

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



FACULTE DES HYDROCARBURES ET DE LA CHIMIE

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Présenté par :

ABDELSADEK ABDELGHANI

BOUMEDINE ISHAK

Filière : Hydrocarbures

Option : Géologie Pétrolière

Thème

**Etude sédimentologique, pétrographique et diagénétique du Cambrien
de Hassi Guettar du puits HGA-3**

Devant le jury

Mr. ZELLOUF	(MCA)	Président
Mr. BELHADI AHMED	(MCA)	Encadreur
Mr. ASSESS	(MCB)	Examineur
Mme. YASBAA	(MCB)	Examineur

Année Universitaire : 2016/2017



Remerciements

En premier lieu, nous tenons à remercier notre dieu, qui nous a donné la force pour accomplir ce travail.

Nous adressons nos remerciements à notre promoteur consultant « Mr. AHMED BELHADI » pour nous avoir dirigé tout au long de ce travail, et à notre encadreur « Mr. IKHLEF BOUALEM » pour ses compréhensions et ses remarques qui nous ont été précieuses.

Nous présentons nos chaleureux remerciements aux enseignants pour leur aides et orientation durant nos études.

Nous remercions également tous les membres de la Division technologique et développement (ex CRD) qui nous ont beaucoup aidé à réaliser ce travail dans des bonnes conditions

Nos derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail





DEDICACES

J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :

*A ceux qui m'ont encouragé et soutenue moralement et
matériellement pendant les moments les plus
difficiles et durant toute ma vie.*

✚ *A mon très cher père et ma très chère mère qui
m'ont donné la possibilité d'arriver là où je suis.*

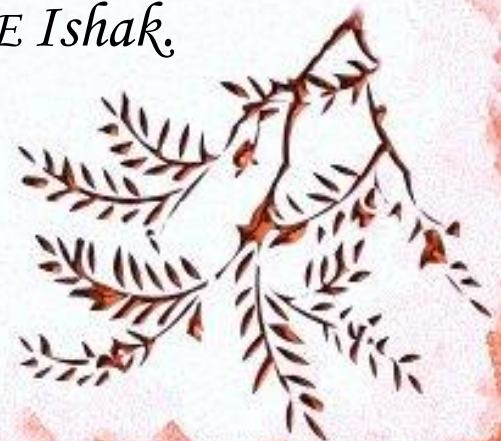
✚ *A mes très cher frères et sœurs.*

✚ *A tous ceux qui sont proches de moi Avec lesquelles
j'ai partagé les meilleurs moments de ma vie.*

✚ *A mon très cher binôme Ghano.*

✚ *A tous mes amis de la promo H12.*

BOUMEDINE Ishak,





DEDICACES

J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :

A ceux qui m'ont encouragé et soutenue moralement et matériellement pendant les moments les plus difficiles et durant toute ma vie.

✚ *A mon très cher père et ma très chère mère qui m'ont donné la possibilité d'arriver là où je suis.*

✚ *A mes très chers frères et sœurs.*


✚ *A tous ceux qui sont proches de moi Avec lesquelles j'ai partagé les meilleurs moments de ma vie.*

✚ *A mon très cher binôme Ishak,*

✚ *A ma très chère copine Rahma.*

✚ *A tous mes amis de la promo H12.*

ABDELSADEK ABDELGHANI.



Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	1
-----------------------------	---

CHAPITRE I : CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL ET LOCAL

I.1. Introduction	2
I.2. Situation géographique de la région d'étude	2
I.3. Cadre géologique.....	4
I.3.1. Cadre régional.....	4
I.3.2. Cadre local	4
I.4. Historique de la recherche dans la région.....	6
I.5. Stratigraphie.....	6
I.5.1. Le Socle	6
I.5.2. L'Infracambrien	6
I.5.3. Le Paléozoïque.....	6
I.5.4. Le Mésozoïque.....	9
I.5.5. Le Cénozoïque.....	12
I.6 Aspect structural	14
I.7. Aspect pétrolier.....	15
I.7.1. Les roches réservoirs	15
I.7.2. Les roches couvertures.....	16
I.7.3. Les roches mères.....	16
I.7.4. Types de pièges.....	16
I.7.5. Migration des hydrocarbures	16

CHAPITRE II : ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

II.1. Introduction	17
II.2. Rappels	17
II.2.1. L'analyse électro séquentielle	17
II.2.2. Diagraphies.....	17
II.3. Les structures sédimentaires rencontrées dans les faciès carottés du cambrien de Hassi Guettar	19
II.3.1. Les structures liées à l'activité des organismes	19
II.3.2. Les structures sédimentaires liées à l'action des courants.....	21
II.4. L'analyse des carottes du puit HGA-3	22

II.5. Le découpage séquentiel du Cambrien dans le puit HGA-3	25
II.5.1. La formation F1	25
II.5.2. La formation F2	25
II.6. L'environnement de dépôt	26
II.6.1. L'unité Ra	26
II.6.2. L'unité Ri	26
II.7. Conclusion	28

CHAPITRE III : ETUDE PETROGRAPHIQUE

III.1. Introduction	29
III.2. Présentation des résultats	30
III.2.1. Réservoir Ra [intervalle 3505.60 à 3570 m]	33
III.2.2. Réservoir Ri [intervalle : 3458m à 3505.60m]	39
III.2.3. La zone des alternances : [intervalle : 3451.50m à 3458m]	43
III.3. Log pétrographique	45
III.4. Conclusion	47

CHAPITRE IV : ETUDE DIAGENETIQUE

IV.1. Introduction	48
IV.2. Méthode d'étude	48
IV.3. Les phénomènes diagénétiques	48
IV.3.1. La compaction	48
IV.3.2. Le développement de la silice	49
IV.3.3. Le ciment argileux	51
IV.3.4. Le développement du ciment pyriteux et d'oxyde de fer	52
IV.3.5. Dissolution de la silice	53
IV.3.6. L'altération des micas	54
IV.4. Chronologie des phénomènes diagénétique	56
IV.5. Influence des différents facteurs sur les qualités réservoirs	58
IV.5.1. Influence des indices granulométriques	58
IV.5.2. Influence des ciments	60
IV.6. Conclusion :	63
CONCLUSION GENERALE	64

Bibliographie

Liste des figures

Fig I.1 : Situation géographique de la région de Hassi Guettar (Schlumberger-SH 2007)	03
Fig I.2 : Carte de situation géologique du gisement de Hassi Guettar (Wec 2007).....	05
Fig I.3 : Colonne stratigraphique du champ de Hassi Guettar	13
Fig I.4 : Carte en isobathe de Hassi Guettar.....	14
Fig II.1 : Image diagraphique théorique de séquences positive et négative (Cas d'un sable résistant et moins poreux que l'argile)	18
Fig II.2 : Exemple de forme de traces fossiles observables sur carottes (d'après Chamberlain 1987).....	20
Fig II.3 : Litage horizontale produit par les lits flats superieurs (upperflat bed) (Harms et Al. 1975).	21
Fig II.4 : Les divers types de litages en flaser, ondulé et lenticulaire rencontrés dans les alternances argilo-gréseuse	22
Fig II.5 : Les figures sédimentaires rencontrées dans le puit HGA-3.....	24
Fig II.6 : Découpage séquentiel du puit HGA-3	27
Fig III.1 : photo composite d'un grés grossier à très grossier à débris de roche	33
Fig III.2 : (1) et (2) Grés grossier caractérisé par un ciment kaolinitique. (3) et (4) Trace de chlorite autour des grains de quartz	35
Fig III.3 : (1) et (2) Silice frangeante développée dans un grés grossier	36
Fig III.4 : Existence de l'anatase type d'oxyde autour des grains en forme d'auréole	37
Fig III.5 : Des grés grossiers présentent une porosité moyenne de différents types (dissolution, intergranulaire, intercrystalline).....	38
Fig III.6 : (1) Grés moyen à ciment siliceux. (2) Grés moyen à grossier à ciment argileux	39
Fig III.7 : (1) et (2) Des micas de type muscovite.....	40
Fig III.8: Grés grossier à ciment kaolinitique	41

Fig III.9 : Grés moyen à ciment siliceux	42
Fig III.10: (1) et (2) Grés moyen à grossier argileux avec présence de la pyrite	42
Fig III.11: Pores plus au moins connectés dans un grés moyen (porosité estimé est de 4%).....	43
Fig III.12 : Photo en LP X4 côtes 3455m puits HGA-3, Argilo silto-gréseuse, micacée	45
Fig III.13 : Log pétrographique du puit HGA-3	46
Fig IV.1 : Photo composite d'une stylolithe tapissée d'une argile micacée.	49
Fig IV.2 : (1) Grés moyens à ciments siliceux. (2) et (3) Silice frangeante développée dans un grés grossier.....	50
Fig IV.3 : Aspect des argiles (CHLORITE, DICKITE, ILLITE) au microscope à balayage côte 3489.50 m puit HGA-3	51
Fig IV.4 : Mise en évidence de trois phénomènes diagénétiques (1 : illitisation des micas, 2 : transformation d'illite en kaolinite, 3 : la kaolinite corrode (bouffe) le grain de quartz).....	52
Fig IV.5 : Grés moyen à grossier argileux avec présence de la pyrite.....	53
Fig IV.6 : (1) Porosité de dissolution (dissolution du ciment siliceux). (2), (3) et (4) Des grés grossiers présentent une porosité moyenne de différents types (dissolution, intergranulaire, intercrystalline).....	54
IV.7 : (1) Des micas de types muscovite en voie de transformation en illites dans un grés moyen à fin. (2) Transformation des micas en illites. (3) Mise en évidence de trois phénomènes diagénétiques (1 : illitisation des micas, 2 : transformation d'illite en kaolinite, 3 : la kaolinite corrode (bouffe) le grain de quartz).....	55
Fig IV.8 : Séquence diagénétique de Cambrien du champ de Hassi Guettar puit HGA-3	57
Fig IV.9 : Influence des indices granulométriques sur la porosité du puit HGA-3	59
Fig IV.10 : L'influence des ciments sur les propriétés pétrophysiques	62

INTRODUCTION GENERALE :

Les dépôts Cambro-Ordoviciens constituent le piège principale de l'accumulation des hydrocarbures dans la région El Agreb / El Gassi / Messaoud au sein de la province triasique. D'importantes réserves d'huile ont été découvertes dans ces réservoirs. L'interprétation des cartes établies à la base de nouvelle acquisition sismique a montré l'existence de structures favorables autour de Hassi Messaoud dont celle de Hassi Guettar s'est révélée des plus prometteuses.

Les résultats très encourageants enregistrés sur les cinq puits forés : HGA-1, HGA-2, HGA-3, HGA-4 et HGA-5 ont suscité un regain d'intérêt pour cette zone périclinale du Sud Ouest du champ de Hassi Messaoud.

La présent mémoire se propose d'apporter une contribution à l'étude sédimentologique, pétrographique et diagénétique de ce secteur à partir de l'étude des échantillons de carottes du sondage HGA-3.

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une collaboration entre la faculté des hydrocarbures et de la chimie (UMBB) et la division de technologie et de développement DTD (Ex CRD).

Il a pour objectif :

Une étude sédimentologique qui comporte l'analyse des carottes prélevées et l'analyse séquentielle.

Une étude pétrographique et diagénétique afin d'essayer de proposer un modèle d'évolution diagénétique.

Afin d'atteindre ces objectifs, 24 lames minces ont fait l'objet d'une étude au microscope optique polarisant pour évaluer les paramètres granulométriques et morphoscopique des éléments, et mettre en évidence les phénomènes diagénétiques et les différents types de porosité.

Pour compléter l'étude pétrographique et diagénétique, certains échantillons ont été analysées par radiocristallographie, afin de déterminer les minéraux essentiels des roches, et de connaître la nature des minéraux argileux ainsi que leurs proportions approximatives.

I. Introduction :

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

Le Paléozoïque est représenté par tous ses termes du Cambrien au Carbonifère.

Le Mésozoïque comprend des sédiments continentaux, lagunaires et marins appartenant au Trias, Jurassique et Crétacé.

A différentes phases orogéniques, cette plateforme a été affectée par des mouvements tectoniques ayant donné naissance à des zones hautes et basses (antéclises et synéclises) et des dorsales (Amguid, Idjerran).

Au nord de cette plateforme, est situé le voutre de Hassi Messaoud, qui est de forme ovoïde et de direction NE-SW, il occupe une superficie de 5 400 Km² ; il est le résultat d'une histoire paléotectonique très complexe.

La périphérie du champ de Hassi Messaoud est constituée de zones faillées avec des Horsts et Grabens. Ces zones périphériques hautes situées en aval par rapport au gisement Hassi Messaoud contiennent des accumulations d'huile.

Parmi ces structures la structure de HASSI GUETTAR située au Sud Ouest du champ de Hassi Messaoud.

II. Situation géographique de la région d'étude :

Hassi Guettar correspond à une structure satellite appartenant la province triasique et se situe au Sud Ouest du champ de Hassi Messaoud, dans le bloc n°427 sur l'axe haut du trend El-Gassi, El-Agreb et Hassi Messaoud, entre les longitudes 5°30' et 6°30' Ouest et les latitudes 30°50' et 31°40' Nord (Fig I.1).

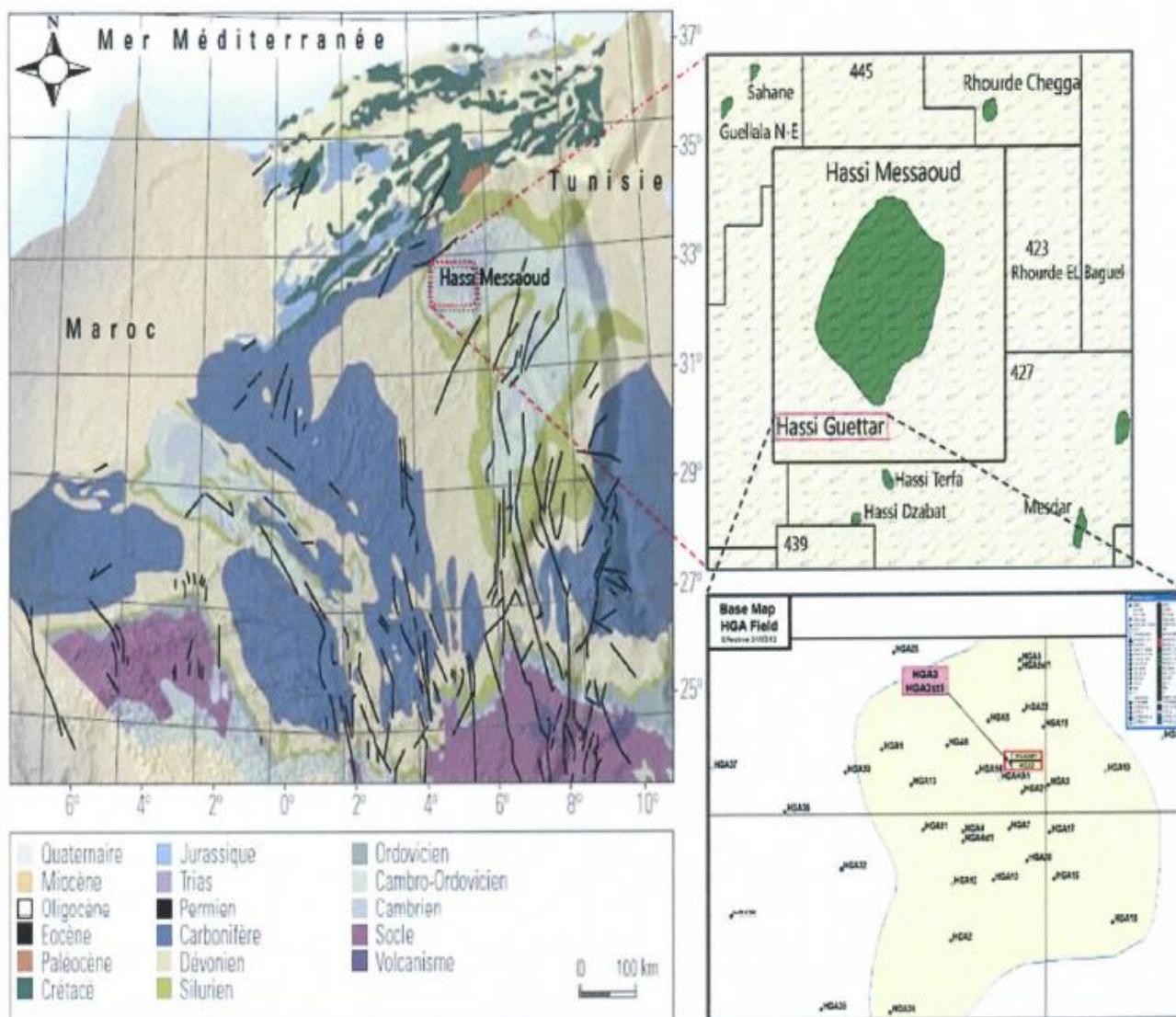


Fig I.1 : Situation géographique de la région de Hassi Guettar (Schlumberger-SH 2007).

III. Cadre géologique :

1. Cadre régional :

La zone de Hassi Messaoud constitue le prolongement septentrional de l'accident Amguid-Hassi Messaoud. L'image structurale de cet axe est le résultat d'une tectonique polyphasée. Son architecture est régie par les accidents subméridiens qui ont fonctionné depuis le Panafricain.

En effet ce réseau d'accident issu de l'orogénèse Panafricaine a joué un rôle très important dans la structuration et la sédimentation de tout l'axe Amguid-Hassi Messaoud.

Dans la partie Nord de cet axe se localise le trend El Gassi El Agreb Hassi Messaoud qui constitue l'élément tectonique majeur de cette zone. Il se trouve bordé à l'Est et à l'Ouest par des failles d'orientation NE-SW dont l'une est d'importance régionale. Elle le sépare du sillon salifère de Dorban. Le long de cet axe se dessine une série d'accidents transverses à la faille majeure. Ces failles d'orientation NW-SE, encadrent des plis anticlinaux étroits alternés par des ensellements.

De direction NE-SW, cet axe s'est structuré à la fin du Paléozoïque durant l'orogénèse hercynienne. En effet cette phase a été à l'origine de la réactivation du trend d'El Agreb - Hassi Messaoud et de l'ensemble des structures qui lui sont associées. Son influence sur la série Paléozoïque est très importante le long des accidents méridiens ou légèrement obliques vers le N-E (cas des structures d'El Agreb- El Gassi et Hassi Messaoud) où seul le Cambrien a été préservé de l'érosion.

Les mouvements tardifs le long de cet axe sont attribués à la phase alpine.

Il est toutefois utile de signaler la contribution de l'évènement hercynien dans la région qui est très significative. Au cours de l'Ordovicien inférieur et dans un épisode distensif, des manifestations de coulées basaltiques à ultrabasique ont caractérisé l'Ordovicien inférieur représenté par les argiles d'El Gassi.

2. Cadre local : (Fig I.2)

La structure de Hassi Guettar est située sur la dorsale Amguid El Biod / Hassi Messouad, ses limites sont :

- L'ensellement de Touggourt au Nord.
- La dorsale d'Amguid, qui sépare le bassin d'Illizi de celui de Mouydir, au sud.
- Le bassin de Berkine à l'Est.
- Le bassin d'Oued Mya à l'Ouest.
- Le dôme de Dahar au Nord-Est.

Elle est répartie sur trois zones hautes :

- Le dôme de Hassi Messaoud.
- Le bourrelet d'El Agreb – El Gassi plus au Sud.
- Le bourrelet de Hassi Brahim à l'Est.

Ce périmètre est considéré comme étant un grand dôme compartimenté en blocs (horsts et grabens), affecté par un réseau complexe de failles très denses de directions NE-SW et NW-SE, issues du socle et héritées des événements antéhercyniens.

