

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA DE BOUMERDES  
Faculté des hydrocarbures et de la chimie



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER 2**

**Département :** Gisement Miniers et Pétroliers

**Filière :** Hydrocarbures

**Option :** Géologie Pétrolière

**Présenté par :**

- **SIDJILANI A.**
- **CHELFAT A.**

**THEME :**

---

**ETUDE PETROGRAPHIQUE ET DIAGENETIQUE DES FORMATIONS  
GRESEUSES DU DEVONIEN INFERIEUR DU BASSIN DE GOURARA  
(TIMIMOUNE)**

---

Jury de soutenance :

**DERRIDJ A.**

**ENCADREUR**

**2020/2021**



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA DE BOUMERDES  
Faculté des hydrocarbures et de la chimie

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER 2**

**Département** : Gisement Miniers et Pétroliers  
**Filière** : Hydrocarbures  
**Option** : Géologie Pétrolière

**Présenté par :**

- **SIDJILANI A.**
- **CHELFAT A.**

**THEME :**

---

ETUDE PETROGRAPHIQUE ET DIAGENETIQUE DES FORMATIONS  
GRESEUSES DU DEVONIEN INFERIEUR DU BASSIN DE GOURARA  
(TIMIMOUNE)

---

Jury de soutenance :  
**DERRIDJ A.**

**ENCADREUR**

**2020/2021**



## REMERCIEMENTS



Nos remerciements s'adressent tout d'abord au bon Dieu nous a offert la force, le courage et la patience pour bien mener et accomplir notre travail.

La réalisation du présent travail ne nous a pas été une chose facile, et c'est un accomplissement que nous ne pouvions pas pu atteindre sans l'aide de personnes envers qui on restera toujours reconnaissants.

On tiens à exprimer toute nos reconnaissances à notre enseignante & notre promotrice, Madame DERRIDJ A. On la remercie de nous avoir encadré, orienté, aidé et conseillé. Pour un meilleur travail.

Enfin nous tenons à remercier tout ce qui de près ou de loin, on contribué à la réalisation de notre travail.

CHELFAT A.  
SIDJILANI A.

## DEDICACE

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chères sœurs, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mes collègues, mes amis

&

A ma deuxième famille (Hirak) :  
Mehdi, Ahmed, Zahra, Chawki, Maasoum, Tina, Imili,  
, Djaber, Saleh, Lilia, Abdou, Imene, Sonia,  
Anaïs, Fouzi, Sofiane, Oussama, Mehdi, Adel, Rahim,  
Kaïs, Abdallah, Ahmed, pour leur soutien et leurs prières,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués,  
et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1: GENERALITES.....</b>	<b>3</b>
I. BASSIN DE GOURARA.....	4
1. SITUATION GEOGRAPHIQUE .....	4
2. CADRE GEOLOGIQUE .....	5
2.1 Cadre stratigraphique .....	5
2.2 Cadre structural .....	9
2.3 Système pétrolier.....	11
II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .....	13
1. CADRE LOCAL .....	13
2. Cadre Structural .....	14
3. HISTORIQUE DES TRAVAUX.....	16
<b>CHAPITRE 2: ETUDE PETROGRAPHIQUE.....</b>	<b>18</b>
I. INTRODUCTION.....	19
I. Caractérisation des unités dans les puits étudiés.....	21
1. Puits MJB-1.....	21
2. Puits Ai-2 .....	30
3. Puits IR-1bis.....	37
4. Puits HYR-1.....	40
II. CONCLUSION.....	47
<b>CHAPITRE 3 : ETUDE DIAGENITIQUE .....</b>	<b>48</b>
I. Synthèse des observations pétrographiques.....	49
II. Chronologie des phases diagenétiques .....	50
III. Evolution diagenétique du sédiment durant l'histoire géologique du bassin .....	52
1. Diagenèse précoce.....	52
2. Enfouissement paléozoïque.....	52
3. Orogenèse hercynienne.....	53
4. Enfouissement méso-cénozoïque.....	53
IV. Conclusion.....	54
<b>CHAPITRE 4 : ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE .....</b>	<b>55</b>
I. INTRODUCTION.....	56
II. Cadre sédimentologique.....	57
1. Puits-MJB-1 .....	57

2.	Puits Ai-2 .....	57
3.	Puits IR-1bis.....	58
4.	Puits HYR-1.....	60
III.	Colonne stratigraphique .....	61
IV.	CONCLUSION.....	65
	<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>66</b>
	BIBLIOGRAPHIE .....	68
	LISTE DES FIGURES .....	69
	LISTE DES TABLEAUX .....	70

# **INTRODUCTION GENERALE**

Le bassin de Gourara fait partie de la province centrale de la plateforme saharienne. Cette région gazifière a fait l'objet de nombreux travaux ces deux dernières décennies par la SONATRACH. Ces travaux ont abouti récemment à quelques découvertes prometteuses qui motivent la prospection dans ce bassin, notamment les réservoirs du Dévonien inférieur. Leurs perméabilités et leurs porosités primaires sont médiocres, ce qui limite fortement les conditions de circulation et de piégeage.

Notre objectif est "Etude pétrographique et diagenétique des formations gréseuses du Dévonien du Bassin de Gourara (Timimoune)".

Ce mémoire est organisé comme suit:

- ❖ Une synthèse bibliographique pour présenter le contexte géologique et pétrolier de la région;
- ❖ Une étude pétrographique au niveau des formations du Dévonien inférieur;
- ❖ Une Etude diagénétique;
- ❖ Une approche sédimentaire sur la partie Méridionale du bassin de Gourara.

# **CHAPITRE 1 :**

# **GENERALITES**

# I. BASSIN DE GOURARA

## 1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

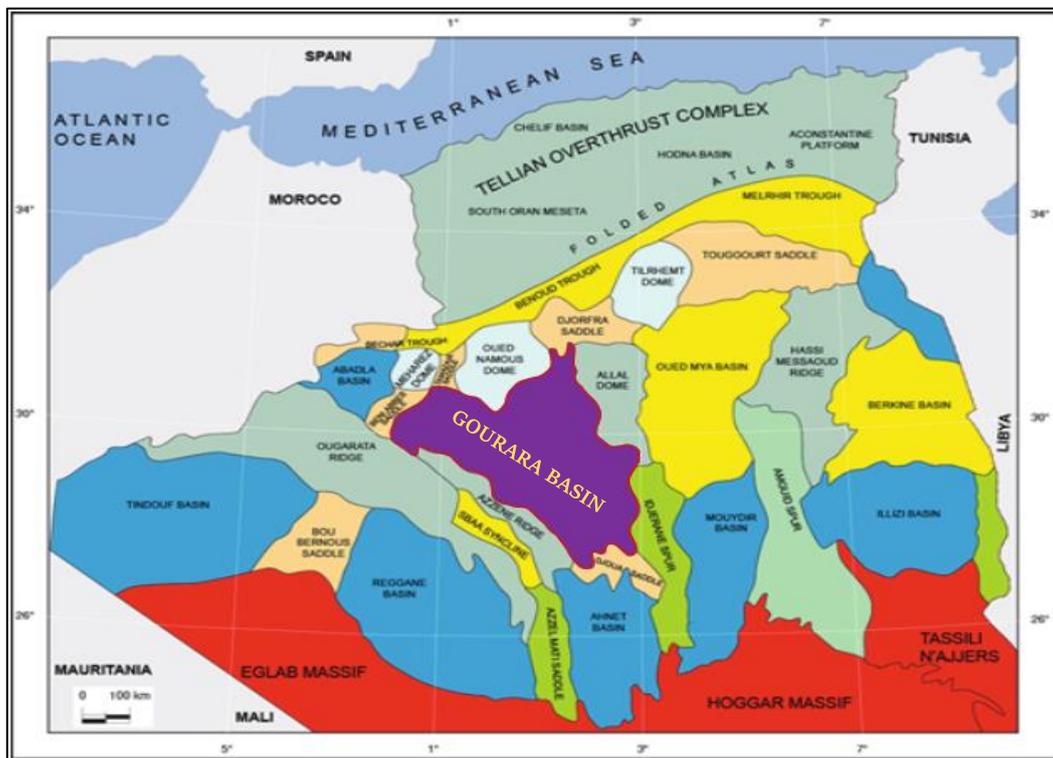
Le bassin de Gourara est situé dans la partie centre Ouest du Sahara algérien, il couvre une superficie d'environ 200.000 Km<sup>2</sup> et il est limité géographiquement par les :

Longitudes 2°W et 3°E et la latitude 28°N et 31°30' N.

Il est encadré :

- Au Nord, par l'ensellement de Djofra allongé dans la direction E – W, et les dômes d'Oued Namous et Meharez orientés N – S.
- A l'Ouest, par la voûte d'Azzène, la cuvette de Sbàa et les chaînes de l'Ougarta qui sont d'orientation NW – SE.
- A l'Est, par la voûte d'Allal et le môle d'Idjerane M'Zab orientés N–S.
- Au Sud par l'ensellement de Djoua Orienté E – W.

Cette diversité, dans l'orientation des éléments structuraux avoisinant le bassin de Gourara, a fait qu'il se trouve orientés quasi Nord/Sud dans sa partie Est et de direction Ougartienne dans sa partie Ouest. (**Figure 1**).



*Figure 1* : Situation géographique du bassin de Gourara.

## 2. CADRE GEOLOGIQUE

### 2.1 Cadre stratigraphique

Le bassin de Gourara enregistre une sédimentation paléozoïque et méso-cénozoïque (**Figure 2**).

- **Le Paléozoïque :**

La couverture paléozoïque repose en discordance angulaire sur le socle.

Les épaisseurs atteignent 6000 m au centre du bassin et plus de 3000 m sur les bordures.

- **Le Cambrien :** Il est constitué de grès fins blancs mal classés, intercalés d'argiles silteuses micacées déposés dans un milieu fluviatile en tresse. Les intercalations silteuses deviennent de plus en plus fréquentes et signalent le passage vers un milieu marin peu profond, marquant la transgression du Cambrien moyen.
- **L'Ordovicien :** C'est la transgression du Trémadoc inférieur qui souligne le passage Cambrien-Ordovicien. L'Ordovicien est grésilo-quartzitique soulignant un milieu marin peu profond.
- **Le Silurien :** Le réchauffement climatique connu à cette période va entraîner la fonte de l'inlandsis fini-ordovicien et provoquer une transgression glacio-eustatique. Le silurien est donc représenté par des argiles noires à Graptolites, devenant silteuses et micacées vers le haut, avec des intercalations de calcaires fossilifères, parallèlement, les intercalations gréseuses deviennent plus fréquentes.
- **Le Dévonien :**
  - Le Gédinien :** C'est un ensemble argilo-gréseux formé par des argiles grises avec de rares passées carbonatées à la base, silteuses et micacées et quelques passées de grès blancs fins, au sommet.
  - Le Siégénien :** Il se caractérise par une sédimentation deltaïque composée de grès à rares passées d'argiles à sa base puis carbonatées vers le sommet annonçant déjà la grande transgression emsienne.
  - L'Emsien :** C'est une série argilo-gréseuse qui débute par des calcaires décimétriques fossilifères, équivalent de la « Muraille de Chine », surmontés par des argiles grises

silteuses très fossilifères (Brachiopodes, crinoïdes...) puis par des grès avec des passées d'argiles silteuses.

**L'Éifelien** : Il est très réduit et composé d'argiles grises silteuses, à passées carbonatées.

**Le Givétien** : c'est un ensemble de calcaires micritiques noirs fossilifères à nombreuses passées d'argiles grises.

**Le Frasnien** : Il correspond à des argiles fossilifères à nombreuses passées de calcaires microcristallins.

**Le Famennien** : Il correspond à des argiles grises à noires fortement silteuses, à intercalations de calcaires micritiques noirs, riches en Goniatites, Clymenies, et Brachiopodes.

**Le Strunien** : C'est le témoin d'une mer « affaiblie » qui est refoulée par un delta progradant du sud vers le nord.

La sédimentation est par conséquent à formes continentales (palynomorphes) et correspond à l'équivalent latéral des grès de Marhouma caractérisés par une intense instabilité tectonique, marquée par de nombreuses figures de glissement, des failles synsédimentaires ainsi que des figures de charge métriques.

- **Le Carbonifère** : Il est rythmé par les incessants duels entre les assauts eustatiques du nord et les apports détritiques du sud.

**Le Tournaisien** : Il est marqué par le retour de la mer après son recul au Strunien, il s'y dépose alors des argiles noires fossilifères à Gattendorfia, faune caractéristique du Tournaisien, et des grès carbonatés très riches en Brachiopodes, lamellibranches... etc.

**Le Viséen** : Il comprend cinq formations, qui sont de bas en haut :

- La formation des argiles inférieures de Gourara : Viséen inférieur ;
- La formation des grès de Rhnet : Viséen supérieur ;
- La formation des argiles supérieures de Gourara : Viséen supérieur ;
- La formation des grès d'Arhlad : Viséen supérieur ;
- La formation des calcaires de Tala, Viséen supérieur-Serpukhovien probable.

**Le Namurien** : Il est calcaire à bioclastes surmonté par des argiles gypseuses puis par des formations continentales, caractérisant la grande régression Mississipien-Pennsylvanien.

- **Le Mésozoïque :**

Il repose en discordance angulaire sur le Paléozoïque et couvre l'ensemble de la région. Il correspond au :

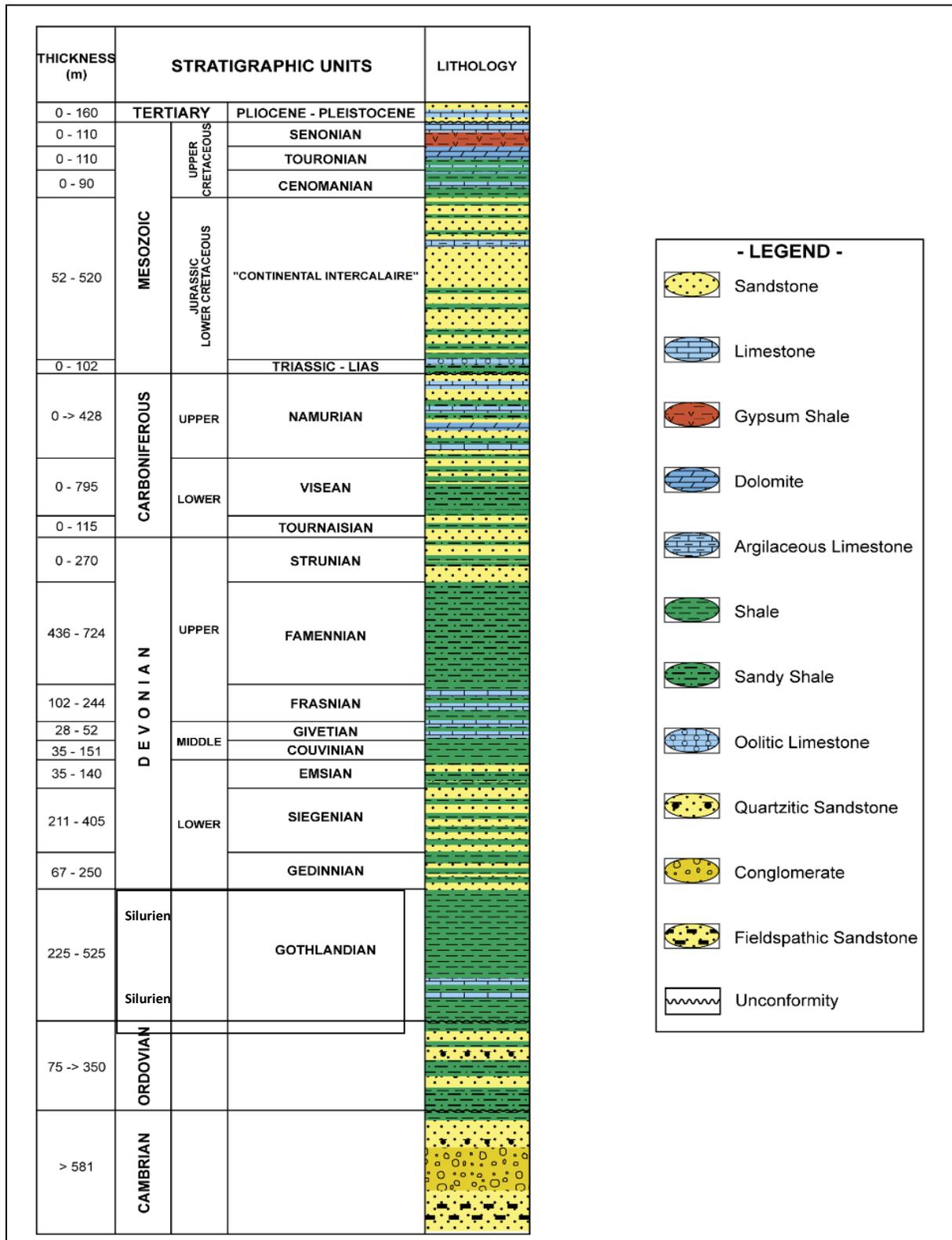
- **Trias** : Il est représenté par des dépôts argilo-gréseux fluviatiles avec quelques intercalations de dolérites (Beghoul, 1991).
- **Jurassique** : Le Lias n'est mis en évidence que dans la partie nord-orientale du bassin, suivi par des argiles vertes à passées dolomitiques attribuées au Dogger et surmontées par des grès beiges du Malm.

- **Crétacé :**

**Le Crétacé inférieur** : Il forme avec le Jurassique supérieur, le « Continental Intercalaire », appellation que l'on doit à C. Kilian (1922) en désignant l'épaisse série continentale comprise entre le Carbonifère et le Cénomaniens.

**Le Crétacé supérieur** : Ce sont des séries marines liées à la transgression cénomaniens.

La grande transgression cénomaniens a déposé une dalle carbonatée, à veinules de calcite riche en Ammonites.



**Figure 2 :** Colonne stratigraphique du bassin de Gourara

## 2.2 Cadre structural

La situation du bassin de Gourara au voisinage du bouclier Targui et du bouclier Réguibat, lui confère une instabilité permanente.

Schématiquement, ce bassin est subdivisé en deux domaines :

- Un domaine nord, qui comprend les parties centrales et septentrionales faiblement structurées, et recouvertes par les dunes du Grand Erg Occidental.
- Un domaine comprenant les parties sud occidentales et sud orientales intensément structurées.

