

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 ET DE L'UNIVERS



## Mémoire de Master Professionnel

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Géologie Pétrolière

### THEME

# ***Caractérisation géologique et pétrophysique du réservoir Cambro-Ordovicien du champ de Hassi R'mel Sud d'Algerie***

Présenté par

**ZIARA Salaheddine  
ZEGAIT Abdallah**

*Soutenu publiquement le*

27 / 06 / 2018

**Devant le jury :**

<b>Président :</b>	Dr. HARROUCHI Lakhder	M. C. B Univ. Ouargla
<b>Promoteur :</b>	Mr. LAOUINI Hamza	M. A. A Univ. Ouargla
<b>Examineur :</b>	Pr. HACINI. Messaoud	Professeur Univ. Ouargla

**Année Universitaire : 2017/2018**

# *Remerciements*

*Je remercie **ALLAH** tout puissant de m'avoir donné tant de patience et de courage pour accomplir ce travail.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à monsieur : **LAOUINI Hamza** qui ma proposer le thème et qui m'a encadré. Au travers nos discussions, il m'a apporté une compréhension plus approfondie des divers aspects du sujet. Je salue aussi sa souplesse et l'ouverture de son esprit qui ont su me laisser une large marge de liberté pour mener à bien ce travail de fin d'induction.*

*J'exprime ma gratitude à tous le personnel de department du géologie qui m'ont guidé, accepté de répondre à mes questions avec gentillesse et conseillé dans cette expérience enrichissante.*

*Je voudrais ensuite remercier les membres du jury qui ont laissé leurs multiples occupations pour se donner la peine d'examiner ce travail.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements ainsi que ma grande reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'induction.*

**ZEGAIT. A**

# *Remerciements*

*Je remercie ALLAH tout puissant de m'avoir donné tant de patience et de courage pour accomplir ce travail.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à monsieur : LAOUINI Hamza qui ma proposer le thème et qui m'a encadré. Au travers nos discussions, il m'a apporté une compréhension plus approfondie des divers aspects du sujet. Je salue aussi sa souplesse et l'ouverture de son esprit qui ont su me laisser une large marge de liberté pour mener à bien ce travail de fin d'induction.*

*J'exprime ma gratitude à tous le personnel de department du géologie qui m'ont guidé, accepté de répondre à mes questions avec gentillesse et conseillé dans cette expérience enrichissante.*

*Je voudrais ensuite remercier les membres du jury qui ont laissé leurs multiples occupations pour se donner la peine d'examiner ce travail.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements ainsi que ma grande reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'induction.*

**ZIARA. S**

# Dédicace

*J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :*

*A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.*

*A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.*

*A mon frère et ma sœur.*

*A messieurs L. Hamza pour leurs aides et encouragements.*

*A mes meilleurs amis.*

*A mon binôme Z. Sallah eddine.*

*A Tous ceux que j'aime et je respecte.*

*Zegait. A*

# Dédicace

*J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :*

*A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.*

*A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.*

*A tous mes sœurs.*

*A messieurs H. Laouini pour leurs aides et encouragements.*

*A mes meilleurs amis.*

*A mon binôme Z. Abdellah.*

*A Tous ceux que j'aime et je respecte.*

BOTANICAL BEAUTY

ZIARA . S

# Table des matières

---

# Table des matières

---

*Table de matière*

*Liste des figures, tableaux et photos*

*Introduction générale*..... 1

## **Chapitre 1 : Généralité sur le champ de Hassi R'mel**

Introduction

1.1. Situation géographique.....	03
1.2. Situation géologique.....	04
1.3. Historique de la découverte du champ de Hassi R'mel... ..	05
1.4. Contexte géologique.....	05
1.4.1. Aspect Stratigraphique... ..	06
a. Le Paléozoïque.....	06
b. Le Mésozoïque.....	07
c. Le Cénozoïque... ..	08
1.4.2. Aspect Structurale... ..	10
1.4.3. Tectonique.....	12
1.5. Intérêt pétrolier du bassin.....	14
1.5.1. La genèse des hydrocarbures... ..	14
1.5.2. Accumulation des Hydrocarbures.....	14

Conclusion

## **Chapitre 2 : Aspect géologique du Cambro-Ordovicien**

Introduction

2.1. Aspect Litho-stratigraphie du cambrien.....	17
2.2. Etude pétrographique des carottes .....	19
2.2.1. Etudes des éléments .....	19
2.2.2. Etudes des structures sédimentaires .....	21
2.2.3. Etude de fracturation .....	22
i. Les Stylolithes.....	22
ii. Les fractures.....	24
iii. Les brèches.....	25

# Table des matières

---

2.3. Aspect structural du réservoir cambro-ordovicien.....	26
2.3.1. Analyse et interprétation des cartes.....	28
a. La carte en isobathes.....	28
b. La carte en isopaques.....	28
2.4. Extension du Cambro-Ordovicien au champ de HRM... ..	33
2.4.1. Reconnaissance et limite du cambro-ordovicien... ..	35
2.4.2. Interprétation des corrélations diagraphiques et les coupes géologiques... ..	36

Conclusion

## **Chapitre 3 : Caractérisation pétrophysique du Cambro-Ordovicien**

Introduction

3.1. Indices géologiques .....	43
3.2. Indices d'hydrocarbures .....	45
3.3. Evolution des propriétés pétrophysiques du Cambro / Ordovicien.....	46
3.3.1. Distribution des classes de porosité .....	46
3.3.2. Evolution latérale de la porosité.....	46
3.3.3. Distribution des classes de perméabilité .....	48
3.3.4. Evolution latérale de la perméabilité .....	48
3.3.5. Corrélation Perméabilité / Porosité.....	50
3.4. Résultats pétrolier des puits Cambrien.....	51

Conclusion

*Conclusion générale* ..... 54

Rocommandation..... 56

Bibliographie

Annexe



**Liste des figures ,tableaux et  
photos**

---

## Liste des figures

<b>Fig.01</b> : Carte montre la situation géographique du champ Hassi R'mel (WEC,2007).....	03
<b>Fig.02</b> : Carte des bassins sédimentaire montre la situation géologique du champ Hassi R'mel (WEC ,2007).....	04
<b>Fig.03</b> : La colonne stratigraphie synthétique du champ Hassi R'mel (sonatrach).....	09
<b>Fig.04</b> : Plan de position de Hassi R'mel Sud, (WEC, 2007).....	11
<b>Fig.05</b> : Evolution structurale de la province triasique (WEC, 1979).....	13
<b>Fig.06</b> : Coupe lithostratigraphique du Paléozoïque du champ HASSI R'MEL(O.Benamor 2017).....	18
<b>Fig.07</b> : carte d'Ecorché à la discordance hercynienne (sonatrach).....	26
<b>Fig.08</b> : carte Ecorché de la discordance Hyrcenienne avec le plan Huile/Eau -1500m (A.Kouadri, 2012).....	27
<b>Fig.09</b> : Carte en isobathes au toit du Cambro-Ordovicien(sonatrach2010).....	29
<b>Fig.10</b> : Carte en isobathes au toit du Cambro-Ordovicien au-dessus du plan d'eau (-1500).....	30
<b>Fig.11</b> : Carte en isopaque du Cambro-Ordovicien au-dessus de plan d'eau (-1500m) (sonatrach2010).....	31
<b>Fig.12</b> : Carte en isopaque des grés cambriens plus de 40 m au-dessus du plan d'eau -1500 m.....	32
<b>Fig.13</b> : champ de Hassi R'mel coupe géologique Est-Ouest.....	34
<b>Fig.14</b> : représente la limite du réservoir Cambro Ordovicien(O.Benamor 2017).....	35
<b>Fig.15</b> : carte de position des puits dans le champ d'étude (O.Benamor 2017).....	36
<b>Fig.16</b> : Corrélacion diagraphique NW-SE (O.Benamor 2017).....	37
<b>Fig.17</b> : Coupe géologique NO-SE .....	38
<b>Fig.18</b> : Corrélacion diagraphique NE-SW(O.Benamor 2017).....	39
<b>Fig.19</b> : Coupe géologique NE-SW .....	40
<b>Fig.20</b> : L'histogramme de distribution des classes de porosité.....	46
<b>Fig.21</b> : Carte en isoporosité du Cambro-Ordovicien (sonatrach 2010).....	47
<b>Fig.22</b> : l'histogramme de distribution des classes de perméabilité.....	48
<b>Fig.23</b> : Carte en isoperméabilité du Cambro-Ordovicien(sonatrach 2010).....	49
<b>Fig.24</b> : Corrélacion perméabilité/porosité réservoir Cambro-Ordovicien.....	50

**Liste des tableaux**

**Tableau.01** : Présente les Indices géologiques(O.Benamor 2017).....43

**Tableau.02** : Présente les indices d’hydrocarbures au niveau des carottes.....45

**Tableau.03** : Résultats obtenus à partir différents tests de formation au niveau du C-O.....51

**Liste des photos**

**Photos.01** : Cassures sur carotte du puits HRC063 montrant Grès Quartzitique avec (**IA**) des inclusions d’argile noir (O.Benamor 2017).....20

**Photos.02** : Cassures sur carotte du puits HRC063 montrant Grès Fortement Quartzitique.....20

**Photos.03** : différents types des stratifications des Puits HRC062 et HRC063(O.Benamor 2017).....21

**Photos.04** : Les joints stylolithiques, Puits#HRC061 & HRC063 (O.Benamor 2017).....22

**Photos.05** : Des surfaces de bioturbation, Puits#HRC063.....23

**Photos.06. (a) & (b)** : Des fractures verticales à subverticales fermées, PUITTS# HRC063.....24

**Photos.07(c)** : Des fractures verticales à subverticales semi fermées, PUITTS# HRC058.....24

**Photos.08** : Représente Brèche Tectonique du PUITTS# HRC058(O.Benamor 2017).....25

# Introduction Générale

---

Le trias argilo-gréseux est le seul réservoir reconnu productif d'hydrocarbures dans le gisement de Hassi R'mel. De ce fait toutes les études ont été axées sur les réservoirs triasiques.

Suite à des indices d'hydrocarbures constatés dans quelques puits au niveau du Cambro- Ordovicien notamment dans le puits HRC060 qui avait pour objectif d'exploiter le réservoir triasique et alimenter le boosting centre et par conséquent augmenter la récupération en condensât mais lors du forage une remontée de gaz est survenue, Afin d'évaluer cette couche réservoir, le puits a été perforée à l'intervalle de (2252 - 2254 m) et (2264 - 2268 m) puis testé en descendant un train DST (Drill Stem test) qui donne évidence à un potentiel d'hydrocarbure dans le cambro- ordovicien dont le Débit Gaz est de 21567 (stm<sup>3</sup>/j).

Ce mémoire vient s'ajouter à de rares tentatives d'évaluer l'extension lithologique par l'établissement des différentes cartes, des coupes géologiques et des corrélations diagraphique par le logiciel « PETREL » ainsi qu'une évaluation pétrophysique du réservoir afin de cibler les zones d'intérêts pétrolière d'où l'importance d'épaisseur des grès du cambrien au-dessus le plan d'eau environ (-1500 m) surtout les zone ou le trias s'est déposé directement sur le niveau « Ri » du cambrien.

Il faut signaler la rareté des études de réservoir cambro-ordovicien dans la région de Hassi R'mel, ainsi que l'insuffisance des puits où le Cambro - Ordovicien est suffisamment carotté, en plus l'absence totale des bases solides concernant le découpage de l'ensemble Cambro- Ordovicien.

A cet effet notre mémoire est subdivisé en trois (03) chapitres :

- Dans le premier chapitre, nous présenterons le contexte géologique régional du champ de Hassi R'mel.
- Le second chapitre sera consacré d'une part à une étude lithologique du Cambro-Ordovicien et d'autre part à l'extension du Cambro-Ordovicien au niveau du champ de Hassi R'mel.
- Le troisième chapitre est consacré à un essai d'évaluation les paramètres pétrophysiques tell que la porosité et la perméabilité qui caractérise le Cambro-Ordovicien.

Enfin nous terminerons notre travail par une conclusion générale.

Chapitre  
I

# Généralité sur le champ

---

## 1. GENERALITES SUR LE CHAMP DE HASSI R'MEL

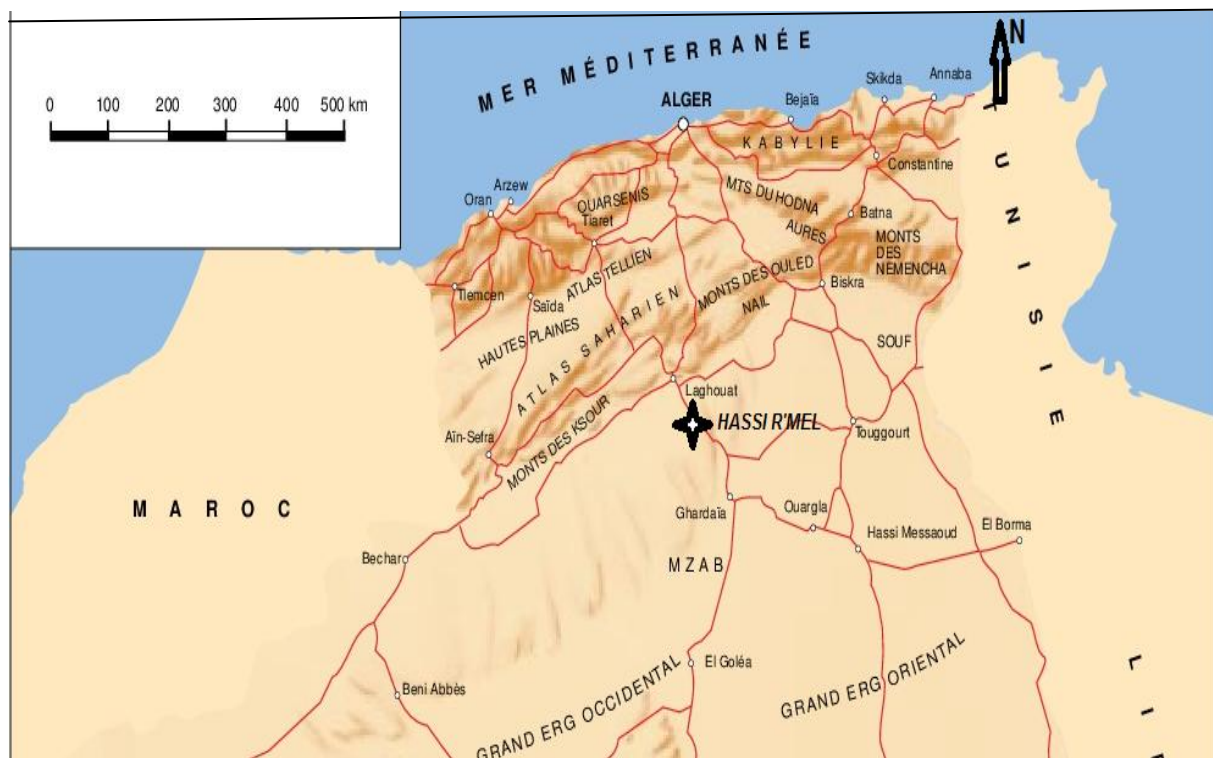
### Introduction

Le champ de Hassi R'mel est situé au Nord de la plate-forme Saharienne il est considéré, de par ses dimensions et ses réserves comme l'un des principaux gisements producteurs de gaz dans le monde, produisant essentiellement du gaz à condensât (Humide) et de l'huile sur sa périphérie Orientale (Flanc Est).

### 1.1. Situation géographique

Le champ de Hassi R'mel est situé au centre de la partie Nord de la plateforme saharienne à environ de 550 km au Sud de la capitale Alger, à 120 km au SSE de Laghouat, et à 100 km au Nord de Ghardaïa (Fig.01). Il s'étale sur plus de 3500 km<sup>2</sup>, 80km du Nord au Sud et 60km d'Est en Ouest. Il est considéré comme l'un des plus grands gisements de gaz à l'échelle mondiale.

Il est compris entre les méridiens 2°55' et 3°50'Est et les parallèles 33°15' et 33°45'Nord, tandis que l'altitude moyenne de la zone est de l'ordre de 760 m.



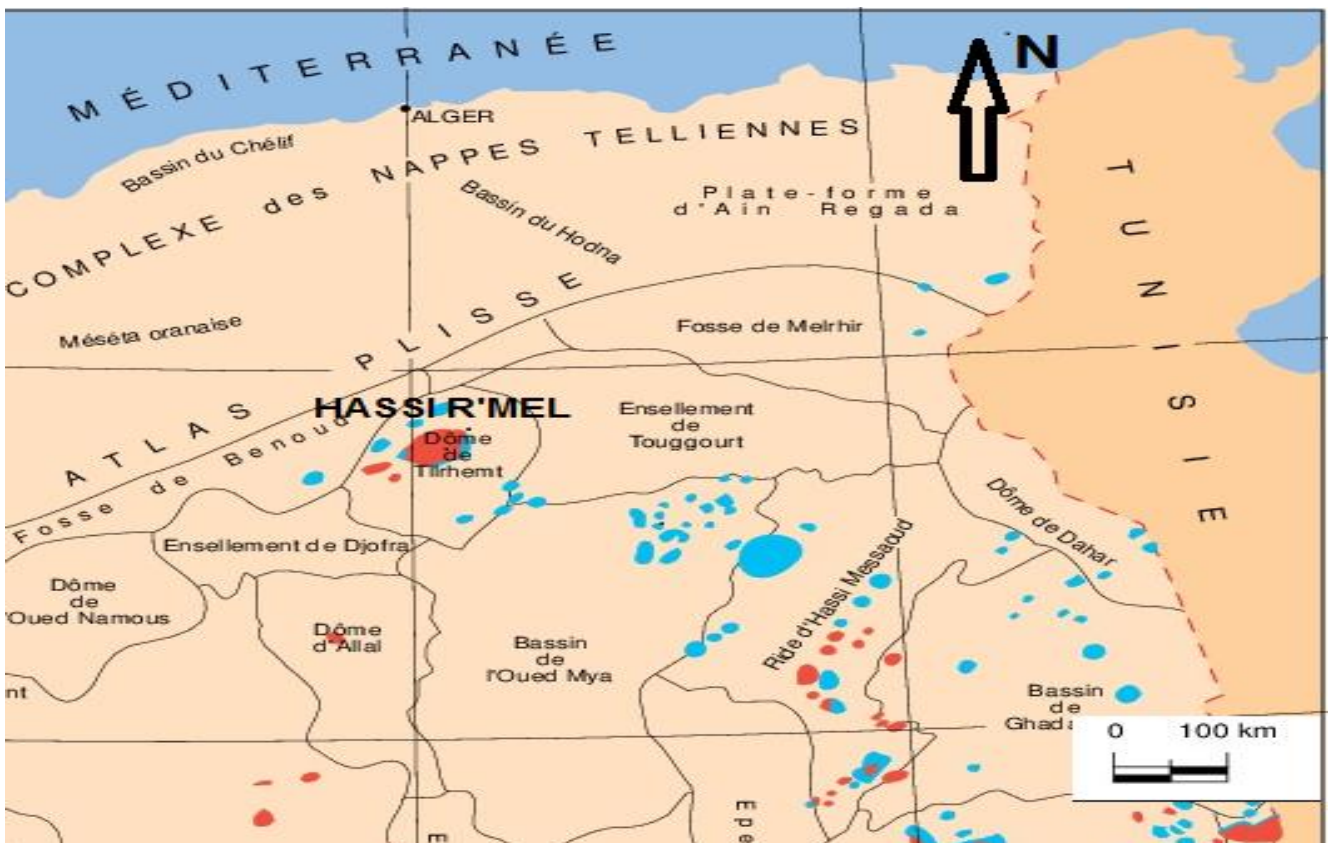
**Fig.01 : carte représente la situation géographique du champ de Hassi R'mel (WEC 2007).**

## 1.2. Situation géologique

De point de vue géologique (fig.02), le champ de Hassi R'mel situé dans la partie Nord-Ouest du bassin triasique, il se présente sous forme d'une structure anticlinale orienté NNE-SSO.