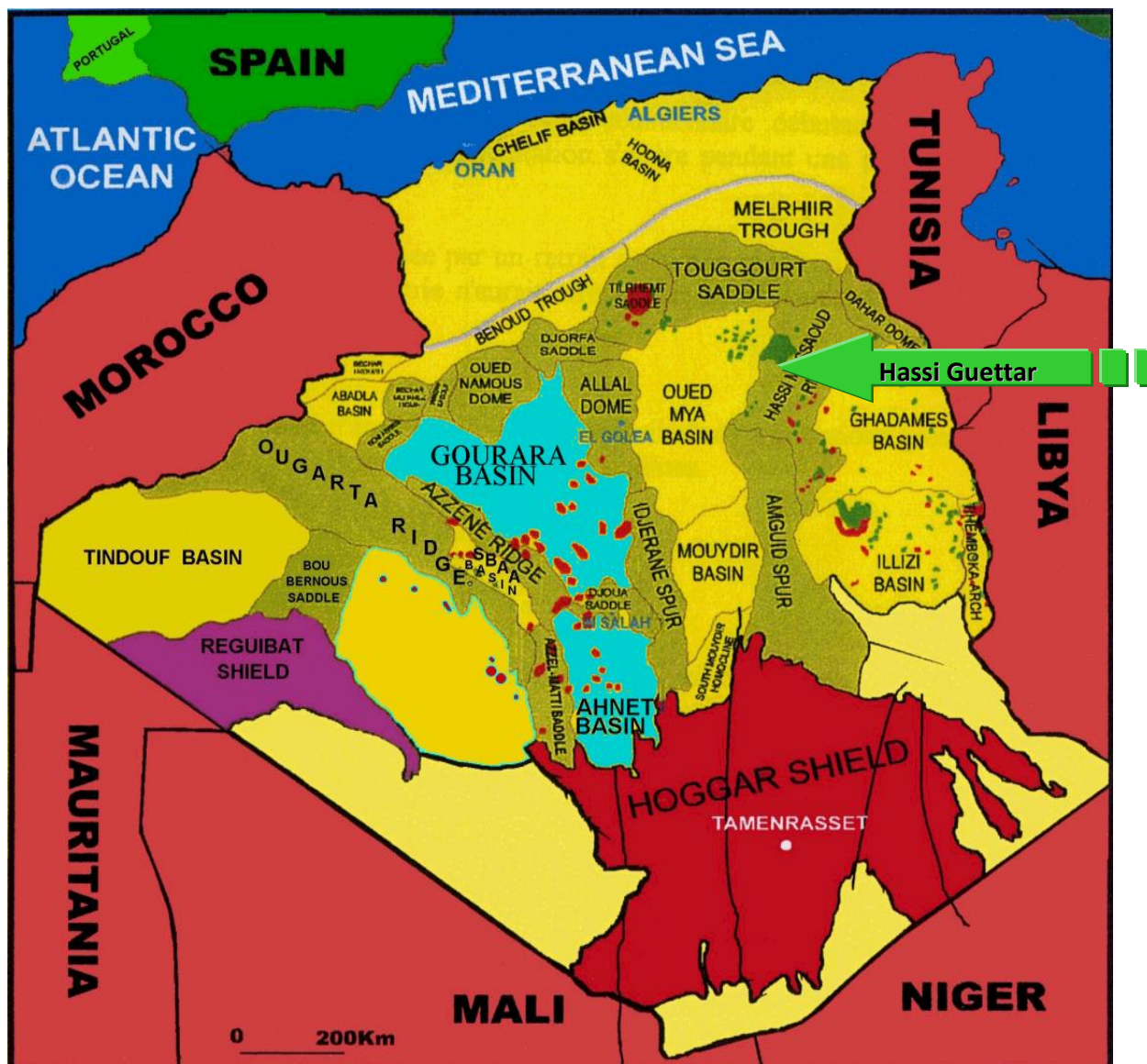


Fig I.2 : Carte de situation géologique du gisement de Hassi Guettar (Wec 2007).

IV. Historique de la recherche dans la région :

Le champ de Hassi Messouad a été découvert en 1956 par le forage du puits MD-1 suite à une campagne sismique ayant mis en évidence un dôme anticlinal. Depuis plus de 1000 sondages ont été réalisés.

Des puits aquifères tel que OL-1, SG-1, BST-1 et ONJ-76 ont été forés à la périphérie du champ de Hassi Messaoud. Ils ont permis la délimitation du plan huile/eau régional.

Les interprétations sismiques réalisées par la société nationale SONATRACH/Division Exploration et par MC. CONRAD et ses associés ont montré l'existence de zones hautes en dehors de ce « plan ». Ces interprétations n'ont pas permis l'évaluation de la hauteur de ces zones par rapport au plan huile/eau de Hassi Messaoud.

En Juin 1990, le premier puits (HGA-1) a été foré dans la région. Il a produit de l'huile à partir des niveaux Ri, la zone des alternances ainsi des Grès d'El Atchane (du Cambro-ordovicien).

Après cette découverte positive, d'autres puits ont été forés (HGA-2 en 1995 et HGA-3 en 1996). Les résultats pétroliers de ces puits ont permis de délimiter le gisement et de le préparer à une mise en production tout en planifiant d'autres forages : En 1998 (HGA-4) ; puis en 2000 (HGA-5), viennent ensuite en 2002 les sondages (HGA-6, HGA-7, HGA-8 et HGA-9) ; en 2003 le forage de (HGA-10, HGA -11, HGA-12 et HGA-13,) ; puis en 2004 le forage de HGA-14 et HGA-15. Et récemment la reconnaissance profonde de la région continue avec les puits HGA-16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 et HGA-24.

V. Stratigraphie :

Du point de vue stratigraphique, les terrains traversés par tous les sondages HGA sont presque les mêmes à l'exception des intercalations éruptives qui sont distribuées d'une façon discontinue avec des épaisseurs variables. La coupe stratigraphique type de la région se présente comme suit : (fig I.3)

1. Le Socle :

Il est représenté par des granites porphyroïdes roses, déduit par analogie avec le champ de Hassi Messaoud.

2. L'Infracambrien :

IL Correspond à des grès argileux rouges mis en évidence au nord de la région sur une épaisseur de 45 m.

3. Le Paléozoïque :

Ses dépôts s'étalent en discordance majeur sur un soubassement précambrien, il comprend :

- **Le Cambrien :**

Sa subdivision en cinq zones obéit à des critères granulométriques tels que la taille des grains diminuant vers le haut et le pourcentage des argiles évoluant dans le sens inverse.

De bas en haut, le Cambrien comprend :

- a) **Les unités R3 et R2 :**

Constituées de grès micro conglomératiques, quartzitiques et argileux, à ciment illitique ; ces deux unités ne présentent aucun intérêt pétrolier.

La zone R3 est constituée principalement par des grès grossiers, conglomératiques à la base avec un ciment argilo-dolomitique.

La zone R2 de granulométrie plus fine, a un ciment plus argileux (kaolinite).

- b) **L'unité Ra :**

Elle est représentée par des grès anisométriques, parfois micro-conglomératiques, siliceux à silico-quartzitiques, de couleur gris blanc à blanc avec des intercalations de joints d'argile grise indurée, silteuse, micacée et feuilletée soulignée par des traces d'illite et la présence de Tigillites. Une intercalation de corps éruptif est observée dans le puits HGA18.

- c) **L'unité Ri :**

Elle est formée de grès isométriques fins à moyens, siliceux à silico-quartzitiques, localement durs, intercalés de passées d'argile noire, indurée, silteuse et micacée avec une abondance de Tigillites ainsi que des traces de pyrite et de lignite. En plus de ces faciès, cette couche réservoir renferme aussi des intercalations de roches ignées observées dans quelques sondages.

- **L'Ordovicien :**

Il est subdivisé en plusieurs unités dont les changements de faciès ont été rencontrés dans le périmètre étudié. Ces unités sont les suivantes de bas en haut :

- a) **La Zone des Alternances :**

C'est une zone où les lits d'argile noire, indurée, silteuse et micacée alternent avec des grès gris clair, fins à très fins silico-quartzitiques, durs avec une abondance des Tigillites.

- b) **Les Argiles d'El Gassi :**

C'est une argile grise à gris foncé, silteuse, indurée, localement schisteuse à passées de grès gris blanc à gris vert, fin à moyen, rarement grossier, silico-argileux à quartzitique, pyriteux, glauconieux avec présence de corps éruptifs rencontrés dans quelques sondages.

c) Les Grès d'El Atchane :

Ils sont représentés par des grès de 30 m d'épaisseur en moyenne, de couleur gris clair, siliceux à quartzitiques, parfois micacés avec présence de glauconie ; ils sont intercalés de fines passées d'argile gris foncé, silteuse, micacée et indurée.

d) Les Quartzites d'El Hamra :

Ce sont des grès fins à moyens, silico-argileux quartzitiques avec de fines passées d'argile grise verte, indurée et silteuse.

e) Les roches éruptives :

Se sont des dolérites qui se présentent en intercalations dans les grés des réservoirs Ra et Ri et dans les Argiles d'El Gassi. L'épaisseur de ces intervalles des roches éruptives varie de 19m à 33m dans le Ri, de 5m à 69m dans les Argiles d'El Gassi et de 7m dans le Ra (traversé par un seul sondage HGA18).

La plupart des sondages ont traversé deux intervalles de roches éruptives dans le même encaissant, dans d'autres puits 3 intervalles sont rencontrés dans le même faciès et parfois un seul (1) intervalle rencontré surtout dans les grés des réservoirs Ri et Ra.

Ces corps éruptifs sont des roches sombres, d'une texture très fine, et parfois fracturée.

Le tableau suivant donne l'épaisseur des corps éruptifs et leur encaissant dans chaque puits :

Nom du puit	Epaisseur de l'éruptif	La couche encaissante
HGA1	35	Argiles d'El Gassi
HGA10	27	Réservoir Ri
HGA11	15	Argiles d'El Gassi
HGA12	19	Réservoir Ri
HGA13	22,5	Argiles d'El Gassi
HGA14	43	Argiles d'El Gassi
HGA15	54	Argiles d'El Gassi
HGA16	31	Réservoir Ri
HGA2	5	Argiles d'El Gassi
HGA3	48	Argiles d'El Gassi
HGA4	22	Réservoir Ri
HGA5	69	Argiles d'El Gassi
HGA6	63	Argiles d'El Gassi
HGA7	29	Argiles d'El Gassi
HGA8	57	Argiles d'El Gassi
HGA9	41	Argiles d'El Gassi
HGA17	33	Réservoir Ri
HGA18	7	Réservoir Ra
HGA19	25	Réservoir Ri
HGA20	31	Réservoir Ri

4. Le Mésozoïque :

Il repose sur les formations paléozoïques et il est représenté par ses trois systèmes géologiques :

- **Le Trias :**

Il repose en discordance sur les terrains paléozoïques, il est subdivisé dans la zone d'étude en quatre termes :

- La série inférieure.
- Le Trias éruptif.
- Le Trias argileux
- Le Trias salifère.

a) La série inférieure :

Constituée essentiellement par une argile silteuse à silto-sableuse avec des passées de grès à siltstone argileux.

b) Le Trias éruptif :

Ce sont des roches éruptives gris brun, vertes, parfois violacées riches en minéraux verts avec des passées d'argile brune, indurée, silteuse.

c) Le Trias argileux :

Il est formé d'argile brune rouge, silteuse, à silto-sableuse, tendre et indurée alternant avec des passées de grès fin, blanc verdâtre.

d) Le Trias salifère :

Il est limité à sa base par le repère dolomitique « d2 » ; sa constitution est la suivante :

➤ **Le Trias salifère « S₃ » :**

C'est une alternance d'argile gris sombre, moyennement dures, avec des niveaux de sel massif jaunâtre à rosâtre, parfois translucide.

➤ **Le Trias salifère « S₂ » :**

C'est une succession d'argiles gris brun, tendres avec des bancs de sel massif translucide.

➤ **Le Trias salifère « S₁ » :**

Il est formé par une argile gris vert parfois rougeâtre, tendre, intercalée de bancs d'anhydrite moyennement dure, microcristalline et de sel massif translucide.

- **Le Jurassique :**

Les sédiments du Jurassique sont largement représentés dans la région de Hassi Guettar, ce sont des dépôts lagunaires et marins, confirmés par la présence du calcaire qui forme l'horizon « B ». Il est représenté par :

- a) **Le Lias :**

C'est essentiellement une anhydrite blanche à passées d'argile grise à gris vert, parfois brune, dolomitique et de dolomie microcristalline beige et dure. Il comprend :

- **L'horizon « B » :**

Caractérisé par des calcaires gris à gris blanc, à passées d'argile grise, indurée, silteuse, dolomitique par endroits avec des passées d'anhydrite blanche.

- **Le Lias salifère « LS₂ » :**

C'est un banc de sel massif de couleur blanche à jaunâtre, parfois translucide ; alternant avec des lits d'argiles brun rouge, grise, tendre, et indurée.

- **Le Lias dolomitique « LD₂ » :**

Il est représenté par une alternance d'anhydrite et d'argile carbonatée, silteuse, avec des passées de dolomie et de marne.

- **Le Lias salifère « LS₁ » :**

C'est un niveau hétérolithique formé par l'intercalation de banc de sel massif et d'anhydrite rouge alternée de lits d'argile grise, silteuse.

- **Le Lias dolomitique « LD₁ » :**

C'est une anhydrite blanche avec quelques passées d'argile dolomitique et de dolomie dure.

- b) **Le Dogger :**

Il est subdivisé essentiellement en deux séries :

- **Le Dogger lagunaire :**

C'est une succession de niveaux d'anhydrite de couleur blanche pulvérulente et de dolomie grise parfois blanche, microcristalline et moyennement dure.

- **Le Dogger argileux :**

Formé essentiellement par des argiles bariolées, tendres, silteuses, en alternance avec quelques niveaux gréseux gris blanc et quelques rares passées dolomitiques.

c) Le Malm :

C'est une intercalation d'argile brune, silteuse, avec des niveaux de grès fins, gris à blanc à ciment argileux et quelques rares bancs de dolomie microcristalline.

• Le Crétacé :**a) Le Néocomien :**

C'est une série argilo-carbonatée, grise à gris vert, tendre, silteuse avec quelques passées de grès fins à moyens, gris blancs, silico-carbonatés, localement glauconieux, intercalés de rares passées de dolomie microcristalline.

b) Le Barrémien :

Il est formé par une alternance de grès fin à moyen, parfois grossier, bien classé, friable et d'argiles vertes et brunes, ainsi que des niveaux de dolomie microcristalline.

c) L'Aptien :

C'est un niveau bien individualisé, formé par une barre dolomitique microcristalline de couleur blanche à beige avec des passées de marne gris verdâtre indurée.

d) L'Albien :

Il est constitué de grès fins à moyens rarement grossiers, friables, parfois argileux avec des passées de dolomie brunâtre microcristalline dure.

e) Le Cénomanién :

Il est formé par des bancs d'anhydrite blanche, pulvérulente cristalline en alternance avec des niveaux de dolomie beige à grise et de quelques passées d'argile gris verdâtre.

f) Le Turonien :

Il est représenté par des calcaires blancs, crayeux, localement dolomitiques et quelques passées d'argile brune plastique à la base.

g) Le Sénonien :

Il est fortement développé dans la région de Hassi Guettar et, se subdivise en trois parties :

➤ Le Sénonien salifère :

Il est formé de bancs de sel massif translucide, microcristallin, intercalés de bancs d'anhydrite et de quelques joints d'argile moyennement dure.

➤ **Le Sénonien lagunaire :**

Il est constitué par des niveaux d'anhydrite blanche, cristalline; intercalés de bancs de dolomie et de lits d'argile légèrement silteuse, indurée.

➤ **Le Sénonien carbonaté :**

Il est formé par des niveaux de dolomie claire, cristalline, parfois vacuolaire, passant par endroits à des calcaires dolomitiques gris blancs argileux.

5. Le Cénozoïque :

• **Eocène:**

C'est une formation carbonatée représentée par des calcaires dolomitiques crypto cristallins avec des nodules de silex.

• **MioplIOCène :**

Essentiellement constitué par des sables jaunâtres moyens à grossiers, silico-carbonatés, intercalés de lits d'argile gris vert et de calcaire dolomitique microcristallin tendre à induré.

Age	ETAGES	LITHO	Ep(m)	DESCRIPTION	
CZ	MIO PLOCENE		239	SABLE, CALCAIRE	
	EOCENE		122	CALCAIRE	
MESOZOIQUE	Discordance				
	CARBONATE		107	CALCAIRE, DOLOMIE, ANHYDRITE	
	ANHYDRITIQUE		209	ANHYDRITE, MARNE, DOLOMIE	
	SALIFERE		149	SEL MASSIF	
	TURONIEN		112	CALCAIRE	
	CENOMANIEN		147	MARNE, CALCAIRE, DOLOMIE	
	ALBIEN		362	GRES, ARGILE	
	APTIEN		24	DOLOMIE	
	BARREMIEN		276	ARGILE, SABLE	
	NEOCOMIEN		182	DOLOMIE, MARNE, ARGILE	
JURASSIQUE	MALM		226	ARGILE, MARNE, CALCAIRE	
	DOG	ARGILEUX		107	ARGILE, MARNE
		LAGUNAIRE		211	ANHYDRITE, DOLOMIE
	LIAS	LD1		66	DOLOMIE, ANHYDRITE, ARGILE
		LS1		90	SEL, ANHYDRITE
		LD2		55	DOLOMIE, MARNE
		LS2		58	SEL MASSIF
	Horizon B		31	CALCAIRE, DOLOMIE	
	TRIAS	SA LI F	D2	46	ANHYDRITE, ARGILE
			TS2	189	SEL, ARGILE, ANHYDRITE
TS3			202	SEL MASSIF	
ARGILEUX			113	ARGILE	
GRESEUX			0 à 35	GRES, ARGILE	
PALÉOZOÏQUE	ERUPTIF		0 à 92	ANDESITE	
	Discordance				
	Quartzites de Hamra		75	Grès très fins	
	Grès d'El-Atchane		25	Grès fins glauconieux	
	Argiles d'El-Gassi		50	Argile verte ou noire	
	Zones des Alternances		18	Alternances grès et argiles	
	R Isométriques		42	GRES Isométriques, Silts	
	R Anisométriques		125	GRES Anisométriques, Silts	
	R 2		100	GRES Grossiers, Argile	
	R 3		370	GRES Grossiers, Argiles	
PROTÉRO-	Infra Cambrien		45	GRES Argileux rouge	
	SOCLE			Granite porphyroïde rose	

Fig I.3 : Colonne stratigraphique du champ de Hassi Guettar.

Document SONATRACH/DP.

VI. Aspect structural :

La structure de Hassi Guettar se situe dans le prolongement Sud et Sud-ouest du champ de Hassi Messaoud. Elle se présente sous forme d'un horst entaillé par un réseau de failles de direction NW-SE et NE-SW. Elles sont héritées des évènements antéhercyniennes ayant joué ultérieurement.

La structure de Hassi Guettar a été reprise en phase distensive Cambro-ordovicien, expliquant ainsi les faibles variations d'épaisseur des argiles d'EL Gassi et la mise en place des roches éruptives.

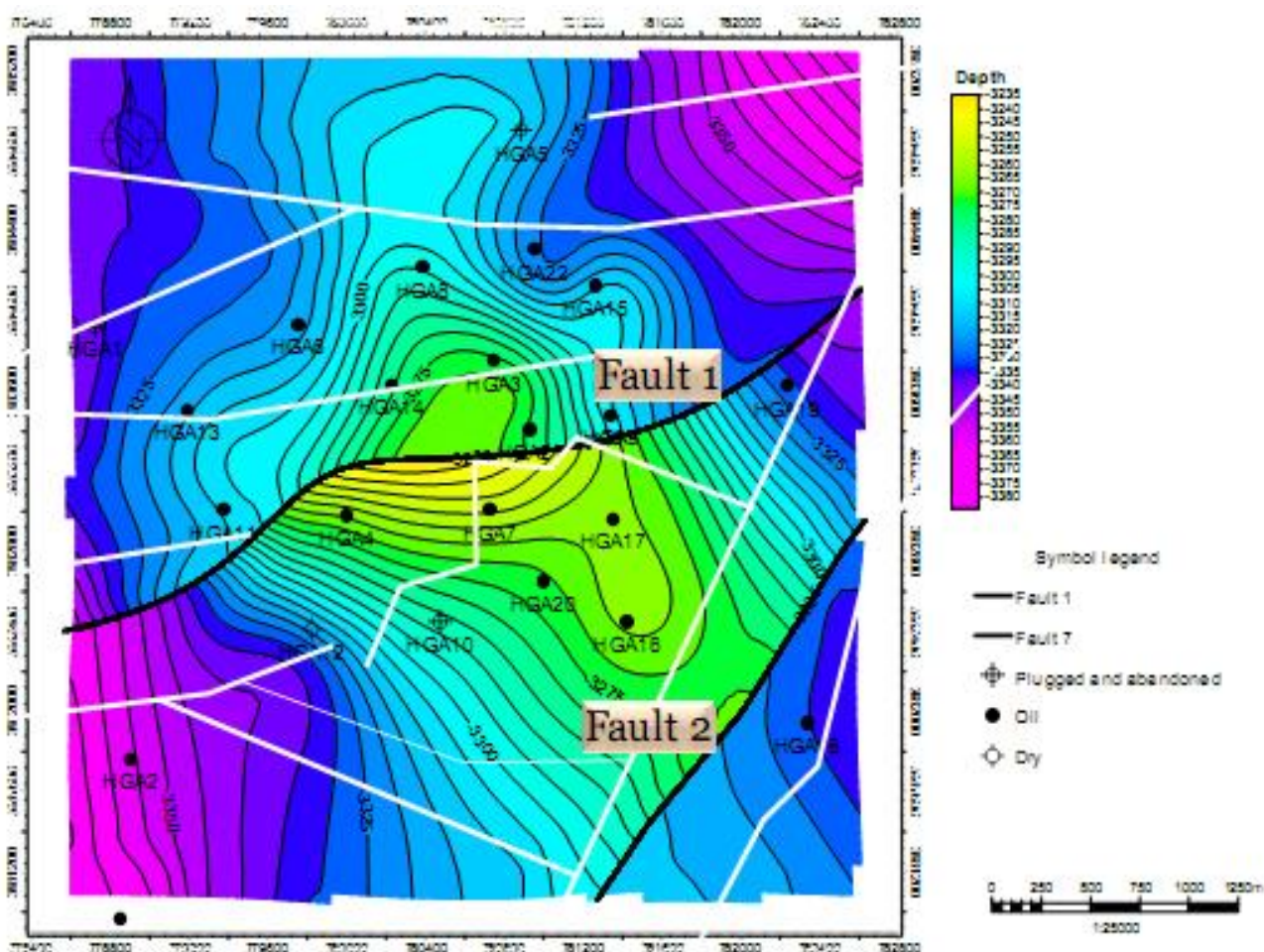


Fig I.4 : Carte en isobathe de Hassi Guettar.

