

UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA –  
FACULTÉ DES HYDROCARBURES DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET  
DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE DE L'Univers

Mémoire de Master Professional

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Géologie Pétrolière

*THEME*

**Etude de fracturation de Quartzite El Hamra par l'imagerie  
de fond et l'imagerie de carotte : cas de puits HDZ-17,  
Hassi Dzbat , Sahara Oriental, Algerie.**

Présenté par :

Boukheloua Wail

Bouras Idris

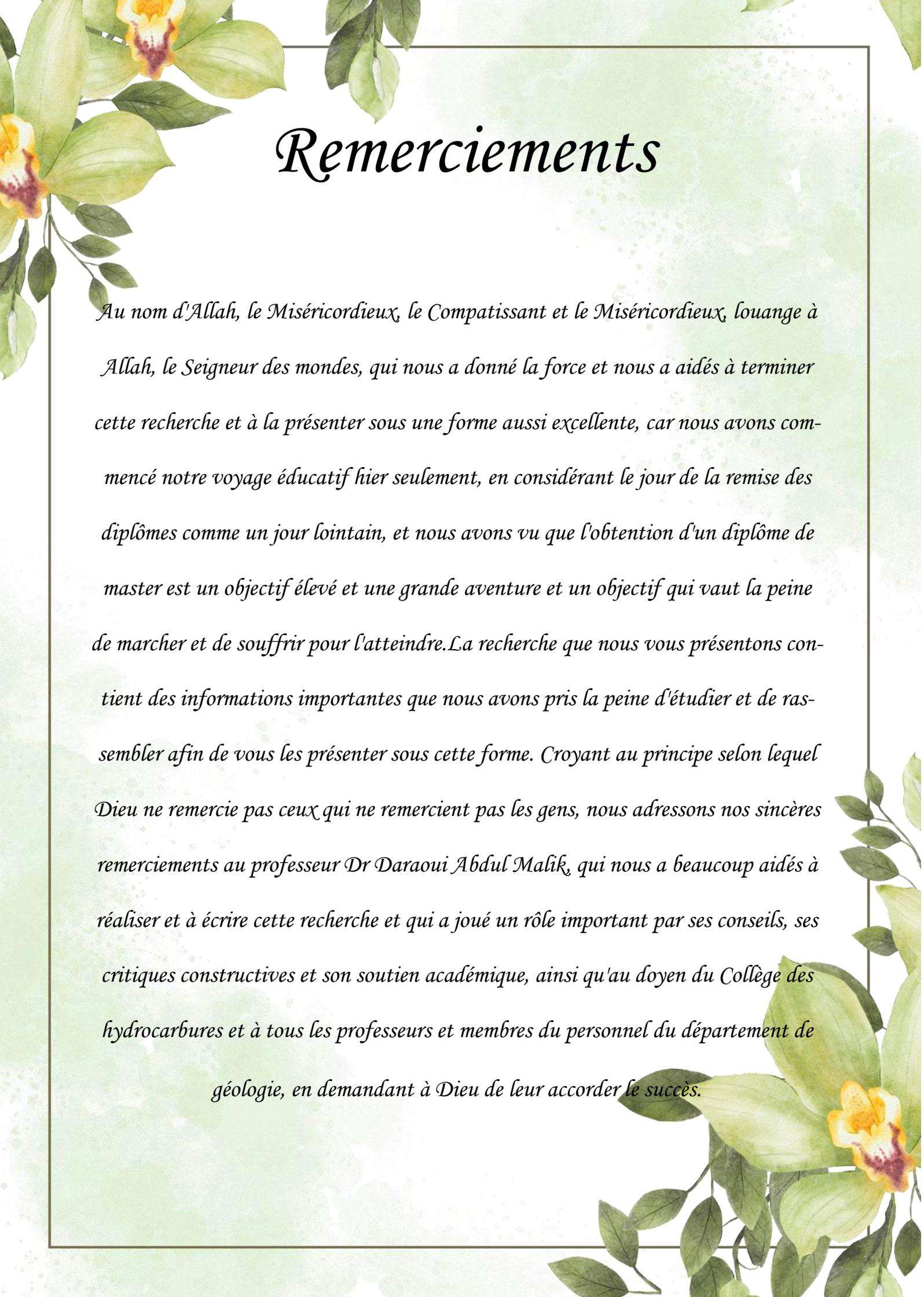
Chergui Louai

*Soutenu publiquement le juin 2024*

Devant le jury :

<b>President:</b>	Mr.BELKSIER MOUHAMMED SALEH	Professeu Univ.Ouargla
<b>Promoteur:</b>	Mr. DRAOUI ABDELMALK	M. C. B Univ.Ouargla
<b>Examineur:</b>	Ms.ROBEI SARRA	M.A.A Univ. Ouargla

Année Universitaire 2023/2024



# Remerciements

*Au nom d'Allah, le Miséricordieux, le Compatissant et le Miséricordieux, louange à Allah, le Seigneur des mondes, qui nous a donné la force et nous a aidés à terminer cette recherche et à la présenter sous une forme aussi excellente, car nous avons commencé notre voyage éducatif hier seulement, en considérant le jour de la remise des diplômes comme un jour lointain, et nous avons vu que l'obtention d'un diplôme de master est un objectif élevé et une grande aventure et un objectif qui vaut la peine de marcher et de souffrir pour l'atteindre. La recherche que nous vous présentons contient des informations importantes que nous avons pris la peine d'étudier et de rassembler afin de vous les présenter sous cette forme. Croyant au principe selon lequel Dieu ne remercie pas ceux qui ne remercient pas les gens, nous adressons nos sincères remerciements au professeur Dr Daraoui Abdul Malik, qui nous a beaucoup aidés à réaliser et à écrire cette recherche et qui a joué un rôle important par ses conseils, ses critiques constructives et son soutien académique, ainsi qu'au doyen du Collège des hydrocarbures et à tous les professeurs et membres du personnel du département de géologie, en demandant à Dieu de leur accorder le succès.*



# Dédicace

*À mon père bien-aimé, mon modèle et mon modèle dans la vie ; il m'a appris à  
vivre avec dignité et fierté.*

*À ma mère bien-aimée, à qui je ne trouve pas les mots pour rendre justice ; elle  
est l'épopée de l'amour, la joie de toute une vie et l'incarnation de la sincérité  
et de la générosité.*

*À mes frères, mon soutien, ma force, mes joies et mes peines.*

*À tous les professeurs, hommes et femmes, du département de géologie.*

*À tous ceux qui nous ont appris une lettre*

*À tous mes frères et sœurs.*

*Cet article et les recherches qu'il sous-tend n'auraient pas été possibles sans le  
soutien exceptionnel de mon directeur de thèse, le professeur Dr Daroui Ab-  
dulmalik, dont l'enthousiasme, les connaissances et le souci du détail m'ont  
inspirée et ont maintenu mon travail sur la bonne voie depuis le début de  
cette recherche jusqu'à la bibliographie.*

*Je tiens à vous remercier individuellement.*

*Boukheloua wail*





# *Dédicace*

*With deep gratitude and sincere words, I dedicate the fruit of my 18 years of my dear parents who sacrificed their lives for my success.*

*My mother, the one who was with me every moments of my life, she always prays for my happiness.*

*My dear father, my role model in in life, my source of strength and inspiration, the man who sacrificed his life for my comfort.*

*To my support in life, my brother.*

*To all my family, friends and teachers who shared their advice and encouragement to complete to this study.*

*Bouras Idris*





# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail a tous qui ont déployé des efforts  
pour que je puisse vivre heureux.*

*En particulier, A mes chers parents : ma mère Salma et mon  
père Belkhir.*

*A mon cher frère Ishak*

*A mes sœurs Aouatef, Douha et Takoua*

*A toute ma famille Chergui et Bouhoreira*

*A tous les enseignants du primaire, du Collège, du secondaire et  
de l'université.*

*A tous Membre de Geology Club Ouargla (GCO)*

*A toute mes amis surtout Otmane , Houssam, Atta Allah,  
Youcef, Ragheb, Chanel, Assil, Taki Eddine et Abdenour.*

*A tous mes amis université.*

*Chergui Louai*



# SOMMAIRE

---

## Sommaire

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

## INTRODUCTION

GENERALE.....ERREUR ! SIGNET  
NON DEFINI.

## CHAPITER I: GENERALITE DE REGION D'ETUDE

I. Cadre regional .....	3
I.1. Situation géographique général .....	3
I.2. Cadre local de la structure de Hassi Dzabat.....	3
I.2.1. Situation géographique de la région d'étude .....	3
I.2.2. Situation géologique de la région d'étude .....	3
I.3. Stratigraphie de la région d'étude .....	4
I.3.1. – Le Paléozoïque.....	4
I.3.2 - Le Mésozoïque.....	5
I.3.3- Le Cénozoïque.....	8
I.4. Evolution structurale.....	10
I.5. Système Pétrolier .....	11
I.5.1. Roche mère .....	11
I.5.2. Roche Réservoir .....	11
I.5.3. Roche Couverture .....	11

## CHAPITER II : PRESENTATION DE SERVICE IMAGERIE CT-SCANNING ET IMAGERIE DE FOND

I. Service Imagerie et CT-Scanning .....	14
I.1. Photographies des carottes sous lumière blanche à haute résolution .....	14
I.2. Photographies des carottes sous Ultra-Violet .....	15
I.3. Photographie sous 360° (CoreScan™ III). Appareillage.....	16
I.4 imagerie de fond .....	21

# **LISTE DES FIGURES**

---

## **CHAPITER III : ANALYSE DE LA FRACTURATION**

A) Analyse de la fracturation par l'imagerie de carottes comparaison avec l'imagerie de fond .....	27
A)1) Définition .....	27

## SOMMAIRE

---

A)2) Les fractures naturelles .....	27
2)1) Fractures ouvertes (Open fractures).....	27
2)2) fracture partiellement ouvertes.....	27
3)3) Fractures cimenté .....	28
A)3) Les fractures induites.....	28
A)4) Détermination des fractures induits et des breakouts.....	28
A)5) Observation les breakouts sur l'imagerie de fond .....	29
A)6) Identification de fracture à partir d'une imagerie de fond .....	29
A) 7) Détermination des failles.....	30
B) Cas de puits HDZ-17 .....	30
B)1) Location et les informations de puits .....	30
B) 2) Analyse et caractérisation de la fracturation à partir des carottes.....	31
C) Analyse et caractérisation de la fracturation à partir d'imagerie de fond.....	31
C)1) Les fractures naturelles : Deux principaux types des fractures ont été observés dans le Hamra Quartzite de puits HDZ17 .....	31
1)1) Fractures considérées comme conductrices fractures.....	32
1) 2) Fractures avec une faible amplitude (ouvert) .....	32
C) 2) Surface de discontinuité.....	32
C) 3) La projection stéréographique des fractures .....	33
C) 4) Contraintes In-Situ stress (Break out et fracture induite).....	33
4) 1) Les breakouts et selon la direction.....	34
4) 2) Les fractures induites et selon la direction.....	34
D) Analyse et caractérisation de la fracturation à partir d'imagerie de carottes.....	35
D) 1) Fractures ouvertes et partiellement ouvertes.....	35
D.1.1. La Direction des fractures ouverts et partiellement ouverts.....	36
D) 2) Fractures cimentées.....	37
D) 3) Fractures induites.....	37
D) 4) Les fractures provoquer .....	38
E) Etude comparative des résultats obtenus à partir l'analyse des carottes (Core-Base) et d'imagerie de fond .....	38

## **LISTE DES FIGURES**

---

E) 1) L'orientation des fractures à partir l'imagerie de fond.....	38
E) 2) L'orientation des fractures à partir les carottes.....	39
E) 3) Le nombre des fractures observer dans la carotte et l'imagerie de- fond .....	39
<b>Conclusion</b> .....	40

# SOMMAIRE

---

Résumé

Annexe

References Bibliographiques

# LISTE DES FIGURES

---

## CHAPITER I: GÉNÉRALITÉ DE RÉGION D'ÉTUDE

FIG.1 : LOCALISATION DU CHAMP DU HASSI-MESSAOUD (WEC 2007).....	3
FIG.2 : SITUATION DU CHAMP DE HASSI DZABAT (DÉP. EXP/SONATRACH, 2009).....	4
FIG.3 : COLONNE LITHO-STRATIGRAPHIE DE HASSI DZABAT (SONATRACH, DP, 2005).....	9
FIG 4 : COUPE OUEST-EST DE LA STRUCTURE DE HASSI MESSAOUD AU NIVEAU DU RÉSERVOIR (DOCUMENT SONATRACH).....	12
FIG 5 : CARTE STRUCTURALE DE LA RÉGION D'ÉTUDE (RAPPORT FIN SONDAGE 2014)....	12

## CHAPITER II: PRESENTATION DE SERVICE IMAGERIE CT-SCANNING ET IMAGERIE DE FOND

FIG. 6 : APPAREILLAGE D'IMAGERIE SOUS.....	14
FIG.7 : MODÈLE D'UNE PHOTO PRISE SOUS LA LUMIÈRE BLANCHE DANS CANEVAS DU SERVICE IMAGERIE.....	15
FIG.8 : RÉSULTAT OBTENUE PAR PHOTOGRAPHIE UV .....	16
FIG.9: CORESCAN™ III.....	17
FIG.10 : PHOTO DE 01 MÈTRE DE CAROTTE PRISE SOUS 360° AVEC CORESCAN™ III.....	18
FIG. 11 : COLONNE DE TRAITEMENT DE CAROTTE SUR COREBASE II. ....	19
FIG. 12: CORE PHOTO METHODOLOGY –PICTURE TREATMENT IN TECHLOG .....	20
FIG.13 CT-SCANNER HD750 .....	21
FIG.14 UN PLAN INCLINÉ EST REPRÉSENTÉ PAR UNE LIGNE SINUSOÏDALE, PAR CONTRE UN PLAN HORIZONTAL EST REPRÉSENTÉ PAR UNE LIGNE DROITE. ....	22
FIG.15: OUTLIE UBI “ULTRASONIC BOREHOLE IMAGING” .....	23
FIG.16: OUTLIE CBIL “CIRCUMFERENTIAL BOREHOLE IMAGING LOG”.....	24
FIG.17 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'OUTIL ÉLECTRIQUE.....	24
FIG.18: L'OUTIL EARTH IMAGER (COURE IAP) .....	25

## CHAPITER III : ANALYSE DE LA FRACTURATION

FIG.19: TYPES DE FRACTURES OUVERTES DANS LE PUIT HDZ-17.....	27
FIG.20: TYPES DE FRACTURES PARTIELLEMENT OUVERTES DANS LE PUIT HDZ-17.....	27
FIG.21: TYPES DE FRACTURE FERMEE DANS LE PUIT HDZ-17.....	28
FIG.23 : LES BREAKOUTS SUR L'IMAGERIE DE UXPL AMARI G. (2013).....	29
FIG.24: SCHEMA REPRESENTE LES DIFFERENTS TYPES DES FRACTURE QU'LL QUE SOIT ELECTRIQUE IMAGE OU ACOUSTIQUE IMAGE .....	29
FIG.25: LES FAILLES ET LES FRACTURES .....	30
FIG.26: CLASSIFICATION DES SYMBOLES .....	31
FIG.27: EXEMPLE DE NATUREL CONDUCTRICE FRACTURE A PARTIR DE L'IMAGE ELECTRIQUE.....	32
FIG.28: EXEMPLE DES FRACTURES NATUREL FAIBLE AMPLITUDE APRTIR D'IMAGE ACOUSTIQUE. ....	32

## **LISTE DES FIGURES**

---

<b>FIG.29: EXEMPLE D'IMAGE, MONTRANT LE CHANGEMENT PROGRESSIF (AUGMENTATION) DE L'ANGLE DE PENDAGE DANS L'INTERVALLE DE 3282 A 3289 M (SURLIGNE PAR UNE BOITE ROSE).....</b>	<b>33</b>
<b>FIG.30: LA PROJECTION STEREOGRAPHIQUE DES FRACTURES CONDUCTRICE ET FAIBLE AMPLITUDE.....</b>	<b>33</b>
<b>FIG.31: ROSACE MONTRE LA DIRECTION DES BREAKOUTS SIGMA MIN.....</b>	<b>34</b>
<b>FIG.32: ROSACE MONTRE LA DIRECTION DES FRACTURES INDUITES SIGMA MAX ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>	
<b>FIG.33 : LES FRACTURES OUVERTS OBSERVER SUR LES COREBASE CAROTTE N° = 1.....</b>	<b>35</b>
<b>FIG.34 : LES FRACTURES PARTIELLEMENT OUVERTS OBSERVER SUR LES COREBASE CAROTTE N° = 6.....</b>	<b>36</b>
<b>FIG.35 : TYPES DE FRACTURES OUVERTES ET PARTIELLEMENT OUVERTES AVEC DES ROSACES DANS LE PUIIS HDZ-17.....</b>	<b>36</b>
<b>FIG.36 : EXEMPLE DE NATUREL FRACTURE CEMENTEE OBSERVEE SUR LE CORE BASE DANS LA CAROTTE N° = 2.....</b>	<b>37</b>
<b>FIG.37 : FRACTURES INDUITES REPRESENTE DANS LE CORE BASE, AVEC LES ROSACES QUI MONTRE LA DIRECTION NW-SE, DANS LA CAROTTE N° = 6 .....</b>	<b>37</b>
<b>FIG.38 : EXEMPLE D'UNE FRACTURE PROVOQUER OBSERVEE SUR LA CAROTTE N = 8....</b>	<b>38</b>
<b>FIG.39 : L'ORIENTATION DES FRACTURES OUVERTES, PARTIELLEMENT OUVERTES ET CEMENTE.....</b>	<b>39</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

---

### **CHAPITRE III : ANALYSE DE LA FRACTURATION**

<b>Tableau 1 :représente les informations sur le puits.....</b>	<b>30</b>
<b>Tableau 2 : représente les intervalles des carottes.....</b>	<b>31</b>
<b>Tableau 3 :comparative entre les carottes et l'imagerie de fond selon nombre des fractures .....</b>	<b>39</b>

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

---

**COT:** Carbone Organique Total

**DP :** Division Production

**FIG :** Figure

**HMD :** Hassi Messaoud

**HDZ :** Hassi Dzabat

**HTFN:**Hassi Tarfa North

**Q.H:** Quartzites El Hamra

**Ra:**Reservoir Anisometrique

**Ri:**Reservoir isometrique

**SH :** Sonatrach

**DH :** Discordance Hercynienne

## Introduction générale

---

L'aventure de l'exploration pétrolière en Algérie remonte au dernier quart du XIXe siècle. Depuis, les puissants hydrocarbures de l'Algérie n'ont pas accès aux richesses de Monrovia, après son développement au Sahara et aujourd'hui dans le Nord, avec les propositions offertes par l'exploration, que l'on peut trouver dans cette région.

