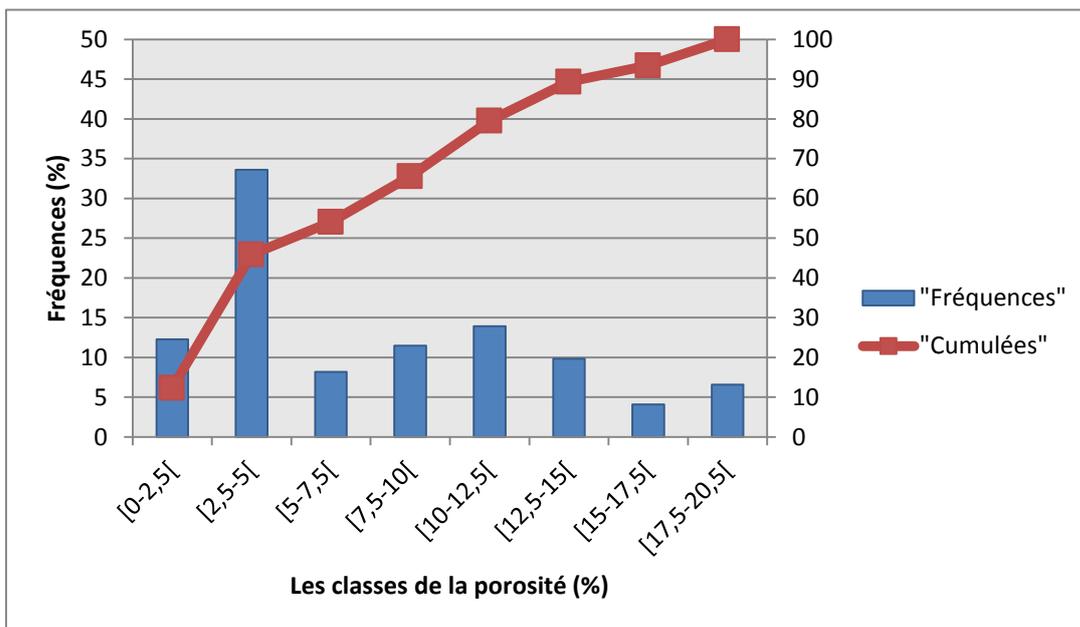


Figure IV.4: L'histogramme de la porosité du puits BKO-2.

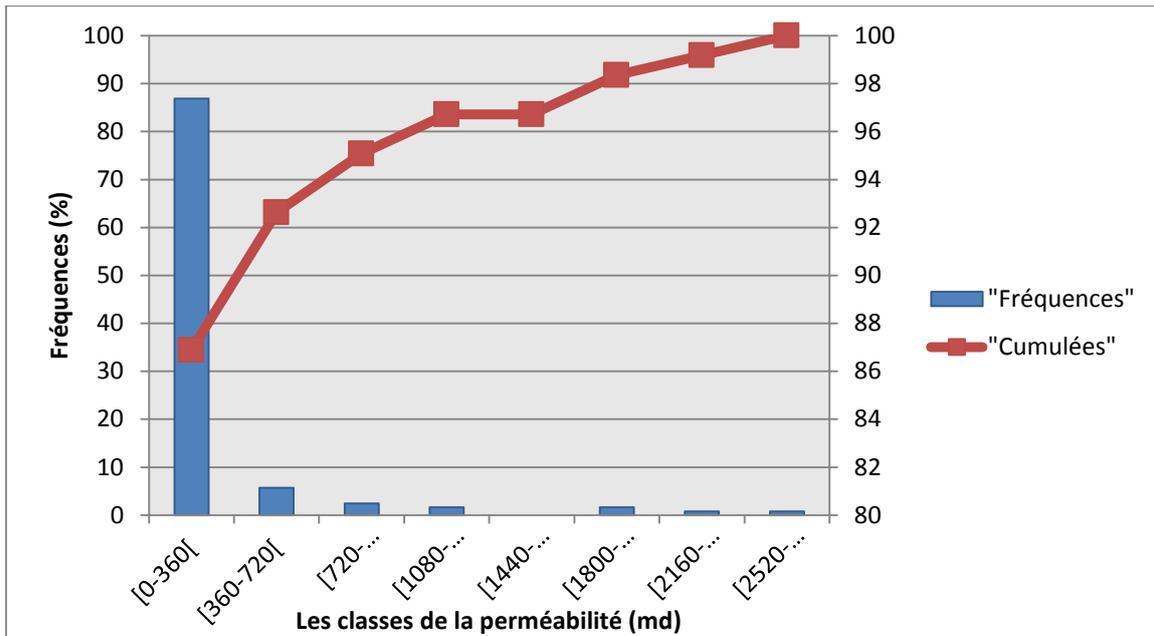


Figure IV.5: L'histogramme de la perméabilité du puits BKO-2.

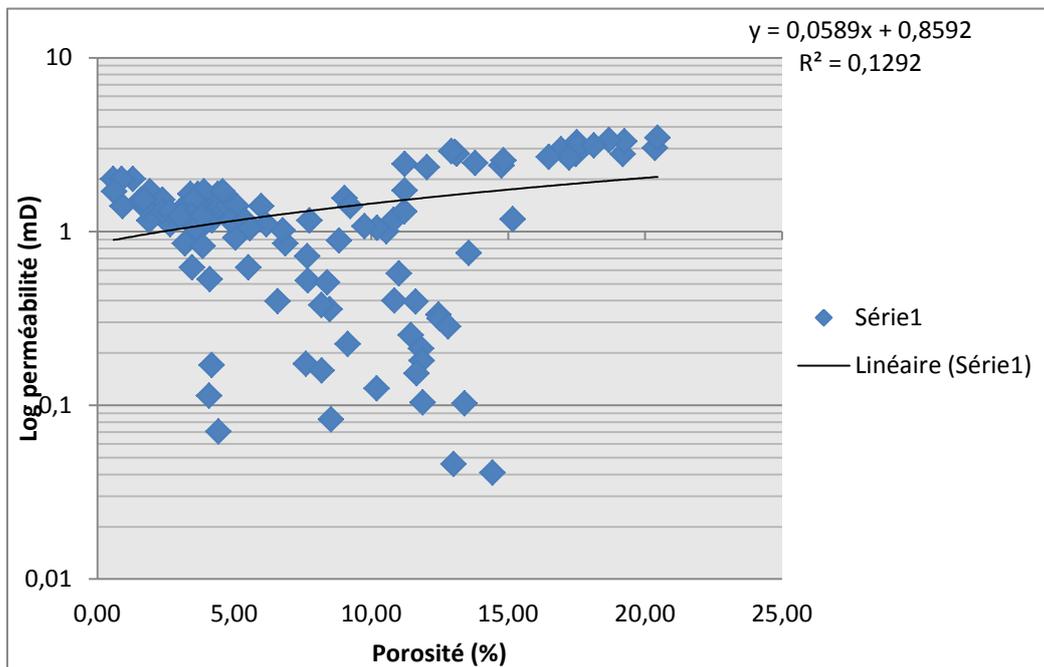


Figure IV.6: La relation entre la perméabilité et la porosité du puits BKO-2.

IV.2.3.-Puits BKO-3 :

a- L'histogramme de la porosité :

L'histogramme des classes de la porosité du puits BKO-3, montre une distribution de caractère bimodale d'asymétrie gauche. Le premier mode correspond à la classe [2-4[dont la fréquence est de 29.76%. Le deuxième mode correspond à la classe [8-10[dont la fréquence est de 16.66%,(**Figure IV.7**).

b- L'histogramme de la perméabilité :

L'histogramme des classes de la perméabilité du puits BKO-3 montre une distribution de caractère bimodale d'asymétrie gauche, Le premier mode correspond à la classe [0-90 [md, dont la fréquence de est 80.95%. Le deuxième mode correspond à la class [450-540 [md, dont la fréquence est de 2.38%, le troisième mode correspond à la classe [630-720[dont la fréquence est de 2.38% (**Figure IV.8**).

c- La relation entre la perméabilité et la porosité:

La relation entre les valeurs de la perméabilité et de la porosité est une fonction exponentielle. Le coefficient de corrélation obtenu est faible $R^2 = 0.2319$, ce qui montre l'absence de relation entre ces deux paramètres. Ceci est expliqué par l'hétérogénéité du réservoir. (**Figure IV.9**).

