

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

**FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DES
SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie

Option : Géologie Pétroliere

THEME

***Caractérisation pétrographique et structurale des grés
ordoviciens de Quartzite El Hamra (champ de hassi
tarfa) Sud-est Algérien***

Soutenu publiquement par :

**M. SAIAD MOHAMED
M. DERBAL OUSSAMA**

Le 28 / 05 / 2016

Devant le jury :

Président :	M. MEDJANI Fethi	M. C. B Univ.Ouargla
Promoteur :	M. LAOUINI Hamza	M. A. A Univ.Ouargla
Examineur :	M. KADRI Mohamed Mahdi	M. A. A Univ.Ouargla

Année Universitaire : 2015/2016

الملخص:

تقع منطقة حاسي طرفة في ولاية ورقلة (جنوب شرق الجزائر)، و هي بنية مكتشفة حديثا حيث مازالت قيد الاستغلال
هذه الدراسة قائمة على تحقيق نموذج ترسب الديناميكيات الرواسب من خلال سلسلة الاوردوفيسي الخارجي و بالتالي تطور النشأة مع الزمن.
من اجل هذا أكدت الدراسة الصخرية و النشأة على وفرة الكوارتز والتي تشكل معظم الرواسب ملاحظة الشرائح الرقيقة التي تسمح لنا بمعرفة مختلف ظواهر النشأة والتي أثرت على المنطقة و على نشأة التسلسل الزمني لها على مر الزمن الجيولوجي.
وأظهرت هذه الدراسة أن تشكيل الكوارتز الحمراء مضغوط جدا أو تشوه هش هو المسيطر على الطبقة المدروسة .

كلمات المفتاح : الصخرية، النشأة المتأخرة، اوردوفيسي الكوارتز الحمراء، حاسي الطرفة.

RESUMÉ

la région de Hassi Terfa est située dans la wilaya de ouargla (sud-est Algérien), est une structure récemment découverte, elle est en phase d'exploitation.

Cette étude consiste à réaliser un modèle de dépôt afin de retracer la dynamique sédimentaire de la série au cours de l'ordovicien inférieur ainsi son évolution diagénétique dans le temps.

Pour cela une étude pétrographique et diagénétique a permis de mettre en évidence l'abondance de quartz qui forme la majeure partie des sédiments ainsi l'observation des lames minces ont permis de définir différent phénomène diagénétique qui ont affecté la région et d'établir leurs chronologies au fil des temps géologique.

Cette étude a montré que la formation de quartzite el Hamra est très compacte, ou la déformation cassante est dominante.

Mots Clé : pétrographie, diagénétique, quartzite al Hamra, ordovicien, hassi tarfa

ABSTRACT

area Hassi Terfa is located in the province of Ouargla (southeast Algeria) is a newly discovered structure, it is operating phase.

this study is to provide a deposition model traced to the sediment dynamics of the series during the Ordovician inferior and its diagenetic evolution in time.

why petrographic and diagenetic study has highlighted the abundance of quartz, which forms most of the sediment and the observation of thin sections have defined different diagenetic phenomenon that have affected the region and establish their chronologies over geological time.

this study showed that the formation of quartzite el Hamra is very compact, or brittle deformation is dominant.

Keywords: : petrography, diagenetic, quartzite el Hamra, Ordovician, Hassi Terfa



Remerciements

*Langage tout d'abord à dieu qui nous a donné la force pour
terminer ce modeste travail .*

*Toutes nos infinies gratitudees à notre promoteur , monsieur
LAOUINI Hamza pour son encadrement et ses aides précieuses.*

*Nous remercions aussi les membres de jury qui nous ont fait
l'honneur d'accepter le jugement de notre travail*

*Notre sincère reconnaissance à nos enseignants du département des
sciences de la terre et l'univers*

*Enfin nous remercions nos parents et tous ceux qui ont contribués
de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail , trouvent ici
l'expression de nos profondes gratitudees et respects*

Dédicace

A ma chère Maman pour son esprit de sacrifice et son encouragement , affection et conseils , que dieu m'aide à te rendre fière de moi .

A mon cher Abi pour son esprit de conseil et encouragement .

Soyez assuré de mon dévouement et ma gratitude , ainsi que mon amour éternel.

Je dédie également à mes très chères frères et sœurs Mehdi, Sara, Ahmed, Hadjer, et son époux Said et à tous les membres de ma famille " Derbal" un par un , pour toute la période de mes études .

Et mes proches intimes qui m'ont soutenu et encouragé :Mohamed , Med yacine, Lamri , Redouane, Mahrez, Oussama, Reda et surtout

Imen

A tout mes voisins (Cité 120 lgts)

Et mes collègues filière de géologie avec qui j'ai partagé les meilleurs moments de ma vie d'étude.

Aussi à tous les enseignants de l'université d'Ouargla

SOMMAIRE

I. Introduction	01
-----------------------	----

Chapitre I : Généralités

I.	
Introduction.....	02
II. Situation géographique de Hassi Tarfa.....	02
III. Historique des travaux.....	03
IV. Cadre géologique	04
1. Cadre Régional.....	04
1.1. Les différentes provinces de la plate forme saharienne.....	04
1.1.1. La province orientale.....	04
1.1.2. La province triasique ou centrale.....	04
1.1.3. La province occidentale.....	04
1.2.Litho-stratigraphie De La Plate-forme Saharienne.....	06
1.2.1.Le Paléozoïque.....	07
1.2.2.Le Mésozoïque.....	08
1.2.3.Le Cénozoïque.....	08
2. Cadre locale.....	08
2.1.emplacement géologique du champ Hassi Tarfa.....	08
2.2. litho-stratigraphique.....	09
2.2.1. Paléozoïque.....	09
2.2.2. Mésozoïque.....	09
2.2.3. Cénozoïque.....	09
2.3 Description lithologique de la Plate –forme Saharienne.....	10
2.3.1. Paléozoïque.....	10
2.3.1.1. Cambrien.....	10
2.3.1.2. Ordovicien.....	10
2.3.2. Mésozoïque.....	11

2.3.2.1. Trias.....	11
2.3.2.2. Jurassique.....	11
2. 3.2.2.1. Le Lias.....	12
2.3.2.2.2. Le Dogger.....	12
2.3.2.2.3. Le Malm.....	12
2.3.2.3. Crétacé.....	14
2.3.2.3.1. Néocomien.....	14
2.3.2.3.2. Barrémien.....	14
2.3.2.3.3. Aptien.....	14
2.3.2.3.4. Albien.....	14
2.3.2.3.5. Cénomanién.....	14
2.3.2.3.6. Turonien.....	14
2.3.2.3.7. Sénonien.....	14
2.3.3. Cénozoïque.....	15
2.3.3.1. Eocène.....	15
2.3.3.2. Mio-Pliocène.....	15

CHAPITRE II :Etude Pétrographique et Diagenétique

I. Etude pétrographique.....	16
1. Constituants pétrographique	16
1.1. Phase clastique.....	16
1.1.1. Le quartz.....	16
1.1.2. Micas.....	16
1.1.3. Les minéraux lourds.....	17
1.1.4. La glauconie.....	18
1.2. La phase liante.....	19
1.2.1. Le ciment siliceux.....	19
1.2.2. Le ciment argileux	20
1.2.3. Le ciment carbonaté.....	20

1.3. La Porosité.....	21
2. Granulométrie et Morphoscopie.....	22
II. L'étude diagenétique.....	26
1. Rappels sur la diagenèse.....	26
1.1. Définition de la diagenèse.....	26
1.2. Les phases de diagenèse.....	26
1.2.1. Diagenèse précoce (Eogénèse).....	26
1.2.2. Diagenèse d'enfouissement (Mésogénèse).....	27
1.2.3. Diagenèse tardive (Télogénèse).....	27
2. Phénomènes diagenétiques observés dans les niveaux étudiés	28
2.1. La compaction.....	28
2.2. La cimentation.....	29
2.2.1 Le ciment Siliceux.....	30
2.2.2. Le ciment Argileux.....	31
2.2.3. Le ciment carbonaté.....	34
2.3. La dissolution.....	35
2.4. Le remplacement.....	35
2.5. L'Oxydation.....	36

CHAPITRE III : Etude de fracturation

I. Etude de fracturation à partir des carottes	38
I.1. Les Stylolithes.....	38
I.2. Fractures colmatées.....	38
I.2.1. La silice	39
I.2.2. La Pyrite	39
I.2.3. Le Bitume	40
I.2.4. Les oxydes.....	41
I.3. Les fractures ouvertes et fermées	41
I.4. Les brèches	42

II .Etude de fracturation à partir lames minces	43
II.1. Les stylolithes.....	43
II.2. Les microfissures colmatées.....	43
II.3. Les microfissures non colmatées.....	44
II.3.1.Microfissures ouvertes	45
II.3.2.Les microfissures fermées	46
III. Relation fracturation diagenèse.....	46
VIII. Conclusion.....	47
CONCLUSION GENERALE	48
Bibliographie	

Introduction générale

Introduction générale

D'un point de vue pétrolier les gisements d'hydrocarbures d'Algérie sont quasiment tous situés dans la région de Sahara ou ils se répartissent dans différents bassins, le bassin le plus prolifique demeure celui d'oued mya ou se trouve le géant gisement de Hassi Messaoud,

Les réservoirs sont gréseux dans leur quasi-totalité et se trouve essentiellement dans les niveaux du cambrien ; avec la découverte des nouveaux gisements de type compacte avec un important potentiel tels que : Hassi Dzabat, Hassi guettar et Hassi Tarfa dans les niveaux d'âge ordovicien (quartzite el Hamra).

L'étude de ce type de formation parait indispensable pour le développement de ce potentiel.

Le présent travail consiste à réaliser un modèle de dépôt afin de retracer la dynamique sédimentaire de la série étudiée au cours de l'ordovicien inférieur ainsi que son évolution diagenétique dans le temps.

Les objectifs de ce travail multiples sont :

- Une étude pétrographique permet de mettre en évidence la fraction lithique et la phase liaison.
- une étude diagenétique axée sur la compréhension des phénomènes diagenétiques et leurs évolutions.
- Une étude structurale permettant de mettre en évidence les grands traits structuraux de la zone d'étude et les phases majeures qui l'ont affectée.

I. Situation géographique de Hassi Tarfa :

La région de Hassi Tarfa est située dans la wilaya de Ouargla près de 650km au sud d'Alger et 44 km au sud de Hassi Messaoud limitée par :

- Les parallèles 31° et 32° Nord.
- Les méridiens 6° et 7° Est.

Le champ de Hassi Tarfa appartient au bloc n°427 selon le découpage de Sonatrach.(fig.1)

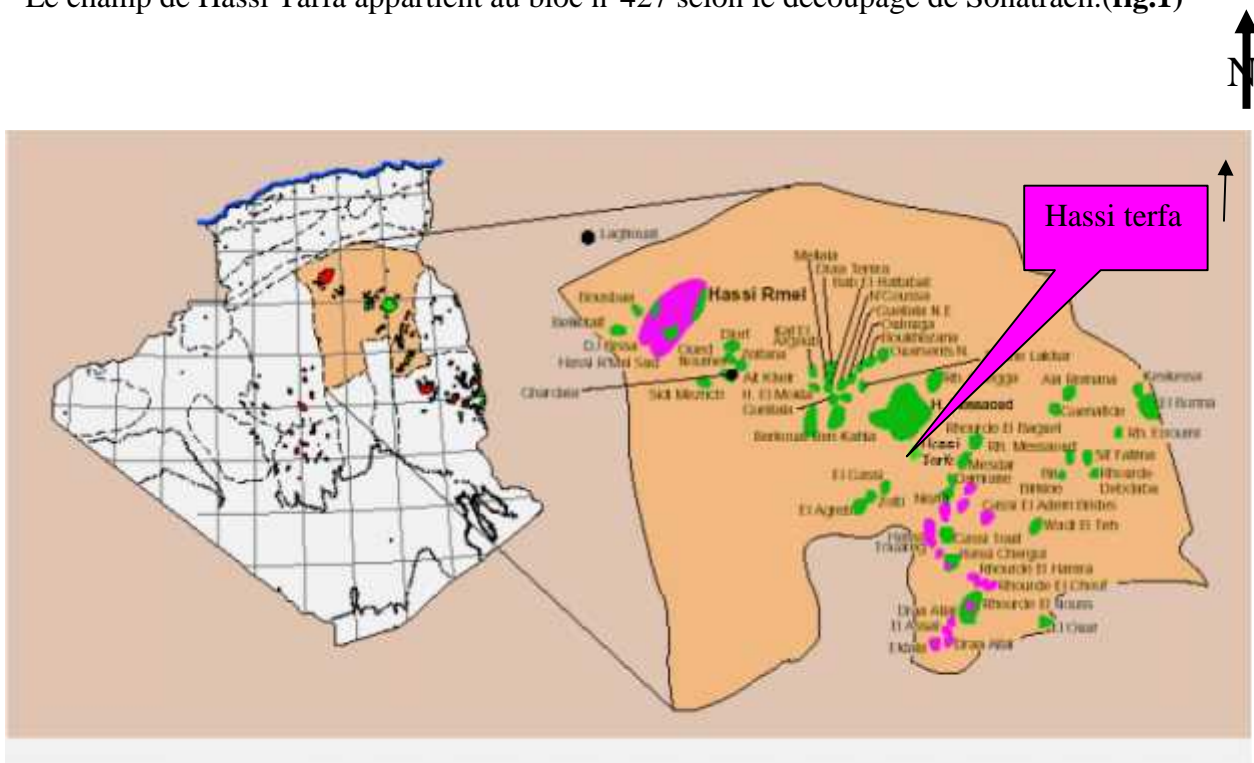


Fig.1 : Situation géographique de champ de Hassi Tarfa.

II. Historique des travaux :

Hassi Tarfa est une structure récemment découverte. Elle est en phase d'exploration avec quelques puits de production.

Le premier puits (HTF-1) a été foré en septembre 1999, situé entre les gisements de Hassi Messaoud, El Agreb Zotti et, El Gassi qui sont productifs d'huile dans le Cambrien.

L'objectif primaire de ce puits était l'évaluation du Cambrien (Ri et Ra). Les Quartzites de Hamra constituaient un objectif secondaire.

Le forage des réservoirs Ri et Ra se sont avérés aquifères, par contre les Quartzites de Hamra se sont avérés à huile.

Les puits HTFN-1 et HTF-2 ont été forés en 2001 dans le but de la délimitation de la structure. Ces puits avaient pour but l'évaluation des Quartzites de Hamra productifs dans le puits HTF1.

En septembre 2001 le puits HTF-3 a été foré. Ses objectifs étaient les suivants :

- évaluer les Quartzites de Hamra.
- tester leur potentialité dans les limites de la fermeture structurale.
- délimiter l'extension du réservoir ordovicien dans cette structure.
- confirmer le volume des réserves prouvées sur le compartiment Est de la structure.

En mai 2005 le puits HTF-4 a été réalisé avec l'objectif d'évaluer des Quartzites de Hamra et les grès cambriens des niveaux Ri et Ra. (fig.2)

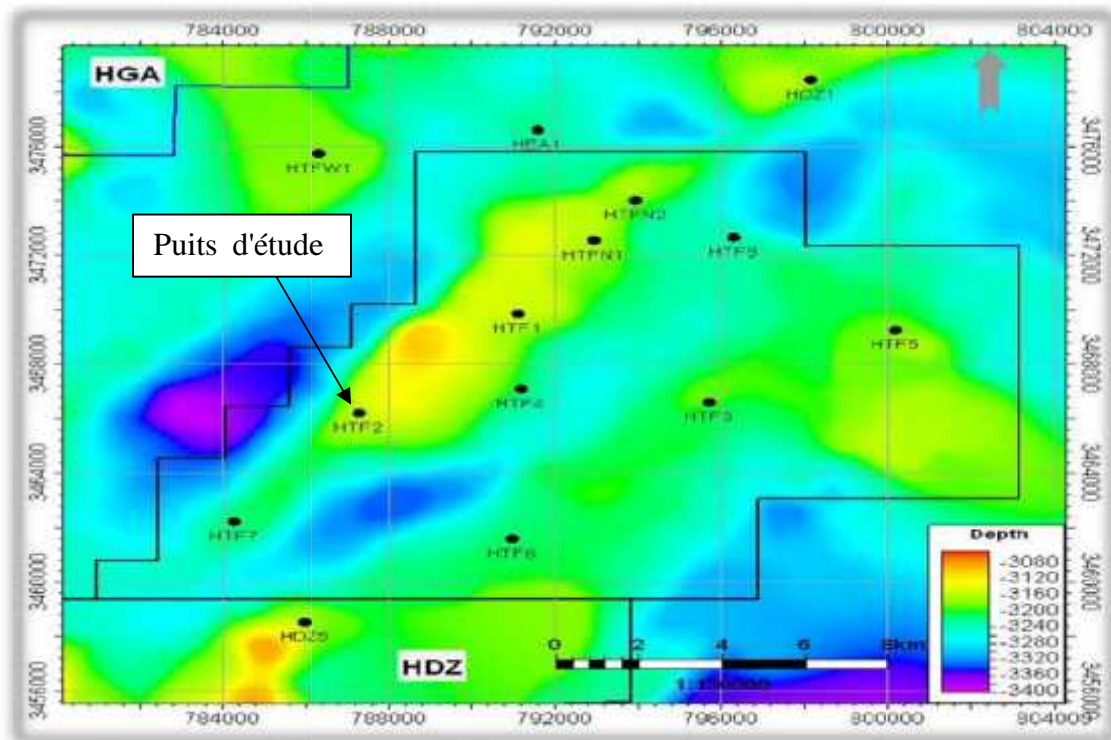


Fig.2 : Plan De Position Des Puits (d'après PED / Sonatrach).

III. Cadre géologique :

1. Cadre Régional :

1.1. Les différents provinces de la plate forme saharienne :

Les déformations tectoniques, la subsidence et les épaisseurs des séries ainsi que leurs natures ont modelé la Plate-forme Saharienne en un certain nombre de bassins répartis dans la province occidentale, la province orientale et la province triasique.

1.1.1. La province orientale :

Cette province, appelée synéclise Est Algérie, se compose des bassins d'Illizi et de Ghadamès séparés par le môle d'Ahar.

La série sédimentaire type est en discordance sur le Précambrien, présente tous les termes, du Cambrien à l'Actuel. Une série sableuse d'âge Moi-pliocène recouvre localement les formations terminales du Mésozoïque. Enfin le Quaternaire discontinu, de faible épaisseur, constitue le dernier élément de la série stratigraphique. (Wec 2004)

1.1.2. La province triasique ou centrale :

Située dans la partie septentrionale de la Plate-forme Saharienne, la province triasique est un anticlinorium de direction Est -Ouest où les éléments majeurs suivants ont été individualisés:

- la voûte de Tilrhemt et le haut fond de Talemzane;
- le système structural de Djemââ-Touggourt;
- le système de dislocation d'El Agreb-Messaoud;
- le môle de Dahar.

Ces éléments sont séparés par des dépressions (Oued M'ya) où l'on rencontre les séries types de la province triasique. Les dépôts paléozoïques sont souvent très érodés, aussi profondément que l'Ordovicien ou le Cambrien. Le Mésozoïque, discordant sur le Paléozoïque, est présent du Trias au Crétacé. Le Cénozoïque est représenté par une série détritique du Moi-pliocène. (WEC 2007)

1.1.3. La province occidentale :

La province occidentale comprend les bassins de Béchar, Tindouf, Reggane, Ahnet, Mouydir, Timimoune et Sbaa. Ces dépressions sont à remplissage paléozoïque, Cambrien à Namurien. Le Méso-cénozoïque y est peu développé. La puissance des séries varie de 3500 à 8000 m. Les bassins de Tindouf et de Reggane sont des dépressions dissymétriques situées sur les bordures N et NE du massif des Eglab. Les sédiments paléozoïques atteindraient 8000m dans le bassin de Tindouf et 6000m dans celui de Reggane. Le bassin de Béchar est limité au nord par le Haut Atlas, au sud et à l'ouest par la chaîne de l'Ougarta et à l'est par le haut fond de Meharez. La puissance des séries est de l'ordre de 8000 m. Le bassin de l'Ahnet-Timimoune est limité au nord par le haut fond d'Oued Namous, à l'ouest par la chaîne

d'Ougarta, au par le bouclier Touareg et à l'est par les dorsales de Foug Belrem et du Mzab.