Ce dernier est le mieux étudié, vu que c'est dans cette partie que se sont concentrés les efforts de l'exploration pétrolière, et plusieurs forages ont été implantés.

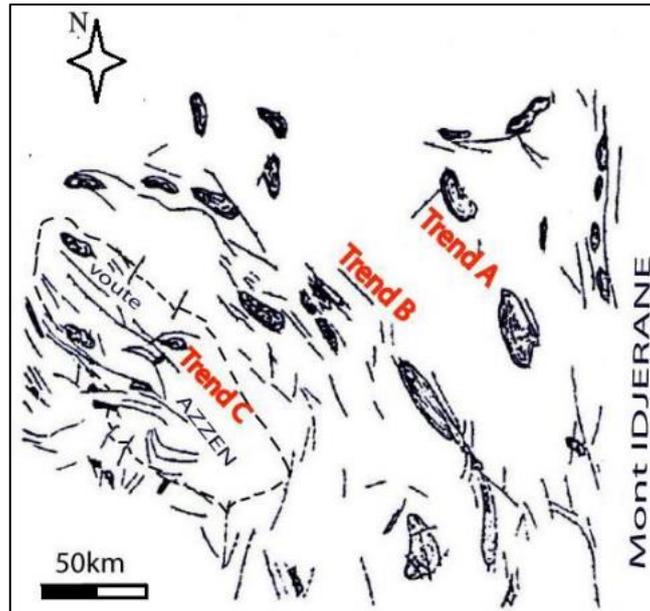
C'est au cours de l'Hercynien que le bassin est structuré (Beghoul, 1991).

Seul l'anticlinal de Gourara apparaît en surface. Néanmoins, les différentes phases de l'orogénèse alpine (phase Autrichienne et Atlasique) ont également laissé quelques empreintes vu qu'un léger plissement de la discordance hercynienne a été remarqué.

D'autres auteurs (Haddoum et al 2001), quant à eux, suggèrent l'existence d'un continuum de déformation post-moscovienne, dont la contrainte est orientée ENE-WSW, qui a déjà opéré au Panafricain.

Trois grands axes de déformation, séparés par de profonds sillons, sont définis. Il s'agit du :

- Trend A, à influence hoggarienne (N 160°).
- Trend B (N 150°) : Il évolue d'une direction est-ouest représentée par l'anticlinal de Gourara et l'anticlinal de Moussa, dans sa partie septentrionale, vers une direction subméridienne, dans sa partie méridionale.
- Trend C, à influence ougartienne, représenté par la voûte d'Azzène (N 135°). Sa structure est plus complexe car elle contient plusieurs failles avec des rejets très importants pouvant atteindre 1000 m parfois.



*Figure 3 : Schéma structural du bassin de Gourara*

Les études structurales réalisées (Goucem, 1995) proposent deux hypothèses qui expliquent la structure actuelle :

- La première suggère que l'anticlinal de Gourara de direction E-W se soit formé par une contrainte d'orientation N055 (NE-SW).
- La deuxième hypothèse suggère que cette structure se soit formée par compression NWSE, à l'origine du jeu senestre de l'accident E-W.

D'autres auteurs (Belhadi 2007 et Debaghi 2007) pensent que la région a subi la succession de trois phases de structuration :

- La première phase, de direction NE-SW, aurait engendré des axes orientés NW-SE, et le jeu senestre de l'accident est-ouest.
- La deuxième phase : la complication des mouvements conduit à une rotation anti-horaire senestre, dite rigide, des structures NW-SE déjà acquises. Ils vont devenir est-ouest ; l'accident E-W jouera en décrochement senestre.
- La troisième phase, quant à elle, a entraîné le jeu dextre de l'accident E-W et le plissement orienté NE-SW, qui lui est associé. Ceux-ci sont compatibles avec une direction de contrainte orientée NW-SE.

Le jeu senestre, puis dextre de l'accident E-W, a entraîné la migration, assimilable à des méga crochons, subie par les couches, tant vers l'est que vers l'ouest, à l'approche de l'accident.

Ces trends se raccordent, vers le sud avec les trois unités structurales de l'Ahnet et sont considérés comme des entités anticlinoriales (c'est un ensemble de plis en relais, d'extension variable, associés à des failles profondes).

## 2.3 Système pétrolier

### *Roches réservoirs*

- **Cambro - Ordovicien**

Constitué par des grès quartzitiques à quartzites souvent compacts, les réservoirs de l'Ordovicien présentent des caractéristiques pétro physiques primaires médiocres. La profondeur de ce réservoir peut atteindre 4000m dans cette partie du bassin de Gourara.

- **Dévonien Inférieur**

- **Gédinnien** : Ce réservoir est constitué d'alternances irrégulières de grès et d'argiles. La distribution de ces corps gréseux est essentiellement liée à son environnement de dépôt (fluvio- marin).

Ses propriétés pétro physiques sont moyennes à bonnes et montre des saturations en gaz (d'après diagraphies) dans presque la totalité des forages réalisés.

- **Siegénien** : Représenté par des grès quartzitiques, il est connu aussi sous le nom de (barre quartzitique). Ses caractéristiques pétro physiques primaires sont médiocres ; cependant, si la barre gréseuse est fracturée elle peut se révéler intéressante.

Il n'a donné que des indices ou de faibles débits de gaz.

- **Emsien** : Il est constitué par des grès déposés dans un milieu marin côtier. Il est affecté par des changements de faciès latéraux et verticaux très rapides. Le réservoir se trouve au top de l'Emsien, dont la partie inférieure est argileuse.

Les qualités pétro physiques du réservoir sont bonnes et engendrent quand il est rencontré, en général de bons débits de gaz,

- **Dévonien supérieur**

- **Strunien** : Il est constitué de grés fins de qualités pétro physiques médiocres. Il n'a présenté que de faibles indices de gaz dans la partie sud du périmètre, où de très faibles passées gréseuses se développent.

- **Carbonifère**

- **Tournaisien** : Il est représenté par des grés fins à moyens. Il affleure en surface au niveau de Timimoune (ville). En subsurface, il est érodé sous la discordance hercynienne, au niveau des tops des structures.

**Les principaux réservoirs qui constituent les objectifs pétroliers dans ce périmètre sont essentiellement les réservoirs du Dévonien inférieur et de l'Ordovicien.**

### *Roches- mères*

Les différentes études géochimiques réalisées par Sonatrach et ses partenaires dans la région ont montré que toutes les formations argileuses depuis l'Ordovicien jusqu'au Carbonifère et particulièrement les argiles radioactives du Silurien et celles du Frasnien peuvent être considérées comme roches mères potentielles.

Vu l'enfouissement important qu'a connu ces niveaux, la quasi – totalité des hydrocarbures rencontrés est sous forme de gaz sec.

### *Roches- couvertures*

- La couverture des réservoirs du Cambro-Ordovicien est assurée par l'épaisse série argileuse du Silurien.
- L'étanchéité des réservoirs du Dévonien inférieur est assurée par la série argilo carbonatée du Dévonien moyen.
- Les argiles du Famménien (Dévonien supérieur) constituent aussi une couverture régionale.
- La couverture du réservoir Tournaisien est assurée par les argiles du Carbonifère.

## II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

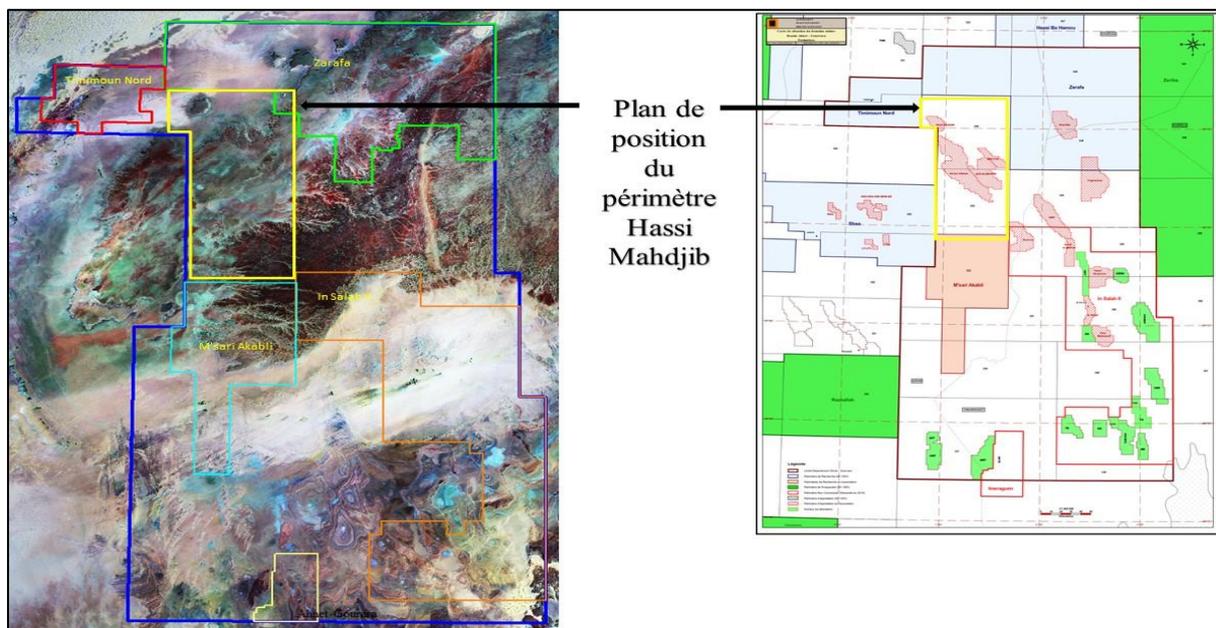
### 1. CADRE LOCAL

Géologiquement, le permis de Hassi Mahdjib qui englobe les blocs 325 et 329 occupe une zone particulière de la plateforme saharienne.

Il se situe à proximité de l'extrémité Est du prolongement vers le Sud de la chaîne Hercynienne de l'Ougarta, lieu de la plus spectaculaire manifestation d'un événement majeur ayant jalonné l'histoire de la plateforme saharienne.

Il aurait permis d'après certains auteurs, la structure de deux cratons (Ouest africains et panafricain) d'âges différents suite à des mouvements compressifs qu'on appellera plus tard l'évènement Hercynien.

Le permis de Hassi Mahdjib se trouve donc bordé par la voute d'Azzéne et la cuvette de Sbaa à l'Ouest, et par le restant du bassin de Gourara au Nord et à l'Est ainsi qu'une partie du Sud.



**Figure 4 :** Situation du périmètre Hassi Mahdjib

## 2. Cadre Structural

Le périmètre de Hassi Mahdjib couvre la zone Sud-Ouest de la dépression de Timimoune.

Les cartes structurales établies aux toits de l'Ordovicien et du Givétien montrent :

- L'importance de la structuration actuelle de la région.
- L'intensité tectonique et l'évolution latérale et verticale des failles qui caractérisent les structures du permis.
- La puissance des séries sédimentaires et le sens de leur variation.
- Le degré d'érosion des couches sédimentaires Paléozoïques.

D'une manière générale, la zone d'étude se caractérise par une structuration très irrégulière, une tectonique faiblement ressentie, malgré la présence d'un élément tectonique majeure au Sud-Ouest du permis représenté par la chaîne de l'Ougarta.

Les grandes structures de Hassi Mahdjib, Moussa, Irharene et autres sont marquées par des flexures très accusées sur leurs flancs au Nord-Est et Sud-Ouest associées à des failles inverses à faibles rejets.

Une telle déformation pourrait être expliquée par la plasticité des épaisses formations argileuses, celle du Silurien entre autres (500 m environ).

La puissance sédimentaire peut atteindre les 6000 m aux alentours des structures de Bedjouen, Joka et Erg-Chouiref.

Ces zones sont considérées comme les zones les plus subsidences. Les coupes géologiques faites sur la base de profils sismiques, montrent une discordance angulaire bien représentée dont le relief est relativement très peu déformé et ne donnant pas l'apparence de formation ayant été soumise à une tectonique aussi bien compressive que distensive.

Les zones structurellement hautes semblent être très affectées par l'érosion. On citera à titre d'exemple :

- La structure de Hassi Mahdjib
- La structure d'Irharen.

La partie se trouvant à l'extrême Sud-Ouest du bloc 329, représentée par la voute d'Azzéne est caractérisé par un soulèvement très accentué du socle faisant éroder la partie sommitale de l'Ordovicien.

A l'extrémité Ouest de ce permis, se trouve la structure de Timimoune, bien que faisant partie intégrante du trend structural représenté par l'axe dit de Hassi Mahdjib-Irharene, se trouve marqué en surface par les formations plissées du Tournaisien et Viséen. Sur le plan structural, l'anticlinal de Timimoune est caractérisé par sa direction axiale qui est pour le moins assez exceptionnelle comparativement aux directions axiales reconnues aussi bien à l'échelle du permis de Hassi Mahdjib que du bassin de Timimoune en général à l'exception de la structure de Zerafa située au Nord-Est qui fait ressortir une direction axiale Est-Ouest à l'instar de la structure de Moussa.

### 3. HISTORIQUE DES TRAVAUX

L'exploration pétrolière sur le bassin de Gourara et en particulier sur le permis Hassi Mahdjib a connu plusieurs étapes :

- 1) **Période 1952-1957** : Période pendant laquelle CPA à partir de l'interprétation des travaux gravimétrie et de magnétométrie effectuée par CGG en 1952/1953, réalisa un programme d'exploration sur des anomalies gravimétriques et la structure de surface de Timimoune.  
Deux (02) forages profonds (arrêtés dans le Silurien) Ont été réalisés sur les structures anticlinales de Timimoune (Ti-1 en 1954) et Iraharen (Ir-3 en 1955).  
Une campagne de coré drills a également été menée par CPA sur les structures de Moussa (Ms-1), Hassi Jokka (Jo-1A), Iraharen (Ir-1 et 2), Bedjouen (Bj-1) et Abiod (Ai-1).
- 2) **Période 1957-1971** : La découverte d'huile dans le bassin d'Illizi a fait déplacer tous les efforts d'exploration vers la partie orientale de la Plateforme saharienne et la région de Hassi Mahdjib n'a connu aucune activité d'exploration.
- 3) **Période 1971-1974** : Cette période correspond à la reprise par SONATRACH de l'activité d'exploration par la réalisation de nombreux travaux de sismique et du forage **MJB-1** (1976) sur la structure anticlinale de Hassi Mahdjib mise en évidence par l'interprétation des travaux sismiques.
- 4) **Période 1976 – 1988** : Cette période coïncide avec une intense activité d'exploration qui s'est traduite par la réalisation de nombreux travaux de sismiques (principalement sur le bloc 329) et de nombreux forages dans la partie Sud-Est du permis sur des structures anticlinales mises en évidence par l'interprétation des travaux sismiques. Il s'agit de Barouda (BRDA-1), Hassi Yakour (**HYR-1** et 2), Abiod (**Ai-2**), Drina (Dri-1), Afflissess (AFF-1),
- 5) **Période de 1991 – 1993** : Un programme de 1450 Km de sismique terrain a été réalisé, traité et interprété, concernant principalement les cônes de Timimoune, Moussa, Hassi Mahdjib, Bedjouen, Hassi Jokka et Iraharen. Cette sismique a servi à murir et implanter les quatre (04) forages Mjb-2, Ir-1bis, Ti-2 et Ms-1bis.
- 6) **Période de 1993 – 2006** : Cette période connu la réalisation des trois forages, deux par Sonatrach qui sont Bj-2, BRDN-1 en 2002 et Mjb-3ST en association avec total en 2006.

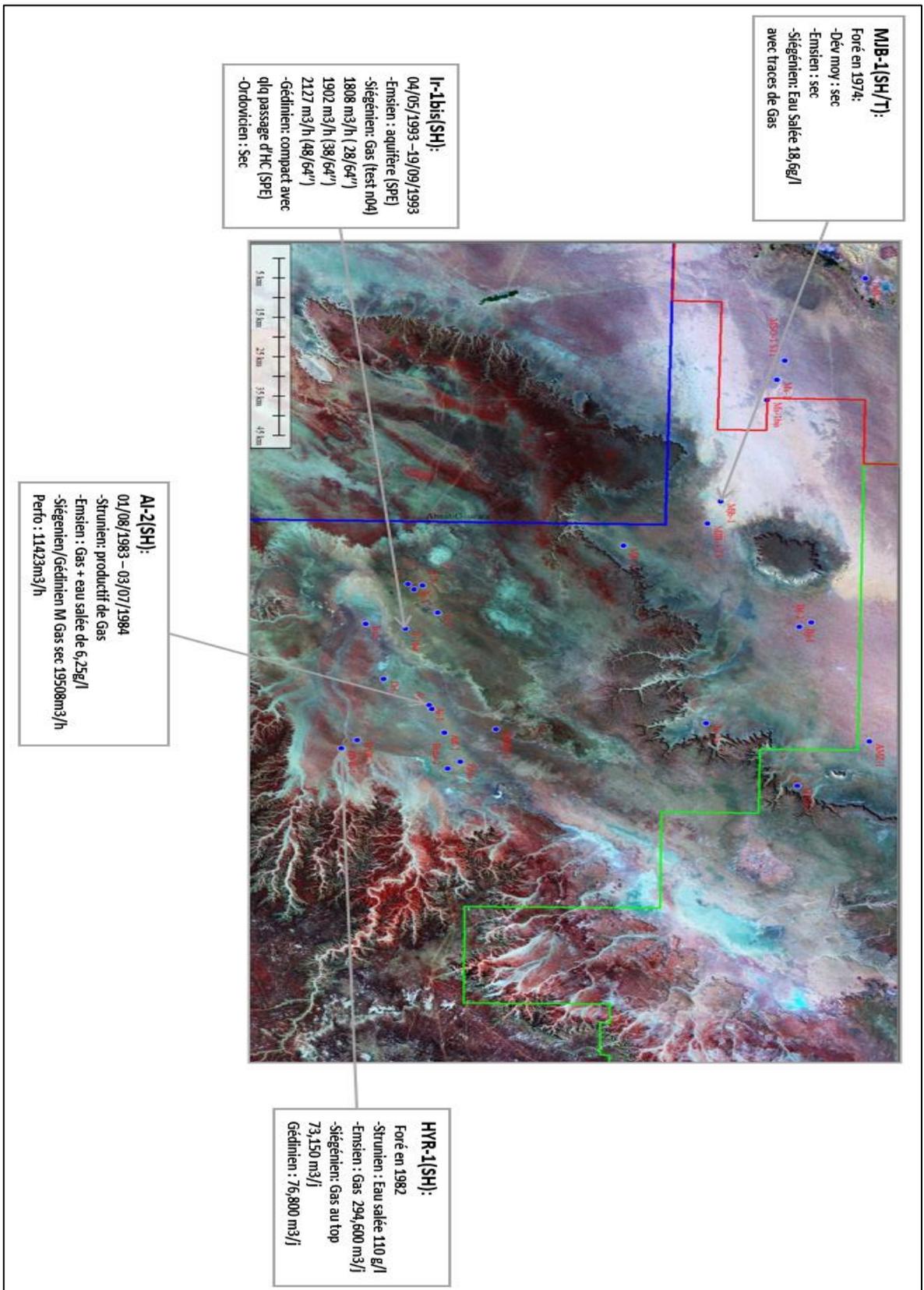


Figure 5 : Les puits a étudiée dans le permis Hassi Mahdjib.

