

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة جيجل

Université de Jijel



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : des Sciences de la Terre et de
l'Univers

كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم علوم الأرض و الكون

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master académique en géologie

Option : Ressources Minérales et Géomatériaux

Thème

Caractérisation des roches magmatiques du réservoir
Cambro-Ordovicien de Hassi Guettar (Sud-Ouest de
Hassi Messaoud, Algérie)

Membres de Jury

Président : BOUKAOUD, EH.

Examineur: ROUIKHA, Y.

Encadreur : BOUZENOUNE A.

Présenté par :

BOUFES Chérif.

Année Universitaire 2013-2014

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

Dédicace

*À mon père qui est l'homme dévoué à sa famille. Ta présence en toute
circonstance m'a*

maintes fois rappelé le sens de la responsabilité.

À ma mère

*Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le
Symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et
L'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager,
De prier pour moi.*

*À mon cher frère : Yasser et sœurs : Aicha et sa fille adorable Norcine,
Hadjer et Roumaïssa*

Et à la femme la plus formidable du monde Hadjira

*À tous les membres de ma grande famille petits et grands veuillez
trouver dans
ce modeste travail l'expression de mon affection.*

À «ami» Salah et «khali» Ahmed et sa petite famille

*À mes chers amis : Ishak, Aziz, Yazid, Hamza, Bilel, Zohir, Moh,
Tahar, Galel.*

*Azouz, mes chers collègues : Samy, Illyés, Samira, Yazid et tous.
À tous ceux qui m'ont aidé de loin et de près.*

Chérif

REMERCEMENTS

Avant tout louange à ALLAH de nous avoir donné le courage, la force, la volonté et la patience durant mon cursus universitaire.

Et pour réaliser ce modeste travail.

Je remercie mes parents pour leur soutien et leurs précieux conseils et qui ont mis à ma disposition tous les moyens possibles pour terminer mes études dans de très bonnes conditions.

Ce travail effectué au département de géologie d'option Ressources Minérale et Géomatériaux de l'université de Jijel a été financé conjointement par la société Sonatrach dans le cadre d'un mémoire de fin d'études conventionné entre l'université de Jijel et Sonatrach qui a fourni les documents utilisés et mis à ma disposition son parc informatique. Je remercie vivement tous ces organismes sans l'aide desquels ce travail n'aurait pu être réalisé.

Au terme de ce travail, il m'est très agréable de remercier :

Monsieur BOUZENOUNE A, mon promoteur pour son suivi pas à pas de mon travail, ainsi que pour ses apports de critiques et remarques qui m'ont servis de bons guides pour la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à remercier tout particulièrement monsieur BELAHMEUR Saleh chef département (étude géologique) aux sonatrach divisions de production et énergie département de géologie d'avoir dirigé mon mémoire de fin d'études et de m'avoir chaleureusement accueilli dans son bureau.

J'adresse tous mes remerciements à Mr ROUIKHA Y et à toute l'équipe de la surveillance géologique et l'étude géologique au SH/DEP pour leur enseignement des différentes notions de géologie pétrolière.

J'exprime également toute ma gratitude à monsieur; BOUGHACHICHE Ahmed, Mr; BAZZAZ Taher et Dr; BOUFES Abdelhamid pour leurs encouragements, aides et conseils.

Tout le corps enseignant du département géologie à qui je dois le grand respect pour leur modestie et leur richesse en connaissance et qui m'ont fait bénéficier de leur expérience.

Je remercie également les membres de jury pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Et bien sûr tous mes collègues et mes amis pour leurs encouragements et le soutien moral dans toute situation.

ملخص

يعتبر حقل البترول بحاسي قطار مهما من حيث القدرة الإنتاجية في نطاق حاسي مسعود إلا أنه تراجع في السنوات الأخيرة و هذا بسبب بعض الصخور البركانية التي اندست في الخزان الكمبرو-أردوفيسي و هذا ما وضحتة الابار التي حفرت في الحقل.

تسبب هذه الصخور مشاكل جمة في المميزات الفزيائية للخزان و كذلك في هندسة الابار و هذا ما يؤثر على عمر البئر و كذا الإنتاج.

كيفية توضع هذه الصخور و امتدادها العلوي و الأفقي غير معروف عند أغلبية مهندسين الجيولوجيا في سوناطارك لهذا سنحاول تسليط الضوء على طريقة و كيفية تموضع الجسم البركاني داخل الخزان الكمبرو-أردوفيسي وتأثيراته على ميزات هذا الخزان.

كلمة المفتاح: الخزان الكمبرو-أردوفيسي، بعض الصخور البركانية التي اندست في الخزان الكمبرو-أردوفيسي، حاسي قطار

Résumé:

Les roches volcaniques affectent les réservoirs cambro-ordoviciens dans le secteur SW du champ de HMD ainsi-que la petite structure de Hassi Guettar. Leur présence dans les formations traversées par les forages causent des problèmes d'architecture des puits et influent directement sur les propriétés réservoirs et par conséquent sur la production et la vie des puits.

Cependant leur mécanisme de mise en place et leur distribution spatiale restent très mal connues des géologues de Sonatrach.

Par la présente étude, nous mettons la lumière sur ce type de roche et sur leur mode de mise en place et leur impacts sur l'encaissant.

Mots clés : Réservoir, roches volcaniques de Hassi Guettar, Cambro-ordovicien, intrusions

Abstract

Volcanic rocks affect Cambro Ordovician reservoirs in the SW sector of the HMD field as well as the Hassi Guettar small structure. Their presences in the formings crossed by the drilling cause problems of architecture of wells and influence directly the proprieties of the reservoir and consequence on the production and the life of wells.

However their supplementation mechanism and their spatial distribution remain very poorly understand by the Sonatrach geologists. For the present study we shall put the light on this type of cliff and on their mode of storehouses.

Keys Words: Volcanic rocks, cambro Ordovician, Hassi Guettar, intrusive dyke.

Table de matière

Chapitre. I

Généralités

I.1. Introduction.....	1
I.2. Nature et objectif de travail.....	4
I.3. Méthodologie.....	5
I.3.1. Les travaux de chantier.....	5
I.3.2. Les travaux de laboratoire.....	5
I.4. Données utilisées.....	6
I.5. Historique sur la recherche dans la région Hassi Guettar.....	6
I.6. Quelques considérations générales sur la notion de gisement d'hydrocarbures.....	7
I.6.1. Notion de gisement d'hydrocarbure.....	7
I.6.2. Les roches réservoirs.....	7
I.6.2.1. Le Cambrien.....	7
I.6.2.2. L'Ordovicien.....	9
I.6.3. Les roches couvertures.....	9
I.6.4. Les roches mères.....	9
I.6.5. Types de pièges.....	9
I.6.6. Migration des hydrocarbures.....	9

Chapitre II

Cadre géologique

II.1. Litho stratigraphie et paléogéographie.....	11
II.1.1. Le socle cristallin.....	13
II.1.2. Paléozoïque.....	13
II.1.2.1. Infracambrien.....	13
II.1.2.2. Cambrien.....	13
II.1.2.3. Ordovicien.....	14
II.1.2.4. L'éruptif.....	14
II.1.3. Mésozoïque.....	17
II.1.3.1. Le Trias.....	17
II.1.3.2. Le Jurassique.....	17
II.1.3.3. Le Crétacé.....	18
II.1.4. Cénozoïque.....	18
II.2. Aspect structural régional.....	21
II.2.1 Distension du Cambro-Ordovicien et mise en place des intercalations magmatiques.....	22
II.2.2. Les mouvements hercyniens.....	23

II.3. Géologie locale.....	24
II.3.1. Introduction.....	25
II.3.2. Lithostratigraphie	25
II.3.3. Aspect structural.....	26
II.3.3.1. Au toit du réservoir Cambrien Ra.....	26
II.3.3.2. Au toit du réservoir Cambrien Ri.....	27
II.3.3.3. Au toit du réservoir Ordovicien QH (Quartzite el Hamra).....	27
II.4. Evolution géodynamique.....	28
II.4.1. Structuration antétriasique.....	28
II.4.1.1. Phase panafricaine.....	28
II.4.1.2. La phase eo-Calédonienne précoce ou phase taconique.....	28
II.4.1.3. La phase calédonienne majeure.....	28
II.4.1.4. La phase hercynienne.....	28
II.4.2. Structuration post-triasique.....	30
II.4.2.1. La phase autrichienne.....	30
II.4.2.2. La phase atlasique.....	30
Chapitre III. Caractérisation pétrographique par diagraphie	
III. 1- Introduction.....	32
III.2 Présentation de la méthode d'étude.....	32
III.3. Identification du type de la roche éruptive	35
III.3.1. Identification par outils diagraphiques	35
III.3.1.1. Acquisition des données numériques brutes et traitement des données.....	35
III.3.1.2. Présentation des résultats.....	36
III.3.1.3. Interprétation des crossplots Th-U et DT-Densité.....	39
III.3.2. Identification par analyse pétrographique	39
III.3.2.1. Description des carottes de forage.....	39
III.3.2.2. Analyse pétrographique.....	42
III.3.3. Identification des horizons éruptifs par diagraphies combinés.....	44
III.3.3.1. Notions sur les différents outils diagraphiques utilisés.....	44
III.3.3.2. Interprétation des logs diagraphiques.....	48
III.4. Conclusion.....	49
Chapitre. IV : Géométrie des corps magmatiques et relation avec les roches encaissantes	
IV. 1. Introduction.....	50
IV. 2. Méthodologie.....	50
IV.3. Rôle des deux failles dans la répartition des intrusions.....	51

IV.4. Distribution des intrusions.....	52
IV.4.1. Introduction.....	52
IV.4.1.1. Les laccolites.....	52
IV.4.1.2. Les sills (filons couchés).....	52
IV.4.1.3. Les dykes.....	52
IV.4.2. Analyses des roches intrusives et des faciès	53
IV.4.3. Distribution et modèle géologique de l'intrusif en 3D.....	57
IV.5. Développement conceptuel et structural et mode de mise en place.....	59
Chapitre V Effets de l'intrusif sur la qualité des réservoirs	
V.1. Introduction.....	61
V.2. Influence de l'intrusif sur les paramètres pétrophysiques (porosité et perméabilité) de la roche encaissante	61
V.2.1. Analyse de l'effet sur les paramètres pétrophysiques par les caractéristiques diagraphiques (K log, PHIEC log).....	61
V.2.2. Analyse de l'effet sur les paramètres pétrophysiques par des cartes isobathe du réservoir	64
Conclusion générale.....	66
Références bibliographiques.....	68
Annexe.....	70

Liste des figures :

Chapitre I :

Figure.I.1 : Carte des domaines miniers et des gisements d'hydrocarbures.....	1
Figure I.2: Carte des bassins sédimentaires de l'Algérie.....	2
Figure.I.3: Situation de gisement de Hassi Messaoud.....	3
Figure.I.4 : Production cumulative et annuelle d'huile du champ HGA.....	3
Figure.I.5 : Situation de Hassi Guettar par rapport à Hassi Messaoud.....	4
Figure.I.6 : Position des puits de champ HGA	4
FigureI.7: Architecture classique d'un gisement anticlinal	7
Figure I.8 : Subdivision dans le réservoir Cambro-ordovicien de la région de Hassi Messaoud.....	8

Chapitre II :

Figure II.1: Coupe lithostratigraphique type des bassins de l'Oued Mya et Amguid Hassi Messaoud...	12
Figure II.2 : Coupe transversale N-S montrent la position de l'intrusif par rapport des différents formations traversées par les forages de HGA.....	16
Figure II.3 : coupe géologique Est-Ouest du champ Hassi Messaoud.....	20
Figure.II.4 : Coupe NO-SE de la structuration et la sédimentation de la plate-forme saharienne.....	21
Figure.II.5 : Coupe NO-SE de la structuration du champ de Hassi Messaoud.....	22
Figure II.6 : Écorché mésozoïque du champ de Hassi Messaoud et des zones environnantes.....	23
Figure II.7 : Région du champ d'huile de Hassi Messaoud. Coupe SO-NE transversale schématique...	24
Figure II.8 : Situation du gisement de Hassi Messaoud.....	25
Figure .II.9. La coupe stratigraphique type de la région Hassi Guettar	25
Figure. II.10 : Carte en isobathe au toit du réservoir Ra.....	26
Figure. II.11 : Carte en isobathe au toit de réservoir Ri.....	27
Figure. II.12 : Carte en isobathe au toit du réservoir QH.....	27
Figure II.13 : carte en isobathe de la discordance hercynienne.....	29
Figure II.14 : Schéma structurale interprétatif montrent l'effet des plus importantes phases tectoniques sur le Sahara algérien.....	31

Chapitre III :

Figure III.1 : Courbe exemple de Gamma Ray.....	33
Figure.III.2 : Identification des roches ignées d'après Thorium-Uranium pour les principales roches Ignées.....	34
Figure.III.3 : Identification des roches ignées d'après le diagramme RHOB-DT.....	34
Figure III.4 : Quelques diagrammes d'identification des roches ignées traversées par les forages	

HGA.....	38
Figure III.5 : Quelques illustrations des carottes des différents forages de HGA.....	41
Figure III.5 : Quelques illustrations des carottes des différents forages de HGA.....	43
Figure III.7 : Le modèle type du log appliqué sur le champ de HGA	47
Figure III.8 : Caractéristiques diagraphiques de l'éruptif dans le Ri (D5-D3) du puitsHGA19.....	48
<u>Chapitre IV :</u>	
Figure IV.1 : Colonne lithostratigraphique appropriée pour la région HGA.....	50
Figure IV.2 : Localisation des accidents tectoniques 2d (lignes blanches) en surimpression sur la structure et l'interprétation des principales failles F1 F2.....	51
Figure : IV.3 : Localisation des principaux accidents tectoniques (Faille 1 et 2) par l'interprétation sismique 2D	51
Figure IV.4 : Carte isopaque montrent le « top » de la structure D5 du réservoir Ri.....	53
Figure IV.5 : Section transversale S-N dans la partie S-W du champ HGA localisent la position du forage HGA35 par rapport aux intrusions	54
Figure IV.6 : Section W-E du champ HGA.....	55
Figure IV.7 : Section transversale W-E champ HGA.....	56
Figure IV.8 : Géométrie du corps intrusif essentiel à travers les différentes étapes de mise en place dans les formations encaissants de champ Hassi Guettar.....	58
Figure IV. 9 : Les différentes étapes de mise en place des roches intrusives dans l'encaissant et relation avec les pièges d'hydrocarbures.....	60
<u>Chapitre V :</u>	
Figure V.1 : Caractéristiques diagraphiques de l'intrusif dans le puits HGA 30.....	62
Figure V.2 : Carte isobathes de transmissibilités (m DM) au niveau de QH du champ HGA.....	65
Figure V.3 : Carte isobathes de transmissibilités (m DM) au niveau de Ri du champ de HGA.....	65
Figure V.4 : Carte isobathes de perméabilités (m DM) au niveau de Ra du champ HGA.....	65

Liste des tableaux :

Tableau 1 :

Epaisseur des corps intrusifs et leur encaissant dans chaque puits étudié..... 15

Tableau 2:

Teneur de certaines roches ignées en thorium, uranium et potassium..... 34

Tableau 3 :

Tableau Excel pour les différentes variables de puits 32..... 35

Tableau 4 :

Résultats pétrophysiques du sommet du niveau d'eau du puits 30..... 63

Tableau 5 :

Résultats des propriétés pétrophysiques du sommet et de la base du niveau d'eau du puits 30..... 63

LISTE DES ABREVIATIONS UTILISEES

Symbole	Destination
HMD	Hassi Messaoud
HGA	Hassi Guettar
HC	Hydrocarbure
R	Cambrien
Ri	Cambrien isométrique
Ra	Cambrien anisométriques
D, (D1, D2...)	Drains
QH	Quartzites de Hamra
AEG	Argiles El Gassi
GEA	Grés El Atchane
Z Alt	Zone D'alternance
DH	Discordance Hercynienne
C.F.P.A	Compagnie Française de pétrole en Algérie
G.O.R	Rapport de gaz/huile, (Rapport Gaz/Oil)
E.N.S.P.M	Enterprise nationale de Services des Puits et Moteurs
B.E.I.C.P :	Bureau d'étude français de pétrole
SH	Sonatrach
SH/DEP	Sonatrach/ Division de Production et de l'Energie
GR	Le rayonnement de Gamma (Gamma Ray)
U	Uranium.
K	Potassium
Th	Thorium
RHOB	Densité
Dt	Daily Time: C'est le temps d'onde sismique enregistré entre deux géophones
NPHI	Le neutron de porosité
K.log	Les valeurs de perméabilité
WELL	Puits
FLD	Champ
DEPT	Les cotes de profondeur des puits

Chapitre I

Généralités

Généralités

I.1. Introduction

Le territoire algérien s'étend sur 2 381 741 km², ce qui en fait le plus grand pays d'Afrique. Les limites naturelles de l'Algérie sont la mer Méditerranée au nord avec 1 200 km de côtes, le Maroc à l'ouest, la Mauritanie et le Sahara occidental au sud-ouest, le Mali et le Niger au sud, et enfin la Tunisie et la Libye à l'est. (Fig.I.2)

Sur le plan structural, l'Algérie est subdivisée en deux unités tectoniques majeures séparées par la faille sud atlasique :

- ❖ au nord, un domaine alpin marqué par des chaînes de montagnes d'âge tertiaire résultant de l'orogénèse alpine.
- ❖ au sud, la plate-forme saharienne, domaine relativement plus stable constitué d'un socle précambrien sur lequel se sont déposées d'épaisses séries sédimentaires dans des bassins structurés essentiellement durant le Paléozoïque.

D'un point de vue pétrolier, le domaine minier algérien est subdivisé en trois provinces : Est, Ouest et Nord (Fig. I. 1).

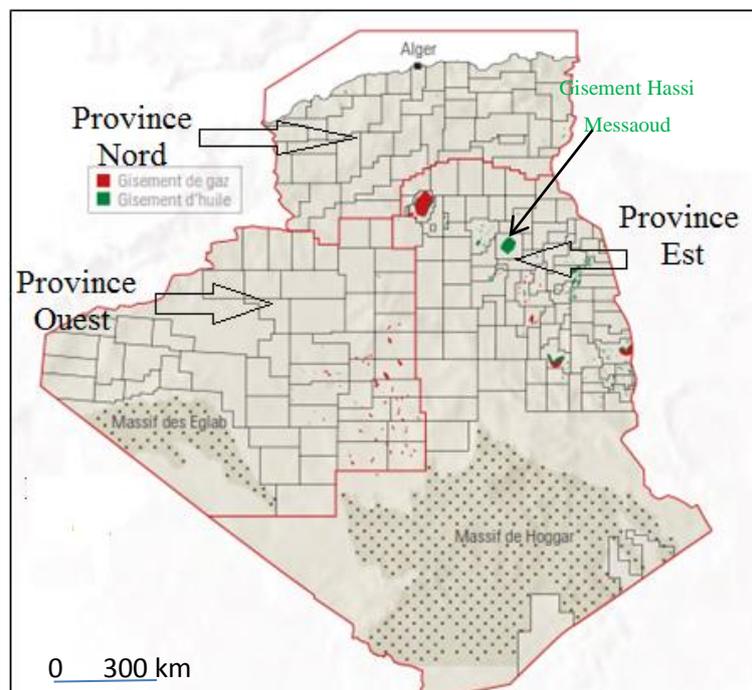


Figure.I.1 : Carte des domaines miniers et des gisements d'hydrocarbures (WEC, 2007 *modifié*)

Les gisements d'hydrocarbures d'Algérie sont quasiment tous situés dans la région du Sahara où ils se répartissent dans différents bassins. La province Est englobe les bassins

d'Illizi, Berkine, Oued Mya et le môle Amguid-Messaoud (Fig.I.2). C'est au sein de cette province, où se trouvent les gisements géants de Hassi Messaoud (huile) et Hassi R'mel (gaz), que l'essentiel des découvertes d'huile et de gaz ont été réalisées jusqu'à aujourd'hui. La petite structure de champ de Hassi Guettar (objet de ce mémoire) qui est située au Sud-Ouest du champ de Hassi Messaoud fait partie de ces découvertes (Fig. I. 3).

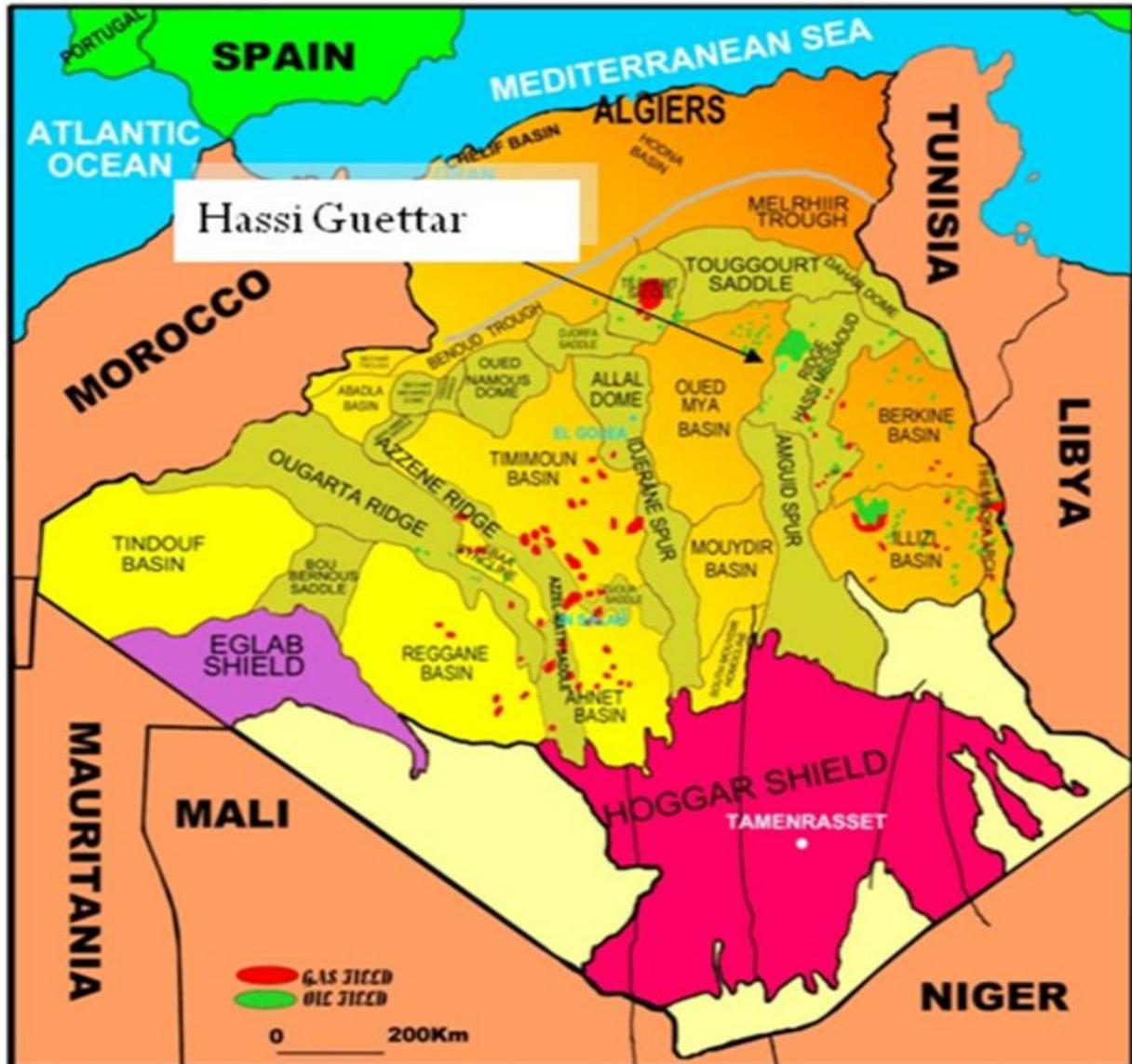


Figure I.2: Carte des bassins sédimentaires sahariens de l'Algérie. (Kennedy et al, 2009)

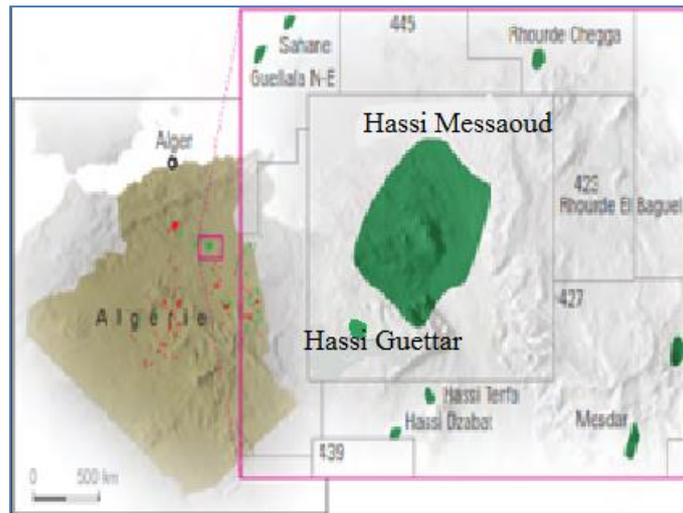


Figure. I.3: Situation de gisement de Hassi Messaoud (WEC 2007, modifié)

Plus de deux cents gisements sont aujourd’hui reconnus. Les réservoirs sont gréseux dans leur quasi-totalité et se trouvent essentiellement dans les niveaux du Cambro-Ordovicien, du Siluro-Dévonien, du Carbonifère et du Trias.

Le champ de Hassi Messaoud est considéré comme étant le plus grand gisement pétrolifère de la province triasique algérienne. Néanmoins Hassi Guettar qui est incomparable par rapport à la superficie et réservoirs de HMD, a une importance économique non négligeable car il a contribué avec 5.5 million de m³ de la production d’huile jusqu’en 2009 après une quantité maximale annuelle de la production d’huile en 2005 de 868.000 de m³. (Fig.I.4)

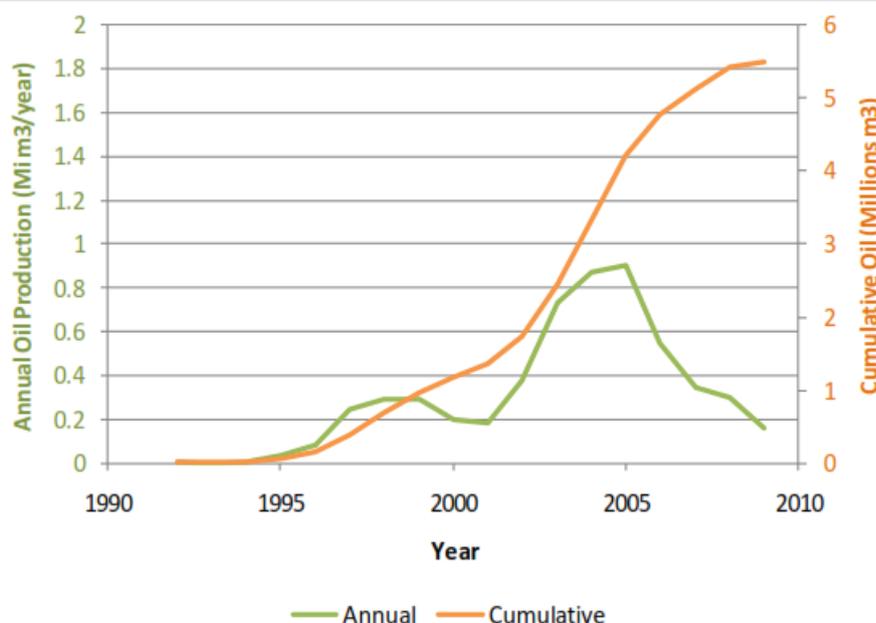


Figure.I.4 : Production cumulative et annuelle d’huile du champ HGA. (Kennedy et al. 2009)

Ce taux de production n’a cessé de décliner depuis 2005 suggérant l’existence de problèmes et de difficultés dans la production (Fig. I. 4).