Il est limité par :

- Nord par la chaîne de l'Atlas saharien.
- Est par les structures de Djamaa Touggourt et le bassin d'Oued Mya.
- Ouest par le sillon de Benoud.
- Sud par la dorsale Idjrane M'zab.



**Fig.02 : Carte des bassins sédimentaire montre la situation géologique du champ Hassi R'mel (WEC 2007).**



### 1.3. Historique de la découverte du champ de Hassi R'mel

Une large campagne sismique déclenchée en 1952, non loin de Bordj-Tilghemt a permis de déceler une zone pouvant marquer un anticlinal. En parallèle, le sondage Berriane a révélé la présence d'un trias gréseux qui présente toutes les caractéristiques réservoirs nécessaires. Ainsi la SN-Repal entreprit en 1956 son premier sondage d'exploration à Hassi R'mel (HR1). Ce dernier a mis en évidence l'existence d'un gaz humide sous une très forte pression dans les grés du trias d'une profondeur de 2132m, ce sondage fut implanté sur le sommet de l'anticlinal. Les sondages qui s'en suivirent, permettent étudier avec précision les faciès des niveaux géologiques ainsi que les analyses PVT ( pression volume température) du gaz.

De 1957 à 1960 les puits HR2, HR3,... HR9 et TR1 furent forés. Le but de TR1 était l'exploration de la partie Nord de Telghemt. On a découvert du gaz humide sous haute pression ayant les mêmes propriétés que celles de Hassi R'mel. Donc il s'agit du prolongement septentrional du gisement.

La CFPA, voulant déterminer l'extension des réservoirs vers le Sud avait entrepris le forage des puits de délimitation AE1, AE2, AJ1, AF1, AF2 et AF3, seuls les puits AF1 et AF2 implantés au Sud de GHARDAIA ayant rencontré le réservoir. Le puit HR8 réalisé en 1958 fut le premier ayant rencontré une accumulation d'huile dans ces grés triasiques. Dans les années 70-80 d'autres puits implantés à l'Est et à Hassi R'mel Sud, mettaient en évidence la présence d'une accumulation d'huile, dont la hauteur totale varie entre 2 et 3m, cette accumulation est connue sous le nom d'anneau d'huile. Le champ de Hassi R'mel compte actuellement plus de 300 puits (producteur, injecteur).

### 1.4. Contexte géologique

Le champ de Hassi R'mel est un anticlinorium allongé en direction NNE-SSW. Il est situé à l'extrémité occidentale de la province Triasique, cet anticlinal est greffé sur un relief paléozoïque érodé jusqu'au Cambro-Ordovicien, il fait partie de la dorsale du Hoggar –Indjane M'zab qui est l'un des axes structuraux principal de la plate-forme saharienne.

Les séries sédimentaires sont très épaisses au Nord où le paléozoïque est complet, alors que sur les zones structurellement hautes, les formations Mésozoïques reposent directement sur le Paléozoïque érodé.

La voûte de Tilrhemt est la plus affectée par l'érosion hercynienne. Ses sédiments ont été complètement érodés, par conséquent le Trias s'est déposé directement sur les formations du cambrien.

### 1.4.1. Aspect Stratigraphique

Sur l'ensemble de la structure de Hassi R'Mel, la série stratigraphique est relativement constante, elle est illustrée par la (Fig.03).

La colonne stratigraphique de bas en haut se présente comme suit :

#### a. Le Paléozoïque

- **Le Cambrien** : les dépôts cambriens reposent sur le socle cristallin. Ce sont des grés quartzitiques blancs, fins à moyens à ciment siliceux abondant et à nombreux feuillets d'argile verte très micacée.

Le sommet présente une zone de transition entre le Cambrien et l'Ordovicien; elle est formée d'une alternance de grés fins plus ou moins quartzifiés et d'argiles noires silto- micacées et, les Tigillites sont abondants.

- **L'Ordovicien** : il est développé surtout à l'Ouest, il est entièrement détritique et puissant d'environ 500m.

Le Cambro-ordovicien n'a pas été atteint par la totalité des puits à gaz ou à huile de Hassi R'mel.

- **Le Silurien** : il est argilo-gréseux, il n'a été rencontré qu'au Nord-Ouest du champ.
- **Le Dévonien** : il est essentiellement argileux. Il est érodé dans la région d'étude.
- **Le Carbonifère** : il est formé par des calcaires fossilifères au sommet et des grés à la base; il n'est présent que dans la partie Nord-Ouest du champ.

**b. Le Mésozoïque**

- **Le Trias** : son épaisseur moyenne est de 200m au Nord et 75m au Sud. Sa limite de base est la discordance hercynienne.

Le Trias de Hassi R'mel comprend de bas en haut les ensembles lithologiques suivants:

- **Le Trias Argilo- Gréseux Inférieur (TAGI)** : appelé Série Inférieure; cette série est représentée par une alternance d'argiles indurées vertes, parfois brunes et par des grés fins, bien classés.

Elle est caractérisée par la présence de coulées volcaniques (andésites) Cette série repose en discordance sur les formations paléozoïques.

- **Le Trias Argilo-Gréseux Supérieur (TAGS)** : il regroupe les trois niveaux producteurs du champ de Hassi R'mel et s'étend du mur du niveau C au toit du niveau A.
- **Le Trias Argileux** : appelé l'argileux inférieur; il est formé d'argiles indurées de couleur brun-chocolat, parcourues par des filonnets d'anhydrite et de sel.
- **Le Trias Salifère infra-D2 ou S4** : il est constitué par une série importante de sel et d'argile.

Le sel se présente le plus souvent en bancs massifs cristallins. Ce terme n'existe pas partout sur le champ de Hassi R'mel, il est absent dans toutes les parties Nord-Ouest et centrale du champ, il est très bien développé dans la région de notre étude (Hassi R'mel Sud) et dans la région de Djebel Bissa.

- **Le Jurassique** : d'une épaisseur moyenne de 1100m, il est subdivisé en trois unités:
  - **Le Lias** : il est constitué de trois ensembles lithologiques : Lias salifère, Lias anhydritique et le Lias carbonaté. La base du Lias salifère est représentée par une argile brune rouge et grise, légèrement dolomitique, surmontant un banc de dolomie compacte (repère d2, isochrone sur tout le champ de Hassi R'mel).
  - **Le Dogger** : il est constitué au sommet par des dolomies cristallines beiges ou grises à oolithes, à sa base; il est caractérisé par des calcaires oolithiques surmontés d'argiles plastiques vertes, souvent dolomitiques.

- **Le Malm** : il est détritique au centre du champ. Il est représenté par des argiles plastiques brunes, des calcaires cristallins, parfois argileux et de dolomie grise argileuse.  
Au Nord, le faciès carbonaté prédomine; il est caractérisé par l'abondance de fossiles.
- **Le Crétacé** : son épaisseur moyenne est environ 640m, de bas en haut on distingue :
  - **Le Néocomien** : formé d'une alternance argilo- gréseuse.
  - **Le Barrémien** : formé d'une succession de grés fin à grossier à ciment argileux ou carbonaté et d'argiles plastiques sableuses versicolores. Ce terme est totalement absent au Nord du champ.
  - **L'Aptien** : comprend des marnes gréseuses et de passées de grés argileux au Sud; il devient dolomitique beige à rosâtre avec des argiles vers le Nord. Le gypse est présent par endroit.
  - **L'Albien** : il est essentiellement gréseux et, subdivisé en deux séries :  
une série de grés fins rouges, roses ou beiges à ciment argilo- dolomitique ou calcaire à intercalations d'argiles versicolores souvent sableuses. Une série de grés et de sables fins devenant plus argileux et gypseux vers la base.
  - **Le Cénomaniens** : il est formé de dolomie cristalline à intercalations d'argiles versicolores et de calcaires dolomitiques.
  - **Le Turonien** : il est composé de dolomies cristallines blanches ou beiges, vacuolaires et fissurées par endroit.
  - **Le Sénonien** : il est représenté essentiellement par des calcaires dolomitiques.  
A sa base, apparaissent quelques mètres de dolomie fissurée à niveaux siliceux.

### c. Le Cénozoïque

Les terrains cénozoïques ont été affectés par une érosion intense; ils ne sont représentés que par l'Eocène et le Mio- Pliocène.

- **L'Eocène**: il a une épaisseur moyenne de 50m, il est constitué de marnes blanches plastiques à la base et de calcaires ou de calcaires marneux blancs et jaunes au sommet.
- **Le Mio-Pliocène**: il a une épaisseur moyenne de 100m. Rencontré uniquement au Nord-Ouest du champ, il est formé d'un grés argileux surmonté d'un sable moyen à grossier à ciment carbonaté à quelque passées d'argiles rouges.

ERE	SYST	ETAGES		Epmoy	DESCRIPTION		
CENO-ZOIQUE		CROUTE HAMMADIENNE		100	Croûte calcaire et série argilo-gréseuse		
		MIO - PLIOCENE discordance alpine					
MESOZOIQUE	CRETACE	SENONIEN		40	Calcaire à silex		
		TURONIEN		40	Dolomie vacuolaire		
		CENOMANIEN		100	Calcaire et argile		
		CONTINENTAL INTERCALLAIRE	ALBIEN		220	Grès fins, friables, à passées d'argile	
			APTIEN		20 à 40	Dolomie gréseuse, marne et argile	
			BARREMIEN		35	Grès fin à grossier, à ciment carbonaté	
			NEOCOMIEN		150	Grès à passées d'argile, de calcaire et de lignite	
		JURASSIQUE	MALM		600	Carbonates, grès et argile	
			DOGGER	ARGILEUX		100	Calcaire dolomitique et argile
				LAGUNAIRE		120	
	LIAS		MARNEUX		130	Marnes et calcaire	
			CARBONATE			Calcaire à passées d'argile et d'anhydrite	
			ANHYDRITIQUE		80	Anhydrite massive à passées d'argile	
			ENSEMBLE SALIFERE I + II		300 à 400	Sel massif à passées d'argile <b>REPERE D1</b> (dolomie)	
			SALIFERE III			Sel à passées d'argile	
			Argileux		15	Argile plastique <b>REPERE D2</b> (dolomie)	
	SALIFERE IV		0 à 70	Sel à passées d'argile			
TRIAS	TRIAS ARGILO-GRESEUX	TRIAS ARGILEUX		40	Argile plastique		
		ARGILO-GRESEUX	A	120	Grès fins à moyens, à ciment plus ou moins argileux, anhydritique, à intercalations d'argile brune		
			B				
			C				
SERIE INFERIEURE discordance herzynienne		30	Andésite, argile et passées de grès argileux				
PALEOZOIQUE	SILURIEN		350	Argile noire indurée à graptolites			
	ORDOVICIEN		150	Quartzites de Hamra - Grès d'El Atchane - Argiles d'El Gassi - Zone des alternances			
	CAMBRIEN	R1		250	Quartzites- grès, grès fin à moyen à lits d'argiles		
		Ra					
		R2			Grès fins, argilo-bitumineux et brèches tectoniques		
R3		Grès quartzitiques, argileux, très grossiers					
<b>S O C L E</b>					Eléments de granite fracturé, ferromagnésiens		

Fig.03 : Colonne litho-stratigraphique synthétique du champ de Hassi R'mel (sonatrach rapport d'implantation).

### 1.4.2. Aspect Structurale

La structure de Hassi R'Mel apparaît comme un grand anticlinal ondulé, de direction NNE- SSW, affecté par un réseau assez dense des failles, imprimant à celle-ci un certain compartimentage structural. Elle se prolonge vers le Sud-Ouest par la petite structure anticlinale de Djebel Bissa et ver le Sud par celle de Hassi R'mel Sud. (Aliev, M. 1971).

Cette structure est caractérisée par un réseau de failles orientées dont le rejet peut atteindre 100m et jouant un rôle important dans le compartimentage et l'accumulation des hydrocarbures.

La structure de Hassi R'Mel est caractérisée par l'individualisation de trois zones marquées par de nombreuses culminations et dépressions d'ampleur variable (Fig.04).

- **Zone Sud:** Formée par une série d'ondulations de dimensions notables (5x10km), de forte amplitude verticale (50m) et affecté par de nombreuses failles de rejet parfois important (100m).
- **Zone Centre:** Structuralement haute, elle apparaît comme un plateau faiblement ondulé pour les formations mésozoïques. Par contre, l'importance des chutes structurales des flancs Est et ouest lui assurent une bonne fermeture structurale.
- **Zone Nord:** Cette zone est fortement affectée par les mouvements tectoniques particulièrement pour les formations post jurassiques. Des failles assez profondes ont donné naissance à des Horst et Grabens et favorisant les dépôts du miopliocène.

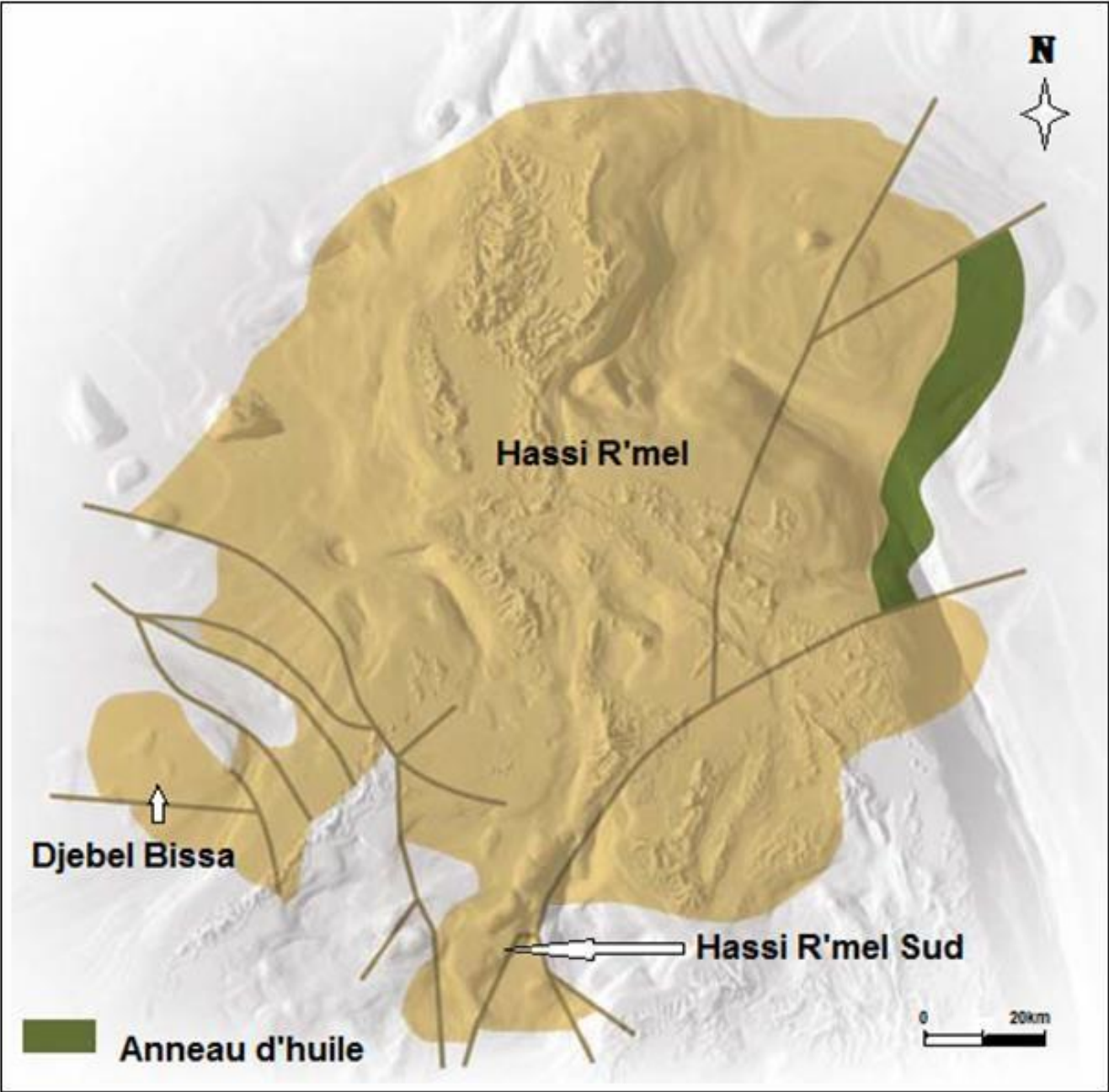


Fig.04 : Plan de position de Hassi R'mel Sud, (WEC, 2007).

### 1.4.3. Tectonique

La tectonique du champ de Hassi R'mel s'inscrit dans le cadre de la tectonique globale de la plateforme saharienne qui est effectuée principalement au cours de trois cycles tectoniques :

- **Le cycle panafricain:** La tectonique précambrienne et particulièrement la phase panafricaine sont à l'origine d'un grand réseau de fracturation caractérisé par des accidents sub-méridiens verticaux et, qui a engendré des formations subméridiennes dont la dorsale Idjerane M'Zab. Cette structuration a été réactivée par le cycle hercynien.
- **Le cycle hercynien:** La phase tectonique Hercynienne est l'événement majeur qui termine le cycle sédimentaire du paléozoïque. Dans les grandes lignes, cette phase se traduit par une inversion tectonique régionale, la zone la moins érodée où le Carbonifère a été partiellement conservé correspond à la zone Sud Est du bassin.
- **Le cycle alpin:** avec notamment sa phase atlasique, a engendré des structures sub-latitudinales dont la dorsale Djemaa-Touggourt.

L'anticlinal de Hassi R'mel est situé sur la voûte de Tilrhent à l'intersection de la dorsale Idjerane M'Zab dont elle forme sa terminaison septentrionale et la dorsale Djemâa-Touggourt. Les mouvements tectoniques qui ont affecté le dôme de Hassi R'mel peuvent être résumés en quatre phases principales d'après l'étude sismique et structurale de Beicip 1978, (Fig.05) :

- Mouvement de cisaillement sénestre qui a pour conséquence un glissement horizontal du socle paléozoïque
- Création d'un pli d'entraînement et la remontée de la partie sous-jacente du Trias argilo-gréseux.
- Amincissement du sel (Trias salifère) par fluage au top du pli (zone de pression maximum).
- L'amincissement des sels est suivi par l'effondrement d'une partie du Jurassique, créant des grabens dont la largeur est de l'ordre du kilomètre et les rejets de l'ordre de plusieurs dizaines de mètres.