Le bassin du Mouydir est limité à l'ouest par la dorsale de Foug Belrem et à l'est par celle d'Amguid-El Biod. La série sédimentaire peut atteindre plus de 3000 m. (WEC 2007). (fig3)

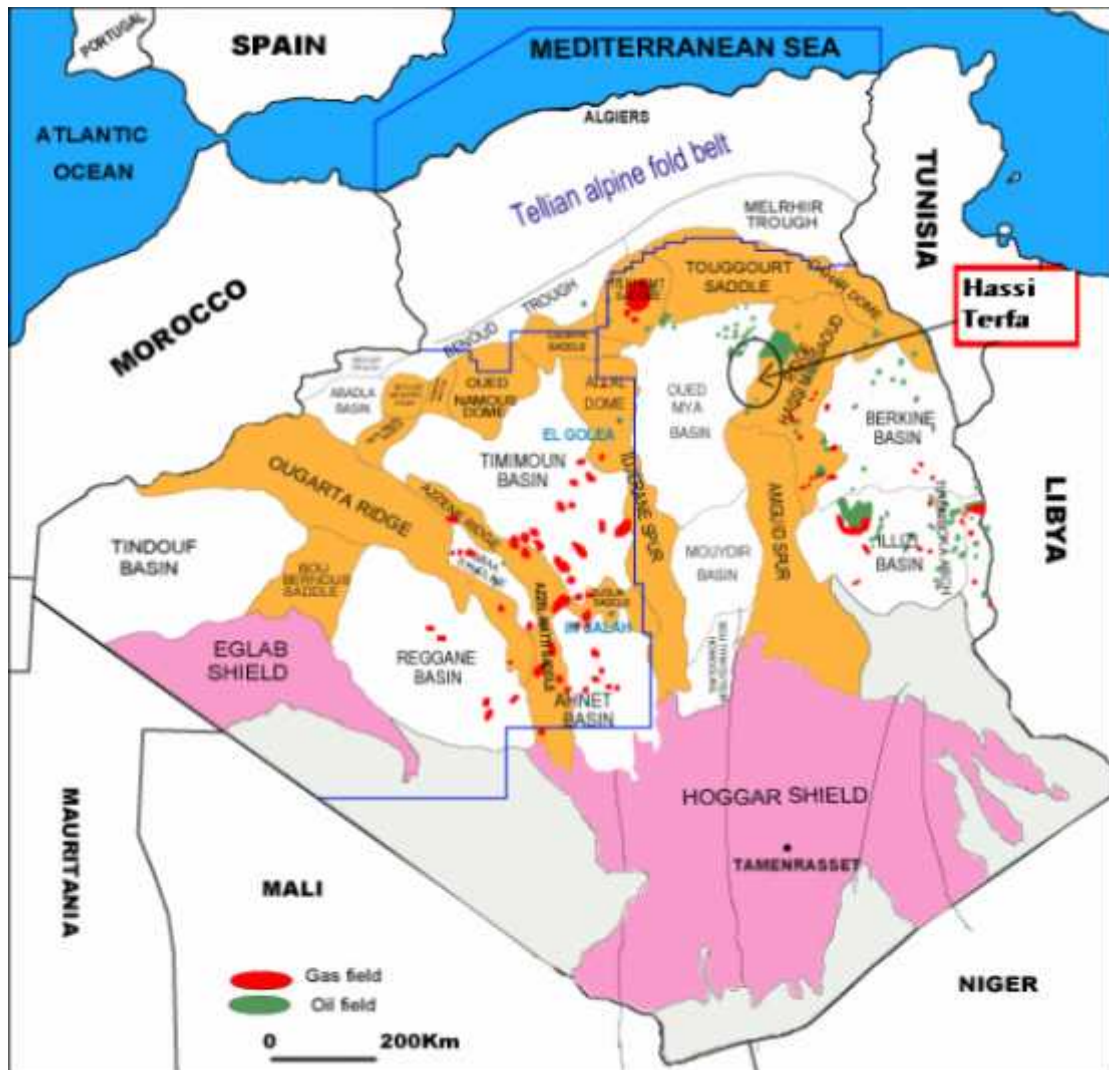
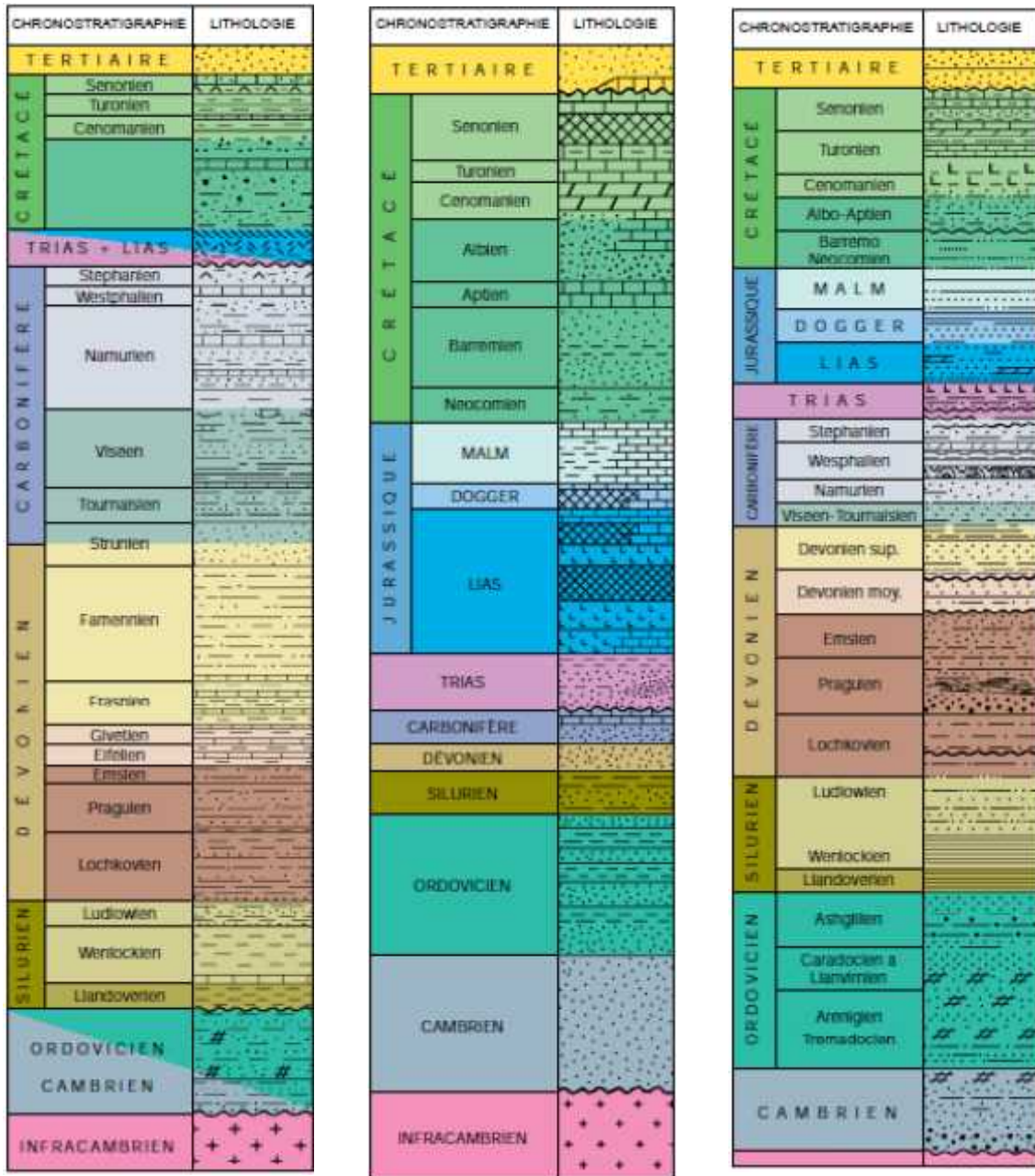


Fig.3 : Situation géologique de la région de Hassi Tarfa. (DP /Sonatrach)

1.2.Lithostratigraphie De La Plate-forme Saharienne :

La stratigraphie type de chaque province, les corrélations des séries paléozoïques mettent en évidence des variations Latérales des faciès et d'importantes discontinuités.(fig.4 a-b-c)



A : Stratigraphie de la province Occidentale.

B : Stratigraphie de la province Triasique.

C: Stratigraphie de la province Orientale.

Fig.4 : la stratigraphie de la plate forme Saharienne (Wec 2004).

1.2.1.Le Paléozoïque :

- **Cambrien :**

Les dépôts cambriens reposent sur le socle cristallin et sont représentés par des grès et des quartzites à passées conglomératiques. Dans la province triasique, où ils sont les mieux connus, ces dépôts constituent d'importants réservoirs. Dans les autres régions, ces dépôts sont subdivisés en unités ou formations d'épaisseur moyenne de 300m (Hassi Messaoud).

- **Ordovicien :**

Il constitue un ensemble (500 m), allant du Trémadoc à l'Ashgill. Les coupes les plus complètes se situent dans les dépressions de l'Oued Mya et de Timimoune. Les dépôts proximaux (fluviaux) s'agencent autour des régions émergées et forment les falaises du Tassili interne. Les dépôts marins se rencontrent au nord en subsurface et dans ce qui est devenue Chaînes de l'Ougarta. Des traces de glaciation ont été décelées dans l'Ordovicien terminal.

- **Silurien :**

Cette période est caractérisée par une sédimentation terrigène fine, argileuse en milieu marin. Cette série d'apparence homogène (environ 600 m) est représentée par des argiles noires à Graptolites et des argiles à passées gréseuses et rares bancs carbonatés. Les argiles noires sont un repère stratigraphique connu sur l'ensemble de la Plate-forme Saharienne.

- **Dévonien :**

- **Dévonien inférieur :**

Ces dépôts, essentiellement argilo-gréseux, présentent des faciès très variés:

- le Lochkovien est représenté par des sédiments argilo gréseux d'une puissance maximum de Ouest de la dépression de l'Oued Mya.
- le Praguien plus développé que le Lochkovien, est surtout gréseux à variations de faciès tant latérales que verticales.

Dans le bassin d'Illizi, il peut être discordant sur différents niveaux siluriens. Les plus fortes épaisseurs ont été enregistrées dans les régions nord de la dépression de Tindouf (340 m à 400 m) et dans la coupe type de l'Ougarta (350m à 400 m).

- l'Emsien, argilo-calcaire à gréseux, termine le Dévonien inférieur. Dans les régions occidentales, sa limite inférieure est à la base d'un banc calcaire appelé "Muraille de Chine". Dans les régions orientales où sont définis les réservoirs gréseux, la limite est caractérisée palynologiquement.

- **Dévonien moyen et supérieur :**

La coupe stratigraphique du Dévonien moyen et supérieur est caractérisée par des lacunes de sédimentation. Les dépôts ont été les plus touchés par l'érosion frasnienne ou famennienne et pré-mésozoïque.

Le Dévonien moyen, dont l'épaisseur varie de 100m à 250 m, est moins développé que la série précédente. . La coupe type du Dévonien moyen a été relevée dans les affleurements de l'Ougarta.

Le Dévonien supérieur est d'extension identique au Dévonien moyen. Dans les régions occidentales, il atteint 1700m sous un faciès argilo-carbonaté tandis que, dans les régions orientales, ses dépôts argilo-silteux n'atteignent que 900m environ.

- **Carbonifère :**

Le Carbonifère correspond au cycle sédimentaire paléozoïque final. On peut l'observer dans les domaines occidentaux et orientaux, séparés par le môle d'Amguid-El Biod- Messaoud d'où les dépôts sont absents. Les faciès varient de marin profond jusqu'à continental. De même, les épaisseurs varient de 900m à l'est pour atteindre 2800m à l'ouest.

1.2.2.Le Mésozoïque :

- **Trias :**

Le Trias transgressif, discordant sur les formations paléozoïques, est représenté par des dépôts argilo-gréseux et lagunaires (sel et anhydrite). La série gréseuse constitue de bons réservoirs notamment dans le champ de Hassi Rmel.

- **Jurassique :**

Le Jurassique, largement développé dans la province triasique, est composé de sédiments marins et lagunaires. Il débute par un niveau dolomitique.

- **Crétacé :**

Le Crétacé est présent partout sur la Plate-forme Saharienne. Il comporte des faciès grésos-argileux à la base évoluant vers un pôle essentiellement carbonaté au sommet.

1.2.3.Le Cénozoïque :

Le Cénozoïque est représenté par une série de dépôts détritiques d'environnements très différenciés et d'âge Mio-Pliocène.

2. Cadre locale :

2.1.emplacement géologique du champ Hassi Tarfa :

La structure de Hassi Tarfa est située dans la province triasique, au sud du gisement de Hassi Messaoud sur la bordure de trend El Gassi- El Agreb-Hassi Messaoud. Elle est limitée par:

- Le champ de Hassi Messaoud vers le Nord et le Nord-est.
- Structure anticlinale de Hassi D'zabat, vers l'Ouest.
- A l'Est est situé le champ de Mesdar.
- Au Sud on a le champ d'El Gassi.

2.2.litho-stratigraphique :

La série stratigraphique de la région de Hassi Tarfa est essentiellement composée des dépôts Mésozoïques avec 3118 m d'épaisseur, reposant en discordance sur le Paléozoïque qui a 407 m d'épaisseur. Enfin, un faible épandage détritique d'âge tertiaire de 300 m repose en discontinuité sur le Mésozoïque.

2.2.1. Paléozoïque :

La tranche détritique reconnue par les sondages est constituée par les formations cambro-ordoviciens.

Elles sont prédominées par des grands épandages régionaux des roches détritiques grossières ayant progradé à partir du sud vers le nord en discordance sur un socle hétérogène affecté par la phase panafricaine. Ces formations sont surmontées par d'épaisses séries d'argile et grés issues des grandes périodes de transgression-régression marine à partir du nord. Le Cambro-ordovicien connaît sporadiquement des épisodes volcaniques sans grande extension latérale. L'Ordovicien supérieur, marqué par une période de glaciation, est précédé par la phase tectonique compressive qui a favorisé une importante érosion des termes ordoviciens de base et par fois cambriens. Durant le Silurien, une transgression majeure globale à partir du nord s'est caractérisée par les dépôts des argiles noires organiques à graptolites dans un milieu très peu oxygéné.

2.2.2. Mésozoïque :

Les roches détritiques argilo gréseuses datés du Trias supérieur débutent la séquence sédimentaire mésozoïque en discordance angulaire sur les termes paléozoïques. Sur l'ensemble de la partie Nord ces dépôts correspondent à une période de lente régression marine à partir de l'Est. Tout ce territoire est marqué par une influence continentale avec installation d'un régime fluvial, la suite de cette période de dépôts détritiques une autre période de dépôts évaporitiques de Trias terminal est relayée au Lias. Une phase de rifting est accompagnée par des épanchements volcaniques pendant le Trias au Sahara.

Les dépôts évaporitiques sont représentés par des intervalles dolomitiques, calcaire oolitiques ou marno-carbonatés. Le Crétacé inférieur est surtout caractérisé par un large développement des dépôts gréseux qui sont la conséquence d'une régression vers le Nord entrecoupée par un intermède aptien carbonaté transgressif. Le Cénomano-Turonien se caractérise par une reprise du cycle transgressif, il débute par une phase de sédimentation à influence lagunaire évoluant latéralement et verticalement à un faciès marin.

2.2.3. Cénozoïque :

Durant le Tertiaire les dépôts de type plateforme épicontinentale et lagunaire persisteront durant le Paléocène et l'Eocène ; cette période est caractérisée par l'orogénèse alpine et ses phases compressives.

2.3. Description lithologique de champ de hassi tarfa: (fig.5)

2.3.1. Paléozoïque :

2.3.1.1. Cambrien :

On distingue de bas en haut :

- **Cambrien R 3 :**

Ce sont des grès blanc moyen à très grossiers, micro conglomératique à la base, à ciment argileux abondant admettant des passées de grès ferrugineux et d'argile silteuses.

- **Cambrien R2 :**

Grès moyens à grossiers micacées, mal classés, micro conglomératique quartzitique à ciment argileux assez abondant et admettant des intercalations de silt.

- **Cambrien Ra:**

Ce sont des grés blancs, moyens à grossiers, parfois très grossiers, silico-quartzitiques à quartzitiques, compacts, durs, localement pyriteux, avec rares passées d'argile grise à gris noir, silteuse, micacée et indurée.

- **Cambrien Ri :**

Il est formé de grés blanc, fin à moyen, silico-quartzitique à quartzitique, compact, pyriteux, avec de fines passées d'argile grise à gris-noir, indurée, silteuse, micacée. Abondance de tigillites et de fissures fermées, horizontales à subhorizontales.

2.3.1.2. Ordovicien :

- **Zone des alternances :**

C'est une alternance d'argile gris noir à noire, silteuses, micacée, indurée et des grés gris-blanc, fin à moyen, siliceux, moyennement consolidé passant parfois à des siltstones gris-blanc.

- **Argiles d'El Gassi:**

Cette unité lithostratigraphique est constituée d'argile gris à gris foncé, induré, silteuse, micacée, avec niveaux de grés gris-blanc, siliceux à silico quartzitique, rarement gris verdâtre à gris sombre, fin à très fin, argileux, mal consolidé et glauconieux, présence de roche éruptive, brun à brun rouge, parfois gris verdâtre .

- **Les grés d'El Atchane:**

Ils sont composés de grés gris blanc et gris sombre, fin à moyen, silico-quartzitique, compact, bien consolidé, passant à des quartzites compacts, bien consolidés, glauconieux, localement bitumineux, avec intercalation d'argile gris foncé, indurée, silteuse et légèrement micacée.

- **Les Quartzites de Hamra :**

Les Quartzites de Hamra sont constituées de grés gris blanc à blanc, localement gris noir, fin à moyen parfois grossier, silico-quartzitique compact, dur, passant par endroit à des quartzites, localement bitumineux, glauconieux, avec passée d'argile gris foncé, indurée, silteuse, micacée; abondance de Tigillites et fissures remplies de pyrite; présence de fractures remplies de roches détritiques. Passée d'argile, brun foncé et gris noir, parfois gris vert, indurée, silteuse, micacée, inclusion de galets d'argile gris vert.

- **Les grés d'Ouargla :**

Ils sont composés de grés blanc à blanc beige très fin à fin, parfois fin à moyen, silico-quartzitique, moucheté de pyrite, compact, dur; passée d'argile gris à noire, silteuse, indurée. Niveau de roche éruptive brunâtre et gris –sombre à la base.

2.3.2. Mésozoïque :

Il est représenté par le Trias, le Jurassique et le Crétacé.

2.3.2.1. Trias :

De bas en haut on distingue

- **Trias (Roches éruptives):**

Il est constitué de roches éruptives, gris brun et gris vert, avec abondance de minéraux verts, intercalation d'argile brun rouge à brun rarement gris verts, fortement silteuses.

- **Trias argileux :**

Il est constitué d'argile plus ou moins silteuses, brun-rouges à bariolés, dolomitique et anhydritique.

- **Trias Salifère :**

Il est constitué de bancs de sel massif présentant au sommet des intercalations d'anhydrite et d'argile légèrement silteuses et dolomitique.

2.3.2.2. Jurassique

On distingue de bas en haut :

2.3.2.2.1. Le Lias :

- **Lias (Horizon B):**

Il est constitué de calcaire gris blanc, localement gris verdâtre, microcristallin, moyennement dur, avec passées d'argile gris vert, gris, brun à brun rouge, silteuse, tendre à indurée, carbonatée. Niveau d'anhydrite blanche, massive et dur vers la base.

- **Lias Salifère (LS2) :**

La formation est un sel blanc massif à intercalation d'argile brun rouges plastiques.

- **Lias dolomitique (LD2) :**

La formation est une alternance d'anhydrite blanche ou grise compacte d'argiles versicolores et de bancs de dolomie grise.

- **Lias Salifère (LS1) :**

L'ensemble est une alternance de sel blanc, d'anhydrite blanche à grise et d'argile à anhydrite ou dolomitique .un banc massif d'anhydrite se développe au sommet.

- **Lias dolomitique (LD1) :**

La formation est constituée d'alternance d'argile, d'anhydrite et de dolomie.

2.3.2.2.2. Le Dogger :

- **Dogger lagunaire :**

Il est formé d'anhydrite blanche, microcristalline, massive, dur, avec passée d'argile brun rouge, grise à gris-vert, indurée silteuse, légèrement carbonatée, et de dolomie calcaire beige, gris blanc à gris-verdâtre, microcristalline, argileuse, moyennement dure.

- **Dogger argileux :**

C'est une argile versicolore à prédominance brun, silteuse, indurée, carbonatée avec passées d'anhydrite blanche, pulvérulente, localement microcristalline et dure; de dolomie calcaire beige à gris beige, moyennement dure à tendre, passée de grés blanc verdâtre, fin à très fin, argileux carbonaté, moyennement consolidé.

2.3.2.2.3. Le Malm :

Il est constitué d'argile brun rouge et verte, parfois gris, indurée, tendre, silteuse, niveau de grés blanc à gris blanc, fin à très fin, argileux, moyennement consolidé à friable. Passées de dolomie à dolomie calcaire gris clair gris beige, microcristalline, moyennement dure et d'anhydrite blanche, pulvérulente, trace de lignite.

AGES		Lithologie	Ep	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE
CENOZOÏQUE	MIO - PLIOCENE			sable silico-carbonaté
	EOCENE			calcaire dolomitique
CRETACE	SENONIEN	Carbonaté	180	Calcaire dolomitique, passées anhydrites
		Anhydrique	200	Dolomie, anhydrite et calcaire blanc
		Salifère	134	Sel massif avec passées argiles dolomitiques
	TURONIEN		116	Calcaire avec passées d'argiles à la base
	CENOMANIEN		179	Anhydrite, dolomie parfois argileuse
	ALBIEN		300	Grès argileux à silico-argileux
	APTIEN		24	Dolomie calcaire avec passées de marne
	BARREMIEN		260	Grès, argile silto-sableuse et dolomie
	NEOCOMIEN		208	Argile carbonatée avec passées de grès
	MESOZOÏQUE	MALM		205
			220	Argile dolomitique, grès argileux et anhydrite
DOGGER		Argileux	79	Anhydrite, passées d'argile et dolomie
		Lagunaire	38	Anhydrite passées d'argile dolomitique
LIAS		LD1	110	Sel massif, anhydrite, passées d'argile
		LS1	55	Anhydrite, argile carbonatée, dolomie et marne
		LD2	58	Sel massif avec passées d'argiles
		LS2	27	Calcaire argileux, argile et anhydrite
		Horizon B	100	Anhydrite intercalée d'argile dolomitique
			140	Sel massif, Anhydrite et argile
TRIAS	TS1	175	Sel massif avec passées d'argile	
	TS2	50	Argile silteuse à passées de sel	
	TS3	0-90	Roches éruptives à passées d'argile	
	Argileux	50	Argile silteuse avec passées de grès	
	Eruptif	90	Grès silico-argileux à quartzitique	
PALÉOZOÏQUE	ORDOVICIAN	Grès de Ouargla	18	Grès glauconieux, passées d'argile
		Quartzites Hamra	85	Argile à passées de grès
		Grès d'El Atchane	22	Alternance d'argile et grès.
		Argiles d'El Gassi	40	Grès isométriques avec pyrite et lignite
		Zone Des Alternances	120	Grès anisométrique avec joints d'argile
CAMBRIEN	R1	100	Grès microconglomératique	
	Ra	370	Grès grossier, conglomératique	
	R2	45	Grès Argileux rouge	
	R3	-	Granite porphyroïde rose	
INTRA-CAMBRIEN				
SOCLE				

Fig.5 : Colonne litho-stratigraphique de la région de Hassi Tarfa. (PED/Sonatrach)

2.3.2.3. Crétacé :

Il est représenté par :

2.3.2.3.1. Néocomien :

Il est constitué d'argile gris vert et brun rouge, indurée, silteuse à silto-sableuse. Passée de grés gris clair à gris vert, parfois brun, fin, argileux, friable. Passée de dolomie grise beige, microcristalline, moyennement dure, présence d'anhydrite blanche pulvérulente.