VIII. Aspect pétrolier :

L'huile de Hassi Guettar provient des argiles radioactives du Silurien. Elle présente les mêmes caractéristiques que celle du champ de Hassi Messaoud ; sa migration s'est faite à travers la surface de discordance hercynienne et/ou les zones de développement des grès triasiques, qui l'ont drainé de la roche mère silurienne vers les roches réservoirs du Cambro-Ordovicien. Cette migration est accentuée grâce à un pendage favorable vers le Sud. Le drainage latéral devient parfois vertical suivant les plans de failles. (LEBLAB, 1998 ; DAOUD, 1996)

1. Les roches réservoirs :

- **Le Cambrien :**

Il est constitué par les grès de Messaoud, représentés par les unités Ri, Ra et la zone des alternances :

a) L'unité Ra :

Elle est formée par des grès mal classés de taille supérieure à 1mm. C'est une succession de lits millimétriques grossiers et fins avec de bons paramètres pétrophysiques : porosité de 4 à 18% et la perméabilité de 60 à 100md.

b) L'unité Ri :

C'est le réservoir principal dans la région de Hassi Guettar constituée de grès fins à moyens, bien classés, siliceux à silico-quartzitiques, présentant de faibles caractères pétrophysiques, parfois améliorés sensiblement par la transformation du ciment argileux, illite en kaolinite permettant un gain de porosité.

c) La Zone des Alternances :

Elle assure une bonne production, c'est un niveau fortement altéré, caractérisé par une alternance de bancs d'argile indurée et de quartzite fine et isométrique.

- **L'Ordovicien :**

Dans la région de Hassi Messaoud, l'Ordovicien est subdivisé en quatre unités (I, II, III et IV), dont seule l'unité III contient des hydrocarbures. Cette unité est subdivisée à son tour en trois sous unités (III inférieure, III moyenne et III supérieure).

Dans le périmètre étudié, le réservoir Ordovicien est représenté par les grès d'El Atchane (III inférieure) et les quartzites d'El Hamra (III moyenne).

2. Les roches couvertures :

Les séries argilo salifères du Lias et à des degrés moindres la série inférieure et les roches éruptives du Trias, jouent le rôle de couverture et assurent une étanchéité pour les réservoirs ordoviciens ; quant aux réservoirs cambriens, c'est l'épaisse série des argiles d'El Gassi qui leur assure une étanchéité parfaite.

3. Les roches mères :

Comme dans toute la plateforme saharienne et en particulierité dans le champ de Hassi Messaoud, les argiles noires radioactives siluriennes constituent la roche mère des réservoirs de Hassi Guettar. Ces argiles riches en matière organique, de nature amorphe et d'origine marine, sont absentes dans la structure de Hassi Guettar à cause de l'érosion hercynienne.

4. Types de pièges :

Les pièges rencontrés dans la structure de Hassi Guettar sont essentiellement liés à des horsts (résultat d'une activité tectonique complexe).

5. Migration des hydrocarbures :

Le remplissage des réservoirs de Hassi Guettar en hydrocarbures s'est fait par migration grâce à un pendage favorable vers le Sud, à partir des roches mères siluriennes préservées au Nord de Hassi Messaoud et dans les bassins avoisinants tel qu'Oued Mya, Mouydir et Berkine. (DAOUD. A – 1996).

La migration primaire et l'alimentation des gisements se sont effectuée au sein du Silurien, ensuite à travers les niveaux gréseux triasiques au contact de la discordance hercynienne (migration secondaire).

Les réservoirs Cambro-ordoviciens affleurant à la discordance hercynienne sont alimentés à partir des grés triasiques et la surface d'érosion qui sont en « up dip » au Nord et Nord-Ouest par rapport au chemin de migration.

I. Introduction :

Le Cambrien est subdivisé par les pétroliers en cinq zones (R3, R2, Ra, Ri, zone des alternances).

Le Cambrien (Ra et Ri) est l'objectif de cette étude sédimentologique dans le champ de Hassi Guettar à partir du puit HGA-3.

Pour essayer de reconstituer l'environnement de dépôt du Cambrien (Ra et Ri) du champ de Hassi Guettar, il est nécessaire de faire une approche sédimentologique comprenant plusieurs étapes, telle que des descriptions détaillées des carottes prélevées dans le puit HGA-3, basées essentiellement sur la lithologie, les structures sédimentaires et les critères biologiques (fossiles et bioturbations).

Les descriptions et le découpage séquentiel du Cambrien dans le puit HGA-3 ont été réalisés sur une épaisseur de 120m.

II. Rappels:

1. L'analyse électro séquentielle :

C'est une méthode diagraphique introduite pour compléter le découpage séquentiel, quand les puits ne sont carottés que sur des intervalles limités, elle permet la reconnaissance de nombreux phénomènes géologiques : cycle de dépôt, environnements et discontinuités sédimentaires.

2. Diagraphies :

Les diagraphies sont des enregistrements continus des variations physiques (densité, porosité) des roches traversées par un forage, l'application des diagraphies à la géologie n'a cessé de se développer avec l'apparition de nouveaux procédés d'enregistrements et de techniques d'interprétations plus élaborées.

- **Le GAMMA RAY :**

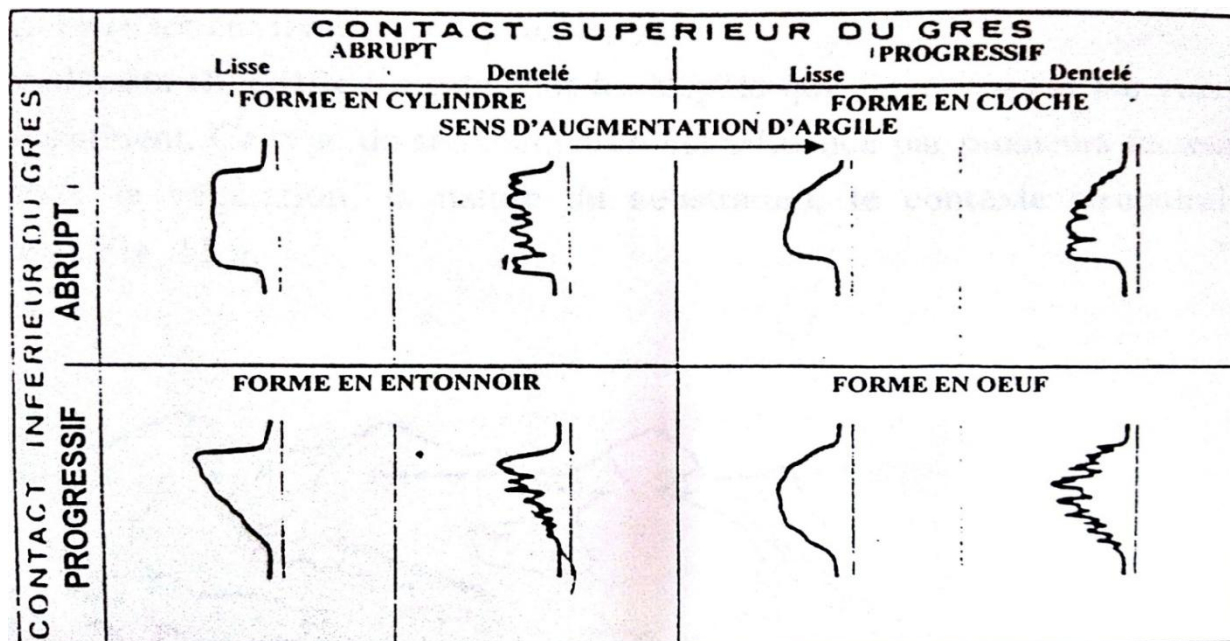
C'est un enregistrement de la radioactivité naturelle des roches en fonction de la profondeur. L'analyse de sa courbe nous permet d'avoir une approche de l'argilosité des dépôts et de la granulométrie.

En géologie chaque type de séquence a son équivalent n diagraphies et présente une forme bien déterminée.

Selon les gradients granulométriques, l'argilosité, la forme de la courbe de polarisation spontanée et le gamma-ray les ingénieurs de Shell en 1958 ont reconnu l'existence de quatre types de forme (Fig II.1), cependant trois types de forme sont souvent rencontrés :

➤ **La forme en cloche :** elle correspond à une séquence positive et caractérise généralement les dépôts de chenaux fluviaux.

- **La forme en entonnoir** : elle correspond à une séquence négative et le front de delta progradant ou les dépôts de barres littorales.
- **La forme cylindrique** : elle correspond à une séquence neutre et caractérise le domaine de plage, les lits de rivières anastomosée et le domaine de dunes éoliennes (SERRA. 1987).



Classification Shell

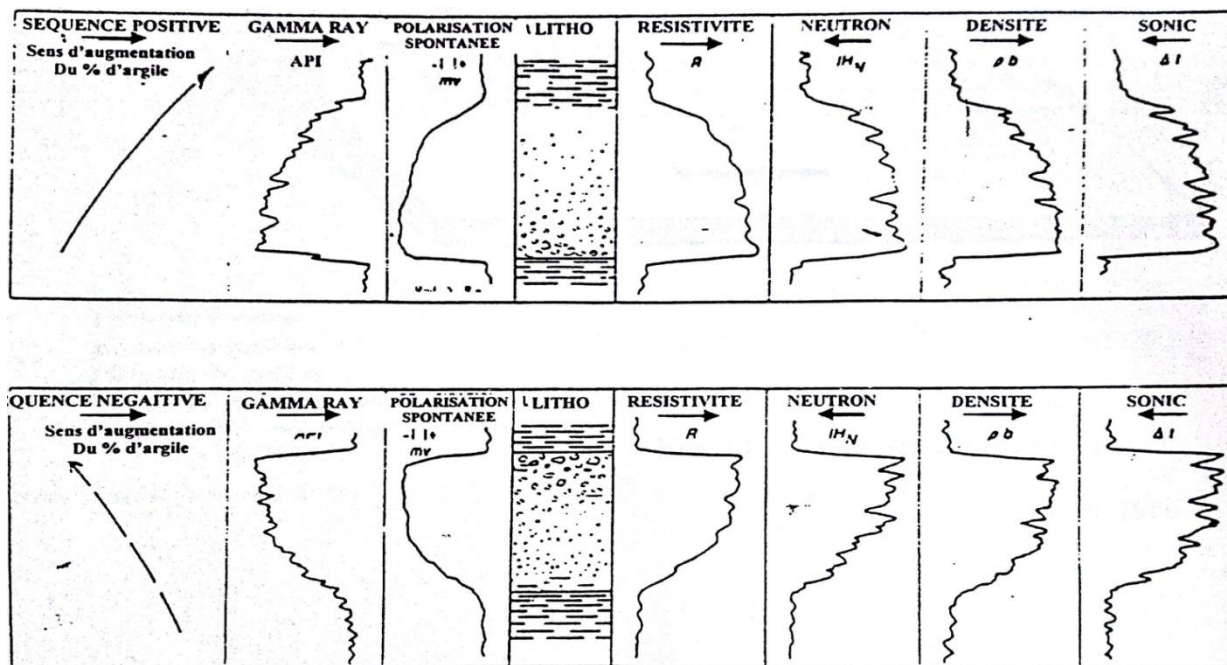


Fig II.1 : Image diagraphique théorique de séquences positive et négative (Cas d'un sable résistant et moins poreux que l'argile).

III. Les structures sédimentaires rencontrées dans les faciès carottés du cambrien de Hassi Guettar :

Pour préciser les conditions hydrodynamiques de transport des particules (énergie et type de courant) et pour déterminer les environnements de dépôts, il faut reconnaître les structures sédimentaires observées sur carottes.

Deux familles de structures sédimentaires sont observées dans le Cambrien du HGA-3:

1. Les structures liées à l'activité des organismes :

- **Les tigillites :**

Les tigillites sont liées au genre scolithes (SKOLITHOS HALDMANE, 1840). D'après la majorité des auteurs leur origine est animale. Elles sont présentes dans les grés et les argiles sous forme de tubes verticaux nettement bien développés, fins, centimétriques, généralement remplis de sédiments plus fins ou plus grossiers que ceux des environs (Fig II.2).

Ces structures caractérisent un milieu où l'action des vagues se fait ressentir. C'est un milieu marin peu profond.

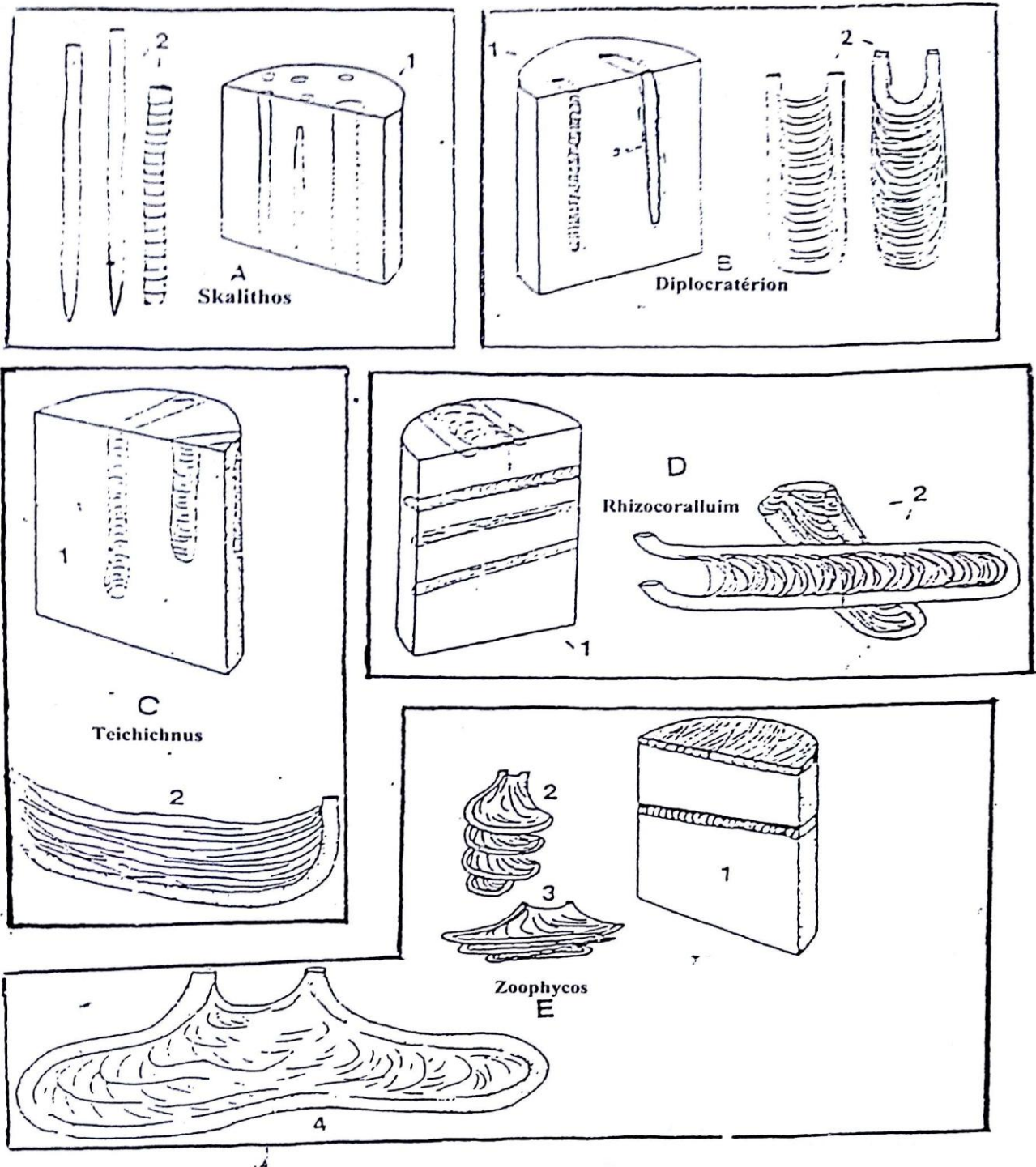


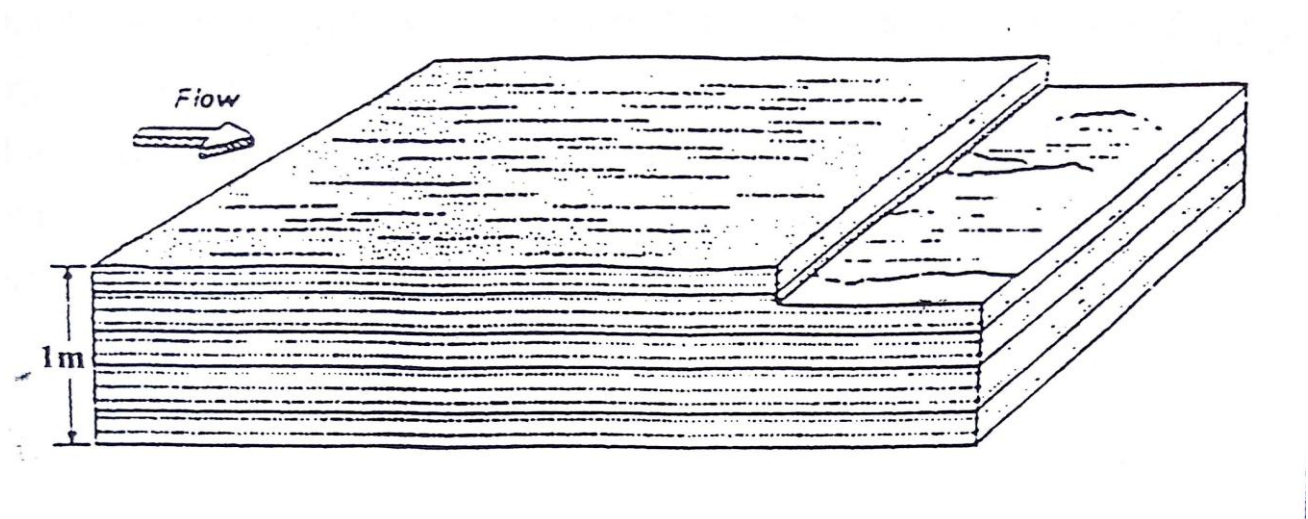
Fig II.2 : Exemple de forme de traces fossiles observables sur carottes (d'après Chamberlain 1987)

2. Les structures sédimentaires liées à l'action des courants :

- **Stratifications horizontales :**

Dans les grés et les silts, la formation de ces stratifications est due à des courants tractifs en milieu de moyenne à haute énergie (Fig II.3).

Pour les sédiments plus fins (argiles) elles se produisent sans mouvement des particules, et cela par simple décantation. Elles indiquent un milieu de dépôt calme.



**Fig II.3 : Litage horizontale produit par les lits plats supérieurs (upperflat bed)
(Harms et Al. 1975)**

- **Les stratifications obliques ou entrecroisées :**

Les plans de ces stratifications sont orientés suivant les directions déterminées par les courants dominants au moment du dépôt, des plans sont obliques par rapport à l'horizontale.

C'est le transport d'un sable par saltation et roulement en milieu moyennement agité suite à l'action des vagues. Ce phénomène est rencontré dans les faciès de plage et dans les talus deltaïques.

- **Les stratifications lenticulaires :**

Lorsqu'une zone de dépôt est soumise périodiquement à un courant porteur de sable, les rides vont être isolées et former au sein d'un sédiment argileux des lentilles sableuses (Fig II.4).

- **Les flizzer-bedding :**

Ce sont des structures qui se forment par la préservation entière ou partielle des lentilles boueuses dans les creux des rides sableuses. Elles résultent de l'alternance des périodes d'activité de courant avec des périodes calmes (absence de courants), (Fig II.4).

L'existence de ces structures montre une influence tidale. On les retrouve dans les barres d'embouchures du front de delta.

