

10/03

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

Mémoire de Fin d'Études pour l'Obtention du
Diplôme d'Ingénieur d'État en : Génie Minier



Thème :

LE TRACÉ INFORMATIQUE DES CARTES EN ISOPAQUES DE L'ERUPTIF DE LA RÉGION DE HASSI-MESSAOUD.

Réalisé par :

Melle ATTOUCHI Sihem

Encadré par :

Mr CHABOU Mouley Charef

Membres de jury :

- Dr OMRACI Kamel
- Dr SEBAI Amar

Promotion 2002/2003

Dédicaces

- *A ma très chère famille d'accueil « famille Madani », que dieu la protège.*
- *A ma très chère amie et sœur Souad .*
- *A mon très chère et adorable oncle Abdessalem.*
- *A mon très cher fiancé Ismail ,ma raison de vivre.*
- A ma très chère mère, que dieu la protège.
- A mes très chers frères : Billel, Karim, Mohamed et en particulier Billel.
- A ma très chère sœur Rachida.
- A ma petite nièce qui va bientôt dénicher une place dans le jardin de mon cœur ,à ses parents , Djallil et Rachida ainsi qu'à la mémoire de sa grand - mère .
- A toute ma famille.
- A mes meilleures et très chères amies :

Souad, Léila, Gania, Assia.

- A la promotion génie minier 2002 /2003.
- A tous ceux que j'aime, je dédie ce modeste travail.

SIHEM

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, je tiens à adresser mes plus vifs remerciements à :

- Mr. OMRACI, pour l'honneur qu'il m'a accordé, en acceptant de présider mon jury.
- Mr. CHABOU , pour avoir pris la peine de superviser mon travail, en m'orientant par ses directives.
- Mr. SEBAI, pour avoir accepté de juger mon travail.
- Tous les enseignants du département mine.
- Mme. CHABOU (chef de département génie minier), pour son caractère directe et droite avec tous le monde.
- A mon future mari Ismail, que dieu me le protège de tout malheur.
- A ma très chère famille en particulier ma très chère mère .
- A la famille MADANI, pour leurs aide et patience.
- M^{elle} MADANI SOUAD, pour son soutien.
- Mr. MADANI HAKIM (data contrôle).
- A tous les gens qui m'ont aidés de loin et de près.

MERCI

INTRODUCTION GENERALE	2
CHAPITRE I : CONTEXTE GEOLOGIQUE	
I.1. Généralité	4
I.1.1. Situation géographique	4
I.1.2. Historique de la découverte du gisement de Hassi Messaoud	4
I.2. Contexte géologique régional	4
I.3. Stratigraphie	7
I.3.1. Le socle cristallin	7
I.3.2. L'infra – cambrien	7
I.3.3. Le paléozoïque	7
a –Cambrien	7
b –Le Cambro –Ordovicien	9
c –l'Ordovicien	10
I.3.4. Le Mésozoïque	10
a –Le Trias	10
b –Le Jurassique	11
c – Le Crétacé	12
I.3.5. Le Cénozoïque	12
I.4. La Tectonique	13
I.5. Evolution géodynamique du dôme de Hassi Messaoud	13
I.5.1. La phase EO –Calédonienne précoce	13
I.5.2. la phase Calédonienne majeure	14
I.5.3. La phase Hercynienne	14
I.5.4. La distension Trias –Jurassique	14
I.5.5. La phase Autrichienne	14
I.5.6. La phase Alpine (pyrénéenne)	15
CHAPITRE II : LES FORMATIONS MAGMATIQUES DE LA REGION DE HASSI MESSAOU	
II.1. Introduction	17
II.2. Distribution des roches magmatiques dans la région de Hassi Messaoud	17
II.3. Nature pétrographique des roches magmatiques de la région de Hassi Messaoud	

**CHAPITRE III : DISTRIBUTION ET EVOLUTION DU MAGMATISME
DE LA REGION DE HASSI MESSAOUD**

III.1. Méthodologie	23
III.2. Présentation des cartes en isopaques	25
III.3. Interprétation des cartes en isopaques	29
III.3.1. Interprétation de la carte en isopaques de l'éruptif de la série supérieure du trias.	29
III.3.2. Interprétation de la carte en isopaques de l'éruptif de la série inférieure du trias.	29
III.3.3. Interprétation de la carte en isopaques du Cambro –Ordovicien	30
III.4. Présentation des coupes géologique.	30
III.5. Interprétation des coupes géologiques	36
III.5.1. Evolution de l'éruptif suivant la direction Est –Ouest	36
III.5.2. Evolution de l'éruptif suivant la direction Nord – Est et Sud –Ouest	36
III.5.3. Evolution de l'éruptif suivant la direction Nord –Sud	37
III.5.4. Evolution de l'éruptif suivant la direction Nord –Ouest et Sud –Est	37
III.6. Conclusion	38

CHAPITRE IV : ASPECT PETROLIER

IV.1. Généralités	40
IV.1.1. Les Roches mères	40
IV.1.2. La migration des hydrocarbures	40
IV.1.3. Roches réservoirs	40
IV.1.4. Roches couvertures	41
IV.1.5. Les pièges	41
IV.2. Intérêt pétrolier dans la région d'étude	43
IV.2.1. Roche mère	43
IV.2.2. Evolution de la roche mère	44
IV.2.3. Roches réservoirs	44
a –les réservoirs du Cambrien	44
b –les réservoirs de l'Ordovicien	44
c –les réservoirs triasiques	44
IV.2.4. Roches couvertures	45
IV.2.5. La migration des hydrocarbures	45
IV.2.6. Les pièges	45
IV.2.7. Rôle et influence des roches volcaniques	46
a - Rôle et influence des roches volcaniques dans le	

piégeage des hydrocarbures	46
b - Rôle et influence des roches volcaniques sur la roche mère	46
c - Rôle et influence des roches volcaniques sur les roches couvertures	47
CONCLUSION GENERALE	49
BIBLIOGRPHIE	52
ANNEXES	

المدرسة الوطنية المتعددة الفنون
المصنعية — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

INTRODUCTION GENERALE

Les sondages effectués dans les bassins sédimentaires du Sahara Nord-Oriental ont révélé l'existence de formations magmatiques à des profondeurs parfois très importantes. Très peu d'études leur ont été consacrées. Ainsi, la nature pétrographique, géochimique et l'âge de ces roches demeurent encore problématiques. L'influence que peuvent avoir ces formations sur les systèmes pétroliers de la région demeure obscure.

Or pour entamer une étude approfondie sur ces roches, il est nécessaire d'avoir des documents de base, qui sont la synthèse des travaux réalisés et les cartes montrant la distribution et les épaisseurs des formations magmatiques de la région.

Notre travail s'intéressera à ces formations magmatiques situées dans une région clé du Sahara Nord-Oriental : le dôme de Hassi Messaoud et sa périphérie.

Ainsi, les principaux objectifs de ce travail sont les suivants :

- 1) Présenter la répartition et les études consacrées aux formations magmatiques du Trias et du Cambro-Ordovicien de la région de Hassi Messaoud .
- 2) Réaliser des cartes en isopaques et des coupes géologiques montrant la distribution et les épaisseurs des formations magmatiques du Trias et du Cambro-Ordovicien de la région de Hassi Messaoud.
- 3) Discuter de l'influence de ce magmatisme sur le potentiel en hydrocarbures de la région étudiée.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons subdivisé notre travail en quatre chapitres :

- dans le premier chapitre, nous décrirons le contexte géologique de la région d'étude ;
- dans le deuxième chapitre sera présentée une synthèse des études effectuées sur ces formations magmatiques ;
- le troisième chapitre sera consacré à l'étude de la distribution de ces formations magmatiques dans le bassin de Hassi Messaoud. Pour cela, plusieurs cartes en isopaques et coupes géologiques seront réalisées ;
- dans la dernier chapitre, nous essayerons de connaître l'impact de ces formations magmatiques sur l'accumulation des hydrocarbures.

CHAPITRE I

CONTEXTE GEOLOGIQUE

I.1. GENERALITES

I.1.1. Situation géographique

Le dôme de HASSI MESSAOUD se situe à environ **850 Km** au Sud-Est d'Alger et à **350 Km** de la frontière tunisienne (Figure I.1). Il a pour coordonnées géographiques :

Longitude : **13° 48' 32'' Est;**

Latitude : **32° 53' 46'' Nord.**

I.1.2. Historique de la découverte du gisement pétrolier de HASSI MESSAOUD :

C'est à la suite d'une série de sondages de sismique réfraction qu'a été mis en évidence l'existence d'un vaste dôme structural où la société « **SN.REPAL** » a implanté le **16 Janvier 1956** le premier puits : MD1, pas loin du puits Chamelier de HASSI MESSAOUD. Le **15 Juin** de la même année, ce forage a découvert un gisement d'huile dans les grés cambriens à **3338 m** .

En Mai **1957**, la société « **CFPA** » a réalisé un puits OM1 à environ **07 Km** au Nord-Nord-Ouest du puits MD1.Ce forage avait donné un horizon producteur considérable.

La mise en production avait commencé en 1958 avec 20 puits d'exploitation.

I.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL

Le dôme de Hassi Messaoud est considéré comme étant le plus grand gisement de la province Triasique, situé au Nord- Est de la plate forme Saharienne où il occupe sa partie centrale.

Le dôme de Hassi Messaoud correspond au prolongement vers le Nord de la dorsale d'AMGUID EL BIOD. Il est limité (Figure I.2.):

Au Nord, par la structure DJAMAA-TOUGOURT,

A l'Ouest, par la dépression d'OUED MYA,

A l'Est, par la dépression de GHADAMES,

Au Sud, par la dépression d'AMGUID.