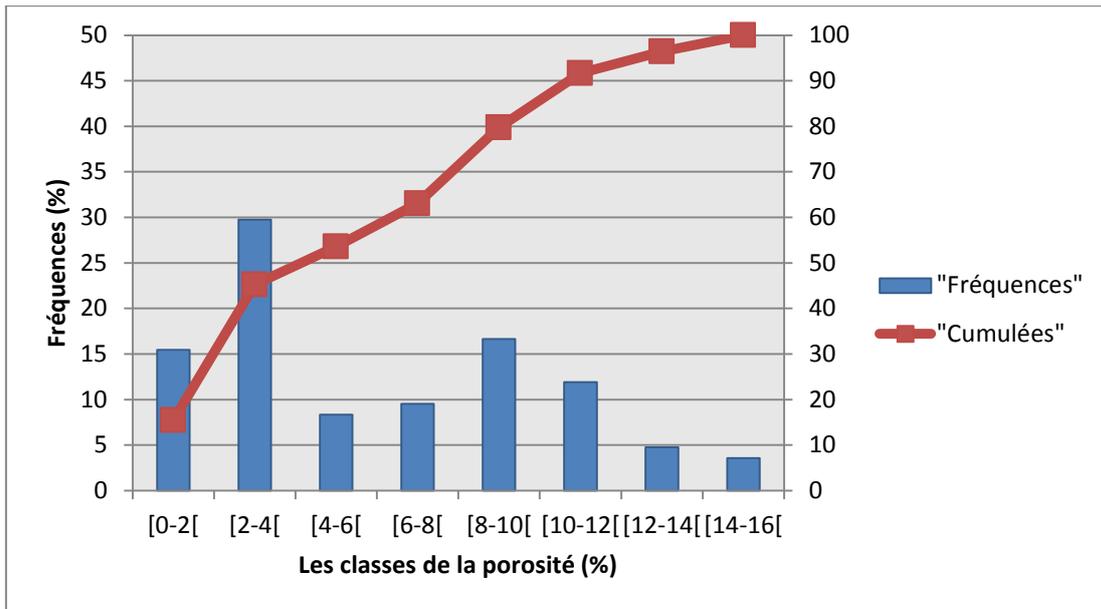


Figure IV.7: L'histogramme de la porosité du puits BKO-3.

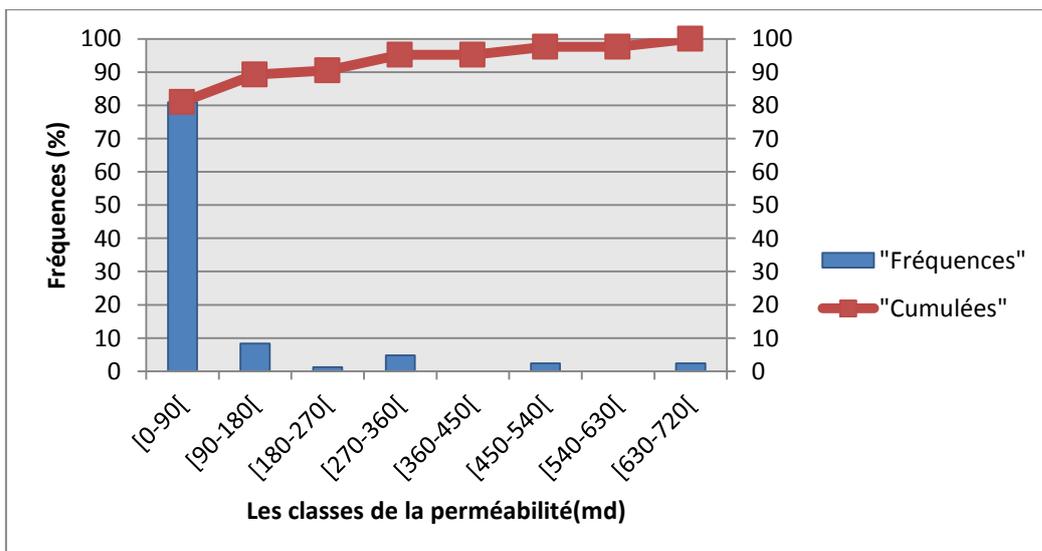


Figure IV.8: L'histogramme de la perméabilité du puits BKO-3.

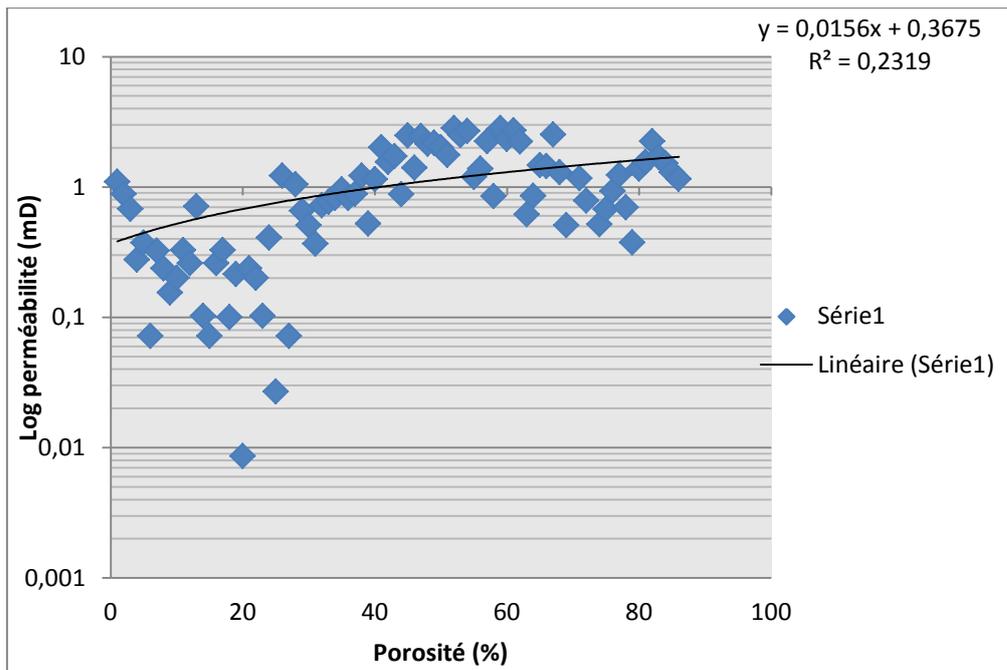


Figure IV.9: La relation entre la perméabilité et la porosité du puits BKO-3.

IV.2.4.-Puits BKO-4 :

a- L'histogramme de la porosité :

L'histogramme des classes de la porosité du puits BKO-4, montre une distribution de caractère bimodale d'asymétrie gauche. Le premier mode correspond à la classe [2-4[dont la fréquence est de 21.42%. Le deuxième mode correspond à la classe [6-8[dont la fréquence est de 19.64%, (Figure IV.10).

b- L'histogramme de la perméabilité :

L'histogramme des classes de la perméabilité du puits BKO-4 montre une distribution de caractère polymodale d'asymétrie gauche, le premier mode correspond à la classe [0-20[md, dont la fréquence est de 92.72%. Le deuxième mode correspond à la classe [40-60 [md, dont la fréquence est de

3.61%, le troisième mode correspond à la classe [120-140[dont la fréquence est de 1.81% (**Figure IV.11**).

c- La relation entre la perméabilité et la porosité:

La relation entre les valeurs de la perméabilité et de la porosité est une fonction exponentielle. Le coefficient de corrélation obtenu est faible $R^2=0.2585$, ce qui montre l'absence de relation entre ces deux paramètres. Ceci est expliqué par l'hétérogénéité du réservoir. (**Figure IV.12**).