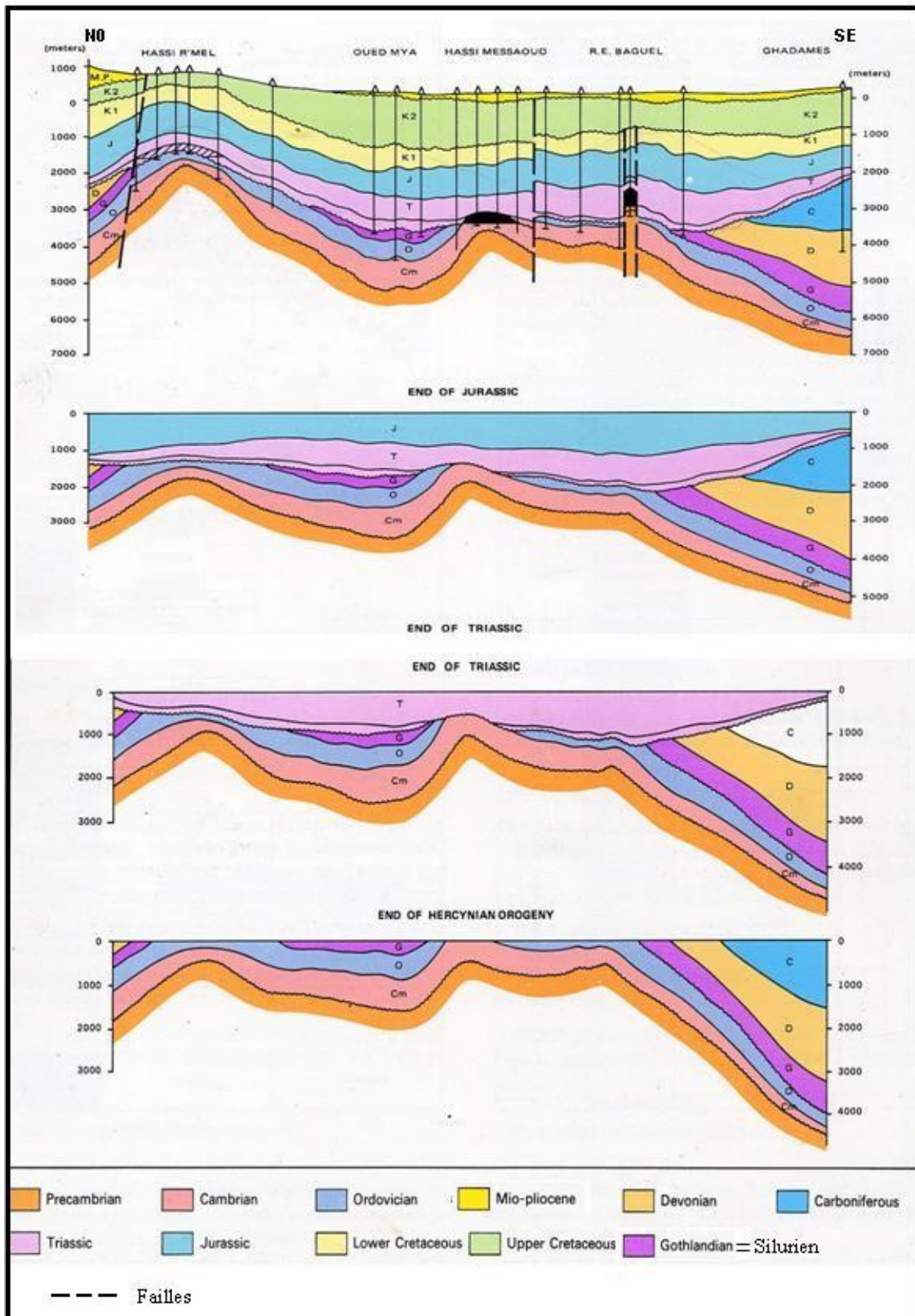


Fig.05 : Evolution structurale de la province triasique (WEC, 1979).

## 1.5. Intérêt pétrolier du bassin

### 1.5.1. La genèse des hydrocarbures

Il existe deux hypothèses possibles de roche mère :

- **Les argiles d'El-Gassi d'Ordovicien:** Ces argiles noirs, marines et organogènes pourraient avoir apporté la plus grande contribution à l'accumulation des réserves de Hassi Messoud. Cette formation de 38 à 50m d'épaisseur, et présente dans les puits au-delà de la limite actuelle du champ, ainsi que les grabens de la structure de Hassi Messoud.
- **Les argiles du silurien :** Une formation silurienne est présente à 20km à l'Ouest du champ Hassi Messoud (HMD) et à 100km à l'Est du champ. Il est donc probable que ses hydrocarbures aient subi une migration au sein de la structure.

Ces deux formations (argile du silurien et argile d'El-Gassi), peuvent dans une alternative se combiner pour être des roches mères uniques du bassin Triasique.

### 1.5.2. Accumulation des Hydrocarbures

L'histoire de l'accumulation des hydrocarbures est développée comme suit :

- Dépôt des roches magasins du Cambro-Ordovicien pendant une période d'instabilité du socle précambrien, avec quelques arrêts de sédimentation des cycles infra-formationnels (Ra / Ri). Ces roches magasins correspondant à une accumulation dans une plaine d'inondation très étendue.
- Suite au dépôt Mésozoïque, la migration des hydrocarbures a débuté tôt au Jurassique inférieur et s'est poursuivie durant le Crétacé inférieur. Une légère activité tectonique au cours de cette période a transformé la structure déjà existante en piège.
- Le piégeage des hydrocarbures a eu lieu au Crétacé inférieur.
- Les roches couvertures, argilo-gréseuse et salifères du trias, assurent une bonne couverture du réservoir Cambrien, leur dépôt a eu lieu dans une phase de repos du socle Précambrien.

**Conclusion**

Le réservoir triasique est le seul reservoir productif d'hydrocarbures dans le gisement du Hassi R'mel. Il est rarrivé à un rythme productif avancé, ce qui a provoqué un abaissement de sa pression. Pour cette raison, l'exploration et l'exploitation des nouveaux réservoirs dans le champ tel que le Cambro-Ordovicien s'imposent, surtout qu'on a des bons indices d'hydrocarbures dans quelques puits qui l'atteindre ce niveau.

Chapitre  
II

**Aspect géologique du  
réservoir Cambro  
-ordovicien**

---

## Introduction

Sous la discordance Hercynienne, les terrains paléozoïques se présentent sous forme d'un anticlinorium à cœur Cambrien, constitué de quartzites à grés quartzitiques identiques à ceux de Hassi Messoud. L'Ordovicien est constitué de quartzite et/ou d'alternance quartzite/argile. Il forme une auréole autour du cœur Cambrien.

### 2.1. Aspect Litho-stratigraphie du cambrien

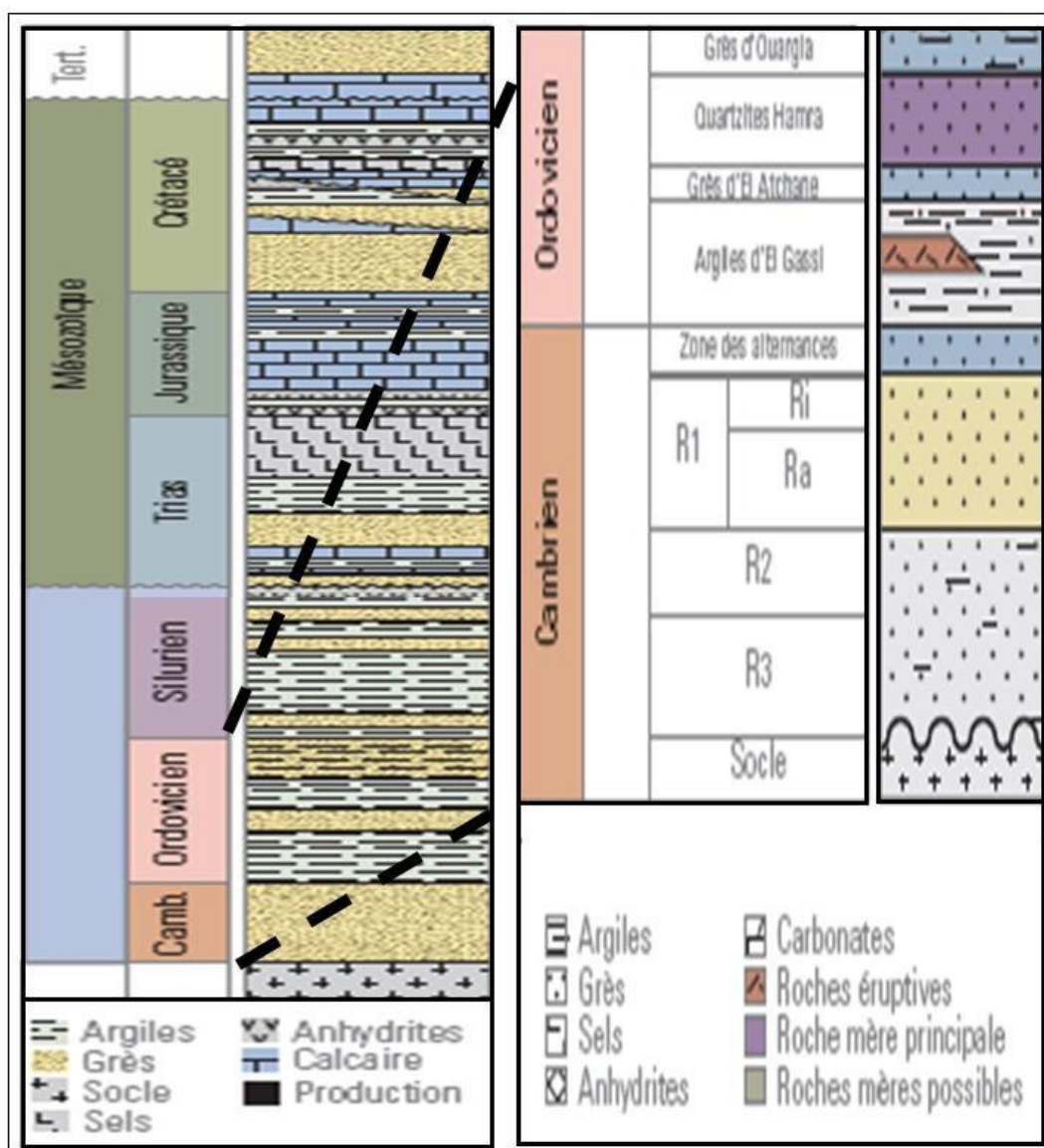
Le cambrien est identifié par sa position entre le socle cristallin à la base et les dépôts fins d'origine marine de l'ordovicien (Fig.06).

Il est constitué par une séquence grano-décroissante représentée par des niveaux gréseux hétérogènes fins à grossiers recoupées par des passées argilo-silteuses. (Hamel, A. 1988)

D'après les descriptions de carottes et les Log habillés de certains puits (HR004 et HRP001) le Cambrien a été subdivisés en quatre lithozones:

- **Zone des alternances:** constitue la transition entre le Cambrien et l'Ordovicien. Elle est formée de grés fins, plus ou moins quartzifiés et d'argilites noire ou verte silto-mécacée. Les tigillites sont abondantes.
- **Zone R1:** Elle est elle-même subdivisée en deux lithozones :
  - **Zone Ri :** rencontrée essentiellement à la périphérie du champ, elle correspond à des quartzites gris blancs très dure bien consolidés, compacts avec des passés d'argiles noires, présence de fissures verticales fermées, le ciment est constitué essentiellement de silice, d'argile et de chlorite, La stratification est entrecroisée dans les grés quartzites, souligné par des lits de micas.  
Cette formation est très fracturée et présente de nombreux niveaux de brèches tectoniques. Les fissures sont remplies de silice recristallisée.
  - **Zone Ra :** grés blanc à gris brun fin moyen à grossier parfois microconglomératique à stratification oblique à entrecroisés, le ciment est formé de silice et d'argile. Cette zone est-elle même subdivisée en trois grands ensembles granulométriques qui sont :
    - Zone inférieure, à grains grossiers.
    - Zone médiane, à grains fins.
    - Zone supérieure, à grains grossier.

- **Zone R2** : grès anisométriques fins verdâtres à ciment argileux à stratification entrecroisées.
- **Zone R3** : Quartzite brun rouge à ciment d'argilites et de silice, vers la base les quartzites deviennent conglomératiques avec des galets de quartz composés de feldspaths, les quarts proviennent de l'érosion d'un granite comparable à celui du socle. La taille des grains oscille de 0.4mm et 0.6mm les plus gros dépassent les 2 mm, cette horizon est fortement fracturés.



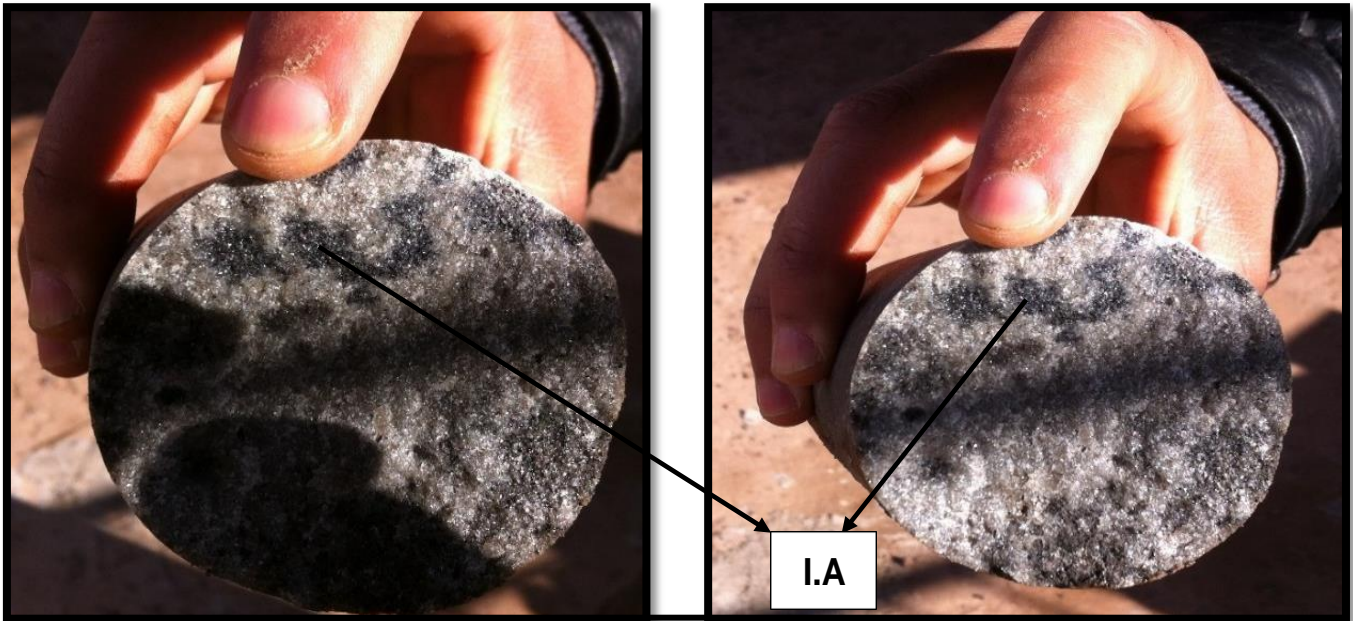
**Fig.06 : Coupe litho-stratigraphique du Paléozoïque du champ HASSI R'MEL (Benamor, O. 2017).**

## 2.2. Etude pétrographique des carottes

### 2.2.1. Etudes des éléments constituant dans les carottes.

Les observations microscopiques des lames minces et les analyses par rayon X effectuées sur le Cambro-Ordovicien, ont montré les principaux constituants pétrographiques suivants :

- **Le Quartz** : c'est le minéral le plus abondant dans le réservoir, il présente un pourcentage de 75% de la roche avec des grains sub-arrondis à sub-anguleux.
- **Les Feldspaths** : ils ont une teneur relativement faible. Se sont généralement à microcline et l'orthose.
- **Les micas** : ils sont rares et généralement représentés par la biotite et la muscovite.
- **Les fragments des roches** : ce sont des débris de quartzite, de brèche tectonique, ils sont liés aux zones grossières.
- **Les ciments** : les deux principaux ciments existants sont le ciment argileux et siliceux (se forme de nourrissage). Les autres ciments sont les carbonates et l'anhydrite.



**Photos.01 : Cassure sur carotte du puits HRC063 montrant Grès Quartzitique avec (I.A) des inclusions d'argile noir (Benamor, O. 2017).**



**Photos.02 : Cassures sur carotte du puits HRC063 montrant Grès Fortement Quartzitique (Benamor, O. 2017)**



### 2.2.2. Etudes des structures sédimentaires

Les principales stratifications sédimentaires rencontrées sont :

- Stratification oblique associées généralement au dépôt grossier (fortes énergie).
- Stratifications entrecroisées formées par l'entrecouplement de litages obliques ou par le développement latéral des chenaux.
- Stratifications horizontales qui nécessitent un courant d'énergie faible.



Stratification Sub-  
Horizontale  
Puits#HRC063



Stratification  
Oblique  
Puits#HRC062



Stratification  
Entrecroisée  
Puits#HRC062

**Photos.03: différents types des stratifications des Puits HRC062 et HRC063  
(Benamor, O. 2017).**

### 2.2.3. Etude des fracturations :

La fracturation désigne toute cassure de roche, avec ou sans déplacement relatif des zones déformées. Ces fractures peuvent être associées à un événement local, ou régional. Selon l'orientation, la distribution, et la morphologie des fractures.

La meilleure méthode pour détecter des fractures de la formation est par l'observation des carottes à l'œil nu et sous la loupe, Lors de l'analyse des carottes nous avons répertorié tous les objets structuraux observable :

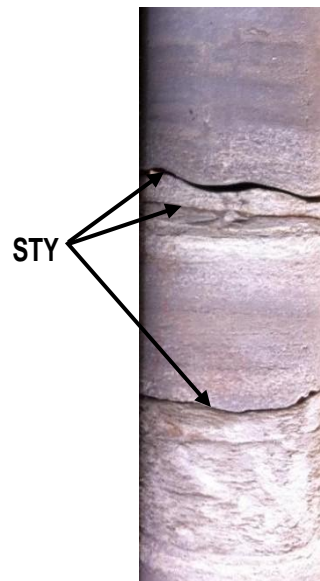
- i-les stylolithes.
- ii- les fractures.
- iii- les Brèches.

#### i. Les Stylolithes :



Joint stylolithique

Puits#HRC061



Successions des joints stylolithiques

Puits#HRC063

**Photos.04 : Les joints stylolithiques, Puits#HRC061 & HRC063 (Benamor, O. 2017).**

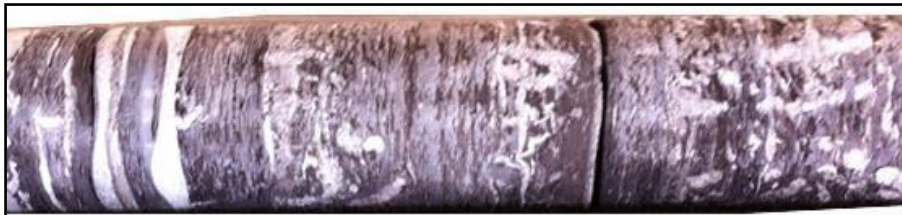
- **Description :**

Les stylolithes sont présents sous forme des colonnettes portés par des plans horizontales coincés au sein des niveaux argileux (illiteux) et parallèles a la stratification de la formation, on les trouve parfois en succession.