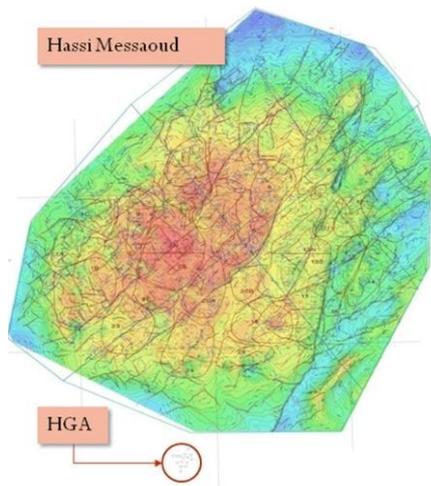


Figure.I.5 : Situation de Hassi Guettar par rapport de Hassi Messaoud (Kennedy et al. 2009).

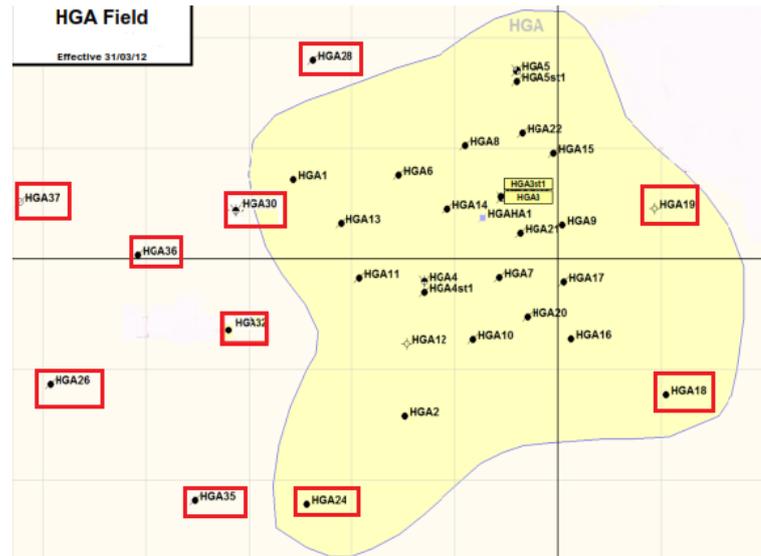


Fig.I.6 : Position des puits de champ HGA (Rapport interne Sonatrach, 2012 inédit).*modifié*

I.2. Nature et objectif du travail

Le présent travail qui entre dans le cadre d'un mémoire de Master en Ressources Minérales et Géomatériaux porte sur la caractérisation des roches intrusives dans les réservoirs cambro-ordoviciens secteur Sud-Ouest du champ de HMD (Hassi Guettar).

En effet ;

Les roches volcaniques affectent les réservoirs cambro-ordoviciens dans le secteur SW du champ de HMD ainsi-que ceux de la petite structure de Hassi Guettar. Leur présence dans les formations traversées par les forages causent des problèmes d'architecture des puits et influent directement sur les propriétés réservoirs et par conséquent sur la production et la vie des puits.

Cependant leur mécanisme de mise en place et leur distribution horizontale et verticale mettent très à mal les géologues de Sonatrach.

Par la présente étude nous mettrons la lumière sur ce type de roche et sur leur mise en place dans le champ dont une meilleure compréhension permettra éventuellement d'éviter les problèmes suscités et de minimiser les risques et assurer une production optimale.

Afin de bien étudier ces corps éruptifs et leurs impacts sur les puits et sur les réservoirs, et dans le but d'arriver à des résultats ayant un intérêt géologique et pétrolier, les étapes suivantes serviront comme un plan de travail pour notre étude.

Le premier chapitre sera consacré à une introduction dans laquelle seront soulignées la problématique du thème traité dans ce mémoire et la situation géographique du champ de Hassi Guettar des objectifs visés par ce travail ainsi que les moyens et la méthodologie utilisés pour atteindre ces objectifs seront traités dans ce premier chapitre.

Le deuxième chapitre concerne le cadre géologique dans lequel seront explorées les différentes informations géologiques régionale pour la province triasique et la région de Hassi Messaoud, et locale pour le champ de Hassi Guettar. Parmi ces informations géologiques: la situation géologique, l'aspect structural et la lithostratigraphie.

Le troisième chapitre constitue le corps de ce mémoire. En effet il expose les méthodes de diagraphies différées utilisées pour la caractérisation lithologique de la série traversée par le forage et la détermination des caractéristiques pétrophysiques du réservoir, et comment détecter la présence de fluides et repérer les différents filons de l'intrusif.

Le quatrième chapitre traite d'un modèle géologique en 3D fait par le soft PETREL traitent de la distribution des corps intrusifs en profondeur dans le champ de Hassi Guettar et propose un scénario de la mise en place de ces corps.

Le cinquième chapitre met en lumière quelques impacts de ces corps intrusifs sur la qualité du réservoir pétrolier.

La conclusion générale englobe des projections des résultats de notre travail présentés dans les chapitres précédents.

I.3. Méthodologie :

La réalisation de ce travail a nécessité des travaux sur chantier et au laboratoire :

I.3.1. Les travaux de chantier :

- Choix des sondages : ceci a nécessité de retrouver des puits dont les carottes et les lames minces sont plus ou moins disponibles.
- Description de carottes et prise de photos.
- Description lithologique : variation des constituants, de la granulométrie, et des structures sédimentaires.

I.3.2. Les travaux de laboratoire :

- Synthèse bibliographique (mémoires, thèses, études...)
- Acquisition des données numériques des différents variables (Gamma Ray, sonique, neutron, et les proportions des U, Th en ppm et k en%) mesurés lors des logs de diagraphie (fourni par Sonatrach)

- Interprétation des diagrammes (Th/U, RHOB/DT) faites par le logiciel « Excel » et des logs diagraphiques des données des sondages.
- Utilisation d'un logiciel de modélisation 3D (PETREL), et retouche d'image (Paint, Photoshop).

I.4. Données utilisées :

Ce travail a été réalisé sur la base d'un certains nombres de travaux bibliographiques et de données disponibles (Source SONATRACH) :

- Les données pétrophysiques obtenues à partir des interprétations diagraphiques de 10 puits (seules les données relatives à 08 puits ont été traitées).
- Les carottes de 3 puits qui seront pris comme références.
- Les lames minces de deux puits.32 et 35
- Différents documents et études traitant de la région de Hassi Guettar.

I.5. Historique sur la recherche dans la région Hassi Guettar

En 1927, un jeune géologue-explorateur du nom de Conrad Killian observe les caractéristiques stratigraphiques des magnifiques paysages qu'il traverse et note dans son carnet de terrain : « Schistes carburés ou bitumeux. Grands ensembles pétrolifères probables au Sahara. » jetant ainsi les fondements de la géologie saharienne et pressentant l'existence du pétrole, il fut le premier à prononcer les noms célèbres d'Edjeleh et de Tiguentourine.

Le gisement pétrolier de Hassi-Messaoud d'une superficie de 2500 Km² a été découvert le 16 Janvier 1956 par le premier forage Md1 ; implanté suite à une campagne sismique réfraction par la SN.Repal sur le champ de Hassi Messaoud, non loin du puits chamelier.

Le 15 juin de la même année, ce forage a mis en évidence des grés cambriens producteurs d'huiles à 3338m de profondeur.

Le 16 mai 1957, à 7 Km de Md1 au NNW, le deuxième puits foré par la (C.F.P.A) confirmait l'existence d'une quantité très importante d'huiles dans les grés du Cambrien, plus tard il s'est avéré un des plus grands gisements du monde.

En 1958, a débuté la production d'huile du gisement de Hassi Messaoud et a connu une augmentation quasi constante de l'ordre de 2,5 MM de m³ par an jusqu'en 1973, suivie par une période de stabilisation de la production à 30 MM de m³ par an en moyenne jusqu'en 1983, puis par un déclin jusqu'à un plateau de 22 MM de m³ par an, accompagné d'une augmentation constante du GOR.

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

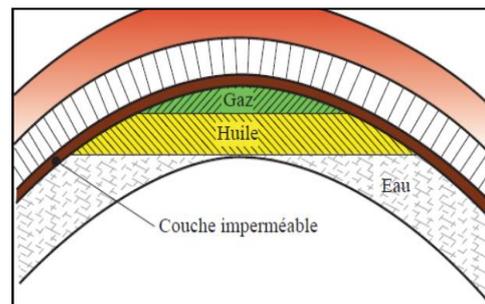
Après cette découverte positive, d'autres puits ont été forés (HGA-2 en 1995 et HGA-3 en 1996). Les résultats pétroliers de ces puits ont permis de délimiter le gisement et de le préparer à une mise en production tout en planifiant d'autres forages : En 1998 (HGA-4) ; puis en 2000 (HGA-5), viennent ensuite 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, et HGA-21,22, 23, 24, en 2009 et en 2012 des HGA31-35 actuellement en cours de forage 37 et 38. (Fig.I.6)

I.6. Quelques considérations générales sur la notion de gisement d'hydrocarbures :

I.6.1. Notion de gisement d'hydrocarbures :

Un gisement d'hydrocarbures est composé d'une roche réservoir, surmontée par une roche couverture étanche et par une disposition favorable du sous-sol appelé piège (In ENSPM, 2006). (Fig.I.7)

Les réservoirs sont mis en évidence suite à plusieurs forages, dites de reconnaissance, et les données fondamentales obtenues par le carottage.



FigureI.7: Architecture classique d'un gisement – anticlinal (ENSPM, 2006).

I.6.2. Les roches réservoirs :

Les principaux réservoirs de la région sont représentés principalement par les formations cambro-ordoviciennes (Fig.I.8)

I.6.2.1. Le Cambrien :

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

i. 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.

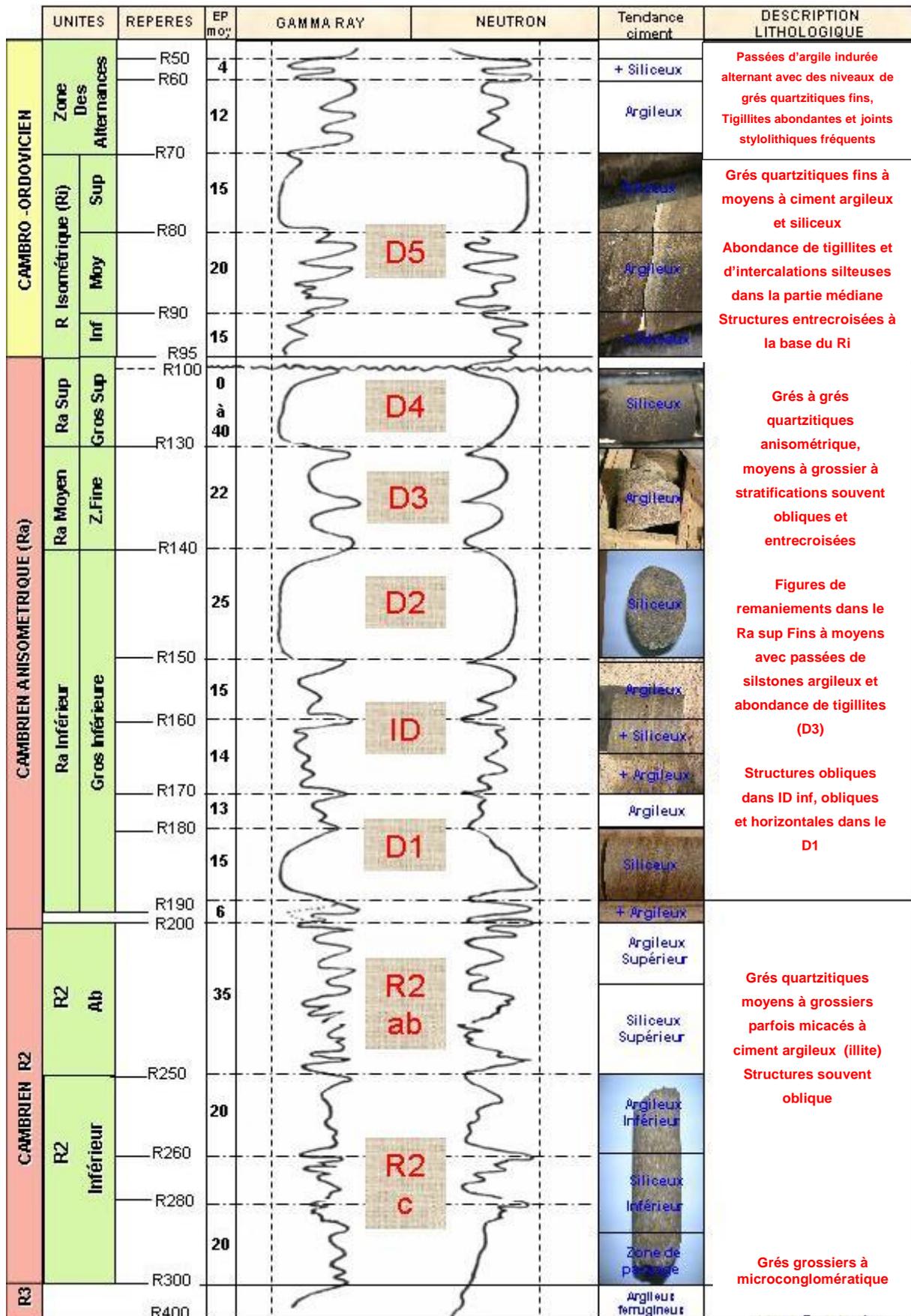


Figure I.8 : Subdivision dans le réservoir Cambro-ordovicien de la région de Hassi Messaoud (Djarir, 2005)

ii. 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.

iii. 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.

I.6.2.2. 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 de Hamra (III moyenne).

I.6.3. 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.

I.6.4. Les roches mères :

Comme dans toute la plate-forme saharienne et en particulier 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.

I.6.5. Types de pièges :

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

I.6.6. Migration des hydrocarbures :

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.

Le remplissage des réservoirs de Hassi Guettar en hydrocarbures c'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, Moydir et Berkine.

Chapitre II

Cadre géologique

II. Cadre géologique

Introduction :

Le champ pétrolier Hassi Guettar est un champ satellite du grand champ de Hassi Messaoud qui se trouve dans la partie septentrionale du bassin Oued Mya. (Fig.I.2)

Ce dernier est limité à l'ouest par la dorsale d'Idjerane-M'zab et à l'est par la dorsale Amguid-El Biod, qui limite aussi au sud le dôme de Hassi Messaoud. Le bassin de l'Oued Mya est comblé par une puissante série sédimentaire paléozoïque et méso-cénozoïque.

Plusieurs découvertes ont été mises en évidence dans ces deux bassins (Sonatrach et en partenariat). La majorité des anticlinaux explorés est concentrée dans les parties centrale et méridionale de la dorsale Amguid. Au niveau de certains hauts structuraux, les réservoirs érodés du Paléozoïque sont en contact direct avec les réservoirs triasiques, créant de ce fait un chemin de migration et d'alimentation en hydrocarbures. Pour la dorsale Amguid Hassi Messaoud, les principales découvertes à mettre en exergue sont celles réalisées récemment sur le pourtour de Hassi Messaoud dans les réservoirs cambriens et ordoviciens.

II.1. Litho stratigraphie et paléogéographie :

La série sédimentaire type dont l'épaisseur peut atteindre 6 000 mètres dans certaines zones, présente des dépôts paléozoïques souvent érodés jusqu'à l'Ordovicien et le Cambrien, un Mésozoïque allant du trias au crétacé discordant sur le Paléozoïque.

Enfin le Mio-Pliocène continentale peut couvrir certaines régions des domaines sahariens. (Fig.II.1)

Ainsi les terrains traversés par tous les sondages HGA sont presque les similaires à ceux de Hassi Messaoud à l'exception des intercalations éruptives qui sont distribuées de façon discontinue selon des épaisseurs variables.

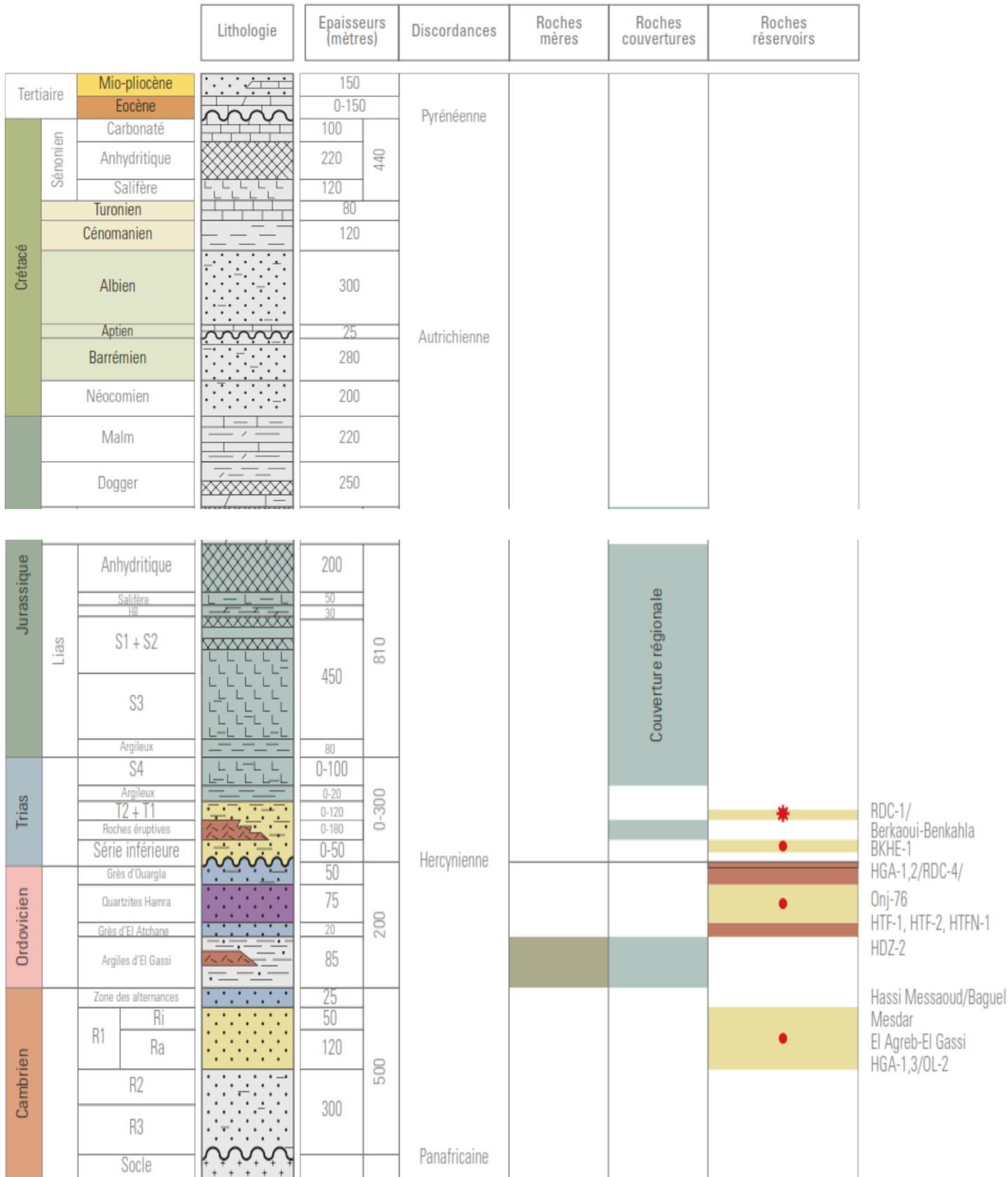


Figure II.1: Coupe lithostratigraphique type des bassins de l'Oued Mya et Amguid Hassi Messaoud (WEC 2007) modifié

La série stratigraphique qu'elle est décrite par les différents travaux géologiques et synthétisé comme suite (Fig. II. 1)

II. 1.1. Le socle cristallin :

Il a été observé au niveau des puits Md2 à 3658m, et Om81 à 3533m, il a été décrit comme un granite porphyroïde de couleur rose et altéré au sommet.

II.1.2. Paléozoïque:

Sur le socle, les formations paléozoïques reposent en discordance c'est la discordance panafricaine (Aliev et al, 1971). De la base au sommet on distingue :

II.1.2.1. Infracambrien :

C'est l'unité lithologique la plus ancienne rencontrée par le forage Omg47 à une profondeur de 4092m, Il est constitué de grès argileux rouges.

II.1.2.2. Cambrien :

Essentiellement constitué de grès hétérogènes, fins à très grossiers entrecoupés de passées de siltstones argileux, micacés. L'épaisseur moyenne est de 590m. Il constitue le principal réservoir de Hassi Messaoud et a été subdivisé en quatre grands ensembles distincts (Aliev et al, 1971).

Ce découpage est en fonction de critères pétrographique, pétrophysiques et diagraphiques. On distingue de bas en haut :

i. La zone Lithologique R3 : Son épaisseur moyenne est de 370 m.

Le R3 repose sur l'infracambrien ou directement sur le socle. Il se compose de grès feldspathiques et micacés à grains moyens à très grossiers conglomératiques à la base, à ciment argileux abondant, admettant des passées de grès ferrugineux et d'argile silteuse. Il ne présente aucun intérêt pétrolier à cause de ses faibles propriétés matricielles et de sa position profonde au-dessus du plan d'eau.

ii. La zone Lithologique R2 : Son épaisseur moyenne est de 100 mètres.

La zone lithologique R2 se compose de grès moyens à grossiers micacés, mal classés, à ciment argileux assez abondant et admettant des intercalations de silts. Les stratifications sont souvent obliques. Il est exploitable lorsqu'il est en position haute.

iii. La zone Lithologique Ra et Ri: Son épaisseur moyenne est de 125 mètres.

Elle se compose de grès à grès quartzites anisométriques moyens à grossiers, à ciment argileux et siliceux, admettant de nombreuse passées de silts centimétriques et décimétriques.

Le Ri se compose de grès à grès quartzites isométrique fine à moyens à ciment argileux et siliceux.

Les stratifications sont souvent obliques à entrecroisées, parfois horizontales. Les Tigillites sont présentes dans la partie supérieure de la série. L'ensemble du "Ra" a été érodé au centre du champ.

Dans le forage HGA 18a monté la présence d'intercalation magmatique et présences des Tigillites.

iv. La zone Lithologique (Cambro-ordovicien): Son épaisseur moyenne est de 42 m.

Le passage entre le Cambrien et l'Ordovicien n'est pas bien marqué, c'est pourquoi on peut distinguer une zone de passage appelée "Cambro-ordovicien" ou bien la zone d'alternance.

Elle se compose de grès quartzitiques isométriques fins bien classés glauconieux, à ciment argileux et siliceux, avec une présence abondante de Tigillites. Sur le plan pétrolier cette zone représente un réservoir secondaire. Cette zone est la différence entre la région de Hassi Messaoud et région de Hassi Guettar (Fig.II.3).

II.1.2.3. Ordovicien :

A l'échelle régionale, l'Ordovicien est composé de plusieurs unités lithologiques, il est cependant à noter que la série est incomplète pour le champ de Hassi Messaoud (Aliev et al, 1971), on distingue de la base au sommet seulement quatre (4) unités lithologiques :

i. Argile d'El Gassi : Leur épaisseur moyenne est d'environ 50 mètres.

Cette formation est constituée d'argile schisteuse, indurée présentant une couleur verte à noire, rarement rouge. Cette argile peut être glauconieuse ou carbonatée présentant une faune (Graptolites) indiquant un milieu de dépôt marin. Cette formation est surtout rencontrée sur les zones périphériques du champ.

ii. Les Grès d'El Atchane : Leur épaisseur moyenne varie de 12 à 25 mètres.

Cette formation est constituée de grès fins à très fins, de couleur gris-beige à gris-sombre. Ce grès peut être argileux admettant de nombreuses passées argileuses et silteuses.

iii. Les Quartzites de Hamra : Leur épaisseur moyenne varie de 12 à 75 mètres.

Il s'agit de grès quartzites fins, siliceux gris clair à beige, à rare intercalations argileuses, silteuses, micacées et indurées de la glauconie, de l'anhydrite et de nombreuses Tigillites.

II.1.2.4. L'Eruptif

Il se présente en intercalations dans les grès des réservoirs Ra et Ri et dans les Argiles d'El Gassi. L'épaisseur de ces intervalles volcanique varie de 19m à 33m dans le Ri, de 5m à 69m dans les Argiles d'El Gassi et de 7m dans le Ra. La plus part des sondages ont traversé deux intervalles intrusifs dans le même encaissant, dans d'autres puits 3 intervalles sont rencontrés

dans le même faciès et parfois un seul interval rencontré surtout dans les grès des réservoirs Ri et Ra. (Traversé par le forage 18)

Ces corps intrusifs 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 puits	Epaisseur de l'éruptif (m)	La couche encaissante
HGA19	25	Réservoir Ri
HGA20	31	Réservoir Ri
HGA21	36	Réservoir Ra
HGA22	67	Argiles d'El Gassi
HGA25	9	Quartzites de Hamra et Grés d'El Atchen
HGA26	20	QH et AEG
HGA27	/	Argiles d'El Gassi
HGA28	20	Argiles d'El Gassi
HGA29	/	Réservoir Ri
HGA30	26	Argiles d'El Gassi
HGA31	5 et 13	D5 et Argiles d'El Gassi
HGA32	4 et 20	Grés El Atchane Argiles d'El Gassi
HGA33	/	Argiles d'El Gassi
HGA35	14	Argiles d'El Gassi
HGA37	12	Argiles d'El Gassi

Tableau 1 : Epaisseur des corps éruptifs et leur encaissant dans chaque puits étudié.

L'intrusif comme la montre la Figure (II.3) est positionné dans la partie nord de la faille (1) avec une épaisseur variant entre 20 et 90 mètre dans les argiles d'El Gassi .

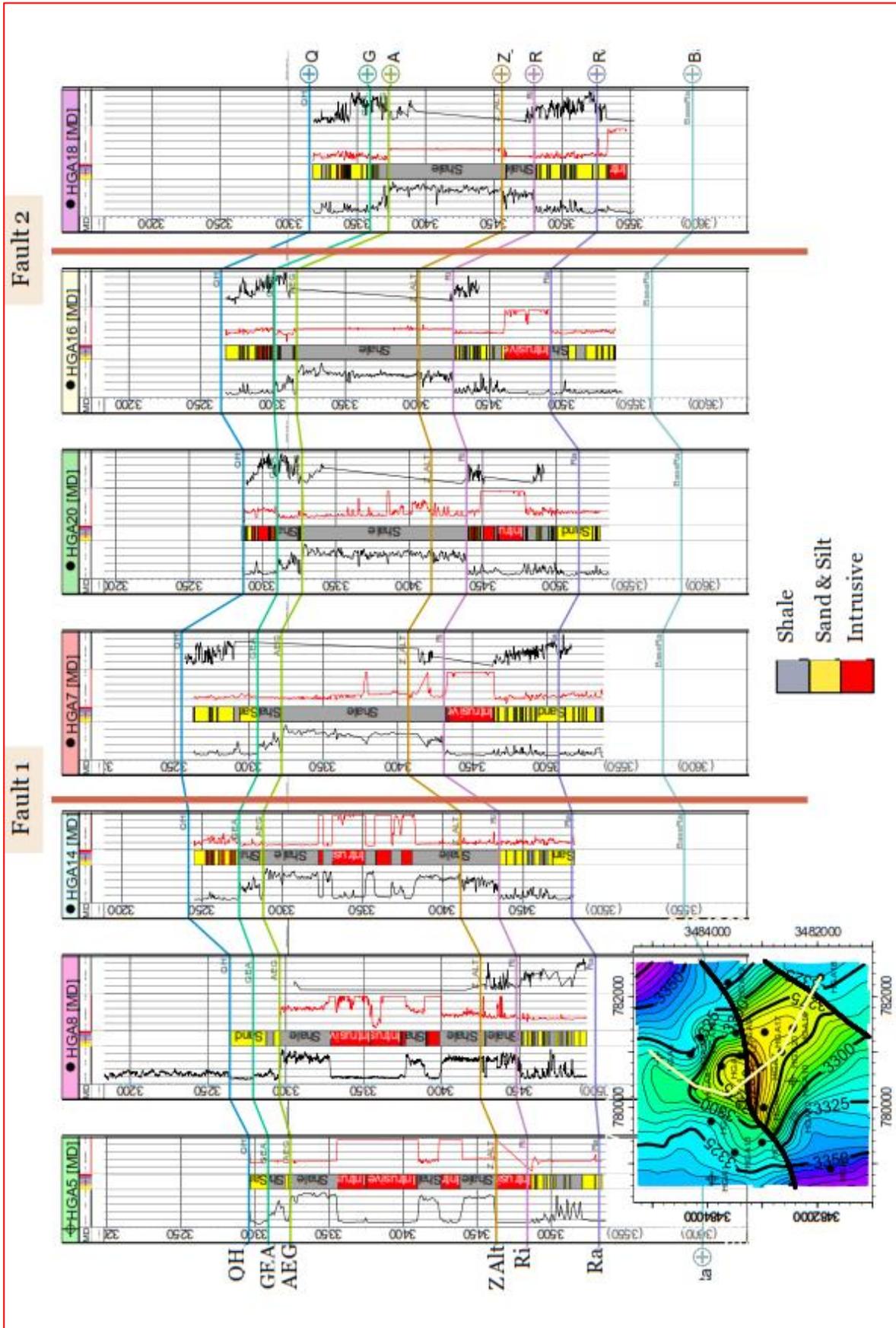


Figure II.2 : Coupe transversale N-S montre la position de l'intrusif par rapport des différentes formations traversées par les forages de HGA (Kennedy et al., 2009).

