

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
**UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI OUZOU**  
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques



**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE**

**DOMAINE DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

**Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master en Géologie**

**Spécialité : Bassins sédimentaires**

**THEME**

*Etude pétrographique, sédimentologique et  
diagénétique du Siegénien et du Gédinnien des puits  
AEH-1 et HBL-1  
(Bassin du l'Oued M'ya)*

Thème proposé par :  
Mr. KADI Belkacem

Réalisé par :  
DAHMANI Katia  
BOUKADOUM Mouna

Soutenu le : 2016

Devant le jury composé de :

Mr.	Maître assistant	FSBSA/UMMTO	Président
Mr.		Maître de Conférences FSBSA/UMMTO	Rapporteur
Mr. ACHOUI M'	Maître Assistant A	FSBSA/UMMTO	Examineur
Mr. KADI Belkacem	Chef de département CRD/Sonatrach		Promoteur

Promotion 2015/2016

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
**UNIVERSITE MOULOUD MAMMERRI DE TIZI OUZOU**  
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques



**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE**

**DOMAINE DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

**Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master en Géologie**

**Spécialité : Bassins sédimentaires**

**THEME**

*Etude pétrographique, sédimentologique et  
diagénétique du Siegénien et du Gédinnien des puits  
AEH-1 et HBL-1  
(Bassin du l'Oued M'ya)*

Thème proposé par :  
Mr. KADI Belkacem

Réalisé par :  
DAHMANI Katia  
BOUKADOUM Mouna

Soutenu le : 2016

Devant le jury composé de :

Mr.	Maître assistant	FSBSA/UMMTO	Président
Mr.		Maître de Conférences FSBSA/UMMTO	Rapporteur
Mr. ACHOUI M'	Maître Assistant A	FSBSA/UMMTO	Examineur
Mr. KADI Belkacem	Chef de département CRD/Sonatrach		Promoteur

Promotion 2015/2016



# Remerciements

*On remercie tout d'abord notre dieu qui nous a donné la force pour terminer ce modeste travail.*

*Tous nos remerciements à notre merveilleux Encadreur*

*Mr: **Kadi Belkacem** qui nous a offert l'esprit de travail et de recherche*

*Tous nos remerciements à notre promoteur Mr: **ACHOUI M'hani** qui nous a guidé à réaliser ce travail.*

*Nous tenons à remercier également, le président et les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger et d'évaluer notre travail,*

*On tient aussi à remercier tous les travailleurs au niveau du CRD Boumerdes pour leurs aides et conseils.*

*Nous remercions chaleureusement Mr: **KAMELA Abdelmalek** de Division Exploration (Boumerdes),*

*On tient également à remercier tous les enseignants du département sciences de la terre et l'univers de l'Université de tizi- ouzou qui ont contribué de près ou de loin à notre formation durant tout le cursus universitaire.*

*Enfin Un grand merci à nos familles qui nous ont toujours Soutenu et encouragé.*

*Et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de ce modeste travail.*



**MOUNA**

**KATIA**





## *Dédicace.*

*C'est avec toute mon affection que*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A l'esprit pur de mon père, que sa mémoire reste toujours  
dans nos cœurs, et c'est grâce à lui que j'ai voulue être  
géologue comme lui.*

*A Ma très chère mère qui m'a apporté sans cesse amour,*

*Soutien et encouragement ; et qu'elle trouve ici  
l'expression de mes vives reconnaissances.*

*Mes très chers frères Takfarinass, Ghiless,*

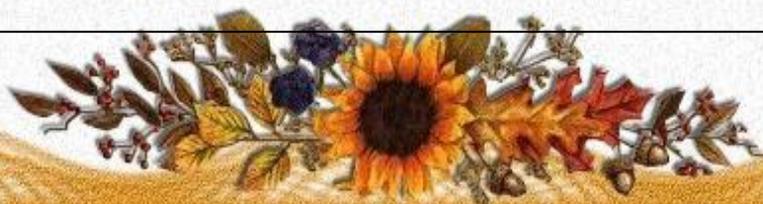
*Ma très chère et unique sœur Lydia.*

*A toute la famille Dahmouni et Zaabab petits et  
grands.*

*A ma copine : mouna et toute sa famille*

*A tout mes amis de UMMTO surtout les M2BS*

***Katia***





# Dédicaces

*Je dédie ce travail à mes très chers parents qui m'ont  
soutenu durant toutes mes études et partagé mes moments  
difficiles ;*

*A mon frère Amir et mes sœurs Meriem ; Ikram ;*

*A toute ma famille de proche et de loin*

*Ma copine DAHMANI Katia et toute sa famille.*

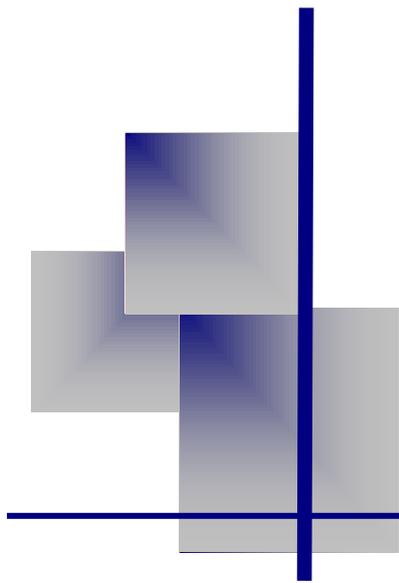
*A ma très chère copine Farida et Hakima et Silya .*

*Mes amis des groupes : M<sub>2</sub> B.S, ainsi que les amis de Boumerdes  
et Tizi-ouzou qui m'ont aidé de près ou de loin*

*sans exception.*

**MOUNA**





# Sommaire

---

## Chapitre I :

## Introduction générale

Introduction.....	02
Problématique.....	02
Méthodologie du travail.....	03
Historique de la recherche.....	04

## Chapitre II : Les aspects géologiques du bassin d'Oued M'ya et de champ de Djofra

I. Cadre régionale .....	06
1. Situation géographique d'Oued Mya .....	06
2. Cadre géologique du bassin d'Oued Mya .....	07
3. Evolution stratigraphique du bassin d'Oued M'ya.....	08
3.1. Paléozoïque .....	08
-Cambrien .....	09
-Ordovicien .....	09
-Silurien .....	11
3.2. Mésozoïque .....	11
-Trias .....	11

-Jurassique .....	12
-Crétacé .....	12
3.3. Cénozoïque .....	12
4. Les événements tectoniques enregistrés dans le bassin d'Oued M'ya .....	14
4.1. L'orogénèse panafricaine et l'origine du réseau de fracturation du craton Nord-africain .....	14
4.2. Distension du Cambro-ordovicien et mise en place de la couverture .....	14
4.3. La phase de compression Taconique (Caradoc) .....	14
4.4. La fonte de l'inlandsis et jeux eustatiques .....	14
4.5. La phase de compression Calédonienne .....	14
4.6. La phase de distension du Dévonien inférieur .....	14
4.7. Mouvements tectoniques du Dévonien moyen supérieur .....	14
4.8. Mouvement Post-Faménnien. ....	15
4.9. Mouvements Hercyniens .....	15
5. Evolution géodynamique .....	17
6. Les environnements sédimentaires dans le bassin d'Oued M'ya.....	19
7. L'intérêt pétrolier du bassin Oued M'ya .....	20
7.1. Roches mères de l'oued Mya .....	21
7.2. Les réservoirs de l'oued Mya .....	21
7.3. La couverture régionale des réservoirs triasiques .....	21
7.4. Le piégeage dans le bassin .....	21
<b>II. Cadre locale .....</b>	<b>22</b>
1. Situation Géographique.....	22
2. Stratigraphie de la région de Djofra .....	23
2.1. Le Paléozoïque .....	23
2.1.1. Le Cambrien .....	23
2.1.2. L'Ordovicien .....	23
2.1.3. Le Silurien .....	23
2.1.4. Dévonie.....	24
2.2. Le Mésozoïque.....	24
2.2.1. Le Trias .....	24
2.2.2. Le Jurassique .....	25
2.2.3. Le Crétacé .....	25
2.3. Cénozoïque .....	25
2.3.1. Le MioPliocène .....	25
3. Cadre structural .....	27
4. Environnement de dépôt .....	29

5. Paléogéographie .....	30
6. Résultats et cadre pétroliers .....	32

1. Introduction .....	34
2. Rappels théoriques .....	35
❖ -Facies .....	35
❖ -Séquence (positive ou négative) .....	35
❖ -L'analyse séquentielle .....	36
❖ -Les discontinuités .....	36
2.1. Critères d'identification des milieux de dépôt : .....	37
2.1.1. Les structures sédimentaires.....	37
2.1.1. A. Structures liée à l'activité des organismes.....	37
2.1.1. B. Structure liée à l'action des courants: .....	38
2.1.1. C. Structure liées au déplacement du dépôt sédimentaire .....	39
2.2. Les différents milieux de dépôt .....	39
3. Analyse sédimentologique des puits AEH-1 et HBL-1 .....	41
3.1. Aperçus sur réservoir du puits AEH-1 .....	41
❖ . Siegénien .....	41
❖ . Les grés de base du Gédinnien .....	41
3.2. Description du faciès (macroscopie) .....	41
3.2.1. Description des carottes du puits AEH-1 .....	41
❖ Carotte N°1 (Siegénien) .....	41
❖ Carotte N° 02 et N°03 (Gédinnien) .....	42
3.2.2. Description lithologique du puits AEH-1 .....	44
3.3. Les structures sédimentaires : .....	46
3.3.1. Les structures sédimentaires liées à l'action hydrodynamique .....	46
3.3.2. Les structure de glissement .....	48
3.3.3 Les structures sédimentaires d'origine biologiques .....	48
3.3.4. Les structures diagénétiques .....	49
4. Réservoir du Puits HBL-1.....	49
4.1. Description lithologiques .....	49

5. Milieux de dépôt et paléogéographie.....	51
6. Conclusion.....	51

**Chapitre IV**

**Etude pétrographique**

<b>1. Introduction .....</b>	<b>53</b>
2. Méthodologie .....	53
3. Pétrographie du puits AEH-1 .....	54
3.1. Les éléments figurés .....	54
❖ -Les grains de quartz .....	54
❖ -Les micas .....	55
❖ -Les feldspaths .....	55
❖ -Les minéraux lourds .....	55
3.2. Les ciments : .....	56
❖ -Le ciment argileux .....	56
❖ - ciment carbonaté .....	57
❖ -Le ciment évaporitique .....	57
❖ -Le ciment siliceux .....	57
❖ -Le ciment ferrugineux .....	58
3.3. La porosité .....	58
4. Pétrographie du puits HBL-1 .....	58
4.1. Les éléments figurés .....	58
❖ -Le quartz .....	58
❖ -Les micas .....	59
❖ -Les feldspaths .....	59
❖ -Les minéraux lourds .....	59
❖ -Les Bioclasts.....	59
4.2. Les ciments .....	60
❖ -Le ciment argileux .....	60
❖ Le ciment carbonaté .....	61
❖ -Le ciment évaporitique .....	61
❖ -Le ciment siliceux .....	61
❖ -Le ciment ferrugineux .....	61
❖ -Le ciment pyriteux .....	61
4.3. La porosité .....	61
5. Conclusion .....	61

**Chapitre V :**

**Etude diagénétique**

1. Introduction .....	72
-----------------------	----

2. Méthode d'étude.....	72
3. Rappels sur la diagenèse .....	72
3.1. Notion de diagenèse.....	72
3.2. Les principaux mécanismes de la diagenèse .....	74
3.2.1. La compaction .....	74
3.2.2. La cimentation .....	76
3.2.3. La dissolution .....	76
3.2.4. La recristallisation .....	77
3.2.5. La transformation .....	77
3.2.6. Le remplacement minéralogique .....	78
3.2.7. Les fluides .....	78
3.3. Les phases de la diagenèse .....	78
3.3.1. Eodiagenèse (diagenèse précoce).....	79
3.3.2. Mésodiagenèse (diagenèse d'enfouissement).....	79
3.3.3. Télodiagenèse (diagenèse tardive).....	79
4. Phénomènes diagénétiques affectant les puits AEH-1 et HBL-1 .....	80
4.1. Silicification et compaction .....	80
4.2. Transformation des argiles .....	81
4.3. Précipitation de carbonates .....	82
4.4. Dissolution des grains et ciments .....	82
4.5. Transformation des micas et feldspaths.....	82
4.6. Développement du ciment pyriteux .....	82
5. Histoire Diagénétique .....	83
6. Conclusion .....	85

## Chapitre VI :

## Conclusion générale

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

## Bibliographie

Bibliographie.....	93
--------------------	----

## ANNEXE

# Liste des figures

## Chapitre II : Les aspects géologiques du bassin d'Oued M'ya et de champ de Djofra

<b>Fig. II.1</b> : Situation géographique d'Oued M'ya .....	06
<b>Fig. II.2</b> : Situation géologique du bassin d'Oued M'ya .....	07
<b>Fig. II.3</b> : Figure montrant la stratigraphie des formations du bassin d'Oued M'ya.....	08
<b>Fig. II.4</b> : Coupe lithostratigraphique type du bassin de l'oued M'ya.....	13
<b>Fig. II.5</b> : La coupe géologique N-S et NO-SE dans le bassin de l'Oued M'ya.....	19
<b>Fig. II.6</b> : Situation géographique du périmètre de Djofra .....	22
<b>Fig. II.7</b> : Stratigraphie de la région de Djofra.....	26
<b>Fig. II.8</b> : Structure de Djofra .....	28
<b>Fig. II.9</b> : Cadre d'écorché à la discordance hercynienne .....	28
<b>Fig. II.10</b> : Modèle Géologique du mode de dépôt du Dévonien inférieur dans la région de Djofra.....	29
<b>Fig. II.11</b> :Modèle de dépôt du Dévonien inférieur .....	30
<b>Fig. II.12</b> : Paléogéographie au Gédinnien .....	31
<b>Fig. II.13</b> : Paléogéographie au Siegénien .....	32

## Chapitre III : Sédimentologie

<b>Fig. III.1</b> : Séquence négative Grano – croissance .....	35
<b>Fig. III.2</b> : Séquence positive Grano- décroissant .....	35
<b>Fig. III.3</b> : Log Lithologique du puits AEH-1 .....	45
<b>Fig. III.4</b> : Log Lithologique du puits HBL-1 .....	50

## Chapitre IV : Etude pétrographique

<b>Fig. IV.1</b> : plan de position des puits AEH-1 et HBL-1 .....	53
<b>Fig. IV.2</b> : Log granulométrique du puits AEH-1 .....	55
<b>Fig. IV.3</b> : Log pétrographique du puits AEH-1 .....	56
<b>Fig. IV.4</b> : Log minéralogique du puits AEH-1.....	57
<b>Fig. IV.5</b> : Log granulométrique du puits HBL-1.....	59
<b>Fig. IV.6</b> : Log pétrographique du puits HBL-1 .....	60
<b>Fig. IV.7</b> : Log minéralogique du puits HBL-1 .....	60

## **Chapitre V: Etude diagénétique**

<b>Fig. V.1 :</b> Les différents stades de la diagenèse en fonction de la pression et de la température .....	73
<b>Fig. V.2:</b> Les différents stades de la diagenèse des grès .....	74
<b>Fig. V.3 :</b> Schéma montrant la compaction entre les particules .....	75
<b>Fig. V.4 :</b> Schéma montrant la croissance de la compaction avec l'enfouissement .....	75
<b>Fig. V.5:</b> Schéma montrant la cimentation entre les particules .....	76
<b>Fig. V.6:</b> Schéma montrant la Pression- dissolution entre les particules.....	77
<b>Fig. V.7:</b> Schéma montrant le mécanisme de transformation .....	78
<b>Fig. V.8 :</b> Profil idéalisé d'une marge continentale montrant les sites sédimentaires marins et les trois phases de diagenèse .....	80
<b>Fig . V.9:</b> Séquence diagénitiques du Siégenien et du Gédinnien du puits AEH-1 .....	84

## **Liste des Tableaux**

### **Chapitre II : Les aspects géologiques du bassin d'Oued M'ya et de champ de Djofra**

<b>Tableau 01 :</b> Les phases tectoniques affectant la Plate-Forme Saharienne. ....	16
--	----

### **Chapitre III : Sédimentologie**

<b>Tableau n°01 :</b> caractères des ordres séquentiel (d'après KAZI –TANI .1986).....	36
<b>Tableau N°02 :</b> les différents milieux de dépôt.....	40

### **Chapitre IV : Etude pétrographique**

<b>Tableau 1 :</b> Montre le nombre d'échantillons analysés en pétrographie de puits AEH-1.....	54
<b>Tableau 2 :</b> Montre le nombre d'échantillons analysés en pétrographie de puits HBL-1...	54

# Liste des photos

## Chapitre III: Sédimentologie

<b>Photo N°01</b> : Carotte montrant un Grés de couleur gris beige prélevé dans l'intervalle 2090,10-2101 m .....	42
<b>Photo N° 02</b> : Carotte montrant un Grés du couleur gris clair prélevé dans l'intervalle 2101m - 2115m .....	42
<b>Photo N° 03</b> : Carotte montrant un Grés de couleur sombre prélevé dans l'intervalle 2415 à 2421,75m .....	43
<b>Photo N° 04</b> : Photographie d'une carotte montrant un Grés de couleur sombre à gris foncé prélevé dans l'intervalle 2421,75m - 2424m .....	43
<b>Photo N° 05</b> : Montrant un Grés de couleur gris noir à gris beige prélevé dans l'intervalle 2569 à 2576 m .....	44
<b>Photo N° 06</b> : Montrant une argile de couleur noire prélevé dans l'intervalle 2576 à 2577m .....	44
<b>Photo N°07</b> : Echantillon de carotte montrant les grés a stratifications horizontales dans le puits AEH-1.....	46
<b>Photo N° 08</b> : Echantillon de carotte montrant les grés a stratifications entrecroisées dans le puits AEH-1.....	47
<b>Photo N° 09</b> :_Echantillon de carotte montrant les grés a stratifications obliques dans le puits AEH-1.....	47
<b>Photo N° 10</b> : Echantillon de carotte montrant un slump dans les grés de Djofra, puits AEH-1.....	48
<b>Photo N° 11</b> : Echantillon de carotte montrant une tigillite dans les grés de Djofra, Puits AEH-.....	49
<b>Photo N° 12</b> : Photo montrant les stylolites et les microstylolites.....	49

## Chapitre IV : Etude pétrographique

<b>Photo N° 1</b> : Illustration de réseau poreux intergranulaire et de dissolution de la silice ....	64
<b>Photo N° 2</b> : création du réseau poreux de dissolution par biais de la silice .....	64

<b>Photo N° 3</b> : Facies globale montrant un Grés mal a Moyennement classé, sub-anguleux a sub-arrondis.....	64
<b>Photo N° 4</b> : mise en évidence du développement du ciment argileux de type illite. ....	64
<b>Photo N° 5</b> : Développement de ciment argileux type chlorite frangeante et sub-intergranulaire. ....	65
<b>Photo N° 6</b> : facies global montrant un grés moyen rarement fin, moyennement a mal classé, Anguleux à sub-arrondis, et à contacts concavo- Convexe a droit parfois suturés .....	65
<b>Photo N° 7 et N° 8</b> : Vue globale montrant un grès très fin, moyennement classé, sub-anguleux à anguleux et contacts droits à concavo-convexes.....	65
<b>Photo N° 9</b> : photo montrant un ciment Argileux de type Illite intergranulaire.....	66
<b>Photo N° 10</b> : Trace de porosité primaire intergranulaire. ....	66
<b>Photo N° 11 et N° 12</b> : Illustration d'une forte précipitation des carbonates associés aux débris de bioclastes .....	66
<b>Photo N° 13 et N°14</b> : Photo montrant des stylolites due à la compaction .....	67
<b>Photo N° 15</b> : Mise en évidence du développement du ciment évaporitique type anydritique ...	67
<b>Photo N° 16</b> : photo montrant la kaolinite.....	67
<b>Photo N° 17</b> : photo montrant la précipitation de la kaolinite dans un réseau poreux .....	68
<b>Photo N° 18</b> : photo montrant la précipitation des carbonates dans un réseau poreux.....	68
<b>Photo N° 19 et N° 20</b> : photo montrant l'abondance des bioclastes .....	68
<b>Photo N° 21</b> : photo montrant la pyrite .....	69
<b>Photo N° 22</b> : photo montrant l'oxyde de fer .....	69
<b>Photo N° 23</b> : photo montrant des micas .....	69
<b>Photo N° 24</b> : photo montrant de la tourmaline .....	69
<b>Photo N° 25 et N° 26</b> : photo montrant un minéral lourd du type zircon.....	70
<b>Photo N° 27</b> : photo montrant les différents contacts entre les gains .....	70
<b>Photo N°28</b> : Mise en évidence de silice de nourrissage .....	71

## **Chapitre V: Etude diagénétique**

<b>Photo N° 01</b> : Photo montrant un ciment pyriteux.....	87
<b>Photo N° 02</b> : Photo montrant un ciment ferrugineux.....	87
<b>Photo N° 03</b> : Photo montrant la précipitation des carbonates.....	87

**Photo N° 04** : Mise en évidence de la transformation des micas en chlorite.....87  
**Photo N° 05** : Photo montrant la dissolution des grains de quartz .....

## Résumé

Le gisement de Djofra de Dévonien inférieur (Siegénien et Gédinnien) situé dans la dépression de l'Oued M'ya, au centre de la province triasique Algérienne, Cette zone est localisé au Sud-Ouest (SW) du gisement gazier de Hassi R'mel, donc il est situé à environ 700 km au Sud-Ouest (SW) d'Alger.

Plusieurs campagnes de prospection ont été faites dont l'objectif est l'évaluation de ces réserves, L'objectif de ce travail de recherche est de comprendre les mauvaises qualités réservoirs de Dévonien inférieur de la région de Djofra.

Pour avoir des résultats géologiques sur les réservoirs d'hydrocarbures de ce bassin, une étude géologique détaillée a été faite sur le réservoir de Dévonien inférieur du champ de Djofra, à l'aide des différentes analyses pétrographiques et diagénétiques ainsi que l'étude sédimentologique.

L'étude pétrographique est basé sur l'analyse microscopique des lames mince des puits AEH-1 et HBL-1, qui montre un facies gréseux composé des grains de quartz, feldspath, micas et minéraux lourd.

L'étude diagénétique montre que, les caractéristiques des réservoirs sont contrôlées par la silice, l'argile et la dolomie.

Les analyses sédimentologiques ont montré que le milieu de dépôt est un environnement marin relativement profond au Gédinnien évoluant ensuite vers un milieu fluvio-deltaïque à influence de marée au Siegénien.

Mots clés : Djofra, dévonien inférieur, pétrographie, diagenèse, sédimentologie, puits AEH-1 et HBL-1.

## Abstract

The Siegian and Gedinian (Lower Devonian) deposit of Djofra is located in the Oued M'ya depression in the Triassic province (Saharan Plate), known for its poor reservoirs; Has been the subject of several companies of prospection to understand the geological phenomena and especially diagenetic which characterize it but especially that influence the productivity of the hydrocarbons.

Indeed, the pluridisciplinary study of the wells AEH-1 and HBL-1 carried out in the perimeter of Djofra shows sandstone facies composed mainly of quartz grains with feldspars, micas and heavy minerals.

The depositional medium of these sandstones corresponded to a relatively deep environment in the Gedinnian, which then evolved into a tidal fluvial environment.

From a diagenetic point of view, the reservoir parameters are controlled by three predominant cements, clay, silica and carbonates and, in addition, pyrite and ferruginous cements.

The silica is in the form of nourishment. The clay often associated with dolomite affects the central part of the field, which substantially reduces the reservoir parameters in this region.

**KEYWORDS:** Siegian , Gedinian , Djofra, wells AEH-1 and HBL-1,quality tanks,diagenesis





# **Chapitre I :**

## **Introduction générale**

## **Introduction**

La Plate-Forme Saharienne (PFS) est située au Sud de l'Algérie alpine et appartient au Craton Nord-africain. Structurée au Paléozoïque en plusieurs bassins séparés par des zones hautes (dômes). Dans ce contexte, notre travail s'intéresse au bassin d'Oued M'ya dont la région d'étude est **Djofra**.

Cette région (Djofra) est sous explorée par les compagnies pétrolières. D'ailleurs, les campagnes de prospection se traduisent par la faible densité des puits d'exploration exécutés, seulement neuf (9) puits sur une surface globale de 15 300 Km<sup>2</sup>.

Le présent travail consiste à étudier l'évolution pétrographique, sédimentologique et diagénétique du Siegénien et du Gédinnien (Dévonien inférieur) des puits AEH-1 (Archane El Halma-1) et HBL-1 (Habillet-1), afin d'évaluer les potentialités du réservoir Dévonien et comprendre les raisons de la sous exploration de la région Djofra.

Pour y aboutir, Cent Deux (102) lames minces des puits AEH-1 et HBL-1 ont fait l'objet de descriptions pétrographiques et d'interprétations diagénétiques.

Pour mieux cerner cette étude pétrographique et diagénétique, une approche sédimentologique a été réalisée sur la base des photos de carottes et des descriptions extraites des logs habillés de SONATRACH.

Ce présent travail contribue donc à l'exploration du Dévonien inférieur, avec notamment l'analyse des puits (AEH-1) et (HBL-1), dont l'objectif principal consiste à l'étude du Gédinnien et Siegénien.

## **Problématique**

Le Siegénien et le Gédinnien du champ de Djofra est connu par ses mauvais paramètres réservoirs. En effet, cette étude est réalisée afin de caractériser la composition pétrographique et minéralogique des faciès observés et puis déterminer l'influence des phénomènes diagénétiques sur les paramètres pétrophysiques du réservoir, notamment la porosité et sa connectivité.

### **Méthodologie du travail**

Pour répondre à notre problématique posée précédemment, nous avons entrepris la démarche suivante :

Nous avons d'abord effectué une synthèse bibliographique en se référant aux différents travaux de recherches réalisés sur la région de Djofra, afin de bien comprendre ses contextes géodynamique et structural.

Ensuite, dans le troisième et le cinquième chapitre, nous avons également effectué une analyse microscopique à partir des échantillons de lame mince des puits AEH-1 et HBL-1, pour décrire les minéraux et les phénomènes diagénétiques enregistrés dans le réservoir.

Le quatrième chapitre est dédié à l'étude sédimentologique des puits AEH-1 et HBL-1. Dans ce chapitre, nous avons réalisé une analyse macroscopique à partir des photos de carottes des deux puits qui est basée sur la description du facies et des structures sédimentaires pour reconstituer les paléoenvironnements.

### **Historique de la recherche**

Le bassin d'Oued M'ya est l'un des bassins sahariens les plus exploités. Son exploration a débuté vers la fin 1953 par une campagne gravimétrique et de magnétisme de grande reconnaissance.

En 1954, un levé de détail et l'exécution de quelques profils sismique réfractifs ont permis l'implantation du puits HAL-1.

En 1956, fut l'année de la découverte du grand gisement de Hassi-Messaoud par deux sociétés, la CREPS au Nord, SN REPAL au Sud. Les horizons productifs sont les grés du Cambrien

En 1960, avec la découverte d'importantes saturations en huile à GI-1, un programme de recherche a été lancé au tour de Hassi-Messaoud. De cette année et jusqu'à 1962, FRANCAREP a foré les puits OA, sur Oued El Argoub sans résultats commerciaux. Dans la même période, la CFPa a foré le puits OK-TO1 où de l'huile a été mise en évidence dans les grés du trias.

En 1966, la même compagnie a foré le puits OKP-24 avec de bons résultats. Une année après, dans la partie sud, SINCLAIR a exécuté les forages MDR-2 et RBO-1, et SONATRACH a foré le puits FLD-1.

En 1968, SINCLAIR –SN REPAL –SONATRACH ont foré respectivement RBN-1, FES-1, GLA-1.

A partir de 1970, SONATRACH a élaboré un programme de forage qui a permis de réaliser de nouvelles découvertes.

Entre 1970 et 1973, de nouvelles structures ont été mises en évidence par SONATRACH (Draa El Hamra ; Boukhazana ; Guellala Nord Est ; N'goussa).

En 1975, SOPETRAL a réalisé le forage ZCR-1, qui s'est avéré sec. Depuis cette date, les travaux d'explorations ont été arrêtés jusqu'à 1990, où SONATRACH a foré RMK-1.

**Chapitre II :**  
**Les aspects géologiques du**  
**bassin d'Oued M'ya et la**  
**région du Djofra**

## I. Cadre régionale

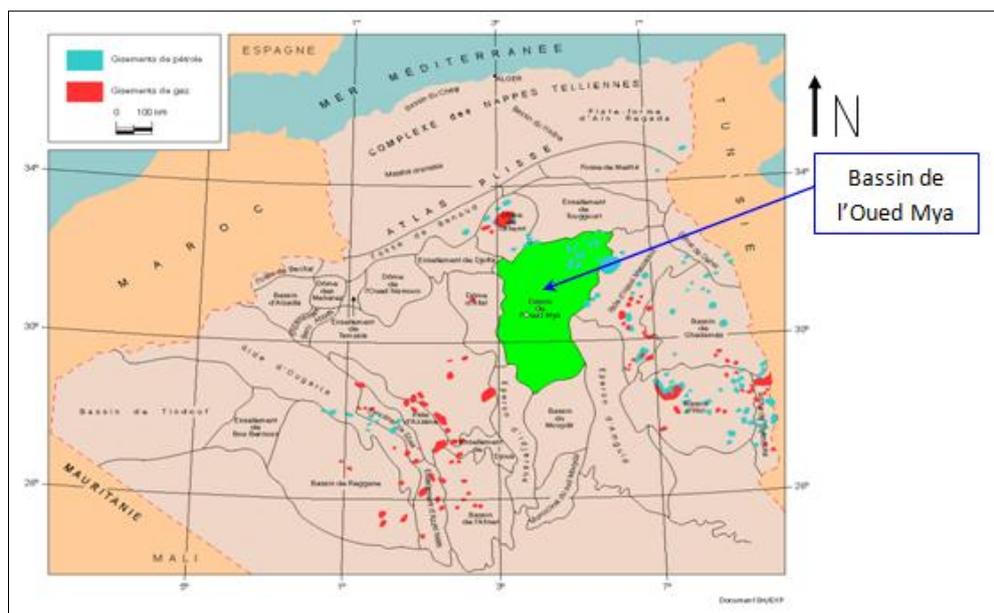
### 1. Situation géographique de l'Oued M'ya

L'Oued M'ya est un bassin de la Plate-Forme Saharienne (PFS), correspondant à la partie occidentale de la province Triasique, couvrant une superficie de 400 000 km<sup>2</sup>, Les limites géographiques se présentent comme les meilleurs repères (Fig.II.1).

Les parallèles 31°15' et 33°00' limitent respectivement ensemble au Sud (S) et au Nord (N), et les méridiens 6°15' et 3°30' limitent à l'Est (E) et à l'Ouest (W), englobant les blocs:438-425-422-437-436-3178-420-419-418-417et 416,appartenant au district IV de la Sonatrach.

Cette région présente une configuration d'une dépression, allongée et orientée Nord-Est/ Sud-Ouest (NE/SW) acquise au cours du Paléozoïque dont les limites se présentent comme suit : (Fig. II.1).

- ❖ Au Nord (N) par la zone haute de Djamaâ-Touggourt constituée de terrains d'âge Cambrien et Ordovicien reposent sur un socle rhyolitique anti Cambrien;
- ❖ Au Nord-Ouest (NW), le môle de Talemzane-Hassi R'mel ;
- ❖ Au Sud-Est (SE), le môle de Hassi-Messaoud qui se prolonge au Nord (N) par la zone haute de Touggourt ;
- ❖ A l'Est (E), on note la présence d'un axe positif constitué par la dorsale d'El-Agreb, El-Gassi qui se prolonge jusqu'à Hassi-Messaoud au Nord (N).