L'histoire des hydrocarbures en Algérie est retracée à travers cette section qui vise à fournir des normes datées aux principales étapes de la saga des hydrocarbures. La création de Sonatrach en 1963 constitue un moment fondateur dans cette grande aventure, puisque la société est depuis cette date le moteur du développement des richesses souterraines algériennes. Après chaque découverte de gisements à potentiel d'hydrocarbures, on se tourne vers les techniques d'exploration et d'exploitation, car ces dernières dépendent des caractéristiques de la formation et des fluides qu'elles contiennent, et c'est ce qui détermine la valeur et l'intérêt de cette découverte du point de vue de rentabilité économique.

Le bassin d'Amkid Messaoud, qui a vu ces dernières années des découvertes dans le réservoir de quartzite de Hamra, constitue actuellement l'une des principales cibles d'exploration en Algérie. Les premiers tests sur ce réservoir montrent des signes encourageants, indiquant le lancement d'un plan d'exploration, encore en développement aujourd'hui, pour identifier cet énorme potentiel. Des travaux d'exploration sont actuellement en cours dans la structure HDZ. Dans cette approche, ce travail présenté dans le cadre de cette thèse se présente comme une tentative de caractérisation structurale du réservoir ordovicien (quartzite rouge) du champ de Hassi Dzabat, à l'aide d'un outil d'imagerie puissant, CoreScan™ III, utilisé pour nous donner une vue d'ensemble à 360 degrés. Images de carottes à très haute résolution pour interprétation à l'aide de CoreBase II™ et comparaison avec l'imagerie de fond

A cet effet notre étude sera présentée sous trois chapitres principaux :

- Généralités sur la région d'étude
- Présentation de service Imagerie CT-Scanning et imagerie de fond.
- Analyse de la fracturation par l'imagerie de carottes comparaison avec l'imagerie de fond

# Introduction générale

---

## Objective

L'objectif principal de l'analyse de la fracturation naturelle sur paroi de puits et les carottes du réservoir Ordovicien « Quartzites de Hamra » par imagerie de fond et l'imagerie de carotte à 360° (CoreScan <sup>TM</sup>III), est la caractérisation des différents types de fractures et de leurs attributs tels que les propriétés géométriques (Fracture ouverte, semi ouvert, fermé) et l'étude de l'intensité des fractures et la direction.

# CHAPITRE

# I

Chapitre 1 : Généralité de  
région d'étude

**I. Cadre regional**

**I.1. Situation géographique général**

Le môle de Hassi Messaoud, de forme ovoïde et de direction NE-SW est situé au Nord de la plateforme saharienne (**Fig.1**) ; entre les méridiens 5°40' et 6°20' Est et les parallèles 31°30' et 32°00' Nord, il occupe ainsi une superficie de 4200 Km<sup>2</sup> ; c'est un résultat d'une histoire paléo tectonique très complexe.

**I.2.Cadre local de la structure de Hassi Dzabat**

**I.2.1. Situation géographique de la région d'étude**

Le champ de Hassi Dzabat est un champ périphérique de Hassi Messaoud (**Fig.1**). Il Correspond à une structure satellite qui s'étend vers le sud, se trouvant dans les blocs 427 – 439 et occupant globalement la partie de transition du permis de Hassi Taraf et le champ de Hassi Messaoud.

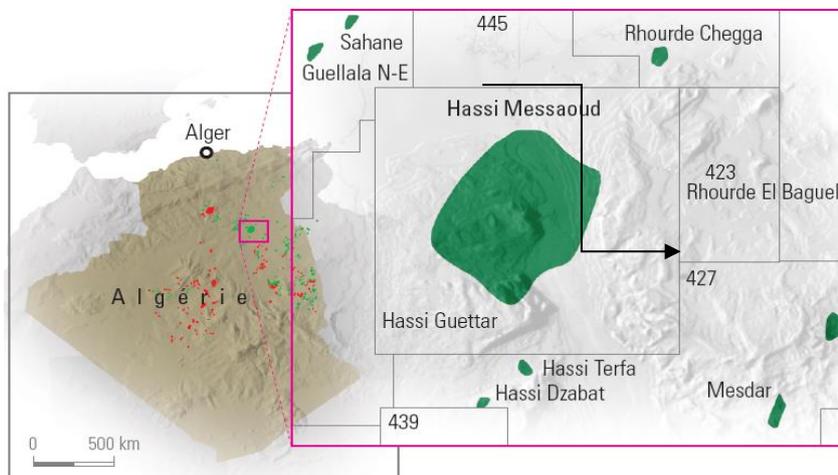
Les coordonnées géographiques : Latitude : 29° 25' 30".26593 N.

Longitude : 08° 41' 31".18771 E.

**I.2.2. Situation géologique de la région d'étude**

La structure de Hassi Dzabat est située dans la province triasique, au sud du gisement de Hassi Messaoud sur la bordure du trend El Gassi- El Agreb-Hassi Messaoud (**Fig.2**) ses limites sont :

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



**Fig.1** : Localisation du champ du Hassi-Messaoud (WEC 2007)

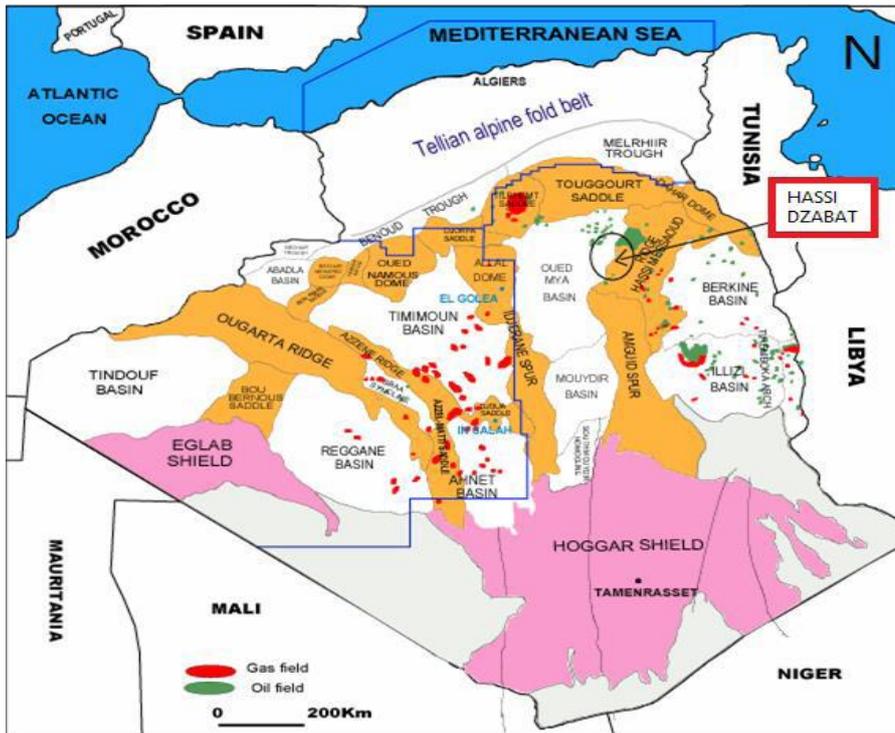


Fig.2 : situation du champ de Hassi Dzabat (Dép. EXP/SONATRACH, 2009)

### I.3.Stratigraphie de la région d'étude

La série litho stratigraphique complète de la région de Hassi Messaoud est constituée de dépôts paléozoïque, mésozoïque et le Cénozoïque.

#### I.3.1. - Le Paléozoïque

##### a. Cambrian

- **Cambrian Ra (3626m – 3667m)**

Représente par Grès blanc translucide, moyen à grossier, parfois micro-conglomératique, sub arrondi à sub anguleux, an isométrique, bien consolidé à compact, dur, avec fines passées d'Argile gris noire, silteuse, micacée, indurée.

- **Cambrien Ri (3596m – 3626m)**

Il constitué par Grès blanc fin à moyen, silico-quartzitique sub arrondi à arrondi, bien classé, compact, dur.

- **Zones Alternance (3564m - 3596m)**

Alternance d'Argile gris noire à noire, silteuse indurée, micacée, de Silt Stone gris beige, argileux, passant à Grès beige parfois blanc, silico-argileux, à argileux, friable, et de Grès blanc, très fin à moyen, silico-quartzitique à quartzitique, compact, dur.

**b. Ordovician**

- **Argiles d'El Gassi (3463m – 3564m)**

Représente à la base d'argile grise à gris noir, indurée silteuse, avec intercalations de Roches Eruptives, grises et gris-vert, altérées dures, avec inclusions de minéraux verts et fines passées de Grès gris blanc, fin, silico-argileux à siliceux, moyennement à bien consolidé, a la Sommet contient Argile gris noir à noire, indurée, silteuse, avec fines passées de Grès gris blanc et gris – vert, silico-argileux à siliceux, friable a moyennement consolide.

- **Grès d'El Atchane (3444m - 3463m)**

Ce sont des Grès gris-blanc à blanc très fin à fin, parfois moyen, silico-argileux, siliceux à silico-quartzitique, bien consolidé avec intercalations d'Argile grise à gris noir, indurée, silteuse.

- **Quartzites de Hamra (3341m-3444m)**

Constitué essentiellement par Grès blanc, fin, parfois moyen, sub anguleux, a sub arrondi, silico-quartzitique à quartzitique compact, dur, localement pyriteux, et chloriteux avec fines passées d'argile gris- noir a noire, indurée, silteuse.

Présence de grains de Quartz blanc, translucide, sub arrondi.

- **Grès d'Ouargla (3281m – 3341m)**

Ce sont des Grès gris-blanc à gris –beige, très fin à fin, silico-argileux, moyennement consolidé, et blanc, translucide, parfois gris – vert et gris –brune, fin à moyen, localement grossier, sub anguleux à sub arrondi, siliceux à silico-quartzitique, compact dur, avec passée d'argile grise à gris-vert et gris-foncé à gris-noir, indurée, silteuse, micacée.

Rares fines passées de roches éruptives bariolées, moyennement dures (3302-3308m). Traces d'éléments verts

**I.3.2 - Le Mésozoïque****a. Trias**

- **Roches Eruptives (3245m - 3281m)**

Ce sont des roches éruptives brunes et vertes, altérées, moyennement dures, avec passées d'argile brun rouge, indurée, fortement silteuse, légèrement carbonatée, et rares fines passées de grés blanc, très fin à fin, argileux, localement silico-argileux, friable à moyennement consolidé.

**b. Jurassique****• Lias Argileux (3190m-3245m)**

Représente à la base d'argile brun-rouge, grise à gris-foncée et gris-verte, indurée, silteuse.

Traces d'Anhydrite blanche, pulvérulente, dans le sommet contient Argile brun-rouge et grise à gris-foncée, indurée, silteuse, localement salifère avec rares fines passées de Sel translucide, parfois rosâtre.

**• Lias Salifère 3 (3018m-3190m)**

Il est représenté par Sel translucide, parfois rosâtre, massif, avec fines passées d'Argile grise à gris-verte et brun-rouge, tendre à indurée, silteuse, salifère.

**• Lias Salifère S1 + S2 (2775m-3018m)**

Ce sont de Sel blanc, translucide, parfois rosâtre, massif, avec passées d'Argile grise à gris-verte et brun-rouge, tendre à indurée, silteuse, et d'Anhydrite blanche, pulvérulente, localement, microcristalline, dure.

**• Lias Salifère (2696m - 2751m) + Horizon B (2751m - 2775m)**

Il est formé par Sel blanc, translucide, localement rosâtre, massif, avec passées d'Argile brun-rouge, tendre à indurée, silteuse, salifère, aussi Calcaire gris-blanc, microcristallin, moyennement dur à dur, argileux avec passées d'Argile grise à gris-verte, et brun-rouge, tendre à indurée, silteuse, légèrement carbonatée.

**• Lias Anhydritique (2472m - 2696m)**

Dans cette époque représente à la base d'anhydrite blanche, pulvérulente, parfois microcristalline, dure avec passées d'Argile grise à gris-vert, localement brune, tendre à indurée, silteuse, et la sommet formé d'argile grise, indurée, silteuse, dolomitique et Anhydrite blanche, pulvérulente, localement microcristalline, dure.

**• Dogger Lagunaire (2380m - 2472.m)**

C'est une succession de niveau d'anhydrite blanche, pulvérulente, localement microcristalline, dure avec passées d'Argile grise, indurée, silteuse, dolomitique et de Dolomie à Dolomie Calcaire gris beige à beige, microcristalline, moyennement dure.

**• Dogger Argileux (2149m - 2380m)**

Formé essentiellement par des Argiles grise à gris-vert et brune a brun-rouge, indurée, silteuse, carbonatée, avec passées de Dolomie à Dolomie- Calcaire gris-beige à beige, microcristalline, moyennement dure et d'anhydrite blanche, pulvérulente, localement, microcristalline, dure.

Traces a rares fines passe de Grès blanc a gris-blanc et gris-vert, fin a très fin, argileux à argile carbonate, friable.

- **Malm** (1906m - 2149m)

Dans cette époque formée par Argile grise à gris-vert et brune à brun rouge, indurée, silteuse avec passées de Dolomie Calcaire gris beige à beige, microcristalline, moyennement dure à dure et de Grès blanc à gris blanc, fin, argileux, friable à moyennement consolidé.

### **c. Crétacé**

- **Néocomien** (1685m - 1906m)

Il est formé par des Argile grise à gris-vert et brune à brun rouge, indurée, silteuse à silto-sableuse avec passées de Grès gris blanc à blanc et gris-vert, localement brun, fin, argileux, friable, avec rares fines passées de Dolomie gris beige à beige, microcristalline, moyennement dure.

- **Barrémien** (1408m - 1685m)

Il est représenté à la base par Grès gris blanc à blanc et brun, localement gris-vert, très fin à fin, parfois moyen à grossier, subarrondi, argileux, friable, avec passées de Sable blanc, translucide, fin à grossier, subarrondi à subanguleux et d'Argile brune, rarement gris-vert, indurée, silto-sableuse.

Traces de Pyrite et de Lignite, contient dans la sommet Sable blanc, translucide, fin à grossier, subarrondi à arrondi, avec fines passées de Grès gris blanc et brun, très fin à fin, argileux, friable et d'Argile grise à gris-vert et brun rouge, indurée, silto-sableuse.

- **Aptien** (1383m - 1408m)

Dans cette époque essentiellement par Calcaire blanc à gris blanc et beige, moyennement dur, parfois dolomitique, tendre, crayeux avec passées d'Argile grise à gris foncé, indurée, carbonatée, vers la base.