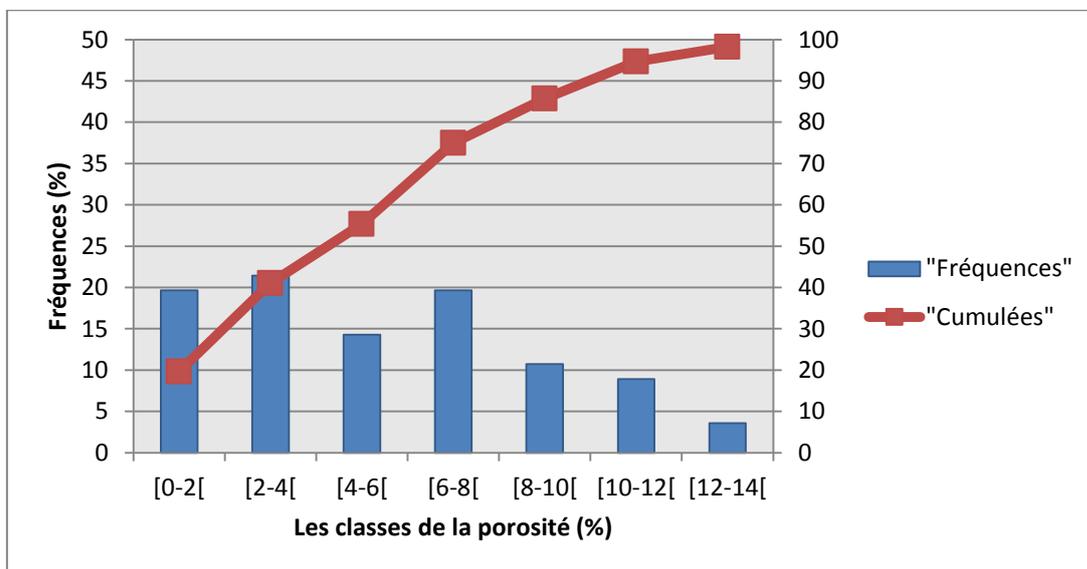


Figure IV.10: L'histogramme de la porosité du puits BKO-4.

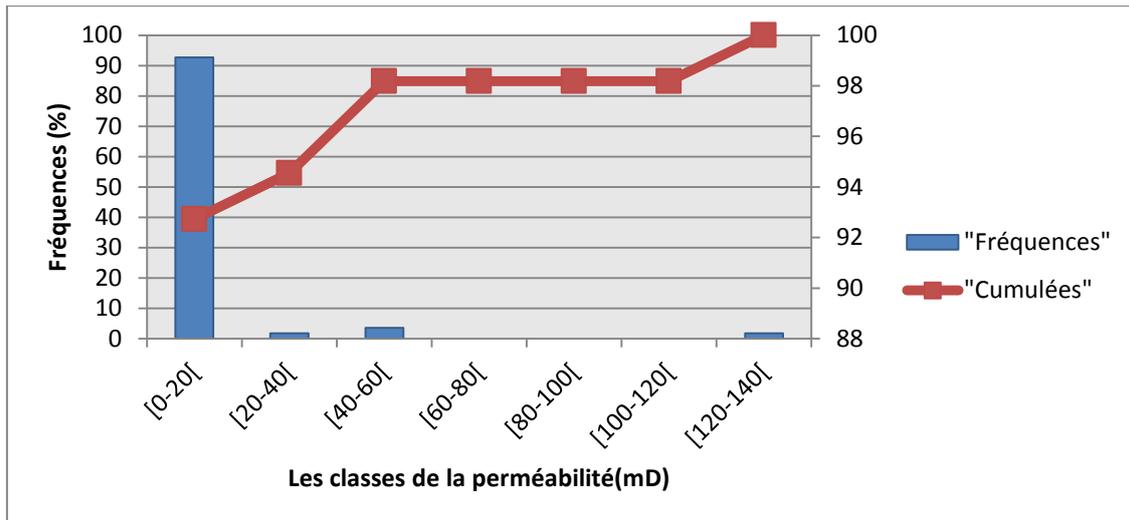


Figure IV.11: L'histogramme de la perméabilité du puits BKO-4.

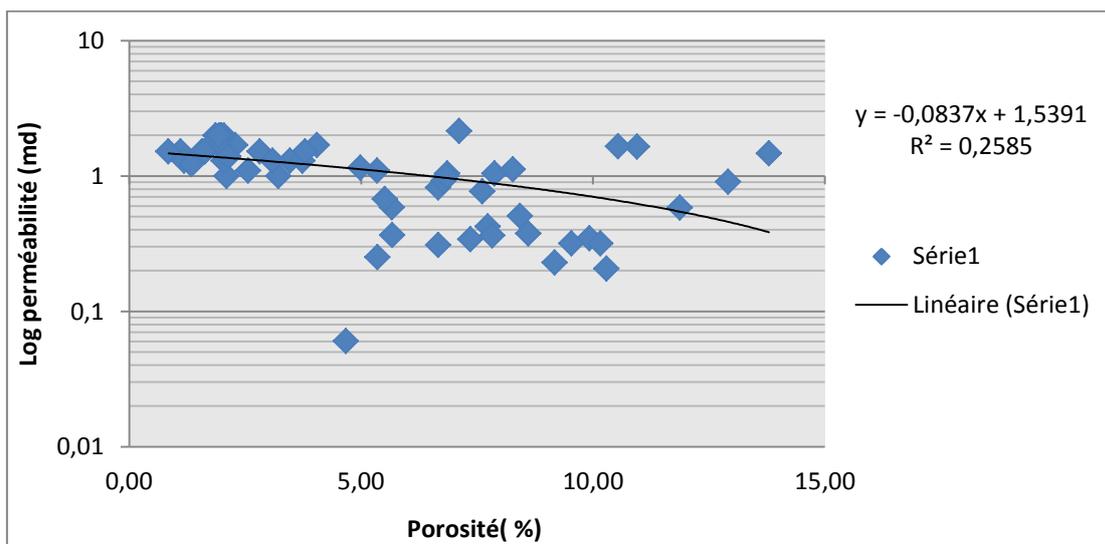


Figure IV.12: La relation entre la perméabilité et la porosité du puits BKO-4.

IV.2.5.-Puits BKO-5 :

a- L'histogramme de la porosité :

L'histogramme des classes de la porosité du puits BKO-5, montre une distribution de caractère unimodale d'asymétrie gauche. Le mode correspond à la classe [2-4 [dont la fréquence est de 21.42%. (**Figure IV.13**).

b- L'histogramme de la perméabilité :

L'histogramme des classes de la perméabilité du puits BKO-5 montre une distribution de caractère bimodale d'asymétrie est gauche, Le premier mode correspond à la classe [0-50 [md, dont la fréquence est de 90.82%.

Le deuxième mode correspond à la class [250-300 [md, dont la fréquence est de 2.75%,(**Figure IV.14**).

c- La relation entre la perméabilité et la porosité:

La relation entre les valeurs de la perméabilité et de la porosité est une fonction exponentielle. Le coefficient de corrélation obtenu est faible $R^2=0.0123$, ce qui montre l'absence de relation entre ces deux paramètres. Ceci est expliqué par l'hétérogénéité du réservoir. (**Figure IV.15**).

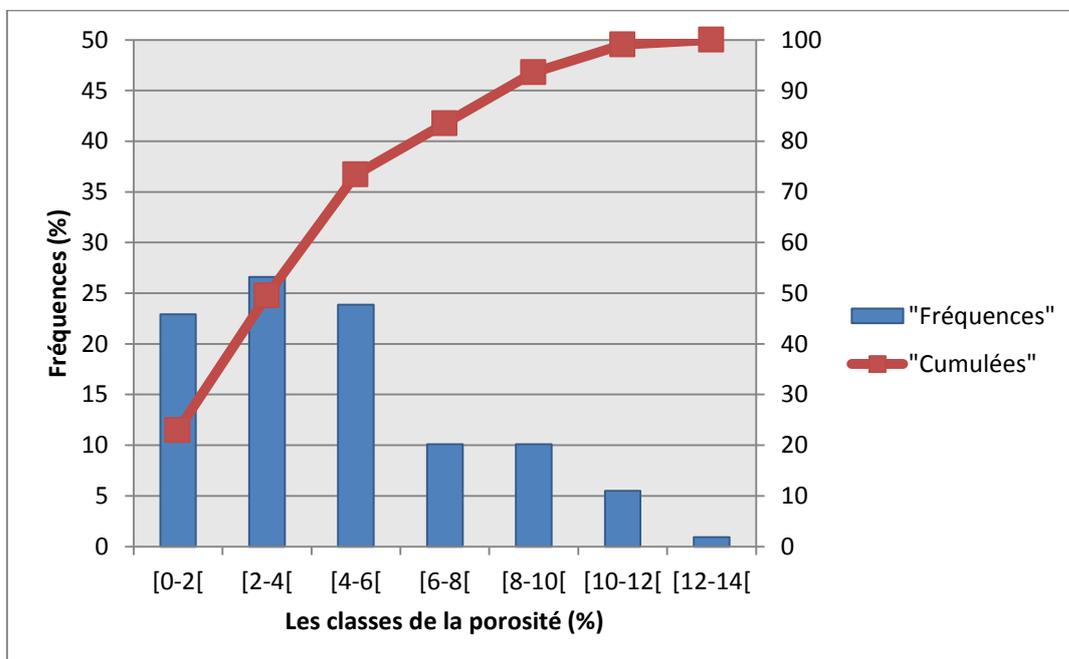


Figure IV.13: L'histogramme de la porosité du puits BKO-5.