**Fig. II.1:** Situation géographique d'Oued M'ya (SONATRACH/ EXPLOITATION, 1995).

## 2. Cadre géologique du bassin d'Oued M'ya

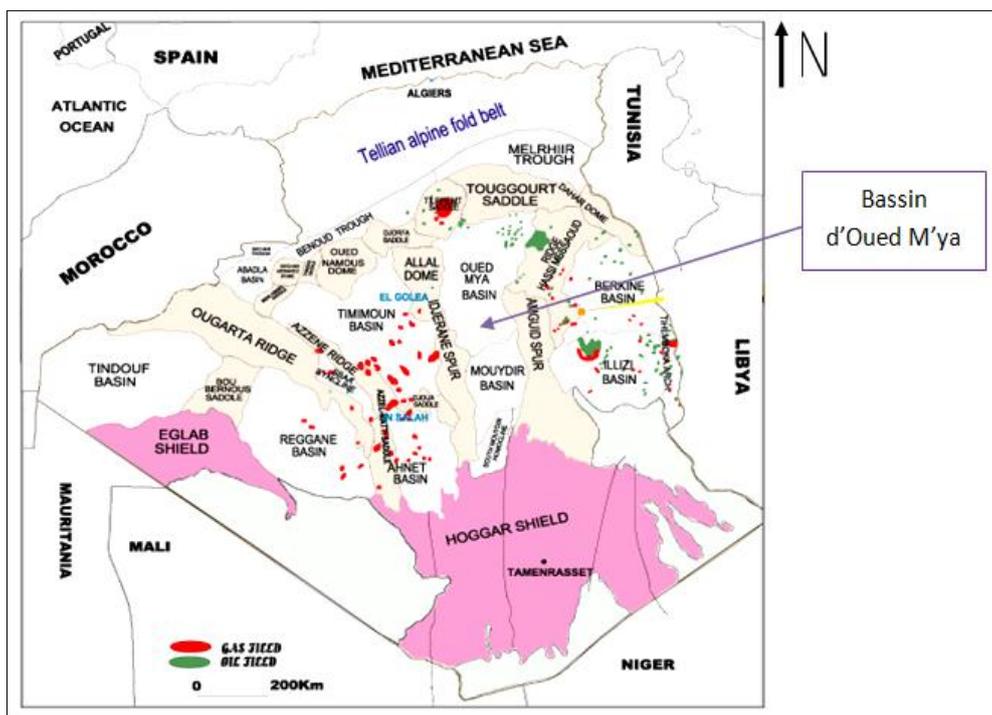
La région de l'Oued M'ya ne constitue qu'un sous bassin intracratonique. Sa bordure Nord (N) s'ennoie progressivement vers la flexure Saharienne où l'existence d'un fossé très subsident au Mésozoïque donnera naissance à la chaîne péricratonique de l'Atlas Saharien (Fig.II.2).

L'évolution de la région de l'Oued M'ya depuis le Cambrien comporte deux étapes majeures :

1-La sédimentation du Paléozoïque, pratiquement restreinte au Paléozoïque inférieur et sa structuration pré-hercynienne ;

2-La création d'un bassin au Trias et son évolution au cours du Mésozoïque et du Tertiaire.

Ces deux étapes principales de l'histoire régionale conduisent vers deux mégacycles sédimentaires, Paléozoïque et Mésozoïque, classiquement séparés par la discordance hercynienne. (SONATRACH/ PRODUCTION)

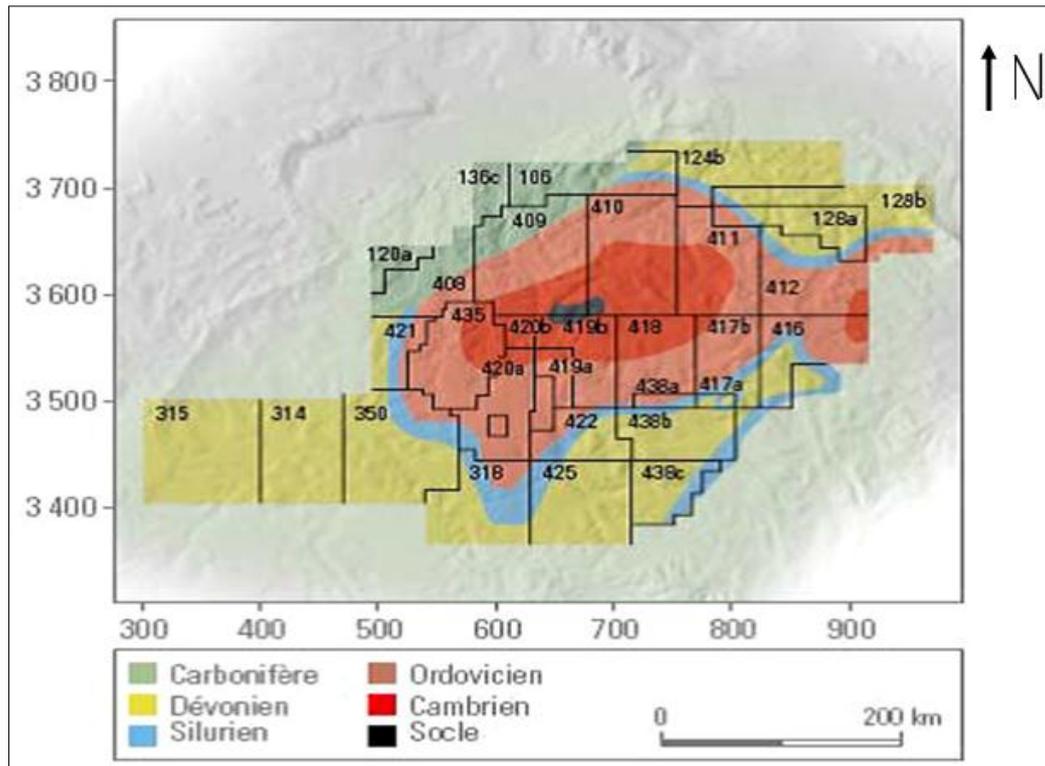


**Fig.II.2:** Situation géologique du bassin d'Oued M'ya. (SONATRACH/ PRODUCTION)

### 3. Evolution stratigraphique du bassin d'Oued M'ya

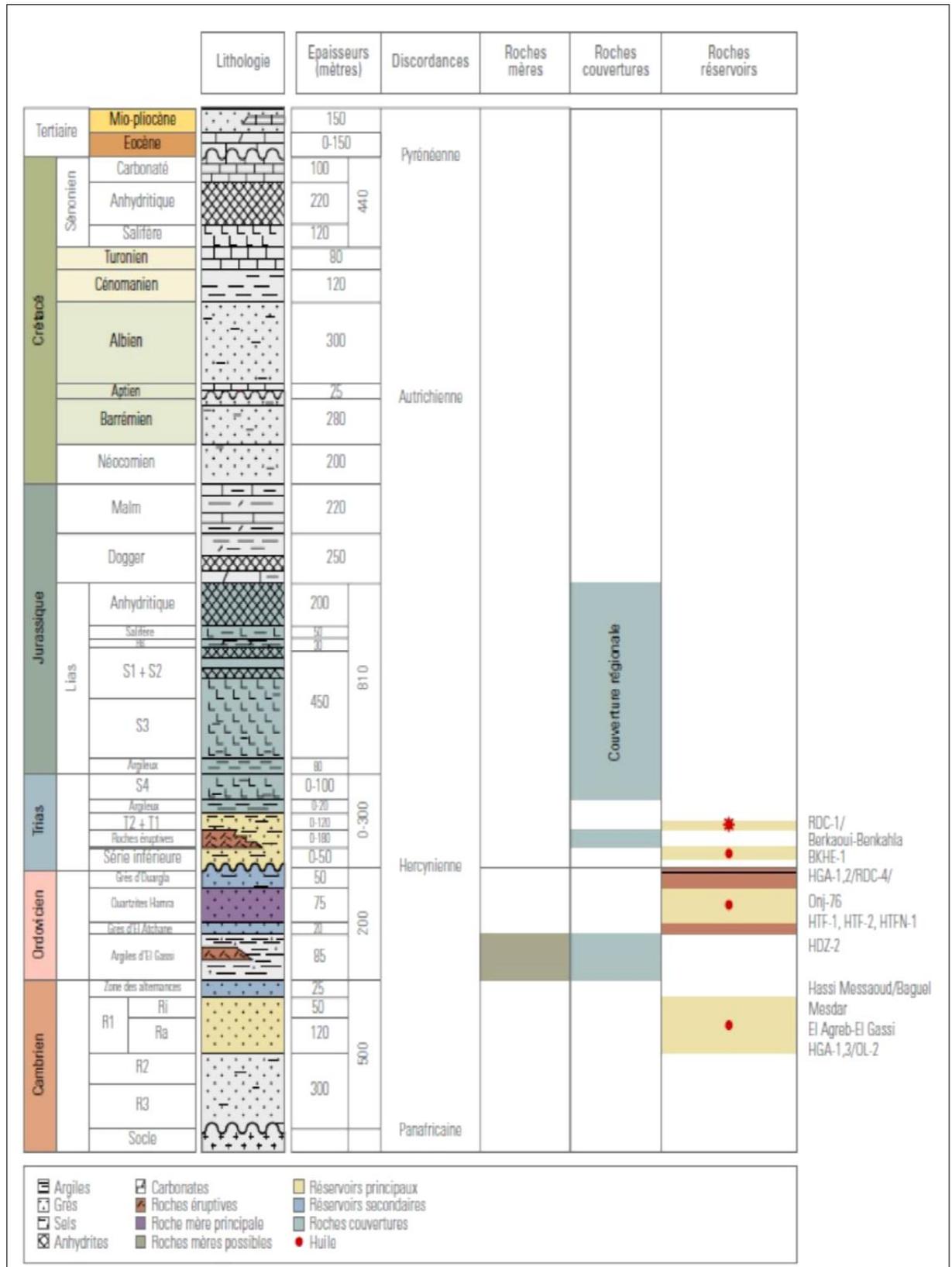
La couverture sédimentaire du bassin est représentée par des dépôts Cambro Ordovicien puisque la suite de la série sédimentaire Paléozoïque est souvent érodée.

Le Mésozoïque est discordant sur le Paléozoïque et est complet du Trias jusqu'au Crétacé et le Cénozoïque quant à lui n'est présent que par une mince série détritique du Mio-pliocène. La distribution de la stratigraphie du bassin se résume dans la (Fig.II.3).



**Fig.II.3 :** Figure montrant la stratigraphie des formations du bassin d'Oued M'ya (SONATRACH/ EXPLOITATION).

D'après les résultats de SONATRACH et SCHLUMBERGER en 2007 le remplissage sédimentaire dans le bassin d'Oued M'ya pourrait atteindre les 6 000 mètres d'épaisseur et se présente comme suit : (Fig.II.4).



**Fig.II.4 :** Coupe lithostratigraphique type du bassin de l'Oued M'ya.

(SONATRACH et SCHLUMBERGER, 2007).

### 3.1. Le Paléozoïque

C'est une épaisse série sédimentaire formée essentiellement par les dépôts du Cambrien de l'Ordovicien, du Silurien et du Dévonien inférieur, Elle est de forme érodée suite à l'orogénèse hercynienne et reposant directement sur le socle granitique.

Description lithologique des formations Paléozoïques

**Cambrien :** c'est un ensemble gréseux quartzite à conglomératique totalement cimenté avec quelques fines intercalations argileuses souligné par des stratifications obliques, entrecoupé de passées de siltstone argilo-micacé. Il est subdivisé en quatre unités : R3, R2, R1 (lithozones Ra et Ri) et zone des alternances. Son épaisseur moyenne est de 500 mètres (518 m à Baa -1)

Unité R3 : cet ensemble repose directement sur le socle granitique. Son épaisseur atteinte 147.5 m à Be -1 et 143.5 m à Baa-1; elle est constituée de grés gris feldspathiques et micacés, grossiers, micro conglomératiques à ciment argileux, illite abondante à passées ferrugineuses et d'argile silteuses.

Unité R2 : d'une épaisseur moyenne de 150 m (168.5 m à Baa-1), elle est constituée de grés moyens à grossiers (grain maximum : 1.2 mm à 2.1 mm) parfois micacés à ciment argileux (illite assez abondante) et de minces intercalations de silts.

Unité R1 :

Réservoir Ra (R1)

-Réservoir Ra (R1) : c'est le réservoir principal à Hassi Messaoud alors que sur notre région d'étude, il ne constitue pas un réservoir potentiel. Il comprend des grés quartzitiques moyens à fin ciment argileux (illites), alternant avec de minces intercalations de silts. Les tigillites sont fréquentes.

Réservoir Ri (R iso) constitué de grés quartzitiques fins, généralement propre avec de nombreuses intercalations Silto-argileuses, notamment dans la partie médiane les tigillites y sont fréquentes.

Zones des alternances (ZA) : elle varie entre 0 à (ORA-1) et 159 m (à DET-1) et comprend des silts et des argiles en bancs minces alternant avec des grés fins à très fins (grain moyen : 0.8 mm), quartzitiques et localement glauconieux gris-vert. Il est à remarquer que depuis le Ri jusqu'aux argiles d'EL Gassi, l'influence marine est de plus en plus grande.

**Ordovicien** : débutant par une transgression marine qui marque la fin des dépôts continentaux du Cambrien. Cette série montre un ensemble de dépôts très diversifiés et constitués de bas en haut par :

- Argiles d'El Gassi : c'est une formation argileuse, de couleur grise foncée à verdâtre et parfois noire. Indurée, silteuse, micacée, glauconieuse avec des traces de pyrite ainsi que des passées centimétriques de grés très fins glauconieux à siltstones et des intercalations de coulées volcanique par endroits.

- Grés d'El Atchane : ceux sont des grés blancs à grisâtres, fins à moyens (0.1 mm pour le grain moyen et 0.4 mm pour le grain maximum en moyenne), bien consolidés, argileux parfois siliceux ou quartzitiques, glauconieux, soulignés par quelques passées d'argiles silteuses.

- Quartzites de Hamra : cette formation est représentée par des quartzites blancs, fins intercalés de grés quartzites gris-blancs fins intercalés de grés quartzites gris-blanc à gris clairs, compactes, à grains fins à moyens (grain moyen 0.2 mm – grain maximum 0.7 mm en moyenne), bien classés arrondis et à grains isométriques avec de rares passées d'argiles brun-rouge à noire. D'abondantes fissures fermées subhorizontales, stratifications horizontales, joints stylolithiques, et tigillites y ont fréquentes.

- Grés de Ouargla : à la base, ceux sont des grés à tigillites, parfois siliceux à argileux gris clairs à blancs, fins (grain moyen 0.05 mm grain maximum 0.2 mm en moyenne) et pyriteux. Et au sommet, une partie supérieure constituée d'argiles grises foncées à noires, feuilletés, schisteuses à nombreux fossiles.

- Argiles d'Azzel : il s'agit d'une argile grises foncées à noire, indurée silteuse, micacées à traces de pyrite, avec par endroits des coulées volcaniques.

- Grés de Oued Saret : c'est une alternance de grés gris, blanc fin (0.2 mm) à moyen (0.3 mm), quartzitique, massif avec des passées d'argile gris- noire, silteuse et micacée.

- Argiles micro conglomératiques: Ce sont des argiles noires à gris –noires, compactes, indurées micro conglomératiques, silteuses, micacées avec de nombreux grains de quartz grossiers (1 mm) arrondis à sub-arrondis associés à des nodules de pyrite avec rares intercalations de grés fin, quartzitiques et de siltstones très argileux.
- Dalle de M'kratta : C'est un faciès constitué de grés, blanc à gris clair, fin à moyen parfois micro conglomératiques, pyriteux, intercalé par de fines passées (d'argiles noires, silteuses, micacées, la pyrite y est abondante).

**Silurien** : considéré comme la roche mère principale. Cette formation est représentée par des argiles gris-noires à noires fortement radioactives. Indurées, silteuses, micacées, fossilifères (graptolithes, lamellibranches.....), parfois feuilletées et pyriteuses avec des passées de carbonates, son épaisseur moyenne est d'environ 50m.

### 3.2. Le Mésozoïque

Il est discordant sur les différentes formations du Paléozoïque d'une épaisseur moyenne de 3700 m, il est considérablement développé dans la partie Nord du bassin d'Oued M'ya et il est subdivisé en trois grandes unités :

**Trias** : d'épaisseur moyenne de 350 m, il se subdivisé en :

Série inférieure : c'est une ensemble argilo-gréseux, d'origine continentale ; elle est constituée par des grés gris clairs fins à grossiers argilo-siliceux et des argiles brun-rouges.

-Roches éruptives : ceux sont des roches volcaniques magmatiques, extrusives de nature basaltique et spilitique, soulignées par des niveaux argileux indurés de couleur brun-rouge dolomitique.

-Trias « T1 » : il comprend des intervalles distincts d'argiles de couleur brun-rouges micacées et de fines passées de grés fins de couleur beige et dolomitiques.

-Trias «T2 » : il est constitué d'argiles de couleur brune à rouge micacées, soulignées au sommet par des passées silteuses et argileuses.

-Trias argileux : constitué d'argile pâteuse de couleur brun-rouge, salifères avec une épaisseur plus ou moins constante.

-Trias S4 : c'est l'unité triasique finale qui marque l'installation du cycle évaporitique. Elle est constituée de sel blanchâtre parfois de couleur rosâtre, intercalé d'argile de couleur rouge, plastique, parfois salifères.

**Jurassique** : c'est une épaisseur série laguno-marine de 1450 m d'épaisseur moyenne. Elle est à prédominance évaporitique devenant argilo-gréseuse dans sa partie supérieure. Le Jurassique est divisé en trois termes distincts :

-Lias argileux : alternances d'argile salifère et de sel.

-Lias S3 : sel massif incolore et parfois rose avec des intercalations d'argiles rouge et de dolomie beige.

-Lias S1+ S2 : c'est une série anhydritique blanche massive et de sel massif incolore et de passées d'argile salifères.

-Lias horizon « B » : calcaire dolomitique, marneux

-Lias salifère : sel à passées d'argiles.

-Lias anhydritique : anhydrite à passées de dolomie.

-Dogger : il est constitué de :

-Dogger lagunaire : argiles avec passées d'anhydrite, de calcaire et de dolomie.

-Dogger argileux : argiles avec passées de calcaire, de dolomie d'anhydrite.

-Malm : il est constitué d'une alternance irrégulière d'argile plastique et de grés friable avec de passées de marnes. Traces d'anhydrite.

**Crétacé** : c'est série d'épaisseur moyenne de 1900 m. le crétacé inférieur est en général représenté à sa base, par des dépôts clastiques continentaux ; sa partie supérieure est formée de dépôts carbonatés et de sédiments halogènes, d'origine marine et lagunaire.

### 3.3. Le Cénozoïque

Cet étage est discordant et incomplet, il est représenté par des dépôts continentaux gréseux et sableux du Mio-pliocène et de l'Eocène.

#### **4. Les événements tectoniques enregistrés dans le bassin d'Oued M'ya**

Les événements enregistrés sont les mêmes que ceux décrits pour l'ensemble de la Plate Forme Saharienne (PFS) dont les principales phases se résument dans le (tableau.1, page 16) (A. Boujema, 1987).

##### **4.1. L'orogénèse panafricaine et l'origine du réseau de fracturation du craton Nord-Africain**

Matérialisée par des mouvements verticaux accompagnés d'éruptions volcaniques et de soulèvements, entraînant l'érosion de la couverture sédimentaire. Le résultat de cette orogénèse est le réseau de fracturation.

##### **4.2. Distension du Cambro-ordovicien et mise en place de la couverture**

Ayant pour résultat la formation d'une pédiplaine, appelée Infra-Tassilienne.

##### **4.3. La phase de compression Taconique (Caradoc)**

Après la période de distension suivie par la transgression généralisée de L'Arénigien - Lianvirien, on assiste au Caradoc à un mouvement compressif, accompagné de soulèvements régionaux entraînant une érosion. Parallèlement, il y a eu un changement climatique qui a provoqué la mise en place d'une calotte glaciaire, centrée au Sahara central d'âge Caradoc-Asligillien.

##### **4.4. La fonte de l'inlandsis et rejeux eustatiques**

La fonte de l'inlandsis l'Ordovicien supérieur a entraîné une remontée du niveau marin.

##### **4.5. La phase de compression Calédonienne**

Elle a eu lieu à la fin du Silurien avec une orientation Est-Ouest (EW).

##### **4.6. La phase de distension du Dévonien inférieur**

Après les mouvements distensifs, on assiste à une transgression marine l'Emsien.

##### **4.7. Mouvements tectoniques du Dévonien moyen supérieur**

Matérialisés par la discordance Frasnienne, d'orientation Nord-Sud (N/S).

#### **4.8. Mouvement Post-Faménnien.**

#### **4.9. Mouvements Hercyniens**

D'après l'étude (A. BOUDJEMAA 1987), deux mouvements Hercyniens sont mis en évidence :

##### **4.9.1. Mouvements Hercyniens précoces**

Au Tournaisien -viséen ayant une direction N040° de serrage.

##### **4.9.2. Mouvements Hercyniens majeurs**

Ayant provoqué l'arrêt complet de la sédimentation du Carbonifère. L'axe des plis et les mesures des stries donnent un serrage N120°.

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

**Tableau 1** : Les phases tectoniques affectant la Plate-Forme Saharienne. ( Boudjema).

## 5. Evolution géodynamique

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

Les principales phases de déformations ayant influencé la sédimentation et la structuration du bassin (Boeuf, 1971; Boudjemaa, 1987) sont la phase Hercynienne et la phase Autrichienne.

Les mouvements Hercyniens correspondent à une compression de direction N° 120, qui engendre des accidents NE- SW.

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

Lors des mouvements Autrichiens (aptien terminal), on assiste à une phase compressive Est-Ouest (EW), qui fait rejouer en inverse les accidents subméridiens N-S de l'Oued M'ya. Cette compression serait responsable de l'individualisation des pièges structuraux.

Les principaux éléments structuraux sont de direction N-S et NE-SO (Fig.II.5 en page 19). (Sonatrach et Schlumberger ,2007).

Le Cambrien correspond à une période de démantèlement du socle qui nivelle les structures et les reliefs antérieurs (Boeuf et al, 1971).

Le périmètre Oued M'ya centre se trouvait sur le flanc d'une dépression majeure qui correspondait à l'emplacement actuel de la zone haute de Hassi Messaoud (Benamrane, 1993).

L'Ordovicien débute par une transgression marine de l'Arénigien Lianvirinien, on assiste à des soulèvements régionaux comme les Eglabs (Dorsale Reguibat). Ces soulèvements entraînent une érosion Atteignant parfois le socle (Boeuf, 1971). Vers la fin de cette période, une glaciation s'est mise en place, avec calotte au niveau du Hoggar actuel.

Suite à la phase Calédonienne, la zone de Oued M'ya centre commençait à s'élever tout en restant submergée.

Au Silurien, la fonte définitive de cette calotte glaciaire entraîne la remontée du niveau de la mer, une transgression généralisée atteint le Sahara méridionale où se déposent les argiles noires à graptolites (Boudjemaa, 1987).

A cette époque, la zone de Oued M'ya centre a été entièrement recouverte par cette mer (Benamrane et al, 1993).

Au Dévonien, suite au soulèvement tectonique (phase fini Calédonienne), une régression de la mer durant le Gédinnien, est suivit d'une transgression au Siegénien.

Le début de l'orogénèse Hercynienne, et le soulèvement graduel de la zone de Hassi Messaoud a impliqué le déplacement des dépôts du centre du bassin vers l'Ouest, où les dépôts Dévoniens se sont développés.

Vers la fin du Carbonifère, la collision entre le Gondwana et Laurasia a accentué les soulèvements de la région du dôme de Tilghermt et la structuration de Djemaa Touggourt.

La région de l'Oued M'ya se présentait comme un haut plateau immergé, ce qui a empêché le dépôt du Carbonifère (Benamrane, et al, 1991). La formation de la Pangée a eu lieu vers la fin de l'orogénèse Hercynienne et l'intense érosion des reliefs a atteint par endroit le socle.

A Oued M'ya le Dévonien reste la formation Paléozoïque la plus jeune car au Permo-Trias, la région est restée continentale jusqu'à la fin du Trias, ce qui a fait que la mer Permienne n'a pas atteint la région.

La zone de l'Oued M'ya est caractérisée au Trias par un système fluvatile installé en faveur des paléo-vallées Hercyniennes, selon la direction NE-SW avec des sources d'apports constituées par les zones hautes de l'époque, qui sont Hassi R'mel, Hassi Messaoud, et la voûte d'Allal.

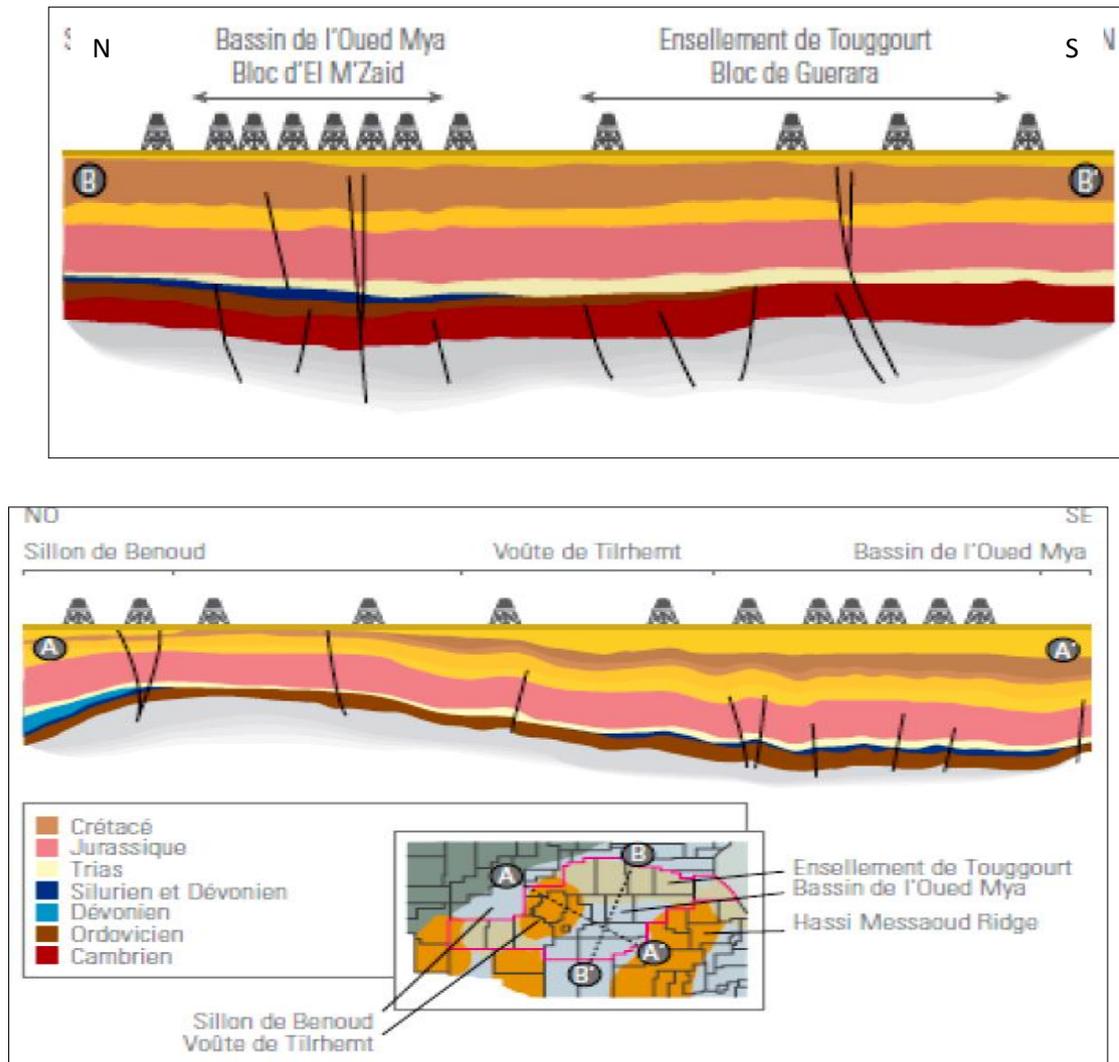
A la fin du Trias, les dépôts évaporitique sont suivit de carbonates sur cette terre submergée, puis d'une transgression marine au Jurassique supérieur.

Au Crétacé, une manifestation de l'orogénèse alpine, ainsi qu'une transgression marine s'installa sur une grande étendue suivie d'une régression à l'Albien.

Suite aux transgressions généralisées du Cénomaniens et du Turonien, les mouvements orogéniques Alpains ont façonné la structuration actuelle.

La zone de l'Oued M'ya est caractérisée actuellement par une structuration assez complexe héritée dès le Paléozoïque, matérialisée par des trends structuraux d'orientations NE-SW.

La (Fig.II.5) montre les coupes géologiques dans le bassin d'Oued M'ya.



**Fig. II.5:** La Coupe géologique N-S et NO-SE dans le bassin de l'Oued M'ya.

(SONATRACH et SCHLUMBERGER, 2007).

## 6. Les environnements sédimentaires dans le bassin d'Oued M'ya

L'étude des carottes de nombreux sondages nous a montré que les sédiments détritiques déposés dans cette région avaient globalement un cachet continental.

Cependant, si l'on tient compte de l'analyse détaillée des structures et séquences sédimentaires, il apparaît que dans cette région existe une vérité d'environnements

Juxtaposés au Nord (N) et au Nord-Ouest (NW), se développent des séquences strato- et granocroissantes fortement gréseuses et pauvres en argiles. Les structures sédimentaires représentées par des litages entrecroisés plans (planar-cross-bedding) et litages entrecroisés en auge (trough cross bedding) aux sommets des séquences élémentaires.

Les corps gréseux montrent des empilements de séquences sédimentaires tronquées et non achevées, limitées par des discontinuités érosives sur lesquelles reposent des niveaux conglomératiques. Les séquences élémentaires granocroissantes ou granodéroissantes sont strato- et granocroissantes, ce qui est visible aussi sur le gamma ray qui matérialise des séquences à courbe cylindrique avec parfois une légère dérive positive au sommet. Tous ces caractères témoignent de dépôts fluviatiles en tresse (braided streams) formés sur une glacié à pente faible et qui montrent séquentiellement un aspect progradant vers la paléo vallée principale orientée Nord-Est (NE), Sud-Ouest (SW).

Au sein de la paléo vallée, nous avons vu qu'il s'est développés un style fluviatile méandriforme, avec développement de séquences typiques telles qu'elles ont été décrites et étudiées par ALLEN ,(1964,1970,1983), JACKSON 1976 BERG 1968 et montrant des faciès de berges érodées (cutbank), et de dépôts transitionnels .Il faut cependant préciser qu'au sein de cette paléo vallée, des influences littorales se sont manifestées et c'est pour cela que l'on note , au sein des séquences fluviatiles ,des niveaux à influences tidales matérialisées par des « flaser beddings »,des micro-deltas de plages et des mesures de pendage métrique montrant une direction mais deux sens d'écoulement .

De telles séquences à cachet estuarien ont été décrites par LAND ET HOYT (1966) WRICHT, COLEMAN et THOM (1972) WOODFROFFE ,CHAPPEL ,THOM ,WALLENSKY (1989),en outre, dans le sondage AGD-1 situé au Nord-Est (NE) de la région étudiée ,la formation T2 est représentée dans sa totalité par un sédiment argileux ,Ce qui s'interpréterait comme étant un bouchon vaseux du type rencontré communément dans la sédimentation estuarienne .Il en est de même pour la série intermédiaire de ce même sondage .(d'après AIT SALEM ,H 1990) .

## **7. L'intérêt pétrolier du bassin Oued M'ya**

L'intérêt pétrolier majeur du bassin est lié à la présence des réservoirs du Trias. Toutefois, la compréhension des résultats pétroliers obtenus à ce jour et des guides pour l'exploitation doivent être recherchés dans l'évolution Paléozoïque de ce bassin.

La dépression de l'Oued M'ya est en effet caractérisée par la présence d'une série Paléozoïque résiduelle, renfermant les argiles radioactives d'âge Silurien, très riches en matière organique et bien développées, constituant la roche mère principale, malheureusement érodée sur de vastes secteurs de la région. Cette série est recouverte par une puissante série Mésozoïque comprenant à sa base les principaux réservoirs du bassin et leur couverture salifère (Trias-Lias). (SONATRACH et SCHLUMBERGER, 2007).

### **7.1. Roches mères**

Le Silurien est le principal niveau roche mère dans les bassins de l'Oued M'ya, grâce à un niveau basal d'argiles radioactives de couleur grise noire « très riche en matière organique ». (SONATRACH et SCHLUMBERGER, 2007).

### **7.2. Réservoirs de l'Oued M'ya (SONATRACH et SCHLUMBERGER, 2007)**

#### **7.2.1. Principaux réservoirs**

Dans le bassin, sont constitués par les grès fluviatiles du Trias qui incluent :

- L'unité série inférieure (centre du bassin et Sud (S) de Hassi R'mel) ;
- L'unité T1 (Nord (N) de la partie centrale du bassin et région de Hassi R'mel) ;
- L'unité T2 (région de Hassi R'mel).

**Remarque :** Les grés quartzitiques de l'unité quartzites de Hamara (Ordovicien) considérés comme objectif principal d'exploitation depuis la récente découverte de l'huile dans la structure de Berkaoui (puits BKP).

#### **7.2.2. Les réservoirs secondaires**

Les réservoirs secondaires sont les grés du Dévonien inférieur, les grés quartzitique de L'Ordovicien (dalle de M'kratta, grés de L'Oued Saret, grés de Ouargla, grés d'El Atchane) et les grés du Cambrien ;

-Les grés et carbonates du Moscovien au NW du bassin et les carbonates du Jurassique au NE.

