

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI OUZOU
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences
Agronomiques
Département des Sciences Géologiques



Mémoire

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

Option : Géologie des Bassins Sédimentaires

Thème

*Etude pétrographique, minéralogique et diégétique du réservoir
Ordovicien supérieur l'unité IV des puits ISW-3, ISB-3, ISB-4,
ISB-5, implanté dans la région Issaouane au Sud-Est du bassin
d'Illizi –Algérie-*

Réalisé par

CHAOUCHE Ali

TADJEMOUT Aziz

Devant le jury

Mr. AMROUCHE. F	M.M.A	UMMTO	Président
Mr. ACHOUI. M	M.A.A	UMMTO	Promoteur
Mme. CHILALI. R	Ingénieur	SONATRACH	Co. Promotrice
Mlle. OUIKENE. K	M.A.A	UMMTO	Examinatrice

-Année universitaire : 2020/2021-

Remerciment

*On remercie tout d'abord notre dieu qui nous a donné la force pour terminer ce travail. Tous nos remerciements à notre merveilleuse Encadrent **Mme : CHILALI Radia** qui nous a offert l'esprit de travail et de recherche Tous nos remerciements à notre promoteur **Mr : ACHOU M'hand** qui nous a guidé à réaliser ce travail. Nous tenons à remercier également, le président **MR : AMROUCHE Farid** et l'examineur **Mlle : OUKENE Karima** pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger et d'évaluer notre travail, On tient aussi à remercier tous les travailleurs au niveau du **CRD Boumerdes** pour leurs aides et conseils. Nous remercions chaleureusement **Mr : Ait Tikan Samir** de Département Stratigraphie (Boumerdès), On tient également à remercier tous les enseignants du département sciences de la terre et l'univers de **l'Université de Tizi- Ouzou** qui ont contribué de près ou de loin à notre formation durant tout le cursus universitaire. Enfin Un grand merci à nos familles qui nous ont toujours Soutenu et encouragé. Et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de ce modeste travail*

Dédicaces

C'est avec toute mon affection que je dédie ce modeste travail :

*A l'esprit pur de mon père (**VAVA**), que sa mémoire reste toujours dans nos cœurs, que la terre sera légère sur son corps.*

*A ma très chère et adorable mère (**YEMMA**), que Dieu bénisse d'une longue vie.*

*A la mémoire de mon **ONCLE HOUCINE**.*

*A mon frère **SLIMANE** et mes sœurs **LYNDA**, **NADIA**, et à toute ma famille **CHAUCHE** petits et grands.*

*A mon ami **TADJEMOUT AZIZ** et toute la famille **TADJMOUT**.*

*A mon ami **BEGGOUR BILAL** et tous sa famille.*

*A tous mes camarades **GÉOLOGUES** de **UMMTU** surtout les **M2GBS**.*

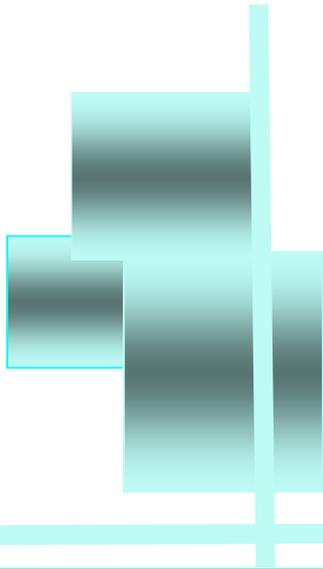
*A mes très chers amis de **L'HABITAT C23** qui m'ont aidé durant ce travail.*

*A toutes **MES AMIES** que je n'ai pas citées, qui ont contribué de près ou de loin pour faire ce travail.*

Ali

Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chers parents qui m'ont soutenu durant toutes mes études et partagé mes moments difficiles, A mes frères et mes sœurs. A toute ma famille de proche et de loin. A mes très chers amis. A tous le groupe C23, qui m'ont aidé durant ce travail.



Sommaire

Table des matières

Liste des figures.....	I
Résumé.....	VI
Abstract	VII

Chapitre I :

Introduction générale

Introduction.....	2
Problématique.....	2
Méthodologie du travail.....	2

Chapitre II :

Généralités sur le bassin d'Illizi

1- La situation géographique du bassin d'Illizi	05
2- le cadre géologique du bassin d'Illizi	06
3- Approche lithostratigraphique.....	08
3-1-Introduction.....	08
3-2-Socle précambrien.....	09
3-3-Le paléozoïque.....	10
3-3-1- Cambrien.....	10
3-3-2-Ordovicien.....	10
3-3-3-Silurien.....	11

3-3-4-Dévonien.....	11
3-3-5- Carbonifères.....	12
3-3-6- Permien.....	13
3-4- Mésozoïque.....	13
3-4-1- Trias et Jurassique.....	13
3-4-2- Crétacé.....	14
3-5- Cénozoïque.....	14
3-5-1- Mio-Pliocène.....	14
3-5-2- Quaternaire.....	14
4-Cadre paléogéographique.....	17
4-1- Paléozoïque.....	17
Cambrien.....	17
Ordovicien.....	17
Silurien.....	17
Dévonien.....	17
Carbonifère.....	17
4-2- Mésozoïque.....	17
4-3-Cénozoïque.....	17
5-Conclusion.....	17
6- Aperçu structurale.....	18
6-1- Introduction.....	18
6-2- L'évolution structurale du bassin d'Illizi.....	18
6-3-Les principaux éléments structuraux.....	18
6-4- Les principaux événements tectoniques affectent le bassin d' Illizi.....	19
6-4-1- Tectonique précambrienne.....	19
6-4-2- Les mouvements paléozoïques.....	19
6-4-2-1- Les mouvements du Paléozoïque inférieur.....	19
Cambrien.....	19
Au silurien supérieur.....	19
6-4-2-2- Los mouvements du Paléozoïque supérieur.....	20
Mouvements du Dévonien inférieur.....	20
Mouvements post-Famenniens.....	20
Mouvements du Carbonifère.....	20
6-4-3-Les Mouvements Méso-cénozoïques.....	20
La phase Trias-Jurassique.....	21
Les phases Crétacé inférieur.....	21
Phase N090- Autrichienne d'âge Crétacé moyen.....	21
La phase N160-Atlasique d'âge éocène moyen.....	21
La phase W50-W60 d'âge Oligocène.....	21
7-Conclusion.....	23
8- Evolution géodynamique.....	23
8-1-La période précambrienne.....	23
8-2-La période combo-ordovicien.....	23

8-3-La période silurienne.....	24
8-4- La période Dévonien.....	24
8-5-La période carbonifère.....	24
8-6-La période permien.....	24
8-7-L'ère mésozoïque.....	25
8-8-L'ère cénozoïque.....	25
8-9-Conclusion.....	25
9- Gisement d'hydrocarbure.....	26
10-Conclusion.....	27

Chapitre III : Etude sédimentologie : pétrographique, minéralogique et diagénétique

I-Etude pétrographique et minéralogique	29
1-Introduction	30
2-Méthodologie.....	30
3-Pétrographie du puits ISW-3.....	32
3-1-Les éléments figurés.....	32
➤ Les grains de quartz.....	32
➤ Les micas.....	32
➤ Les feldspaths.....	33
➤ Les minéraux lourds.....	33
3-2-Liants (ciments et minéraux).....	33
➤ les ciments argileux.....	33
➤ Les ciments carbonatés.....	34
➤ Les ciments siliceux.....	34
➤ L'oxyde de fer.....	35
➤ La pyrite.....	35
➤ L'anhydrite.....	35
➤ Glauconie.....	35
3-3-La matière organique.....	36
3-4-La porosité.....	37
4-Pétrographie du puits ISB-3.....	42
4-1-Les éléments figurés.....	42
➤ Les grains de quartz.....	42
➤ Les micas.....	42
➤ Les feldspaths.....	43
➤ Les minéraux lourds.....	43
➤ Les débris de roches	43
➤ Les éléments carbonatés.....	43

4-2-Liants (ciments et minéraux).....	43
➤ Les ciments argileux.....	43
➤ Les ciments carbonatés.....	44
➤ Les ciments siliceux.....	45
➤ La pyrite.....	45
4-3-La matière organique.....	45
4-4-La porosité.....	46
5-Pétrographie du puits ISB-4.....	50
5-1-Les éléments figurés.....	50
➤ Les grains de quartz.....	50
➤ Les micas.....	50
➤ Les feldspaths.....	51
➤ Les minéraux lourds.....	51
➤ Les débris de roches.....	51
➤ Les éléments carbonatés.....	51
5-2-Liants (ciments et minéraux).....	51
➤ Les ciments argileux.....	51
➤ Les ciments carbonatés.....	52
➤ Les ciments siliceux.....	52
➤ L'oxyde du fer.....	53
➤ La pyrite.....	53
5-3-La matière organique.....	54
5-4-La porosité.....	54
6-Pétrographie du puits ISB-5.....	59
6-1-Les éléments figurés.....	59
➤ Les grains de quartz.....	59
➤ Les micas.....	59
➤ Les feldspaths.....	60
➤ Les minéraux lourds.....	60
➤ Les débris de roches.....	60
6-2-Liants (ciment et minéraux).....	61
➤ Les ciments argileux.....	61
➤ Les ciments carbonatés.....	62
➤ Le ciment siliceux.....	62
➤ La pyrite.....	62
6-3-La matière organique.....	63
6-4-La porosité.....	64
7-Résultats de l'analyse minéralogique de tous les puits.....	69
8-Conclusion.....	69

II Etude diagenetique.....	71
1-Introduction.....	72
2- Rappels sur la notion de diagenèse.....	72
2-1-Définition de la diagenèse.....	72
2-2- Définition des zones de la diagenèse et les différents stades diagenétiques et leur correspondant.....	73
❖ Zone éodiagénétique.....	73
❖ Zone mésodiagénétique.....	74
❖ Zone télodiagénétique.....	75
2-3- Mécanisme de la diagenèse.....	76
2-4-Evolution diagénétique.....	78
3-Phénomènes diagénétiques affectants les puits ISW-3, ISB-3, ISB-4 et ISB-5	79
3-1-Mise en place des éléments détritiques et des argiles.....	79
3-2-Revêtement argileux ou ferrifère des grains de quartz détritiques.....	79
3-3-La silicification (nourrissage).....	79
3-4- Transformation des argiles en illite.....	80
3-5-Précipitation des carbonates.....	80
3-6- Altération des micas (Biotite).....	80
3-7-Altération des feldspaths potassiques.....	81
3-8- Développement de la silice intergranulaire.....	81
3-9- Dissolution des grains et ciments.....	81
3-10- précipitations des évaporites.....	81
3-11- Développement du ciment pyriteux.....	81
3-12- Microfissuration.....	81
4- Chronologie des processus et l’histoire diagénétiques.....	82
5-Conclusion :.....	83

Chapitre IV :

Conclusion générale

Conclusion générale.....	90
--------------------------	----

Bibliographie

Liste des figures

Chapitre II : Généralités sur le Bassin d'Ilizi

Fig. II.1 : Situation géologique et géographique du bassin d'Ilizi.....	06
Fig. II.2 : Cadre Géologique du Bassin d'Ilizi (Galeazzi et Al, 2010).....	08
Fig. II.3 : Coupe géologique N-S schématique des affleurements du bassin d'Ilizi.....	09
Fig. II.4 : Esquisse géologique simplifiée de la région de Zarzaïtine – Taouratine au Sud-Est de la Hamada deTinhert.....	14
Fig. II.5 : Coupe géologique Ouest-Est du bassin d'Ilizi.....	15
Fig. II.6 : Colonne stratigraphique synthétique du bassin d'Ilizi.....	16
Fig. II.7 : Coupe Nord-Sude du bassin d'Ilizi.....	27

Chapitre III : Etude pétrographique, minéralogique et diagénétique

Fig.III.1 : Plan de position des puits étudiés.....	30
Fig.III.2 : Log granulométrique du puits ISW-3.....	32
Fig.III.3 : Graphe minéralogique des minéraux argileux du puits ISW-3 réalisé d'après tableau N°5(annexes1) des résultats de (DRX).....	34
Fig.III.4 : Graphe minéralogique des minéraux non argiles du puits ISW-3 réalisé d'après le tableau N°5(annexes1) des résultats de (DRX).....	36
Fig.III.5 : Graphe pétrographique synthétique du puits ISW-3.....	36
Fig.III.6 : Log granulométrique du puits ISB-3.....	42
Fig.III.7 : Graphe minéralogique des minéraux argileux du puits ISB-3 réalisé d'après le tableau N°6 (annexes1) des résultats de (DRX).....	44
Fig.III.8 : Graphe minéralogique des minéraux non argileux du puits ISB-3 réalisé d'après le tableau N°6 (annexes1) des résultats de (DRX).....	45
Fig.III.9 : Graphe pétrographique synthétique du puits ISB-3.....	46
Fig.III.10 : Log granulométrique du puits ISB-4.....	50

Fig.III.11 : Graphe minéralogique des minéraux argileux du puits ISB-4 réalisé d'après le tableau N°7 (annexes1) des résultats de (DRX).....	52
Fig.III.12 : Graphe minéralogique des minéraux non argileux du puits ISB-4 réalisé d'après le tableau N°7 (annexes1) des résultats de (DRX).....	53
Fig.III.13 : Graphe pétrographique synthétique du puits ISB-4.....	54
Fig.III.14 : Log granulométrique du puits ISB-5.....	59
Fig.III.15 : Graphe minéralogique des minéraux argileux du puits ISB-5 réalisé d'après le tableau N° 8 (annexes1) des résultats de (DRX).....	61
Fig.III.16 : Graphe minéralogique des minéraux non argileux du puits ISB-5 réalisé d'après le tableau N° 8 (annexes1) des résultats de (DRX).....	63
Fig.III.17 : Graphe pétrographique synthétique du puits ISB-5.....	64
Fig.III.18 : Les différents stades de la diagenèse en fonction de la pression et de la température.....	73
Fig.III.19 : Profil idéalisé d'une marge continentale montrant les sites sédimentaires marins et les trois phases de diagenèse.....	76
Fig.III.20 : Schéma montrant les différents mécanismes de diagenèse.....	78
Fig.III.21 : Séquence diagénétique.....	84

Liste des Tableaux

Chapitre II : Généralités sur le Bassin d'Ilizi

Tableau. 1 : Les phases tectoniques affectant la Plate-Forme Saharienne.....	22
---	----

Chapitre III : Etude pétrographique, minéralogique et diagénétique

Tableau. 1 : Montre le nombre des lames minces étudiées pour chaque puits.....	31
---	----

Tableau. 2 : Montre le nombre des X (DRX) étudiées pour chaque puits.....	31
--	----

Liste des photos

Chapitre III : Etude pétrographique, minéralogique et diagénétique

Planche A

- Photo. N°1** : Facies globale d'un gré moyen, moyennement classé et une distribution.....39
unimodale les contacts sont suturés, droits concavo-convexe39
- Photo. N°2** : Facies globale d'un grès moyen, mal classé, les contacts sont
droit/tangentiel et concavo-convex.....39
- Photo. N°3** : Montre un grès fin, moyennement classé, on note la présence de
quartz craquelé.....39
- Photo. N°4** : Montre un grès fin à moyen. Présence de grains de feldspath (alcalin).....39
- Photo. N°5** : Montre la présence d'un minéral lourd (Zircon).....39
- Photo. N°6** : Mise en évidence du développement d'un ciment argileux la Kaolinite
intergranulaire.....39
- Photo. N°7** : Mise en évidence du développement du ciment carbonaté la dolomie.....40
- Photo. N°8** : Mise en évidence du développement du ciment secondaire de nourrissage.....40
- Photo. N°9** : Montre un grès fin, et la présence d'oxydes de fer sous forme de plages
intergranulaires.....40
- Photo. N°10** : Montre la présence d'anhydrite sous forme de plages intergranulaires.....40
- Photo. N°11** : Montre la présence de la glauconie.....41
- Photo. N°12** : Montre la porosité de dissolution formée par l'altération des feldspaths.....41
- Photo. N°13** : Montre la porosité de dissolution formée par la dissolution des ciments.....41

Planche B

- Photo. N°1** : Facies globale montrant un grès moyen, mal classé. Les grains sont
sub-arrondis à sub-anguleux.....48
- Photo. N°2** : Mise en évidence la présence d'un élément carbonaté à un cortex
chloriteux.....48
- Photo. N 3** : Mise en évidence de grains de feldspaths (Plagioclase) et des micas
(muscovite).....48
- Photo. N°4** : Illustration Microstylolithes soulignés et remplie par de l'argile
détritique.....48
- Photo. N°5** : Mise en évidence du développement du ciment siliceux intergranulaire.....49

Photo. N°6 : Mise en évidence du développement du ciment siliceux tardive de nourrissage.....	49
Photo. N°7 : Montre la pyrite en amas dans un grès fin, mal classé.....	49
Photo. N°8 : Mise en évidence la matière organique entouré les ports de porosité Première.....	49
Photo. N°9 : Mise en évidence de la matière organique (bitume).....	49

Planche C

Photo. N°1 : Facies globale d'un grès moyen, mal classé, unimodal, les contacts sont droit/tangentiel et concavo-convex.....	56
Photo. N°2 : Montre la présence de la moscovite.....	56
Photo. N°3 : Montre la présence d'un feldspath (alcalin).....	56
Photo. N°4 : Mise en évidence le développement de la pyrite.....	56
Photo. N°5 : Montre une Oolithes chloriteuses déformées et partiellement dissoutes.....	56
Photo. N°6 : Montre la présence de l'illite sous forme de remplissage des pores.....	57
Photo. N°7 : Mise en évidence le développement des ciments secondaires de nourrissage.....	57
Photo. N°8 : Mise en évidence la précipitation du ciment carbonaté obstruant tout l'espace intergranulaire.....	57
Photo. N°9 : Montre une porosité initiale.....	57
Photo. N°10 : Montre une porosité secondaire de dissolution.....	57
Photo. N°11 : Mise en évidence de la matière organique (bitume).....	58

Planche D

Photo. N°1 : Facies globale montrant un gré fin, moyennement classé, sub anguleux à sub arrondis, unimodal, les contacts droits et concavo-convexe	66
Photo. N°2 : Facies globale d'un gre moyen, mal classé, arrondis sub anguleux, bimodale, montre les contacts suturés.....	66
Photo. N°3 : Montre la présence des micas (moscovite).....	66
Photo. N°4 : Montre la présence des feldspaths (Plagioclase).....	66
Photo. N°5 : Montre Présence de minéraux lourds (tourmaline).....	66
Photo. N°6 : Monter la présence de fragments argileux.....	67
Photo. N°7 : Montre l'illite sous forme d'un liseré autour des grains de quartz.....	67

Photo. N°8 : Mise en évidence du développement d'un ciment siliceux de nourrissage.....	67
Photo. N°9 : Montre porosité secondaire fissurale (Fissure ouverte).....	67
Photo. N°10 : Montre la porosité secondaire de dissolution (dissolution du ciment siliceux).....	68

Planche E

Photo. N°1 : Montre des grains soulignés par un revêtement argileux	86
Photo. N°2 : Montre trois type de contacts (droit, concavo-convexe et suturé).....	86
Photo. N°3 : Montre un jeune sthyloolithique remplie par l'argile (kaoulinite).....	86
Photo. N°4 : Montre La silicification secondaire (nourrissage).....	86
Photo. N°5 : Montre la précipitation de ciment carbonaté (sidérite).....	86
Photo. N°6 : Montre l'altération des micas (Biotite).....	86
Photo. N°7 : Mise en évidence l'altération des feldspaths (Alcalin).....	87
Photo. N°8 : Montre la dissolution des éléments détritiques.....	87
Photo. N°9 : Montre la dissolution de ciment siliceux.....	87
Photo. N°10 : Mise en évidence l'illitisation des micas.....	87
Photo. N°11 : Mise en évidence la précipitation des évaporites (d'anhydrite sous forme de plages intergranulaires).....	87
Photo. N°12 : Mise en évidence la présence de ciment pyriteux.....	88
Photo. N°13 : Mise en évidence la présence de ciment pyriteux.....	88
Photo. N°14 : Montre le développement d'oxyde du fer sous forme de plages Intergranulaires.....	88
Photo. N°15 : Montre la présence d'oxydes de fer sous forme de plages intergranulaires...	88
Photo. N°16 : Mise en évidence une microfissuration.....	88

Résumé

Le bassin d'Ilizi est une dépression intra-cratonique d'âge paléo-méso-cénozoïque, dont le socle se trouve à environ 3500m de profondeur. Il occupe la partie Sud-Est du Sahara Algérien d'une superficie de 108,424km² environ. Connu comme l'un des plus grands gisements d'hydrocarbure en Algérie par ces différents réservoirs.

Le réservoir Ordovicien Supérieur Unité IV du bassin d'Ilizi est subdivisé en deux sous unités :

- Unité 4-1 : c'est une série argilo-gréseuse de comblement façonnée par l'avancement des glaciers.
- Unité 4-2 : elle est essentiellement gréseuse

En effet, l'étude pluridisciplinaire des puits ISW-3, ISB-3, ISB-4 et ISB-5 implantés dans la région Sud-Est du Bassin d'Ilizi montre des facies gréseux composés essentiellement de grains de quartz avec des feldspaths, micas et minéraux lourds.

Sur le plan Diagénetique, les paramètres réservoir de l'Ordovicien supérieur sont contrôlés par plusieurs aspects texturaux de la roche (la faible granulométrie, le mauvais classement des grains détritiques) qui ont conduit à la détérioration du réseau poreux primaire, et plusieurs autres phénomènes, la compaction mécanique, la précipitation des différents ciments : silice secondaire, argileux et sulfuro-carbonatés et d'autre part, la matière organique en remplissage total ou partiel des pores et les oxydes de fer.

Néanmoins, certains phénomènes diagénetiques ont contribué à l'amélioration des qualités réservoirs dans certains échantillons étudiés :

- La dissolution totale ou partielle des minéraux instables tels que les feldspaths.
- La dissolution des ciments siliceux et carbonatés.
- La kaolinitisation des feldspaths qui ont une influence minimale et favorable sur les qualités réservoirs.
- La fissuration du réservoir durant les phases tectoniques majeures et mineures qui ont générées une porosité secondaire de type fissurale non négligeable.

Mots clés : Ordovicien supérieure unité IV, Sud-Est du bassin d'Ilizi, puits ISW-3, ISB-3, ISB-4, ISB-5, qualité du réservoir et l'évaluation du potentiel pétrolier.

Abstract

The Illizi basin is an intra-cationic depression of Paleo-meso-Cenozoic age, the basement of which is about 3500m deep. It occupies the south-eastern part of the Algerian Sahara with an area of approximately 108,424KM². Known as one of the largest hydrocarbon deposits in Algeria by these deviating reservoirs.

The upper Ordovician reservoir unit IV of the Illizi basin and subdivided into two sub-units:

- Unit 4-1: this is a series of infill shaped by the advancement of glaciers to cly-sandstone deposits.
- Unit 4-2: mainly sandstone.

Indeed, the multidisciplinary study of the ISW-3, ISB-3, ISB-4 and ISB-5 wells located in the southeastern region of the Illizi basin. Rise of sandstone faces composed mainly of quartz grains with feldspars, micas and heavy minerals.

Diagenetically speaking, the upper Ordovician reservoir parameters and controlled by several textural aspects of the rock (low grain size, poor classification of detrital grains) which led to the deterioration of the porous network. And several other phenomenons. Mechanical compaction, precipitation of deferent secondary silica cements, clay cement, and sulphate-carbonate cements, organic matter in total or partial filling of the pores and iron oxides. Contributed to the drastic deterioration of the primary porous network.

However, certain diagenetic phenomenons have contributed to the improvement of reservoir qualities in certain samples:

- The total or partial dissolution of unstable minerals such as feldspars.
- The dissolution of siliceous and carbonate cements.
- Kaolinitization of feldspars, which has a minimal and favourable influence on the quality of reservoirs.
- Cracking of the reservoir probably during the major and minor tectonic phases having generated a significant secondary porosity.

Keywords : upper Ordovician unit IV, southeast Illizi basin, ISW-3, ISB-3, ISB-4 and ISB-5 wells, reservoir quality and oil potential assessment.

CHAPITRE I :
INTRODUCTION
GENERALE

Introduction

La région d'Issaouane est située dans le Sud-Est du bassin d'Illizi à la frontière Algéro-Libyenne, elle appartient à la province orientale de la plate forme saharienne qui est elle-même la couverture du Craton Nord-Africain.

La région d'Issaouane représente le réservoir Ordovicien supérieur (unité IV), connu par sa compaction élevée et sa mauvaise production en hydrocarbure.

Dans le cadre d'une convention signée entre notre université (Mouloud Mammeri /UMMTO) et la société Sonatrach (Division Recherche et Développement -CRD-), Il nous a été proposé pour notre projet de fin d'étude, un travail à réaliser qui porte sur : L'étude pétrographique, minéralogique et diagénétique des puits ISW-3, ISB-3, ISB-4 et ISB-5 implantés dans la région d'Issaouane dans le Sud-Est du Bassin d'Illizi.

Problématique

Le présent travail consiste à étudier l'évaluation du potentiel pétrolier du réservoir Ordovicien Supérieur Unité IV de la région d'Issaouane dans Sud-Est le bassin d'Illizi, afin de détermine l'influence des phénomènes diagénétiques et la composition pétrographique et minéralogique sur ses paramètres pétrophysiques et sur la qualité en taque réservoir et ça capacité de produire des hydrocarbures ces elles existent.

Plane du travail

Pour répondre à notre problématique, nous avons d'abord effectué une synthèse bibliographique en se référant aux différents travaux réalisés sur notre région d'étude (Bassin d'Illizi), puis nous avons suivis un plan de travail qui comprend trois chapitres comme suit :

- Le premier chapitre : Introduction générale qui traite essentiellement la problématique de notre travail.

- Deuxième chapitre il présente les généralités sur le bassin d'Illizi ; son cadre géographique global et son cadre géologique (l'aspect sédimentologique et stratigraphie, l'aspect tectonique et structural, l'évolution géodynamique, le magmatisme et en fin l'aspect réservoir).

- Dans le troisième chapitre nous avons effectué une étude pétrographique et une analyse microscopique de 52 lames minces confectionnées et 25 enregistrements à la diffractométrie

aux rayons X (DRX), à partir d'échantillons prélevés des différents puits ISW-3, ISB-3, ISB-4, ISB-5, pour décrire les minéraux et les phénomènes diagenétiques enregistrés dans le réservoir.

-Dans le quatrième chapitre nous avons présenté dans la conclusion générale les réponses à la problématique posée.

CHAPITRE II :
GENERALITES SUR LE
BASSIN D'ILLIZI

1- La situation géographique du bassin d'Illizi :

La région d'étude se localise dans la partie nord-africaine, en Algérie dans la plateforme saharienne, elle appartient au craton nord-africain, elle comprend un socle d'âge panafricain (Précambrien, 600 Ma) associé à la chaîne panafricaine qui affleure au Hoggar (Soussi, 2003 ; Askri et al, 1995), sur laquelle repose en discordance une puissante couverture sédimentaire d'âge paléo-méso-cénozoïque qui recouvre environ 84 % de la surface de l'Algérie (Ouali S., 2006). Elle est organisée en plusieurs bassins séparés par des zones hautes (Fig.II.1). On distingue :

D'Ouest en Est, les bassins de Tindouf, de Reggane, d'Abadla, de l'Ahnet, de Timimoun, les bassins du Mouydir et de l'Aguemour, Oued Mya, le bassin de Ghadamès et le bassin d'Illizi.

Le Bassin d'Illizi est situé dans la partie Sud orientale (dans la partie Sud-Est du Sahara algérien) entre les latitudes $26^{\circ} 30'$ et $29^{\circ} 30'$ Nord et les longitudes 6° et 10° Est. Il s'étend sur une superficie de 108, 424km², présentant une longueur Nord-Sud d'environ 700 km et une largeur Est-Ouest qui dépasse 300 km (SONATRACH, 2007). Il représente l'une des plus grandes provinces pétro-gazifères de l'Algérie, Ce bassin s'étend jusqu'en Libye à l'Est et jusqu'au massif du Hoggar qui le borde au Sud. Dont la plus grande partie se trouve en Algérie (Fig.II.1).

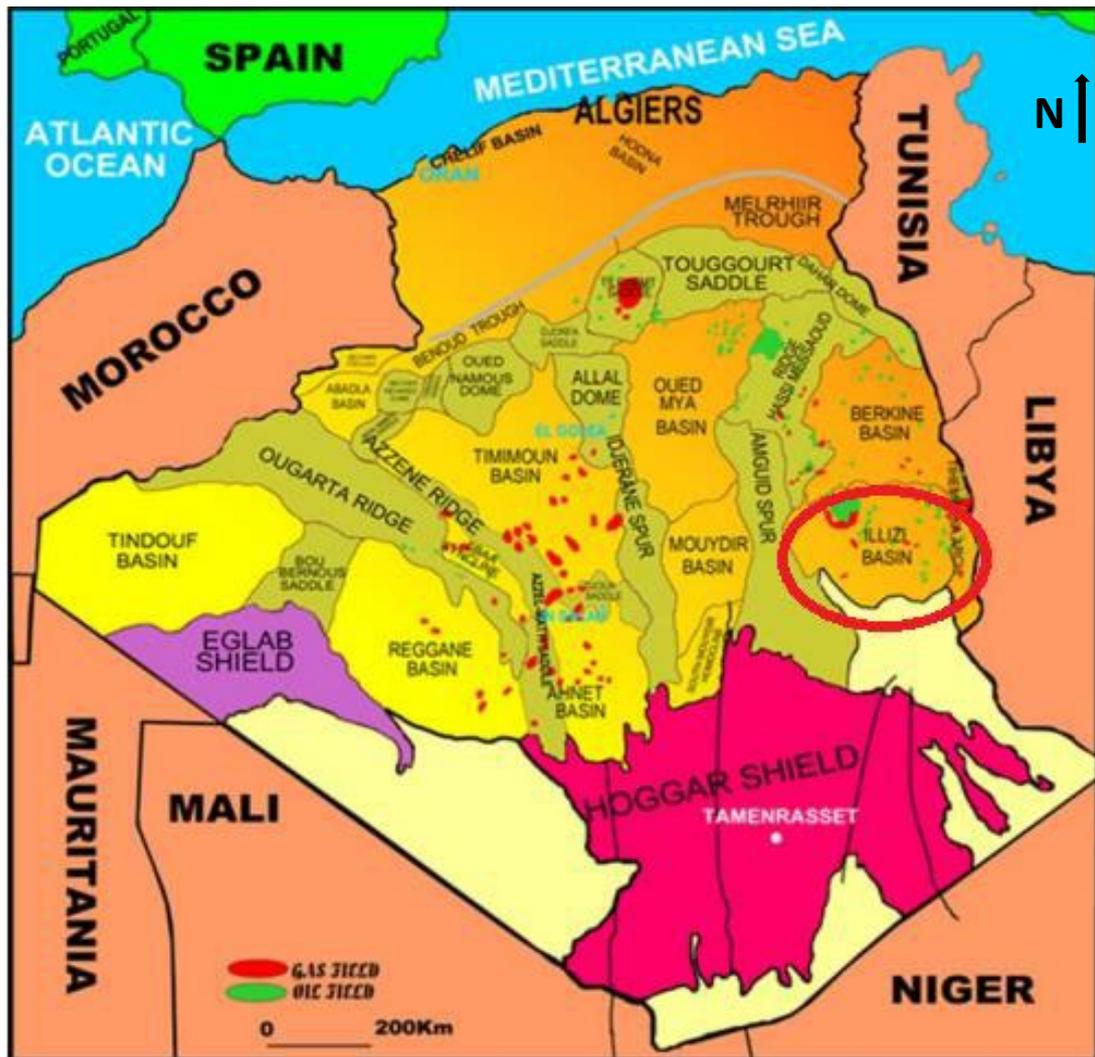


Figure. II.1 : Situation géologique et géographique du bassin d'illizi (sonatrach)

2- le cadre géologique du bassin d'illizi

Le Bassin d'illizi appartient au domaine méridional qui est une plateforme stable. Du point de vue géologique, le Bassin d'illizi a une série stratigraphique comprenant des terrains d'âge paléozoïque qui affleurent dans sa partie méridionale et d'âge mésozoïque à cénozoïque qui affleurent dans sa partie septentrionale.

Il représente une large dépression semi-circulaire et fut le siège d'une sédimentation importante (2 500 à 3 500 m d'épaisseur) déposée essentiellement durant le Paléozoïque et le Mésozoïque (Fig. II.2).

Les principaux axes structuraux qui limitent le Bassin d'illizi sont :

- Au nord, une remontée du socle connue sous le nom du môle d'Ahara, qui le sépare du bassin de Berkine.

- Au Sud, le massif cristallo-métamorphique du Hoggar.
- A l'Est, le môle de Tihembouka, situé près de la frontière algéro-libyenne qui le sépare du bassin de Hamra (Libyenne).
- A l'Ouest, la dorsale d'Amguid El Biod, qui le sépare du bassin du Mouydir.

Au Nord, le bassin d'Illizi est recouvert par les terrains crétacés du plateau de Tinrhert. Dans la partie Sud-Est, affleurent les dépôts carbonifères et les dépôts mésozoïques épais d'environ 1 000 m et discordants sur le Paléozoïque.

Les séries mésozoïques sont caractérisées par des faciès lagunaires et mixtes (grès, dolomies, calcaires) ; l'ensemble est recouvert par des sables éoliens quaternaires. A l'extrême Sud du bassin, le long du massif du Hoggar, affleure un ensemble de formations paléozoïques. Le reste du bassin, notamment sa partie Sud-Ouest, est recouvert par des cordons dunaires orientés SE-NW du vaste Erg d'Issaouane, et par les dunes de l'Erg Bourarhet qui s'étalent au centre du bassin jusqu'à la frontière algéro-libyenne. Les dépôts tertiaires se développent principalement dans la partie Nord-Ouest du bassin au niveau de la hamada de Tinrhert et sont relativement réduits dans le reste du bassin. Les dépôts quaternaires sont représentés par des dunes qui marquent la limite méridionale du grand Erg Oriental.

La couverture sédimentaire du bassin d'Illizi repose sur un socle cristallométamorphique d'âge précambrien qui serait de même nature que celui du Hoggar

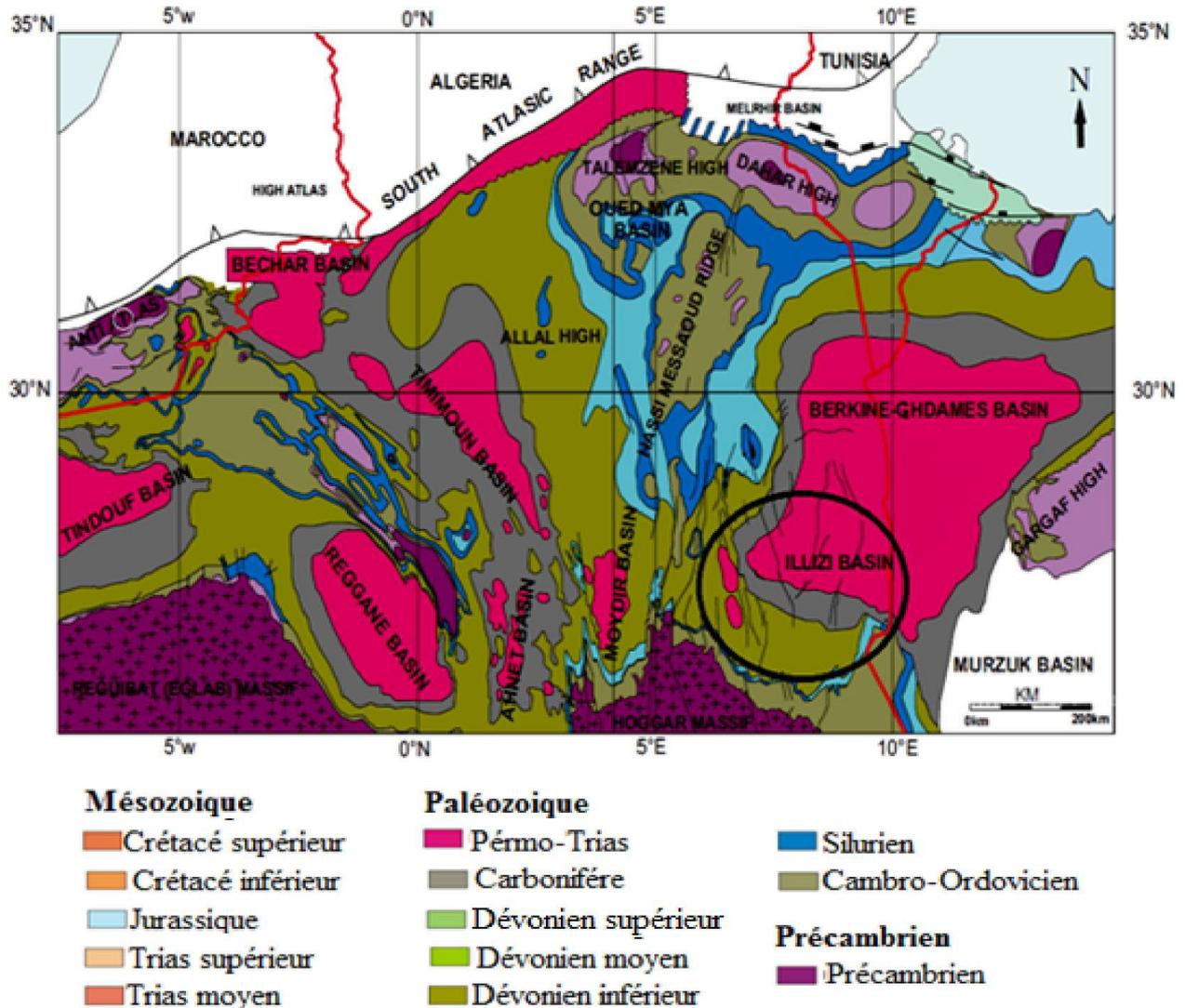


Figure. II.2 : Cadre Géologique du Bassin d'Illizi (Galeazzi et Al, 2010)

3-Approche lithostratigraphique

3-1-Introduction

Le bassin d'Illizi est le siège d'une importante sédimentation (2500-3500 m d'épaisseur) déposée essentiellement durant le Paléozoïque et le Mésozoïque.