- **Albien** (1028m - 1383m)

Il est formé dans la base par Argile brune, localement grise, tendre à pâteuse, silteuse avec fines passées de Grès gris blanc à blanc, très fin à fin, argileux à silico-argileux, friable à moyennement consolidé, localement moyen grossier subarrondi à arrondi, siliceux, moyennement consolidé, dans la sommet constitué Grès gris, gris blanc à blanc, très fin à fin, argileux à silico-argileux, friable à moyennement consolidé, avec intercalations d'Argile grise à gris-vert, tendre à indurée, silteuse.

**Cénomaniens (801m - 1028m)**

Il est formé d'argile gris foncé, gris-vert et brune, tendre à indurée avec intercalations d'Anhydrite blanche, pulvérulente parfois microcristalline, dure et fines passées de Dolomie beige à gris beige, microcristalline, moyennement dure.

- **Turonien (709m - 825.m)**

Il est représenté par de Calcaire blanc, beige, localement gris blanc, crayeux, tendre, argileux.

- **Sénonien Salifère (573m - 709.m)**

Il est constitué par des Sels blanc, translucide, parfois rosâtre, massif avec fines passées d'Argile grise à gris verdâtre, tendre à indurée, salifère et de Dolomie beige à gris beige, microcristalline, moyennement dure à dure.

Présence d'un niveau d'Anhydrite blanche, pulvérulente parfois microcristalline, dure, vers la base.

Sel blanc, translucide, parfois rosâtre, massif avec fines passées d'argile grise à gris-vert, indurée, salifère, présence de niveaux d'anhydrite blanche pulvérulente, dure.

- **Sénonien Anhydritique (379m -573m)**

Alternance d'Anhydrite blanche, pulvérulente parfois microcristalline, dure, de Dolomie beige à gris beige, microcristalline, localement vacuolaire, argileuse, moyennement dure à dure et d'Argile grise à gris foncé, parfois brun rouge et gris-vert, tendre à indurée, légèrement dolomitique.

- **Sénonien Carbonaté (268m - 379m)**

Représente par Calcaire blanc, rarement beige, cristallin, moyennement dur, localement dolomitique. Avec fines intercalations de dolomie blanche microcristalline, et d'Anhydrite blanche, pulvérulente, dure.

### I.3.3- Le Cénozoïque

- **Eocène (188m - 268m)**

C'est formation carbonatée représentée par des Calcaires blanc, rarement beige, crayeux, cristallin par endroits, et trace de dolomie blanche, microcristalline, dure.

- **Mio-Pliocène (Partiel: 117m - 188m)**

Essentiellement constitué par des Sables transparent, translucide, moyen à grossier, parfois très grossier, sub-anguleux à sub-arrondi. Avec Calcaire: blanc, crayeux.

Calcaire dolomitique: blanc, microcristallin, dur avec abondance de sil

Ère	Sys	ETAGES	LITHO	Ep (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE		
<b>CZ</b>	<b>NEOG</b>	MIO PLOCENE		239	Recouvrement sableux avec alternances d'argiles, calcaires et marnes sableuses		
		EOCENE		122	Calcaire dolomitique à silex		
<b>MESOZOIQUE</b>	<b>CRETACE</b>	<b>SENONIEN</b>	CARBONATE		107	Calcaire dolomitique argileux, anhydrite à passées de dolomie	
			ANHYDRITIQUE		209	Anhydrite, marne, dolomie	
			SALIFERE		149	Sel massif à intercalations d'argiles et marnes	
		TURONIEN		112	Calcaire tendre crayeux, dolomitique et argileux. Nappe d'eau salée		
		CENOMANIEN		147	Anhydrite, marne, dolomie, calcaire et argile		
		ALBIEN		362	Grès à intercalations d'argiles silteuses. Nappe d'eau douce		
		APTIEN		24	Dolomies cristallines et calcaires		
		BARREMIEN		276	Grès fins à moyens, carbonatés, intercalés de niveaux d'argiles		
		NEOCOMIEN		182	Argiles à intercalation calcaire et/ou dolomie, grès à passées argileux		
		MALM		226	Argiles et marnes intercalées de calcaires; dolomie et grès		
		<b>JURASSIQUE</b>	<b>DOGGER</b>	ARGILEUX		107	Argiles tendres, marnes dolomitiques à rares passées gréseuses fines
				LAGUNAIRE		211	Anhydrite, Dolomie, et argiles tendres à marnes grises
	<b>LIAS</b>		LD1		66	Dolomies, anhydrites à passées d'argiles et de calcaires	
			LS1		90	Argiles plastiques brunes salifères à passées de sel et d'anhydrite	
			LD2		55	Dolomies à passées marnes grises	
			LS2		58	Sels translucides à quelques passées de marnes grises	
	LD3		31	Marnes grises à passées de dolomies			
	<b>TRIAS</b>	<b>SALIFERE</b>	TS1		46	Alternance de sel d'anhydrite et de dolomie	
TS2				189	Sel massif à intercalation d'anhydrite et argile		
TS3				202	Sel massif avec traces d'argiles		
ARGILEUX			113	Argiles rouges dolomitiques ou Silteuses injectée de sel et anhydrite			
GRESEUX			0 à 35	Grès fins à moyens à ciment argileux			
ERUPTIF		0 à 92	Andésite				
<b>PALEOZOIQUE</b>	<b>ORDOVICIEN</b>	Quartzites d'El Hamra		75	Grès quartzitiques fins présentant de la glauconite et de l'anhydrite		
		Grès d'El Atchane		25	Grès fins feldspathiques et glauconieux		
		Argiles d'El Gassi		50	Argile verte ou noire à graptolites		
		Zone des Alternances		18	Alternances d'argiles et de grès quartzitiques avec glauconite et tigillites		
	<b>CAMBRIEN</b>	R Isométriques		42	Grès isométriques à plages de quartzites; présence de tigillites		
		R Anisométriques		125	Grès quartzites anisométriques moyens à grossiers à ciment argileux et siliceux avec stratifications obliques a entrecroisées		
		R 2		100	Grès moyens à grossiers parfois micacés à ciment argileux illitiques		
		R 3		370	Grès feldspathiques et micacés grossiers à ciment argileux		
Infra Cambrien		45	Grès argileux rouges				
SOCLE			Granite porphyroïde rose				

Fig.3 : Colonne litho-stratigraphie de Hassi Dzabat (SONATRACH, DP, 2005)

## I.4. Evolution structurale

Toute la province triasique en l'occurrence la région de Hassi Messaoud et de sa périphérie tels que la structure Hassi Dzabat a connu des mouvements tectoniques et de structurations intenses. Ces déformations ont eu lieu durant hercynienne la phase Post Hercynienne.

La phase Orogénique hercynienne responsable du soulèvement du Môle d'Amguid El Biod Hassi Messaoud, a été à l'origine de la remontée régionale du bassin paléozoïque en relation avec des mouvements de flexuration du bassin de grande amplitude, Ces mouvements ont provoqué un soulèvement régional du bassin vers l'est ce qui a engendré une érosion intense des séries paléozoïques. Ces phénomènes ont provoqué une érosion sous la Discordance Hercynienne. Par conséquence toutes les séries, du Carbonifère, du Dévonien et du Silurien sont totalement érodées sur le champ de Hassi Dzabat.

La roche mère du Silurien est préservée Sur les flancs du Mole Amguid El Biod, alors qu'elle disparaît par biseau sous la Discordance Hercynienne en direction du secteur de Hassi Dzabat. Ce même phénomène caractérise toute la zone Haute située sur l'axe Haut Hassi Messaoud - El Gassi, où même tout l'Ordovicien ainsi que le Cambrien supérieur se trouvent érodés par la Discordance Hercynienne.

Une phase autrichienne d'âge Trias-Lias connue comme phase de structuration secondaire de moindre intensité que la phase Hercynienne responsable de la reprise des failles d'âges hercyniennes jouant un rôle dans la configuration structurale actuelle des réservoirs du Cambro-Ordovicien. Ces failles sont en particulier réactives à cette époque donnant lieu à un schéma structural d'axe principal celui du trend structural de Zotti/El Gassi/El Agreb et Hassi Dzabat.

Les mouvements de cette seconde phase qui est la phase Autrichienne ont conduit à une variation des épaisseurs des puissantes séries salifères du Lias liée

À la nature des failles surtout les failles normales avec un épaissement des formations à l'approche des plans de ces flexures. (Sonatrach HMD induction ,2015)

L'image structurale actuelle de la structure de Hassi Dzabat suite à l'interprétation de la sismique 3D est représentée par un axe structuralement en forme de Horst limité par une faille majeure à l'Est. Cet Axe en Horst situé sur l'axe structural remontant en direction du horst d'El Gassi, plusieurs culminations sont individualisées. (Sonatrach HMD induction ,2015)

## Intérêt Pétrolière

Intérêt pétrolière de la région de Hassi Dzabat est intimement lié sa position dans un environnement pétrolier très favorable, et où réservoir Ordovicien (Quartzite de Hamra)

### I.5. Système Pétrolier

La structure de HDZ est définie comme étant un piège de type structural (anticlinal allongé de direction NE-SW), bordée dans sa partie Est par une faille de même direction ; elle présente une superficie de 40 km<sup>2</sup> sur une amplitude de 60 m. (Hassaine M,2019)

#### 1.5.1. Roche mère

Le Silurien représente la principale roche mère par sa richesse en matière organique dont le COT atteint 14%, et de son état de maturation. Par contre son extension ne couvre pas la totalité du bassin. Les analyses des extraits de matière organique présentent les caractéristiques d'une huile légère d'origine marine déposée dans un milieu réducteur. Elle est en phase à huile à l'ouest et le Nord Est, et au stade à gaz sec au Sud-Ouest de bassin d'oued Mya. Les autres roches mères possibles ou éventuelles dans l'Ordovicien peuvent être représentées par les argiles d'Azzel, d'El-Gassi. Les argiles micro-conglomératiques. Elles ont une faible richesse en matière organique car leur COT est inférieure à 1%.

#### 1.5.2. Roche Réservoir

Le réservoir ordovicien (Quartzite de Hamra) productif dans les puits HTF1, HTF2, HTFN1, HDZ2 et FTF3 est le réservoir principal. La couverture régionale est assurée par les séries Argilo-salifères du Trias et du Lias.

#### 1.5.3. Roche Couverture

Les formations argilo-salifères du Lias et les roches éruptives de Trias, constituent d'excellentes roches couverture pour les Quartzites de Hamra. Localement le Cambrien (Ri+Ra) à pour couverture les argiles d'El-Gassi (voir Figure 4).

**I.5.4. Les Pièges** Cette structure est définie comme étant un piège de type structurale (Horst anticlinal faillé).

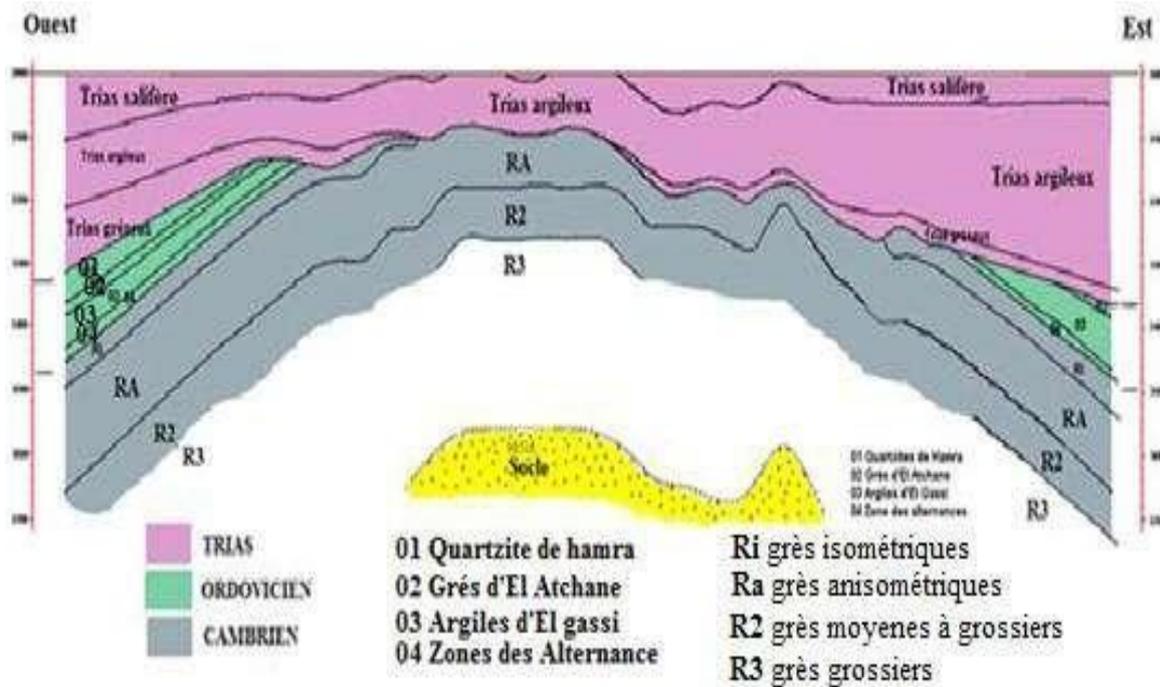


Fig 4 : Coupe Ouest-Est de la structure de Hassi Messaoud au niveau du réservoir (Document Sonatrach).

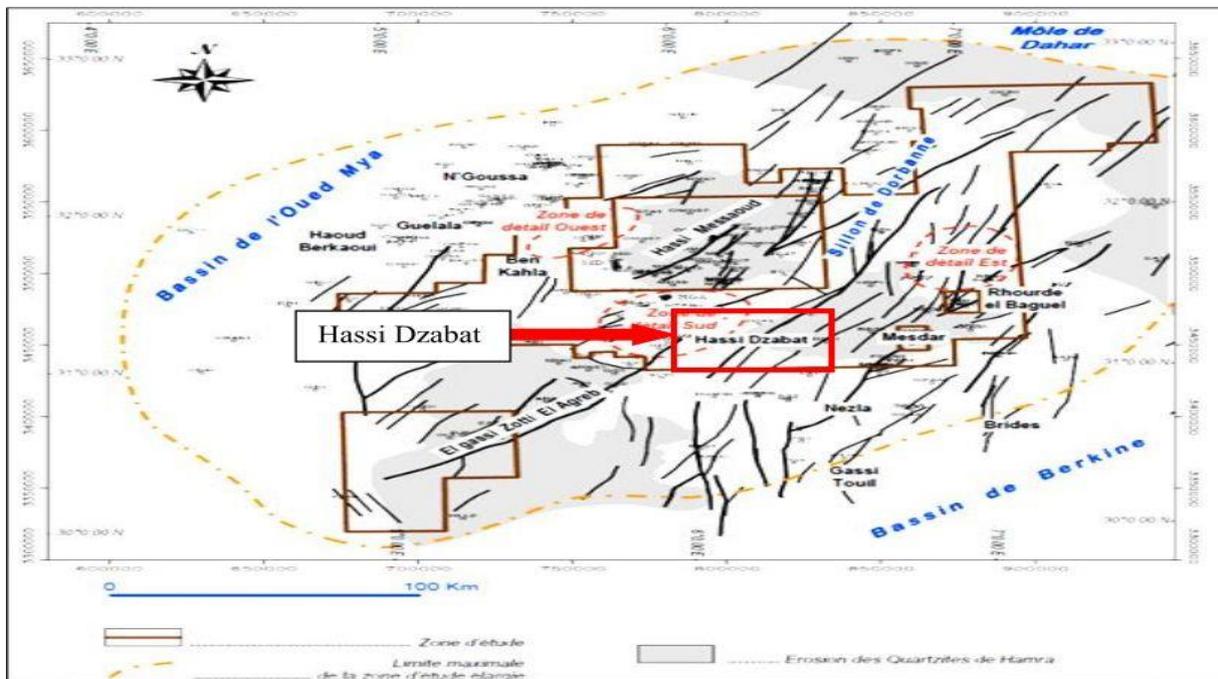


Fig 5 : Carte Structurale de la région d'étude (Rapport fin Sondage 2014)

# CHAPITRE II

CT-Scanning et imagerie de fond.

---

## I. Service Imagerie et CT-Scanning

Ce service contribue à la conservation du patrimoine national en matière de carottes qui représente un héritage des plus précieux pour l'industrie pétrolière dans le domaine de la recherche et du développement des gisements d'hydrocarbures.

Le temps détruisant inexorablement la roche fragilisée par son extraction de son milieu naturel et exposée à la pression atmosphérique (décompression).