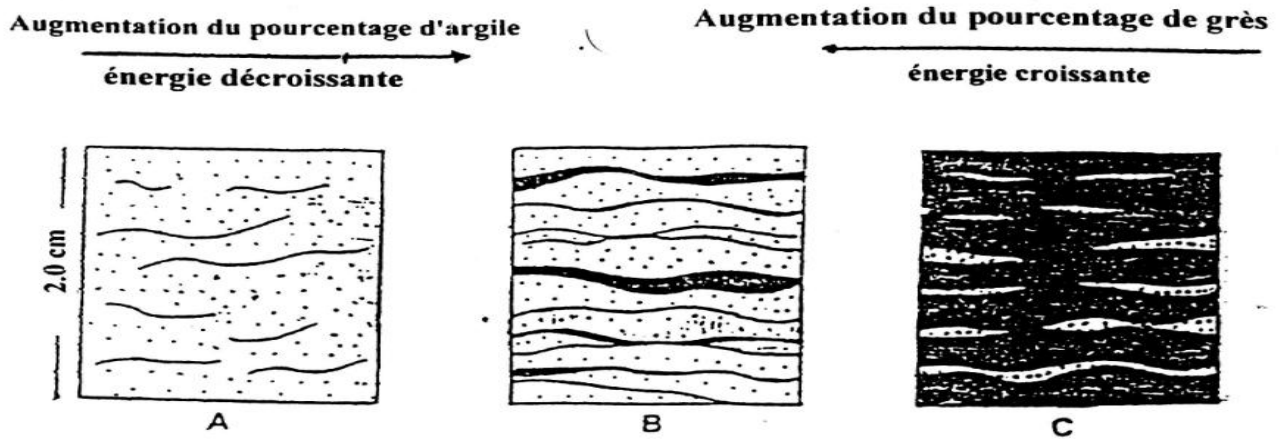


Fig II.4 : Les divers types de litages en flaser, ondulé et lenticulaire rencontrés dans les alternances argilo-gréseuse

A-litage en flaser (flaser bedding).

B-litage ondulé (wavy bedding).

C-litage lenticulaire (lenticular bedding).

V. L'analyse des carottes du puit HGA-3 : (Fig II.5)

- **Carotte N°1 [3450m – 3470m] :**

Des grés gris-blancs fins à moyens sub-arrondis à arrondis bien classés siliceux parfois silico-argileux, bien consolidés, pyriteux avec rares passés centimétriques et décimétriques d'argile grise à grise foncée bioturbée, silteuse et micacée avec abondance de tigillites.

Présence de stratifications obliques, de fissures sub-horizontales et sub-verticales parfois remplies d'argile gris foncée à noire micacée, et de rare joints stylolitiques.

- **Carotte N°2 [3470m – 3488m] :**

Des grés gris-blancs fins à moyens bien classés, siliceux à quartzitiques compact durs pyriteux parfois silico-argileux avec rares passés centimétriques et décimétriques d'argile grise bioturbée micacée, avec abondance de tigillites.

Présence de stratifications obliques, de fissures sub-horizontales et sub-verticales parfois remplis d'argile, et de joints stylolitiques.

- **Carotte N°3 [3488m – 3506m] :**

Des grés gris bruns moyens à grossiers sub-arrondis à arrondis siliceux moyennement consolidé, pyriteux avec des rares laminations d'argile grise à grise foncée silteuse micacée, et présence rare de tigillites.

Présence des stratifications obliques, de rares fissures sub-horizontales et sub-verticales, et des joints stylolitiques soulignés par des argiles noires.

- **Carotte N°4 [3506m – 3524m] :**

Des grés gris blancs très grossiers à grossiers et moyens et, rarement fins arrondis, siliceux, pyriteux, alternés avec des niveaux micro conglomératiques présentant des séquences grano-décroissante.

On a aussi de rares passées centimétriques et décimétriques des argiles grises à grises foncées. Présence des stratifications obliques et des fissures sub-verticales et verticales ouvertes et fermées.

- **Carotte N°5 [3524m -3542m] :**

Des grés gris blancs anisométriques rarement fins, sub-arrondis à arrondis, siliceux à quartzitiques durs et pyriteux avec des niveaux microconglomératiques et passées centimétriques et décimétriques d'argile grise et grise foncée silteuses présentant des séquences grano-décroissante.

Présence des stratifications obliques et de joints stylolitiques ainsi que de rares fissures verticales fermées.

- **Carotte N°6 [3542m – 3560m] :**

Des grés gris blancs grossiers, moyens et fins sub-arrondis, siliceux à quartzitiques durs et pyriteux moyennement classés, avec des niveaux microconglomératiques et passées centimétriques et décimétriques d'argiles grises.

Présence des stratifications obliques et des joints stylolitiques.



Fig II.5 : Les figures sédimentaires rencontrées dans le puit HGA-3

VI. Le découpage séquentiel du Cambrien dans le puit HGA-3 :

Le découpage séquentiel du puit HGA-3 effectué par diagraphie (GR) montre deux formations différentes F1 et F2 (Fig II.6). Chaque formation est constituée par des membres.

1. La formation F1 :

Cette formation représente le réservoir Ra, elle a une épaisseur de 75m, la cote diagraphique atteint seulement 50m, elle est marquée au sommet par la variation notable du faciès lithologique. L'aspect diagraphie est typiquement « cylindrique » qui représente l'environnement fluvatile des chenaux anastomosés.

Elle est subdivisée en deux membres (séquences de 3^{ème} ordres) :

- **Première séquence d'ordre 3 (F1a) :**

Cette séquence à une épaisseur de 23m, la courbe GR montre un électrofaciès en « cylindre » granodécroissante correspond à un système fluvatile de chenaux anastomosés, elle est formées par des grès gris blancs très grossiers à grossiers et moyens, arrondis siliceux à quartzitiques pyriteux alternés avec des niveaux microconglomératiques présentant des séquences « Fining up », avec des stratifications obliques.

- **Deuxième séquence d'ordre 03(F1b) :**

La courbe de GR de cette séquence est en « cylindre » sur une épaisseur de 17m environ et à une tendance granodécroissante, elle consiste par des grès bruns à blancs moyens à grossiers parfois microconglomératiques à passés centimétriques et décimétriques d'argile grise laminée et présence de stratifications obliques, et de tigillites qui indiquent la transgression de la mer qui comble la topographie.

Cette séquence est le passage d'un milieu fluvatile à un autre margino-littoral.

2. La formation F2 :

Cette formation atteint environ de 45m, elle est composée par deux membres qui s'individualisent sur la courbe de GR :

- **La première séquence d'ordre 03 (F2a) :**

La séquence est de 28m d'épaisseur, selon la courbe GR elle est granodécroissante formée par des grés fins à moyens gris blancs, l'abondance de tigillites indique un milieu marin peu profond, au sommet de cette séquence la forme dentelée de la courbe GR où l'intercalation grés-argile (qui représente des séquences de 2eme ordres), où les grés à stratifications obliques représentent les chenaux de marrés, et les argiles grises bioturbées sont les replats de marrés.

- **La deuxième séquence d'ordre 03 (F2b) :**

Elle a une épaisseur de 20m environ, composée par des grés gris blancs fins à très fins parfois silico-argileux bien classés, avec l'abondance de tigillites, au sommet de cette séquence l'épais banc d'argile noire marine indique le passage d'un milieu marginolittoral à un milieu marin profond.

VII. L'environnement de dépôt :

Ces différentes descriptions permettent d'attribuer à chaque formation son milieu de dépôt :

1. L'unité Ra :

Les grés de Ra sont des grés quartzitiques caractérisés par une granulométrie grossière, anisométrique à ciment argileux et siliceux, un granoclassement et des stratifications obliques et entrecroisées.

Ces grés correspondent à un milieu de dépôt fluviatile de type anastomosé ou en tresse (braided système), d'influence marine (zone fine médiane), marquée par des intercalations argileux-silteuse et par la présence de tigillites témoignant d'un milieu de dépôt à caractère marin peu profond.

2. L'unité Ri :

L'unité Ri est caractérisée par un faciès assez différent de Ra, il s'agit des grés quartzitiques isométriques, fins à moyens à stratification horizontales avec de nombreuses intercalations argileux-silteuse, notamment dans sa partie médiane, s'étendant à des dizaines de kilomètres. A noté également la présence de nombreuses marques de bioturbation (tigillites).

Cette variation de faciès témoigne d'une sédimentation marine peu profonde à régime hydrodynamique calme.

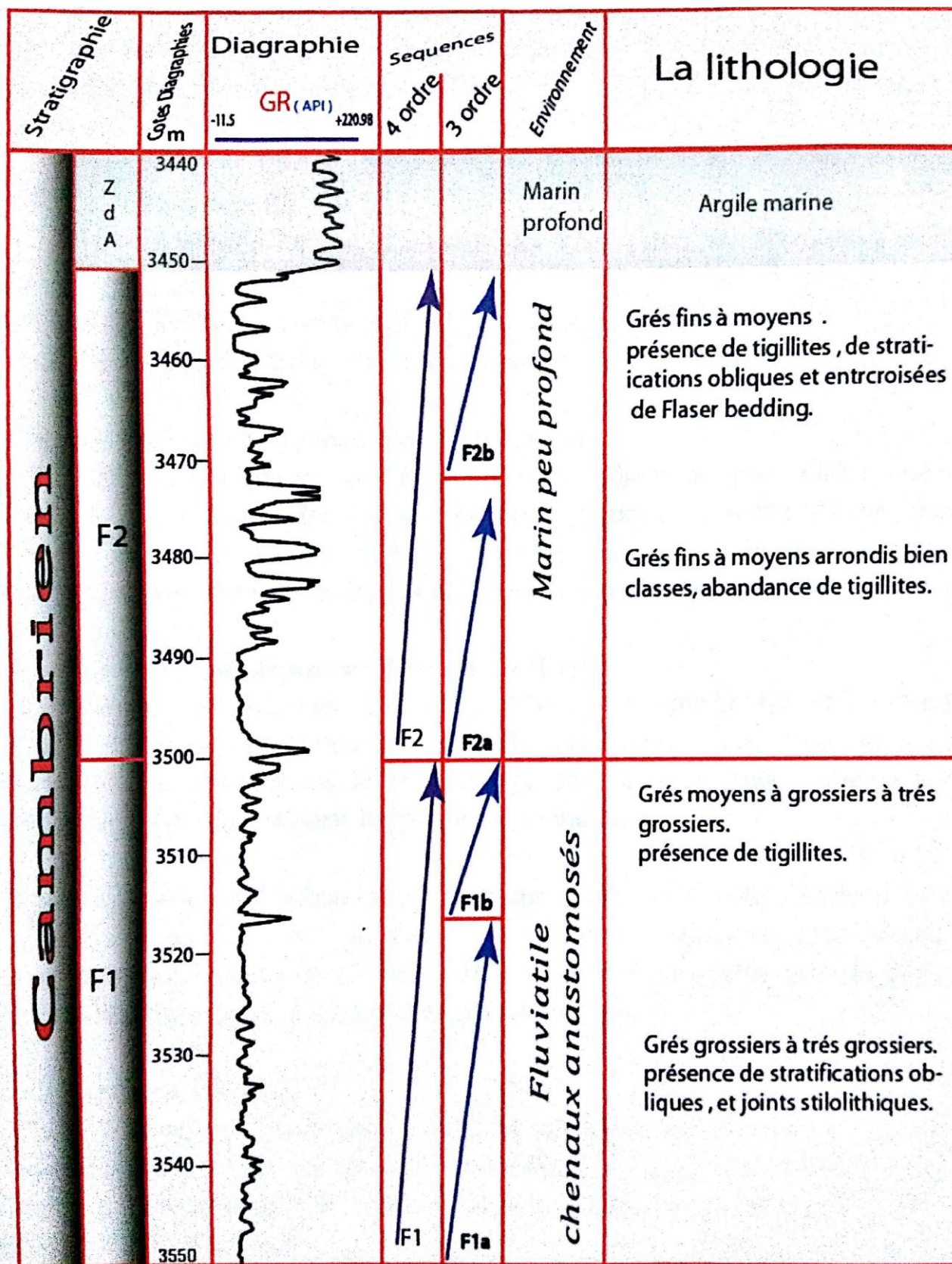


Fig II.6 : Découpage séquentiel du puit HGA-3.

VIII. Conclusion :

L'objectif de cette étude sédimentologique sur les réservoirs Cambrien de champ Hassi Guettar à travers le sondage HGA-3, nous a permis de déterminer plusieurs environnements de dépôt, à partir de la description des carottes basée sur la reconnaissance d'un certain nombre de faciès qui sont ensuite rassemblés en quatre (04) principales associations caractéristiques chacune d'un environnement de dépôt. On en distingue de bas en haut :

- Des grés quartzitiques grossiers à très grossiers à granules de quartz, des structures sédimentaires à stratifications obliques témoignant d'un milieu fluviatile de type anastomosé.
- Des grés quartzitiques grossiers à très grossiers, correspond à un milieu fluviatile de type anastomosé, caractérisés par des intercalations argileux-silteuse et par la présence des tigillites témoignant d'un milieu de dépôt marin peu profond.
- Des grés quartzitiques marins peu profonds caractérisés par une granulométrie fine à moyenne, avec la présence de nombreuses marques de bioturbations (tigillites), et quelques structures sédimentaires peu visibles, telles que les stratifications planes horizontales, obliques et entrecroisées.
- Au sommet un faciès d'épaisseur plurimétrique à bioturbations diverses témoignant d'un environnement marin.

I. Introduction :

Dans le cadre de l'étude pétrographique et minéralogique, vingt sept (27) échantillons ont été prélevés sur les carottes du sondage étudié, dont vingt quatre (24) sont destinés pour l'analyse pétrographique sous microscope et quinze (15) échantillons ont fait l'objet d'analyses minéralogiques par diffractométrie aux Rayons X (DRX).

L'étude pétrographique a été réalisée sous microscope optique, basée sur l'analyse qualitative et quantitative des composants pétrographiques. Ces analyses ont permis d'identifier :

- Les différents minéraux et ciments
- La taille des grains de quartz (maximum et moyen).
- La morphoscopie des grains de quartz.
- Le classement des grains de quartz.
- Le pourcentage des composants détritiques et diagénétiques.
- L'estimation de la porosité.

En parallèle, une analyse radiocristallographique a été réalisée selon le mode opératoire MO-GEO-S1, basée sur la loi BRAAG, afin d'identifier les minéraux argileux (Tab.02).

II. Présentation des résultats :

Les résultats présentés sont ceux des réservoirs Cambrien (Ra et Ri) et de la zone d'alternance.

Les résultats des études sur lames minces sont présentés dans le tableau 1 et ceux des analyses radiocristallographiques dans le tableau 2.

carottes	Côtes (m)	Granu.(mm)				Mode	Classement	Morphoscopie	Texture					Pétrographie (%)															
		G ₁ Max	G ₂ Max	G ₃ Max	G ₄ Max				contact					Quartz détritique	Quartz secondaire	Feldspaths	Débris de roches	Minéraux lourds	Micas	Argiles	Oxydes de fer	Anhydrite	Pyrite	Glauconie	carbonates	sédiments	Matière organique	Porosité estimée	
									Flottant	Droit	Ponctuel	Concavo-convexe	Suturé																
1	3451,90	1,250	0,325	0,75	Bimodale	M	SR /SA / R		F	R	P		75	5		Tr	3	17	Tr	Tr	Tr			Tr	Tr	Tr			
	3454,74	0,325	0,250		Unimodale	M	A /SA	A	R				46	3	Tr		Tr	6	40	Tr	Tr			15		Tr			
	3455,64	0,625	0,375		Unimodale	M	A / SA		A		P		52	5			3	Tr	6	20	Tr	Tr	2	Tr		12	Tr	Tr	Tr
	3460,15	1,175	0,375	0,55	Bimodale	M	SA / A		A		P		73	14				Tr		7		1	1					Tr	4
	3464,67	0,875	0,375		Unimodale	M	SA / A		A		P		74	7				Tr	3	10		Tr	1					Tr	5
	3470,53	1,000	0,275	0,65	Bimodale	M	A /SA /SR		A		P	R	57	12				Tr	3	20		Tr	Tr	Tr		Tr	8		Tr
2	3471,56	1,175	0,375	0,8	Bimodale	M	SR /R		A		P	P	67	7			Tr	Tr	20	Tr	2	Tr					Tr	4	
	3478,05	0,950	0,625		Unimodale	M	SA / SR		A		P	R	69	12			Tr	Tr	14		Tr	1					Tr	4	
	3483,54	0,575	0,375		Unimodale	M	SA /SR		A		P		68	8		1	Tr		18	Tr	1						Tr	4	
	3485,14	0,975	0,625		Unimodale	M	SA /SR		A		P	P	64	10			Tr	2	15	Tr	7	Tr					Tr	2	
3	3489,50	0,850	0,5		Unimodale	M	SA /SR		A		P	R	82	8			Tr	2	15		3	1					Tr	4	
	3495,18	0,925	0,55		Unimodale	M	SA /SR		A		P		76	4		1	Tr	2	10		Tr						Tr	7	
	3505,60	1,575	0,875		Unimodale	M	SA /SR		A		P	R	76	4		10	Tr	2	8	Tr	Tr				Tr	Tr	Tr		
4	3508,50	1,875	0,550	0,9	Bimodale	M	SA /SR		A		P	R	74	4		3	Tr	1	7		Tr	Tr					Tr	11	
	3512,50	2,050	0,850	1,25	Bimodale	M	SA /SR		A		P		72	6		3	Tr	Tr	10	Tr	Tr	Tr					Tr	9	
	3516,47	1,550	0,750	1,05	Bimodale	M	SA /SR		A		P		75	3		2	Tr	Tr	8		Tr	Tr					Tr	10	
5	3527,81	1,000	0,875		Unimodale	M	A /SA		A		P	R	68	8			Tr	2	12		Tr	Tr					Tr	10	
	3530,52	1,250	0,65		Unimodale	M	SA /SR		A		P		70	6		3	Tr	1	10		Tr	Tr					Tr	10	
	3531,47	1,175	0,75		Unimodale	M	SA /SR		A		P		73	8		2	Tr	1	8	Tr	Tr	Tr					Tr	8	
	3539,50	1,425	0,75		Unimodale	M	SR / SA / A		A		P	R	69	8		4	Tr	1	12		Tr	Tr					Tr	6	
6	3542,25	2,550	0,950/1,750		Bimodale	M	A / SA		A		P		74	5		4	Tr		8	Tr	Tr	1					Tr	8	
	3548,53	2,450	1,175		Unimodale	M	SA /SR		A		P	R	78	5		1	Tr	Tr	8		Tr	Tr					Tr	8	
	3555,34	3,600	1,9		Unimodale	M	SR / SA		A		P		73	2		7	Tr	1	7	Tr	Tr	Tr					Tr	10	
7	3568,56	1,550	0,95		Unimodale	M	SA / SR		A	P	P		74	5		3	Tr	1	10	Tr	Tr	Tr					Tr	7	

LEGENDE : TM : Très mal classé. SR : Sub-arrondis. A: abondant.
M : Mal classé. SA : Sub-angleux. F : Fréquent.
My : Moyennement classé. A : Anguleux. P : Présent.
B : Bien classé. AR : Arrondi. R : Rare.
TB : Très bien classé. Tr : Trace.

Tab 01 : Tableaux de résultats d'analyse pétrographique.

N°	Cotes (m)	% MINERAUX ARGILEUX									% MINERAUX NON ARGILEUX																
		Kaolinite	Illite	Chlorite	Palygorskite	Mont. 14A	Mont. 22A	Interstrat. I-M	Interstrat. I-C	Somme des argiles	Somme argile+indosés	Quartz	Calcite	Dolomite	Sidérite	Orthoclases	Plagioclases	Gypse	Anhydrite	Bassanite	Barite	Anatase	Halite	Pyrite	Hematite	Somme minér. non argileux	
1	3451,90	75	20	5			tr		100	14	81			5										tr			86
2	3454,74	65	30				5		100	9	91				tr									tr			91
3	3455,64	55	40	5			tr		100	24	69			7													76
4	3460,15	100							100	3	96														1		97
5	3470,53	85	10	tr			5		100	5	94												tr	1		95	
6	3478,05	100		tr					100	3	96														1		97
7	3483,54	70	20	5			5		100	11	88									tr			tr	1		89	
8	3489,50	80	15	tr			5		100	12	86			1						tr			tr	1		88	
9	3495,18	80	15				5		100	8	92									tr				tr		92	
10	3505,60	55	45						100	16	81			1						tr	1	tr	1			84	
11	3508,50	95		5					100	4	96													tr		96	
12	3521,82	60	40	tr			tr		100	46	50			1							3					54	
13	3535,46	100							100	4	96									tr						96	
14	3548,35	100							100	3	97													tr		97	
15	3557,15	90	5				5		100	19	81			tr							tr					81	
					tr=trace												tr= trace										

Tab 02 : Tableaux des résultats des analyses radiocristallographique (DRX).

1. Réservoir Ra [intervalle 3505.60 à 3570 m] :

A. Les composants détritiques :

- **Le Quartz :**

L'ensemble des observations pétrographiques montre des grains de quartz grossiers à moyens, sub-arrondis à sub-anguleux, mal à très mal classés avec des contacts droits à concavo-convexe rarement suturés, leur pourcentage total oscille entre 68 et 78%

- **Les fragments de roches :**

Les fragments de roches sont aussi présents, associés surtout aux niveaux microconglomératiques. Il s'agit de grains de quartz composites, grossiers à très grossiers, polycristallins ou microcristallins, ainsi que des grains de quartz grossiers fortement craquelés. Leur teneur est de 5% en moyenne, elles atteignent parfois des valeurs très élevées (Fig III.1).

LP X2 Côte : 3555.34m HGA-3.