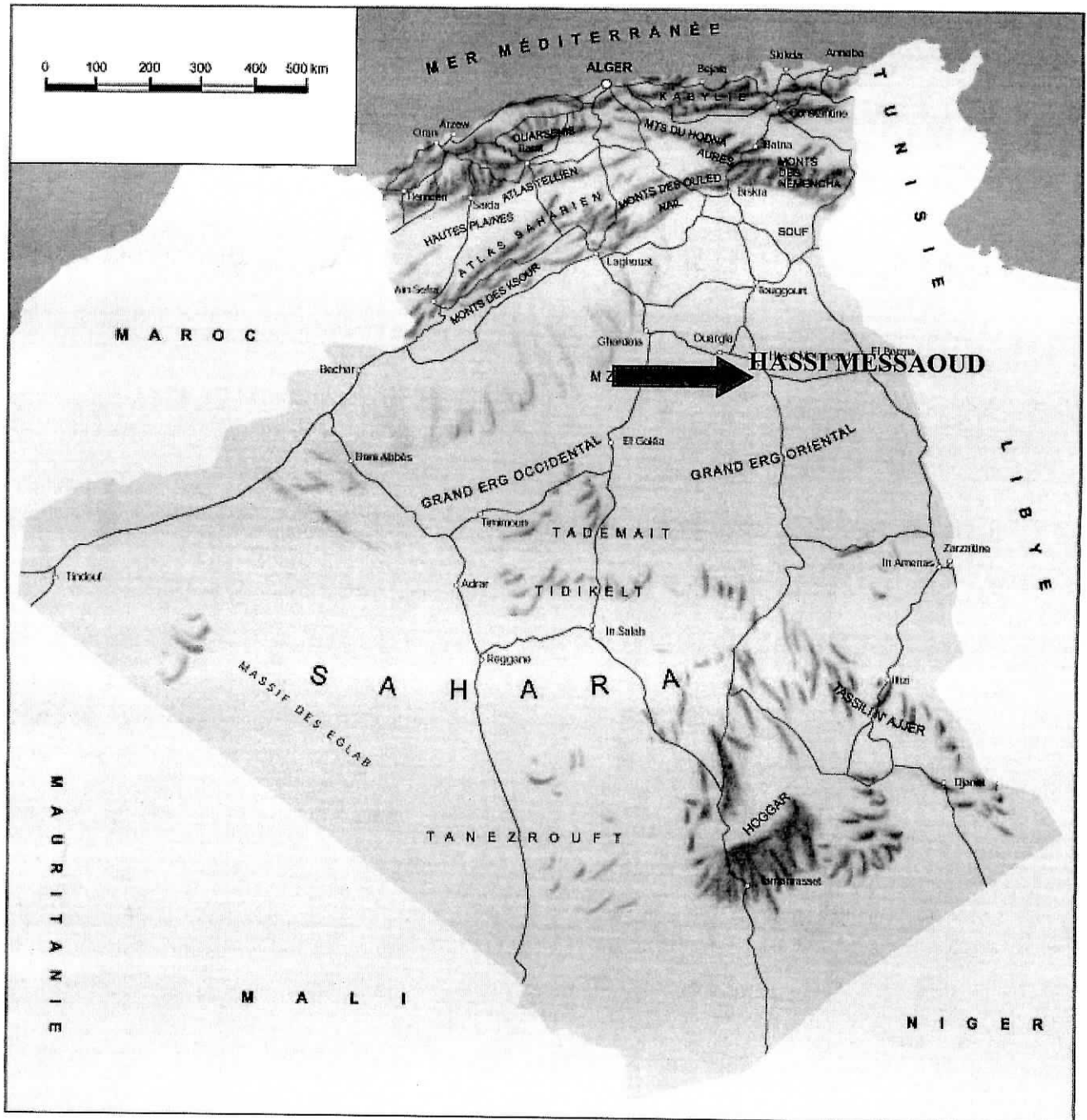


Figure I.1 : SITUATION GÉOGRAPHIQUE DU DOME DE HASSI MESSAOUD (D'APRES ASKRI ET AL., 1995)

I.3. STRATIGRAPHIE

La série stratigraphique du dôme de HASSI MESSAOUD est d'épaisseur variable et une partie considérable est absente, due probablement au non-dépôt des termes du Dévonien à la fin du Paléozoïque. La discordance Hercynienne en est particulièrement accusée au centre de la structure. Les premiers dépôts argilo-gréseux et salifères du Trias, reposent en discordance sur les sédiments du réservoir Cambro-Ordovicien. C'est vers les périphéries du dôme, que la série stratigraphique devient plus complète (figure I.3).

La série stratigraphique type du dôme HASSI MESSAOUD est composée de la base vers le sommet des étages suivants (Busson, 1970 ; Aliev et al., 1971 ; Fabre, 1976 ; Echikh, 1975 ; Boudjema, 1987):

I.3.1. Le socle cristallin

Le socle cristallin a été atteint par les puits MD2 à **3 658 m** et OM81 à **3 533 m** de profondeur. Il est formé d'un granite porphyroïde de couleur rose. Le granite du sondage OM81 a donné un âge de 560 ± 25 Ma (Legrand, 1985), ce qui implique que la chaîne pan-africaine s'est étendue jusque-là. Le socle cristallin serait donc de même nature que celui du Hoggar.

I.3.2. L'Infracambrien

Le puits OMG57 a recoupé à une profondeur de **4 092 m** une couche de 45 m d'épaisseur attribuée à l'Infracambrien et composée de grès argileux de couleur rouge.

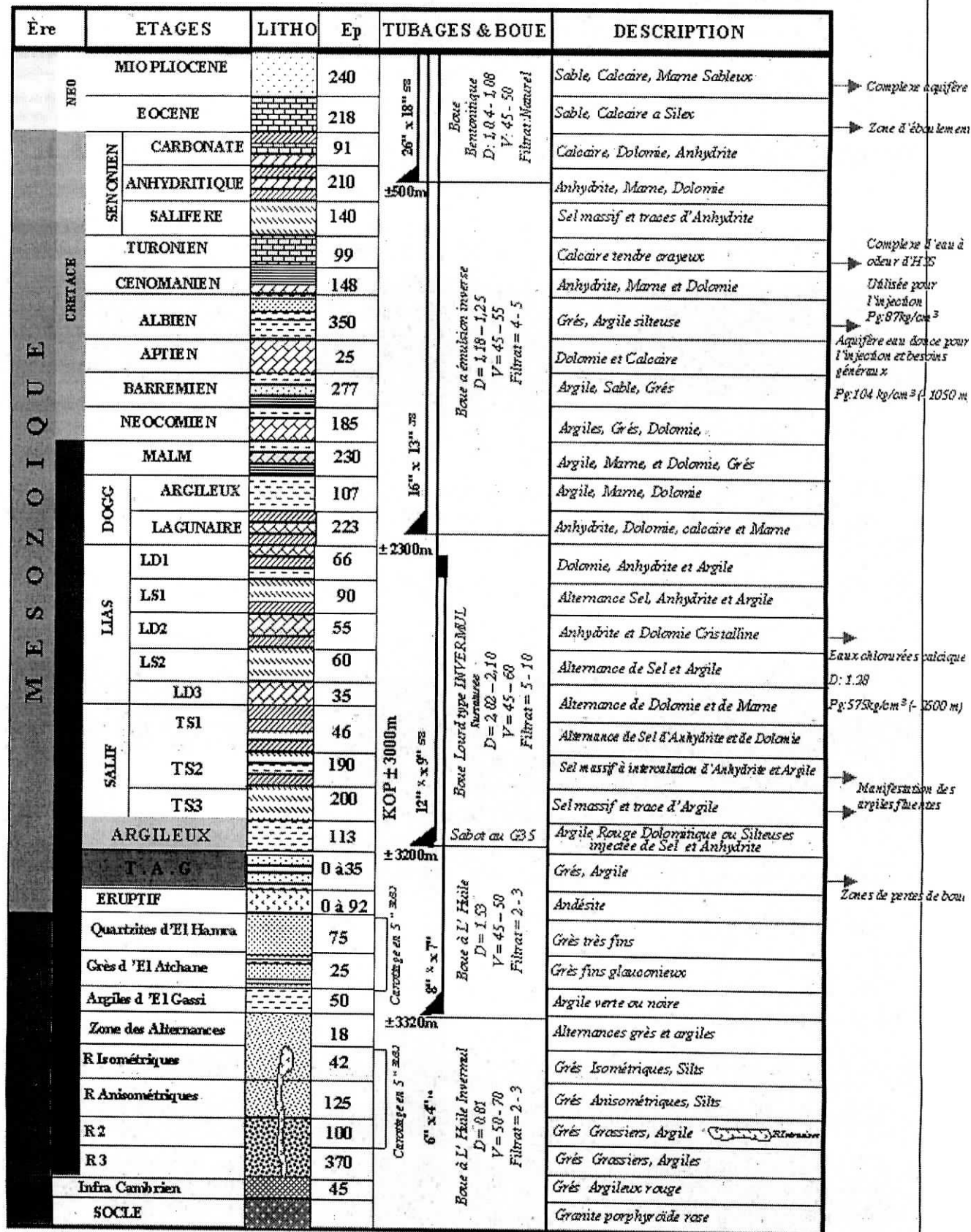
I.3.3. Le Paléozoïque

Dans la superficie du dôme de Hassi Messaoud, la série paléozoïque est fortement érodée. Dans la partie centrale, le Cambrien est érodé, et les séries ordoviciennes n'ont été rencontrées que dans les puits périphériques du dôme. La série stratigraphique la plus complète est composée des étages suivants :

a) Le Cambrien

La série cambrienne, dont l'épaisseur dépasse 500 m, est constituée de grès hétérogènes, fins à grossiers, dits grès de Hassi Messaoud. Ces grès ont été attribués au Cambrien à cause de leur position, entre un socle réputé Précambrien et une série argilo-gréseuse renfermant une microfaune puis des Graptolites du Trémadoc (Ordovicien inférieur) (Fabre, 1976). Ces grès constituent le réservoir du gisement géant de Hassi Messaoud, et représentent le plus grand réservoir pétrolier du Cambrien au monde. Le Cambrien a été subdivisé de base en haut en trois membres ou lithozones :

Figure I.3 : COLONNE STRATIGRAPHIQUE SYNTHETIQUE DE LA REGION DE HASSI MESSAOUD (SONATRACH)



- **La litho-zone « R3 »**

Elle repose sur l'Infracambrien, et parfois directement sur le socle granitique. C'est une série de comblement dont l'épaisseur est de **370 m**. Elle est formée de grès moyens à grossiers, conglomératiques vers la base, à ciment argileux (25 à 35 % d'argile). La « R3 » ne présente aucun intérêt pétrolier.