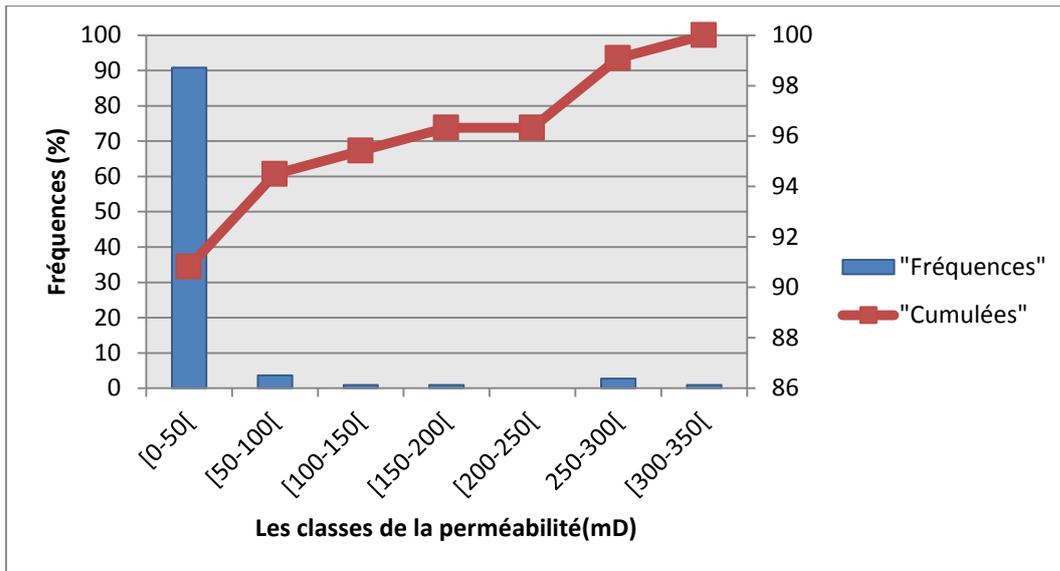


Figure IV.14: L’histogramme de la perméabilité du puits BKO-5.

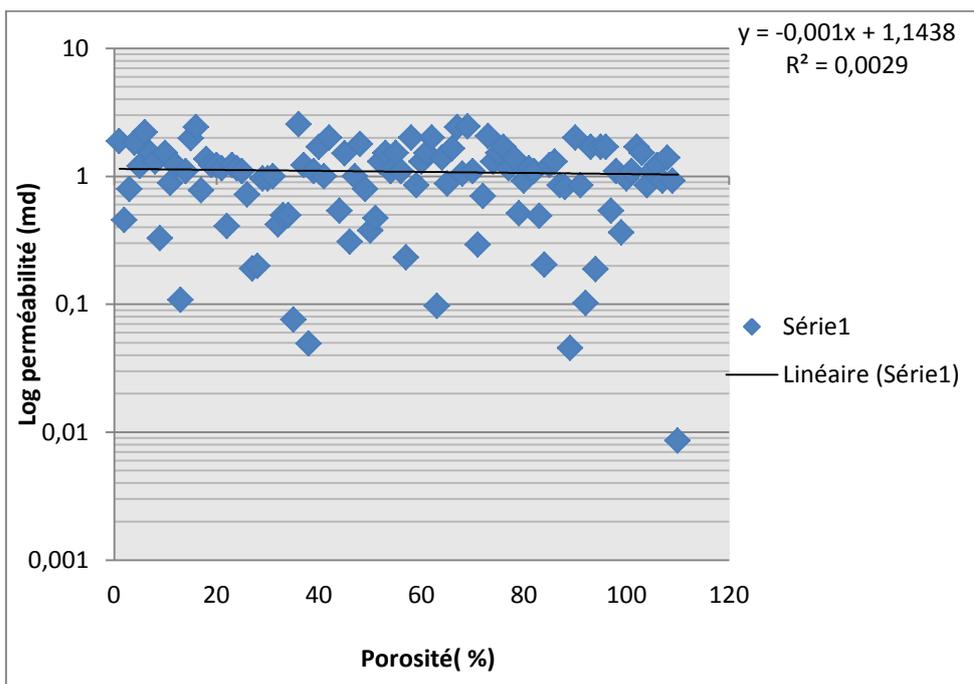


Figure IV.15: La relation entre la perméabilité et la porosité du puits BKO-5.

IV.2.6.-Puits BKOS-1 :**a- L'histogramme de la porosité :**

L'histogramme des classes de la porosité du puits BKOS-1, montre une distribution de caractère bimodale d'asymétrie gauche. Le premier mode correspond à la classe [1-3 [dont la fréquence est de 45.42%. Le deuxième mode correspond à la classe [7-9 [dont la fréquence est de 13.64%,(**Figure IV.16**).

b- L'histogramme de la perméabilité :

L'histogramme des classes de la perméabilité du puits BKO-4 montre une distribution de caractère polymodale d'asymétrie est gauche, Le premier mode correspond à la classe [0-40 [mD, dont la fréquence est de 77.72%. Le deuxième mode correspond à la class [160-200 [mD, dont la fréquence est de 2.56%, le troisième mode correspond à la classe [240-280[dont la fréquence est de 1.70% (**Figure IV.17**).

c- La relation entre la perméabilité et la porosité:

La relation entre les valeurs de la perméabilité et de la porosité est une fonction exponentielle. Le coefficient de corrélation obtenu est faible $R^2=0.0.123$, ce qui montre l'absence de relation entre ces deux paramètres. Ceci est expliqué par l'hétérogénéité du réservoir (**Figure IV.18**).

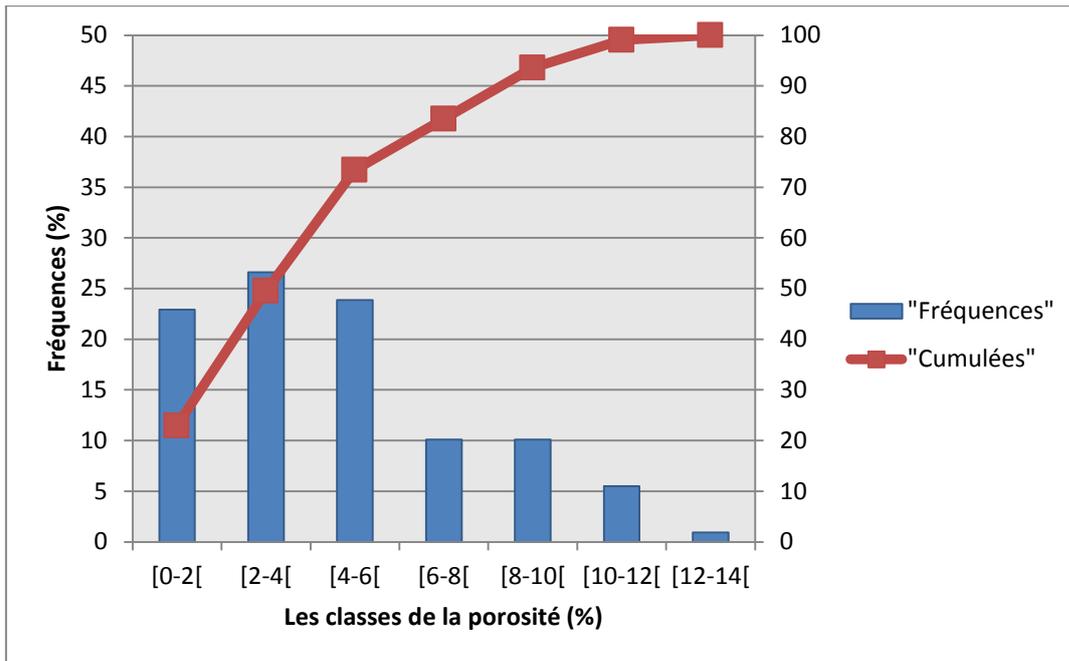


Figure IV.16: L'histogramme de la porosité du puits BKOS-1.