Les séries paléozoïques, puissantes de 1900 m, enfouies au centre du bassin, reposent en discordance sur le massif cristallin du Hoggar. Elles sont constituées essentiellement d'assises argilo-gréseuses. A partir de la région de Zarzaitine à l'Est, on rencontre des affleurements mésozoïques épais (1000m d'épaisseur) discordants sur le Paléozoïque, (Beuf et Al, 1963-1971, Dubois, 1967 et Biju -Duval et al, 1968).

Les séries mésozoïques sont constituées de faciès lagunaires et d'altaïques (grès, dolomies, et calcaires) et affleurent au centre du bassin en une succession de falaises orientées Est-Ouest,

Les dépôts tertiaires relativement réduits, n'affleurent qu'au Nord-Ouest du bassin, au niveau de la Hamada et Tihert. L'ensemble est recouvert par des sables éoliens quaternaires constituants :

- L'erg Issaouane Nord Tifernine
- L'erg Issaouane Nord Irrarene
- L'erg Bourarhet

Le remplissage sédimentaire du bassin montre l'évolution stratigraphique suivante (voire Fig. II.3)

COUPE GEOLOGIQUE SCHEMATIQUE DES AFFLEUREMENTS

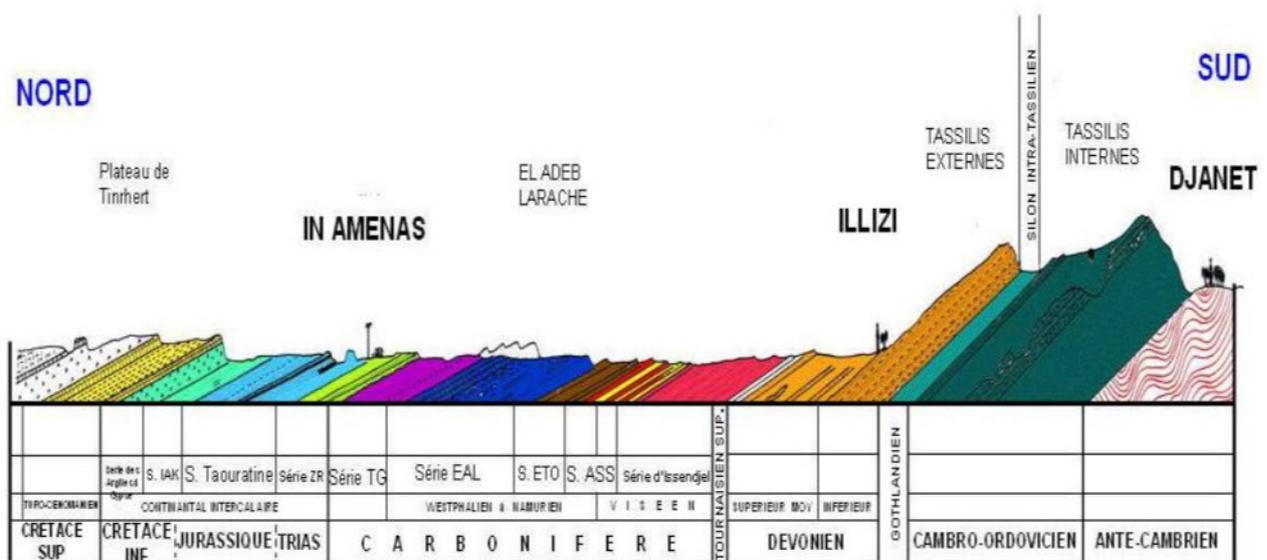


Figure. II.3 : Coupe géologique N-S schématique des affleurements du bassin d'Illizi (Sonatrach, 1995).

3-2-Socle précambrien

Les études faites sur le socle indiquant qu'il est constitué d'un ensemble de terrains méta-sédimentaire, traversés par des intrusions magmatiques d'âge précambrien. Des formations phanérozoïques se reposants en discordances sur les socles cristallophylliens (Boudjemaa. 1987).

biseautage dans sa partie Nord. La surrection du môle d'Ahara entraînant un basculement vers le Nord constituant de se faits une limite paléogéographique entre le bassin d'Ilizi et le bassin de Berkine (**Tableau II.1**). La discordance calédonienne située à la limite du Silurien-Dévonien est le témoin de l'érosion importante couronnant le bassin d'Ilizi selon (S. Latrach, 1982).

6-4-2-2- Les mouvements du Paléozoïque supérieur

Dans le bassin d'Ilizi, les mouvements du Paléozoïque supérieur se resument comme suit:

➤ **Mouvements du Dévonien inférieur**

L'ouverture océanique d'âge Gédinien-Siégenien (Boudjemaa, 1987) est accompagnée d'une transgression marine d'âge Emsien recouvrant entièrement le môle de Tihemboka et partiellement le môle d'Ahara. Ces mouvements distensifs ont provoqués le basculement du bassin d'Ilizi vers le Sud.

➤ **Mouvements post-Famenniens**

Une lacune de non dépôt a été enregistrée par (Attar et al, 1980) correspond à la discordance de base du Carbonifère.

➤ **Mouvements du Carbonifère**

Ils comprennent les phases de distension et de compression, qui sont:

- **La phase N040-Touranaisien- Viséen inférieur**

C'est une phase compressive (**Tableau I.1**) ayant créée des structures NW-SE le long des accidents subméridiens, et des plis en échelonnent (M.S.Skender et M.Arab, 1996)

- **La phase N120 - Hercynienne principale (permien)**

C'est une phase compressive d'orientation NW - SE (**Tableau II.1**), qui a engendré de nouvelles grandes structures NE-SW le long de grands accidents du socle. Les empreintes de cette phase sont visibles au niveau des structures d'Assekaifaf.

6-4-3-Les Mouvements Méso-cénozoïques

Au cours de cette période on distingue les phases tectoniques suivantes :

3-3-Le paléozoïque

Représenté par les formations fortement érodées par le cycle hercynien, elles ne représentent que 2000m d'épaisseur Nord-Ouest du bassin, et au Sud-Est les épaisseurs sont moins importantes, de la base vers le sommet on distingue (**Fig. II.6**).

3-3-1- Cambrien : Résultant de l'empilement de deux unités, à savoir (**Fig. II.5**) :

- ✓ **Unité .1** : (conglomérat d'El Mougara), épaisse de 300m dans le môle d'Amguide El Biod, ces conglomérats sont caractérisés par un ciment argileux et des galets de quartz roulés à éléments de quartzites, qui sont formés à la suite du démantèlement de la chaîne panafricaine.
- ✓ **Unité .2** : (des gris de Tin-Taradjelli), épaisse de 200 à 300m, Les dépôts de base sont essentiellement des grès moyens à grossiers à stratifications obliques avec quelques graviers et galets de quartz. La partie supérieure de cette unité est représentée par des grès fins à ciment siliceux et épaisse de plusieurs mètres avec des intercalations de minces bancs argilo-Silteux ; Ces bancs montrent des traces de bioturbation. Cette série se biseaute vers le Nord au niveau du môle d'Ahrar, où le Cambrien est caractérisé par des dépôts grossiers sédimentés dans un milieu fluviatile en tresse ([Beuf et al, 1971](#), in [S.Latreche, 1982](#)).

3-3-2-Ordovicien : A l'échelle du bassin d'Illizi, l'Ordovicien est subdivisé en quatre unités (**Fig. II.6**) ([Beuf, S. 1971](#)).

- ✓ **Unité .3.1** : formation des Ajjers constituée par un membre de grès de viré de mouflon (400 m d'épaisseur) d'âge Trémadocien, se sont des grès fins à stratifications entrecroisées à passes argilo-silteuses.
- ✓ **Unité.3.2** : Les grès de la banquette (50m d'épaisseur) d'âge Arénigien inférieur, ce sont des grès quartzitiques montrant également des Tigillites le long de la formation.
- ✓ **Unité.3.3** : la formation d'In Tahouite d'âge Arénigien supérieur-Liaudovirien et du Liandiellien, c'est un complexe argilo-gréseux à Tigillites
- ✓ **Unité .4** : Son épaisseur est de 100 à 300 mètres en moyenne. Elle est composée de grès et d'argiles d'origine glaciaire. Cette formation repose en discordance sur l'unité 3-3 ; elle comprend :

- ❖ **L'unité.4.1** : qui est une série de comblement des paléotopographies façonnées par l'avancement des glaciers est constituée de dépôts variés, argilo-gréseux et des micro-conglomératiques.

- ❖ **L'unité.4.2** : appelée dalle terminale, elle est essentiellement gréseuse.

3-3-3-Silurien : Il est caractérisé par une sédimentation marine essentiellement argileuses. Il comprend les formations suivantes (**Fig. II.5**) (**Chaouche.1992**) :

- **La formation d'Oued Imerhou** : d'âge Landoverly-Wenlok, formée d'argiles noir à Graptolithes, avec quelque rares intercalation silteuses. Elle caractérisées par une série condensée, appelée argiles radioactive, très fossilifères et très riche en matière organique.

- **La formation de l'Atafaitafa** : d'âge Ludlow, elle constitue une zone de passage entre le Silurien et le Dévonien, et comprend les deux unités ci-dessous :

- ❖ **L'unité M1** : à la base, constituée d'argiles silteuses, indurée avec quelque passage carbonaté.

- ❖ **L'unité M2** : au sommet, formée essentiellement d'argiles silteuses avec des passées de grès.

- **La formation d'Oued Tiferinine** : d'âge Ludlowien, elle comprend de base en haut les unités suivantes :

- ❖ **Barre inférieure (unité A)** : constituée de grès fins à moyen, à stratifications obliques.

- ❖ **Talus à Tigillites (unité B)** : formée d'alternances d'argiles silteuses et de grès fins argileuses, associés à des terriers.

3-3-4-Dévonien : C'est le système le plus intéressant du point de vue pétrolier à cause de ses richesses en hydrocarbures. Le dévonien affleure dans le Tassili N'Ajjers, il est essentiellement argilo-gréseux et comprend deux grands ensembles (**Lamrani & Sam. 2016**) :

- ✓ **Le Dévonien inférieur** : caractérisé par une dominance gréseuse et refermant également quatre unités (**Fig. II.6**) :

- ❖ **Unité C1** : ou (la barre moyenne) d'âge Gédinien, épaisse de 40 à 50m composée de grès à grain fins à grossiers à stratifications obliques, discordante sur le talus à Tigillites.

- ❖ **Unité C2** : Appelé couramment (les trottoirs) d'âge Gédinien-Siéginien, épaisse de 20 à 40m , composé d'un complexe d'argiles ferrugineuses parfois oolithiques, et quelques lentilles du sable grossie.
- ❖ **Unité C3** : Ou (la barre supérieure) d'âge Siéginien, épaisse de 80 à 100m, composée de grés fins à grossiers rarement conglomératiques.
Ces trois unités constituent la partie supérieure du réservoir F6.
- ❖ **La formation d'Orcine** : d'âge Emsien, englobe deux unités réservoirs F4 et F5, L'épaisseur de cette formation est de 80m, comporte une série argilo-gréseuse avec la présence d'oolithes ferrifères.
- ✓ **Le Dévonien moyen et supérieur** : Elle comprend deux membres :
 - ❖ **Membre 1** : de Tin-Miras d'âge Efelien-Givetien, épaisse de 110m, il renferme les premiers bancs calcaires à Ostracodes des séries paléozoïques du bassin d'Illizi.
 - ❖ **Membre 2** : du djebel Illirène D'âge Strunien, épaisse de 150m, il est représenté par un complexe d'argilo-gréseux et carbonaté à la base, et gréseux au sommet et se termine par une discontinuité type hard ground (croute ferrugineuse).

3-3-5- Carbonifères : Les séries carbonifères s'étendent sur près de 700m d'Est en Ouest, suivant une structure monoclinale à pendage NNE très faible. Ces séries carbonifères débutent par des argiles suivies par des carbonates, elles-mêmes subdivisées en Cinq formations lithostratigraphiques (Attar & al. 1980) (Fig. II.5) :

- ❖ **Formation Hassi Issendjel** : d'âge Tournaisien-Viséen, épaisse de 400m, et constituée d'un ensemble argilo-gréseux à intercalation de mince niveau grésocalcaires.
- ❖ **Formation d'Assekaifaf** : d'âge Serpukovien-Bashkirien, épaisse de 100m à 200m, composée d'un complexe argilo carbonaté à la base et argilo-gréseux au sommet.
- ❖ **Formation d'Oued Oubarakt** : d'âge Bashkirien-Moscovien, épaisse de 200m, c'est une assise verdâtre à nombres intercalations gréseuse dans la plus importante est dénommée Grés de Tassili.
- ❖ **Formation d'El Aded Larache** : épaisse de 180m, la partie inférieure de cette formation est constituée d'une dalle calcaire riche en Brachiopodes et Foraminifères, des calcaires dolomitiques et Oolithiques riche en lumachelles et Brachiopodes.

❖ **Formation de Tigentourine** : Deux membres ont été définis :

- Le membre de Tigentourine inférieur : Il s'agit d'argile versicolore essentiellement illitique. L'épaisseur est de 75m à 150m.
- Le membre de Tigentourine supérieur : il est constitué par des grés et argiles rouges, devenant par fois kaolinitiques.

3-3-6- Permien : Le permien n'a pas été daté dans la province orientale dont le bassin d'Illizi. Cette lacune peut correspondre à une période de non dépôt ou d'érosion, à cause des mouvements hercyniens.

3-4- Mésozoïque : Les terrains mésozoïques sont transgressifs et reposent en discordance sur les terrains paléozoïques, on les désigne par le vocable Continental intercalaire, avec une épaisseur pouvant atteindre les 1000m. Ils sont composés essentiellement de dépôts marins évaporites et fluvio-deltaïques argilo-gréseux. (Lamrani et Sam 2016) (Fig. II.6).

3-4-1- Trias et Jurassique : Epais de 120m, il est représenté par la série grés argileuse de Zarzaitine inférieur (Fig. II.4) .Selon (Nedjari et al 2010), la coupe de référence dite de <la reculée >, montre des terrains essentiellement argilo-gréseux désignés sous l'application de « serie de Zarzaitine » (Lehman, 1957), mais seule à la partie basale dite « Zarzaitine inférieur » qui est attribuée au Trias. De nombreuses études ont permis la récolte des restes fossilifères et l'élaboration d'une coupe stratigraphique détaillée (Busson, 1972). Les datations basées sur l'étude des pollens par (Achab, 1970) ont fait révélées l'existence de deux termes importants séparés par une intercalation d'argiles intermédiaire. Au-dessus de la série de Zarzaitine, d'âge probable Trias supérieur (Boudjema, 1987), repose la série de Taourartine argilo-sableuse, qui possède une flore à Wetchsella du Jurassique (Fabre, 2005).

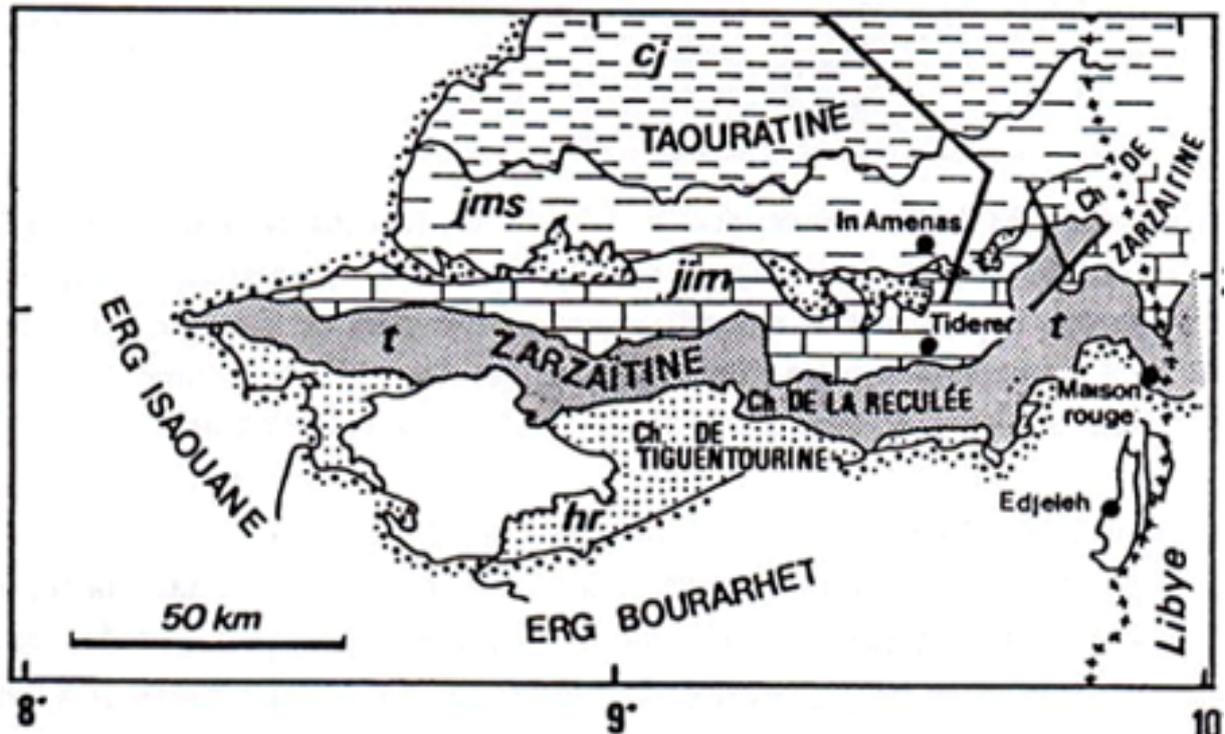


Figure. II.4 : Esquisse géologique simplifiée de la région de Zarzaitine – Taouratine au sud-est de la Hamada de Tinhert (d'après Busson, 1972).

3-4-2- Crétacé : Le crétacé débute par le Néocomien et se termine par la série carbonatée du Sénonien, il est formé d'alternances d'argiles, de grès, de dolomies et de calcaires avec quelques passages évaporitiques, et il devient essentiellement carbonaté vers le sommet (Hasrouri et Mokhbi 2017) (Fig, II.8).

3-5- Cénozoïque

3-5-1- Mio-Pliocène : Il est constitué de sables rouge et blancs, à grains moyens à grossiers, arrondis, bien classés avec des passées de grès beiges et blancs, à grains fins, arrondis, à ciment carbonaté. Notons également la présence d'argiles rouge brique sableuses (Fig, II.6).

3--5-2- Quaternaire : Il est représenté généralement par les sables (Fig, II.5).

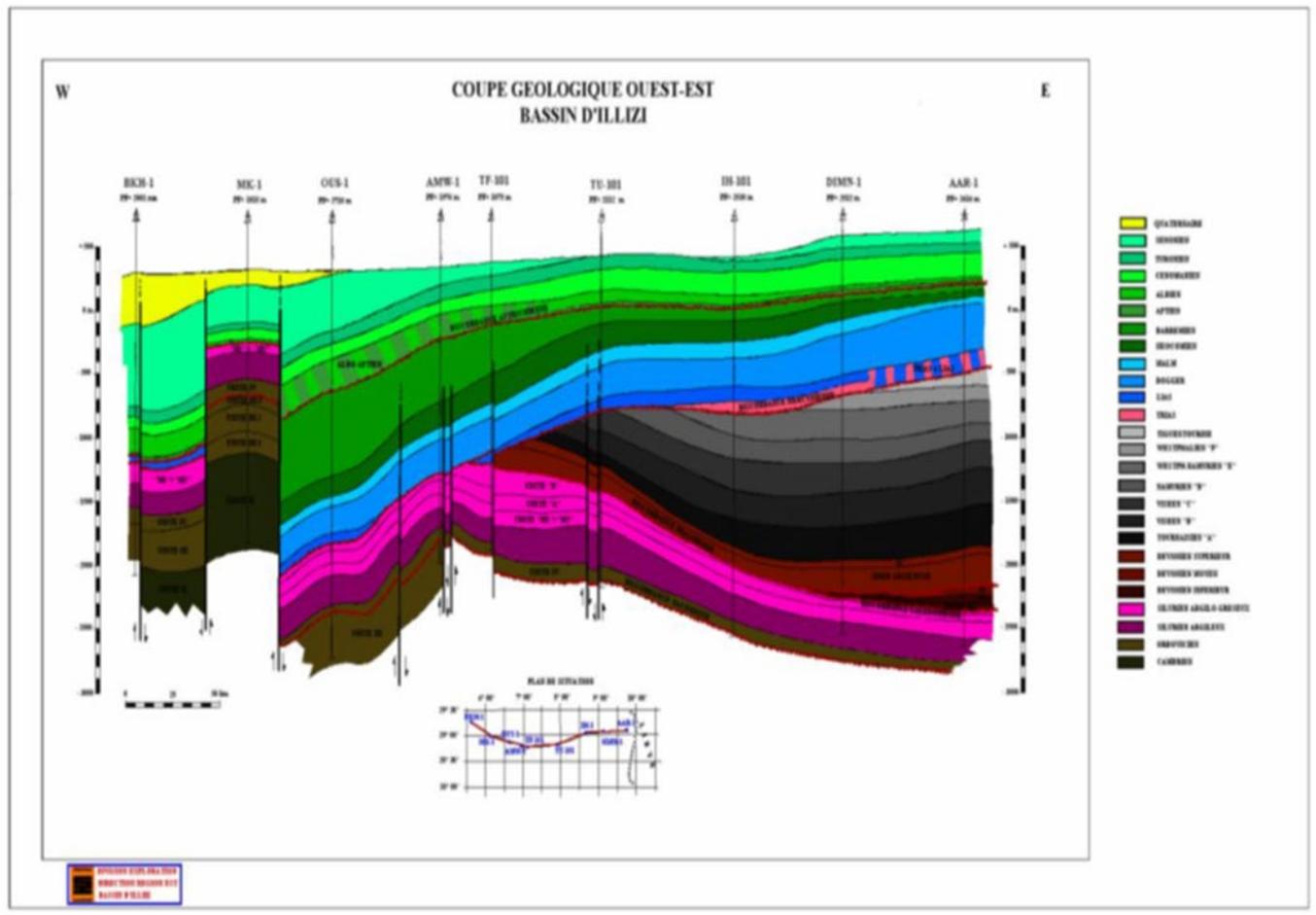


Figure. II. 5 : Coupe géologique Ouest-Est du bassin d'Illizi (Sonatrach ,1995).

NAMES	ON SECTION	AGE		
Hamada		TERTIARY - RECENT		
Aleg Abiod	SENONIAN	CRETACEOUS		
	TURONIAN			
Argille A Gypses	CENOMANIAN			
Upper Taouratine	ALBIAN			
Middle Taouratine	APTIAN			
Lower Taouratine	BARREMIAN	"AUSTRIAN" UNCONFORMITY		
	NECOMANIAN			
	MALM			
Upper Zarzaitine Middle Zarzaitine	DOGGER	JURASSIC		
	LIAS			
Lower Zarzaitine	TRIAS	TRIASSIC		
		HERCYNIAN UNCONFORMITY		
	TIGUENTOURINE	CARBONIFEROUS	STEPHANIAN	
	F		NAMURIAN-WESTPHALIAN	
	E			
	D			
	C		NAMURIAN	
	B		VISEAN	
	A		VISEAN	
	F2	TOURNAISIAN		
	F4	DEVONIAN		
	C3			
	C2			
	C1			
F6	B2	SILURIAN		
	B1			
	A			
	M2			
	M1			
Tannezuft	GOTHLANDIAN			
MKratra / Mazoula	IV-3	ORDOVICIAN		
Argilles Microconglomeratiques	III-2a			
Oued Saret-Azzel-Ouagarla	III-3			
Hamra	III-2			
Atchane-El Gassi - Alternances	III-1			
	II	CAMBRIAN		
	BASEMENT			

Figure. II.6 : Colonne stratigraphique synthétique du bassin d'Ilizi (BHP Petroleum (Algérie) Inc, November 1998)

4-Cadre paléogéographique

Le bassin d'Illizi est caractérisé par la juxtaposition de plusieurs aires paléogéographiques au cours des temps géologiques, il s'agit d'une succession des milieux fluvial, deltaïque, marins, et glaciaire. (Belkacemi. A 2003).

4-1- Paléozoïque

- **Cambrien** : Il est constitué par des ensembles gréseux qui appartiennent à des réseaux fluviaux en tresses qui sont déposés sur la surface infratassilienne.
- **Ordovicien** : Au cours de cette époque se régnait une mer peu profonde installée après la transgression tremadocienne. La fin de l'Ordovicien est connue par l'installation d'une calotte glaciaire.
- **Silurien** : Une transgression diachronique à la glacio-eustatique généralisée au cours du Silurien. Elle est précoce au Sud-Est et tardive au Nord-Ouest. La fin de silurien est ponctuée par des mouvements épirogéniques calédoniens.
- **Dévonien** : La sédimentation de Dévonien inférieur est le deuxième épandage fluvial du Paléozoïque inférieur sur la plate-forme saharienne. Au Dévonien supérieur se manifeste une transgression marine, donc la sédimentation est franchement marine.
- **Carbonifère** : La sédimentation est de type argilo-gréseuse, elle s'installe au début du Tournaisien.

4-2- Mésozoïque

Le Mésozoïque repose en discordance sur le Paléozoïque, il est plus développé au Nord ou l'épaisseur peut atteindre 100m, forme essentiellement de dépôts marins évaporitiques et fluvio-deltaïques (grès, barres de dolomie calcaires, et argiles versicolores) qui vont de Trias au Sénonien.

4-3-Cénozoïque

Le Cénozoïque est marqué par une sédimentation détritique qui se met en place lors d'une régression généralisée sur toute la plate-forme saharienne.

5-Conclusion

Le Bassin d'Illizi appartient à la plate-forme saharienne, il est constitué un Bassin stable. Son histoire géologique débute au Paléozoïque jusqu'à Cénozoïque dans laquelle a connu des épisodes importants de sédimentations on donne naissance à une épaisse couverture sédimentaire du différents faciès tout dépend des conditions de dépôts.

6- Aperçu structural

6-1- Introduction

L'histoire géologique du Bassin d'Illizi est similaire à celle des bassins de la plate forme saharienne, qui est elle-même liée à l'évolution du socle panafricain qu'elle recouvre. La stabilité de celui-ci a été acquise depuis l'orogénèse Panafricaine (Fabre, 1988 ; Zeigler, 1988 ; Scotese et Mckerrow, 1990 ; Trompette, 1995).

6-2- L'évolution structurale du bassin d'Illizi

Le bassin d'Illizi est constitué d'éléments géotectoniques à grand rayon de courbure (bombement de Tin Fouyé, haut fond de Tihemboka, Monoclinal d'Illizi). Il est divisé en une succession de dépressions ou de sillons par une série d'axes majeurs qui sont d'Ouest en Est :

- L'axe d'Amguid El Biod qui forme la bordure occidentale du bassin et qui le sépare du bassin de Mouydir à l'Ouest.
- L'axe de Tan Elak.
- L'axe d'Essaoui Méllene.
- L'axe passant par Maouar Tin Tayart.
- L'axe de Fadnoun.
- L'axe de la Tihemboka.

6-3- Les principaux éléments structuraux

Les principaux éléments structuraux du bassin d'Illizi sont représentés par :

- Le bombement de Tin Fouyé Tabenkourt : Il correspond à une zone haute orientée Nord-Sud.
- Le haut fond de Tihemboka : grand axe structural orienté Nord-Sud, affecté par un important accident méridien.
- Le monoclinal d'Illizi : qui sépare les deux zones hautes de Tin Fouyé Tabenkourt et de Tihemboka.
- L'axe de Fadnoun, limite le môle de Tihemboka de la dépression centrale d'Illizi : Il s'agit d'une ancienne faille majeure d'orientation NNE.
- Le môle d'Ahara : ancienne zone haute constituant la limite septentrionale du bassin d'Illizi.

6-4- Les principaux événements tectoniques affectant le bassin d'Illizi

Les principaux événements tectoniques qui ont affectés le bassin d'Illizi sont (**Tableau II.1**) :

6-4-1- Tectonique précambrienne

La tectonique précambrienne est liée particulièrement à la phase panafricaine et caractérisée par des accidents sub-méridiens verticaux soulignés par des décrochements dont le rejet est horizontal, ils sont au moins d'âge Panafricain tardif (**Fig. II.11**). Les accidents sub-méridiens sont décalés par un réseau de failles nord-Est, Sud-Ouest (décalage dextre) et Nord-Ouest, Sud-Est (décalage sénestre) résultant d'une contrainte compressive horizontal Est-Ouest. La formation de réseau de failles est dû au poinçonnement entre deux boucliers, le socle (**fig. II.11**) et jouent un rôle important durant les périodes ultérieures, de la structuration et la sédimentation de la plate-forme saharienne. ([Belgacemi A 2003](#)).

6-4-2- Les mouvements paléozoïques

L'histoire du Bassin d'Illizi au paléozoïque est liée à celle de l'Afrique du Nord, ([J. Fabre, 1988](#). In [Nedjari, 1992](#)).

6-4-2-1- Les mouvements du Paléozoïque inférieur

La tectonique paléozoïque est à l'origine d'un jeu des accidents profondément enraciné dans le socle, Celle-ci elle s'est contentée seulement de donner une esquisse plus ou moins prononcée des futurs bassins sédimentaires de la plate-forme saharienne.

➤ Cambrien

Selon ([Fabre 1988](#)), les premières mouvements après la collision de craton ouest Africain et le néocraton Africain, se manifeste le mouvement de la surrection et à la démolition des chaînes Panafricaines et au dépôt de leurs mollasses. Cette phase se termine par la pénéplanation sur laquelle se déposent les premiers sédiments épicrotoniques (**Tableau II.1**).

➤ Au silurien supérieur

Les mouvements du Silurien supérieur correspondent aux mouvements annonciateurs du cycle calédonien débute par un basculement de la dalle saharienne vers le NNW accompagné de l'inclinaison du bassin d'Illizi dans la même direction en provoquant ainsi , La surrection exagérée du môle de Tihemboka par le jeu de l'accident du Fadnoun matérialisé par un

➤ **La phase Trias-Jurassique**

L'ouverture de l'Atlantique central et l'étirement de la dalle saharienne due à la dislocation de la Pangée permienne provoquant ainsi une distension Nord-Ouest, Sud- Est (**Tableau II.1**). Le jeu des accidents en failles normales provoque par conséquent le basculement de dalle saharienne vers Nord suivie, d'une subsidence continue et importante due à une importante charge sédimentaire de type marin ([Belkacemi, A. 2003](#)).

➤ **Les phases Crétacé inférieur**

Au cours du Crétacé inférieur, des soulèvements importants ont donné des nouvelles structures dans le bassin d'Illizi, qui sont (**Tableau II.1**) :

- Un soulèvement exagéré du môle de Tihemboka
- Une surface érosive importante à la fin de cette phase tectonique (à l'Ouest de bassin d'Illizi).

➤ **Phase N090- Autrichienne d'âge Crétacé moyen**

Les effets de cette phase sur les séries anté-crétacé moyen est la formation de grandes structures et/ou l'accentuation des structures préexistantes en décrochements senestres pour celles orientés WNW-ESE et dextres pour celles orientés NNE-SSW (**Tableau II.1**), cette phase a contribué à la formation en grande partie les pièges pétroliers. ([M.S.Skender et M.Arab, 1996](#)).

➤ **La phase N160-Atlasique d'âge éocène moyen**

Elle a créé des structures souples et simples et/ou des structures associées à des failles inverses, de direction N070 environ, l'influence de cette phase sur les grandes structures méridiennes préexistantes se traduira par une modification géométrique de celle-ci. Les accidents méridiens (accidents du socle), ont joué en décrochement senestres avec des plis en échelons au niveau de la couverture Crétacé. ([M.S.Skender et M.Arab, 1996](#)).

➤ **La phase W50-W60 d'âge Oligocène : (Tableau I.1)**

Son influence sur l'ensemble de la série se traduira par :

- la formation des plis amples le long d'accidents NW-SE.
- Des mouvements dextres des grands accidents Sub-méridiens.
- La reprise des grandes structures déjà formées par la phase atlasique.

PERIODE MAX D'ACTIVITE	DIRECTION DE LA CONTRAINTE	EFFET SUR LE SYSTEME DE FAILLES	EFFET SUR LA SEDIMENTATION
PANAFRICAINNE	E-W 	Tectonique cassante créant des failles et des fractures conjuguées NW-SE&NE-SW	Compartimentage du craton du Sahara central.
CAMBROORDOVICIENNE	NW-SE 	Mouvement normal le long des failles N-S.	Les variations de l'épaisseur sont contrôlées par des failles. Basculement NW de la plate-forme saharienne. Volcanisme.
TACONIQUE (Caradoc-Ashgilien)	E-W 	Mouvement inverse le long des failles N-S résultant. Formation des structures N-S	Soulèvement des boucliers Reguibat et Touareg.
CALEDONIENNE (Siluro-Dévonien)	E-W 	Mouvement inverse ou décrochant le long des failles NS	Erosion le long des zones hautes d'orientation N-S&E-W (Tihemboka, Ahara)
FRASNIEN	NW-SE 	Mouvement normal le long des failles NE-SW.	Non-dépôt et érosion locale (mole d'Ahara). Volcanisme.
VISEEN (Hercynienne précoce)	N40° 	Mouvement inverse ou décrochant le long des failles NS. Début de formation de la chaîne varisque.	Erosion de Tihemboka et soulèvement de l'Ougarta.
CARBONIFERE SUP. A PERMIEN (Hercynienne principale)	N120° 	Mouvement inverse ou décrochant le long des failles NE-SW (résultant de la formation de la pangée).	Erosion sur les axes NE-SW.
RIFTING TRIAS-LIAS (dislocation de la pangée)	NW-SE 	Réaction des failles NE-SW se terminant au TAGS et S4	Contrôle de la sédimentation par des failles entraînant une variation rapide d'épaisseur le long des failles NE-SW
CRETACE INFERIEUR (Autrichienne)	E-W 	Réaction des décrochements des failles N-S&NE-SW résultant du mouvement différentiel de la plaque européenne et de la plaque africaine	Erosion des sédiments du Crétacé sous l'Aptien (l'arche d'Al biad & Illizi), effet léger sur le bassin de Berkine.
EOCENE (pyrénéenne)	N-S&NW-SE 	Début de chevauchement au Nord résultant de la convergence de la plaque Africaine avec la plaque Européenne. Décrochement de la faille SudAtlas.	
MIOCENE	NW-SE&N-S 	Episode de compression majeur dans le domaine atlasique.	Sédimentation prédominante de flyshs au Nord.
POSTVILLAFRANCHIENNE	N-S 	Basculement et inversion deblocs. Période finale de compression dans le domaine atlasique. Evénement majeur de collision.	Soulèvement du Hoggar. Basculement du bloc d'El Borma

Tableau. II 1 : Les phases tectoniques affectant la Plate-Forme Saharienne. (Boudjemaa 1987)

7-Conclusion

Le Bassin d'Illizi a connu une activité tectonique importante durant son évolution depuis son ouverture au Cambrien jusqu'au Cénozoïque. Plusieurs phases tectoniques ont été enregistrées et se sont traduites par différents types de déformations où les structures sont plus ou moins de la même direction que les accidents du substratum.

Ces différentes phases tectoniques, compressives et distensives, influencent la sédimentation dans le bassin (nature des sédiments, les discontinuités, voire les discordances).

8- Evolution géodynamique

La géodynamique du Bassin est liée particulièrement à la phase panafricaine, et leur 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 sur la sédimentation et la structuration du Bassin sont :

8-1-La période précambrienne

Cette phase affecte le socle protérozoïque, elle est caractérisée par des mouvements compressifs donnant des structures tectoniques d'une direction sub-méridienne et formation des chaînes panafricaines. (Caby, R. 1972).

8-2-La période cambro-ordovicien

Cet intervalle vient après l'orogénèse panafricaine, le Cambrien et connu par plusieurs phases d'érosion qui a abouti à la formation d'une surface plane légèrement inclinée vers le Nord, et une sédimentation continentale dans laquelle il existe des affinités du socle (Beuf, S et al. 1971). L'Ordovicien a enregistré des mouvements distensifs avec une subsidence forte, provoquant des instabilités tectoniques et eustatiques qui va favoriser un changement dans la sédimentation vers des faciès marins (Hanniche, M. 2002). La fin de l'Ordovicien est connue par sa stabilité tectonique et une glaciation.