- **La litho-zone « R2 »**

Elle est constituée par une alternance d'argiles et de grès-quartzites anisométriques, avec parfois des niveaux micro-conglomératiques, le ciment est généralement fortement argileux. L'épaisseur du membre « R2 » est de **100 m**.

- **La litho-zone « Ra »**

Elle constitue le réservoir principal avec une épaisseur de **125m**. Elle est formée de grès quartzitiques, anisométriques, à ciment silico-argileux, avec des intercalations de siltstones et la présence de Tigillites.

La « Ra » est subdivisée en cinq niveaux ou drains :

- **La zone grossière inférieure ou « Ra » inférieur** : subdivisée en trois drains « D1, ID, D2 » ; ce sont des grès grossiers, mal classés présentant des stratifications obliques.
- **La zone médiane fine** : correspond au drain « D3 », elle est constituée de matériaux à grains fins à très fins, bien classés avec abondance de Tigillites et d'intercalations argileuses et silteuses.
- **La zone grossière supérieure** : correspond à la litho-zone « D4 », il est constitué presque des mêmes grès que ceux du « Ra » inférieur.

On rencontre parfois dans le Cambrien du dôme de Hassi Messaoud des roches volcaniques qui ont été décrites comme étant des andésites, des dolérites et des spilites. Ces roches se rencontrent surtout à la base de la zone médiane fine (litho-zone Ra) et peuvent atteindre 67 m d'épaisseur (sondage MD 339). Ces roches, avec celles du Trias, sont l'objet de notre étude.

b) Le Cambro-Ordovicien « Ri »

Il marque une épaisseur de **42 m**, et correspond à la « zone (réservoir) isométrique ». Il a été recoupé essentiellement à la périphérie du dôme, là où la série est complète. Ce sont des quartzites et des grès quartzitiques isométriques, généralement massifs fin à moyens, bien classés, le ciment est argileux et siliceux avec des passées silteuses ; on note la présence abondante de Tigillites. Cette unité n'est pas datée avec certitude et a été rapportée soit encore au Cambrien, soit à l'Ordovicien inférieur.

c) L'Ordovicien

A l'échelle régionale, il est composé de plusieurs formations. Au niveau du dôme de Hassi-Messaoud, l'Ordovicien est représenté par :

- **La zone des alternances**

Présenté avec une épaisseur de **20 m**, elle est constituée d'une alternance de bancs de quartzites fins isométriques et d'argile noire indurée.

- **Les argiles d'El Gassi**

Ce sont des niveaux d'argiles noires, verdâtres ou rougeâtres, parfois carbonatées et souvent glauconieuses riches en graptolites ; l'épaisseur moyenne de cette formation est **50 m**. Ces argiles sont parfois recoupées par des *roches volcaniques* (spilites, sondages : MD-201, RDC-4 et SG-1).

- **Les grès d'El Atchane**

Ce sont des grès fins à très fins, argileux, de couleur gris sombre. Le ciment est argileux parfois bitumineux. Ces grès sont productifs au niveau du puits Omj76 et leur épaisseur moyenne est de **20 m**.

- **Les quartzites de Hamra**

Ces quartzites sont de couleur gris clair, à granulométrie fine, elles présentent parfois des intercalations argileuses. Leur épaisseur moyenne est de **75 m**.

I.3.4. Le Mésozoïque

a) Le Trias

Le Trias transgressif, discordant sur le Cambrien au centre de la structure et sur l'Ordovicien au niveau des zones périphériques, est représenté par des dépôts argilo-gréseux et lagunaires (sel et anhydrite). Son épaisseur moyenne atteint **436 m**.

- **Le Trias argileux gréseux**

Epais de **35 m** en moyenne, il est constitué de grès fins à moyens à ciment argileux et de couleur gris à noir. Les grès sont plus fins au sommet de la série.

- **Le Trias salifère**

Il correspond à des bancs de sel massif (halite), avec des intercalations d'anhydrite. D'une épaisseur de **350 m**, le Trias salifère est subdivisé en trois termes :

- **T.S. 3** : ce sont des sels massifs d'une épaisseur moyenne de **200 m**.

- **T.S. 2** : correspond à des sels avec des niveaux d'anhydrites et d'argiles gypsifères (190m).
- **T.S. 1** : d'une épaisseur de **46 m**, ce niveau est représenté par des sels massifs, des passées d'anhydrites et des intercalations d'argile dolomitique.

- **Les roches éruptives**

D'importantes formations magmatiques sont connues dans le Trias de la région de Hassi Messaoud. Ces formations s'étendent dans les régions périphériques du dôme de Hassi Messaoud et ont été subdivisées en deux séries : une série inférieure et une série supérieure localisée seulement à la périphérie Sud-Est (région de Mesdar). Nous constatons que l'épaisseur maximale de ces roches est atteinte dans le puits RMK-1 (**200 m**) au Nord du dôme de Hassi Messaoud. Nous reviendrons plus en détail sur ces formations dans le chapitre 2.

b) Le Jurassique

- **Le Lias**

avec épaisseur moyenne de **300 m**, il est subdivisé de base en haut en cinq niveaux distincts :

- *Le Lias dolomitique 3* : ce sont des marnes à passées dolomitiques de couleur gris à gris verdâtre.
- *Le Lias salifère 2* : ce sont des sels massifs, avec quelque fois des intercalations argilo- salifères de couleur brun- rouge.
- *Le Lias dolomitique 2* : ce sont des dolomies massives à grains fins, de couleur grisâtre, à quelque passées marneuses.
- *Le Lias salifère 1* : d'une épaisseur moyenne de **90 m**, il est constitué de bancs de sels et argiles avec des passées d'anhydrite blanche.
- *Le Lias dolomitique 1* : composé de dolomies et d'anhydrite sur une épaisseur moyenne de **66 m**, avec parfois des passées argileuses.

- **Le Dogger**

Il est subdivisé en deux parties :

- *Le Dogger lagunaire* : d'une épaisseur moyenne de **210 m**, il est représenté par des anhydrites et des dolomies avec quelques minéraux argileux.

- **Le Dogger argileux** : sur une épaisseur moyenne de **100 m**, il est constitué d'argile silteuse avec parfois des minéraux gréseux à grains fins, et à ciment argileux carbonaté.

- **Le Malm**

D'une épaisseur moyenne de **230 m**, il est constitué de dépôts marneux et argileux avec quelques intercalations de calcaires et d'anhydrites.

c) Le Crétacé

Son épaisseur moyenne est de **1525 m**.

- **Le Néocomien** : d'une épaisseur de **185 m**, il est représenté par des bancs gréseux, avec quelques intercalations de calcaires et de dolomies au sommet.
- **Le Barremien** : d'une épaisseur de **277 m**, il correspond à des grès fins à moyens carbonatés, avec des intercalations de niveaux d'argiles et grès dolomitiques.
- **L'aptien** : il est d'une épaisseur de **25m**, ce sont des dolomies et des calcaires.
- **L'Albtien** : il est d'une épaisseur de **350 m**, il comprend des grès et des sables fins qui composent la nappe aquifère d'eau douce.
- **Le Cénomanién** : il est d'une épaisseur de **148 m**, et correspond à une alternance de niveaux marneux, dolomitiques, de calcaire et d'anhydrite.
- **Le Turonien** : sur une épaisseur de **99 m**, on y observe des formations carbonatées, constituées de calcaire, craie, dolomies et de quelques niveaux argileux. Vers le sommet, on distingue des calcaires lumachelliques ; ces formations correspondent à une nappe aquifère salée.
- **Le Sénonien** : il est constitué de deux types de formations :
 - **Le Sénonien lagunaire** : ce sont des sels massifs d'une épaisseur moyenne de **350 m**, coiffés au sommet par des niveaux marneux, dolomitiques et d'anhydrites.
 - **Le Sénonien carbonaté** : présentant une épaisseur de **99 m**, il correspond à des bancs carbonatés avec quelques passées d'anhydrites.

I.3.5. Le Cénozoïque :

- **L'Eocène** : d'une épaisseur moyenne de **218 m**, il est représenté par des calcaires dolomitiques à nummulites avec parfois des rognons de silex.
- **Le Mio-Pliocène** : c'est le recouvrement continental essentiellement sableux d'une épaisseur pouvant aller jusqu'à **240 m**.

I.4. TECTONIQUE

Le dôme de Hassi Messaoud se trouve sur la partie extrême Nord de la zone haute El-Biod - Hassi Messaoud formée par une suite de Horst et de Graben limité par des failles allant dans une direction subméridienne (Echikh, 1975).

La structure du dôme de Hassi Messaoud se présente comme un vaste anticlinal cambro-ordovicien aplati de direction générale N.N.E- S.S.O, sur lequel sont discordants les terrains mésozoïques sus-jacents.

Les accidents affectant le dôme Hassi Messaoud sont :

- des failles d'orientation sub-méridienne NNE- SSO ainsi que d'autres qui leurs sont perpendiculaires de direction sub-latitudinale ONO- ESE.
- des cassures sans rejet dont l'action sur la fracturation du réservoir sont importantes.

D'autre part, deux failles principales traversent toute la surface du dôme et avaient effondré sa partie centrale. Une troisième faille a relevé un bloc, sur son flanc Ouest (Echikh, 1975). Dans la partie Sud et Sud-Est du dôme, dix failles normales ont été découvertes, et ont divisé la structure en plusieurs blocs.

Des structures anticlinales liées au dôme de Hassi Messaoud s'étendent au Sud-Ouest du dôme et sont affectées par des failles transversales, les faisant descendre vers le Nord-Est en forme de gradins. Ces structures, larges de 8 à 18 Km, se suivent sur plus de 130 Km et sont bordées par une importante faille normale, qui réapparaît sur le flanc Est et Nord du dôme de Hassi Messaoud. Ces structures sont du Sud au Nord : El Djedar, El Agreb, Zotti Sud, Zotti Est, Zotti, El Gassi, Hassi Dzabat Sud, Hassi Dzabat et Hassi Dzabat Nord (Aliev et al., 1971).