II.1.3. Mésozoïque :

II.1.3.1. Le Trias :

Il repose en discordance sur le Cambrien, au centre et sur l'Ordovicien aux flancs de la structure (Aliev et al, 1971). C'est un ensemble très varié résultant de la transgression qui fut à caractère lagunomarin, accompagnée par des coulées éruptives. Il est subdivisé en quatre (4) unités:

3. 1. i. Trias éruptif: Son épaisseur varie entre 0 et 92 mètres.

Localement on rencontre des coulées éruptives inter stratifiées avec des grès du Trias, cela semble indiquer la présence de plusieurs épanchements volcaniques venant s'intercaler dans les faciès détritiques. Ces coulées ont souvent eu lieu dans les vallées hercyniennes.

3.1. ii Trias argilo-gréseux : Son épaisseur moyenne est de 35 mètres.

Il constitue le premier remplissage du relief paléozoïque et se subdivise en plusieurs unités qui diffèrent par leurs lithologies et leurs réponses diagraphiques. Il repose, localement, sur une coulée éruptive remplissant les vallées d'érosion hercynienne profondes:

3.1. iii Trias argileux : Son épaisseur moyenne est de 113 mètres.

Il est constitué d'argiles dolomitiques ou silteuse intercalées de banc de sel (brun-rouge).

3.1. iv Trias salifère : Son épaisseur moyenne est de 340 mètres.

Joue le rôle d'une couche couverture, il est constitué de banc de sel massif présentant au sommet des intercalations d'anhydrite et des bancs d'argiles légèrement silteuse et dolomitiques, il se compose de trois (3) unités :

✓ **Trias salifère « 3 » ou « TS3 » :** son épaisseur est de 202 mètres.

✓ **Trias salifère « 2 » ou « TS2 » :** son épaisseur est de 189 mètres.

✓ **Trias salifère « 1 » ou « TS1 » :** son épaisseur est de 46 mètres.

II.1.3.2. Le Jurassique : Son épaisseur moyenne est 844 mètres.

Le Jurassique est un ensemble argilo-gréseux à intercalations de calcaires au sommet (Malm) et à alternances de faciès lagunaires et marins à la base (Dogger et Lias).

Les anhydritiques de 200m, et dolomies calcaireux

3.2. i. Le Lias : Son épaisseur moyenne est de 640 mètres.

Le passage du Trias au Lias est caractérisé par une zone de marnes dolomitiques connus sous les noms « horizon B » qui est un repère sismique. Le Lias est subdivisé en cinq (5) niveaux bien distincts s'intercalant entre eux sur toute l'épaisseur :

✓ **Lias dolomitique « LD3 »**

✓ **Lias salifère « LS2 »**

- ✓ *Lias dolomitique « LD2 »*
- ✓ *Lias salifère « LS1 »*
- ✓ *Lias dolomitique « LD1 »*

3.2. ii. Le Dogger : Son épaisseur moyenne est de 250 mètres.

Le Dogger est subdivisé en deux (2) formations, le Dogger lagunaire à la base représenté par une série lagunaire à la base essentiellement de l'anhydrite et de la dolomie sur 210m d'épaisseur et le Dogger argileux au sommet de l'épais de 107m, il est constitué d'argiles tendres, silteuse à passées de grès fins à ciment argileux carbonaté.

3.2. iii. Le Malm : Son épaisseur moyenne est de 226 mètres.

Il est caractérisé par les dépôts d'argiles et de marnes avec des intercalations des bancs de calcaires et dolomies accompagnés de quelques traces d'anhydrites.

II.1.3.3. Le Crétacé : Son épaisseur moyenne est de 1620 mètres.

Il est constitué de sept étages, de la base au sommet on distingue :

3.3. i. Le Barrémien : Son épaisseur moyenne est de 280 mètres.

Il est formé de grès fins à moyens carbonatés à plages d'anhydrite, alternant avec des niveaux d'argile gréseuse et dolomitique.

3.3. ii. L'Aptien : Son épaisseur est de 25 mètres.

Il est représenté par deux bancs dolomitiques encadrant un niveau argileux. La limite Aptien-Barrémien coïncide avec la barre calcaire-dolomitique qui représente un bon repère sismique. On parle de la barre aptienne repère sismique et diagraphique du Sahara algérien.

3.3. iii. L'Albien : Son épaisseur moyenne est de 300 mètres.

Constitué de grès et sable fin, avec des intercalations d'argile silteuses, il comprend une immense nappe aquifère.

3.3. iv. Le Cénomaniens : Son épaisseur moyenne est de 145 mètres.

Alternance d'anhydrite et d'argile rouge-brune, de marnes grises et de dolomies. La limite Cénomaniens-Albien coïncide avec le passage des séries évaporitiques aux séries plus gréseuses de l'Albien.

3.3. v. Le Turonien : Son épaisseur moyenne varie de 70 à 120 mètres.

Alternance de calcaire argileux, calcaire dolomitique et calcaire crayeux. Au sommet apparaissent les bancs de calcaire. Le Turonien représente la nappe d'eau salée.

3.3. vi. Le Sénonien : Son épaisseur moyenne est de 440 mètres.

- ✓ *Sénonien Lagunaire*
- ✓ *Sénonien Carbonaté*

II.1.4. Cénozoïque: Son épaisseur moyenne est de 360 mètres (Aliev et al. 1971).

Il est constitué de calcaire dolomitique à l'Éocène, et d'un recouvrement de type sableux au Mio-Pliocène.

Conclusion

Sur la dorsale de Hassi Messaoud une bonne partie de la série stratigraphique est absente. En effet, une bonne partie des dépôts du Paléozoïque reposant sur un socle granitique, ont été profondément érodés au centre de la structure au cours de la phase hercynienne (figure.II.3).

De ce fait, les dépôts mésozoïques reposent en discordance sur le Cambro-ordovicien. En allant vers la périphérie du champ, la série devient plus complète (figure.II.4).

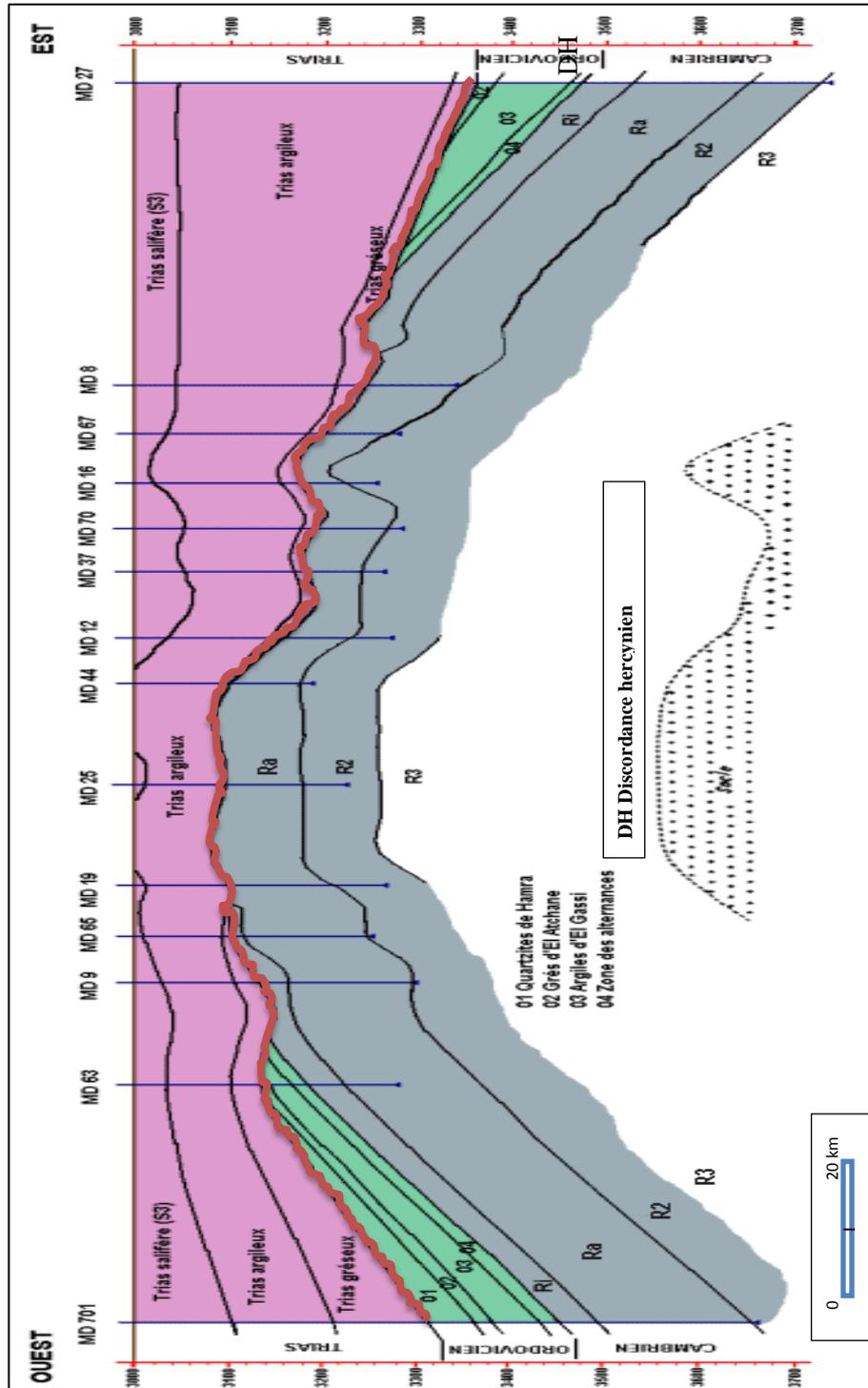


Figure II.3 : coupe géologique Est-Ouest du champ Hassi Messaoud (Rapport interne Sonatrach, 2009) modifié

II.2. Aspect structural régional

L'histoire géologique de la plate-forme saharienne est très ancienne. Son évolution est influencée par la présence de boucliers parfois très vieux, comme le bouclier Reguibat, qui a acquis sa stabilité entre 1 800 et 2 000 MA, et de boucliers plus jeunes comme le bouclier Touareg résultant de la phase panafricaine, qui date d'environ 500 MA. Le trait structural majeur est la présence de grandes failles sub-méridiennes verticales, soulignées par de puissantes bandes de mylonites. Ces accidents sub-méridiens sont décalés par un réseau de failles conjuguées (WEC, 2007).

Les accidents du socle d'orientation N-S, NE-SW et NW-SE sont au moins d'âge panafricain tardif. Ce réseau de fracturation jouera ultérieurement un rôle important dans la structuration et la sédimentation de la plate-forme saharienne (Fig. II.6).

Plusieurs phases tectoniques ont modelé la plate-forme saharienne, à savoir :

- La distension cambro-ordovicienne
- La compression taconique (fin d'Ordovicien début Silurien)
- La compression calédonienne
- Les différents événements tectono-sédimentaires du Dévonien
- Les mouvements hercyniens
- Les événements méso-cénozoïques (phases autrichienne et alpine).

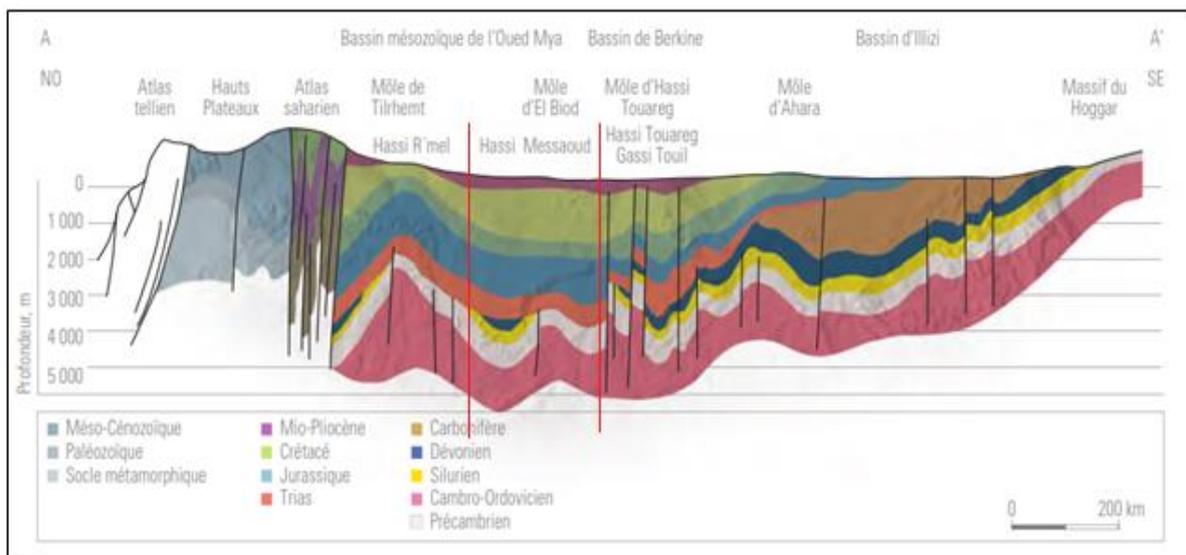


Figure.II.4 : Coupe NO-SE de la structuration et la sédimentation de la plate-forme saharienne (WEC 2007) modifié

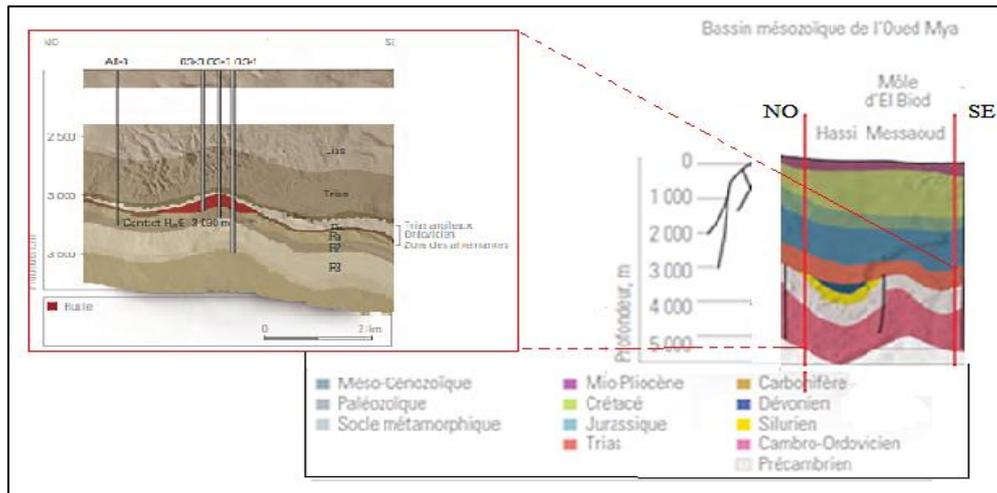


Figure.II.5 : Coupe NO-SE de la structuration du champ de Hassi Messaoud

II.2.1. La distension du Cambro-Ordovicien et mise en place des intercalations magmatiques

La phase orogénique panafricaine, qui prend fin au cours du Cambrien, est suivie d'une période d'érosion importante qui nivelle les structures et reliefs antérieurs.

Il se forme une vaste pédiplaine appelée infra-tassilienne. Par la suite, l'environnement paléogéographique cambro-ordovicien est influencé par une instabilité tectonique qui se matérialise par des variations d'épaisseur et de faciès de part et d'autre des accidents sub-méridiens, dont l'exemple le plus remarquable est celui du môle de Fom Belrem.

Plusieurs forages de la région de Hassi Messaoud et du bassin de l'Oued Mya ont traversé des roches volcaniques intercalées dans des grès attribués au Cambrien (Ra et R2) et à l'Ordovicien. D'après le BEICIP-Sonatrach (1972), on est en présence de coulées plus ou moins basiques ou de fragments de spilite resédimenté en même temps que se déposent les grès de Hassi Messaoud.

Les géologues de la SNREPAL décrivent, dans le sondage SG-1, de véritables coulées spilitiques intercalées dans les argiles d'el Gassi.

D'après (J.Fabre, in Aouimer 2004), ces passées volcaniques sont aussi signalées dans le Sud Tunisien où deux niveaux de basaltes sont intercalés dans la formation argilo-gréseuse de Sanhar d'âge Tremadoc.

Cette distension favorisant la venue des roches volcaniques, est à l'origine de l'étirement de la croûte continentale, accompagné de subsidence tectonique et plus tard thermique, provoquant le basculement de la plate-forme vers le Nord-Ouest, lié à une ouverture océanique, donc la présence d'une vaste marge passive. (Boudjema, 1987).

II.2.2. Les mouvements hercyniens

Les mouvements hercyniens sont divisés en mouvements précoces et majeurs (Paléozoïque terminal). Les mouvements hercyniens précoces ont en général une influence sur la sédimentation. Les mouvements hercyniens majeurs ont par contre joué un rôle majeur dans la structuration des différents bassins de la plate-forme saharienne et dans la distribution des roches réservoirs. Le résultat est bien visible sur l'écorché pré-mésozoïque (Fig. II.4) de la région de Hassi Messaoud.

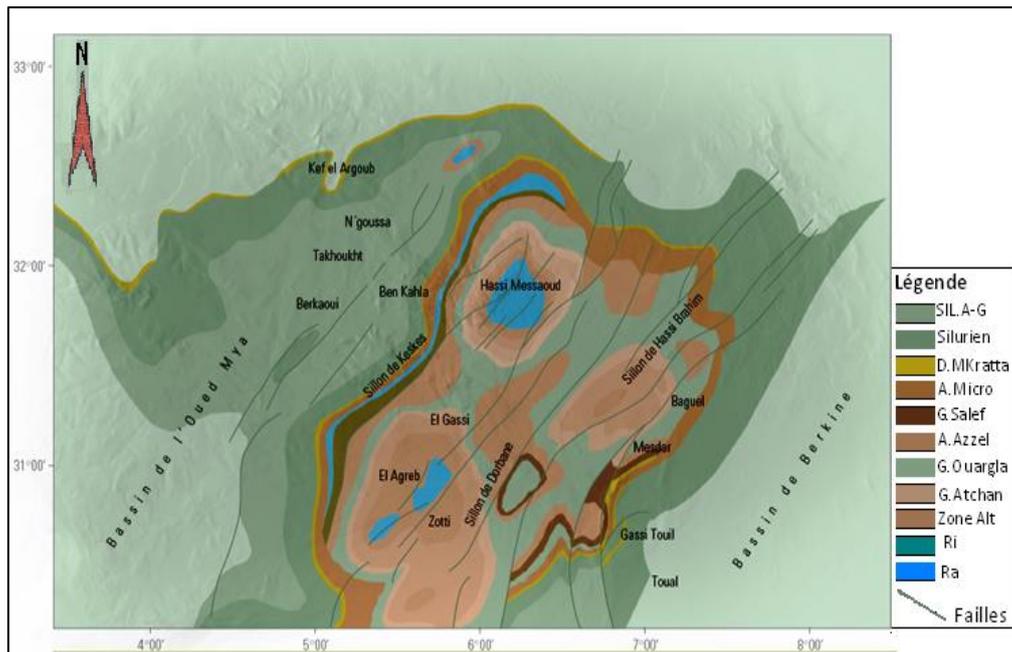


Figure II.6 : Écorché mésozoïque du champ de Hassi Messaoud et des zones environnantes. (WEC 2007)

II.3. Géologie locale:

II.3.1. Introduction

Le môle de Hassi Messaoud, de forme ovoïde et de direction NE-SW est situé au Nord de la plate-forme saharienne entre les méridiens 5°40' et 6°20' Est et les parallèles 31°30' et 32°00' Nord, il occupe ainsi 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 Horst et grabens. Ces zones périphériques hautes de Hassi Messaoud contiennent des accumulations d'huile.

Parmi ces structures la petite structure de Hassi Guettar située au Sud-Ouest du champ de Hassi Messaoud

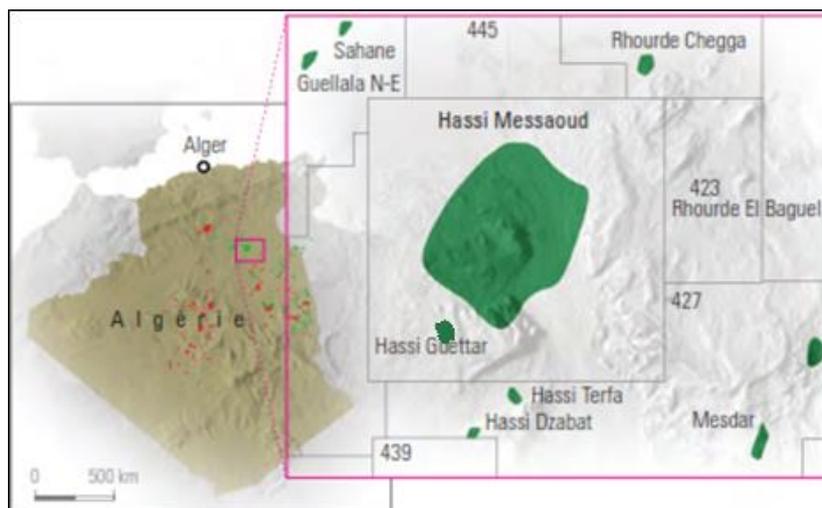


Figure II.8 : Situation du gisement de Hassi Messaoud. (WEC, 2007) *modifié*

II.3.2. lithostratigraphie

La périphérie du champ de Hassi Messaoud est constituée des zones faillées avec des horsts et des grabens fig. II. 8 le champ de Hassi Guettar est situé au SW et en aval du champ de Hassi Messaoud, constitué l'un de ces zones hautes périphériques Fig II.8.

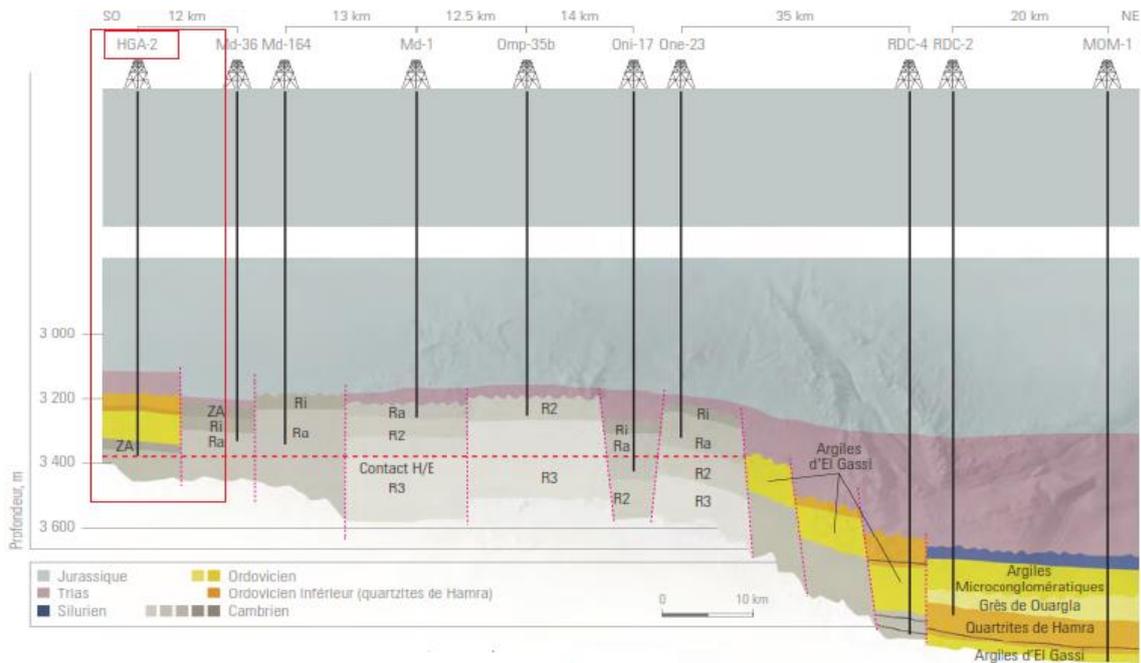


Figure II.7 : Région du champ d’huile de Hassi Messaoud. Coupe SO-NE transversale schématique.

(WEC, 2007) modifié

Les principale formations géologiques recoupé par forage, notamment le forage HGA 2 (Fig.II.9), sont récapitulés sur la Figure II. Elle représente par de bas en haut ;

- Les grès micacé (R₂) du Cambrien
- Les grès et grés à quartzites (Ra) du Cambrien.
- Les grès (R₁) du Cambrien.
- Les zones d’alternance (Z Alt) du Cambro-ordovicien.
- Les argiles d’El Gassi (AEG) de l’ordovicien.
- Les grés d’El Atchane(GEA) de l’ordovicien.
- Le quartzite d’El Hamra (QH) de l’ordovicien

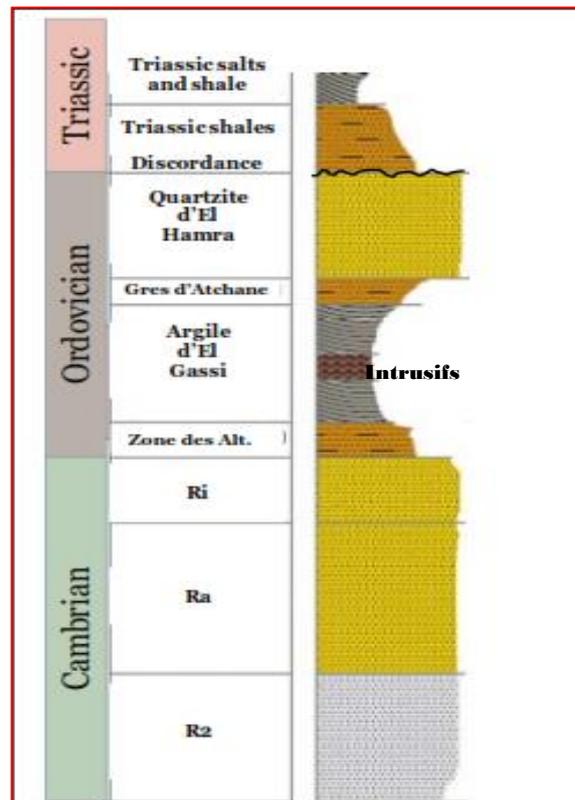


Figure .II.9. La coupe stratigraphique type de la région Hassi Guettar (Kennedy et al. 2009)

II.3.3. Aspect structural

Le schéma actuel est le résultat de l'action sur un substratum fracturé, plissé et érodé, et sur la couverture sédimentaire de plusieurs phases tectoniques qui peuvent être soit distensive, soit compressives. Celles-ci sont souvent en relation avec les mouvements relatifs des plaques lithosphériques issues de la désintégration de la Pangée à partir du Trias. (Fig.II.7).