### **7.3. Couverture régionale des réservoirs Triasiques**

Elle est constituée par les évaporites du Trias (salifère S4) et du Lias (niveaux S3 à S1). Pour les réservoirs Paléozoïques, la couverture est assurée par les séries argileuses intercalées.

#### **7.4. Piégeage dans le bassin**

Il est de type structural, mixte ou purement stratigraphique. L'alimentation des réservoirs se fait verticalement à l'aide des failles et/ou latéralement le long des drains, constitués par les niveaux réservoirs. (SONATRACH et SCHLUMBERGER, 2007).

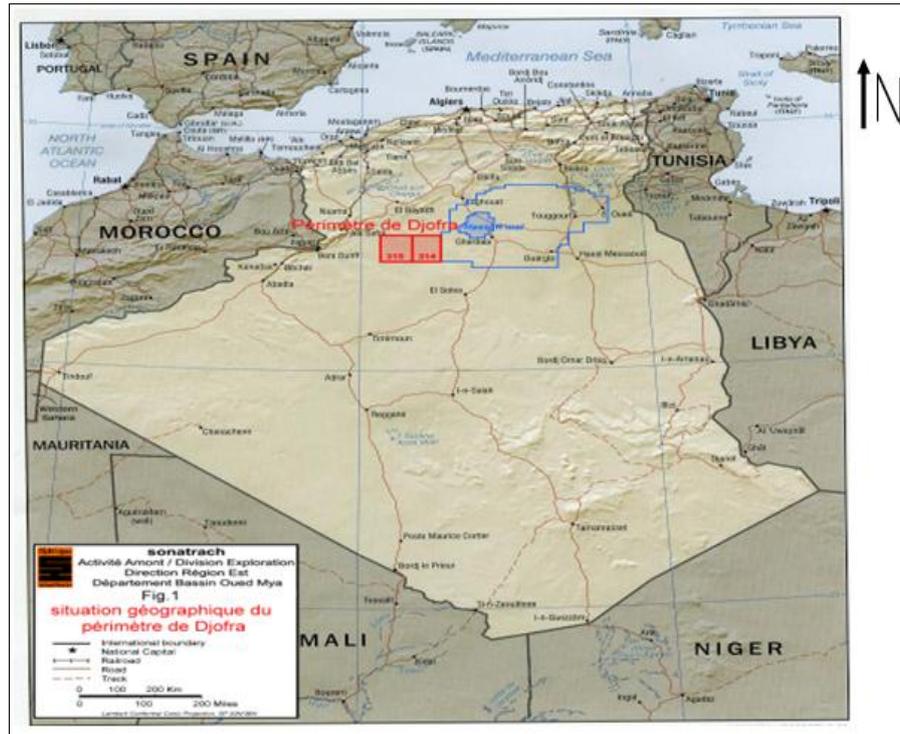
## **II. Cadre locale**

### **1. Situation géographique**

Le périmètre de recherche Djofra est constitué des blocs 314 et 315 et représente l'extension Ouest (W) du département Oued M'ya appartenant à la région Est (E), et se situe au Nord (N) de la Plate-Forme Saharienne et au Sud-Ouest (SW) du gisement gazier de Hassi R'mel, donc il est situé dans la partie Ouest (W) du district 4 à environ 700 km au Sud-Sud-Ouest (S /SW) d'Alger.

Il est délimité par les longitudes 00°30'E et 02° 15'E et les latitudes 31°40'N et 32°30'N soit en UTM les coordonnées : X=3520-3560 et Y=300-360.

La superficie du périmètre est de 15 263,70 Km<sup>2</sup>, il couvre 90% La wilaya de Ghardaïa et 10% la wilaya d'El Bayadh (Fig.II.06). (SONATRACH/ EXPLOITATION).



**Fig.II.6 :** Situation géographique du périmètre de Djofra (SONATRACH/ EXPLOITATION).

Géologiquement, le périmètre de Djofra est défini sur l'unité structurale qu'est l'ensellement de Djofra, limitée au Nord (N) par le sillon de Benoud, au Sud (S) par le bassin de Gourara et la voûte d'Allal, à l'Ouest (W) par la voûte d'Oued Namous et à l'Est (E) par le môle de Tirlhemt et le bassin d'Oued M'ya.

L'ensellement de Djofra est une zone relativement haute et se situe entre deux 'Kitchens' de la matière organique à savoir le sillon de Benoud au Nord (N) et le bassin de Gourara au Sud (S), elle est fortement érodée par la discordance hercynienne, celle-ci atteint le Gédinnien par endroits. (SONATRACH/ EXPLOITATION).

## 2. Stratigraphie de la région de Djofra

La colonne stratigraphique type de l'ensellement de Djofra est constituée essentiellement du Paléozoïque et du Mésozoïque séparés par la discordance hercynienne. Elle est résumée dans la (Fig.II.7). (SONATRACH/ EXPLOITATION).

### 2.1. Le Paléozoïque

Il est relativement affecté par l'érosion hercynienne, celle-ci a décapé tout le Carbonifère et une grande partie du Dévonien supérieur, moyen et parfois jusqu'au Gédinnien au niveau du haut fond de Mazar, le Carbonifère est représenté uniquement par son terme supérieur, le Moscovien présent au Nord (N) dans le sillon de Benoud et au Nord-Ouest (N/W) de Hassi R'Mel.

### **2.1.1. Le Cambrien**

Il est représenté par des grès quartzitiques avec des passées d'argiles vers le toit dans la zone des alternances.

### **2.1.2. L'Ordovicien**

C'est l'alternance d'argiles et de grès quartzitiques se terminant par les argiles micro conglomératiques et parfois par la dalle de M'krata.

### **2.1.3. Le Silurien**

Appelé aussi la formation de Oued Ali et subdivisé en 3 unités :

**2.1.3. a. L'Oued Ali inférieur** est composé d'argiles noires indurées silteuses, micacé légèrement carbonatées.

**2.1.3. b. L'Oued Ali moyen** est représenté essentiellement par les argiles noires charbonneuses, radioactives, très riche en matière organique et constitue la roche mère principale dans toute la Plate-Forme Saharienne.

**2.1.3. c. L'Oued Ali supérieur** est formé d'argiles noires parfois carbonatées et charbonneuses, silteuses et micacées.

### **2.1.4. Dévonien**

Il est fortement érodé du Sud (S) vers le Nord (N) et le Nord-Est (NE)

Le Dévonien inférieur est représenté par le Gédinnien, le Siegénien et l'Emsien.

**2.1.4. a. Le Gédinnien :** argiles grises à gris-noires micacées silteuses localement carbonatées avec des grès blancs, gris beiges à gris noirs et parfois gris foncés à gris noirs à OTG-2 et HMK-1, fins à très fins, ciment siliceux à argileux avec traces de pyrite.

**II.2.1.4.b. Le Siegénien :** ensemble grés-argileux constitué essentiellement de grès blanc à gris blanc fin à très fin parfois moyen, siliceux, parfois dolomitique et des argiles grises à gris noires silteuses micacées indurées parfois carbonatées.

**2.1.4.c. L'Emsien :** présent uniquement à HBL-1, c'est un ensemble argileux dolomitique micacé et calcaire blanc à beige compact à traces de fossiles et de pyrite.

Le Dévonien moyen est représenté par le Givetien et le Couvinien.

**2.1.4.d. Le Givetien :** calcaire blanc à gris blanc argileux.

**2.1.4.e. Le Couvinien :** Argiles grises à gris foncé silteuses finement micacées parfois dolomitiques et traces de pyrite.

Le Dévonien supérieur est représenté par le Frasnien et le Fammenien

**2.1.4.f. Le Frasnien :** Calcaire gris-blanc parfois sombre argileux et dolomitique grise à beige micro cristalline compacte.

**2.1.4.g. Fammenien :** Argiles grise à gris-noires légèrement silteuses.

## **2.2. Le Mésozoïque**

**2.2.1. Le Trias :** est déposé en Onlapping sur la discordance hercynienne dans la partie Nord-Est (NE) du périmètre de Djofra, il est présent à HMK-1 et représenté par des argiles gréseuses rouge briques et des sels rosâtres translucides argileuses du S4.

### **2.2.2. Le Jurassique**

Il est Constitué de Lias, Dogger et le Malm

**2.2. a. Le Lias :** débute par la série salifère, des anhydrites puis la série lagunaire et se termine par la série carbonaté.

**2.2. b. Le Dogger :** est une alternance d'argile versicolore à dominance rouge brique et de grès blanc fin argileux.

**2.2. c. Le Malm :** est une alternance de grès rouge à brun rouge moyen à grossier et argile versicolore à dominance gris vert.

### **2.3. Le Crétacé**

C'est une série argilo gréseuse et de grès fin à moyen parfois grossier et de sable grossier.

### **2.3. Cénozoïque :**

**2.3.1. Le Mio Pliocène** Il constitue la surface topographique de la région et repose en discordance sur le Mésozoïque, il est formé de sable et de grès parfois carbonaté.

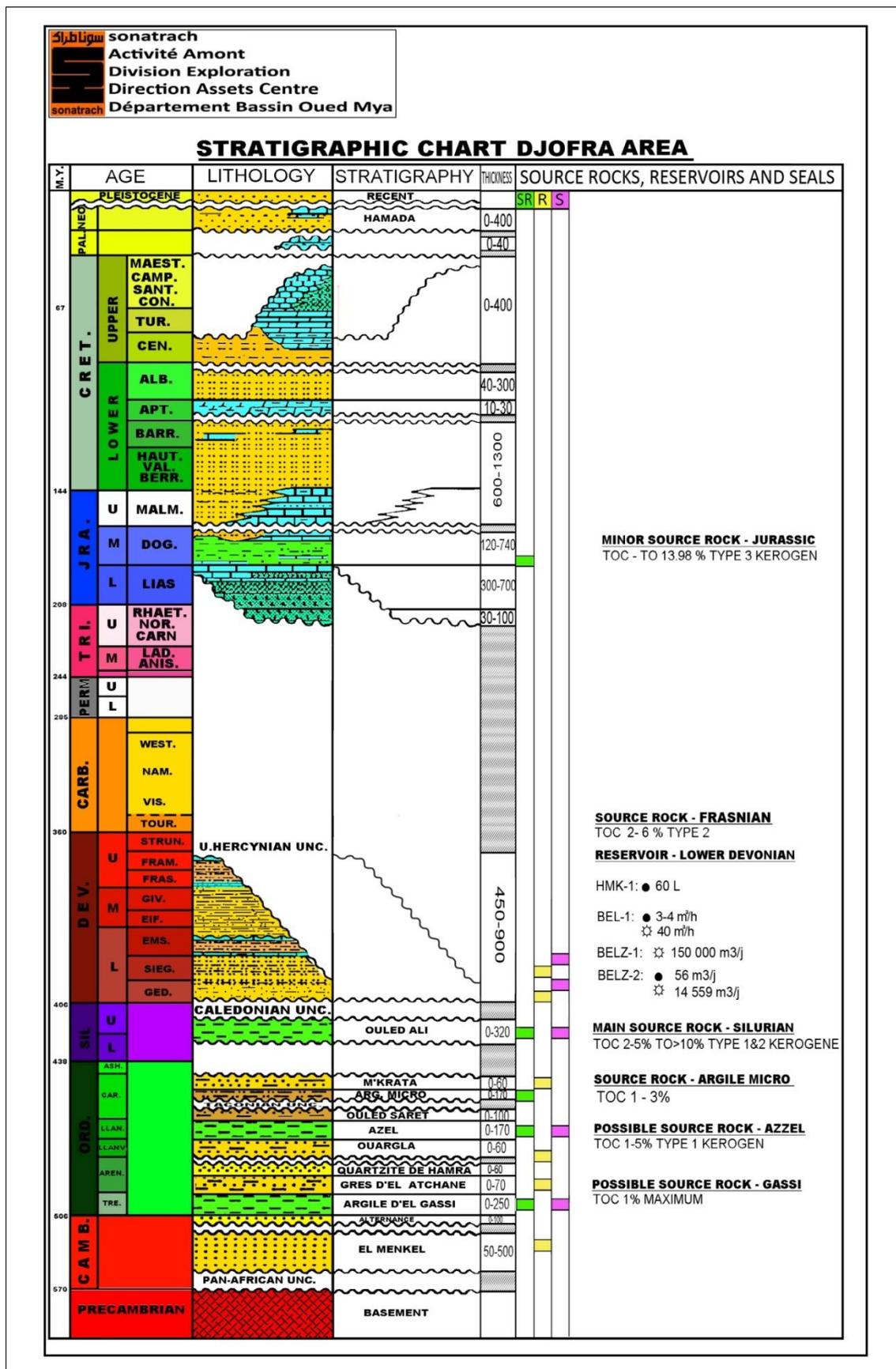


Fig.II.7: Stratigraphie de la région de Djofra (SONATRACH/ EXPLOITATION).

### 3. Cadre structurale

La structuration de l'ensellement de Djofra a commencé dès le début du cycle hercynien à la fin duquel elle s'est trouvée fortement érodée.

La surface hercynienne est un monoclinal à plongement régional vers le Nord (N) au sillon de Benoud où la discordance hercynienne est très profonde. Vers le Sud (S), au bassin de Gourara, le Paléozoïque est moins érodé (Fig.II.8 et Fig.II.9).

Durant le Cambro-Ordovicien la région de Djofra a évolué en région relativement stable. Alors que vers la fin de l'Ordovicien a commencé la structuration de la voûte d'Allel, De Oued Namous et le dôme de Tilrhemt.

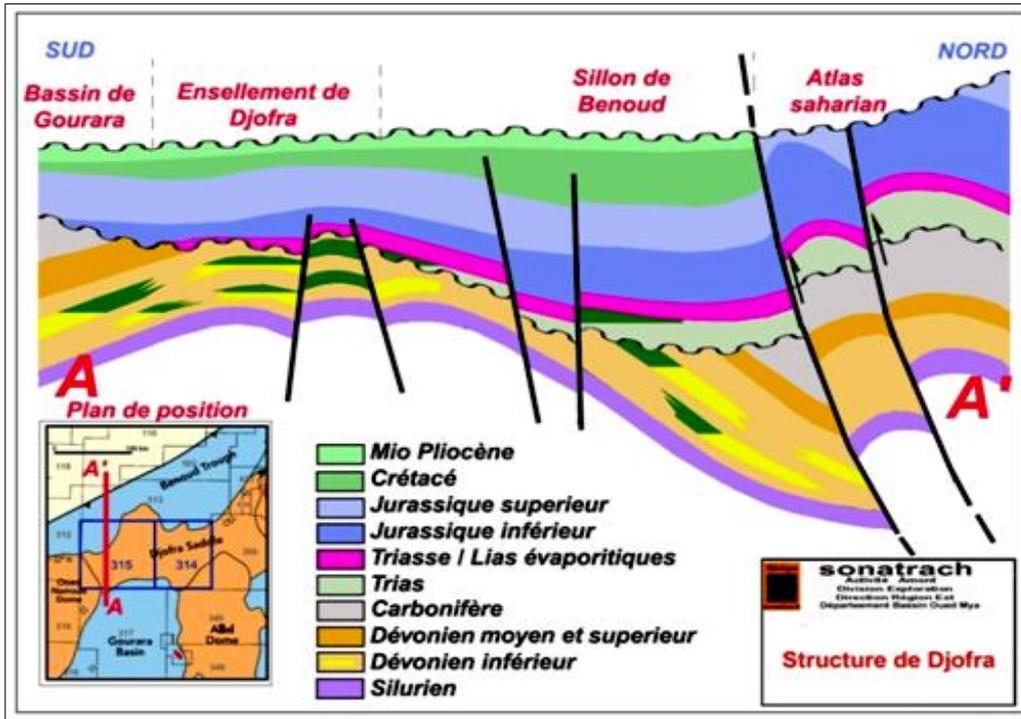
La transgression marine Silurienne a favorisé les dépôts argileux et argilo-carbonatés radioactifs très riches en matière organique puis relayés par les dépôts silico-clastiques du Dévonien inférieur où ce dernier est caractérisé par des alternances de dépôts détritiques jusqu'au Carbonifère.

A la fin du cycle hercynien, on assistait à une érosion différentielle où les éléments relativement hauts ont subi le maximum de démantèlement Jusqu'au socle dans la région de Djamaa Touggourt.

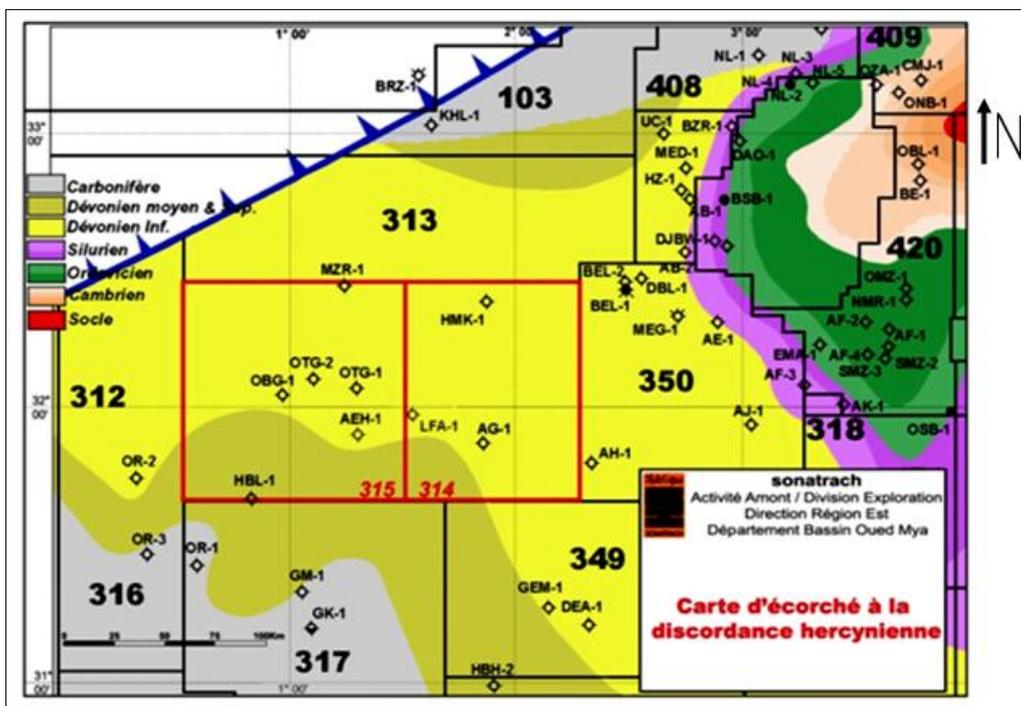
Durant le Mésozoïque la région a connu une période de subsidence graduelle qui a favorisé le dépôt d'épaisses séries Mésozoïques atteignant les 4000 m dans le sillon de Benoud.

Vers la fin du Mésozoïque au Crétacé supérieur, la région de Djofra a connu une accentuation de la subsidence favorisant des périodes de transgression et des dépôts carbonatés associés aux dépôts détritiques.

La structure de Djofra a été acquise pendant le Tertiaire où on assiste aux dépôts continentaux du Paléogène puis du Miocène. (SONATRACH/ EXPLOITATION).



**Fig.II.8:** Structure de Djofra (SONATRACH/ EXPLOITATION).

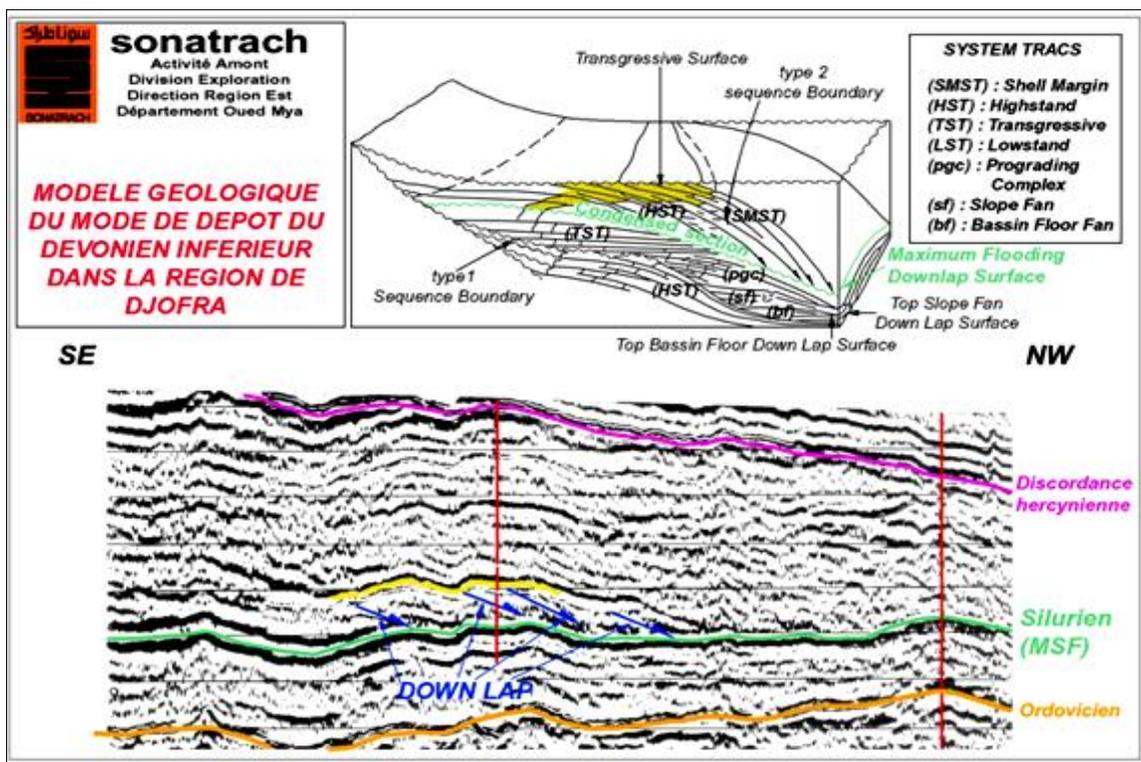


**Fig.II.9 :** Carte d'écorché à la discordance hercynienne (SONATRACH/ EXPLOITATION).

#### 4. Environnement de dépôt

La séquence du Gédinnien est déposée en Downlap sur le toit du Silurien radioactif qui marque la fin d'une grande transgression marine, c'est aussi une limite considérée comme une surface de maximum d'inondation "maximum flooding surface" MSF. Les surfaces de progradation en downlap sont visibles sur les profils sismiques (Fig.II.10), ils indiquent le début d'une séquence de prisme de haut niveau HST où peuvent se développer des sigmoïdes à toit gréseux témoignant d'un milieu de Shelf Distal, ceci s'étalera sur la partie Sud Est (SE) de Djofra, évoluant vers le Nord-Ouest (NW) où l'on note dans les puits HMK-1 et OTG-2 des dépôts de pente caractérisés par des grès très fins sombres à structures d'échappement "Escape Structure".

Le Siegénien repose directement sur le Gédinnien avec un changement de faciès témoignant d'un changement de milieu de dépôt, caractérisé par des bioturbations, des figures de courant, des stratifications ondulées ainsi que des structures de Hum Mocky cross stratification HCS qui suggère l'existence de shelf proximal avec l'influence de marées.(SONATRACH/ EXPLOITATION).

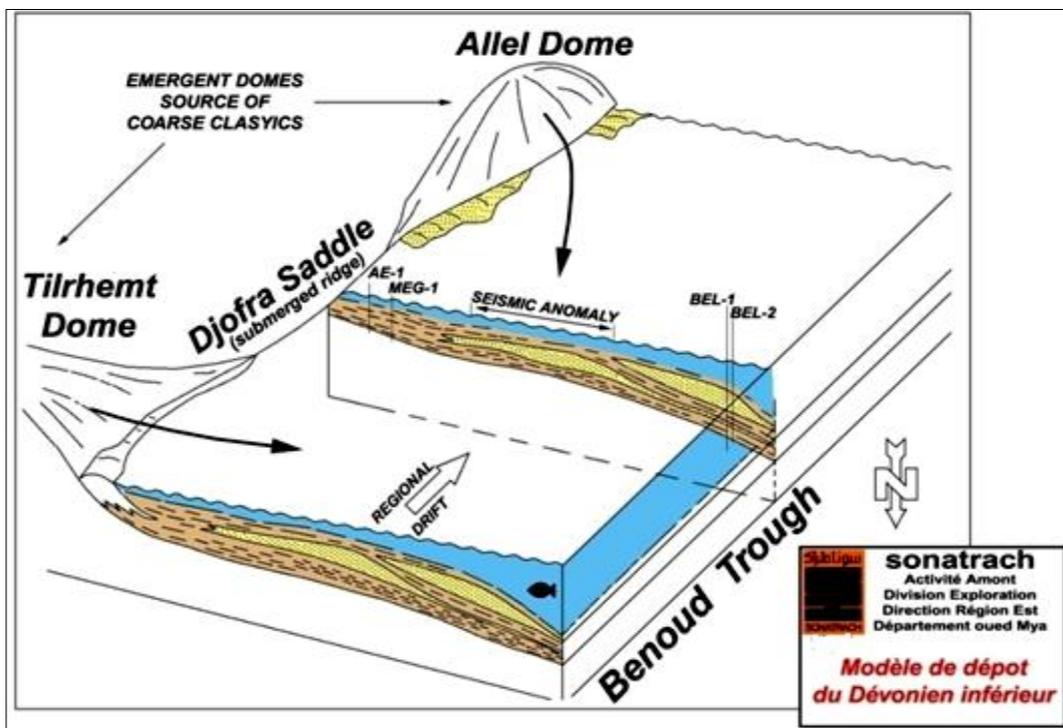


**Fig.II.10:** Modèle géologique du mode de dépôt du Dévonien inférieur dans la région de Djofra (SONATRACH/ EXPLOITATION).

## 5. Paléogéographie

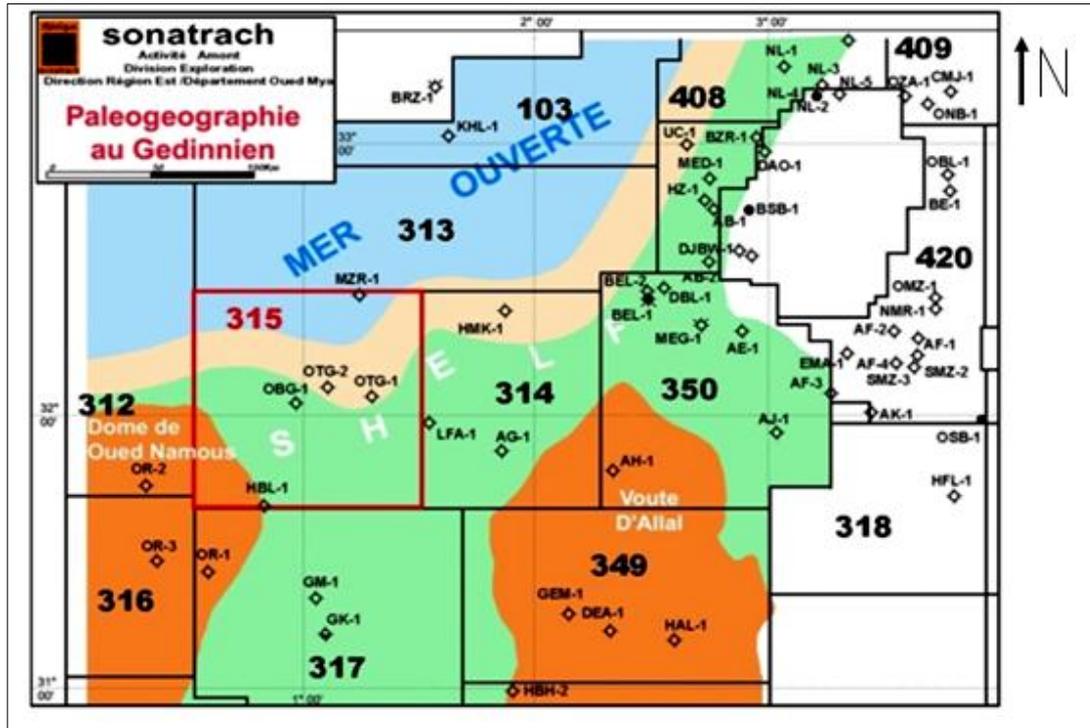
La transgression marine silurienne est suivie de dépôts du Gédinnien dans un environnement de Shelf distal dans la partie Sud-Est (SE) de Djofra alors que vers le Nord-Ouest (NW). Ils évoluent en dépôts de pente puis en dépôts franchement marins toujours dans la même direction vers le sillon de Benoud.

Les dépôts littoraux et côtiers pendant ce temps s'installaient aux bordures des éléments Structurellement hauts tels que le dôme de Tirlhemt à l'Est (E) , la voûte d'Allal au Sud-Est (SE) et le dôme d'Oued Namous au Sud (S). (Fig.II.11) (SONATRACH/ EXPLOITATION).



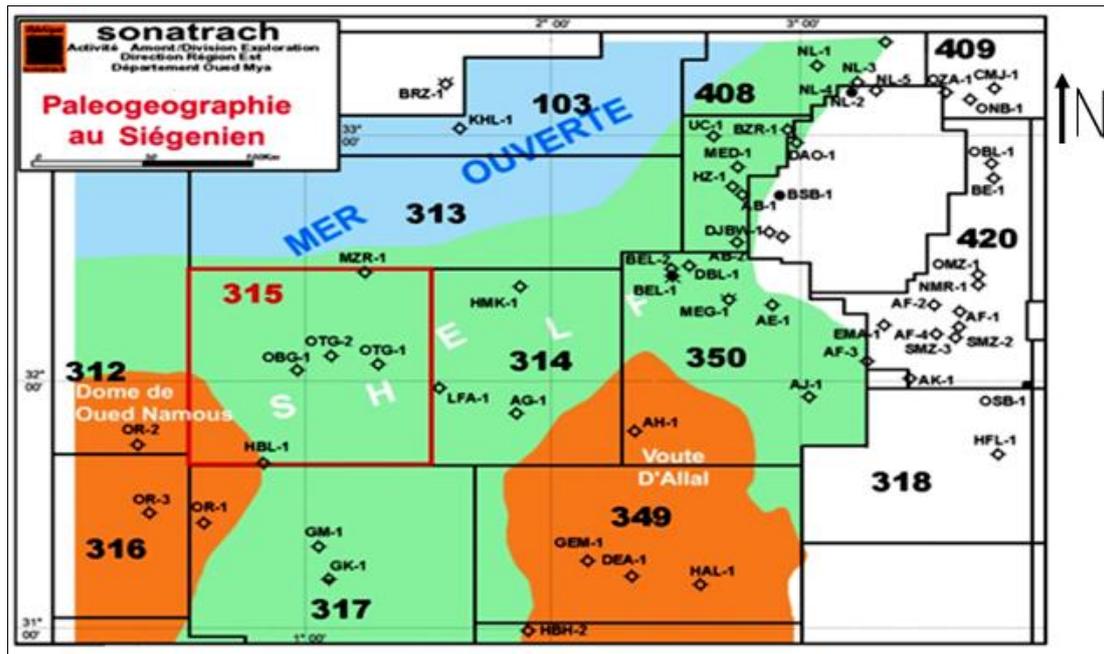
**Fig.II.11:** Modèle de dépôt du Dévonien inférieur (SONATRACH/ EXPLOITATION).

Les niveaux gréseux se développent dans le Shelf distal en forme de barres gréseuses dans la direction des côtes. (Fig.II.12) (SONATRACH/ EXPLOITATION).



**Fig.II.12 :** Paléogéographie au Gédinnien (SONATRACH/ EXPLOITATION).

Pendant le Siegénien, on assiste à une chute relative du niveau marin qui provoque une migration nord-ouest de la pente vers le sillon de Benoud et l'installation de l'environnement du Shelf dans toute la région de Djofra. (Fig.II.13) (SONATRACH/ EXPLOITATION).



**Fig.II.13:** Paléogéographie au Siégénien (SONATRACH/ EXPLOITATION).

## 6. Résultats et cadre pétroliers

Un total de neuf puits d'exploration a été réalisé dans le périmètre de Djofra avec des résultats négatifs à l'exception du puits HMK-1 où quelques indices d'huile ont été enregistrés (60 litres d'huile récupérés en test de formation)

Une faible production d'huile est à signaler dans la bordure est de la région de Djofra du bloc 350 où l'on a enregistré 3 à 4 m<sup>3</sup>/h d'huile à BEL-1.

L'érosion intense qui a atteint les réservoirs Dévoniens n'a pas joué en faveur d'un éventuel piégeage des hydrocarbures durant le Paléozoïque, par conséquent une migration est à considérer dans la région de Djofra, cependant les réservoirs épargnés de cette forte érosion pourraient être ceux protégés par des changements latéraux de faciès et chargés depuis la migration primaire des hydrocarbures.