I.5. EVOLUTION GEODYNAMIQUE DU DOME DE HASSI MESSAOU

La paléo-tectonique de la structure du dôme de Hassi Messaoud se manifeste par le résultat des différentes phases tectoniques qui ont affecté le dôme.

I.5.1. La phase Eo-Calédonienne précoce

Datée d'environ **500 MA**, cette phase intervient à la fin du dépôt du réservoir anisométrique « Ra ». Elle est prouvée par la transgression des grès isométriques « Ri » connues sur les plaines de la structure marquant ainsi le début d'une

structuration post- cambrienne avec érosion et présence de failles s'établissant déjà suivant une direction Nord-Est et Sud-Ouest avec des coulées volcaniques ?.

I.5.2. La phase Calédonienne majeure

Datée de 400 MA, cette phase est régionalement connue par l'absence de sédiments du Dévonien et du Carbonifère sur toute la surface du haut fond d'EL BIOD.

On peut noter qu'une hypothèse de non-dépôt est plus favorable que celle de l'érosion Hercynienne et cela, du fait que les faciès remaniés à la base du Trias gréseux proviennent du Cambro-Ordovicien. Cette phase aurait débuté dès le Silurien ou le Dévonien inférieur. (BOUJEMAA, 1987)

I.5.3. La phase Hercynienne

La phase hercynienne fini-paléozoïque (Carbonifère-Permien inférieur) résulte de la collision entre la Eurasie et le Gondwana. Deux événements tectoniques ont caractérisés cette phase (Boudjema, 1987) : un événement hercynien précoce durant le Tournaisien-Viséen, et une phase hercynienne majeure qui a affectée la région durant le Westphalien au Permien inférieur. Cette phase compressive est d'une importance considérable à l'échelle régionale plus particulièrement à HASSI- MESSAOUD. Elle est responsable de la structuration de la zone haute El-Biod - Hassi Messaoud en horst et graben. Une importante phase d'érosion a suivi la phase hercynienne au Permo-Trias. Cette érosion a affectée l'ensemble de la série paléozoïque et a atteint les couches du Cambrien dans la région de Hassi Messaoud.

I.5.4. La distension Trias-Jurassique

Une importante phase de distension triasico-jurassique a affectée non seulement la région d'étude, mais aussi une partie de la plaque africaine (Afrique de l'Ouest), européenne et américaine. Cette phase se caractérise dans le bassin triasique par des jeux en failles normales sur les accidents NE-SW et par la mise en place de vastes épanchements volcaniques qui sont l'objet de notre étude. La distension Trias-Jurassique a affectée la Pangée et correspond à l'ouverture de l'Atlantique central et de la Téthys Ligure (Boudjema, 1987; Guiraud,).

I.5.5. La phase « Autrichienne »

Une importante phase compressive anté-aptien terminal (Crétacé inférieur, il ya 100 MA) a affecté l'ensemble du bassin triasique, et résulte du jeu inverse des failles sub-méridiennes de la plate-forme saharienne par compression Est-Ouest (Askri et al, 1995). Cette compression est appelée « phase autrichienne » par les pétroliers, en relation avec les mouvements tectoniques affectant, vers la même période, l'Europe. Ces mouvements compressifs résultent d'un blocage, au cours de la rotation des plaques, pendant l'ouverture de l'Atlantique Sud (Boudjema, 1987).

Cette phase est presque synchrone de la mise en place des hydrocarbures dans la région.

I.5.6. La phase « Alpine » (Pyrénéenne)

A partir de l'Eocène supérieur, des mouvements de compression ont affecté le bassin triasique et ont eu un maximum d'effet sur les accidents NE-SW et provoqué de nombreuses inversions tectoniques. Ces mouvements compressifs sont liés à la collision entre les plaques Afrique et Europe (Boudjema, 1987).

Cette phase est postérieure à la formation des hydrocarbures donc, elle est probablement à l'origine des barrières de perméabilité dues à un décalage des nouveaux réservoirs.

Enfin, on peut dire que la structure a subi aux temps récent un faible réajustement épirogénique ne dépassant pas le mètre, c'est la phase de compression « villafranchienne » .

Quant aux résultats de ces différentes phases, la structure du dôme de HASSI MESSAOUD présente un allongement de direction NORD EST – SUD OUEST.

CHAPITRE II

LES FORMATIONS MAGMATIQUES DE LA REGION DE HASSI MESSAOUD

II.1. INTRODUCTION

Les nombreux sondages effectués dans la région de Hassi Messaoud ont révélé l'existence de roches magmatiques dans le Trias et le Cambro-Ordovicien. Plusieurs études ont été consacrées à ces formations magmatiques sans pour autant résoudre les problèmes liés à la nature pétrographique, l'âge et l'origine de ces roches. Leur mode de mise en place demeure aussi obscure (s'agit t' il de roches intrusives ou de roches effusives ?). Ce chapitre sera consacré à une synthèse des travaux réalisés sur ces roches magmatiques (Morre et Laude, 1966 Busson, 1970 ; Bossière, 1972 ; Fabre, 1976 ; Shahidul et Coskun, 1980 ; Boudjema, 1987 ; Filali, 2002).

II.2. DISTRIBUTION DES ROCHES MAGMATIQUES DANS LA REGION DE HASSI MESSAOU

Les puits réalisés dans la région du dôme de Hassi Messaoud et des régions périphériques montrent que les roches magmatiques se distribuent verticalement (suivant les étages stratigraphiques) et horizontalement (suivant la superficie de la région) de la manière suivante :

Dans le **Cambro-Ordovicien**, les roches magmatiques ont été rencontrées :

- Dans les grès du **Cambrien** (principalement dans le R2 et le Ra) autour de la partie centrale du dôme de Hassi Messaoud (Tableau annexe IV). L'épaisseur de ces roches est très variable allant de quelques mètres à 67 m pour le puits MD 339. Il pourrait s'agir pour les roches dont l'épaisseur ne dépasse pas quelques mètres de remplissage de failles ou de dykes comme le mentionne les rapports de fin de sondage (la région centrale du dôme est très fracturée et traversée par de nombreuses failles). La deuxième remarque est la distribution très irrégulière de ces roches dans cette région. Ainsi, les puits MD 56, 424, 6 et 396 qui sont situés respectivement à 1 Km à l'Est, au Nord, à l'Ouest et au Sud du puits MD 339 (67 m d'éruptif dans le R2), n'ont pas traversés de roches éruptives dans le Cambrien.
- A la périphérie du dôme, ces roches magmatiques sont rencontrées dans l'**Ordovicien**, plus précisément au sein des argiles d'El Gassi (puits MD 201, RDC 4, ZCR-1, SG-1, GRS-1). L'épaisseur des roches est en moyenne d'une trentaine de mètres.

Dans le **Trias**, les roches magmatiques ont été subdivisées en deux séries :

- Dans la série inférieure, les formations magmatiques s'étendent largement dans les régions périphériques du dôme, avec des épaisseurs considérables au Nord-Ouest (131 m au puits HRB-1 et 143 m à GLA-1 dans la région de Oued-Mya) et au Nord-Est. Dans la région d'étude, les roches magmatiques reposent directement sur les couches du

Paléozoïque (au dessus de la discordance hercynienne), et très rarement sur une série détritique de base attribuée au Trias. Notons enfin que ces roches disparaissent complètement dans la partie centrale du dôme de Hassi Messaoud.

- La série supérieure est localisée dans la région périphérique Sud-Est du dôme de Hassi Messaoud (région de Mesdar, puits MDR-1 à 14, puits FESN-1 et puits DRN-2). Les roches magmatiques de la série supérieure reposent sur un ensemble argilo-carbonaté (Trias carbonaté) et sont surmontées par le Trias Argileux-Gréseux supérieur (TAGS). L'épaisseur moyenne de ces roches est de 59 m à Mesdar.

II.3. NATURE PETROGRAPHIQUE DES ROCHES MAGMATIQUES DE LA REGION DE HASSI MESSAOUD

La nature pétrographique des roches magmatiques de la région de Hassi Messaoud et des régions limitrophes (bassin triasique) est problématique, due à l'état d'altération avancée qui caractérise ces formations. Ainsi, les premiers auteurs parlaient d'**andésites** pour décrire ces roches de teinte sombre, gris-verdâtre vacuolaire et altérées. En fait, des études pétrographiques plus précises ont montré qu'il ne s'agissait pas d'andésites, mais plutôt de diabases (dolérites altérées), de dolérites et de spilites.

Les roches magmatiques du Cambro-Ordovicien ont été très peu étudiées. Pour la nature pétrographique de ces roches, on se réfère aux rapports de fin de sondage dont la description est souvent très sommaire et peu précise (Annexe I). Ainsi, on a décrit des trachytes ? à MD 13, des dolérites, des laves basaltiques et surtout des spilites. Les roches intercalées dans les argiles d'El Gassi ont aussi été décrites comme étant des spilites, c'est à dire des roches volcaniques de composition basaltique mais dont le feldspath est de l'albite, avec une richesse en chlorite et en carbonate. Il est clair qu'une étude pétrographique plus approfondie est nécessaire pour connaître la nature de ces roches. Or, il est important de différencier les roches intrusives et les roches effusives. Dans le premier cas, il pourrait s'agir de roches triasiques intrusives dans le Cambro-Ordovicien. Dans le second cas, il s'agirait de roches volcaniques d'âge Cambro-Ordovicien.

Concernant les roches magmatiques du Trias, une étude effectuée par Morre et Laude (1966) sur les roches du sondage MD 52 a mis en évidence une évolution de la nature pétrographique passant, du bas vers le haut, d'une dolérite (diabase), spilite sodique, spilite sodi-potassique et spilite potassique. Pour ces auteurs, la dolérite (diabase) constituerait le témoin du magma basaltique originel, qui se serait enrichi en éléments volatils (sodium puis potassium). Une autre étude plus récente (Filali, 2002) a permis de distinguer les deux types de roches : spilites et dolérites. Le passage graduel d'une dolérite à une spilite a aussi été observé. L'étude effectuée par Shahidul et Coskun (1980) n'a pas mis en évidence de dolérites, mais seulement des basaltes à olivine (altérés et peu altérés) et des basaltes à olivine spilitisés (altérés et peu altérés).