- **Interprétation**

La syolithisation est le résultat de la compaction, due aux contraintes mécaniques exercées par la charge sédimentaire, elle affecte les niveaux argileux riches en éléments moins résistants. Elle est généralement associée à des surfaces de bioturbation.

La bioturbation est la déformation d'un sédiment non encore lithifié par l'action d'organismes vivants et que l'on retrouve sous forme de pistes ou de terriers dans les roches sédimentaires.



**Photos.05 : Des surfaces de bioturbation , Puits#HRC063**

## ii. Les fractures

On a observé sur les carottes de nouveaux puits (HRC061, HRC062 et HRC063) qui atteint le Cambro-Ordovicien des fissures sub-verticales et sub-horizontales dont la plus part sont colmatées, elles constituent alors des barrières de perméabilités s'opposant ainsi à l'écoulement des fluides. Les principaux colmatant sont souvent des sulfates blanchâtres, des argiles et parfois de la silice.

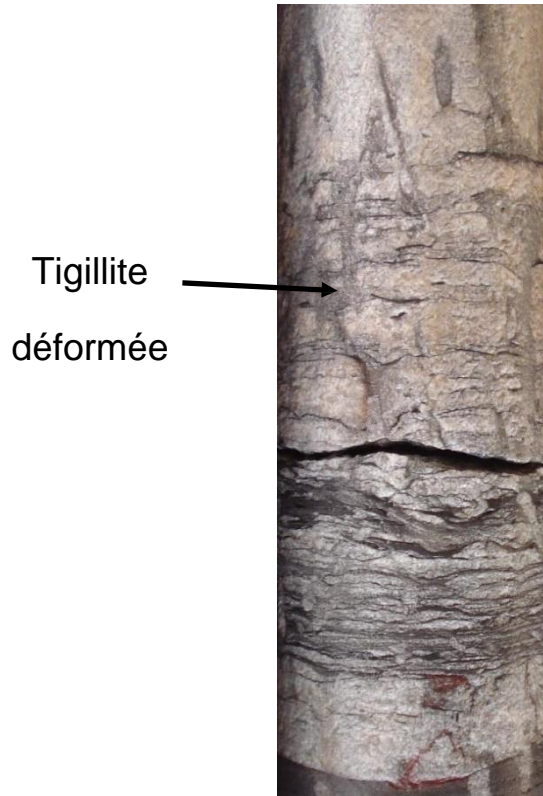


**Photos.06. (a) & (b) : Des fractures verticales à subverticales fermées, PUITs# HRC063 (Benamor, O. 2017).**



**Photos.07.(c) : Des fractures verticales à subverticales semi fermées, PUITs# HRC058(Benamor, O. 2017).**

### iii. Les brèches



**Photos.08 : Représente Brèche Tectonique du PUIT#HRC058 (Benamor, O. 2017).**

- **Description**

Sont des zones fortement déformées, où on ne peut pas distinguer ni stratification ni d'autres structures, même les traces des Tigillites sont déformées. On remarque aussi que les brèches sont soudées entre elles par une matrice gréseuse.

- **Interprétation**

Les brèches observées correspondent à une zone de fracturation intense, elles sont les seuls indicateurs d'une zone de broyage.

### 2.3. Aspect structural du réservoir cambro-ordovicien

De point de vue structurale, le Cambro-Ordovicien à Hassi H'mel correspond au prolongement Sud-Ouest de la structure positive orientée NE-SW, prise naissance durant les différentes phases tectoniques du Paléozoïque.

La carte d'écorché à la discordance hercynienne du bassin de Oued Mya (Fig.07) montre que le Paléozoïque se présente sous formes d'un anticlinorium d'axe orienté NE-SW à cœur Cambrien, l'Ordovicien et les autres termes forment une auréole autour du cœur Cambrien.

Durant le cycle hercynien les zones qui étaient hautes pendant le Paléozoïque, ont subi un soulèvement maximum, ceci a provoqué l'érosion de la majorité des termes Paléozoïques sur les parties hautes, d'où le Cambrien (**Ri**) affleure sur la voûte de Tirlhemt. (partie Est du champ de Hassi R'mel). Cela est évident dans l'écorché de Hassi R'mel (**Fig.08**), Mais il faut noter que le découpage diagraphique des lithozones : Ri, zone des alternances, Ordovicien est très difficile.

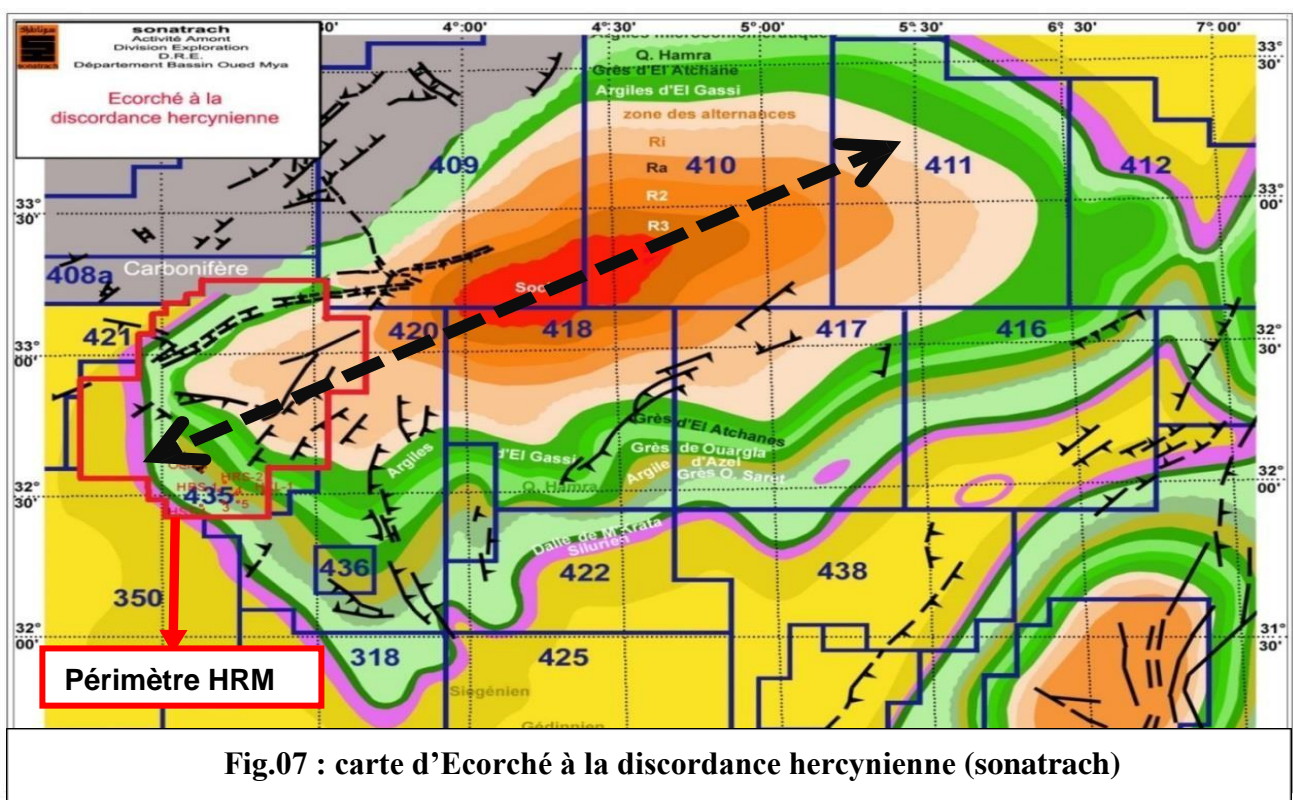
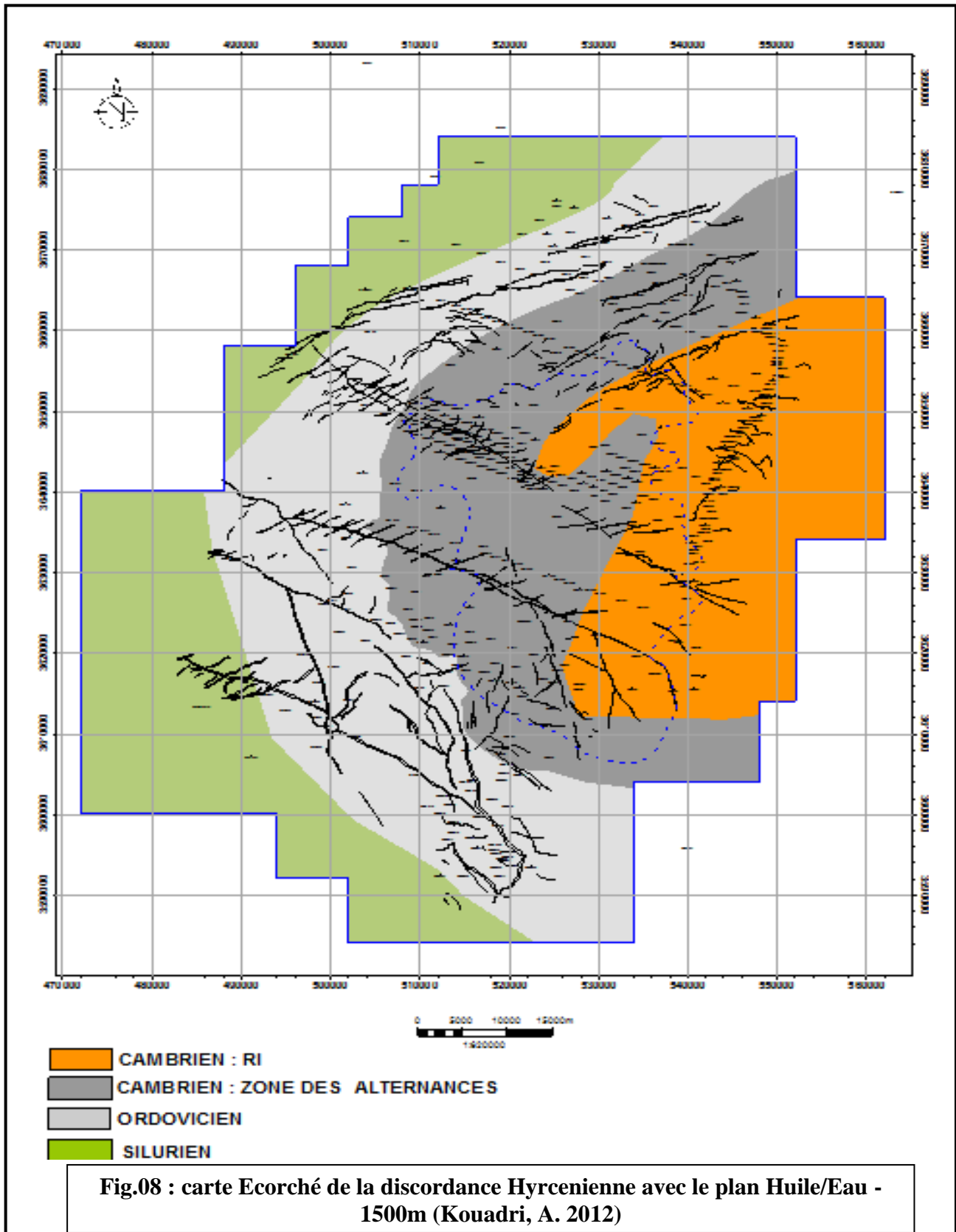


Fig.07 : carte d'Ecorché à la discordance hercynienne (sonatrach)



### 2.3.1. Analyse et interprétation des cartes

#### a. La carte en isobathes

D'après la carte en isobathes au toit du Cambro-Ordovicien (Fig.09), la structure apparaît comme une sorte de plateau ondulé (constitué par de culminations et dépressions), très accidenté. A l'Est et à l'Ouest de la structure des chutes structurales sont très marquées. La zone la plus haute est localisée au centre du champ au niveau de HR022 est implanté où la cote absolue du Cambro-Ordovicien est de -1414m.

On note la présence d'un réseau de faille très complexe d'orientation majeur NE-SW qui démembrer le champ en blocs. L'autre réseau de failles est perpendiculaire au précédent ayant une direction NW-SE.

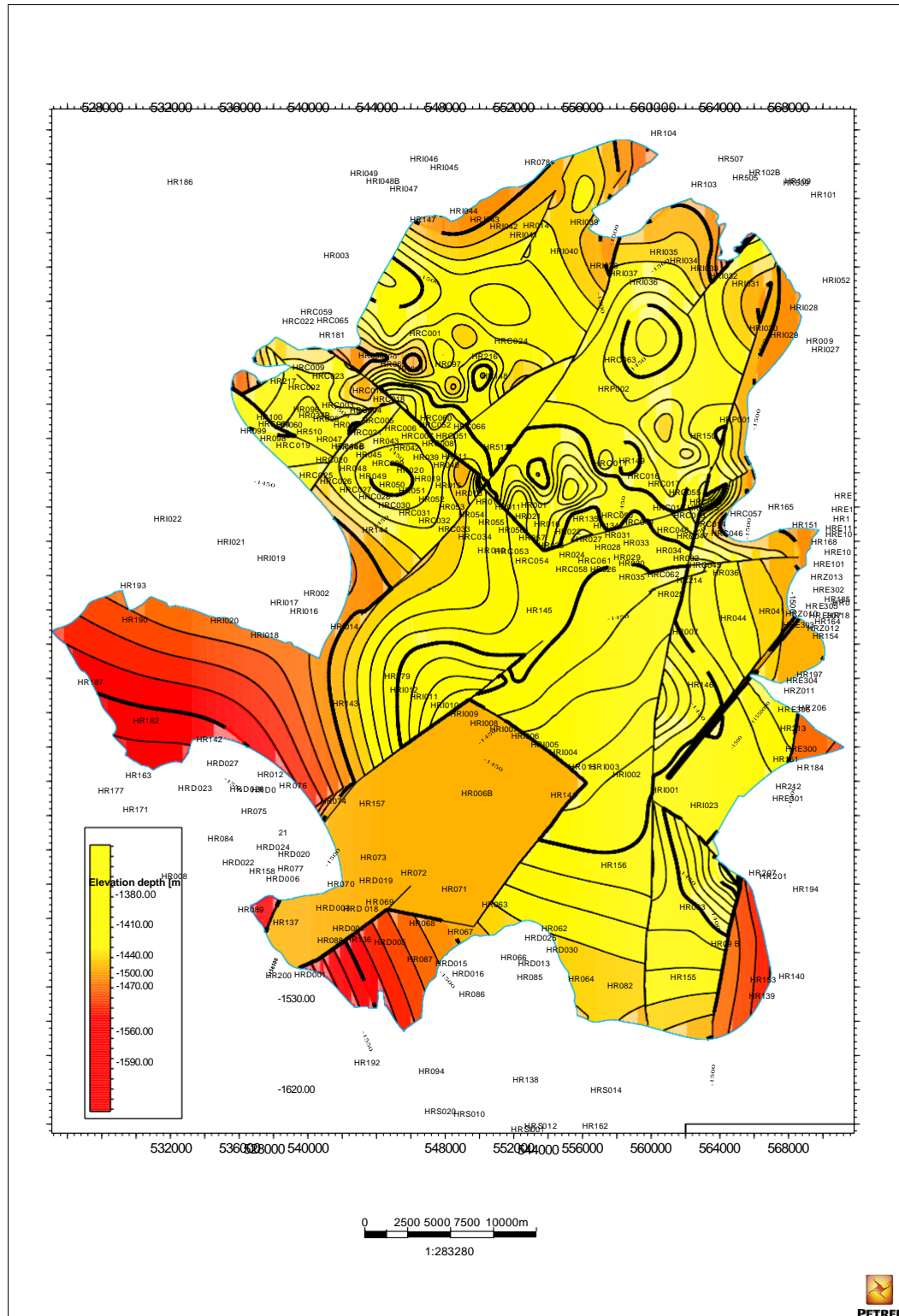
D'après la carte en isobathes au toit du Cambro-Ordovicien (Fig.10), la zone au-dessus du plan d'eau régionale (-1500m) est situé au centre du champ, dans cette zone favorable à l'accumulation d'huile on a établi une carte en isopaques des grés cambrien.

#### b. La carte en isopaques

- D'une manière générale et comme le montre la carte en isopaque au-dessus du plan d'eau initial (théorique) -1500m (Fig.11), la distribution d'épaisseur est relativement irrégulière, les plus grandes valeurs de l'épaisseur sont enregistrées dans la partie centrale de la structure où elle atteint son maximum 86m à HR022. L'épaisseur moyenne est de l'ordre de 44m, L'épaisseur tend à diminuer en allant vers la périphérie ( $E_p < 0$  : le Cambro-Ordovicien est noyé dans l'eau).
- D'après la carte en isopaque des grés cambriens de plus de 40 m au-dessus du plan d'eau (-1500 m) (Fig.12), où la limite de la zone d'alternance et le « Ri » qui a été tracé sur la base de l'écorché de la discordance hercynienne (Fig.08), montre que la zone d'intérêt est situé dans la partie Est du champ où le Trias repose directement sur le Cambrien « Ri ».







**Fig.10 : Carte en isobathes au toit du Cambro-Ordovicien au-dessus du plan d'eau (-1500) (sonatrach2010).**

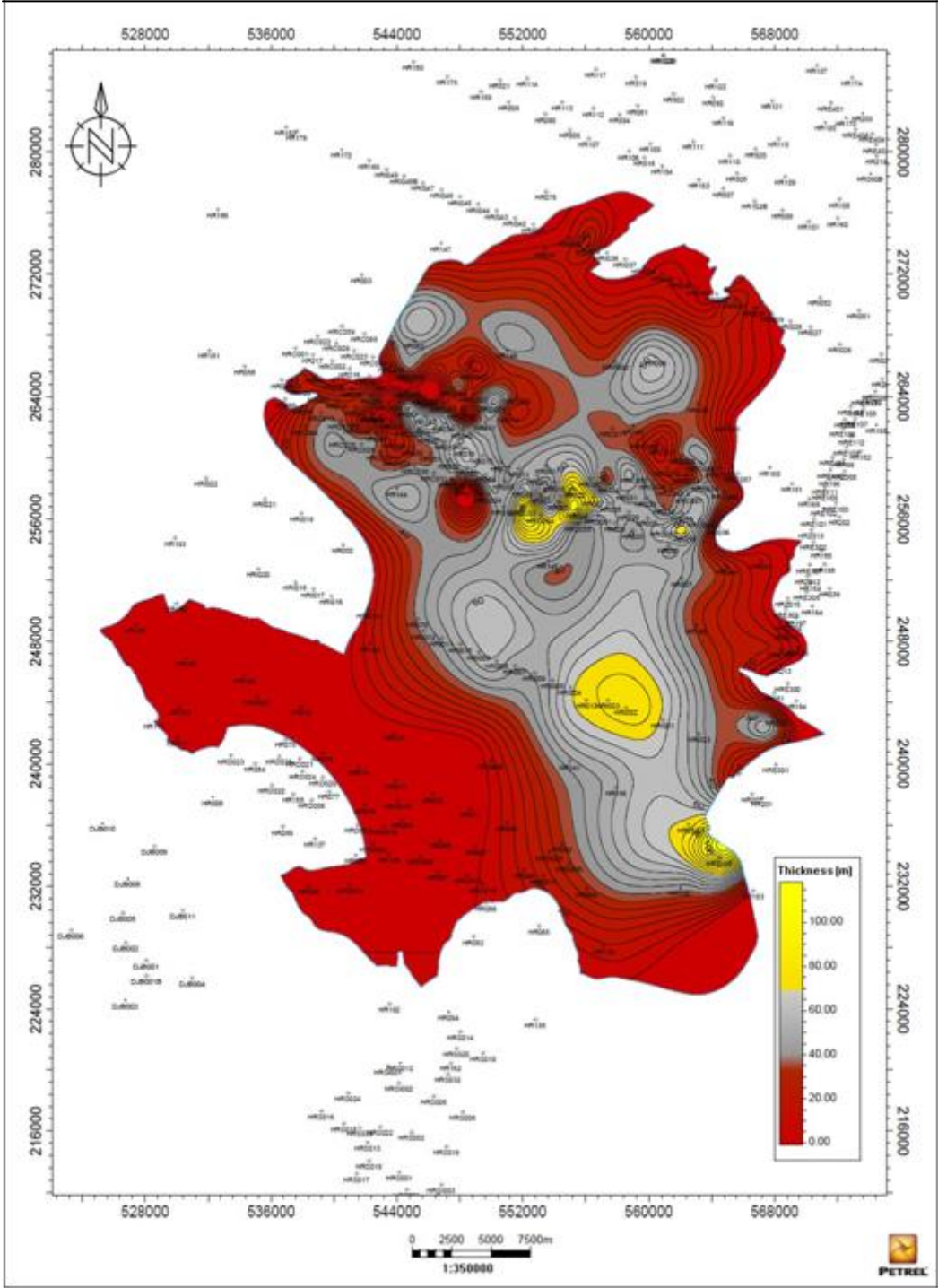


Fig.11 : Carte en isopaque du Cambro-Ordovicien au-dessus de plan d'eau (-1500m) (sonatrach2010).