La couverture des réservoirs gréseux du Dévoniens inférieur est assurée par la série évaporitique à extension régionale du Trias et du Lias, et les argiles intra Dévoniennes, les argiles noires radioactives Siluriennes, omniprésentes dans la région de Djofra, représentent la roche mère principale, cependant les argiles Frasnienne présentes uniquement au Sud-Ouest (SW) constituent une roche mère secondaire. (SONATRACH/ EXPLOITATION).

la roche mère principale, cependant les argiles Frasnienne présentes uniquement au S.

# **Chapitre III :**

# **Sédimentologie**

## 1. Introduction

L'approche sédimentologique est réalisée dans le but de mieux caractériser les réservoirs et de définir les environnements de dépôt en utilisant différentes méthodes, qui sont :

- ❖ La description des carottes des différents puits.
- ❖ Le découpage séquentiel qui nous permet de voir l'organisation des corps gréseux et leur succession dans l'espace et dans le temps, afin d'établir des corrélations et de retracer l'évolution des réservoirs.

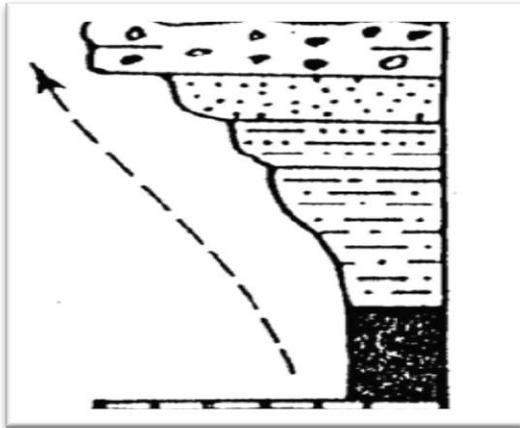
## 2. Rappels théoriques

- ❖ **Facies** : La notion de facies correspond à la description de l'ensemble des caractéristiques lithologiques (lithofacies) et paléontologiques (biofaciès) d'un dépôt. d'après O. SERRA (1985).
- ❖ **Séquence** : Une séquence est une succession des couches génétiquement liées, et limitées à la base et au sommet par des discontinuités.

On définit deux types de séquences :

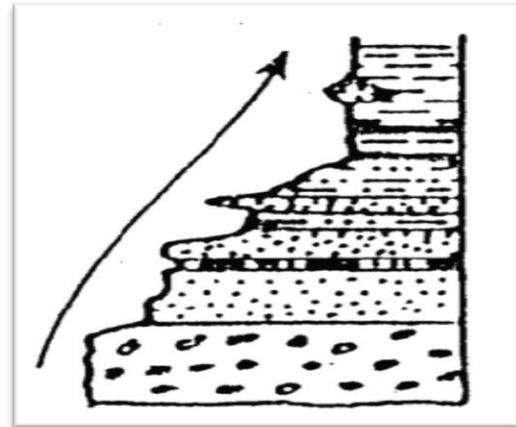
**-La séquence positive** : C'est une séquence à évolution grano-décroissante, les particules évoluent des plus grossières aux plus fines vers le haut. (Fig.IV.1)

**-La séquence négative** : C'est une séquence à évolution grano-croissante, les particules évoluent des plus fines aux plus grossières vers le haut. (Fig.IV.2)



**Fig.IV.1 : Séquence négative**

Grano-croissance



**Fig.IV.2 : Séquence positive**

Grano-décroissant

❖ **L'analyse séquentielle**

L'analyse séquentielle est une méthode objective qui consiste à rechercher les successions cohérentes et répétitives de faciès qui constituent les séquences

❖ **Les discontinuités**

Elles traduisent un arrêt de la sédimentation accompagné ou non d'une érosion, elles permettent aussi de définir les séquences déterminer leur ordre

Ordre séquentiel	dénomination	Anatomie et échelle de faciès	sédiment	mécanismes	discontinuités
0	Lamine	Feuillets microfaciès	Processus sédimentaire, feuillet stromatolitiquesvarvaires	Phénomène météorologique, ou climatologique de courte durée, marée	Sans discordance
1	Banc	Macrofaciès	Milieu de sédimentation intertidal	Hydrodynamisme, aérodynamisme, chimisme	Joint, diastème
2	Rythme	nappe	Environnement : plate-forme	Mécanisme de nappes sédimentaires	Surface durcie perforée, ravinement
3	Membre	Mésofaciès	Situation dans l'aire de sédimentation	Variation de la mécanique des nappes sédimentaire	Surface durcie perforée, ravinement, ferruginisation
4	Formation	corps	Type de sédimentation : delta	Mécanique des corps sédimentaires	Surface durcie ferruginisée, condensation de faune, plaquage béchique ou conglomératique ravinement
5	Série	Mégafaciès	Grande lithofacièssilicoclastique	Dynamisme du bassin, subsidence	Discordance cartographique, polyzone de condensation
	Groupe	Bassin	Grande type sédimentaire : molasse, flysch	Variation de paramètres océanologique	Discordance, vacuité
7	Faisceau	Gigafaciès	Type de remplissage : géosynclinale plate-forme	Destruction et reconstitution de la Pangée	Discordance, magmatisme, métamorphisme.
8	Superfaisceau	Croûte	Evolution du remplissage : géosynclinale plate-forme stable	Constitution crustale, réarrangement géochimique du manteau supérieur	Epaississement de la tectosphère, vacuite à l'échelle des ères

**Tableau N°01 : caractères des ordres séquentiels (d'après KAZI –TANI .1986)**

## **2.1. Critères d'identification du milieu de dépôts**

La détermination des milieux de dépôts est un élément essentiel pour la caractérisation du réservoir et l'étude d'un bassin sédimentaire. En plus des méthodes diagraphiques, pour l'identification des milieux de dépôt il y a :

### **2.1.1. Les Structures Sédimentaires**

La reconnaissance des structures sédimentaires permet souvent d'introduire des précisions importantes dans l'étude des séquences sédimentaires et de mieux définir les milieux de dépôts, ainsi que de préciser les conditions hydrodynamiques de transport des particules (énergie et type de courant).

Une structure sédimentaire observée n'est généralement pas caractéristique d'un milieu déterminé, c'est l'association de diverses structures ainsi que leurs fréquences qui permet d'apporter des précisions sur le milieu de dépôt et l'environnement. Nous avons sélectionné les structures les plus courantes rencontrées et on distingue :

#### **2.1.1. A. Les structures Liées à l'activité Des Organismes**

C'est l'ensemble des activités d'organismes vivants. Une bioturbation est un signe d'oxygénation du milieu de sédimentation, les milieux anoxiques étant peu propices au développement de la faune. Les indications qu'elles fournissent sur les conditions du milieu de sédimentation sont très faibles.

##### **- Tigillites (skolitos)**

Elles sont localisées dans les grés à granulométrie fine et moyenne et dans les silts ou les argiles .sous forme de tubes verticaux bien développés remplis d'un matériel plus fin ou plus grossier.

Les tigillites sont connues dans le monde entier et caractérisent un milieu peu profond ou l'action des vagues se fait ressentir.

### **2.1.1. B. Les structures liées à l'action des courants**

La plupart des structures rencontrées dans les formations détritiques sont d'origine hydrodynamique. Elles représentent la réponse d'un sédiment meuble à l'intensité et la direction du courant. L'organisation verticale des structures sédimentaires reflète la variation d'énergie, les apports et la granulométrie. Les structures liées à l'action des courants se présentent dans l'ordre suivant :

#### **- Stratifications horizontales**

Ces stratifications sont surtout présentes dans les niveaux moins grossiers, elles traduisent un environnement de dépôt à régime d'écoulement laminaire de faible énergie. Ce type de structures présente parfois une horizontalité parfaite et quelque fois légèrement ondulée.

#### **- Stratification planes parallèles**

Ces stratifications sont essentiellement associées aux dépôts grossiers et fins, elles présentent un pendage variant de 15° à 30° avec l'horizontale. La formation de ces dépôts nécessite l'existence périodique de courants faibles et forts (phase de crue et décrue).

#### **- Stratifications obliques entrecroisées**

Ces structures sont formées par l'entrecroisement de faisceaux de litages obliques, ces litages sont courbés ce qui les présente sous forme arquée. Cet entrecroisement est dû aux déplacements latéraux des rides discontinues ou bien aux chenaux en tresses.

#### **- Stratifications lenticulaires (lenticular –bedding)**

Lorsqu'une zone de dépôt est soumise épisodiquement à un courant porteur de sable, les rides peuvent être isolées et former des lentilles sableuses au sein d'un sédiment argileux.

#### **- Stratification ondulées (wavy bedding)**

Les stratifications ondulées sont dues aux variations d'énergie, comme lors des crues ou des décrues fluviales .ou lors des phases de flot.

### **2.1.1. C. Les structures liées au déplacement du dépôt sédimentaire**

#### **- Structures slumpées**

Ce terme générique recouvre l'ensemble des déformations qui résultent du mouvement et du déplacement de couches sédimentaires, en général sous l'action de la gravité.

### **2.2. Les différents milieux de dépôts**

Pour la reconstitution des environnements sédimentaires anciens on utilise l'analyse séquentielle et l'information fournie par les organismes fossiles. Le tableau N°02 résume les différents milieux de dépôt :

Domaine de sédimentation	environnement	Facies	Structure sédimentaire	Type de séquence
continental	<p><b>Désertique</b> : vaste étendue de sable moyen à fin</p> <p>-végétation inexistante</p> <p>-climat aride ou semi -aride</p>	<p>Dépôts éoliens qui sont :</p> <p>-dunes : un ensemble de dunes constitué des ergs.</p> <p>-sebkha : bassin de sédimentation surtout évaporitique</p>	<p>Stratification entrecroisées.</p> <p>Rides</p>	
	<p><b>Fluviale</b> : sédiment qui s'accumulent par ruissèlement d'eau</p> <p><b>-système fluviale en tresse :</b></p> <p>-Zone a gradient topographique important</p> <p>-charge sédimentaire variable.</p> <p>-faible sinuosité majeur.</p> <p><b>-système fluviale à méandres :</b></p> <p>-Pourcentage d'argiles plus important.</p> <p>-un seul chenal unique très sinueux</p>	<p><b>Dépôts de chenaux</b> : se manifeste par des séquences à base érosive.</p> <p>-des dépôts grossiers.</p> <p><b>Dépôts de barres</b> : forment le sommet des séquences, sable moyen à fin.</p> <p><b>Dépôts de chenaux</b> : à prédominance sableuse, grossière à la base.</p> <p>-Dépôts fins au sommet.</p> <p>-alternance de sable fin et des argiles à l'extrême sommet avec des traces de racines</p>	<p>-Stratification de type feston.</p> <p>-Stratification obliques.</p> <p>Ride et laminations planes</p> <p>-Stratification obliques</p> <p>-Stratification entrecroisées</p> <p>-Laminations parallèles et traces de racines</p>	<p>-Séquences en forme cylindrique à évolution grano strato décroissante</p> <p>-Séquence en forme de cloche à évolution grano décroissante</p>
Domaine mixte	<p><b>-Delta</b> : c'est une accumulation sédimentaire transportée par les cours d'eau, freinée au contact d'une étendue d'eau (lac, mer, océan).</p> <p><b>-plaine deltaïque supérieurs</b> : Dominée par les fleuves.</p> <p><b>-plaine deltaïque inférieure</b> : Dans ce domaine les courants des fleuves et les actions des vagues s'affrontent</p> <p><b>-le front de delta</b> : Se trouve dans la zone profonde .caractérisée par des séquences d'énergie et de granulométrie croissante.</p> <p><b>-le pro-delta</b> : talus deltaïque.</p>	<p>-Dépôts grossier suivies de dépôts fins.</p> <p>Cordons littoraux, grés très fins</p> <p>-Argile à slumps</p> <p>Grés fins à moyens, dépôts de cordons.</p> <p>-ce sont des dépôts très fins</p>	<p>Stratification oblique et laminations planes.</p> <p>Slumps.</p> <p>Stratification obliques de haute énergie.</p>	<p>-Séquence à base ravinante et à évolution grano décroissante. (Séquence en forme de cloche)</p> <p>C'est une séquence négative (coarsening up).</p>

<b>Marin</b>	<b>Zone néritique:</b> correspond à la zone de la plate-forme continentale (entre 0 et 200m de profondeur). - <b>zone supratidale</b> : peut évoluer en lagune de basse énergie.	-éléments fins évaporites, dunes aquatiques formées de carbonates. Sous l'effet des tempêtes se forme des brèches d'érosion	-Laminations planes, traces de racines et de dessiccation ainsi que des figures d'émergence.
	<b>Zone intertidale</b> : souvent immergée, elle est soumise à l'action de la marée.	-des dépôts de haute énergie	-stratifications entrecroisées, bird eyes, Herring bores et rides de courants
	<b>Zone infratidale</b> : immergée en permanence sous l'eau.	-boue argileuse ou carbonatée, sédiments carbonates (mudstone et wackstone formes de bioclastes)	-laminations planes.
	<b>Zone bathyale</b> : talus + glacis	-dépôts de type flysch. Deep sea fan de haute énergie. Boue si l'énergie est faible.	-Laminations planes.
	<b>Zone abyssale</b> : zone de basse énergie, froide et calme.	-boue argileuse siliceuse.	

**Tableau N°02 : les différents milieux de dépôt.**

In MFD; MESLEM .I, ZID .M.A.2000

### 3. Analyse sédimentologique des puits AEH-1 et HBL-1

La description est réalisée sur les deux puits suivants : AEH-1 et HBL-1, présentant un faciès généralement gréseux et grés argileux avec des épaisseurs variables. La récupération est majoritairement complète, ainsi nous pouvons mieux suivre l'évolution verticale des formations sédimentaires.

#### 3.1. Aperçus sur le réservoir du puits AEH-1

##### ❖ . Siegénien

-Intervalle : 2090,10 - 2105,16m

-Carotte prélevée : une seule carotte a été prise dans le Siegénien.

##### ❖ . Les grès de base du Gédinnien

-Intervalle : 2415,38-2574,50m

-Carotte prélevée : deux carottes ont été prélevée dans le Gédinnien.

### 3.2. Description du faciès (macroscopie)

#### 3.2.1. Description des carottes du puits AEH-1

##### ❖ Carotte N°1 (Siegénien): 2090,10 à 2115 m

Dans ce puits le réservoir d'Archane El Halma-1 (AEH-1) est représenté par une carotte prélevée entre 2090,10 à 2115mètres de profondeurs. La carotte de cet intervalle est récupérée à 100 %, son épaisseur est de 17 m, elle est subdivisé en deux sous intervalles :

**-2090,10-2101m** : caractérisé par grés gris-beige à gris-clair parfois gris à gris-clair, très fin à fin, silico-argileux, moyennement dur à friable micacé, légèrement carbonaté. Rare niveaux de calcaire gris à blanc, microcristallin, fossilifères, dur. Joints stylolitiques d'argile noire. (Photo N° 01).



**Photo N° 1** : Carotte montrant un grés de couleur gris beige prélevé dans l'intervalle 2090,10-2101 m

**-2101-2115m** : complexe grés-argileux composé de : Grés gris-clair et gris à gris-blanc, très fin à fin, siliceux à silico-argileux, compact, dur, micacé et d'argile gris –noir, indurée, silteuse, micacé et feuilletée. (Photo N° 02).



Photo N° 02: Carotte montrant un grés du couleur gris clair prélevé dans l'intervalle 2101m -2115m

❖ **Carotte N° 02 et N°03 (Gédinnien)**

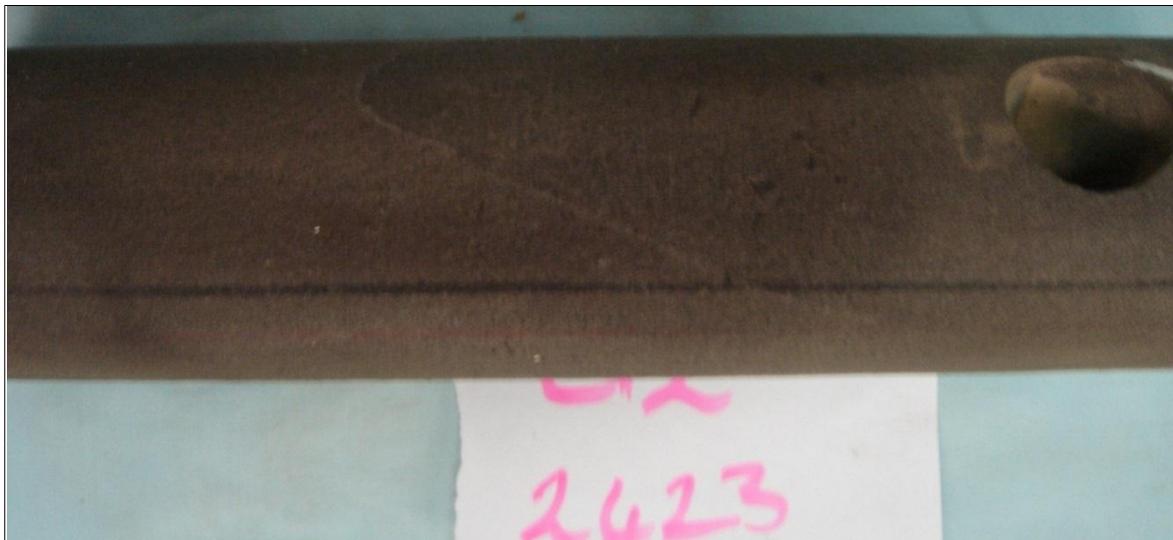
**Carotte N°02** : 2415 à 2424 m : récupéré 9 m, soit 100 %.

**-2415 à 2421,75 m** : grés gris-clair à gris-blanc parfois gris sombre à gris-beige, très fin, siliceux à silico-argileux, compact, dur, micacé. Rare fine passées centimétriques à décimétriques d'argile gris-noir, silteuse, micacée, légèrement feuilletée. (Photo N°03).



**Photo N°03:** Carotte montrant un grés de couleur sombre prélevé dans l'intervalle 2415 à 2421,75m

-2421,75 à 2424m : grés gris-sombre à gris-foncé, très fin, silico-argileux, moyennement dur à friable, micacée. (Photo N°04).



**Photo N° 04:** Photographie d'une carotte montrant un grés de couleur sombre à gris foncé prélevé dans l'intervalle 2421,75 m- 2424 m

**Carotte N° 03 :** 2569 m à 2577 m ; récupéré à 8 m, soit 100 %

-2569 à 2576m : grés gris-noir à gris-beige, très fin, argilo-siliceux à silico-argileux, compact, dur a moyennement dur, micacé avec intercalations centimétriques à décimétriques d'argile noire indurée, micacée pyriteuse. (Photo N° 05).



**Photo N° 05:** Montrant un Grés de couleur gris noir à gris beige prélevé dans l'intervalle 2569 à 2576 m

-2576 à 2577m : argile noire, indurée, finement micacée, feuilletée, localement fossilifères avec inclusions de nodules de joints de grés gris-clair, très fin, siliceux, compact, dur, micacée, présence de microfissures horizontales fermées. (Photo N° 06).



**Photo N° 06:** Montrant une argile de couleur noire prélevé dans l'intervalle 2576 à 2577m

### 3.2.2 Description lithologique du puits AEH-1



### 3.3. Les structures sédimentaires

Les structures sédimentaires observées dans les facies carottés du puits AEH-1 (Gédinnien et Siegénien) de la région de Djofra sont :

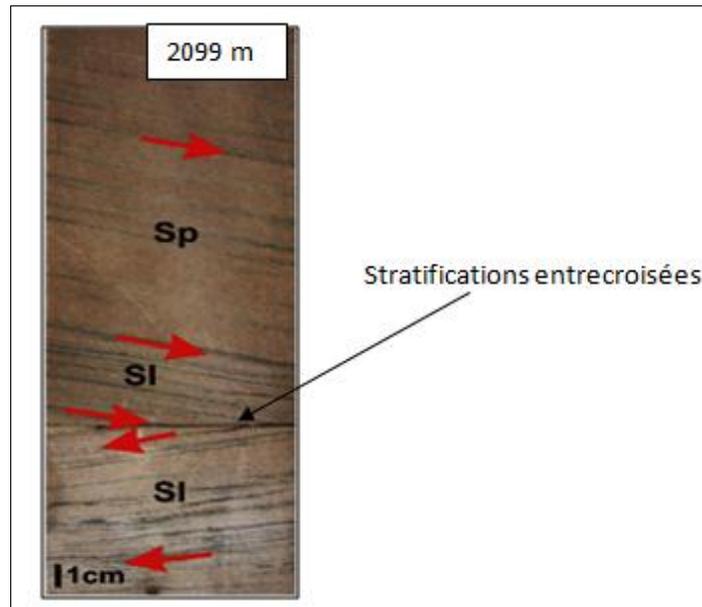
#### 3.3.1. Les structures sédimentaires liées à l'action hydrodynamique

Nous avons observé la présence de stratifications horizontales dans la profondeur 2417,6 m, qui indiquent un milieu de dépôt calme (hydrodynamisme faible), (Photo N°07)



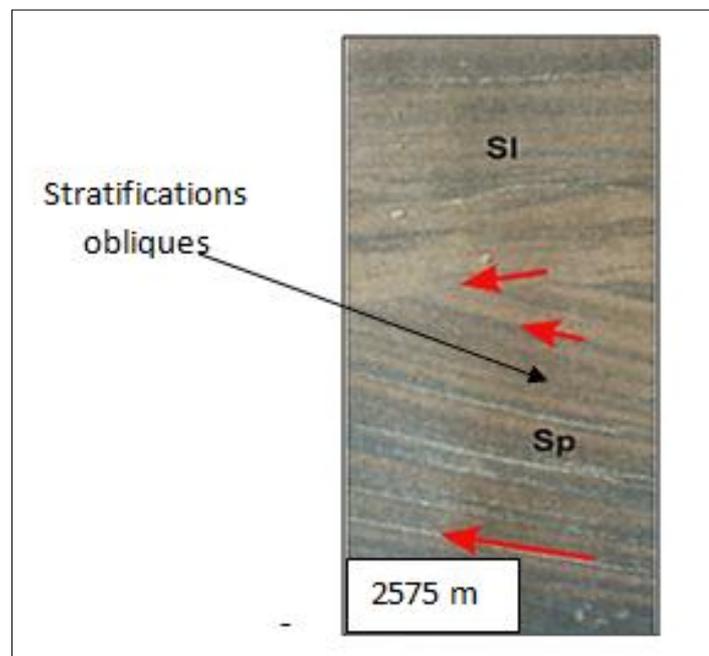
**Photo N° 07 : Echantillon de carotte montrant les grés à stratifications planes dans le puits AEH-1**

- Dans la côte 2099 m des Stratifications entrecroisés sont observées (Photo N° 08)



**Photo N° 08:** Echantillon de carotte montrant les grés à stratifications entrecroisées dans le puits AEH-1

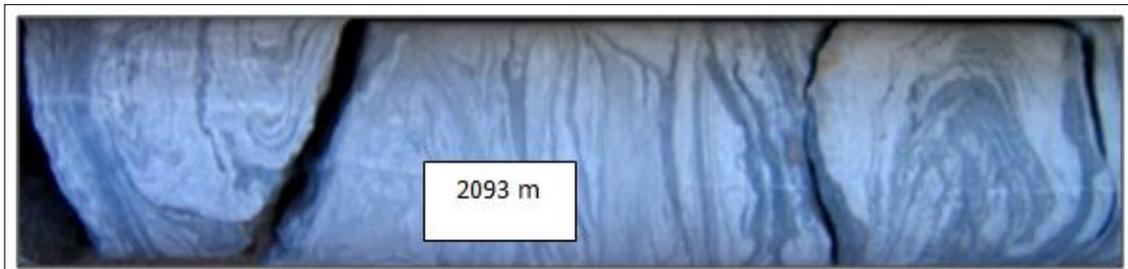
Et Plus haut dans la côte 2575m nous constatons la présence de stratifications obliques. Ces dernières caractérisent probablement un milieu mixte (littoral). (Photo N°09)



**Photo N°09 :** Echantillon de carotte montrant les grés à stratifications obliques dans le puits AEH-1

### 3. 3.2. Les structures de glissement

Nous avons observé des slumps à la profondeur (2093 m) qui indique une instabilité sédimentaire sur une pente, et la charge des sédiments. (Photo N°10)



**Photo N°10 :** Echantillon de carotte montrant un slump dans les grés de Djofra, puits AEH-1

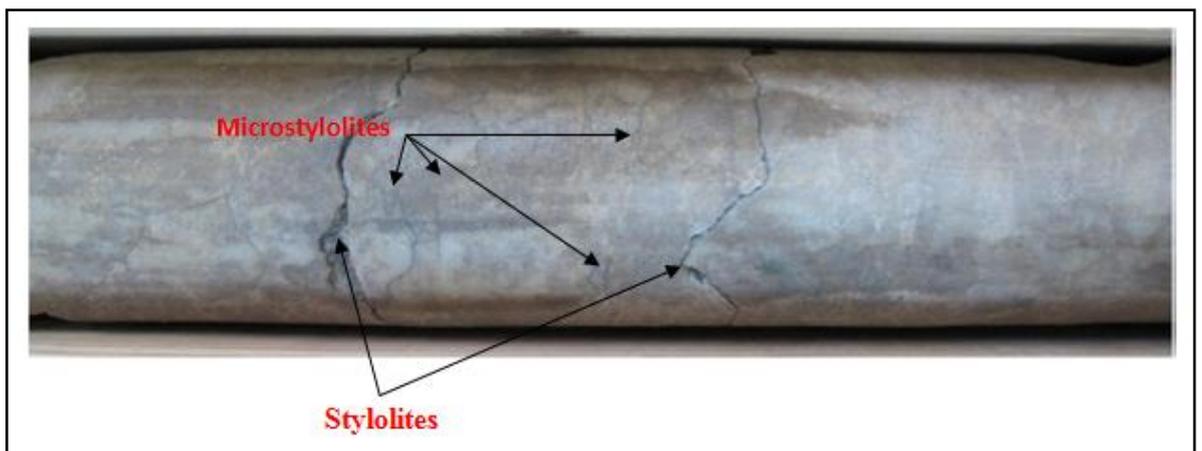
### 3.3.3 Les structures sédimentaires d'origine biologiques

Nous avons observé des traces d'activité animales sous forme de terriers qui traversent verticalement les carottes. Ce sont des tigillites. Elles sont présentes dans les grés et les argiles sous forme des tubes verticaux nettement bien développé, fin centimétriques ; généralement remplis de sédiments plus fins ou plus grossier que celui qui les environne. Ces structures caractérisent un milieu où l'action des vagues se fait ressentir, c'est un milieu marin peut profond, (skolithoshaldmane, 1840). (Photo N°11).



**Photo N° 11 :** Echantillon de carotte montrant une tigillite dans les grés de Djofra, puits AEH-1 **3.3.4. Les structures diagénétiques**

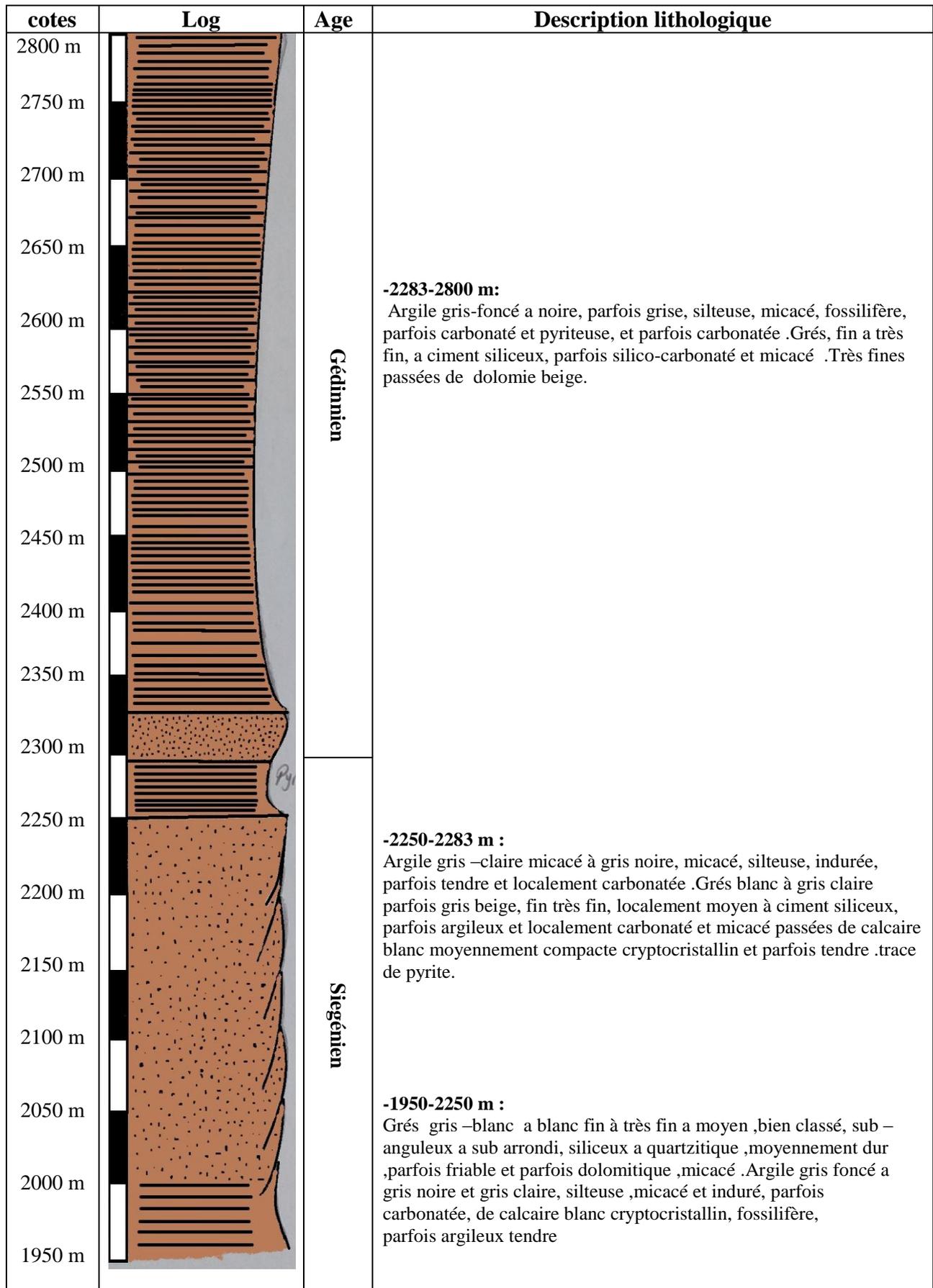
Outre les structures hydrodynamiques et biologiques, des structures diagénétiques s'observent, notamment les joints stylolitiques horizontaux. Ce sont des structures qui ressemblent à des sutures zigzagantes, prismatiques ou dentelées soulignées par un mince enduit sombre insoluble qui correspond aux éléments traces de la roche encaissante. Elles forment des rubans simples ou divisés, donnant des branches subparallèles. Ils résultent d'un phénomène de dissolution de la roche par compaction durant la diagénèse. (Photo N°12)



**Photo N° 12 :** Photo montrant les stylolites et les microstylolites.

#### 4. Réservoir du Puits HBL-1

##### 4.1. Description lithologiques



**Fig.IV.4: Log Lithologique de puits HBL-1**

## 5. Milieux de dépôt

Le Dévonien est affecté par l'érosion hercynienne. Elle est de plus en plus importante du Sud (S) vers le Nord (N) et le Nord-Est (NE).

Les faciès gréseux avec des ciments à dominance argileuse, s'épaississent vers le Sud (S), c'est-à-dire vers le bassin de Gourara et se biseautent sous la discordance hercynienne vers le môle de Tilrhemt au Nord-Est (NE) et la voute d'Allal vers le Sud-Est(SE).

Le toit du Silurien radioactif marque la fin d'une transgression marine, donnant lieu à une surface de maximum d'inondation. Sur cette surface, le Gédinnien développe des progradations downlap visibles sur les sections sismiques.

Ces surfaces de progradation annoncent le début d'une séquence de prisme de haut niveau marin où il y'a développement de sigmoïdes aux toits desquels on observe des corps gréseux pouvant former de bons réservoirs.

Le milieu de dépôt du Gédinnien de la région de Djofra correspondrait à un milieu de shelf distal dans la partie Sud-Est (SE) qui évolue vers des dépôts de pente vers le Nord-Ouest (NW) et franchement marin ouvert vers l'extrême Nord (N) vers le sillon de Benoud.

Quant au Siegénien, il repose directement sur le Gédinnien avec un changement de paléogéographie caractérisé par la présence de bioturbations.

Les rides de courants, les stratifications ondulées, qui sont signalées et décrites par les géologues de SONATRACH, mais que nous n'avons pas pu voir sur les photos, témoignent d'un milieu de shelf proximal avec influence des marées.