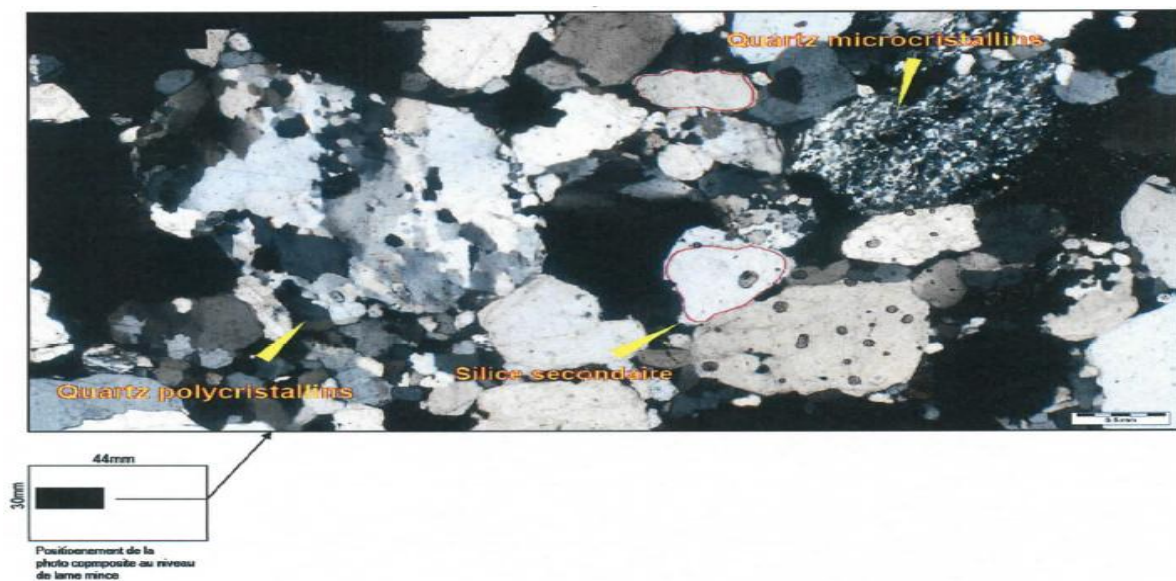


Fig III.1 : photo composite d'un grès grossier à très grossier à débris de roche.

- **Les micas :**

Ce sont des muscovites en lamelles et plus rarement des biotites, elles sont plus souvent présentées sous forme de trace à 1%.

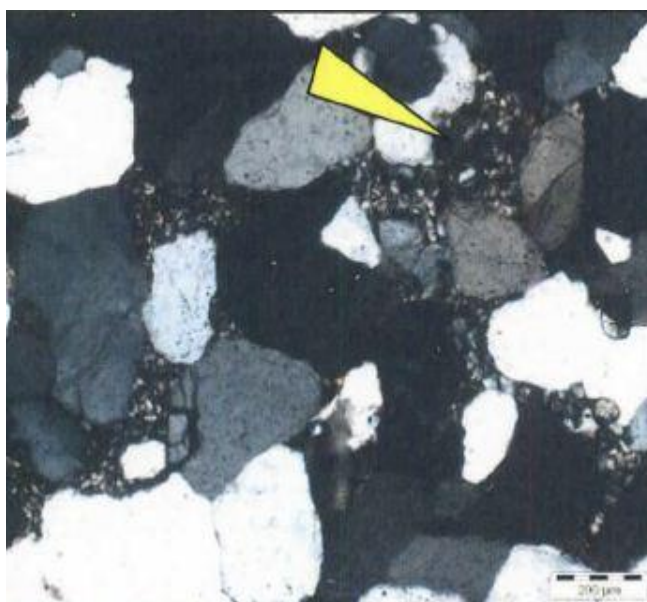
- **Les minéraux lourds :**

Les minéraux accessoires sont représentés par des minéraux stables (zircon, tourmaline, leucoxène), bien arrondis et dispersé. Leur teneur est très faible.

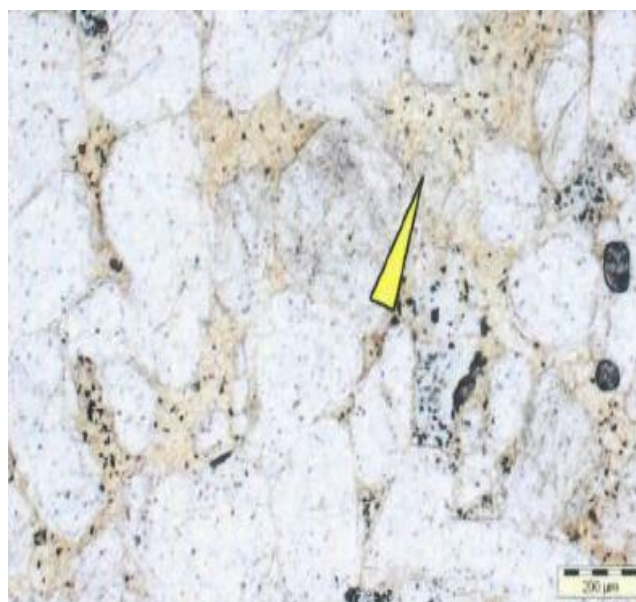
B. Les composants authigènes :

- **L'argile :**

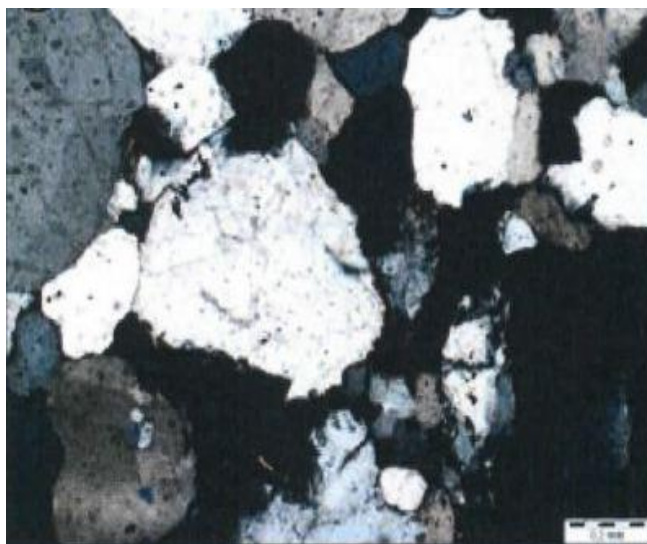
Ce ciment est représenté en grande partie par la kaolinite développée entre les grains de quartz et dont le pourcentage varie de 60 à 100%. L'illite est présente uniquement dans certains échantillons en association avec la kaolinite, (Fig III.2). On note aussi l'apparition de la chlorite à 3508.50 m à 5% et à 3521.82 en trace, celle-ci est déterminée uniquement aux rayons-X, (voir Tab.02).



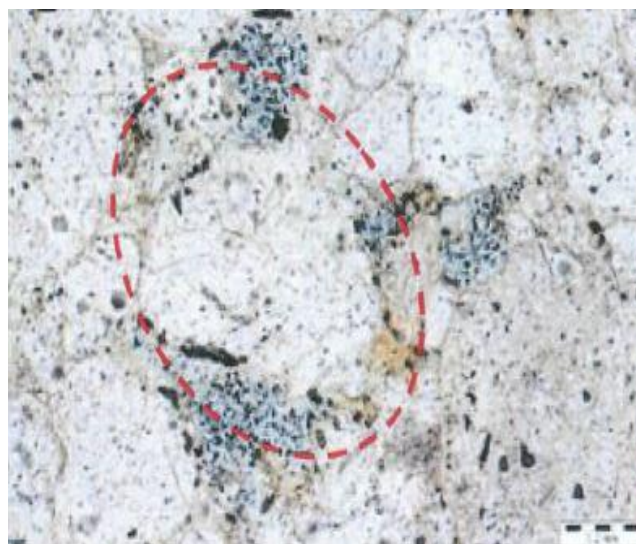
LP x4 Côte : 3512.50m (1)



LN x4 Côte : 3512.50m (2)



LP x4 Côte : 3508.50m (3)



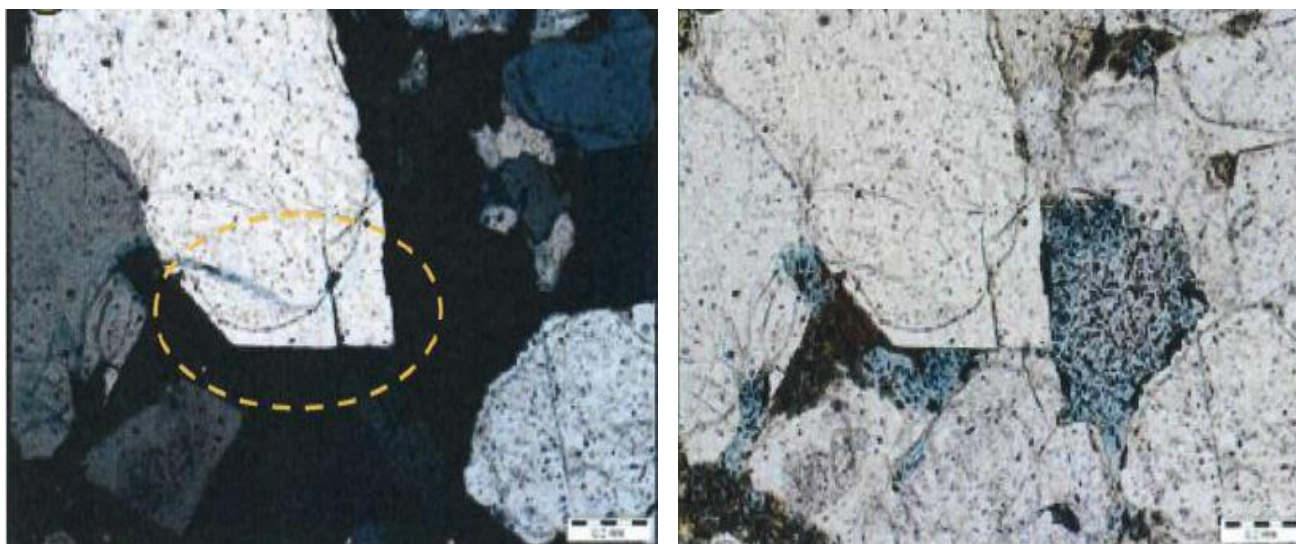
LN x4 Côte : 3508.50m (4)

Fig III.2 : (1) et (2) Grés grossier caractérisé par un ciment kaolinitique. (3) et (4) Trace de chlorite autour des grains de quartz.

- **La silice secondaire :**

Son pourcentage total oscille entre 2 et 8%, (voir Fig III.13). ce ciment est développé en deux phase, la première a donné la silice de nourrissage, la seconde phase correspond à la silice de compaction. La silice de nourrissage est matérialisée par les auréoles d'impuretés autour des grains de quartz, (Fig III.3) et son pourcentage peut atteindre 7%.

La silice de compaction est le résultat du phénomène de compaction qui augmente avec l'enfouissement. C'est un ciment difficile à mettre en évidence car il est confondu avec les contacts entre les grains de type concavo-convexe à suturé. Sa proportion est moins importante que celle du ciment de nourrissage.



LP x4 Côte : 3531.47m (1)

LN x4 Côte : 3531.47m (2)

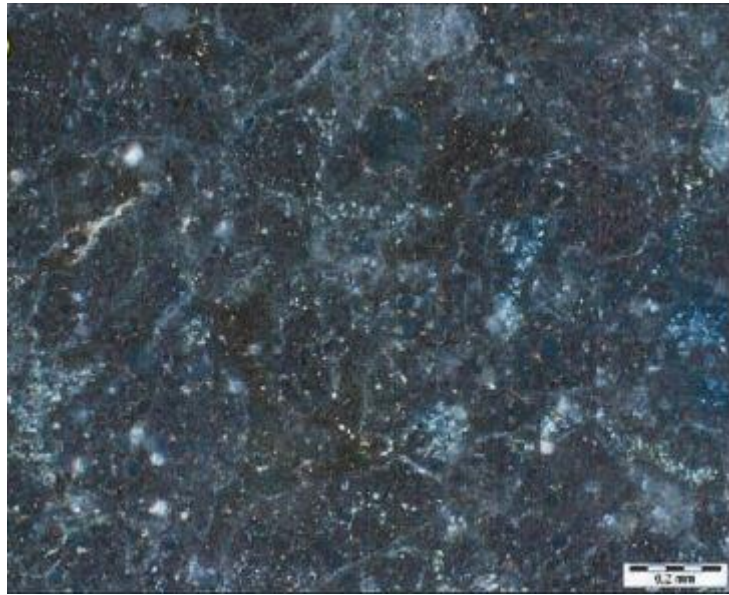
Fig III.3 : (1) et (2) Silice frangeante développée dans un grès grossier.

- **La pyrite :**

C'est le ciment le moins fréquent, le plus souvent en trace (inférieur à 1%). Elle se développe dans la porosité intergranulaire et de dissolution. On constate que dans ce réservoir le ciment pyriteux est moins fréquent que dans le réservoir Ri, est que son apparition verticale est discontinue, (voir Fig III.13).

- **Les oxydes :**

Dans cet intervalle ils sont représentés généralement par l'oxyde de fer et leur pourcentage est de trace à 1% sauf à la côte 3521.82m, on trouve un autre type d'oxyde qui est l'ANATASE (dioxyde de titan TiO_2) sous forme d'auréole autour des grains de quartz (Fig III.4), leur pourcentage ne dépasse pas les 3% celle-ci est déterminée uniquement aux rayons-X.



LR x4 Côte : 3527.81m

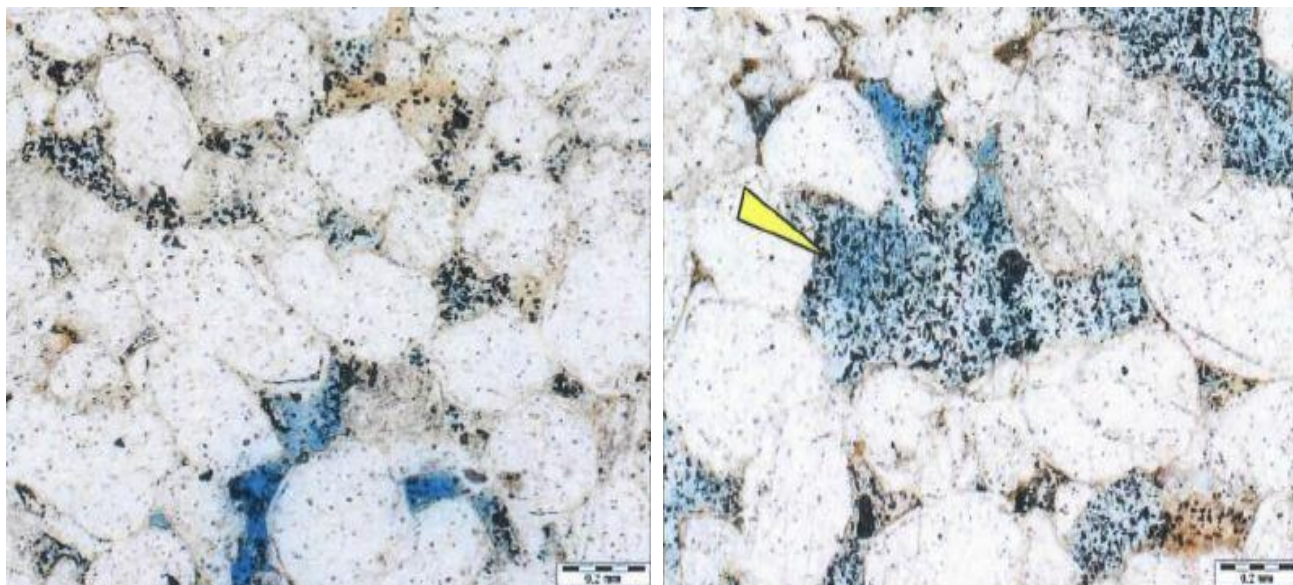
Fig III.4 : Existence de l'anatase type d'oxyde autour des grains en forme d'auréole.

- **La matière organique :**

Dans cet intervalle, la matière organique est présente en trace.

C. La porosité :

Du point de vue qualité réservoir, la porosité observée sur les lames minces est subdivisée en trois types : la porosité intergranulaire, la porosité de dissolution et la porosité intercristalline (Fig III.5). Il est à noter que ce réservoir est plus poreux que le réservoir Ri (6 à 11%).



LN x2 Côte : 3512.50m (1)

LN x4 : 3516.47m (2)



LN X2 Côte : 3539.50m (3)

Fig III.5 : Des grés grossiers présentent une porosité moyenne de différents types (dissolution, intergranulaire, intercrystalline).

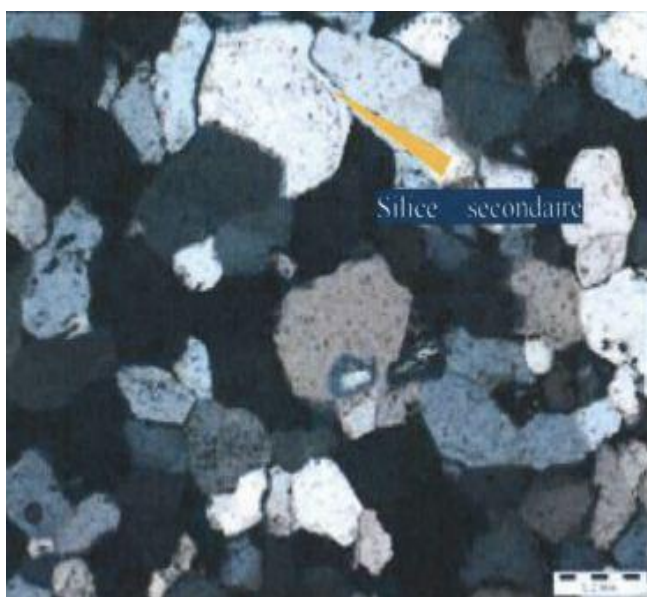
2. Réservoir Ri [intervalle : 3458m à 3505.60m] :

A. Les composants détritiques :

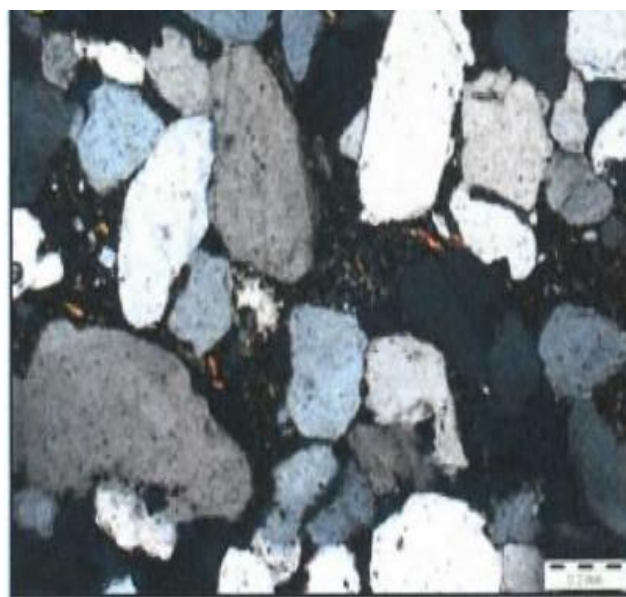
- **Le Quartz :**

Les résultats d'observations au microscope polarisant des lames minces du réservoir Ri du sondage HGA-3 montrent des grains de quartz moyens rarement grossiers. Leur pourcentage varie entre 57 et 82%.

Le classement de ces grains est mauvais rarement bon. Leur morphoscopie oscille entre le sub-anguleux à subarrondis (Fig III.6). Les contacts entre ces grains de quartz sont le plus souvent droit à concavo-convexe rarement suturés. Ces contacts dépendent du degré de compaction de la roche et de la fréquence du différent ciment. Dans cet intervalle on note aussi la présence du quartz polycristallin souvent en traces.



LP x10 Côte : 3478.05m (1)

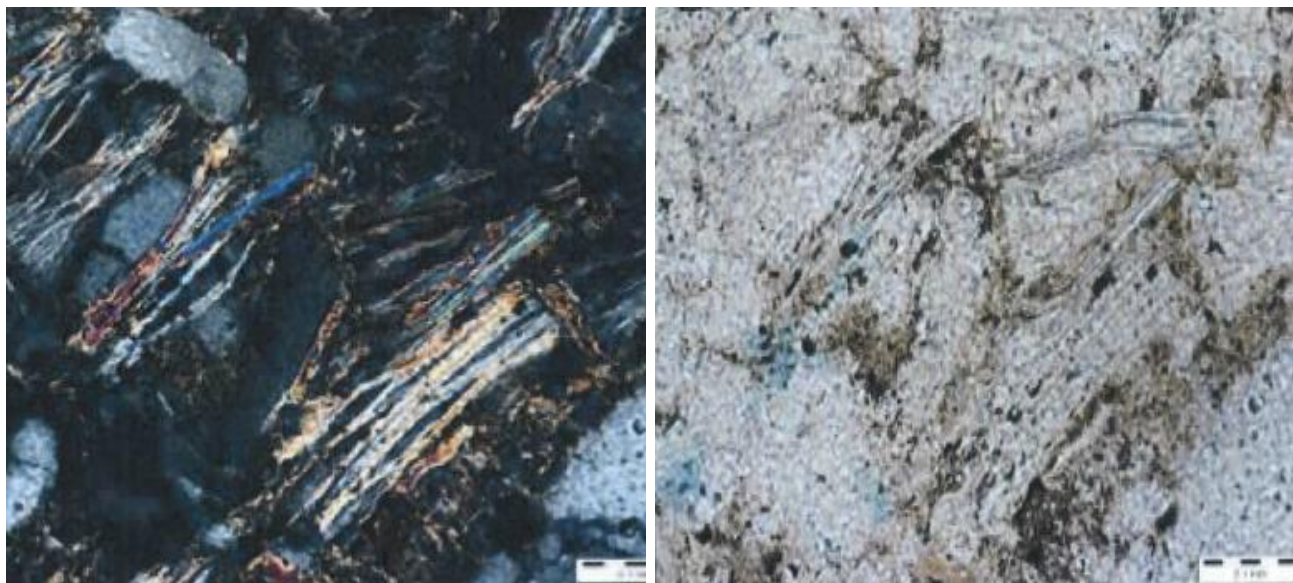


LP x10 Côte : 3460.15m (2)

Fig III.6 : (1) Grés moyen à ciment siliceux. (2) Grés moyen à grossier à ciment argileux.