Ainsi, la nature effusive des formations magmatiques du Trias ne fait aucun doute. Par contre, l'existence de dolérites, qui est une roche intrusive, et sa position dans la série stratigraphique du Trias doit faire l'objet d'une étude plus approfondie.

II.4. DONNEES GEOCHIMIQUE ET GEOCHRONOLOGIQUE

Des analyses géochimiques ont été effectuées sur les formations magmatiques du Trias de la région par plusieurs auteurs (Morre et Laude, 1966 ; Shahidul et Coskun, 1980 ; Filali, 2002). L'interprétation de ces analyses est rendue très difficile à cause de l'altération des roches. Ainsi, la plupart des échantillons montrent une perte au feu très élevée et une variation importante des teneurs en éléments majeurs des roches magmatiques d'un même sondage séparées par quelques mètres de distance seulement (deux niveaux différents). Le tableau II.1 donne les analyses géochimiques effectuées par différents auteurs sur les roches des sondages étudiés dans ce travail. Ces études géochimiques semblent indiquées une nature alcaline ? des basaltes.

En raison de l'altération des ces roches, très peu d'études géochronologiques leur ont été consacrés. Les rares datations effectuées par la méthode K-Ar sur des roches situées dans la province triasique (aucune roche magmatique appartenant aux sondages étudiés dans ce travail n'a été datée) ont donné des âges contradictoires (Boudjema, 1987 ; Bergman et Talbot, 1990). Les résultats de ces analyses sont résumés à titre d'indication dans le tableau II.2. Signalons les âges de 197 ± 20 Ma et 222 ± 13 Ma qui semblent être proche de la réalité.

II.5. CONCLUSION

- Les roches magmatiques de la région de Hassi Messaoud sont localisées essentiellement au sein des formations cambro-ordoviciennes et triasiques.
- Dans la région centrale du dôme de Hassi Messaoud, on note uniquement la présence des roches au sein du Cambrien. Dans les régions périphériques du dôme, les formations magmatiques se développent au sein du Trias et peuvent présenter une épaisseur considérable. On note aussi la présence isolée de ces roches au sein de l'Ordovicien .
- Les études pétrographique, géochimique et géochronologique de ces roches, caractérisées par une forte altération, sont difficiles à réaliser et surtout à interpréter. Ainsi le problème de la nature de ces roches (dolérite, basalte, spilite), de leur affinité géochimique (basalte alcalin ou tholéitique), et de leur âge (triasique inférieur comme le suggère leur position dans la série triasique, ou triasico-liasique comme le reste des roches magmatiques du Sahara occidental) reste posée.

Echantillon	Profondeur (m)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	PAF	Total
OMN-75*		44.85	13.97	12.59	7.50	8.33	0.161	2.79	0.95	0.276	1.773	0.030	6.40	99.8
RDC-4*	3766	45.59	13.05	14.71	2.06	10.10	0.112	3.78	0.94	0.261	1.884	0.039	8.20	100.91
HRB-1*	3771	53.39	13.56	10.20	2.23	8.22	0.081	4.23	0.64	0.229	1.664	0.038	5.50	100.13
	3781	47.91	14.60	11.45	5.46	8.18	0.111	3.45	0.71	0.245	1.816	0.037	5.50	99.65
	3788	48.9	14.02	13.82	6.92	6.44	0.112	3.41	0.84	0.238	1.66	0.037	3.20	99.90
OEM-1	3818	19.59		4.69	22.14	14.26	0.64	0.30	0.64	0.07	0.67		34.28	
	3832	45.60		9.58	4.96	5.99	0.71	0.80	5.76	0.30	1.52		9.72	
	3854	44.50		14	4.99	10.02	0.11	2.50	0.48	0.22	1.67		7.62	
	3860	40.25		8.48	7.72	5.44	0.24	0.60	6.54	0.26	1.64		13.58	
ZCR-1	3524	48.56		14.37	2	9.52	0.06	2.5	1.78	0.16	1.44		5.60	
	3525	47.58		11.37	4.41	6.14	0.11	1.2	5.12	0.18	1.50		7.41	
	3580	42.02		4.19	16.56	8.12	0.44	0.3	0.88	0.14	0.40		22.14	
	3582	74.34		4.79	0.89	3.27	0.03	0.3	2.18	0.04	0.87		3.70	
	3603	44.09		14.67	2.67	7.15	0.06	0.9	2.58	0.18	1.69		7.81	
MD-52**	3295	45.90		4.37	5.93	10.15		2.51	0.29	0.55	2.05		3.68	
	3278	46.65		16.58	2.24	3.65		2.98	2.88	0.75	2.35		8.14	
	3270	50.40		16.58	2.24	1.66		0.43	8.46	0.21	1.92		3.18	
ORS-1	3714	38.60		8.25	11.60	8.38	0.168	0.4	3.22	0.12	1.07		18.46	
	3715	47.70		6.82	5.25	5.49	0.11	0.9	4.16	0.27	2.4		9.8	
	3730	43.76		7.50	8.97	5.57	0.202	0.7	4.88	0.38	3.34		11.29	
	3731	51.60		9.37	3.73	3.53	0.034	1.10	4.88	0.33	2.38		5.34	
GLA-1	3430	45.60		11	7.04	6.82	0.11	2.7	2	0.15	1.62		8.43	
	3461	49.28		12.25	3.99	4.24	0.04	0.8	4.88	0.37	2.08		6.23	
	3490	50.50		11.25	7.77	8.58	0.11	2	0.64	0.22	1.86		2.40	
	3503	56.10		12.75	1.40	11.70	0.08	0.4	2.10	0.29	0.88		5.73	
	3530	46.70		14.50	9.58	5.36	0.09	2	0.88	0.19	1.7		3.72	
	3560	51.30		8.25	2.30	13.36	0.09	2.3	0.82	0.21	1.7		5.47	
	3570	34.80		10.75	9.35	10	0.2	0.30	4.98	1	1.72		15.08	
	3483*	46.96	15.29	11.38	0.79	11.72	0.053	4.23	0.92	0.162	1.507	0.022	6.75	100.45

Tableau II.1 : Synthèse des analyses géochimiques des roches magmatiques de la région de Hassi Messaoud (Références : pour les échantillons * : Filali et al., 2002 ; pour les échantillons ** : Morre et Laude, 1966 ; pour le reste des échantillons : Shahidul et Coskun, 1980)

Type de formation	Nom de l'échantillon (Région)	Méthode de datation	Age des terrains encaissants	Age (Ma)	Références
Spilite	FM-1 (Ghadames)	K-Ar	Trias	197 ± 20* 170 ± 9*	Boudjema, 1987
Trachy-Basalte	EAT-1 (Ghadames)	K-Ar	Trias	280 ± 15* 222 ± 13*	Boudjema, 1987
Trachy-Basalte	NZN-1 (Ghadames)	K-Ar	Trias	325 ± 30* 402 ± 19*	Boudjema, 1987
Dolérite spilitisée	DJH-1 (Oued Mya)	K-Ar	Trias	76,6 ± 3,5	Bergman et Talbot, 1990
Dolérite	HLJ-1 (Oued Mya)	K-Ar	Trias	175 ± 4	Bergman et Talbot, 1990

Tableau II.2 : Datation des roches magmatiques du bassin triasique
(* analyses effectuées dans deux laboratoires différents).

CHAPITRE III

DISTRIBUTION ET EVOLUTION DU MAGMATISME DANS LA REGION DE HASSI MESSAOUD

III.1. METHODOLOGIE

Pour étudier la distribution et l'évolution du magmatisme dans la région de Hassi Messaoud, nous avons utilisé deux outils :

- Les cartes en isopaques
- Les coupes géologiques

La réalisation des cartes et des coupes a nécessité la consultation des documents suivants :

- Les rapports de fin de sondages (fiches stratigraphiques et logs habillés) ;
- Le plan de positionnement des sondages de la région d'étude.

Les rapports de fin de sondages et les fiches stratigraphiques nous ont permis d'avoir les informations suivantes :

- Les coordonnées géographiques, UTM et Lambert Sud Algérie ;
- Les épaisseurs des formations magmatiques dans le Trias et le Cambro-Ordovicien ;
- Les épaisseurs des couches sous-jacentes et sus-jacentes pour les puits traversant l'éruptif.

La carte de positionnement des puits de la région d'étude nous a permis de voir la position des puits existant dans la région (plus de 1200 puits) en 2D.

Ces données nous ont permis de réaliser :

- Trois (03) cartes en isopaques des formations magmatiques : du Cambro-Ordovicien, de la série inférieure du Trias et de la série supérieure du Trias. ,
- Quatre (04) coupes géologiques suivant les directions : N-S, NE-SW, E-W et NO-SE.

Pour la réalisation de ces cartes et des coupes géologiques, nous avons utilisé les logiciels suivants :

- Le logiciel SURFER (version 7) pour la réalisation des cartes
- Le logiciel Adobe Illustrator pour la réalisation de coupes

Concernant le logiciel SURFER, nous avons d'abord élaboré le fichier des données qui se présente sous la forme d'un tableur (réalisé sous Excell). Il se présente de la manière suivante (figure III.1) :

- La première colonne comprend le nom des puits ;
- La deuxième et la troisième colonne comprennent les coordonnées X et Y des puits. Nous avons choisi d'utiliser les coordonnées Lambert Algérie, car une grande partie des coordonnées des puits de la région est exprimée dans ce système de coordonnées. Pour les autres puits dont les coordonnées sont exprimées dans le système UTM ou géographique (Longitude et latitude) nous avons transformé ces coordonnées en Lambert Algérie en utilisant un logiciel de conversion.
- La quatrième colonne contient les épaisseurs des formations magmatiques.