Les failles sont des objets discrets qui correspondent à une surface de glissement qui peut segmenter le réservoir en compartiments et qui peut décaler deux compartiments l'un par rapport à l'autre.

Dans le champ HGA on trouve deux accidents tectoniques majeurs principaux qui divisent le champ en trois parties essentielles Nord, centre et Sud.

A partir de l'interprétation des cartes isobathe dans les trois différents niveaux de formations géologiques Ra, Ri (Cambrien) et QH (Ordovicien) on peut définir ces effets structuraux majeurs dans chaque niveau cité:

II.3.3.1. Au toit du réservoir Cambrien Ra : (Fig. II.10)

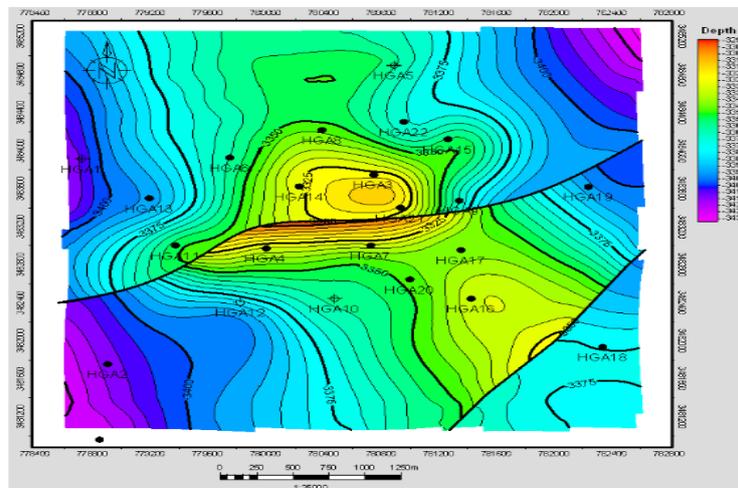


Fig. II.10 : Carte en isobathes au toit du réservoir Ra (Rapport interne Sonatrach, 2009)

La structure identifiée sur la carte est un anticlinal, affecté par deux failles majeures, qui le segmente en trois blocs, ainsi il y a deux axes de structuration d'orientation différentes l'un orienter NO-SE et l'autre NE-SO et en résulte également une configuration en horst et grabens.

L'architecture de cette structure est régie par deux accidents majeurs qui sont :

- Accident F1 NE-SO dans la partie Est ainsi que la partie Ouest de la structure et E-W dans sa partie centrale.
- Accident NNE-SSO dans la partie Est de la structure.

II.3.3.2. Au toit du réservoir Cambrien Ri :(Fig. II.11)

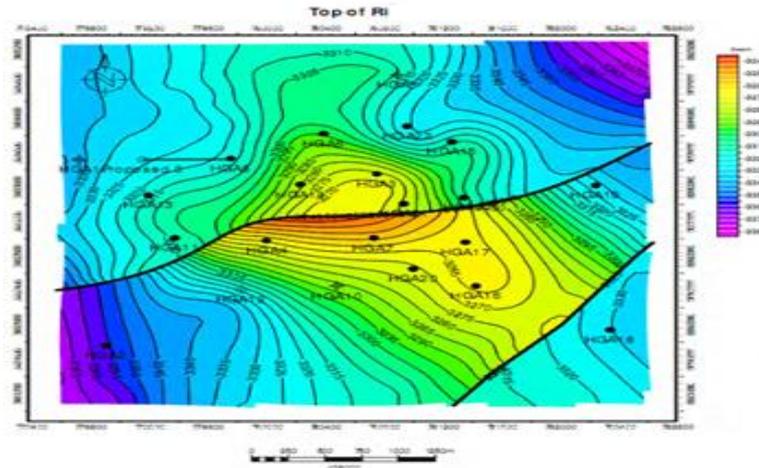


Fig. II.11 : Carte en isobathes au toit de réservoir Ri (Rapport interne Sonatrach, 2009)

Nous notons la même structure observée précédemment, dans la carte en isobathe au toit du réservoir Ra, mais avec la différence que le deuxième axe est mal défini. De la même manière le jeu des deux failles définit un horst et deux grabens.

II.3.3.3. Au toit du réservoir Ordovicien QH (Quartzite el Hamra) : (Fig. II.12)

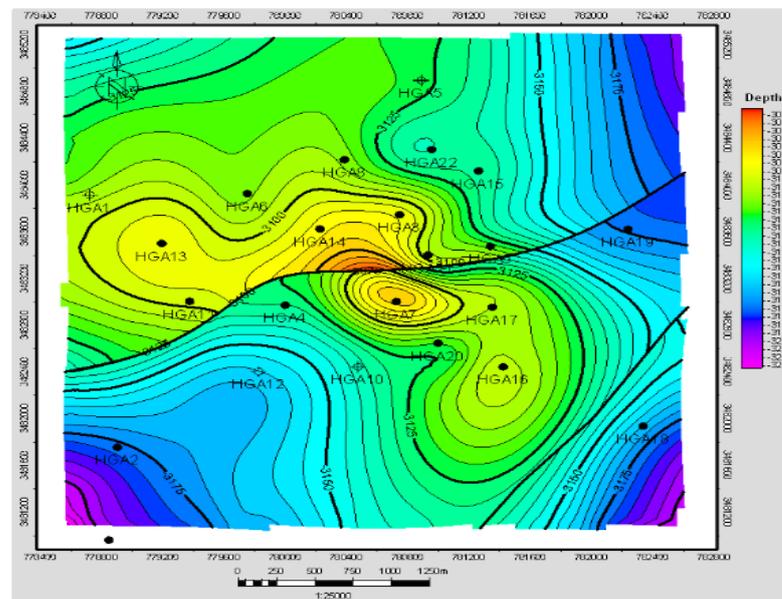


Fig. II.12 : Carte en isobathes au toit du réservoir QH. (Rapport interne Sonatrach, 2009)

La carte montre une structure anticlinale de direction NW-SE, dans la partie méridionale la structure a subi une déformation qui entraîne le plissement de l'axe. La position de cette zone déformée est comprise entre deux accidents de direction NE-SW et NNE-SSW. Il est donc probable que cette déformation soit en relation avec la géométrie des failles définissant une zone en coin.

II.4. Evolution géodynamique :

II.4.1. Structuration antétriasique :

II.4.1.1. Phase panafricaine :

C'est une phase compressive de direction Est – Ouest, due à une collision continentale entre le craton Ouest africain rigide et le bloc Est Africain plastique (Caby, 1970), provoquant une tectonique cassante, représentée par un réseau de failles de directions Nord-Est – Sud-Ouest, Nord-Ouest – Sud-est suivie d'une érosion intense qui s'est installée jusqu'au Cambrien conduisant à la formation d'une surface de pédiplanation appelée surface infra-tassilienne. Cette pédiplaine marque le début d'une histoire cratonique du Sahara.

Des mouvements distensifs de directions Nord-Ouest-Sud-Est interviennent au Cambro-ordovicien; qui sont à l'origine de l'étirement de la croûte continentale suivie d'une subsidence tectonique et plus tard thermique. Cette distension provoque un jeu de faille normale (Nord-Est-Sud-Ouest) préexistant dans le socle, accompagnée de **volcanisme**.

II.4.1.2. La phase Eo-Calédonienne précoce ou phase Taconique :

Datée environ de 500 MA, cette phase intervient à la fin de dépôt du réservoir anisométriques "Ra". Elle est prouvée par la transgressivité des grès isométriques connue sur les flancs de la structure prouvant ainsi le début d'une structuration à cette époque. Plus tard il s'est produit une structuration tardive cambrienne avec érosion et failles s'établissant déjà suivant une direction Nord.Est-Sud.Ouest avec des coulées volcaniques.

II.4.1.3. La phase Calédonienne majeure :

Datée environ de 400 Ma, Cette phase est régionalement connue par l'absence de sédiments du Dévonien et du Carbonifère dans toute la surface du haut fond d'El Biod.

Il est à noter qu'une hypothèse de non dépôt est plus favorable que celle de l'érosion hercynienne et cela est due au fait que les sédiments remaniés à la base du Trias gréseux proviennent du Cambro-ordovicien. Cette phase aurait débuté au Silurien ou au Dévonien inférieur (Massa et al, 1972).

II.4.1.4. La phase Hercynienne :

Datée environ de 225 à 250 MA, cette phase est d'une importance considérable à l'échelle régionale et particulièrement à Hassi Messaoud. Elle est responsable de la direction d'ensemble Sud.Ouest-Nord.Est de la structure actuelle, ceci est prouvé par la série triasique gréseuse avec 150 m d'épaisseur supplémentaire entre les flancs et le top du gisement qui a joué le rôle de série de comblement. L'importance du bombement est soulignée par l'érosion

de toute la couverture paléozoïque et par la disposition radiale des grandes vallées de creusements ou vallées hercyniennes.

4.1.4 i. Les mouvements hercyniens précoces :

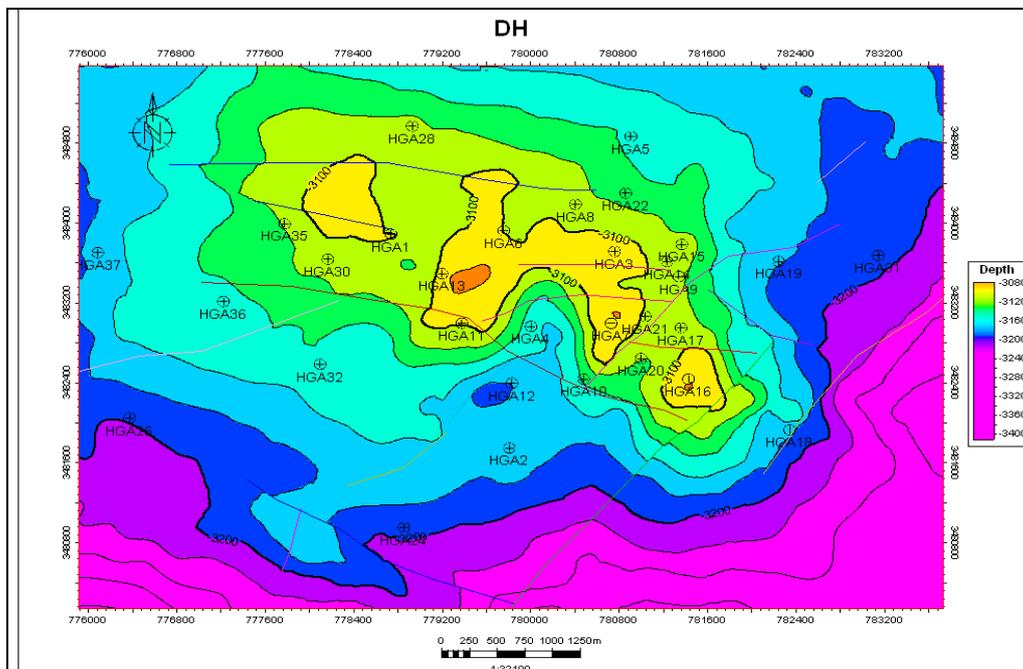
Ces mouvements se résument en une phase tectonique compressive (040°) dite phase «Viséenne » (Boudjemaa, 1987). Cette phase tectonique a causé l'individualisation de certaines structures appuyées sur des accidents orientés NW-SE parmi lesquelles : Zarzaitine-Ifefane, Dôme à Collénias, etc...

Les mesures de stries effectuées sur le terrain dans les grès du Khenig (Dévonien supérieur) indiquent une direction de serrage N040 compatible avec la formation des structures précédentes. (Boudjemaa, 1987).

Cette direction N040 a été aussi retrouvée par J.L.Bles (1969) dans les calcaires à Orthocéras du Dévonien inférieur (Muraille de Chine), de la chaîne d'Ougarta Elle serait aussi responsable de la formation des plis de cette chaîne (Boudjemaa, 1987).

4.1.4. ii. Les mouvements hercyniens majeurs :

Le schéma structural actuel de la région est le résultat des contraintes compressives hercyniennes de direction Nord 120°, ces dernières sont perpendiculaires aux accidents majeurs, sont responsables des bombements NE-SW et des jeux de failles de même direction dont résultent les horsts et les grabens. Ces contraintes sont suivies d'une phase de relaxation qui a mis en place les grabens triasiques (Fig.II.13).



FigureII.13 : carte en isobathes de la discordance hercynienne, (Rapport interne Sonatrach, 2009 inédit).

II.4.2. Structuration post-triasique :

Les structurations post-triasiques sont relativement faibles par rapport au paléozoïque. Les déformations sont suivies d'un basculement d'environ 200 mètres entre la partie Sud-Est et Nord-Ouest du gisement, c'est la phase tectonique compressive de direction Nord Nord Ouest-Sud Sud Est qui a engendré l'élévation de la partie Nord-Est.

II.3.2.1. La phase Autrichienne :

Datée d'environ 100 MA, cette phase est presque synchrone avec la mise en place des hydrocarbures puisque des études géochimiques réalisées sur la région indiquent que la mise en place des hydrocarbures a commencé au début du Jurassique et s'est poursuivie pendant le Crétacé. Elle correspond à une phase de raccourcissement Est-Ouest ; son influence sur le réservoir se résume à un jeu en décrochement dextre le long des failles Nord-Est/Sud-Ouest dont l'importance de ces déplacements se manifeste au niveau de la fracturation.

II.4.2.2. La phase Atlasique :

D'âge fini-Crétacé à Eocène, cette phase est compressive de direction NNE-SSW, se traduisant par une érosion locale des terrains de l'Eocène et par une lacune au Miocène. Cette phase est postérieure à la formation des hydrocarbures ; elle est donc probablement à l'origine des barrières de perméabilités dues à un décalage des niveaux réservoirs ce qui a favorisé la création de fracturations colmatées et a par conséquent, contribué à l'amélioration des caractéristiques pétrophysiques du réservoir.

ERE		EPOQUES D'INTERVENTION MAXIMALE	NOMS DES PHASES	NATURE ET DIRECTION DES PHASES	EFFET SUR LES JEUX DES FAILLES
CENOZOIQUE	NEOGENE	MIOCENE	ALPIN TARDIF TERTIAIRE TARDIF N.0.60	 N.060	jeu une compression des accidents N.060
	PALEOGENE	EOCENE	ALPIN MOYEN EOCENE N.160	 N.160	jeu en compression des accidents n.160, et création des nouvelles structures
MESOZOIQUE	CRETACE		PHASE AUTRICHIENNE ALPINE PRECOCE	 N.090	jeu en inverse sur les accidents N.090
	JURASSIQUE				
	TRIAS				
PALEOZOIQUE	PERMIEN		PHASE HERCYNIEENNE TARDIVE	 N.120	jeu en inverse sur les failles NE-SW
	CARBONIFE	VISIEN	PHASE HERCYNIEENNE PRECOCE	 N.040	jeu en inverse sur les failles NW-SE
	DEVONI	SUPERIEUR	PHASE FRASIEN	 NW-SE	Jeu en faille normale sur les failles NE-SW (variation de facies et d'épaisseur) volcanisme.
		MOYEN			
		INFERIEUR			
	SILURIEN		PHASE	 EW ?	Jeu en inverse sur les failles N-S (érosion sur les moles submérien) tihamboka.
	ordovicien		CALEDONNIENNE		
COMBRIEN		PHASE PANAFRICAINNE TARDIVE	 EW	tectonique cassante réseau NE-SW et NW-SE (caractérisation de Sahara centrale).	

Figure II.14 : Schéma structural interprétatif montre l'effet des plus importantes phases sur le Sahara algérien [D'après Boudjema et Beicp, 1987)].

Chapitre III

Caractérisation des horizons
magmatiques du champ de
Hassi Guettar

III. Caractérisation des horizons magmatiques du champ de Hassi Guettar par diagraphie.

III. 1- Introduction

Dans ce chapitre nous proposons de caractériser la roche magmatique par la méthode de diagraphie (NGS) d'une part, et par d'étude pétrographique (lames minces) pour justifiés les résultats qui ont été obtenus par la diagraphie

L'identification du type de roche éruptive sera par deux méthodes sont :

- par les outils diagraphiques.
- par description des carottes.
- **Détermination du mode de mise en place de ces corps intrusifs.**

Pour cela et d'après les données disponibles (données des puits), nous allons faire appel à la méthode d'interprétation des digraphies NGS utilisée par Schlumberger pour les deux premières étapes.

III.2 Présentation de la méthode d'étude :

La mesure de spectrométrie du rayonnement gamma naturel (NGS* ;Natural Gamma Ray Spectrometry; Serra, 1979, 1990 ; Schlumberger, 1987a, 1989a) effectue une analyse spectroscopique du rayonnement naturel total émis par la formation, en mesurant, pour un certain domaine d'énergie, l'intensité du rayonnement des différents éléments radioactifs (U, Th, K). Les teneurs sont exprimées en (ppm) pour l'uranium et le thorium, et en % pour le potassium. Outre les courbes U, Th et K, une courbe de gamma-ray figure fréquemment sur les diagraphies (Fig.III.1).

-La courbe SGR représente la radioactivité naturelle totale émise par la formation. (courbe en noir sur la Fig.III.1)

Cette présentation permet de montrer directement la part de l'uranium dans la radioactivité naturelle totale émise par la formation (Fig.III.1).

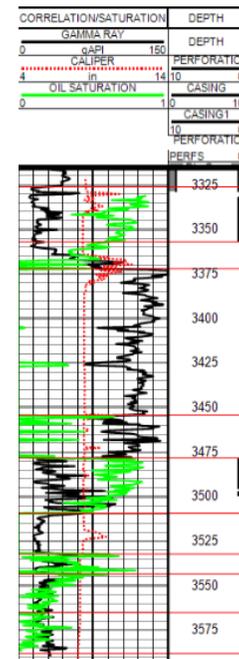


Figure III.1 : Exemple de Gamma Ray (rapport interne sonatrach, 2012 inédit).

Les données fournies par l’outil NGS permettent d’identifier le type de roche ignée (Fig.III.2). Exception faite de la Syénite, la plupart des roches intrusives présentent un rapport Th/U voisin de 4 (Fig.III.3).

Les écarts par rapport à cette valeur indiquent l’influence de conditions atmosphériques pendant lesquelles l’Uranium s’est dissout et a été entraîné par les pluies et l’eau en circulation.

Mais l’identification d’un type de roche ignée sera encore plus précise si l’on peut ajouter des informations fournies par d’autres diagraphies tels que la densité et le sonique (Fig.III.3).

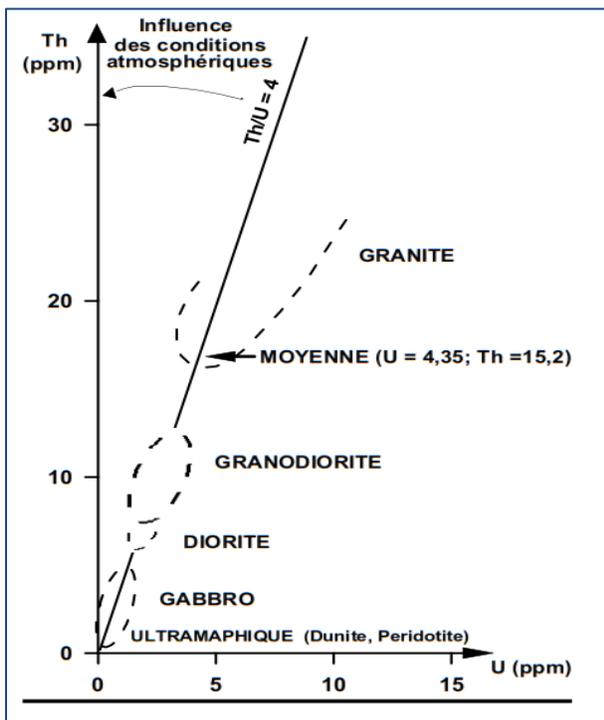


Fig.III.2-Identification des roches ignées d’après Thorium-Uranium pour les principales roches ignées. (Schlumberger, 1984)

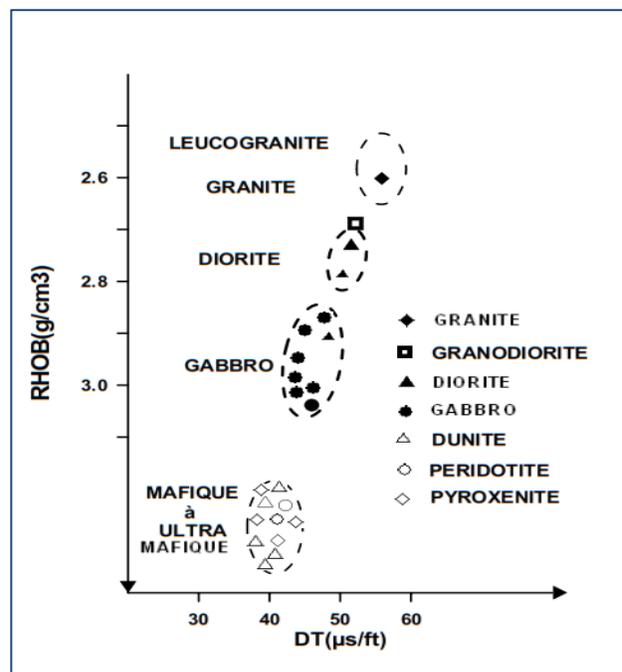


Fig.III.3- Identification des roches ignées d’après le diagramme RHOB-DT (Schlumberger 1984)

RHOB: density
DT: Delta time; temps de l’enregistrement.

Adams (1954), Whitfield et coll. In Aouimer, 2004) et (Clark et coll.in Aouimer, 2004) ont observé une bonne corrélation entre les trois éléments radioactifs dans les roches vitreuses (lave), granitiques, mafiques et intermédiaires (tableau 2).

Roches Ignées	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)
Acide intrusive			
Granite	19 - 20	3.6 - 4.7	2.75 - 4.26
Rhode Island (1)	21.5 - 26.6 (25.2)	1.32 - 3.4 (1.99)	3.92 - 4.8 (4.51)
Rhode Island (1)	6.5 - 80 (52)	1.3 - 4.7 (4)	5.06 - 7.4 (5.48)
New Hampshire	50 - 62	12. - 16.	3.5 - 5
Précambrien	14 - 27	3.2 - 4.6	2. - 6.
Moyenne pour roches granitiques	15.2	4.53	4.11
Syenite (1)	1338	2500	2.63
Acide extrusive			
Rhyolite	6. - 15.	2.5 - 5	2 - 4.
Trachyte	9. - 25	2 - 7.	5.7
Basique intrusive			
Gabbro	27 - 3.85	0.84 - 0.9	0.46 - 0.58
Franidiorite	9.3 - 11	2.6	2 - 2.5
Colorado (1)	99 - 125 (110.6)	0.19 - 2.68 (1.98)	2.62 - 5.6 (5.48)
Diorite	8.5	2	1.1
Basique extrusive			
Basalte	4.6	0.99	0.61
Basalte alcalin	1.96	0.53	0.61
Basalte des plateaux	3.9	1.4	1.4
Basalte à olivine des plateaux dans l'Orégon (1)	5.5 - 15 (6.81)	1.2 - 2.2 (1.73)	1.4 - 3.23 (1.68)
Andésite	1.9	0.8	1.7
dans l'Orégon (1)	5 - 10 (6.96)	1.4 - 2.6 (1.94)	2.4 - 4.28 (2.89)
Ultra basique			
Dunite	0.01	0.01	0.02
Péridotite	0.05	0.01	0.2
en Californie (1)	0.0108	0.0048	0.019

(1) d'après les normes géochimiques USGS, dans Adams et Gasparini, 1970

Tableau 2 : Teneur de certaines roches ignées en thorium, uranium et potassium (Schlumberger 1984)

Pour l'étude du mode de mise en place de ces éruptions, c'est-à-dire pour trancher s'il s'agit d'intrusion ou d'extrusion, il faut suivre le comportement des courbes des différents paramètres diagraphiques aux épontes des corps éruptifs. La nature chimique et la texture de ces roches et la description des carottes servent comme arguments pétrologiques très importants.

III.3. Identification du type de la roche éruptive

III.3.1. Identification par outils diagraphiques:

III.3.1.1. Acquisitions des données numériques brutes relatives aux différentes variables et traitement des données:

Les données fournies par les services des diagraphies de Sonatrach dans le tableau 3 sont des données relatives aux différents paramètres diagraphiques des puits.

Les principaux paramètres dont on a pu disposer sont:

WELL .	hga32						
FLD .	HGA						
DT .US/F							
GKUT .gapi			Gamma K, T, U :				
NPHI .V/V			Neutron porosity				
Pota (k) .%			Potassium				
RHOB .g/c3			Bulk densit				
THOR .ppm			Thorium				
URAN .ppm			Uranium				
DEPT .M	DT	GKUT	NPHI				
3323.69160	16.90722	56.02658	0.19280	K%	RHOB	TH	U
3323.84400	16.95428	55.54158	0.20102	2.14001	2.06692	4.67647	1.06945
3323.99640	16.90882	56.95442	0.19594	2.18209	2.06375	4.58160	0.98712
3324.14880	17.06271	57.99736	0.19038	2.51243	2.04705	4.40503	0.69914
3324.30120	17.02974	55.95189	0.17338	2.78500	2.05063	4.20955	0.46737
3324.45360	16.97718	50.02557	0.14410	2.61371	2.07288	3.06332	0.95618
3324.60600	17.01782	41.30403	0.08689	1.81884	2.07654	1.85508	2.00856
3324.75840	17.01502	31.57009	0.03142	1.09269	2.07196	1.73648	2.21519
3324.91080	17.04190	23.65567	0.00737	0.64902	2.07227	1.07631	2.08158
3325.06320	17.03776	18.60626	0.00087	0.54401	2.05412	0.42655	1.61894

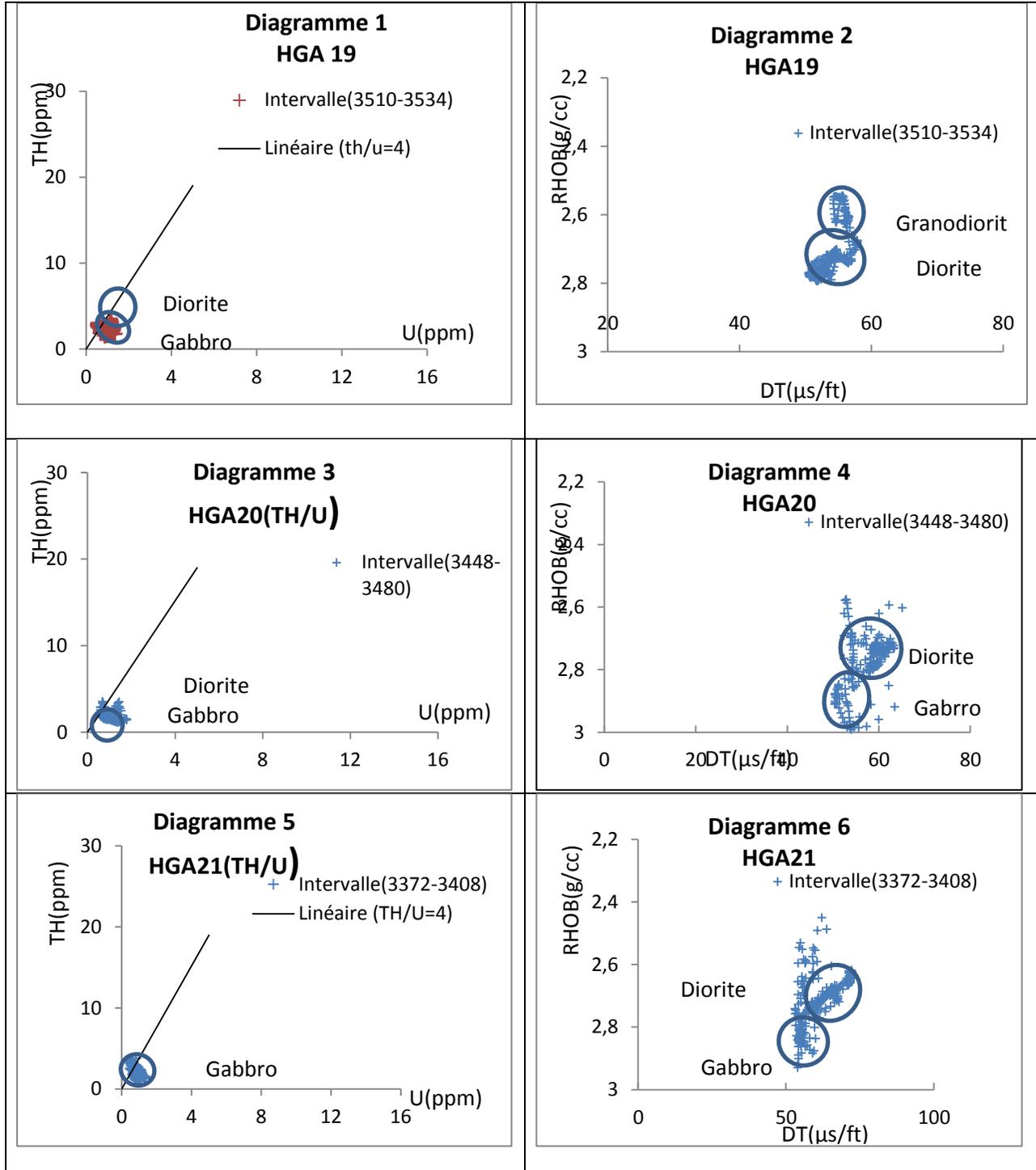
Tableau 3 : tableau Excel pour les différents variables de puits HGA 32. (Data Bank, sonatrach)

La combinaison de ces paramètres permet d'établir des diagrammes binaires comme par exemple les diagrammes **Th vs U** et **DT vs Densité** de quelques puits qui vont servir pour l'identification de la roche éruptive rencontrée dans le secteur de Hassi Guettar.