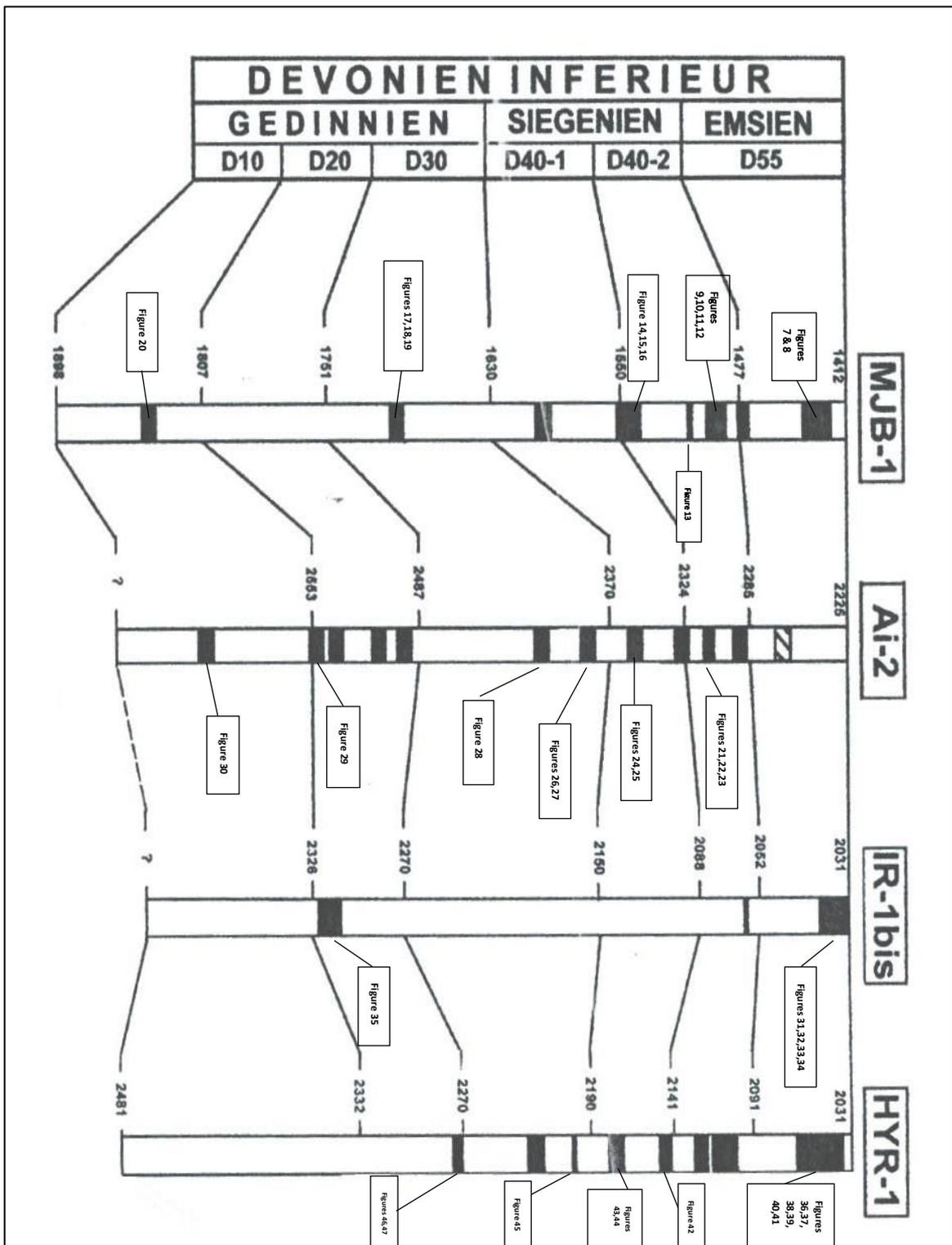
**CHAPITRE 2:**  
**ETUDE**  
**PETROGRAPHIQUE**

# I. INTRODUCTION

Ce chapitre consiste à faire une étude pétrographique de la formation gréseuse du Dévonien inférieur dans les puits : MJB-1, Ai-2, IR-1bis, HYR-1 (Figure 6). Ses puits se situent dans la partie supérieure et médiane du permis de Hassi Mahdjib.

On a étudié des carottes dans ces 4 puits, et l'aide de lame mince de chaque unité, nous avons pu décrire les roches qui les constituent.

Une description des lames minces mise à disposition par la Sonatrach. Sera établie dans ce chapitre.



 Carottes étudiées  
 Carottes non étudiées

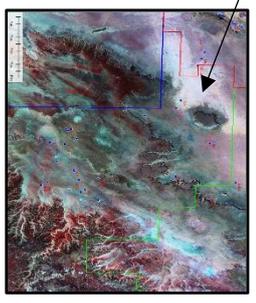


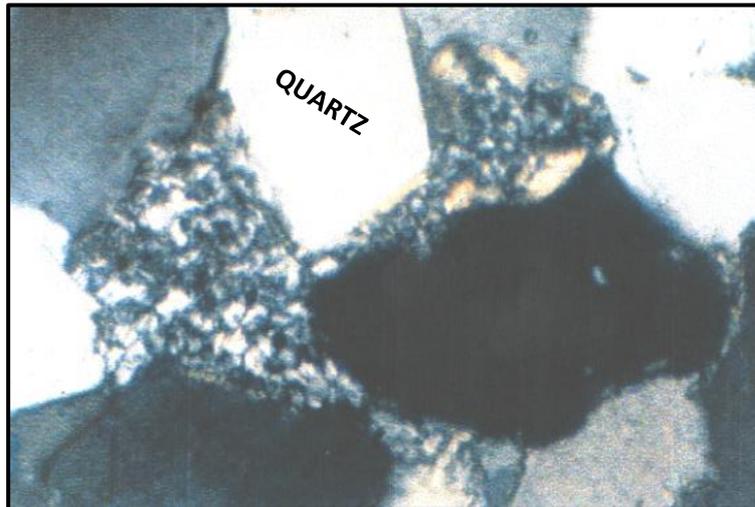
Figure 6 : Niveaux carottés dans le Dévonien inférieur du permis Hassi-Mahdjib

# I. Caractérisation des unités dans les puits étudiés

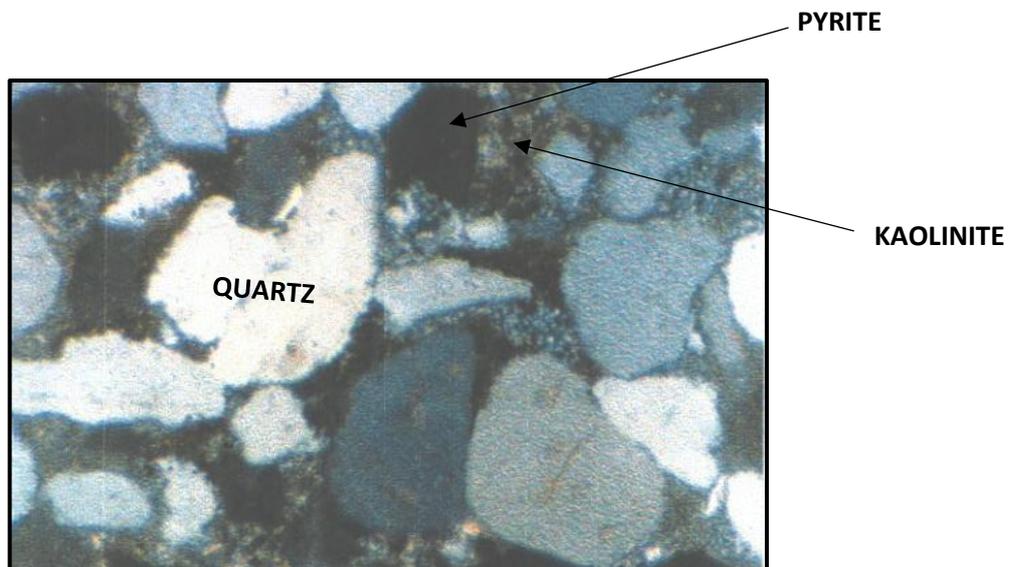
## 1. Puits MJB-1

- Unité D-55 (1412.00m-1477.00m)

Les figures 7 et 8 nous ont permis d'observer et de décrire comme suite :



*Figure 7* : MJB-1, 1421m LPX200 : Kaolinitisation de la chlorite au sein d'un oolide.



*Figure 8* : MJB-1, 1426m LPX100 : Association de kaolinite et de pyrite

Les grains de quartz sont sub-anguleux et corrodés par les argiles et les carbonates,

Les feldspaths apparaissent, localement, en traces. Ce sont des plagioclases en argiles et en carbonates,

Les micas, représentés principalement par la muscovite, avec des taux voisins de 4%,

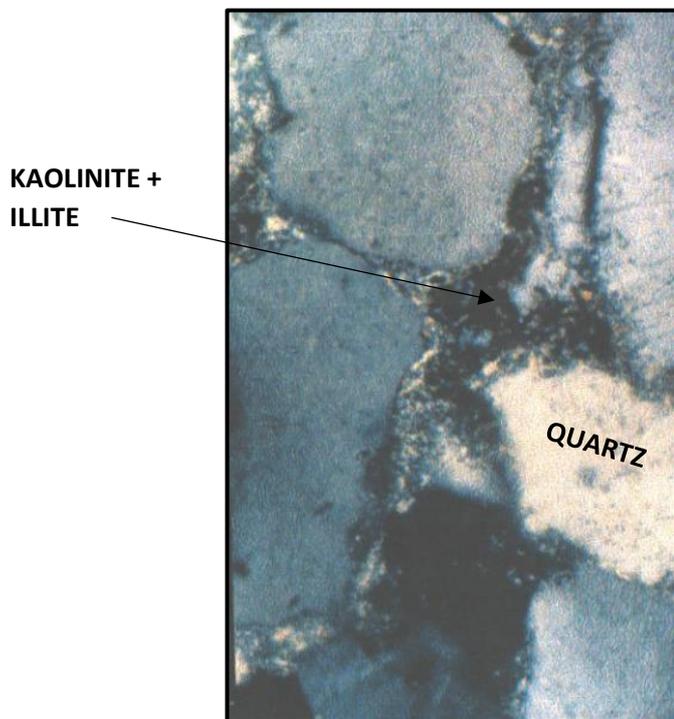
Les argiles sont représentées par la chlorite, la kaolinite et l'illite. Elles entourent souvent les grains de quartz,

La pyrite apparaît avec des taux qui varient de quelques traces à 2 ou 3%. Elle est en filaments isolés ou en ciment associée à l'argile (**Figure 8**).

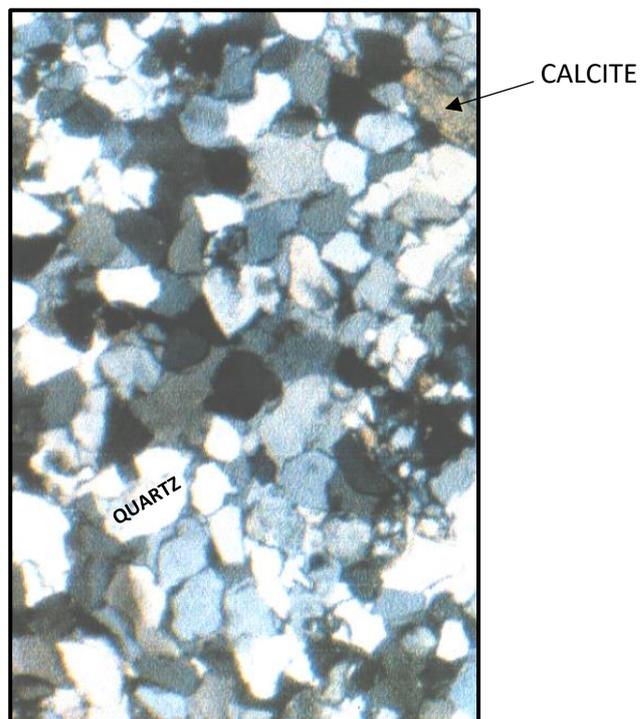
A noter, la présence de rares ooides chloriteux partiellement kaolinisés (**Figure 7**).

- Unité D-40-2 (1477m-1550m)

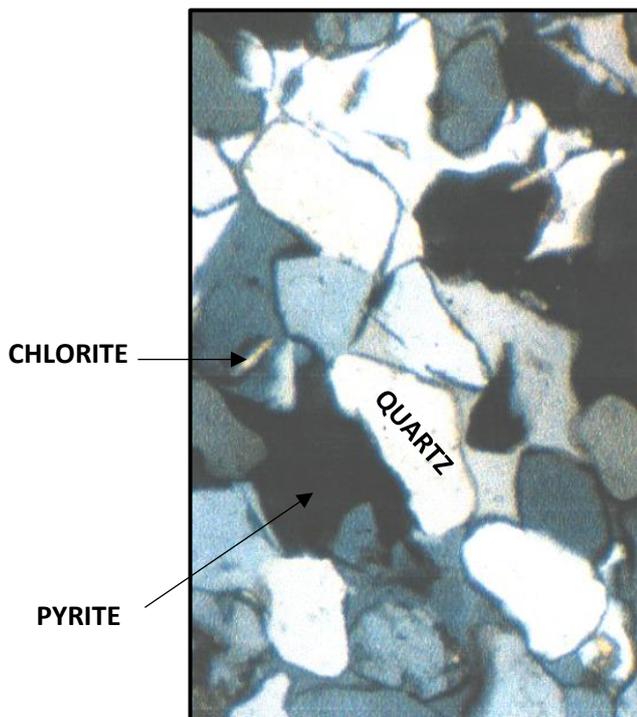
Les figures 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 et 16 nous ont permis d'observer et de décrire comme suite :



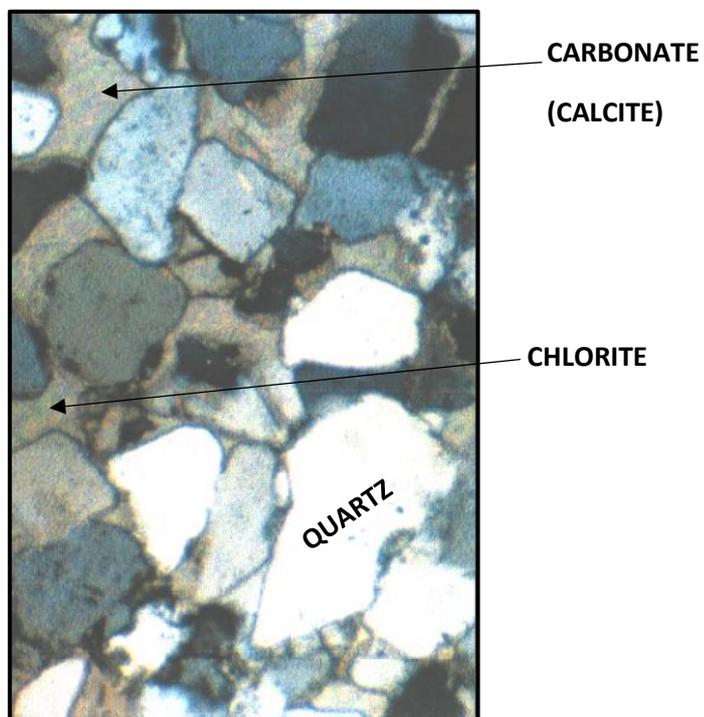
**Figure 10** : MJB-1, 1486.5m LPX200 : Association kaolinite, illite et chlorite



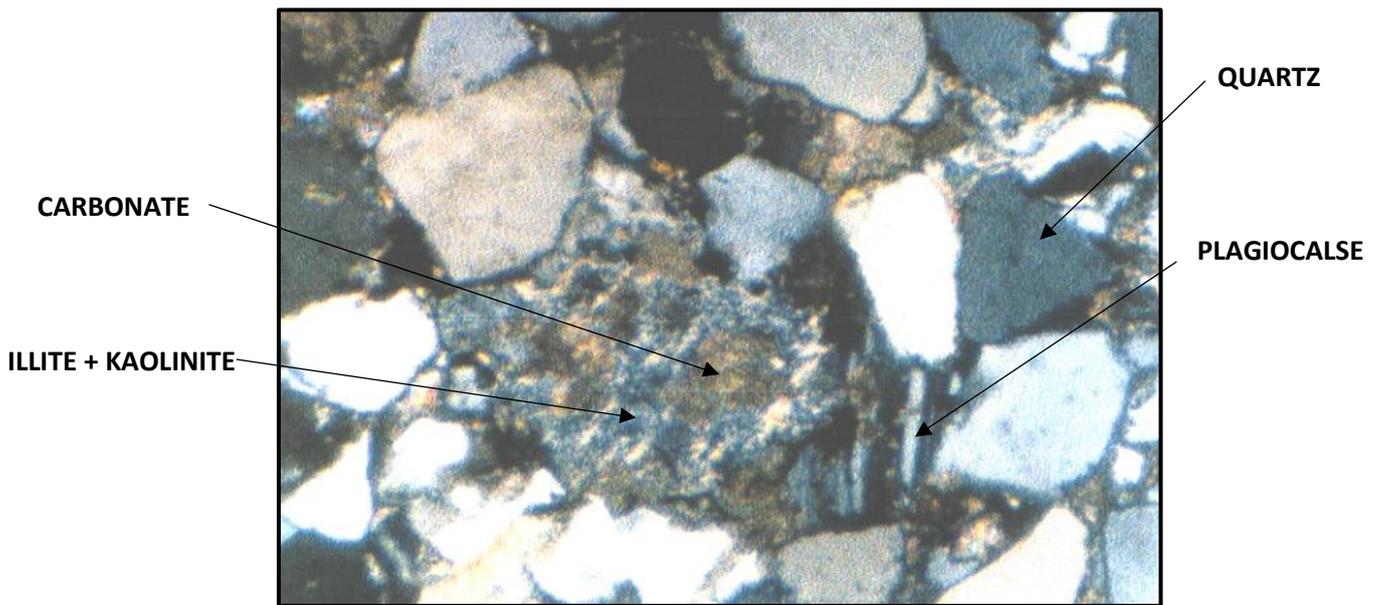
**Figure 9** : MJB-1, 1492m LPX40 : Grès siliceux