- **Les micas :**

Les micas présents sont des muscovites et plus rarement biotites. Leur pourcentage est très faible, n'excédant jamais 3% (Fig III.7).



LP x10 Côte : 3489m (1)

LN x10 : 3489.50m (2)

Fig III.7 : (1) et (2) Des micas de type muscovite.

- **Les minéraux lourds :**

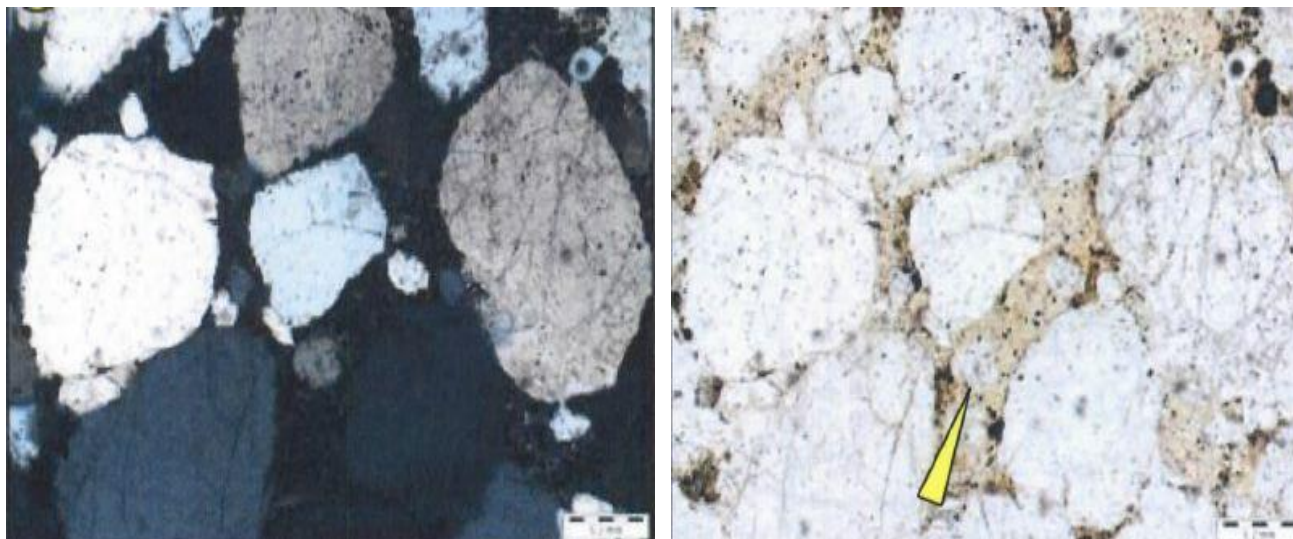
Les minéraux accessoires sont représentés par des minéraux lourds stables (zircon, tourmaline, leucoxène), leur teneur est très faible.

B. Les composants authigènes :

- **L'argile :**

L'argile est présente comme ciment, (Fig III.8). Sa teneur oscille de 7 à 20%, ce liant est présent sur l'ensemble du réservoir. La nature minéralogique identifiée par la diffractométrie aux rayons X (DRX), a permis de confirmer l'analyse pétrographique qui révèle un cortège argileux dominé par la kaolinite (70 à 90%), en faible proportion l'illite (10 à 20%), les interstratifiés (Illite-montmorillonite) de trace à 5% et rarement le chlorite, (voir Tab.02).

La teneur des argiles totale diminue dans les grés propres où elle oscille autour de 7%.



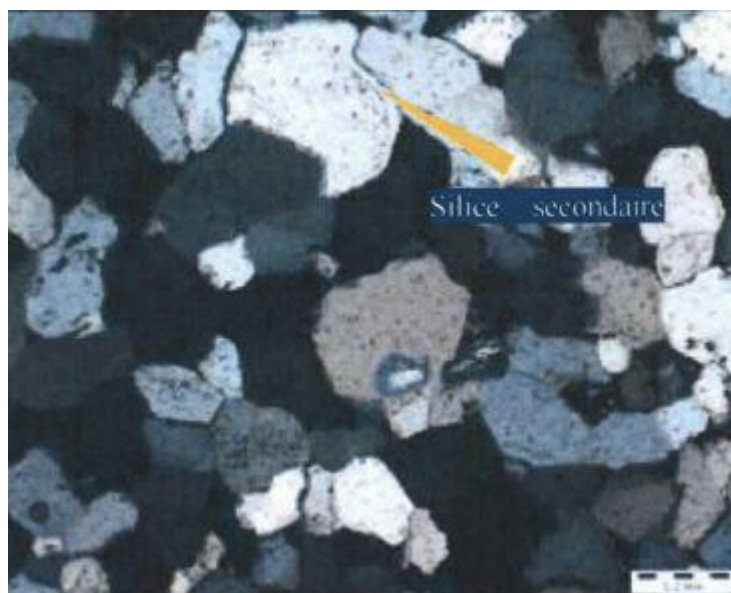
LP x4 Côte : 3471.56m (1)

LP x4 Côte : 3471.56m (2)

Fig III.8: Grés grossier à ciment kaolinitique.

- **La silice secondaire :**

Il est développé en deux phases, la première correspond au ciment siliceux de nourrissage, la deuxième est représentée par la silice de compaction qui est secondaire par rapport au première. Le ciment de nourrissage est développée autour des grains de quartz, caractérisée par les auréoles d'impuretés (Fig III.9), la silice de compaction est favorisée par les contacts concavo-convexe à suturés et sa proportion est moins fréquente que la silice de nourrissage, le pourcentage de la silice secondaire oscille de 4 à 14%

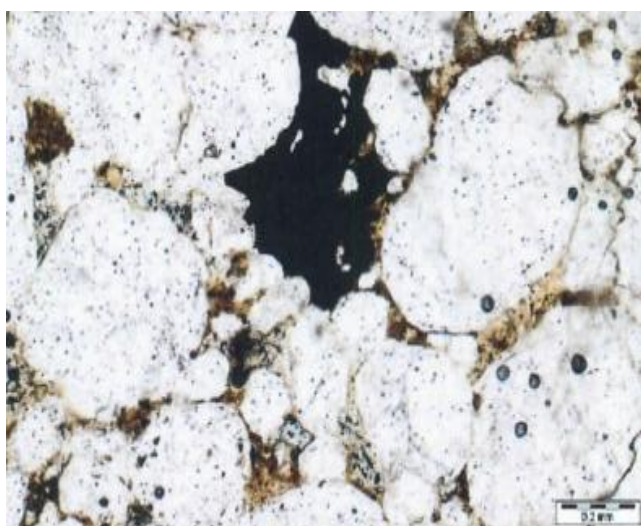


LP x10 Côte : 3478.05m

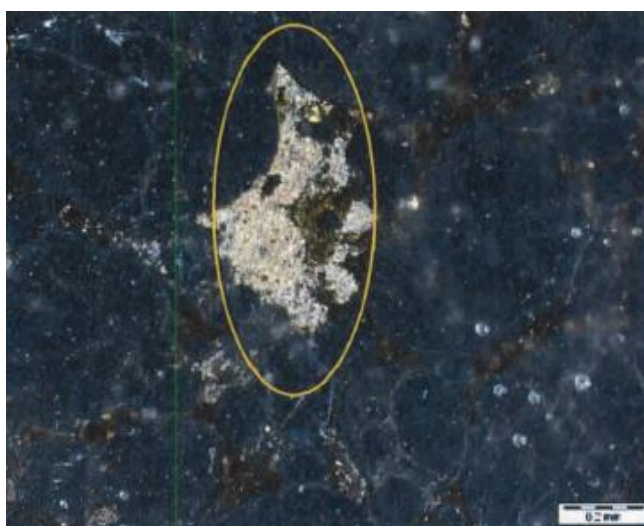
Fig III.9 : Grès moyen à ciment siliceux.

- **La pyrite :**

C'est le ciment le plus tardif et le moins abondant que les autres ciments, il se présente généralement sous forme de traces, son pourcentage ne dépasse pas 2% et se développe dans les vides intergranulaires ainsi que dans la porosité secondaire de dissolution (Fig III.10).



LP x4 Côte : 3464.67m (1)



LR x4 Côte : 3464.67m (2)

Fig III.10: (1) et (2) Grès moyen à grossier argileux avec présence de la pyrite.

- **Les oxydes :**

Ils sont représentés généralement par l'oxyde de fer et sa teneur est très faible.

- **La matière organique :**

La matière organique est présentée en trace dans cet intervalle.

C. La porosité :

Cet intervalle présente des porosités faibles à très faibles (2 à 7%), il existe trois types de porosité : la porosité primaire intergranulaire, la porosité secondaire de dissolution et la porosité intercrystalline, (Fig III.11).



LN x10 Côte : 3489.50m

Fig III.11: Pores plus au moins connectés dans un grès moyen (porosité estimée est de 4%).

3. La zone des alternances : [intervalle : 3451.50m à 3458m] :

A. Les composants détritiques :

- **Le Quartz :**

Les grains de quartz détritiques sont de morphologie anguleux à sub-anguleux, à mauvais classement. La teneur en quartz varie de 46 à 75%, (Fig III.13).

- **Les micas :**

Ce sont essentiellement des muscovites. Leur pourcentage est très faible variable entre 3 et 6%, ils sont surtout associés aux argiles.

- **Les minéraux lourds :**

Les minéraux lourds résistants sont le zircon, la tourmaline et leucoxène également présents en traces.

B. Les composants authigènes :

Les composants authigènes regroupent tous les types de ciments observés dans les échantillons étudiés de cette zone et sont par ordre d'importance :

- **L'argile :**

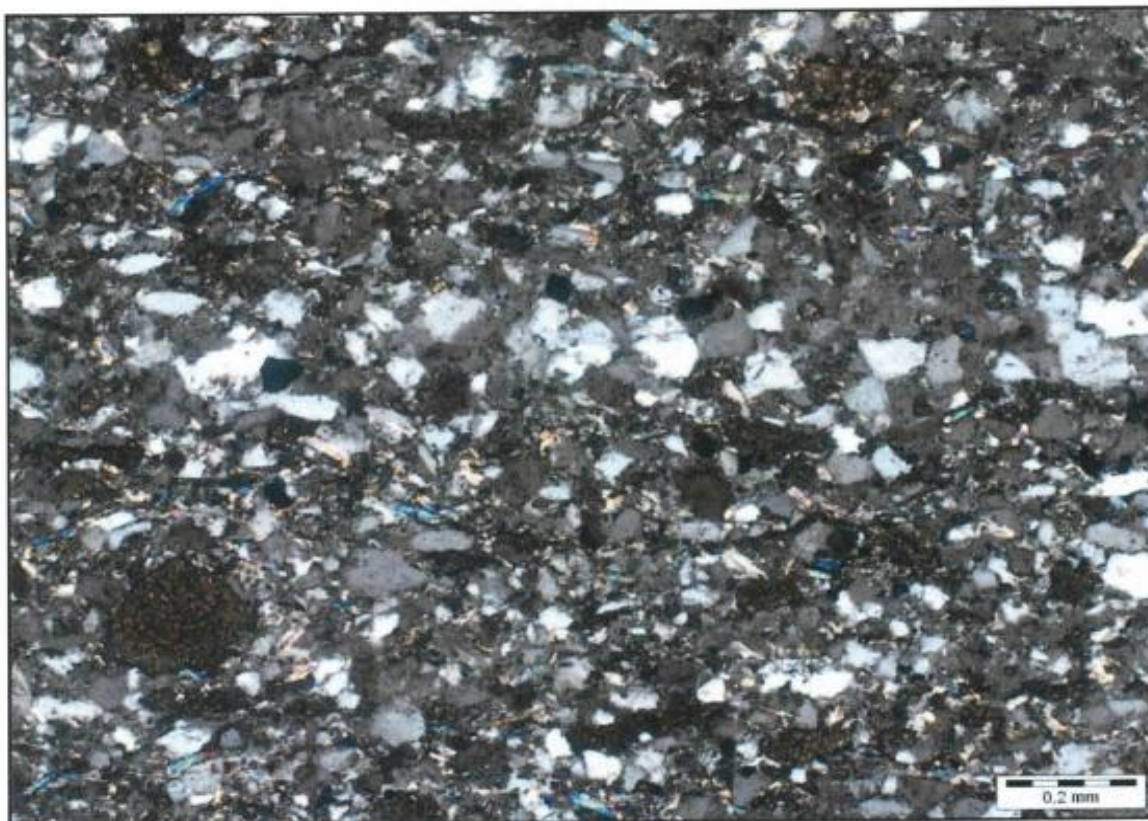
Les argiles de la zone des alternances sont caractérisées par une constitution minéralogique de nature illitique et kaolinitique avec une légère prédominance de cette dernière, et présence de la chlorite avec un pourcentage qui n'excède pas les 5%, l'illite-montmorillonite qui se présente en trace à 5% (voir Tab.02).

- **La silice secondaire :**

La silice secondaire est présente dans cet intervalle étudié avec des proportions faibles qui varie de 4 à 6% correspond au ciment siliceux de nourrissage et se présente généralement en silice syntaxiale.

- **Les carbonates :**

Les carbonates se présentent en tâches ou en cristaux dispersés dans la masse argileuse. Leur teneur augmente surtout dans les niveaux argileux ou elle peut atteindre 15%, la diffractométrie RX a révélé une composition minéralogique sidéritique (Fig III.12).



**Fig III.12 : Photo en LP x4 côtes 3455m puits HGA-3,
Argilo silto-gréseuse, micacée.**

- **La pyrite :**

Parmi les minéraux accessoires la pyrite authigènes se présente en traces irrégulièrement dispersée dans tous l'intervalle.

- **Les oxydes :**

Ils sont représentés généralement par l'oxyde de fer et leur pourcentage varie de trace à 2%.

- **La matière organique :**

La matière organique dans cet intervalle est négligeable.

III- Log pétrographique :

Pour une bonne illustration des résultats pétrographiques du sondage étudié, un log pétrographique a été établi, (Fig III.13).

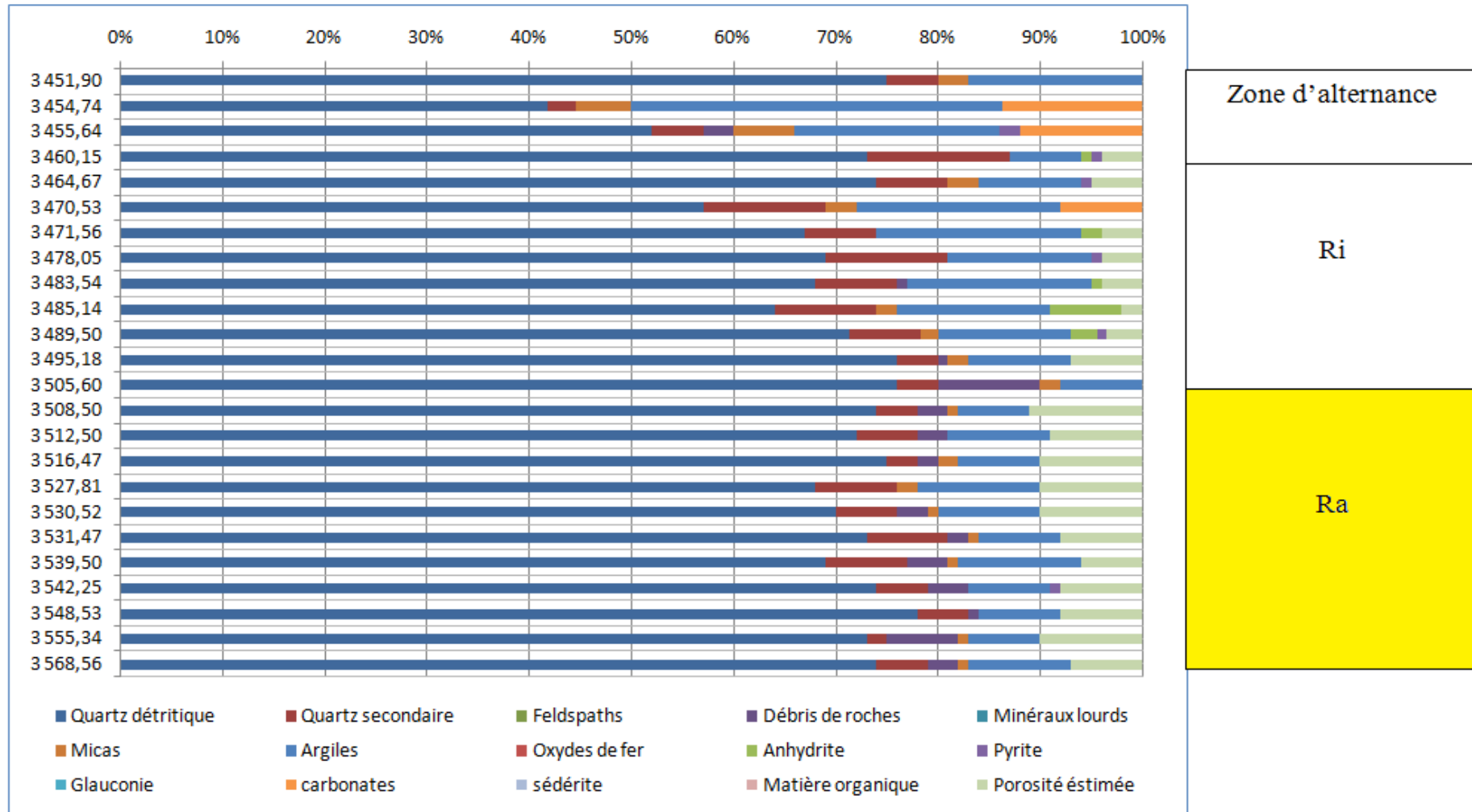


Fig III.13 : Log pétrographique du puit HGA-3

IV. Conclusion :

La combinaison de l'étude pétrographique du puit HGA-3 avec les résultats des analyses radiocristallographiques ont permis de retirer les conclusions suivantes :

- Le réservoir Ra est constitué de grés grossier, moyennement à mal classés, à nombreuse passées microconglomératiques et argileuses, le ciment argileux est le prédominant par rapport au d'autre ciment qui varie de 7 à 12%, se présente presque sous forme de kaolinite, la silice secondaire dans ce niveau est principalement de nourrissage se présente en faible pourcentage. La porosité dépasse par endroit 11%.

- Le Ri est représenté par des grés moyens, très mal classés caractérisés par un ciment silico-argileux, on note que les caractères de réservoirs se dégradent progressivement vers le haut là où l'illite augmente en proportion dans le même sens.

- La zone des alternances constituées d'argile en alternance avec des grés fins à siltstones argilo-carbonatés.

I. Introduction :

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 générale trois stades de diagenèse :

- Un stade précoce (ou éodiagenèse), pouvant se manifester également après le dépôt du sédiment.

- Un stade intermédiaire (ou télodiagenèse), qui correspond à la diagenèse d'émergence qui affecte les séries Cambriennes à travers l'orogénèse hercynienne.

- Un stade tardif (ou mesodiagenèse), qui affecte le sédiment au cours de l'enfouissement, suite aux phénomènes de compactions, engendrant des phénomènes de cristallisation, de dissolution, de la recristallisation minéralogique et des remplacements des minéraux.

II. Méthode d'étude :

L'étude des phénomènes diagénétiques est basée sur la description des 24 lames minces au microscope optique polarisant ainsi que les données de la diffractométrie aux rayons X. Cette étude consiste à déterminer les minéraux authigènes, étudier les relations entre les grains et les ciments, identifier les phases de cimentation, de dissolution, de remplacement des minéraux et de déterminer l'ordre chronologique de leur mise en place.

III. Les phénomènes diagénétiques :

Les faciès des réservoirs Ri et Ra dans la région de Hassi Guettar sont affectés par plusieurs phénomènes diagénétiques au cours de leur enfouissement, ils sont représentés principalement par :

1. La compaction :

La compaction est très bien observée, elle se manifeste par les contacts entre les grains concavo-convexe et suturés, ainsi par les phénomènes tels que la pression de dissolution et par l'allongement et la déformation des feuillets de micas, parfois aussi par la présence des stylolithes colmatés par les argiles (Fig IV.1). La conséquence de cette compaction est la réduction du volume poreux (la porosité).