## 6. Conclusion

Après l'analyse macroscopique des carottes, il s'est avéré que les grés du Dévonien inférieur de la région Djofra, se sont déposés dans un milieu fluviaux-deltaïque.

En effet, les grés très fin à fin, moyennement à bien classés, avec parfois des inclusions d'argiles noires et la présence de stratifications obliques et tigillites indiquent une fluctuation de l'énergie du milieu de dépôt et une baisse du niveau marin.

Quant aux stratifications entrecroisées observées témoignent d'une influence fluviale.

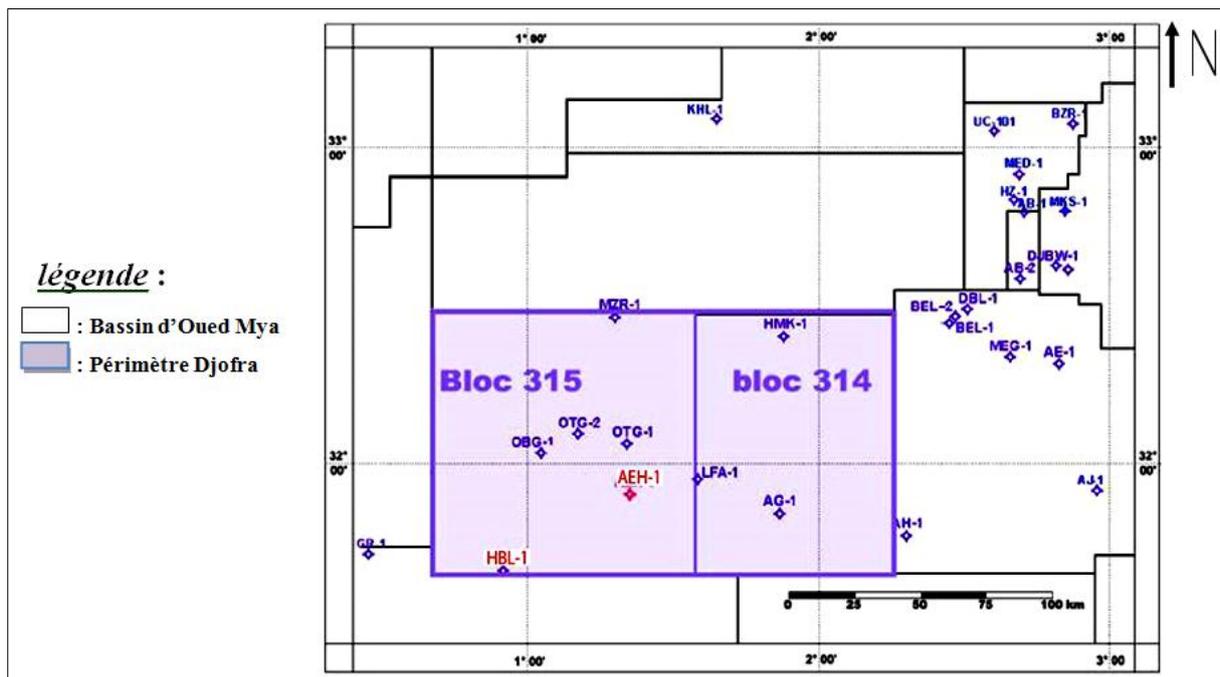
# **Chapitre IV :**

## **Etude pétrographique**

## 1. Introduction

L'étude microscopique consiste l'analyse pétrographique et minéralogique des niveaux gréseux du Siegénien et du Gédinnien (Dévonien) des puits AEH-1 et HBL-1 situés dans le périmètre Djofra bloc 315 (Fig.III.1). Cette étude est basée sur l'analyse des lames minces confectionnées à partir des carottes des puits AEH-1 et HBL-1.

L'objectif est de déterminer les constituants pétrographiques .



**Fig. III.1** : Plan de position des puits AEH-1 et HBL-1

## 2. Méthodologie

L'étude pétrographique est basée sur la description des lames minces au microscope optique polarisant. Cette technique permet de déterminer :

- Le diamètre moyen et maximal des grains de quartz, leur classement et leur morphoscopie.
- les types de contacts entre les grains et leur fréquence.
- les pourcentages des éléments figurés et des ciments.
- les différents types de réseaux poreux et leurs proportions.

Les tableaux qui suivent montrent le nombre d'échantillons analysés pour chaque puits.

<b>Puits</b> <b>Formation</b>	<b>AEH-1</b>
<b>Siegénien</b>	22
<b>Gédinnien</b>	12
<b>Total</b>	34

**Tableau 1** : Montre le nombre d'échantillons analysés en pétrographie de puits AEH-1

<b>Puits</b> <b>Formation</b>	<b>HBL-1</b>
<b>Siegénien</b>	50
<b>Gédinnien</b>	18
<b>Total</b>	68

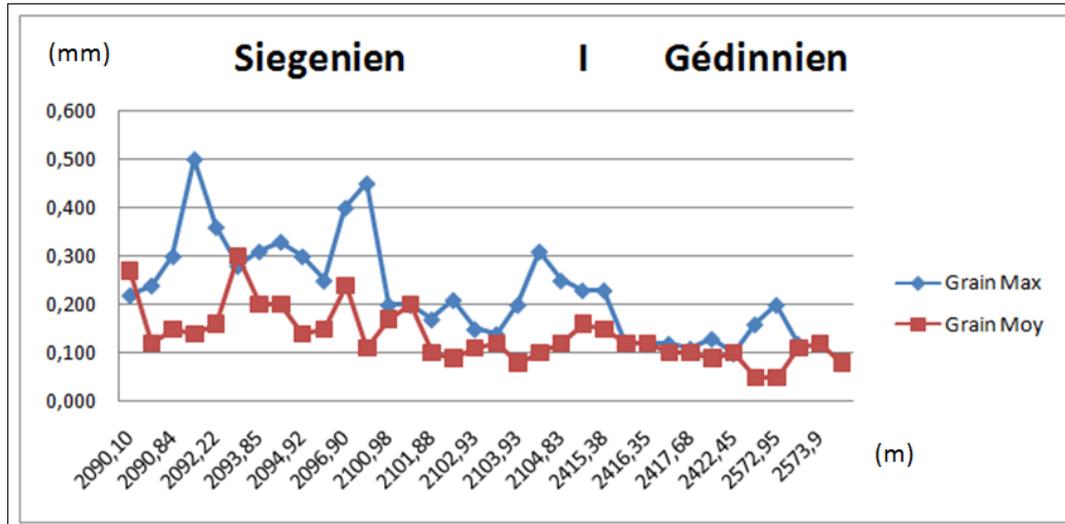
**Tableau 2** : Montre le nombre d'échantillons analysés en pétrographie de puits HBL-1

### 3. Pétrographie du puits AEH-1

#### 3.1. Les éléments figurés

##### ❖ Les grains de quartz

L'observation au microscope polarisant des échantillons du Siegénien et du Gédinnien du puits AEH-1, montre que les grains de quartz constituent l'élément principal de ce réservoir (peuvent atteindre jusqu'à 77%). Ils sont généralement fins à très fins. Leur classement est moyen à mauvais et leur morphoscopie est sub-anguleuse à sub-arrondie et anguleuse à sub-anguleuse. Elle est en fonction de la taille des grains (Fig.III.2). Les contacts entre ces grains de quartz sont le plus souvent droits à concavo-convexes, rarement suturés. Ces contacts reflètent le degré de compaction de la roche et de la fréquence des différents ciments. (Voir planche photo en page 69, photo N27).



**Fig. III.2** : Log granulométrique du puits AEH-1

#### ❖ Les micas

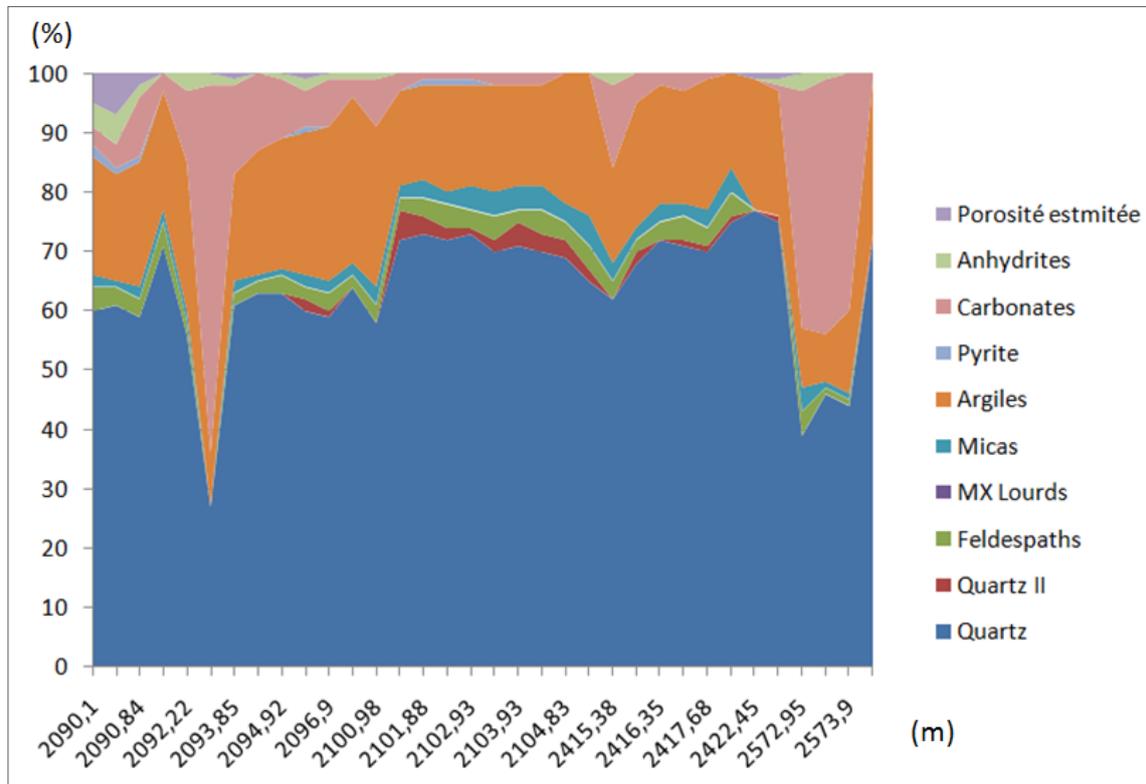
Ils sont de deux types, la muscovite et la biotite. Leur pourcentage total varie de 1% à 5 % (voir planche photo en page 65, photo N23). Il est à noter que les micas noirs (biotite) sont fréquemment transformés en illite ou en chlorite.

#### ❖ Les feldspaths

Ce sont des plagioclases, omniprésents dans tous les échantillons analysés. Leur pourcentage peut atteindre jusqu'à 4 %. Ils sont fréquemment transformés en kaolinite.

#### ❖ Les minéraux lourds

Suite à leur grande résistance aux altérations et aux transformations durant les périodes de transport et de sédimentation, seuls le zircon et la tourmaline sont présents sous forme de traces dans certains échantillons des faciès étudiés (voir planche photo en page 68, photo N 24).



**Fig. III.3:** Log pétrographique du puits AEH-1

### 3.2. Les ciments

Les ciments sont argileux, carbonatés, siliceux, parfois évaporitique et accessoirement pyriteux et ferrugineux.

#### ❖ Le ciment argileux

Il s'agit du ciment le plus abondant (26%), Il est composé d'illite de chlorite et de kaolinite. La chlorite et l'illite sont mises en évidence directement sous le microscope ; la chlorite est plus importante que l'illite, elle se dispose soit en franges autour des grains de quartz, soit en plages entre les grains.

L'illite qui est moins présente que la chlorite, se présente en plages intergranulaires (voir planche photo en page 63, photo N04).

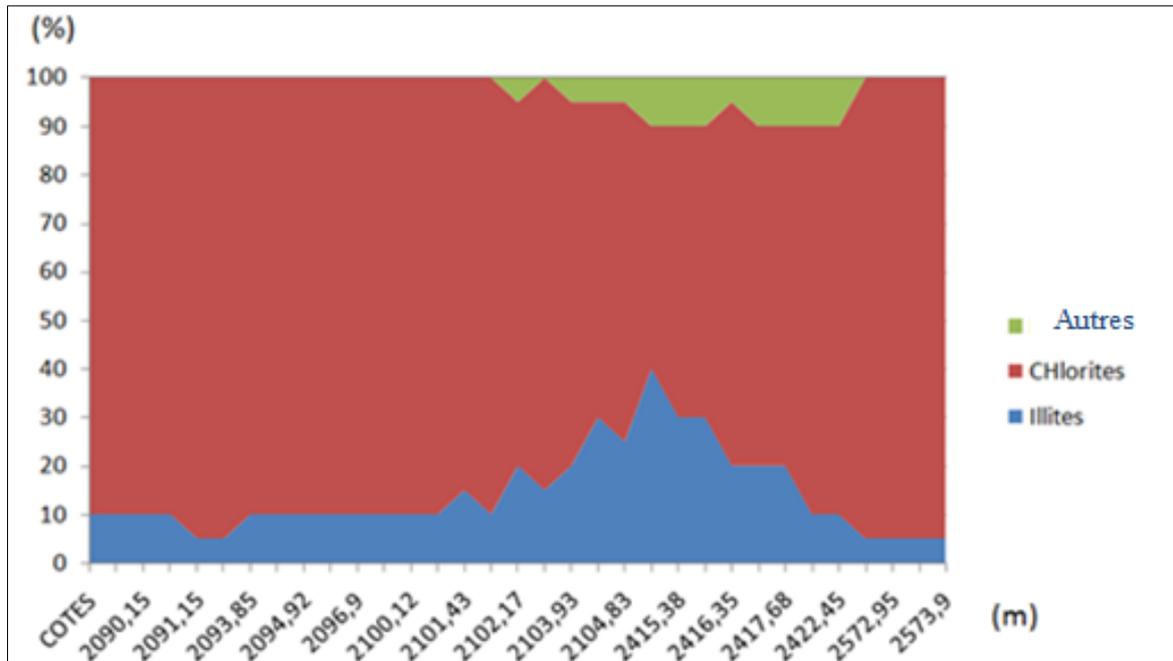


Fig.III.4:Log Minéralogique du puits AEH-1

❖ Le ciment carbonaté

Sa présence est révélée par les analyses pétrographiques dans quelques échantillons . Ils sont composés par la sidérite. Dans les premiers niveaux est très important et présente presque la totalité des ciments qui peut atteindre jusqu'à 62% (côte 2092,5m et 2573m) (voir planche photo en page 67,photo N18).

❖ Le ciment évaporitique

Il est représenté par l'anhydrite et est développé dans le réseau poreux intergranulaire et par la dissolution. Sa présence est faible ; 0 % et 5 % (voir planche photo en page 66,photo N15).

❖ **Le ciment siliceux**

Il se développe autour et entre les grains de quartz. Ce ciment siliceux a une origine diverse. Une silice de nourrissage et une silice de compaction. Cette dernière difficile à distinguer et à estimer.

Le pourcentage de ce ciment siliceux oscille entre 0% et 5 %, et parfois juste en trace.

❖ Le ciment ferrugineux

L'oxyde de fer est généralement en traces dans certains échantillons analysés, Il est soit associé aux argiles soit localisé dans la porosité intergranulaire et de dissolution.( voir planche photo en page 68,photo 22)

### 3.3. La porosité

Le réseau poreux est plus ou moins important dans ce puits et parfois en trace, il peut atteindre 7 %. Il est représenté par la porosité intergranulaire et la porosité de dissolution . cette dernière est le résultat de la dissolution de la silice primaire (grains de quartz) ( voir planche photo en page 63,photo N01 ) et représente plus de 60 % du pourcentage total du réseau poreux.

## 4. Pétrographie du puits HBL-1

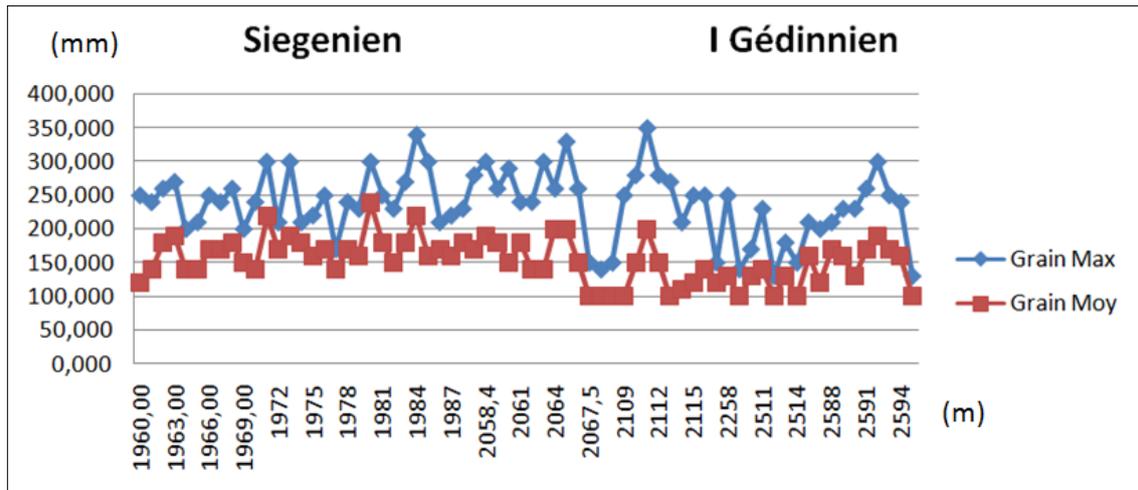
### 4.1. Les éléments figurés

#### ❖ Le quartz

L'observation au microscope polarisant des échantillons du Siegénien et du Gédinnien du puits HBL-1, montre que les grains de quartz, constituent l'élément principal de ce réservoir (peuvent atteindre jusqu'à 94%). Ils sont généralement fins à très fins.

Leur classement est moyen à bien classé. Leur morphoscopie est sub-anguleuse à sub-arrondie, Elle est en fonction de la taille des grains (Fig.III.5). Les contacts entre ces grains de quartz sont le plus souvent droits à concavo-convexes, rarement flottant. Ces contacts reflètent le degré de compaction de la roche et de la fréquence des différents ciments.

(Voir planche photo en page 65,photo N 10).



**Fig. III.5:** Log granulométrique du puits HBL-1

#### ❖ Les micas

Les micas avec un pourcentage faible à très faible, qui peut atteindre 7% dans la côte 1984 m. Ils sont représentés par la biotite et la muscovite. La biotite est souvent transformée en illite. (voir planche photo en page 65, photo N09).

#### ❖ Les feldspaths

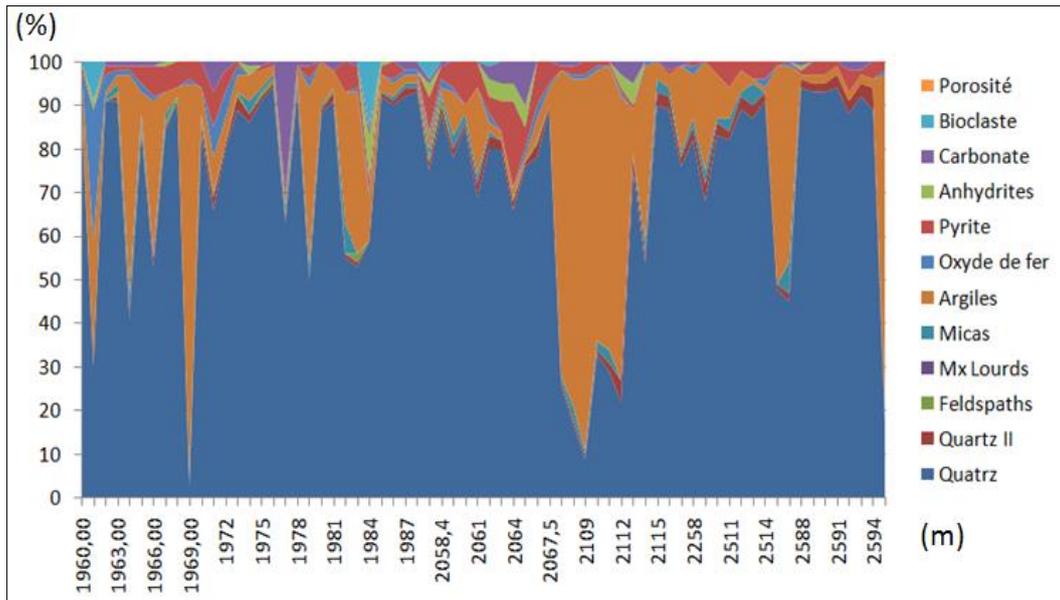
Ce sont des plagioclases, omniprésents dans tous les échantillons analysés. Leur pourcentage est nul peut atteindre 2%. Ils sont fréquemment transformés en kaolinite. (voir planche photo en page 65).

#### ❖ Les minéraux lourds

Suite à leur grande résistance aux altérations et aux transformations durant de long transport et sédimentation, seuls le zircon et la tourmaline sont présents sous forme de traces dans certains échantillons des faciès étudiés. (voir planche photo en page 68, photo 24).

#### ❖ Les Bioclastes

Les bioclastes avec un pourcentage presque nul dans le réservoir, mais parfois il peut atteindre 15% (grès uniquement à bioclastes) dans la côte 1984 m et 9% dans la côte 1961 m. (Voir planche photo en page 67, photo 19).



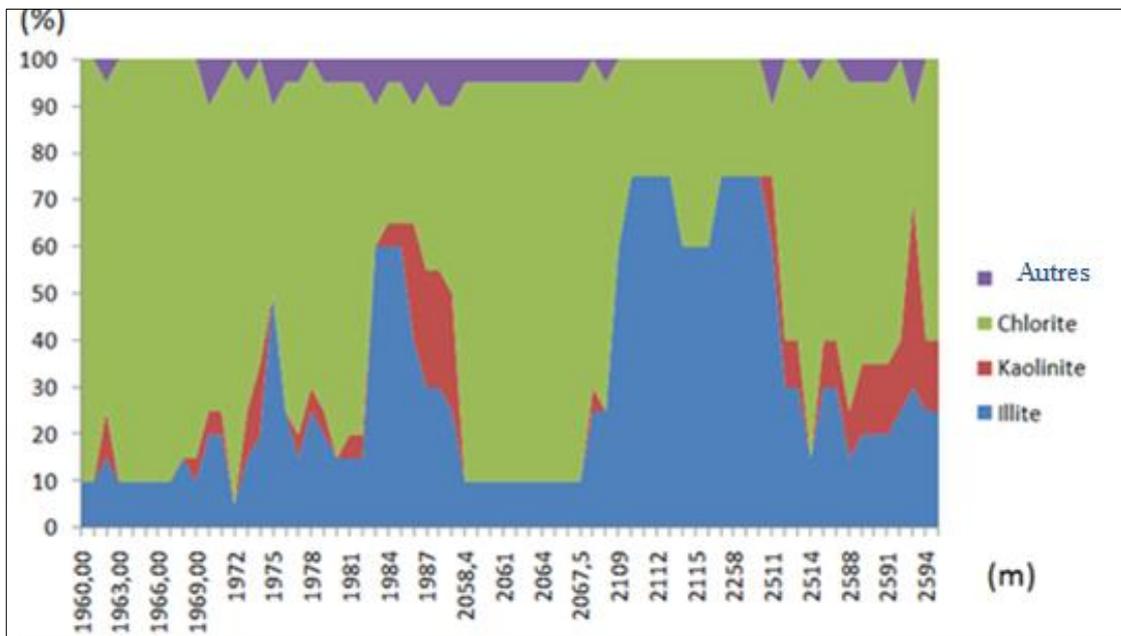
**Fig.III.6 : Log pétrographique du puits HBL-1**

**4.2 . Les ciments**

Les ciments sont : argileux, carbonaté, siliceux, et accessoirement ferrugineux

❖ **Le ciment argileux**

Il s’agit du ciment le plus abondant (varie entre 1% à 90%). Il est composé d’illite de chlorite et de kaolinite.



**Fig.III.7: Log minéralogique du puits HBL-1**

#### ❖ **Le ciment carbonaté**

Sa présence est révélée par les analyses pétrographiques dans quelques échantillons.

Ils sont composés par la sidérite. Le ciment carbonaté peut atteindre jusqu'à 30% dans le réservoir Siegénien par contre dans quelques échantillons du réservoir Gédinnien, il est en trace mais peut atteindre jusqu'au 2 % dans les cotes 2592 et 2593 m.

#### ❖ **Le ciment évaporitique**

Il est représenté par l'anhydrite et est développés dans le réseau poreux intergranulaire et de dissolution. Sa présence est faible 1% à 10 % ; (voir planche photo en page 66,photo 15).

#### ❖ **Le ciment siliceux**

Il se développe autour et entre les grains de quartz. Ce ciment siliceux a une origine diverse. Il est représenté par la silice de nourrissage (voir planche photo en page 70, photo 28) et la silice de compaction, Cette dernière difficile à distinguer et à estimer. Son pourcentage total oscille entre 0% et 5%, parfois juste en traces.

#### ❖ **Le ciment ferrugineux**

L'oxyde de fer est généralement en traces dans certains échantillons analysés, mais il peut atteindre 30% dans la cote 1961 m. Il est soit associé aux argiles soit localisé dans la porosité intergranulaire et de dissolution.

#### ❖ **Le ciment pyriteux**

La pyrite observée en lumière réfléchi est généralement faible, mais elle peut atteindre un pourcentage 20% dans la cote 2061 m.(voir planche photo en page 68,photo N 21).

### **4.3. La porosité**

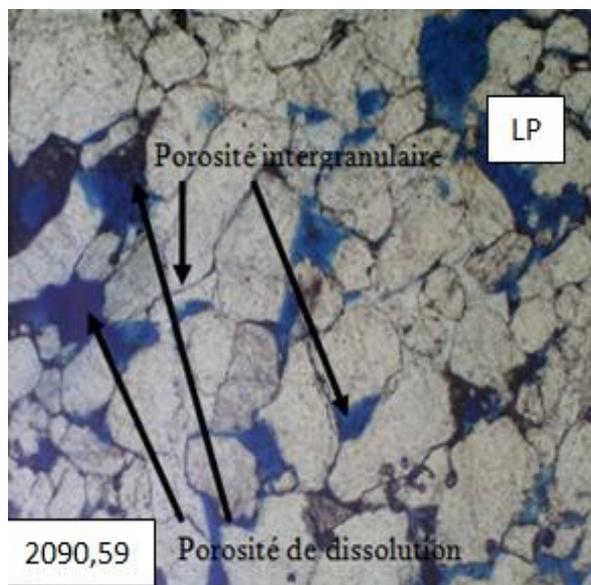
Le réseau poreux est en trace.

## **5. Conclusion**

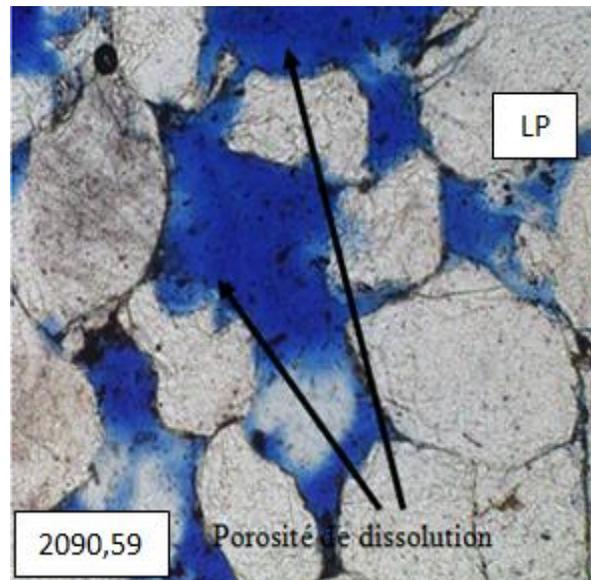
Les résultats d'analyses pétrographiques et minéralogiques montrent que les échantillons du Siegénien et du Gédinnien des puits AEH-1 et HBL-1 sont constitués de faciès gréseux composés de grains de quartz, de micas, de feldspaths et accessoirement de

minéraux lourds. Ces éléments figurés sont liés par des ciments argileux, carbonatés, accessoirement siliceux et pyriteux.

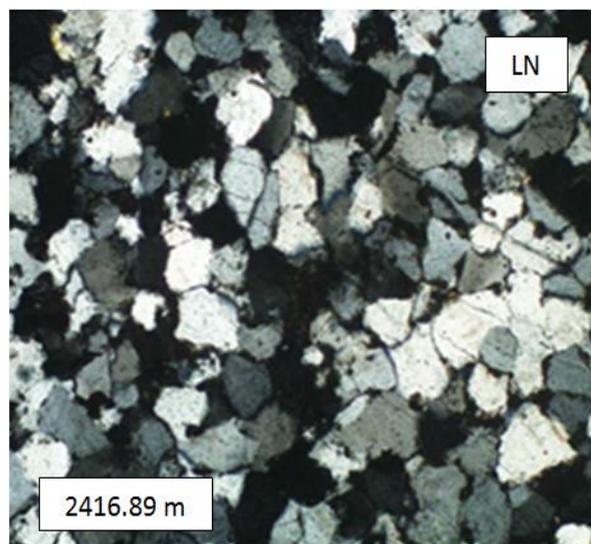
*Planche photo*  
*(Microscope optique)*



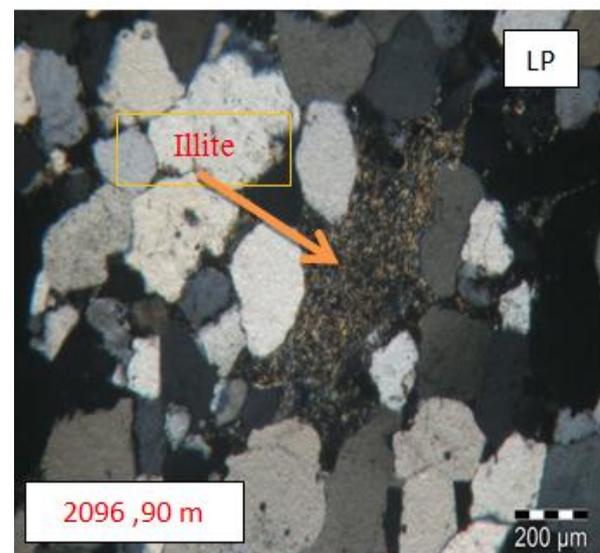
**Photo N°1 :** Puits : AEH-1, X 40 Illustration de réseau poreux intergranulaire et de dissolution de la silice



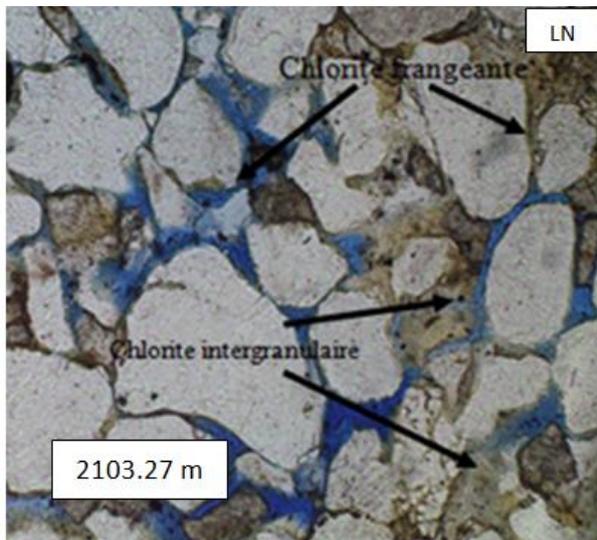
**Photo N°2 :** Puits : AEH-1, X 100 création du réseau poreux de dissolution par biais de la silice



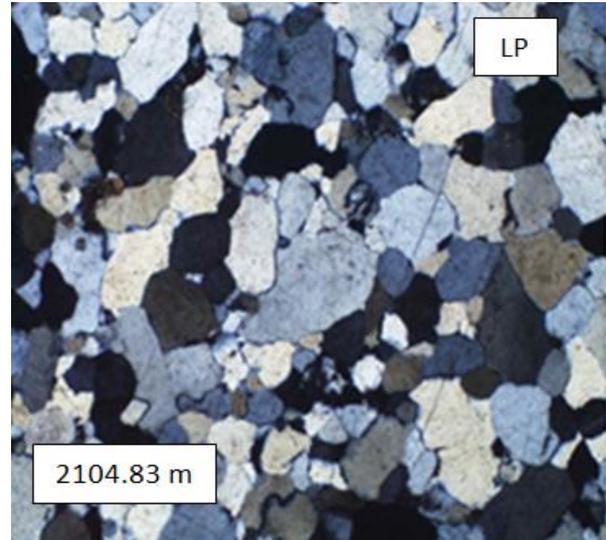
**Photo N°3 :** Puits AEH-1, X 4.  
Facies globale montrant un Grés mal a Moyennement classé, sub-anguleux a sub-arrondis



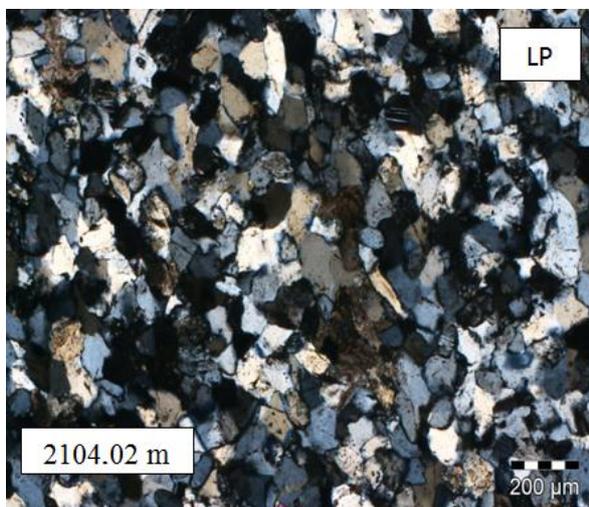
**Photo N° 4 :** puits AEH-1  
mise en évidence du développement du ciment argileux de type illite.