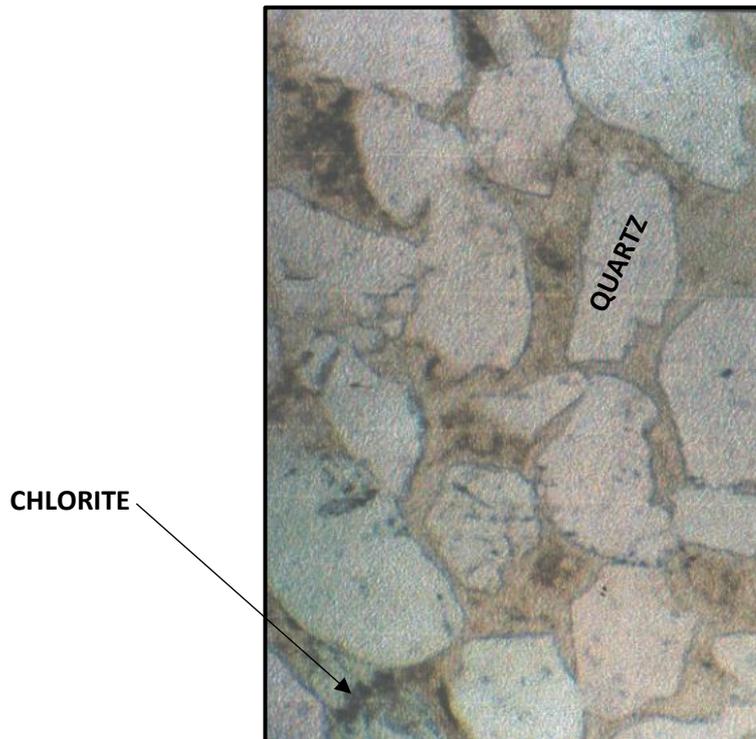
**Figure 12** : MJB-1, 1492m LPX100 : Tapissage chloriteux fin et discontinu + silice intergranulaire



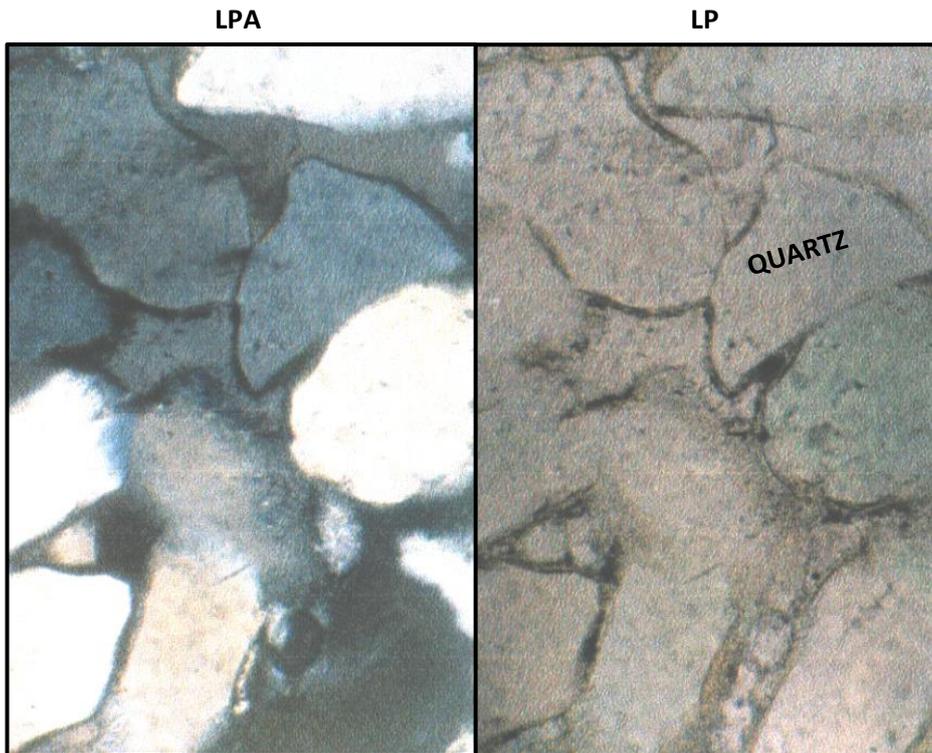
**Figure 11** : MJB-1, 1496m LPX100 : Tapissage chloriteux, fin, dans un grès carbonate



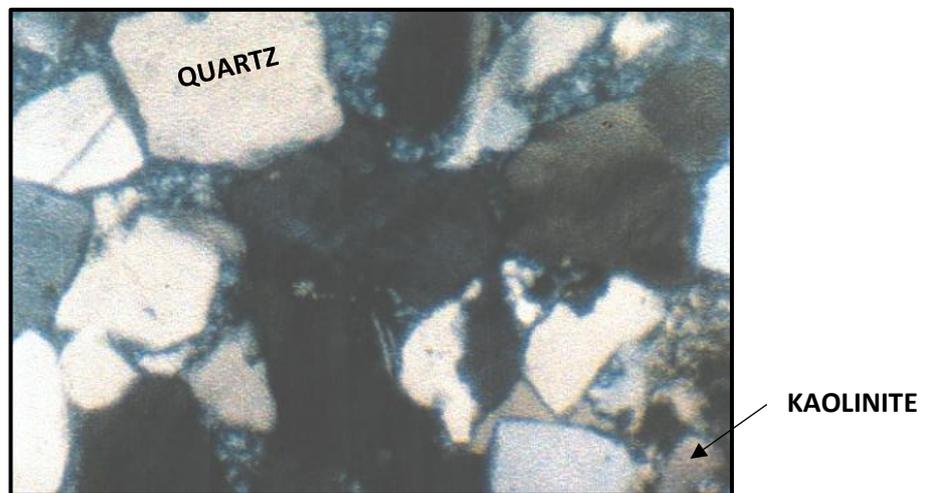
**Figure 13** : MJB-1, 1506.5m LPX100 : Remplacement de feldspaths par l'illite, la kaolinite et les carbonates



**Figure 14** : MJB-1, 1539m LNX100 : Chlorite Inter-granulaire



**Figure 15** : MJB-1, 1541.5m LPX200 et LNX200 : Contact droit, Tapissage chloriteux et ciment siliceux



**Figure 16** : MJB-1, 1543.5m LPX100 : Kaolinite corrodant quartz et silice

Les grains de quartz sont anguleux à sub-anguleux, parfois subarrondis. Ils sont entourés de tapissage de chlorite, nourris en silice secondaire (**Figures 15, 11 et 12**) et par endroits corrodés par les argiles et les carbonates,

Les feldspaths, représentés exclusivement par les plagioclases, avec des taux avoisinant les 2%. Ils sont altérés par les argiles ou par les carbonates (**Figure 13**),

Les micas sont représentés par la muscovite et apparaissent périodiquement, en proportions très variables allant de quelques traces à 7%,

L'argile constitue le ciment le plus abondant. Elle est représentée par la chlorite intergranulaire (**Figure 14**), la kaolinite et l'illite (**Figure 9**),

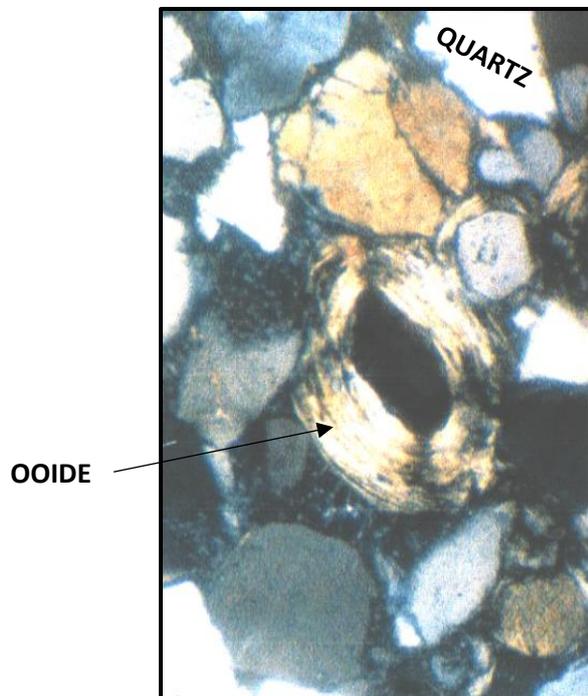
Les carbonates, sont représentés par la sidérite en cristaux parfois singuliers et la calcite en plages corrodant le quartz et la silice secondaire,

Enfin, le ciment siliceux de nourrissage, qui apparait sous forme d'auréoles autour des grains de quartz (**Figure 10**). Il subit des corrosions par l'argile et les carbonates et parfois des dissolutions,

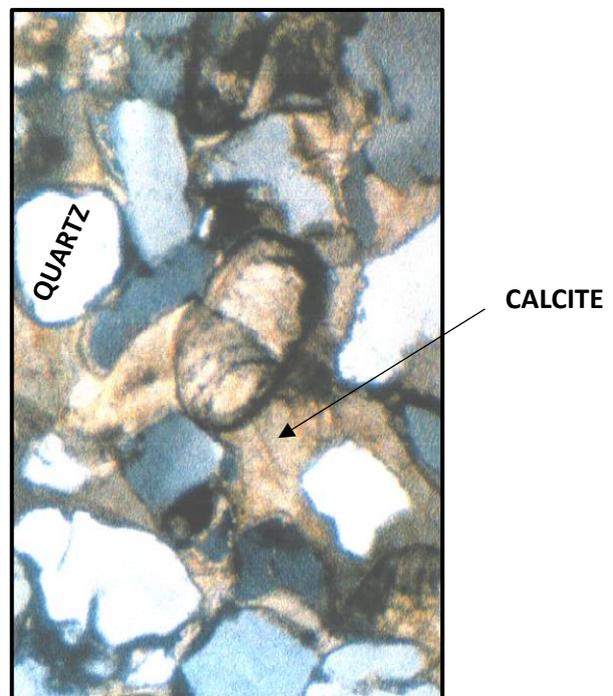
On note, la présence, quelques fois de stylolithes soulignés d'argile et une distribution bimodale de la granulométrie, avec une morphoscopie arrondie pour les gros grains et anguleuse pour les grains fins.

- Unité D-30 (1630m-1751m)

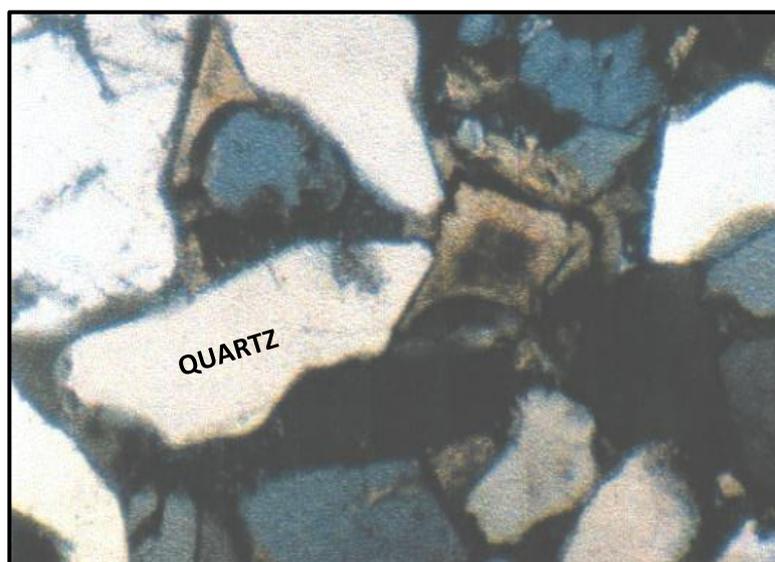
Les figures 17, 18 et 19 nous ont permis d'observer et de décrire comme suite :



**Figure 17** : MJB-1, 1683m LPX100 : Ooides avec nucleus a couches concentriques partiellement kaolinisées



**Figure 18** : MJB-1, 1684.5m LPX100 : Remplacement par les carbonates



**Figure 19** : MJB-1, 1685m LPX100 : Ciments kaolinique, calcitique et matière organique

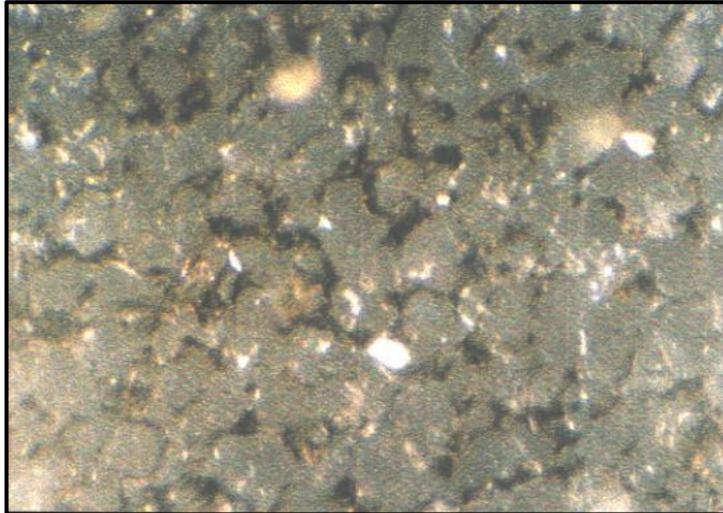
Les grains de quartz sont subarrondis à sub-anguleux. Ils sont parfois munis d'un tapissage chloriteux, corrodés par les argiles et les carbonates (**Figure 18**) et localement nourris en silice secondaire sous forme d'auréoles. Les feldspaths et les micas sont pratiquement inexistantes,

L'argile est représentée essentiellement par la kaolinite La chlorite est authigène sous forme de tapissage autour des grains de quartz et détritique associée aux ooides. Ces ooides subissent, parfois, des dissolutions. Le ciment kaolinique est, par endroits, associé à la calcite et matière organique (**Figure 19**),

Les carbonates, représentés par la sidérite, sont mieux développés dans cette unité, leur taux varie de 8% à 25% et subissent quelque fois des dissolutions, donnant par conséquent des porosités secondaires de l'ordre de 10%.

- **Unité D-10 (1807m-1898m)**

La figure 20 nous a permis d'observer et de décrire comme suite :



*Figure 20 : MJB-1, 1840m LRX100 : Ciment bitumineux*

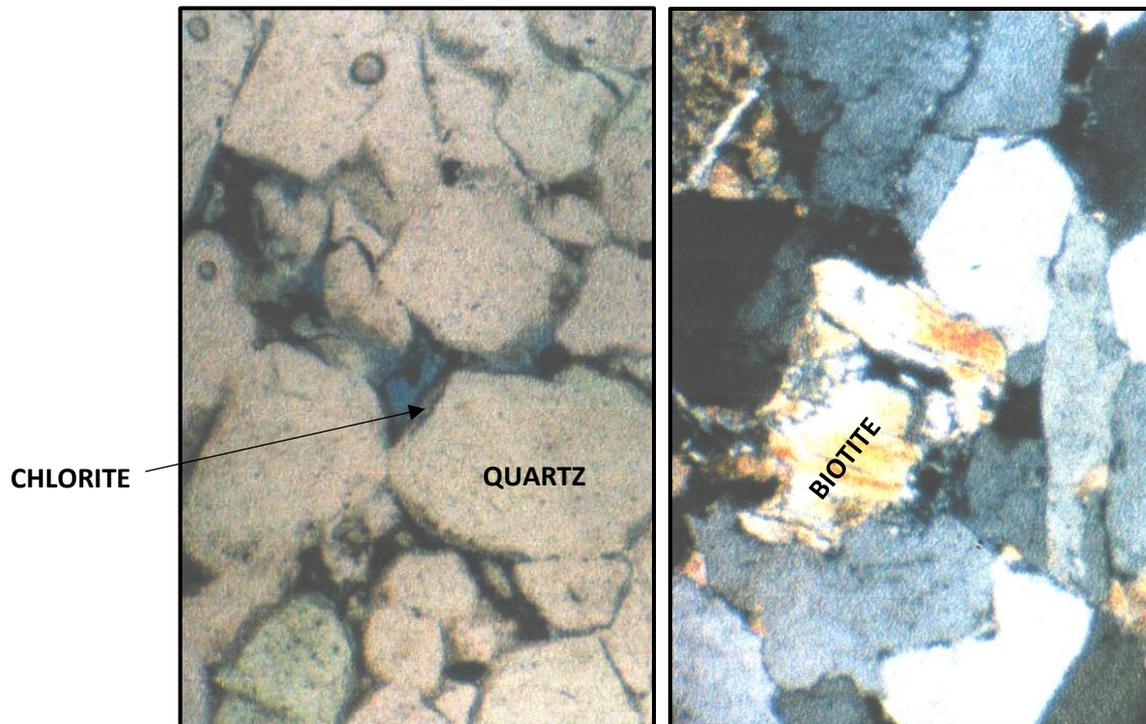
Au sein de ce niveau gréseux, les grains de quartz, sont anguleux et dans la majorité des cas corrodés par l'argile et les carbonates,

Les micas apparaissent avec un taux constant voisin de 3%. Ils sont représentés par la muscovite et la biotite altérée en chlorite et en kaolinite.