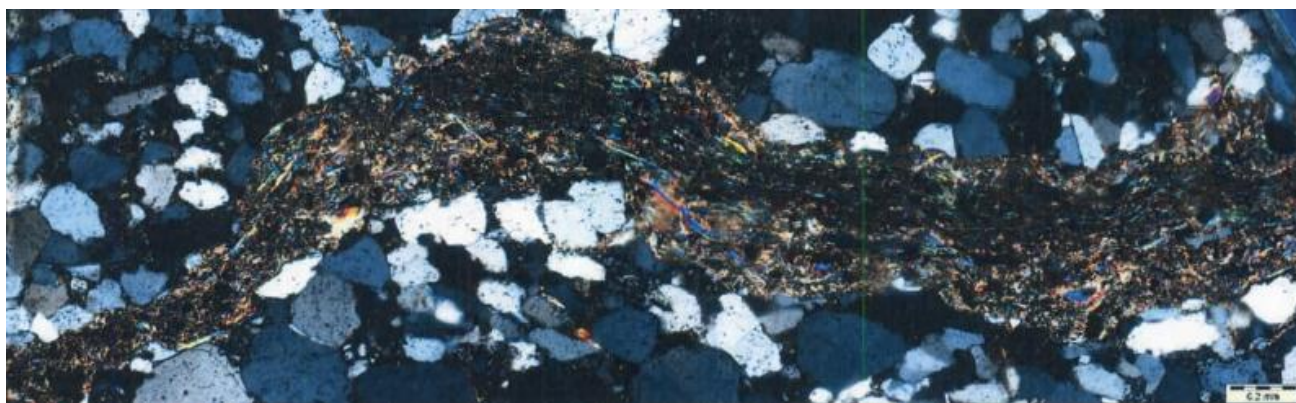


Photo composite en LP x4 Côte : 3483.54m

Fig IV.1 : Photo composite d'une stylolithe tapissée d'une argile micacée.

2. Le développement de la silice :

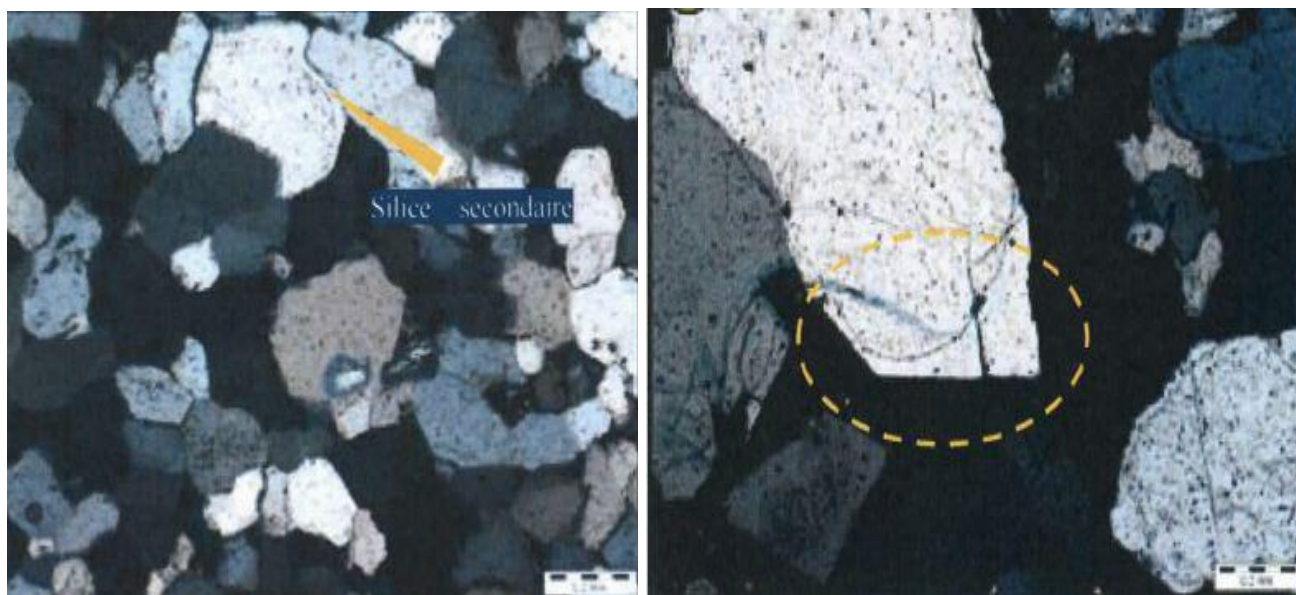
Très fréquent dans les grès, la silification est un phénomène qui est dû à plusieurs facteurs dont les plus probables sont :

- La pression de dissolution due aux contacts entre les grains de type concavo-convexe et suturé.
- La circulation perdescendum des eaux riches en SiO_2 .
- Les émergences momentanées dues aux variations du niveau marin.
- Les altérations des micas et des feldspaths.

L'analyse de l'ensemble des lames minces a permis de distinguer deux types de ciments siliceux :

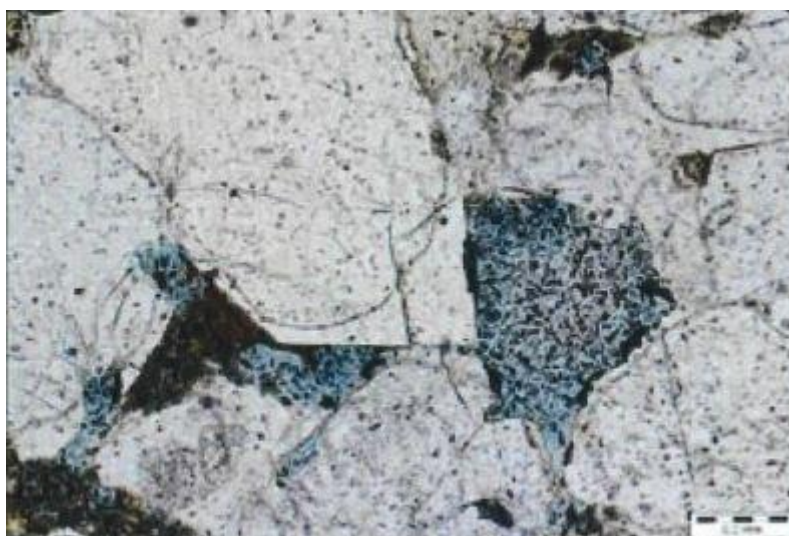
- **Le ciment siliceux de nourrissage :**

Développé autour des grains de quartz, il est matérialisé par les auréoles d'impuretés. D'après les observations pétrographiques, ce ciment est précoce par rapport au ciment siliceux de compaction (Fig IV.2). L'origine la plus probable de la silice de nourrissage est la circulation perdescendum des eaux riches en SiO_2 .



LP x10 Côte: 3478.05m (1)

LP x4 Côte: 3531.47m (2)



LN x4 Côte : 3531.47m (3)

Fig IV.2 : (1) Grés moyens à ciments siliceux. (2) et (3) Silice frangeante développée dans un grés grossier.

- **Le ciment siliceux de compaction :**

Localisé entre les grains de quartz, il est favorisé par les contacts entre les grains de type concavo-convexe à suturé qui engendrent une pression de dissolution. Dans notre cas le ciment est tardif par rapport au ciment de nourrissage (Fig IV.8).

3. Le ciment argileux :

Les argiles présentent la plus grande partie du ciment qui constitue les réservoirs Ri et Ra dans le puit HGA-3. Selon les résultats radiocristallographiques, le cortège argileux est composé en grande partie par la kaolinite, l'illite, la chlorite en trace et aussi la dickite dans le réservoir Ri (Fig IV.3).

L'épigénisation de la kaolinite en illite est déterminée par l'observation au microscope polarisant, elle se manifeste par des plages de kaolinite entourée par des vermicules d'illites. Ceci est probablement dû aux solutions interstitielles basiques et concentrées qui peuvent provoquer l'illitisation du ciment kaolinitique des grés (Fig IV.4).

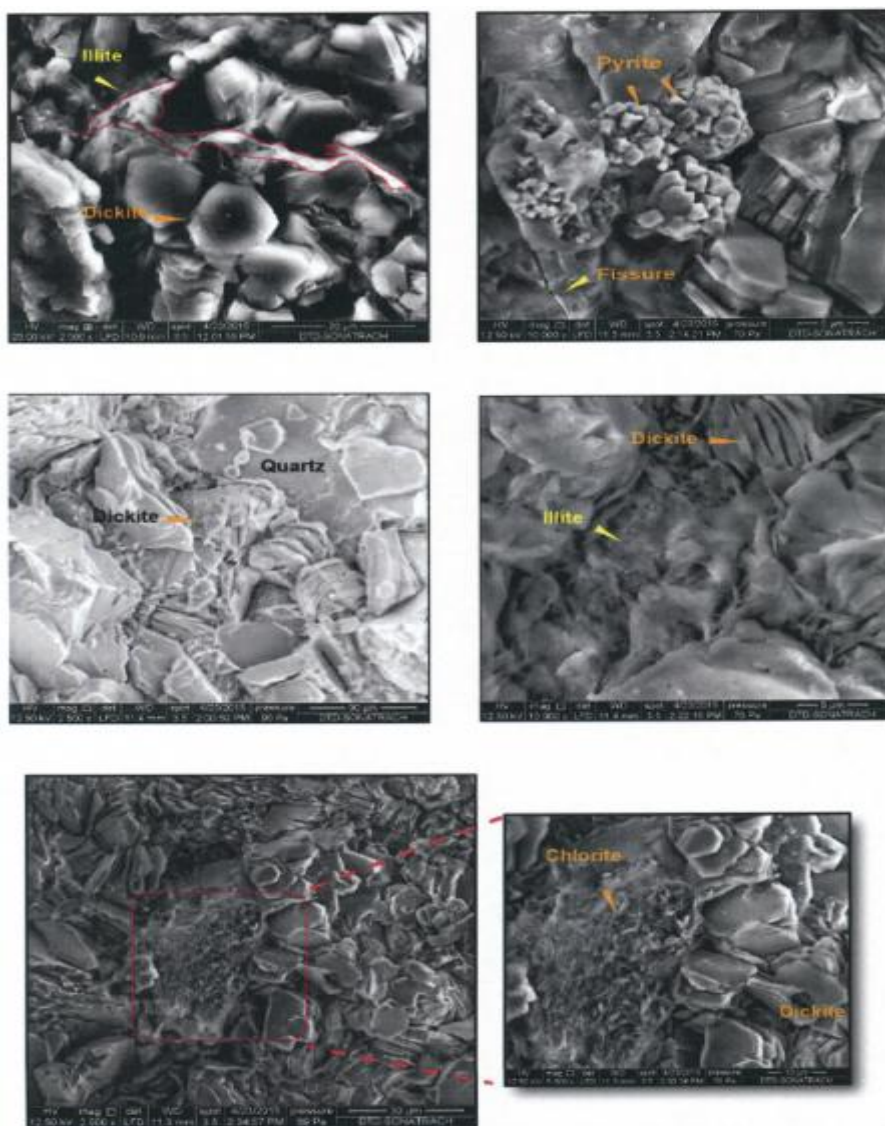


Fig IV.3 : Aspect des argiles (CHLORITE, DICKITE, ILLITE) au microscope à balayage côte 3489.50 m puit HGA-3.



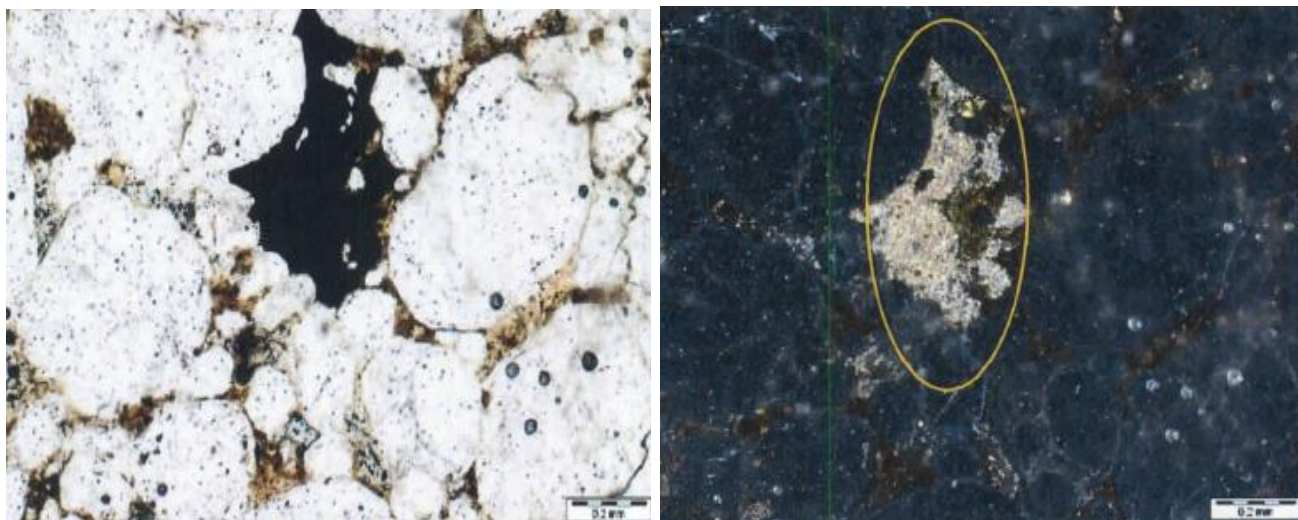
LP x10 Côte : 3451.90m

Fig IV.4 : Mise en évidence de trois phénomènes diagénétiques (1 : illitisation des micas, 2 : transformation d'illite en kaolinite, 3 : la kaolinite corrode le grain de quartz).

4. Le développement du ciment pyriteux et d'oxyde de fer :

La pyrite est considérée comme un ciment accessoire, développé dans les réseaux poreux intergranulaires et de dissolution. Sa localisation dans les pores de dissolution atteste un ordre chronologique de mise en place très tardif (Fig IV.5), probablement après l'arrivée des hydrocarbures qui peuvent créer un milieu réducteur favorable au développement de la pyrite.

L'oxyde de fer est le plus fréquemment dans les niveaux argileux sous forme d'argile oxydée.



LN x4 Côte : 3464.67m

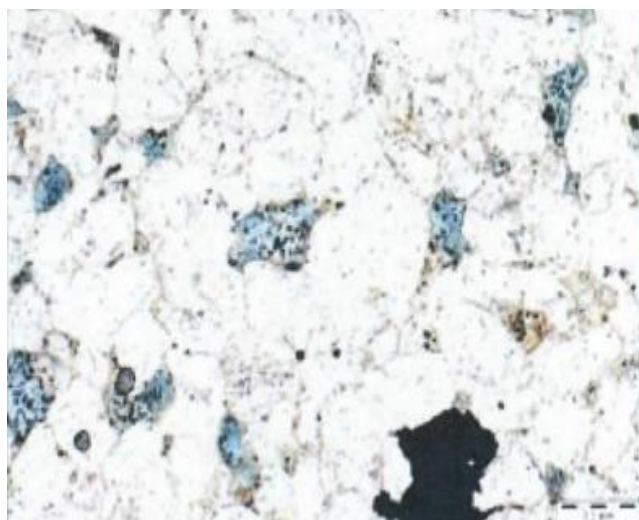
LR x4 Côte : 3464.67m

Fig IV.5 : Grés moyen à grossier argileux avec présence de la pyrite.

5. Dissolution de la silice :

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

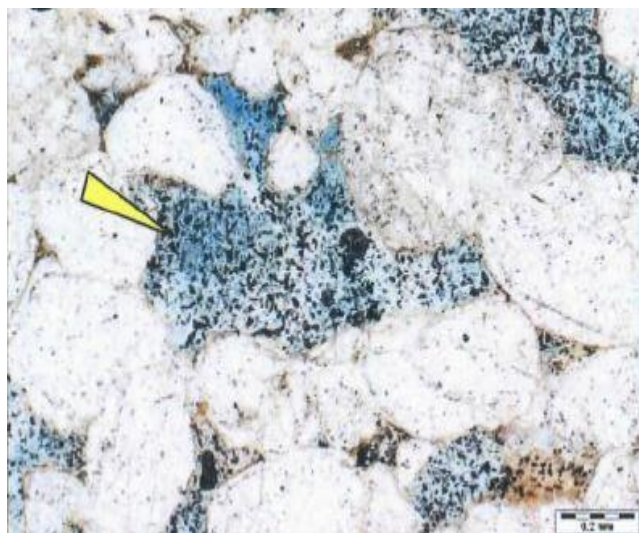
Ce phénomène est particulièrement important car il augmente considérablement la porosité de la roche. Dans notre cas et d'après l'observation des lames minces colorées au bleu de méthylène, le phénomène de dissolution affecte préférentiellement le ciment siliceux (Fig IV.6), suite à la circulation des eaux et l'élévation de la pression et de la température.



LN x10 Côte : 3478.05m (1)



LN x2 Côte : 3512.50 (2)



LN x4 Côte : 3516.47m (3)

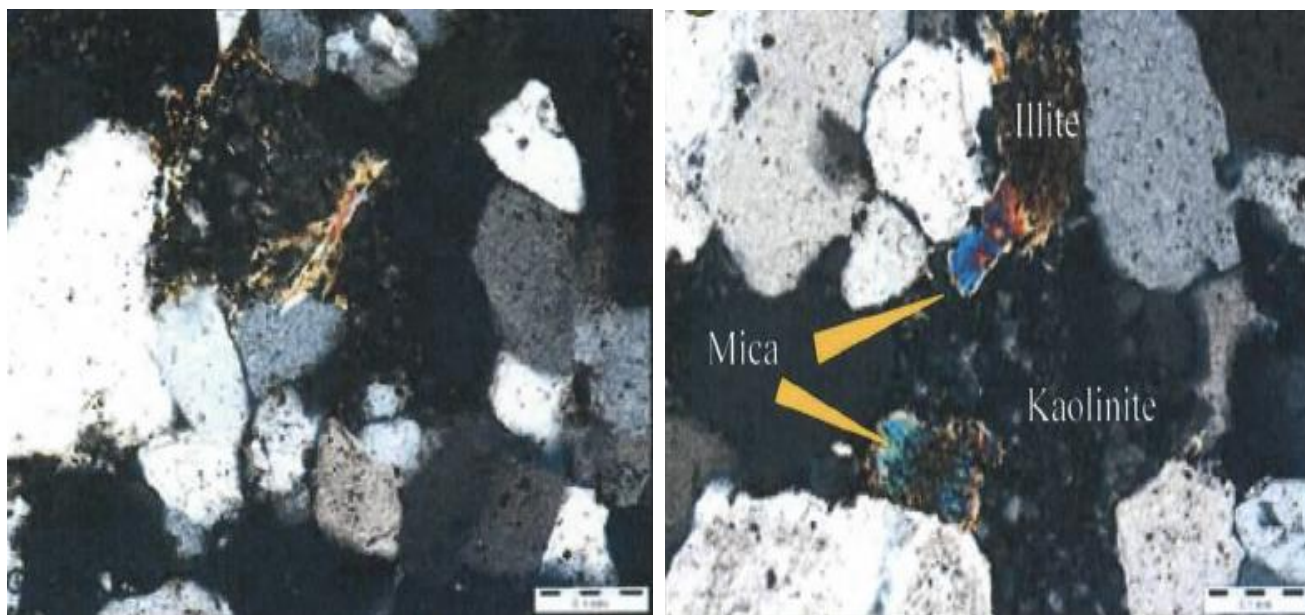


LN x2 Côte : 3539.50m (4)

Fig IV.6 : (1) Porosité de dissolution (dissolution du ciment siliceux). (2), (3) et (4) Des grés grossiers présentent une porosité moyenne de différents types (dissolution, intergranulaire, intercrystalline).

6. L'altération des micas :

Les micas des réservoirs Ri et Ra dans le puit HGA-3 sont représentés par la muscovite souvent altérée en illite (Fig IV.7). Le mécanisme de ce phénomène se fait par l'incorporation de Mg, Na et K fournis par les solutions interstitielles et un départ de la silice. Celle-ci a été développée par TOWE (1962) comme source possible de silice dans certaines cimentations siliceuses et digénèses.



LP x10 Côte : 3485.19m (1)

LP x10 Côte : 3489.50m (2)



LP x10 Côte : 3464.67m (3)

Fig IV.7 : (1) Des micas de types muscovite en voie de transformation en illites dans un grés moyen à fin. (2) Transformation des micas en illites. (3) Mise en évidence de trois phénomènes diagénétiques (1 : illitisation des micas, 2 : transformation d'illite en kaolinite, 3 : la kaolinite corrode le grain de quartz).

IV. Chronologie des phénomènes diagénétique :

On se basant uniquement sur les évidences texturales (coexistence des ciments authigènes) obtenues à partir des observations microscopiques, l'établissement d'une chronologie des phénomènes diagénétiques demeure complexe. Par conséquent, nous avons pu établir qu'une chronologie relative à la mise en place des ciments authigènes et d'autres phénomènes (Fig IV.8).