Le remède à tous ces maux ne peut donc relever du miracle, mais il doit pour permettre aux générations futures d'étudier les carottes en ayant une référence sur laquelle se baser. Cette dernière n'est autre que la photographie. Selon la demande du client, chaque sondage est photographié :

- Sous lumière blanche pour archives
- Sous lumière Ultra-Violet pour mettre en relief les zones fluorescentes

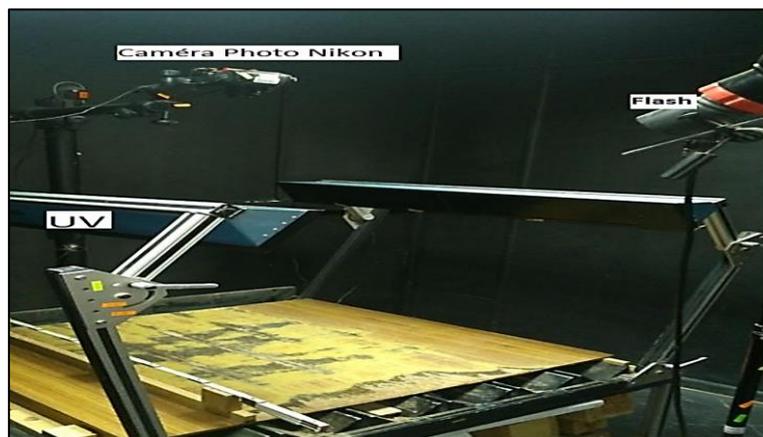
### I.1. Photographies des carottes sous lumière blanche à haute résolution

- Appareillage :

Il s'agit d'une caméra numérique Nikon voir **(Fig.6)**.

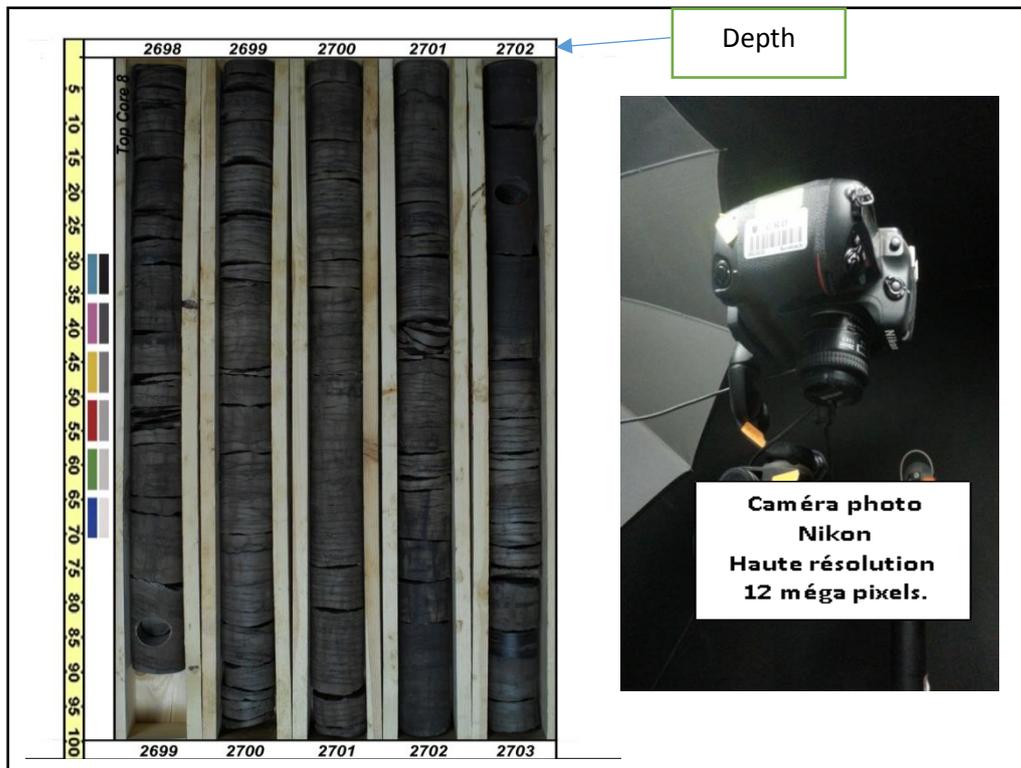
Cet appareil donc permet de :

- Avoir une Très bonne qualité de la photo.
- Avoir une data base photographique.



**Fig. 6** : Appareillage d'imagerie sou Lumière blanche LB et ultra-violet

➤ **Le résultat de cette opération** génère un album photo qui sera destiné à l'archivage comme le modèle suivante (Fig.7).



**Fig.7** : modèle d'une photo prise sous la lumière blanche dans canevas du service Imagerie

➤ **Méthodologie**

Les carottes sont disposées dans l'ordre sur un gabarit (post de photographie) spécialement aménagé puis photographiées par lots de 4 ou 5 caisses à la fois en fonction du diamètre de la carotte ; Ensuite la photo sera traitée sous Photoshop pour l'amélioration des couleurs et des contrastes. Les résultats de cette opération seront mobilisés dans un fichier de base nommé selon le propos demandé, puis ils seront destinés à l'archivage comme les modèles ci-dessous : (carotte complet, slabée ou Plugs).

**I.2. Photographies des carottes sous Ultra-Violet**

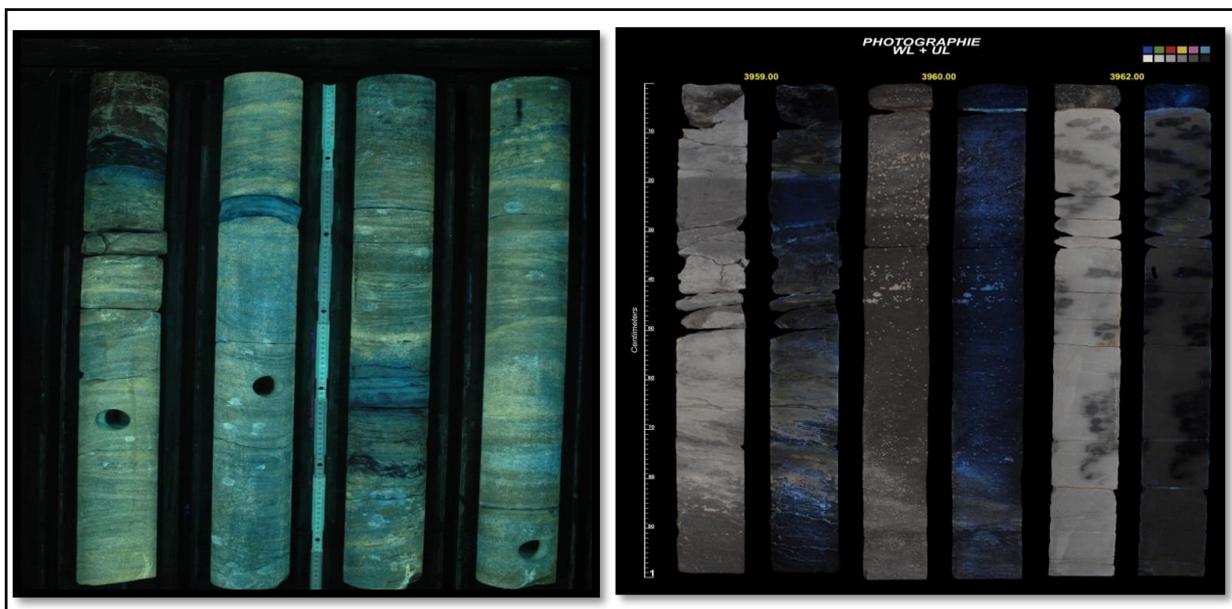
Pour la photographie en UV on utilise un appareil photographie type Nikon numérique professionnel, un tableau noir pour y souscrire les références requises et on substitue des projecteurs par une source de lumière ultra violette fournie par deux tubes néons voire **Fig.7 et Fig.8**

➤ **Méthodologie**

- Disposer les caisses dans le champ de l'objectif (Soit 05 caisses de petit diamètre ou 04 caisses de grand diamètre).
- Une barre de couleur est photographiée pour servir de référence en cours de développement.
- Les profondeurs sont indiquées sur chaque caisse à l'aide d'étiquettes en négatif réalisées par micro sauf pour la photo en lumière blanche où tout est informatisé.

➤ **Résultats obtenus**

- Les photographies font l'objet d'un rapport pour chaque sondage.



**Fig.8** : Résultat obtenue par photographie UV

**I.3. Photographie sous 360° (CoreScan™ III). Appareillage**

Le CoreScan III™ est un nouvel outil qui présente quelques avantages importants, par la qualité de l'image qui rend une interprétation très précise (la résolution peut atteindre jusqu'à 1000 dpi), il permet aussi une analyse des structures et Analyse quantitative des Fractures voir (Fig.9).



Fig.9: CoreScan™ III

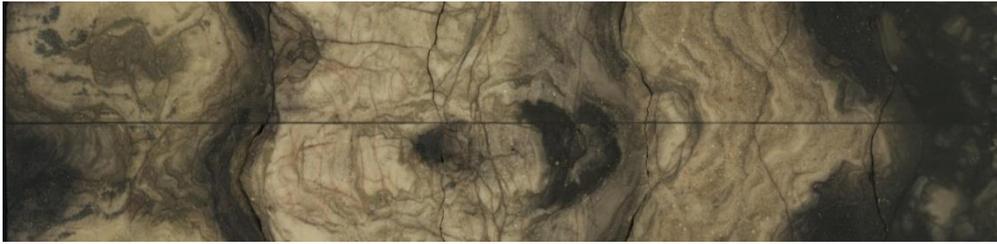
### ➤ Méthodologie de CoreScan™ III

#### On procède de la manière suivante

- Préparation des étiquettes de référence pour chaque mètre de carotte.
- Tracé une ligne génératrice.
- Référencer l'intervalle par son étiquette et prise de la vue.
- Obtention d'une image étalée de la carotte.
- Ce nouveau Système d'acquisition numérique CoreScan™ III est basée sur une résolution élevée (jusqu'à 40 pixels / mm)
- Images de base sur différentes échelles de l'ordre de mm et inférieur
- Permettent de décrire les propriétés lithologiques et physiques de la roche. L'utilisation de ce système d'imagerie numérique s'est avéré être précis, rapide, et donc économique.

### ➤ Résultats obtenus

Le produit de cette opération se traduit par une image (**Fig. 10**) représentant la surface latérale pour chaque mètre de carotte, ces photos sont digitalisées (scannées) et sont intégrées dans les stations de travail pour être interprétées conjointement avec les images de puits sur **CoreBase2**.



**Fig.10** : photo de 01 mètre de carotte prise sous 360° avec CoreScan™ III

Logiciel **CoreScan** est livré avec la puissante suite logicielle CoreBase et CoreStructure

### Les principales fonctionnalités

Comprennent la gestion, l'organisation et la visualisation des carottes numérisées, l'analyse des carottes, l'échantillonnage des carottes, les données d'enregistrement, la description des carottes, l'évaluation structurelle et l'affichage des images.

✚ De plus, le logiciel agit comme un système de gestion de données pour toutes les données relatives aux carottes de forage et aux trous de forage/puits. L'accessibilité en ligne de la bibliothèque numérique de carottes de forage garantit un accès rapide aux données et un échange organisé d'informations, Il présente quelques avantages importants :

- La qualité de l'image qui rend une interprétation très précise (la résolution peut atteindre jusqu'à 1000 dpi),
- Permet aussi une analyse des structures et Analyse quantitative des Fractures.
- Permet Une étude pendage métriques des fractures (dans le but d'orienter les carottes provenant du chantier pas orienté.)
- Ce type d'imagerie aide à limiter l'orientation structurale et sédimentaire de la carotte.
- Le logiciel permet d'évaluer les structures géologiques grâce à des procédures d'échantillonnage (stratification, foliation, joints, failles, fissure, etc.) et toutes les structures identifiées peuvent être calibrées et orientées vers le nord par rapport aux enregistrements géophysiques.

➤ **Méthodologie de traitement sous CoreBase2**

La première des opérations est de caler en profondeur les carottes. Pour cela nous utilisons l'apport du Gamma- Ray de puits (**Fig.11**) Un calage plus affiné peut-être réalisé lors du traitement séparé de chaque image en utilisant le **CoreBase 2**. L'étape suivante consiste à corrélérer les événements géologiques visibles sur carotte avec ceux apparaissant sur les images de fond

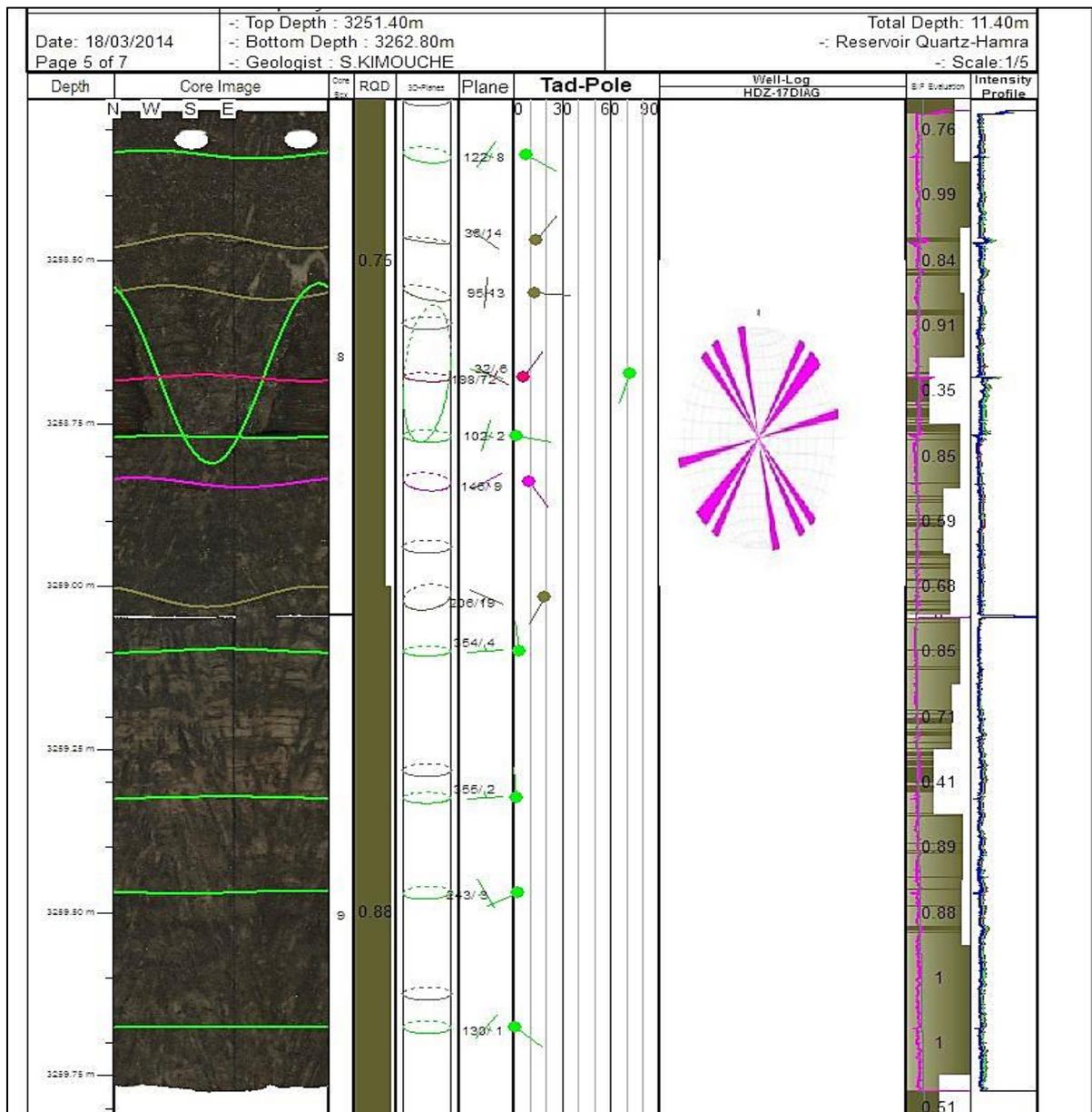


Fig. 11 : colonne de traitement de carotte sur CoreBase II.