## 2. Puits Ai-2

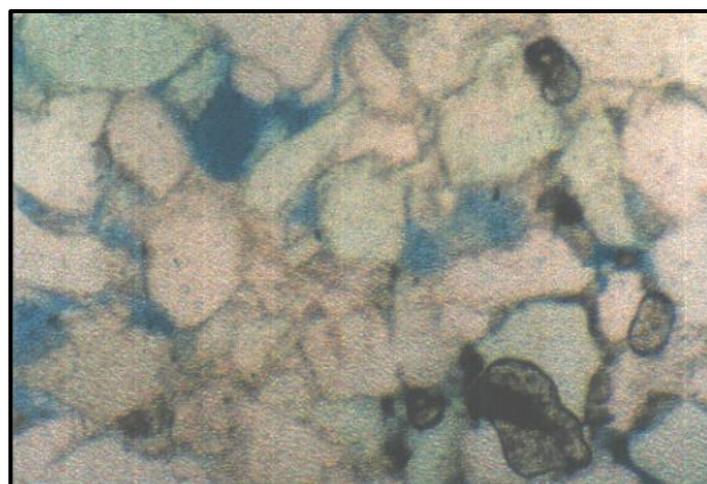
- Unité D40-2 (2285m-2324.5m)

Les figures 21, 22 et 23 nous ont permis d'observer et de décrire comme suite :



**Figure 21** : AI-2, 2304.2m-LNX100 : Matière organique superposée à la chlorite tapissante

**Figure 22** : AI-2, 2304.5m LPX100 : Dissolution de biotite



**Figure 23** : AI-2, 2305.5m-LNX100 : Dissolution du ciment siliceux

Les grains de quartz sont dans l'ensemble sub-anguleux à sub-arrondis,

Le ciment est argilo-carbonaté, bitumineux dans les niveaux gréseux très fins des parties sommitale et basale et silico-argileux à argilo-siliceux et carbonaté dans les niveaux gréseux moyens de la partie médiane,

Les feldspaths sont présents avec un taux voisin de 2%. Ils sont partiellement transformés en chlorite et en kaolinite,

Les micas sont moins fréquents que les feldspaths. Ils sont chloritisés. (**Figure 22**) et subissent aussi une dissolution partielle,

Les minéraux lourds représentés principalement par le zircon et le leucoxène, avec des taux qui atteignent parfois les 3%,

Le ciment siliceux, qui se développe principalement dans la partie médiane, est sous forme intergranulaire Il subit des corrosions par l'argile et les carbonates et une dissolution partielle qui semble être à l'origine des porosités observées dans ce niveaux (PL-XVI, ph-1),

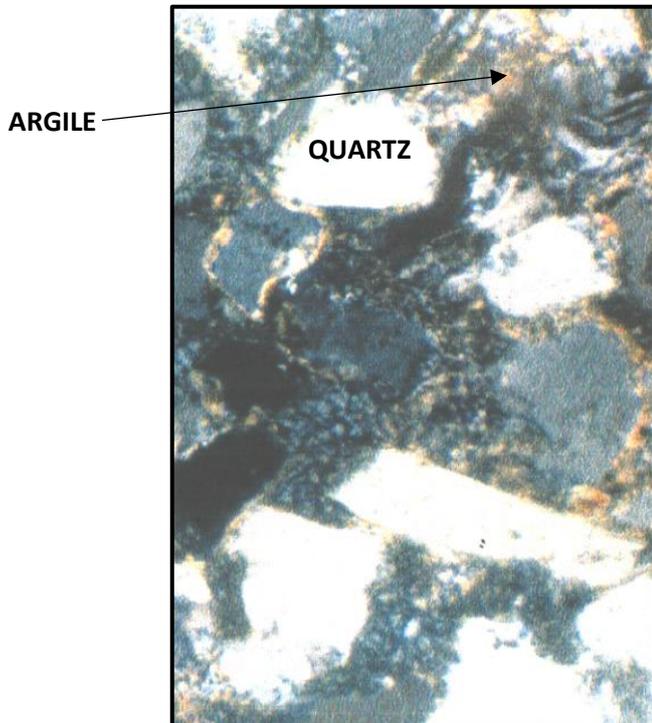
Le ciment argileux est représenté par la chlorite et la kaolinite (la transformation des feldspaths, de l'illite et du chlorite) et accessoirement par l'illite,

Les carbonates sont représentés par la calcite en plages corrodant les quartz, et la sidérite en cristaux,

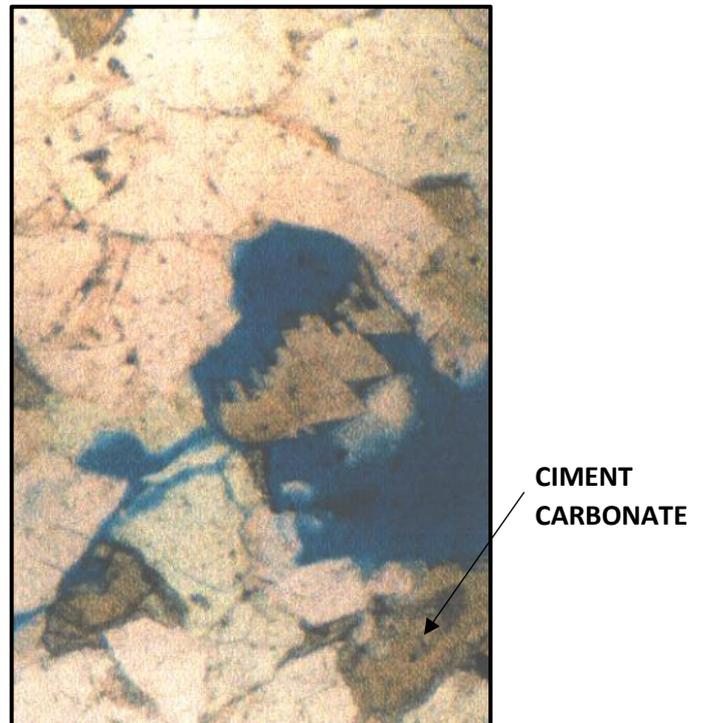
Le ciment bitumineux, abondant surtout dans les niveaux fins en remplissage des vides de dissolution.

- Unité D40-1 (2324.5m-2370m)

Les figures 24 et 25 nous ont permis d'observer et de décrire comme suite :



*Figure 24 : Al-2, 2353m LPX200 : Corrosion des quartz par les argiles*



*Figure 25 : Al-2, 2354m LNX100 : Dissolution du ciment carbonaté*

Les grains de quartz sont de morphoscopie sub-anguleuse à subarrondie, Ils subissent également des corrosions par l'argile et les carbonates,

Les feldspaths, les micas et les minéraux lourds, sont constamment présents avec des taux qui dépassent rarement 3%,

Les micas (surtout la biotite) sont parfois chloritisés et partiellement dissous,

Les feldspaths sont aussi sujets à la dissolution et sont dans certains cas transformés en kaolinite ou remplacés par les carbonates,

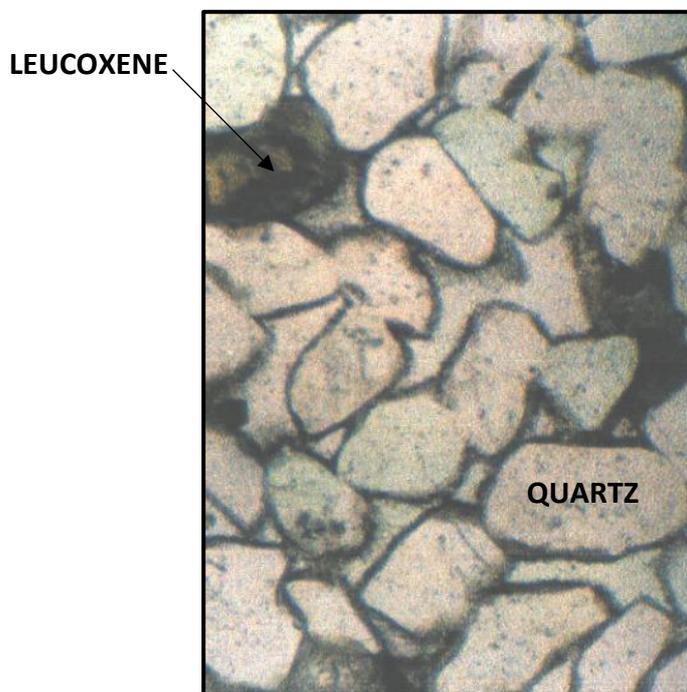
L'argile est représentée par la chlorite sous forme de tapissage et en agrégats,

Les carbonates sont représentés par la calcite en plages, corrodant les quartz et la silice Secondaire, et la sidérite en cristaux épars,

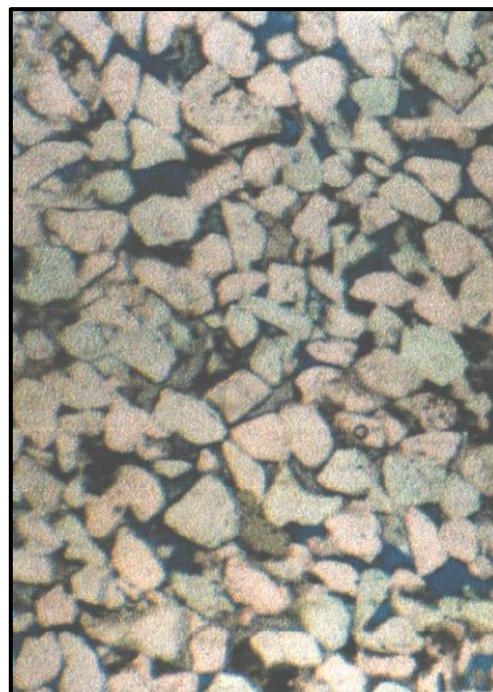
La matière organique bitumineuse, se rencontre avec un taux très faible, dans l'espace intergranulaire et soulignant des micro-stylolithes.

- **Unité D30 (2370m-2487.5m)**

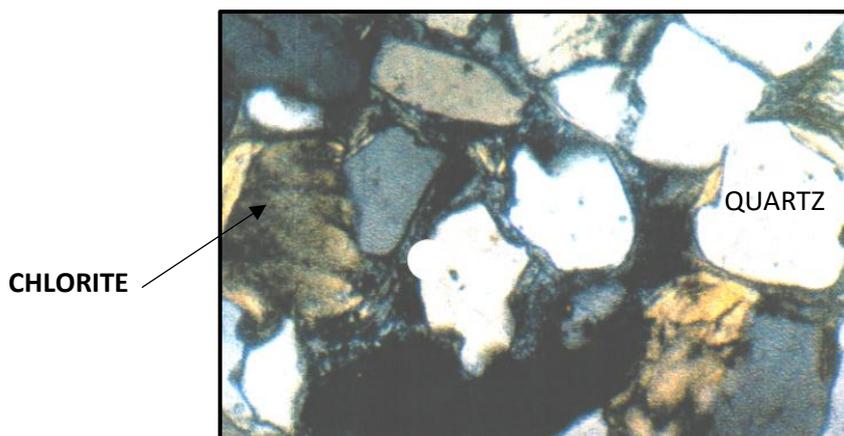
Les figures 26, 27 et 28 nous ont permis d'observer et de décrire comme suite :



*Figure 26* : Al-2, 2379m LPX100 : Tapissage chloriteux Silice et kaolinite dans l'espace inter-grulaire



*Figure 27* : Al-2, 2379.5m LNX40 : Grès poreux



*Figure 28* : Al-2, 2410.5m LPX100 : Kaolinitisation du Tapissage chloriteux

Les grains de quartz sont sub-arrondis à arrondis au sommet de l'intervalle et sub-anguleux à anguleux ailleurs. Ils sont aussi corrodés par l'argile et les carbonates, ce qui leur donne des contours irréguliers. Les feldspaths sont pratiquement inexistantes,

Les minéraux lourds, tel que le leucoxène (**Figure 26**), leur taux atteint parfois 3%. Et les micas sont représentés par la muscovite et la biotite. Cette dernière est le plus souvent chloritisée,

Les argiles sont représentées par la chlorite, la kaolinite et accessoirement par de l'illite. La chlorite est répartie entre les oïdes, le tapissage est dans l'espace intergranulaire, où lorsqu'elle est abondante,

La kaolinite, se développe à partir de l'illite, du chlorite, parfois, elle remplit totalement les vides intergranulaires et remplace même le tapissage de chlorite autour des grains de quartz (**Figure 28**),

Le ciment carbonaté est moins développé que l'argile et la silice. Il est représenté principalement par la sidérite qui apparaît en cristaux dans l'espace inter granulaire et au sein des argiles,

La matière organique est omniprésente, en très faible quantité, à l'exception d'un niveau où elle atteint les 8% Elle occupe l'espace intergranulaire sous forme pyritisée, associée à la sidérite et au chlorite et souligne aussi des micro-stylolithes.

- **Unité D20 (2487.5m-2552.5m)**

La figure 29 nous a permis d'observer et de décrire comme suite :



*Figure 29 : AI-2, 2540m LRX100 : Pyrite et matière organique soulignant un microstylolithe*

Les grains de quartz sont sub-anguleux à anguleux,

Les feldspaths sont pratiquement inexistant. Les micas se rencontrent en faible quantité, comme dans les autres unités,

Les minéraux lourds sont représentés par le zircon et leucoxène. Leur taux est voisin de 2%,

L'argile est représentée principalement par la chlorite sous forme de tapissage et en agrégats et par la kaolinite,

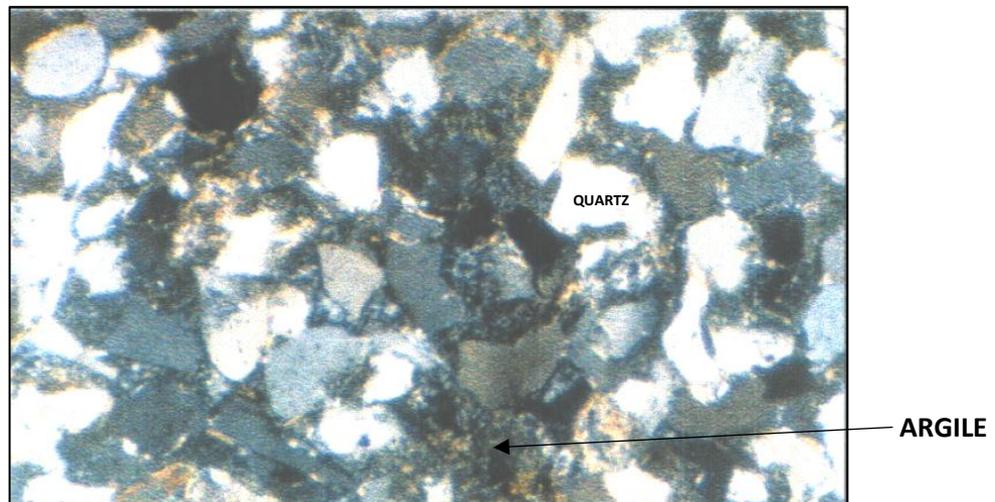
Les carbonates se rencontrent en très faible quantité (2 à 6%) et sont représentés essentiellement par la sidérite,

Le ciment siliceux se rencontre essentiellement au sommet et il est sous forme inter granulaire,

Le ciment bitumineux, quant à lui, il est omniprésent, il atteint localement les 7%, occupant l'espace intergranulaire. Cette matière organique souligne aussi des micro-stylolithes et elle est associée à la pyrite (**Figure 29**).

- **Unité D10 (2552.5m - 2669m)**

La figure 30 nous a permis d'observer et de décrire comme suite :



*Figure 30 : Ai-2, 2553m LPX100 : Grès argileux*

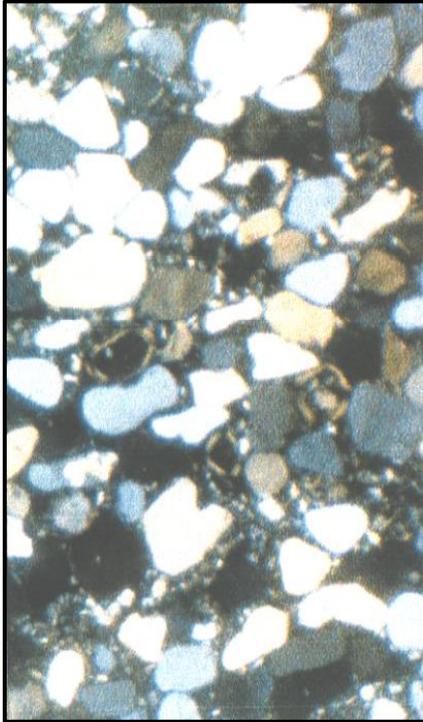
Les grains de quartz sont sub-anguleux,

Ces quartz sont corrodés par l'argile Cette dernière est représentée par la chlorite, la kaolinite et l'illite (est issue de la transformation de grains détritiques, probablement des feldspaths, qui subissent ensuite des kaolinisations).