2.3.2.3.2. Barrémien :

Il est constitué de grés gris-vert et brun, fin à très fin, friable, argileux, avec passée de sable blanc, translucide, moyen à grossier subarrondi à subanguleux et d'argile, brun et gris-vert, silto-sableuse, rares fines passées de dolomie blanche microcristalline, dure.

2.3.2.3.3. Aptien :

Il est constitué de dolomie calcaire blanche à beige, microcristalline, moyennement dure, présence d'argile gris tendre parfois carbonatée.

2.3.2.3.4. Albien :

Il est constitué de grés gris blanc à blanc, rarement brun, fin à très fin, argileux, moyennement consolidé à friable, d'argile gris à gris verdâtre, brun, indurée, silteuse. passée de dolomie blanche à beige, microcristalline, moyennement dure à dure, trace de pyrite

2.3.2.3.5. Cénomaniens :

C'est de l'argile grise à gris verdâtre et brun à brun rouge, tendre à indurée, carbonatée. Intercalation d'anhydrite blanche pulvérulente, rarement cristalline, passée de dolomie beige à gris beige, microcristalline, parfois argileuse dure moyennement dure, et de calcaire gris moyennement dur.

2.3.2.3.6. Turonien :

Il est constitué de Calcaire blanc, tendre, crayeux, rarement brunâtre à gris brun, tendre argileux à la base.

2.3.2.3.7. Sénonien :**• Sénonien salifère :**

Il est constitué par du sel blanc et rosâtre translucide, massif, avec fines passées d'argile gris verdâtre brun rouge, légèrement carbonaté. Niveau d'anhydrite blanche, parfois grise, pulvérulente, rares passées de dolomie beige à gris beige.

• Sénonien anhydritique :

C'est une alternance d'anhydrite blanche pulvérulente, et grise, cristalline, dure et de dolomie beige à gris beige microcristalline dure, localement argileuse tendre à indurée, carbonatée. Intercalation d'argile grise à gris sombre, indurée, dolomitique.

• Sénonien carbonaté :

Il est constitué par la dolomie grise, microcristalline à cristalline, vacuolaire, saccharoïde passant par endroit à des calcaires dolomitiques gris-blanc à blanc, argileux. Passée d'argile gris à gris foncé, indurée, carbonatée, niveau d'anhydrite blanche pulvérulente et grise, cristalline, dure.

2.3.3. Cénozoïque :

Il est représenté par l'Eocène et le Mio-Pliocène :

2.3.3.1. Eocène :

C'est un calcaire blanc, crayeux, tendre, avec inclusion de silex. Passée de dolomie blanche, microcristalline, dure, vacuolaire, passant par endroit à une dolomie calcaire, dure, fine, passée d'argile grise.

2.3.3.2. Mio-Pliocène :

C'est un sable blanc, parfois jaunâtre ; translucide, moyen à grossier, subarondi à subanguleux avec passée de dolomie beige. Niveaux de calcaire, blanc gréseux, moyennement dur et de gypse blanc, fibreux, translucide.

I. Etude pétrographique :

Cette étude nous a permis en premier lieu de décrire l'aspect pétrographique du grès de l'ordovicien « Quartzite Hamra » de la région étudiée, pour cela il a fallu une analyse de 41 lames minces de Puit HTF 2, dont le but sera la détermination des caractéristiques suivantes :

- Les phases clastiques (pourcentages, formes, tailles, classement) ;
- Les phases liants (type, abondance) ;
- La porosité (les différents types de porosité et leurs proportions).

1. Constituants pétrographique :

1.1. Phase clastique :

1.1.1. Le quartz :

Il consiste l'élément le plus abondant d'environ 80% avec une granulométrie fine à moyenne et une nette tendance à devenir plus fine vers le sommet ; le contour est subanguleux à subarrondi, le classement est bon à moyen et parfois mal classé.

Les contacts entre les grains de quartz sont de type : droit, concavo-convexe et suturé, avec l'abondance de contacte droit. (photo.01)

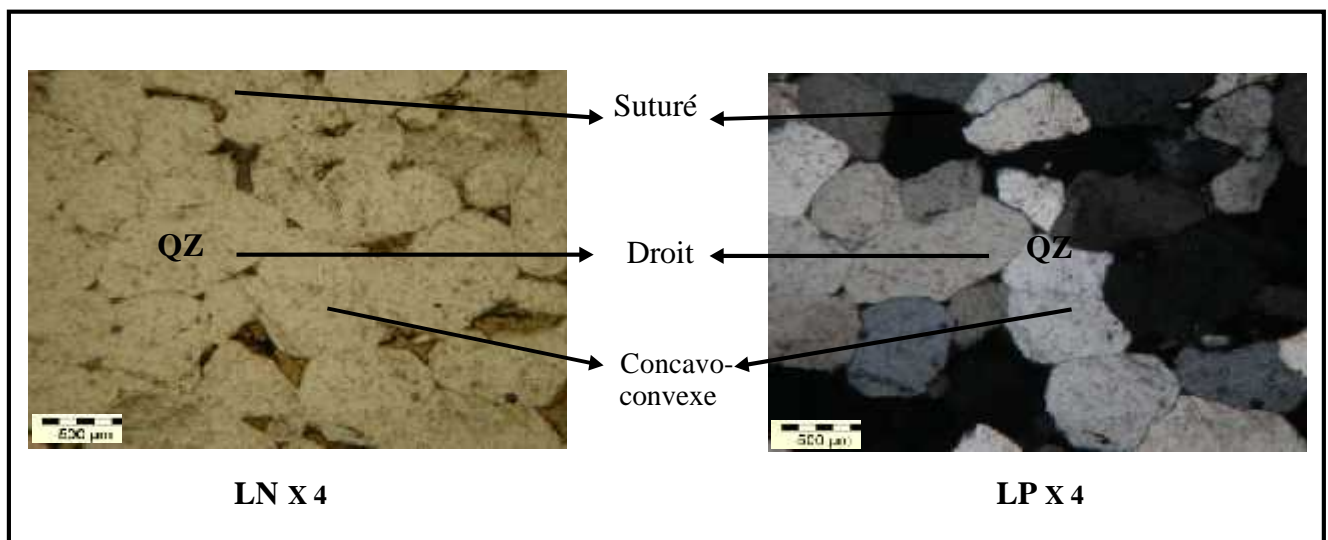


Photo.01 : Côte 3403 m - Grès moyen, sub anguleux à sub arrondie, bien classé à ciment siliceux avec des contacts droit, suturé et Concavo - Convexe entre les grains.

1.1.2. Micas :

Avec un pourcentage ne dépassant pas les 2%, ils sont représentés surtout par la muscovite en baguettes coincées entre les grains de quartz et rarement la biotite altérée.(photos.02-03)

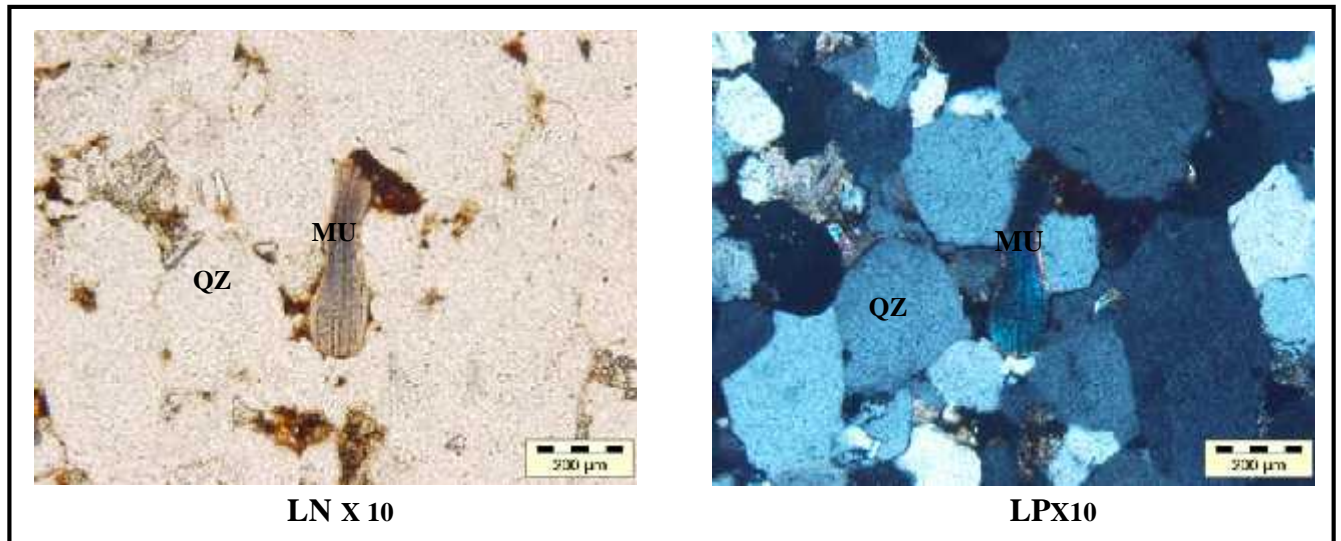


Photo.02 : Côte 3402 m -Grès moyen, sub arrondis, bien classé à ciment siliceux.

QZ : Quartz, MU : Muscovite.

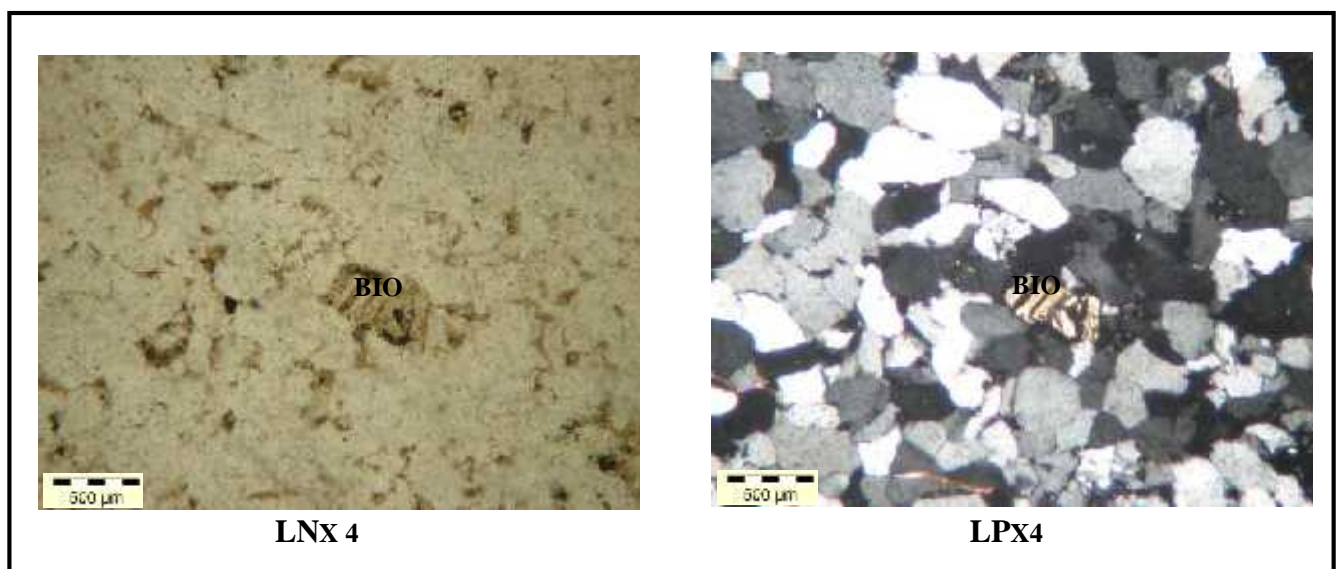
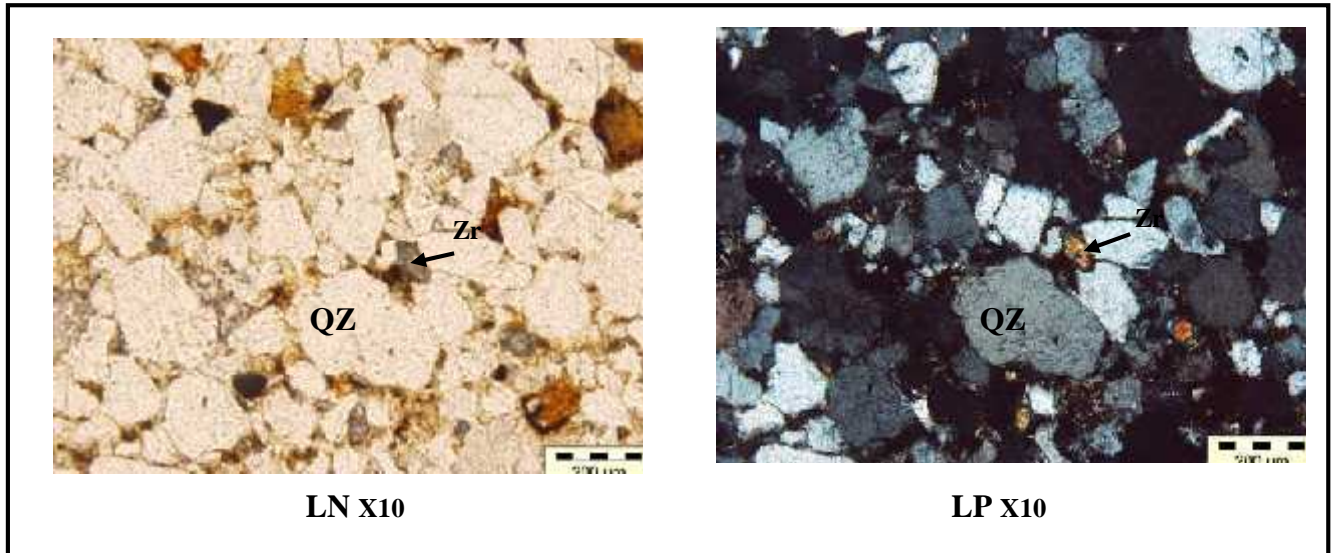


Photo.03 : Côte 3341.50m - grès quartzitique fin sub anguleux, bien classé à ciment siliceux.

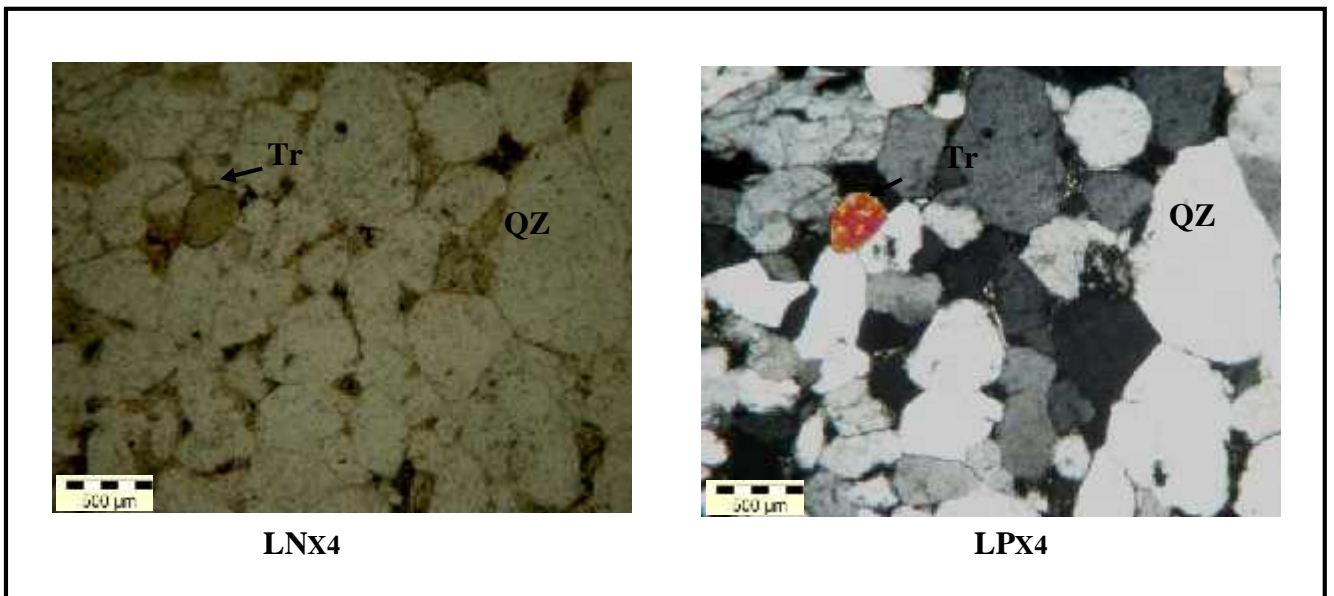
Bio : Biotite.

1.1.3. Les minéraux lourds :

Présentent un pourcentage qui varie de 1% à 3%. On les retrouve parfois en traces, ils sont représentés surtout par du zircon, leucoxène et rarement la tourmaline. (photos.04-05)



**Photo.04 : Côte 3404 m - Grès fin à moyen, sub anguleux mal classé, à ciment argileux.
Zr : Zircon**



**Photo.05 : Côte 3410.50m -Grès moyen sub anguleux a sub arrondie, bien classé à ciment argileux.
Tr : Tourmaline**

1.1.4. La glauconie :

En trace se forme de grains de couleur verte vive légèrement pliocro que.(photo.06)

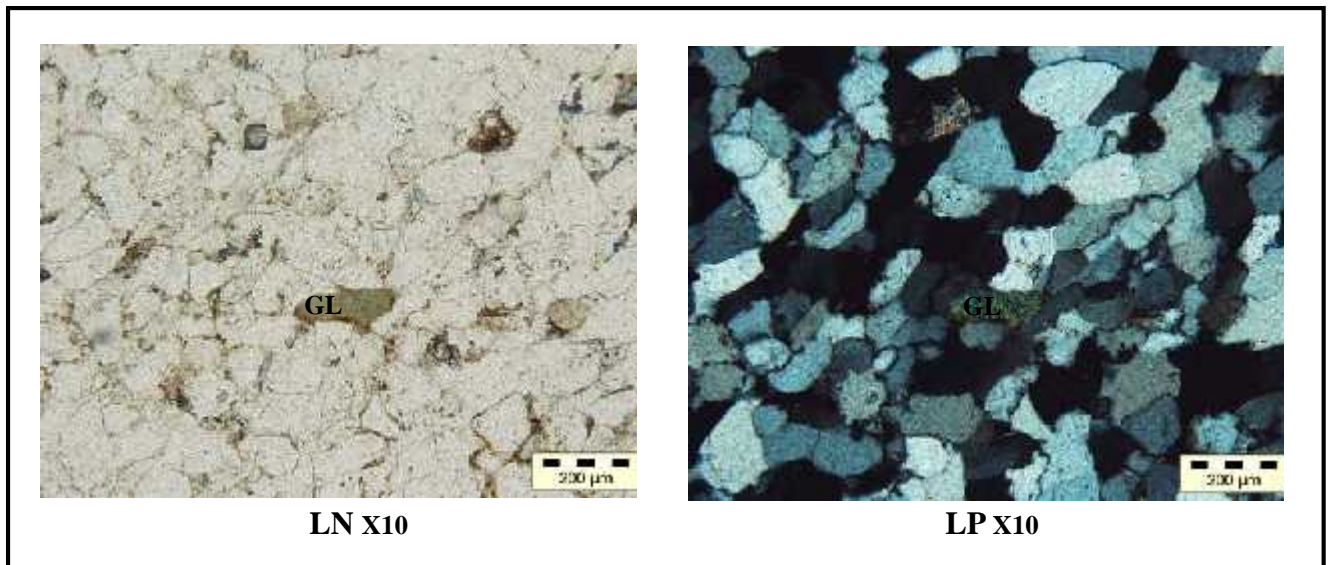


Photo.06 : Côte 3400.50 m -Grès fin sub anguleux, bien classé à ciment siliceux.

GL : glauconie.