8-3-La période silurienne

Début par la fonte des glaciers sous un climat chaud qui va conduire à une transgression glacio-eustatique d'âge Arenigien supérieur et l'approfondissement du Bassin, et la sédimentation devient pélagique (silts et argiles) qui sont en discordance sur les séries sous-jacentes (Boudjemaa, 1987).

Au Silurien moyen (wenlockien) le Bassin a été affecté par une forte subsidence qui va provoquer des basculements et la migration des dépôts du Sud vers le Nord, et une sédimentation parfois marine carbonatée et parfois détritique (Beuf, S et al. 1971), aussi cette période est marquée par le début de la surrection du Môle de Tihembouka (Boudjemaa. 1987).

A la fin du Silurien, la subsidence est maintenue au Nord et à l'Ouest, et surrection au Sud et à l'Est (émersion du Môle de Tihembouka) conduisant ainsi que la réduction spatiale du Bassin (Abizar, J et Aoudjehou, A. 2016).

8-4- La période Dévonienne

Pendant cette période, le bassin a connu un changement tectono-sédimentaire lié aux jeux de failles sub-méridiennes et des structures pré-existantes en provoquant le basculement et le soulèvement du Môle d'Ahara. (Boudjemaa, 1987). Sur le plan sédimentaire les dépôts sont détritiques (argilo-gréseuse) avec des variations des épaisseurs, et de nombreuses surfaces d'érosion (discordance Francienne) (Hanniche, M. 2002). Cette phase se termine par une transgression d'âge Emsien qui a favorisé la subsidence sur l'axe de Fedonoune et Tihembouka (Beuf, S. 1971).

8-5-La période carbonifère

Le régime tectonique est compressif et va conduire à la surrection du Môle Amguidé El-Biod, et une sédimentation continentale.

8-6-La période permien

Le permien inférieur correspond à la principale phase de l'orogénèse hercynienne, durant cette période on a :

- la formation de la chaîne hercynienne dans le Nord-Ouest du bassin.
- l'individualisation de certaines structures dans la région du Zarzaitine.

Au permien supérieur le régime tectonique s'inverse et devient distensif qui va provoquer l'érosion de la chaîne hercynienne et forme la discordance hercynienne qui se localise dans la région Edjeleh (BEICP, SONATRACH. 1975).

8-7-L'ère mésozoïque

Le jurassique correspond à la dislocation de la Pangée permienne en provoquant la distension du Bassin d'Illizi. Elle se manifeste par :

- Le rejeu des accidents en failles normales, et le basculement de la dalle saharienne.
- La sédimentation de type marine qui se progresse vers le Sud-Est jusqu'à ce qu'elle devienne de type continentale à Zarzaitine. Cette dernière est soumise à une forte subsidence de charge.

Au Crétacé, le bassin est affecté par la phase Autrichienne qui est marquée par :

- La réactivation des failles pre-existantes.
- Le soulèvement du Môle de Tihembouka.
- Une succession de horst et graben ayant une orientation SSW-NNE.
- La formation de la plus part des pièges pétroliers.
- Une surface érosive importante au Crétacé supérieure (à l'Ouest du bassin d'Illizi).

8-8-L'ère Cénozoïque

La phase Atlasique à l'Eocène a provoqué :

- Des basculements dans la région d'Amguide El Biod
- Le rejeu des accidents subméridien en décrochements senestres
- La formation des plis en échelon.
- La sédimentation reste de type marin.

La fin de cette période est marquée par une surface érosive correspondant à la discordance Oligocène sur l'Eocene (Boudjema, 1987).

La phase Burdigalienne au Miocène a fait rejouer les accidents subméridiens en décrochements dextres et a donné des plis orientés Nord-Ouest / Sud-Est (Vila, 1980).

8-9-Conclusion

Le Bassin d'Illizi a connu une activité géodynamique importante durant son évolution depuis son ouverture au Cambrien jusqu'au Cénozoïque. Plusieurs phases tectonique ont été enregistrées et se sont traduites par différent types de déformations où les structures sont plus ou moins de la même direction que les accidents du substratum, qui va contrôler l'évolution sédimentaire du Bassin.

9- Gisement d'hydrocarbure. (Sonatrach/Schlumberger, 2007)

Le bassin d'Illizi avait fait l'objet de plusieurs campagnes d'exploration qui a débuté en 1956 avec la découverte d'Edjeleh. Depuis, pas moins de 413 puits d'exploration et 281 d'appréciation ont été forés, dans les plus importants systèmes pétroliers de cette région qui sont (Fig. II.7) :

-Réservoirs Cambro-Ordoviciens

- **L'Unité II** : est d'âge Cambrien, son épaisseur moyenne est de 250m, et est composée de dépôts fluvio-deltaïques.
- **L'Unité III-2** : Cette unité, appartenant à l'Ordovicien, est composée de grès quartzitiques, avec une épaisseur pouvant atteindre les 200m.
- **Les sous-unités IV-3 et IV-2**
Ce sont des réservoirs compacts, présentent des porosités de 5 à 15 % et sont productifs de gaz.

-Réservoir Siluro-Dévonien

- **Réservoir F6** : Ce méga-réservoir produit de l'huile et du gaz dans le bassin d'Illizi ; c'est un ensemble argilo-gréseux.
- **Réservoirs F5 et F4** : Ces réservoirs font partie d'une série argilo-gréseuse d'âge Dévonien moyen qui s'est déposée dans un réseau fluvial méandrique. L'épaisseur de cette série est de 40 à 50m avec de bonnes propriétés pétro-physiques.

-Réservoir Dévonien supérieur

- **Réservoir F3** : Ce réservoir est constitué de barres tidales d'épaisseur de 0 à 30m. Il présente 10 à 15 % de porosité.
- **Réservoir F2** : Ce réservoir comporte des niveaux gréseux dont l'épaisseur est généralement inférieure à 5m mais peut atteindre localement 15 à 20m.

-Réservoir Carbonifère

Les niveaux réservoirs du Carbonifère sont constitués de lentilles gréseuses. Ces niveaux réservoirs ne dépassent pas les 30m et leurs propriétés pétro-physiques sont faibles à moyennes.

-Réservoir Trias Argilo-Gréseux supérieur

Dans le bassin d'illizi, le seul réservoir triasique présent est le Trias Argileux Gréseux Supérieur, il possède une bonne porosité primaire, une granulométrie grossière et une argilosité assez faible.

10-Conclusion

Le bassin d'illizi comporte plusieurs réservoirs avec des quantités considérables en hydrocarbures, ce qui a suscité son exploitation depuis 1956.

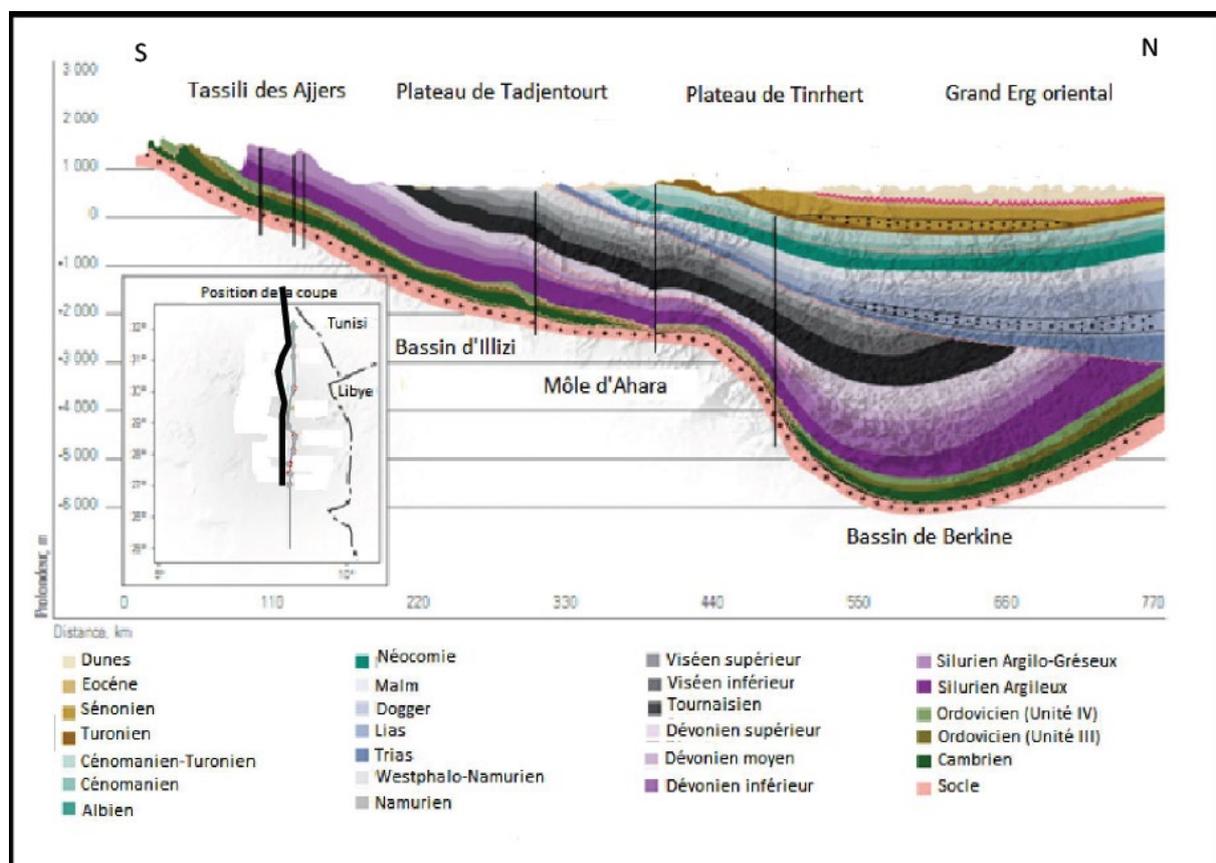


Figure . II.7 : Coupe Nord-Sude du bassin d'illizi (Algérie WEC, 2007)

11- Historique des travaux

Les premiers travaux de recherche pétrolière en Algérie remontent au début du XXème siècle, avec les géologues explorateurs français, Kilian (1922) ou Italiens, Desio (1936) et Rossi (1939). Ces précurseurs établirent les bases de la connaissance du bassin d'illizi et de Berkine. Les études importantes n'ont cependant débuté qu'après la seconde guerre mondiale vers 1946

et surtout après que les compagnies pétrolières et les premières découvertes de 1956-1958 dans le bassin d'Illizi (Edjeleh, Zarzaitine) amenèrent l'intensification des travaux d'exploration par les sociétés : CREPS, CEP, SNPA, SNREPAL, ce qui a joué un rôle décisif dans l'étude de ces régions dont l'accès est difficile et abouti à une analyse plus précise des formations.

Depuis, une accumulation considérable de données et le développement de méthodes de plus en plus sophistiquées furent progresser les connaissances géologiques sur ce bassins, parmi les publications qui témoignent de cet effort, nous citons celles de Freulon (1964), Dubois (1960), Legrand (1967-1969), Fabre (1968-1976), Beuf et al (1962-1971), Tissot et al (1971-1975), Chiarli(1973), Bousson (1970), Attar et al (1980), Boumendjel (1987), Boudjemaa (1987-1998) Asses (1987), Tatherist (1990), Chaouche (1992)...ect.

Il faut également ajouter les nombreux rapports internes et documents de travail établis à l'entreprise Sonatrach de 1971 à nos jours, les diverses communications aux séminaires sur l'exploration pétrolière en Algérie et les études de synthèses réalisées par la Sonatrach et par les différentes bureaux d'études (BEICIP de 1974 à 1986).

Sur le plan technique, l'incidence des conditions de surface sur le déroulement de l'exploration a eu pour résultats l'inégale répartition de la densité des données due au nombre nettement inférieure de forage dans les zones ennoyées sous les dunes au regard de celles qui sont plus accessibles. Ainsi la connaissance de cette région s'est opérée essentiellement par sismique réflexion en réflexion. La nature des recouvrements superficiels a également une grande incidence sur la nature des informations sismique, celle-ci restant nettement meilleures dans les zones de plateaux que dans les régions dunaires. L'intense activité d'exploration de subsurface dans ce bassin et l'existence de vastes affleurements de la série Paléozoïque dans les Tassilis ont permis une meilleur connaissance du sous-sol et ont contribué de manière efficace à de nombreuses découvertes.

Au cours de la première étape de l'exploration dans le bassin d'Illizi, portant sur les structures les plus accusées, furent découvrir les champs de Tin-Fouyé, Hassi Mazoula, Ohanet, Guelata,...etc. La découverte d'huile de Tin Fouyé-Tabankort liée à un piège fermé par hydrodynamisme, la présence d'huile dans l'Ordovicien supérieure à Irlalène-Ouest, les accumulations d'huile trouvées dans le Dévonien sur des structures de faible fermeture comme celle de Stah ou Mereksen marquent le début d'une seconde période de l'exploration dans le bassin d'Illizi. On dispose actuellement d'une masse énorme de renseignements issus des études sismiques, carottes et de plus en plus des analyses géochimiques.

Le bassin d'Illizi n'a pas fait l'objet non plus de travaux de forage importants depuis 1970 puisque le nombre de puits d'exploration a rarement dépassé 3 ou 4, tous implantés sur des pièges structuraux.

Enfin, les récentes découvertes de l'Association Sonatrach-Repsol en 1993 semblent plutôt indiquer et peut-être annoncer une nouvelle période au cours de laquelle des découvertes dépassant les 50 millions de mètres cubes en place sont encore possibles grâce surtout à l'introduction de nouvelles techniques (sismique et études intégrées).

CHAPITRE : III
ETUDE
PETROGRAPHIQUE,
MINERALOGIQUE
ET
DIAGENESE

**I- ETUDE
PETROGRAPHIQUE
ET
MINERALOGIQUE**

1-Introduction

La présente étude s'inscrit dans le cadre du projet « Évaluation du potentiel pétrolier du réservoir Ordovicien Supérieur Unité IV de la région Issaouane ». Ce travail est basé sur l'étude microscopique qui consiste, les analyse pétrographique et minéralogique des puits ISW-3, ISB-3, ISB-4 et ISB-5 implantés dans la région Sud-Est du Bassin d'Illizi (**Fig III.1**). Cette étude est basée sur l'analyse des lames minces confectionnées à partir des carottes. Pour l'objectif est de déterminer les constituants pétrographiques et les caractérisations pétrographiques et minéralogiques :

- La déterminer la granulométrie.
- L'appréciation du classement et de la morphoscopie des grains de quartz.
- L'évaluation en pourcentage des différents constituants (ciments et éléments figurés).
- La détermination de la texture et le nom de la roche.
- L'identification des phénomènes diagénétiques.
- La caractérisation du réseau poreux.

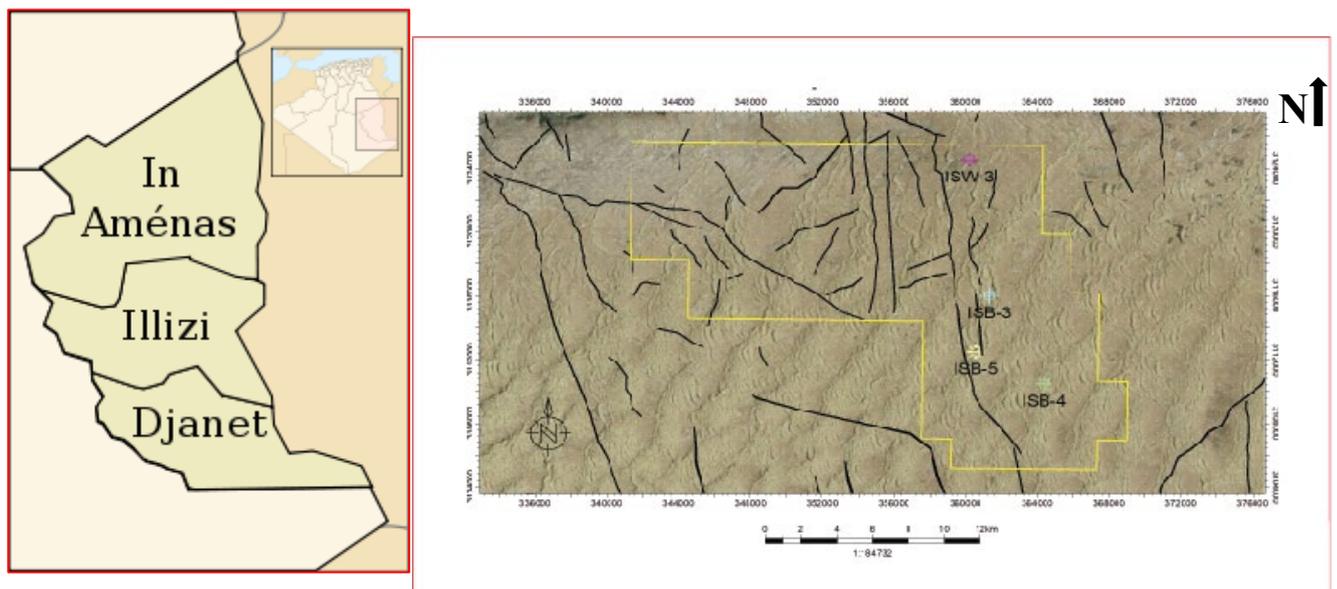


Figure. III.1 : Plan de position des puits étudiés (Document PED/AST-SUD).

2-Méthodologie

L'étude pétrographique est basée sur l'observation au microscope optique polarisant de 52 lames minces, prélevée sur quatre sondages ISW-3(10), ISB-3(18), ISB-4(14) et ISB-

5(10) (**Tableau 2**), en lumière polarisée, naturelle et réfléchie. Pour faire une description microscopique détaillée, au cours de l'analyse des plaques minces, nous avons procédé à :

- Le diamètre moyen et maximal des grains de quartz, leur classement et leur morphoscopie.
- les types de contact entre les grains et leur fréquence.
- La détermination qualitative et quantitative des constituants majeurs et mineurs ainsi que les différents ciments.
- Les différents types de réseaux poreux et leur proportion. (**Annexe 1 les tableaux 1 à 4**)
- Les différents types d'argiles et leur proportion.
- La mise en évidence des phénomènes diagenétiques et leur ordre chronologique.

Les photos ont été prises en lumière polarisée (LP) et en lumière naturelle (LN) pour illustrer les minéraux qui constituent la roche, ainsi que, la porosité lorsqu'elle est présente. La lumière réfléchie (LR) a été utilisée pour identifier les minéraux isotropes.

Puits	Nombre des lames minces
ISW-3	10
ISB-3	18
ISB-4	14
ISW-5	10
Total	52

Tableau 2 : Montre le nombre des lames minces étudié pour chaque puits

Les analyses minéralogiques aux rayons x, les quarts puits ont été analysés par diffractométrie aux rayons X afin de déterminer les minéraux essentiels de la roche, de connaître la nature des minéraux argileux (Illite, Kaolinite et Chlorite) ainsi que la quantité approximative, sur la base de 25 analyses par diffractomètre aux rayons X (**tableau 3**). (**anaxe 2 les tableaux 2 à 4**)

Puits	Nombre X (DRX)
ISW-3	5
ISB-3	8
ISB-4	10
ISB-5	2
Total	25

Tableau 3 : Montre le nombre des X (DRX) étudié pour chaque puits

3-Pétrographie du puits ISW-3

3-1-Les éléments figurés

➤ Les grains de quartz

L'observation au microscope polarisant des échenillions du puits ISW-3, montre que les grains de quartz constituante l'élément principal de ce puits atteignent les 84% dans la cote 2021,75m, carotte02, (**annexe 1 tableaux 1**). Sont généralement des grés fins à moyen à une distribution unimodale et parfois bimodale. Leur classement est mal à moyennement classé et leur morphologies est sub-anguleux à sub arrondi. Le diamètre du grain le plus grossier est de 975 μm , tandis que le plus petite est de 75 μm . Les contacts entre ces grains de quartz le plus savants droite à concavo-convexe, rarement suture et flottent. Ces contacts reflètent le degré de compaction de la roche (**Ph 01&02, Planche A**).

On note la présence de stylolithes dans la cote 2021.75m, carotte 02. Et le quartz craquelé dans la cote 2009.00m, carotte 01 (**Ph 03, Planche A**).

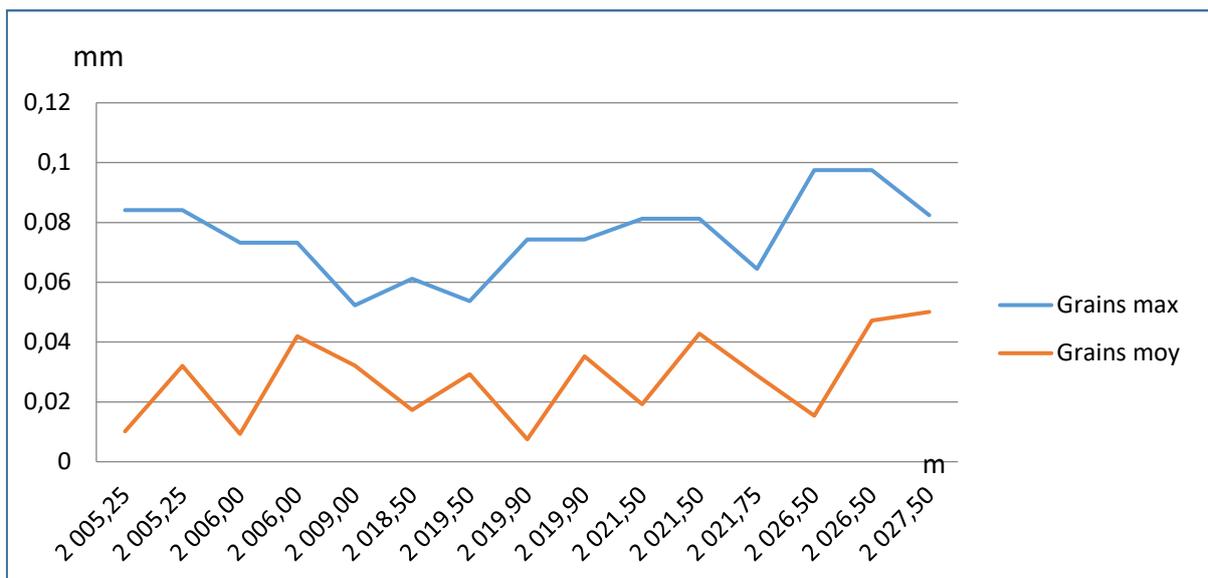


Figure III.2: Graphe granulométrique du puits ISW-3

➤ Les micas

Les micas sont représentés principalement par la muscovite, observée sous forme de petites paillettes fines et fourchues, montrant, en général, des biréfringences vives dans le vert, bleu et marron. Leurs teneurs oscillent généralement entre traces et 4% comme la plus grande valeur

dans la cote 2009.00m, carotte 04. La biotite se présente sous forme de lamelles, d'une manière discontinue, en très faibles quantités et souvent en voie d'altération en chlorite.

➤ **Les feldspaths**

Deux types de feldspaths sont observés qui sont généralement peu abondants dans presque toutes les lames minces étudiées. Ils sont présents avec des teneurs de 1%, mais elles peuvent atteindre la valeur exceptionnelle de 2% dans la cote 2021.50m, carotte 02. Ils sont représentés surtout par des plagioclases et parfois des feldspaths alcalins (**Ph 04, Planche A**), atteignant souvent des stades avancés d'altération et/ou de dissolution. Leur morphologie et leur diamètre sont sensiblement égaux à celles des grains de quartz détritiques.

➤ **Les minéraux lourds**

Suite à leur grande résistance aux altérations et aux transformations durant le transport et la sédimentation, seuls le zircon et l'élément le plus abondant (**Ph 05, Planche A**), et la tourmaline sont présents en tracs <1% dans certaine lames minces, sont observée sous forme de grains arrondis à ovoïdes de couleur brune, jaune et vert olive. Et on note la présence de leucoxene dans la cote 2019.90m carotte 02 en trace.

3-2-Liants (ciments et minéraux)

Sont des minéraux qui se sont formé in-situ, juste après le dépôt et durant l'enfouissement et la diagenèse. Ces minéraux peuvent se présenter comme ciment précipité dans les espaces intergranulaires et comme ils peuvent être le résultat de remplacement d'un minéral détritique. La précipitation du ciment est la conséquence de la sursaturation des fluides de réservoir en certains éléments chimiques. Elle est liée à la variation de la température, la pression, le PH et le chimisme des fluides interstitiels (intergranulaires)...etc.

➤ **les ciments argileux**

Les observations au microscope optique polarisant et les résultats d'analyses de diffraction des rayons X(DRX) indiquent que les faciès étudiés sont composés d'illite, de chlorite et d'interstratifiés (Illite/Montmorillonite), avec un taux qui varie de 1 à 13% dans la cote 2021.50m, carotte 02 (**annexe tableau N° 1**).

-L'illite est très répandue dans tous les lames minces de puits. Elle se présente sous deux habitus différents, soit sous forme d'un liseré autour des grains de quartz ou bien sous forme de remplissage total ou partiel des pores.

- La kaolinite est présente mais en faibles quantités voire rare (**Ph 06, Planche A**).
- La chlorite est difficile à détecter par microscope optique, généralement, elle s'observe en fines pellicules enrobant les grains de quartz de contours plus ou moins réguliers ou bien sur les bords des paillettes de muscovite, en voie d'altération.

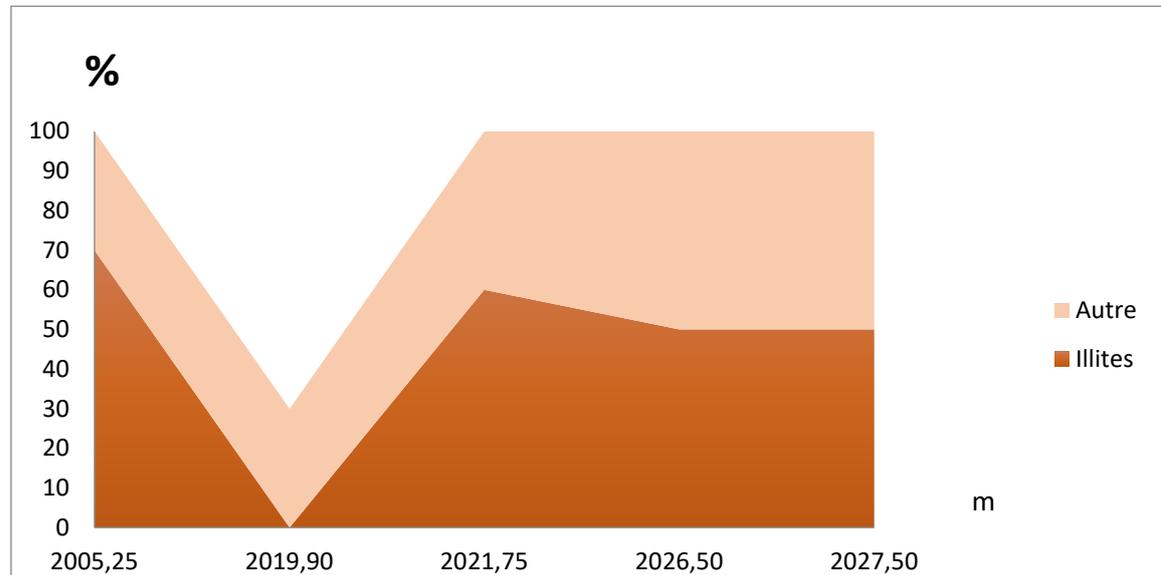


Figure. III.3: Graphe minéralogique des minéraux argileux du puits ISW-3 réalisé d'après tableau N°5(annexes1) des résultats de (DRX)

➤ Les ciments carbonatés

Les observations au microscope optique combinées avec les résultats des analyses par diffraction des rayons X ont montré que les carbonates constituent un ciment des grès étudiés. Ils sont représentés par la sidérite et accessoirement par la dolomite et la calcite. Leurs proportions sont variables entre 1 à 10% et (**annexe 1 tableau N°1**).

Le ciment sidéritique se présente soit sous forme de petites plages éparses ou disséminées et isolées post-dotant soit en larges plages occupant parfois tout l'espace intergranulaire.

La dolomite se présente, en général, sous forme de petites plages éparses ou disséminées dans les grès (**Ph 07, planche A**).

➤ Les ciments siliceux

Le ciment siliceux est développé durant les premiers stades de la diagenèse (Silicification précoce), la silice de nourrissage se dépose autour des grains de quartz et est caractérisée par des auréoles d'impuretés (**Ph 08, planche A**).

Le ciment siliceux est abondant et omniprésent dans tous les intervalles étudiés est représenté par la silice de nourrissage avec des proportions moyennes pouvant atteindre 9% dans la cote 2027.50m, carotte 02. Elle se présente sous forme d'auréoles de croissance en continuité optique répartie de façon inégale sur les bordures des grains détritiques et est souvent marquée par une ligne d'impuretés. On note que cette silice a subi une dissolution qui a généré une porosité secondaire.

➤ **L'oxyde de fer**

Observés au niveau de tous les lames du puits ISW-3 et leur présence est irrégulière et leurs proportions sont négligeables et varient de traces à 03%. Les oxydes de fer se présentent souvent sous forme d'impuretés soulignant les grains de quartz détritiques (**Ph 09, Planche A**), en pigmentations ou en association avec les carbonates et les argiles.

➤ **La pyrite**

La pyrite se localise dans les vides primaires intergranulaires, au dans les vides de dissolution et par fois au tour de la matière organique, on note leur présence dans la cote 2021.50m et 2027.50m, carotte 02.

➤ **L'anhydrite**

Exclusivement observée dans la cote 2019.90m, carotte 02 avec une proportion de 1% (**annexe tableau N° 1**). L'anhydrite s'est développée sous forme de concentrations localisées entre les grains de quartz. (**Ph 10(A&B), Planche A**).

➤ **Glaucanie**

Elle est présente uniquement dans la cote 2005.25m, carotte 02, avec une proportion faible n'excède pas 1%, sous et se présente sous forme de grains sub-arrondis et de couleur vert clair. Il est à noter que la glaucanie se forme dans un milieu marin peu profond et dans des conditions réductrices (**Ph 11 (A&B), Planche A**).

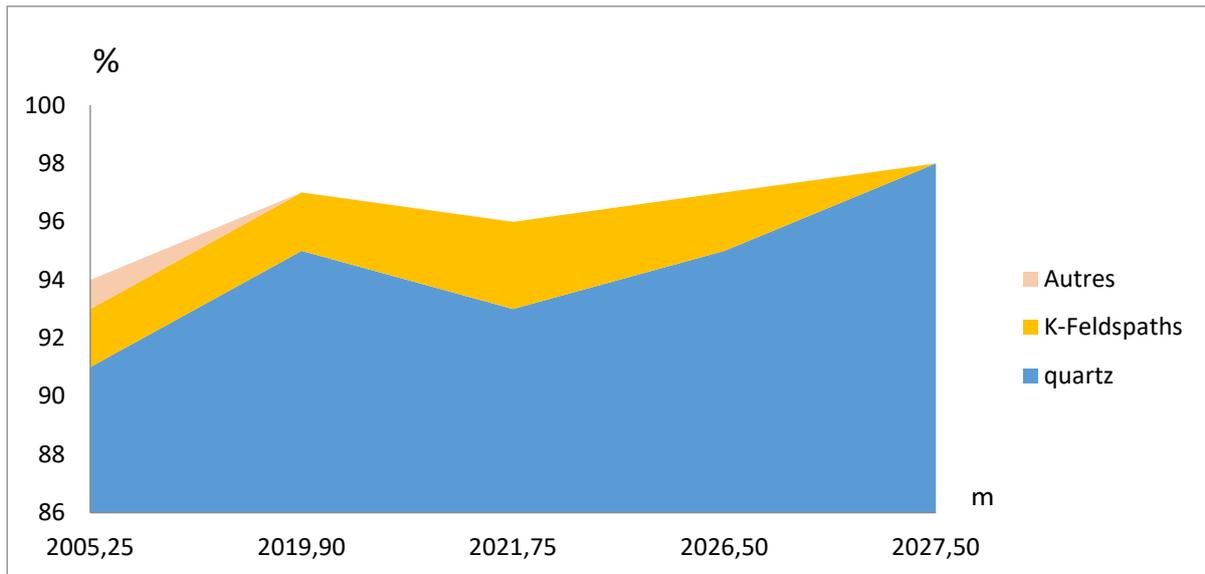


Figure. III. 4 : Graphe minéralogique des minéraux non argiles du puits ISW-3 réalisé d’après le tableau N°5(annexes1) des résultats de (DRX)

3-3-La matière organique

Il s’agit de la matière organique amorphe, elle est présente avec des taux faible en traces uniquement dans la cote 2021.75m, carotte 02, et généralement elle se présente comme un remplissage total ou partiel des pores primaires.

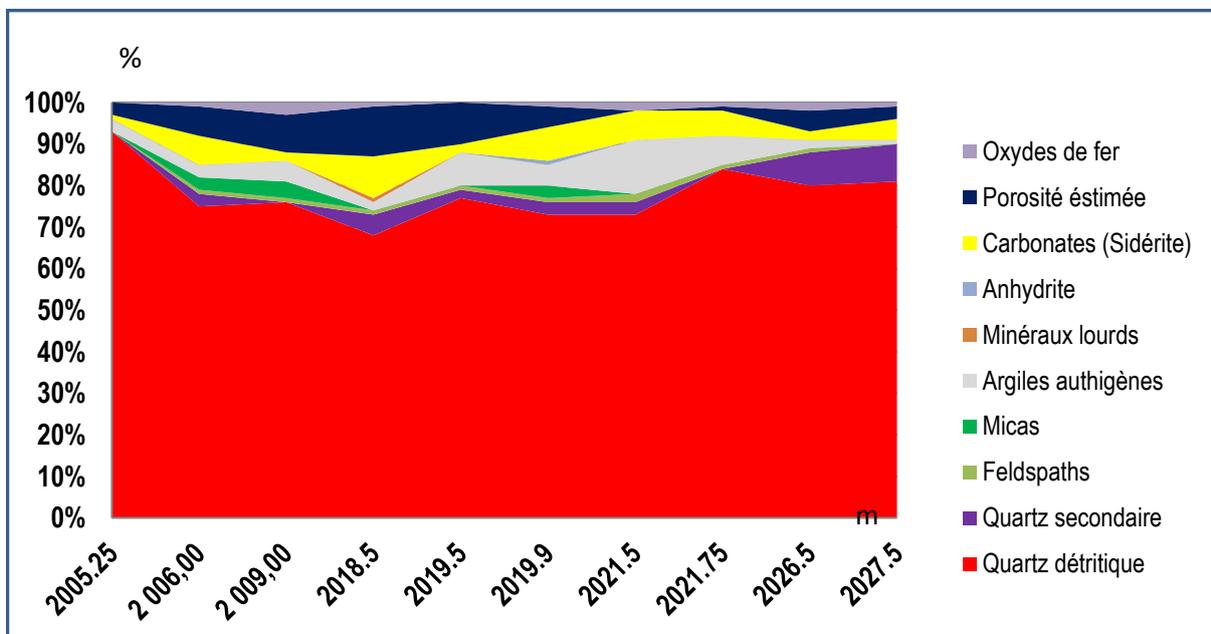


Figure. III.5: Graphe pétrographique synthétique du puits ISW-3

3-4-La porosité

L'analyse pétrographique sous microscope optique polarisant de toutes les lames minces a mis en évidence une porosité relativement faible à moyenne, entre en trace à 12 %, avec, la meilleure porosité enregistrée à la cote 2018.50, carotte 02, dont la valeur maximale. Ce réseau poreux est matérialisé, en grande partie, par une porosité d'origine secondaire (de dissolution) et la plus abondant et primaire : la deuxième est représentée par des espaces intergranulaires à contours rectilignes indiquant une existence antérieure. Par contre, le premier est issu de la dissolution des ciments (**Ph 13, planche A**), et des éléments détritiques instables tels que les feldspaths (**Ph 12, planche A**).

PLANCHES (A) PHOTOS MICROSCOPE OPTIQUE

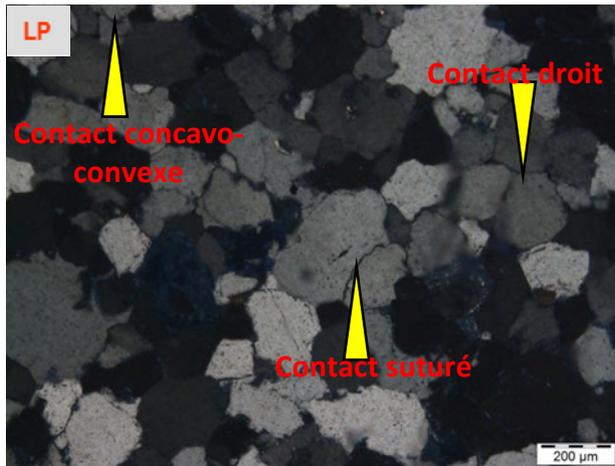


Photo n° 01 : Puits ISW-3, Carotte 2, Profondeur 2021.75m. Facies globale d'un gré moyen, moyennement classé et une distribution unimodale les contacts sont suturés, droits concavo-convexe

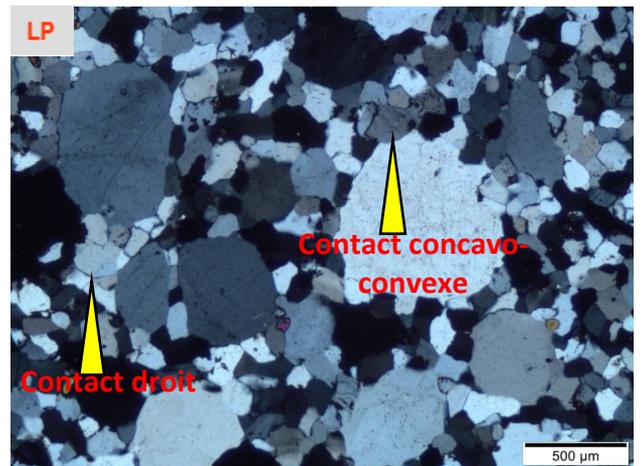


Photo n°02 : Puits ISW-3, carotte 02, profondeur 2021.75m. Facies globale d'un grès moyen, mal classé, les contacts sont droit/tangentiel et concavo-convexe.