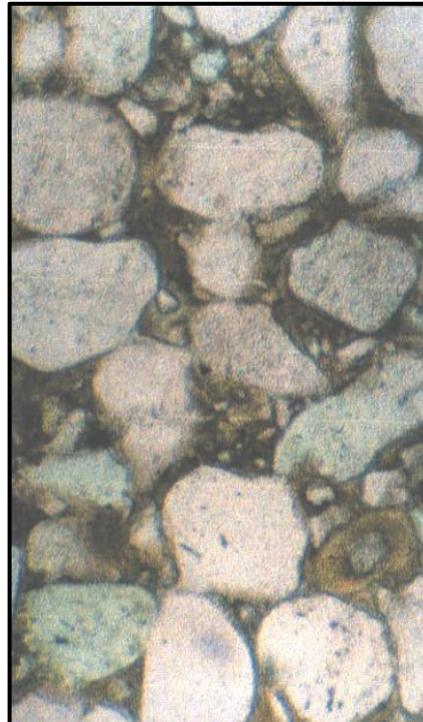
### 3. Puits IR-1bis

- Unité D-55 (1997.5m-2052m)

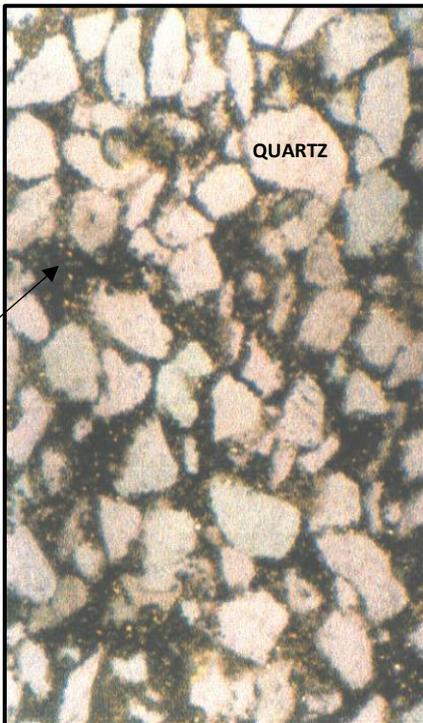
Les figures 31, 32, 33 et 34 nous ont permis d'observer et de décrire comme suite :



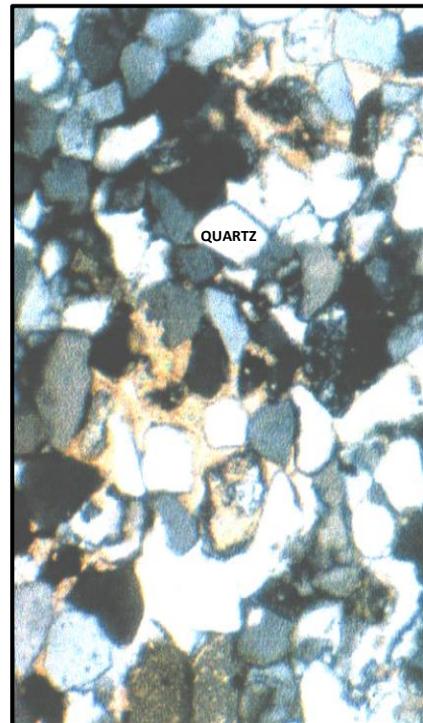
**Figure 31** : IR-1bis, 1997.5m LPX40 : Grès bimodal à ooides



**Figure 32** : IR-1bis, 1997.5m LNX200 : Chlorite inter-granulaire corrodant le quartz



**Figure 33** : IR-1bis, 1999m (LN+LR) X100 : Ciment pyriteux



**Figure 34** : IR-1bis, 2001m LPX100 : Grès silico-carbonaté

Les grains de quartz, qui constituent la phase détritique la plus abondante, sont sub-anguleux à anguleux subarrondis. Ils sont munis d'un tapissage de chlorite fin et souvent discontinu et sont corrodés par les argiles et les carbonates,

Les feldspaths sont constamment présents, leur taux varie de quelques traces à 3%. Certains grains de feldspaths sont chloritisés, kaolinisés et partiellement remplacés par les carbonates,

Les micas sont représentés principalement par la biotite, qui se trouve dans la majorité des cas chloritisée. Leur taux varie de 1 à 4%,

L'argile est représentée essentiellement de chlorite, qui se manifeste en tapissage autour des grains de quartz et en remplissage de l'espace entre les grains, et en partie incorporée dans les ooides (**Figure 32**). Ce chlorite est par endroits transformée en kaolinite,

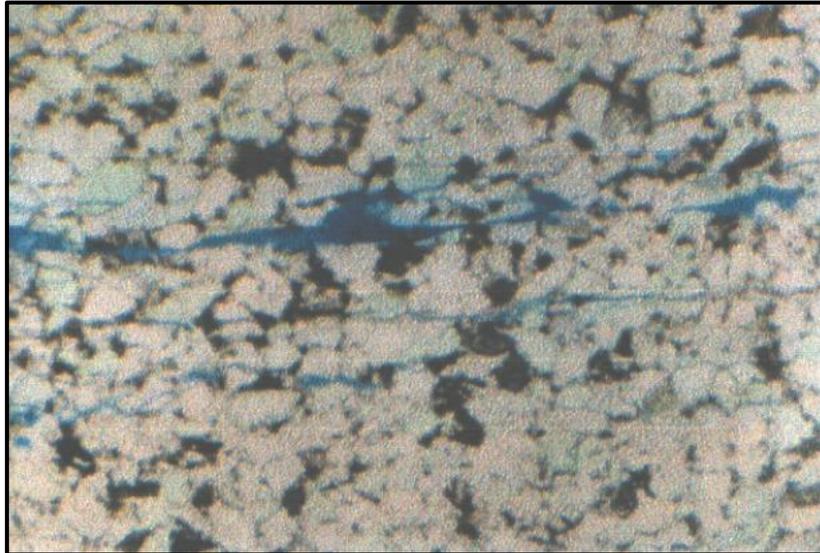
Les carbonates sont représentés par la calcite et la sidérite. La calcite, en plages corrodant les quartz et le ciment siliceux. La sidérite est relativement plus abondante, en mouchetures et en cristaux épars,

La manière organique se manifeste localement sous forme pyritisée et associée à l'argile et tapisse également les pores,

A noter, la présence d'ooides chloriteux en fragments ou entiers, avec et sans nucléus, et des fissures colmatées par la calcite.

- **Unité D-20 (2270m-2326m)**

La **figure 35** nous a permis d'observer et de décrire comme suite :



*Figure 35 : IR-1bis, 2312.5m LNX40 : Fissures horizontales ouvertes*

Les grains de quartz sont sub-anguleux. Ils sont par endroits nourris en silice secondaire et dans la majorité des cas corrodés par les argiles ou les carbonates,

Les feldspaths apparaissent ponctuellement, avec un taux souvent inférieur à 1% et sont parfois illitisés, chloritisés et même kaolinisés,

Les micas sont présents sur tout l'intervalle, avec des quantités relativement plus importantes que les feldspaths. Ils sont représentés par la muscovite et la biotite. Cette dernière se trouve dans la majorité des cas, chloritisée,

L'argile constitue le ciment le plus abondant est représenté par la chlorite essentiellement de remplissage et accessoirement par l'illite et la kaolinite,

Les carbonates, présents en quantités insignifiante par rapport à l'argile, sont représentés par la sidérite,

A noter, au sein de ces niveaux gréseux, la présence de pyrophyllite et de microfissures ouvertes (**Figure 35**) et soulignées de matière organique pyritisée.

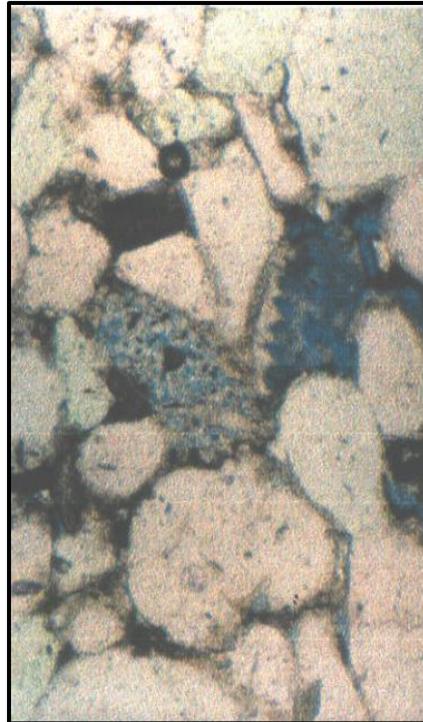
## 4. Puits HYR-1

- Unité D-55 (2031.5m -2091m)

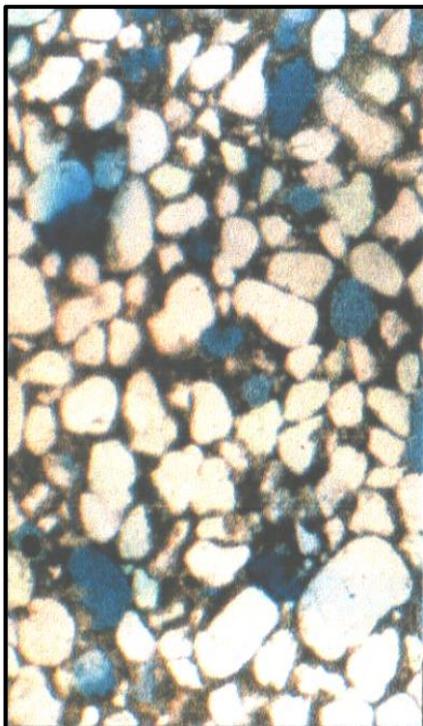
Les figures 36, 37, 38, 39, 40 et 41 nous ont permis d'observer et de décrire comme suite :



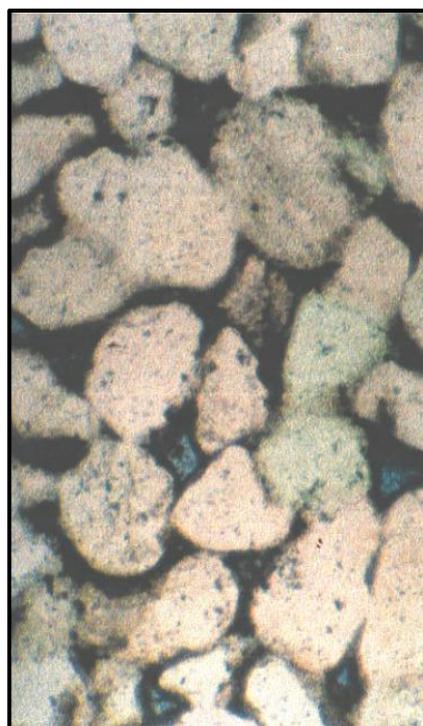
**Figure 37** : HYR-1, 2032m LPX100 :  
Remplacement du cortex d'un oïde par la calcite



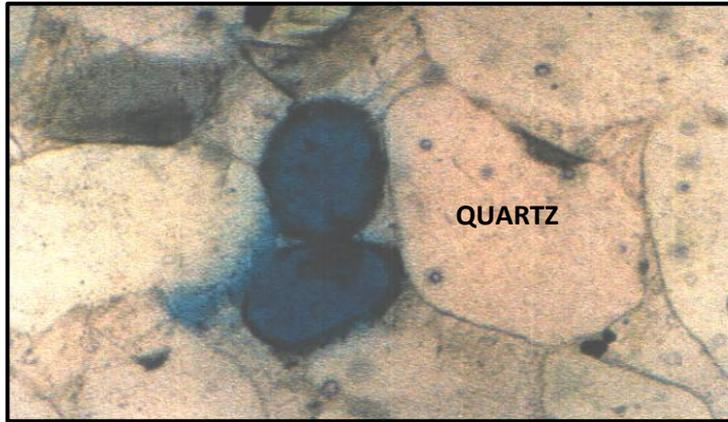
**Figure 36** : HYR-1, 2034m LNX100 :  
Porosité intercrystalline (Kaolinite)-  
Dissolution d'oïde



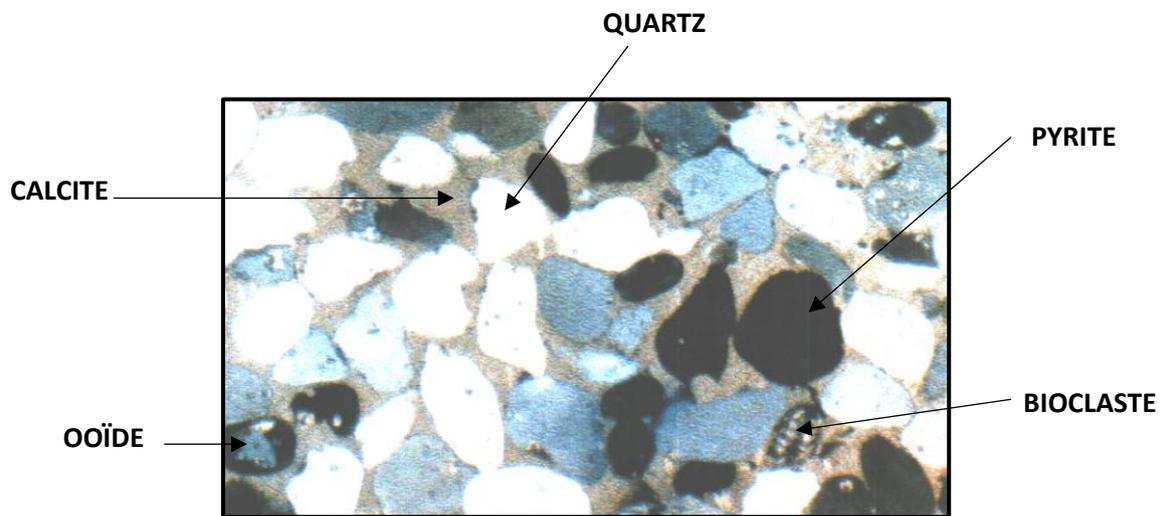
**Figure 38** : HYR-1, 2034.5m LNX40 :  
Dissolution des oïdes



**Figure 39** : HYR-1, 2041m LNX100 :  
Préservation de la Porosité primaire



**Figure 40** : HYR-1, 2043.7m LNX100 : Ooides totalement dissous dans un Grès carbonatée



**Figure 41** : HYR-1, 2043.7m LPX40 : Grès carbonaté

Les grains de quartz sont subarrondis à sub-anguleux, une distribution bi-modale. Ils sont munis de tapissage chloriteux et par endroits nourris en silice secondaire et subissent par ailleurs des corrosions par l'argile et les carbonates,

Les feldspaths se rencontrent en traces, à l'exception dans les niveaux gréseux très fins où leur taux avoisine les 2% et sont parfois remplacés par les carbonates et chloritisés,

Les micas, sont associés aux niveaux gréseux très fins et argileux. Ils sont à l'état altéré en chlorite et leur taux varie de 1 à 4%,

Les minéraux lourds (zircon, leucoxène) apparaissent d'une manière monotone,

Le ciment argileux est représenté par la chlorite essentiellement sous forme de tapissage autour des grains de quartz et la kaolinite qui ne se développe que localement.

Le ciment carbonaté représenté essentiellement par la calcite (**Figure 41**), constitue la phase diagenétique la plus abondante et corrode le quartz, la silice secondaire et quelques fois les feldspaths. Ces derniers sont partiellement dissous,

Le ciment siliceux est principalement sous forme intergranulaire. Son taux est très faible, sauf en face des niveaux gréseux relativement plus grossiers où son taux dépasse parfois les 6%,

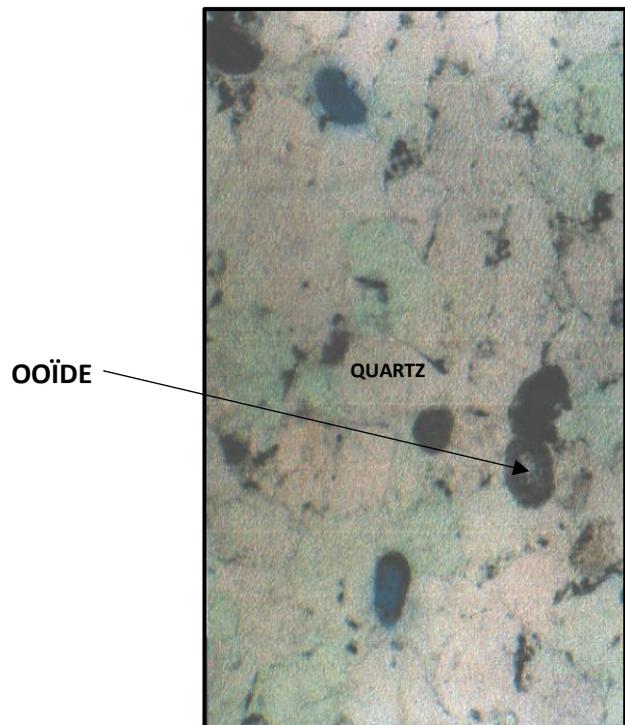
On rencontre également dans ces grès des ooides chloriteux de taille inférieure à celle des grains de quartz. Ils s'altèrent en carbonates (**Figure 36**), remaniés et légèrement dissous,

La matière organique se manifeste en très faible quantité (1%). Elle est associée au chlorite. La pyrite apparaît en mouchetures dans les niveaux de grès très fins et argileux (2%),

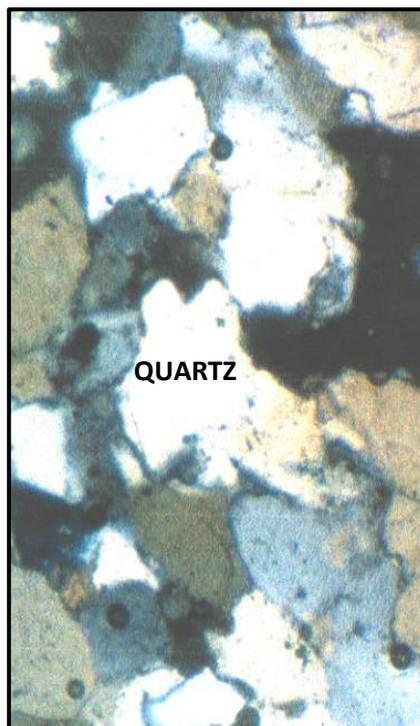
Il est à noter la présence de microfissures ouvertes, soulignées de matière organique et remplies de silice microgrenue.