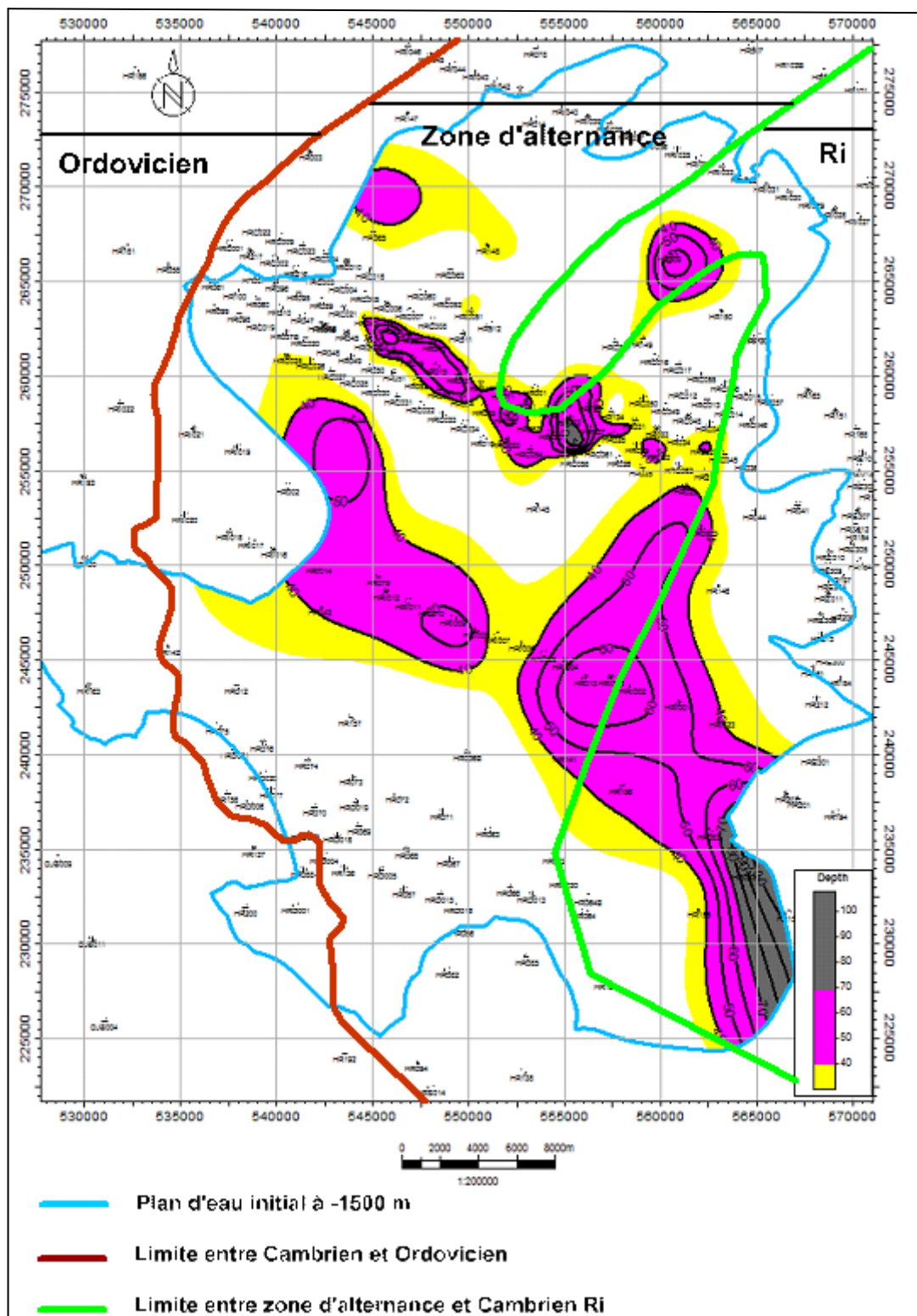


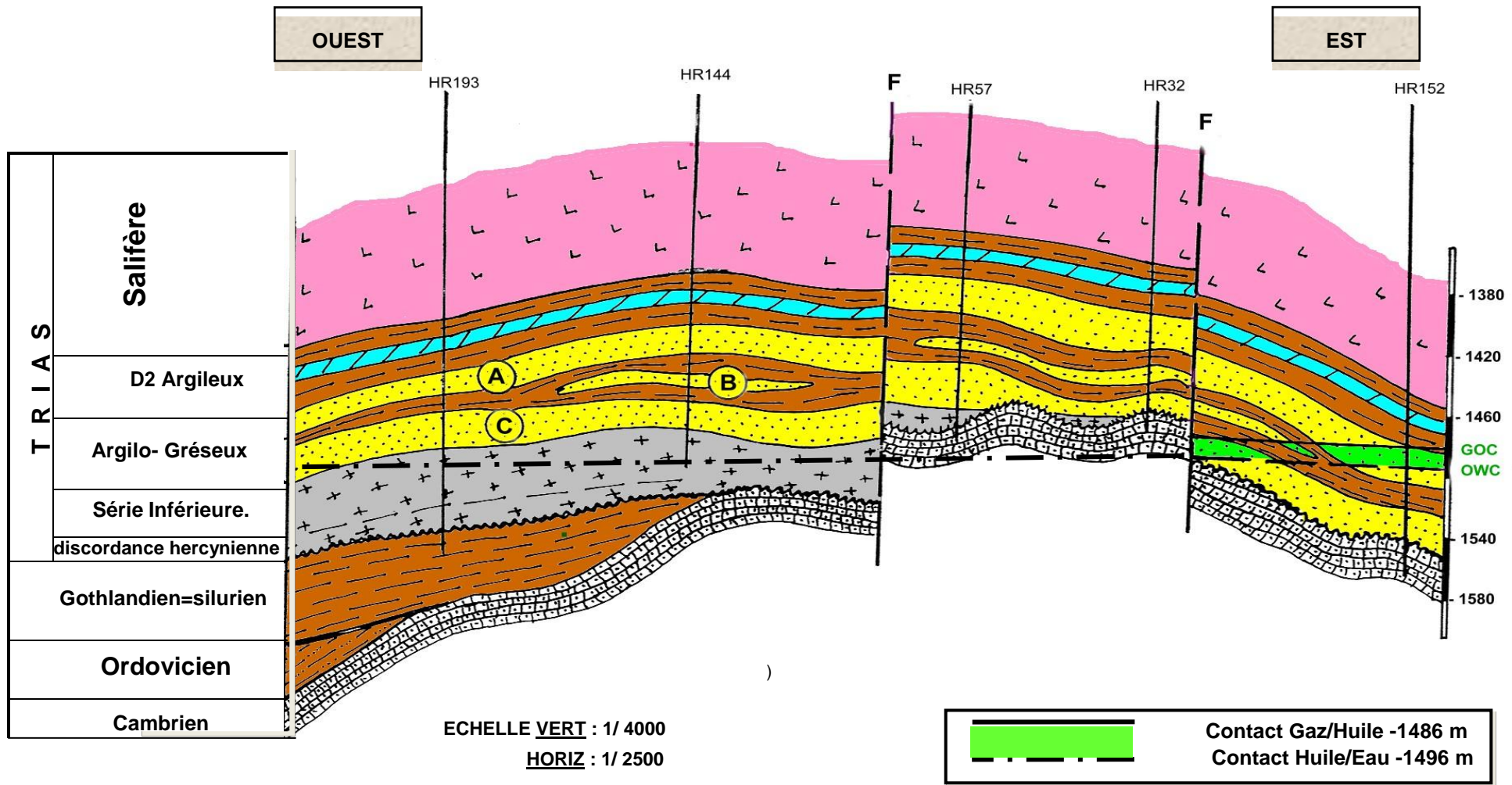
Fig.12 : Carte en isopaque des grés cambriens plus de 40 m au-dessus du plan d'eau -1500 m (Benamor, O. 2017).

#### 2.4. Extension du Cambro-Ordovicien au champ de HRM

D'après les enregistrements diagraphiques sur puits à travers le champ de Hassi R'mel, et en établissant un découpage électrique des différents horizons en particulier le Paléozoïque (Cambro-Ordovicien), on a pu constater que le Cambrien est présent sur tout le champ de Hassi R'mel avec des épaisseurs plus au moins variables, il passe de 12.19m (HR97) à 101m (HR93b). Comme il présente aussi une même lithologie (alternance de quartzites à grès quartzitiques).

La coupe géologique Est-Ouest du champ de Hassi R'mel montre que le Cambro-Ordovicien est limité en haut soit par le Silurien et la Série Inférieure dans la région Ouest (HR193), soit par les réservoirs triasiques en allant vers l'Est (HR032), Et dans ce cas il y a une possibilité d'avoir un réservoir avec un potentiel d'huile ou de gaz surtout quand le Cambrien Ri (zone d'intérêt) communique directement avec les grès du réservoir triasique (Fig.13).(Tertag, S. 2000)

Pour connaître la répartition des corps sédimentaires et suivre l'extension du réservoir Cambro-Ordovicien, on a établi des corrélations diagraphiques à travers la partie centrale du champ où le Cambro-Ordovicien est au-dessus du plan d'eau. Ces dernières sont basées sur l'analyse des différents enregistrements diagraphiques.



**FIG.13 CHAMP DE HASSI R'MEL**  
**COUPE GEOLOGIQUE EST - OUEST**

**2.4.1. Reconnaissance et limite du cambro-ordovicien**

Sur les logs de Gamma Ray (GR), le Cambro-Ordovicien correspond à une réponse sous forme de deux cycles cylindriques dentelés (présence de pics) et superposés l'un au-dessus de l'autre, séparés par un banc de faible radioactivité. Le cycle de bas est long et présente des pics forts par rapport à celui du haut. (Desbrandes, R. 1982)

Il commence par la zone d'alternance au niveau de puits HR511, et limité en haut soit par la série inférieure au niveau de puits HR044 où le Cambrien commence par « Ri », soit par le réservoir triasique (niveau C) en allant vers HR027 (Fig.14).

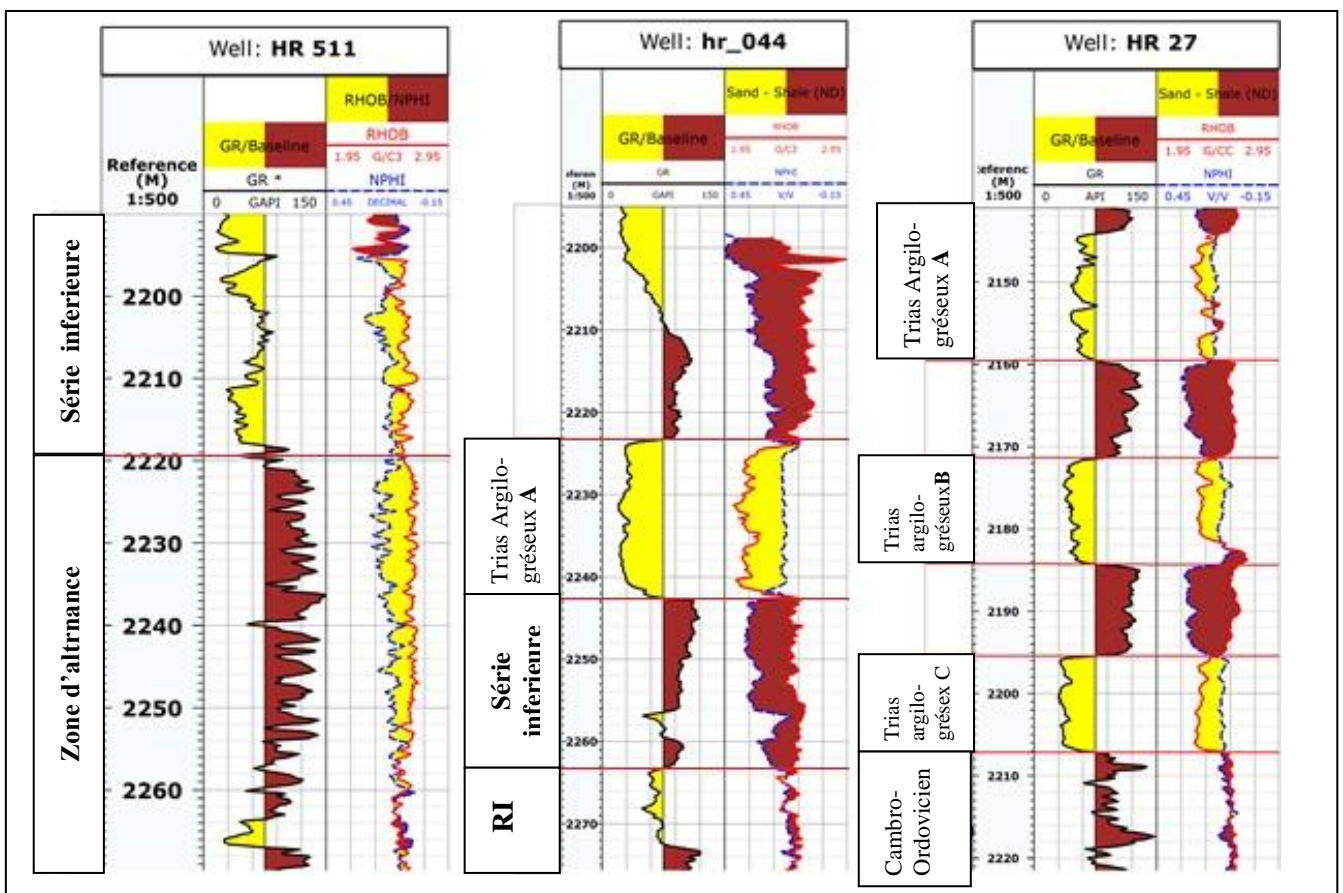


Fig.14 : représente la limite du réservoir Cambro-Ordovicien (Benamor, O. 2017).

### 2.4.2. Interprétation des corrélations diagraphiques et les coupes géologiques

Les profils établis, (Fig.15) sont répartis comme suit:

- Un profil dans la partie centre de direction (NW-SE).
- Un profil de direction (NE-SW).

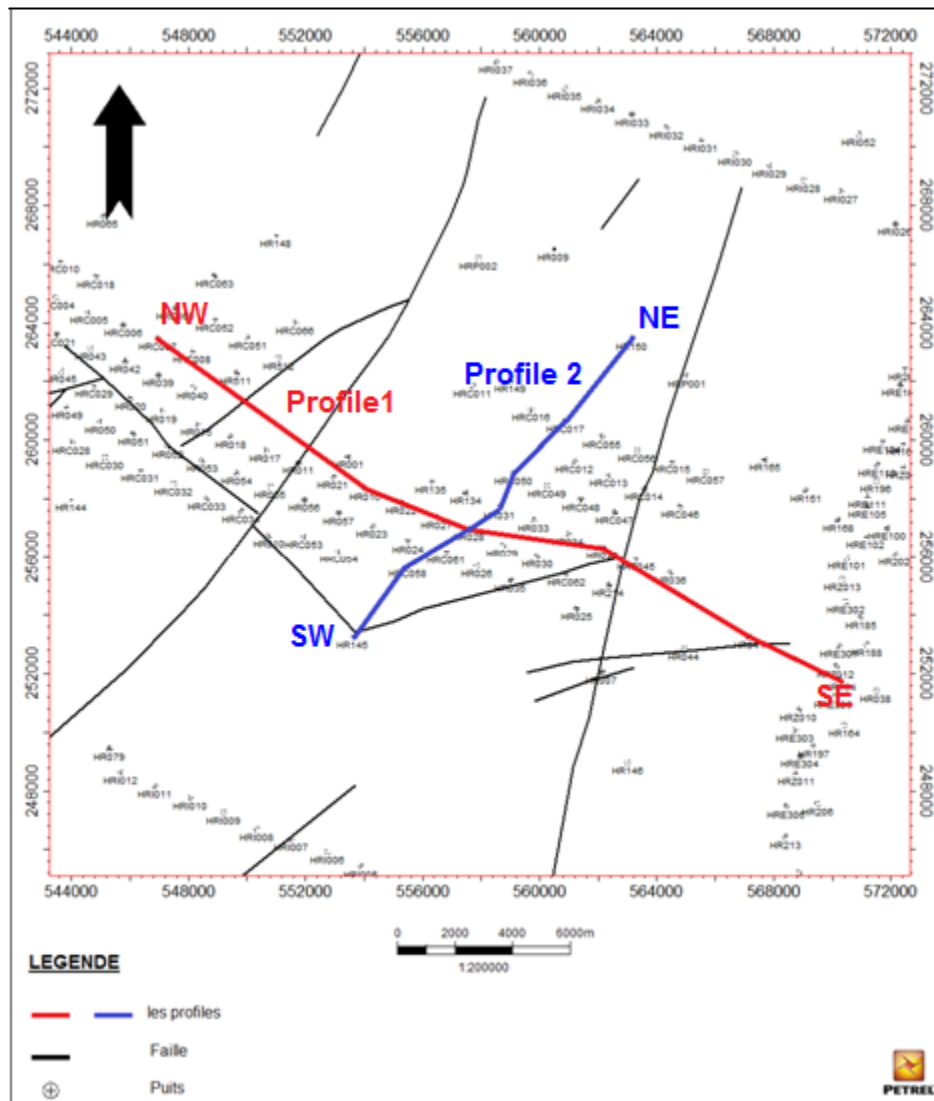
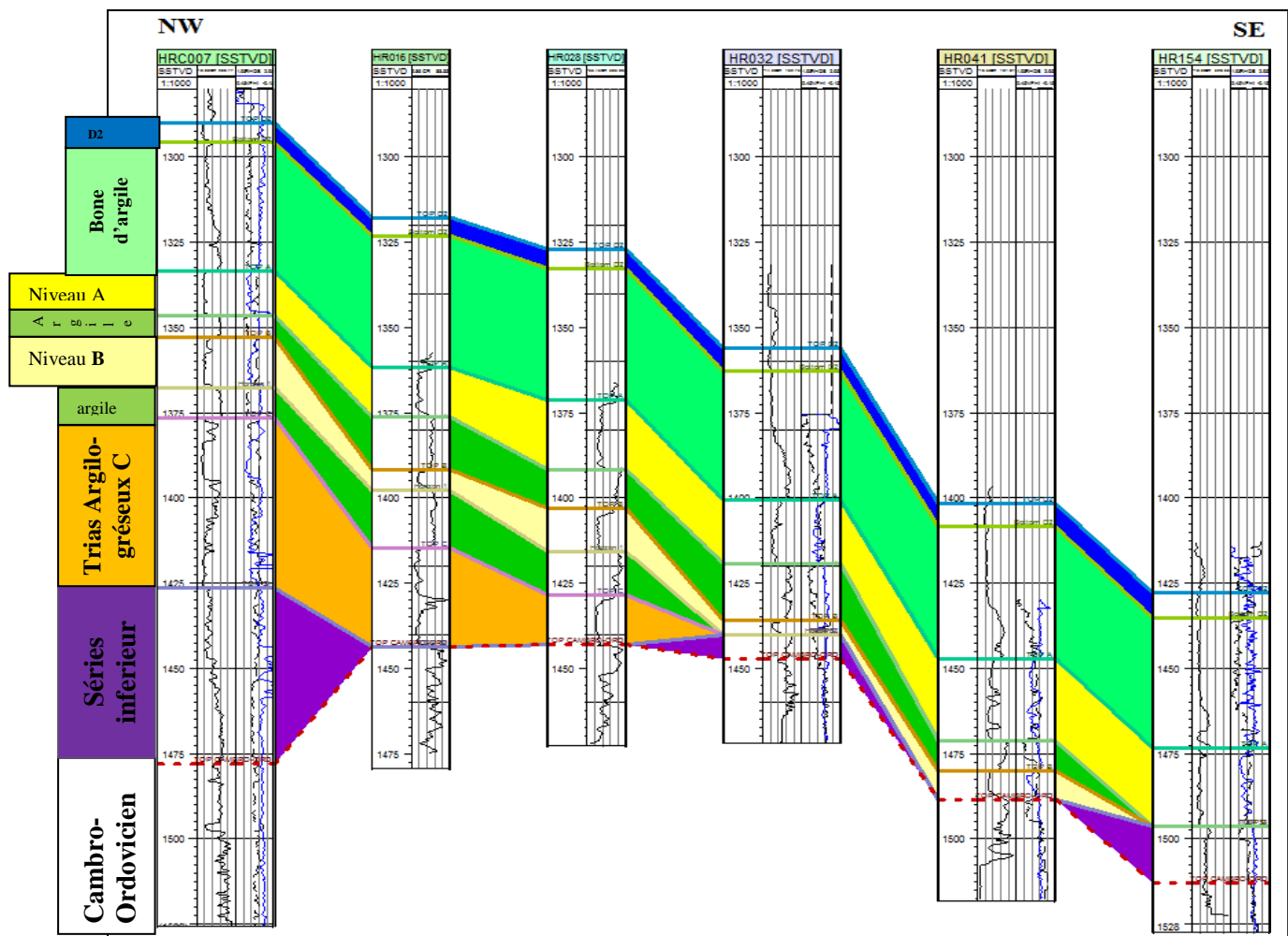