Pour comparer et traiter l'imagerie du fond et l'imagerie du carotte, nous appuyons sur le Programmer TECHLOG avec l'extension de comparaisent normal (Fig.12):

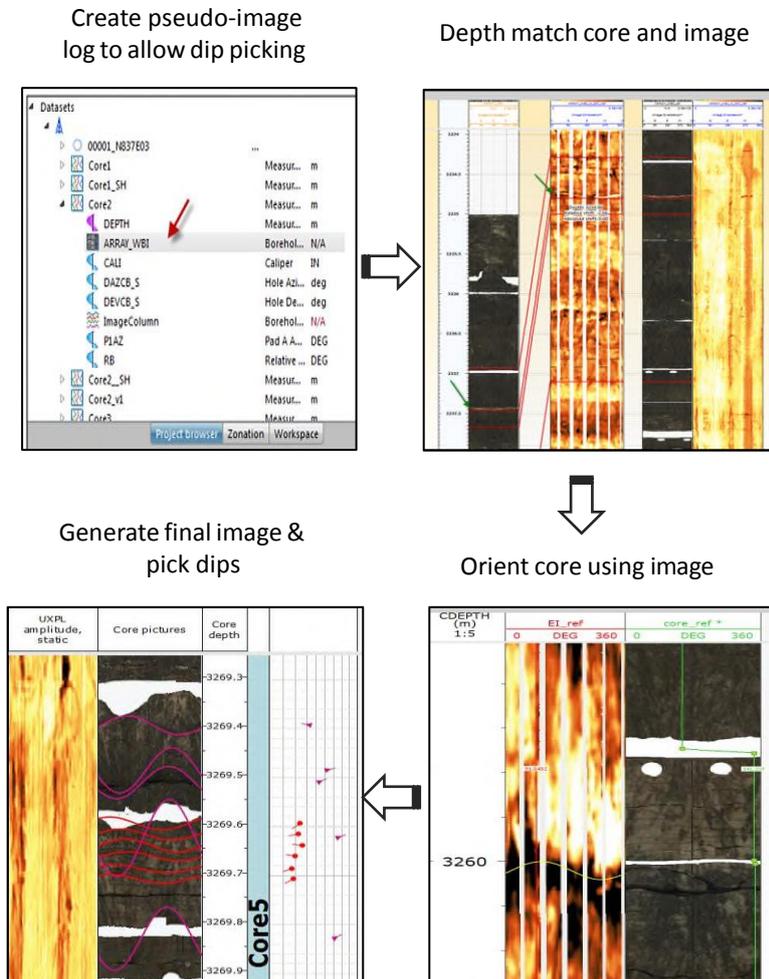


Fig. 12: Core photo methodology –picture treatment in Techlog

### I.3 CT-Scanning

Il s'agit du Discovery CT Scanner HD 750.

Est un appareil développé initialement pour le domaine médical, pour la tomographie et scanning du corps humain, et qui marche avec une source des rayons X.

Le mot CT est un mot anglais signifie :

C : computerised.

T : Tomography (Tomographie).

Les Pétroliers ont découvert la possibilité d'utiliser ce Scanner dans les domaines géologiques pour scanner les carottes en haute résolution. Il nous permet de procéder à l'acquisition des données de scanning sur carottes en hautes résolution, et de calculer les paramètres pétro physiques tel que la porosité de la carotte. Et d'autres paramètres, on cite par exemple la géomorphologie des pores et la pression capillaire (**Fig.13**).



**Fig.13** CT-Scanner HD750

## **I.4 imagerie de fond**

### **1. Définition de l'imagerie des parois de puits**

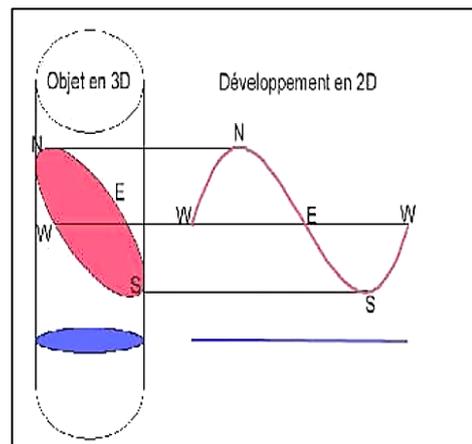
En effet l'imagerie acoustique et électrique fait un pas considérable dans le domaine de la reconnaissance des formations en sub-surface tout en apportant des réponses aux questions qui bien souvent ont fait l'objet des polémiques dans l'interprétation des milieux de dépôts. Cet apport se résume en une meilleure connaissance de la tectonique du gisement, des couches (pendage et azimut) ainsi qu'une meilleure approche dans le domaine de la fracturation. La maîtrise de l'imagerie de fond est une garantie pour une fiabilité des interprétations des phénomènes géologiques tout au long de leur formation en corrélation avec les données des carottes (imagerie de surface).

Comparées aux diagraphies classiques, l'imagerie se base sur la multiplication des mesures dans le même endroit et en un temps réduit ; ce qui lui permet d'offrir une information détaillée de toute la paroi (couverte par fois jusqu'à 100%). Son avantage principal est la possibilité d'orienter l'image obtenue par rapport au Nord magnétique dans un puits vertical, et au Top du trou dans un puits horizontal.

### **2. L'imagerie est indispensable pour (Fig.14)**

- La représentation complète du trou par image 360°.

- La détermination de pendage.
- La détection des fractures et les failles, ainsi que leurs types et leur orientation.
- La détermination de la limite grés/argile, des intervalles de stratification minces.
- Fournit des données du diamètre du trou avec une haute résolution acoustique.
- Donne une image sur la géométrie de la paroi du trou.
- Fournit une image détaillée du trou, avec une boue salée et une boue à base d'huile.
- Fournit l'orientation et la corrélation des carottes



**Fig.14** Un plan incliné est représenté par une ligne sinusoïdale, par contre un plan horizontal est représenté par une ligne droite.

### 3. Développement de l'image

Au fond d'un trou, l'outil enregistre des événements géologiques (plan de stratification, faille, fracture, ...etc.) représentés géométriquement par des plans dans les trois dimensions de l'espace ; ces mêmes événements seront représentés par une ligne dans une image à deux dimensions. Ce développement se fait selon le schéma ci-dessous.

### 4. Les outils d'imagerie utilisés

- ✓ Les outils d'imagerie de forage à haute résolution ont plusieurs avantages par rapport Au carottage conventionnel.
- ✓ Les images sont continuées et peuvent être collectées à partir de n'importe quel intervalle.
- ✓ Les images sont orientées dans l'espace 3D, permettant de déterminer les différentes caractéristiques géologiques.
- ✓ La profondeur d'image est contrôlée avec précision, un grand avantage par rapport aux Données des carottes traditionnels dans des situations de reprise partielle comme carottage dans des réservoirs faillées ou fracturé.

✓ Il existe actuellement une grande variété d'outils d'imagerie disponibles, bien que ceux principalement se répartissent en deux catégories : les outils d'imagerie de résistivité et acoustique.

## 5. LES OUTILS D'IMAGERIE UTILISES

Les outils d'imagerie à haute résolution ont plusieurs avantages par rapport au carottage conventionnel. Les images sont continuées et peuvent être collectées à partir de n'importe quel intervalle. Les images sont orientées dans l'espace 3D, permettant de déterminer les différentes caractéristiques géologiques. La profondeur d'image est contrôlée avec précision, un grand avantage par rapport aux données des carottes traditionnelles dans des situations de reprise partielle, comme carottage dans des réservoirs faillées ou fracturé. Il existe actuellement une grande variété d'outils d'imagerie disponibles, bien que ceux-ci se répartissent en deux catégories les outils d'imagerie **électriques** et ceux **acoustiques**.

### 5.1. Outils d'imagerie acoustique utilisent

Un transducteur piézoélectrique à rotation rapide pour émettre une impulsion sonore à haute fréquence ciblée de la paroi du trou. L'outil d'imagerie acoustique enregistre ensuite l'amplitude de l'écho de retour ainsi que le temps de déplacement total de l'impulsion sonore (**Fig.15**)



**Fig.15:** Outie UBI "Ultrasonic Borehole Imaging"

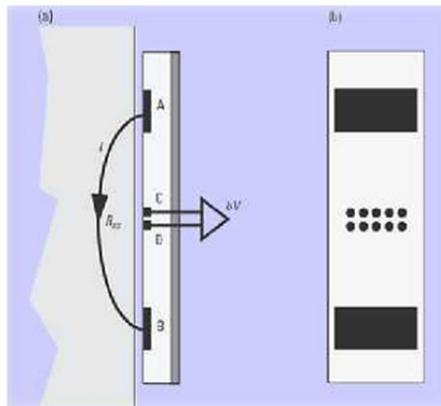
**5.2. Outlie CBIL “Circumferential Borehole Imaging Log”** Outil CBIL il se base sur le principe physique (émission et réception des ondes acoustiques) pour produire une image en continu des parois d’un pu ils tubé ou non tubé. L’outil comprend un transducteur Acoustique monté sur une section rotative il envoie puis détecte l’impulsion acoustique réfléchié par la paroi du trou. **(Fig.16)**



**Fig.16:** Outlie CBIL “Circumferential Borehole Imaging Log”

**5.3. Outils de l’imagerie électrique**

Le corps inférieur de l’outil émet un courant appelé EMEX (pour Emettre-Exciter), dans la formation. Une très faible partie de ce courant passe par les électrodes et donne les courbes enregistrées, représentant les contrastes de micro résistivité aux limites des couches ou aux fractures traversant le sondage. **(Fig.17)**



**Fig.17 :** Principe de fonctionnement de l’outil électrique

### 5.4. L'Earth imager est un outil d'imagerie électrique

De la compagnie internationale Baker Atlas conçu spécialement pour les enregistrements dans la boue non conductrice (boue à huile). Cet outil est constitué de six bras où chacun portant un patin qui transmet un courant dans la formation à travers 10 boutons d'électrodes (**Fig.18**).



**Fig.18:** L'outil Earth Imager (Coure IAP)

### 6. Inconvénients de l'imagerie

- Une technique très couteuse.
- Couvre une petite surface au Toure du puits.
- Risque de raté des enregistrements (mal fonctionnement des outils) sur tout dans la boue a base huile.
- Nécessite-les donnez d'autre technique (les carottes, logging while drilling) pour bien interprété ces donnez.

### 7. Interprétation des images des différents outils d'imagerie

- ✓ Géométrie et forme des bancs (épaisseur, limite de bancs et forme).
- ✓ Organisation interne du banc (texture, structure interne).
- ✓ Evolution de l'épaisseur et nature des bancs.
- ✓ Diagenèse (cimentation, concrétions nodulaires, pression solution, dissolution).
- ✓ Environnement de dépôt (faciès, figures de sédimentation, évolution des courbes).
- ✓ Tectonique, déformation des bancs (fracture, pendage structural, évolution du pendage structural, discordance).
- ✓ Carottage (orientation, localisation des carottes latérales).
- ✓ Propriétés pétro physiques (type de pore, perméabilité).
- ✓ Interpretation quantitate

# CHAPITRE III

Analyse de la fracturation par l'imagerie de  
carottes comparaison avec l'imagerie de fond

---



**A) Analyse de la fracturation**

Le traitement et analyse de la fracturation naturelle de Réservoir QUARTZIT EL HAMRRA représente sur deux types des données :

- Les photos de carottes ont 360°
- Imagerie de fond (BOREHOLE IMAGER)

**A) 1) Définition**

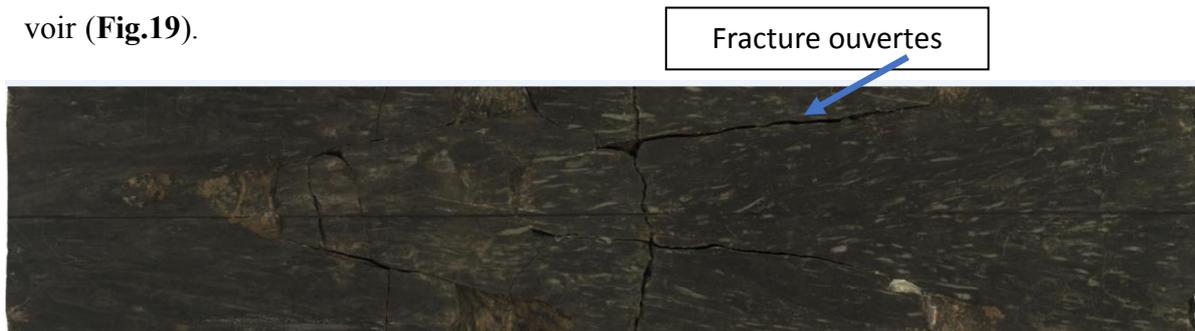
Terme général désignant toute discontinuité mécanique quel que soit la nature, l'échelle et les mouvements sur la roche. Ce terme peut désigner les fractures, failles....

Il existe deux types de fractures

**A) 2) Les fractures naturelles**

**2) 1) Fractures ouvertes (Open fractures)**

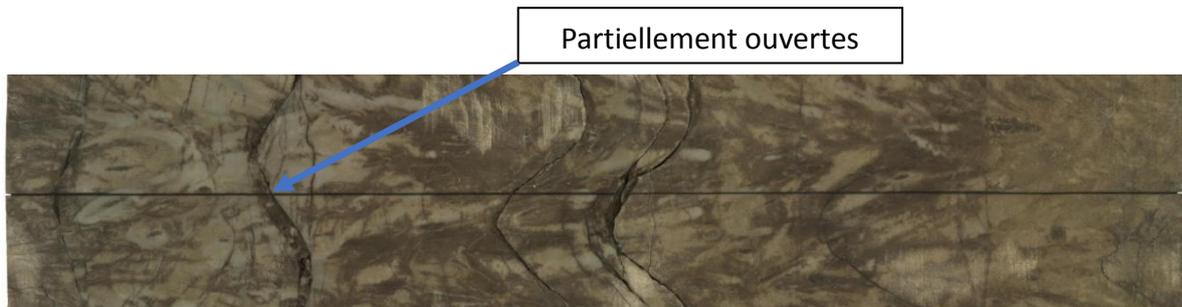
Fractures possédant un espace poreux ou des cavités connectées ou non aux autres fractures voir (Fig.19).



**Fig.19:** types de fractures ouvertes dans le puits HDZ-17

**2) 2) fracture partiellement ouvertes**

Sont partiellement remplies par des minéralisations ou par un colmatant (Fig.20)



**Fig.20:** types de fractures partiellement ouvertes dans le puits HDZ-17

3) 3) **Fractures cimentée**

Fractures dont l'ouverture a été suffisamment remplie par des minéralisations ou d'autre types de colmatant pour réduire la perméabilité de fracture initiale voir (Fig.21).



Fig.21: types de fracture fermée dans le puits HDZ-17

A) 3) **Les fractures induites**

Les fractures induites sont des fractures provoquées lors des différentes opérations de forage qui peuvent être dues à :

- La pression hydrostatique de la boue de forage.
- L'hydratation de certains minéraux.
- Les contraintes horizontales fortes produisant les fractures verticales.
- Les zones faibles des carottes

A) 4) **Détermination des fractures induits et des Anomalie (Breakout)**

Les breakout se sent des forces exercées sur la formation au niveaux de sub-surface, à cause de mouvement tectonique provoquer des changements de diamètre de puits.

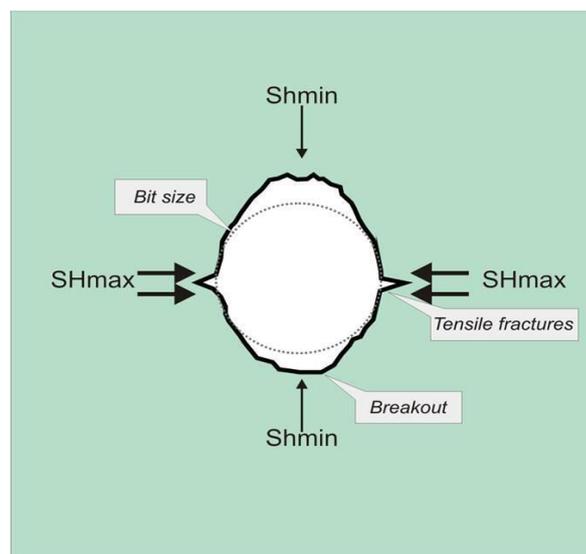


Fig.22.Direction des contraintes minimal et maximal (Breakout)

A) 5) Observation les breakouts sur l'imagerie de fond

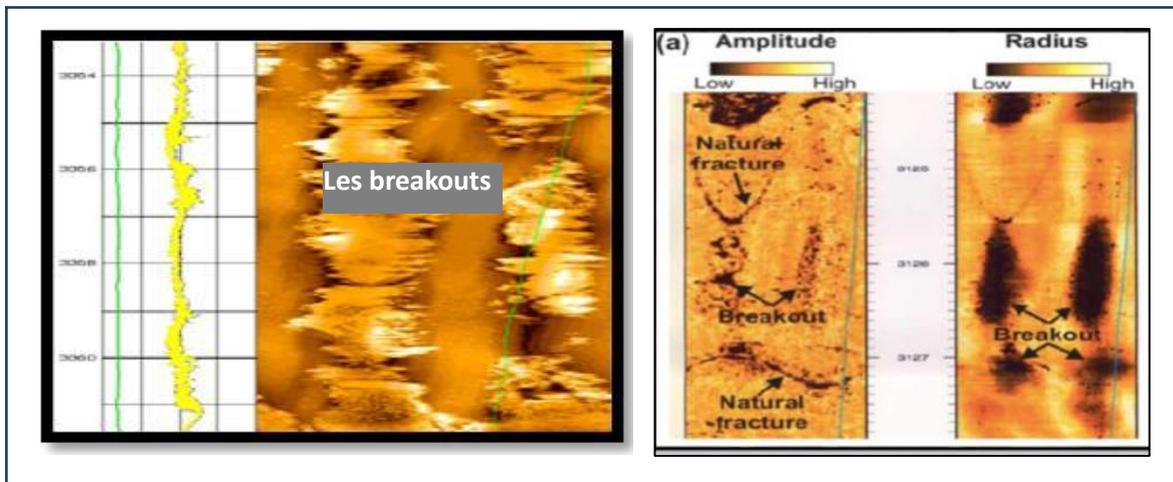


Fig.23 : Les breakouts sur l'imagerie de UXPL AMARI. G. (2013)

Sont des zones de faiblesse due à la déformation d'un puits sous l'effet des contraintes tectoniques. Les « breaks outs » Elles sont marqués par l'élargissement du trou dans la direction de la contrainte horizontale minimale ( $\sigma_{H-min}$ ) Sur l'image ils apparaissent comme deux zones sombres à 180° l'une de l'autre.