- Unité D40-1 (2141m-2190.5m)

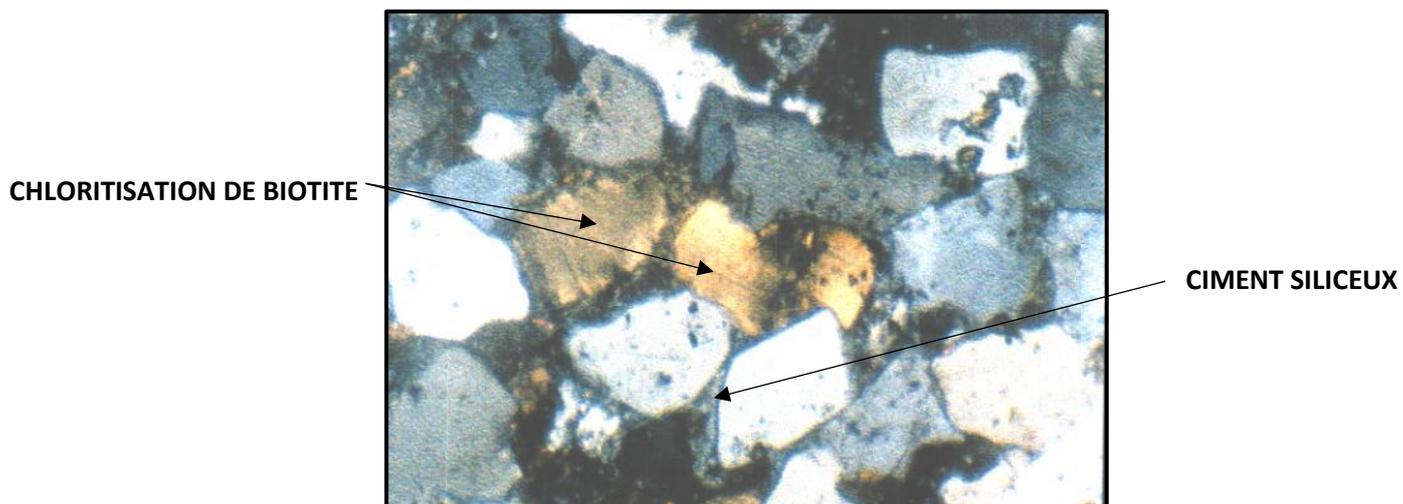
Les figures 42, 43 et 44 nous ont permis d'observer et de décrire comme suite :



**Figure 43** : HYR-1, 2144.5m LNX40 :  
Dissolution d'ooïde dans un grès siliceux



**Figure 42** : HYR-1, 2173m LPX100 : Silice  
de nourrissage autour des quartz



**Figure 44** : HYR-1, 2176.5m LPX100 : Développement de kaolinite, de  
sidérite et chloritisation de biotite

Les grains de quartz sont sub-anguleux à subarrondis, munis de fins tapissages chloriteux, nourris en silice secondaire (**Figure 43**) et corrodés par la chlorite, l'illite et la sidérite,

Les feldspaths s'observent principalement dans la partie supérieure avec des proportions dépassant rarement les 2%. Ce sont essentiellement des plagioclases corrodés par les carbonates et les argiles dans certains cas et partiellement dissous dans d'autres,

Les micas sont présents à l'état de traces, ce sont des muscovites et des biotites qui sont dans la plupart des cas altérés en chlorite (**Figure 44**),

Les minéraux lourds, représentés principalement par le zircon et le leucoxène, se rencontrent le long des intervalles carottés et leur taux varie de quelques traces à 2%,

L'argile est constituée essentiellement de chlorite détritique et chlorite authigène incorporées respectivement dans les ooides et dans le tapissage autour des grains de quartz. La kaolinite apparaît épisodiquement et elle est issue de la transformation de feldspaths, de chlorite et de l'illite accessoirement présente,

Les carbonates sont représentés dans la plupart des cas par la sidérite en plages et en cristaux dispersés. Elle remplace la chlorite y compris celle des ooides, les feldspaths et les grains de quartz,

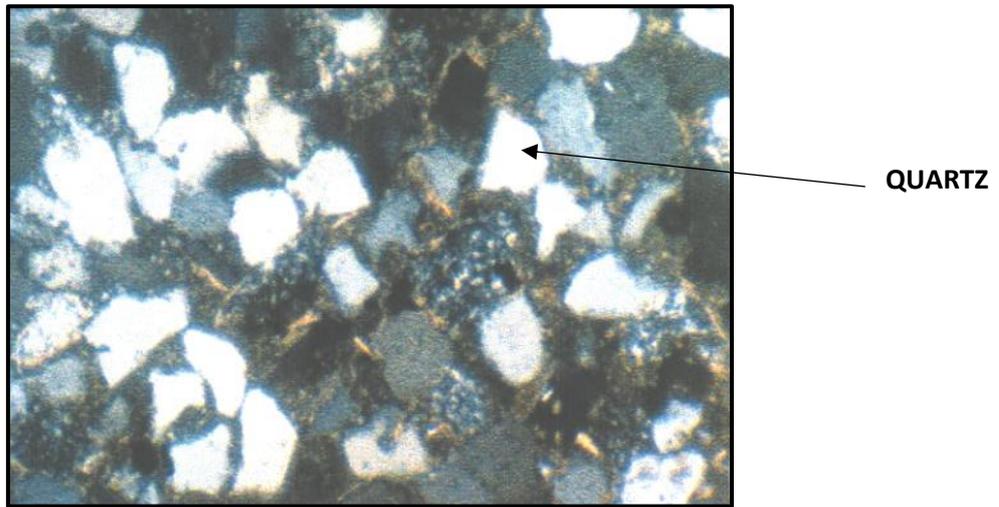
Le ciment siliceux est sous forme d'auréoles autour des quartz. Il se développe avec des quantités relativement appréciables et très variables (de 2 à 6%) Il est remplacé par les argiles et les carbonates et par endroits dissout,

La pyrite et la matière organique sont associées et ne se manifestent que très rarement et à l'état de traces,

On rencontre dans cette unité des microfissures remplies de micrite (calcite), des ooides chloriteux parfois dissous (**Figure 42**) et quelques rhomboèdres de dolomite.

- **Unité D30 (2190.5m-2270m)**

La figure 45 nous a permis d'observer et de décrire comme suite :



*Figure 45 : HYR-1, 2223m LPX100 : Kaolinitisation de grès détritiques*

Les grains de quartz sont sub-anguleux, parfois entourés d'une fine pellicule de chlorite Les feldspaths sont inexistant à l'état frais.

Les micas et les minéraux lourds apparaissent en très faible quantité (1%),

L'argile est représentée par la chlorite, en tapissage, en agrégats et dans les ooides, et par la kaolinite issue de la transformation des feldspaths, du chlorite et de l'illite (**Figure 45**),

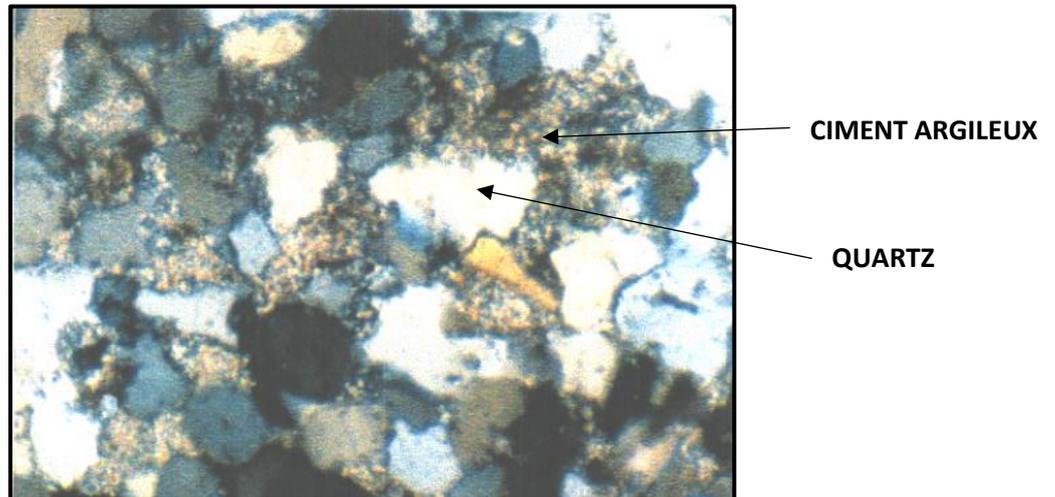
La sidérite est en cristaux dispersés et associée à l'argile,

La matière organique apparait localement, avec des taux très faibles (1%). Elle est sous forme pyritisée et associée à l'argile,

A noter aussi, la présence de quelques microfissures parfois soulignées de matière organique pyritisée.

- **Unité D-20 (2270.5m-2332m)**

La figure 46 nous a permis d'observer et de décrire comme suite :



**Figure 46** : HYR-1, 2271.5m LPX100 : Grès a ciment illitique-  
Kaolinitisation de l'illite

Les phénomènes diagenétiques sont similaires à ceux observés dans l'unité ci-dessus D-30).

## II. CONCLUSION

De l'étude pétrographique, faite sur les lames minces échantillonnées sur les carottes des puits : MJB-1, AI-2, IR-1bis et HYR-1. On trouve que :

- **Le Quartz** constitue l'élément détritique le plus abondant, il est caractérisé par des formes souvent sub-anguleuse a sub-arrondis, rarement anguleuse ou bien arrondie. Ils sont par endroits tapissés de chlorite, nourris en silice secondaire et dans d'autre cas corrodés par les argiles et les carbonates.
- **Les feldspaths** représentent essentiellement par les plagioclases. Leur taux varie de quelques traces a 2%. Ils sont parfois altérés en kaolinite, en chlorite, en illite, remplacés par les carbonates et en d'autres endroits partiellement dissous.
- **Les micas** se rencontrent dans presque toutes les unités des puits étudiés. Ils sont représentés par la muscovite et la biotite, leur taux varie de quelques traces a 2% et parfois jusqu'à 5%. Ils sont altérés en kaolinite, en illite et en chlorite et subissent parfois des dissolutions partielles. Au sein la biotite, on note, parfois entre ses feuillets, le développement de cristaux de sidérite.
- **Les minéraux lourds** sont représentés par le zircon, la tourmaline et le leucoxène. Leur taux varie de quelque trace a 1% en moyenne.
- **Les ooides** sont des corpuscules de taille souvent voisine de celle des grains de quartz et incorporent une quantité importante de chlorite. Ils sont avec ou sans nucleus, parfois le cortex est forme d/enveloppes concentriques bien structurées. Le nucleus est représenté par des grains de quartz ou de micas chloritise (biotite) et parfois par un fragment d'ooides.  
Ces ooides sont dans certains cas remaniés et se manifestent en fragments. Ils subissent également des dissolutions totales ou partielles et des remplacements par les carbonates. On les trouve dans toutes les unités des puits étudiés, mais avec des quantités très variables de 20 ou 25% fragments par endroit.
- **Les bioclastes** se manifestent très rarement et très localement en fragments de nature carbonatée.

**CHAPITRE 3 :**  
**ETUDE**  
**DIAGENITIQUE**

## I. Synthèse des observations pétrographiques

Les constituants minéraux rentrant dans la composition des niveaux gréseux dans les puits étudiés, ont été scindé en constituants détritiques et diagenétiques. Les premiers sont représentés essentiellement par le quartz et les ooides chloriteux, qui apparaissent d'une manière récurrente et en proportions très variables Les seconds, c'est à dire les constituants diagenétiques, sont représentés par la silice, les carbonates et les argiles

La silice se manifeste en surcroissances autour des grains de quartz (Nourrissage) et entre les grains de quartz (Inter-granulaire) Vu qu'il nous a été parfois difficile de les distinguer l'une de l'autre, nous les avons quantifiés dans leur ensemble

Concernant les carbonates, on a rencontré un ciment carbonaté précoce représenté par la calcite, qui là où elle est bien développée, on constate un espace inter-granulaire (ciment Porosité) bien conservé, et un ciment carbonaté tardif représenté essentiellement par la sidérite

Enfin, les minéraux argileux, aisément reconnaissable au microscope polarisant, et dont une estimation semi-quantitative a été donnée par l'analyse radio-cristallographique (XRD), sont représentés par la chlorite, la kaolinite et l'illite.

Le ciment carbonaté sidéritique apparaît associé à la kaolinite, la matière organique et l'oxyde de fer, et en d'autres endroits, il est issu de la transformation de la calcite (par épigénisation) [PL-VII, ph-4]

La sidérite, pour se former, nécessite un milieu fortement réducteur et confiné. La présence de la matière organique et les composés du fer génèrent les conditions nécessaires à sa précipitation.

## II. Chronologie des phases diagenétiques

Les réservoirs étudiés sont caractérisés par une discontinuité et des faciès littoraux favorables aux cimentations siliceuses. Cette cimentation siliceuse, comme elle est corrodée par les carbonates précoces (calcite), elle leur serait antérieure. En effet, avec l'élévation de la température, les carbonates deviennent moins solubles que la silice, et ceci pour des pH 9, une pression de CO<sub>2</sub> constante et des températures ne dépassant pas les 150°C. Mais dans la nature la pression de CO<sub>2</sub> : peut varier, notamment en présence de matière organique dont la dégradation entraînerait une augmentation de la pression de CO<sub>2</sub>, et par conséquent, l'augmentation de la solubilité des carbonates. Cette augmentation de la solubilité est moins importante que sa diminution due à l'élévation de la température (SIEVER, 1959, 1962 ; LEVANDOWSKY, 1973).

La mise en place du ciment carbonaté (calcite) se serait réalisée à un stade avancé de l'enfouissement. Quant à la sidérite, elle serait liée à la migration des hydrocarbures qui créent des conditions réductrices favorisant son développement aux dépens de la calcite.

La chlorite se présente en tapissage de grains et en agrégats (inter-granulaire). Par analogie aux chlorites du Dévonien inférieur. Elles sont présentes dans tous les niveaux gréseux étudiés, et sa quantité croît avec la diminution de l'illite et de la kaolinite. La chlorite de tapissage serait antérieure aux cimentations carbonatée et siliceuse, et pour la chlorite inter-granulaire, on constate qu'elle est insignifiante là où les ciments siliceux et carbonatés sont bien développés, ceci nous incite à dire qu'elle leur est postérieure.

Le processus de formation des chlorites nécessite des conditions modérément réductrices, en milieu confiné et riche en cations, et des températures élevées sont un facteur favorable à leur formation. Les chlorites constituent donc une phase très avancée de la diagenèse des argiles, car sous de telles conditions, les autres types d'argile sont instables et se transforment plutôt en chlorite. En milieu confiné, et à températures élevées, notamment en présence de carbonates, l'illite évoluerait en chlorite. La chlorite peut aussi avoir une origine détritique, car de telles quantités sont relativement élevées pour des environnements littoraux. Elle serait en partie liée au remaniement des oïdes chloriteux (BERIOUI, 1999).

Le phénomène de chloritisation a tendance à expulser l'excédent de fer qui précipiterait postérieurement, ou se combinerait avec d'autres éléments pour donner d'autres composés tels que la pyrite et la sidérite.

La kaolinite est essentiellement authigène. Les observations au microscope montrent que la kaolinite présente parfois des reliques d'illite et une partie beaucoup moins importante serait liée aux transformations des feldspaths et des muscovites. Nous avons indiqué précédemment, que la kaolinite est mieux développée dans les niveaux qui sont relativement moins enfouis. Elle serait probablement la phase la plus tardive, développée après la dissolution des carbonates et la silice et pendant la surrection Hercynienne.

Suite aux observations pétrographiques et les quelques hypothèses énumérées ci-dessus, sur la mise en place des différentes phases diagenétiques, on peut maintenant envisager, pour l'ensemble des niveaux gréseux étudiés, la succession suivante :

- Développement du revêtement chloriteux autour des grains de quartz
- Développement des surcroissances de quartz
- Remaniement et dissolution des ooides.
- Compaction mécanique
- Développement du quartz inter-granulaire
- Précipitation des carbonates précoces (calcite).
- Dissolution du ciment siliceux.
- Développement de la chlorite inter-granulaire.
- Migration des hydrocarbures.
- Fissuration des réservoirs.
- Dissolution des carbonates et de la silice.
- Développement de la kaolinite.

### III. Evolution diagenétique du sédiment durant l'histoire géologique du bassin

#### 1. Diagenèse précoce

En raison du caractère régressif de la sédimentation et sous l'effet des variations eustatiques et des mouvements épirogéniques synsédimentaires, les niveaux gréseux subissent des émergences momentanées, ce qui favorise le développement d'une silicification très précoce (surcroissances).

Les revêtements chloriteux ont été acquis durant la sédimentation sous des conditions agitées (tempêtes et marais). Ensuite, nous avons le développement du ciment siliceux intergranulaire, postérieur au ciment chloriteux frangeant. Il est, en partie, lié à de nouvelles émergences momentanées, après remaniement. Ce ciment siliceux limite, par la suite (diagenèse tardive), l'effet de la compaction mécanique.

On a aussi, au cours de cette phase, le développement des carbonates précoces (calcite).

#### 2. Enfouissement paléozoïque

Suite à un enfouissement paléozoïque progressif, les propriétés réservoirs primaires ont subi d'importantes réductions, sous l'effet de la compaction et des cimentations diagenétiques (silice, carbonate et argile).

L'augmentation des profondeurs d'enfouissement favorise la (calcite) au dépend de la silice stabilité des carbonates L'arrivée des hydrocarbures a lieu probablement à la fin du Paléozoïque. Ceci favorise le développement de la sidérite. Les qualités réservoirs sont donc considérablement réduites

### 3. Orogenèse hercynienne

La surrection hercynienne est suivie d'une importante érosion, généralisée. Durant cette phase, les évènements tectoniques fini hercyniens sont compressifs et les réservoirs y acquièrent leurs fissurations. C'est aussi durant cette période que la dissolution des ciments siliceux et carbonaté est importante. La dissolution est favorisée par la chute des températures, suite à la diminution de l'enfouissement et de la circulation des eaux de surface. C'est durant cette phase, également que le phénomène de kaolinisation se manifeste.

### 4. Enfouissement méso-cénozoïque

Après la phase hercynienne, les réservoirs vont à nouveaux subir des enfouissements, mais moins importants et moins rapides que ceux du paléozoïque. Durant cette étape, se seraient développés préférentiellement le ciment chloriteux inter-granulaire et le ciment sidéritique moins important qu'à la fin du Paléozoïque.

## IV. Conclusion

Ce chapitre nous aura permis d'effectuer une chronologie des évènements comme suit :

Phénomènes diagénétiques	Enfouissement paléozoïque	Phase hercynienne	Enfouissement Mésocénozoïque	Ø K
Compaction mécanique	-----		-----	↘
Tapissage chloriteux	—			↘
Surcroissances de quartz	—			↘
Remaniement et dissolution ooides	—			↗
Quartz inter-granulaire	—			↘
Développement de la calcite	—			↘
Dissolution de la silice	—			↗
Chlorite inter-granulaire	—			↘
Migration des hydrocarbures		—		↘
Fissuration		—	—	↗
Dissolution de la silice et carbonate		—	—	↗
Développement de la kaolinite		—	—	↗

**Table 1** : Séquence diagénétique du permis Hassi-Mahdjib

**CHAPITRE 4 :**  
**ETUDE**  
**SEDIMENTOLOGIQUE**

# I. INTRODUCTION

Ce chapitre consiste à faire une étude sédimentologique des formations du Dévonien inférieur dans les puits MJB-1, AI-2, IR-1bis et HYR-1. Et faire une colonne stratigraphique de chaque puits.

## II. Cadre sédimentologique

### 1. Puits-MJB-1

#### **Unité D-55 (1412.00m-1477.00m)**

L'unité D-55 est carottée, dans la partie supérieure et à sa base, sur une épaisseur totale d'environ 25m. Elle est représentée par des argiles silto-gréseuses micacées et bioturbées intercalées de passées de silts et de grès très fins bien à moyennement classés, argileux, micacés et bioturbés.

#### **Unité D-40-2 (1477m-1550m)**

Elle est carottée en son sommet et à sa base, sur une épaisseur d'environ 35m. Ces deux intervalles carottés sont constitués dans leur ensemble de grès fins à très fins, moyennement à bien classés, à ciments argilo-carbonaté à argilo-siliceux, intercalés de passées d'argile silteuse et d'argile gréseuse sidéritique.