1.2. La phase liante

1.2.1. Le ciment siliceux :

Le ciment siliceux est très abondant, sa teneur peut atteindre 15%, on le retrouve sous forme de silice de nourrissage autour des grains « auréole » ou de

Silice interstitielle de pression-dissolution occupant les vides entre les grains.(photo.07)

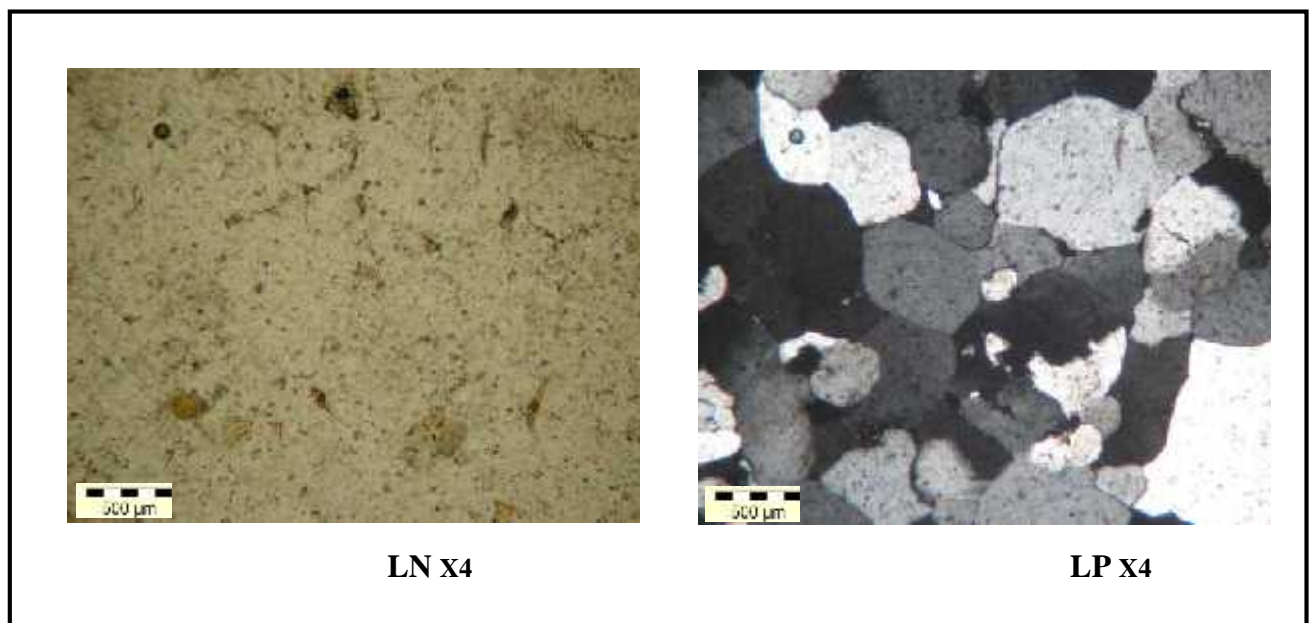


Photo.07 : Côte- 3391 m Grès quartzitique moyen, sub arrondie a ciment siliceux.

1.2.2. Le ciment argileux :

Il est moins abondant, son pourcentage maximale est de 7%, concentré dans les niveaux supérieures de la série, représenté par la kaolinite, illite et rarement la chlorite.(**photo.08**)

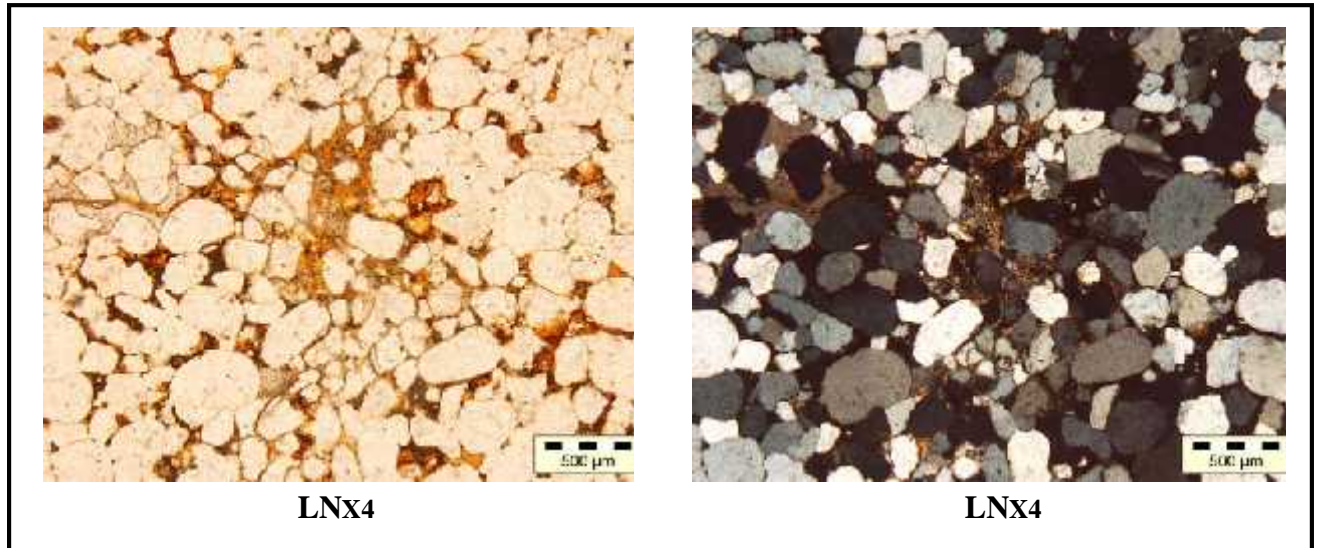


Photo.08 : Côte 3408.50m - Grès fin à moyen, arrondie à ciment argileux.

1.2.3. Le ciment carbonaté :

Il assez fréquents ; sa teneur maximale peut atteindre 5% dans certaine niveau représenté essentiellement par des dolomies secondaires et parfois de la sidérite.(**photo.09**)

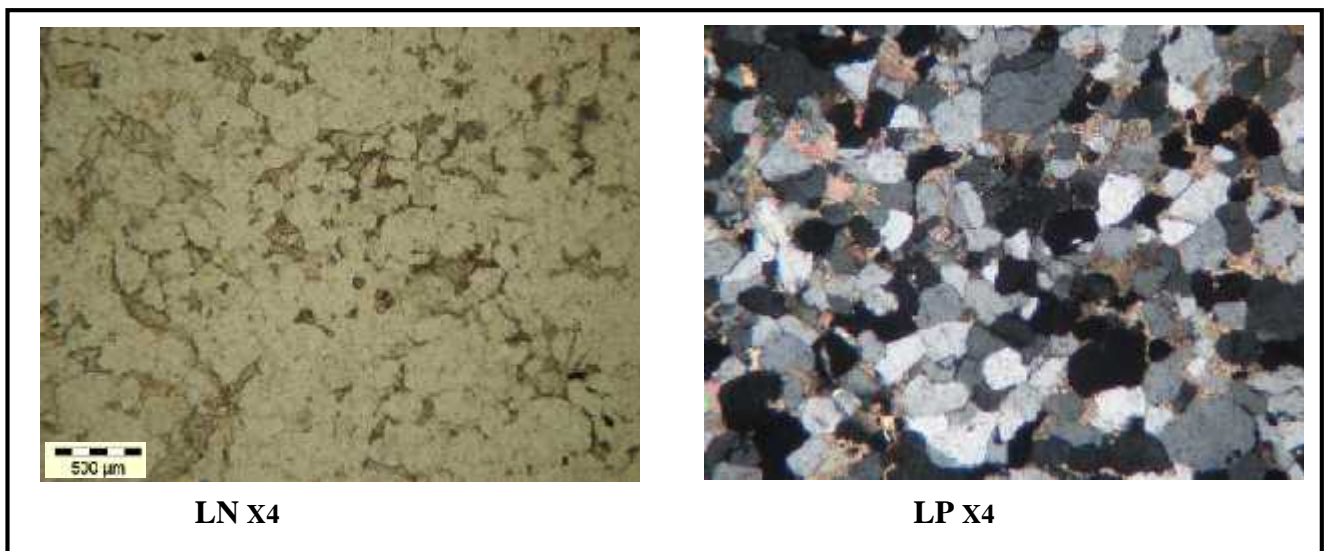


Photo.09 : Côte 3333m - Grès quartzitique, fin sub anguleux, bien classé à ciment carbonaté.

1.3. La Porosité :

Son pourcentage varie entre 0.68 % et 15%, elle est représentée par la porosité matricielle et fissurale.

La porosité matricielle est marquée par la porosité primaire intergranulaire et la porosité secondaire due à la dissolution des éléments moins résistants (silice, carbonate, micas, argile).

La porosité fissurale est représentée par des microfissures fermée et ouverte, colmatée (silice, carbonate) et non colmatée. **(photo.10-11-12)**

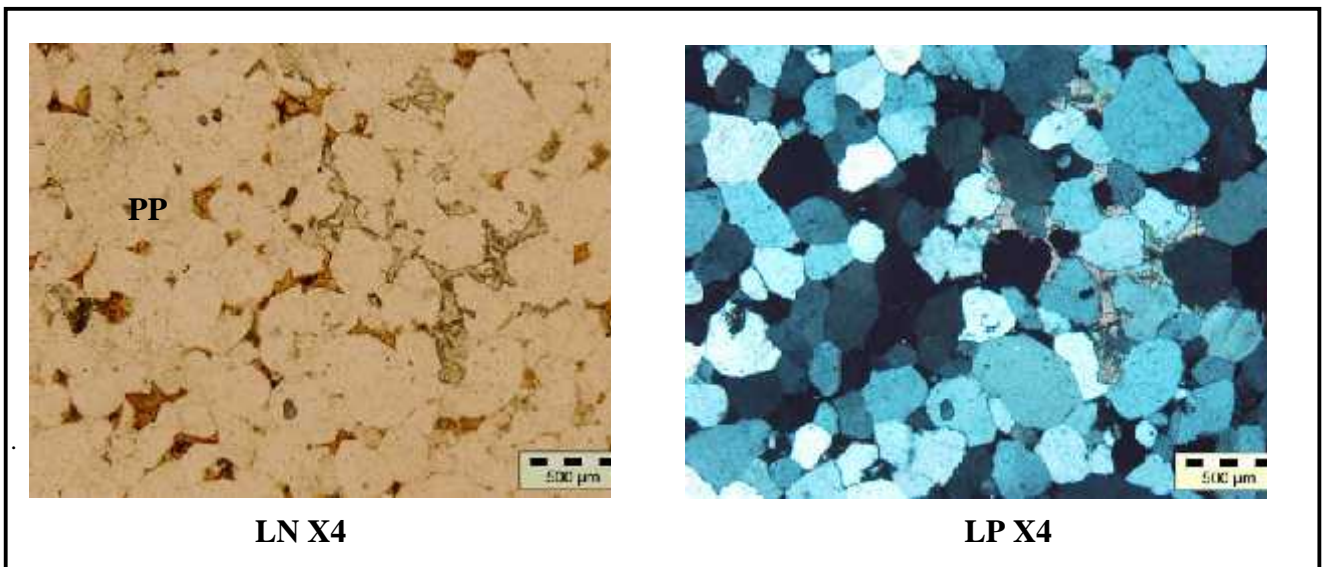


Photo.10 : Côte 3410.50 m - Grès quartzitique moyen, sub arrondie a ciment siliceux, avec un réseau de Porosité Primaire (PP).

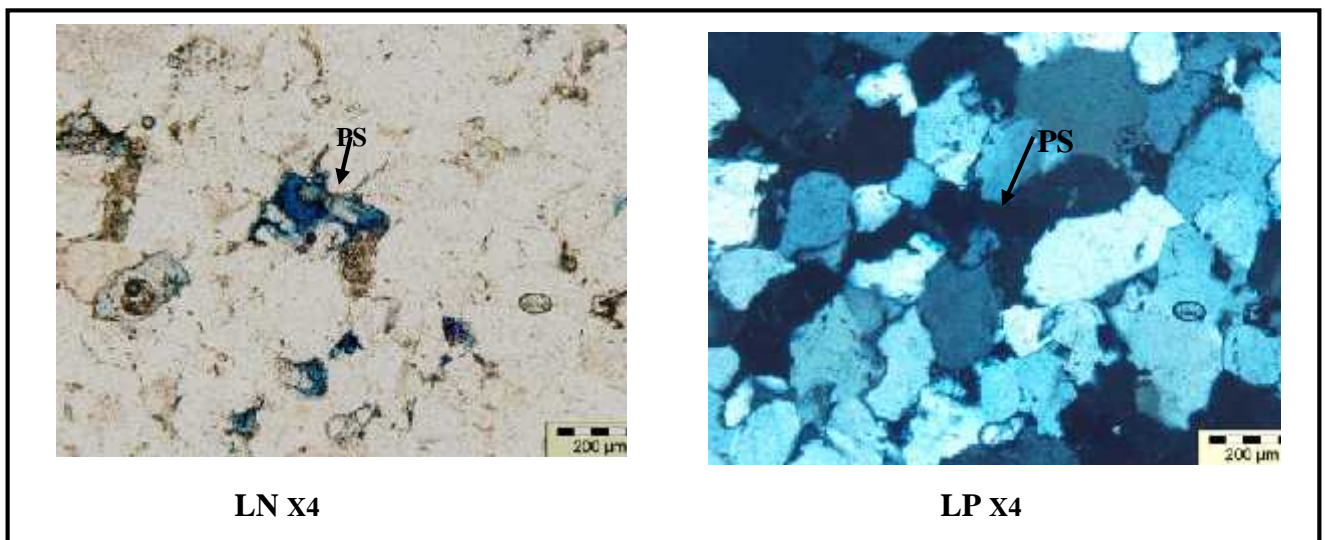


Photo.11 : Côte 3410.50 m- Grès moyen sub anguleux, à ciment siliceux avec un réseau de porosité secondaire (PS).

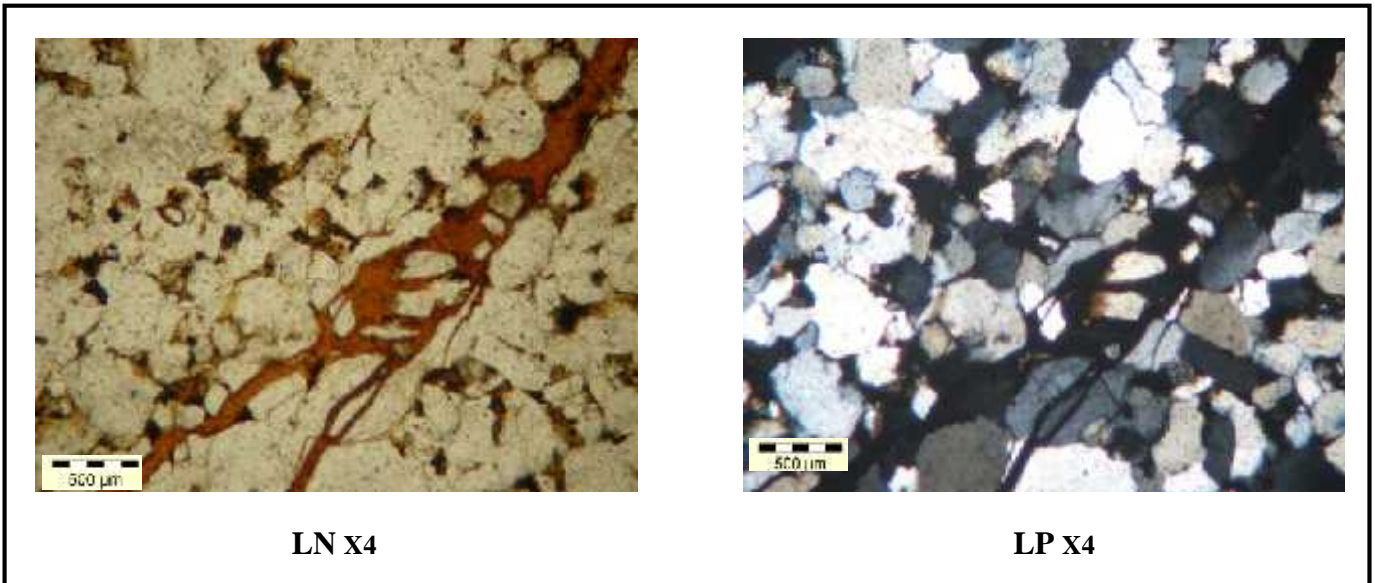


Photo.12 : Côte 3392 m -Grès quartzitique fin, sub anguleux, bien classé à ciment siliceux avec une porosité fissurale.

2. Granulométrie et Morphoscopie :

L'analyse microscopique détaillée des lames minces par les mesures de la taille maximale et moyenne des grains a permis de classer cette série dans la classe des arénites ;

Basant sur la Nomenclature de (Wentworth) ; Cette analyse a abouti à distinguer un classement décroissant vers le sommet de la série.

On note la présence de deux (02) modes de grès (quartz) :

- Un grès fin à moyen à la base de la série, de taille varie entre :

$G_{max} = 0.5mm$, et $G_{moy} = 0.375mm$.

La forme des grains est généralement sub anguleuse à sub arrondie, et des fois arrondie ; Le classement de ces grès est bon à moyen et des fois mal classé. **(photo.13-14-15)**

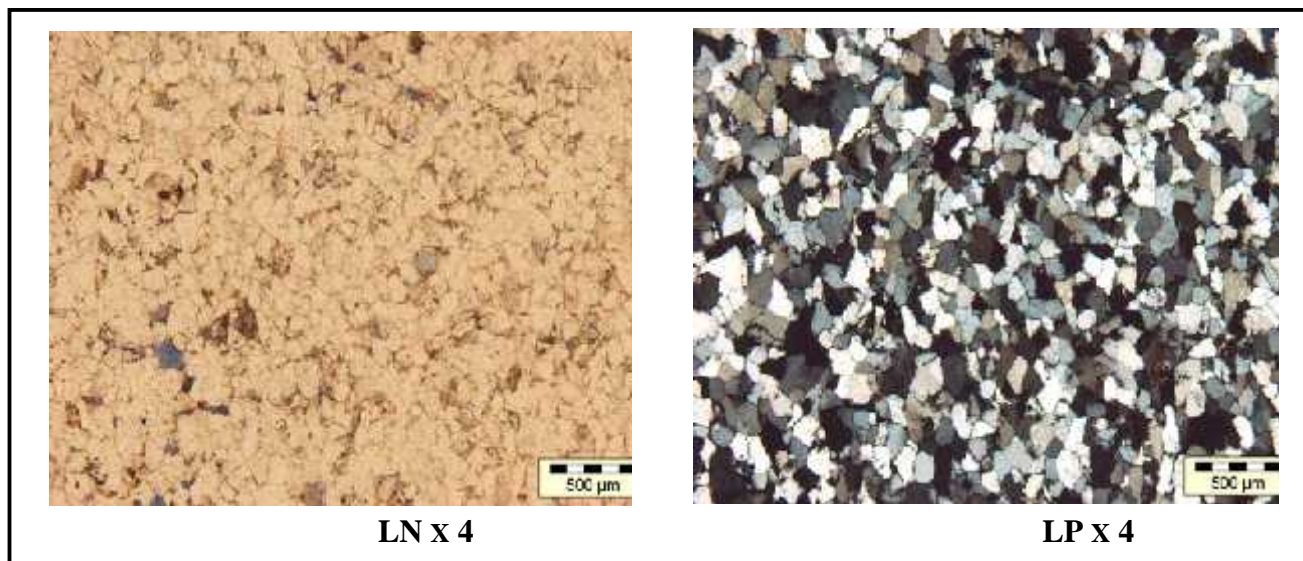


Photo.13 : Côte 3400.50m-Grès fin, bien classé, sub anguleux à ciment siliceux.

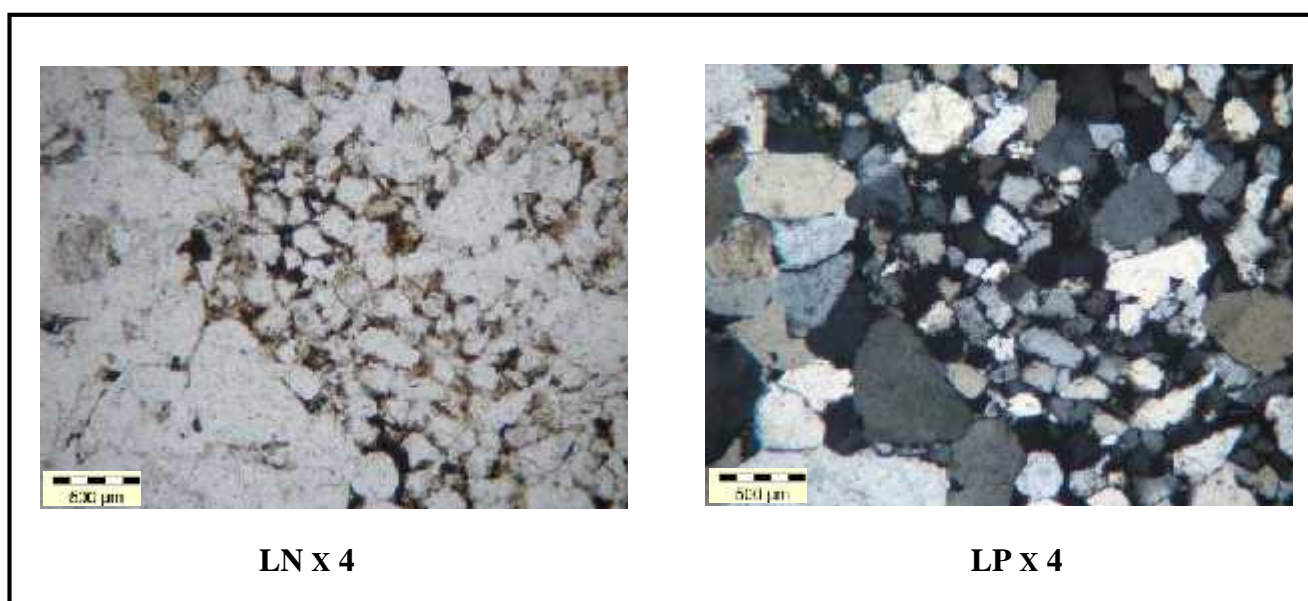


Photo.14 : Côte 3404 m -Grès fin à moyen, mal classé, sub anguleux à sub arrondie à ciment siliceux.