A) 6) Identification de fracture à partir d'une imagerie de fond

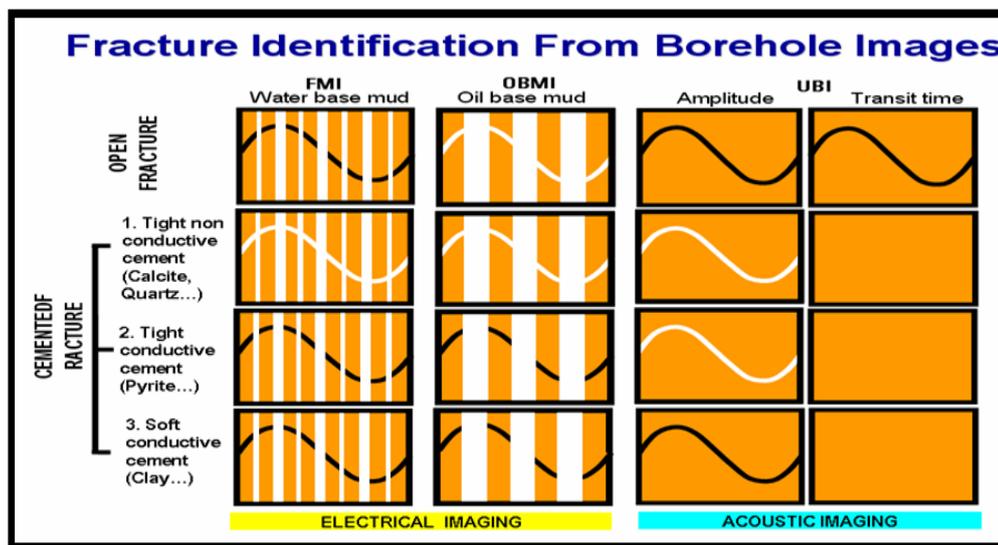
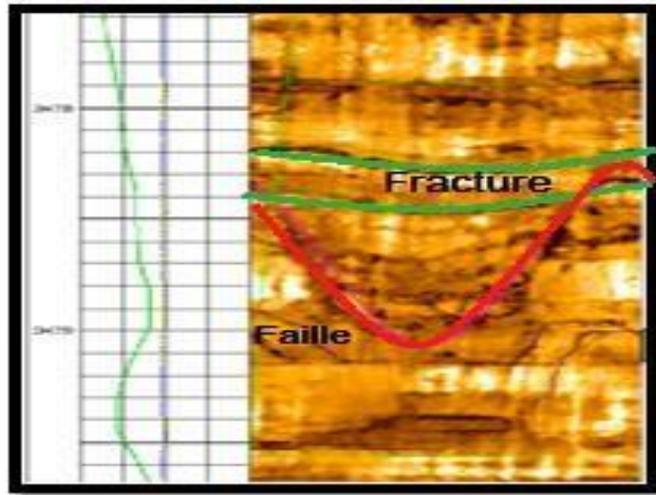


Fig.24: schéma représente les différents types des fracture qu'il que soit électrique image ou acoustique image

Pour bien caractériser les différents types des fractures il est indispensable de combiner les outils acoustiques aux outils électriques. La figure ci-dessus montre en détail la complémentarité des images acoustique et électrique en face de différents types de fractures

**A) 7) Détermination des failles**

Sur une image de fond, les structures sinusoïdales représentent des traces de fractures naturelles inclinés ou des failles planes donc les failles ont la même allure que les fractures avec une empreinte plus intense, elles sont souvent accompagnées de fissures et montrent un déplacement de compartiments. Les brèches aussi sont des indicateurs de la présence d’une faille.



**Fig.25:** Les failles et les fractures

**B) Cas de puits HDZ-17**

**B) 1) Location et les informations de puits**

Quelque information de Puits de HDZ-17 dans le tableau ce dessus :

<b>Location</b>	Algeria
<b>Field name</b>	Hassi D’Zabat
<b>Well name</b>	HDZ-17
<b>Well section</b>	6in
<b>Latitude</b>	31° 09’ 55.22’’ N
<b>Longitude</b>	05 ° 58’ 02.78’’ E
<b>Mud density</b>	1.47 g/cc
<b>Mud type</b>	OBM
<b>Interval (EARTH Imager)</b>	3089.6-3316.8m (227m)
<b>Interval (UXPL)</b>	3087-3327.3m (240m)

**Tableau 1 :** représente les informations sur le puits.

**B) 2) Analyse et caractérisation de la fracturation à partir des carottes**

L’analyse des donnés carottes a été effectué sur le puit HDZ-17. Intervalle carottier est de 2235m jusqu’à 3300m. Où le taux de récupération est montré dans le tableau

Ci-dessus (Tab.2):

Core #	Core depth (m MD)	Recuperation (%)	Formation
Core 1	3235-3241	94	Q. Hamra
Core 2	3241-3243.4	64.7	
Core 3	3243.4-3251	96.7	
Core 4	3251.4-3264.4	77.5	
Core 5	3264.4-3273	86.0	
Core 6	3273-3282.5	100	
Core 7	3282.5-3287.5	100	
Core 8	3287.5-3300	100	

Tableau 2 : représente les intervalles des carottes.

**C)Analyse et caractérisation de la fracturation à partir d’imagerie de fond**

**LES SYMBOLES**

Après l’opération de l’imagerie de fond, nous utilisent Qu’Il que symbole pour repérer les couches, fractures, Break-out.

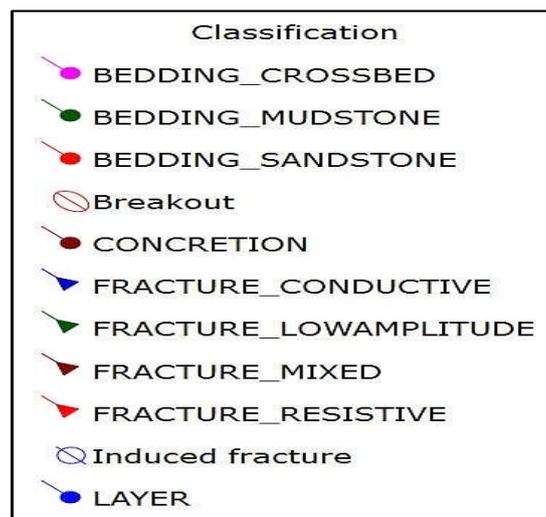


Fig.26: Classification des Symboles

**C )1) Les fractures naturelles**

Deux principaux types des fractures ont été observés dans le Hamra Quartzite de puits

HDZ-17 :

1) 1) **Fractures considérées comme conductrices fractures**

Observé sur l'image de résistivité (Figure 1) sont possibles être cimentées avec un minéral conducteur (par exemple : calcite, Quartz, ou pyrite).

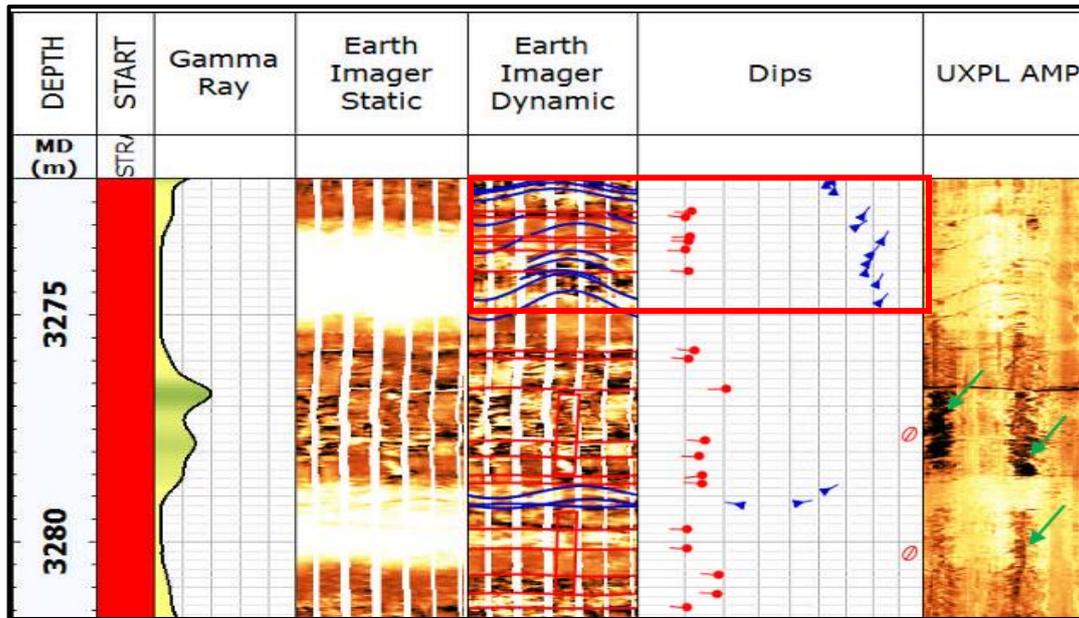


Fig.27: Exemple de naturel conductrice fracture à partir de l'image Electrique.

1)2) **Fractures avec une faible amplitude (ouvert)**

Contrastent sur l'image acoustique sont susceptibles d'être ouverts (Figure 2) Les fractures plus importantes peuvent présenter un contraste résistif alors que la plupart n'apparaissent pas sur l'image de résistivité.

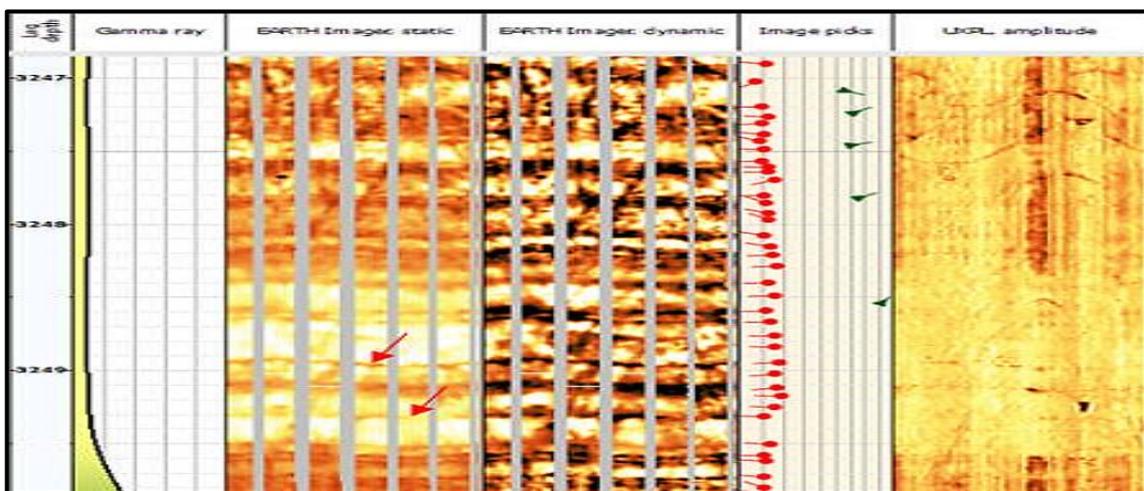


Fig.28: Exemple des fractures naturel faible amplitude a partir d'image acoustique.

C) 2) **Surface de discontinuité**

Après le traitement d'imagerie de fond dans le puits HDZ-17, nous avons remarqué la discontinuité des couches se forme un changement progressif de l'angle de pendage du litage pourrait être interprété comme une traînée liée à la discontinuité zone dans la profondeur de 3285m.

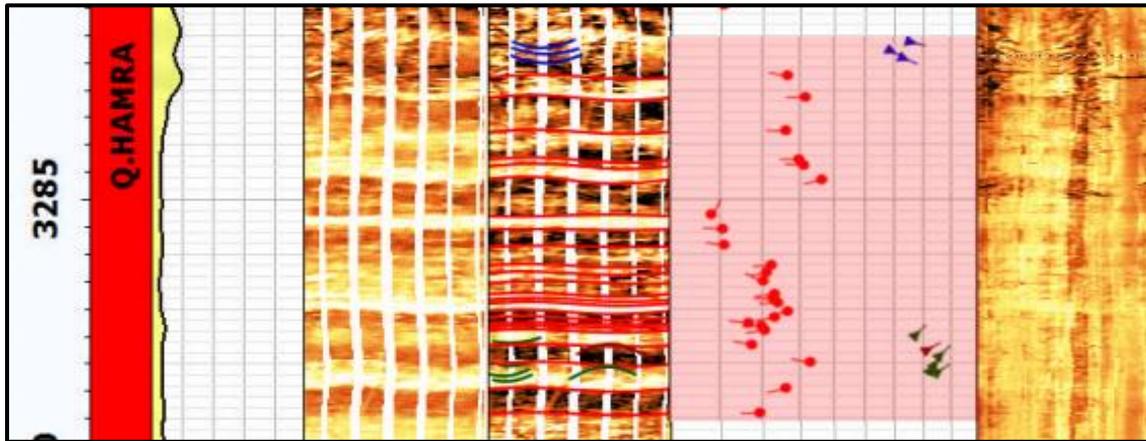


Fig.29: Exemple d'image, montrant le changement progressif (augmentation) de l'angle de pendage dans l'intervalle de 3282 à 3289 m (surligné par une boîte rose)

C) 3) La projection stéréographique des fractures

La direction des fractures conductrice et faible amplitude ce qui est considéré comme fracture ouvert et cimenté dans l'images de résistivité et ultra sonique est NW-SE, dans l'intervalle de réservoir quartzite El Hamra.