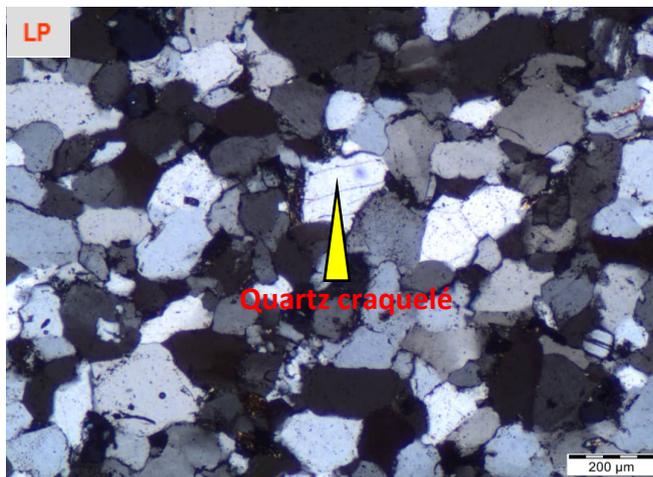


Photo n°03 : Puits ISW-3, carotte 01, profondeur 2009.00m. Grès fin, moyennement classé, on note la présence de quartz craquelé.

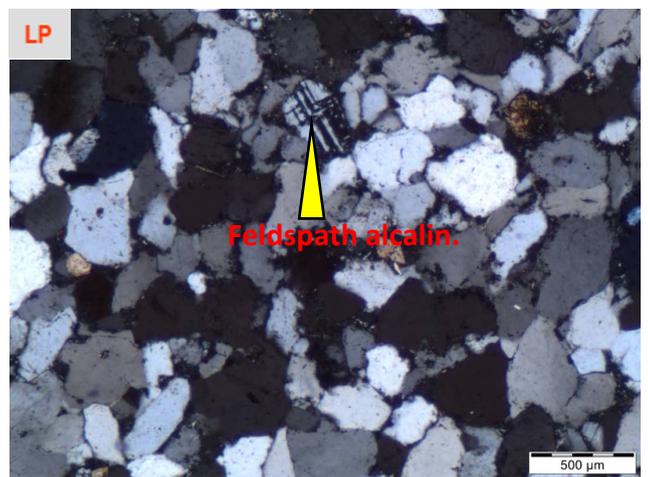


Photo n°04 : Puits ISW-3, carotte 02, profondeur 2019.50m. Grès fin à moyen. Présence de grains de feldspath (alcalin).

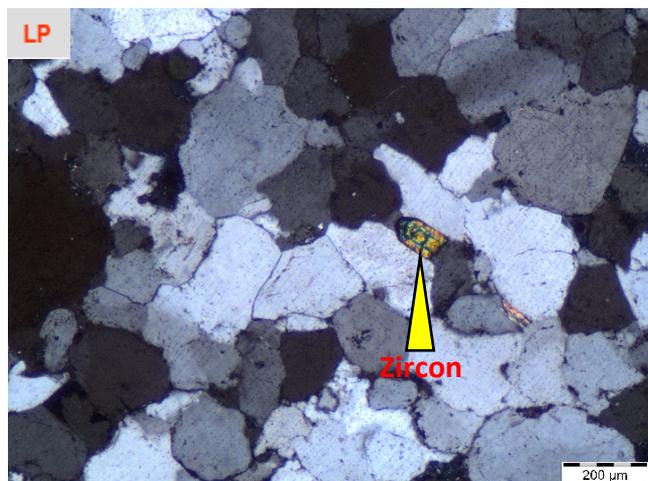


Photo n°05 : Puits ISW-3, carotte 02, profondeur 2026.50m. Montre la présence d'un minéral lourd (Zircon).

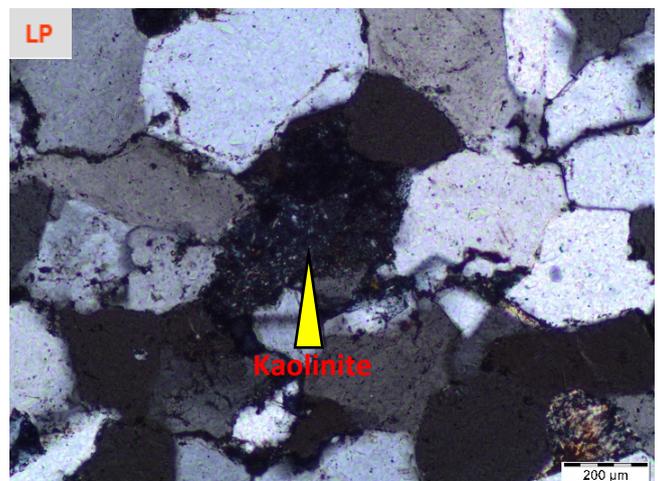


Photo n°06 : Puits ISW-3, carotte 01, profondeur 2009.00m. Mies en évidence du développement d'un ciment argileux la Kaolinite inter granulaire.

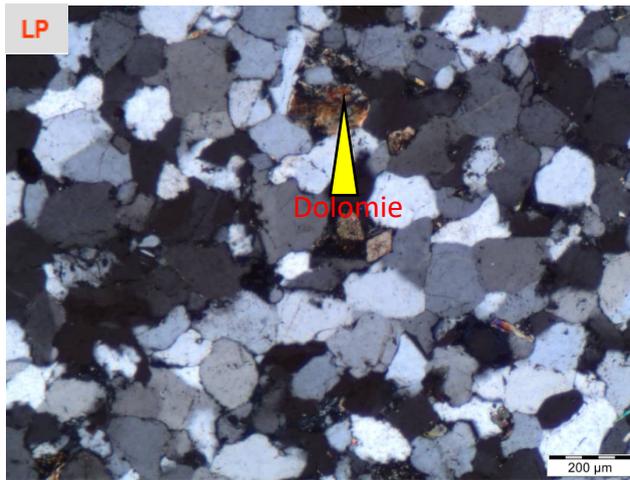


Photo n° 07 : Puits ISW-3, carotte 01, profondeur 2009.00m.
Mise en évidence du développement du ciment carbonaté la dolomie.

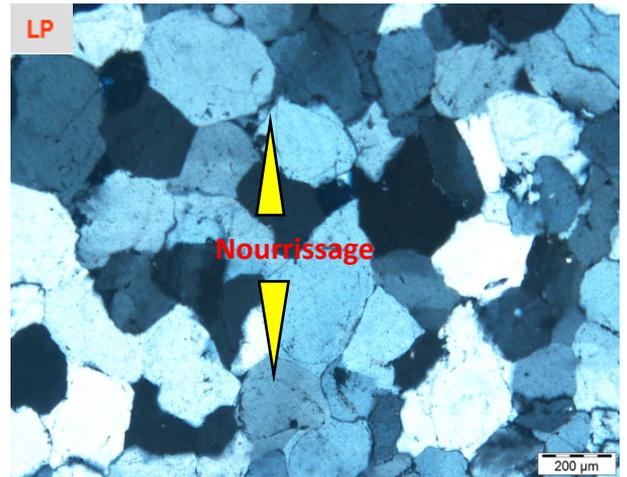


Photo n°08 : Puits ISW-3, Carotte 2, Profondeur 2027,5m.
Mise en évidence du développement du ciment secondaire de nourrissage

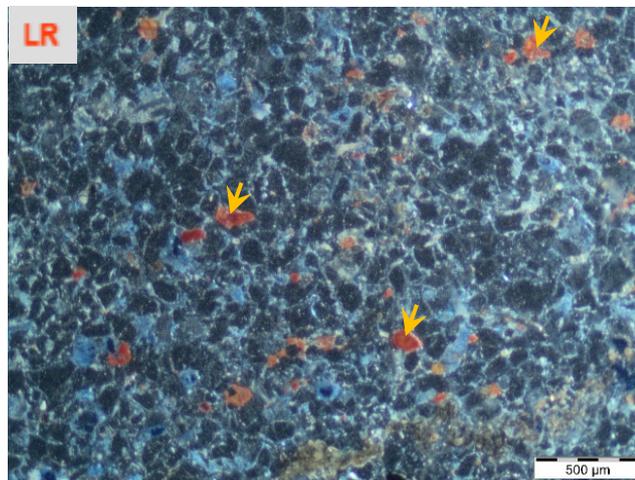


Photo n° 09 : Puits ISW-3, carotte 02, profondeur 2021.75m.
Grès fin, montre la présence d'oxydes de fer sous forme de plages intergranulaires.

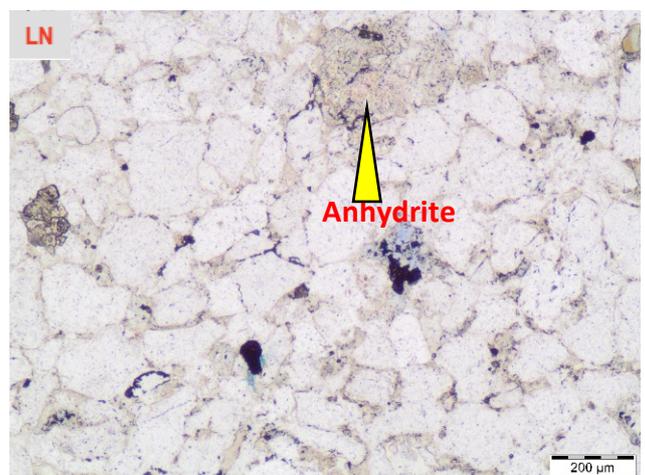
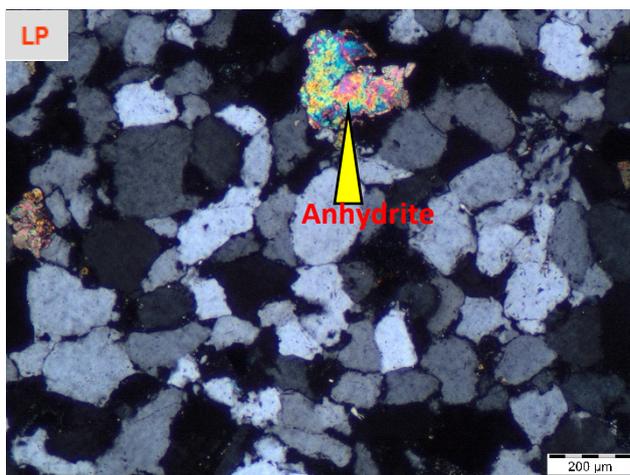


Photo n° 10 : Puits ISW-3, carotte 02, profondeur 2019.90m.
Montre la présence d'anhydrite sous forme de plages intergranulaires.

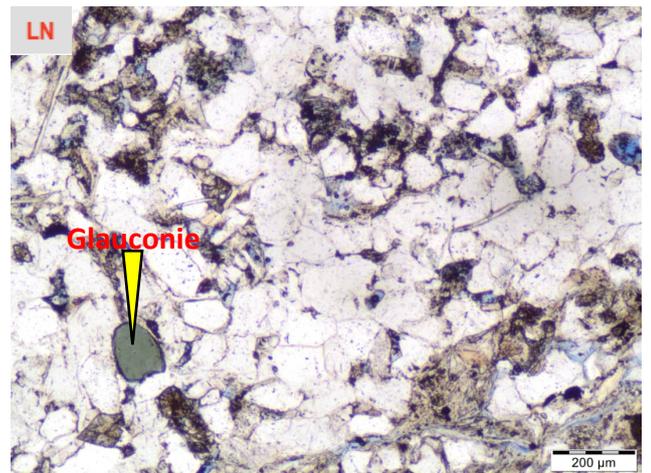
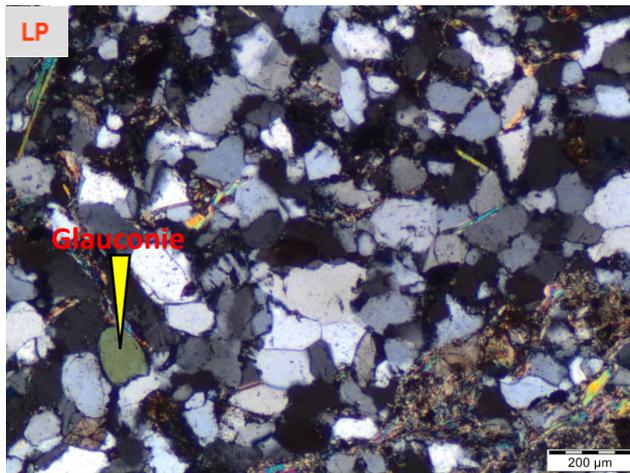


Photo n° 11 : Puits ISW-3, carotte 01, profondeur 2005.25m.
Qui montre la présence de la glauconie.

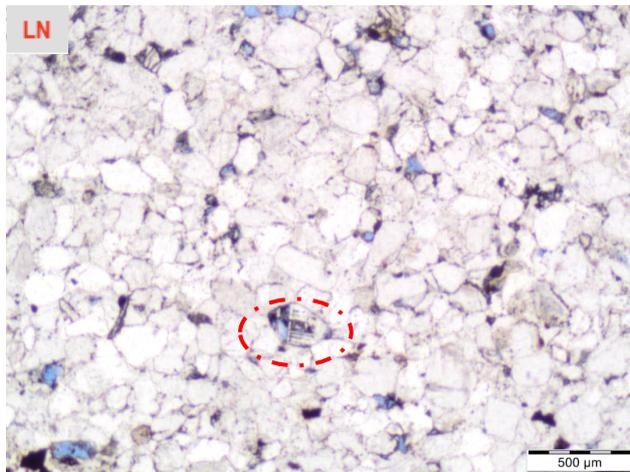


Photo n°12 : Puits ISW-3, carotte 02, profondeur 2018.50m.
Montre la porosité de dissolution formée par l'altération des feldspaths.

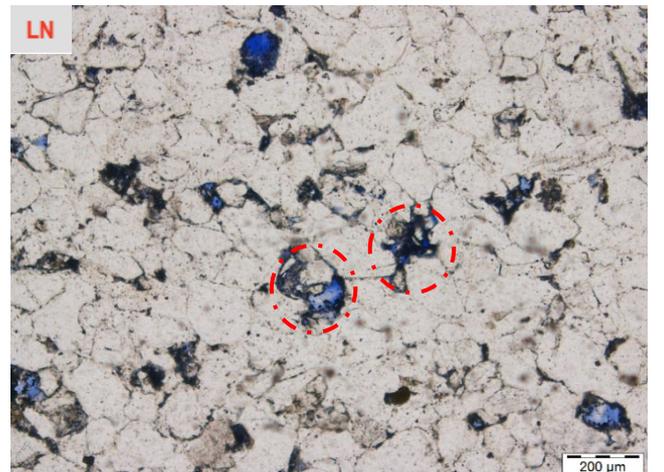


Photo n°13 : Puits ISW-3, carotte 01, profondeur 2009.00m.
Montre la porosité de dissolution formée par la dissolution des ciments.

4-Pétrographie du puits ISB-3

4-1-Les éléments figurés

➤ Les grains de quartz

Les résultats d'observations au microscope optique polarisé des 18 lames minces du puits ISB-3 montrent que les grains de quartz qui constituent l'élément principal de ces faciès sont fins à moyens. Le classement de ces grains est variable, elle se évolue de mal classé à bien classé et à une distribution unimodale. Leur morphoscopie sub-anguleuse à sub-arrondi et rarement arrondi. Le diamètre du grain le plus grossier est de 1103 μm , tandis que le plus petite est de 36 μm . Ces grains, présentent une texture droite (tangentielle) abondant et contacts ponctuel qui sont fréquents et parfois flottant, concavo-convexe et rarement suturés (**Ph 01(B), planche B**). Leur pourcentage total varie de 64 à 93 %, on note la présence de quartz polycristallin (**Ph 01(A), Planche B**), dans la base de puits et de quartz stylolitique dans la cote 2007.50m, carotte 08, (**annexes 1 tableau N°2**).

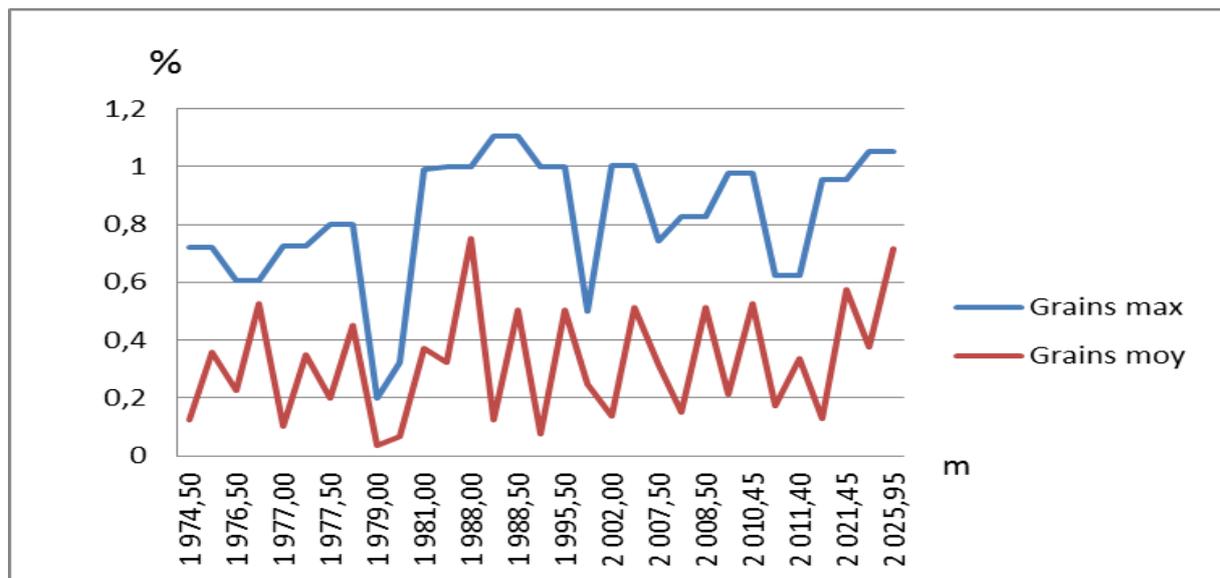


Figure III.6: Log granulométrique du puits ISB-3

➤ Les micas

Les micas sont représentés principalement par la muscovite, observée sous forme de petites paillettes fines, montrant en général des biréfringences vives dans le vert, bleu et marron (**Ph03, planche B**). Leurs teneurs varient généralement entre traces et 13%, mais elles peuvent

atteindre la valeur exceptionnelle de 18% dans la cote 1974.50m, carotte 04, (**annexe 1 tableau N°2**). La biotite se présente sous forme de lamelles, en très faibles quantités.

➤ **Les feldspaths**

Deux types de feldspaths sont observés, les plagioclases (**Ph 03, Planche B**) comme éléments majeurs ils possèdent pratiquement le même diamètre que le quartz. Les alcalins sont représentés par le Microcline. Ces feldspaths atteignent un pourcentage de 2% dans la cote 1977.50m, carotte 04, de volume de la roche. Elle s'altère en donnant de l'argile notamment la kaolinite ou se dissout en donnant la porosité de dissolution.

➤ **Les minéraux lourds**

Les minéraux lourds sont représentés par, le zircon principalement comme élément majeur, et la tourmaline qui se présente dans quelques lames et le leucoxène rarement dans la cote 1977.50, carotte 04. Ces minéraux sont d'un pourcentage est en traces.

➤ **Les débris de roches**

Les débris rocheux sont présents dans l'intervalle 2010.45m, carotte 09 à 2007.50m, carotte 08 de puits, sont représentés par des débris carbonatés en faible quantité et siliceux en proportion très faible. Les débris sont rarement et en traces.

➤ **Les éléments carbonatés**

Elles sont présentes uniquement dans la cote 2025.95m, carotte 09, et en faible proportion (en traces), constitués d'un noyau à base de quartz et muni d'un cortex chloriteux, ces éléments sont circulaires non déformés (**Ph 02, Planche B**).

4-2-Liants (ciments et minéraux)

➤ **Les ciments argileux**

Les observations au microscope optique polarisé et les résultats d'analyses de diffraction des rayons X (DRX) (**annexe, tableau N°6**), indiquent que les faciès étudiés sont composés d'illite qui est présent dans tous les lames minces, si le ciment le plus abondant.

Kaolinite et de chlorite sont rarement présents.

Ces ciments sont d'un pourcentage qui varie entre en trace à 6%, dans tous les lames, à l'exception de l'intervalle 1988.50m, carotte 05 à 1979.00m, carotte 04 où on a des pourcentages

importants qui se varient entre 15 à 36%, la valeur maximale est localisée dans la cote 1980.50m, carotte 04 (36%).

-L'illite est localisée sous forme de remplissage total ou partiel des pores. Ou bien sous forme d'un liseré autour des grains de quartz.

-La kaolinite, se trouve en remplissage de pores primaires et en remplacement des grains de feldspaths potassiques par le phénomène de l'hydrolyse.

- La chlorite est difficile à détecter par microscope optique, généralement, elle s'observe en fines pellicules entouré les grains de quartz de contours plus ou moins régulier.

Remarque : on constate la présence d'argiles détritiques qui remplissent les microstylithes, avec des proportions faibles inférieures à 1% (**Ph 04, Planche B**).

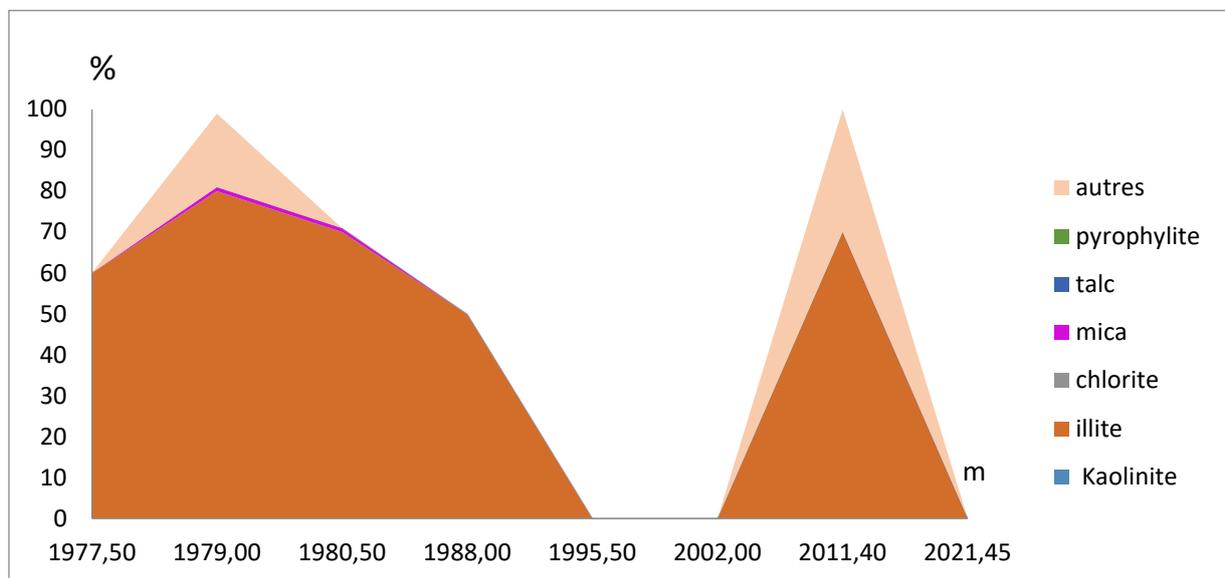


Figure.III .7 : Graphe minéralogique des minéraux argileux du puits ISB-3 réalisé d'après le tableau N°6 (annexes1) des résultats de (DRX)

➤ Les ciments carbonatés

Les observations au microscope optique polarisant indiquent que les lames minces étudiées sont composées exclusivement de la sidérite à des pourcentages qui varient entre de trace à 7%, cette valeur maximale est observée dans la cote 1977.50m, carotte 04. Le ciment sidéritique se présente sous forme de larges plages parfois occupent totalement l'espace intergranulaire.

➤ Les ciments siliceux

Le ciment siliceux représente par le nourrissage qui abondant et le ciment intergranulaire rarement, sont considéré comme ciment accessoire, sont présents dans quelques lames minces avec un pourcentage qui varie entre en traces à 5%, le nourrissage (**Ph 07, Planche B**), et à une valeur maximale de 8% à la cote 1981.00m, carotte 04.

La silice intergranulaire (**Ph 05, Planche B**), est observée mais uniquement dans la cote 2008.50m, carotte 08 (**annexe 1 tableau N°2**). Celle-ci est le résultat de la forte compaction des grains qui augmentent la surface des contacts entre les grains de quartz. Cette forte pression engendre une dissolution de la silice au niveau des contacts, et se précipite dans l'espace intergranulaire résiduel en colmatant tous les pores.

➤ La pyrite

La pyrite se localise dans la plus part des lames minces sous forme de petits amas épars ou des taches (**Ph 07, Planche B**), qui remplis les vides primaire intergranulaires et dans les vides de dissolution, elle est généralement associée à l'épigénisation de la matière organique.

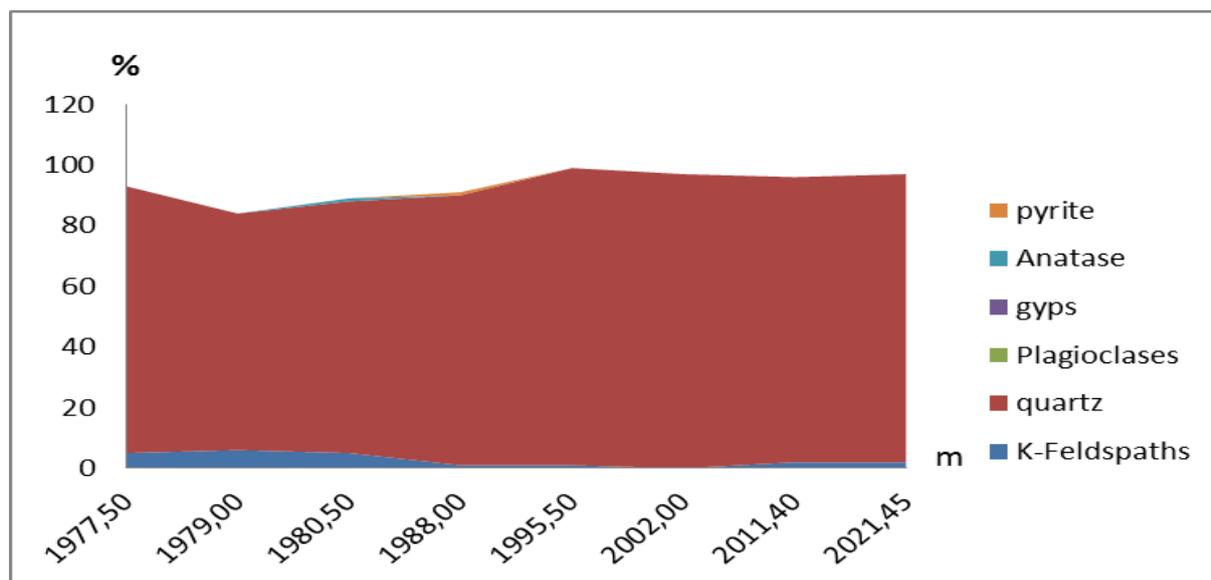


Figure. III.8: Graphe minéralogique des minéraux non argileux du puits ISB-3 réalisé d'après le tableau N°6 (annexes1) des résultats de (DRX)

4-3-La matière organique

Du fait de sa mauvaise préservation, l'estimation de la proportion de la matière organique dans les lames minces analysées est assez difficile. Cependant, des reliques montrant

des formes caractéristiques de bitume sont observées uniquement au sommet de puits dans la cote 1977.00m, carotte 04 et 1974.50, carotte 04 et ceux-ci sont à l'état de traces.

Elle se présente en remplissage total des pores primaires (**Ph 09, Planche B**), et parfois elle est autour des pores (**Ph 08, Planche B**)

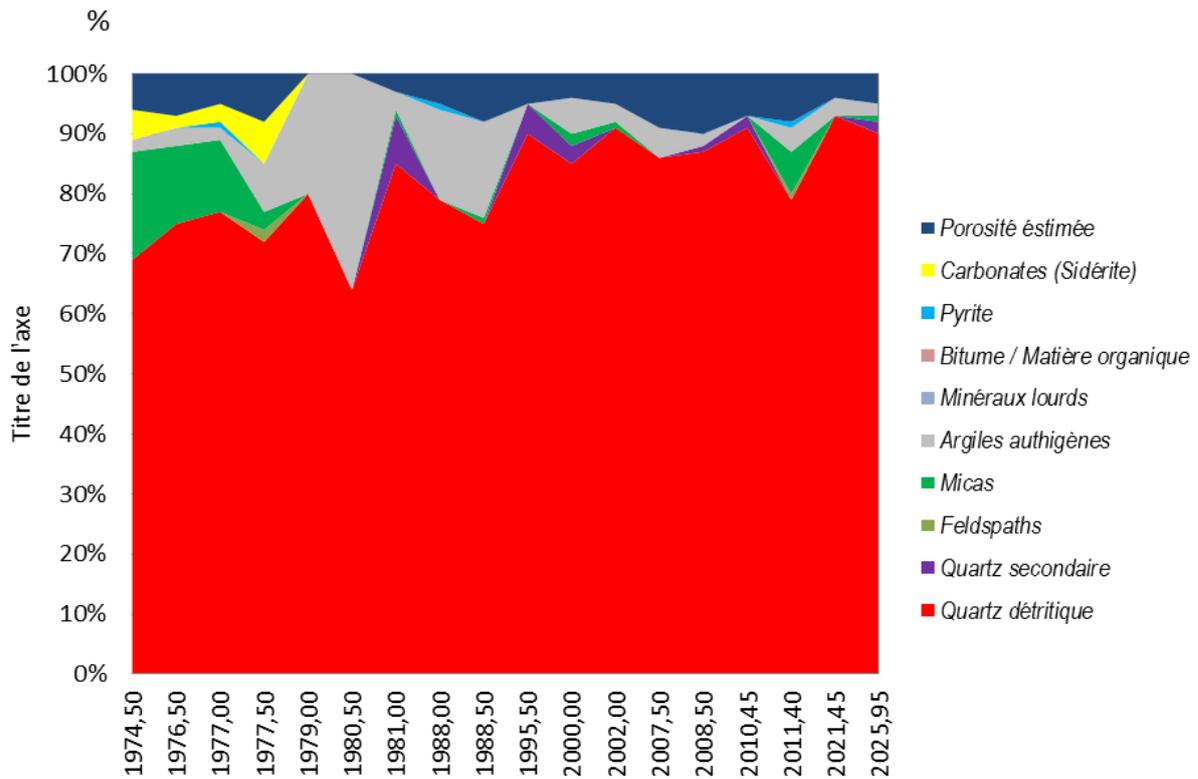


Figure. III.9: Graphe pétrographique synthétique du puits ISB-3

4-4-La porosité

L'analyse pétrographique sous microscope optique polarisé de toutes les lames minces a mis en évidence une porosité moyenne, entre 3 à 10 %, avec une meilleure valeur enregistrée dans la cote 2008.50m, carotte 08. Ce réseau poreux est matérialisé en grande partie par une porosité d'origine secondaire (de dissolution) elle est la plus abondante, et la propriété primaire qui se situe dans les espaces intergranulaires à contours rectilignes indiquant une existence antérieure. Par contre la porosité de dissolution est issue de la dissolution des éléments détritiques (quartz...).

PLANCHES (B) PHOTOS MICROSCOPE OPTIQUE

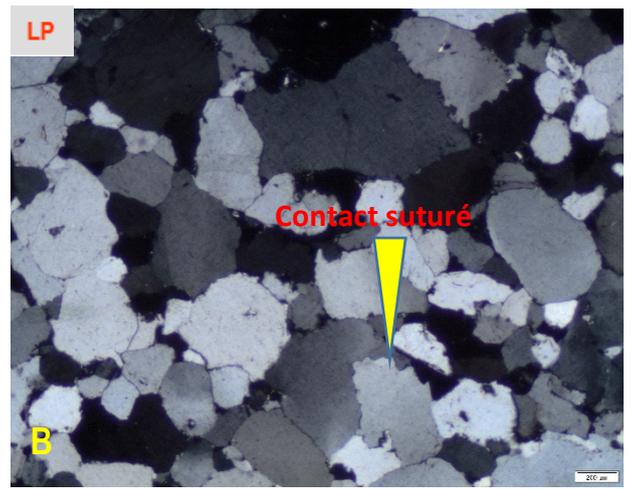
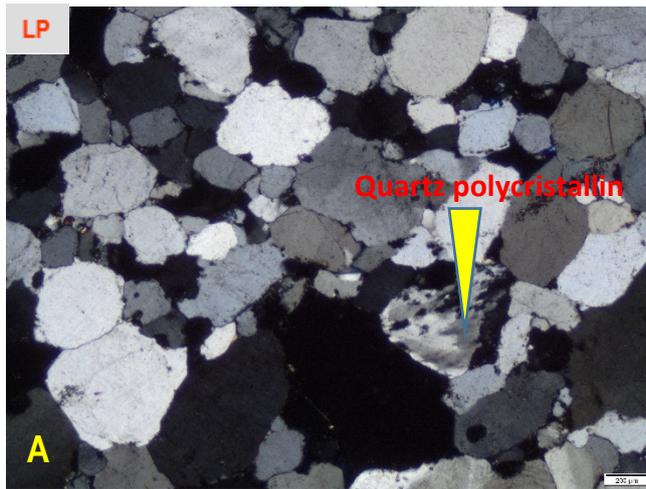


Photo n° 01 : Puits ISB-3, carotte 06, profondeur 1995.50m.

Vue globale montrant un grès moyen, mal classé. Les grains sont sub-arrondis à sub-anguleux. Quartz polycristallin (PhA). Le contact suturé (PhB)

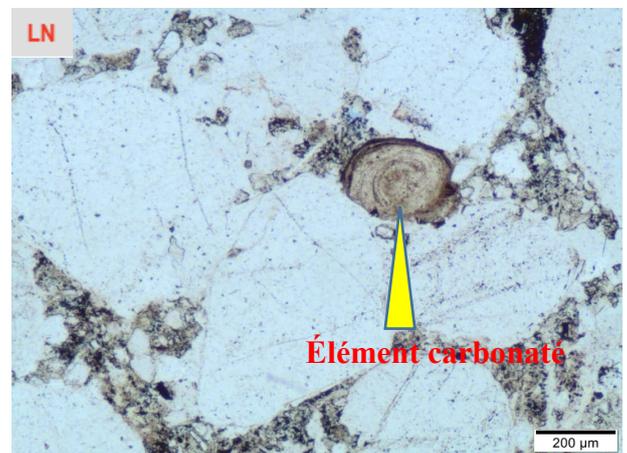
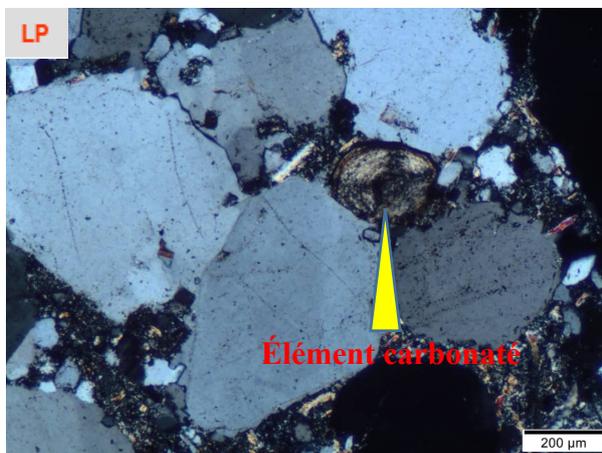


Photo n° 02 : Puits ISB-3, Carotte 09, Profondeur 2025,95m.