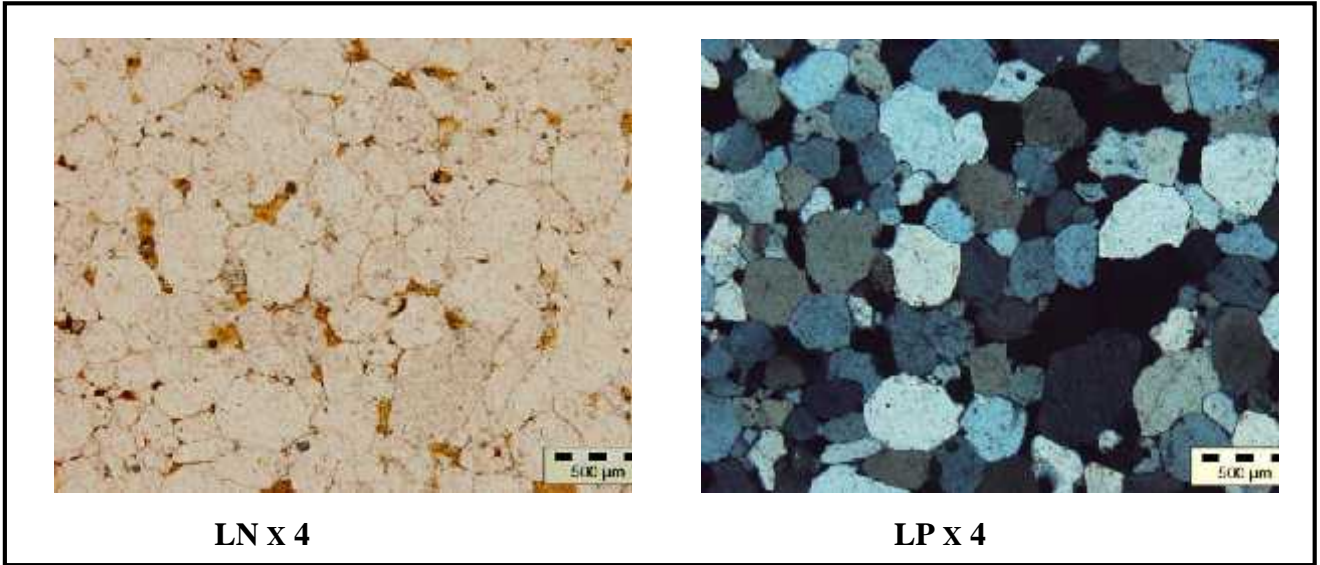


Photo.15 :côte3407.40 grès moyen arrondie bien classé à ciment siliceux

- Un grès fin au sommet de la série, de taille varie entre : G max= 0.250 mm, et G moy = 0.200 mm.

La forme des grains est sub anguleuse et Le classement est bon.(photo.16)

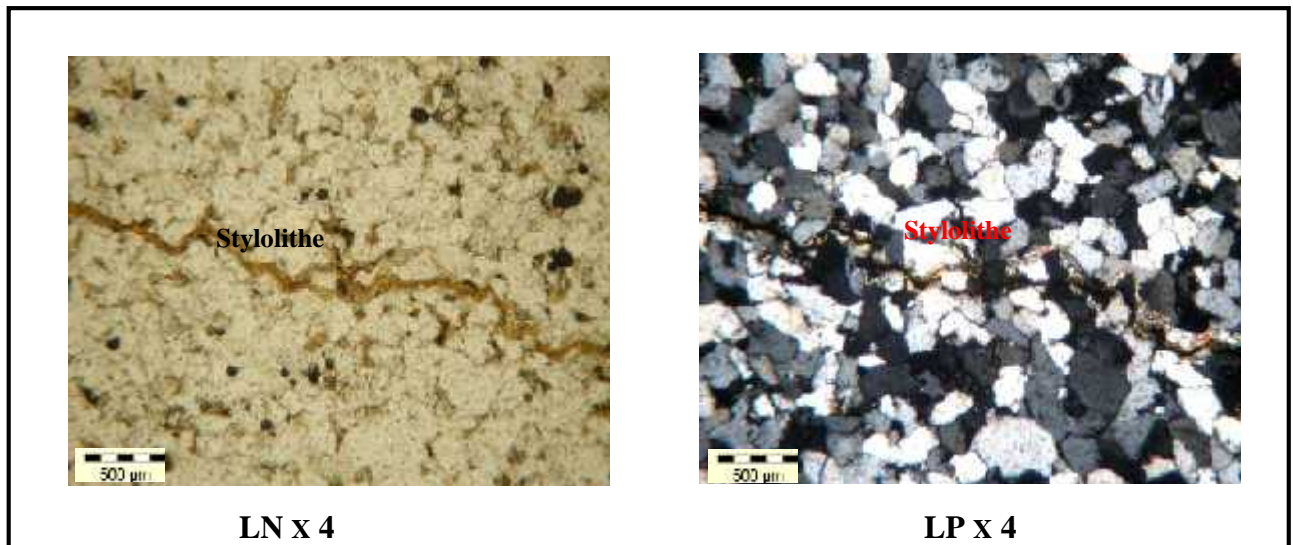


Photo.16 : Côte 3345.50m - Grès fin bien classé sub anguleux à ciment siliceux.

On remarque la présence des micros stries sur des grains arrondis de quartz indiquant l'effet d'un arrachement probablement d'un dépôt glaciaire. (photo.17)

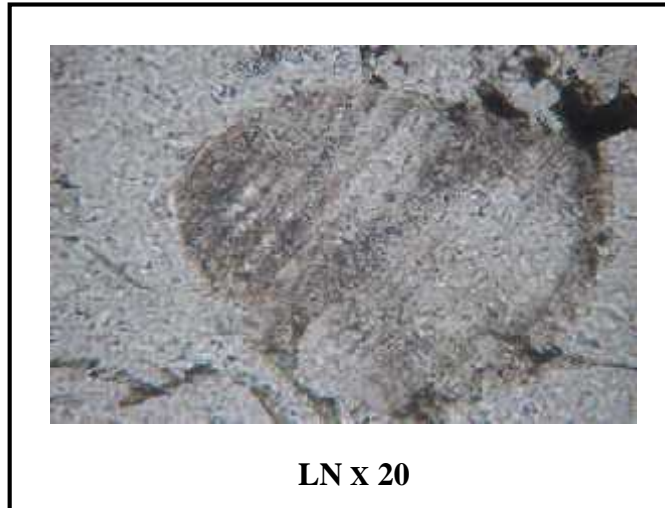


Photo.17 : Côte 3416 m -Quartz strié.

II. L'étude diagenétique :

Dans cette partie de l'étude, il sera question de définir les étapes diagenétiques de la formation. En effet, une analyse approfondie de 81 lames minces au microscope polarisant a été réalisée sur le Puit HTF 2, Pour effectuer cette étude, il faudra :

- Différencier les minéraux de transformation et de néoformation ou authigènes (tels que l'illite, la kaolinite...etc.), des minéraux détritiques (quartz, micas...etc.).
- Reconnaître les différents phénomènes diagenétiques.
- Etablir une chronologie (séquence diagenétique) relative en relation avec les différents stades de la diagenèse.

1. Rappels sur la diagenèse :

1.1. Définition de la diagenèse :

La diagenèse inclut toutes les modifications physiques et chimiques qui se produisent dans un sédiment après son dépôt mais avant le métamorphisme. La limite diagenèse métamorphisme est arbitraire.

L'évolution diagenétique permet de maintenir la composition et les Conditions physiques des sédiments en équilibre avec le champ de contrainte extérieures. Le produit final

possédera une texture et une composition qui dépendra de provenance des matériaux mais aussi de leur évolution post-dépôt. (**Burley et Worden ; 2003**)

1.2. Les phases de diagenèse : (fig.06)

1.2.1. Diagenèse précoce (Eogénèse) :

Cette phase correspond à l'intervalle de temps s'écoulant entre le dépôt et le début de l'enfouissement effectif. Elle affecte la partie supérieure des sédiments, où la chimie des eaux interstitielles est fondamentalement contrôlée par l'environnement de surface. Mais elle peut aussi affecter des roches sédimentaires anciennes enfouies qui au cours de leur histoire ont été exposées à la surface à la faveur de mouvements tectoniques de surrection.

Les sédiments sont alors soumis à un lessivage plus ou moins intense. Cette phase est également le siège d'extrêmes variations de pH et du potentiel d'oxydo-réduction. (**Burley et Worden**)

1.2.2. Diagenèse d'enfouissement (Mésogénèse) :

Cette phase désigne la période post-dépositionnelle, comprise entre le début de l'enfouissement et le début des processus diagénétiques liés à une émergence.

Elle correspond à l'intervalle de profondeur où agissent les phénomènes liés à la compaction et à la maturation thermique de la matière organique. Elle affecte plusieurs centaines à milliers de mètres de sédiments, et conduit en général à une réduction importante de la porosité. Ainsi, la pression et température dépendent des taux de sédimentation et de subsidence qui reflètent le contexte géodynamique et affecte tous deux le gradient géothermique. (Burley et Worden)

1.2.3. Diagenèse tardive (Télogénèse) :

Cette phase s'applique à la période durant laquelle les roches, ayant préalablement été enfouies, sont influencées par les processus diagénétiques associés à l'érosion. La Télogénèse est caractérisée par la modification des eaux interstitielles, à la suite de la pénétration des eaux météoriques, et par la réintroduction de conditions oxydantes. Elle affecte généralement une tranche peu épaisse près de la surface du sol. (Burley et Worden)

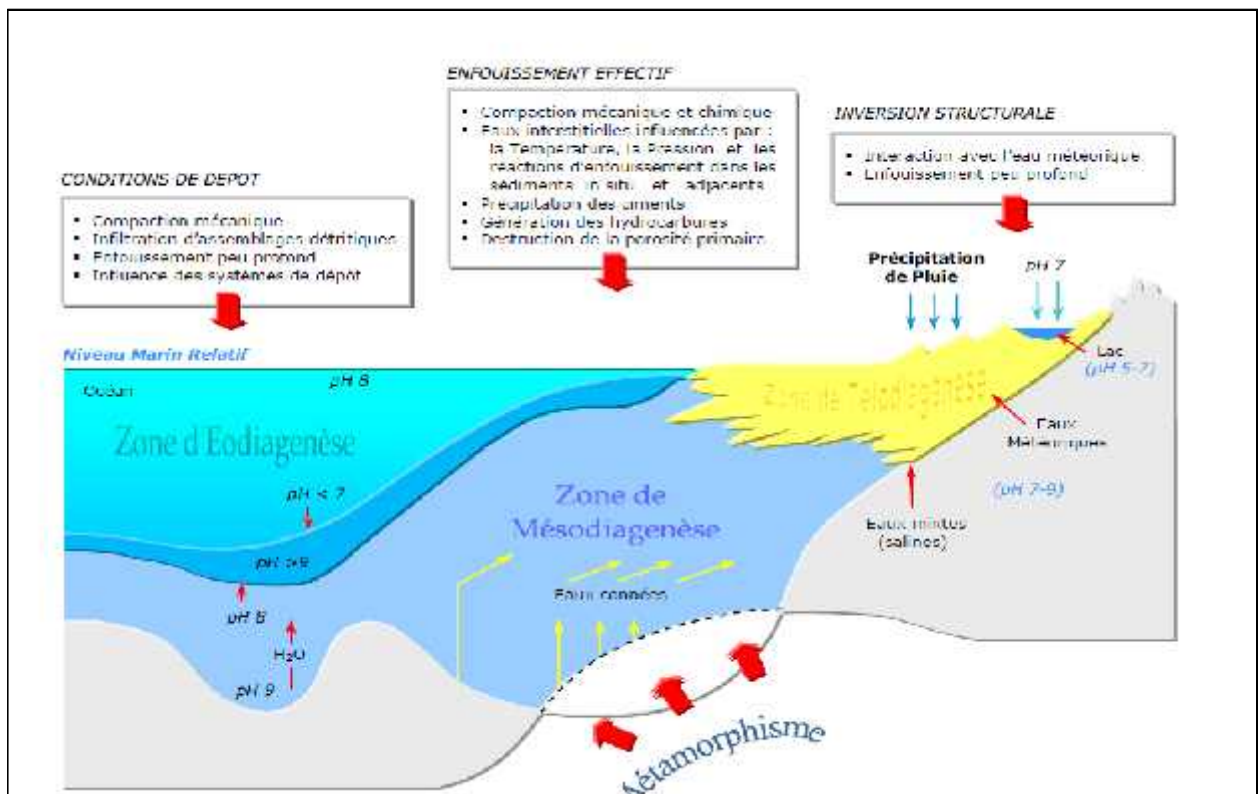


Fig. 06 : marge continentale montrant les sites sédimentaires marins et les trois phase diagénétique (Burley et Worden ; 2003).

2. Phénomènes diagenétiques observés dans les niveaux étudiés :

Les analyses microscopiques de puit étudié, nous ont permis de mettre en évidence les phénomènes diagenétiques suivants :

2.1. La compaction :

Elle correspond à une réorganisation texturale sous l'effet principal du poids des sédiments sus-jacents.

Elle se traduit par une réduction de volume des vides originaux, une augmentation des points de contact et une augmentation de la densité.

Lors de l'enfouissement et sous l'effet du poids et de la charge des sédiments, les grains de quartz à l'origine éparpillés vont se tasser tout d'abord sans changer de forme puis vont s'interpénétrer. **(photo.18)**

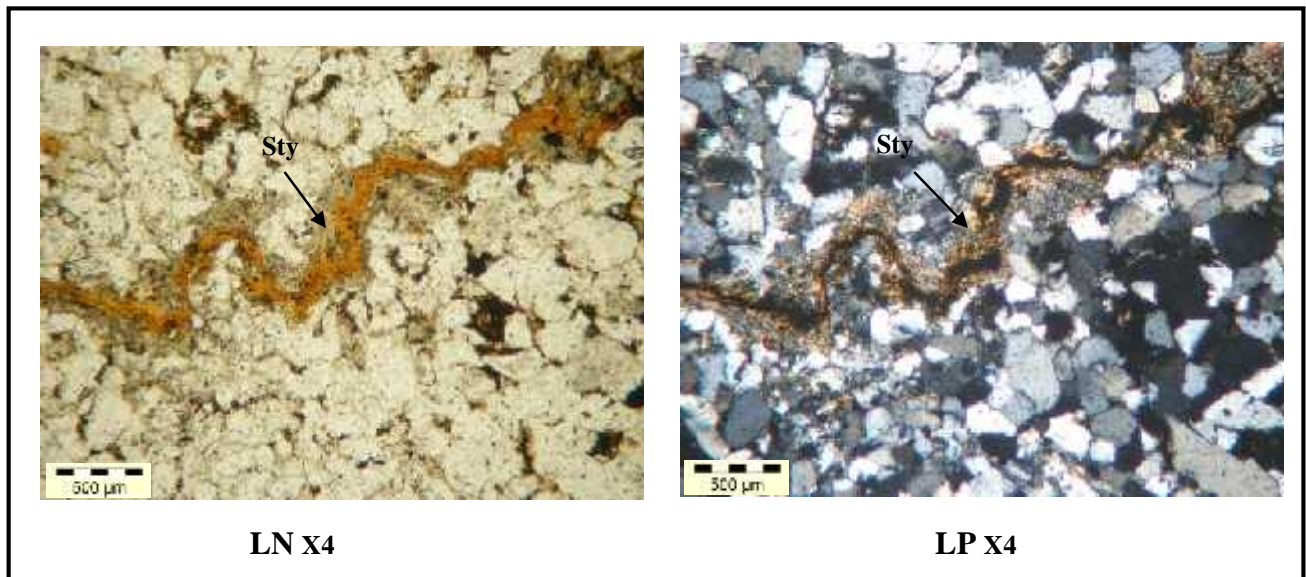


photo.18 : Côte 3343.50 m - Grès fin sub anguleux, bien classé à ciment siliceux, stylolithe (Sty) due a la compaction.

- **Description :**

Il s'agit d'un microfaciès à stylolithe remplie par des argiles essentiellement illitique.

- **Interprétation :**

Ce stylolithe est le résultat d'une compaction très intense due à la charge sédimentaire provoquant des contraintes mécanique qui vont influencé sur les niveaux argileux formant des stylolithe sédimentaires. **(photo.19)**

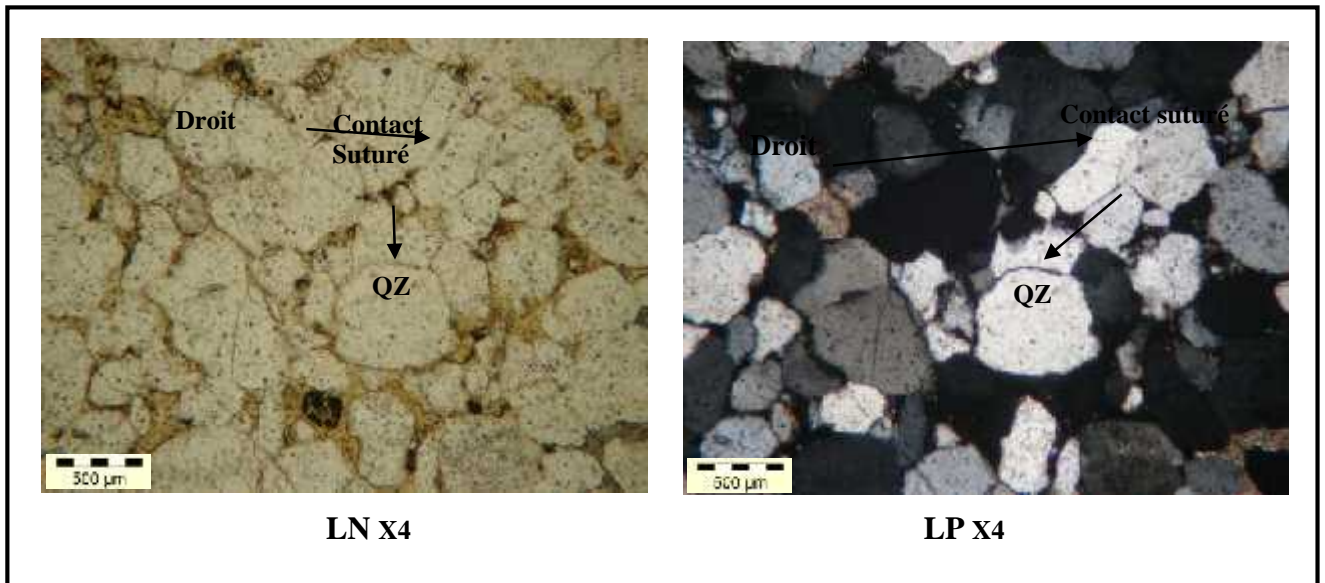


Photo.19 : Côte 3395.50 m - Grès moyen sub arrondie, bien classé à ciment argileux, contact suturé.

- **Description :**

Ce microfaciès représente des grains de quartz dans un ciment siliceux. Avec des contacts de type droit, suturé.

- **Interprétation :**

La compaction ici se traduit par une diminution du volume de la roche ainsi que les vides entre les grains (porosité) et mets les grains de quartz en contact de type droit puis concavo-convexe et enfin suturé selon le degré de la compaction.

Dans le dernier stade de contact de type suturé se produit le phénomène de pression-dissolution qui libère de la silice par des réactions chimiques. Le contact droit est le plus abondant malgré l'intensité de la compaction, ce ci est expliqué par la présence de la silice de nourrissage précoce entre les grains de quartz qui gêne leurs contacts.

2.2. La cimentation :

Ce sont les différents ciments mis en place dans les espaces intergranulaires (colmatage). Les ciments dans les grès ordoviciens de Hassi Tarfa sont dominés essentiellement par le ciment siliceux et accessoirement par le ciment argileux et carbonaté, dont l'origine serait les éléments constituant les fluides interstitiels ou du sédiment lui-même ; cette cimentation peut être précoce ou tardive, elle entraîne la perte de la porosité.

2.2.1 Le ciment Siliceux :

Est le ciment le plus abondant dans tous les grès de Hassi Tarfa, il se présente sous deux formes:

✓ *La silice de nourrissage plus ou moins précoce :*

Elle se présente sous forme d'une auréole autour des grains de quartz en continuité optique avec les grains originaux.

Le fait que la silice soit bien cristallisée autour des grains de quartz non comprimés indique qu'elle est précoce et post-dépositionnelle. **(photo.20)**

✓ *La silice tardive (silice de compaction) :*

Elle est localisée entre les grains de quartz, favorisée par les contacts entre grains de type concavo-convexes à suturés qui engendrent une pression-dissolution.