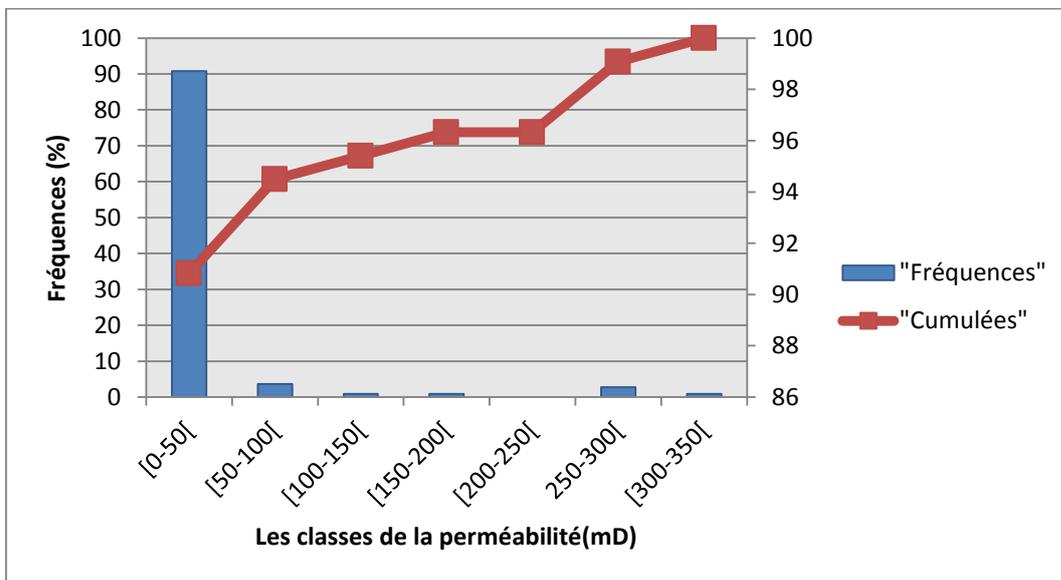


Figure IV.17: L'histogramme de la perméabilité du puits BKOS-1.

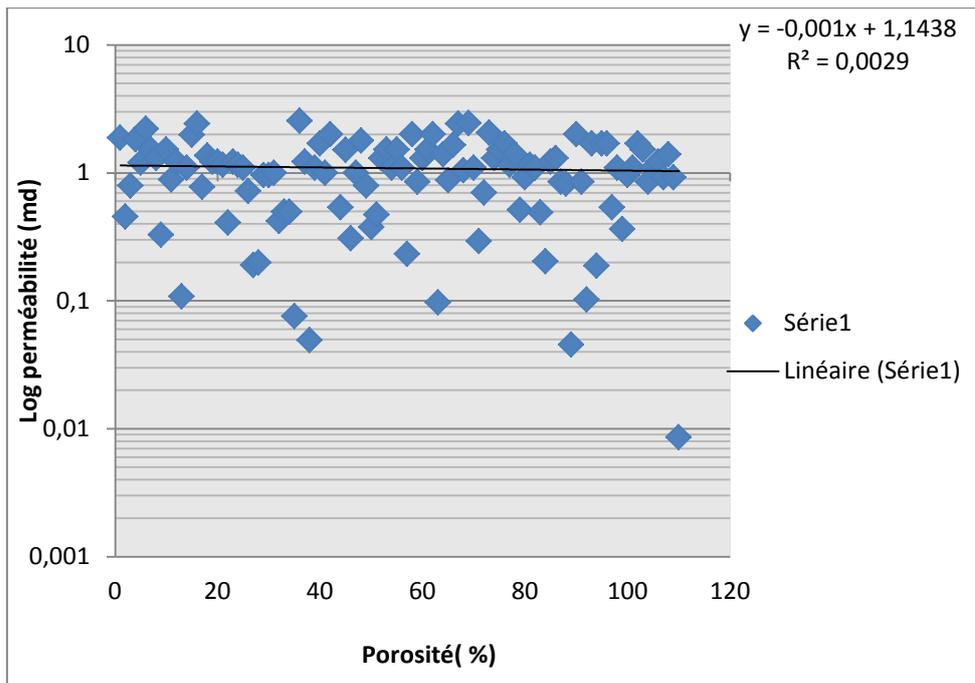


Figure IV.18: La relation entre la perméabilité et la porosité du puits BKOS-1.

IV.2.7.-Puits BKOP-3 :

a- L'histogramme de la porosité :

L'histogramme des classes de la porosité du puits BKOP-3, montre une distribution de caractère unimodale d'asymétrie gauche. Le mode correspond à la classe [1-2 [dont la fréquence est de 42.85%, (**Figure IV.19**).

b- L'histogramme de la perméabilité :

L'histogramme des classes de la perméabilité du puits BKOP-3 montre une distribution de caractère polymodale d'asymétrie est gauche, le premier mode correspond à la classe [0-10 [mD, dont la fréquence est de 96.72%. Le deuxième mode correspond à la class [20-30 [mD, dont la fréquence est de 1.78%, le troisième mode correspond à la classe [40-50[dont la fréquence est de 1.78% (**Figure IV.20**).

c- La relation entre la perméabilité et la porosité:

La relation entre les valeurs de la perméabilité et de la porosité est une fonction exponentielle. Le coefficient de corrélation obtenu est faible $R^2=0.0851$, ce qui montre l'absence de relation entre ces deux paramètres. Ceci est expliqué par l'hétérogénéité du réservoir (**Figure IV.21**).

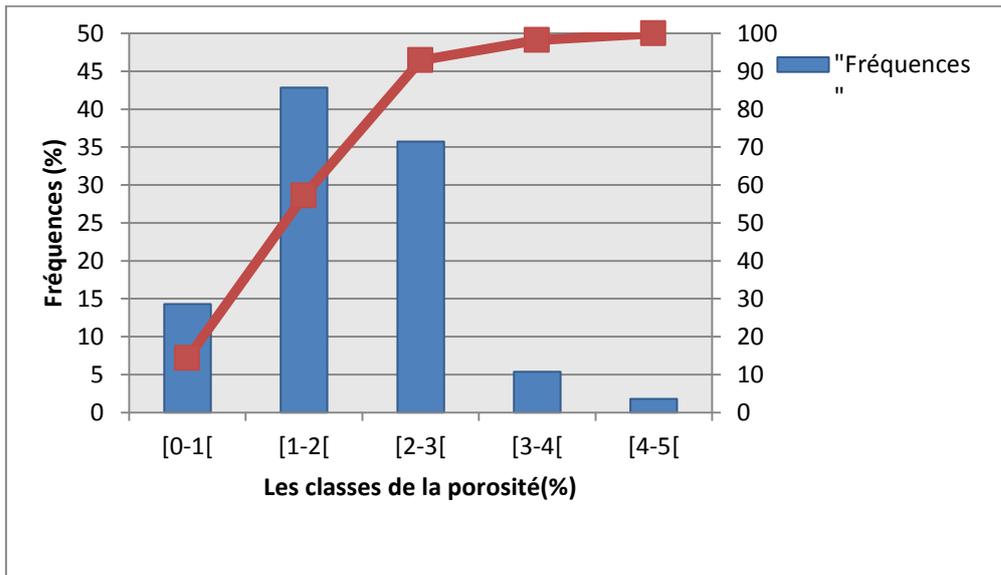


Figure IV.19 : L'histogramme de la porosité du puits BKOP-3.