Mise en évidence la présence d'un élément carbonaté à un cortex chloriteux

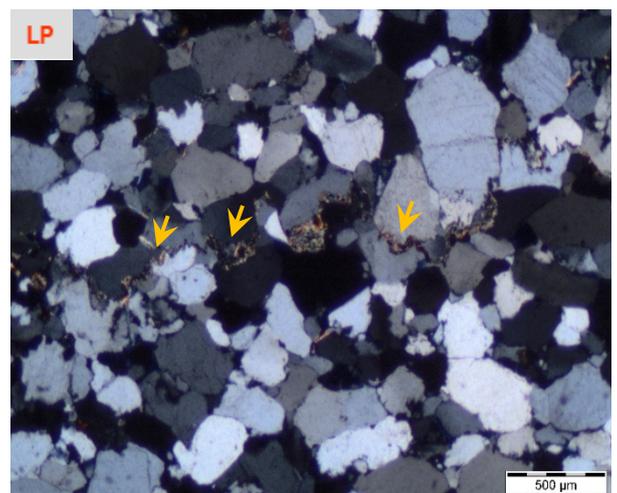
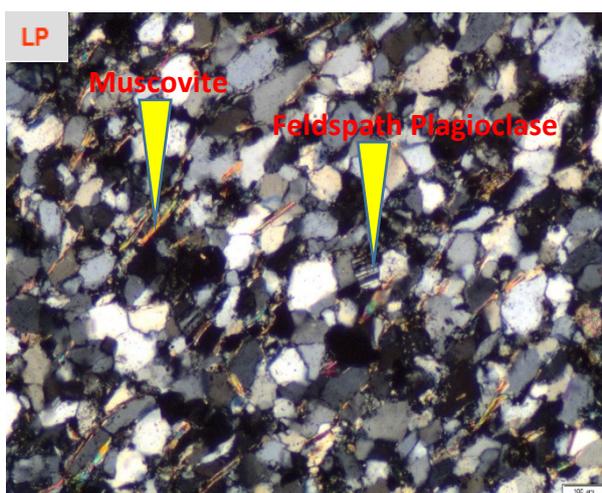


Photo n°03 : Puits ISB-3, carotte 04, profondeur 1977.50m.
Mise en évidence de grains de feldspaths (Plagioclase) et des micas (muscovite).

Photo n° 04 : Puits ISB-3, carotte 08, profondeur 2007.50m.
Illustration Microstylolithes soulignés et remplie par de l'argile détritique.

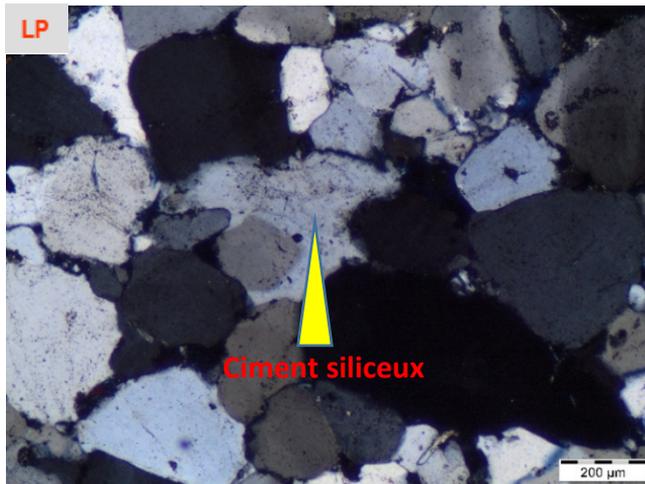


Photo n° 05 : Puits ISB-3, carotte 08, profondeur 2008.50m.
Mise en évidence du développement du ciment siliceux intergranulaire.

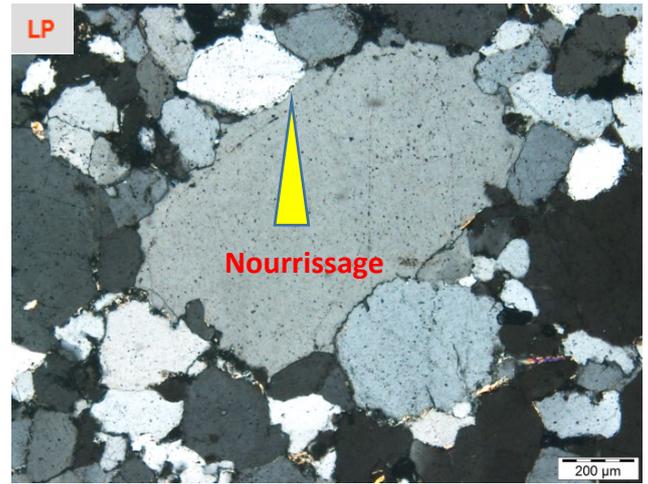


Photo n°06 : Puits ISB-3, Carotte 9, Profondeur 2021.45m.
Mise en évidence du développement du ciment siliceux tardive de nourrissage

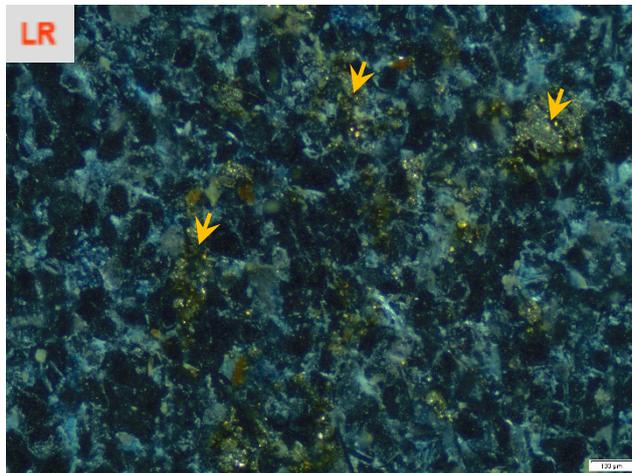


Photo n°07 : Puits ISB-3, carotte 04, profondeur 1977.00m.
Montre la pyrite en amas dans un grès fin, mal classé.

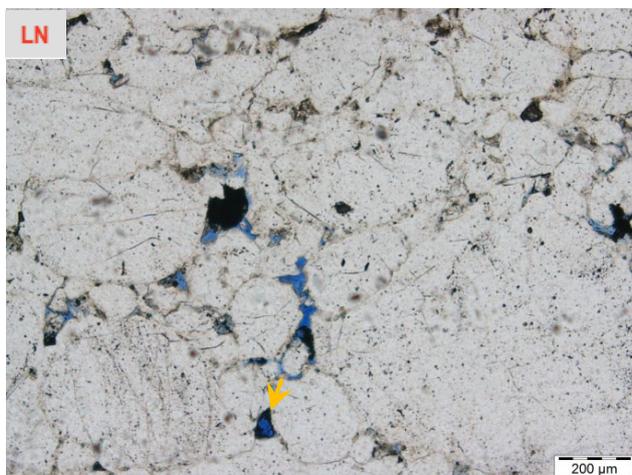
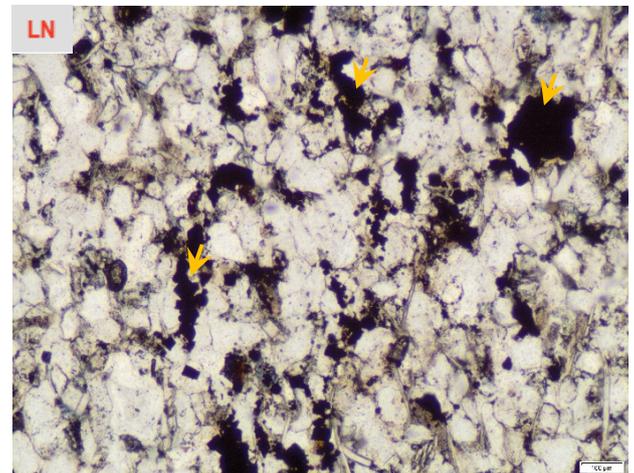


Photo n° 08 : Puits ISB-3, Carotte 9, Profondeur 2021.45m.
.Mise en évidence la matière organique entouré les ports de porosité première

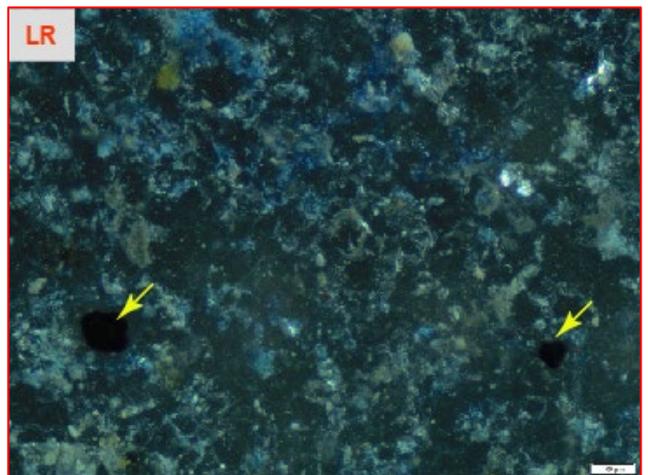


Photo n° 09 : Puits ISB-3, carotte 04, profondeur 1977.00m.
Mise en évidence de la matière organique (bitume).

5-Pétrographie du puits ISB-4

5-1-Les éléments figurés

➤ Les grains de quartz

Les résultats d'observations au microscope optique polarisé des 14 lames minces du puits ISB-4 montrent que les grains de quartz qui constituent l'élément principal de ces faciès (entre 65 à 80%) sont fins à moyens et rarement grossière. Le classement de ces grains est très variable et évolue de moyennement classé à mal classé et à une distribution unimodale à bimodale. Leur morphoscopie est sub-anguleuse à sub-arrondi. Le diamètre du grain le plus grossier est de 1009 μm , dans la cote 2024.75m, carotte 01, Ces grains, présentent une texture droits à tangentiels très abondante et des contacts concavo-convexe et parfois des contacts flottants à ponctul (**Ph 01, planche C**). On note la présence de quartz polycristallin dans le niveau 2021.50m, carotte 01. (**Annexe 1 tableau N°2**).

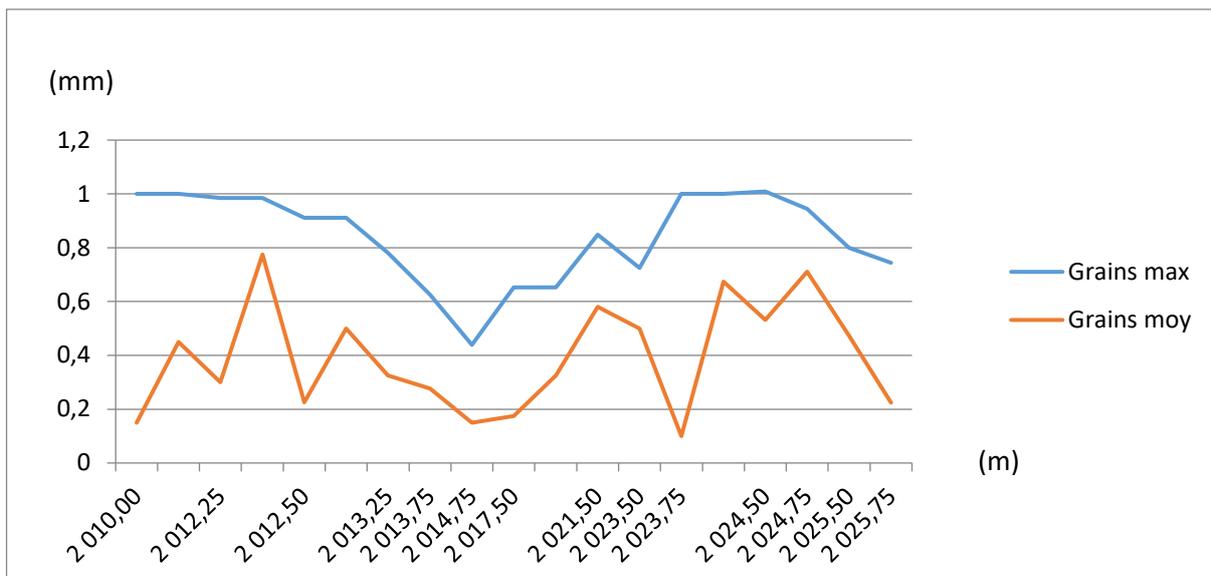


Figure. III.10: Log granulométrique du puits ISB-4

➤ Les micas

Dans les lames minces observées les micas sont représentés par la muscovite comme élément majeure (**Ph 02, planche C**), et la biotite rarement, Leur pourcentage total varie entre en terras et 7% dans la cote 2023.50m, carotte 01.

➤ **Les feldspaths**

Deux types de feldspaths sont observés, les plagioclases comme élément majeur. Ils possèdent pratiquement le même diamètre que le quartz et atteignent un pourcentage de 2% dans la cote 2013.50m, carotte 01 du volume de la roche.

Les alcalins sont représentés par le Microcline (**Ph 03, planche C**). Ces feldspaths s'altèrent en donnant de l'argile notamment la kaolinite ou se dissolvent en donnant la porosité de dissolution.

➤ **Les minéraux lourds**

Les minéraux lourds sont représentés par la tourmaline, le zircon principalement comme élément majeur, et le leucoxène et parfois on note la présence de la tourmaline. Ces minéraux sont d'un pourcentage qui varie entre en terras à 1% dans la cote 2010,00m, carotte 01 (ver le sommet de puits).

➤ **Les débris de roches**

Les débris rocheux sont présents à la base de puits dans l'intervalle 2025.75 et 2021.50m, carotte 01. sont représentés par des débris siliceux, carbonatés en proportion faible et des débris argileux rarement.

Les débris sont d'un pourcentage qui va des traces à 1% dans la cote 2025.57m et 2024.50m, carotte 01.

➤ **Les éléments carbonatés**

Elles sont présentes en faible proportion <5%, constituées d'un noyau altéré et muni d'un cortex chloriteux (probablement ferrifère). Etant des éléments ductiles, ces éléments ont subi une déformation et une dissolution de leur cortex (**Ph 05, planche C**).

5-2-Liants (ciments et minéraux)

➤ **Les ciments argileux**

Les observations au microscope optique polarisé et les résultats d'analyses de diffraction des rayons X (DRX) (**annexe tableau N°7**), indiquent que les faciès étudiés sont composés d'illite qui est présent dans tous les lames minces si le ciment le plus abondant, la kaolinite et de chlorite qui sont rarement présents. Les ciments sont d'un pourcentage qui varie entre 1 à 10%, la valeur maximale et localisée dans la cote 2023.75 et 2012.25m, carotte 01.

- L'illite est localisée sous forme de remplissage total ou partiel des pores (en pore filling) (**Ph 06, planche C**). Ou bien sous forme d'un liseré autour des grains de quartz (en grain coating).
- La kaolinite se trouve en remplissage de pores primaires et en remplacement des grains de feldspaths potassiques par le phénomène de l'hydrolyse.
- La chlorite est difficile à détecter par microscope optique. Généralement, elle s'observe en fines pellicules entouré les grains de quartz de contours plus ou moins régulier ou/et soulignant le cortex des éléments carbonatés.

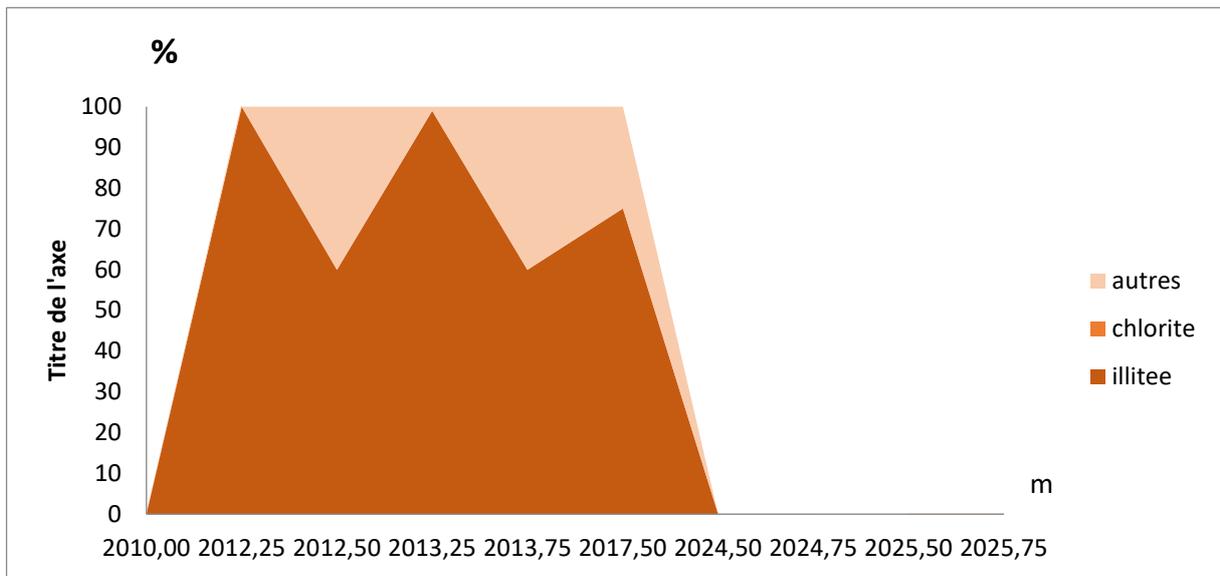


Figure.III.11 : Graphe minéralogique des minéraux argileux du puits ISB-4 réalisé d'après le tableau N°7 (annexes1) des résultats de (DRX)

➤ Les ciments carbonatés

Les observations au microscope optique polarisé et les résultats d'analyses de diffraction des rayons X(DRX) (**annexe tableau N°7**), indiquent que les lames minces étudiées sont composés de la sidérite en grande proportion et de la calcite, dolomite à des quantités faible, les carbonates sont d'un pourcentage qui varie entre trace à 9%, la valeur maximale et représenté par la sidérite et de 20% dans la cote 2012.25m, carotte 01.

Le ciment sidéritique se présente sous forme de larges plages parfois occupent totalement l'espace intergranulaire (**Ph 08, planche C**).

➤ Les ciments siliceux

Le ciment siliceux représenté par le nourrissage qui est abondant et le ciment intergranulaire rarement, sont considérés comme ciment accessoire, sont abondants dans la base de puits entre l'intervalle 2025.75 et 2021.50m, carotte 01 avec un pourcentage qui varie entre 7 à 18%, et au sommet de puits sont moins importantes avec des pourcentages qui vont de traces à 5%, le nourrissage atteint sa valeur maximale 18% dans la cote 2024.75m, carotte 01.

La silice elle se présente sous forme d'auréoles de croissance en continuité optique répartie de façon inégale sur les bordures des grains détritiques et est souvent marquée par une ligne d'impuretés (**Ph 07, planche C**).

➤ L'oxyde du fer

Observés au niveau de quelques lames minces dans l'intervalle 2017.50 à 2012.50m, carotte 01, avec une présence irrégulière et leurs proportions sont négligeables et varient de traces à 03%. Les oxydes de fer se présentent souvent sous forme d'impuretés soulignant les grains de quartz détritiques, en pigmentations ou en association avec les carbonates et les argiles.

➤ La pyrite

Elle est présente dans quelques lames minces étudiées. Sa teneur ne dépasse pas 05% et se présente sous forme de petits amas ou des taches. Elle est généralement associée à l'épigénéisation de la matière organique.

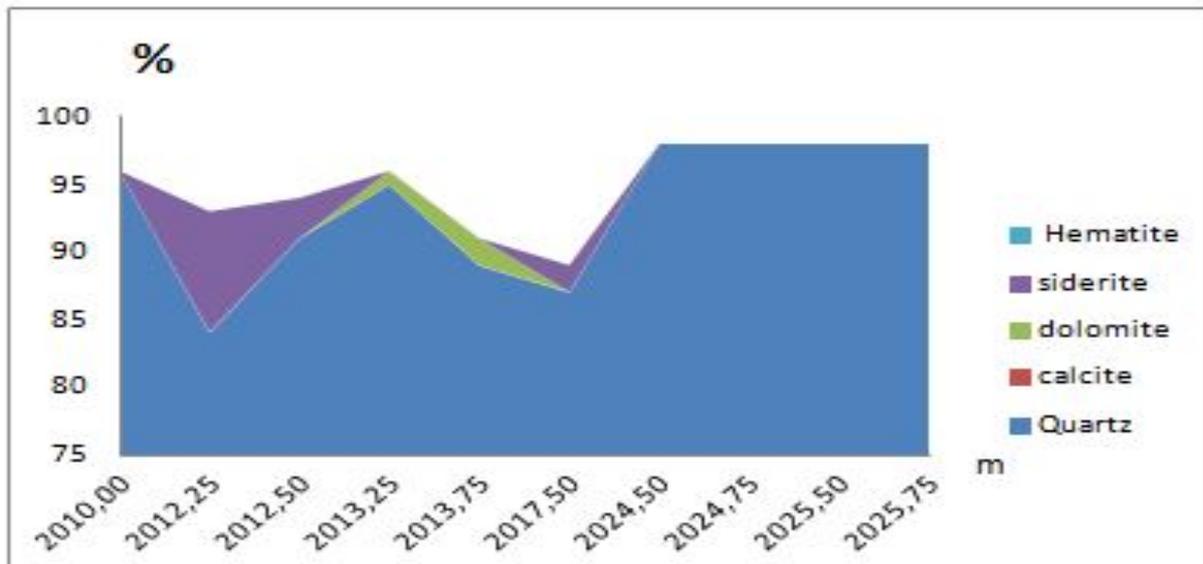


Figure. III.12: Graphe minéralogique des minéraux non argileux du puits ISB-4 réalisé d'après le tableau N°7 (annexes1) des résultats de (DRX)

5-3-La matière organique

Du fait de sa mauvaise préservation, l'estimation de la proportion de la matière organique dans les lames minces analysées est assez difficile. Cependant, des reliques montrant des formes caractéristiques de bitume sont observées dans la cote 2021.50, carotte 01, et on était de traces.

Généralement, elle se présente (**Ph 11, planche C**) sous forme de tapissage des parois des pores et parfois elle est en association avec l'argile et les oxydes de fer.

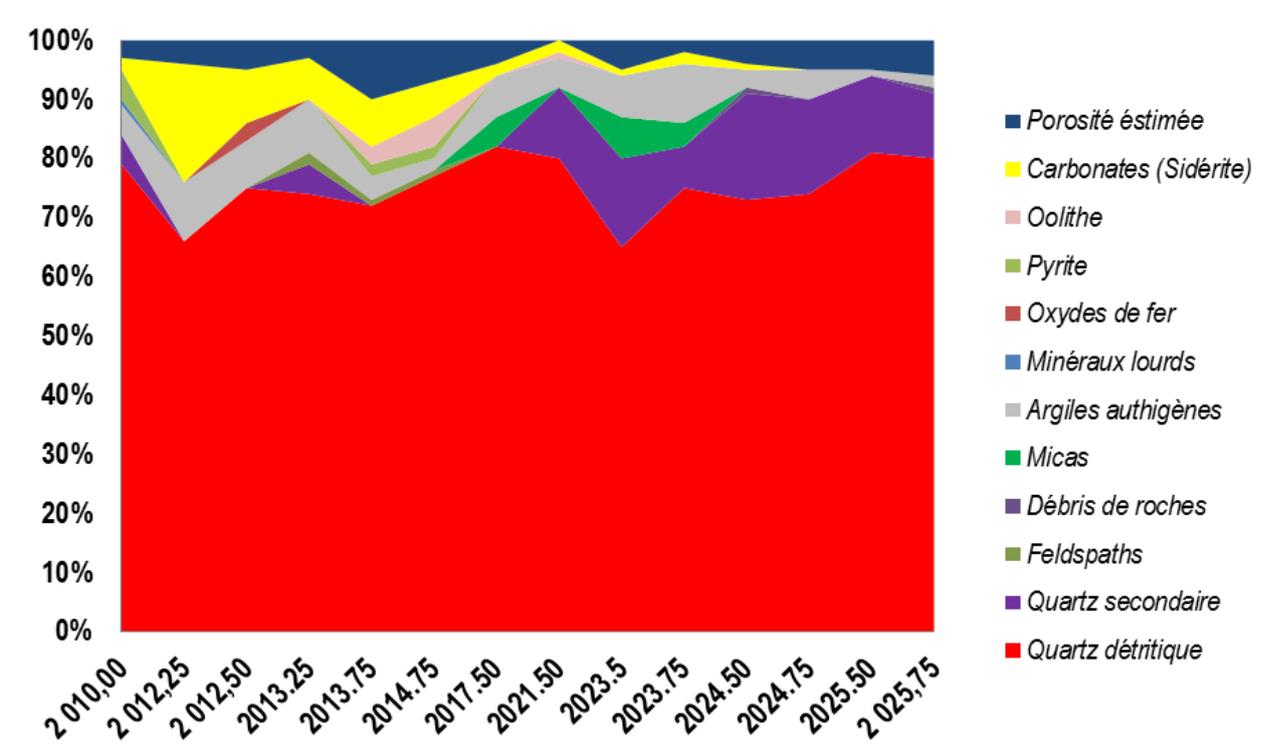


Figure. III.13: Graphe pétrographique synthétique du puits ISB-4

5-4-La porosité

L'analyse pétrographique sous microscope optique polarisé de toutes les lames minces a mis en évidence une porosité relativement faible à moyenne, entre 2 à 10 %, avec la meilleure valeur enregistrée dans la cote 2013.75m, carotte 01, dont la valeur maximale est 10%. Ce réseau poreux est matérialisé, en grande partie, par une porosité d'origine secondaire (de dissolution) et le plus abondant et primaire qui est représentée par des espaces intergranulaires à contours rectilignes (**Ph 09, planche C**) indiquant une existence antérieure. Par contre la porosité de dissolution est issue de la dissolution (**Ph 10, planche C**), des ciments carbonatés, et des éléments détritiques instables tels que les feldspaths.

PLANCHES (C) PHOTOS MICROSCOPE OPTIQUE

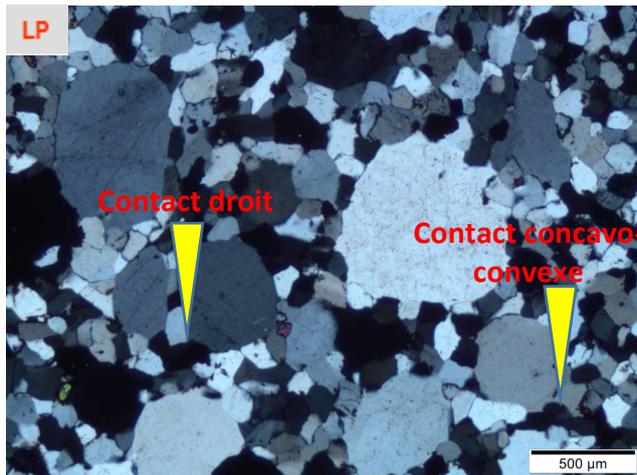


Photo n°01 : Puits ISB-4, carotte 01, profondeur 2010.00m.
Vue globale d'un grès moyen, mal classé, unimodal, les contacts sont droit/tangentiel et concavo-convexe.



Photo n° 02 : Puits ISB-4, Carotte 01, profondeur 2013.25m.
Montre la présence de la moscovite.

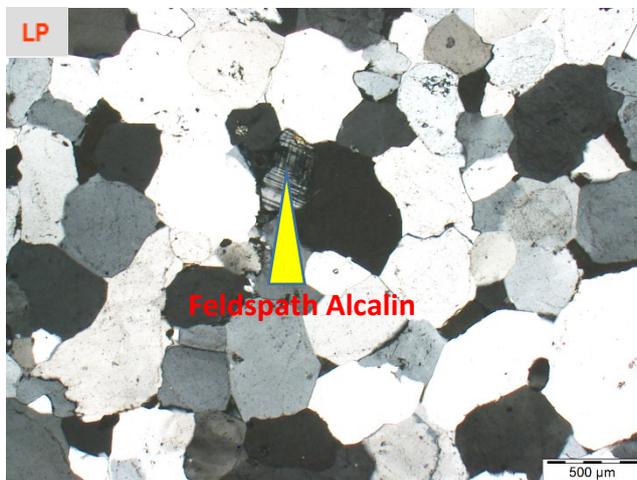


Photo n°03 : Puits ISB-4, Carotte 01, Profondeur 2024.5m.
Montre un feldspath (alcalin).

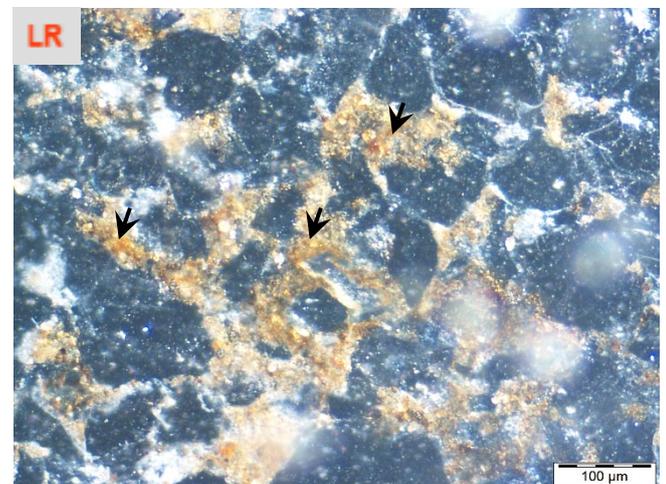


Photo n°04 : Puits ISB-4, Carotte 01, Profondeur 2013.25m.
Mise en évidence le développement de la pyrite

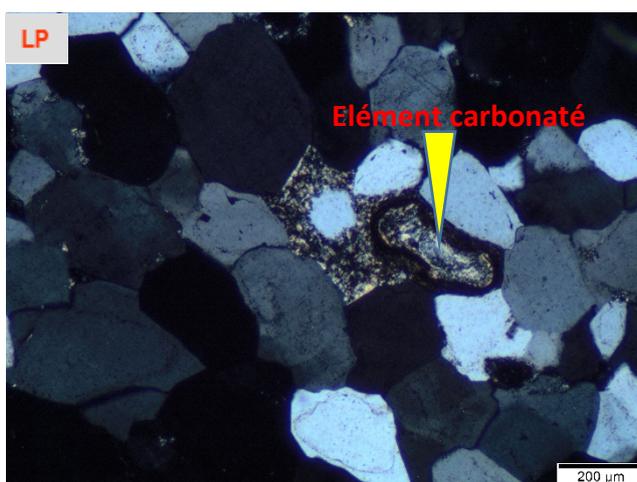
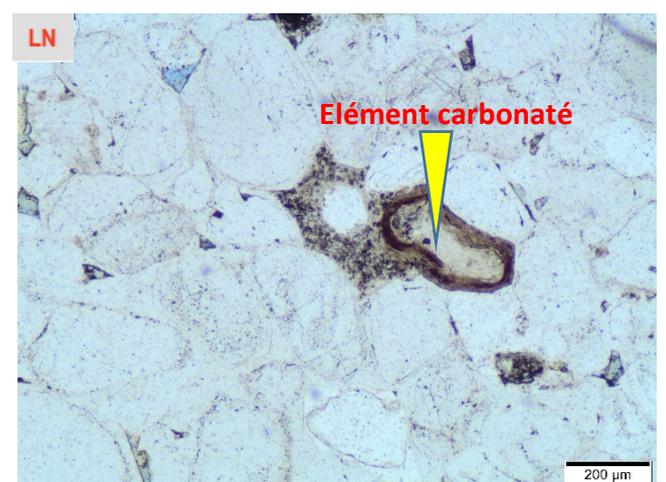


Photo n°05 : Puits ISB-4, carotte 01, profondeur 2023.50m.
Montre un élément carbonaté chloriteuses déformées et partiellement dissoutes.



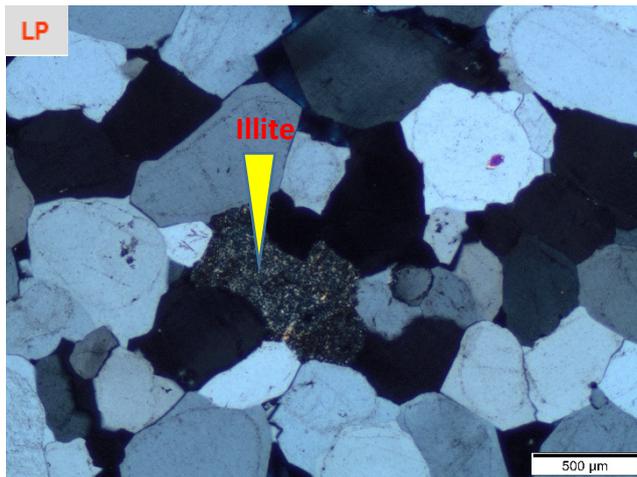


Photo n° 06 : Puits ISB-4, carotte 01, profondeur 2025.75m. Montre la présence de l'illite sous forme de remplissage des pores

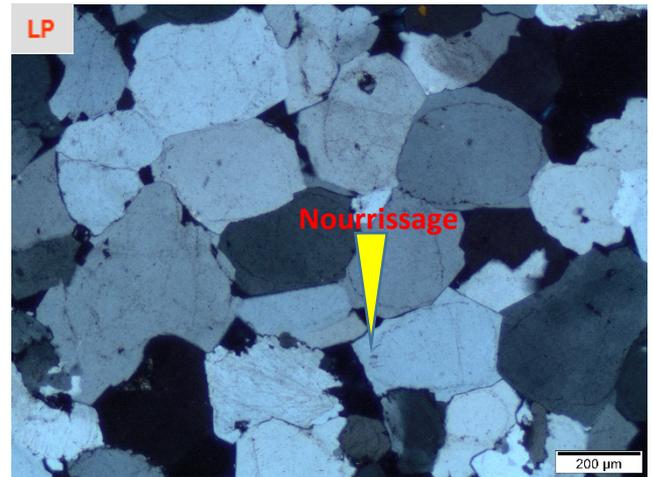


Photo n° 07 : Puits ISB-4, carotte 01, profondeur 2025.75m. Mise en évidence le développement des ciments secondaires de nourrissage

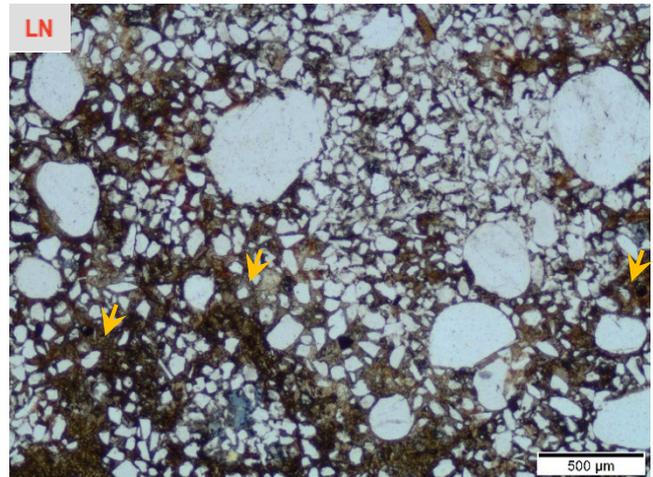
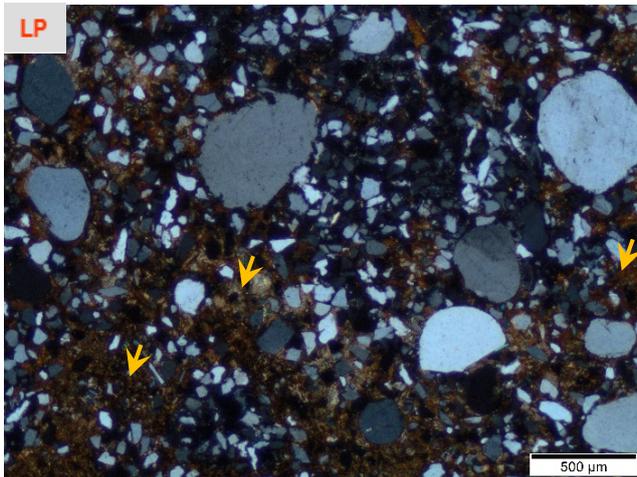


Photo n° 08 : Puits ISB-4, carotte 01, profondeur 1012.50m. Mise en évidence la précipitation du ciment carbonaté obstruant tout l'espace intergranulaire.

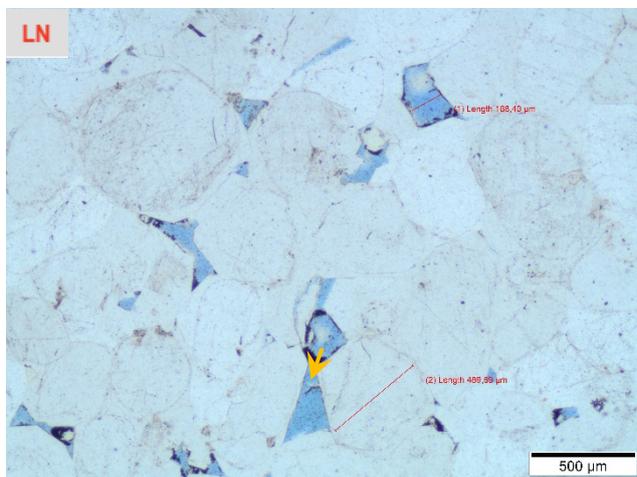


Photo n° 09 : Puits ISB-4, carotte 01, profondeur 2025.50m. Montre une porosité initiale.