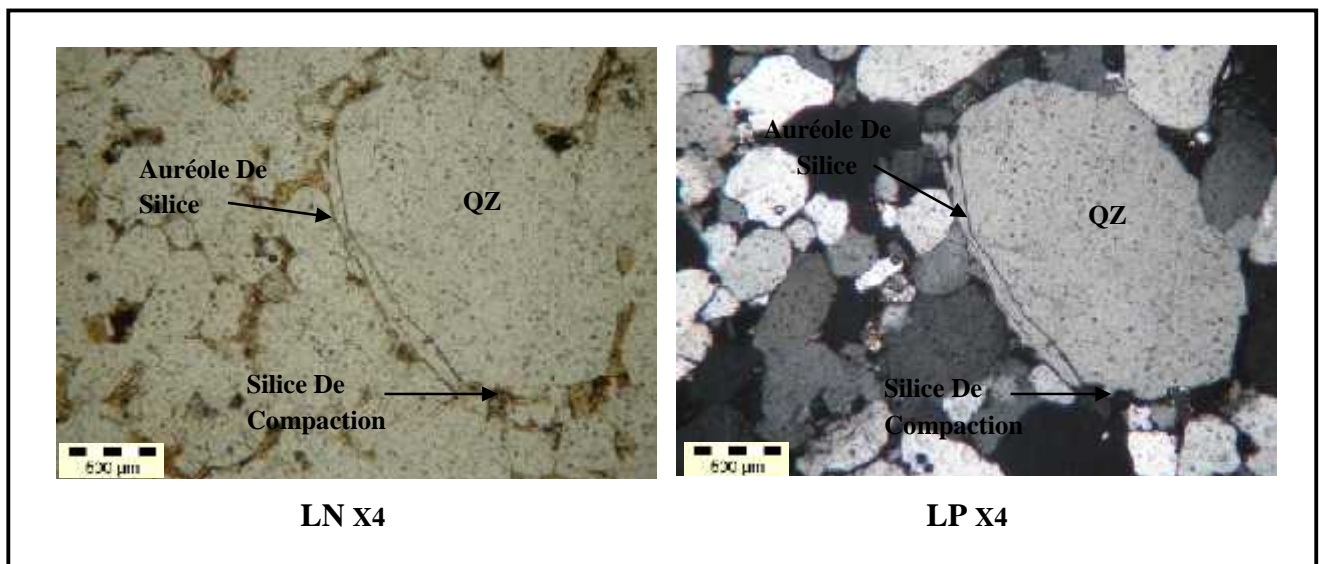


Photo.20 : Côte 3395.50 m -Grès quartzitique, moyen à ciment siliceux, silice de nourrissage.

• **Description :**

Ce microfaciès contient une succession des auréoles de silice « silice de nourrissage » autour de grains de quartz, ainsi une dissolution partielle de ces auréoles engendrant une silice de compaction.

- **Interprétation :**

La succession d'auréole de silice autour de grains de quartz indique une silicification polyphasé par nourrissage ; Son origine est probablement des eaux interstitielles riches en silice.

Sous l'effet de la compaction et les contacts entre les grains qui engendrent une pression-dissolution, cette auréole va subir une dissolution partielle qui produit de la silice de compaction sous forme des petits cristaux de silice, cette silice est tardive par rapport à la précédente.

2.2.2. Le ciment Argileux :

Présente des proportions faibles dans la formation, sa teneur maximale est de 7%, le cortège minéralogique est composé de kaolinite, d'illite et plus rarement de chlorite.

- ✓ ***Kaolinitisation :***

La kaolinite se présente sous forme de plages qui occupent les espaces intergranulaires. Elle est bien cristallisée, et partiellement illitisée, la formation de kaolinite est contrôlée par le faciès sédimentaire et le climat.

Le mécanisme le plus courant de kaolinitisation des grès est le lessivage des micas et la kaolinitisation d'illite. (photo.21-22)

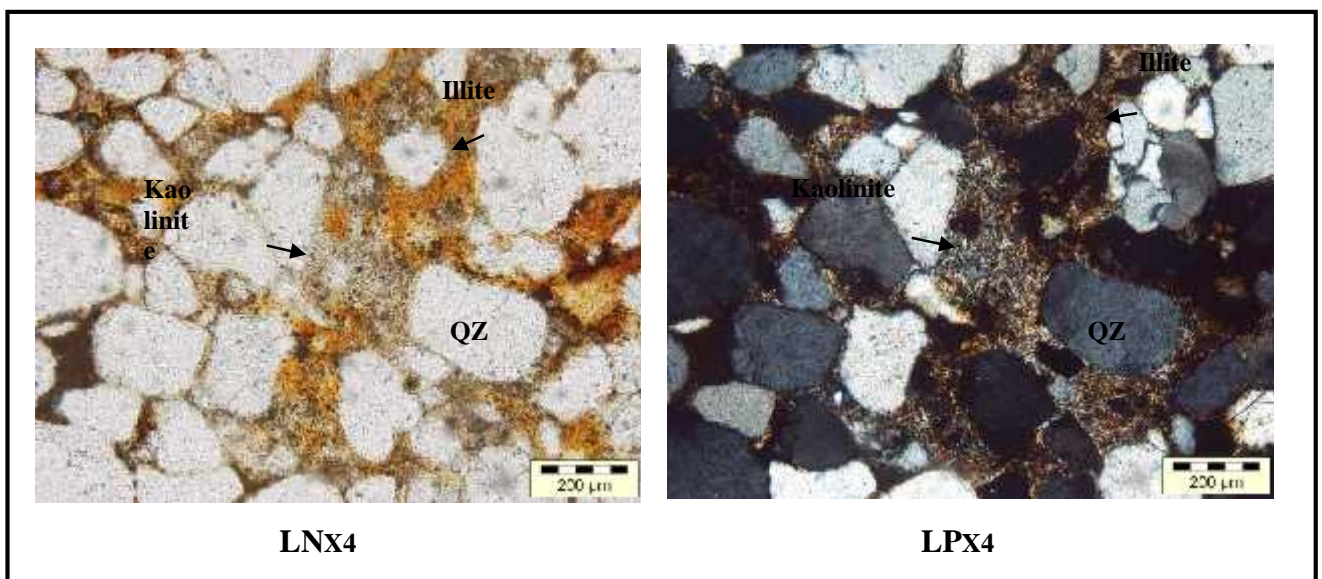


Photo.21 : Côte 3408.50 m - Grès moyen sub arrondie bien classé à ciment argileux, kaolinitisation d'illite.

- **Description :**

Le microfaciès renferme un ciment argileux sous forme d'une plage composée essentiellement d'illite et de la kaolinite au centre ; c'est le phénomène de la kaolinitisation d'illite.

- **Interprétation :**

La kaolinitisation d'illite est un phénomène diagenétique tardive (Tèlogènèse) qui se produit par le lessivage d'illite par la circulation des eaux de surface « hydratation d'illite) lors de la remonté de la formation au cour de la phase hercynienne.

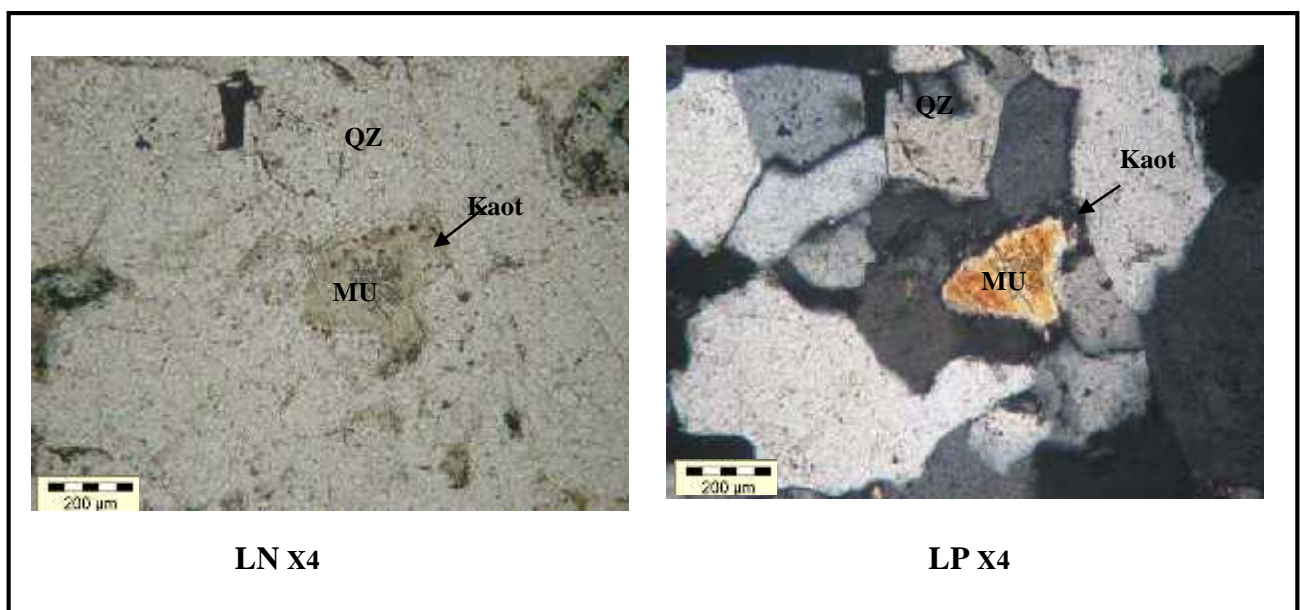


Photo.22 : Côte 3413.50m- Grès quartzitique moyen, sub anguleux à ciment siliceux, kaolinitisation (Kaot) de muscovite (Mu).

- **Description :**

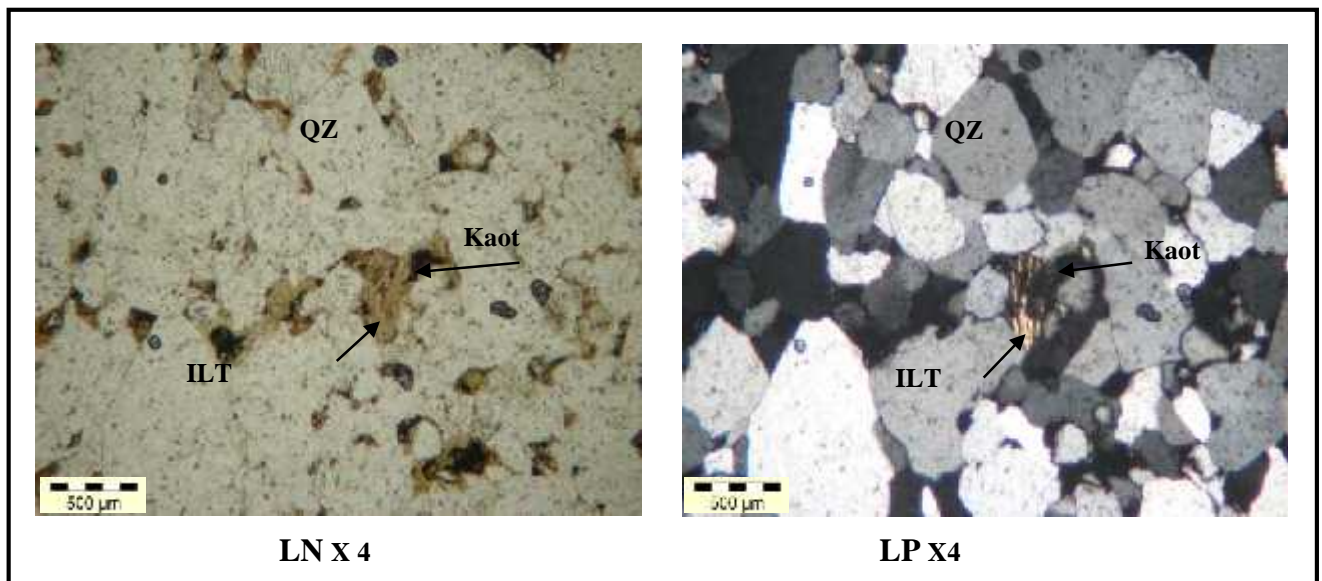
Ce microfaciès présente une muscovite sous forme d'une éventaille entourée par la kaolinite ; c'est le phénomène de la kaolinitisation de muscovite.

- **Interprétation :**

L'altération de muscovite et son remplacement par la kaolinite est due à un lessivage de cette muscovite par les eaux de surface météorique acide lors de la Tèlogènèse.

✓ Illitisation :

L'illite est essentiellement engendrée par l'illitisation de la kaolinite et la muscovite(photo.23-24)



Phot. 23 : Côte 3396 m - Grès quartzitique moyen, sub arrondie à ciment siliceux, Illitisation (ILT) de la kaolinite (Kaot).

• Description :

Ce microfaciès est marquée par une transformation de la kaolinite en illite fibreuse ;il s'agit de le phénomène d'Illitisation de la kaolinite.

• Interprétation :

L'Illitisation de la kaolinite se produit lors de la Mésogénèse par déshydratation de la kaolinite en profondeur sous l'effet de la pression et une haute température.

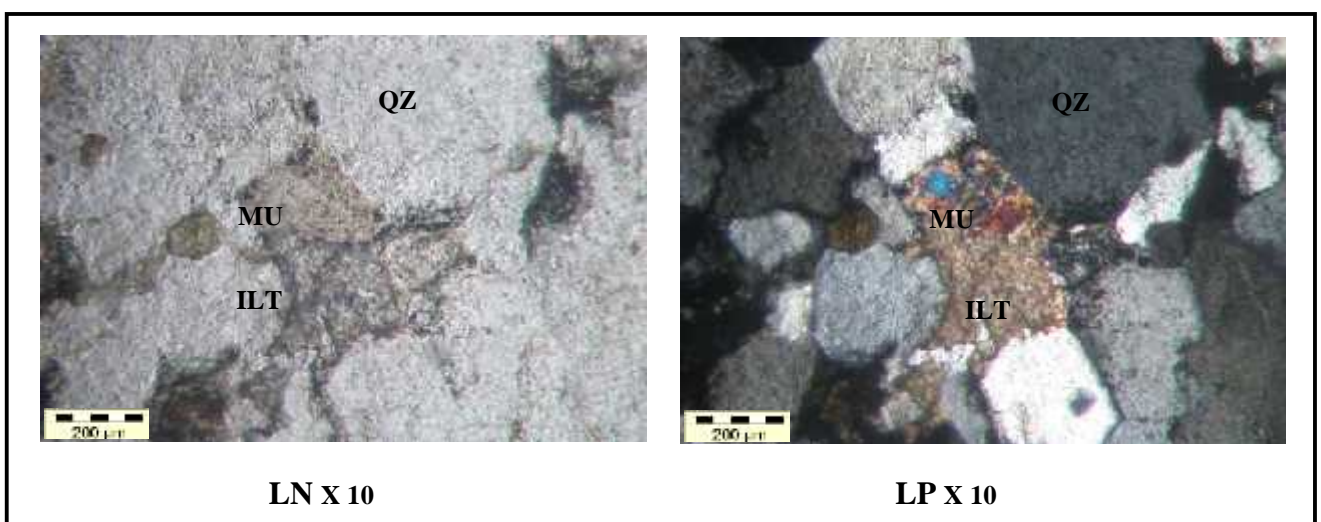


Photo.24 : Côte 3413.50 m - Grès quartzitique fin à moyen, sub arrondie a ciment siliceux, Illitisation (ILT) de la Muscovite (MU)

- **Description :**

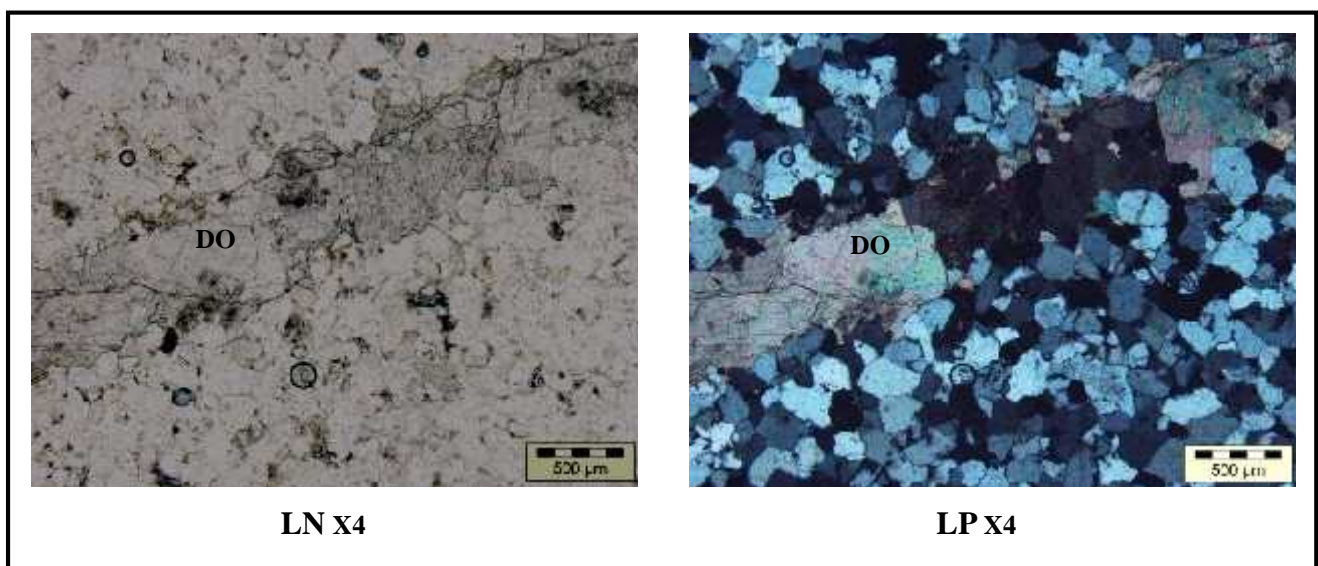
Ce microfaciès montre une muscovite recouverte partiellement par l'illite ; c'est le phénomène d'illitisation de la muscovite.

- **Interprétation :**

Ce phénomène est dû à l'altération de muscovite lors de la Mésogénèse par les eaux de la formation et sous l'effet des conditions de pression et température.

2.2.3. Le ciment carbonaté :

S'observe à des proportions plutôt faible, et représenté par la **dolomie** $MgCa(CO_3)_2$ et la **sidérite** ($FeCO_3$) qui sont des carbonates secondaire résultante de On observe aussi que les carbonates existent également dans les fissures. (photo.25)



**Photo.25 : Côte 3416 m -Grès quartzitique fin sub anguleux bien classé a ciment carbonaté.
Fissure colmaté par les dolomies**

- **Description :**

Un microfaciès contiens une fissuré remplie de carbonate sous forme de cristaux losangique, Probablement de dolomie secondaire.

- **Interprétation :**

Les carbonates sont post-fracturation, elle occupe les fissures hérité de la phase Hercynienne, elles sont secondaire suite à leurs recristallisation durant la Mésogénèse par le contact des eaux de la formation riche en oxyde (Fe et Mg) résultant de la dolomie secondaire ($MgCa(CO_3)_2$) et la sidérite ($FeCO_3$).

2.3. La dissolution :

Elle affecte les ciments, sous certaines conditions de pression, de température et de la concentration en sel dissout dans les eaux interstitielles. La dissolution est un phénomène assez général qui accompagne souvent d'autres phénomènes tel que la compaction, la recristallisation, la cimentation et le remplacement. Le phénomène de dissolution est important car, il augmente la porosité de la roche. **(photo.26)**

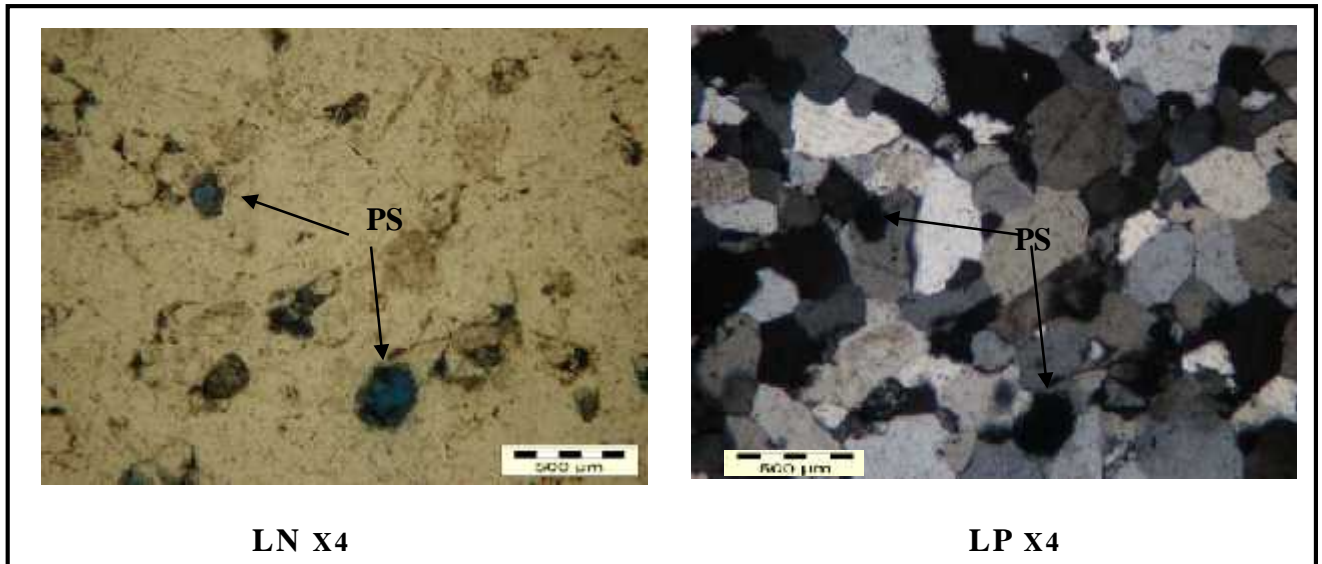


Photo.26 : côte 3313.50m - Grès fin à moyen à ciment siliceux avec une porosité secondaire(PS).

- **Description :**

Un microfaciès à ciment siliceux contient une porosité d'une forme arrondie, c'est la porosité secondaire provoquée par la dissolution partielle de ce ciment.

- **Interprétation :**

Cette dissolution affecte le ciment siliceux et due à la circulation des eaux interstitielles acide et l'élévation de la température et pression .Elle engendre aussi une porosité secondaire (porosité de dissolution).