Trois fichiers ont ainsi été réalisés pour chaque carte en isopaques : éruptif cambrien.xls, éruptif trias inférieur.xls et éruptif trias supérieur.xls. Chaque fichier contient les données de 1119 puits.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Puit#	X	Y	Epaisseur									
2	MD1	819370.00	124654.00	0									
3	MD2	809374.00	119739.00	0									
4	MD3	815374.00	126828.00	0									
5	MD4	823360.00	128885.00	0									
6	MD5	825345.00	122842.00	0									
7	MD6	801141.00	121168.62	0									
8	MD7	815708.00	113631.00	0									
9	MD8	831250.00	128750.00	0									
10	MD9	801389.00	128740.00	0									
11	MD10	811348.00	123769.00	0									
12	MD11	821217.00	118449.00	0									
13	MD12	818516.00	129021.00	0									
14	MD13	806235.00	123777.00	20									
15	MD14	816292.00	123905.00	0									
16	MD15	816242.00	118425.00	0									
17	MD16	826241.00	128745.00	0									
18	MD17	831249.00	123722.00	0									
19	MD18	826292.00	118743.00	0									
20	MD19	806250.00	128672.00	0									
21	MD20	796238.00	123324.00	0									
22	MD21	806217.00	118818.00	2									
23	MD22	828704.00	126277.00	0									
24	MD23	806313.51	113966.77	0									
25	MD24	822617.00	123831.00	0									
26	MD25	811324.00	128773.00	0									
27	MD26	818741.00	121115.00	0									
28	MD27	846187.02	128635.54	23									
29	MD28	831255.00	118684.00	0									
30	MD29	808820.00	126300.00	1									
31	MD30	813131.00	125574.00	0									
32	MD31	812701.00	123148.00	0									

Figure III.1 : Structure du fichier des données utilisées pour la réalisation des cartes en isopaques avec SURFER

Une fois le fichier ouvert avec le logiciel SURFER, ce dernier nous demande la méthode d'interpolation utilisée. Nous avons choisi d'utiliser **la méthode de l'inverse du carré de la distance**, qui donne des résultats très fiables.

Ensuite, le logiciel trace la carte en isopaques. En utilisant les différentes options qu'offre SURFER 7, on peut choisir les couleurs du fond de la carte et l'échelle souhaitée.

Pour la réalisation des coupes géologiques, nous avons utilisé le logiciel Adobe Illustrator. Pour cela, nous avons introduit les profondeurs des différentes couches que nous souhaitons faire apparaître (roches magmatiques et couches sous-jacentes et sus-jacentes). Nous avons aussi utiliser une échelle qui respecte la distance réelle entre les puits sur terrain. Enfin, nous avons choisi pour l'élaboration des coupes suivant les quatre directions de l'espace les puits les plus représentatifs.

III.2. PRESENTATION DES CARTES EN ISOPAQUES

Comme nous l'avons mentionné précédemment, nous avons réalisé trois cartes en isopaques :

- La carte en isopaques des formations magmatiques de la série supérieure du trias (Figure III.2). 13 puits seulement sur les 1119 de la région ont rencontré les roches magmatiques de cette série (Annexe II).
- La carte en isopaques des formations magmatiques de la série inférieure du trias (Figure III.3) ; 250 puits sur les 1119 de la région ont rencontré les roches magmatiques de cette série (Annexe III).
- La carte en isopaques des formations magmatiques du Cambro-Ordovicien (Figure III.4) ; 31 puits seulement sur les 1119 de la région ont rencontré les roches magmatiques dans le Cambro-Ordovicien (Annexes IV).