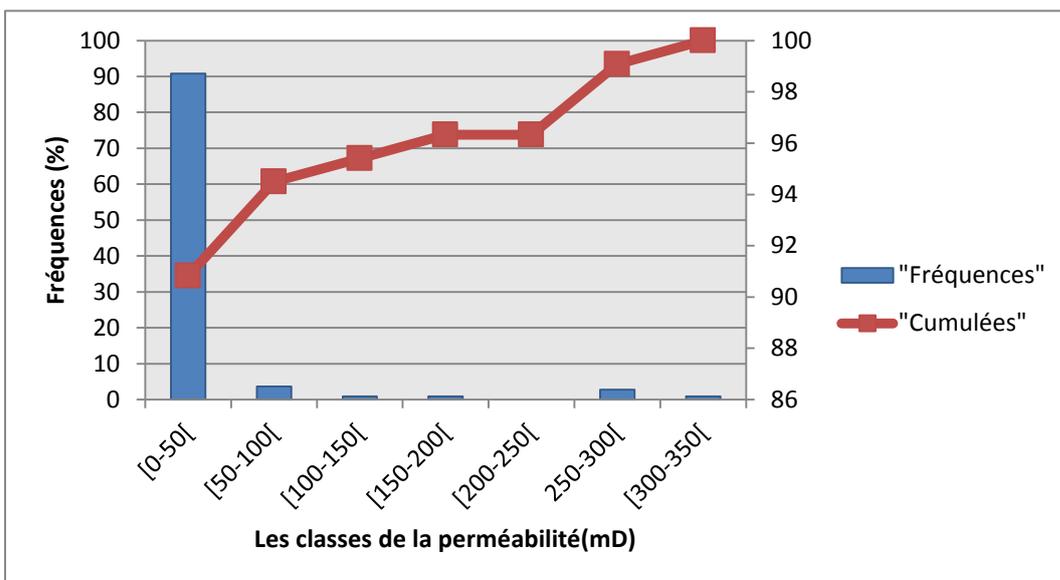


Figure IV.20: L'histogramme de la perméabilité du puits BKOP-3.

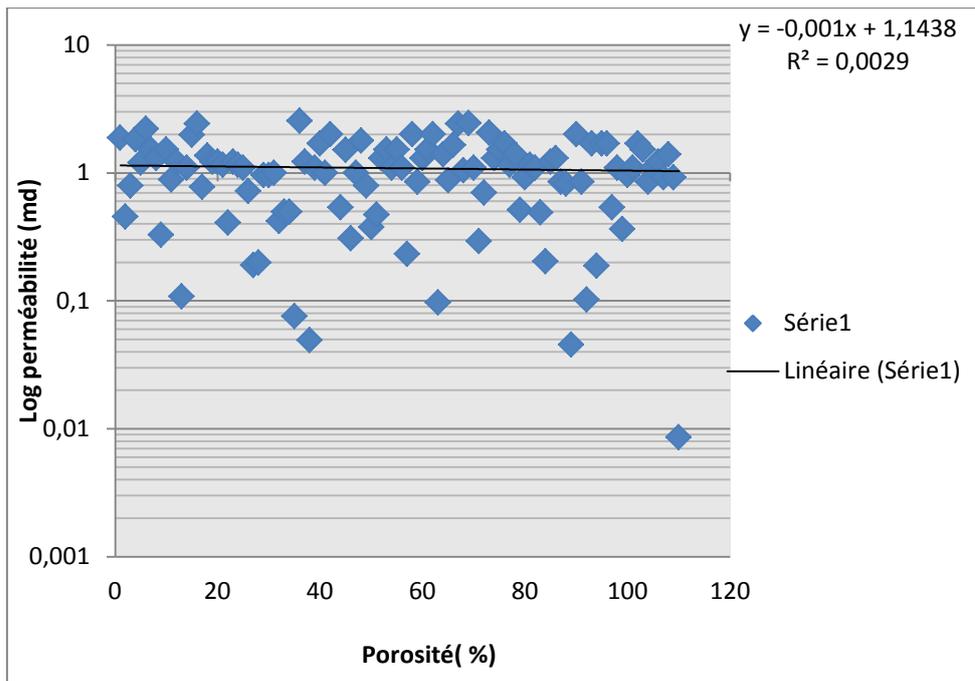


Figure IV.21: La relation entre la perméabilité et la porosité du puits BKOP-3.

IV.2 Discussion et Conclusion :

- Les différents histogrammes de la porosité montrent pour la plupart une distribution bimodale ou polymodale. Ce qui indique qu'on est en présence de 2 ou plusieurs types de porosités. En effet, l'étude pétrographique montre deux types de porosité : primaire et secondaire. La première est une porosité principalement intergranulaire, relativement faible à cause des effets de la compaction (Contacts concavo-convexe et suturés), des ciments argileux et de la précipitation de silice secondaire (silice de nourrissage). La deuxième est une porosité principalement de dissolution (dissolution des ciments carbonatés et siliceux) et à un très moindre degré, une porosité de fissuration.

- Les différents histogrammes de la perméabilité montrent aussi pour la plupart une distribution bimodale ou polymodale. Donc on peut dire qu'on a deux ou trois types de perméabilité : l'une primaire et les autres secondaires.

La perméabilité primaire qui correspond à une perméabilité matricielle est le mode le plus fréquent.

La perméabilité secondaire dont les modes sont beaucoup moins fréquents correspond à une perméabilité de dissolution et à un très moindre degré de fissuration.

- Le très faible coefficient de corrélation entre la porosité et la perméabilité obtenu pour les 7 puits indique que la relation entre les deux paramètres n'est pas linéaire, et est complexe. Ceci est dû à l'hétérogénéité du réservoir.
- En conclusion, les paramètres pétrophysiques du réservoir du Trias argileux gréseux de la structure Haoud Berkaoui sont faibles à médiocres pour la porosité et très faible pour la perméabilité. Ceci s'explique par la présence d'argiles et l'intensité des processus diagénétiques.

CONCLUSION GENERALE

Les niveaux argilo-gréseux situés du Trias sont considérés parmi les principaux réservoirs dans la région de Haoued Barkaoui.

L'étude pétrographique et diagénitique, et l'analyse statistique des paramètres pétrophysiques du trias argilo-gréseux nous a permis de faire les conclusions suivantes :

- Les résultats de l'étude pétrographique effectués sur les échantillons des puits BKO-1 et BKHE-1 montrent qu'ils sont composés de grains de quartz, de micas, de feldspaths et accessoirement de minéraux lourds. Ces éléments figurés sont liés par une matrice représentée par des ciments siliceux, argileux, carbonatés, ferrugineux et pyriteux.
- Les mêmes analyses pétrographiques nous ont permis de définir les phénomènes diagénitiques qui ont affectés ces niveaux argilo-gréseux. Parmi les phénomènes majeurs on cite le développement du ciment siliceux, les transformations des argiles, la précipitation des carbonates, la dissolution du ciment siliceux et le développement de la pyrite, des oxydes de fer et accessoirement des ciments évaporitiques (halite et anhydrite). L'impact de ces phénomènes diagénitiques sur la porosité et la perméabilité se caractérise par une influence favorable de la dissolution du ciment siliceux et l'influence défavorable des développements des différents ciments surtout le ciment carbonaté.
- Les paramètres pétrophysiques du réservoir du Trias argileux gréseux de la structure Haoud Berkaoui sont faibles à médiocres pour la porosité et très faible pour la perméabilité. Ceci s'explique par la présence d'argiles et l'intensité des processus diagénitiques.

BIBLIOGRAPHIE

ADDOUM, (1988) Bordure méridionale de la dépression Sud-Est Triasique (étude des biseaux du Trias : rapport préliminaire).

ASMAT A.R, (1985) Présence et distribution des différents corps gréseux Dans la séquence sédimentaire de la région de Oued Mya (Hassi Messaoud-Algérie).

BENDJEMA .A et HADDAD .S et D.MEDJAUD, (1994) : Rapport de synthèse de l'évolution structurale de la dépression de Oued Mya et étude de la subsidence tectonique (Hassi Messaoud-Algérie).