2.4. Le remplacement :

Il ya le phénomène de l'epigenésation qui est la transformation de la biotite vers la chlorite. **(photo.27)**

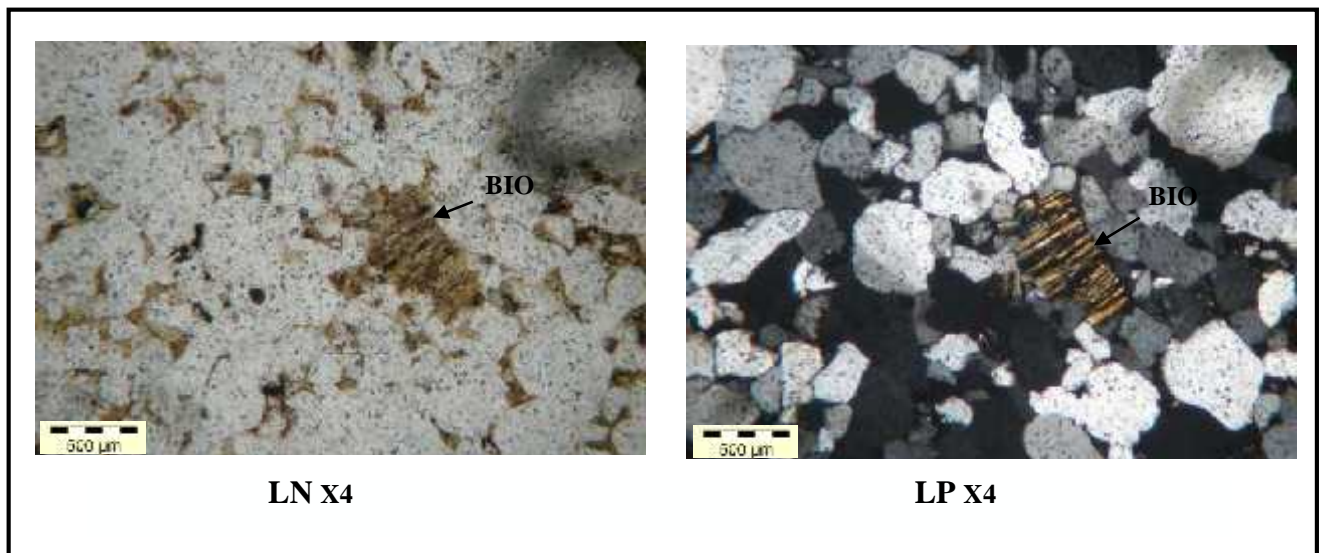


Photo.27 : Côte 3396.50m -Grès fin a moyen sub anguleux a sub arrondie, à ciment argileux. Epigenésation (biotite « bio » vers chlorite)

- **Description :**

Un microfaciès marqué par une biotite altéré vers un chlorite dans une formation compacte ; ce phénomène est appelé l'epigenésation.

- **Interprétation :**

L'epigenésation est la transformation de biotite vers une chlorite, c'est un phénomène diagenétique tardive se produit lors de la Tèlogènèse.

2.5. L'Oxydation :

Se présente sous forme d'oxyde de fer; c'est un phénomène diagenétique tardif qui affecte des sédiments à une profondeur de 0 à 200 m.(**photo.28**)

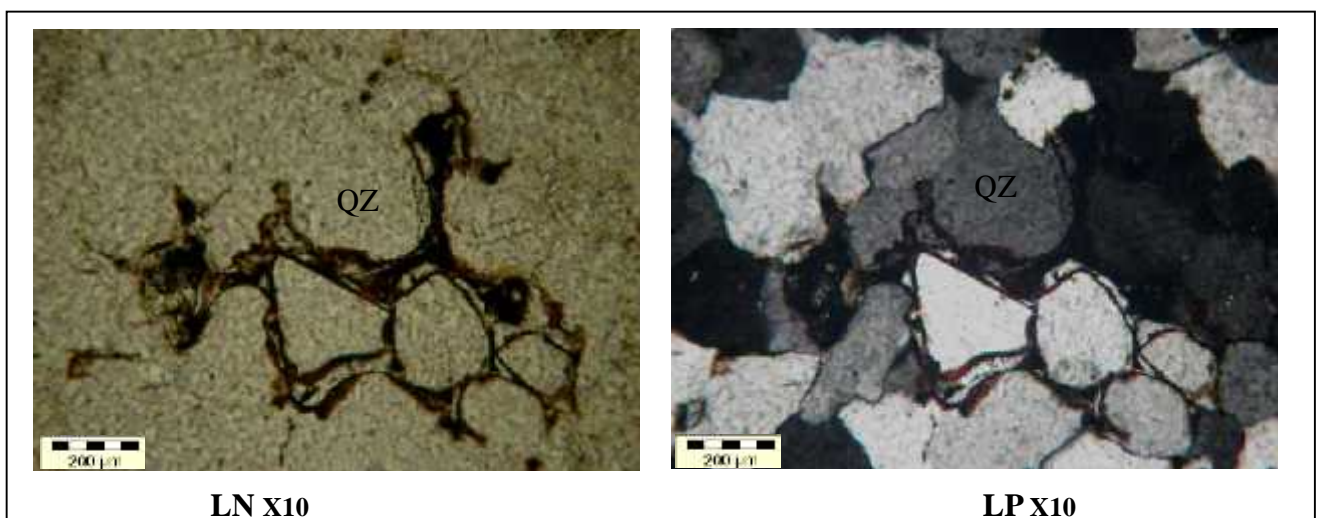


Photo .28 : Côte 3330m – Grès fin sub anguleux bien classé à ciment siliceux a des auréole d'oxydes.

• Description :

Ce microfaciès montre des grains de quartz avec des auréoles de silice de nourrissage intercalé par une auréole d'oxyde de fer.

• Interprétation :

Durant la 1^{ère} phase d'enfouissement sous forme des auréoles de silice puis la remonté de la formation à la surface et suite au contact avec les eaux riche en oxyde de fer se forment des auréoles d'oxydes de fer autour des auréoles de silice et enfin la 2^{ème} phase d'enfouissement qui engendre des autres auréole de silice autour des auréoles d'oxydes de fer.

Ce phénomène indique la formation à subit 2^{ème} phase d'enfouissement séparé par une Tèlogènèse.

I. Etude de fracturation à partir des carottes :

La meilleure méthode pour détecter des fractures de la formation est par l'observation des carottes à l'oeil nu et sous la loupe,

Lors de l'analyse des carottes nous avons répertorié tout les objets structuraux observable :

- 1- les stylolithes ;
- 2- les fractures ;
- 3- les colmatant.

I.1. Les Stylolithes :



Photo.29 : Les joints stylolithiques.

• Description :

Les stylolithes sont présents sous forme des colonnettes portés par des plans horizontales coincés au sein des niveaux argileux (illiteux) et parallèles a la stratification de la formation, on les trouve parfois en succession ; elles sont généralement associées à des surface de bioturbation.

• Interprétation

La stylolithisation est le résultat de la compaction, due aux contraintes mécaniques exercées par la charge sédimentaire, elle affecte les niveaux argileux riches en éléments moins résistants.

I.2. Fractures colmatées :

la plus part des fractures observées sur les carottes sont colmatées, elles constituent alors des barrières de perméabilités s'opposant ainsi à l'écoulement des fluides. La nature de la minéralisation est très variée. On rencontre principalement les colmatant suivants :

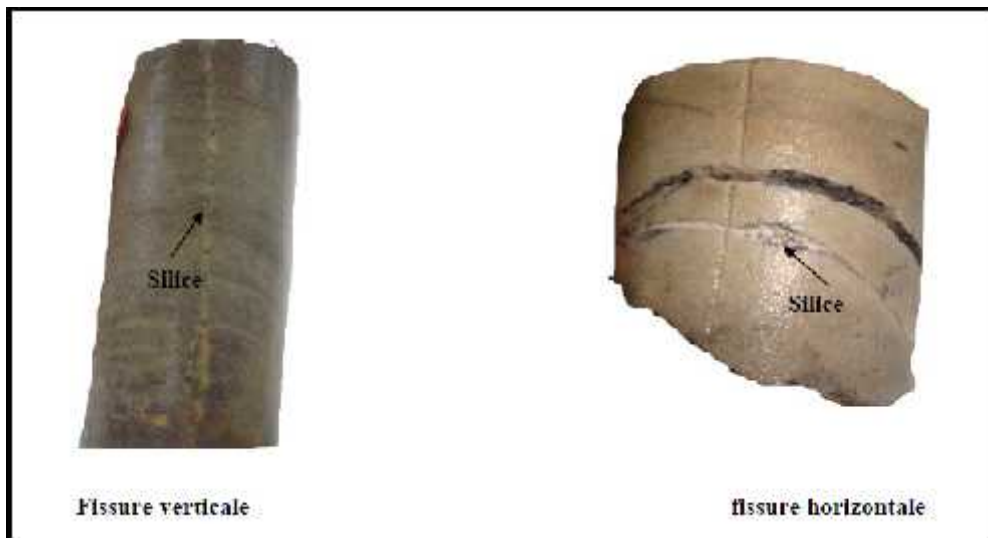
I.2.1. La silice :

Photo.30 : Fissures colmatées par la silice.

• Description :

Elle colmate généralement les fractures fines sub verticales et horizontales, constituées de grains de quartz de taille microscopique, nettement inférieures par rapport à ceux des grès.

• Interprétation :

La silice qui occupe les fissures est une silice de nourrissage ou bien originaire de la dissolution des petits cristaux de quartz lors de la compaction sous l'effet de la pression dissolution (La syololithisation)

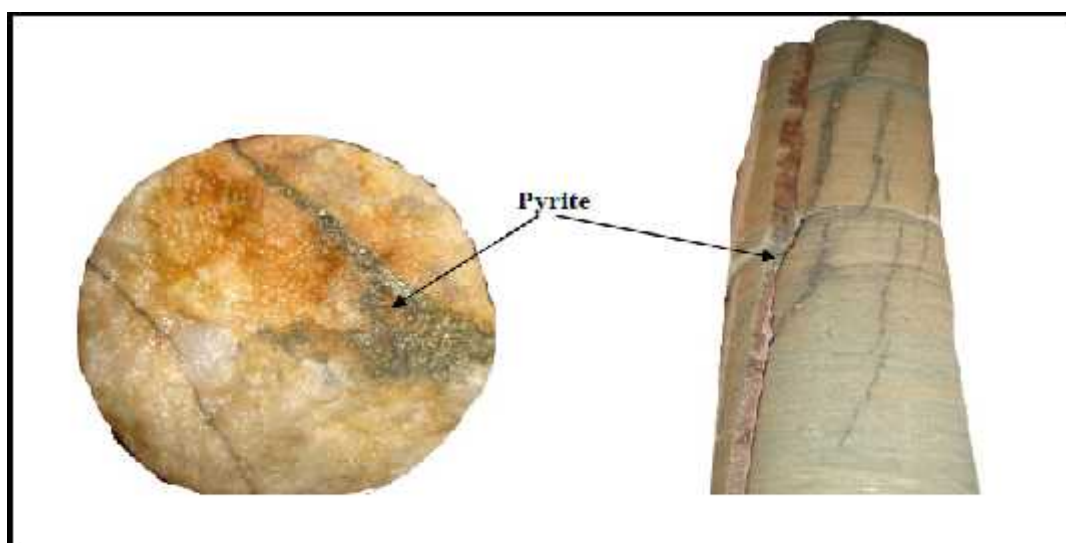
I.2.2. La Pyrite :

Photo.31 : Fissures Colmatées par La Pyrite.

• Description :

La pyrite est présente presque dans toutes les fractures, verticales et sub verticales, d'une dimension décimétriques, par fois métrique ; elle est sous forme de cristaux verdâtres à jaune d'orées. Elle semble être apparue plus tardivement que les autres colmatants.

• Interprétation :

Le colmatage par la pyrite est post fracturation, il est du a la circulation des eaux riches on éléments chimiques près de la surface.

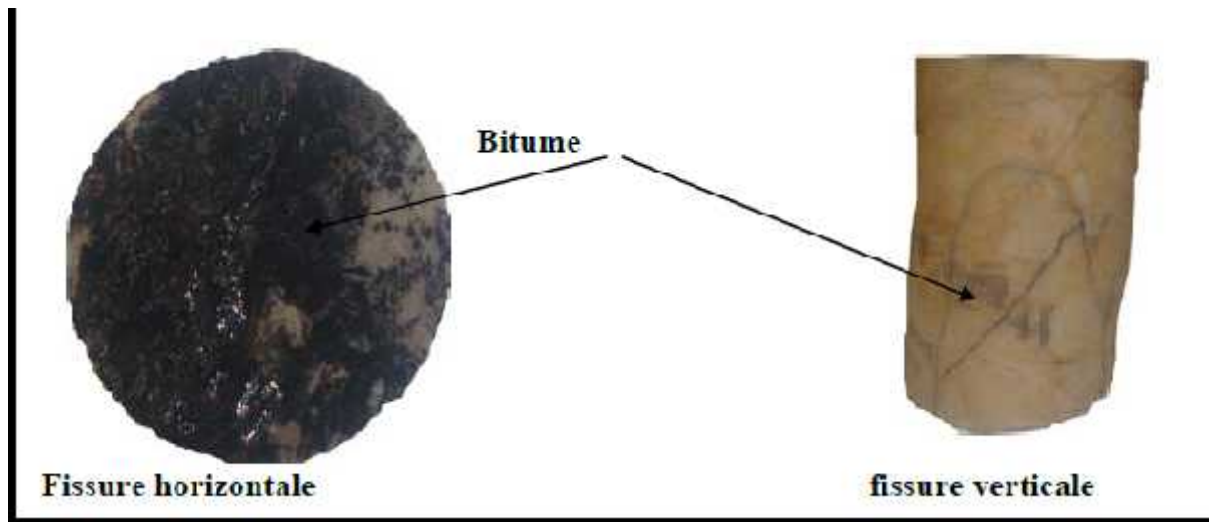
I.2.3. Le Bitume :

Photo.32: fissures colmatées par le bitume.

• Description :

Cette substance organique est un colmatant assez fréquent, il Occupe les fissures verticales, sub verticales et par fois au niveau des stylolithes .il est d'une couleur noirâtre

• Interprétation :

Ce bitume est tardif par rapport a la fissuration il est lié a la migration des hydrocarbures par les failles et les fractures.

I.2.4. Les oxydes



Photo.33 : fissures colmatées par l'oxyde de fer.

- **Description :**

Présenté essentiellement par l'oxyde de fer, ce type de colmatant occupe les fissures verticales à subverticales, ou bien sous forme moucheté occupant la partie supérieure de la formation.

- **Interprétation**

L'oxydation est post fracturation, elle est liée à la circulation des fluides riches en oxydes de fer à la surface lors de la remontée de la série

I.3. Les fractures ouvertes et fermées :

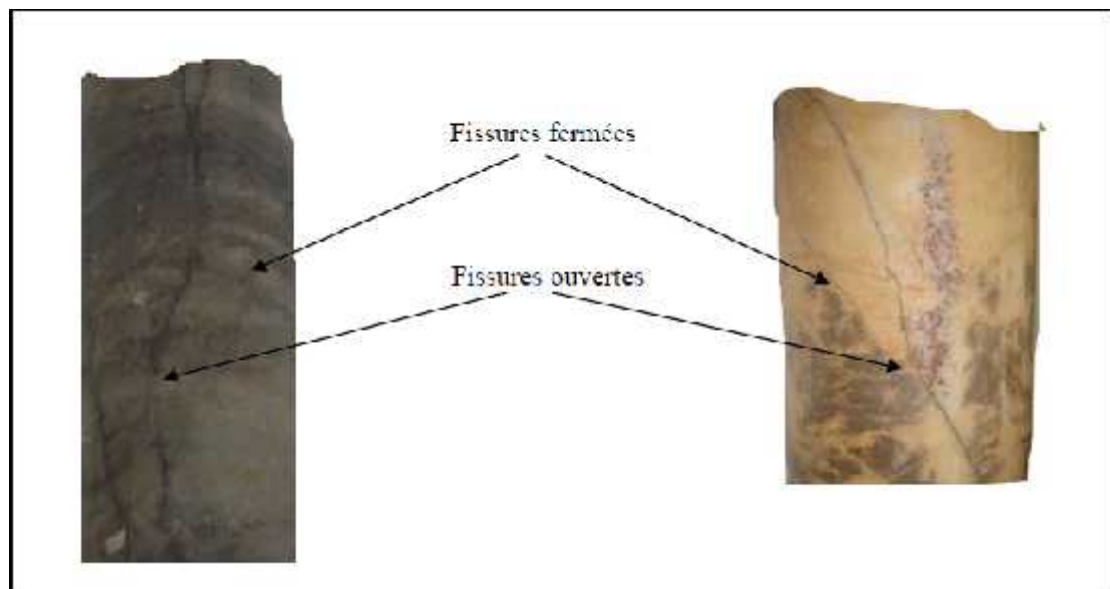


Photo.34 : Fissures ouvertes, fermées.

• Description

Sont des fissure non colmatées, d'une largeur d'écartement millimétrique, et une longueur décimétrique, il est difficile de les identifier.

• Interprétation

Ce type de fissure est du à la tectonique lors des phases compressives ou distensive

Ce sont des fissures vides qui n'ont pas subi un remplissage.

I.4. Les brèches :

Photo.35 : brèche tectonique.

• Description

Sont des zones fortement déformées, ou on ne peut pas distinguer ni stratification ni d'autres structures, même les traces des Tigillites sont déformées. On remarque aussi que les brèches sont soudées entre elles par la silice.

• Interprétation

Les brèches observées correspondent à une zone de fracturation intense, elles sont les seuls indicateurs d'une zone de broyage.

II. Etude de fracturation à partir lames minces :

Pour identifier les microfissures dans la formation étudiée, l'observation et l'analyse des lames minces au microscope polarisant paraît indispensable.

Cette analyse a abouti de différencier les types suivants :

II.1. Les stylolithes :

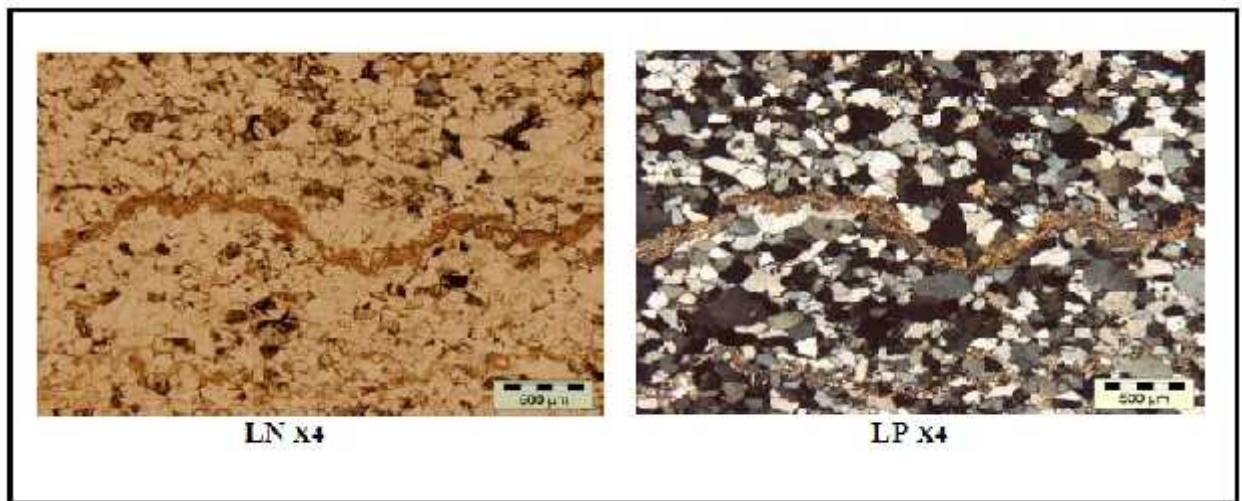


Photo.36 : Côte 3415.50m, Stylolithes.

• Description :

A l'échelle microscopique les stylolithes paraissent abondants et successives au niveau des grès à ciment argileux essentiellement illitique, et parfois au niveau de la concentration de la fraction fine de quartz.

• Interprétation :

La contrainte mécanique exercée par la charge sédimentaire sur la formation aboutit à la déformation des niveaux argileux qui contiennent des éléments moins résistants (illite) ainsi que les niveaux à fraction fine (petits cristaux de quartz) sous forme de stylolithes qui sont une source innégligeable de la silice car elle est associée au phénomène de pression-dissolution.

II.2. Les microfissures colmatées :

Le principal colmatant observé sur lames minces est les carbonates, on n'a pas pu distinguer les autres types de colmatants observés précédemment sur les carottes.