**Photo N° 5 :** Puits : HBL-1, X 100  
Développement de ciment argileux type chlorite frangeante et sub- intergranulaire.

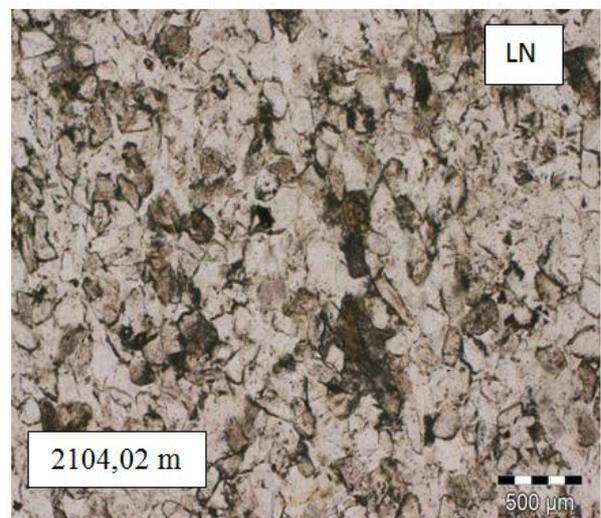


**Photo N° 6 :** Puits : HBL-1, X 100  
facies global montrant un Grès moyen rarement fin, moyennement a mal classé, Anguleux à sub-arrondis, et à contacts concavo- Convexe a droit parfois suturés

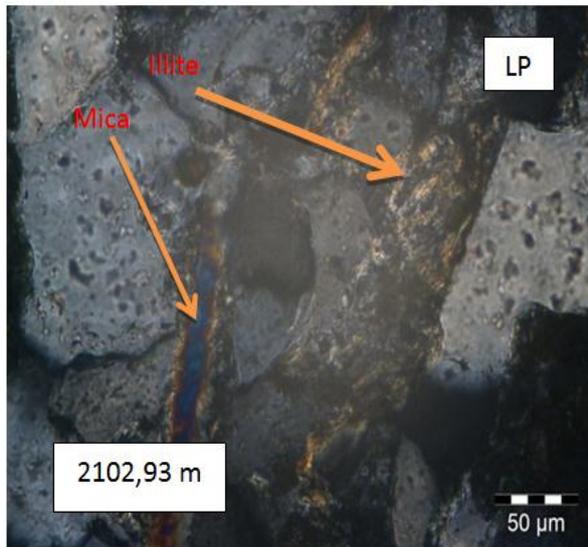


**Photo N°7 :** Puits AEH-1, X 4

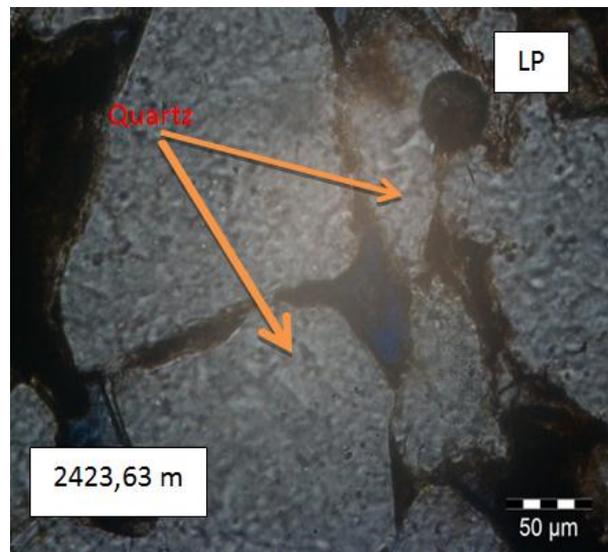
Vue globale montrant un grès très fin, moyennement classé, sub-anguleux à anguleux et contacts droits à concavo-convexes.



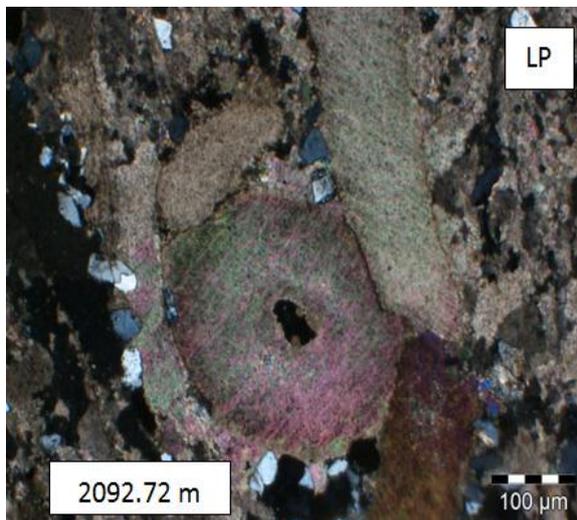
**Photo N° 8 :** Puits AEH-1, X 2



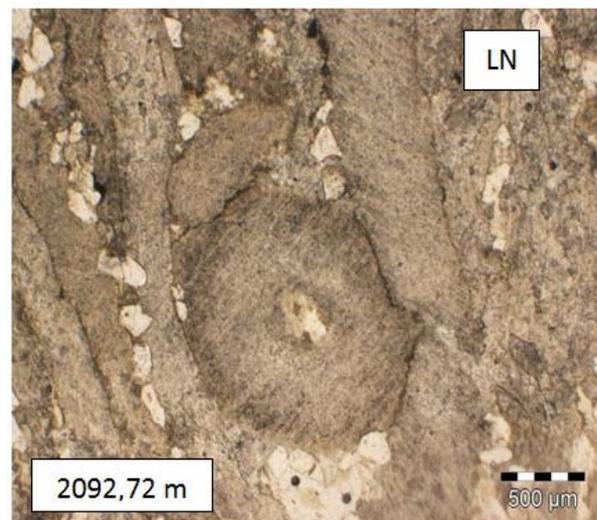
**Photo N° 9 :** Puits HBL-1, X 20  
photo montrant un ciment Argileux de type Illite intergranulaire



**Photo N° 10 :** Puits : AEH-1, X 20  
Trace de porosité primaire intergranulaire.

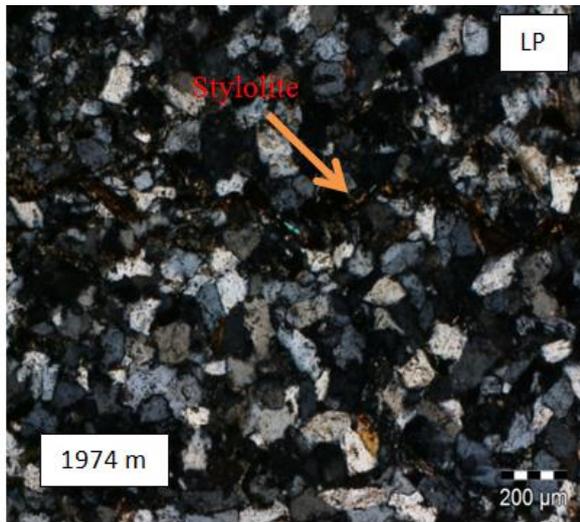


**Photo N° 11 :** Puits AEH-1, X 10

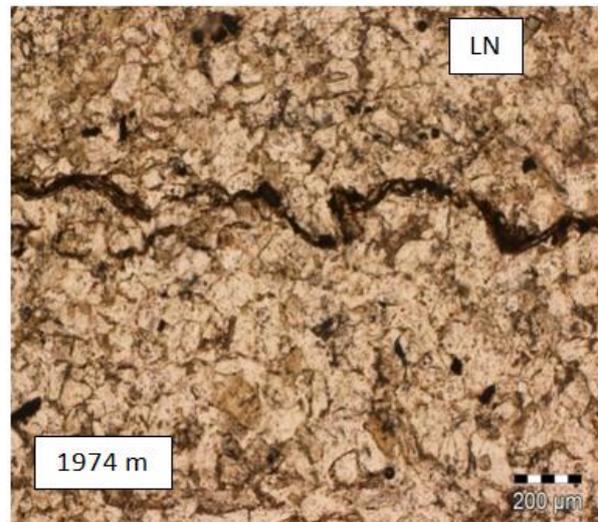


**Photo N°12 :** Puits AEH-1, X 2

Illustration d'une forte précipitation des carbonates associés aux débris de bioclastes

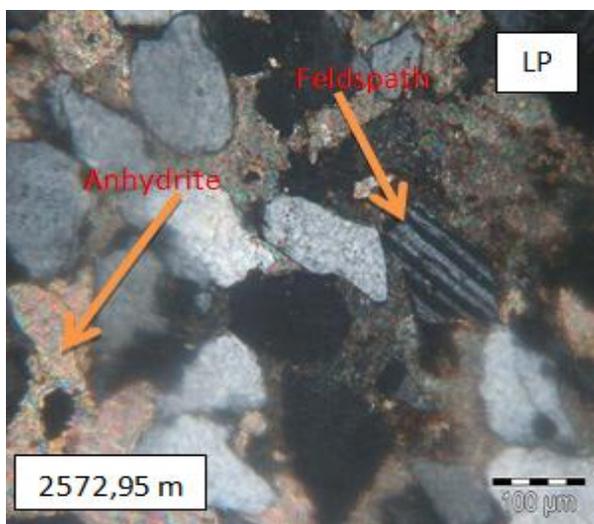


**Photo N° 13 :** Puits HBL-1, X 4



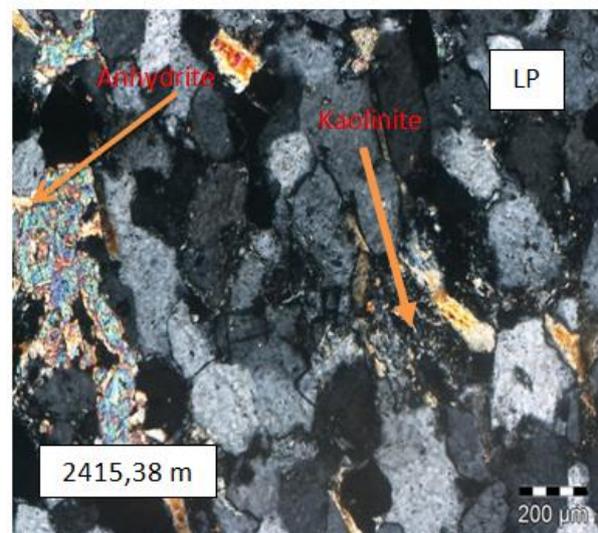
**Photo N°14 :** Puits HBL-1, X 4

Photo montrant des stylolites due à la compaction



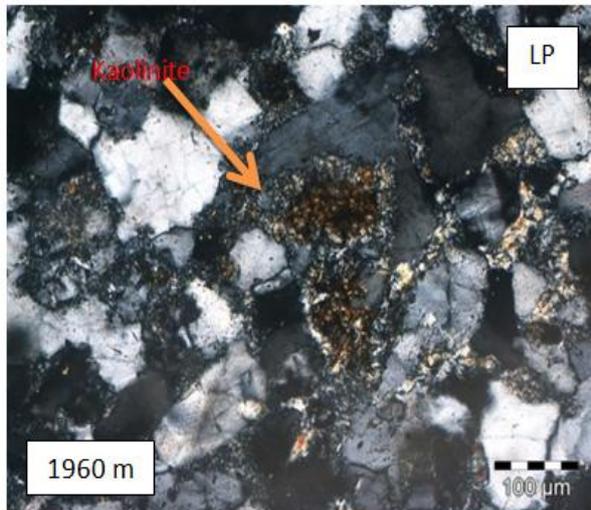
**Photo N°15 :** Puits HBL-1, X 10

Mise en évidence du développement du ciment évaporitique type anydritique



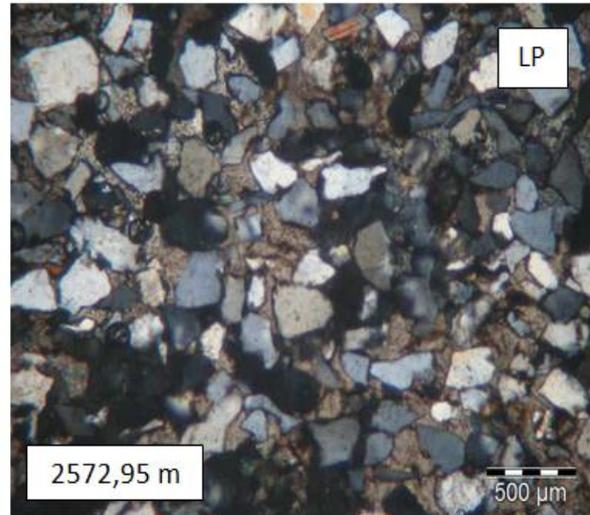
**Photo N°16 :** Puits AEH-1, X 4

photo montrant la kaolinite.



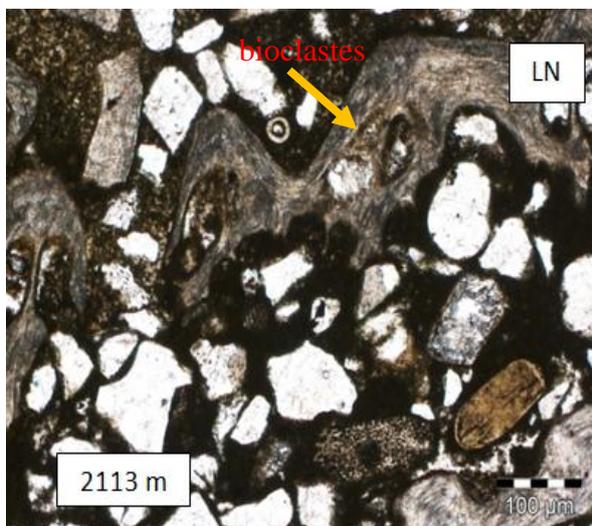
**Photo N°17 :** Puits HBL-1, X 10

Photo montrant la précipitation  
de la kaolinite dans un réseau poreux



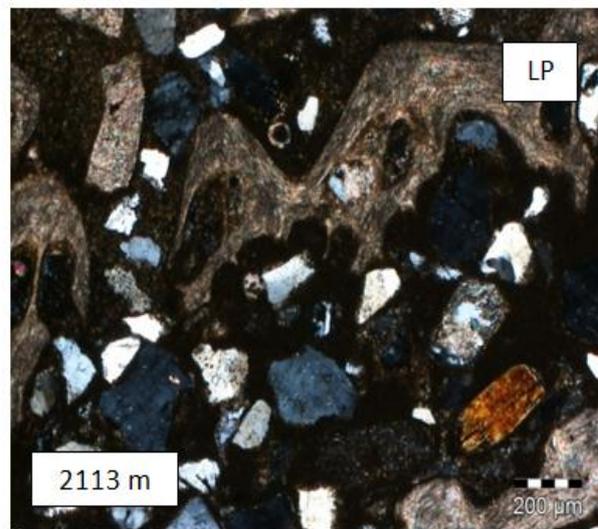
**Photo N°18 :** Puits AEH-1, X 2

Photo montrant la précipitation des  
carbonates dans un réseau poreux

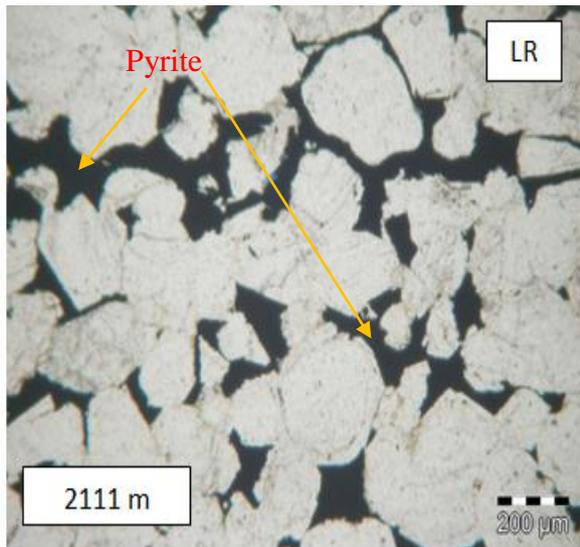


**Photo N°19 :** Puits HBL-1, X 10

Photo montrant l'abondance des bioclastes.

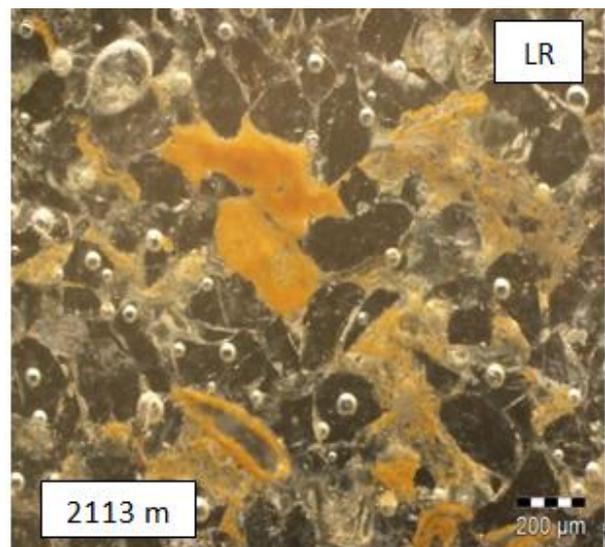


**Photo N°20 :** Puits HBL-1, X 4



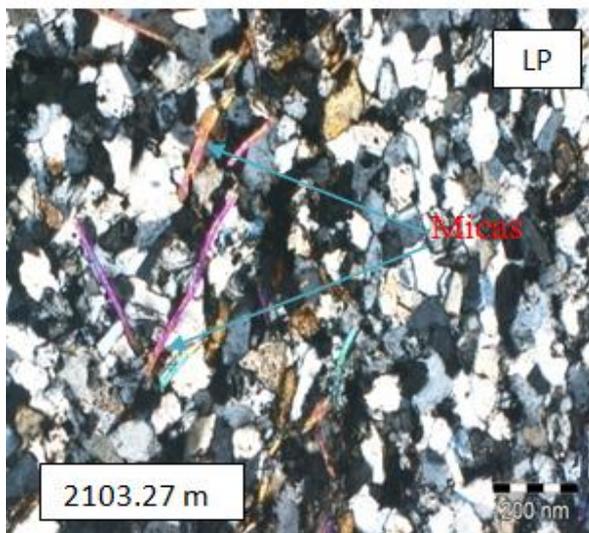
**Photo N° 21 : Puits : HBL-1, X 10**

Photo montrant la pyrite



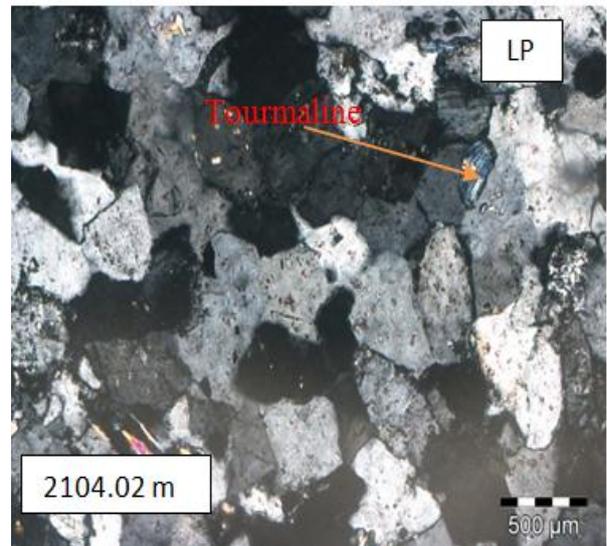
**Photo N°22 : Puits : AEH-1, X 4**

Photo montrant l'oxyde de fer



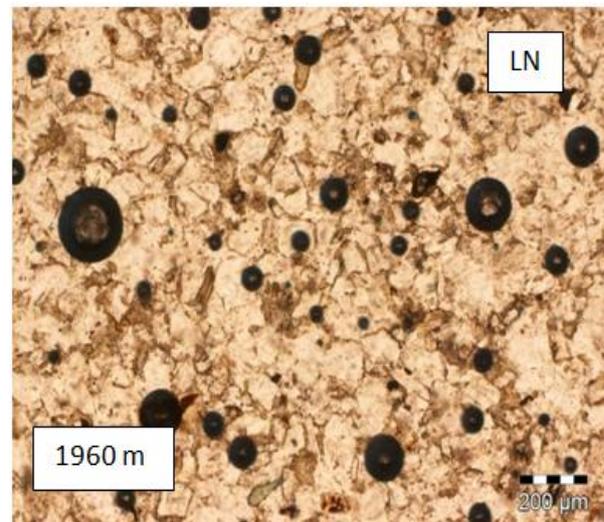
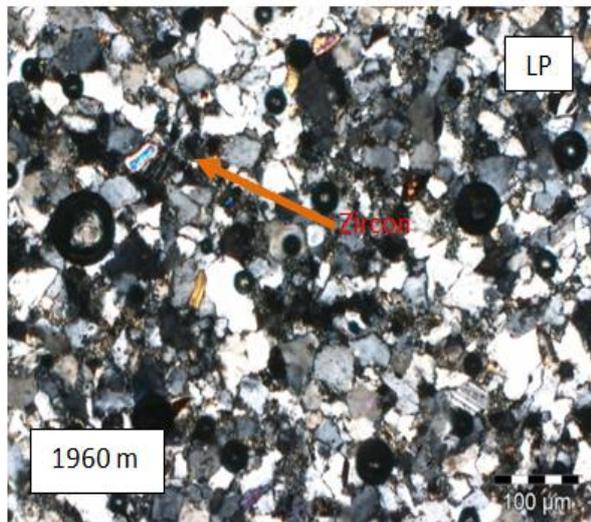
**Photo N° 23 : Puits : AEH-1, X 4**

Photo montrant des micas



**Photo N°24 : Puits : AEH-1, X 2**

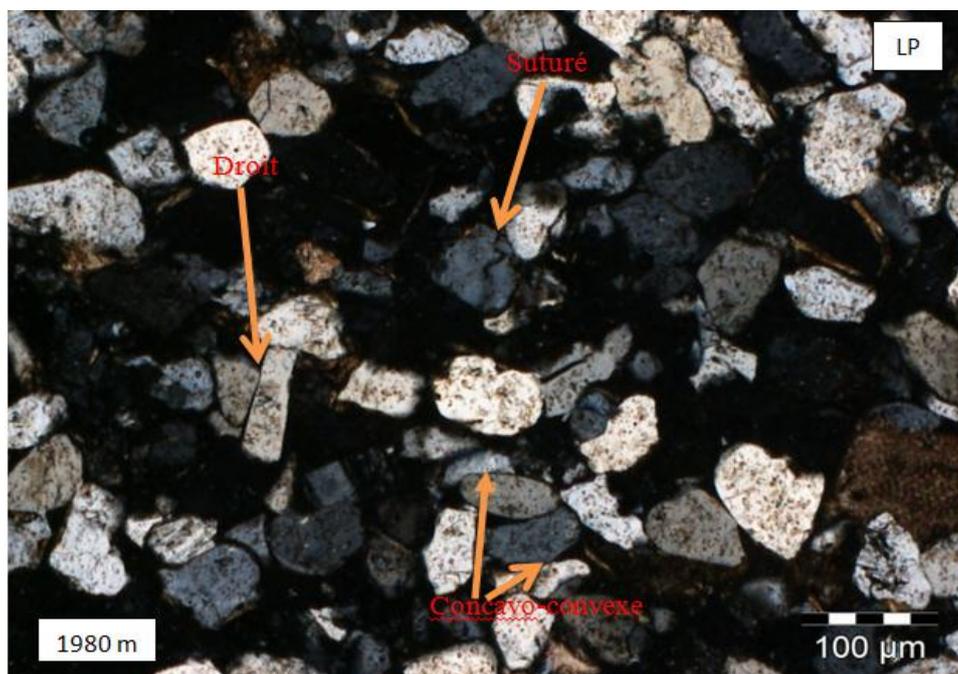
Photo montrant de la tourmaline



**Photo N° 25 :** Puits HBL-1, X 10

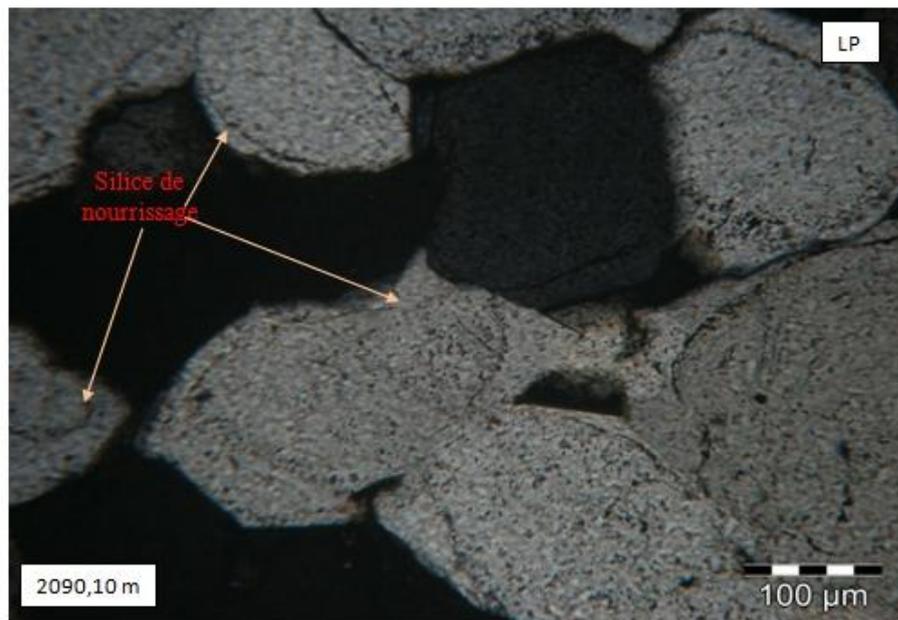
**Photo N° 26 :** Puits HBL-1, X 4

Photo montrant un minéral lourd du type Zircon



**Photo N°27 :** Puits HBL-1, X 10

Photo montrant les différents contacts entre les grains.



**Photo N°28 : Puits HBL-1, X 10**

Mise en évidence de silice de nourrissage

# **Chapitre V :**

# **Etude Diagénetique**

## 1. Introduction

La description de 102 lames minces au microscope polarisant ont permis de déterminer des modifications diagénétiques variées ; certaines se sont manifestées précocement après le dépôt du sédiment et d'autres plus tard au cours de l'enfouissement.

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

La séquence diagénétique ainsi établie, fera l'objet d'une comparaison entre les deux puits étudiés. Avec le peu d'outils dont nous disposions, nous avons réussi à l'établir.

Pour y parvenir, nous avons utilisé les données anciennes et récentes ayant traitées la diagenèse appliquée à la géochimie des grés, en particulier les grés du Dévonien inférieur de Djofra. La courbe d'enfouissement de la région constituera un outil supplémentaire pour la compréhension des différents événements.

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

## 2. Méthode d'étude

L'étude des phénomènes diagénétiques est basée essentiellement sur les observations microscopiques qui consistent à :

- déterminer les minéraux authigènes;
- étudier les relations entre les grains et les ciments;
- identifier les phases de cimentation, de dissolution et de remplacement des minéraux ;
- déterminer l'ordre chronologique de leur mise en place.

## 3. Rappels sur la diagenèse

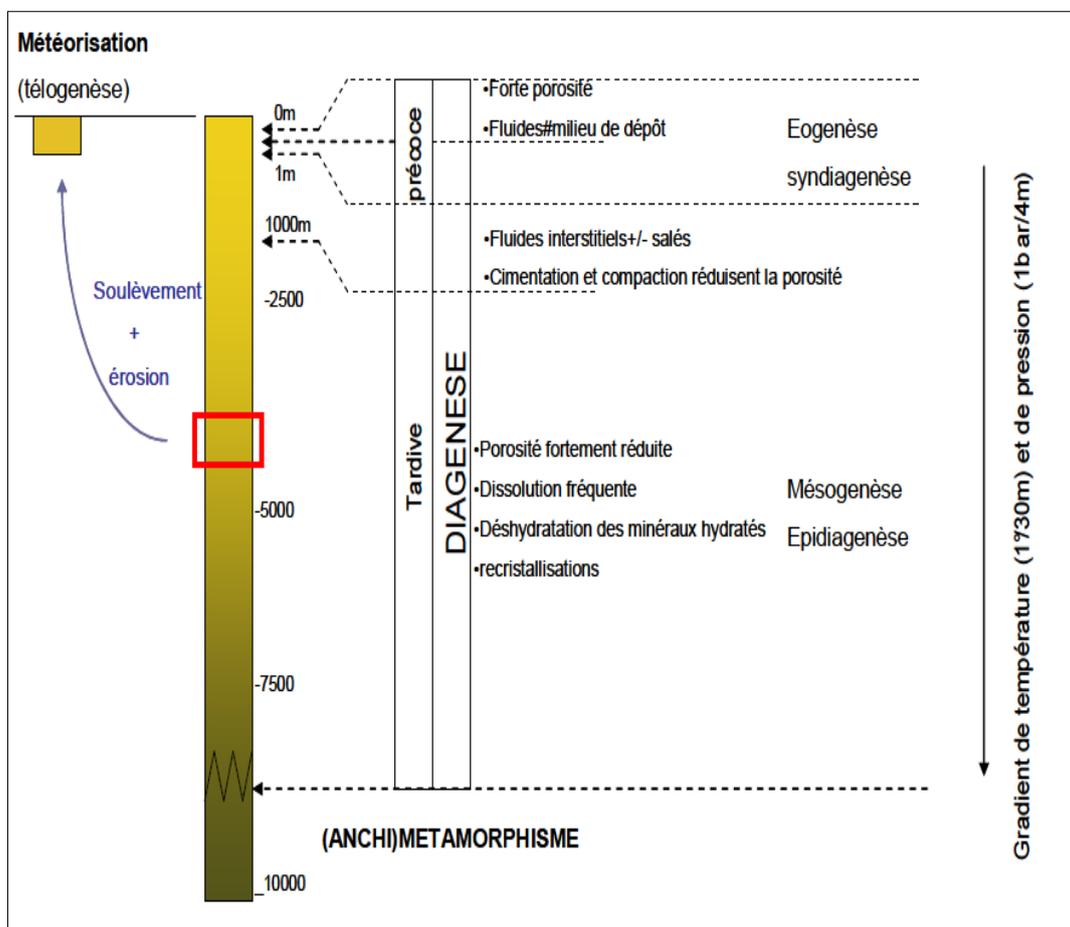
### 3.1. Notion de diagenèse

La diagenèse est l'ensemble des processus physico-chimiques qui affectent un sédiment pendant, après son dépôt et avant son métamorphisme (Pettijohn et al. 1987). On distingue en général, deux stades de diagenèse :

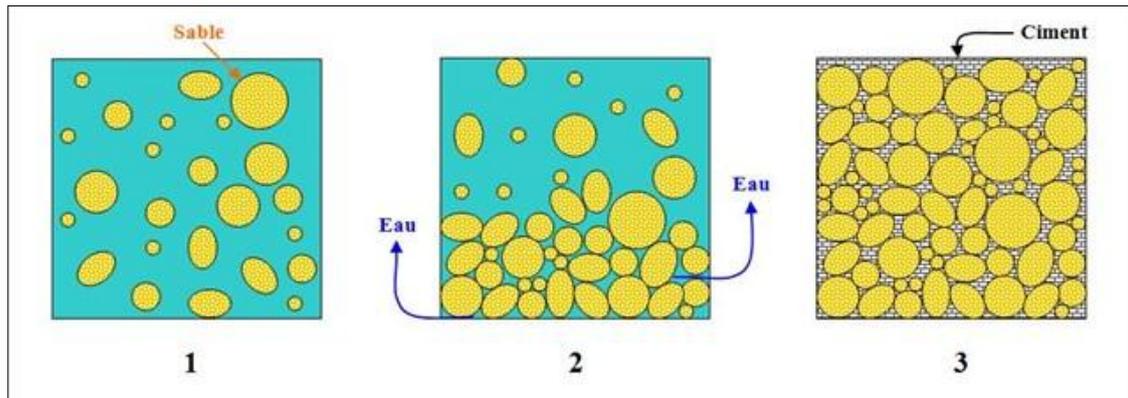
- Un stade précoce (éodiagenèse) qui se manifeste après le dépôt du sédiment.