Au cours du dépôt des sédiments, la mise en place de certains éléments tels que l'argile détritique et authigène (la kaolinite et des interstratifiés) ainsi que la silification précoce (de nourrissage) a eu lieu. Durant la phase de l'enfouissement, les phénomènes de compaction et le changement des conditions thermodynamiques engendrent la silification intergranulaire, provoquant ainsi l'obturation d'une partie des pores et la transformation de certains minéraux tels que les interstratifiés (illite/montmorillonite) en illite.

D'autres parts au cours de l'enfouissement puis s'accompagne d'une augmentation de la température des processus plus tardifs ont eu lieu. Parmi ces processus on peut citer l'intensification de la stylolisation et la transformation de certains minéraux tels que les micas blancs en illite (illitisation). Cette transformation des micas est mise en évidence au microscope optique par ouverture de leurs extrémités avec un aspect fibreux (exfoliation).

Au cours de cette phase, apparaissent les phénomènes les plus tardifs tels que la précipitation de la pyrite et la dissolution des ciments authigènes.

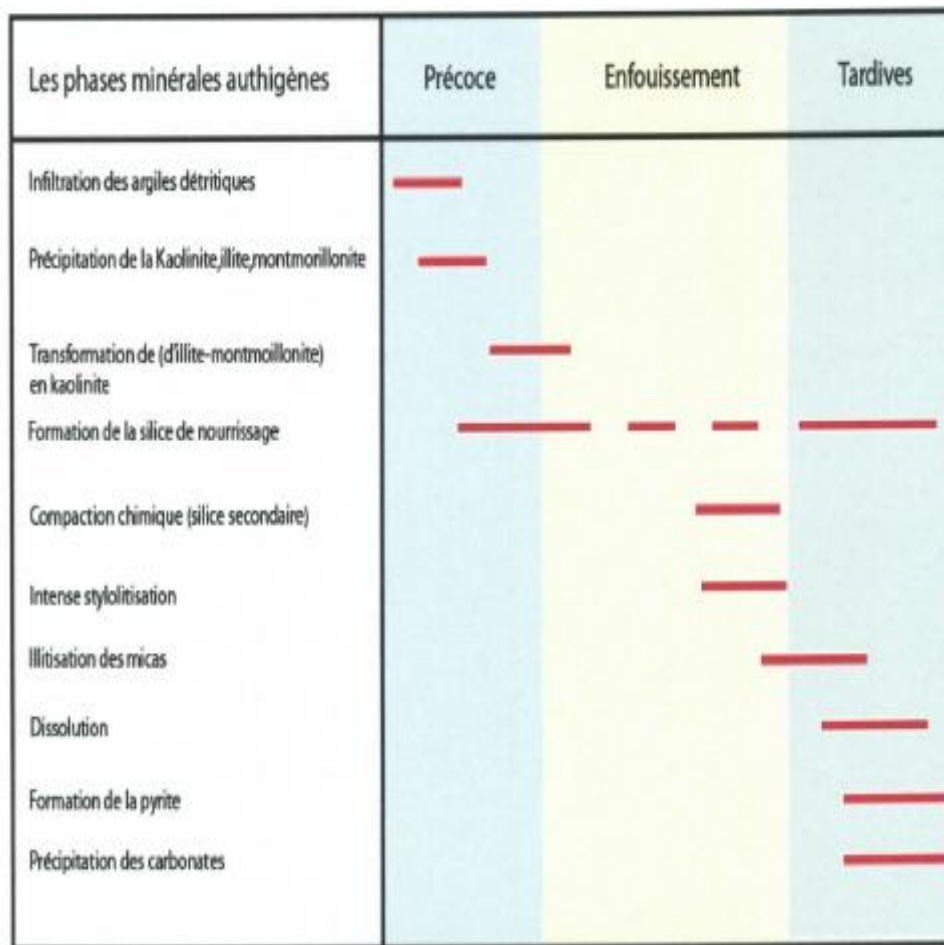


Fig IV.8 : Séquence diagénétique de Cambrien du champ de Hassi Guettar puit HGA-3.

V. Influence des différents facteurs sur les qualités réservoirs :

Cette présente étude va mettre en évidence, l'influence des conditions de dépôts et des phénomènes diagénétiques sur la qualité réservoir

La méthodologie est basée sur des corrélations entre les courbes d'évolution verticale des proportions des différents ciments, et celle de la porosité estimée.

1. Influence des indices granulométriques :

Le résultat des analyses pétrographiques des lames minces du puit HGA-3 étudié montrent que les indices granulométriques des grés qui constituent les réservoirs Ri et Ra sont très variables.

- **Relation granulométrie/qualité réservoir :**

La corrélation entre les courbes d'évolution verticales et celle de la porosité montre une amélioration de la porosité en fonction de l'augmentation de la taille des grains moyens (Fig IV.9)

- **Relation classement/qualité réservoir :**

Elle n'est pas aussi évidente que la relation granulométrie qualité réservoir cependant on peut noter que parfois la porosité augmente en fonction de l'amélioration du classement des grains de quartz (Fig IV.9).

L'imperforation de la relation entre le classement et la qualité réservoir peut être due à l'influence d'autres facteurs liés à la condition de dépôt (pourcentage des liants) et certains phénomènes diagénétiques (cimentation, pression de dissolution...).

- **Relation morphoscopie/qualité réservoir :**

Cette relation existe, elle se traduit par une augmentation de la porosité en fonction de l'arrondi des grains de quartz (Fig IV.9).

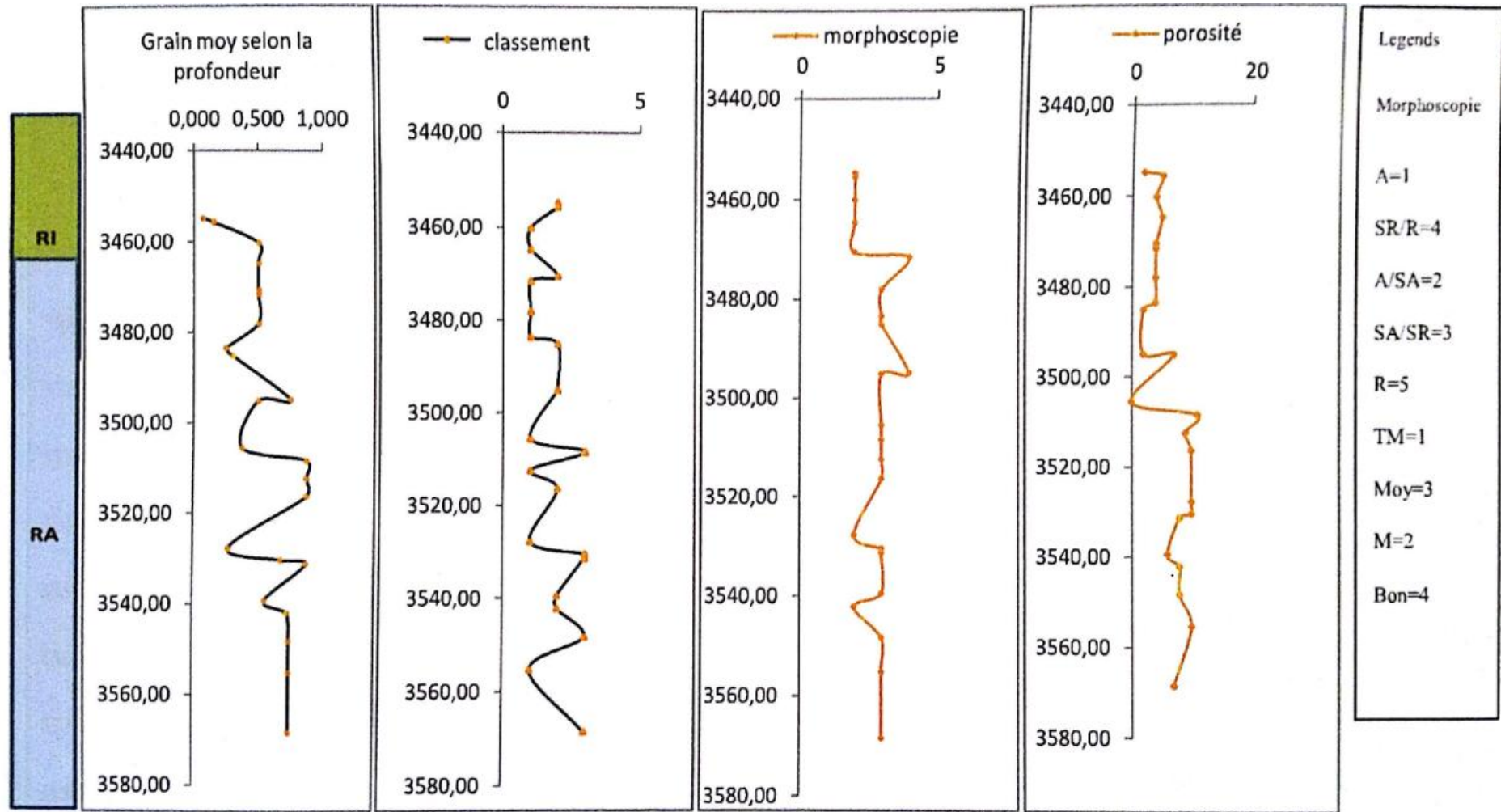


Fig IV.9 : Influence des indices granulométriques sur la porosité du puit HGA-3.

2. Influence des ciments :

- **Influence du ciment siliceux :**

La courbe d'évolution verticale des proportions du ciment siliceux et celle des propriétés pétrophysiques des réservoirs Ri et Ra, dans la région de Hassi Guettar montre qu'il existe une relation entre les deux courbes (Fig IV.10). Elle se traduit par une élévation de la porosité en fonction de l'augmentation du pourcentage du ciment siliceux, principalement dans le réservoir Ra. Ceci peut s'expliquer comme suit :

- Le ciment siliceux total est représenté en grande partie par la silice de nourrissage qui inhibe le processus de compaction et préserve la porosité primaire. Ce cas de figure est très probable, car d'après les résultats pétrographiques, le ciment siliceux est en grande partie composé de silice de nourrissage.

- **Influence du ciment argileux :**

Le ciment argileux dans les niveaux étudiés constitue une partie non négligeable du ciment total du Cambrien de Hassi Guettar, il se présente sous forme de plages intergranulaires (kaolinite et illite).

Les courbes d'évolution des proportions du ciment argileux total et celles des qualités réservoirs (Fig IV.10), montrant qu'il existe une relation nette entre ces deux courbes. Cette relation exprime la diminution des propriétés réservoir (porosité) en fonction de l'augmentation du pourcentage d'argile.

- **Influence du ciment pyriteux :**

Comme on l'a décrit dans le chapitre pétrographie, le ciment pyriteux se développe dans les réseaux poreux intergranulaires et de dissolution, en conclusion il dégrade la porosité, il ne montre pas de relation claire, car la pyrite se présente d'une manière discontinue (Fig IV.10).

- **Influence du ciment carbonaté :**

Le ciment carbonaté a été uniquement rencontré dans la zone d'alternance. Suite à son existence locale on ne peut pas observer des corrélations entre les courbes d'évaluation verticale du pourcentage des carbonates et celle de la porosité (Fig IV.10). Cependant les observations pétrographiques ont montré que ce ciment est précipité dans les réseaux poreux de dissolution, donc on peut conclure que ce ciment présente une influence défavorable sur les qualités réservoirs.

- **Influence de la dissolution :**

La dissolution affecte les grains et les ciments instables (silice, carbonate), sous certaines conditions de pression, température et concentration en sel dissout dans les eaux interstitiels. Le phénomène de dissolution est particulièrement important car il augmente considérablement la porosité de la roche ; dans notre cas, et après l'observation des lames minces colorées au bleu de méthylène, le phénomène de dissolution affecte préférentiellement le ciment siliceux suite à la circulation des eaux et élévation de la pression et de la température (Fig IV.10).

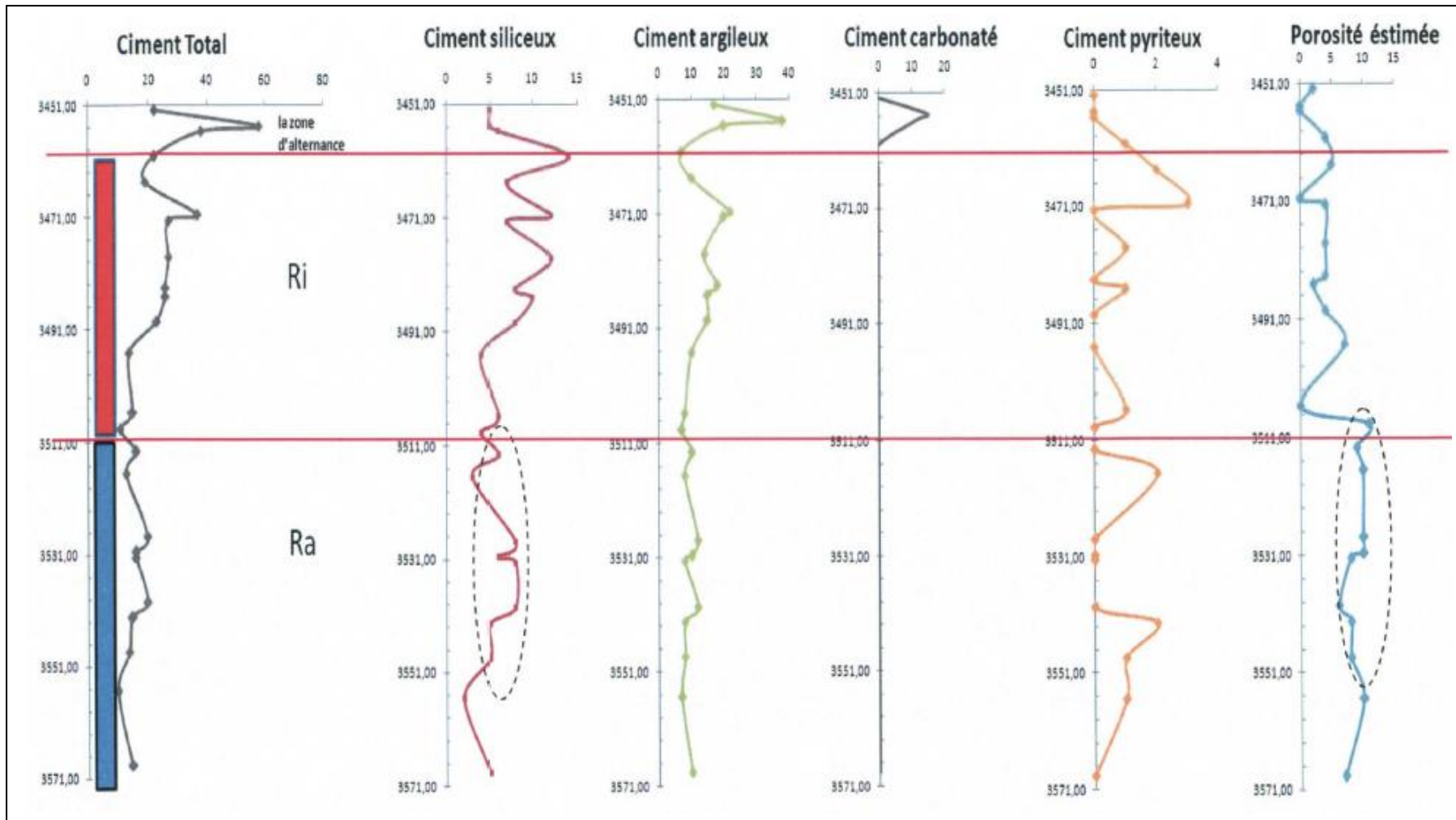


Fig IV.10 : L'influence des ciments sur les propriétés pétrophysiques.

IV. Conclusion :

L'ensemble des observations pétrographiques nous a permis de déterminer les phénomènes diagénétiques qui ont affecté les faciès des réservoirs Ri et Ra dans la région de Hassi Guettar. Parmi les phénomènes majeurs on peut citer le développement de ciment siliceux, la transformation des argiles, la précipitation des carbonates, le développement de la pyrite et la dissolution du ciment siliceux.

L'influence des différents phénomènes sur les qualités réservoirs se traduit par deux effets :

1. Effets favorables :

- Les indices de granulométrie.
- Développement du ciment siliceux et de nourrissage qui à une influence indirecte par inhibition des processus de compaction.
- Dissolution des ciments siliceux.

2. Effet défavorable :

- Développement du ciment argileux, pyriteux et carbonatés.
- L'effet des conditions de dépôt se manifeste favorablement par l'augmentation de la taille des grains

CONCLUSION GENERALE :

L'étude sédimentologique menée de façon détaillée sur les 120m de carottes du puit HGA-3, a permis de déterminer les principales associations de lithofaciès dans les dépôts du Cambrien. Ces associations reflètent une succession de quatre (04) environnements de dépôt :

- Des grés quartzitiques grossiers à très grossiers à granules de quartz, des structures sédimentaires à stratifications obliques témoignant d'un milieu fluviatile de type anastomosé.
- Des grés quartzitiques grossiers à très grossiers, correspond à un milieu fluviatile de type anastomosé, caractérisés par des intercalations argileux-silteuse et par la présence des tigillites témoignant d'un milieu de dépôt marin peu profond.
- Des grés quartzitiques marins peu profonds caractérisés par une granulométrie fine à moyenne, avec la présence de nombreuses marques de bioturbations (tigillites), et quelques structures sédimentaires peu visibles, telles que les stratifications planes horizontales, obliques et entrecroisées.
- Au sommet un faciès d'épaisseur plurimétrique à bioturbations diverses témoignant d'un environnement marin.

De point de vue pétrographique, les grés du Cambrien sont constitués principalement de quartz, on trouve aussi des micas et accessoirement des minéraux lourds. Ces éléments figurés sont cimentés par les ciments siliceux, argileux, et accessoirement pyriteux.

Le réseau poreux est représenté par la porosité intergranulaire, de dissolution et intercrystalline.

L'ensemble des observations pétrographiques nous ont permis de déterminer les phénomènes diagénétiques majeurs qui ont affecté ces faciès réservoirs ; parmi lesquels on peut citer le développement du ciment siliceux, la transformation des argiles, le développement de la pyrite et la dissolution du ciment siliceux.

L'influence de ces phénomènes diagénétiques sur les qualités réservoirs se résume par un effet favorable de la dissolution du ciment siliceux, et l'influence défavorable des développements des différents ciments. L'effet des conditions de dépôts se manifeste favorablement par l'augmentation de la taille des grains, l'amélioration de leur classement et de leur morphoscopie.

Références Bibliographiques

- BARD J.P. 1990.** Microtextures des roches magmatiques et métamorphiques.
- BENHOCINE N., IZOUAOUEN H. 1995.** Rapport de fin de sondage (Hassi Guettar-2).
- BENRABAH B., HADIBI N., KERDALI R. 1996.** Lithofaciès-pétrographie-diagenèse et caractérisation des réservoirs quartzites de Hamra et grés d'El-Atchane (du flanc ouest de Hassi Messaoud).
- BENRABAH B. 1985.** Etude sédimentologique, pétrographique, pétrophysique et diagénétique des réservoirs Cambro-Ordovicien (du gisement d'El Gassi).
- DAOUD. 1996.** La perméabilité des sols fins compactés. Thèse de Doctorat de l'institut polytechnique de Lorraine. P 194.
- DELFAUD J. 1974.** Typologie scalaire des séquences sédimentaire en fonction du milieu de dépôt. B.S.G.F ;(7), t. XVI, n°6, p. 643-652.
- DUNOYER DE SEGONZAC. 1996.** Les minéraux argileux dans la diagenèse.
- FEKRINE B., SAADI M. 1997.** Rapport de fin de sondage HGA-1 (Rapport interne CRD SONATRACH).
- FEKRINE B., SAADI M. 1997.** Rapport de fin de sondage HGA-3 (Rapport interne CRD SONATRACH).
- FEKRINE B. 1992.** Etude pétrographique du puit HGA-1, Rapport D.T.D (ex C.R.D), p 120.
- KADI B. 2013.** Comparaison de l'histoire thermique des bassins de Timimoune et de Berkine. Impact sur l'évolution des argiles et de la matière organique. Thèse de Doctorat. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, p 326.
- KADI B. 1999.** Etude pétrographique et diagénétique des réservoirs Cambro-ordovicien de Hassi Guettar.
- LABLAB. 1998.** Synthèse géologique sur la structure de Hassi Guettar Mémoire d'ingénieur (USTHB). Alger.
- PETTIJOHN et AL. 1987.** Differential Mobility of Elements in Burial Diagenesis of siliciclastic Rocks.
- TOWE. 1962.** La source de la silice dans la diagenèse.

Références Bibliographiques

SERRA O.1985. Diagraphies différées : base de l'interprétation des données diagraphiques (1 ère édition) ; ELF. Aquitaine. p 361.

Wec (Well evolution control) Algeria. 2007. Petroleum geology of Algeria.

WELTON. JOANN. 2003. SEM Petrology Atlas, the American Association of Petroleum Geologists.