- **La Densité** : est obtenue par diagraphie de radioactivité provoquée qui fournit après calibration la densité de la formation en g/cm^3 . Elle permet de faire un découpage lithologique très précis.
- **Le Sonique** : il est appelé aussi acoustique, c'est l'enregistrement du caractère des ondes qui sont transmises à travers la formation. Un enregistrement du temps de transit entre les

deux récepteurs, en micro sec/pieds, est appelé log de lenteur. Lorsque l'on enregistre tout le train d'ondes à chaque récepteur, on parle alors d'acoustique (Dt).

III.3.1.2. Présentation des résultats :



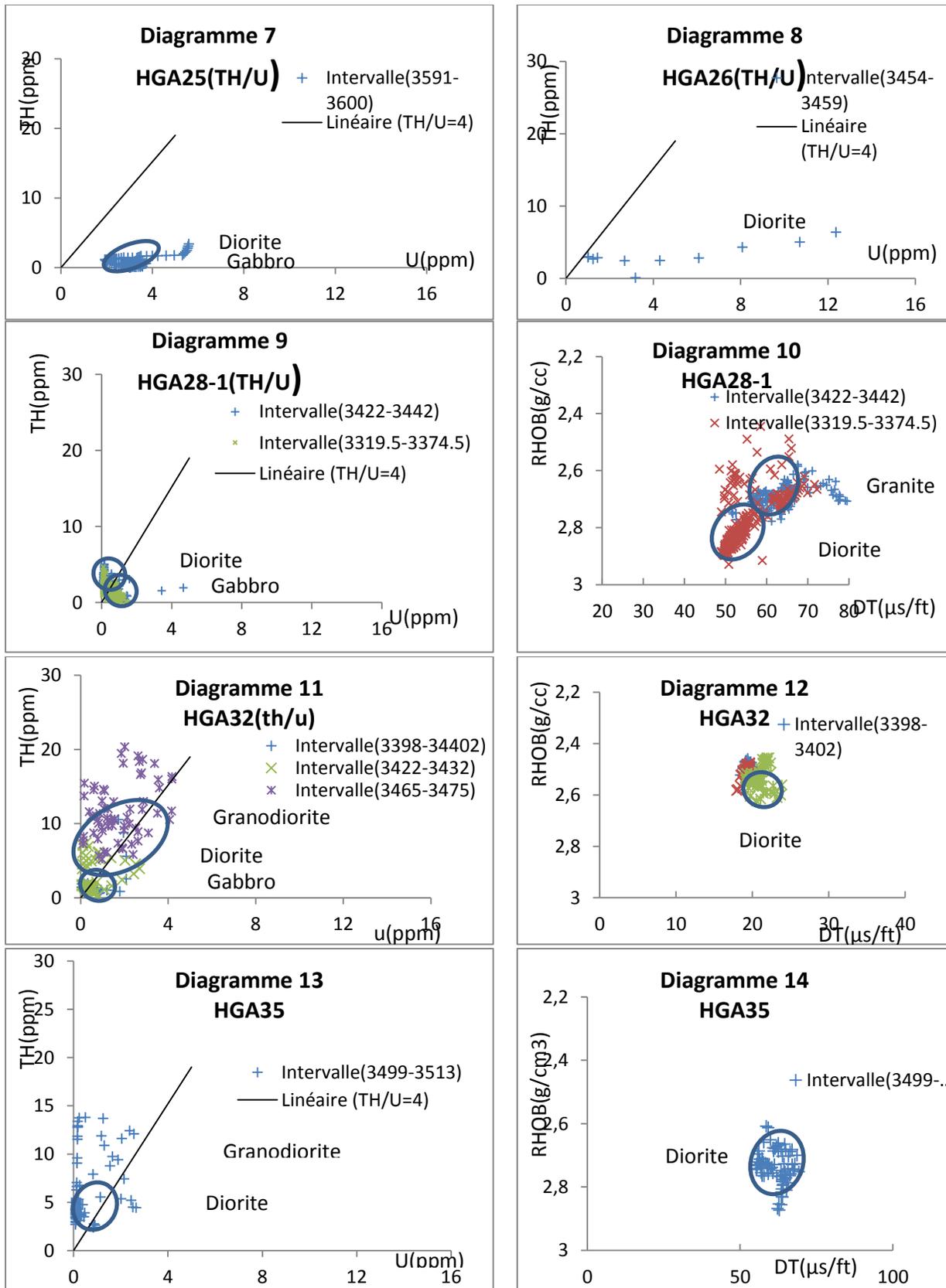


Figure III.4 ; Quelques diagrammes d'identification des roches ignées traversées par les forages HGA.

Légende

Diagramme 1 : Th-U pour l'intervalle intrusif dans le Ri du puits HGA19.

Diagramme 2 : Densité-sonique pour l'intervalle intrusif dans le Ri du puits HGA19

Diagramme 3 : Th-U pour l'intervalle intrusif dans le Ri du puits HGA20

Diagramme 4 : Densité-sonique pour l'intervalle intrusif dans le Ri du puits HGA20.

Diagramme 5 : Th-U pour l'intervalle intrusif dans le Ri du puits HGA21

Diagramme 6 : Densité-sonique pour l'intervalle intrusif dans le Ri du puits HGA21

Diagramme 7 : Th-U pour l'intervalle intrusif dans l'AEG du puits HGA25

Diagramme 8 : Th-U pour l'intervalle intrusif dans l'AEG du puits HGA26

Diagramme 9 : Th-U pour l'intervalle intrusif dans les Argiles d'El Gassi et Grés d'El Atchane du puits HGA28

Diagramme 10 : Densité-Sonique pour l'intervalle intrusif dans le les Argiles d'El Gassi et Grés d'El Atchane du puits HGA28.

Diagramme 11 : Th-U pour les intervalles intrusif dans les Argiles d'El Gassi et Grés d'El Atchane du puits HGA32.

Diagramme12 : densité-sonique pour les intervalles intrusif dans le les Argiles d'El Gassi et Grés d'El Atchane du puits HGA32.

Diagramme13 : Th-U pour les intervalles intrusif dans les Argiles d'El Gassi du puits HGA35.

Diagramme14 : Densité-Sonique pour l'intervalle de l'intrusif dans le les Argiles d'El Gassi du puits HGA35

III.3.1.3. Interprétation des «crossplots» Th-U et DT-Densité

D'après ces diagrammes Thorium vs Uranium toutes les roches rencontrées dans les différents puits et à des niveaux différents contiennent des taux d'Uranium et du Thorium faibles ce qui met ces roches dans la classe basique. Une bonne proportion des données indique la présence de roches de type Gabbro. Ces données se positionnent au voisinage de la droite $Th/U=4$. (Fig.III.4.Diagramme Th vs U, 1, 3, 5, 7, 8, 9, 11, et 13).

Par contre certaines données se situent à gauche de la droite témoignent d'une influence des conditions atmosphériques. (Fig.III.4.Diagramme Th vs U, 11 et 13 par exemple).

La réponse du sonique dans ces corps et la densité de la roche (Fig.III.4.Diagramme RHOB vs DT) donnent plus de précision pour l'identification du type de roche en question. On constate qu'une concentration de points se positionne dans la classe des Diorites. Cette position différente de celle des diagrammes Th vs U est due à l'influence des agents atmosphériques car nous sommes en face d'une roche effusive.

L'analyse de ces diagrammes montre que ces roches sont issues de même type de magma ayant une même nature chimique basique.

La plus part de ces concentrations des intervalles des données diagrammes Dt vs Densité indique que la majorité des roches est répartisse dans la classe du roche Diorites.

On note que l'andésite a la même composition chimique de la diorite car elle est le cas effusif de la diorite, et la seule différence c'est la texture.

III.3.2. Identification par analyse pétrographique

III.3.2.1. Description des carottes de forage :

Les services de sonatrach (division de production) ont aimablement mis à notre disposition les carottes de quelques forages ayant traversé les roches intrusives. Les illustrations qui suivent montrent la nature et la disposition de ces roches intrusives rencontré dans les carottes des différents puits (19, 20, 25....) et qui sont principalement représentée par des roches effusives de la classe des diorites (Andésites)

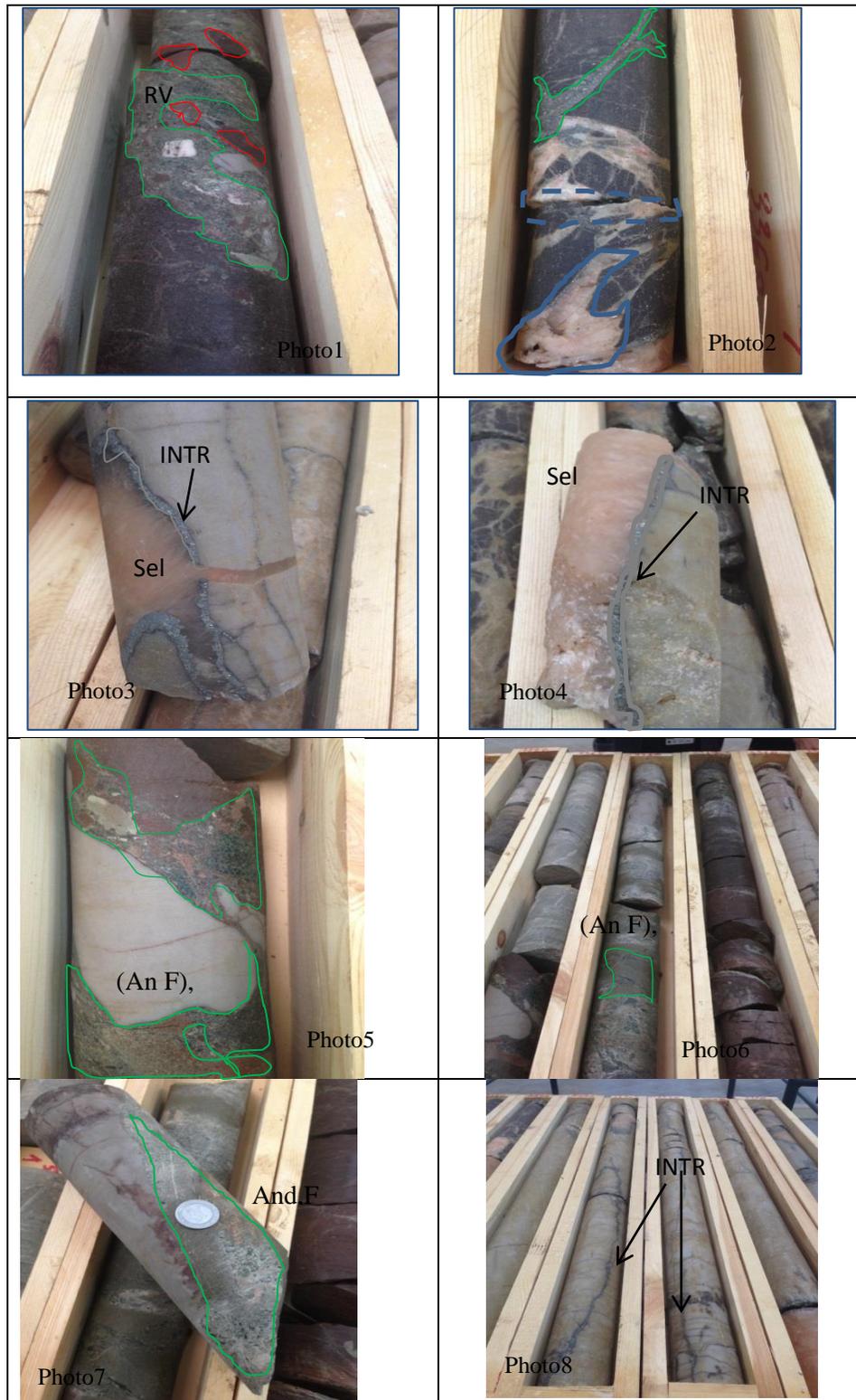


Figure III.5 : Quelques illustrations des carottes des différents forages de HGA.

Légende de la figure III.5

Photo 1 : HGA30 cote (3456-3459).

Roche volcanique (Rv) brun rouge ferrugineuse (couleur rouge) contenant des intercalations d'Andésite verte (couleur vert) et des inclusions gréseuses, des traces de sel aussi présence de nodules blancs.

Photo 2 : HGA19 cote de (3509-3534)

Fissurations horizontale et subverticale ouverte ou fermée remplie parfois par de la silice et d'autre fois par l'intrusif lui-même dans le réservoir.

Photo 3 et 4: HTF17 cote 3280

Intrusif gris, gris à vert, sombre, dure.

Contact du sel avec des grès gris clairs le contact est une fissure remplie par la roche intrusive.

Photo 5 et 6: HGA32 cote de 3488.30

Andésite franche (An F), gris-vert à verdâtre, devenant vert claire à la base.

Roche plus ou moins dure avec présence de fractures et fissuration horizontale et subverticale ouverte ou fermée remplie de silice.

Photo 7: HGA28 cote3313.5-3341.5m

Masse d'andésite franche gris verte à verdâtre, compacte et dure

Photo 8: HGA19 cote3509-3534

Intrusif gris vert, sombre, dur. À la base l'intrusif devient moins dure. L'intrusif est en forme des veinules qui peuvent atteindre des dizaines de mètres.

III.3.2.2. Analyse pétrographique :

L'analyse microscopique des lames minces des échantillons issus des roches intrusives recoupés par les forages (sonatrach, HGA) montre en effet qu'on est en présence de roches magmatiques à texture microlitique traduisent une cristallisation rapide en surface.

Sur le plan minéralogique, ces roches sont pauvres en silice (pas ou peu de quartz) montrant des phénocristaux d'amphiboles de type « hornblende verte » baignant dans une mésostase microlitique composée principalement de feldspath de type plagioclase (Fig. III. 6).

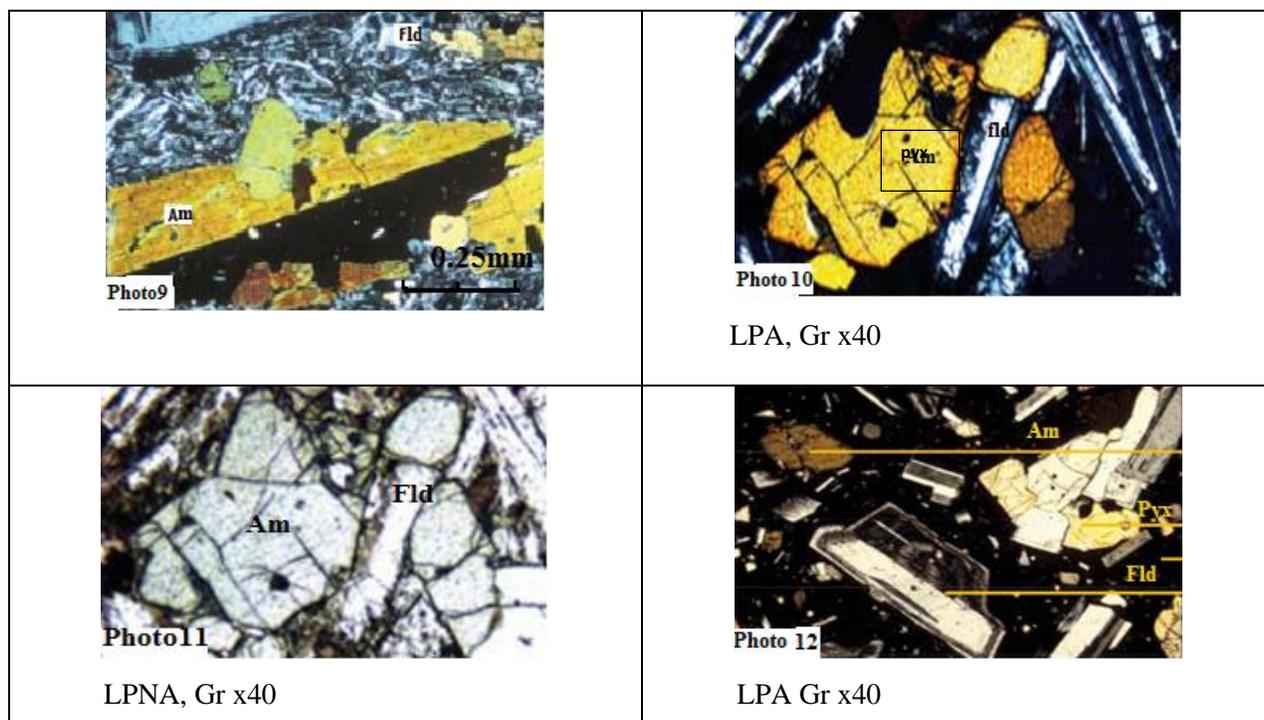


Fig.III.6 : Illustrations microscopiques, des principaux minéraux et textures des roches intrusives traversées par les forages du champ Hassi Guettar

Légende de Fig.III.6

Photo 9 : Cristaux d'amphibole (Am) ou olivine baignant dans une mésostase microlitique constituée de feldspath (Fld) du type plagioclase (LPA).

Photo 10 et 11 : Cristaux de plagioclase à macle polysynthétique et cristal d'amphibole ou olivine et pyroxène (Photo 10 LPA, photo 11 en LPNA, grossissement x40).

Photo 12 : Andésite constituée principalement de feldspath (plagioclase), amphiboles ou olivine et pyroxène (LPA, grossissement x40).

L'ensemble de ces caractères (texture et composition minéralogique) indique qu'on est en présence de roches de type Andésite.

La texture de la roche montre bien que le refroidissement était très rapide. Il y a une grande contradiction si on parle d'intrusion d'andésite ; alors que dans la classification des roches éruptive, d'après Streckeisen, in Aouimer, 2004), l'Andésite est le cas effusif (volcanique) d'une diorite qui est une roche intrusive.

Rappelons que la Diorite a une texture grenue et témoigne d'un refroidissement très lent (intrusion en profondeur), la microdiorite ayant une texture microgrenue témoigne d'un refroidissement lent du magma (intrusion en semi profondeur), et l'andésite avec une texture microlithique témoigne d'un refroidissement rapide (épanchement en surface).

Il n'est donc pas juste de dire que l'intercalation des roches volcanique dans le Ri de Hassi Guettar sont des intrusions mises en place après le dépôt des formations sédimentaires (paléozoïques) en pénétrant à l'intérieur de la même couche sédimentaire (Ri et argile d'el Gassi), et séparant les deux parties inférieure et supérieure sans aucun effet au niveau des contacts.

Vue la basicité de cette roche, illustrée par les « crossplots » de la figure III.4 et sa texture fine microlithique et vitreuse, et d'après l'étude pétrographique sur lame mince cette roche est une andésite qui s'est mise en place dans un contexte volcano-sédimentaire.

On trouve aussi d'après les résultats obtenues d'autres types de roche magmatique dans la région d'étude mais la majorité des roches qui souvent existent dans le champ Hassi Guettar sont de type andésites.

III.3.3. Identification des horizons éruptifs par diagraphies combinées

L'étude faite pour l'identification du type de roche éruptive a donné une idée sur le mode de mise en place des corps intrusifs dans la région de Hassi Guettar.

Les diagrammes (Th vs U) ont montré parfois des concentrations à gauche de la droite **Th/U=4** (**Th/U>4**) qui témoigne est d'une influence des conditions atmosphériques tels que la circulation des eaux superficielles et le lessivage partiel des éléments radioactifs en particulier l'Uranium.

Pour confirmer cette idée, nous avons utilisés la méthode d'analyse des diagraphies combinées (GR, sonique, densité et porosité).

III.3.3.1. Notions sur les différents outils diagraphiques utilisés:

Les diagraphies font un usage intensif de la mesure de la radioactivité dans les forages. Les logs nucléaires et électriques ont en effet un grand avantage, ils peuvent être enregistrés en trous ouverts ou tubés, vides ou remplis de n'importe quel type de fluide. Les plus couramment utilisés sont : le gamma ray, qui est une mesure de la radioactivité naturelle, le log gamma-gamma ou log densité et le log neutron- neutron qui sont des mesures de radioactivité provoquée.

3.1. i. Le Gamma Ray (GR: g API) :

Le gamma ray permet de mesurer la radioactivité naturelle des roches au cours du forage. Son principe consiste à descendre dans le forage une sonde mesurant la radioactivité naturelle existant dans certaines roches. Cet enregistrement apporte des informations lithologiques. Il met bien en évidence les charbons, comme les niveaux d'argiles (radioactivité élevée) qui constituent souvent les limites des réservoirs dans le sous-sol. D'autre part, le log gamma ray permet d'estimer le pourcentage d'argile dans les formations sableuses. (La courbe noire dans la colonne 1, Fig.III.7. et Fig. III. 8).

3.1. ii. Le Log Neutron (NHPI ; m³/m³) :

Diagraphie de radioactivité provoquée qui fournit, après calibration, un indice d'hydrogène qui peut être directement relié à la porosité. Il nous permet de faire un découpage lithologique très précis. (Courbe noire discontinue da la colonne 3 de la figure III.8).

3.1. iii. Le Log Densité:

Aussi appelé Gamma-Gamma, c'est une diagraphie de radioactivité provoquée qui fournit après calibration la densité de la formation en (g/cm³). Il nous permet de faire un découpage lithologique très précis. (La courbe vert turquoise dans la colonne 4, Fig.III.8)

3.1. iv. Le Caliper : (CAL ;(inch))

C'est un outil utilisé au cours du forage, il permet de mesurer le diamètre du trou de forage. Avec cet enregistrement on peut détecter une faille si le diamètre du trou est différent à celui que nous avons prévu. (Courbe en points tillés rouge, la colonne 1, Fig.III.8)

3.1. v. Le Log Sonique : (DT)

Il est appelé aussi acoustique, c'est l'enregistrement du caractère des ondes sonores qui sont transmises à travers la formation. Un enregistrement du temps de transit entre les deux récepteurs, en micro sec/pieds, est appelé log de lenteur. Lorsque l'on enregistre tout le train d'ondes à chaque récepteur, on parle alors d'acoustique (Fig.III.4).

3.1. vi. La Résistivité :

C'est la Capacité d'un matériel à s'opposer au passage du courant électrique, exprimée en ohm.m, inverse de la conductibilité exprimée en mho/m. Cet enregistrement permet de détecter l'accumulation d'huile et la présence d'une faille si on reçoit une contradiction sur une même zone traversée (Colonne 2, courbe verte, Fig. III.8).

Pour l'estimation de la porosité utile des réservoirs, on distingue trois outils a principes de fonctionnement distincts:

- Le neutron.
- Le sonique.
- La densité

Pour cela et selon les données disponibles, nous allons interpréter les graphes qui montrent les caractéristiques diagraphiques des intervalles intrusifs et leurs encaissants dans les puits suivants HGA19, HGA20, HGA21, HGA25, HGA26, HGA28, HGA31, HGA32, HGA35.

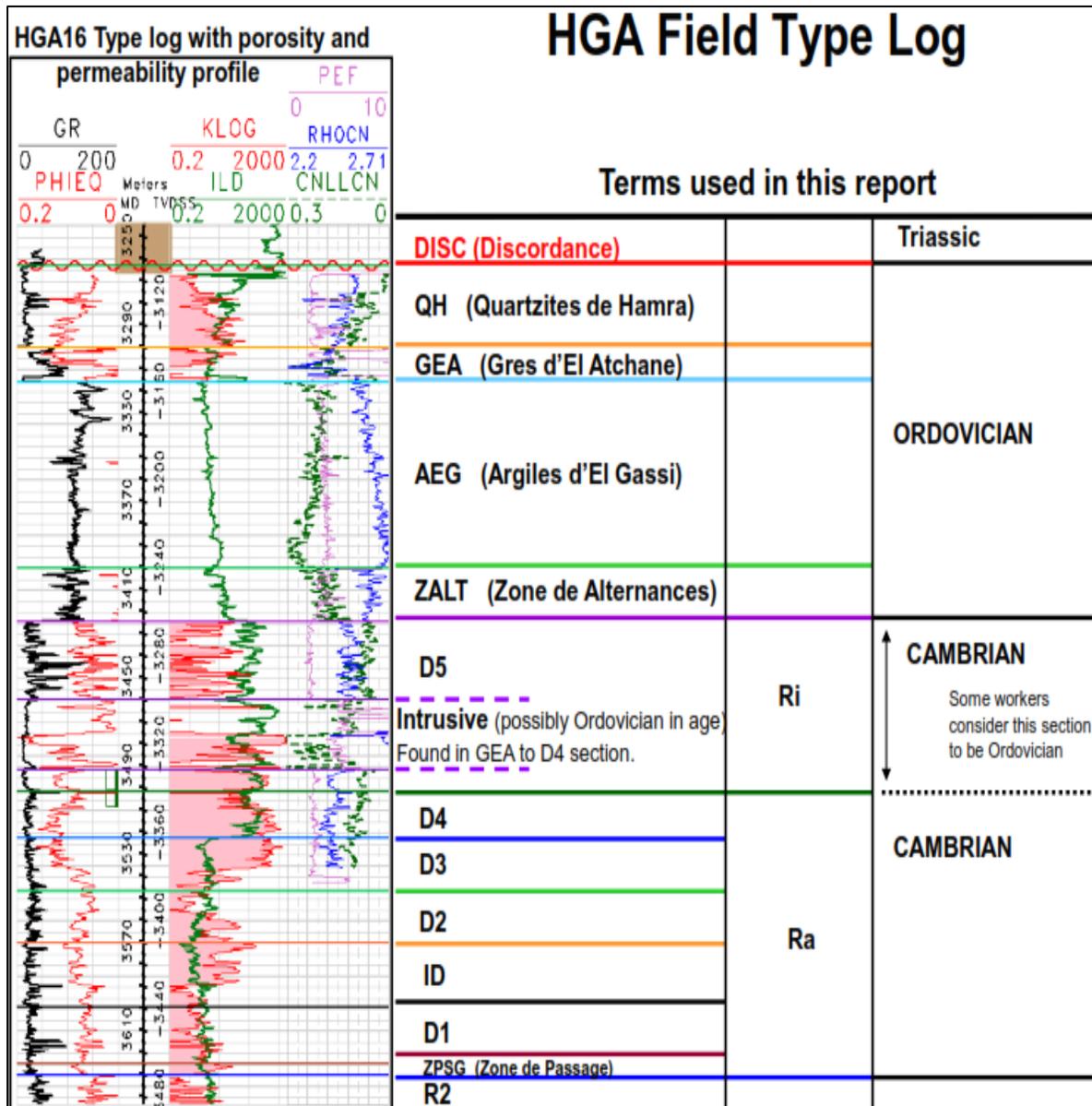


Figure III. 7 : Modèle type du log appliqué sur le champ de HGA (Rapport interne Sonatrach, 2012 inédit)

Ce modèle type contient tous les termes utilisés dans les graphes qui montrent les caractéristiques diagraphiques des intervalles intrusifs et leurs encaissants, et les subdivisions des différentes formations dans les puits des forages étudiés.