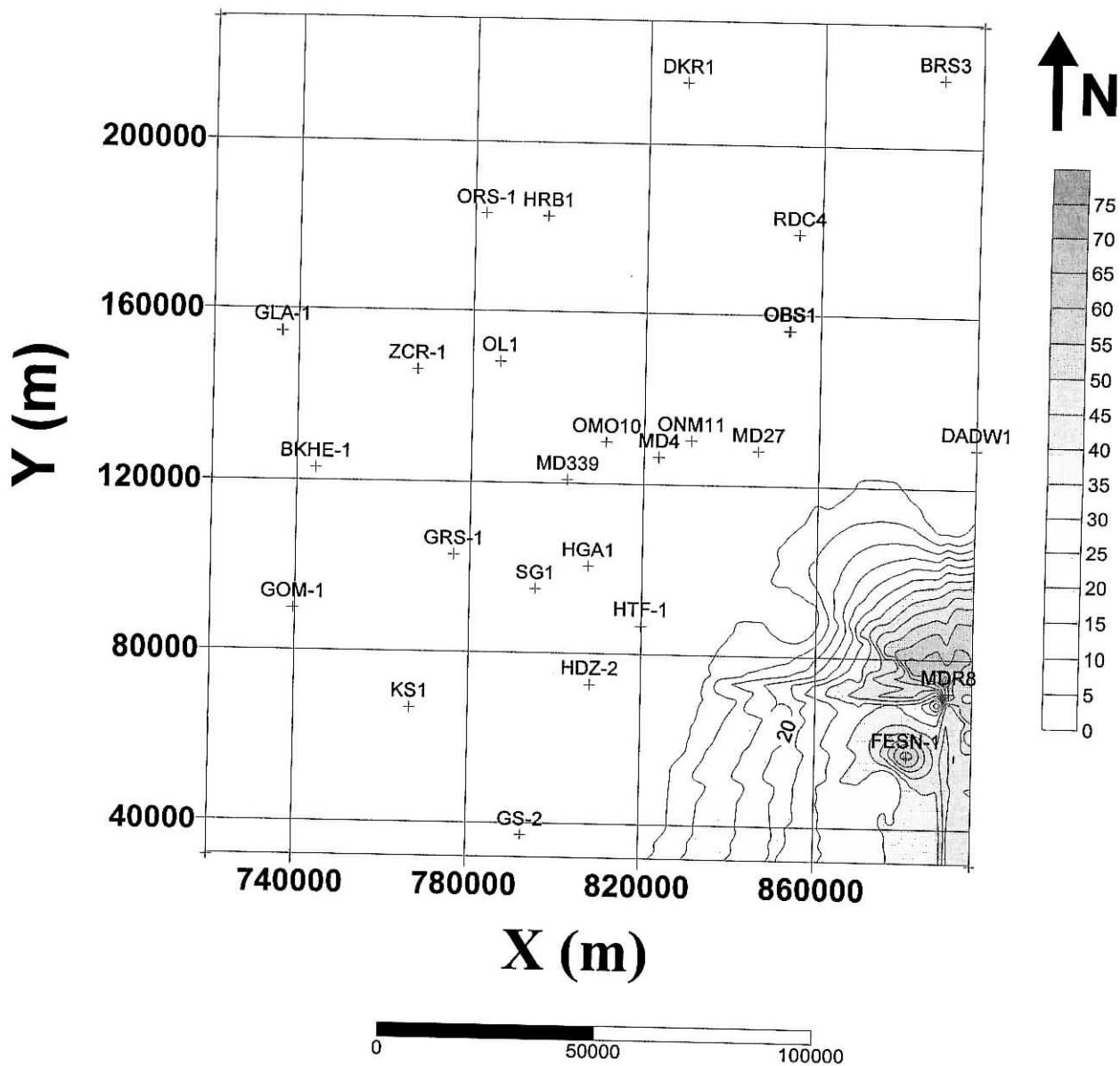


Figure III.2. CARTE EN ISOPAQUES DE L'ERUPTIF DE LA SERIE SUPERIEURE DU TRIAS

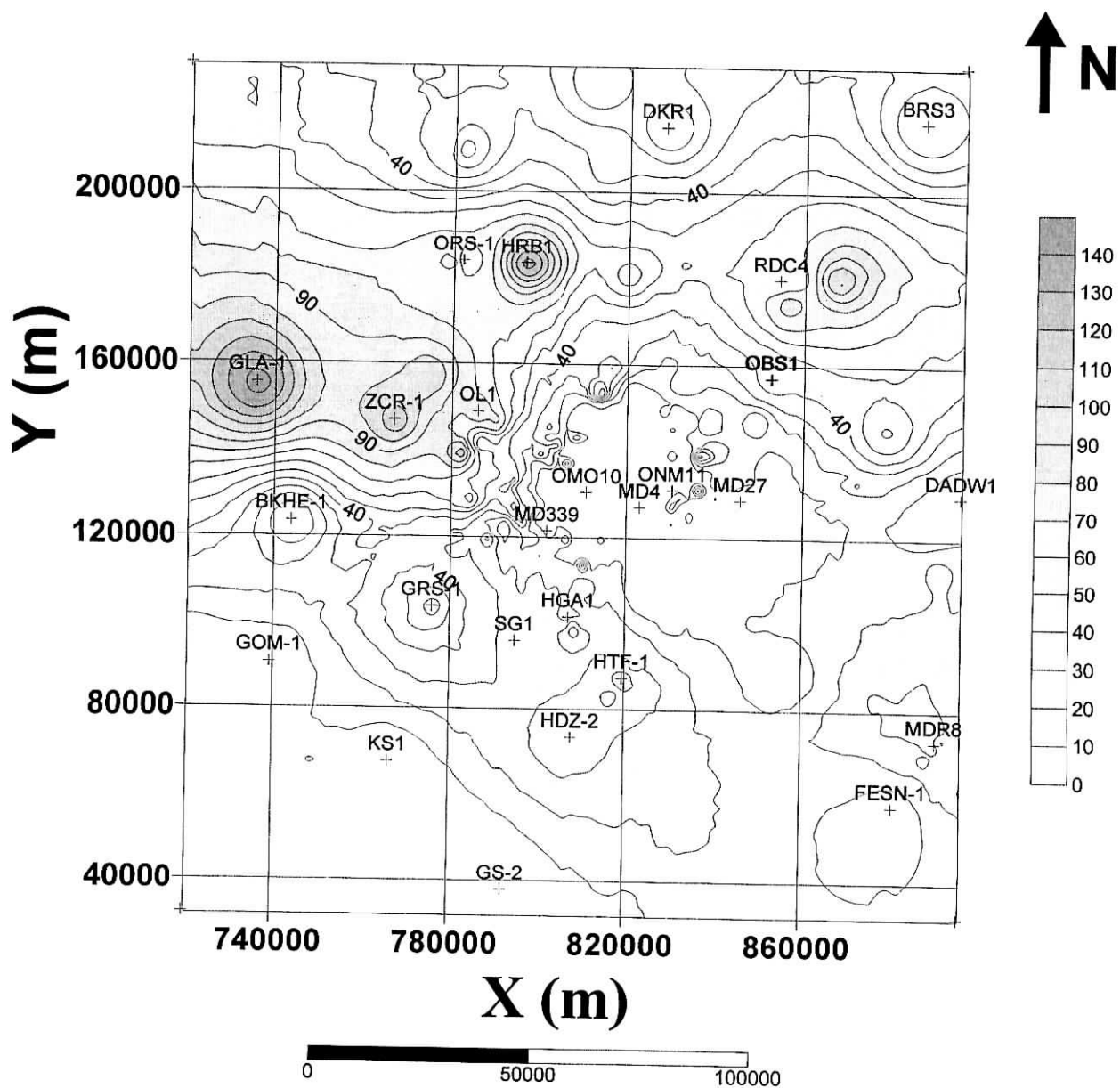


Figure III.3. CARTE DES ISOPAQUES DE L'ERUPTIF DE LA SERIE INFÉRIEURE DU TRIAS

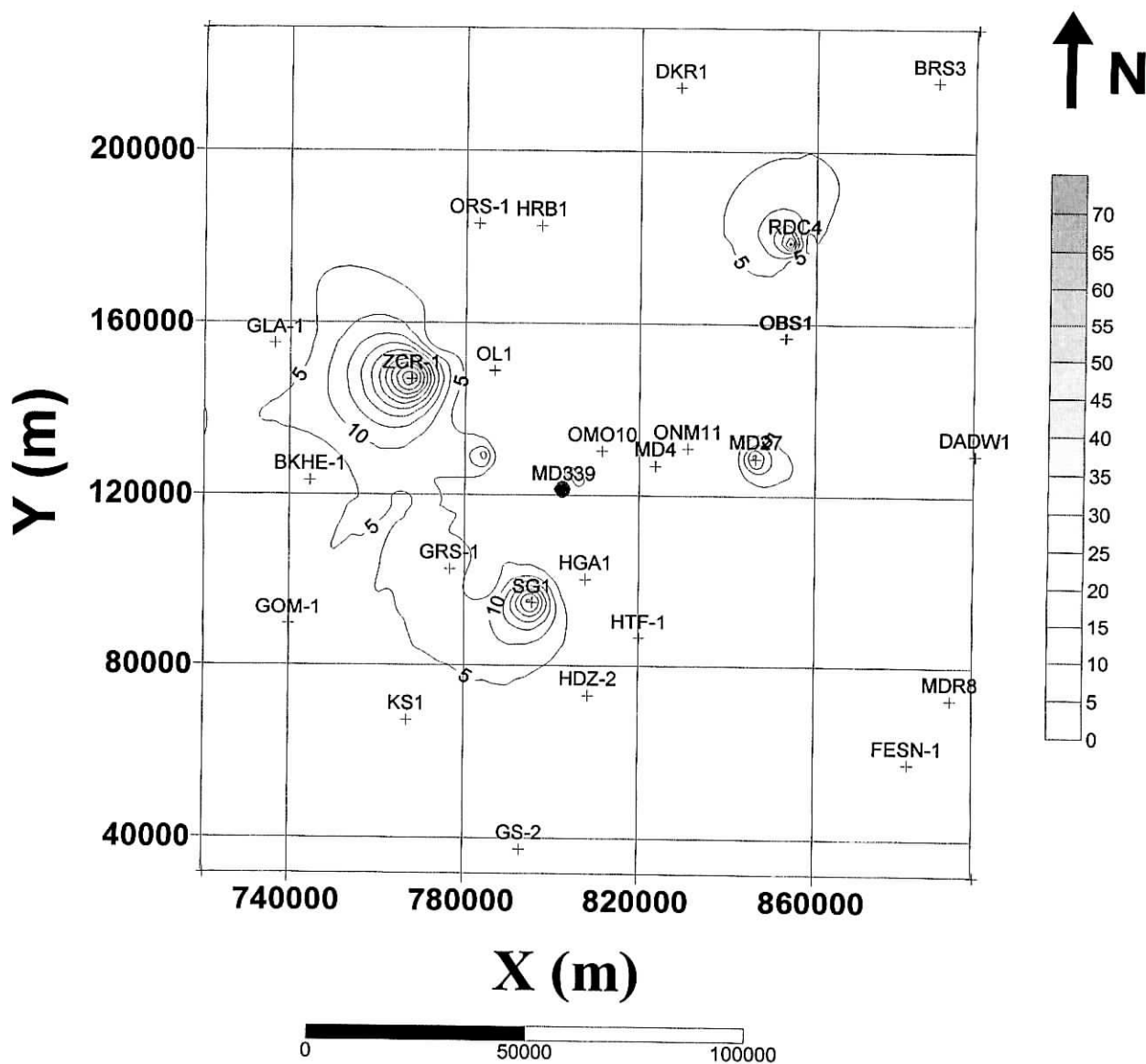


Figure III.4. CARTE DES ISOPAQUES DE L'ERUPTIF DU CAMBO-ORDOVICIEN

III.3. INTERPRETATION DES CARTES EN ISOPAQUES

III.3.1. INTERPRETATION DE LA CARTE EN ISOPAQUES DE L'ERUPTIF DE LA SERIE SUPERIEURE DU TRIAS (Figure III.2)

- Les formations magmatiques de la série supérieure du Trias sont clairement localisées dans la partie **Sud-Est** à la périphérie du dôme de Hassi Messaoud (puits MDR, FESN-1 et DRN-2).
- Dans le Nord-Est, le Sud-Ouest, l'Ouest et le centre de la région d'étude, l'éruptif de la série supérieure **n'existe pas**.
- La carte montre aussi que la série magmatique supérieure forme un corps allongé **NE-SW** avec des épaisseurs allant de **0 à 68,5 m**. Ces formations magmatiques sont sûrement liées à des failles NE-SW qui passe par cette région.

III.3.2. INTERPRETATION DE LA CARTE EN ISOPAQUES DE L'ERUPTIF DE LA SERIE INFERIEUR DU TRIAS (Figure III.3)

La carte en isopaques des formations magmatiques de la série inférieure nous montre que :

- La série volcanique inférieure est largement répandue dans la région d'étude. Cette série ceinture le dôme de Hassi Messaoud.
- Cette série **disparaît** sur le dôme de Hassi Messaoud et à la périphérie Sud Ouest.
- Cette série présente deux maximum d'épaisseurs dans la région d'étude :
 - Le premier est situé à la périphérie Ouest et Nord-Ouest du dôme de Hassi Messaoud dans la dépression de Oued Mya. Les épaisseurs atteignent 134 m à HRB-1 (Nord-Ouest) et 143 m à GLA-1 (Ouest, dans le bassin de Oued Mya). La carte montre aussi que ces formations magmatiques sont allongées suivant une direction NE-SW.
 - Le deuxième est situé entre le Nord et le Nord-Est de Hassi Messaoud. L'épaisseur atteint 112 m à RDC-1B.

III.3.3. INTERPRETATION DE LA CARTE EN ISOPAQUE DE L'ERUPTIF DU CAMBRO-ORDOVICIEN (Figure III.4)

La carte en isopaques des formations magmatiques du Cambro-Ordovicien indique que ces formations sont présentes

- à la périphérie **Ouest** et **Sud-Ouest** du dôme ;
- dans une zone au Nord-Est du dôme (région de RDC-4) ;
- dans une zone juste à l'Est du dôme (autour de MD 27) ;
- dans la région centrale du dôme.

La plus importante concentration est située à l'Ouest et au Sud-Ouest, où les formations magmatiques s'allongent selon une direction **NNW-SSE**, avec un maximum d'épaisseurs au niveau des puits ZCR-1 (54 m) et SG-1 (37 m). Rappelons que ces formations sont intercalées au sein des argiles d'El Gassi (Ordovicien).

Notons également que l'épaisseur des roches éruptives atteint 67 m dans le puits MDR 339 situé dans la partie centrale du dôme de Hassi Messaoud.

III.4. PRESENTATION DES COUPES GEOLOGIQUES

Comme nous l'avons mentionné précédemment, nous avons réalisé quatre (04) coupes géologiques :

- une coupe suivant la direction E-W (C1) (Figure III.6);
- une coupe suivant la direction NE-SW (C2) (Figure III.7);
- une coupe suivant la direction N-S (C3) (Figure III.8);
- une coupe suivant la direction NW-SE (C4) (Figure III.9);

Le plan de positionnement de puits utilisés et des coupes stratigraphiques sont donnés par la figure III.5.