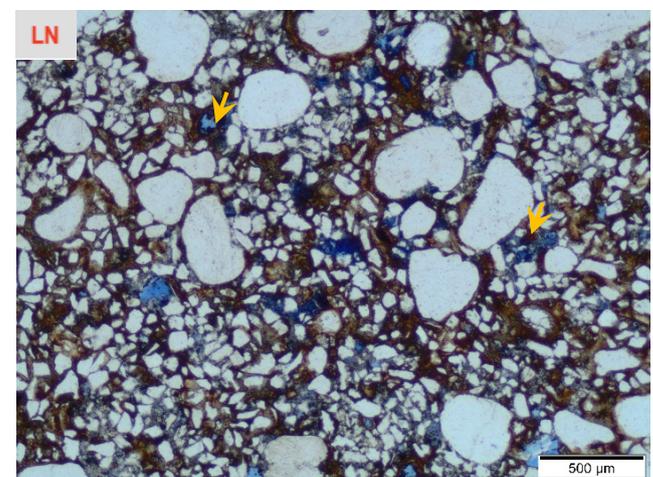


Photo n° 010 : Puits ISB-4, carotte 01, profondeur 1012.50m. Montre une porosité secondaire de dissolution

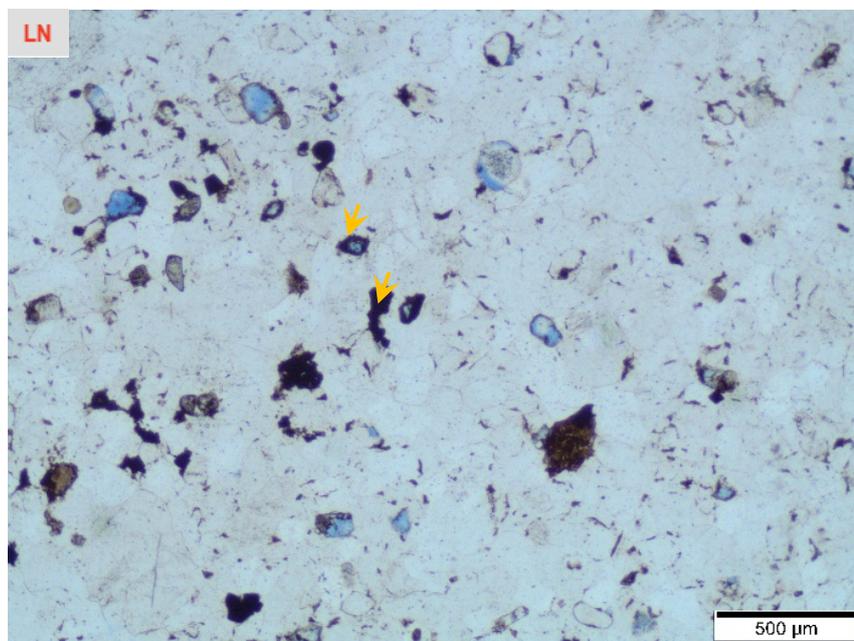


Photo n°11 : Puits ISB-4, carotte 01, profondeur 2025.75m.
Mise en évidence de la matière organique (bitume).

6-Pétrographie du puits ISB-5

6-1-Les éléments figurés

➤ Les grains de quartz

Les résultats d'observations au microscope optique polarisé des 10 lames minces du puits ISB-5 montre que les grains de quartz et l'élément majeur de ces faciès sont fins à moyens. Le classement de ces grains est variable et évolue de mal classé à bien classé a une distribution unimodale parfois bimodale. Leur morphoscopie est sub-anguleuse à sub-arrondie. Le diamètre du grain le plus grossier est de 2001 μm , tandis que le grain le plus petit est de 78 μm . Ces grains, présentent une texture droite tangentielle très abondante et des contacts ponctuels et parfois concavo-convexe et rarement suturés (**Ph 01&02, planche D**). Leur pourcentage total varie entre 68% à 90%, on note la présence de quartz stylolithiques dans la cote 1976.00, carotte 04.

Remarque : la lame mince 1965.75, carotte 04, et constituait essentiellement de deux faciès argilo-gréseuse, mais à dominances de l'argile avec une teneur de 96%(annexe 1 t4).

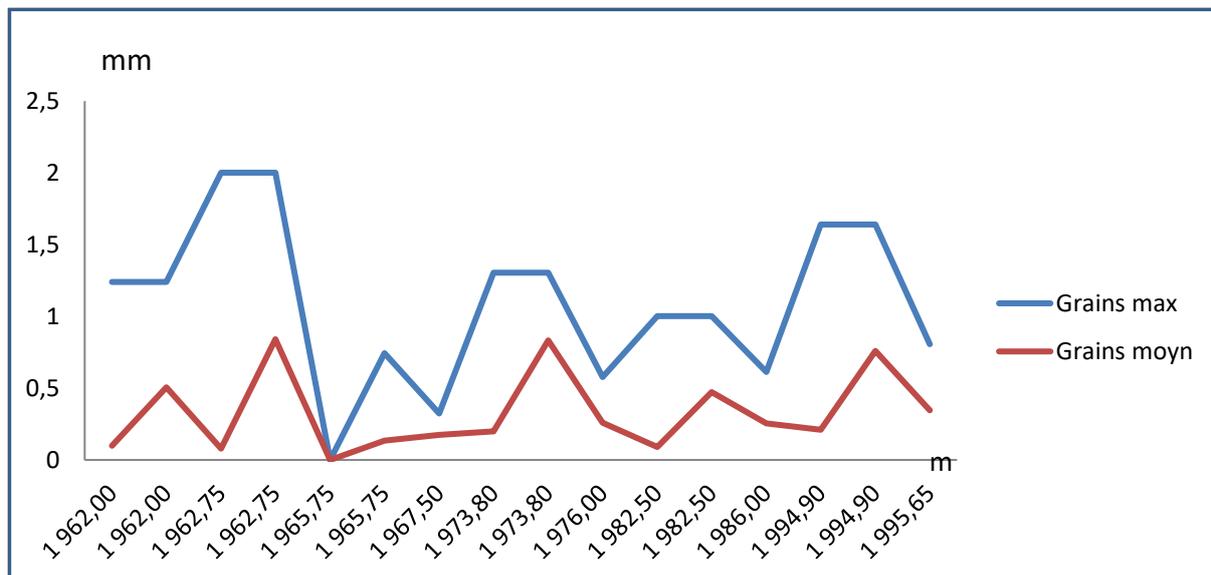


Figure. III.14: Log granulométrique du puits ISB-5

➤ Les micas

Dans les lames minces observées les micas sont représentés par la muscovite comme élément majeure et la biotite rarement.

La muscovite a des biréfringences vives dans le vert, bleu et marron. Sous forme de petites paillettes fines (**Ph 03, planche D**).

La biotite se présente sous forme de lamelles, d'une manière discontinue, en très faibles quantités. Le pourcentage total des micas et varie entre en terras et 3%, leur valeur maximal et localisé dans les cotes 1986.00m, carotte 05 et 1976.00m, 1965.75m, crotte 04, avec une teneur de 3%. (**Annexe 1 tableau N°4**).

➤ **Les feldspaths**

Les feldspaths sont généralement peu abondants dans presque toutes les lames minces étudiées. Ils sont présents avec des teneurs inférieures à 1%. Ils sont représentés surtout par des plagioclases (**Ph 04, planche D**), et parfois des feldspaths alcalins, atteignant souvent des stades avancés d'altération. Leur morphologie et leur diamètre sont sensiblement égaux à celles des grains de quartz détritiques.

➤ **Les minéraux lourds**

Les minéraux lourds sont représentés par, le zircon comme l'élément majeur dans le puits avec des quantités élevé.

La tourmaline (**Ph 05, planche D**), et aussi présent mais avec des teneurs faibles on constate leur présence dans quelques lames minces.

Le gauconene et rarement présent dans le sommet de puits dans la cote 1962.00, carotte 04.

➤ **Les débris de roches**

Les débris rocheux sont quasiment absents dans le puits. Mais on note leur présence dans la cote 1962.75, carotte 04, au sommet de puits avec un pourcentage faible 1% représenté par des débris argileux (**Ph 06, planche D**).

Remarque

Dans ce puits on constate la présence de l'argile détritique dans une seule lame à la cote 1976.00m, carotte 04 avec un pourcentage faible 1%.

6-2-Liants (ciment et minéraux)

➤ Les ciments argileux

Les observations au microscope optique polarisé et les résultats d'analyses de diffraction des rayons X (DRX) (**annexe tableau 8**), indiquent que les faciès étudiés sont composés des argiles authigènes qui sont absents à la base de puits et qui se retrouvent à partir de la cote 1982.50m, carotte 05, est représenté par :

Lillite qui se présente dans tous les lames minces c'est le ciment le plus abondant, avec des quantités importants elle se présente sous forme d'un liseré autour des grains de quartz (**Ph 07, planche D**).

Kaolinite et rarement présente, elle se localise dans quelques lames minces et elle se trouve en remplissage des pores primaires et en remplacement des grains de feldspaths potassiques altérés.

Ces ciments sont d'un pourcentage qui varie entre traces à 17%, et on constate la valeur maximale de 96%, dans la cote 1965.75mm, carotte 04.



Figure.III. 15 : Graphe minéralogique des minéraux argileux du puits ISB-5 réalisé d'après le tableau N° 8 (annexes1) des résultats de (DRX)

➤ **Les ciments carbonatés**

Les observations au microscope optique combinées avec les résultats des analyses par diffraction des rayons X (DRX) (**annexe tableau N°8**), ont montré que les carbonates constituent un ciment des grès étudiés. Ils sont représentés par la sidérite, avec des proportions qui sont variable de tracs à 7% et leur valeur maximale 7% et localisé dans la cote 1976.00m, carotte 04.

Le ciment sidéritique se présente soit sous forme de petites plages éparses ou en larges plages occupe parfois tout l'espace intergranulaire.

➤ **Le ciment siliceux**

Le ciment siliceux représente par le nourrissage uniquement dans ce puits, considéré comme ciment accessoire, elle présent dans toutes les lames minces, avec des pourcentages qui varie des tracs à 6%.

La silice elle se présente sous forme d'auréoles de croissance en continuité optique répartie de façon inégale sur les bordures des grains détritiques et est souvent marqué par une ligne d'impuretés (**Ph 08, planche D**).

➤ **La pyrite**

La pyrite et rarement présent dans la base de puits entre les intervalles, 1994.90m, carotte 06 et 1976.00m, carotte 04, mais elle attient une valeur de 1% au niveau 1995.65m, carotte 06.

La pyrite se localise dans les vides primaires intergranulaires, au dans les vides de dissolution et par fois au tour de la matière organique.

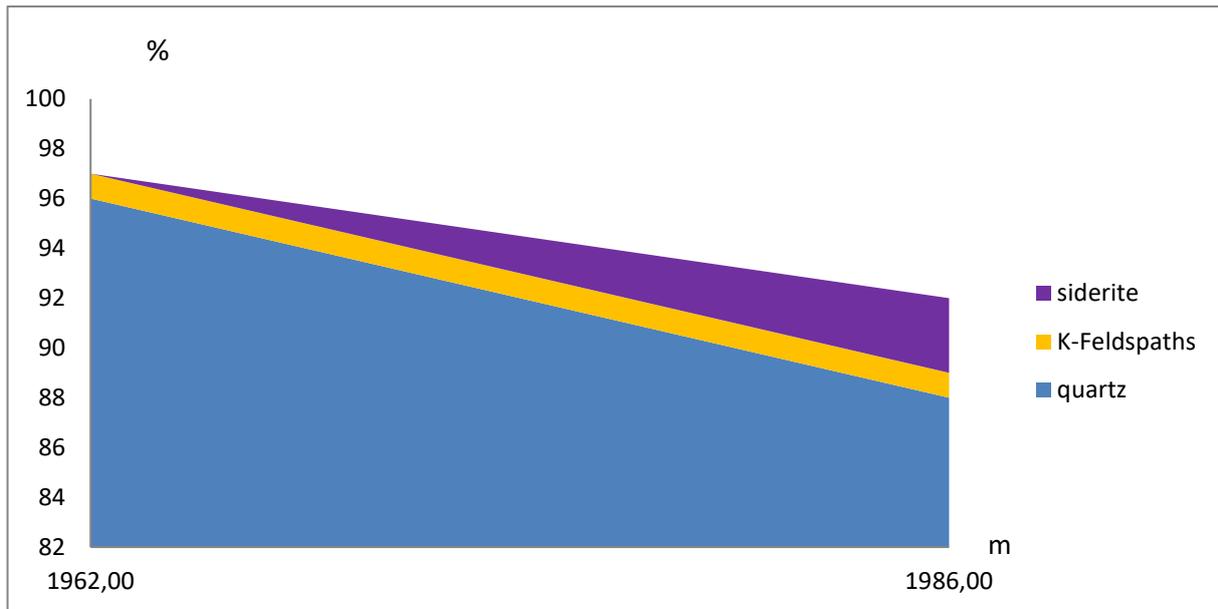


Figure. III.16 : Graphe minéralogique des minéraux non argileux du puits ISB-5 réalisé d'après le tableau N° 8 (annexes1) des résultats de (DRX)

6-3-La matière organique

Il s'agit de la matière organique amorphe. Elle est absente dans toutes les lames minces de ce puits à l'exception de la cote 1967.50m, carotte04 où on constate sa présence en traces, du fait que elle mal préservé, elle se présente en remplissage total des pores primaires.

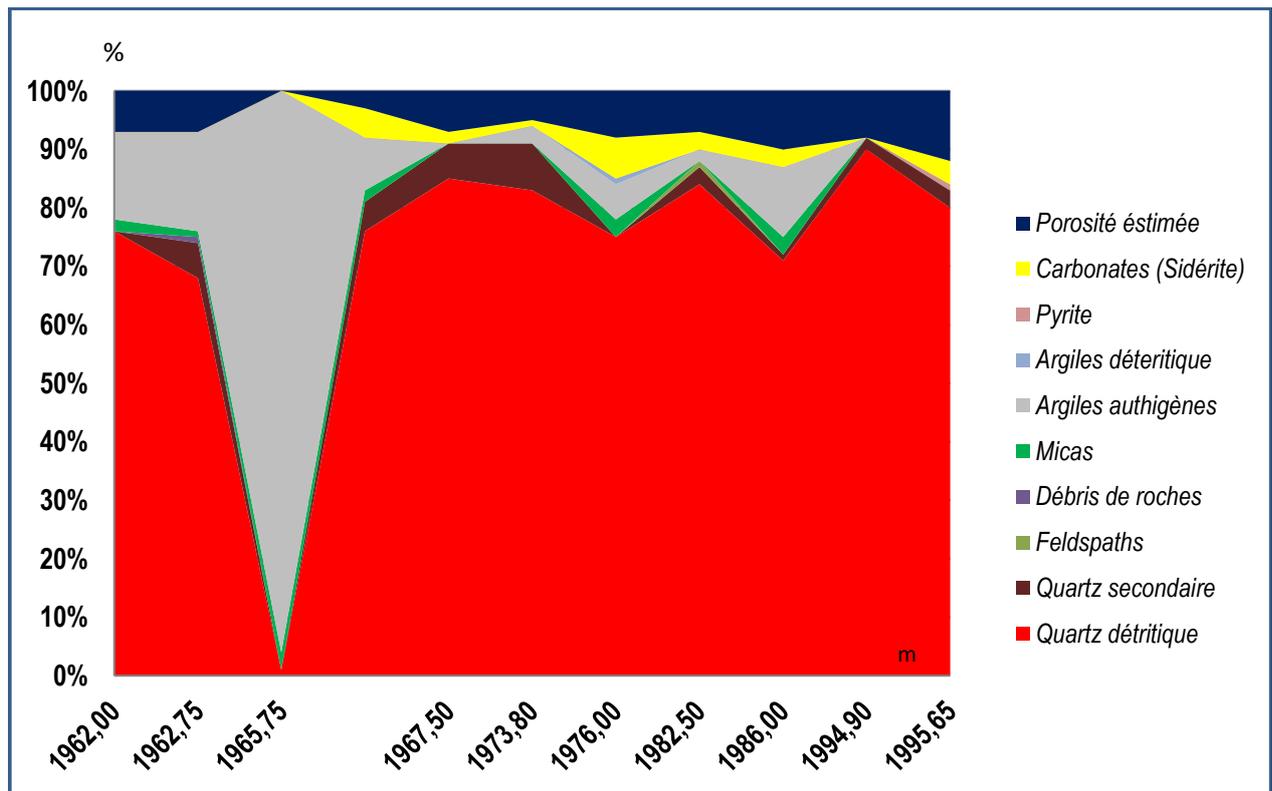


Figure. III.17: Graphe pétrographique synthétique du puits ISB-5

6-4-La porosité

L'analyse pétrographique sous microscope optique polarisée de toutes les lames minces a mis en évidence une porosité moyenne, variant de 1 à 12%, avec la meilleure valeur enregistrée à la base de puits dont la valeur maximale est de 12 % dans la cote 1995.65m, carotte 06.

Cette porosité est matérialisée, en grande partie, par une porosité secondaire (de dissolution) issue de la dissolution des ciments siliceux et des éléments détritiques instables tels que les feldspaths... (**Ph 10, planche D**) et une porosité primaire qui occupe les intergranulaires indiquant une existence antérieure.

On note la présence d'une porosité de fracturation dans la cote 1973.80m, carotte 04 celle-ci est issue de la micro fracturation ouverte et semi ouverte due probablement aux contraintes tectoniques qui ont affecté la formation (**Ph 09, planche D**).

PLANCHES (D) PHOTOS MICROSCOPE OPTIQUE

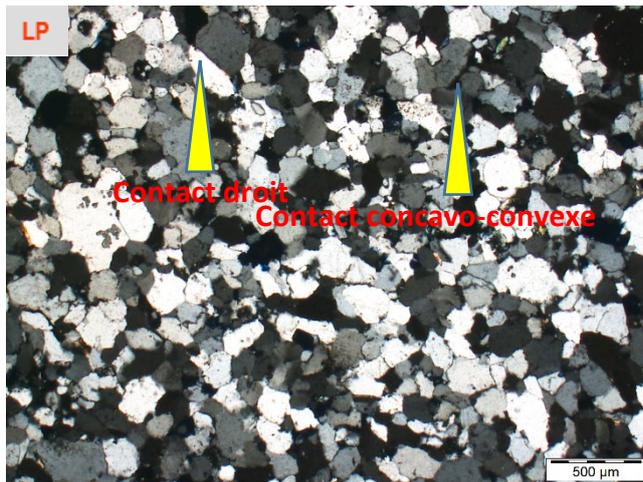


Photo n°01 : Puits ISB-5, Carotte05 Profondeur 1982.55m.
Facies globale montrant un gré fin, moyennement classé, sub anguleux à sub arrondis, unimodal, les contacts droits et concavo-convexe.

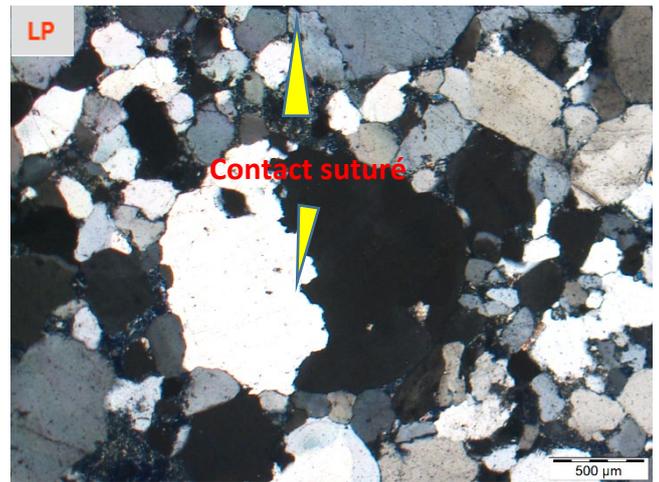


Photo n°02 : Puits ISB-5, Carotte 05, Profondeur 1988,00m.
Vue globale d'un gré moyen, mal classé, arrondis sub anguleux, bimodale, montre les contacts suturés.



Photo n°03 : Puits ISB-5, Carotte04, Profondeur 1965.75m.
Montre la présence des micas (moscovite).

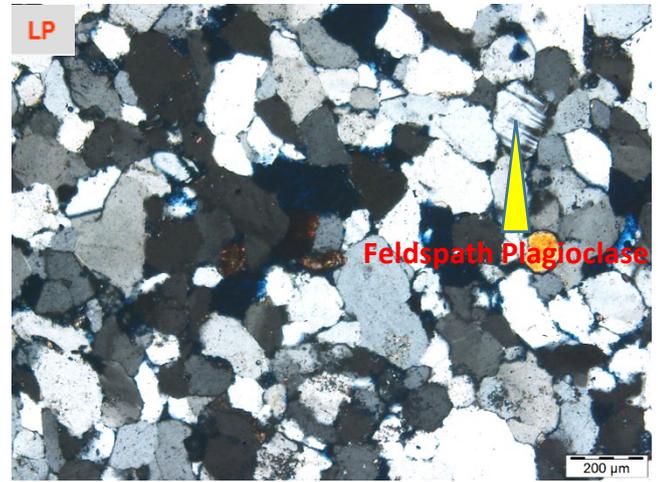


Photo n°04 : Puits ISB-5, Carotte06, Profondeur 1995.65m.
Montre la présence des feldspaths (Plagioclase).

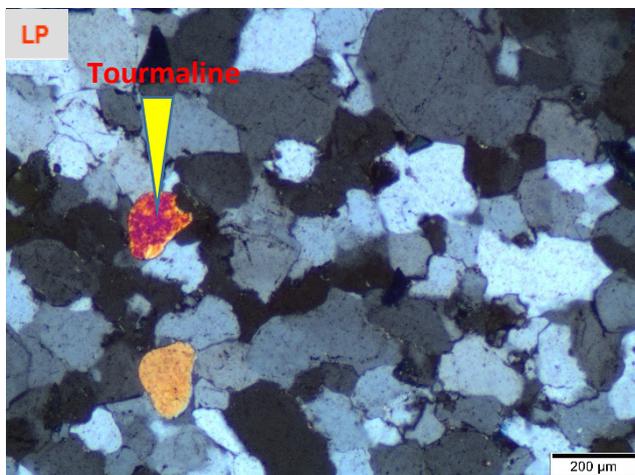
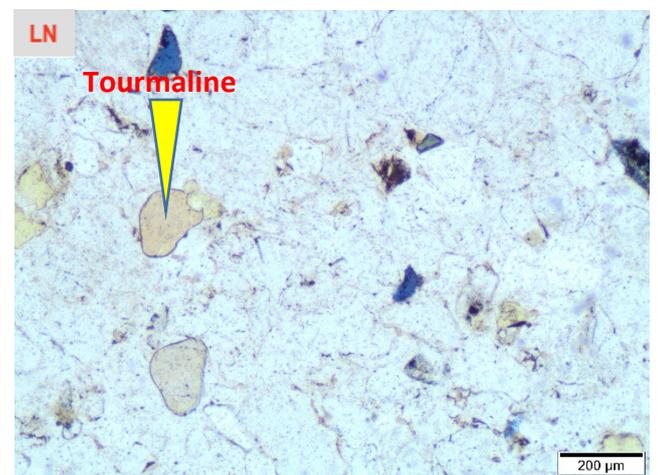


Photo n° 05 : Puits ISB-5, carotte 04, profondeur 1962.75m.
Montre Présence de minéraux lourds (tourmaline).



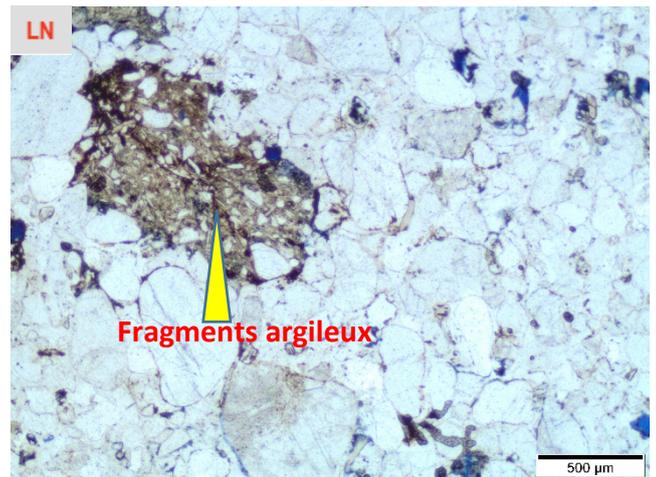
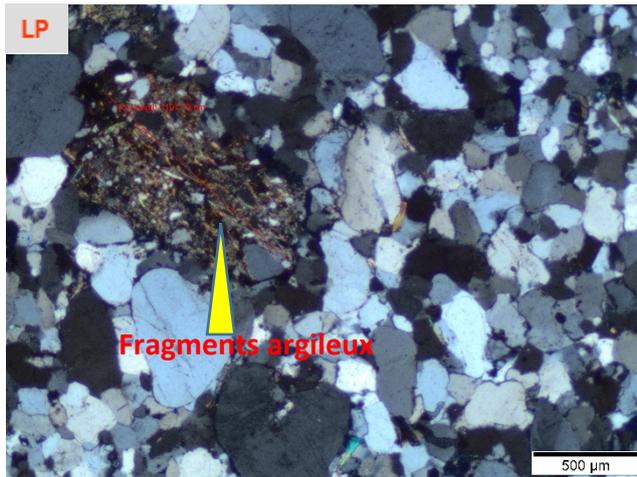


Photo n° 06 : Puits ISB-5, carotte 04, profondeur 1962.75m.
Grès moyen avec une distribution unimodale, mal classé. Montrer la présence de fragments argileux.

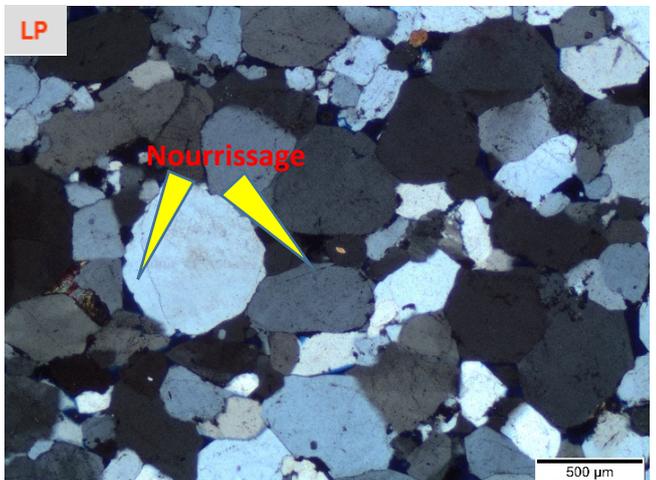
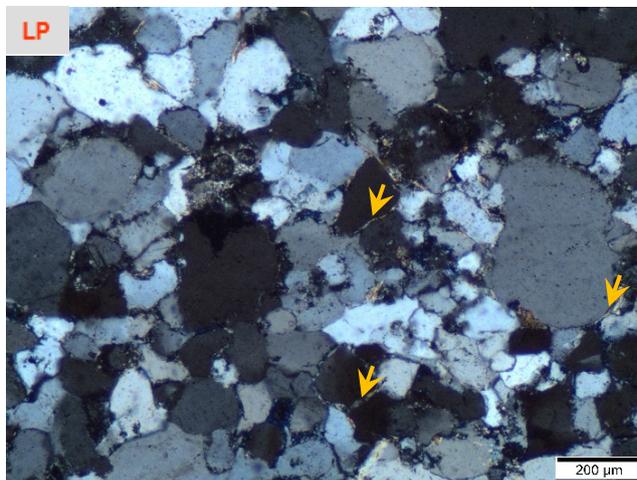


Photo n° 07 : Puits ISB-5, carotte 01, profondeur 1962.75m.
Montre l'illite sous forme d'un liseré autour des grains de quartz.

Photo n° 08 : Puits ISB-5, carotte 06, profondeur 1994.90m.
Mise en évidence du développement d'un ciment siliceux de nourrissage

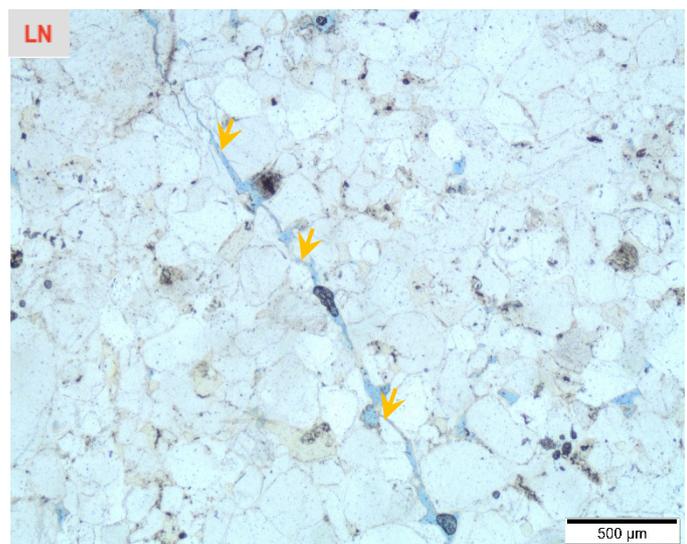
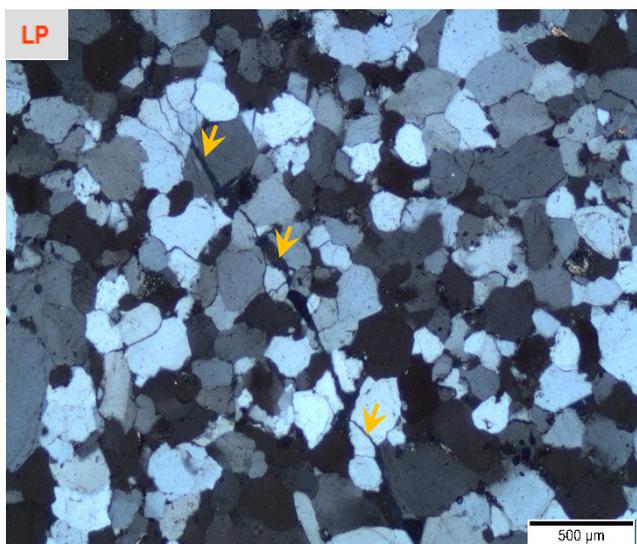


Photo n° 09 : Puits ISB-5, carotte 04, profondeur 1973.80m. Montre porosité secondaire fissurale (Fissure ouverte).

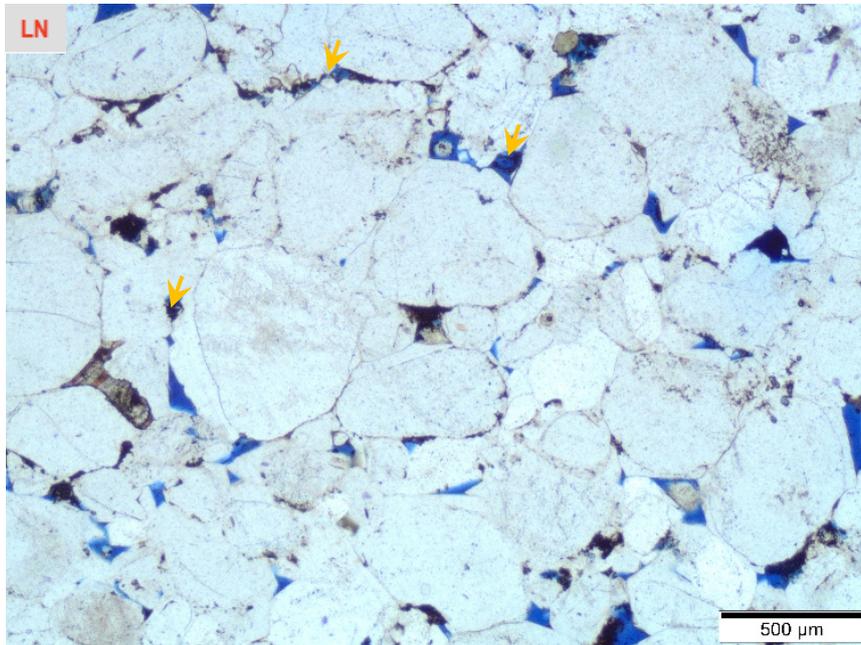


Photo n° 10 : Puits ISB-5, carotte 04, profondeur 1973.80m.
Montre la porosité secondaire de dissolution (dissolution du ciment siliceux).

7-Résultats de l'analyse minéralogique de tous les puits

Les résultats (voir les tableaux N° 5, 6, 7 et 8 en annexe) étant semi quantitatifs donnent une idée sur l'évolution relative des phases minéralogiques rencontrées. La somme des pourcentages des minéraux non argileux est donnée par rapport à la roche totale. Ainsi, le complément à 100% de cette somme représente la fraction argileuse et les indosés (voir colonne « % des argiles+ Indosés » dans le tableau des résultats). On entend par indosés, les phases amorphes et les phases minéralogiques présentes en quantités inférieures aux seuils de détection de la DRX (de 1 à 5% en fonction de la nature du minéral et de la matrice de l'échantillon). Ces analyses ont révélé que les échantillons sont principalement composés de quartz avec un taux de 78 et 98%, secondairement, par les feldspaths (plagioclases, orthoclases) d'une manière sporadique et en traces par les carbonates (calcite, dolomite et sidérite). On note aussi la présence en traces de l'anatase, de la pyrite et du gypse pour les échantillons du puits ISB-3. Le cortège des minéraux argileux varie entre 2 et 16%, et il est pratiquement composé d'illite et d'interstratifiés irréguliers de type illite-smectite.

Remarque

L'analyse minéralogique par diffractométrie des rayons X ne porte que sur la partie cristallisée de l'échantillon et dans les limites de détection de cette technique d'investigation, la phase amorphe échappe donc à cette technique.

L'analyse minéralogique par DRX est estimative et le but n'est pas de donner une indication sur les proportions exactes des minéraux, mais de donner une indication comparable pour divers échantillons.

Synthèse de l'étude des puits

ISW-3 : la granulométrie des grains est moyenne à fine, a conduit vers la réduction de l'espace inter-granulaire, tandis que la morphoscopie arrondie des grains et le fort taux de compaction ont réduit la porosité primaire du ce puits.

Les minéraux argileux dans ce puits sont généralement l'illite, par la transformation des argiles détritiques indiquant un milieu de dépôt peu profond et calme.

La matière organique est rare dans ce puits car elle est mal conservée.

ISB-3 : les grains sont moyens à fins moyennement classés et l'espace inter-granulaire (porosité) est important du fait de leur morphoscopie subanguleuse. La compaction dans ce puits est faible, ce qui permet d'avoir une bonne qualité de réservoir.

Les argiles sont de type illite généralement due à la transformation de la montmorillonite.

La matière organique dans les niveaux supérieurs du puits est présente mais en faibles quantités.

ISB-4 : la granulométrie des grains est grande (grossière) et leur classement est variable. La morphoscopie est subanguleuse, elle favorise une porosité primaire remarquable.

Les argiles sont représentées par l'illite et le chlorite qui sont issues de l'altération des micas en chlorite et de la transformation des argiles détritiques en illites par la déshydratation.

La matière organique est rarement présente dans ce puits du fait de sa mauvaise préservation due probablement à la vitesse d'enfouissement.

ISB-5 : La granulométrie des grains est fine à moyenne à classements variables, la morphoscopie sub-anguleuse à sub-arrondie ainsi que la compaction élevée réduit considérablement l'espace la porosité primaire).

Les argiles sont représentées par l'illite en grande quantité. Ceci est du à la transformation des argiles détritiques dans ce puits, ce qui indique un milieu assez profond et calme.

La matière organique est présente avec des quantités très faibles ce qui témoigne une très forte oxydation et un taux d'enfouissement lent.

- Tout le réservoir ordovicien supérieur ; unité IV est affecté par une forte compaction et par des précipitations chimiques de silice secondaire, d'oxyde de fer et de carbonates qui ont détruit les réseaux poreux des puits étudiés. Bien qu'il existe certains phénomènes diagenétiques comme l'altération et la dissolution ainsi que les fracturations qui améliorent la porosité secondaire des puits, mais elle reste vraiment négligeables.

8-Conclusion

Les résultats d'analyses pétrographiques et minéralogiques, montrent que les échantillons de l'unité IV de l'Ordovicien supérieur dans le Sud-Ouest du bassin d'Illizi (puits ISW-3, ISB-3, ISB-4 et ISB-5) sont constitués de faciès gréseux, composés de grains de quartz comme éléments majeur, et des micas (muscovite principalement et la biotite), de feldspaths (plagioclase en générale et des alcalins rarement), et accessoirement de minéraux lourds

(représenté principalement par le zircon et la tourmaline et rarement par le leucoxene), et les oolithes Elles sont présentes uniquement dans les puits ISB- 3 et ISB-4, et les débris de roches, les plus abondant sont d'origine sédimentaire. Ce sont des lithoclastes (argileuse, silteuse et rarement carbonatée.). Ces éléments détritiques sont liés les uns à autres par des ciments argileux (illite en grande proportion, la kaolinite et le chlorite qui sont rare voire absents), ciments carbonatés représenté essentiellement par la sidérite et des ciments siliceux (nourrissage en grande proportion et rarement des ciments intergranulaire). Avec des minéraux accessoires talque la pyrite, oxyde du fer et le Glauconie rarement localisé uniquement dans le puits ISW-3. Le réseau poreux est relativement faible à moyenne qui est matérialisé, en grande partie, par une porosité secondaire (de dissolution) et parfois d'origine secondaire primaire et rarement fissurale (secondaire) est observée au niveau d'un seul échantillon dans le puits ISB-5.

II-ETUDE DIAGENETIQUE

1-Introduction

La description de 52 lames minces au microscope polarisant ainsi que les données de la diffractométrie aux rayons X (**présentés dans un tableau récapitulatif en annexe les tableaux N° 5, 6, 7 et 8**) ont permis de déterminer des modifications diagenétiques variées ; certaines se sont manifestées précocement après le dépôt du sédiment et d'autres plus tard au cours de l'enfouissement.

Ce chapitre est axé sur la détermination des principaux phénomènes diagenétiques observés, que nous exposerons en détail. Nous tenterons ensuite d'établir une chronologie des phénomènes qui ont marqué la région.