- Un stade tardif (mésodiagenèse) qui affecte le sédiment au cours de l'enfouissement. Grâce à des phénomènes de compaction, il se produit alors des phénomènes de cristallisation, de dissolution, de recristallisation minéralogique et des remplacements des minéraux. (Fig.V.1)
- Dans le cas des grès par exemple, le sédiment d'origine est représenté par les grains de sable.

L'accumulation de couches successives de sables au fond de l'eau mène à une augmentation progressive de la pression. Sous l'effet de cette augmentation de pression, l'eau présente entre les grains a tendance à être chassée alors que les minéraux qu'elle contient précipitent, formant un ciment naturel entre les grains de sable. (Fig.V.2)



**Fig.V.1 :** Les différents stades de la diagenèse en fonction de la pression et de la température (Cojan et Renard 2006).



**Fig.V.2:** Les différents stades de la diagenèse des grès.

### 3.2. Les principaux mécanismes de la diagenèse

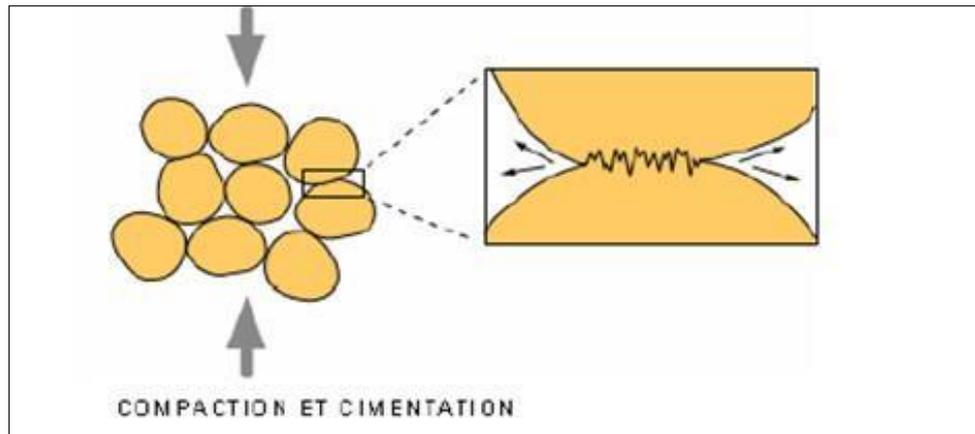
De nombreux paramètres impliqués dans les transformations diagénétiques, résultent de la grande diversité et complexité des évolutions observées. On peut distinguer les processus suivants :

- L'activité bactérienne essentiellement limitée à la diagenèse précoce,
- Les mécanismes physiques, dominants dans les premiers stades de la compaction,
- Les transformations chimiques qui traduisent les interactions entre les fluides interstitiels et les particules.

#### 3.2.1. La compaction

Le tassement d'une couche sédimentaire sous l'action du poids des sédiments sus-jacents correspond à la compaction. Ce mécanisme conduit à l'établissement d'un assemblage plus compact des particules par l'expulsion d'une partie de l'eau interstitielle dans les premiers décimètres d'enfouissement, et ensuite par déformation et dissolution des particules.

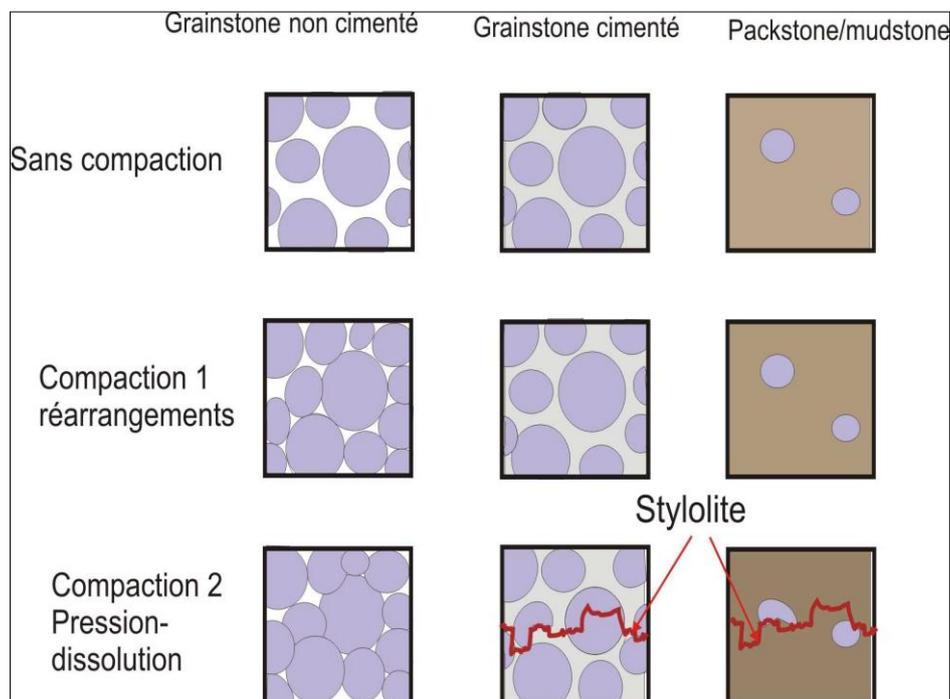
La compaction comprend donc une première phase au cours de laquelle les mécanismes physiques dominant (compaction physique) qui se traduit par un réarrangement des particules et une réduction de volume rocheux au détriment des vides originaux, donc par la diminution de la porosité initiale. (Fig.V.3)



**Fig.V.3 :** Schéma montrant la compaction entre les particules.

Lorsque les possibilités de réarrangement simple sont épuisées, on observe alors la déformation ou la fragmentation des particules. Les transformations chimiques que sont la dissolution/précipitation (compaction chimique) se développent ensuite.

Les profondeurs auxquelles la compaction mécanique laisse place à la compaction chimique dépendent essentiellement de la granulométrie des sédiments, mais aussi de la composition chimique des particules (Fig.V.4).

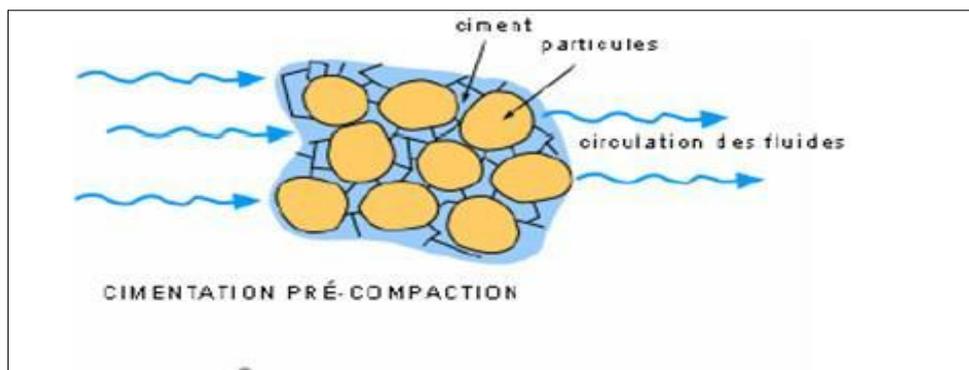


**Fig.V.4 :** Schéma montrant la croissance de la compaction avec l'enfouissement.

### 3.2.2. La cimentation

La précipitation correspond à la cristallisation de solides à partir d'une solution aqueuse (Fig.V.5), elle contribue à la réduction de la porosité par cimentation des pores et à la transformation des sédiments meubles en roches dures.

Les minéraux diagénétiques les plus fréquents sont les carbonates, les silicates, les minéraux ferrifères. On distingue assez facilement les cristaux secondaires qui se sont développés dans les pores, de ceux dont la croissance s'est faite au détriment d'un matériel préexistant. Les inclusions fluides de ces minéraux diagénétiques constituent d'excellents témoins des paramètres de leur milieu de Précipitation (température, composition chimique des fluides interstitiels) (Burleyet Worden ; 2003).



**Fig.V.5:** Schéma montrant la cimentation entre les particules.

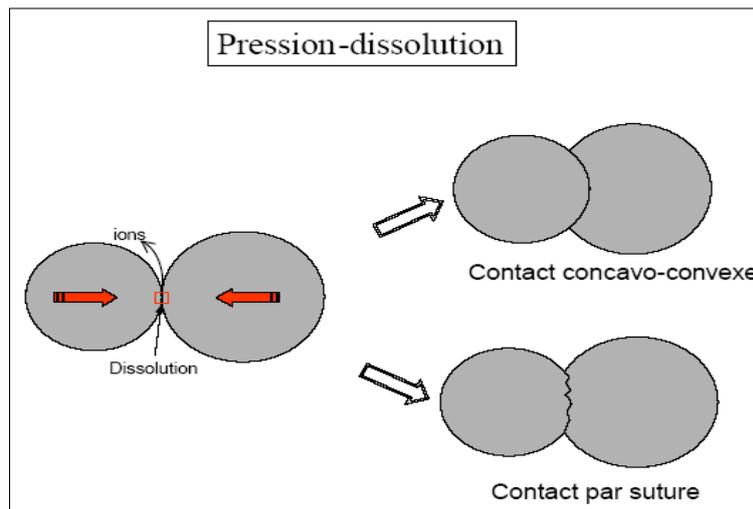
### 3.2.3. La dissolution

La dissolution, par de nombreux aspects, peut être considérée comme la réaction inverse de la précipitation. Elle contribue largement à la croissance de nouveaux minéraux grâce au renouvellement des éléments en solution. Les phénomènes de dissolution liés à l'action d'eaux météoriques acides chargées en CO<sub>2</sub> sont particulièrement importants, car ils créent des réseaux poreux secondaires qui peuvent augmenter considérablement le potentiel réservoir d'une roche (Fig.V.6) (Burley et Worden ; 2003).

La pression-dissolution conduit à une dissolution sélective sur les points de contact des particules soumis à la contrainte maximale. Dans les cas les plus favorables, les effets de la pression-dissolution conduisent à une réduction appréciable de la porosité.

Les traces laissées par ce type de réaction sont :

- Les interpénétrations des grains. Cet engrenage des grains est la cause première de réduction de la porosité.
- Les stylolithes correspondent à une surface de dissolution formée d'un ensemble de colonnettes.



**Fig.V.6:** Schéma montrant la Pression- dissolution entre les particules

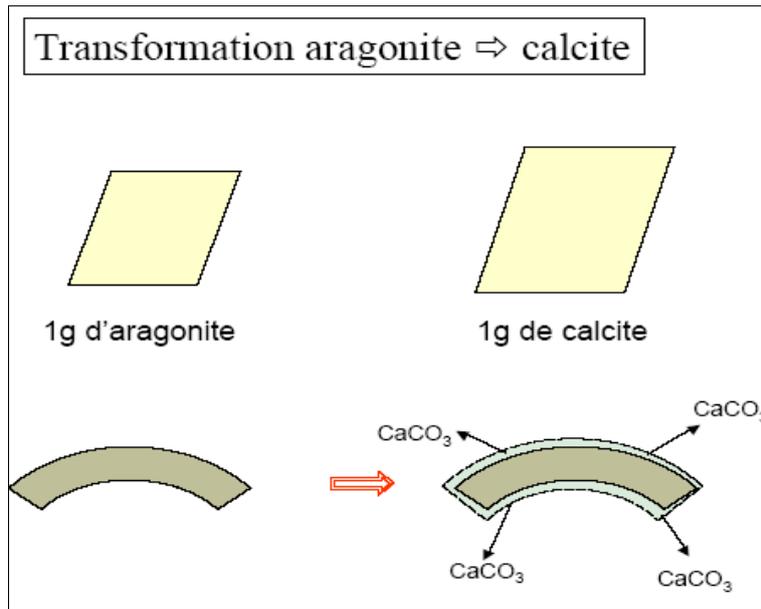
### 3.2.4. La recristallisation

Dans ce cas, on n'observe pas de changement dans la composition chimique des minéraux mais, une évolution, sous les conditions de pression et température données, vers une stabilité plus grande, donc une énergie libre plus faible.

L'exemple le plus connu est celui de la recristallisation de la silice. L'opale, forme amorphe de la silice constitue le premier précipité qui se transforme en opale et enfin en quartz, allant vers une plus grande stabilité (Burley et Worden ; 2003).

### 3.2.5. La transformation

C'est le résultat du remplacement d'un minéral par son polymorphe. Le cas le plus fréquent est celui de l'aragonite qui se transforme en calcite (Fig.V.7) (Burley et Worden ; 2003).



**Fig.V.7:** Schéma montrant le mécanisme de transformation

### 3.2.6. Le remplacement minéralogique

C'est le processus par lequel un nouveau minéral prend la place d'un autre.

La dolomitisation, la pyritisation et la silicification appartiennent à cette catégorie, à laquelle se rattache également la transformation du gypse en anhydrite et de la smectite en illite (Burley et Worden ; 2003).

### 3.2.7. Les fluides

Ils jouent un rôle important dans toutes ces réactions. Les fluides immobiles réagissent avec les minéraux dans un système fermé. L'évolution de leur composition est en fonction des transformations diagénétiques. Bien que, les écoulements fluides permettent un renouvellement des réactifs mais entraînent également les produits de la réaction. Dans ce système ouvert, la composition des fluides ne reflète pas directement l'évolution diagénétique (Burley et Worden ; 2003).

## 3.3. Les phases de la diagenèse

Les nombreux chercheurs ayant étudié les phénomènes diagénétiques ont reconnu trois principales phases diagénétiques : la diagenèse précoce (éo-diagenèse), la diagenèse profonde (méso-diagenèse) et la phase finale d'émergence (télo-diagenèse).

### **3.3.1. Eodiagenèse (diagenèse précoce)**

Cette phase correspond à l'intervalle de temps s'écoulant entre le dépôt final 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 (Fig.V.8.A). La limite maximale de l'éodiagenèse se trouve à une profondeur d'environ 1 à 2Km avec un gradient géothermique entre 30° et 70° C (Burley et Worden ; 2003).

### **3.3.2. Mésodiagenèse (diagenèse d'enfouissement)**

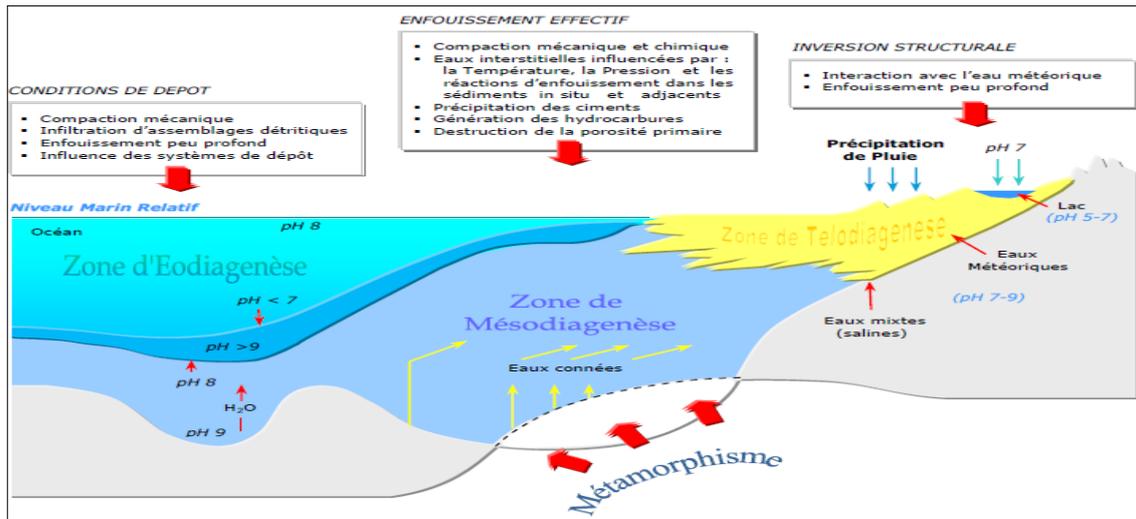
Cette phase désigne la période post-dépositionnelle, comprise entre le début de l'enfouissement et le début de processus diagénétiques liés à une émergence.

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 (Burley et Worden ; 2003). 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 (Fig.V.8.B).

### **3.3.3. Télodiagenèse (diagenèse tardive)**

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 télo-diagenèse est caractérisée par la modification des eaux interstitielles, à la suite de la pénétration des eaux météoriques, et par la réintroduction de conditions oxydantes (Fig.V.8.C). Elle affecte généralement une tranche peu épaisse près de la surface du sol (Burley et Worden ; 2003).



**Fig.V.8 :** Profil idéalisé d'une marge continentale montrant les sites sédimentaires marins et les trois phases de diagenèse : (A) diffusion durant l'éodiagenèse, (B) mouvement de fluides ascendants durant la méso-diagenèse, (C) mouvement de fluides descendants durant la télo-diagenèse

#### 4. Phénomènes diagénétiques affectant les puits AEH-1 et HBL-1

L'étude des phénomènes diagénétiques ayant affectés les faciès gréseux des 102 échantillons des puits AEH-1 et HBL-1 étudiés est basée sur l'étude du microfaciès.

L'étude a consisté en la détermination des minéraux, la relation entre grains et ciments, l'identification des phases de cimentation, la dissolution et le remplacement des minéraux ainsi que le degré de compaction atteint par les grès. L'ordre chronologique de ces différents phénomènes constitue l'histoire diagénétique.

Les divers phénomènes diagénétiques notables ayant affectés ces niveaux gréseux sont :

- La Silicification et la compaction ;
- la transformation des argiles ;
- la précipitation des carbonates ;
- la dissolution des grains et des ciments ;
- le développement accessoire de la pyrite.

##### 4.1. Silicification et compaction

L'analyse pétrographique des différents échantillons montre que la silicification est très faible et parfois nulle dans la plupart des échantillons issus des différents niveaux étudiés

(Voir album photo en page 92). Le ciment siliceux est représenté par la silice secondaire intergranulaire rarement par la silice de compaction.

Le ciment siliceux secondaire intergranulaire est développé derrière les franges de chlorites donc postérieur au développement du ciment chloriteux.

L'origine la plus probable de cette silice secondaire serait liée à :

- La transformation des argiles.
- L'altération des micas et des feldspaths.
- La circulation des eaux riches en SiO<sub>2</sub>.

Le ciment siliceux de compaction, localisé entre les grains de quartz est le résultat d'une pression dissolution subit par les grains et dont le degré est reflété par le type de contact entre grains. Cette compaction est d'autant plus importante que les contacts sont concavo-convexes à suturés.

#### 4.2. Transformation des argiles

Les argiles représentent souvent la plus grande partie du ciment des différents niveaux étudiés. D'après les analyses pétrographiques détaillées, le cortège argileux est composé dans l'ordre d'importance de chlorite, d'illite, de kaolinite et d'illite/montmorillonite.

Le passage de la montmorillonite en illite est très probable dans les faciès qui affichent l'existence d'illite, il est favorisé par la déshydratation des argiles en fonction de la profondeur en suivant l'itinéraire: **montmorillonite → Illite-montmorillonite → illite**

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

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

La compaction et l'augmentation de la température sont les principaux facteurs qui engendrent cette déshydratation. Cependant, la composition ionique des solutions interstitielles joue un grand rôle, car l'illitisation n'est pas une déshydratation d'I-M

Rigoureuse mais d'une adsorption de cations alcalins ( $K^+$  et  $Na^+$ ). Cette illite est développée en plages entre les grains de quartz.

Vu son abondance dans ces sédiments et sa disposition en franges autour des éléments figurés, l'origine du chlorite est probablement syn-sédimentaire.

#### **4.3. Précipitation des carbonates**

Les observations pétrographiques montrent que le ciment carbonaté dont le taux est parfois très important (0-62 %) dans le puits AEH-1 et (0-30%) dans le puits HBL-1, est observé dans la majorité des échantillons analysés. Ce ciment est surtout composé de dolomite rarement de calcite. Il est précipité dans le réseau poreux (voir album photos en page 91). Son origine est probablement due à la circulation d'eaux riches en  $CaCO_3$  sous des pressions et des températures élevées et à la présence de débris de bioclastes. La transformation de la calcite en dolomite est favorisée par un milieu riche en ions  $Mg^{++}$  instauré par la richesse de ces faciès en chlorite.

#### **4.4. Dissolution des grains et ciments**

Le phénomène de dissolution est très rare ou absent dans tous le faciès analysés. Ceci est confirmé par la pauvreté de ces faciès en qualité réservoirs. Dans notre cas, le processus de dissolution est inhibé par le fort développement du ciment argileux de type chlorite frangeante (voir album photos en page 92).

#### **4.5. Transformation des micas et feldspaths**

Dans les intervalles étudiés, les micas sont en proportions faibles et sont représentés par les biotites et les muscovites, les premières sont souvent transformée en chlorite (voir album photos 91). Par contre, les feldspaths sont rarement transformés en kaolinite.

#### **4.6. Développement du ciment pyriteux**

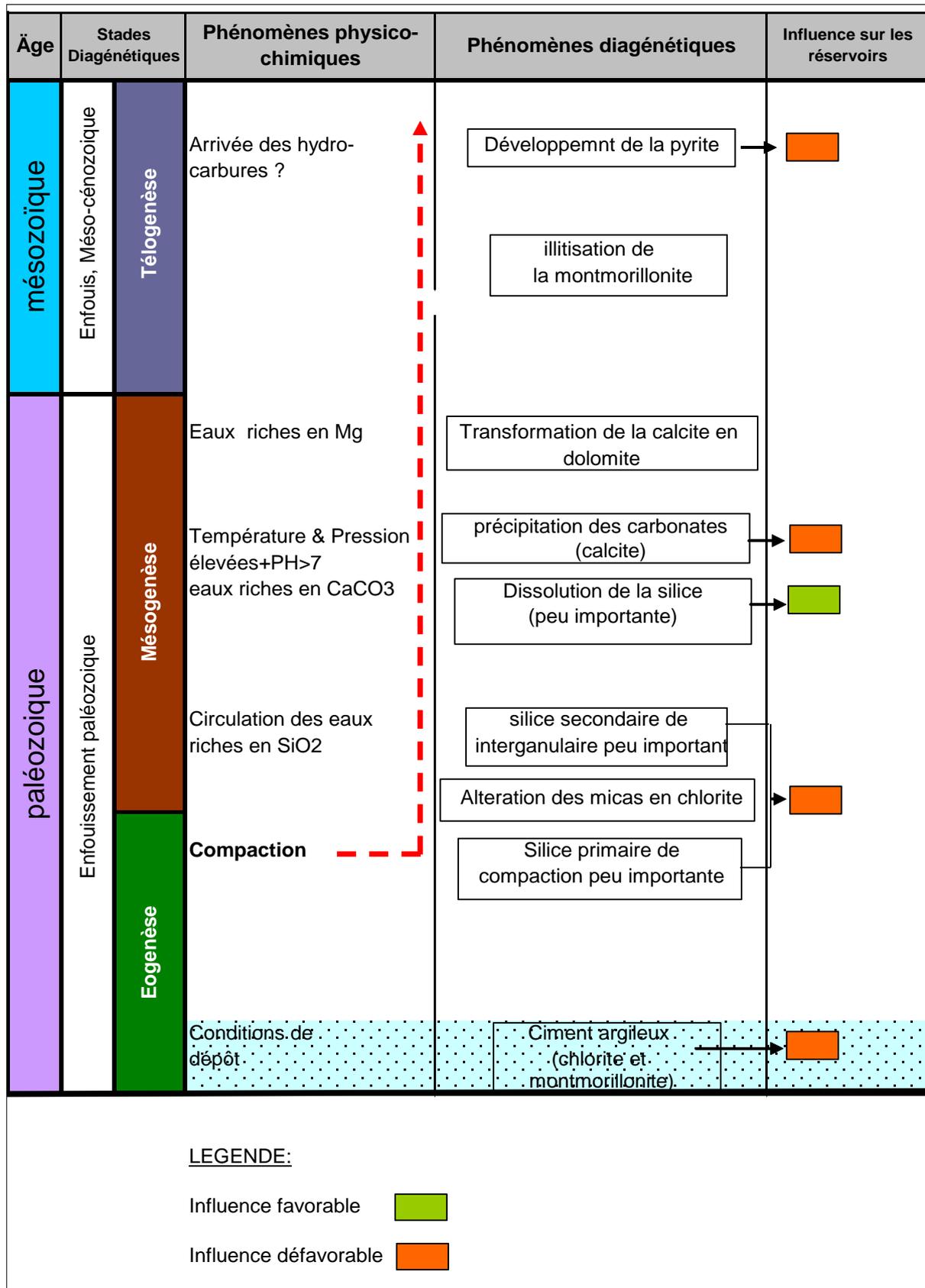
C'est un ciment accessoire qui se développe dans le réseau poreux associé aux argiles. Sa localisation dans la porosité de dissolution atteste d'un ordre chronologique de mise en place très tardif (voir album photo en page 90) et vraisemblablement après la mise en place des hydrocarbures qui peuvent créer un milieu réducteur favorable à son développement.

## 5. Histoire Diagénétique

L'histoire diagénétique des principaux phénomènes ayant affecté les faciès gréseux des différents niveaux étudiés ainsi que leur ordre chronologique est ci-dessus résumée par la (fig.V.9) Avec le dépôt des sédiments, les grains détritiques se sont cimentés par des argiles de type chlorite et montmorillonite. Ce cortège argileux s'est développé en grande partie dans l'espace intergranulaire. Après le réarrangement des grains avec le début de l'enfouissement, le phénomène de compaction s'est amorcé en provoquant une rare pression dissolution au contact des grains de quartz ; un ciment siliceux primaire s'est développé et une partie de la porosité est à ce stade détruite.

L'augmentation de l'enfouissement et de la température ainsi que l'enrichissement en  $\text{SiO}_2$  des eaux interstitielles a permis la précipitation d'une très faible silice secondaire intergranulaire. A une phase encore plus tardive de la diagenèse et sous des conditions de température, de pression et de PH plus élevées, un phénomène très faible de dissolution des grains et des ciments siliceux a affecté les grès. Cette dissolution a engendré une faible porosité dans certains niveaux. Dans les mêmes conditions thermodynamiques et en présence d'eaux riches en  $\text{CaCO}_3$ , les carbonates se sont aussi précipités. Il faut toutefois remarquer que la précipitation des carbonates qui s'en est suivi a totalement colmaté cette porosité secondaire dans certains échantillons. D'autre part, suite à l'abondance du chlorite dans ces sédiments a engendré un milieu riche en ion  $\text{Mg}^{++}$ , la calcite s'est totalement transformée en dolomite.

Plus tardivement, l'illitisation de la montmorillonite s'est produite suite à une adsorption de cations alcalins  $\text{K}^+$  et  $\text{Na}^+$ . Cette transformation des argiles provoque un milieu acide et sous saturé favorable probablement à la dissolution partielle des carbonates. Enfin, et avec la mise en place des hydrocarbures, un faible ciment pyriteux s'est formé, favorisé par les conditions réductrices.



**Fig.V.9:** Séquence diagénitiques du Siégenien et du Gédinnien du puits AEH-1 et HBL-1

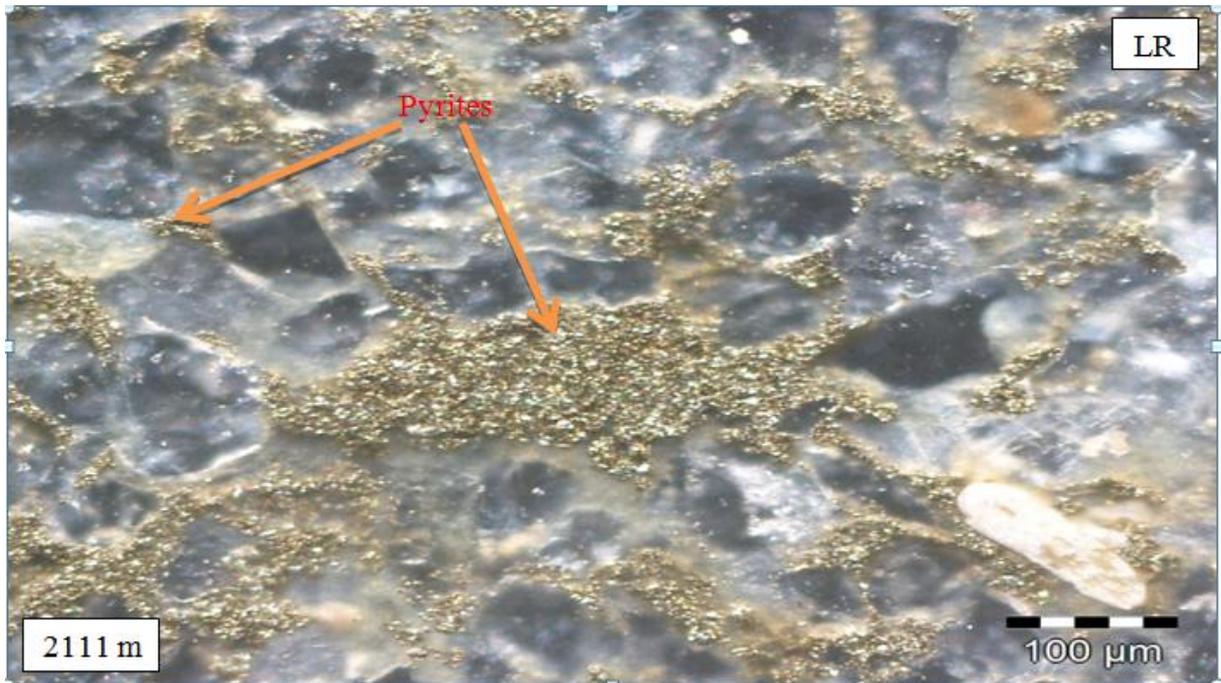
## 6. Conclusion

Les résultats diagénétiques nous ont aidés à tracer l'histoire diagénétique définie et explicitée ci-dessus. L'ordre chronologique des phénomènes diagénétiques montre qu'après dépôt et diverses phases de cimentation et de transformations, un très faible processus de dissolution a affecté les grains et ciment siliceux engendrant des traces de porosité de dissolution. Ce phénomène de dissolution est inhibé par le développement important du ciment chloriteux frangeant.

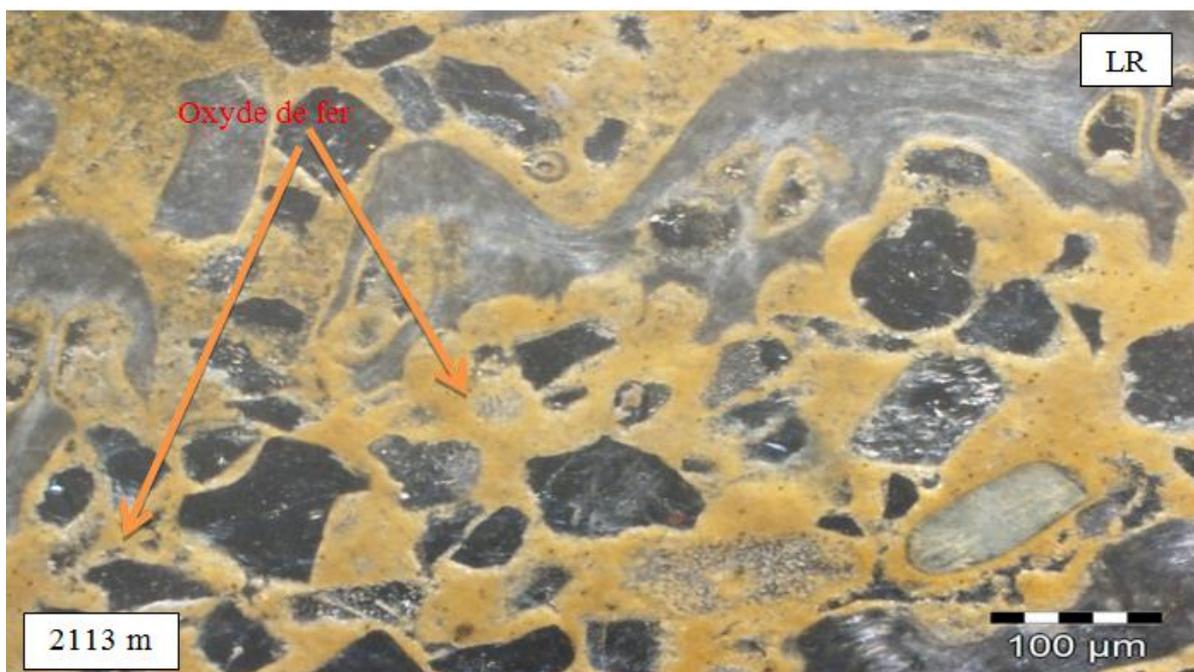
En revanche, la précipitation et le développement des différents ciments ont amplement dégradé les qualités réservoirs notamment les ciments argileux et carbonaté.