HGA19

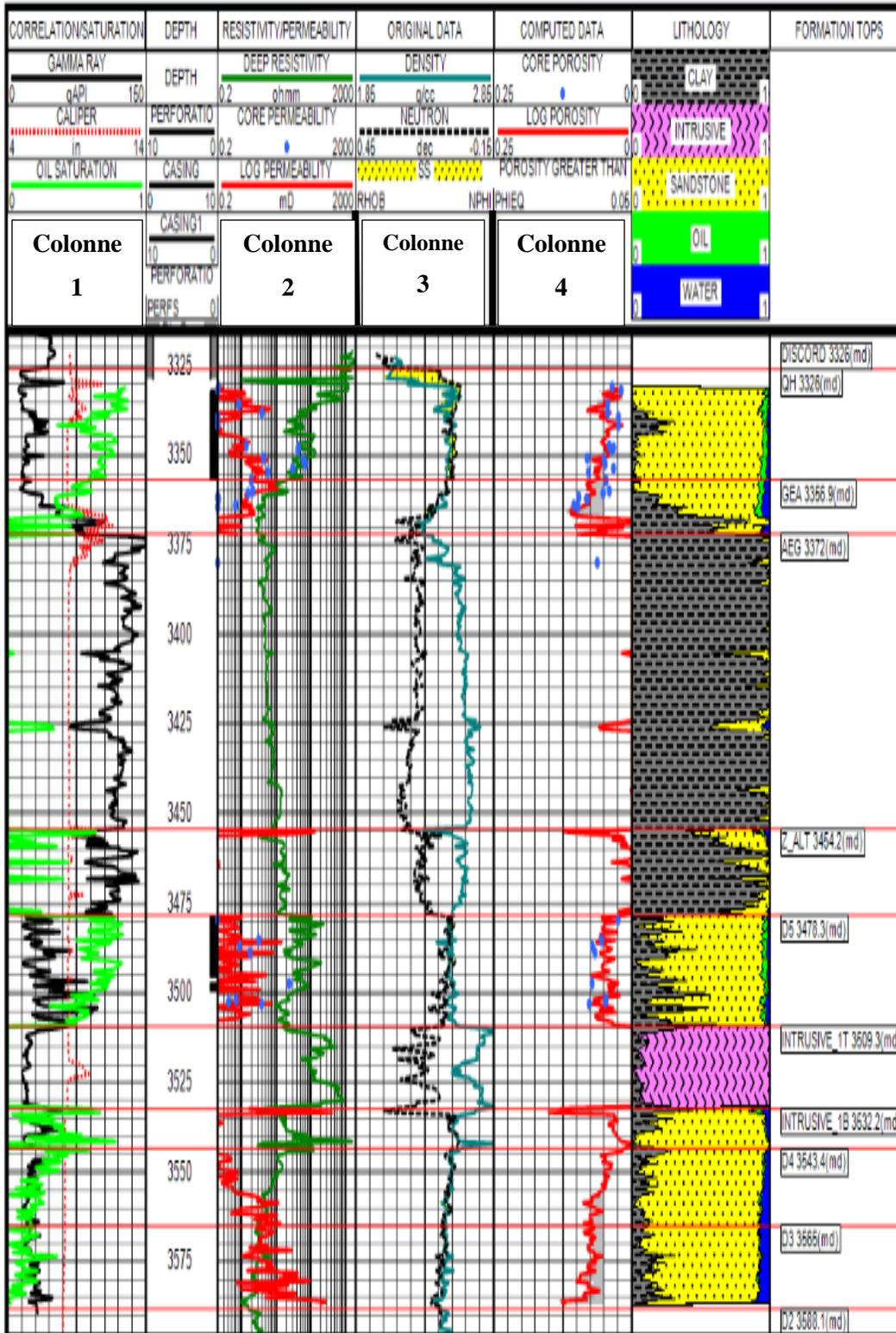


Fig.III.8: Caractéristiques diagaphiques de l'éruptif dans le Ri (D5-D3) du puits HGA19. Rapport interne Sonatrach, 2012 inédit)

III.3.3.2. Interprétation des logs diagraphiques :

A partir de ces graphes (Annexes) nous constatons que l'intervalle intrusif est facilement détecté grâce à ces caractéristiques diagraphiques qui sont différentes de celles des roches encaissantes (grés ou argiles). Cette différence est nettement visible dans la réponse du GR, dont les valeurs chutent au minimum. (À proximité de 15 Gapi dans le puits 19 à la profondeur 3525 m par exemple). La forme de la courbe du GR dans ces intervalles montre une certaine homogénéité par rapport à d'autres faciès comme la présence de quelques passées argileuse dans les grés ou quelques petits banc gréseux dans les argiles (Fig. III. 8).

Parfois la confusion se fait avec quelques rares intervalles gréseux propres (Ex: dans le puits HGA32 ; annexes, Fig.III.12).

Mais l'observation des courbes des autres paramètres diagraphiques élimine toute confusion possible.

Autre paramètre pour détecter l'intrusif

- La vitesse du son dans l'intervalle intrusif est nettement supérieure, car la valeur de DT atteint son minimum dans ces intervalles. Elle est de 50 $\mu\text{s}/\text{ft}$ en moyenne dans l'éruptif, de 60 $\mu\text{s}/\text{ft}$ dans les grés et une de 70 $\mu\text{s}/\text{ft}$ dans les argiles. (Diagrammes Densité vs DT, Fig.III.4)
- La densité aussi marque cette différence car il est bien connu que les roches ignées sont plus denses que les roches sédimentaires. Cette densité est variable dans ces intervalles éruptifs, mais c'est là où elle atteint son maximum ($DT > 2,8$). (colonne 3 courbe verte, Fig.III.8)
- La porosité dans les corps intrusifs est aussi très variable par rapport à celle dans les roches encaissantes où elle est relativement stable. Elle atteint parfois les 30%. Cette porosité est supposée due à la fragmentation de la roche lors de son refroidissement rapide.

En suivant les courbes diagraphiques tels que : le sonique, le Gamma ray, le Neutron et la Densité nous constatons que ces corps intrusifs n'ont aucun effet sur les caractéristiques de l'encaissant aux niveaux des épontes que ça soit les grés du cambrien Ri ou les argiles d'el Gassi de l'ordovicien. Car dès la sortie de l'intervalle intrusif les courbes retournent aux valeurs normales sans aucun terme de passage.

III.4. Conclusion :

La mise en place des roches volcaniques du champ HGA est synsedimentaire, elle est continue de la phase distensive du Cambro-Ordovicien.

Cependant l'analyse diagraphique et l'examen des carottes nous ont permis d'identifier plusieurs types des roches magmatiques, parmi ces derniers deux types de roches effusives essentielles:

- Des diorites : Ces roches ont été probablement conservées suite à la mise en place lente à l'intérieur des couches sédimentaires non encore consolidées.
- Des andésites qui ont cristallisés en surface et ont été exposées aux conditions atmosphériques.

D'après ces analyses et ces interprétations, la conclusion qui peut être tirée est que ces corps intrusifs se sont rapidement refroidis, donc nous sommes en présence de coulées volcaniques qui auraient atteint la surface durant la période de dépôt du Ri et des argiles d'el Gassi (volcanisme synsédimentaire).

Chapitre IV

Géométrie des corps intrusifs
et relation avec les roches
encaissantes

IV. Géométrie des corps magmatiques et relation avec les roches encaissantes :

IV. 1. Introduction :

Parce que HGA est localisé sur le flanc du sud du Hassi Messaoud s'élèvent la section Cambro-Ordovicien est moins affectée par la discordance Hercynien et est plus complète. Comme indiqué sur la figure (Fig. IV.1), près de HGA la discordance est placée au sommet du quartzite d'El Hamra (QH). Le Grés d'El Atchane (GEA), Argile d'El Gassi et la zone des Alternances (Z. Alt) est à la base du QH.

Les formations productrices classiques sont des réservoirs principaux d'huile (R_2 , R_i et R_a) au champ de HGA ils sont rassemblés dans le Cambrien.

Les intrusives du trias sont présents à HGA et peut-être trouvé à presque n'importe quel niveau dans la susdite section stratigraphique notée. La présence d'intrusives fait le rondin typique de la corrélation stratigraphique plus complexe

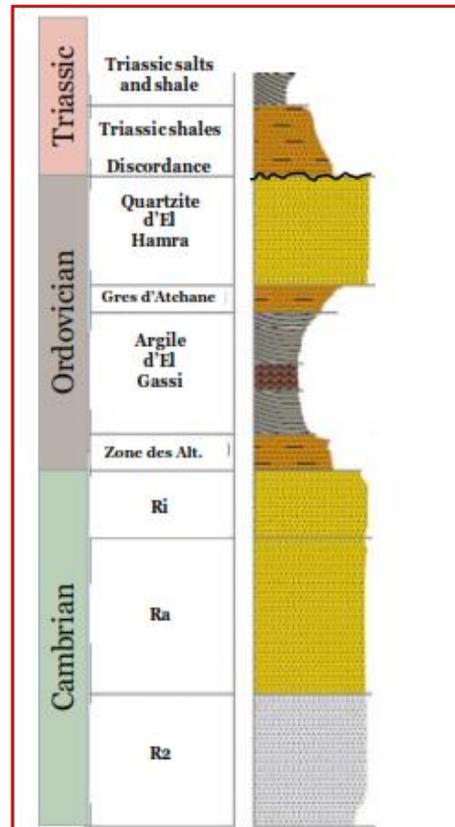


Fig. IV.1 : Colonne stratigraphique appropriée pour la région HGA (Kennedy et al, 2009)

L'analyse et l'interprétation des données géologiques sur la région de HGA sont nécessaires à la reconstitution de l'évolution structurale. Cette analyse comporte une approche de surface et une approche de subsurface afin de retrouver l'agencement des différentes couches en profondeur, déterminer leurs natures, leurs contenus, et retracer l'histoire géologique.

IV. 2. Méthodologie :

L'analyse des différentes cartes isobathes pour localiser les principaux accidents tectoniques ou bien les zones hautement fracturées, ces différentes cartes sont obtenues en utilisant le logiciel

PETREL (Sonatrach & Schlumberger), qui fournit également des représentations 3D des roches intrusives et leurs encaissants.

IV.3. Rôle des deux failles dans la répartition des intrusives

Beaucoup d'études sismiques ont été faites sur le domaine incluant des analyses 2D et 3D. L'étude actuelle a commencé par une revue des fractures identifiées dans des analyses sismiques antérieures. D'abord, nous avons observé qu'il y avait peu de cohérence en ce qui concerne les fractures identifiées sur des interprétations en 2D (la Figure (IV.2)).

Le nouveau modèle de fractures consiste en seulement deux failles principales qui sont identifiées comme la faille 1 et 2 sur la figure (IV. 3).

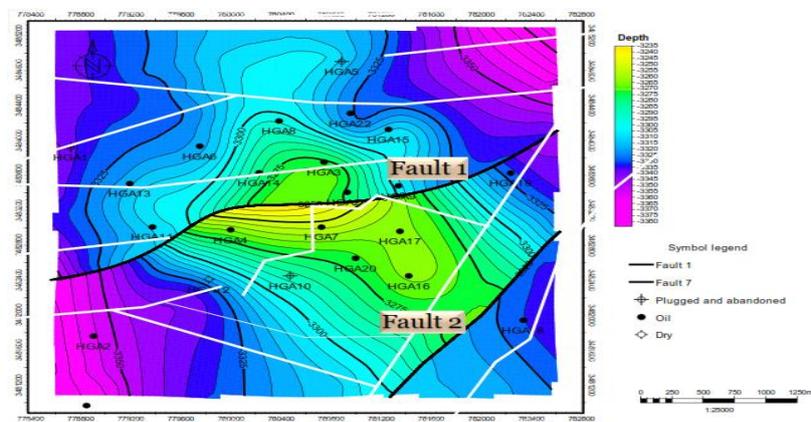


Figure : IV.2 : Localisation des accidents tectoniques 2d (lignes blanches) en surimpression sur la structure et l'interprétation principaux failles F1 F2.

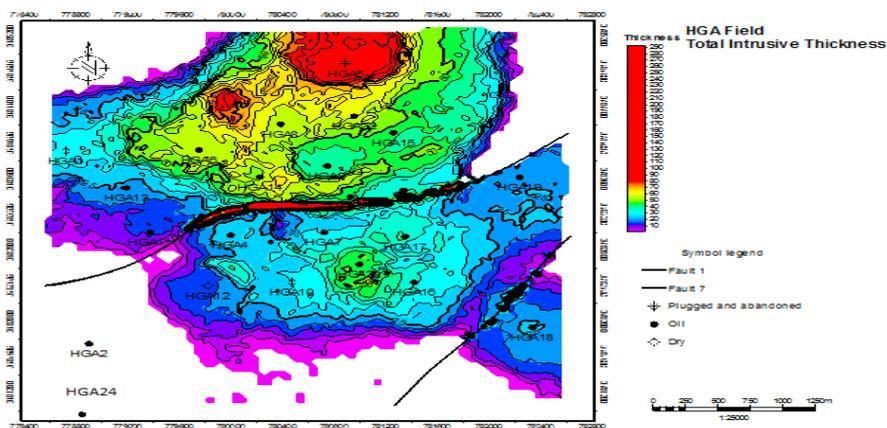


Figure : IV.3 : Localisation des principaux accidents tectoniques (Faille 1 et 2) par l'interprétation sismique 2D

L'injection des intrusives dans des certains horizons stratigraphiques crée en réalité une grande partie de la structure associée au structure anticline de champ de HGA.

De plus, l'injection des intrusives près et le long des zones de faiblesse de fracture a en réalité créé "le déplacement" irrégulier le long "de lignes de faille".

IV.4. Distribution des intrusions

IV.4.1. Introduction :

Les nombreux forages implantés dans le secteur SW du champ de Hassi Messaoud et plus particulièrement dans le champ Hassi Guettar, ont prouvés l'existence des corps intrusifs dans le réservoir cambrien Ra et plus fréquemment dans le AEG Ri (Drain D5) et GEA.

Ces roches intrusives, peuvent être classées en trois catégories principales :

IV.4.1.1. Les laccolites : Ils sont caractérisés par leur forme et leur extension limitée. Ils se présentent sous forme de masses lenticulaires d'une grande amplitude verticale injectées entre les couches et qui soulèvent les terrains sus-jacents en formant à leurs surfaces un dôme d'intumescence avec une importante érosion à leurs sommets.

IV.4.1.2. Les sills (filons couchés) : correspondent à des masses magmatiques plates se formant dans des conditions de semi-profondeur. Leur mise en place s'effectue par l'infiltration du magma entre des couches, notamment dans les niveaux les plus siliceux ou argileux.

L'épaisseur des sills varie du mètre à la dizaine de mètre et la longueur peut atteindre plusieurs kilomètres.

IV.4.1.3. Les dykes : ce sont des intrusions qui recoupent les structures de l'encaissant transversalement par rapport au couches sédimentaires, la largeur des dykes les plus fines peut atteindre plusieurs centimètres, ils sont préférentiellement associés au failles. Le cas plus fréquent dans les formations de HGA

IV.4.2. Analyses des roches intrusives et des faciès

Comme illustré dans la carte sur la Figure(IV.4), beaucoup de puits situés au nord de Faille 1 ont traversés des roches intrusives substantielles dans l'AEG et aucunes roches intrusives dans le Cambrien (Figure. IV. 5). Au sud de Commettez des faille 1, l'intrusive est seulement observé dans le Cambrien Ri et pas dans l'AEG.

Au sud de la faille 2, les roches intrusives sont présentes dans le Cambrien Ra et elles sont absentes au niveau des limites de ce réservoir.

On retrouve ces roches intrusives dans l'AEG et dans le Ri.

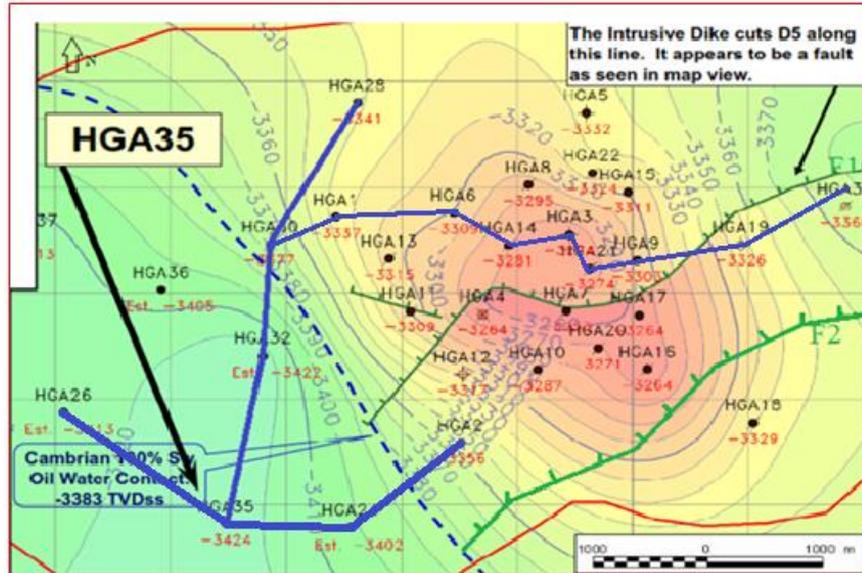


Figure IV.4 : Carte isopâques montrant le « top » de la structure D5 de réservoir Ri (SH/DEP, modifié)

Dans le champ HGA les strates ordoviciennes et cambriennes sont plissées dans un anticlinal qui a été par la suite coupé par des intrusions et des failles.

Les figures (IV.4 et 5) montrent les principaux paramètres (failles, propriétés pétrophysiques, puits...etc.) relatifs au niveau D5 du réservoir du cambrien supérieur. Ce réservoir est composé de plusieurs drains incluant D5 (Ri la section) (D5 Basal est le particulièrement bon réservoir).

Les figures (IV.5, 6 et 7) montrent le modèle de facies et la distribution des intrusions dans les différentes sections N-S. Ce graphisme illustre une coulée volcanique généralement injectée et pénètre dans la zone d'étude sous la forme de dykes au nord au niveau de l'AEG. Ces corps intrusifs ont été surtout détournés vers le bas au niveau de Ri en croisement avec les failles, quoiqu'une quantité plus petite a été déplacée vers le haut vers le niveau de QH. La même coulée volcanique a progressé vers le sud dans le Ri jusqu'à la rencontre de la faille2 où elle est de nouveau descendu au niveau de Ra. (Figure IV. 6).

Par exemple la section N-S (FigureIV.5) montre que HGA35 est dans une position structurale très basse sur le flanc SW du champ HGA. Il traverse le dyke qui est sous la crête du structure anticlinale de HGA (le QH est épais de 85.4m dans HGA35).

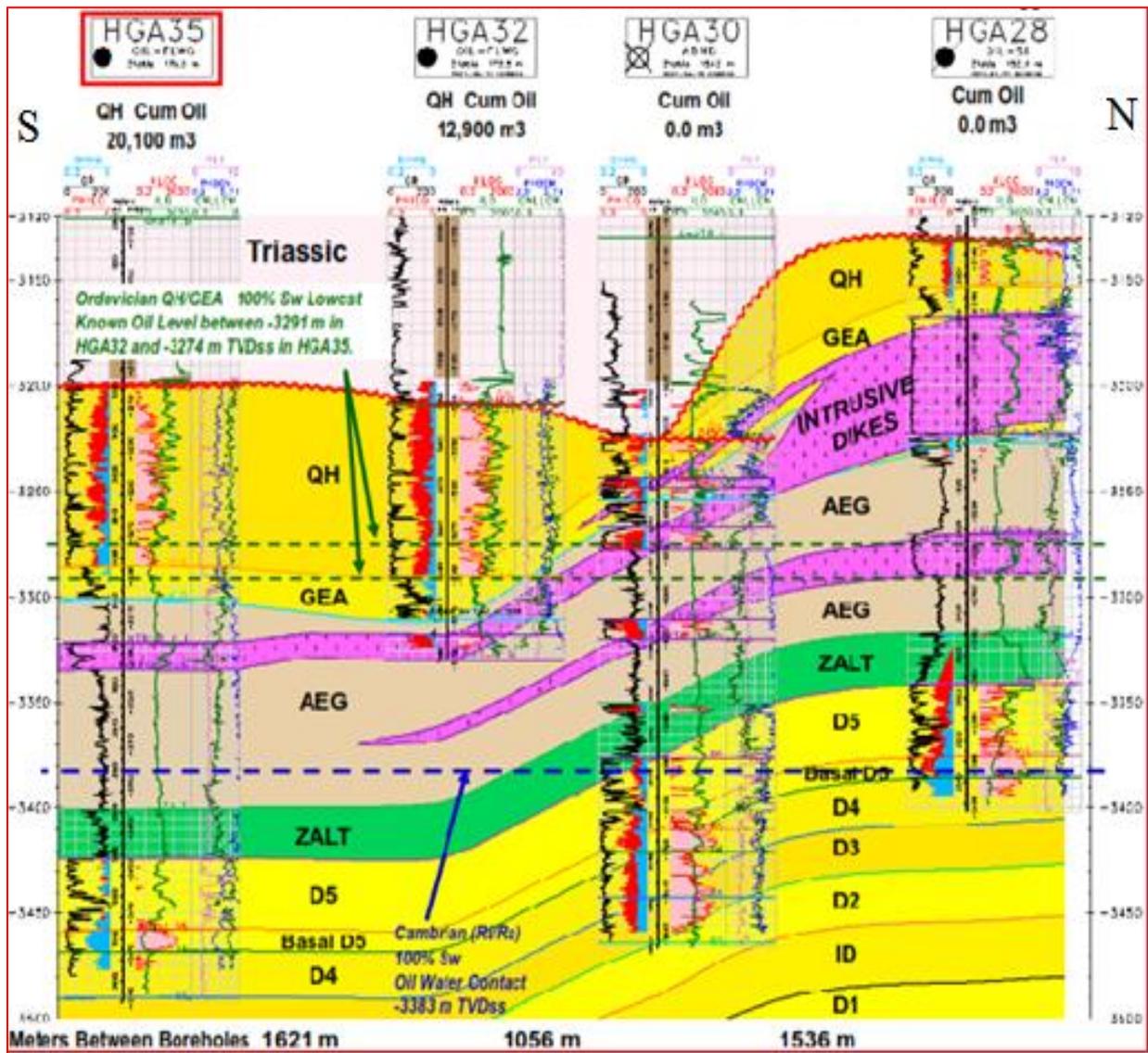


Figure IV.5 : Section transversale S-N dans la partie S-W du champ HGA pour localiser la position de forage HGA35 par rapport aux des intrusions (SH/DEP, 2012 inédit)

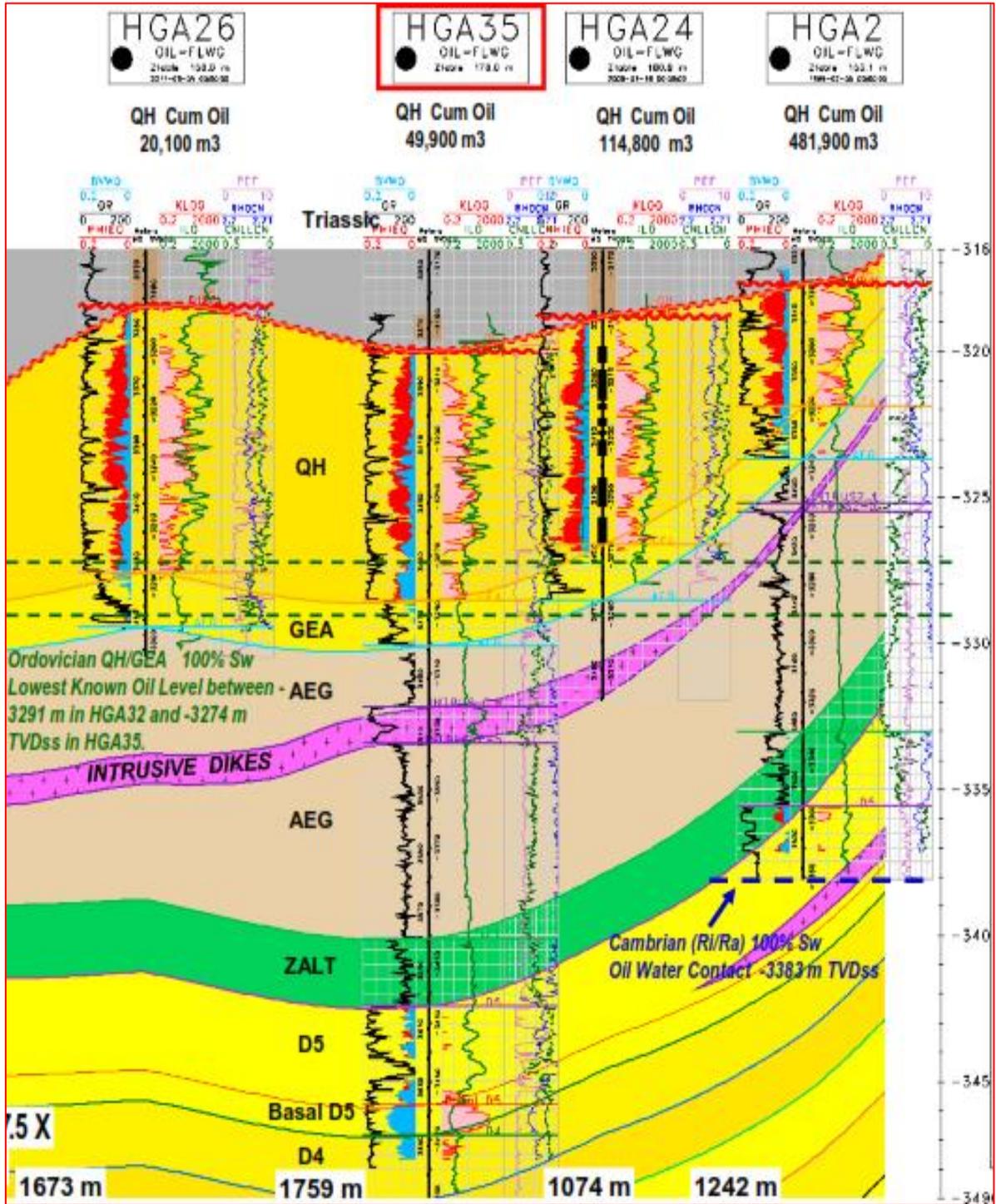


Figure IV.6 : Section W-E du champ HGA (SH/DEP, 2012 inédit).