Enfin, nous préciserons les propriétés pétrophysiques des deux puits étudiés, ainsi que l'influence de la diagenèse sur les qualités réservoir.

2- Rappels sur la notion de diagenèse

2-1-Définition de la diagenèse

La diagenèse représente l'ensemble des processus physiques, chimiques ou biologiques qui permettent la transformation du sédiment meuble en une roche dure.

La zone de la diagenèse occupe une place dans le grand cycle géologique entre la sédimentation et le métamorphisme. Elle reflète un moment dans l'histoire d'un sédiment. Cette zone de l'écorce a été subdivisée par (Choquette et Pray, 1970), en trois (3) zones contiguës aux limites ambiguës où les minéraux argileux présentent une évolution continue (**Fig. III.18**).

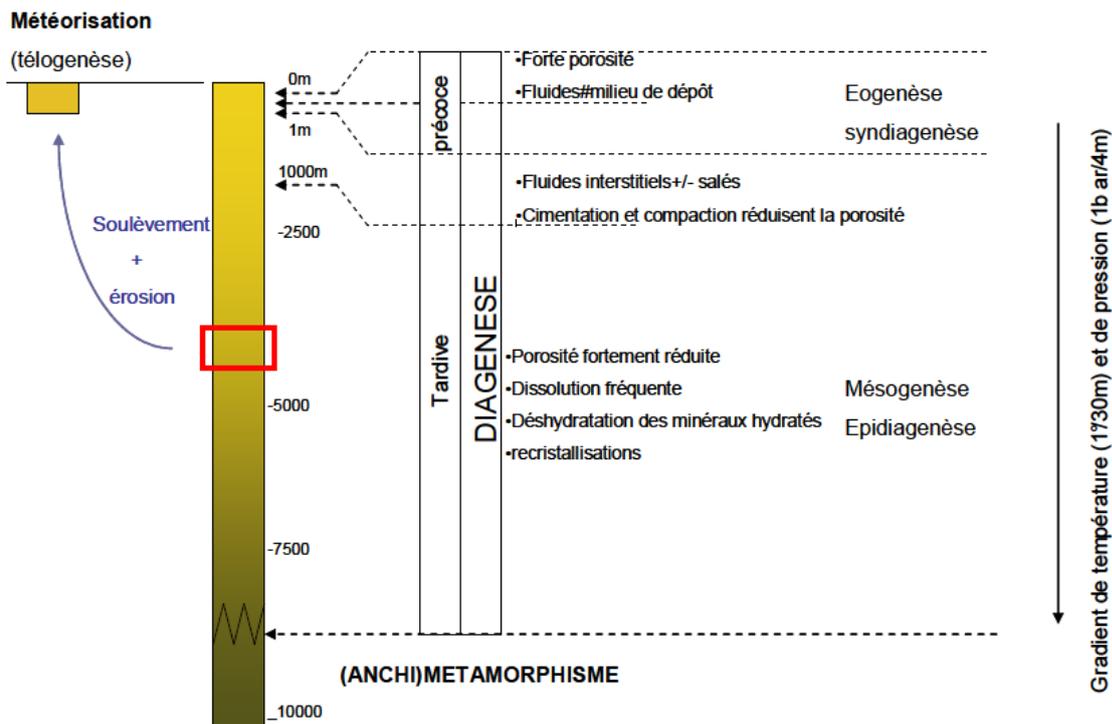


Figure. III.18 : Les différents stades de la diagenèse en fonction de la pression et de la température (Cojan et Renard 2006).

2-2- Définition des zones de la diagenèse et les différents stades diagenétiques et leur correspondant

D'après (Choquette et Pray, 1970) on a : (Fig. III.19)

- Zone éodiagénétique, où a lieu la diagenèse précoce.
- Zone mésodiagénétique, où a lieu la diagenèse moyenne et tardive.
- Zone télodiagénétique, où a lieu la diagenèse régressive.

➤ Zone éodiagénétique (Fig. III.19, A)

L'épaisseur de cette zone ne dépassant pas généralement les dizaines de mètres, elle correspond aux conditions du milieu de dépôt, où le chimisme des eaux interstitielles est fondamentalement contrôlé par l'environnement de surface avant tout enfouissement effectif.

Les limites de ce domaine sont :

- La limite supérieure : elle correspond à l'interface eau-sédiment.
- La limite inférieure : elle est définie comme le moment où débute la lithification, accompagnée d'une perte de 50% des eaux.

-La diagenèse précoce

Dans le milieu de la diagenèse précoce, les particules sont immobilisées et la porosité est importante favorisant ainsi la circulation des solutions interstitielles chargées en substances dissoutes assurant de ce fait les concrétions, ségrégations, imprégnations... etc.

(Dapples E, 1962) distingue deux stades :

- Stade initial.
- Stade d'enfouissement.

❖ Stade initial

Il caractérise les premiers centimètres, où l'on remarque d'une part, l'augmentation de la pression partielle du CO₂ due à l'activité bactérienne, et d'autre part la diminution d'O₂, matière organique et le PH (de 8 à 6.5) favorisant ainsi un milieu acide.

❖ Stade d'enfouissement

Il correspond à la limite inférieure de cette phase où l'expulsion progressive des eaux est accompagnée par l'apparition des bactéries anaérobiques qui libèrent le H₂S, permettent l'augmentation du PH. (Dapples, E 1962). Les réactions de ce stade sont essentiellement à double sens d'oxydation et de réduction.

Remarque

Les actions biochimiques et physico-chimiques caractérisant le domaine de diagenèse précoce ne vont pas interrompre l'évolution des minéraux argileux (essentiellement la dégradation du chlorite) qui, déjà débute dans le milieu de sédimentation et se poursuit dans ce milieu diagénétique précoce.

➤ Zone mésodiagénétique (Fig. III.19, B)

D'épaisseur dépassant les centaines de mètres, elle correspond à l'intervalle de profondeur où agissent les processus diagénétiques liés à l'enfouissement dans cette zone où se réalisent :

- La diagenèse moyenne.
- La diagenèse tardive.

❖ La diagenèse moyenne

L'enfouissement important induit une diminution de la porosité qui permet toujours une circulation des eaux de nature géochimique très diverses (marine et météorique). Ces eaux vont lessiver certains éléments et en concentrer d'autres, cette circulation aisée va être à l'origine des transformations réversibles qui vont causer :

-Les dissolutions.

- Les néoformations.

-Les recristallisations.

❖ La diagenèse tardive

Les bassins étant fortement chargés, l'enfouissement devenant très important va provoquer une migration ascendante des fluides vers le haut ou vers les côtes du bassin, suivi d'une diminution de la porosité qui est à l'origine de l'arrêt de la circulation des fluides. Ces derniers vont de ce fait se confiner fortement et favoriser les transformations irréversibles des minéraux argileux, celles-ci sont d'autant plus élevées que le confinement s'accroît sous l'effet de :

-La température élevée qui est l'origine des fortes solubilités et donc de la dissolution des grains de quartz et feldspaths.

- La pression élevée : on a

- Pression hydrostatique qui provoque la recristallisation.
- Pression lithostatique qui provoque l'expulsion des eaux d'où l'instabilité des minéraux argileux hydrates (Ex La kaolinite en milieu acide se transforme en dickite. En milieu alcalin, détruite et contribue à nourrir les argiles (chlorite, Illite).

➤ Zone télodiagenétique (Fig. III.19, C)

Elle correspond à la tranche de sédiments surélevée (soulèvement tectonique près de la surface du sol, dans les niveaux où commence l'altération superficielle (physique ou chimique).

-Diagenèse régressive

Les nouvelles conditions oxydantes de la surface de l'écorce et la circulation profonde et descendante vers le bas et vers le centre du bassin des fluides (eaux météoriques en milieu vadose chargées en gaz) entraîne une modification de la composition chimique des eaux qui provoquent des transformations par dégradation des silicates de profondeurs. Par conséquent, on aura :

- La chloritisation des ferro-magnésiens.

- L'Illitisation des micas
- Séricitisation des feldspaths.

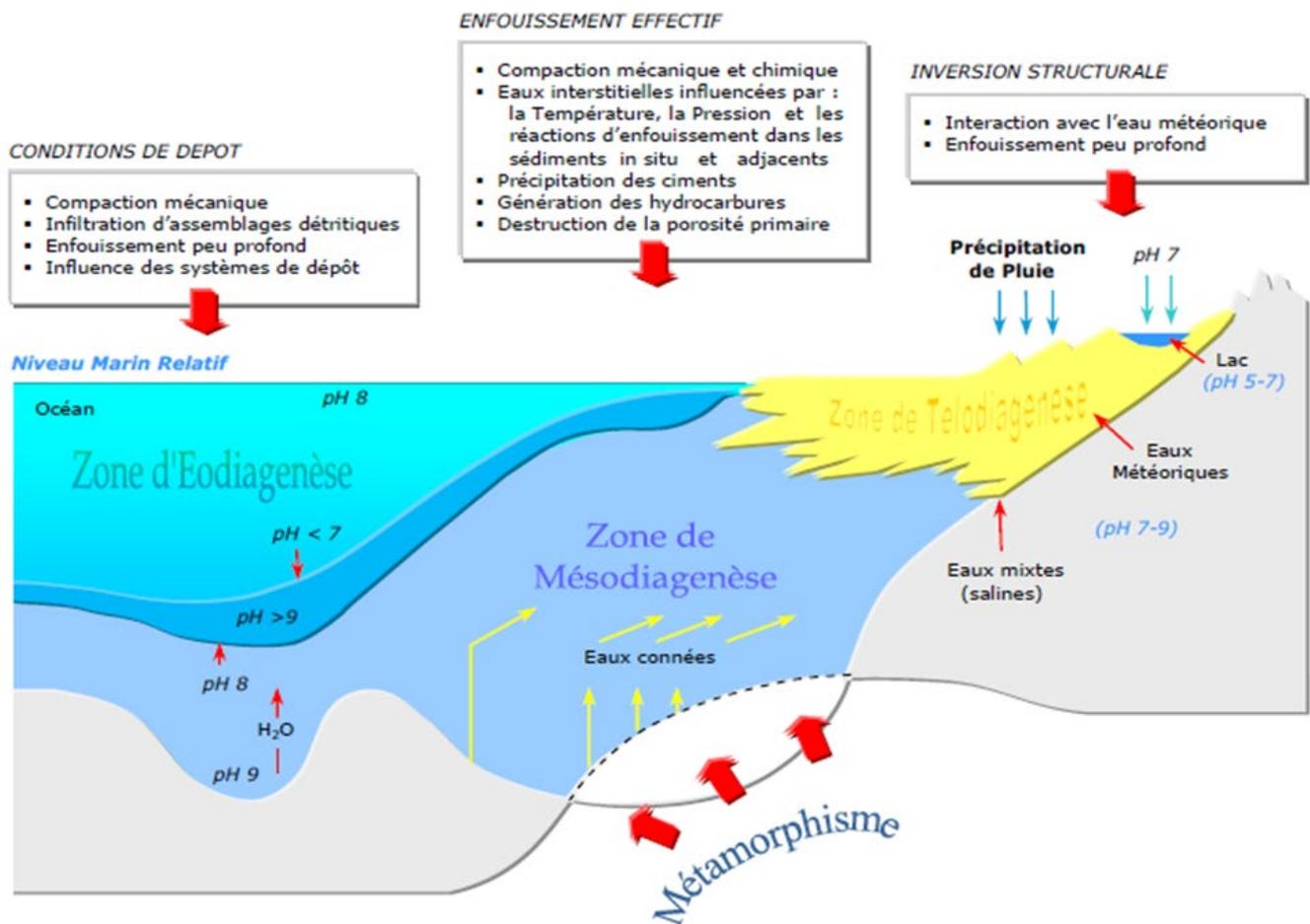


Figure. III.19 : Profil idéalisé d'une marge continentale montrant les sites sédimentaires marins et les trois phases de diagenèse : (A) diffusion durant l'éodiagenèse, (B) mouvement de fluides ascendants durant la mésodiagenèse, (C) mouvement de fluides descendants durant la télodiagenèse (Serra ; 2003, Burley et Worden ; 2003).

2-3- Mécanisme de la diagenèse

A-Compaction : (Fig. III.20) Au cours de l'enfouissement, sous l'effet du poids des sédiments sous-jacent et en fonction du temps, la compaction se traduit par un réarrangement des particules qui s'interpénètrent contribuant à la réduction du réseau poreux originel, et à

l'augmentation de la densité. La compaction est à l'origine de l'expulsion des fluides interstitiels, et de développement de la fracturation et des stylolithes.

B-Cimentation : (Fig. III.20, A) Elle sous-entend un colmatage des espaces intergranulaires, par une précipitation formant le ciment de nature variable, dont l'origine serait soit les éléments constituant les fluides interstitiels, soit le sédiment lui-même. La nature du ciment est liée à la saturation des fluides interstitiels et aux conditions liées aux chimismes des eaux et du milieu. La cimentation entraîne une détérioration des qualités réservoirs.

C- Dissolution : (Fig. III.20, C) Elle contribue à l'amélioration des propriétés pétrophysiques. C'est un phénomène antérieur à la cimentation, sous l'effet de certaines conditions de pression et de la température : Les éléments en présence se trouvent en déséquilibre avec les fluides interstitiels, d'où rupture de l'équilibre chimique qui provoque cette dissolution.

D- Recristallisation : (Fig. III.20, B) Elle correspond à un accroissement de la taille de certains grains, ce phénomène est fréquent dans les roches chimiques et biochimiques (Berra, 1985), cette modification de la taille des cristaux sans modification minéralogique exige une augmentation du gradient géothermique.

E-Néogenèse : (Figure. III.20, D&B) C'est un processus par lequel un minéral prend la place d'un autre, par remplacement minéralogique avec la conservation de la texture initiale (ex : micas + argile anhydrite gypse).

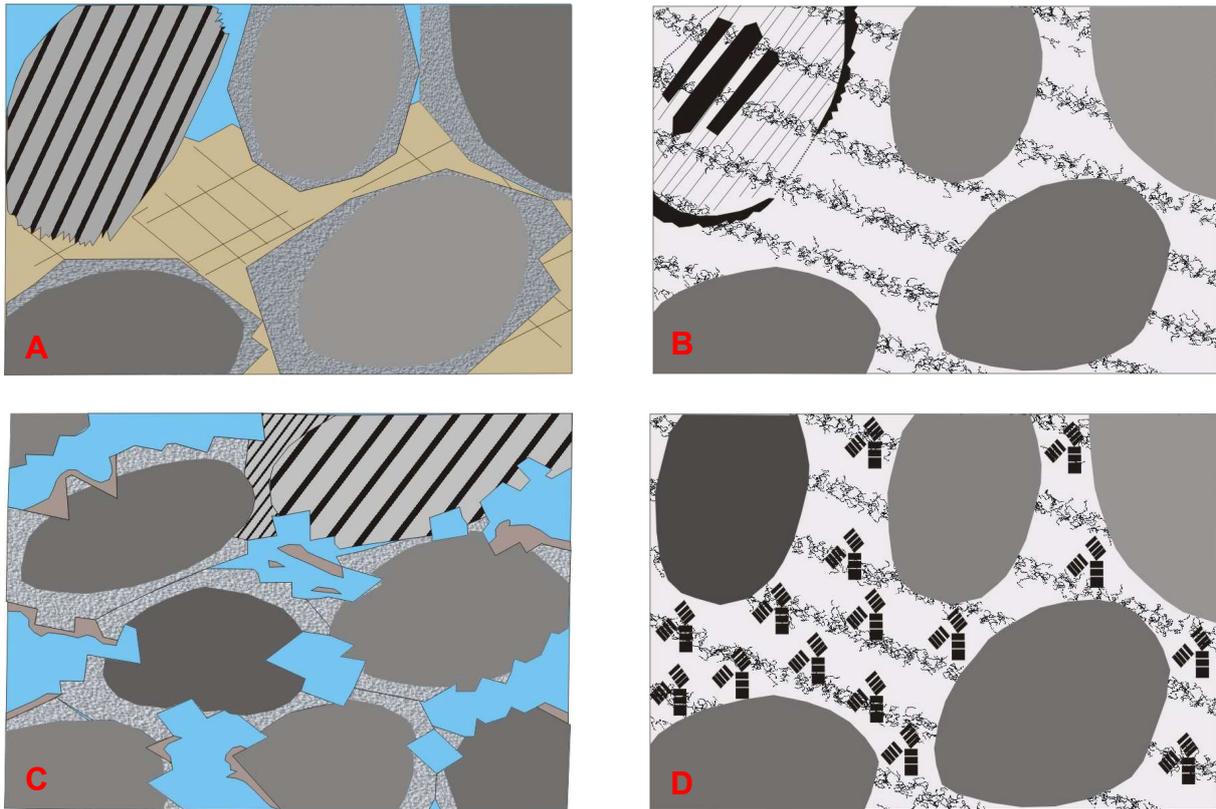


Figure. III.20: Schéma montrant les différents mécanismes de diagénèse. (A) cimentation siliceuse+ ciment albite+ précipitation de la calcite. (B) remplacement du feldspath par la kaolinite. (C) Corrosion et dissolution des carbonates. (D) la dickitisation de la kaolinite.

2-4-Evolution diagénétique

L'évolution diagénétique d'un sédiment est le résultat d'un ensemble de processus complexes. Elle semble dépendre principalement des factures suivantes :

- La texture, la composition minéralogique, et géochimique du sédiment initial.
- L'histoire d'enfouissement (évolution des conditions de pression et température).
- L'enrichissement ou appauvrissement en composants minéralogiques par l'intermédiaire, soit du flux des fluides chargés en éléments peuvent parcourir des milliers de km, soit des sécrétions in situ dans les micro- environnements où les roches compactes sont imperméables aux flux des fluides.

Par ailleurs le problème majeur dans l'étude diagénétique d'un sédiment est d'arriver à distinguer les minéraux authigènes à celles des minéraux détritiques et de hiérarchiser dans le temps.

3-Phénomènes diagenétiques affectants les puits ISW-3, ISB-3, ISB-4 et ISB-5

Les résultats de description de 52 lames minces au microscope optique polarisant, des analyses aux X(DRX) (**annexe les tableaux N° 5, 6, 7 et 8**), ont permis d'identifier plusieurs phénomènes diagenétiques, certains se sont manifestés de façon précoce, juste après le dépôt des sédiments et d'autres plus tardifs au cours de l'enfouissement :

3-1-Mise en place des éléments détritiques et des argiles

Pendant le dépôt du sédiment, les grains détritiques mise en place se sont cimentés par des argiles détritiques de type illite et montmorillonite. Ce cortège argileux s'est développé en majeure partie dans l'espace intergranulaire et /ou tours des grains.

3-2-Revêtement argileux ou ferrifère des grains de quartz détritiques

Après le réarrangement des grains et avec le début de la compaction en provoquant une faible pression et expulsions des fluides de sédiments elle va annoncer le revêtement des grains (**Ph N°01, Planche E**) et une partie de la porosité initiale va ce détruite à ce stade.

3-3- la compaction mécanique de sédiment

La compaction mécanique s'annonce juste après les premiers stades d'enfouissement sous l'effet de la pression lithostatique de la colonne stratigraphique, plus ou moins intense, matérialisée par l'interpénétration des grains en contacts droits à concavo convexes et parfois suturés, qui a fortement réduit l'espace intergranulaire dans les échantillons étudiés (**Ph N°02, Planche E**), et qui a provoqué des petites ouvertures (Microstylolithes) soulignées par des argiles (**Ph N°03, Planche E**).

3-4-La silicification (nourrissage)

L'analyse pétrographique des différents échantillons du différents puits montre que la silicification est abondant et omniprésent dans tous les intervalles étudiés avec des proportions assez importantes pouvant atteindre 18%. Il est représenté par la silice de nourrissage secondaire.

D'une part, le ciment siliceux de nourrissage se déposée durant les premiers stades de la diagenèse, est répartie de façon inégale sur les bordures des grains détritiques et est souvent marqué par une ligne d'impuretés (**Ph N°04, Planche E**). Leur origine probable liée à :

- L'altération des micas et des feldspaths.
- La circulation des eaux riches en SiO₂.

3-5- Transformation des argiles en illite

L'illite est très répandue dans toutes les lames étudiées. Qui sont déduit suit à l'analyse pétrographique compléter par les résultats de la diffractométrie des rayons X(DRX).

Le passage de la montmorillonite (anaxe 2) en illite est très probable dans les faciès riches en illite, il est favorisé par la déshydratation des argiles en fonction de la profondeur en suivant l'itinéraire : **montmorillonite → Illite-montmorillonite → illite**

Cette déshydratation se fait en trois étapes en fonction de l'enfouissement :

- Expulsion de l'eau des pores. L'eau liée aux argiles (30% environ) est en position interfoliaire, où elle est formée en couche biomoléculaire.
- Expulsion de l'une des deux couches d'eaux interfoliaires.
- Expulsion de la dernière couche d'eau. Elle est très lente et dépend de plusieurs conditions géologiques.

3-6-Précipitation des carbonates

Les résultats des analyses pétrographiques et ceux de la diffraction des rayons X indiquent que

Le ciment carbonaté dont le taux est variable (20 %) (Anaxe1), est présent dans la majorité des analysés et est constitué essentiellement de sidérite et accessoirement par la dolomite et la calcite.

La sidérite il est développé dans l'espace intergranulaire et de dissolution (**Ph N° 05, Planche E**).

La dolomite se présente dans les grès.

Ces ciments sont issus de la transformation de la calcite, provoquée par la circulation d'eaux riches en CaCO_3 sous des pressions et des températures élevées.

3-7- Altération des micas (Biotite)

Dans les lames analysées, les micas sont représentés en grand proportion par la muscovite et la biotite.

L'altération de ces micas se fait à faible température. Il s'agit d'une hydrolyse qui conduit à la dissolution de biotite pour donner du chlorite en générale (**Ph N° 06, Planche E**). Et la muscovite s'altère pour former la kaolinite, tout dépende des conditions régnautes.

A des températures élevées et des pressions considérable on va avoir le phénomène de illitisation des micas (**Ph N°10, Planche E**).

3-8-Altération des feldspaths potassiques

Les feldspaths s'altèrent partiellement ou complètement (**Ph N°07, Planche E**), pour former des argiles authigènes (illite, kaolinite ...) qui se précipitent dans des pores voisins, ce qui implique une mobilité d'aluminium à l'échelle des grains, donc par hydrolyse, ils vont se transformer en argiles (illite, kaolinite...). Selon les conditions, ces hydrolyses pourront se faire selon des réactions différentes et donc conduire à des composés différents. De plus tous les feldspaths ne sont pas sensibles de la même façon à l'hydrolyse (les feldspaths potassiques sont les plus résistants ; puis viennent les feldspaths calciques).

Toutefois, la destruction des feldspaths se réalise durant la télodiagenèse car les roches sont de nouveau exposées aux conditions de surface, aux eaux météoriques chargées des acides et CO₂ s'infiltrant facilement.

3-9- Développement de la silice intergranulaire

Le ciment siliceux de compaction et localisé entre les grains de quartz, est le résultat d'une pression dissolution subit par les grains et dont le degré est reflété par le type de contact entre grains.

Ce ciment est absent dans tout le puits, mais s'observe dans le puits ISB-3 à un sel niveau.

3-10- Dissolution des grains et ciments

Le phénomène est observé dans certaines lames étudiées. Il affecte par ordre d'importance, le ciment carbonaté puis les ciments siliceux (**Ph N°09, Planche E**) et les feldspaths (très rares, les plagioclases sont plus susceptibles à l'altération et à la dissolution que les feldspaths alcalins) et parfois les grains détritiques (**Ph N°08, Planche E**).

Dans les différents puits la dissolution est due à la compaction et les échanges chimiques.

3-11- précipitations des évaporites

Elle est matérialisée par la précipitation de l'anhydrite (**Ph N°11, Planche E**) exclusivement observée dans le puits ISW-3 développée sous forme de concentrations localisées entre les grains de quartz. Ce ciment est généralement le résultat de la circulation des eaux riches en CaSO₄.

3-12- Développement du ciment pyriteux

Il est observé en quantités faibles dans les puits étudiés le ciment pyriteux se forme durant l'éodiagenèse, mais aussi au cours de la diagenèse profonde.

La pyrite (**Ph N°12&13, Planche E**) serait le ciment le plus tardif à se former en présence des hydrocarbures qui peuvent créer un milieu réducteur favorable à son développement. Et à des mêmes conditions on aura la précipitation des oxydes du fer (**Ph N°14&15, Planche E**).

3-13- Microfissuration

La description pétrographique a révélé l'existence de microfissures ouverte et semi ouverte tardives due probablement aux contraintes tectoniques qui ont affecté la formation (**Ph N°16, Planche E**).

4- Chronologie des processus et l'histoire diagenétiques

L'histoire diagenétique des principaux phénomènes, ainsi que leur ordre chronologique, ayant affecté les grès étudiés de la région **Issaouane** est résumée par la **Figure. III.21**.

Au premier stade de sédimentation les éléments détritiques sont cimentés par des argiles détritiques (illite et montmorillonite). Ce cortège argileux s'est développé en grande partie dans l'espace intergranulaire et/ou en revêtements des grains. Après le réarrangement des grains avec le début de l'enfouissement, le phénomène de compaction s'est amorcé en provoquant une faible pression-dissolution au contact des grains de quartz ; un ciment siliceux primaire s'est développé. Avec l'enfouissement et la forte compaction, le phénomène d'altération se manifeste par l'altération des micas en chlorite et les feldspaths potassique en kaolinite.

Les températures élevées au cours de l'enfouissement ainsi que l'enrichissement des eaux interstitielles par le SiO₂ avait permis la précipitation de la silice secondaire de nourrissage irrégulière qui a détruit une partie de la porosité.

A une phase encore plus tardive de la diagenèse et sous des conditions de température, de pression et de PH plus élevées, on constate la dissolution ou l'altération des éléments détritiques (feldspaths, grains de quartz...) et des ciments siliceux. Cette dissolution a engendré une très faible porosité visible dans certains échantillons.

Dans les mêmes conditions thermodynamiques et en présence d'eaux riches en CaCO₃, les carbonates se sont aussi précipités (calcite) et nous remarquons que la précipitation des carbonates va colmater la porosité secondaire. Ce phénomène est suivi, dans les mêmes conditions thermodynamiques, par l'illitisation des micas, et plus tard par une faible précipitation des évaporites (anhydrite) lorsque les eaux sont riches en CaSO₄.

Plus tardivement, avec des profondeurs d'enfouissements importantes et une compaction élevée on constate des stades de fissuration. Et la transformation de la calcite en dolomite et/ou en sidérite à la faveur de la présence des eaux riches en ion Mg⁺⁺ provenant du chlorite, et à ce

stade on remarque la précipitation des oxydes de fer avec l'oxydation de certains éléments dans un milieu acide $\text{PH} < 7$.

Enfin à des stades plus avancés de la diagénèse, et la mise en place des hydrocarbures, et dans un milieu réducteur on assiste à la phase des précipitations du ciment pyriteux.

5-Conclusion

D'après l'étude diagénétique que nous avons menée sur cinquante-deux (52) échantillons appartenant à la région ISB, elle nous a permis de reconstituer l'histoire diagénétique du réservoir et de déduire l'ordre chronologique de ses phénomènes. Elle montre en effet, qu'après le dépôt des grains de quartz, plusieurs phases de cimentation se sont succédées, soit par les effets d'altération (transformation minéralogiques) soit par la dissolution qui crée les porosités (secondaires) dans lesquelles se sont recristallisées d'autres ciments argileux (illite en grand partie) et carbonatés (sidérite dans la majorité des puits : dolomie, calcite et sidérite).

Le développement de ces ciments par précipitation chimique a dégradé la porosité du réservoir.

PLANCHES (E) PHOTOS MICROSCOPE OPTIQUE

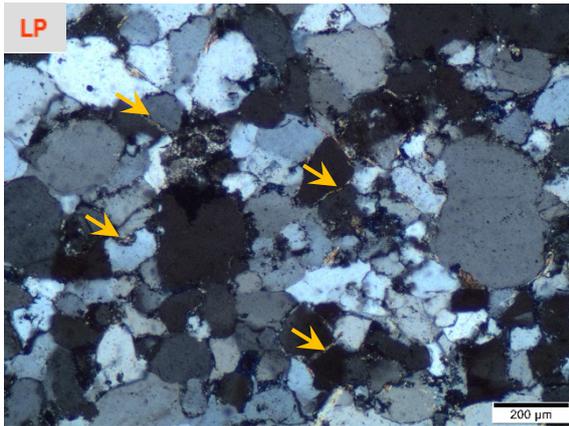


Photo n°01 : Puits ISW-3, Carotte 2, Profondeur 2027,5m. Montre des grains soulignés par un revêtement argileux

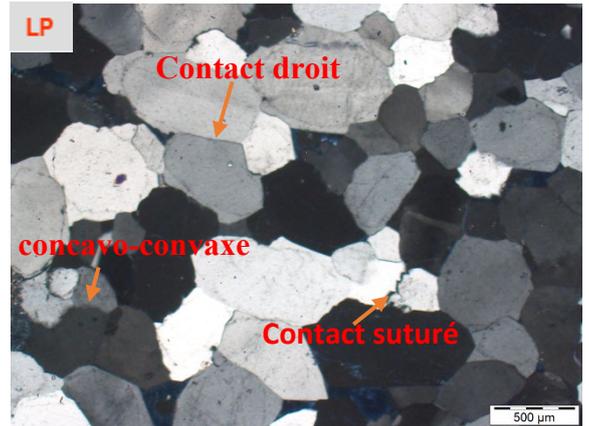


Photo N°02 : puits ISB-4, Carotte 1, Profondeur 2025,75m. Montre trois type de contacts (droit, concavo-convexe et suturé).

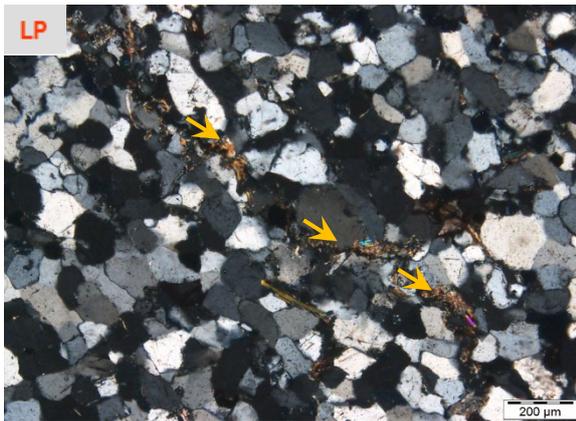


Photo N°3 : Puits ISB-5, Carotte 04, Profondeur 1976m. Montre une microstylolithes remplie par l'argile (kaolinite)

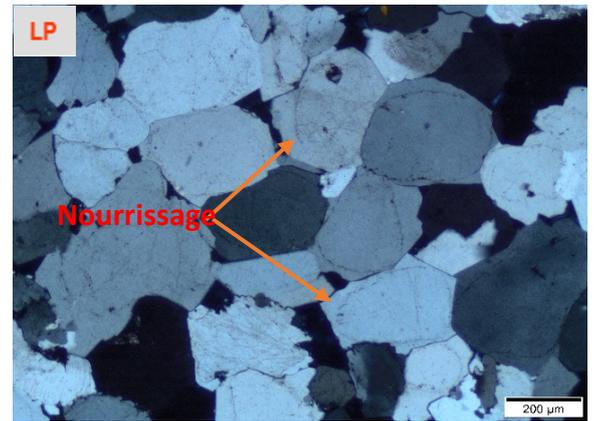
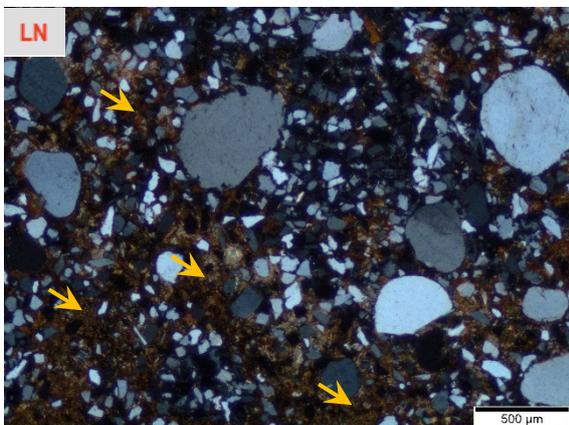


Photo N°04 : Puits ISB-4, carotte 01, profondeur 2025,75m. Montre la silicification secondaire (nourrissage).



Phot N°05 : Puits ISB-4, carotte 01, profondeur 2012,50m Montre la précipitation de ciment carbonaté (sidérite)

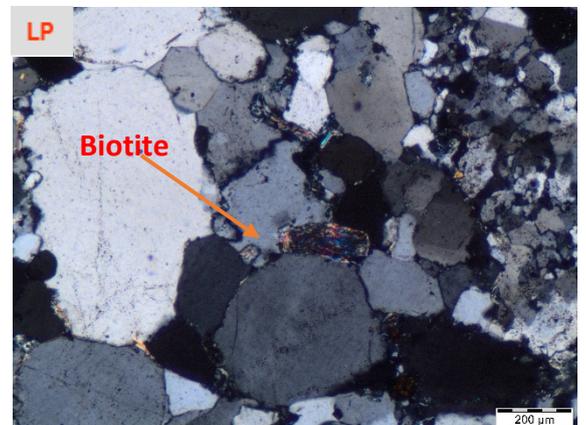


Photo N°06 : Puits ISB-3, carotte 07, profondeur 2011,40m Montre l'altération des micas (Biotite)

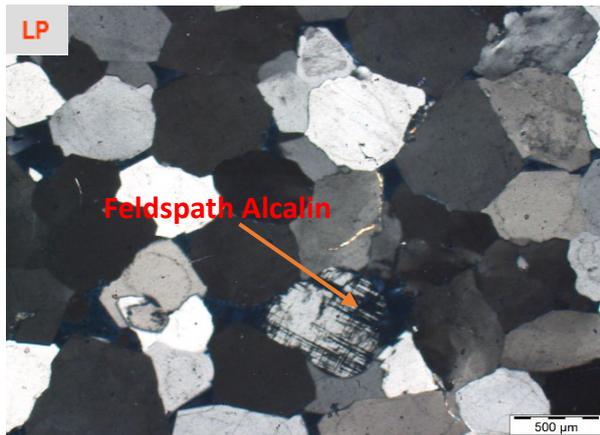


Photo N°07 : Puits ISB4 Carotte01, profondeur 2024,50m. Mise en évidence l'altération des feldspaths (Alcalin).

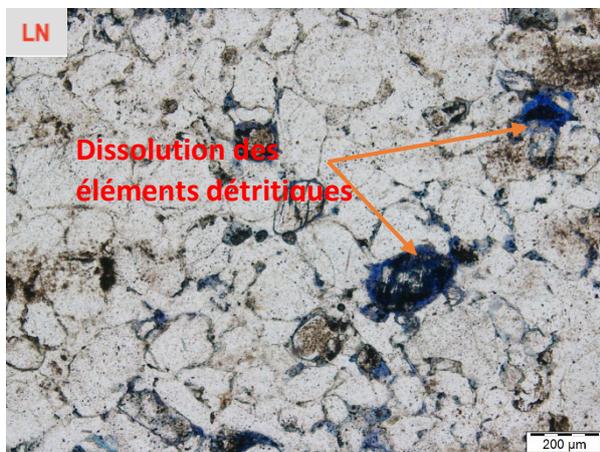
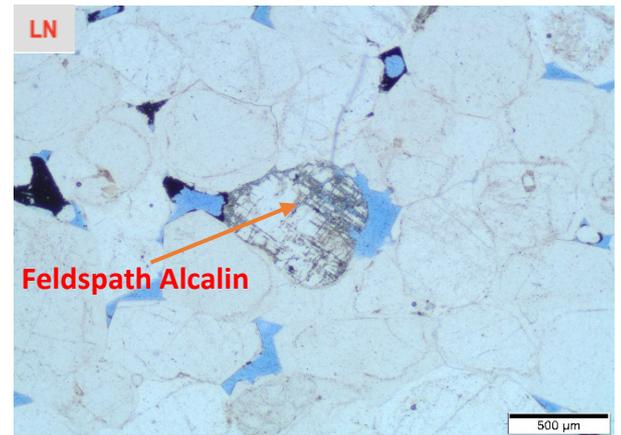


Photo N°08 : Puits ISB-5, Carotte 04, profondeur 1962,00m. Montre la dissolution des éléments détritiques.

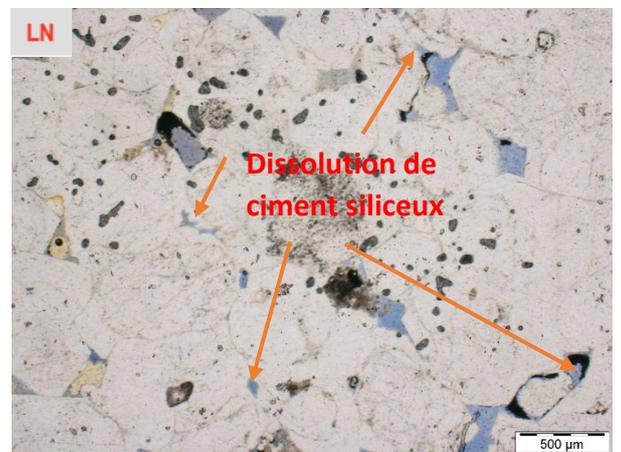


Photo N°09 : Puits ISB-4, Carotte01, profondeur 2025,75m. Montre la dissolution de ciment siliceux.