BOUCHAREB et SADAOUI et CHIKAR, (1993) Réflexion sur le thème Trias dans les blocs 426.429(rapport préliminaire) .

BOUDJEMAA, A -1987- Evolution structurale du bassin Triasique du Sahara Nord Oriental, Thèse doctorat, Un-ORSAY(Paris).

GOMARI, (1983) Evaluation de potentialité en hydrocarbure du bassin de Oued Mya (**Dept. étude** de bassins /1983). SONATRACH /Exploration(ALGER).

GOUDJIL : structures sédimentaires de la série inférieure.

ISABELLE COJAN. MAURICE RENARD (1999) : sédimentologie ; (1ère édition) DUNOD.

KHAIRI.S, (1983) Hydrocarbon potential of Triassic reservoir "Oued Mya Basin".

KHELFA N (1997) : caractérisation de la fraction argileuse et son influence sur les paramètres pétrophysiques du réservoirs triasique du champ de Haoud Berkaoui.(mémoire de fin d'étude).IAP. Boumerdes.

SENTOUH .R, (1989) Etude géologique et géophysique du permis el M'zaid: blocs 438 et 417 SW (Hassi Messaoud-Algérie).

SERRA.O (1979) Diagraphie différées ; Tome 1 ; acquisition des données ; édition : Elf Aquitaine

SONATRACH-DIVISION Exploration / Hassi Messaoud, (2005) Analyse pétrophysique sur les carottes (BKO#3)

SONATRACH-DIVISION Exploration / Hassi Messaoud, (2001) Rapport final d'interprétation diagraphique (BKO#1)

SONATRACH-DIVISION Exploration / Hassi Messaoud, (2001) Rapport fin de sondage (BKO#1).

SONATRACH-DIVISION Exploration / Hassi Messaoud, (2005) Rapport d'implantation du forage (BKO#3)

SONATRACH-DIVISION Exploration / Hassi Messaoud, (2006) Rapport d'implantation du forage (BKO#4)

SONATRACH-DIVISION Exploration / Hassi Messaoud, (2007) Rapport final d'interprétation diagraphique (BKO#4)

SONATRACH-DIVISION Exploration / Hassi Messaoud, (2007) Rapport d'implantation du forage (BKO#5).

SONATRACH-DIVISION Exploration / Hassi Messaoud, (2008)

SONATRACH-DIVISION Exploration / Hassi Messaoud, (2008) Rapport final du puit BKO#6.

SONATRACH-DIVISION Exploration / Hassi Messaoud, (2009) Analyse conventionnelles sur carottes du Puit BKO#6.

SONATRACH-DIVISION Exploration / Hassi Messaoud, (2009) Analyse conventionnelles sur carottes du Puit BKO#5.

WEC, Algérie 2007. Etude stratigraphique du Bassin Haoud Berkaoui.

ANNEXES

Tableau 01 : Résultats d'analyses pétrographiques du sondage BKO-1 Par: KHAOUA,B Juin 2015

Côtes (m)	Granu.(mm)		Texture							Composants pétrographiques (%)																
	G,Max	G,Moy	Mode	Classement	Morphoscopie	Contacts					Débris de roches	Quartz détritique	Quartz secondaire	Feldspaths	Minéraux lourds	Micas	Argiles authigènes (kaolinite, illite et chlorite)	Oxydes de fer	Glauconie	Anhydrite	Pyrite	Sidérite	Barytine	Carbonates (dolomite)	Matière organique/Bitume	Porosité estimée
						Flottant	Droit / tangentiel	Ponctuel	Concavo-convexe	Suturé																
3503,00	0,410	0,230	uni	MY	Sub Ar/AN			x	x	x		59		3		3	18	2		3				5	0	7
3504,00	0,370	0,170	uni	My	Sub Ar/AN	x		x	x			36		2		2	15	1		1				40		3
3504,50	0,360	0,190	uni	My	Sub Ar/AN			x	x			41	8	3		1	20	0		1	1			25		0
3505,00	0,410	0,160	uni	My	Sub Ar/AN			x		x		50		2		2	30	0		1				15		0
3505,50			uni		Sub Ar/AN							15				2	70	10						3		0
3506,00			uni		Sub Ar/AN							20					70	8						2		
3506,50			uni		Sub Ar/AN							25					60	10						5		
3507,00			uni		Sub Ar/AN							20				2	60	13						5		
3507,50	0,410	0,150	uni	My	Sub Ar/AN	x		x	x			59	7	2		3	20			1				3		5
3508,00	0,330	0,160	uni	My	Sub Ar/AN			x	x	x		52	7	1		7	22			1				5		5
3508,50	0,350	0,150	uni	My	Sub Ar/AN	x		x	x			48	10	3		3	20			3				10		3
3509,00	0,370	0,190	uni	My	Sub Ar/AN			x	x			53	5	5		5	18			1				10		3
3509,50	0,300	0,200	uni	My	Sub Ar/AN				x	x		54	7	5		5	19			2				3		5
3510,00	0,500	0,170	uni	My	Sub Ar/AN			x	x	x		57	7	3		5	20			2				5		1
3510,50	0,500	0,200	bin	My	Sub Ar/AN			x	x	x		54	5	5		5	22			1				5		3
3511,00	0,430	0,230	uni	My	Sub Ar/AN	x		x	x			48	3	5		7	25			1				10		1

3511,50	0,500	0,200	uni	My	Sub Ar/AN	x		x		x		44	8	5		7	23								10		3		
3512,00	0,250	0,125	uni	B	Sub Ar/AN			x	x	x		46	3	2		5	30									13		1	
3512,50	0,320	16,000	bin	My	Sub Ar/AN			x	x			52	7	3		5	20									10		3	
3513,00	0,320	0,220	uni	My	Sub Ar/AN			x	x	x		49	5	2		3	25									13		3	
3513,50	0,380	0,220	uni	My	Sub Ar/AN			x	x	x		41	10	7		5	28			1						3		5	
3514,00	0,410	0,190	uni	My	Sub Ar/AN		x	x	x	x		52	10	3		3	20			1						3	1	7	
3515,00	0,380	0,220	uni	My	Sub Ar/AN			x	x	x		46	10	3		5	22									7		7	
3515,50	0,450	0,225	uni	MOV	Sub Ar/AN			x	x	x		54	7	3		5	20									5	1	5	
1316,00	0,360	0,200	uni	MOV	Sub Ar/AN	x			x	x		39	3	5		3	35									15		0	
3516,50	0,220	0,100	uni	MOV	Sub Ar/AN	x		x		x		45	5	2		2	25									20	0	1	
3517,00	0,250	0,120	uni	MOV	Sub Ar/AN	F	R	R	R	R		48	5	3		2	25			0						17	0	0	
3517,50												17	2				35			0	3					40	1	2	
3518,00																													
3518,50																													
3519,00																													
3519,50																													
3520,00																													
3520,50																													
3521,50																													
3589,50													5			0		55	25								15		
3590,00													2			0		50	23								25		
3590,50													5					65	25								5		
3591,00													5					50	20								25		
3591,50	0,150	0,080	Uni	M	Sr/Sa	A	R	R	P	P		30	6		1		45	15			0					3			
3592,00	0,380	0,080	Uni	M	Sr/Sa	A	R	R	R	R		27	5		0	3	45	15								5			

ROCHE ERUPTIVE (**diorites** : Les diorites sont les roches plutoniques les plus répandues dans la croûte continentale après les granites. Ces roches, situées au pôle P du diagramme QAPF, sont les équivalents plutoniques des andésites.)