Le réseau poreux dans les différents niveaux est très faible à nul. Ce réseau poreux est matérialisé par la porosité primaire intergranulaire. Néanmoins, la porosité secondaire de dissolution représente une très faible partie de la porosité totale.

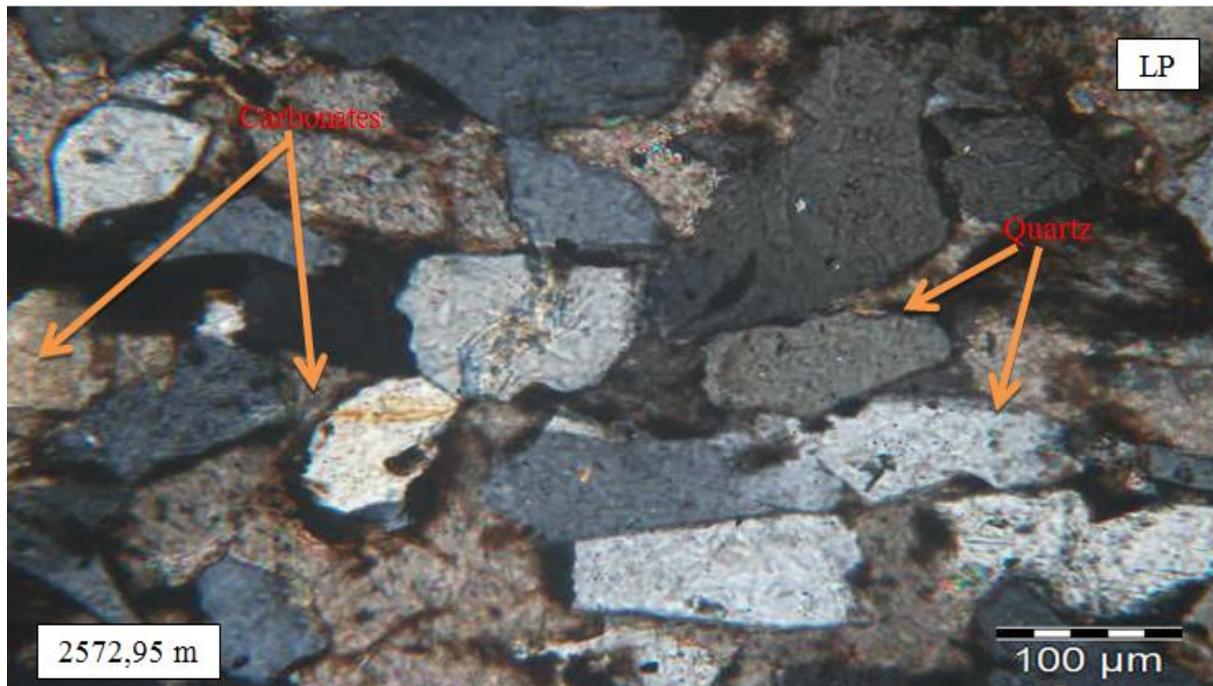
*Album photos*  
*(Microscope optique)*



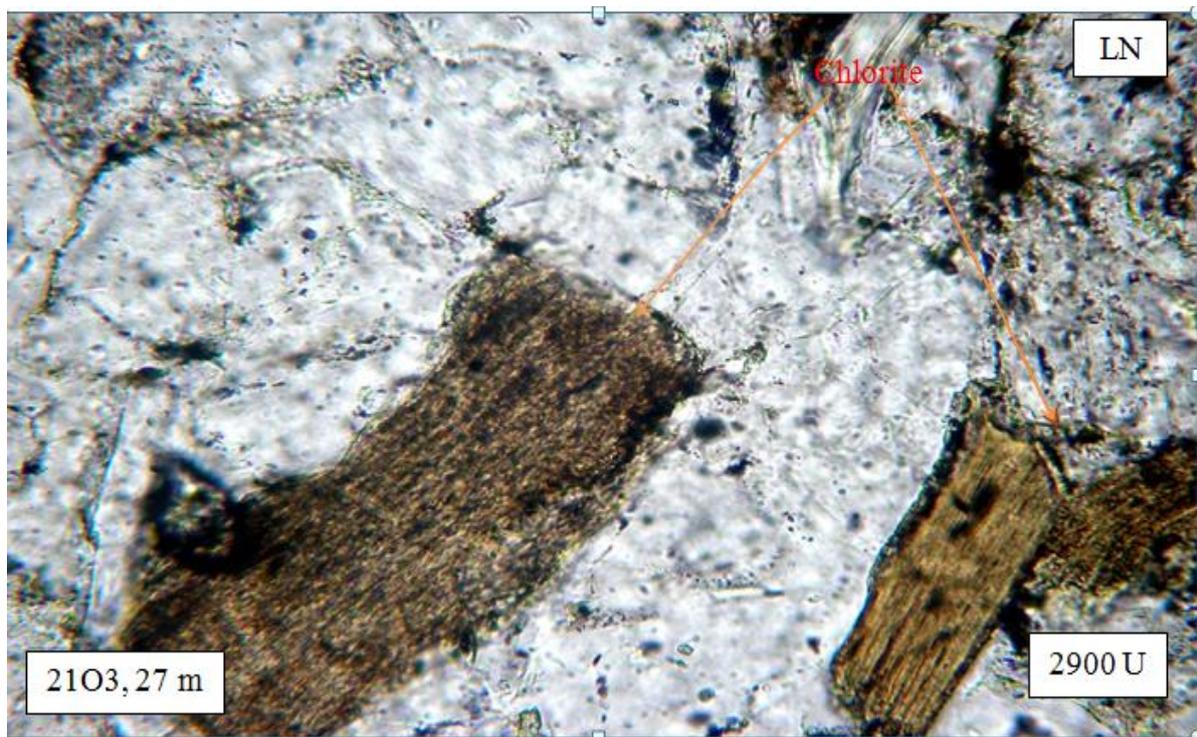
**PHOTO N° 01 :**  
**Puits HBL-1, X-10**  
**Photo montrant un ciment pyriteux.**



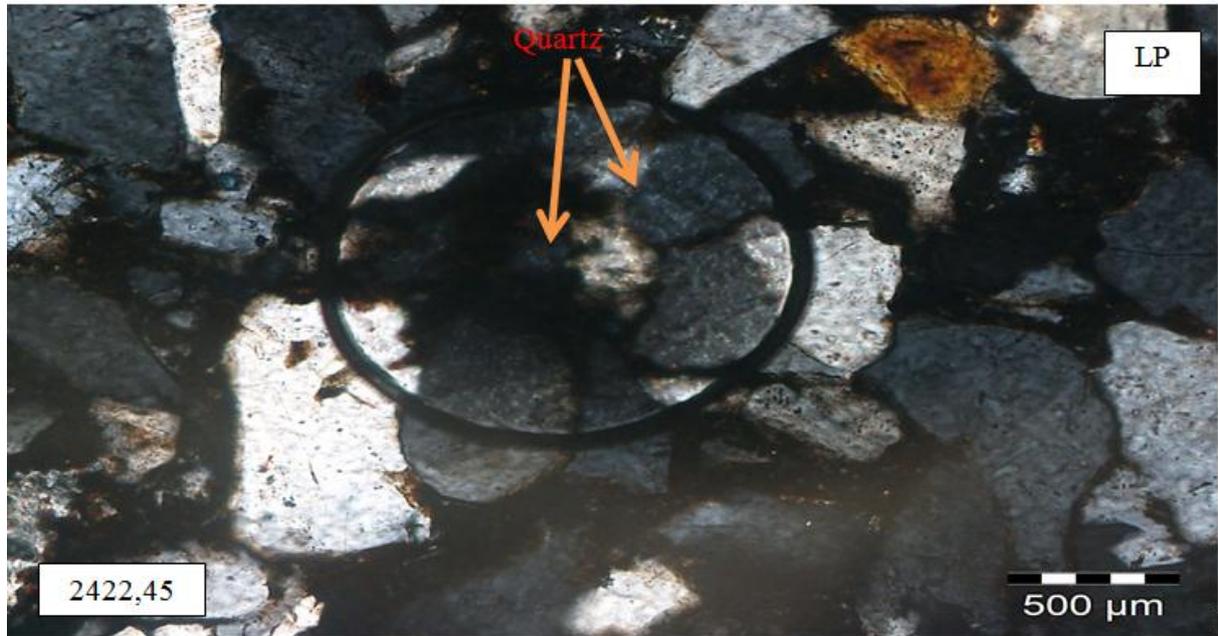
**PHOTO N° 02 :**  
**Puits HBL-1, X-10**  
**Photo montrant un ciment ferrugineux.**



**PHOTO N° 03 :**  
Puits AEH-1, X-10.  
Photo montrant la précipitation des carbonates.



**PHOTO N° 04 :**  
Puits : AEH-1, 2900U  
Mise en évidence de la transformation des micas en chlorite.



**PHOTO N° 05 :**

Puits : AEH-1, X 2

Photo montrant la dissolution des grains de quartz.



**PHOTO N° 06 :**

Puits : AEH-1, X-4

Photo montrant le phénomène de silicification.

# **Chapitre VI :**

## **Conclusion Générale**

## Conclusion Générale

A la lumière des résultats obtenus dans ce travail pluridisciplinaire, chaque analyse a permis de tirer les conclusions suivantes :

- ❖ D'après les résultats de l'analyse Pétrographique, le réservoir du Dévonien inférieur (Siegénien et Gédinnien) de la région de Djofra est constitué d'un faciès dominant gréseux composé de grains de quartz, de micas, de feldspaths et accessoirement des minéraux lourds.
- ❖ L'étude sédimentologique de la région du Djofra nous a permis de conclure que la paléogéographie de la région de Djofra correspondrait à un milieu marin relativement profond au Gédinnien évoluant ensuite vers un milieu fluvio-deltaïque à influence de marée au Siegénien.
- ❖ L'étude Diagenétique montre que, les paramètres réservoirs sont contrôlés par trois ciments prépondérants qui sont l'argile, la silice et les carbonates et accessoirement des ciments pyriteux et ferrugineux. La silice se présente sous forme de cimentation. L'argile souvent associée à la dolomie affecte la partie centrale du champ ce qui réduit substantiellement les paramètres réservoirs dans cette région.

# **Références**

# **Bibliographiques**

## Références Bibliographiques

- ❖ **Ait Salem, H. 1990.** Le Trias Détritique de l'Oued Mya (Sahara Algérien), Sédimentation Estuarienne, Diagenèse et Porogenèse potentialités pétrolières. Thèse de Doctorat, Univ : Lyon I, France.
- ❖ **Adams, A, E., Mackenzie, W, S., Guilford, C., Michel, J-P .1994.** Atlas des roches sédimentaires .
- ❖ **Beicip, F. 1992.** Région d'Oued M'ya-évaluation des réserves.
- ❖ **Benamara, M, M., Berdioui, A., Belkadi, M., Hassaine, R. 1997.** Etude Sédimentologique et Diagénétique des réservoirs Argilo-gréseux de la Série Inférieure du champ de Haoud Berkaoui
- ❖ **Benamerane, O. 1987.** Diagraphie et sédimentologie : une combinaison efficace pour l'étude des Bassin et l'exploration des piège stratigraphique d'hydrocarbures (Trias du Bassin de l'Oued M'ya Algérie). Thèse de Doctorat, Université : Pierre et Marie Curie, Paris.
- ❖ **Bendjaziah et Madoui A. 2009.** Etude sédimentologique dans la région du périmètre de Hamra et évaluation des caractéristiques pétrolières du réservoir des quartzites de Hamra.
- ❖ **Bouef, E. 1971.** Les grès du Paléozoïque inférieur au Sahara.
- ❖ **Boudjemaa, R. 1987.** Evolution structural du bassin pétrolier "triasique" du Sahara Nord Oriental. *Thèse Doctorat, Uni. Paris-Sud, Orsay.*
- ❖ **Bouklila, A. 2014.** Caractérisation des paramètres Pétophysiques de la série inférieure du champ de Haoud Berkaoui par méthode géostatistique.
- ❖ **Burley et Worden; 2003.** Sandstone digenesis: recent and ancien, rerint series volume 4 of the international association of sédimentologiste.
- ❖ **Betraoui, M et Haddad, M. 2003.** Etude de l'extension du réservoir des Quartzites de Hamra dans le bassin d'Oued Mya région Barkaoui.

- ❖ **Document Sonatrach. 1997.** Rapport d'implantation et de fin de sondage des puits d'ARCHANE EL HALMA -1.
- ❖ **Document Sonatrach. 1983.** Rapport d'implantation et de fin de sondage des puits de HABLET -1.
- ❖ **Dahadj, A. 1992.** Caractérisation Géochimique de roche mère Silurienne des bassins Oued M'ya et Mouydir.
- ❖ **Hafsi, F. 2015.** Etude géologique et pétrophysiques du réservoir série inférieure de Haoud Berkaoui (Ouargla), Sud – Est Algerien.
- ❖ **Kadi, B. 2010.** Etude pétrographique et diagénétique du Siegénien et Gédinnien du puits AEH-1.
- ❖ **Kazi Tani. 1986. In MFE, Belhamidi Y.2008 .**Intégration de l'imagerie de surface et de la sismique approche pour la détermination du modèle structural du bassin de Béchar. Université de Boumerdés.
- ❖ **Mebrouki N .2015.** Etude géologique de l'extension de la zone de Benkahla : le model géologique du gisement.
- ❖ **Serra, O. 1985.** Diagraphie différée, pp.13-21, dans Association des Sédimentologiste Français., Dynamiques et Méthodes d'étude des Bassins Sédimentaires, Paris.
- ❖ **Sonatrach. 1995.** Géologie d'Algérie, contribution de Sonatrach division exploration, centre de recherche et développement et division petroleum engineering et développement et division Petroleum engineering et développement n° 7-38p.
- ❖ **WEC (Sonatrach-Shlumberger). 2007.** Well evaluation conference Algeria + n° 23-26p.
- ❖ **Saouli, M. 2009. Caractérisation** du réservoir du Trias Argilo-Gréseux(T<sub>1</sub>) du champ de Guellala-Bassin d'Oued M'ya.

# Annexes

## Annexes

Tableau N°01 : Résultats des analyses pétrographiques AEH -1

Echantillons	Granulométrie			Mode	Classement	Morphoscopie	Types de Contact				Composants détritiques %					Ciments/Matrices%				
	Grain Max. (mm)	Grain Moy. (mm)					Flottant	Droit	C.Convexe	suturé	Quartz	Quartz Syntaxial	Feldspaths	Mx Lourds	Micas	Argile	Pyrite	carbonate	Anhydrite	Porosité estimée %
2090,10	0,350	0,270	0,200	Bi	My	SA/Sa	/	P	P	P	60	TR	4	TR	2	20	2	3	4	5
2090,59	0,350	0,120	0,100	Bi	My	SA/Sa	/	F	F	/	61	TR	3	TR	1	18	1	4	5	7
2090,84	0,220	0,150	0,120	Bi	My	SA/Sa	/	P	F	/	59	TR	3	TR	2	21	1	10	2	2
2091,15	0,240	0,140	0,100	Bi	My	SA/Sa	/	P	P	/	71	TR	4	TR	2	20	TR	3	0	TR
2092,22	0,300	0,160		TM	Mv	SA/Sa		P	F	/	56	/	2	TR	2	25	TR	12	3	TR
2092,72	0,500	0,300		TM	Mv	SA/Sa	A	/	/	/	26	/	TR	TR	TR	10	TR	62	2	/
2093,85	0,360	0,200		TM	Mv	SA/Sa	P	P	R	P	61	/	2	TR	2	18	TR	15	1	1
2094,02	0,280	0,200	0,150	Bi	My	Sa/SA	/	P	R	R	63	/	2	TR	1	21	TR	13	0	TR
2094,92	0,310	0,140	0,100	Bi	Mv	Sa/SA	/	P	P		63	/	3	TR	1	22	TR	10	1	/
2096,47	0,330	0,150	0,090	Bi	My	SA/Sa	/	P	R	R	60	2	2	TR	2	24	1	6	2	1
2096,90	0,300	0,240	0,180	Bi	My	SA/Sa	/		R	/	59	1	3	TR	2	26	TR	8	1	TR
2097,98	0,250	0,110		TM	Mv	SA/Sa	/	P	P	R	64	TR	2	TR	2	28	/	3	1	/
2100,98	0,40	0,17		TM	Mv	Sa/SA	/	P	P	/	58	/	3	TR	3	27	/	8	1	/
2101,43	0,45	0,2	0,125	Bi	My	SA/Sa	/	/	/	R	72	5	2	TR	2	16	/	3	/	/
2101,88	0,20	0,10	0,10	Bi	My	A/SA	/	P	R	R	73	3	3	TR	3	16	1	1	0	/
2102,17	0,20	0,09	0,12	Bi	My	A/SA	/	R	R	P	72	2	4	TR	2	18	1	1	0	/
2102,93	0,17	0,11	0,25	Bi	My	A/SA	/	P	P	P	73	1	3	TR	4	17	1	1	0	/
2103,27	0,21	0,12	0,10	Bi	My	A/SA	/	P	A	R	70	2	4	TR	4	18	/	2	0	/
2103,93	0,15	0,08	0,07	Bi	My	A/SA	/	P	A	R	71	4	2	TR	4	17	/	2	0	/
2104,02	0,14	0,10	0,08	Bi	My	A/SA	/	P	P	A	70	3	4	TR	4	17	/	2	0	/

## Annexes

2104,83	0,20	0,12	0,10	Bi	My	A/SA	/	P	F	R	69	3	3	TR	3	22	/	/	/	/
2105,16	0,31	0,16	0,10	Bi	My	A/SA	/	P	P	R	65	2	4	TR	4	25	/	TR	0	/
2415,38	0,25	0,15	0,12	Bi	My	A/SA	/	P	A	P	62	TR	3	TR	3	16	/	14	2	/
2415,83	0,23	0,12	0,09	Bi	My	A/SA	/	P	P	F	68	2	2	TR	2	21	/	5	0	/
2416,35	0,23	0,12	0,08	Bi	My	A/SA	/	P	P	R	72	TR	3	TR	3	20	/	2	0	/
2416,89	0,12	0,1	0,09	Bi	My	Sa/SA	/	R	F	P	71	I	4	TR	2	19	/	3	0	/
2417,68	0,12	0,10	0,09	Bi	My	A/SA	/	P	P	R	70	I	3	TR	3	22	/	1	0	/
2418,56	0,12	0,09	0,07	Bi	My	A/SA	/	P	P	A	75	I	4	TR	4	16	/	TR	0	/
2422,45	0,11	0,10		TM	Mv	SA/Sa	/	P	P	R	77	TR	TR	TR	TR	22	/	TR	0	1
2423,63	0,13	0,05		TM	Mv	SA/Sa	/	F	P	P	75	I	TR	TR	TR	21	/	1	1	1
2572,95	0,10	0,05	0,03	Bi	Mv	SA/Sa	/	P	R	P	49	/	4	TR	4	10	/	40	3	/
2573,37	0,16	0,11		TM	Mv	SA/Sa	/	P	P	R	46	/	1	TR	1	8	/	43	1	/
2573,9	0,20	0,12		TM	Mv	SA/sa	/	P	R	R	44	/	1	TR	1	14	/	40	0	/
2574,5	0,12	I		TM	Mv	SA/sa	/	P	R	R	72	I	TR	TR	TR	26	/	1	0	/

Tableau N°02: Résultats des analyses pétrographiques HBL-1

Echantillons	Granulométrie			Mode	Classement	Morphoscopie	Types de Contact			Composants détritiques %					Ciments / Matrice %					Porosité estimée %	
	Grain Max. (mm)	Grain Moy. (mm)					Flottant	Droit	C.Convexe	Quartz	Quartz Syntaxial	Feldspaths	Mx Lourds	Micas	Argile	Oxydes de Fer	Pyrite	Anhydrite	Carbonate		Bioclaste
1960,00	250,000	120,000	130,000	Bi	my	SA-SR	P	R	R	82	1	1	TR	TR	6	TR	2	Tr	TR	/	0
1961,00	240,000	140,000	150,000	Bi	MY	SA-SR	P	P	R	24	1	Tr	Tr	TR	28	30	Tr	2	TR	9	0
1962,00	260,000	180,000		Uni	B	SA-SR	R	P	P	90	TR	TR	TR	1	1	4	2	TR	1	/	0
1963,00	270,000	190,000		Uni	B	SA-SR	R	P	P	91	1	1	TR	2	2	1	1	TR	1	0	0
1964,00	200,000	140,000	160,000	Bi	My	SA-SR	A	R	P	41	2	TR	TR	4	50	1	1	TR	1	0	0
1965,00	210,000	140,000	120,000	Bi	My	SA-SR	R	P	P	84	1	1	Tr	2	5	2	4	Tr	1	0	0
1966,00	250,000	170,000	150,000	Bi	My	SA-SR	P	R	R	53	2	TR	Tr	1	35	1	7	Tr	1	0	0
1967,00	240,000	170,000		Uni	B	SA-SR	R	R	F	84	1	1	Tr	2	5	Tr	6	1	Tr	0	0
1968,00	260,000	180,000		Uni	B	SA-SR	R	R	A	91	Tr	1	Tr	TR	2	TR	6	Tr	TR	0	0
1969,00	200,000	150,000		Uni	B	SA-SR	A	F	TR	3	TR	Tr	Tr	2	90	1	4	Tr	Tr	0	0
1970,00	240,000	140,000	180,000	Bi	My	SA-SR	A	R	R	84	2	1	TR	1	6	Tr	6	Tr	Tr	0	0
1971,00	300,000	220,000		Uni	B	SA-SR	P	P	R	66	3	1	Tr	Tr	8	7	8	Tr	7	0	0
1972	210	170		Uni	B	SA-SR	p	p	R	80	1	Tr	Tr	Tr	6	6	5	Tr	2	Tr	0
1973,00	300	190		Uni	B	SA-SR	R	P	A	89	3	1	Tr	Tr	4	2	1	Tr	Tr	0	0
1974,00	210,00	180		Uni	B	SA-SR	R	R	P	86	2	Tr	Tr	3	6	Tr	Tr	2	1	0	0
1975	220,00	160		Uni	B	SA-SR	R	P	P	85	1	1	Tr	1	4	Tr	1	tr	1	0	0
1976	250,00	170		Uni	B	SA-SR	R	P	P	94	1	1	Tr	1	2	Tr	1	Tr	Tr	0	0
1977	170,00	140		Uni	B	SA-SR	P	P	R	63	1	1	Tr	2	1	Tr	2	Tr	30	0	0
1978	240,00	170		Uni	my	SA-SR	R	P	R	93	2	Tr	Tr	2	2	Tr	Tr	Tr	1	0	0
1979	230	160		Uni	my	SA-SR	P	R	R	50	1	Tr	Tr	3	40	2	3	Tr	1	0	0
1980	300	240		Uni	my	SA-SR	A	P	R	88	1	Tr	Tr	1	10	Tr	Tr	Tr	Tr	0	0
1981	250	180		Uni	my	SA-SR	R	P	P	91	2	1	Tr	Tr	4	Tr	Tr	Tr	2	0	0

Annexes

1982	230	150		Uni	my	SA-SR	R	P	P	55	1	Tr	Tr	7	30	Tr	7	Tr	Tr	0	0
1983	270	180		Uni	B	SA-SR	R	P	A	53	1	2	Tr	Tr	37	1	5	Tr	1	0	0
1984	340	220		Uni	B	SA-SR	A	R	R	59	Tr	Tr	Tr	Tr	10	1	3	10	2	15	0
1985	300	160		Uni	my	SA-SR	R	R	P	92	1	Tr	Tr	Tr	4	Tr	2	1	Tr	0	0
1986	210	170		Uni	B	SA-SR	R	R	P	90	1	Tr	Tr	1	3	1	4	Tr	Tr	0	0
1987	220	160		Uni	B	SA-SR	R	P	R	92	2	Tr	Tr	1	2	1	Tr	Tr	2	0	0
1988	230	180		Uni	my	SA-SR	P	P	R	93	1	Tr	Tr	1	2	1	Tr	Tr	2	0	0
1989	280	170		Uni	my	SA-SR	R	P	P	75	2	1	Tr	2	3	1	8	3	1	4	0
2058,4	300	190		Uni	my	SA-SR	R	P	R	88	2	2	Tr	1	1	2	3	Tr	1	0	0
2059	260	180		Uni	my	SA-SR	R	P	A	78	2	Tr	Tr	3	10	1	6	Tr	Tr	0	0
2060	290	150		Uni	my	SA-SR	Ab	R	P	85	1	Tr	Tr	2	2	Tr	10	Tr	Tr	0	0
2061	240	180	160	Bi	my	SA-SR	P	R	P	69	3	Tr	Tr	2	20	Tr	6	Tr	Tr	0	0
2062	240	140	170	Bi	my	SA-SR	A	P	R	80	3	Tr	Tr	1	2	2	4	4	3	1	0
2063	300	140		Uni	my	SA-SR	A	R	R	80	2	Tr	Tr	Tr	2	Tr	7	4	5	0	0
2064	260	200		Uni	my	SA-SR	P	R	P	66	2	1	Tr	Tr	2	Tr	20	4	5	0	0
2065	330	200		Uni	B	SA-SR	A	R	/	76	1	Tr	Tr	Tr	1	2	5	5	10	0	0
2066	260	150		Uni	B	SA-SR	A	P	R	78	3	1	Tr	Tr	5	3	10	0	0	0	0
2067,5	150	100		Uni	B	SA-SR	P	P	R	89	1	Tr	Tr	Tr	4	1	5	Tr	Tr	0	0
2107	140	100		Uni	B	SA-SR	P	R	R	26	1	Tr	Tr	1	70	Tr	1	Tr	1	0	0
2108	150	100		Uni	my	SA-SR	R	P	P	17	1	Tr	Tr	3	75	1	2	Tr	1	0	0
2109	250	100		Uni	B	SA-SR	A	R	R	9	1	Tr	Tr	1	85	1	3	Tr	Tr	0	0
2110	280	150		Uni	B	SA-SR	P	P	R	33	1	Tr	Tr	2	62	1	1	Tr	Tr	0	0
2111	350	200		Uni	B	SA-SR	P	P	R	29	2	Tr	Tr	3	65	Tr	1	Tr	Tr	0	0
2112	280	150		Uni	B	SA-SR	A	P	R	22	5	Tr	Tr	Tr	65	1	1	3	3	0	0
2113	270	100		Uni	B	SA-SR	A	R	R	75	3	Tr	Tr	1	10	Tr	1	5	5	0	0
2114	210	110		Uni	B	SA-SR	R	P	R	54	2	Tr	Tr	3	40	1	Tr	Tr	Tr	0	0
2115	250	120		Uni	B	SA-SR	R	P	P	90	3	Tr	Tr	3	4	Tr	Tr	Tr	Tr	0	0
2116	250	140		Uni	B	SA-SR	R	A	P	89	3	Tr	Tr	2	3	Tr	1	Tr	2	0	0
2257	150	120		Uni	B	SA-SR	R	P	P	76	2	Tr	Tr	1	20	Tr	Tr	Tr	1	0	0

## Annexes

2258	250	130		Uni	B	SA-SR	R	A	P	82	3	Tr	Tr	2	10	2	1	Tr	Tr	0	0
2259	140	100		Uni	B	SA-SR	P	P	R	68	4	Tr	Tr	3	25	Tr	Tr	Tr	Tr	0	0
2260	170	130		Uni	B	SA-SR	R	P	P	83	3	Tr	Tr	1	10	Tr	3	Tr	Tr	0	0
2511	230	140		Uni	B	SA-SR	R	P	A	82	2	Tr	Tr	3	7	Tr	6	Tr	Tr	0	0
2512	130	100		Uni	B	SA-SR	R	P	P	89	3	Tr	Tr	1	5	Tr	2	Tr	Tr	0	0
2513	180	130		Uni	B	SA-SR	Abs	R	A	87	3	Tr	Tr	5	1	Tr	4	Tr	Tr	0	0
2514	150	100		Uni	B	SA-SR	Abs	P	P	91	2	Tr	Tr	Tr	1	2	4	Tr	Tr	0	0
2515	210	160		Uni	B	SA-SR	Abs	P	P	48	1	Tr	Tr	Tr	50	Tr	1	Tr	Tr	0	0
2516	200	120		Uni	B	SA-SR	Abs	R	P	45	2	Tr	Tr	7	45	1	Tr	Tr	Tr	0	0
2588	210	170		Uni	B	SA-SR	A	R	P	94	2	Tr	Tr	Tr	1	Tr	1	1	1	0	0
2589	230	160		Uni	B	SA-SR	A	R	P	93	2	Tr	Tr	Tr	2	Tr	3	Tr	Tr	0	0
2590	230	130		Uni	B	SA-SR	A	P	R	93	2	Tr	Tr	Tr	2	Tr	3	Tr	Tr	0	0
2591	260	170		Uni	B	SA-SR	A	R	R	94	3	Tr	Tr	Tr	2	Tr	1	Tr	Tr	0	0
2592	300	190		Uni	B	SA-SR	A	R	R	88	3	Tr	Tr	Tr	2	Tr	5	Tr	2	0	0
2593	250	170		Uni	B	SA-SR	A	P	R	92	3	Tr	Tr	Tr	2	Tr	1	Tr	2	0	0
2594	240	160		Uni	B	SA-SR	A	P	P	89	5	Tr	Tr	Tr	2	Tr	4	Tr	Tr	0	0
2595	130	100		Uni	B	SA-SR	R	P	P	17	1	Tr	Tr	3	76	1	2	Tr	Tr	0	0

### **LEGENDE**

TM: très mal classé

M: mal classé

My: moyennement classé

B: bien classé

Tb: très bien classé

Mv : mauvais classé

SR: sub-arrondi

R: arrondi

SA: sub-anguleux

A: anguleux

Tr: trace

A:abondant

F:fréquent

P: présent

R: rare

Uni: Unimodal

Bi: Bimodal



**Tableau N°03 : Résultats minéralogiques du puits AEH -1**

COTES	ILLITES	CHLORITES	Autre (%)
2090,1	10	90	0
2090,15	10	90	0
2090,84	10	90	0
2091,15	10	90	0
2092,72	5	95	0
2093,85	5	95	0
2094,02	10	90	0
2094,92	10	90	0
2096,47	10	90	0
2096,9	10	90	0
2097,98	10	90	0
2100,12	10	90	0
2100,98	10	90	0
2101,43	10	90	0
2101,88	15	85	tr
2102,17	10	90	tr
2102,93	20	75	5
2103,93	15	85	tr
2104,02	20	75	5
2104,83	30	65	5
2105,16	25	70	5
2415,38	40	50	10
2415,83	30	60	10
2416,35	30	60	10
2416,89	20	75	5
2417,68	20	70	10
2418,56	20	70	10
2422,45	10	80	10
2423,63	10	80	10
2572,95	5	95	0
2573,37	5	95	0
2573,9	5	95	0
2574,5	5	95	0

Tableau N°04 : Résultats minéralogique de puits HBL-1

ILLITES	Kaolinite	CHLORITES	Autre(%)
10	0	90	0
10	0	90	0
15	10	70	5
10	0	90	0
10	0	90	0
10	0	90	0
10	0	90	0
10	0	90	0
15	0	85	0
10	5	85	0
20	5	65	10
20	5	70	5
5	0	95	0
15	10	70	5
20	15	65	0
50	0	40	10
25	0	70	5
15	5	75	5
25	5	70	0
20	5	70	5
15	0	80	5
15	5	75	5
15	5	75	5
60	0	30	10
60	5	30	5
60	5	30	5
40	25	25	10
30	25	40	5
30	25	35	10
25	25	40	10
10	0	85	5
10	0	85	5
10	0	85	5
10	0	85	5
10	0	85	5
10	0	85	5
10	0	85	5
10	0	85	5
10	0	85	5
10	0	85	5
10	0	85	5
25	5	70	0
25	0	70	5
60	0	40	0
75	0	25	0
75	0	25	0
75	0	25	0
75	0	25	0
60	0	40	0
60	0	40	0
60	0	40	0

## Annexes

---

75	0	25	0
75	0	25	0
75	0	25	0
75	0	25	0
60	15	15	10
30	10	60	0
30	10	60	0
15	0	80	5
30	10	60	0
30	10	60	0
15	10	70	5
20	15	60	5
20	15	60	5
20	15	60	5
25	15	60	0
30	40	20	10
25	15	60	0
25	15	60	0