Fig.15 : carte de position des puits dans le champ d'étude (Benamor, O. 2017).



**Profil-1 :** dans la partie centre de direction NW-SE, (Fig.16).

Ce premier profil passe par les puits: HRC007, HR016, HR028, HR032, HR041 et HR154. Montre une structure anticlinale séparée à l'Est et à l'Ouest par deux failles que le cambro- ordovicien se présente sous forme d'une structure positive où la cote sommitale atteint le -1443m dans les puits HR028 et HR016 ou le niveau (C) repose directement sur le Cambro-Ordovicien avec une épaisseur de 57m au-dessus du plan d'eau, il montre aussi la présence de la série inférieure dans la partie NW depuis les puits HRC007 et HR015, et qu'elle biseaute carrément au niveau de puits (HR041, HR016 et HR041) .(Shlumberger. 1979)



**Fig.16 : Corrélation diagraphique NW-SE à travers les puits (HRC007-HR016-HR028-HR032- HR041-HR154) (Benamor, O. 2017).**

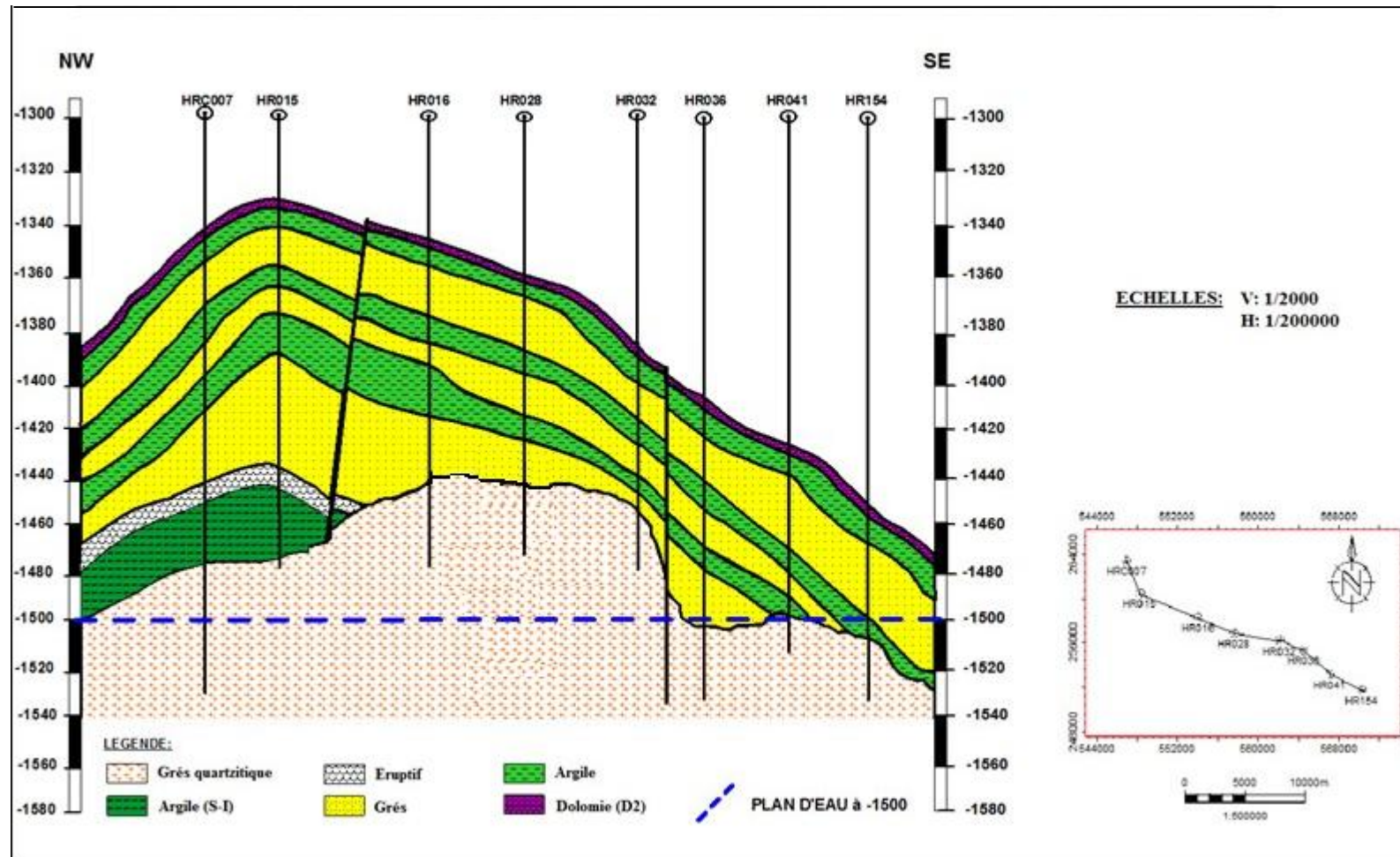
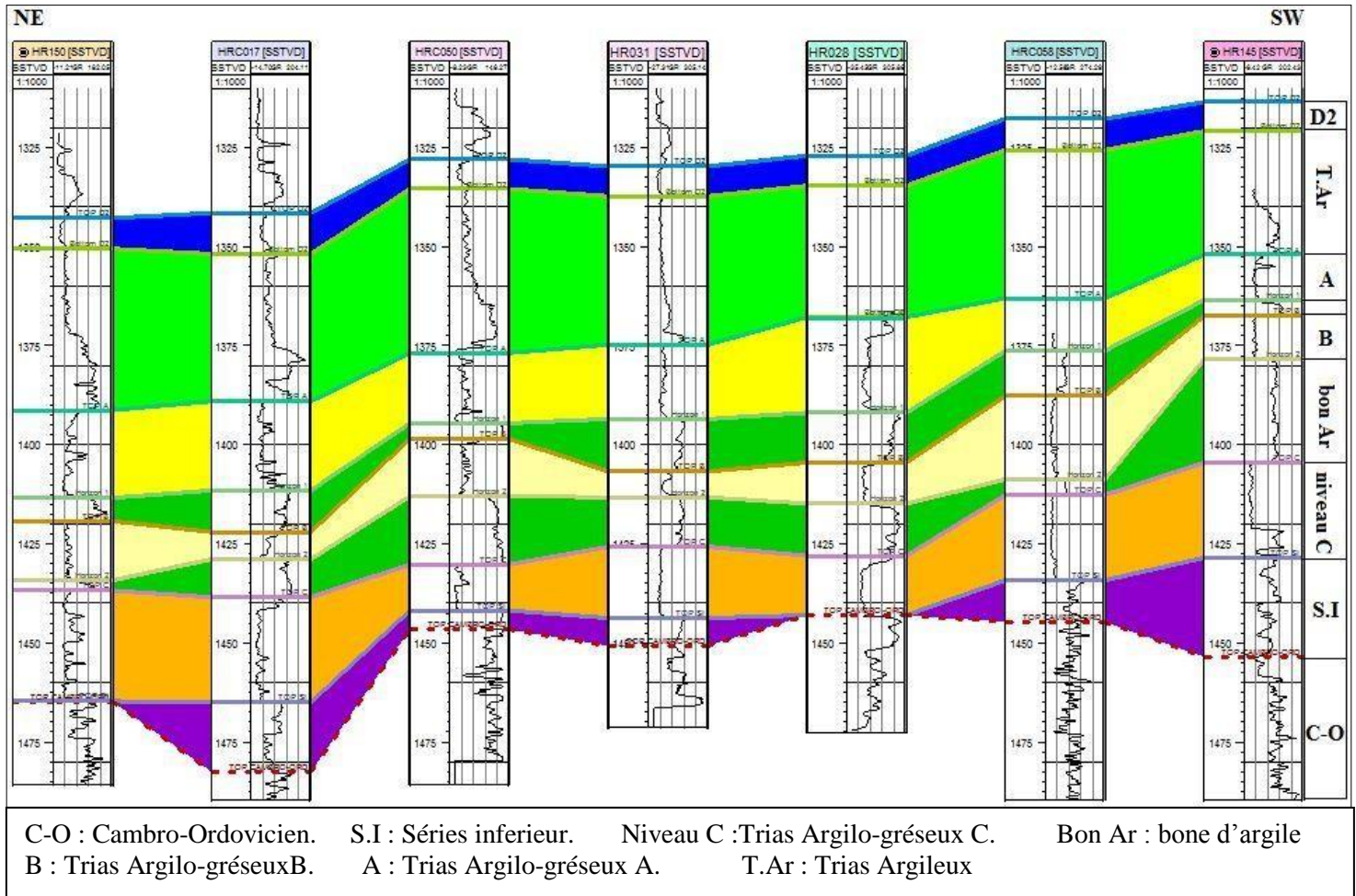


Fig.17 : Coupe géologique NO-SE à travers les puits : HRC007-HR015-HRO16-HR028-HR032-HR036-HR041-HR154.

**Profil-2 :** présente une direction NE-SW, (Fig.18).

Ce deuxième profil passe par les puits: HR150, HRC017, HRC050, HR031, HR028, HR058 et HR145. Il vient confirmer l'extension continue du Cambro-Ordovicien où les épaisseurs de ce dernier au-dessus du plan d'eau initiale (-1500m) varie entre 17.5m à HRC017 et 57m au niveau de puits HR028. Il montre aussi la présence de la Série Inférieure avec des épaisseurs irrégulières.



**Fig.18 : Corrélation diagramme NE-SW à travers les puits : HR150-HRC017-HRC050- HR031-HR028-HR058-HR145 (Benamor, O. 2017).**

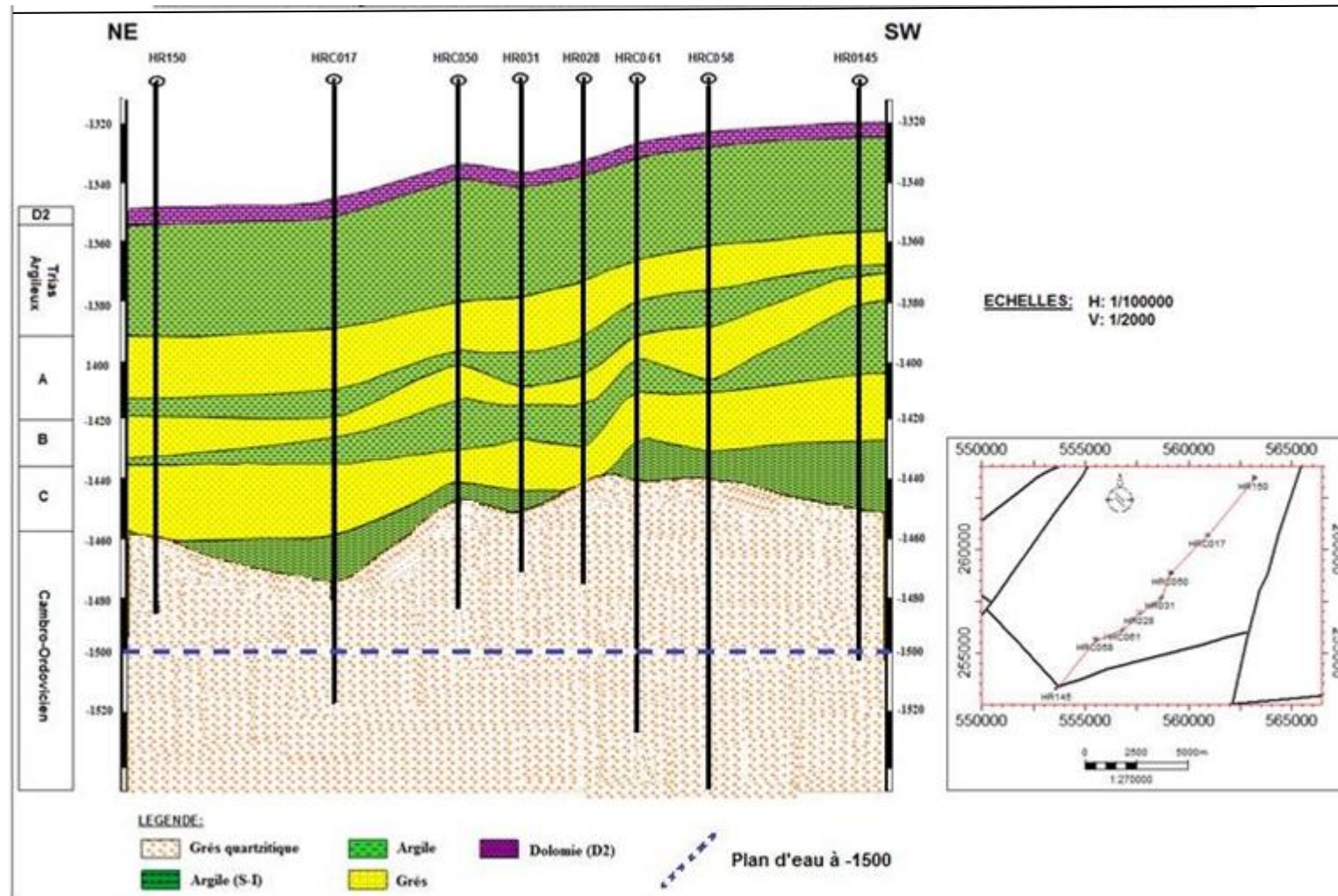


Fig.19 : Coupe géologique NE-SW à travers les puits : HR150-HRC017-HRC050-HR031-HR028-HR058-HR145.

**Conclusion**

D'après l'étude lithologique du Cambro-Ordovicien et leur extension, on peut conclure qu'il couvre tout le champ de Hassi R'mel, avec des épaisseurs plus ou moins importantes, les grès cambriens peuvent atteindre plus de 80m au-dessus du plan d'eau régionale initial (-1500m).

Les grès du niveau réservoir (C) du trias reposent sur ceux du Cambro-Ordovicien au centre du champ, ce contact direct entre les deux horizons (niveau réservoir « C » – Cambro- Ordovicien) favorise l'accumulation du hydrocarbure.

Chapitre  
III

Caractérisation  
pétrophysique du  
Cambro-Ordovicien

---

## Introduction

Toutes les études faites auparavant sur ce champ s'intéressaient uniquement aux réservoirs Trias Argilo-Gréseux (A, B et C). Ces réservoirs présentent d'excellentes caractéristiques pétrophysiques associées à des épaisseurs utiles importantes, tandis que le Cambro-Ordovicien était plus ou moins ignoré. Dans ce chapitre on a essayé de focaliser sur le Cambro-Ordovicien.

Plusieurs indices visualisés sur carotte peuvent nous confirmer que le réservoir du Cambro - Ordovicien peut être un bon réservoir potentiel d'hydrocarbure, ces indices peuvent être divisés en deux :

### 3.1. Indices géologiques

La carotte du Cambro-Ordovicien nous indique que plusieurs fissures verticales à subverticales et subhorizontales affectent les terrains du cambrien, ces fissures peuvent être la source d'un bon drainage des hydrocarbures, parmi les puits qui présentent cette propriété pétrophysique secondaire on peut citer (Tableau.01):

**Tableau.01 : Présente les Indices géologiques (Benamor, O. 2017).**

<b>PUITS</b>	<b>INDICE GEOLOGIQUE</b>
<b>HR007</b>	2238-2258.2 m : Quartzites gris blanc fissurés à tigillites.
<b>HR021</b>	2225-2234.5 m : Nombreuses fissures horizontales et verticales.
<b>HR029</b>	2217.15- 2223 m : Fissuration subverticale ouverte.
<b>HR030</b>	2218.90-2222.1 m : Fissuration subverticale développée.
	2225-2223.4 m : Fissuration sub-verticale développée.
<b>HR034</b>	2246-2258.5 m : Fissuration sub-verticale développée.
<b>HR035</b>	2227.30-2243m : Fracturation sub-verticale développée à la base.
	2246.90-2251 m : Fracturation sub-verticale très développée.
<b>HR041</b>	2266,5-2279,5m: Fissuration très développée à tapissage de bitume.
	2279,5-2284 m: Fissuration très développée à tapissage de bitume.
<b>HR044</b>	2280,5-2283,5m : quartzites gris clair, fissurés, à présence de tigillites.