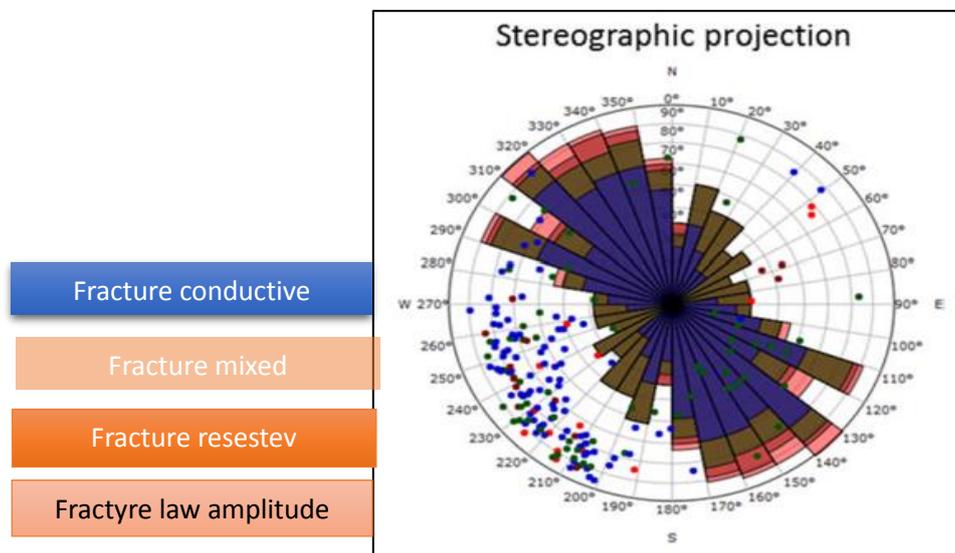


Fig.30: la Projection stéréographique des fractures conductrice et faible amplitude

C) 4) Contraintes In-Situ stress (Break out et fracture induite)

4) 1) Les breakouts et selon la direction

Se produisent dans toute la formation Q. HAMRA et la section inférieure de DH (GO), ils sont orientés NNE-SSW. (Fig.29)

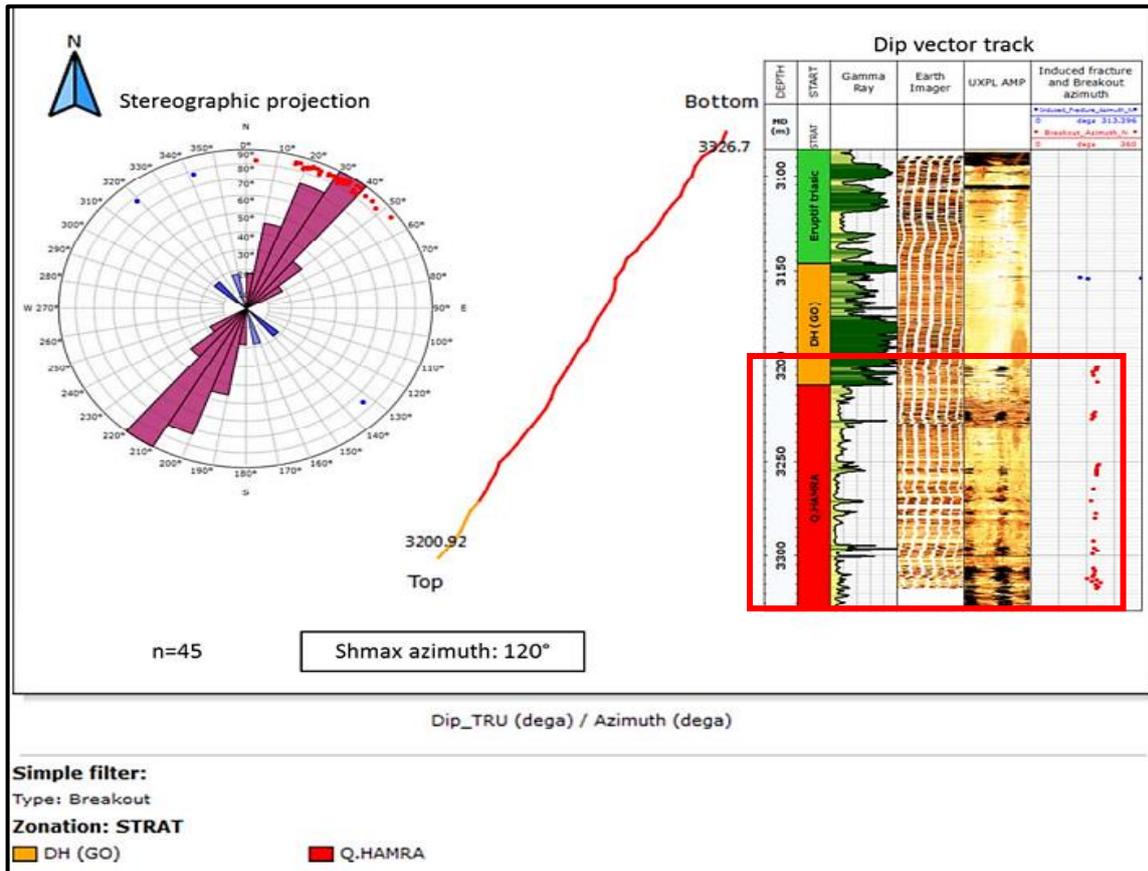


Fig.31: rosace montre la direction des breakouts

4) 2) Les fractures induites et selon la direction

Projection stéréographique des fractures induites.

La ligne rouge montre l'orientation du stress maximal c'est la direction de fracture induite (SHmax) est de direction : NW-SE. (Fig.29)

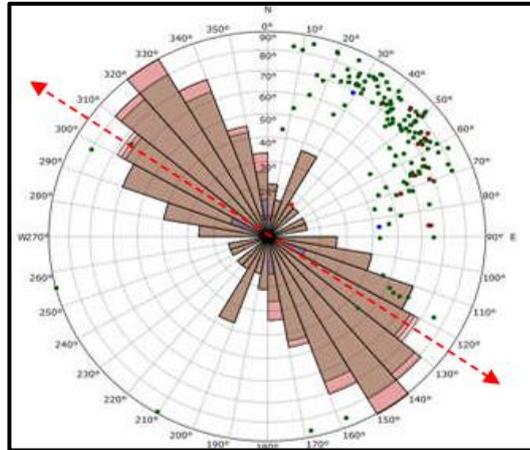


Fig.32: rosace montre la direction des fractures in duites sigma max

**D) Analyse et caractérisation de la fracturation à partir d'imagerie de carottes**

**D) 1) Fractures ouvertes et partiellement ouvertes**

La description des carottes extraire au niveau de ce puits a montré la présence de nombreuse fractures ouvert et partiellement ouvert dans l'intervalle : 3248m -3277m avec différent direction.

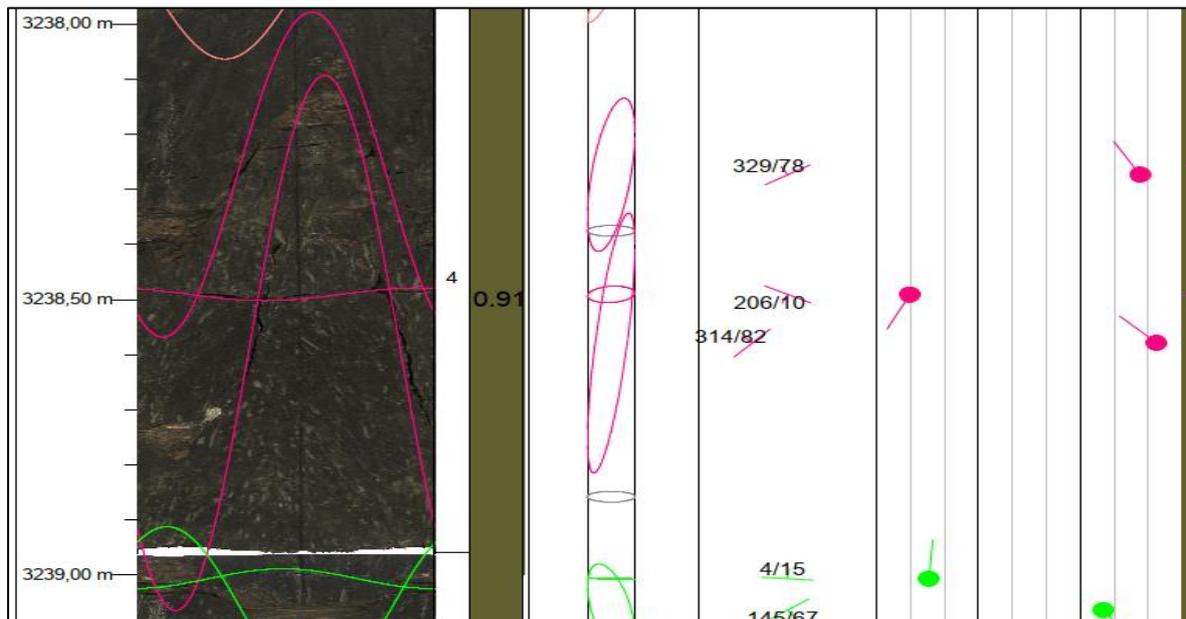


Fig.33 : Les fractures ouvertes observer sur les CoreBase Carotte N° = 1

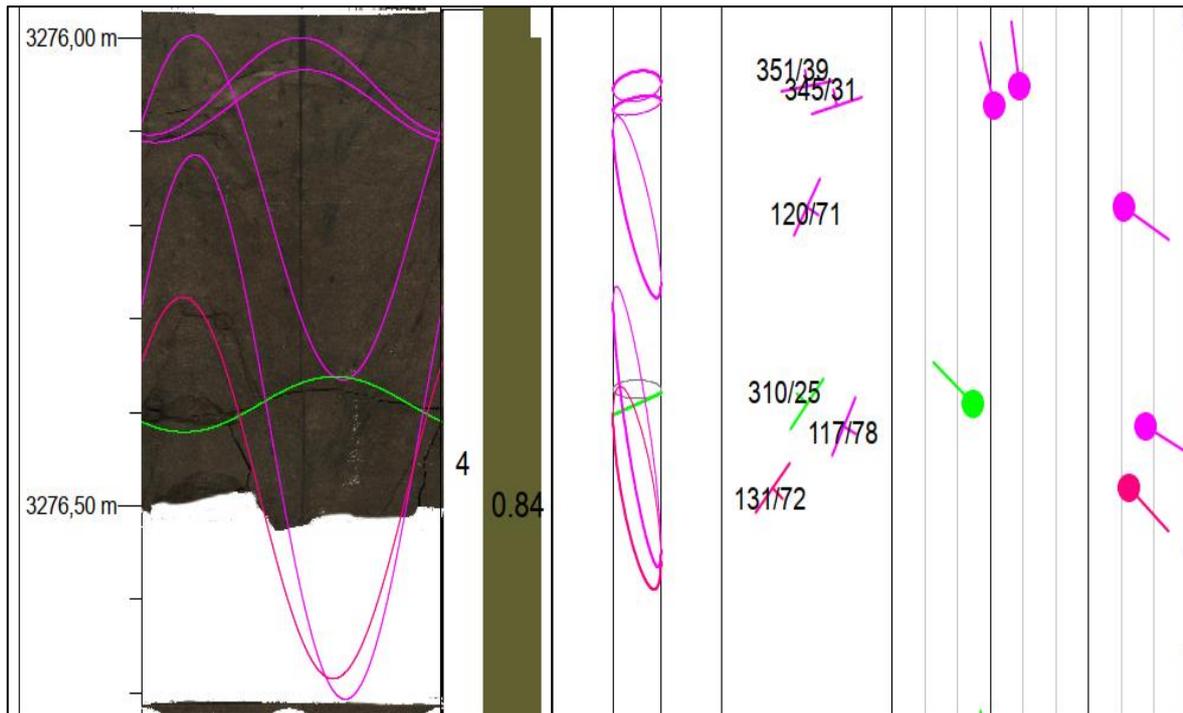


Fig.34 : Les fractures partiellement ouverts observer sur les CoreBase Carotte N° = 6

**D.1.1. La direction des fractures ouverts et partiellement ouvert**

la direction des fracture ouvert et partiellement ouvert à partir les carottes.

La projection de la direction de toute les fractures de cette type dans l'intervalle de réservoir Quartzite el Hamra, montrant la directions NW-SE avec certaines fractures partiellement ouvertes sont direction NE-SW.

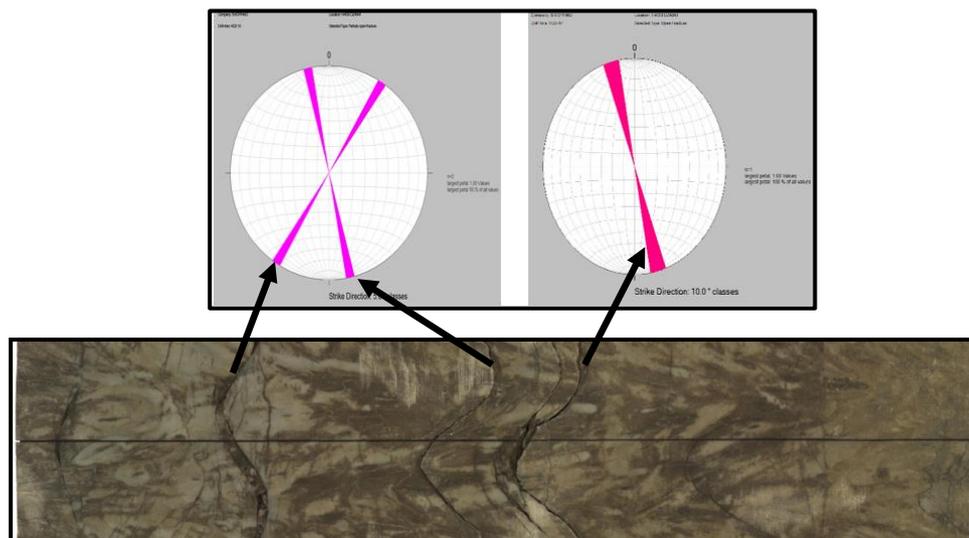


Fig.35 : types de fractures ouvertes et partiellement ouvertes avec des rosaces dans le puits HDZ-17

D) 2) Fractures cimentées

La majorité des fractures cimentées sont de direction NE-SW et NNE-SSW sont observé sur la carotte N°=2 et carotte N°=5.

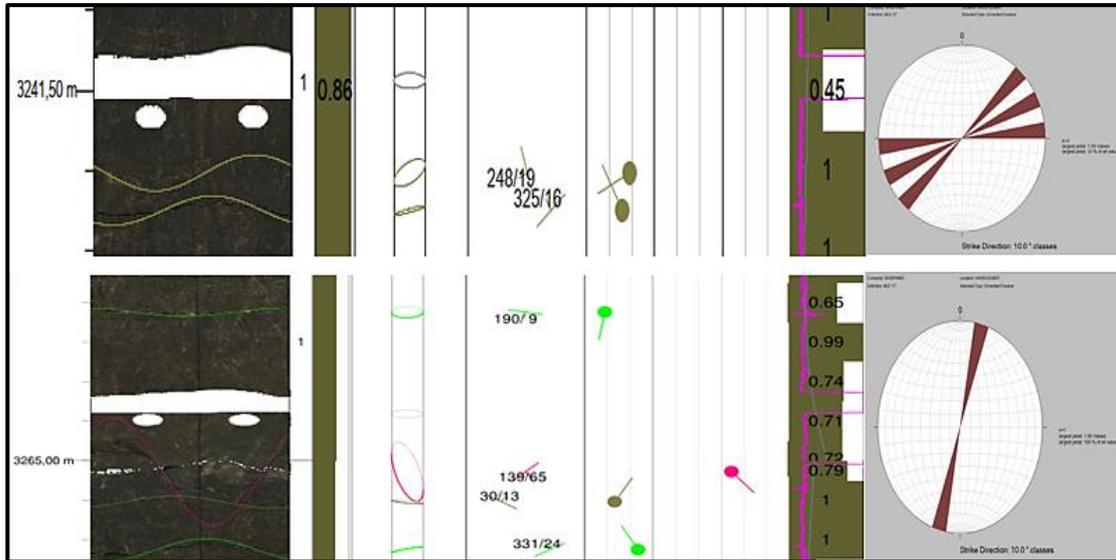


Fig.36 : Exemple de naturel fracture cimentée observée sur le Core Base  
 Dans la carotte N° = 2

D) 3) Fractures induites

La majorité des fractures induite sont de direction NW-SE représente sur la Fig.37.