3592,50	0,600	0,250	Uni	My	Sr/Sa	P	R	F	F	F		60	15	3	0		7	0			0			10		5
3593,00	0,600	0,250	Uni	My	Sr/Sa	P	R	F	F	F		57	15	2		2	15	1						5		3
3593,50	0,620	0,250	Uni	My	Sr/Sa	R	R	F	F	F		58	15	5		2	15	0		0				2		3
3594,50	0,610	0,250	Uni	My	Sr/Sa	F	R	F	F	F		65	15			0	10							7		3
3595,00	1,200	0,250	bim	M	Sr/Sa	R	P	F	F	F		65	15		0		18							1		1
3595,25	1,200	0,250	bim	M	Sr/Sa	R	P	P	F	F		61	15			0	15							1		8
3595,50			Uni	My	Sr/R	A	R	R	P	P		49	3	0		0	10	0			1			30		7
3596,00	1,000	0,375										62	15	0		0	17	0						1		5
3596,50	1,000	0,500										60	7	0		0	13	0						17		3
3597,00	1,750	0,625										60	11	0		0	23	0						0		6
3597,50	0,260	0,075										60	0	0		3	25	10						2		0
3598,00	0,400	0,150										52	8	0		0	18	0						18		4
3598,50	0,400	0,100										37	0	1		2	25	0						35		0
3599,00	0,350	0,150										36	5	2		2	20	1						32		2
3599,50	0,400	0,175										34	0	0		0	5	1						60		0
3600,00	0,225	0,100										32	0	0		0	10	8						50		0
3600,50	0,225	0,125										61	7	3		0	26	0						0		3
3601,00	0,625	0,250										40	8	0		0	18	4						30		0
3602,00	0,800	0,250										60	4	0		0	17	8						8		3
3602,50	0,625	0,225										60	5	0		0	22	0						12		1
3603,00	0,650	0,250										56	6	0		0	18	0	0		0			15		5
3603,50	0,750	0,225										45	7	0		0	15	7	0		0			26		0
3604,50	0,400	0,175										55	0	1		0	16	8	0		0			18		2
3605,00	0,375	0,125										60	8	3		2	20	4	0		0			2		1
3605,50	0,325	0,175										62	9	1		0	12	2	0		0			6		8
3606,50												18	0	0		0	55	20	0		0			7		0

3607,00	0,700	0,175											35	0	2		0	30	6	0		0			25		2
3705,10	0,175	0,075											32	0	1		2	52	5	0		0			8		0
3705,50													10	0	0		3	79	0	0		8			0		0
3706,00													32	0	1		3	59	0	0		1			4		0
3706,50													7	0	0		5	81	0	0		0			7		0
3707,50													13	0	0		3	79	0	0		5			0		0
3708,00													10	0	0		1	72	0	0		0			17		0
3708,50													8	0	0		1	74	0	0		2			15		0
3709,00													25	0	1		6	60	0	0		5			3		0
3709,50													20	0	0		5	68	0	0		3			4		0
3710,00													15	0	0		4	66	0	0		0			15		0
3710,90													7	0	0		1	83	0	0		5			4		0
3711,00													6	0	0		1	85	0	0		6			2		0
3712,00													7	0	0		1	87	0	0		2			3		0
3712,50													9	0	0		1	84	0	0		4			2		0
3713,50													10	0	0		1	83	0	0		3			3		0

Tableau 02 : Résultats d'analyses pétrographiques du sondage BKHE2 Par: KHAOUA,B Juin 2015

Côtes (m)	Granu.(mm)		Texture								Composants pétrographiques (%)															
	G _{Max}	G _{Moy}	Mode	Classement	Morphoscopie	Contacts					Débris de roches	Quartz détritique	Quartz secondaire	Feldspaths	Minéraux lourds	Micas	Argiles authigènes (kaolinite, illite et chlorite)	Oxydes de fer	Glauconie	Anhydrite	Pyrite	Sidérite	Barytine	Carbonates (dolomite)	Matière organique/Bitume	Porosité estimée
						Flottant	Droit / tangentiel	Ponctuel	Concavo-convexe	Suturé																
3401,00	0,225	0,125	uni	My	Sr/Sa	A	R	R	R	R		37	5		2	30	18			1			7	0	0	
3401,50	0,250	0,100	uni	B	Sr/Sa	A	R	R	R	R		46	3		1	35	7			1			5	1	1	
3402,00	0,225	0,125	uni	My	Sr/Sa	F	R	R	P	P		51	5	0		28	0		7	0			7	1	1	
3402,50	0,250	0,150	uni	B	Sr/Sa	A	R	P	R	R		50	1		0	45	0		0	0			3	0	1	
3403,00	0,175	1,000	uni	B	Sr/Sa	F	R	R	P	P		56	3	0	0	30	1		0	0			3	0	7	
3403,50	0,250	0,100	uni	My	Sr/Sa	A	R	R	P	R		41	1		0	45	10			1			0	1	1	
3404,00	0,275	0,150	uni	M	Sr/Sa	A	R	R	R	R		20				65	15			0				0		
3404,50	0,375	0,150	uni	M	R/Sr	A	R	R	R	R		24				45	10			1			15	4	1	
3405,00	0,275	0,170	uni	M	Sr/Sa	A	R	R	P	R		20		0		60	15			1			3	1	0	
3405,50	0,175	0,100	uni	My	Sr/Sa	A	R	R	R	R		15		0		67	15			0			2	1	0	
3406,00	0,700	0,37/0,15	bim	M	R/Sr	A	R	R	P	P		57	3			15	5			1			15	1	3	
3407,00	0,675	0,350	uni	M	R/Sr	A	R	R	R	R		50	1			13	1			0			35	0	0	
3408,00	0,525	0,300	uni	M	Sr/Sa	A	R	R	R	R		47		0		10	0						40	0	3	

3408,50	0,550	0,250	uni	M	Sr/Sa	A	R	R	R	R		53				18	1					20	0	8
3409,00	0,525	0,250	bin	My	Sr/Sa	F	R	R	P	P		65	3		0	7	0					15	1	9
3410,00	0,325	0,150	uni	My	Sr/Sa	F	R	R	P	R		62	1			25	0					5	0	7
3410,50	0,275	0,110	uni	B	A/Sa	A	R	R	R	R		54	0			20			0	1		18	0	7
3411,00	0,425	0,225	uni	My	Sa/Sb	A	R	R	P	R		62	1			10				1		0	1	25
3411,50	0,475	0,225	bin	My	Sa/Sb	A	R	R	P	R		61	1		1	5			0	0		25	0	7
3412,00	0,325	0,200	uni	My	Sa/Sb	A	R	R	P	R		56	0		0	2			1			18	0	23
3412,45	0,475	0,150	uni	My	Sa/Sb	F	R	P	P	R		64	2		1	7			0	0		20	1	5
3413,00	0,400	0,200	uni	My	Sa/Sb	F	R	R	P	P		19				28			3			45	5	0
3413,50	0,400	0,175	uni	M	Sa/Sb	A	R	R	R	R		45			0	30			0	3		7	2	13
3414,00			uni									22			0	65			0	0		10	0	3
3414,50	1,450	0,625	uni	My	R/Sr	A	R	R	R	P		65				2						3		30
3415,00	0,550	0,250	uni	B	Sr/Sa	F	R	R	F	P		65				10						15	0	10
3415,50	1,950	0,650	bim	B	R/Sr	A	R	R	R	R		62				1			5			17	0	15
3416,00	0,425	0,175	uni	M	R/Sr	A	R	R	R	R		27				55	2		0			15	1	
3416,50	0,575	0,275	uni	M	Sr/Sa	F	R	R	P	R		64				18						15	0	3
3417,00												18				67			2			13		
3417,50	0,220	0,130	uni	M	Sr/Sa	A	R	R	R	R		33				60						7	0	
3418,00	0,150	0,090	uni	B	Sr/Sa	F	R	R	P	P		56				30						13	0	1
3418,50	0,275	0,175	uni	B	Sr/Sa	R	P	F	F	F		67	7			13						7	1	5
3419,00	0,400	0,150	uni	M	Sr/Sa	A	R	R	R	R		30				65				2		3		
3419,45	0,875	0,475	uni	B	R/Sr	A	R	R	R	R		63				5			1	1		25		5
3420,00	1,300	0,625	uni	B	R/Sr	A	R	R	R	R		83				3			2	5				7
3420,50	1,750	0,750	uni	B	R/Sr	A	R	R	R	R		85				5			2	3				5

3421,00	1,400	0,625	uni	B	R/Sr	A	R	R	R	R		84				10		2	1				3	
3421,50												1				85	13		0			1		
3422,00																90			1			9		
3422,50																86			1			13		
3423,00																79	5		1			15		
3424,00																84			1			15		
3424,50																84			3			13		
3425,00																87			2			10	1	
3425,50																85			1			13	1	