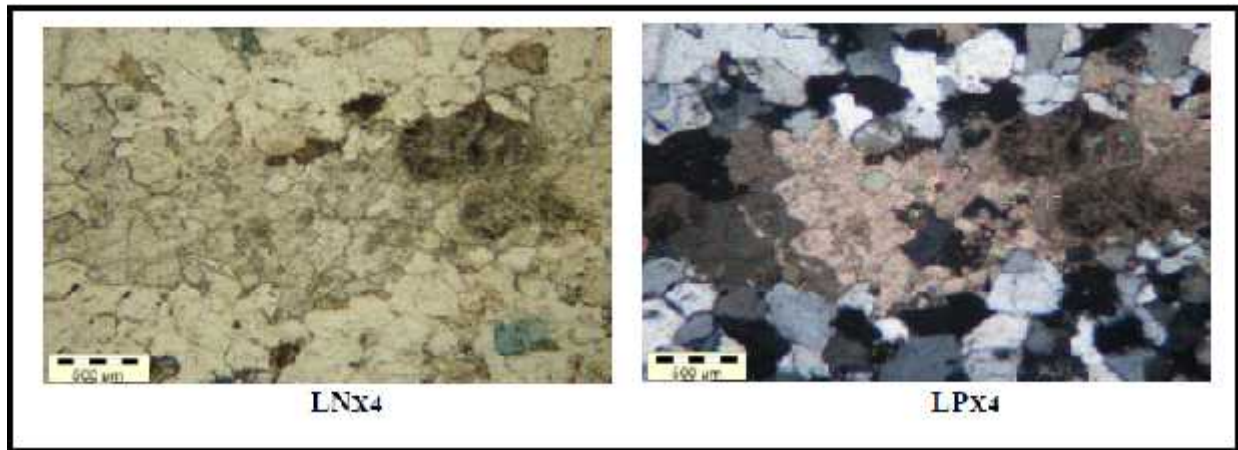


Photo.37 : côte 3416m, fissure colmatée par des carbonates.

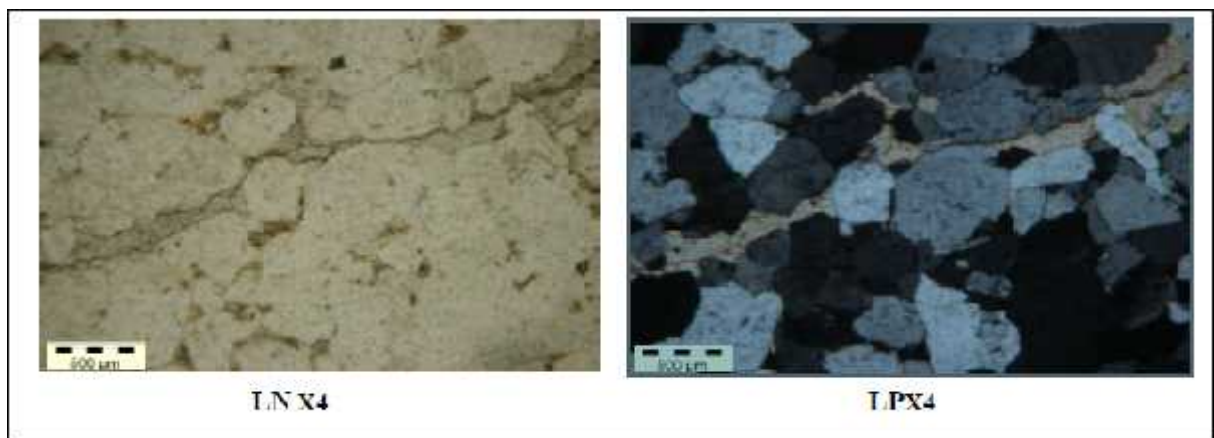


Photo.38 : Côte 3414 m, fissure colmatée par des carbonates.

• **Description :**

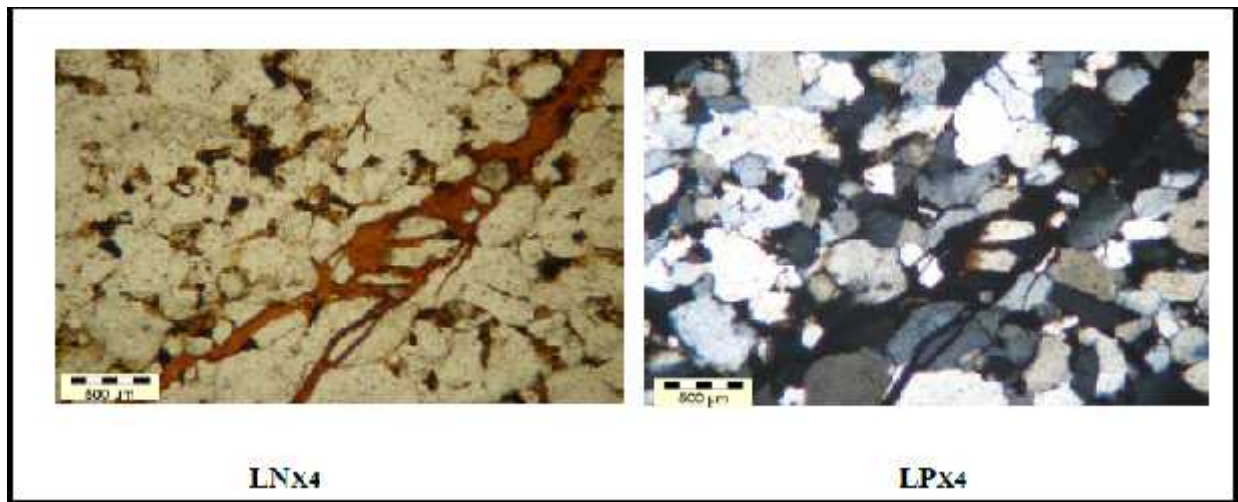
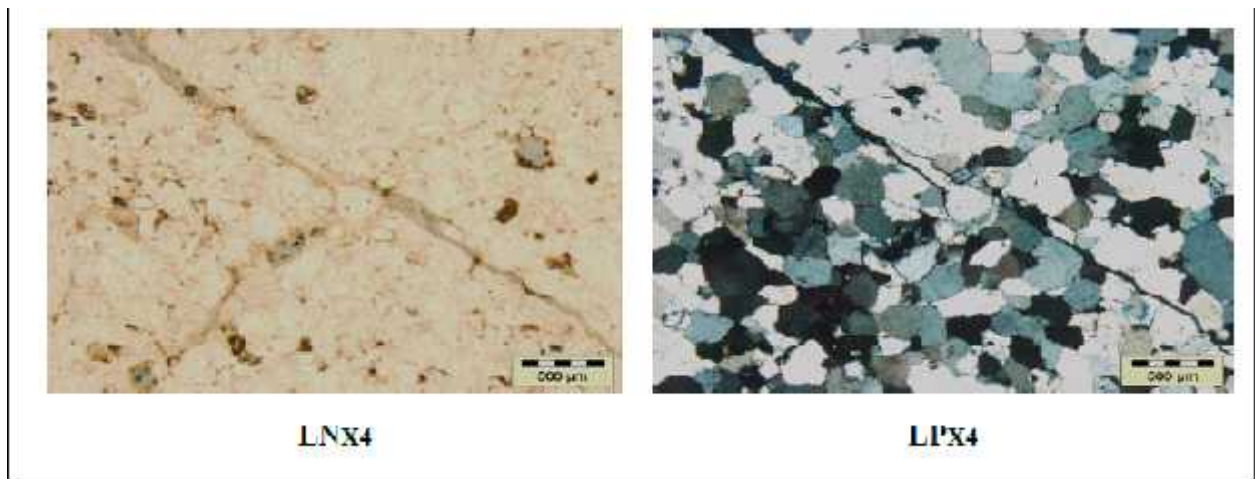
À partir de 02 microfaciès au dessus on remarque des microfissures colmatées essentiellement par les carbonates secondaires sous forme des cristaux losangique probablement des dolomies.

• **Interprétation :**

Le colmatage des fissures par les carbonates est postérieur à la fracturation, et sous l'effet de la diagenèse (Mésogenèse) et par la recristallisation ce sont transformé en dolomie secondaire.

II.3. Les microfissures non colmatées

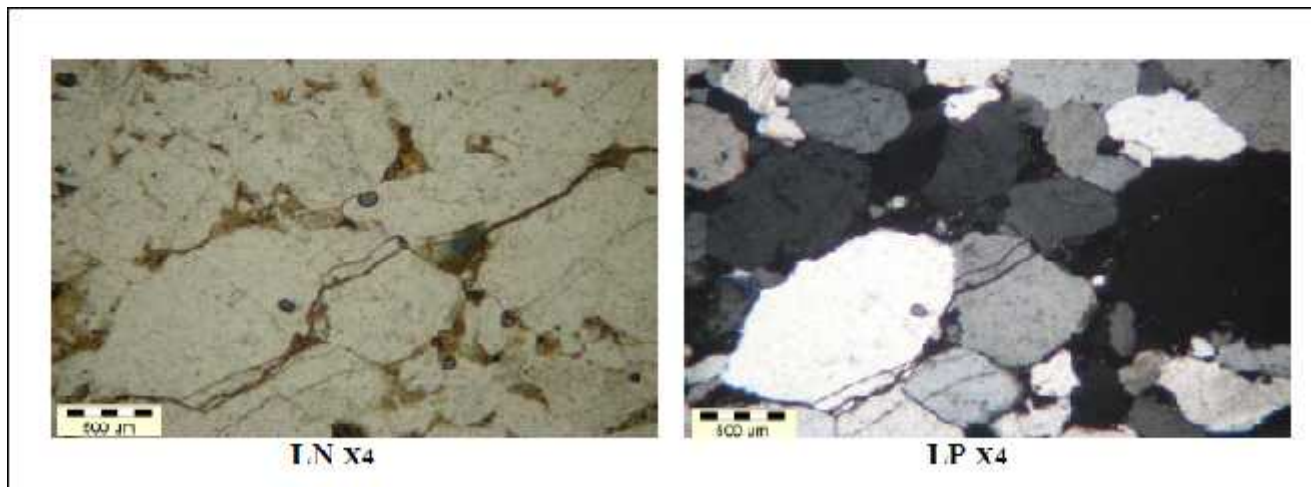
On a observé (02) deux types : ouvertes et fermées.

II.3.1. Microfissures ouvertes :**Photo.39 : Côte 3392m, microfissure ouverte non colmatée.****Photo.40: Côte 3416.50m, un réseau de microfissures ouvertes.****• Description:**

Ce sont des microfissures ouvertes ou partiellement ouvertes non colmatées, elles sont connectées parfois formant des réseaux de fissures.

• Interprétation:

Ces fissures ouvertes n'ont pas subi un colmatage, elles consistent une bonne partie de porosité de type fissurale permettant la circulation des fluides à travers.

II.3.2. Les microfissures fermées :**Photo.41: Côte 3404.50m, fissure fermées.****• Description :**

Sont des fissures avec un moindre écartement.

• Interprétation :

Ces fissures affectent préférentiellement les niveaux siliceux, elles consistent aussi de la porosité fissurale.

III. Relation fracturation diagenèse :

Les principaux facteurs qui provoquent la fracturation sont bien, la subsidence, la charge sédimentaire et la tectonique ; la diagenèse a un rôle primordial sur la fracturation car c'est par les différents stades diagenétique que la formation devienne compacte débutant par un grès meuble arrivant a une quartzite très compacte, engendrent des fractures d'origine sédimentaire ; cette formation est très compacte suite a l'abondance de ciment siliceux, et très sensible aux contraintes tectonique, elle agit par des déformations cassantes.

L'observation des lames minces a révélé l'existence des différents types des Microfissures de forme, d'orientation et d'ouvertures variées, il est vrai que ces fissures peuvent se former à n'importe quel stade diagenétiques ; Toutefois, elles peuvent être regroupées en deux générations distinctes :

- Une génération précoce, liée probablement à l'évènement Taconique ou Hercynien, et qui est généralement colmatée par des ciments variés, pouvant être, silice, carbonates, bitume et pyrite.
- Une génération tardive, souvent ouverte, qui est liée probablement à la phase Autrichienne ou Alpine. Cette génération, en augmentant la capacité d'écoulement des fluides dissolvants, favorise la création des réseaux de dissolution et donc de la porosité.

Conclusion

Au terme de cette étude structurale qui a apporté essentiellement sur la fracturation à partir de l'analyse des carottes et lames minces, nous avons pu conclure que la formation de quartzite el Hamra est très compacte, où la déformation cassante est dominante, la fracturation est bien développée avec un colmatage de pyrite, carbonate, bitume et silice, et par fois ouverte non colmaté.

Cette formation présente une bonne porosité fissurale malgré que la plupart des fissures sont colmatées ce qui est expliqué par l'hétérogénéité du colmatant par rapport à la formation qui laissent des vides fissurales.

Conclusion générale

Le travail effectué dans la région de Hassi Terfa sur le réservoir Quartzite el Hamra nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

D'un point de vue sédimentologique la formation est composée par des dépôts gréseux fin à moyen, arrondis à sub anguleux avec des stratifications qui varie entre oblique, horizontale et entrecroisée ; l'abondance d'ichnofaciès de type Tigillite, et les différentes structures sédimentaires indique un milieu mixte probablement Estuaire.

L'étude pétrographique aboutit à une abondance de quartz qui forme la majeure partie du sédiment avec 80 %, le reste se répartit entre les micas, les minéraux lourds et la glauconie ; le ciment est siliceux par nourrissage.

Les observations sur lames minces, ont permis de définir différents phénomènes diagenétiques qui ont affectés la région et d'établir leurs chronologies au fil des temps géologiques, ainsi, trois stades ont été reconnus : éogénétique, mésogénétique et télogénétique, qui peuvent être regroupés en cycle pré -hercynien et un cycle post- hercynien.

On a pu conclure aussi que la formation de quartzite el Hamra est très compacte, où la déformation cassante est dominante, la fracturation est bien développée avec un colmatage de pyrite, carbonate, bitume et silice, et par fois ouverte non colmaté, et elle présente aussi une bonne porosité fissurale.

Liste des Figures

Fig.1 : Situation géographique de Hassi Tarfa.....	2
Fig.2 : Plan De Position Des Puits (d'après PED / Sonatrach).....	3
Fig.3 : Situation géologique de la région de Hassi Tarfa. (DP /Sonatrach).....	5
Fig.4 : la stratigraphie de la plate forme Saharienne (Wec 2004).....	6
Fig.5 : Colonne stratigraphique de la région de Hassi Tarfa. (PED/Sonatrach).....	13
Fig.6: marge continentale montrant les sites sédimentaires marins et les trois phases diagenétique (Burley et Worden ; 2003).....	27

Liste des photos

Photo.01 : Côte 3403 m - Grès moyen, sub anguleux à sub arrondie, bien classé à ciment siliceux avec des contacts droit, suturé et Concavo - Convexe entre les grains.

Photo.02 : Côte 3402 m -Grès moyen, sub arrondis, bien classé à ciment siliceux.

Photo.03 : Côte 3341.50m - grès quartzitique fin sub anguleux, bien classé à ciment siliceux.

Photo.04 : Côte 3404 m - Grès fin à moyen, sub anguleux mal classé, à ciment argileux.

Photo.05 : Côte 3410.50m -grès moyen sub anguleux a sub arrondie, bien classé à ciment argileux.

Photo.06 : Côte 3400.50 m -Grès fin sub anguleux, bien classé à ciment siliceux.

Photo.07 : Côte- 3391 m Grés quartzitique moyen, sub arrondie a ciment siliceux.

Photo.08 : Côte 3408.50m - Grès fin a moyen, arrondie à ciment argileux.

Photo.09 : Côte 3333m -Grès quartzitique, fin sub anguleux, bien classé à ciment carbonaté.

Photo.10 : Côte 3410.50 m - grés quartzitique moyen, sub arrondie a ciment siliceux, avec un réseau de Porosité Primaire (PP).

Photo.11 : Côte 3410.50 m- Grès moyen sub anguleux, à ciment siliceux avec un réseau de porosité secondaire (PS).

Photo.12 : Côte 3392 m -Grès quartzitique fin, sub anguleux, bien classé à ciment siliceux avec une porosité fissurale.

Photo.13 : Côte 3400.50m-Grès fin, bien classé, sub anguleux à ciment siliceux.

Photo.14 : Côte 3404 m -Grès fin à moyen, mal classé, sub anguleux à sub arrondie à ciment siliceux.

Photo.15 : côte3407.40 grès moyen arrondie bien classé à ciment siliceux

Photo.16 : Côte 3345.50m - Grès fin bien classé sub anguleux à ciment siliceux.

Photo.17 : Côte 3416 m -Quartz strié.

photo.18 : Côte 3343.50 m-Grès fin sub anguleux, bien classé à ciment siliceux, stylolithe Stydue a la compaction.

Photo.19 : Côte 3395.50 m - Grès moyen sub arrondie, bien classé à ciment argileux, contact suturé

Photo.20 : Côte 3395.50 m -Grès quartzitique, moyen à ciment siliceux, silice de nourrissage.

Photo.21: Côte 3408.50 m - Grès moyen sub arrondie bien classé à ciment argileux, kaolinitisation d'illite.

Photo.22 : Côte 3413.50m- Grès quartzitique moyen, sub anguleux à ciment siliceux,

Photo. 23 : Côte 3396 m - Grès quartzitique moyen, sub arrondie à ciment siliceux,

Photo.24 : Côte 3413.50 m - Grès quartzitique fin à moyen, sub arrondie a ciment siliceux,

Photo.25 : Côte 3416 m -Grès quartzitique fin sub anguleux bien classé a ciment siliceux.

Photo.26 : côte 3313.50m-grès fin à moyen à ciment siliceux avec une porosité secondaire(P S).

Photo.27 : Côte 3396.50m -grés fin a moyen sub anguleux a sub arrondie, à ciment argileux.

Photo .28 : Côte 3330m – grès fin sub anguleux bien classé à ciment siliceux a des auréole d'oxydes.

Photo.29 : Les joints stylolithiques.

Photo.30 : Fissures colmatées par la silice.

Photo.31 : Fissures Colmatées par La Pyrite.

Photo.32: fissures colmatée par le bitume.

Photo.33 : fissures colmatées par l'oxyde de fer.

Photo.34 : Fissures ouvertes, fermées.

Photo.35 : brèche tectonique.

Photo.36 : Côte 3415.50m, Stylolithes.

Photo.37 : côte 3416m, fissure colmatée par des carbonates.

Photo.38 : Côte 3414 m, fissure colmatée par des carbonates.

Photo.39 : Côte 3392m, microfissure ouverte non colmatée.

Photo.40 : Côte 3416.50m, un réseau de microfissures ouvertes.

Photo.41: Côte 3404.50m, fissure fermées.

BIBLIOGRAPHIE

BERTRAND (1968), Cours de pétrographie appliquées à l'étude des problèmes pétroliers (Tome I) ; édition : TECHNIP. Paris.

BIJU-DUVAL, B. (1999), Géologie sédimentaire, bassins, environnements de dépôts, formation du pétrole ; édition : TECHNIP. Paris.

BURLEY et WORDEN, (2003). Sandstone diagenesis, recents and anciens. Reprint series volume 4 of the International Association of Sedimentologists. Blakwel Publishing.

BOUDJEMAA.A (1987), évolution structural du bassin pétrolier (triasique) du Sahara Nord oriental (Algérie) .Thèse .Univ Orsay, Paris .FRANCE .

Chikh, B et Amar Khodja, D.2008 Etude Sédimentologique, Pétrographique, Diagénétique, et Modélisation géologique en 3D d'une partie du champ de Hassi Messaoud (Zone 13), Mémoire d'ingénieur. Ensembles Sédimentaires, USTHB.

MASSA, D (1971), structure et fracturation du champ de Hassi Messaoud, Edition Technique-Paris.

Rapport d'analyse des études d'interprétations sismiques du champ de Hassi Tarfa, Division Petroleum Engineering & Développement/ SONATRCH. Alger.

Rapports De fin de sondages : HTF1, HTFN1, HTF 2, HTFN2, HTF 4, HTF9, HTF 10, Division de production /Sonatrach.

Rapport d'analyse des études d'interprétations sismiques du champ de Hassi Tarfa, Division Petroleum Engineering & Développement/ SONATRCH. Alger.

WEC 2004: Well Evaluation Conférence, SONATRACH et SCHULUMBERGER, Hilton Alger, Algérie.

Résumé

la région de Hassi Terfa est située dans la wilaya de ouargla (sud-est Algérien), est une structure récemment découverte, elle est en phase d'exploitation.

cette étude consiste à réaliser un modèle de dépôt afin de retracer la dynamique sédimentaire de la série au cours de l'ordovicien inférieur ainsi son évolution diagénétique dans le temps.

pour cela une étude pétrographique et diagénétique a permis de mettre en évidence l'abondance de quartz qui forme la majeure partie des sédiments ainsi l'observation des lames minces ont permis de définir différents phénomènes diagénétiques qui ont affecté la région et d'établir leurs chronologies au fil des temps géologiques.

cette étude a montré que la formation de quartzite el Hamra est très compacte, ou la déformation cassante est dominante.

Abstract

area Hassi Terfa is located in the province of Ouargla (southeast Algeria) is a newly discovered structure, it is operating phase.

this study is to provide a deposition model traced to the sediment dynamics of the series during the Ordovician inferior and its diagenetic evolution in time.

why petrographic and diagenetic study has highlighted the abundance of quartz, which forms most of the sediment and the observation of thin sections have defined different diagenetic phenomena that have affected the region and establish their chronologies over geological time.

this study showed that the formation of quartzite el Hamra is very compact, or brittle deformation is dominant.

Tags: petrography, diagenetic, quartzite Ordovician el Hamra, Hassi Terfa

تقع منطقة حاسي طرفة في ولاية ورقلة) ، و هي بنية مكتشفة حديثا حيث مازالت قيد الاستغلال

هذه الدراسة قائمة على تحقيق نموذج ترسب الديناميكيات الرواسب من خلال سلسلة الاوردوفيبي

من اجل هذا أكدت الدراسة الصخرية و النشأة على وفرة الكوارتز والتي تشكل معظم الرواسب ملاحظة الشرائح الرقيقة التي تسمح لنا بمعرفة مختلف ظواهر النشأة والتي أثرت على المنطقة و على نشأة التسلسل الزمني لها على مر الزمن الجيولوجي.

وأظهرت هذه التشكيل تز الحمراء مضغوط جدا أو تشوه هش هو المسيطر على الطبقة المدروسة .

: الصخرية، اوردوفيكي