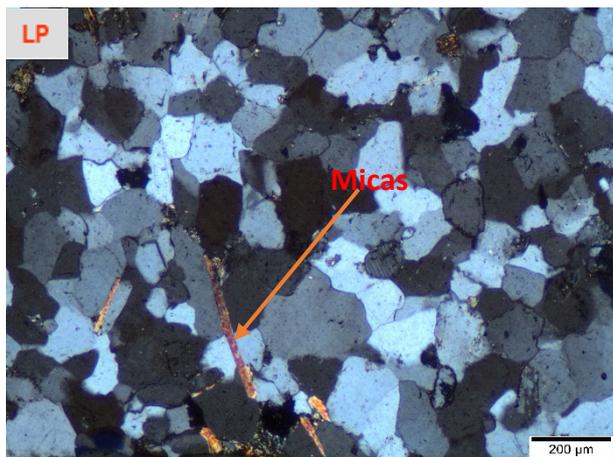


Photo N°10 : Puits ISB-5, carotte04, profondeur 1965,75m. Mise en évidence l'illitisation des micas

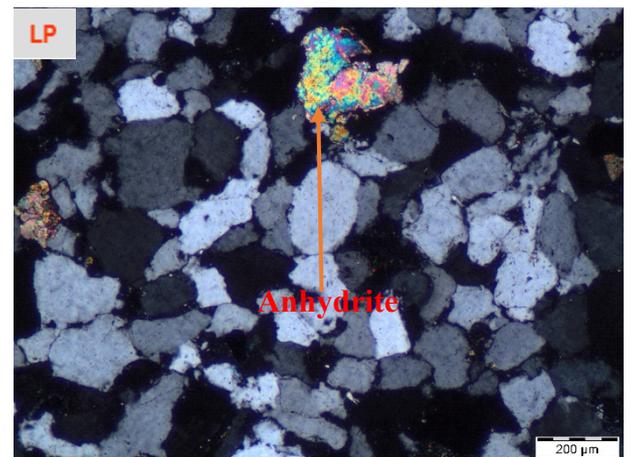


Photo N°11 : Puits ISW-3, carotte 02, profondeur 2019,90m. Mise en évidence la précipitation des évaporites (d'anhydrite sous forme de plages intergranulaires)

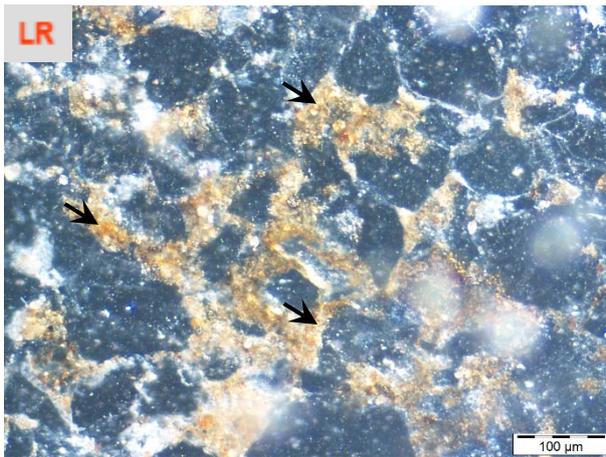


Photo N°12 : Puits ISB-4, Carotte01, profondeur 2013,75m. Mise en évidence la présence de ciment pyriteux.

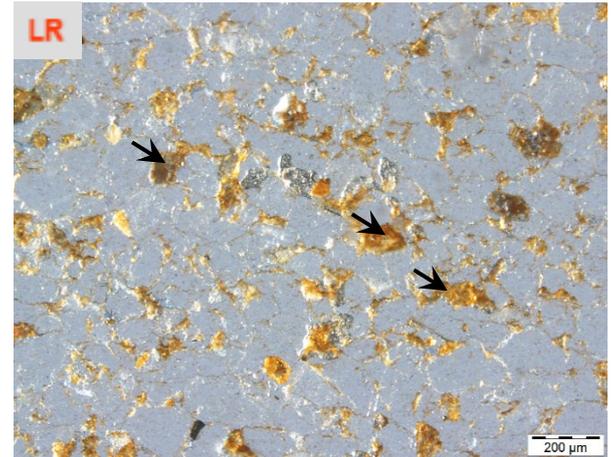


Photo N°13 : Puits ISW-3, Carotte01, profondeur 2021,50m. Mise en évidence la présence de ciment pyriteux.

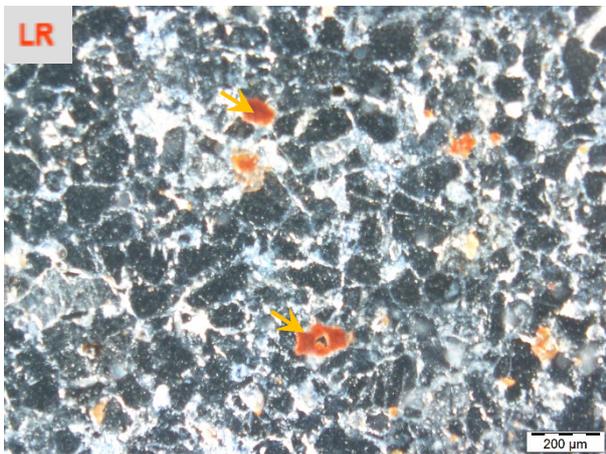


Photo N°14 : Puits ISB-4, Carotte01, profondeur 2017,50m. Montre le développement d'oxyde du fer sous forme de plages Intergranulaires.

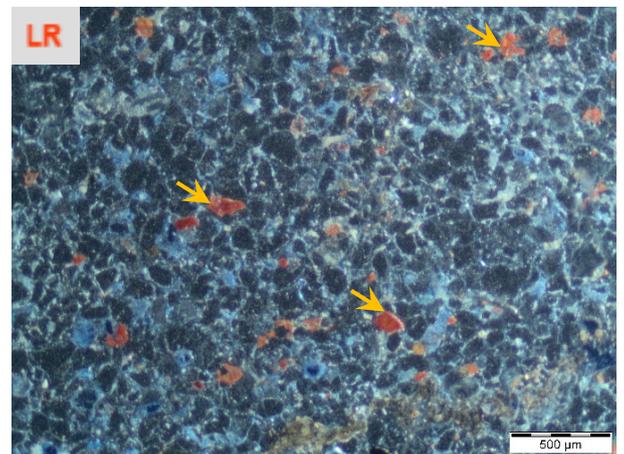


Photo N°15 : Puits ISW-3, carotte 02, profondeur 2021,75m. Montre la présence d'oxydes de fer sous forme de plages intergranulaires

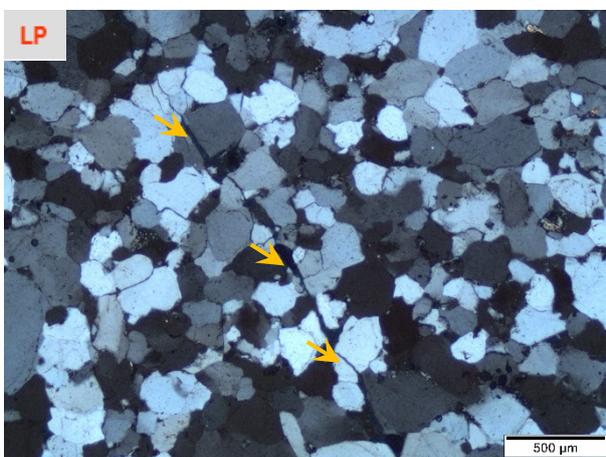
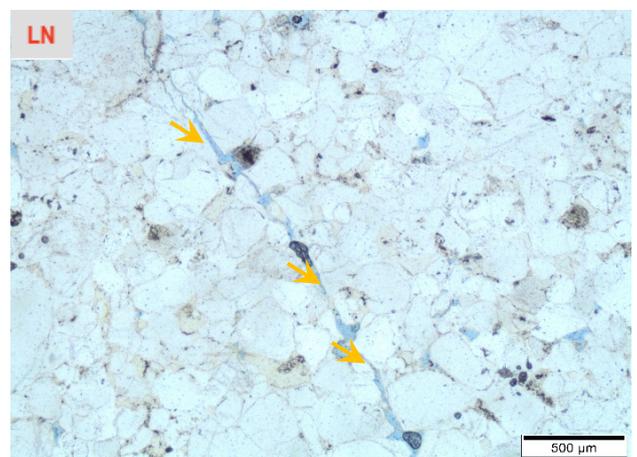
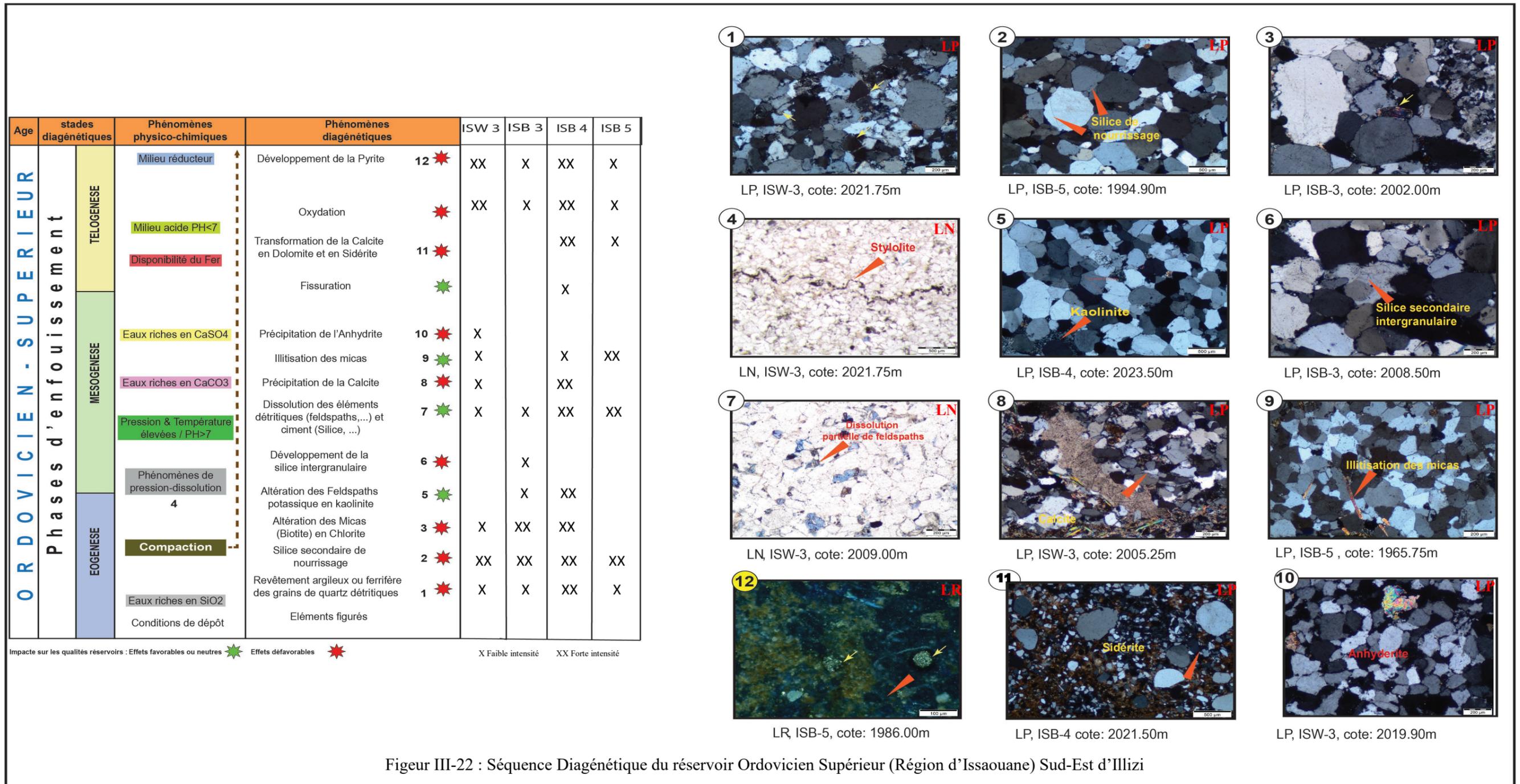


Photo N°16 : Puits ISB-5, carotte 04, profondeur 1973,80m. Mise en évidence une microfissuration.





CHAPITRE : IV

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion générale

Au terme de l'étude pétrographique, minéralogique et diagénétique que nous avons menée sur les échantillons de l'Ordovicien supérieur (Unité IV) appartenant aux puits ISB-3, ISB-4, ISB-5 et ISW-3, implantés dans la région Issaouane située dans la partie sud-Est du bassin d'Illizi, il en ressort que les niveaux étudiés sont exclusivement silico-clastiques, présentant généralement une morphoscopie sub-anguleuse à sub-arrondie, avec un classement moyen à médiocre.

En effet, le réservoir de l'Ordovicien supérieure unité IV est constitué d'un facies dominant gréseux composé de grains de quartz et accessoirement par des feldspaths, des micas et quelques rares minéraux lourds.

Les composants authigènes sont variés et sont représentés essentiellement par la silice de nourrissage intergranulaire et les argiles, et accessoirement ; les carbonates (calcite, dolomite et sédirite), les sulfates (anhydrite), la pyrite et les oxydes de fer.

L'étude de la porosité nous a permis de distinguer trois types de porosité : intergranulaire, de dissolution et de fissuration. Il est à noter que la porosité de dissolution représente la plus grande partie de ce réseau poreux, suivie de la porosité primaire et à moindre degré la porosité fissurale.

L'étude diagénétique a montré que les paramètres réservoirs sont contrôlés par la silicification, la compaction, le développement des argiles, la précipitation des carbonates, la dissolution des éléments et des ciments et enfin le développement des sulfates, des oxydes de fer et de la pyrite.

Toutefois, nous avons constaté que la dissolution totale ou partielle des grains de quartz, du ciment carbonaté, du ciment siliceux et des minéraux instables et la fissuration matérialisée par des microfissures ouvertes ont, généré une porosité non négligeable dans certains niveaux. Bien qu'en générale l'influence de la diagénèse est négative sur les propriétés réservoirs.

Cette influence est due principalement, à la compaction intense observée dans certains niveaux qui se traduit par des contacts de type concavo-convexe, à la granulométrie souvent fine à moyenne et à la précipitation de certains ciments en proportions relativement importantes au début de l'enfouissement (tels que l'illite, la silice secondaire et les ciments sulfato-carbonatés). Par conséquent, ces facteurs ont contribué à la détérioration de la porosité intergranulaire des niveaux gréseux susceptibles de présenter des qualités réservoirs appréciables.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- ❖ [Abizar, J et Aoudjehou, A. 2016](#) : La Géo-Mécanique au Service de la Fracturation Hydraulique exemple des Réservoirs Compacts de l'Ordovicien (Bassin d'Illizi, Algérie), Mémoire de Fin d'Etudes, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 123 p.
- ❖ [Askri, H. Belmecheri, A. Benrabah, B. Boudjema : A. Boumendjel, K. Daoudi, M. Drid, M.Ghalem, T. Docca, A. Ghandriche, H. Ghomari, A. Gullati, N. Khenous, M. Lounici, R. Naili, H. Takherist, D. Terkmani, M.1995](#) : Géologie de l'Algérie. Well Evaluation Conference. Contribution de Sonatrach Division Exploration, Centre de Recherche et Développement et Division Petroleum Engineering et Développement.
- ❖ [Attar, A. Fournier, J. Candilier, A.M. Coquel, R. 1980](#) : Etude palynologique du Dévonien terminal et du Carbonifère du bassin d'Illizi (Fort Polignac), Algérie, Rev. Inst. Fr. Pétrole, Paris, Vol, n°4, 31 p.
- ❖ [BEICP, SONATRACH. 1975](#) : Etude structurale et cartographique du bassin d'Illizi, Rapport de la SONATRACH.
- ❖ [Belkacemi, A. 2003](#) : sédimentation et diagenèse du réservoir F6 de Hassi Mazoula (bassin d'Illizi) : Essai de modélisation de la diagenèse. Mémoire de Fin d'Etudes, Université des sciences et de la technologie Houari Boumedienne, 105 p.
- ❖ [Beuf, S. Biju-Duval, B. Decharpal, O. Rognon, D. Gariel, O. 1971](#) : Les grès du Paléozoïque inférieur au Sahara, Sédimentation et Discontinuités : Evolution structurale d'un craton. In : technip-Institut Français du pétrole (Document de Sonatrach). Publ. : C.F.P. Coll. « sciences et technique du pétrole » N° : 18
- ❖ [Beuf, S. 1963- 1971, Dubois, P. 1967. Biju –Duval, B. 1968](#) : Rapport géologie d'Afrique.
- ❖ [BHP Petroleum \(Algérie\) INC, November 1998](#): Regional Geological Study of Boukhechba Permit, Illizi bassin, Algeria.
- ❖ [Boudjemaa, A. 1987](#) : Evolution structurale du bassin pétrolier triasique du Sahara Nord-oriental (Algérie), Thèse de doctorat, université de paris Sud, 290 p.
- ❖ [Busson, G. 1972](#) : Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien, Mém. Mus. Nat. Hist. Nat. Paris (n.s.), C. 19. 44pp.
- ❖ [Caby, R. 1972](#) : Chronologie absolue du précambrien de l'ahaggar occidentale. Article. Source, C. r. Acad. Sci., Volume 275, Série Ila, p. 2095-2098.

- ❖ [Chaouche, A. 1992](#) : Genèse et mise en place des hydrocarbures dans les bassins de l'Erg oriental (Sahara Algérien) thèse de doctorat 3ème cycle université de Bordeaux III, (thèse Doctorat), .
- ❖ [Choquette et Pray, 1970](#): Recognise 15 different basic porosity types, as shown.
- ❖ [Cojan et Renard 2006](#) : Livre du Sédimentologie- 2^{ème} édition, cours- isabelle Cojan, Maurice Renard.
- ❖ [Fabre, 1988](#) : Les séries Paléozoïques d'Afrique : une approche. J. African Earth Sci., 7 (1), p. 1-40.
- ❖ [Fabre, J. 1988. In Nedjari, 1992](#) : Les séries paléozoïques d'Afrique une approche. Journal of African Earth Sciences, vol. 7 p.
- ❖ [Hanniche, M. 2002 et Galeazzi, S. Haddadi, N. Mather, J. Druesne, D. 2010](#): Regional Geology and Petroleum Systems of Illizi-Berkine Area of the Algerian Saharian Plateform : An Over view Marine and Petroleum Geology. Architecture et modèle de dépôts d'une série sédimentaire paléozoïque en contexte cratonique. Le Siluro-dévonien du bassin d'Illizi (Sahara oriental, Algérien), 27(1), 143-178.
- ❖ [Hasrouri, B. et Mokhbi, O. 2017](#) : Etude pétrographie et diagnostique du silurien Argilo-gréseux et impacte sur le réservoir dans le bassin de Berkine Est
- ❖ [Lamrani, R. et Sam, N. 2016](#) : Contribution à la caractérisation d'un réservoir pétrolier et estimation des réserves initialement en place à l'aide de diagraphies différées
(Cas : Bassin d'Illizi : Unité IV-3 de l'Ordovicien du champ d'Amassak), (Mémoire de fin d'études), soutenir à UMMTO, 90 p.
- ❖ [Latreche, S. 1982](#) : Evolution structurale du bassin d'Illizi (Sahara oriental algérien) au Paléozoïque supérieur, Mémoire de DES, Université Paul Cézanne, Aix-en-provence. France.
- ❖ [Lehman, J.P. 1957](#) : Making an Anthropocene Ocean: Synoptic Geographies of the International Geophysical, Vert Paris, 53 p.
- ❖ [Skender, M.S. et Arab, M. 1996](#) : Synthèse géochimique sur le bassin d'Illizi. Rapport inédit. Sonatrach Exploration. 29p. Hassi Messaoud.
- ❖ [Nedjari, A. Ait Ouli, R. Bitam, L. Sébastien, J. Taquet, P. Vacant, R. Bouzidi, W. Kedadra, B. 2010](#) : Découverte d'un nouveau gisement de Stégocéphales d'une conservation exceptionnelle dans le Trais d'In Amenas (Bassin d'Illizi, Algérien), Bull, Serv, Géol, Nat. 18 p.

- ❖ [Ouali S., 2006](#) : Etude Géothermique du Sud de l'Algérie. Thèse Magistère, Université M'hamed Bougarra, 101 p.
- ❖ [Serra, O. 2003. Burley, S.D. ET Worden, R. 2003](#) : Livre Sandstone Diagenésis : Recent and Ancient. Lorenzo Serra, Oberto Serra Edt : Technip,serra log, Total Fina Elf, 586 p .
- ❖ [Scotese, C. et Mckerrow, W.S. 1990](#): Revised world map and introduction, in McKerrow, W.S. et Scotese, C.R. (Eds.), Palaeogeography and biogeography. Geol. Soc. London Mem., 12, 1-21.
- ❖ [Sonatrach, 1995](#) : Géologie d'Algérie, contribution de Sonatrach division exploration, centre de recherche et développement et division petroleum engineering et développement et division Petroleum engineering et développement n° 7-38p.
- ❖ [Sonatrach 2007](#) : Activité Amont – Division Centre de Recherche et Développement. Boumerdés, 45 p.
- ❖ [Sonatrach/Schlumberger, 2007](#): Well evaluation conference Algeria + n° 23-26p.
- ❖ [Soussi, S. 2003](#) : Géologie générale, Direction Régionale de Forage. Sonatrach - Hassi Messaoud, 97 p.
- ❖ [Trompette, R. 1995](#): Geology of western Gondwana (2000-500 Ma). Pan-African-Brasiliano aggregation of South America and Africa. Balkema, Rotterdam, 350 p.
- ❖ [Vila, J.M.1980](#) : La chaine alpine d'Algérie orientale et les confins Algéro-tunisiens. Thèse Doctorat Universite Pierre et Marie curie, VI, t.I et II, 662 p.
- ❖ [Zeigler, 1988](#) : Laurussia-The old red continent, in McMilan, N.J., Embry, A.F., Glass, D.J., Devonian in the world, Vol. 1, Regional Syntheses, Proceedings of the Second International Symposium on the Devonian System. Can. Soc. Petrol. Geol., Calgary, Canada, 15-48.

ANNEXES

			Granu.(µm)		Texture							Composants pétrographiques (%)																													
Puits	N° Carotte	Côtes (m)	G,Max	G,Moy	Mode	Classement	Morphoscopie	Contacts					Débris de roches			Quartz détritique	Quartz secondaire		Feldspaths			Minéraux lourds			Gloconie	Micas		Argiles authigènes			Oolithes / Ooides	Oxydes de fer	Pyrite	Carbonates				Anhydrite	Bitume / Matière organique		
								Flottant	Droit / tangentiel	Ponctuel	Concavo-convexe	Suturé	Quartz polycristallins	Carbonatés	Argileux		%	de Nourissage	Ciment intergranulaire	%	Plagioclases	Alcalins	%	Zircons		Tourmaline	Leucoxene/ Min*opaques	%	Muscovite	Biotite				%	Kaolinite	illite	chlorite		%	Dolomite	Calcite
ISW3	1	2 005,25	841	102 320	Bi	M	Sr/Sa	A	R	P				93	x	tr	x			tr	x			x		3		tr				x	1			x	xx	3			
		2 006,00	732	93 420	Bi	M	Sr/Sa	F		A				75	x	3	xx	x	1	x			tr		xx	x	3					x	7			x	xx	7			
		2 009,00	523	321	Uni	My	Sa/Sr	F		A				76	x	tr	xx	x	1	xx	x		tr		x	4		x	5	3				2		x	xx	9			
	2	2 018,50	612	173	Uni	My/B	Sr/Sa	F		A	R			68	x	5	xx	x	1			1							1			x	10			x	xx	12			
		2 019,50	537	293	Uni	My/B	Sr/Sa	A	F	P				77	x	2	xx	x	1	xx	x		tr			tr		x	8	tr			x	2			x	xx	10		
		2 019,90	743	75 352	Bi	M	Sr/Sa	A		P				73	x	3	xx	x	1	x		x	tr		x	3		x	5	1			x	8	1		xx	x	5		
		2 021,50	812	192 428	Bi	M	Sr/Sa	A		P				73	x	3	xx	x	2	x			tr		x	tr		x	13	2	tr			x	7			x	xx	tr	
		2 021,75	645	288	Uni	B	Sa/Sr	A	F					84	x	tr	xx	x	1	xx	x		tr					x	7	1			x	6		tr	x	xx	1		
		2 026,50	975	154 472	Bi	M	Sr/Sa	A		P				80	x	8	x		1									x	2	2			x	2			x	xx	5		
		2 027,50	824	501	Uni	My/B	Sr/Sa	A		P				81	x	9	x		tr	xx	x		tr					x	1	1	tr			x	5			x	xx	3	

Tableau N°01 : Résultats d'analyses pétrographiques du puits ISW-3.

Puits	N° Carott	Côtes (m)	Granu.(µm)		Texture								Composants pétrographiques (%)																														
			G,Max	G,Moy	Mode	Classement	Morphoscopie	Contacts					Débris de roches				Quartz déritrique	Quartz secondaire		Feldspaths			Minéraux lourds			Micas			Argiles authigènes			Oolithes / Ooïdes	Oxydes de fer	Pyrite	Carbonates				Bitume / Matière organique				
								Flottant	Droit / tangentiel	Ponctuel	Concavo-convexe	Suture	Quartz polycristallins	Carbonatés	Siliceux	Argileux		%	de Nourissage	Ciment intergranulaire	%	Plagioclases	Alcalins	%	Zircons	Tourmaline	Leucoxène/Min'opaques	%	Muscovite	Biotite	%				Kaolinite	Illite	chlorite	%		Dolomite	Calcite	Sidérite	%
			Fissurale	Primaire	Dissolution	%																																					
ISB-3	4	1974,50	721	125 358	Bi	M	Sa/Sr		A	F						69			x	tr	xx	x		tr	xx	x	18				2			tr			x	5	tr		x	xx	6
		1976,50	605	225 525	Bi	M	Sa/Sr	P	A	F						75			x	tr	x			tr	xx	x	13	x	xx		3						x	2			x	xx	7
		1977,00	725	100 350	Bi	M	Sa/Sr		A	F	P					77				tr					x	12		x		2			1			x	3	tr		x	xx	5	
		1977,50	800	200 451	Bi	M	Sr/Sa		A		P					72	x	tr	xx	x	2	x		x	tr	x	3		x		8			tr			x	7			x	xx	8
		1979,00	200	36	Uni	B	Sr/R	A		R						80			x	tr	x			tr					x	20			tr										
		1980,50	325	65	Uni	B	Sr/R	A		P						64			x	tr	x				x	tr			x	36			tr			x	tr						
	1981,00	992	373	Uni	B	Sr/R		A		P					85	x	8	xx	x	tr					x	1	x	xx		3					x	tr			x	xx	3		
	5	1988,00	1001	321 752	Bi	M	Sr/Sa	A	P	F						79			x	tr					x	tr		x	15			1							x	xx	5		
		1988,50	1103	123 505	Bi	M	Sr/Sa		F	P						75					xx	x		tr	xx	x	1		x	16			tr			x	tr			x	xx	8	
	6	1995,50	1000	75 502	Bi	M	Sr/Sa		A		P	R	x			90		5	x		tr	x		tr				x	tr							x	tr			x	xx	5	
	7	2000,00	500	249	Uni	B	Sa/Sr		A		P					85	x	3				x		tr	x	2		x	x	6			tr			x	tr				xx	4	
		2002,00	1002	137 511	Bi	M	Sr/Sa		A	P	R					91	x	tr	x		tr	x		tr	x	1		x		3						x	tr			x	x	5	
	8	2007,50	741	312	Uni	B	Sa/Sr		A		P					86			x	tr					x	tr		x	5										x	xx	9		
		2008,50	825	150 512	Bi	My/M	Sr/Sa		A		P	R		x		87	xx	x	1	x		tr	xx	x	tr	x	tr		x	2			tr			x	tr			x	xx	10	
	9	2010,45	975	211 525	Bi	My/M	Sr/Sa		A	P				x		91	x	2				x	xx		tr	x	tr		x	tr										x	xx	7	
		2011,40	625	172 335	Bi	My/M	Sr/Sa		A	F						79	x	tr			1				xx	x	7		x	4			1						x	xx	8		
		2021,45	955	128 575	Bi	My/M	Sr/Sa		A	F				x		93	x					x		tr				x	3			tr							x	xx	4		
		2025,95	1050	375 714	Bi	My/M	Sr/Sa		A		F		x			90	x	2							x	1		x	2	tr								x	tr			x	xx

Tableau N°02 : Résultats d'analyses pétrographiques du puits ISB-3.

Puits		Granu.(µm)		Texture					Composants pétrographiques (%)																																							
N° Carotti	Côtes (m)	G,Max	G,Moy	Mode	Classement	Morphoscopie	Contacts				Débris de roches				Quartz détritique		Quartz secondaire		Feldspaths			Minéraux lourds				anydrite	Gloconie	Micas			Argiles authigènes				Oolithes / Ooïdes	Oxydes de fer		Pyrite	Carbonates				Anydrite	Bitume / Matière organique				
							Flottant	Droit / tangentiel	Ponctuel	Concavo-convexe	Suturé	Quartz polycristallins	Carbonatés	Silteux	Argileux	%	de Nourissage	Ciment intergranulaire	%	Plagioclases	Alcalins	%	Zircons	Tourmaline	Leucoxene/ Min*opaques			%	Muscovite	Biotite	%	Kaolinite	Illite	chlorite		%	Oolites / Ooïdes		Oxydes de fer	Dolomite	Calcite	Sidérite		%	Bitume / Matière organique	Fissurale	Primaire	Dissolution
ISB-4	1	2 010,00	1000	150 450	Bi	M	Sr/Sa	A	F							79	x	5	x	tr	x	x	1			x	tr	x	5			5					x	2			x	xx	3					
		2 012,25	985	300 775	Bi	M	Sr/Sa	F	P	A						66	x	tr	x	tr	x	x	tr																x	20			x	xx	4			
		2 012,50	911	225 500	Bi	M	Sr/Sa	F	R	A			x		tr	75	x	tr	x	tr	x	x	tr								3								x	9			x	xx	5			
		2 013,25	781	325	Uni	My/B	Sa/Sr	P		A						74	x	5	xx	x	2	x		tr															x	7			x	xx	3			
		2 013,75	625	277	Uni	My	Sa/Sr	A	F							72				x	1		x	tr		x	tr	x	4	3	tr	2						x	8			x	xx	10				
		2 014,75	439	150	Uni	My	Sa/Sr	A	F	R						77	x		xx	x	1		x	x	tr	tr	x	tr	x	2	5		2						x	6			x	xx	7			
		2 017,50	653	174 325	Bi	/M	Sr/Sa	A	R	F						82				x	tr						xx	x	5										x	2			x	x	4			
		2 021,50	848	580	Uni	My/B	Sa/Sr	A		F			x		tr	80	x	x	12				x	tr				x	tr	x	5	1								x	2		tr	x	xx	tr		
		2 023,50	725	500	Uni	My	Sr/Sa	A								65	x	15	x	tr																				x	1			x	xx	5		
		2 023,75	1000	100 674	Bi	M	Sr/Sa	A		F			x			75	x	7										x	4												x	2			x	xx	2	
		2 024,50	1009	532	Uni	My/B	Sr/Sa	A		F				x	1	73	x	18			x	tr																				x	1			x	xx	4
		2 024,75	945	711	Uni	My/B	Sr/Sa	A		F					x	tr	74	x	16																							x	tr			x	xx	5
		2 025,50	800	473	Uni	My/B	Sr/Sa	A		F						81	x	13																								x	tr			x	xx	5
2 025,75	744	224	Uni	My/B	Sr/Sa	A		F				x	1	80	x	11																									x	xx	6					

Tableau N°03 : Résultats d'analyses pétrographiques du puits ISB-4.

LEGENDE :

Classements

M : mal classé

My : moyen classé

B : bien classé

TB : très bien classé

Morphoscopies

SR : sub-arrondi

R : arrondi

SA : sub-anguleux

AN : anguleux

Fréquences

A : abondants

F : fréquent

P : présent

Tr : trace

Mode

Uni : uni génération

Bi : bi génération



Quartz craquelé



Présence de stylolithes

N°	Cotes (m)	% MINÉRAUX ARGILEUX										% MINÉRAUX NON ARGILEUX																					
		Kaolinite	Illite	Chlorite	Mica	Talc	pyrophyllite	Mont. 14A	Mont. 22A	Interstrat. Réguliers	Interstrat. Irréguliers I/S	Somme des argiles	Somme argile+indosés	Quartz	Calcite	Dolomite	Fe-Dolomite/Ankerite	Mg-Siderite	Siderite	K-Feldspaths	Plagioclases	Anhydrite	Pyroxènes	Gypse	Apatite	Barite	Rutile	Anatase	Halite	Pyrrhotite	Pyrite	Hématite	Somme minér. non argileux
1	2010,00		tr								0	2	96							1											1	98	
2	2012,25		100						P	100	4	84	tr	tr				9	3													96	
3	2012,50		60						40	100	3	91	tr	tr				3	3													97	
4	2013,25		100						P	100	3	95			1			tr	1											tr	97		
5	2013,75		60						40	100	6	89	tr	2				tr	3													94	
6	2017,50		75	tr					25	100	8	87	tr					2	3													92	
7	2024,50									0	2	98																				98	
8	2024,75									0	2	98																					98
9	2025,50		tr							0	2	98																					98
10	2025,75									0	2	98																					98
				tr = traces				tr = traces																									

Tableau N°05 : Résultats minéralogiques et estimations semi-quantitatives des échantillons du puits ISW-3. (Sonatrach).

N°	Cotes (m)	% MINÉRAUX ARGILEUX										% MINÉRAUX NON ARGILEUX																							
		Kaolinite	Illite	Chlorite	Mica	Talc	pyrophyllite	Mont. 14A	Mont. 22A	Interstrat. Réguliers	Interstrat. Irréguliers I/S	Somme des argiles	Somme argile+indosés	Quartz	Calcite	Dolomite	Fe-Dolomite/Ankerite	Mg-Siderite	Siderite	K-Feldspaths	Plagioclases	Anhydrite	Pyroxènes	Gypse	Apatite	Barite	Rutile	Anatase	Halite	Pyrrhotite	Pyrite	Hematite	Somme minér. non argileux		
1	1977,50		60							40	100	7	88						5															93	
2	1979,00		80	tr	P					20	100	16	78						6	tr			tr											84	
3	1980,50		70		P					30	100	11	83						5								1							89	
4	1988,00		50							50	100	9	89						1	tr			tr				tr			1				91	
5	1995,50										0	1	98						1															99	
6	2002,00		tr								0	3	97						tr																97
7	2011,40		70							30	100	4	94						2								tr							96	
8	2021,45		tr								0	3	95						2															97	

Tableau N°06 : Résultats minéralogiques et estimations semi-quantitatives des échantillons du puits ISB-3. (Sonatrach).

N°	Cotes (m)	% MINÉRAUX ARGILEUX										% MINÉRAUX NON ARGILEUX																									
		Kaolinite	Illite	Chlorite	Mica	Talc	pyrophyllite	Mont. 14A	Mont. 22A	Interstrat. Réguliers	Interstrat. Irréguliers I/S	Somme des argiles	Somme argile+indosés	Quartz	Calcite	Dolomite	Fe-Dolomite/Ankerite	Mg-Siderite	Siderite	K-Feldspaths	Plagioclases	Anhydrite	Pyroxènes	Gypse	Apatite	Barite	Rutile	Anatase	Halite	Pyrrhotite	Pyrite	Hematite	Somme minér. non argileux				
1	2010,00		tr								0	2	96																								
2	2012,25		100							P	100	4	84	tr	tr			9	3																		
3	2012,50		60							40	100	3	91	tr	tr			3	3																		
4	2013,25		100							P	100	3	95		1			tr	1															tr			
5	2013,75		60							40	100	6	89	tr	2			tr	3																		
6	2017,50		75	tr						25	100	8	87	tr				2	3																		
7	2024,50										0	2	98																								
8	2024,75										0	2	98																								
9	2025,50		tr								0	2	98																								
10	2025,75										0	2	98																								
		tr = traces					tr = traces																														

Tableau N°07 : Résultats minéralogiques et estimations semi-quantitatives des échantillons du puits ISB-4. (Sonatrach).

N°	Cotes (m)	% MINERAUX ARGILEUX										% MINERAUX NON ARGILEUX																					
		Kaolinite	Illite	Chlorite	Mica	Talc	pyrophyllite	Mont. 14A	Mont. 22A	Interstrat. Réguliers	Interstrat. Irréguliers I/S	Somme des argiles	Somme argile+indosés	Quartz	Calcite	Dolomite	Fe-Dolomite/Ankerite	Mg-Siderite	Siderite	K-Feldspaths	Plagioclases	Anhydrite	Pyroxènes	Gypse	Apatite	Barite	Rutile	Anatase	Halite	Pyrrhotite	Pyrite	Hematite	Somme minér. non argileux
1	1962,00		70							30	100	3	96						1														97
2	1986,00		70							30	100	8	88					3	1														92
		tr = traces										tr = traces																					

Tableau N°08 : Résultats minéralogiques et estimations semi-quantitatives des échantillons du puits ISB-5. (Sonatrach).