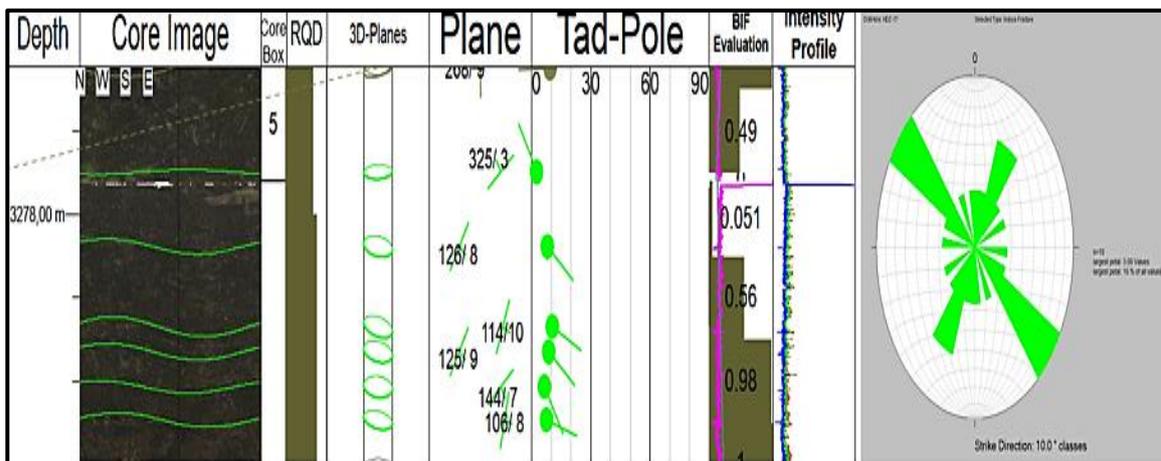
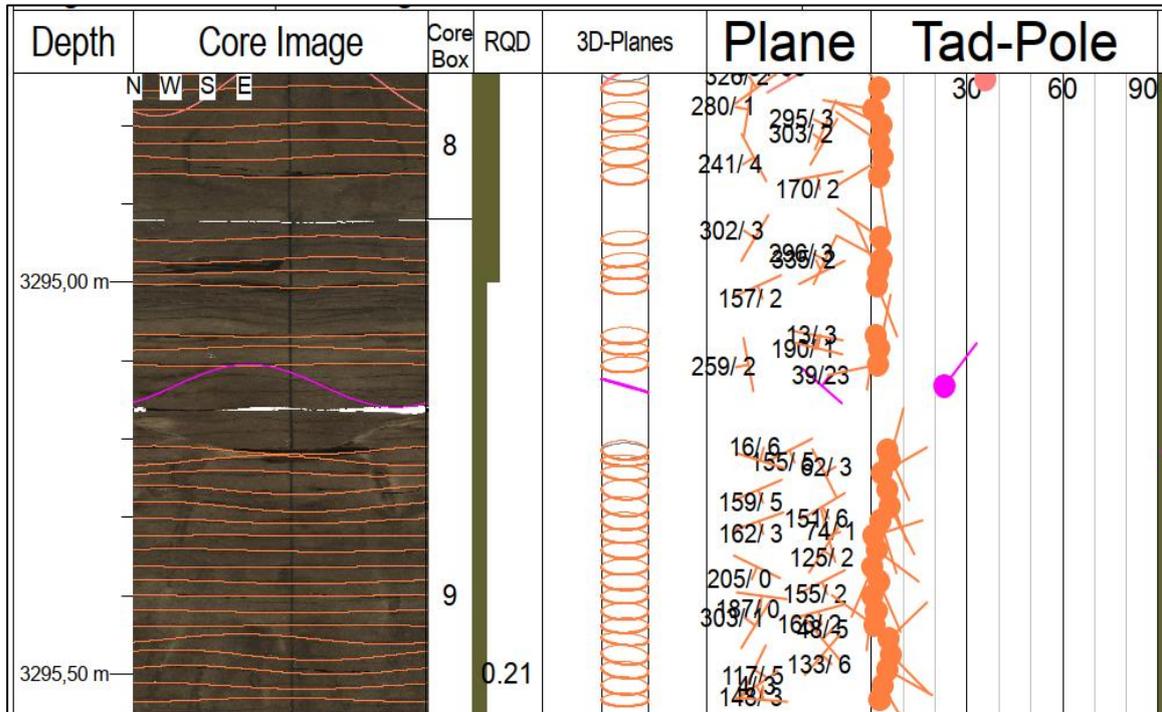


Fig.37 : fractures induites représenté dans le Core Base, avec les rosaces qui montre la direction NW-SE, dans la carotte N° = 6

**D) 4) Les fractures provoquer**

Se sent des fractures induites provoquer par l’outil de carottage, un résultat de mouvement de garniture de forage et quand la carotte a une faible dureté.



**Fig.38 :** Exemple d’une fracture provoquer observée sur la carotte N = 8

**E) Etude comparative des résultats obtenus à partir l’analyse des carottes (Core-Base) et d’imagerie de fond**

L’imagerie de puits donne une image assez précise et bien montre la distribution, l’orientation et le type de fractures, en peut classifie ces fractures en : (Faible/Grande amplitude en image ultra-sonique, et Résistive/conductive fracture dans l’image de résistivité), en peut aussi déterminer la direction de contrainte in situ : (Break out/Induite fracture).

A partir des carottes en peut classer les fractures comme (Ouvertes /Partiellement ouvertes) et (Cimenté/Colmaté) aussi en trouve des fractures induites par le forage.

**E) 1) L’orientation des fractures à partir l’imagerie de fond**

Les fractures conductrices identifiées sur l’imagerie de résistivité Eerth Imager par un sinusoïdale noire. La majorité de ces fractures suivent une direction NW-SE avec deux familles mineures de direction.

E) 2) L'orientation des fractures à partir les carottes

Projection stéréographique, En droit : Fractures ouvertes repérées sur l'image de carottes.

En gauche : Fractures cimentées et partiellement cimentées sélectionnées sur l'image de carottes.

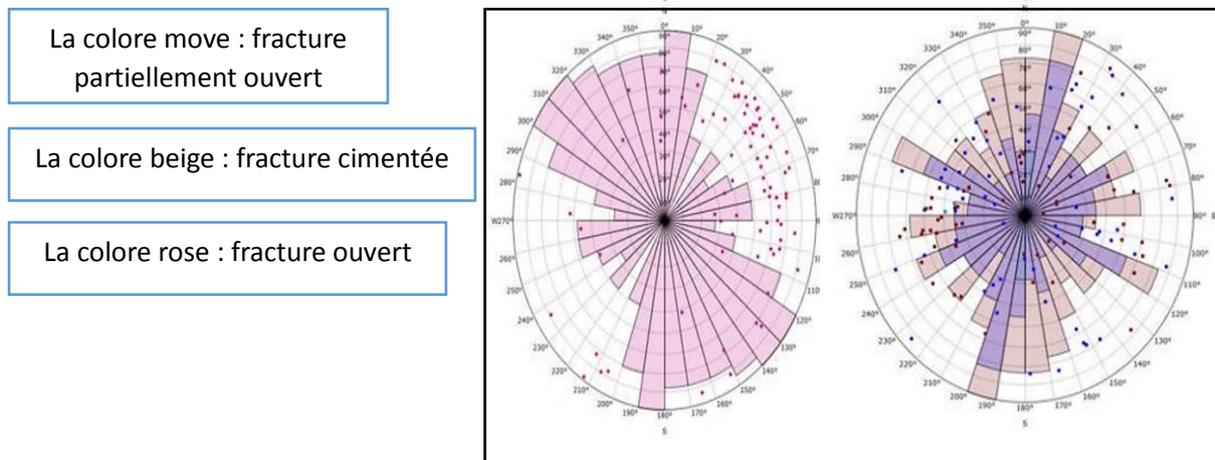


Fig.39 : l'orientation des fractures ouvertes, partiellement ouvertes et cimenté.

E) 3) Le nombre des fractures observer dans la carotte et l'imagerie de fond

Dans le puits HDZ-17 : La formation de Quartzite el Hamra nous avent observé la totalité des fractures dans l'imagerie de fond (87 fractures), et dans les carottes (211 fractures). Divisé en quatre types comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Interval (Zone)	Fractures picked on image	Fractures picked on core	Comment
3232.4-3268m (Zone 1)	55	43	Mainly low amp fractures on image matching open fractures on core.
3268-3282m (Zone 2a)	24	33	As above with some cemented fractures on core
3282-3284.7m (Zone 2b)	1	37	Possible fault zone. High density of fractures on core with little or no expression on image.
3284.7-3293m (Zone 2c)	1	86	
3293-3296.9 m (Zone 3)	6	12	Open fractures on core poorly resolved on image.
<b>Total</b>	<b>87</b>	<b>211</b>	-

Tableau 3 : comparative entre les carottes et l'imagerie de fond selon le nombre des fractures.

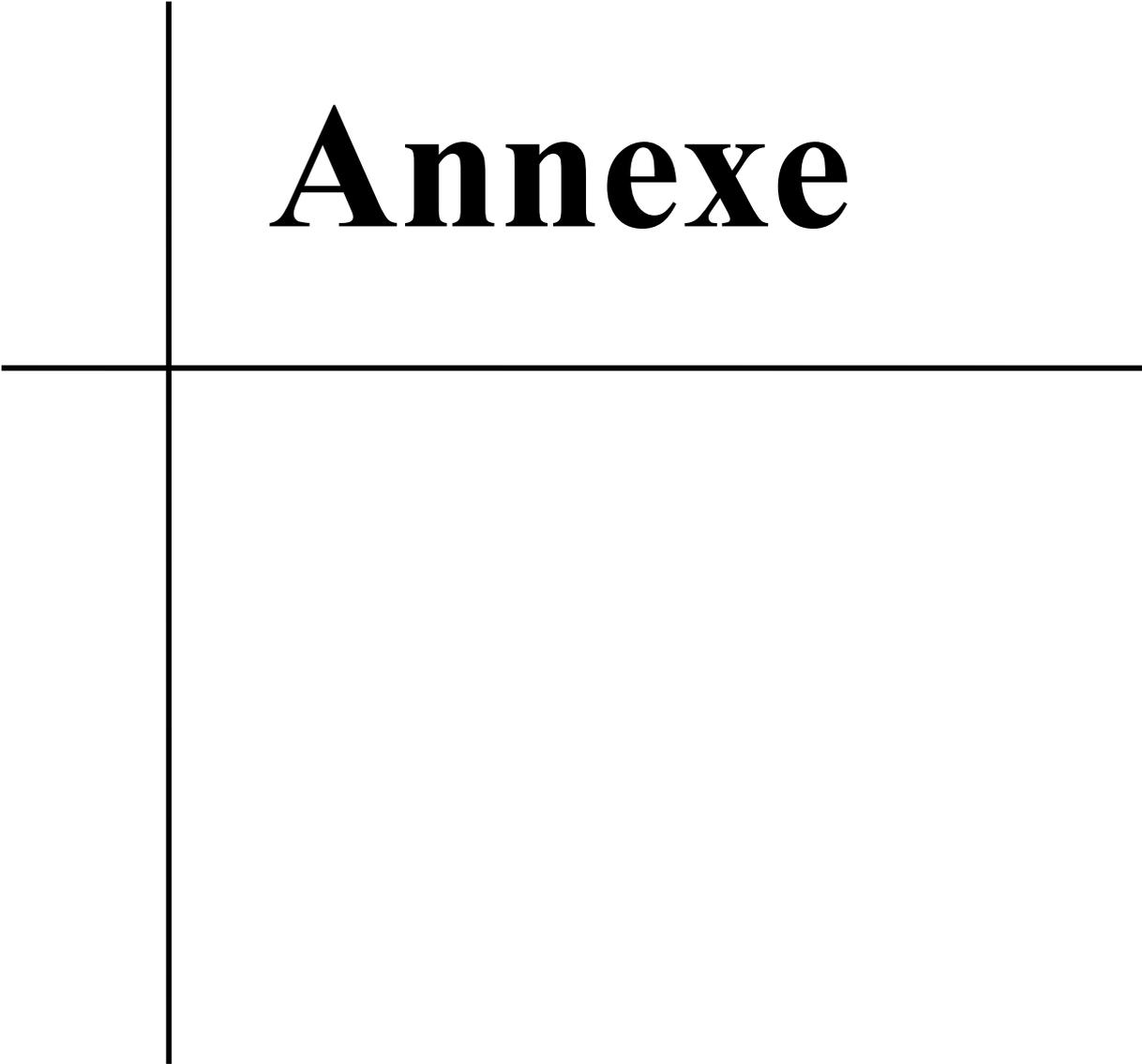
### Conclusion

D'après Les études géologiques précédentes effectuées dans la région de Hassi-Dzabat ont pour objectif de déterminer la caractéristique structurale du réservoir des Quartzites de Hamra. Ces résultats montrent que :

L'analyse des résultats d'imagerie de fond (Bore Hole image) réalisée dans les puits montre une densité des fractures plus importantes dans l'intervalle des Quartzites de Hamra. Ils sont fortement fracturés, principalement par des fractures naturelles de type ouvertes, partiellement-ouvertes et cimenté. Les plus importantes pour la production sont ouvertes et partiellement -ouvertes, partiellement cimentées.

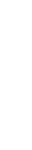
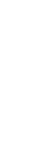
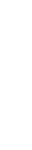
Ce dernier il prendre la direction NW-SE, avec le pendage ver l'Est alors le drainage des fluides prendre cette direction.

Cette image ce n'est pas assez pour l'étude des fractures, Il faut ajouter l'étude de carotte au niveau de laboratoire, dans le même intervalle pour déterminer exactement le types des fractures telle que soit la direction et le pendage, Parce qu'il y a des fractures difficiles à reconnaître, alors qu'elles sont faciles à reconnaître par l'imagerie de carotte, Pour cette raison le service l'imagerie et CT-scanner existe.



# Annexe

ANNEXE

Element Name	Abbrev.	Plane?	Fractu...	Color
Dyke	DYK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Fault	FAU	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Vein	VEN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Veinlet	VLT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Intrusive Dyke	IDK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Disking	FRT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Bedding	BDG	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
stylolite	STL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Open Fracture		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Partially Open Fracture		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Cimented Fracture		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Induce Fracture		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Reference colour of tectonic element

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Rapport De l'implantation** des puits. Document Sonatrach Division Exploration Production, **HMD**
- **Rapport d'implantation** des puits hassi Dzabat
- **SONATRACH, Avril 2012** : Rapport de matériel
- **SONATRACH DP** : Fiche technique des puits HDZ17.
- **Sonatrach Division Exploration document**
- **Sonatrach CRD / DLCC** (department laboratory carothèque central) document
- **Rapport de shlambargie**
- **ALGERIA WEC 2007 Rapport** Shlumberger
- **Halliburton, Exemple**de stratification parallèle ou entrecroisée dans un grès avec figure de charge et déformation.
- **M.AMARICoure IAP** boumerdésAnalyse des fractures par l'imagerie juin 2013
- **KHELIFI Med Islam, NARBI Abdennacer** (2016) Apport de l'imagerie dans le domaine pétrolier Mémoire de fin d'études –Université Kasdi Merbah Ouargla.
- **BAKER HUGHES Rapports** hassi Dzabat field
- **HESP Rapports** hassi Dzabat field
- **Hassaine, M** (2019/2020), mémoire en Etude sédimentologique et Péetrophysique du niveau des quartzites de Hamra (Ordovicien), dans le champ de Hassi Dzabat (Mole d'Amguid-Messaoud) - (Province Triasique), Algérie. Page18.

## Résumé

Le champ de Hassi Dzbat présente un potentiel d'hydrocarbures exploitable à certains endroits ; Ce champ a été développé par SH/DP, pour mettre en évidence les caractéristiques du réservoir d'un point de vue sédimentologique et structural.

Nous nous sommes appuyés sur l'analyse de base et avons utilisé des images de surface (images à 360°) acquises par Core Scan3 et traitées par le logiciel CoreBase2, comme outil d'analyse supplémentaire pour comparer L'imagerie de fond et, L'imagerie de carotte et l'analyse des fractures.L'imagerie est une technologie avancée et moins coûteuse que le forage, et fournit aux parties prenantes des informations sur la fracturation des réservoirs, comme le forage.

Notre étude vise à vérifier la fiabilité des informations obtenues par imagerie, c'est-à-dire la comparaison entre l'imagerie de fond et l'imagerie de carotte et l'analyse fracture.

**Mots clés :** CoreScan™ III, fractures, indice de fracturation, Réservoir, quartzite d'el Hamra.

## Abstract

The Hassi Dzbat field has exploitable hydrocarbon potential in certain locations; this field was developed by SH/DP, to highlight the characteristics of the reservoir from a sedimentological and structural point of view.

We built on the basic analysis and used surface images (360° images) acquired by Core Scan3 and processed by Core-Base2 software, as an additional analysis tool to compare L'imagerie de fond, ET L'imagerie de carotte and fracture analysis. Imaging is an advanced technology and less expensive than drilling, and provides stakeholders with information on reservoir fracturing, such as drilling.

Our study aims to verify the reliability of the information obtained by imaging, that is to say the comparison between posterior imaging and primary imaging and the analysis of fractures.

**Keywords:** CoreScan™ III, fractures, fracturing index, Reservoir, El Hamra quartzite

## الملخص

يتمتع حقل حاسي زعباط بإمكانيات هيدروكربونية قابلة للاستغلال في بعض المواقع؛ تم تطوير هذا الحقل من قبل SH/DP ، لتسليط الضوء على خصائص الخزان من الناحية الرسوبية والهيكلية.

لقد بنينا على التحليل الأساسي واستخدمنا الصور السطحية (صور 360 درجة) التي حصل عليها Core Scan3 ومعالجتها بواسطة برنامج CoreBase2، كأداة تحليل إضافية لمقارنة صور البئر، صور الكاروت وتحليل الكسور. يعد التصوير تقنية متقدمة وأقل تكلفة من الحفر، ويوفر لأصحاب المصلحة معلومات حول تكسير المكامن، مثل الحفر.

تهدف دراستنا إلى التحقق من موثوقية المعلومات التي تم الحصول عليها عن طريق التصوير، أي المقارنة بين تصوير الخلفية والتصوير الأساسي وتحليل الكسور.

**الكلمات المفتاحية:** كور سكان 3، الكسور، مؤشر التكسير، الخزان، كوارتزيت الحمراء .