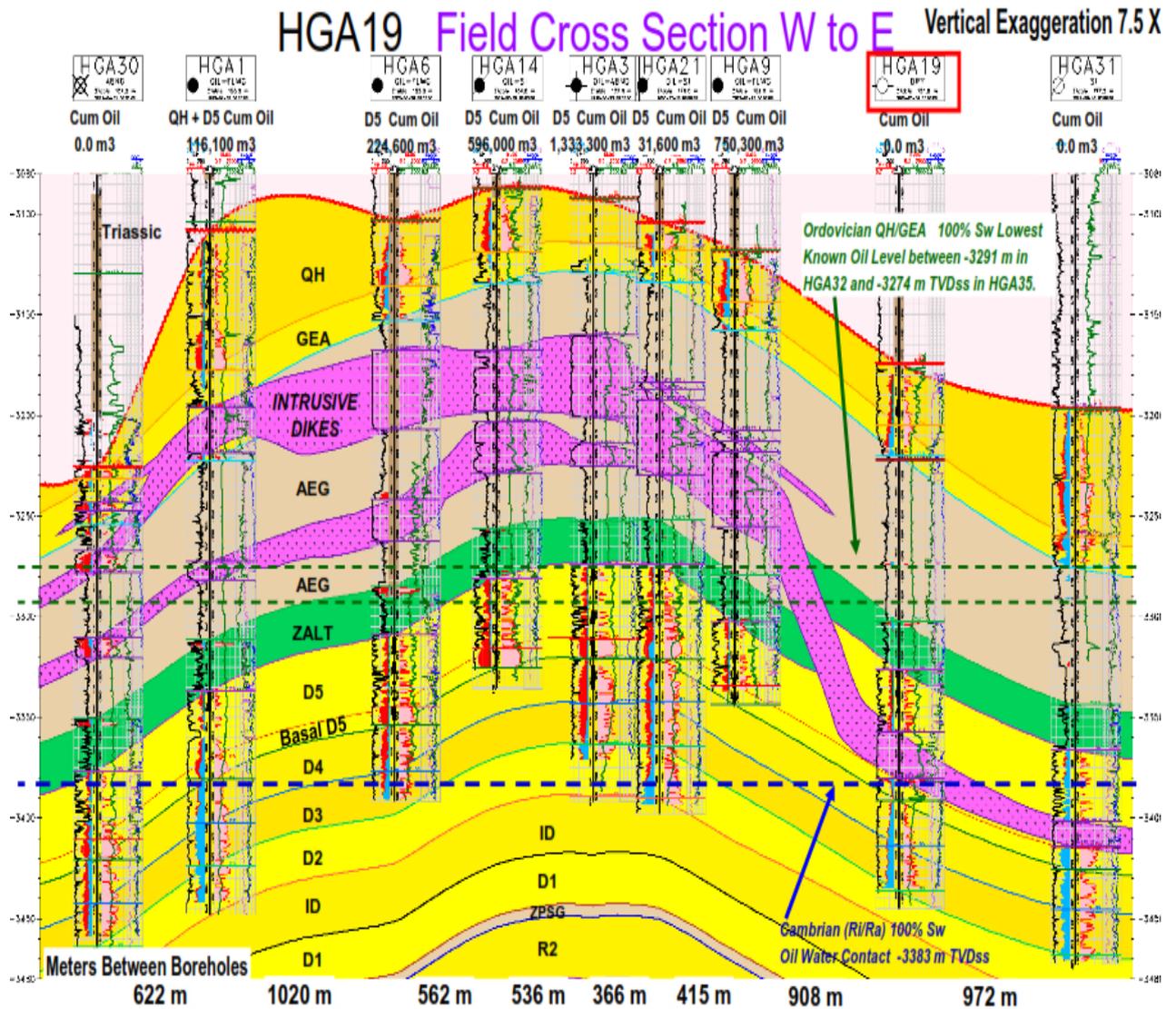


Figure IV.7 : Section transversale W-E champ HGA (SH/DEP, 2012 inédit).

Cette section présente une structure de forme anticlinale ainsi que les dykes des intrusions, ils ont été placés dans l'ordovicien (AEG) qui sont prolongés vers l'Est dans la même formation jusqu'au centre de la section au voisin du puits 21 où les deux dykes fusionnent dans un seul dyke qui a pénétré à son tour dans le Cambrien cette fois au niveau de D5 à travers la première faille (F1).

IV.4.3. Distribution et modèle géologique de l'intrusif en 3D

Plusieurs facies ont été extrapolés dans le cube géocellulaire par la simulation utilisant alors une procédure pour identifier le facies le plus probable de réalisations multiples. On montre des figures en 3D pour toutes les formations et une tranche par la grille (le réseau), les facies sont présents sur la figure (IV.8).

La figure (IV.8) montrent le modèle de facies et la distribution des intrusifs dans la 3D. Ce graphisme illustre une lentille des intrusions qui a pénétré dans la zone d'étude au nord au niveau de l'AEG. Ce corps intrusif a été surtout détourné vers le bas au niveau de Ri croisement de la faille 1, quoiqu'une quantité plus petite a été déplacée vers le haut vers le niveau de QH.

Le même corps a progressé vers le sud dans le Ri jusqu'à la rencontre de la Faille 2 où il est de nouveau descendu au niveau de Ra. Le modèle global pour le corps intrusif est une sorte "du pats d'escalier" vers le bas vers le sud à travers des frontières "de Faille2.

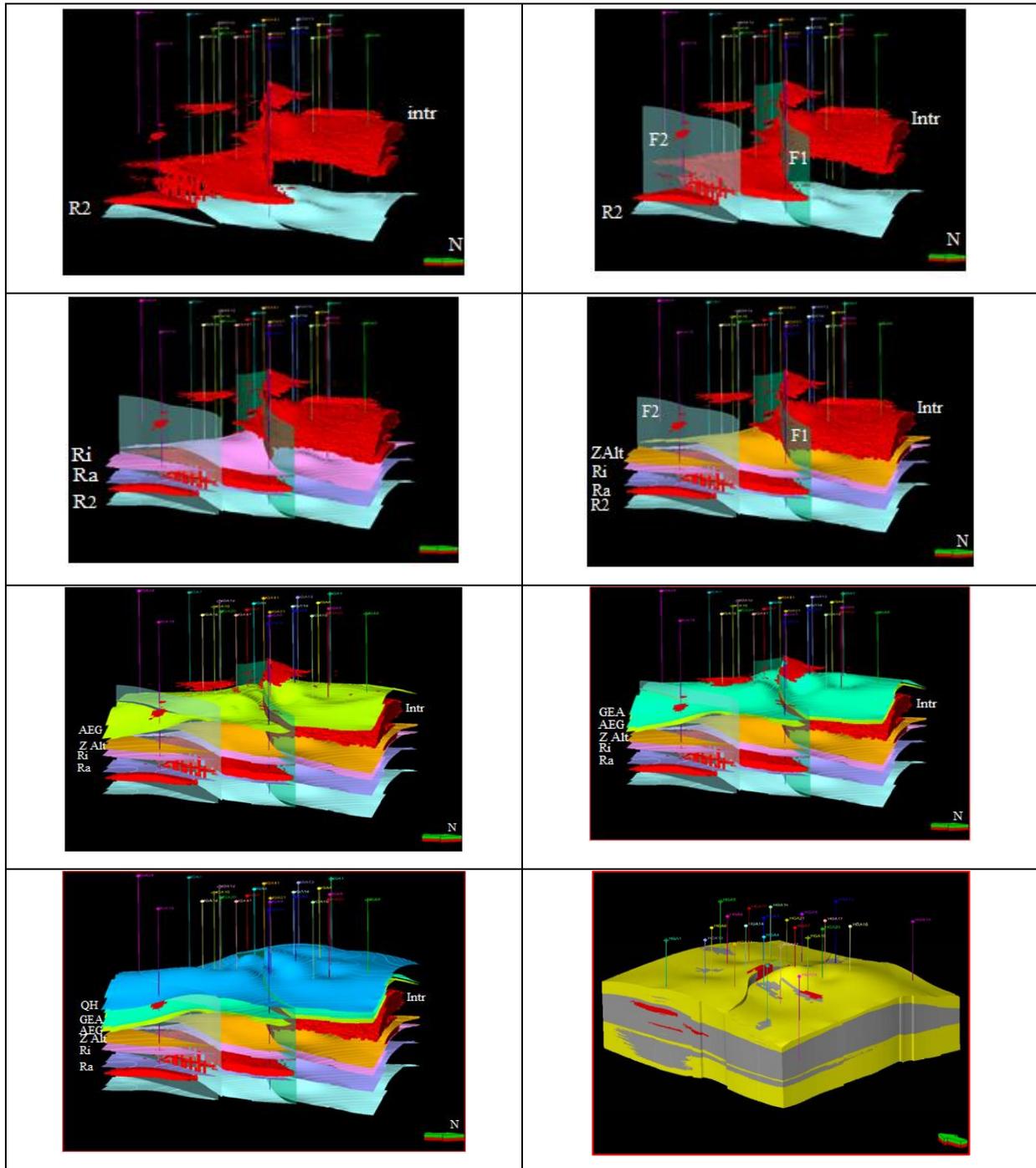


Figure. IV.8 : Géométrie du corps intrusif essentiel et différentes étapes de mise en place dans les formations encaissant du champ Hassi Guettar

Le déplacement du corps intrusif observé à travers les deux failles ne pouvaient pas résulter du mouvement des failles après l'arrivée du corps igné.

IV.5. Développement conceptuel structural et mode de mise en place:

Géométrie des corps intrusifs :

En se basant sur l'observation directe des carottes ainsi que sur l'interprétation des logs diagraphiques réalisées dans la région nous avons constaté que la plus part des corps intrusifs présente les formes suivantes :

- **Les dykes** : d'épaisseur variable de 5 à 20 m sécants sur la stratification.
- **Des enclaves isolés** : d'ordre métrique à pluri métrique peu épais.
- **Formes quelconques** : épanchement de surface (volcano-sédimentaires).

Conclusion :

La structuration géodynamique du Sahara algérien en générale et de la province triasique en particulier, lieu de notre étude, est le résultat d'une géotectonique globale liée à la formation des bassins sédimentaires en régime distensifs et leur comblement en sédiment variés et leur structuration tectonique en régime compressif. Cette histoire longue et mouvementée obéissait à une chronologie des évènements rigoureuse.

En effet le régime distensif a permis à la région l'installation de bassins sédimentaires plus ou moins importants d'orientation sub-méridienne séparés par des hauts fonds. Les failles normales responsables de cette configuration permettent au magma intrusif d'injectée le long des fractures. On parle de rifting continental. S'ensuit la phase de comblement des bassins, la subsidence tectonique, la maturation de la matière organique post diagenèse et éventuellement la migration primaire des fluides HC de la roche mère vers les roches réservoirs limitrophes selon le gradient de pression hydrodynamique.

Durant l'inversion tectonique globale, notre région a reçu les coups tectoniques des rapprochements saccadés Afrique-Europe polyphasés. Cette dynamique a engendré la mise en place de structures géologiques compressives hautes favorisant de ce faite la mobilisation des fluides des parties basses des bassins vers les zones hautes ainsi créées : en parle de migration secondaire et piégeage des fluides HC.

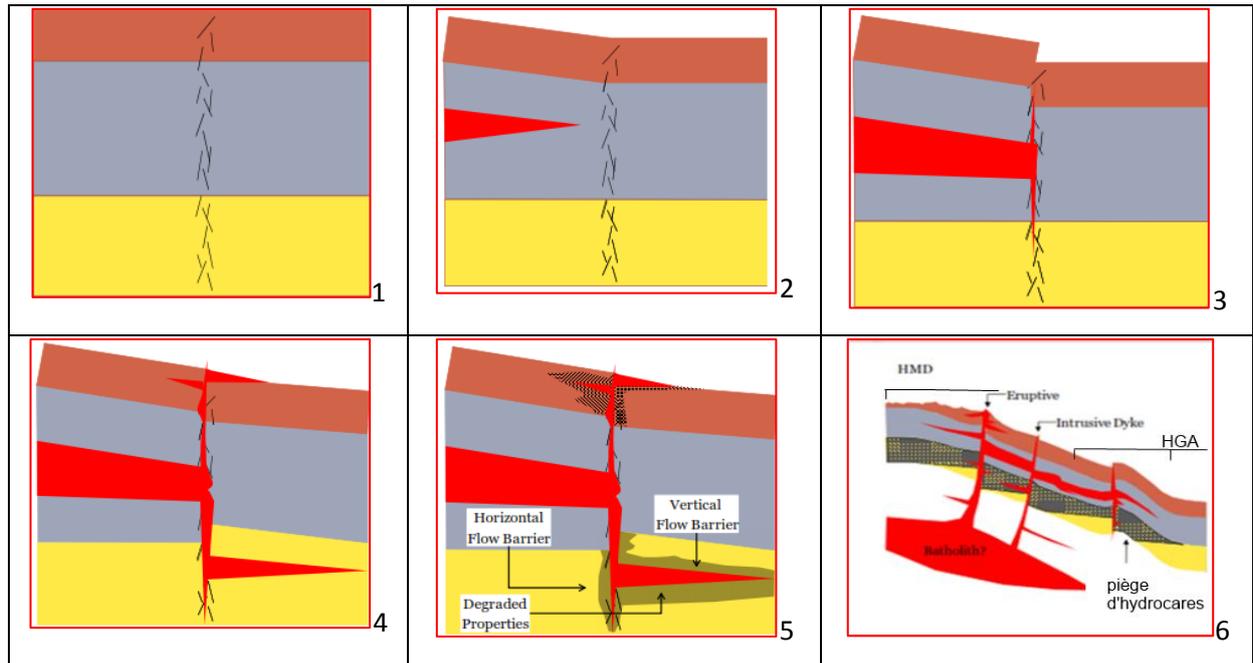


Figure. IV. 9 : Les différentes étapes de mise en place des roches intrusives dans l'enceaissant et relation avec les pièges d'hydrocarbures.

Légende

- 1..... Profil illustré de la zone HGA avec une fracture linéaire et aucun déplacement.
- 2..... L'engagement de l'intrusif du nord et soulevant strates sous-jacents.
- 3..... Le premier contact de l'intrusif avec la faille 1.
- 4Détournement de l'intrusif vers le Ri et son déplacement vertical et horizontal.
- 5.... l'impact de l'intrusif sur l'enceaissant
- 6Rôle de l'intrusif pour le piégeage d'hydrocarbures (Kennedy et al. 2009)

- Réservoir (Ri)
- Argiles d'El Gassi
- Grés d'El Atchane.

Chapitre V

Effets de l'intrusif sur le
réservoir

V. Effets de l'intrusif sur le réservoir

V.1. Introduction :

Toutes les masses intrusives exercent des actions sur les roches avoisinantes et qui portent le nom générique de métamorphisme de contact. Mais les roches volcaniques ou les coulées volcaniques n'ont pas le temps insuffisant pour créer des transformations des roches encaissantes. Telles peuvent seulement affecter quelques caractéristiques physiques plus que chimiques. Dans notre cas d'étude, l'intrusif a modifié la géométrie des réservoirs et certaines propriétés pétrophysiques au niveau du contact avec l'encaissant.

V.2. Influence de l'intrusif sur les paramètres pétrophysiques (porosité et perméabilité) de la roche encaissante :

V.2.1. Analyse de l'effet sur les paramètres pétrophysiques par les caractéristiques diagraphiques (K log, PHIEC log).

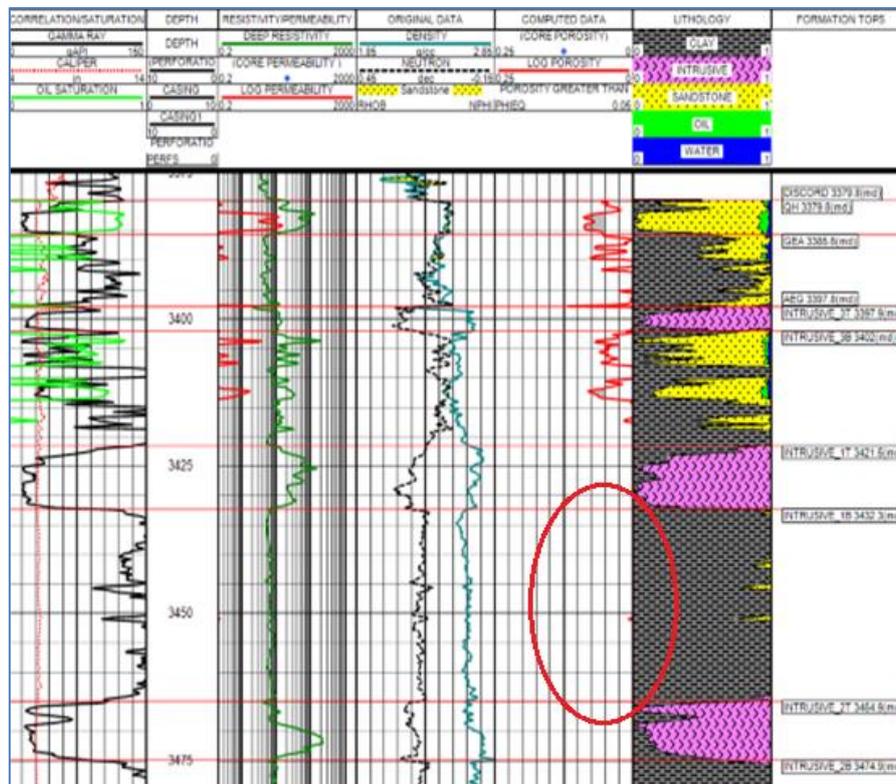


Figure. V. 1 : Caractéristiques diagraphiques de l'intrusif dans le puits HGA 30 (Sonatrach, 2012)

inédit

Comme le montre la figure V.1, entre la profondeur 3464-3432m, les propriétés pétrophysiques de de l'encaissant sont presque nulles et parfois nulles car l'intrusif fait un obstacle et d'autre fois un piège d'hydrocarbure.

Les logs de perméabilité et de porosité (Fig.V.1, courbe en rouge) montrent que ces deux propriétés permettent des volumes faibles à très faibles et souvent nuls dans l'horizon de l'intrusif.

DRAIN	DRAIN THICKNESSES							DRAIN AVERAGES					LOG PERMEABILITY DATA			
	DRAIN TOP MD m	DRAIN BASE MD m	DRAIN TOP SS m	INT m	N/G m3/m3	RES-H m	PAY-H m	VCLC m3/m3	PHIEC m3/m3	SWC m3/m3	PHI-H m	HPV m	KLOG md	KLOG*H md-m	KLOGV md	KLOGV*H md-m
QH	3379.8	3385.6	-3205.8	5.6	0.568	3.2	3.2	0.039	0.079	0.204	0.25	0.20	7.3	23.3	5.8	18.6
GEA	3385.6	3397.8	-3211.6	12.2	0.000	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
AEG	3397.8	3421.0	-3223.8	23.2	0.105	2.4	2.4	0.136	0.070	0.299	0.17	0.12	1.4	3.4	1.2	2.9
ORDOVICIAN NET PAY				41.0	0.138	5.6	5.6	0.081	0.075	0.242	0.42	0.32	4.7	26.5	2.9	16.4
D5	3530.8	3575.1	-3356.8	44.3	0.395	17.5	6.1	0.054	0.077	0.513	0.47	0.23	16.4	100.2	6.0	36.6
D4	3575.1	3597.0	-3401.1	21.8	0.937	20.4	0.0	0.000	0.000	1.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
D3	3597.0	3613.0	-3423.0	16.0	0.895	14.3	0.0	0.000	0.000	1.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1.5	0.0
CAMBRIAN				82.1	0.636	52.3	6.1	0.060	0.076	0.515	0.49	0.24	15.7	95.9	5.6	34.3

CURVE	DISC	ORDOVICIAN	CAMBRIAN
PHIEC	>=	0.03	0.05
SWC	<=	0.65	0.60
VCLC	<=	0.55	0.50
KLOG	>=	0.50	1.00

PHIEC = log porosity
 KLOG = log-derived permeability
 KLOGvH under ideal conditions this value is commonly of similar magnitude as KH1 from build-up or DST

Tableau 3 ; Résultats pétrophysiques du sommet du niveau d'eau du puits HGA 30(Sonatrach, 2012) *inédit*.

Ces logs de la perméabilité et porosité dans les formations du Cambro-Ordovicien montrent ainsi que les réservoirs potentiels d'huile (GEA et le Ri D3- D5) présentent des valeurs de perméabilité et de la porosité nulles (Tab.3).

Ces formations contiennent des corps intrusifs. Dans les drains au niveau du QH relativement plus élevé, le K LOGvH est de 18 mdm et dans D5 est de 36.6 mdm.

DRAIN	DRAIN THICKNESSES							DRAIN AVERAGES					LOG PERMEABILITY DATA			
	DRAIN TOP MD m	DRAIN BASE MD m	DRAIN TOP SS m	INT m	N/G m3/m3	RES-H m	PAY-H m	VCLC m3/m3	PHIEC m3/m3	SWC m3/m3	PHI-H m	HPV m	KLOG md	KLOG*H md-m	KLOGV md	KLOGV*H md-m
NET RESERVOIR					0.395	17.5	17.5	0.033	0.089	0.715	1.57	0.45	89.7	1570.1	23.0	403.3
D5	3530.8	3575.1	-3356.8	44.3	0.937	20.4	20.4	0.065	0.084	0.831	1.72	0.29	42.0	857.0	16.6	339.6
D4	3575.1	3597.0	-3401.1	21.8	0.895	14.3	14.3	0.104	0.087	0.775	1.24	0.28	51.3	733.0	23.3	333.0
D3	3597.0	3613.0	-3423.0	16.0	0.636	52.3	52.3	0.065	0.087	0.776	4.53	1.02	60.5	3166.2	20.4	1064.6
CAMBRIAN				82.1												

Tableau 4 : Résultats des propriétés pétrophysiques du sommet et de la base du niveau d'eau du puits HGA 30(Sonatrach, 2012) modifié, *inédit*

V.2.2. Analyse de l'effet sur les paramètres pétrophysiques par des cartes isobathes du réservoir

Les figures (Fig. V.2, 3, 4) sont des cartes isobathes qui montrent la distribution des valeurs de la porosité et perméabilité des différents puits dans les formations du QH et les réservoirs Ri et Ra.

1. Les quartzites de Hamra : (Figure V. 2)

K.log (QH) présente des valeurs plus ou moins faible à cause de la présence de l'intrusif et aussi de l'érosion hercynienne au niveau du champ de HGA.

Ce qu'on peut exploiter de cette carte isobathe c'est:

- Les meilleures valeurs de K.log se situent sur les côtés du champ sur le flanc où se trouvent les zones qui ont des couleurs jaunâtres dans sur la carte (FigV.2).
- Les meilleures valeurs de K^*H le long des zones des fractures

Ces bonnes valeurs de K^*H nous permettent d'assure de bonnes zones exploitables

2. Les grés du Cambrien Ri : (Figure V. 3)

On peut conclure à partir de la figure que :

- Le K^*H de Ri est clairement meilleur dans la partie nord de la faille1 représentée par les couleurs rougeâtres (250 mMD) sur l'échelle de la carte. Néanmoins au sud de la faille, on remarque une réduction et chute des valeurs de K^*H dans le contact avec la roche intrusive.
- On trouve aussi des valeurs minimales (environs 100) qui peuvent être produite sous ou dessus l'intrusif.

3. Les grés de cambrien Ra : (Figure V. 3):

- La porosité et la perméabilité moyenne de Ra est excellente uniforme à travers tout le champ HGA.
- Dans la partie sud (faille 2) une dégradation des couleurs signifie une chute des valeurs de la perméabilité car cette zone est affectée par des corps intrusifs.

Conclusion

La mise en place des corps intrusifs magmatiques n'est pas sans impacts sur l'encaissant sédimentaire. En effet, l'augmentation du gradient géothermique accélère le phénomène de dissolution-re cristallisation au sein de l'encaissant avec détérioration notable des qualités pétrophysiques primitives. Ce phénomène est décelable dans les quartzites du Cambro-Ordovicien à porosité faible. De même les corps intrusifs peuvent former des barrières étanches causant des fluctuations négatives dans le réseau inter-granulaire induisant une faible perméabilité effective.

L'amélioration des caractéristiques de l'encaissant nécessite l'emploi des techniques avancées comme la fracturation hydraulique du réservoir.

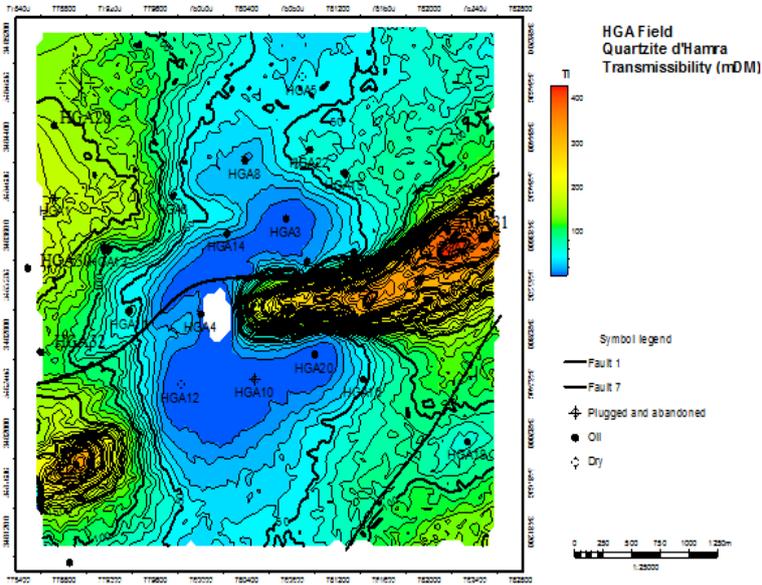


Figure V2 : Carte isobathe de transmissibilités (mDM) au niveau de QH du champ HGA (Sonatrach, 2012) inédit

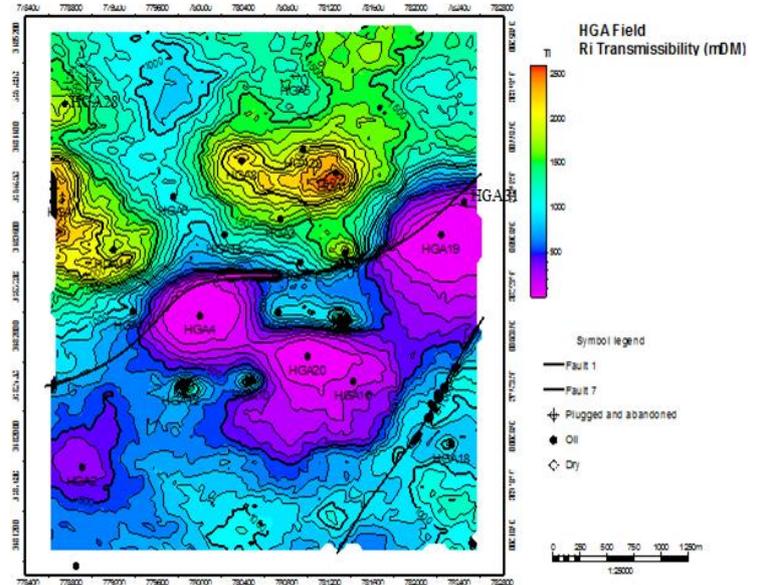


Figure V3 : Carte isobathe de transmissibilité (m DM) au niveau de Ri du champ de HGA (Sonatrach, 2012) inédit

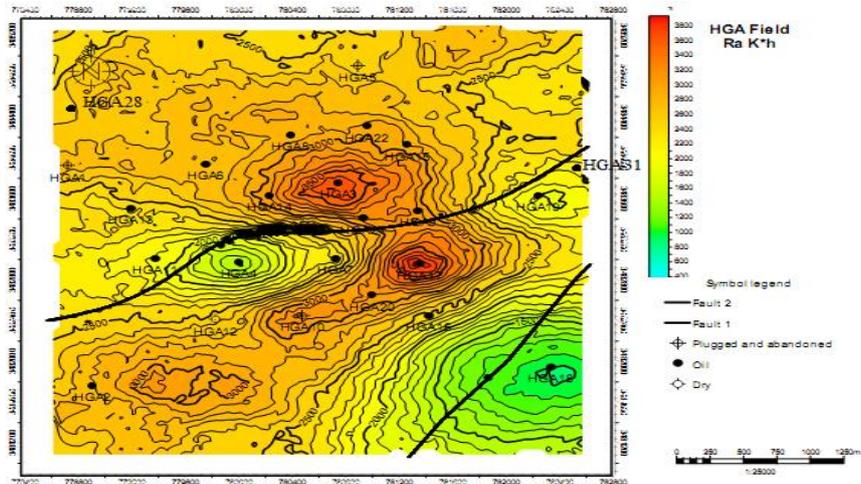


Figure V4 : Carte isobathe de perméabilités (m DM) au niveau de Ra du champ HGA (Sonatrach, 2012) inédit.