#### **Unité D-40-1 (1550m-1630m)**

Cette unité est carottée dans sa partie médiane sur une épaisseur de 9m. Elle est constituée de grès fin moyennement à bien classé, compact, à ciment argileux à argilo siliceux, micacé et intercale d'argile silteuse à silto-gréseuse et micacée.

#### **Unité D-30 (1630m-1751m)**

Elle est carottée dans sa partie médiane sur une épaisseur de 10m. Elle est constituée de grès fin à moyen, moyennement classé, compact à ciment argilo-carbonaté à argilo carbonaté et siliceux.

#### **Unité D-10 (1807 00m-1898.00m)**

Cette unité est carottée dans sa partie médiane sur une épaisseur de 14m environ. L'intervalle carotté est constitué, au sommet et à la base, d'une argile silteuse sidéritique et micacée, et dans la partie médiane, de grès très fin moyennement classé, compact, argilo micacé et carbonaté, par endroits bitumineux.

### 2. Puits Ai-2

#### **Unité D40-2 (2285.00m-2324.50m)**

Cette unité est carottée sur l'intervalle : 2286m – 2324.5m. Elle est constituée de grès fins, mal classés dans les parties supérieure et inférieure et de grès moyens, moyennement classés dans la partie médiane.

#### **Unité D40-1 (2324.5m-2370m)**

L'unité D40-1 est carottée au sommet et dans la partie médiane inférieure (2324.5m -2330m et 2350m-2359m). Elle est constituée de grès fins moyens, moyennement à bien classés à ciments silico-argilo-carbonaté et argilo-carbonate.

#### **Unité D30 (2370.00m-2487 50m)**

Cette unité est carottée dans sa partie supérieure, soit les intervalles : 2379m-2388m et 2407m-2415m.

Ces deux intervalles carottés sont constitués de grès fins moyennement à mal classés, à ciments silico-argilo-carbonaté à argilo-siliceux et argilo-carbonaté. On note au sein de ces grès des niveaux compacts (volume inter-granulaire très réduit) et d'argile gréseuse bioclastique et sidéritique.

#### **Unité D20 (2487 50m-2552 50m)**

Cette unité est carottée sur plus de la moitié de son épaisseur. Elle est constituée d'alternances d'argile silteuse à silto-gréseuse micacée et de grès fins, moyennement classés, compacts, à ciments argilo-siliceux à argilo-carbonaté et bitumineux.

#### **Unité D10 (2552 50m - 2669 00m)**

Cette unité est carottée au sommet et dans la partie médiane (2614m-2623m). Le sommet est constitué d'argile gréseuse et la partie médiane est constituée d'alternances d'argile silteuse et de grès très fin moyennement classé, à ciment argileux à argilo-sidéritique et de grès oolithique à ciment sidéritique à la base de l'intervalle carotté.

### **3. Puits IR-1bis**

**Unité D-55 (1997.50m-2052.00m)**

Elle est carottée dans sa partie supérieure (1997.50m-2015.00m). Cet intervalle carotté est représenté par une séquence grano-croissante constituée à la base d'une argile gréseuse à silteuse sidéritique, évoluant au sommet à des grès très fins moyennement à mal classés, voire très mal classés par endroits, où on constate une distribution bi-modale de la granulométrie. Au sein des niveaux gréseux, le ciment est argilo-carbonate.

**Unité D-40-2 (2052,00m-2088.00m)**

Elle est carottée sur une épaisseur d'environ 2.50m. Cet intervalle est constitué d'un grès fin, moyennement à mal classé, compact, à ciment silico-argileux à argilo-siliceux.

**Unité D-20 (2270.00m-2326.00m)**

Elle est carottée dans sa partie inférieure sur l'intervalle (2308.00m-2324.00m).

Cet intervalle est constitué d'alternances d'argiles silteuses sidéritique et de grès fins à très fins, moyennement à mal classés, à ciment le plus souvent argileux, finement siliceux et carbonaté.

## 4. Puits HYR-1

### **Unité D-55 (2031 50m -2091.00m)**

Cette unité est carottée en continu dans sa partie supérieure sur une épaisseur d'environ 33m. L'intervalle carotté est représenté par une séquence régressive constituée à la base d'une argile gréseuse sidéritique surmontée de grès très fins à fins, moyens au sommet, mal à moyennement classés, à ciments argilo-carbonaté à carbonate-argileux, finement siliceux et poreux dans sa partie supérieure.

### **Unité D40-2 (2091 00m-2141.00m)**

Elle est carottée dans la partie supérieure (2002 00 m-2127 50m). L'intervalle carotté est constitué de grès moyens à fins, moyennement classés à ciments argilo-carbonaté à silico argileux et carbonaté. Ces grès sont intercalés de passée de grès oolithique sidéritique.

### **Unité D40-1 (2141 00m-2190 50m)**

Elle est carottée dans la partie supérieure et dans la partie médiane inférieure (2140.50m-2149.50m et 2170m-2179m). Ces deux intervalles carottés sont constitués de grès fins à moyens, moyennement à bien classés par endroits, moyennement compacts à ciments argilo-carbonaté à argilo-siliceux et silico-argileux

### **Unité D30 (2190.5m-2270m)**

Cette unité est carottée en sa partie supérieure sur deux intervalles (2200m - 2202m et 2219m- 2229.6m). Elle est constituée d'une argile sidéritique, avec des terriers remplis de grès à ciment kaolinique dans le premier intervalle, et le second intervalle est constitué de grès fin moyennement classé à ciment argilo-sidéritique surmontant une argile sidéritique.

### **Unité D-20 (2270.5m-2332m)**

Elle est carottée uniquement au sommet (2274m - 2276m). Elle est constituée d'un grès fin, moyennement classé,

### III. Colonne stratigraphique

A l'aide des études pétrographiques et sédimentologiques qu'on a fait dans les puits : MJB-1, Ai-2, HYR-1, qui se situent dans la partie supérieur et médiane du permis de Hassi-Mahdjib, on a pu faire 3 colonnes stratigraphiques (**Figures 47,48 et 49**) qui représentent les différentes formations du Dévonien inférieur.

A cause du manque des données (il y'a que 3 carottes étudiées) dans le puits IR-1bis, on n'a pas pu faire une 4eme colonne stratigraphique.

Age	Prof(m)	Lithologie	Description
Emsien	1412		- Argiles silto-gréseuses micacées et bioturbées
	D-55		avec une intercalation de siltts et grés très fins .
Siegenien	1477		- Grés fins à très fins,
	D-10-2		intercalés de Passées d'argile siltense et d'argile gréseuse sédimentaire
	1550		- grés fin et intercalé d'argile siltense .
Gedinnien	1630		- grés fin à moyen .
	D-30		- Argile siltense, intercalé de grés très fin .
	1751		
	D-10		
	1898		

Legende :

- grés très fins
- grés fins
- grés moyens .
- Argile gréseuse
- Argile siltense
- Bioturbation

Figure 47 : Colonne stratigraphique de Dévonien inférieur du puits MJB-1

Age	Prof(m)	Lithologie	Description
Siegenien	2286		- grès fins avec
	D-40-2		des grès moyens dans la partie médiane
	2324,5		- grès fins moyens
Gedinnien	D-40-1		
	2370		- grès fins avec des niveaux compact et d'argile gréseuse.
	D30		
	2487,5		- Alternance d'argile siltuse micacée et de grès fins.
	2552,5		- Argiles gréseuse (Supérieure) - Alternance d'argile siltuse et grès très fins.
D10			
	2669		- Grès calciligne (à la base)

Legende :

- : grès fins
- : grès moyens
- : Argile siltuse
- : Argile
- : Argile gréseuse
- : calciligne

Figure 48 : Colonne stratigraphique de Dévonien inférieur du puits AI-2

Age	Prof(m)	Lithologie	Description
Emsien	2031		- Grès moyens -
	D55		- Grès fins -
Siegenien	2091		- Argile grésuse -
	D10-2		- grès moyens à fins avec intercalation de grès oolithique
	2141		- grès fins à moyens -
	D10-1		
Gedinien	2190		- Argile Sidéritique avec des grès
	D30		
	2240		- grès fins surmontat sur Argile sidéritique
	D20		- grès fins
	2296		

Légende:

- : Grès très fins
- : Grès fins
- : Grès moyens
- : Argile grésuse
- : Argile
- : Oolithes

Figure 49 : Colonne stratigraphique de Dévonien inférieur du puits HYR-1

## IV. CONCLUSION

D'après l'étude sédimentologique et le découpage stratigraphique du Dévonien inférieur de la région, et à l'aide des paramètres et les résultats pétroliers (BERDOUI A. 2000) nous constatons que :

- **Pour le puits MJB-1**, qui est sec dans l'Emsien et le Siégénien, a donné de l'eau dans le Gédinnien (unité D30). Cette unité est déposée dans un système marin peu profond à influence tidale.
- **Pour le puits Ai-2**, il a été enregistré des indices dans l'Emsien et un débit important dans le Siégénien -Gédinnien (D30 & D40). L'unité D30 est à faciès marin peu profond à influence tidale et l'unité D40 est à faciès mixte à dominance fluviatile.
- **Pour le puits IR-1bis**, c'est le Siégénien qui est productif. Il est caractérisé par des faciès mixtes : Estuarien/Deltaïque à influence fluviatile. Dans l'intervalle carotte, La taille des grains de quartz est relativement plus grossière que dans l'Emsien et le Gédinnien.
- **Pour le puits HYR-1**, les tests réalisés sont positifs dans l'Emsien, le Siégénien et le Gédinnien. Dans l'Emsien, nous avons l'influence des facteurs : la granulométrie, les carbonates et la kaolinite. Quant à Siégénien, Nous avons les facteurs : la granulométrie, les carbonates et la silice. Et le Gédinnien, nous avons essentiellement l'influence des carbonates et de la kaolinite.

# **CONCLUSION GENERALE**

L'étude pétrographique du Dévonien inférieur dans la région de Hassi-Mahdjib, a révélé les niveaux gréseux dans les intervalles carotte sont caractérisés par une granulométrie et un classement très variable. Les cimentations sont assurées par l'argile (Kaolinite, illite et chlorite), les carbonates (Calcite et sidérite) et la silice (de cimentation et inter-granulaire).

L'étude du chapitre de diagenèse nous a permis de révéler une qualité des réservoirs primaire considérablement réduite par la compaction mécanique engendrée par l'enfouissement paléozoïque important d'une part et le développement des cimentations diagenétiques (carbonates, silice et argile) d'autre part. Aussi, les cimentations diagenétiques précoces, représentés par la calcite et la silice, freinent l'effet de la compaction mécanique. La dissolution ultérieure de ces cimentations contribue à la création d'une porosité secondaire parfois appréciable.

Les qualités réservoirs sont donc contrôlées par la conjugaison de facteurs d'ordre structural, sédimentologique et diagenétique.

Et pour le chapitre sédimentologique, il nous a montré les différentes formations existantes dans les puits étudiés.

En recommandation, l'intégration de l'ensemble des puits de la région et la quantification par comptage de points, permettraient de suivre l'évolution spatiale des paramètres favorables à l'amélioration des qualités réservoirs et par conséquent cerner les meilleures zones.

La présence, monotone et en proportions très variable des ovides chloriteux, leur remaniement et leur dissolution, auraient probablement une influence directe sur la chlorite inter-granulaire parfois importante et sur les revêtements chloriteux autour des grains de quartz.

## BIBLIOGRAPHIE

**BELMOKHTAR, CHELBEB ET CHFAI**- Synthèse et évaluation préliminaire des travaux géologiques et géophysiques réalisés sur le permis Hassi-Mahdjib 1994 ;

**BERDAOUI** – Petrographie, minéralogie et types de porosité dans les grès à chlorite du Dévonien inférieur du bassin de Gourara – Mémoire de DEA-1999 ;

**BP** – Synthèse régionale sur le bassin de Gourara – Août 1999 ;

**GALLOWAY W.E** – Hydrologic regimes of sandstone diagenesis- AAPG. Mémoire 37;

**HAMEG, AKKOUCHE et ARAB** – Lithofacies, Petrographie et Diagenèse-Dévonien inférieur de Hassi-Mahdjib – 1996 ;

**OUJEDI L.** – Genèse et évolution des propriétés réservoirs de la < Série des alternances > ;

**DRIS M. et MIHOUBI M.** - Caractérisation du réservoir dévonien inférieur de la région de Timimoun nord ;

Rapports de fin de sondage des puits Ai-2 et HYR-1.

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Situation géographique du bassin de Gourara.....	4
<b>Figure 2</b> : Colonne stratigraphique du bassin de Gourara.....	8
<b>Figure 3</b> : Schéma structural du bassin de Gourara.....	10
<b>Figure 4</b> : Situation du périmètre Hassi Mahdjib.....	13
<b>Figure 5</b> : Les puits a étudiée dans le permis Hassi Mahdjib.....	17
<b>Figure 6</b> : Niveaux carotté dans le Dévonien inférieur du permis Hassi-Mahdjib.....	20
<b>Figure 7</b> : MJB-1, 1421m LPX200 : Kaolinitisation de la chlorite au sein d'un oolide.....	21
<b>Figure 8</b> : MJB-1, 1426m LPX100 : Association de kaolinite et de pyrite.....	21
<b>Figure 9</b> : MJB-1, 1492m LPX40 : Grès siliceux.....	23
<b>Figure 10</b> : MJB-1, 1486.5m LPX200 : Association kaolinite, illite et chlorite.....	23
<b>Figure 11</b> : MJB-1, 1496m LPX100 : Tapissage chloriteux, fin, dans un grès carbonate.....	23
<b>Figure 12</b> : MJB-1, 1492m LPX100 : Tapissage chloriteux fin et discontinu + silice inter-granulaire ...	23
<b>Figure 13</b> : MJB-1, 1506.5m LPX100 : Remplacement de feldspaths par l'illite, la kaolinite et les carbonates.....	24
<b>Figure 14</b> : MJB-1, 1539m LNX100 : Chlorite Inter-granulaire.....	24
<b>Figure 15</b> : MJB-1, 1541.5m LPX200 et LNX200 : Contact droit, Tapissage chloriteux et ciment siliceux.....	25
<b>Figure 16</b> : MJB-1, 1543.5m LPX100 : Kaolinite corrodant quartz et silice.....	25
<b>Figure 17</b> : MJB-1, 1683m LPX100 : Ooides avec nucleus a couches concetriques partiellement kaolinises.....	27
<b>Figure 18</b> : MJB-1, 1684.5m LPX100 : Remplacement par les carbonates.....	27
<b>Figure 19</b> : MJB-1, 1685m LPX100 : Ciments kaolinique, calcitique et matière organique.....	27
<b>Figure 20</b> : MJB-1, 1840m LRX100 : Ciment bitumineux.....	29
<b>Figure 21</b> : AI-2, 2304.2m-LNX100 : Matière organique superposée a la chlorite tapissante.....	30
<b>Figure 22</b> : AI-2, 2304.5m LPX100 : Dissolution de biotite.....	30
<b>Figure 23</b> : AI-2, 2305.5m-LNX100 : Dissolution du ciment siliceux.....	30
<b>Figure 24</b> : AI-2, 2353m LPX200 : Corrosion des quartz par les argiles.....	32
<b>Figure 25</b> : AI-2, 2354m LNX100 : Dissolution du ciment carbonaté.....	32
<b>Figure 26</b> : AI-2, 2379m LPX100 : Tapissage chloriteux Silice et kaolinite dans l'espace inter-granulaire.....	33
<b>Figure 27</b> : AI-2, 2379.5m LNX40 : Grès poreux.....	33
<b>Figure 28</b> : AI-2, 2410.5m LPX100 : Kaolinitisation du Tapissage chloriteux.....	33
<b>Figure 29</b> : AI-2, 2540m LRX100 : Pyrite et matière organique soulignant un microstylolithe.....	35
<b>Figure 30</b> : Ai-2, 2553m LPX100 : Grès argileux.....	36
<b>Figure 31</b> : IR-1bis, 1997.5m LPX40 : Grès bimodal a ooides.....	37
<b>Figure 32</b> : IR-1bis, 1997.5m LNX200 : Chlorite inter-granulaire corrodant le quartz.....	37
<b>Figure 33</b> : IR-1bis, 1999m (LN+LR) X100 : Ciment pyriteux.....	37
<b>Figure 34</b> : IR-1bis, 2001m LPX100 : Grès silico-carbonaté.....	37
<b>Figure 35</b> : IR-1bis, 2312.5m LNX40 : Fissures horizontales ouvertes.....	39
<b>Figure 36</b> : HYR-1, 2034m LNX100 : Porosité intercrystalline (Kaolinite)-Dissolution d'ooide.....	40
<b>Figure 37</b> : HYR-1, 2032m LPX100 : Remplacement du cortex d'un ooide par la calcite.....	40
<b>Figure 38</b> : HYR-1, 2034.5m LNX40 : Dissolution des ooides.....	40
<b>Figure 39</b> : HYR-1, 2041m LNX100 : Préservation de la Porosité primaire.....	40
<b>Figure 40</b> : HYR-1, 2043.7m LNX100 : Ooides totalement dissous dans un Grès carbonate.....	41

<b>Figure 41</b> : HYR-1, 2043.7m LPX40 : Grés carbonaté.....	41
<b>Figure 42</b> : HYR-1, 2173m LPX100 : Silice de nourrissage autour des quartz.....	43
<b>Figure 43</b> : HYR-1, 2144.5m LNX40 : Dissolution d'ooïde dans un grès siliceux.....	43
<b>Figure 44</b> : HYR-1, 2176.5m LPX100 : Développement de kaolinite, de sidérite et chloritisation de biotite.....	43
<b>Figure 45</b> : HYR-1, 2223m LPX100 : Kaolinitisation de grès détritiques.....	45
<b>Figure 46</b> : HYR-1, 2271.5m LPX100 : Grès à ciment illitique-Kaolinitisation de l'illite.....	46
<b>Figure 47</b> : Colonne stratigraphique de Dévonien inférieur du puits MJB-1.....	62
<b>Figure 48</b> : Colonne stratigraphique de Dévonien inférieur du puits AI-2.....	63
<b>Figure 49</b> : Colonne stratigraphique de Dévonien inférieur du puits HYR-1.....	64

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Table 1</b> : Séquence diagénétique du permis Hassi-Mahdjib.....	54
---------------------------------------------------------------------	----