---

<b>HR139</b>	2145,5-2147,5 m:Fissures sub-verticales ouvertes.
	2150-2157m: fracturés à nombreuses tigillites mal formées.
<b>HR 145</b>	2228,7-2244 m:Fissuration sub-verticale très développée.
	2245-2263m: Fissuration sub-verticale très développée.
	2264-2267,7m: Fissuration sub-verticale très développée.
	2274-2275,75m: Fissuration sub-verticale très développée.



### 3.2. Indices d'hydrocarbures

D'après la couleur de certains niveau de la carotte du Cambro-Ordovicien et d'après la visualisation de celle-ci la présence d'indices d'hydrocarbure dans certains puits qui est représenté dans le tableau au-dessous. Sonatrach 1995

**Tableau.02 : Présente les indices d'hydrocarbures au niveau des carottes (Sonatrach rapport final des puits).**

<b>PUITS</b>	<b>Indice d'hydrocarbure</b>
<b>HR041</b>	Suintement d'huile dans l'ensemble de cette série 2266,5-2279,5 + 2279,5-2284.
<b>HR044</b>	2264-2267,9 grès gris clair à gris sombre argileux, fins à moyens compact imprégnés de bitume.
<b>HR145</b>	Indice d'huile: de 2231,5-2232,5.
	Traces d'huile : (2268-2270) ; (2270,75-2270,9) ; (2272,8-2273,1).
	Indices d'huile : 2274-2275,2.
	Indices h'huile : 2276-227.
<b>HR150</b>	Présence d'huile (2258m-2260m « fin de carotte »).
<b>HR214</b>	Faible traces de bitume.
	Faible bullage de gaz à l'extraction de la carotte.

### 3.3. Evolution des propriétés pétrophysiques du Cambro - Ordovicien

Afin d'évaluer les caractéristiques pétrophysiques du réservoir Cambro-Ordovicien on a sélectionné 65 puits à partir desquelles les mesures de la porosité et la perméabilité carotte dans les conditions du labo a été faite. Les résultats de cette estimation qualitatif est données sur des histogrammes et des carte.

#### 3.3.1. Distribution des classes de porosité

L'histogramme de distribution des classes de porosité (fig.20). nous montre une distribution unimodale gaussienne avec 85% des valeurs qui sont comprises entre 0 et 10% et 8% des valeurs qui sont comprises entre 10 et 15%.

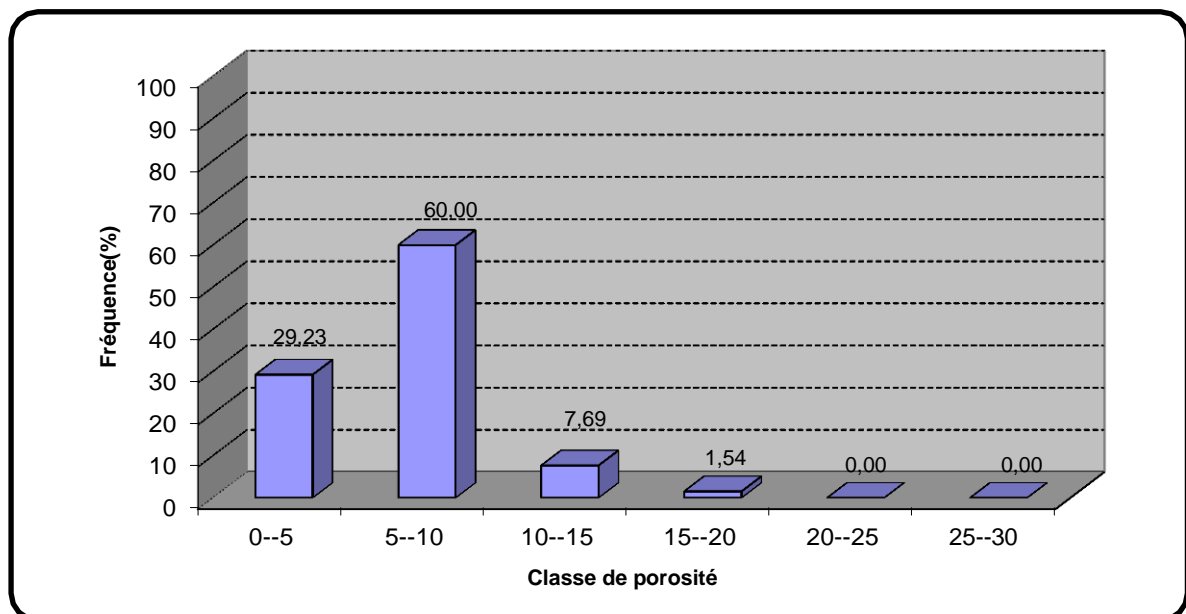


Fig.20 : L'histogramme de distribution des classes de porosité.

#### 3.3.2. Evolution latérale de la porosité

D'après la carte en isoporosité (fig.21) a été tracée avec les moyennes arithmétiques de porosité de chaque puits avec une équidistance de 0.5%. Elle nous montre que la distribution latérale de porosité dans le Cambro-Ordovicien est relativement anarchique. Cependant on distingue plusieurs zones mais globalement les valeurs de porosité tournent autour d'une valeur moyenne de l'ordre de 6 à 7 , et la porosité maximale est de 15 à HRC051 .

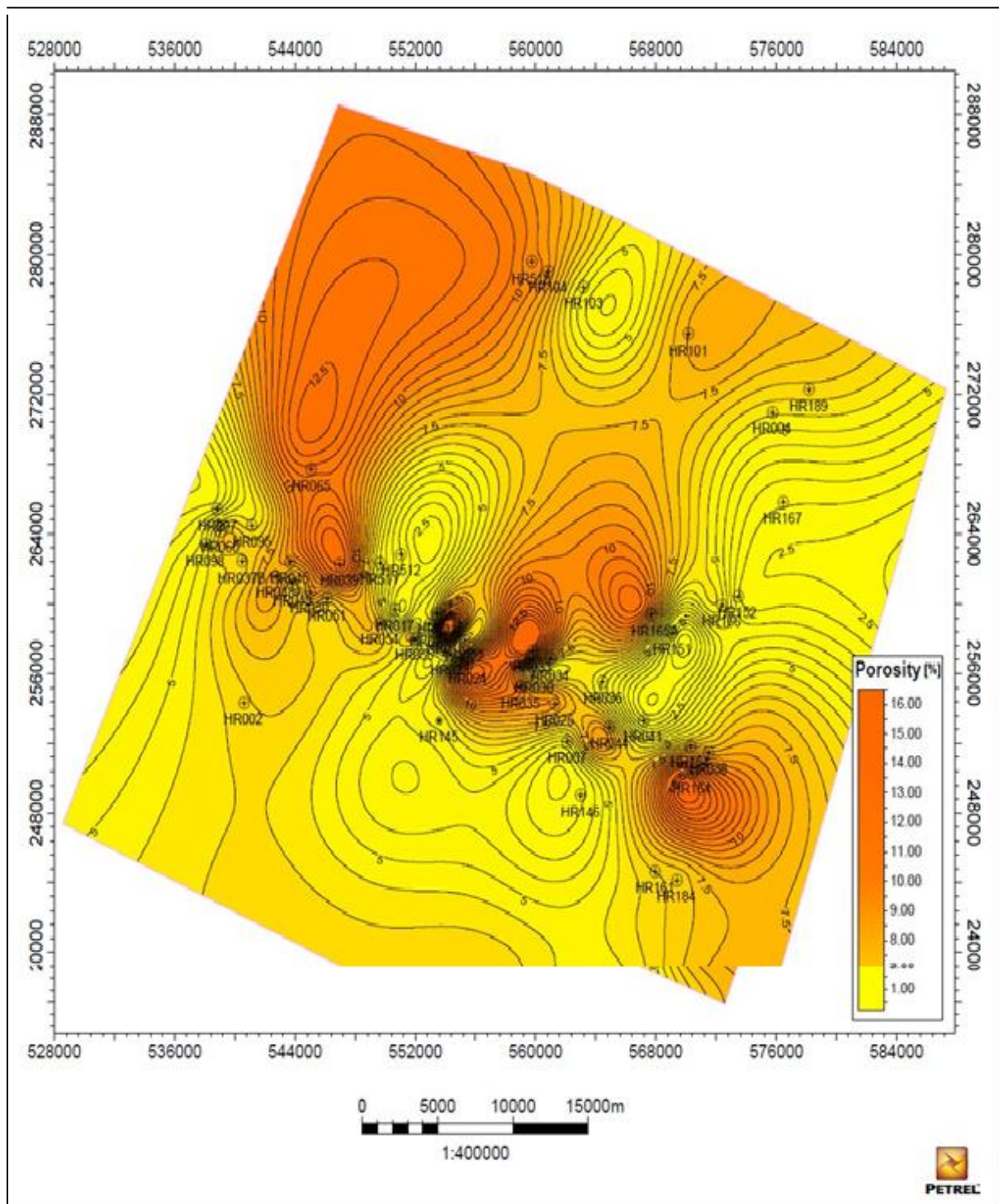


Fig.21 : Carte en isoporosité du Cambro-Ordovicien (Sonatrach 2010).

### 3.3.3. Distribution des classes de perméabilité

L'histogramme de distribution des classes de perméabilité (fig.22) nous montre une moyenne géométrique. On peut constater que 55% des valeurs sont comprises dans l'intervalle 0.01 et 1 mD. Alors que 30% des valeurs sont comprises entre 1 et 10 mD. Et que 15% des valeurs sont comprises dans la classe 10 à 1000 mD.

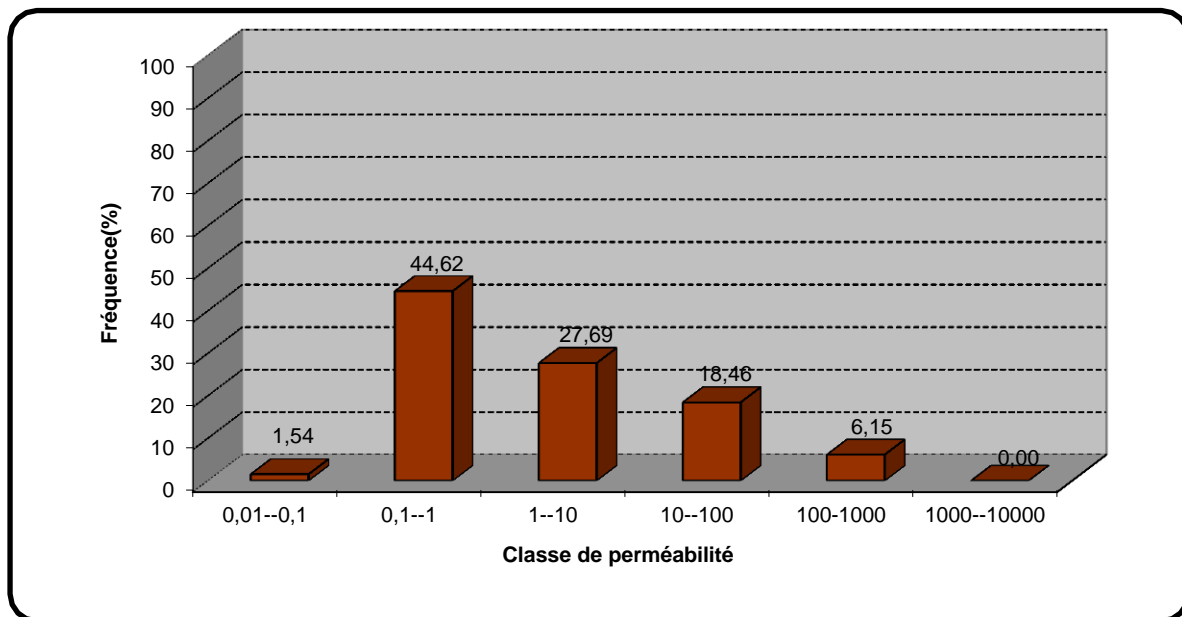


Fig.22 : l'histogramme de distribution des classes de perméabilité.

### 3.3.4. Evolution latérale de la perméabilité

D'après la carte en iso-perméabilité (fig.23) on constate que les valeurs de la perméabilité sont faibles, elles varient en majorité entre 0.1 à 1 mD, elles augmentent vers le centre de la structure.

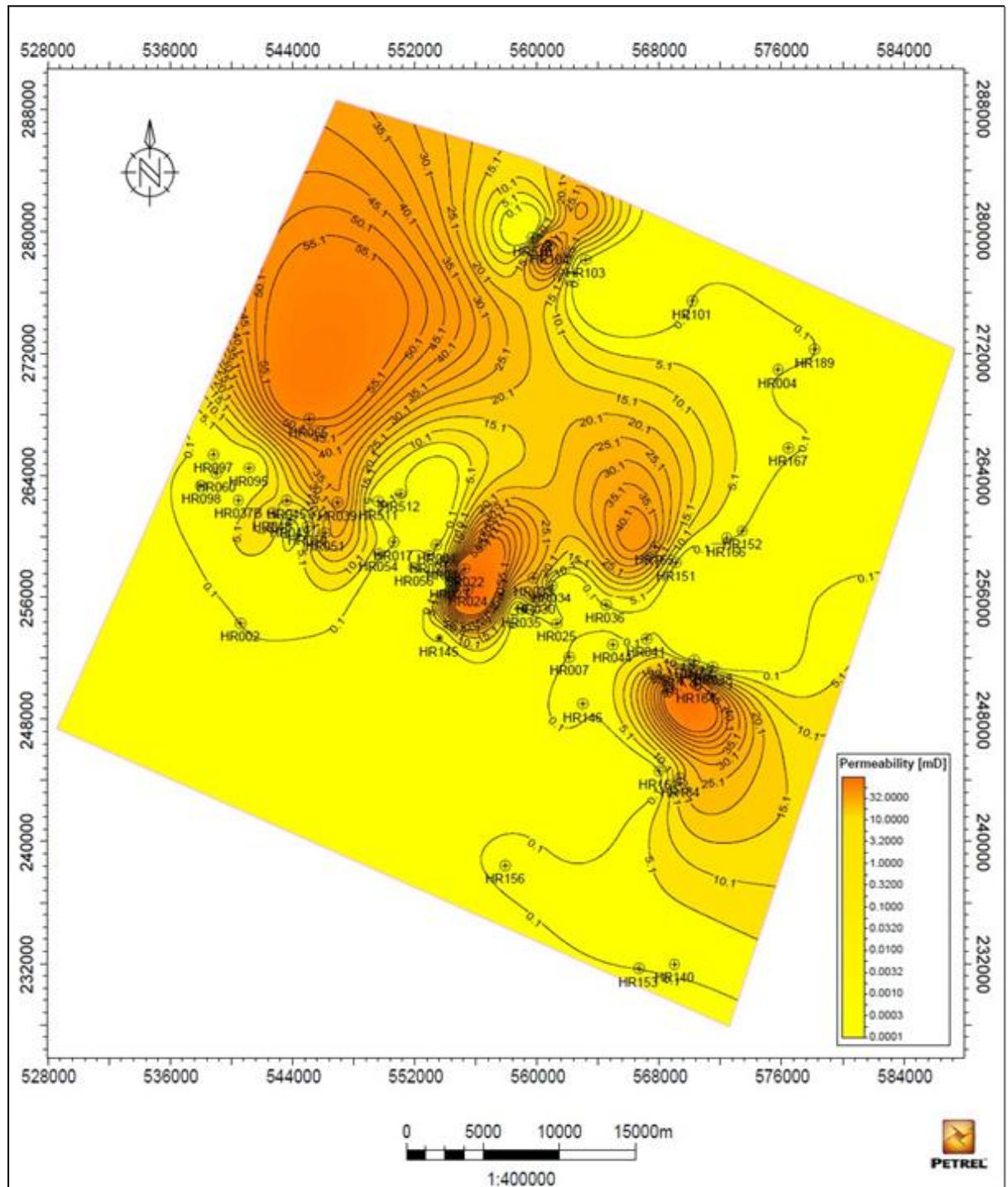


Fig.23 : Carte en isoperméabilité du Cambro-Ordovicien (Sonatrach 2010).

### 3.3.5. Corrélation Perméabilité / Porosité

D'après la corrélation perméabilité/ porosité (Fig.24), qui donne la droite de régression au niveau du réservoir Cambro-Ordovicien.

Le coefficient de corrélation est très faible et de l'ordre de 0.089, ce qui explique qu'il n'a pas une concordance entre la perméabilité et celle de la porosité.

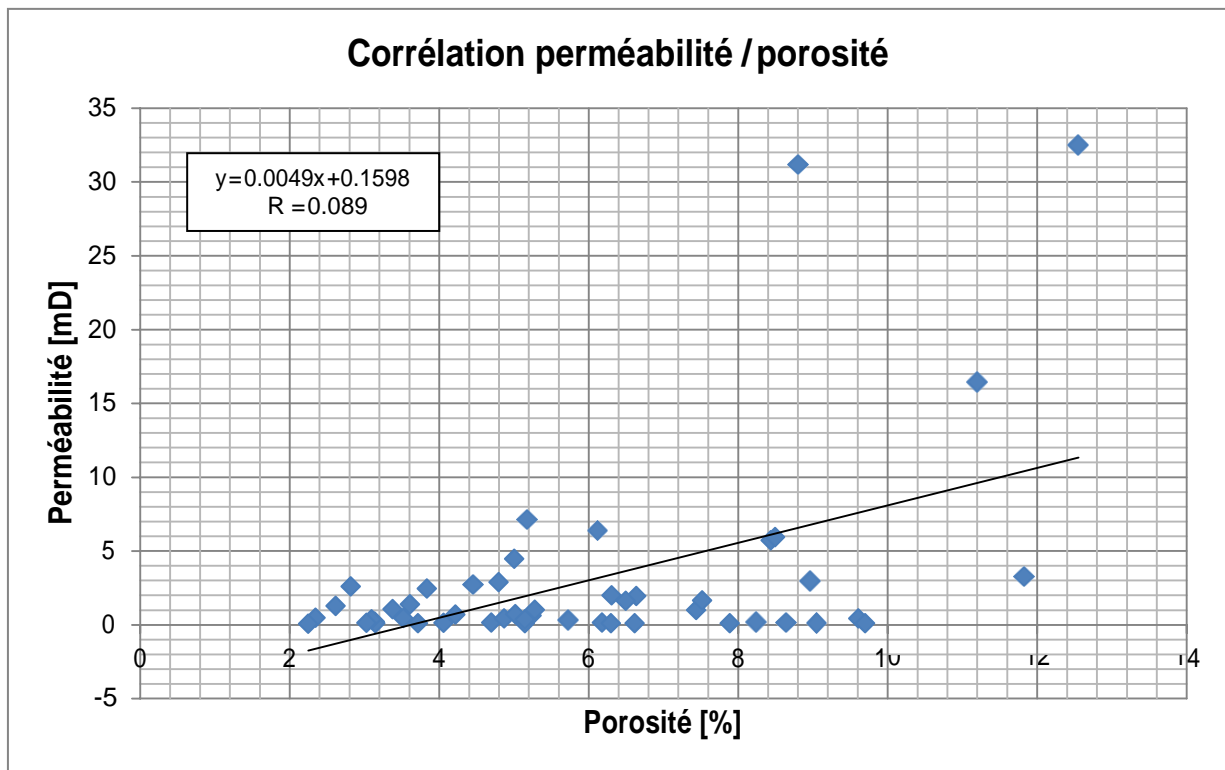


Fig.24 : Corrélation perméabilité/porosité réservoir Cambro-Ordovicien.