Conclusion générale

Les corps intrusifs traversés par les puits forés dans le secteur de Hassi Guettar sont des intercalations magmatiques rencontrées dans différents niveaux dans la série Cambro-ordovicienne avec différentes épaisseurs. Différents types de roches sont présentes dans ce secteur, la plus courante est une roche en forme d'une coulée volcanique constituée principalement de l'andésite. Sa distribution suit la répartition des failles majeures du champ HGA dont l'orientation de sa structure est de NO-SE.

Dans le secteur de Hassi Guettar existent 3 principales générations de volcanisme. Mais durant le dépôt des grès du réservoir Ri et des Argiles d'El Gassi il a eu lieu plusieurs épanchements dans la même couche (Ri ou AEG), traduisant ainsi des éruptions discontinues. Les différentes générations de coulées volcaniques sont :

1ère génération : des coulées volcaniques intercalées dans le Ra traversées par le sondage HGA18 au Sud.

2ème génération : des coulées volcaniques intercalées dans le Ri dans deux niveaux différents.

- a- Une coulée mise en place après 10 à 14m de dépôt des grès du réservoir Ri, traversée par les puits HGA4, HGA10, HGA16 et HGA19, HGA31.
- b- Une coulée mise en place après 33 à 37m de dépôt de Ri, traversée par les puits HGA7, HGA12, HGA17 et HGA20.

3ème génération : des coulées volcaniques rencontrées dans les argiles d'El Gassi, dont le nombre est difficile à préciser car cette couche présente des variations d'épaisseurs (entre 70m et plus de 90m).

Mais au moins trois générations différentes de coulées sont intercalées dans différents niveaux.

a- Coulées volcaniques mises en place après 22 à 35m de dépôt, traversées par les sondages HGA1 HGA3 HGA5 HGA6 HGA8 HGA9 HGA13 et HGA14.HGA35, HGA32, HGA24, HGA26.

b- Coulées volcaniques mises en place après 43 à 54m de dépôt d'argile, rencontrées dans les sondages HGA6 HGA11 HGA13 HGA15.

c- Coulées mises en place après 75 à 81m de dépôt d'argile, rencontrées dans les puits HGA1 et HGA2, HGA28, HGA30.

Les principaux paramètres pétrophysiques en relation avec la qualité du réservoir comme la porosité et la perméabilité sont les principaux paramètres pétrophysiques qui ont été affectées par les corps intrusifs.

Par contre ces corps ont un autre effet négatif sur la géométrie du réservoir. La présence d'un intervalle éruptif dans le réservoir le subdivise en deux parties : supérieure et inférieure. La connexion entre les deux parties ne se fait qu'à travers les failles.

L'étude des sondages se révèle donc intéressante puisqu'elle permet de montrer avec des moyens relativement simples que l'interprétation des enregistrements de diagraphie peut être menée à bien efficacement par Sonatrach et Schlumberger.

L'essor actuel de la mini-informatique apporte en plus une aide énorme (traitement et interprétation) à l'analyste.

Références bibliographiques

Acha, M ; Idir, S.A. (2004): Etude sédimentologique et pétrophysique du cambro-ordovicien de Hassi Guettar par la méthode d'interprétation des diagraphies par imagerie. *Mémoire de fin d'étude. Ingéniorat (ING). Institut Nationale d'Hydrocarbure (INH).Boumerdes.pp119.*

Adams, J. A.; Weaver, C.E. (1958): Thorium-to-uranium ratios as indicators of sedimentary processes: examples of concept of geochemical faciès. *Association géologique Américain de pétrole. Bulletin 42(2):pp387 430.*

Aliev, M.; Ait Laoussine, N.; Avrov, V.; Aleksime, G.; Barouline, G.; Lakovlev, B.; Korj M.; Kouvykime, J.; Makarove, V.; Mazanov, V.; Medvedev, E.; Mkrтчiane, O.; Moustafinov, R.; Oriev, L.; Oroudjeva, D.; Oulmi, M.; Said, A. (1971): Les structures géologiques et l'estimation d'huile et de gaz dans le Sahara algérien. *ALTAMIRA-ROTOPRESS. Spain. Alger. Volume 1.265p.*

Aouimer, S. (2004): Etude des corps éruptifs cambro-ordoviens du champ de hassi guettar par les diagraphies. *Mémoire de fin d'étude. ING. Institut Algérien de pétrole (IAP). 80p.*

BIECIP. (2007) : Caractérisation et évaluation des réservoirs ordoviens de pourtour du Hassi Messaoud. *Volume (I, et III, et IV).*

BEICIP/FranLAB. (1979, 1995, 2009) : Révision du model géologique et structurale du champ de Hassi Messaoud. *Edition Institut Français de Pétrole(IFP). Paris. France. 220p.*

Benghazel, R. (1970) : Les nanofossiles calcaires de l'Est algérien. Leur application à l'étude stratigraphique du Crétacé. *Thèse 3ème cycle. Université d'Alger.pp263.*

Beuf, S.; Bennacef, A.; Biju-Duval.; Charpal, O.; Black, R. (1968) : Les grandes ensembles sédimentaires du Paléozoïque inférieur du Sahara. *Compte Rendre Société. Géologique de France. Volume. 8.*

Bles, J.L. (1969) : les relations des microfractures avec le plissement dans la région de Djbel Tadjine et au 30 km (chaîne d'Ougarta-Sahara occidental, Algérie). Publication service géologique Algérie 39, pp 193-204.

Boudjemaa, A. (1987) : Evolution structurale du bassin pétrolier triasique du Sahara oriental. *Thèse Doctorat, Université de Paris XI, 390p.*

Boussouf, I.; Hamani, N. (2000) : Etude sédimentologique, diagraphique et qualités réservoirs de l'Ordovicien inférieur de la région ouest et sud-ouest de Hassi Messaoud. *Mémoire de fin d'étude ING. INH. Boumerdes.110p.*

Caby, R. (1970) : La Chaîne pharisienne dans le nord-ouest de l'Ahaggar (Sahara central, Algérie), sa place dans l'orogénèse du Précambrien supérieur en Afrique. *Thèse 3^e cycle, Université Montpellier.*

Chapellier, D. (1987) : Diagraphies appliquées à l'hydrologie. (*Lavoisier*), Paris, 1987, 165p.

Djarir, M. (2005) : Découpage diagraphique et étude géologique pour les sections des puits repris en Shorts radius. *Sonatrach / Division de la production à Hassi Messaoud.*

Fabre, J. (1979) : Introduction à la géologie du Sahara Algérien. *Biecip, Synthèse du bassin d'Ahnet Tidikelt (1ère partie). Alger.156p*

Kennedy, L.G.; Varoujan O. (2009): Rapport HGA Field Geology, Characterization and Management Approach. *Sonatrach. Division de Production et de l'énergie.p84.*

Massa, D.; Rhuland, M.; Thouvenin, J. (1972) : Structure et fracturation structure et fracturation du champ d'Hassi-Messaoud (Algérie). *Revue de l'institut Français du pétrole. Volume. XX, n° XXX, pp185-210.*

Serra, O. (1984): The acquisition of logging data. *Elsevier. Chapitre 1, pages 1-26.*

Serra, O. (1985) : Diagraphies différées, base de l'interprétation des données diagraphiques, 1ère édition. *ELF. Aquitaine.*

Schlumberger (1984) : Spectrométrie du rayonnement gamma naturel. Principes essentiels d'interprétation des diagraphies NGS. *afm-marketing édition.*

Sonatrach. (2012): Hassi Guettar Field (status: OIL-SL). *Rapports inédits, Sonatrach, Halliburton.81p.*

Sonatrach. (2009): Rapports internes inédits. *Division de Production et de l'Energie.*

WEC. 2007: Well Evaluation Conference Algérie 2007. *Sonatrach et Schlumberger.536p.*

Yahyaoui, L. (2010) : Analyse complexe et Evaluation des programme des puits en short radius et horizontaux à Hassi Messaoud. Aspect géologique et application dans la partie sud. *Thèse Magister. Université. Houari Boumediene.172p.*

Annexe

Les logs des caractéristiques diagraphiques des puits HGA étudié.

HGA21

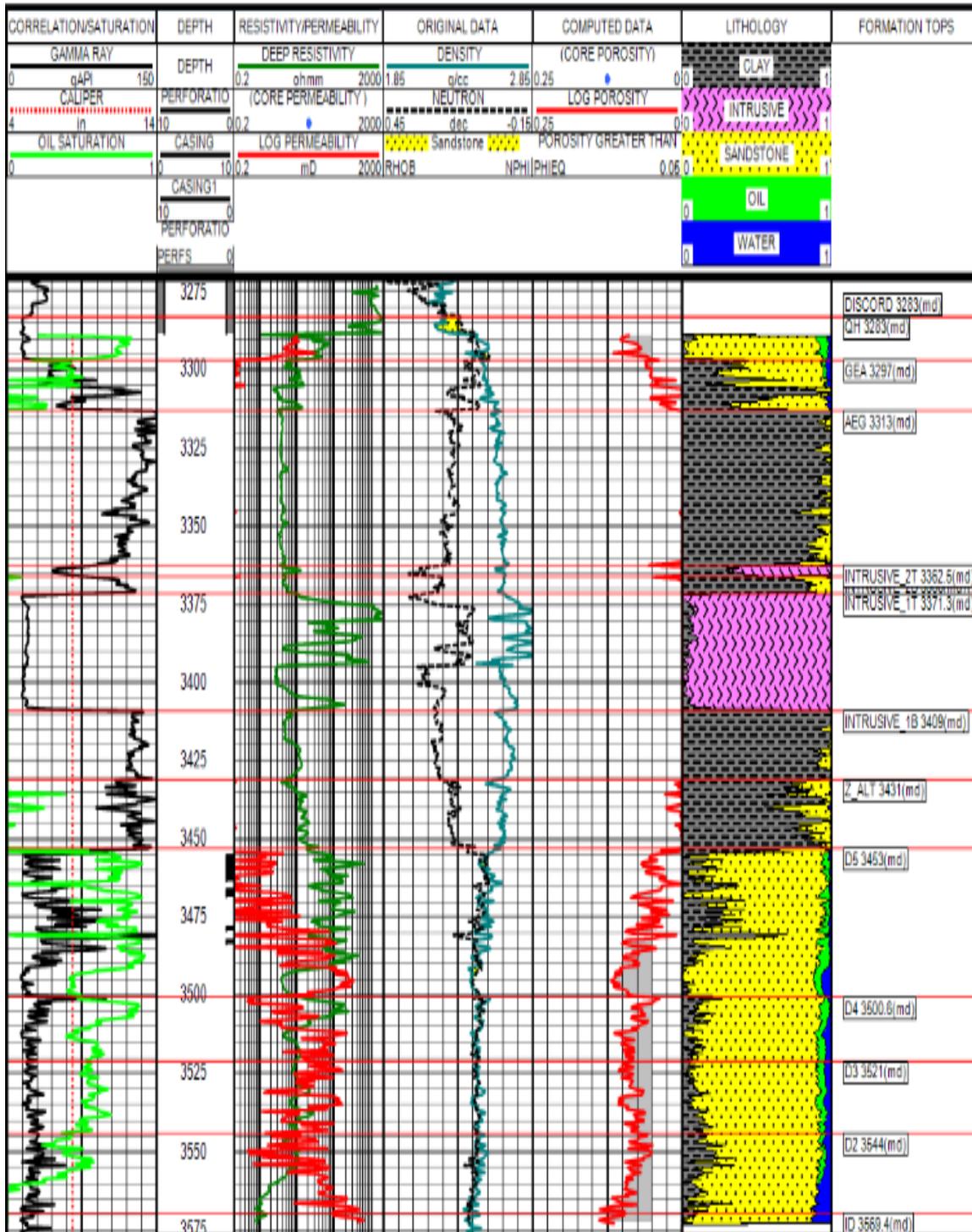


Figure III. 1 : Caractéristiques diagraphiques de l'intrusif dans le Ri (D5-D3) du puits HGA21.

HGA25 QH-AEG

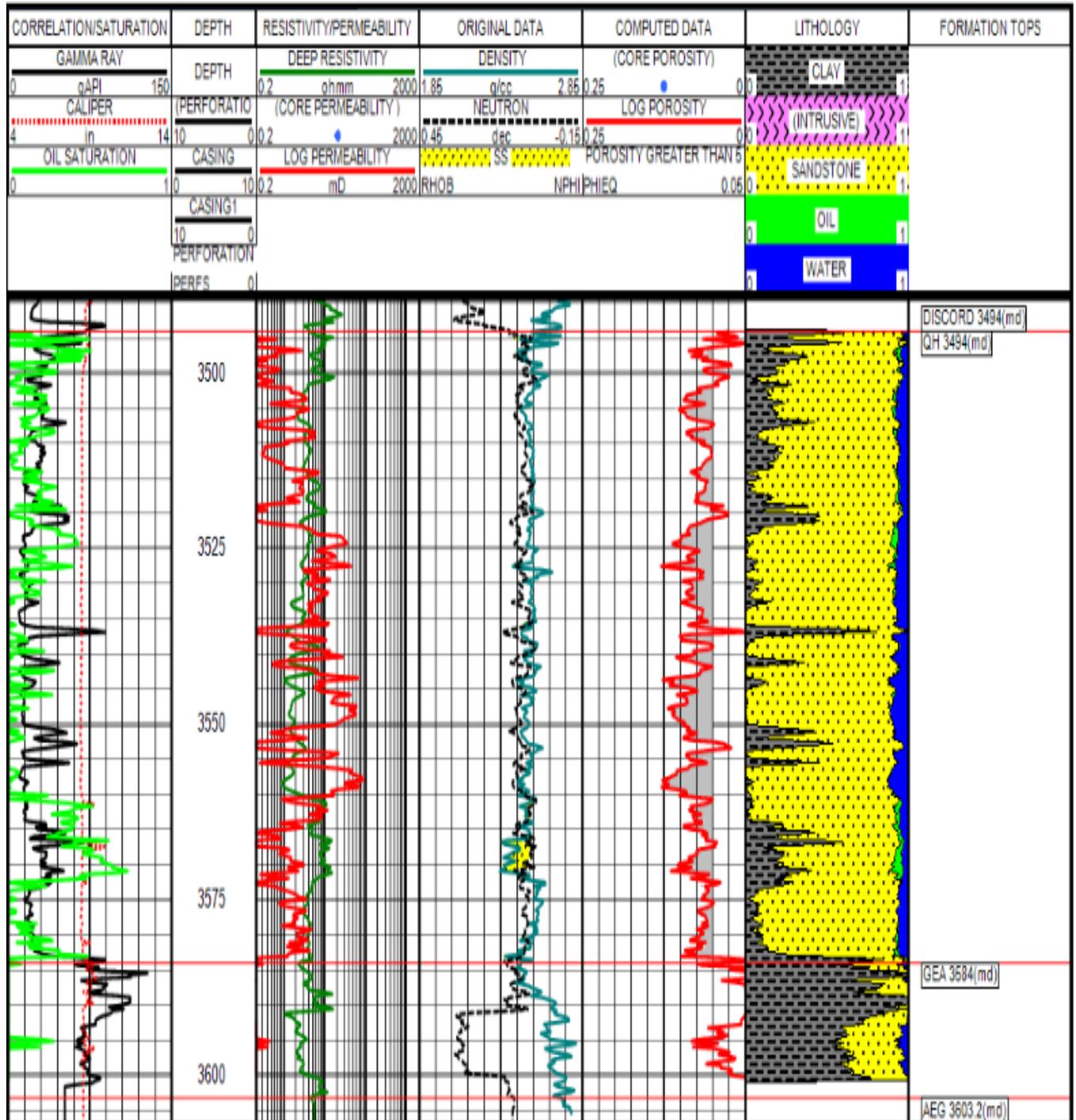


Figure III 2 : Caractéristiques diagaphiques de l'intrusif dans le QH et AEG du puits HGA25

HGA30

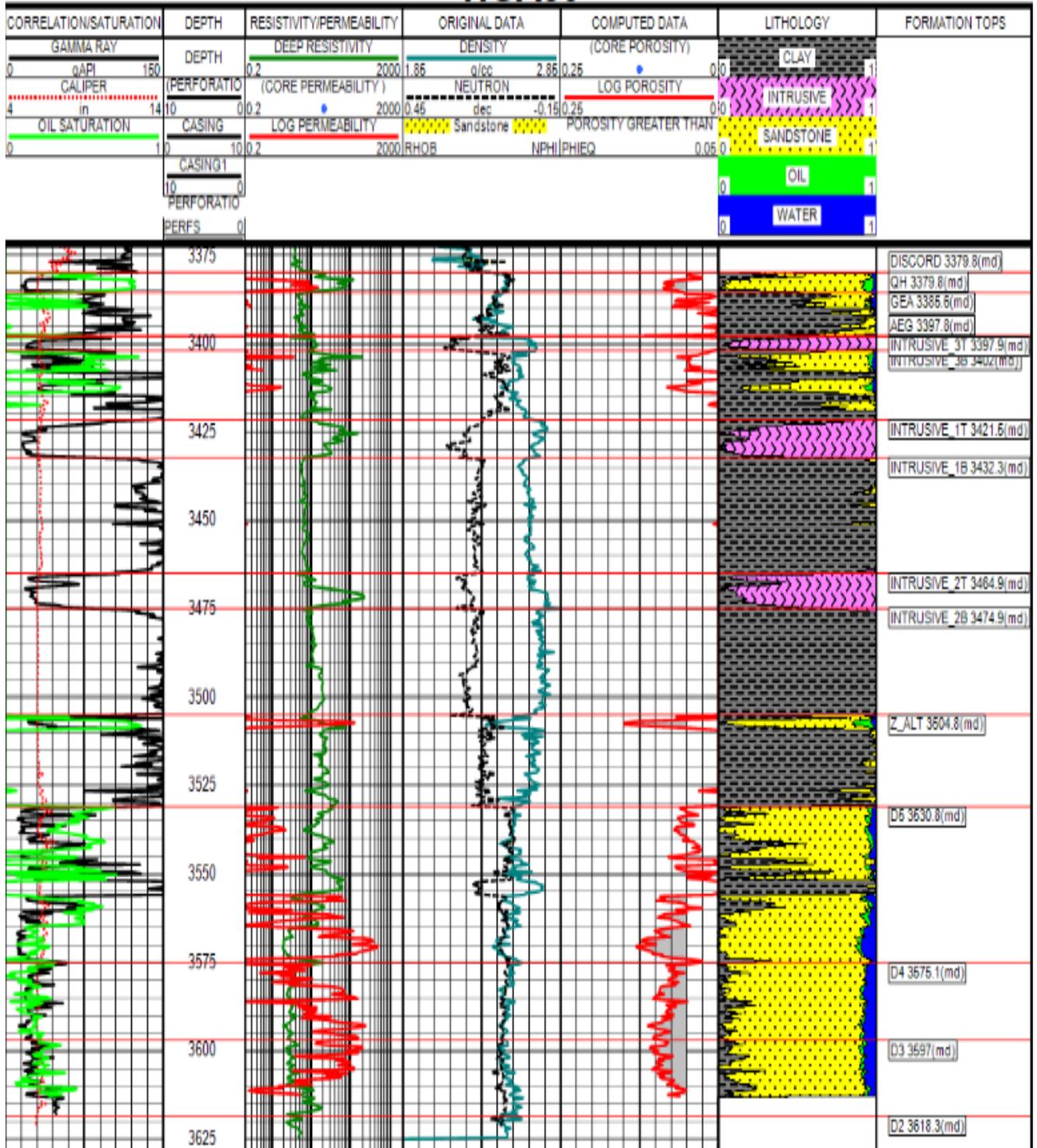


Figure III 3 : Caractéristiques diagaphiques de l'intrusif dans AEG de puits30

HGA32

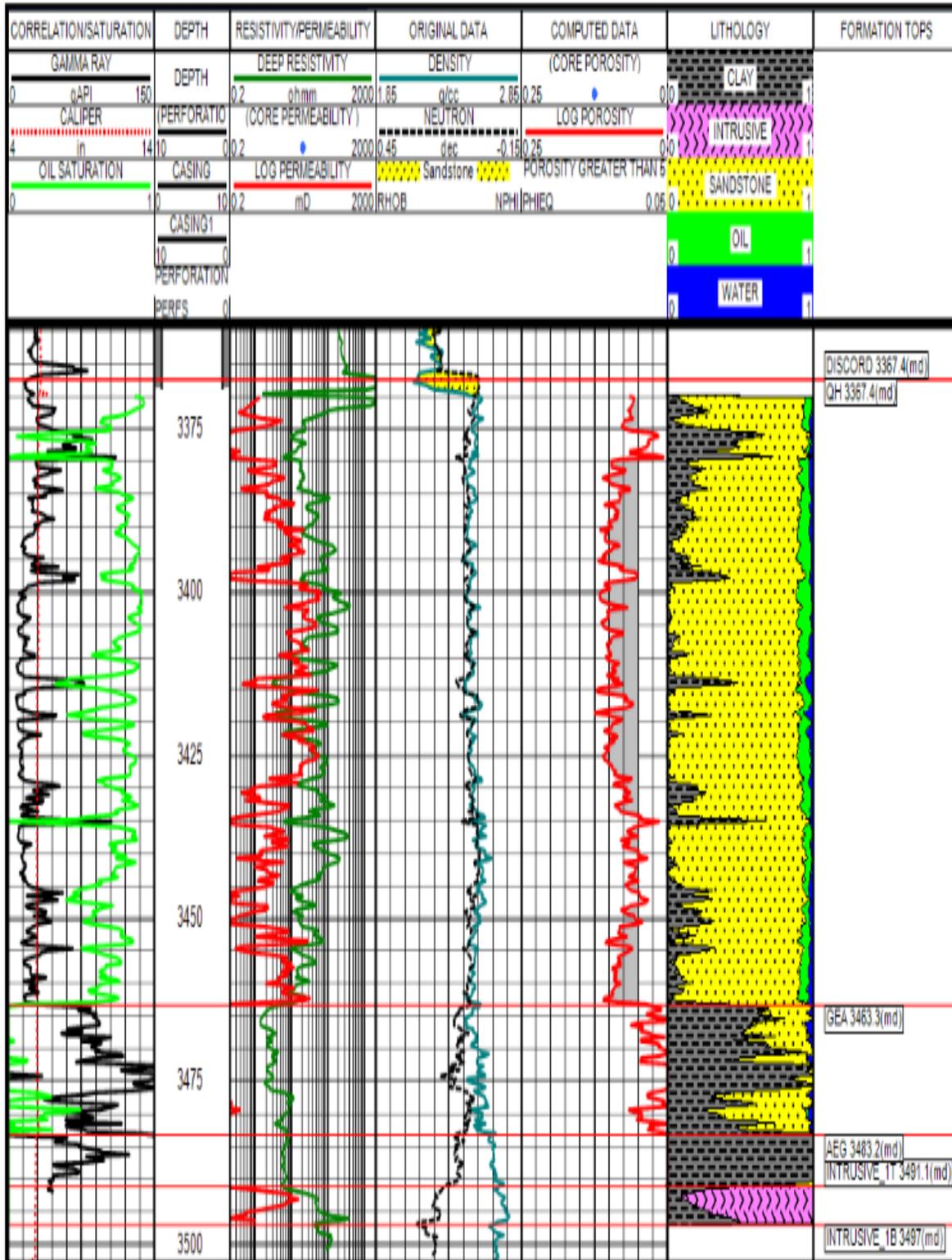


Figure III 4 : Caractéristiques diagaphiques de l'intrusif dans l'AEG du puitsHGA32

HGA35

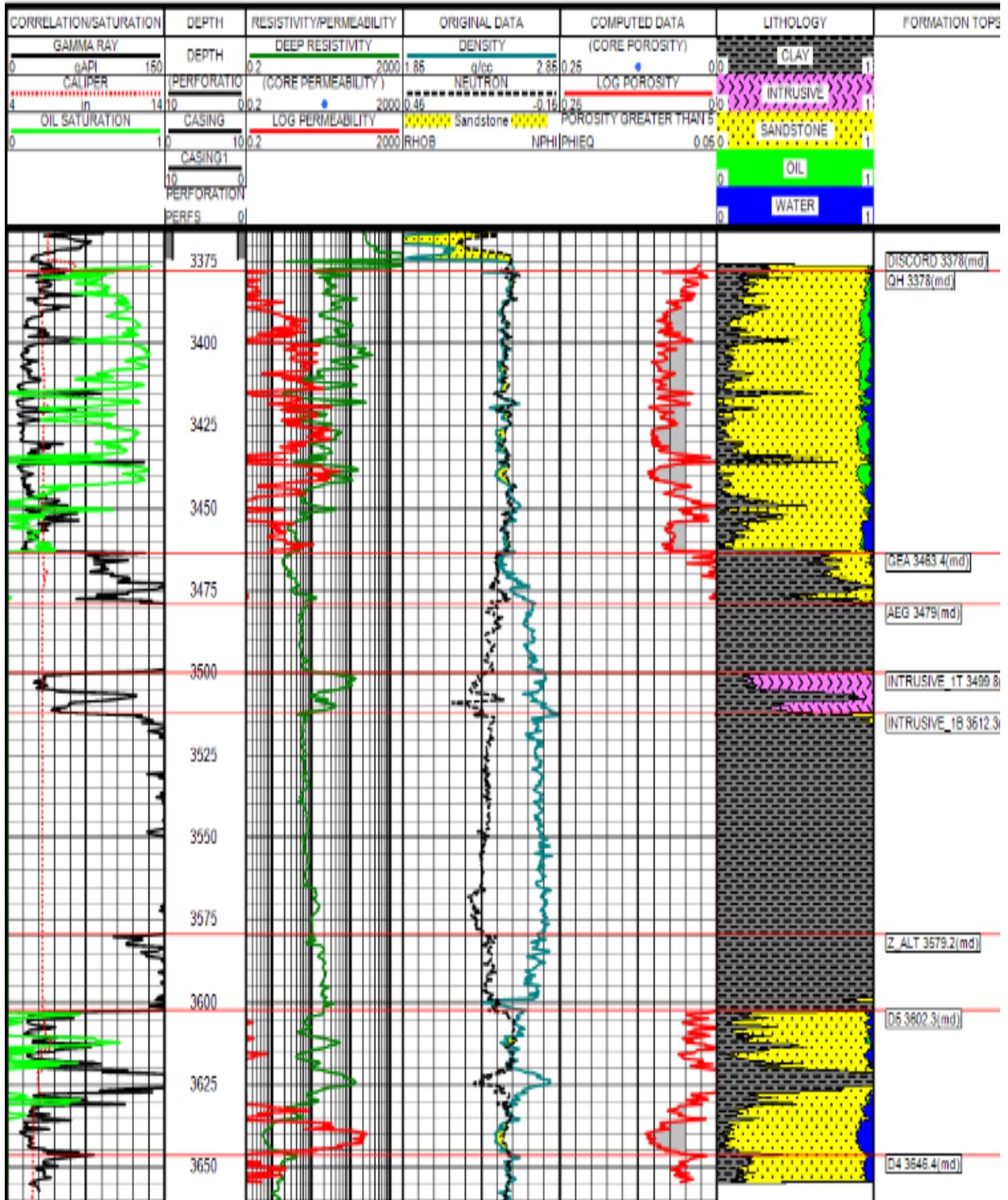


Figure III.5 : Caractéristiques diagaphiques de l'intrusif dans l'AEG de puits35