### 3.4. Résultats pétrolier des puits Cambrien

Le tableau au-dessous présente les résultats pétroliers enregistrés par le différent test tel que DST (Drill Stem Test), des quelques puits.

**Tableau.03 : Résultats obtenus à partir différents tests de formation au niveau du réservoir Cambro- Ordovicien (Sonatrach rapport final des puits).**

<b>Puits</b>	<b>Cote cambrien</b>	<b>Résultats pétroliers</b>	<b>Fracturation</b>
<b>HR001</b>	-1445	Indices d'huile à -1453.5	/
<b>HR004</b>	-1541	5m <sup>3</sup> /h eau gazée	Fracturé
<b>HR007</b>	-1452	Test sec	Fracturé
<b>HR010</b>	-1451	Gaz:30 à 80m <sup>3</sup> /h +huile:0.3m <sup>3</sup> /8h	Faibles
<b>HR145</b>	-1453.5	Indices d'huile (sur carotte à -1461m et -1503m)	Fissuration verticale très développée
<b>HRC034</b>	-1457	Suintement d'huile à travers les fissures à -1494m	Fracturé
<b>HRP001</b>	-1553	Test sec	Fracturé
<b>HRC060</b>	-1465.84	Débit Gaz 21567 (stm <sup>3</sup> /j)	/
<b>HRC061</b>	-1445.49	Tight Formation (Test RCI)	Fracturé

RCI : Reservoir Characterization Istrument

## Conclusion

Le cambro-ordovicien possède des caractéristiques pétrophysiques médiocres tel que la porosité et la perméabilité. Parfois la perméabilité est supérieur à 0.1mD en cas de fissuration sur la partie sommitale de « Ri ». La dégradation de la qualité réservoir est due au type de la lithologie et leur hétérogénéité.



# Conclusion Générale

---

### CONCLUSION

Le réservoir Cambro-Ordovicien de Hassi R'mel est considéré comme objectifs pétrolier secondaire et il constitué par des grès quartzitiques, dont la qualité réservoir est tributaire de la diagenèse et du développement de la fracturation. Il a présenté de bons indices d'huile dans quelques puits qui l'atteindre.

L'étude du réservoir Cambro-Ordovicien reste difficile, vue la rareté et l'insuffisance des puits ou ce réservoir est suffisamment carotté, parallèlement le manque de données diagraphiques nécessaires à une évaluation quantitative et qualitative rend cette étude difficile : Les résultats obtenus au cours de cette synthèse nous permettent de dire :

- ❖ Le Cambro-Ordovicien présent pratiquement sur tous le champ de Hassi R'mel.
- ❖ Le champ de Hassi R'mel est régi par un plan d'eau théorique régional situé à la cote - 1500m. Noyé sur les parties périphérique du champ, où le réservoir plonge au-dessous du plans d'eau régional théorique (-1500m).
- ❖ L'interprétation de la carte en isopaque du grès cambrien au-dessus du plan d'eau (-1500m) montre qu'une bonne partie de ce réservoir se situe au-dessus du plan d'eau. (la partie centrale).
- ❖ Les quelques puits qui ont atteint le cambrien montrent que la partie la plus intéressante de ce niveau est le sommet (présence d'indices d'huile, fissuration).
- ❖ Le trias communique directement avec le cambrien dans la partie centrale
- ❖ Le Cambro-Ordovicien possède des caractéristiques pétrophysiques médiocres (porosité de 7-10%, perméabilité  $< 0.1\text{md}$ ), parfois la perméabilité  $> 0.1\text{ md}$  dans le cas de la fissuration sur la partie sommitales. La dégradation de la qualité du réservoir est liée au type de la lithologie (quartzite) et leur hétérogénéité.
- ❖ Le system de fracturation joue un rôle prépondérant sur l'intérêt pétrolier. La diagenèse très poussée, provoquée par la compaction, et la pression de dissolution, a souvent abouti à la quartzification
- ❖ La dégradation des paramètres du réservoir est liée aux types de lithologie de la formation, le degré élevé de la compaction.
- ❖ Les quelques puits qui ont attient le Cambrien montre que la partie la plus intéressante est le RI (présence d'indices d'huile, suintement sur carottes fissurés).

# Recommandation

---

### RECOMMANDATION

Afin de bien estimé les potentialités du réservoir Cambro-Ordovicien dans le champ de Hassi R'mel, il est recommandé de :

- Approfondir les puits de production dans la zone centrale dont le Cambro-Ordovicien est structuralement haut surtout les zones où le trias repose directement sur le Cambrien  
« Ri » afin d'explorer ce niveau.
- Un carottage et des mesures pétrophysiques sur carottes systématique du réservoir Cambro- Ordovicien.
- Effectuer des tests de pression et échantillonnage (RCI :Reservoir Charctreziaton Instrument, MDT :Modular formation Dynamics Tester ) au niveau des zones ayant de bonnes caractéristiques pétrophysiques ou des DST pour les formations de mauvaise caractéristiques pétrophysiques.
- Prévoir des fracturations avant DST afin d'améliorer les paramètres pétrophysiques et la réouverture des fissures colmatés déjà existantes.

# Références Bibliographiques

---

## Références Bibliographiques

---

- 1- **Aliev, M. (1971).** «Structures géologiques et perspectives en pétrole et en gaz du Sahara Algérien». SONATRACH -ALGER
- 2- **Becip-DP-Hydra (1987).** «Etudes géologique du champ de Hassi R'mel».
- 3- **Benamor, O. (2017).** «Etude géologique du réservoir Cambro-Ordovicien du champ de Hassi R'mel». Mémoire de Fin de Formation/Induction d'Ingénieur.
- 4- **Desbrandes, R. (1982).** «Diagraphie dans les sondages».
- 5- **Hamel, A. (1988).** « Etude géologique des grés triasiques du gisement pétrolier de Hassi R'mel , Caractérisation, extension et milieux de dépôt».Thèse de doctorat. Université de Franche-Comté.
- 6- **Shlumberger (1979).** «Application des diagraphies et méthodes associées».
- 7- **Sonatrach.** « Rapports final des puits : HR001, HR004, HR010, HR145, HRC034, HRC060, HRC061, HRP001 ».
- 8- **Sonatrach (2000).** « Rapports De fin de sondages : HR041, HR044, HR145, HR150 HR214 ». Sonatrach Division de production.
- 9- **Sonatrach (2010).** « Rapport d'analyse des études d'interprétations structurale du champ de Hassi R'mel » Activité Exploration - Production Division Production Direction Régionale Hassi-R'mel
- 10- **Tertag, S. (2000).** «Etude du Cambro-Ordovicien de la zone centrale du gisement de Hassi R'mel».
- 11- **WEC (1979, 2007).** « La géologie pétrolière de l'Algérie ». In Sonatrach – Schlumberger Well Evaluation Conference.



**Annexe**

## Annexe

### Annexe.01 : les données utilisées pour établir les différentes cartes

Puits	X	Y	Top Absolue	Top Reel	Données core petrophysique	$\Phi$ / moy	$\Phi$ / max	$\Phi$ / min	K / moy	K / max	K / min	S.I
HR001	553465	259465	-1445.5	2224	50m	7.89	13.67	0.51	0.1	2.05	0.1	
HR002	540582.9	254286.5	-1519.15	2262								S.I
HR003	541760	271930	-1593.85	2340								S.I
HR004	575755	270940	-1540.13	2262.4	2262 / 2684	5.73	20.72	1.56	0.28	7.43	0.1	
HR006B	549949.5	240199	-1491.7	2259.4								S.I
HR007	562117.6	252095.7	-1451.5	2217	41m	4.7	17.57	0.72	0.13	0.8	0.1	S.I
HR008	532295	237800	-1579.8	2312								S.I
HR009	560477.3	266550.8	-1440	2215								
HR010	550752.7	256778.7	-1450.82	2204								S.I
HR011	551763.8	259263.6	-1450.73	2210								
HR013	556067.9	244138.8	-1427	2203								
HR016	554039.3	258370.1	-1443.73	2219	à revoir							
HR017	550630.8	259682	-1454.1	2208	1m	3.14			0.2			S.I
HR021	552946.7	258792.9	-1448.2	2224	18m	4.22	9.9	0.9	0.68	9.9	0.1	S.I
HR022	555274.7	257894.7	-1414.35	2202								
HR023	554280.7	257113.7	-1438.58	2223.7	25m	5.18			7.11	37.7	0.1	S.I
HR024	555500.4	256579.2	-1409.37	2191	11m	12.14	21.9	2.5	87.6	225.5	0.1	
HR025	561270.9	254267.9	-1448	2237	18m	8.64	12.25	4.46	0.13	0.4	0.1	
HR026	557848	255731.6	-1443.7	2204.5								
HR027	556500.6	257398.2	-1425.99	2207								
HR028	557596.7	256992.4	-1443.02	2219								
HR029	558736.2	256431	-1448.6	2214.5	19m	7.06	21.5	1	24.24	273.6	0.1	S.I
HR030	559926.5	256075.7	-1445.6	2217	17m	6.6	23.9	1	71.18	728	0.1	
HR031	558639.9	257737.5	-1450.73	2213								S.I
HR032	562149.7	256350.9	-1447.18	2231								S.I
HR033	559800	257300.9	-1453.96	2233	299	10.39	19.7	2.5	109.36	588.3	0.1	
HR034	560980	256839.3	-1461	2245	24m	7.44	0.6	16.1	0.98	12.3	0.1	S.I
HR035	559000.1	255239.4	-1454.47	2225	25m	9.61	4.01	15.78	0.42	3.67	0.1	S.I
HR036	564481.3	255502.6	-1503.1	2282	12m	4.87	1.4	15.9	0.42	8	0.1	
HR037B	540468.4	262416.3	-1461.92	2212	3m	6.31	8.44	2.21	1.98	24.19	0.1	S.I
HR038	571498.9	251453.7	-1514.27	2229	13m	8.24	11.9	3.6	0.15	0.3	0.1	S.I



## Annexe

HR039	546979.5	262247	-1447.2	2197	32		12.55	24.1	2.1	32.5	64.1	0.1	S.I
HR042	545838.9	262720.5	-1437.94	2184									
HR043	544653.2	263163.4	-1451.62	2199									S.I
HR044	564932.5	252887.3	-1474	2264	23m		7.52	18.1	2.5	1.64	16.5	0.1	S.I
HR045	543649.8	262392.2	-1490	2231	16m		8.81	17.6	2.6	10.62	199.4	0.1	S.I
HR046	542520.3	262820.7	-1490.66	2235									S.I
HR046B	542391.2	262902.4	-1488.66	2233									S.I
HR047	541346	263278.9	-1468.73	2204									S.I
HR048	542698.9	261579.4	-1466.22	2219.5	23m		8.66	19.8	2.2	13.35	171.5	0.1	S.I
HR049	543852.4	261144.6	-1477.97	2224	1m		6.77	12.6	2	0.2	0.9	0.1	S.I
HR050	544998	260650.8	-1466.15	2206	9m		8.44	15.23	4.23	5.71	182.3	0.1	S.I
HR051	546135.5	260266.4	-1461.55	2207	25m		7.3	20.2	0.9	21.77	511.1	0.1	S.I
HR053	548477.3	259356.3	-1439.2	2183	nd								S.I
HR054	549642.6	258905.5	-1442.36	2194	19m		6.64	14.45	2.42	1.94	43.8	0.1	S.I
HR055	550804.5	258448.2	-1454.35	2204									S.I
HR056	551962.7	257996.4	-1437.13	2204	17m		6.18	9.9	1.1	0.13	0.8	0.1	S.I
HR057	553138.6	257555.1	-1453.55	2234									S.I
HR058	534351.1	265952.2	-1533.7	2266									S.I
HR059	542348.9	264060.6	-1469.62	2213									S.I
HR060	539030.3	264158.4	-1471.4	2208	22m		6.38	10.78	2.07	0.75	5.19	0.1	S.I
HR065	545080.4	267698.3	-1449.45	2216	10m		9.49	22.9	2.84	95.2	580.6	0.1	
HR081	559304.5	282979.9	-1532.96	2294									S.I
HR083	562522.1	236018.9	-1427.34	2172									
HR092	564105.1	283519.7	-1573.59	2324.5									S.I
HR093B	564500.5	233865.6	-1398.17	2113.5									S.I
HR095	541149.8	264499.5	-1480.27	2225	5m		5.75	9.25	3.31	0.62	0.67	0.1	S.I
HR096	540000.4	265000	-1488.49	2243									S.I
HR097	538850	265398	-1487.51	2229	6m		3.84	5.5	1.3	2.44	3.3	0.1	S.I
HR098	538051.2	263373	-1474.13	2215	12m		5.01	9.3	1.3	4.45	2.9	0.2	S.I
HR099	536902.2	263821.9	-1502.25	2240.5									S.I
HR100	537850.1	264597.6	-1476.3	2212									S.I
HR101	570173.4	275447.1	-1525.06	2289	1m		9.05	12	3.4	0.1	0.1	0.1	S.I
HR103	563200	278149.7	-1522.35	2289	2m		5.15	5.15	5.15	0.1	0.1	0.1	S.I

## Annexe

HR104	560851.2	279048.8	-1529.83	2298	3m	8.98	14.1	0.8	35.1	313.1	0.1	S.I
HR105	560100.4	280500.8	-1520.15	2277								S.I
HR106	558750.8	280001.1	-1513.56	2277								S.I
HR107	556201.5	280862.2	-1524.35	2283								S.I
HR108	572136.9	276870.4	-1536.85	2306.5								S.I
HR109	568674.6	278357.2	-1533.1	2306								S.I
HR134	557486.7	258230.5	-1460.13	2231								S.I
HR135	556299.8	258625	-1443.29	2217								S.I
HR139	557149.6	228099.7	-1485.91	2144	12m	3.15	1.8	6.6	0.1	0.1	0.1	S.I
HR140	569007.9	231951.8	-1578.52	2258	11m	6.62	9.32	2.07	0.1	0.1	0.1	
HR144	544001.5	257999	-1449.04	2206								S.I
HR145	553599	253299.8	-1453.51	2224	53m	5.24	8.7	1.9	0.6	10.2	0.1	S.I
HR147	546799.6	273997.8	-1517.83	2276								S.I
HR148	551000.2	267000.3	-1455.58	2212.5								
HR149	559000.8	262050.5	-1460.83	2222								S.I
HR150	563149.7	263499.1	-1464.77	2258.5								
HR151	569099.1	258299.9	-1536.75	2294.5								S.I
HR152	573451.2	260402.6	-1548.82	2273								S.I
HR153	566649.8	231699.9	-1537.9	2226								S.I
HR154	570293	251843.1	-1512.85	2236								S.I
HR155	562002.1	231899.1	-1457.32	2186.5								S.I
HR156	557949.8	238445.2	-1445.21	2196								S.I
HR159	549350.4	283899.9	-1539.02	2290								S.I
HR161	567964.3	244621.6	-1504.26	2208.5								
HR164	570399.9	250283	-1508.73	2231.5	10m	13.24	21.2	8.4	46.52	182.2	0.1	
HR165	567693.7	259363.7	-1510.46	2269	15m	8.8	24	2.2	31.16	465.8	0.1	S.I
HR167	576450.7	265849.4	-1550.05	2263	2m	3.1	8	0.6	0.36	0.9	0.1	S.I
HR168	570204.7	257297.1	-1528.48	2277.5								S.I
HR169	542249.8	279403.6	-1578.26	2324.5								S.I
HR184	569374.4	244123.2	-1523.38	2223.5	26m	6.76	19.8	2.1	17.33	253.3	0.1	
HR185	570975.1	253972.7	-1518.65	2283	1m	9.7	9.7	9.7	0.1	0.1	0.1	S.I
HR186	532631.9	276216.6	-1570.81	2316.5								S.I
HR189	578174.4	272264	-1547	2269	11m	6.3	8.93	4.2	0.1	0.1	0.1	S.I





## Annexe

---

HRI028	569022	268900.6	-1510.46	2297								S.I
HRI030	566675	269799.1	-1488.92	2252								S.I
HRI031	565502	270249.9	-1478.3	2252.5								S.I
HRI032	564330	270695.9	-1529.97	2305	5m	3.03	9.7	0.1	0.11	0.2	0.1	S.I
HRI033	563150.1	271150.1	-1495.47	2279.5								S.I
HRI035	560849.7	272048.6	-1491.89	2275.5								S.I
HRI036	559674.3	272501	-1499.74	2282	3m	3.61	7.9	0.7	1.37	7.7	0.1	S.I

### ملخص :

في إطار تطوير خزان انتاج جديد في حوض حاسي الرمل, وصف الكامبرو-أوردوفيكي, من أجل معالجة توزع الخصائص البيتروفيزيائية, هذا العمل يركز عموما على توصيف المخروطات و تقييم الإمتداد الصخري باستخراج مختلف الخرائط, المقاطع الجيولوجية وارتباط التسجيلات الديوغرافية وكذا تقييم بيتروفيزيائي للخزان من أجل استهداف مجالات المصالح النفطية. الخزان ذو طبيعة كوارتزية إلى حجر رملي كوارتزي, حقل حاسي الرمل هو حوران أحدية مركبة ممدودة في اتجاه شمال شمال شرق – جنوب جنوب غرب. يتموقع في الطرف الغربي من الإقليم الترياسي, هذه الطيات المحدبة متوضعة علي تضاريس الباليوزويك المتأكلة إلى الكامبرو-أوردوفيكي.

**كلمات مفتاحية :** حاسي الرمل, كامبرو-أوردوفيكي, حوران أحدية مركبة ممدودة, الطرف الغربي.

### RESUME :

Dans le cadre de développement d'un nouveau reservoir productif dans le champ de HASSI R'MEL (HR), une caractérisation du Cambro-Ordovicien, pour traiter la répartition des paramètres pétrophysiques. Ce travail est basé essentiellement sur la description des carottes et d'évaluer l'extension lithologique par l'établissement des différentes cartes, des coupes géologiques et des corrélations diagraphique ainsi qu'une évaluation pétrophysique du réservoir afin de cibler les zones d'intérêts pétrolière.

Le reservoir d'une nature de quartzites à grés quartzitiques, Le champ de Hassi R'mel est un anticlinorium allongé en direction NNE-SSW. Il est situé à l'extrémité occidentale de la province Triasique, cet anticlinal est greffé sur un relief paléozoïque érodé jusqu'au Cambro-Ordovicien.

**Mots Clés :** Hassi R'mel, Cambro-Ordovicien, Anticlinorium Allongé, Extrémité Occidentale.

### ABSTRACT :

As part of the development of a new productive reservoir in the field of HASSI R'MEL (HR), a characterization of Cambro-Ordovician, to treat the distribution of petrophysical parameters. This work is essentially based on the description of the cores and to evaluate the lithological extension by the establishment of the various maps, the geological sections and logs correlations as well as a petrophysical evaluation of the reservoir in order to target the zones of oil interests. .

The reservoir of a quartzitic sandstone quartzite nature, Hassi R'mel field is an anticlinorium elongated towards NNE-SSW. It is located at the western end of the Triassic province, this anticline is grafted on a Paleozoic relief eroded to Cambro-Ordovician.

**Key words:** Hassi R'mel, Cambro-Ordovician, Elongated Anticlinorium, Western Extremity.