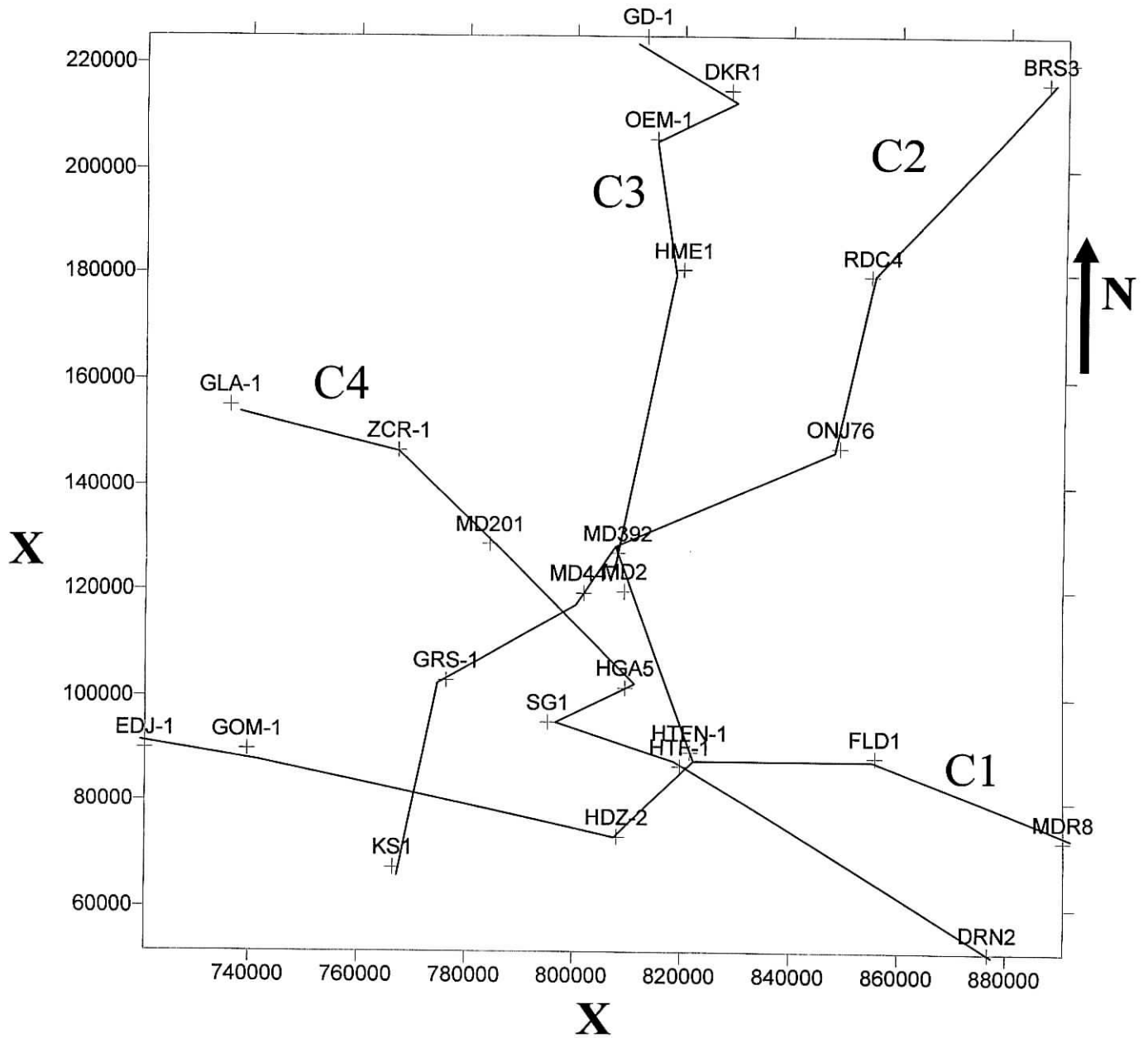


Figure III.5. PLAN DE POSITIONNEMENT DES PUIITS ET DES COUPES

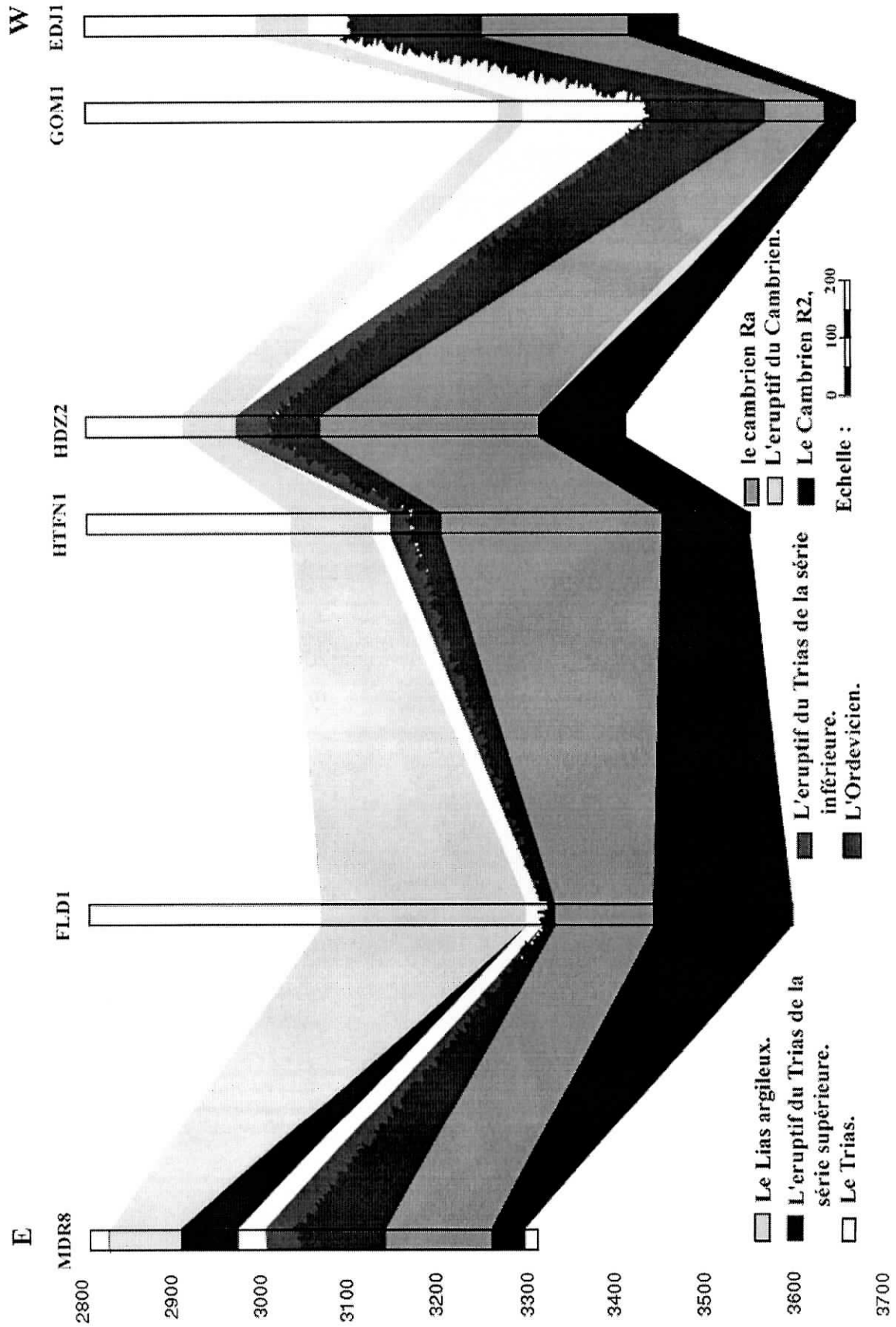


Figure III.6. COUPE GEOLOGIQUE SUIVANT LA DIRECTION E-W

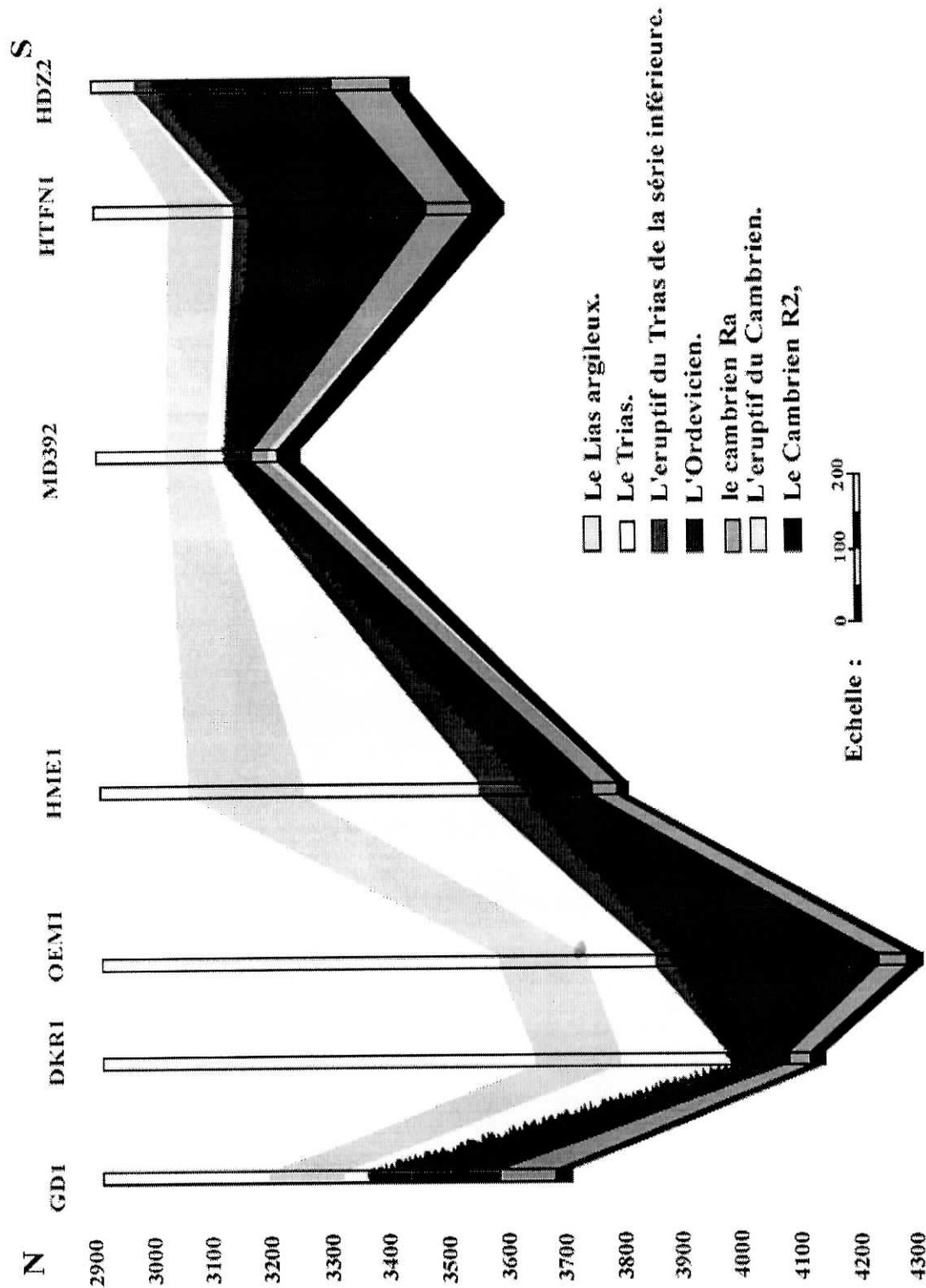


Figure III.8. COUPE GEOLOGIQUE SUIVANT LA DIRECTION N-S

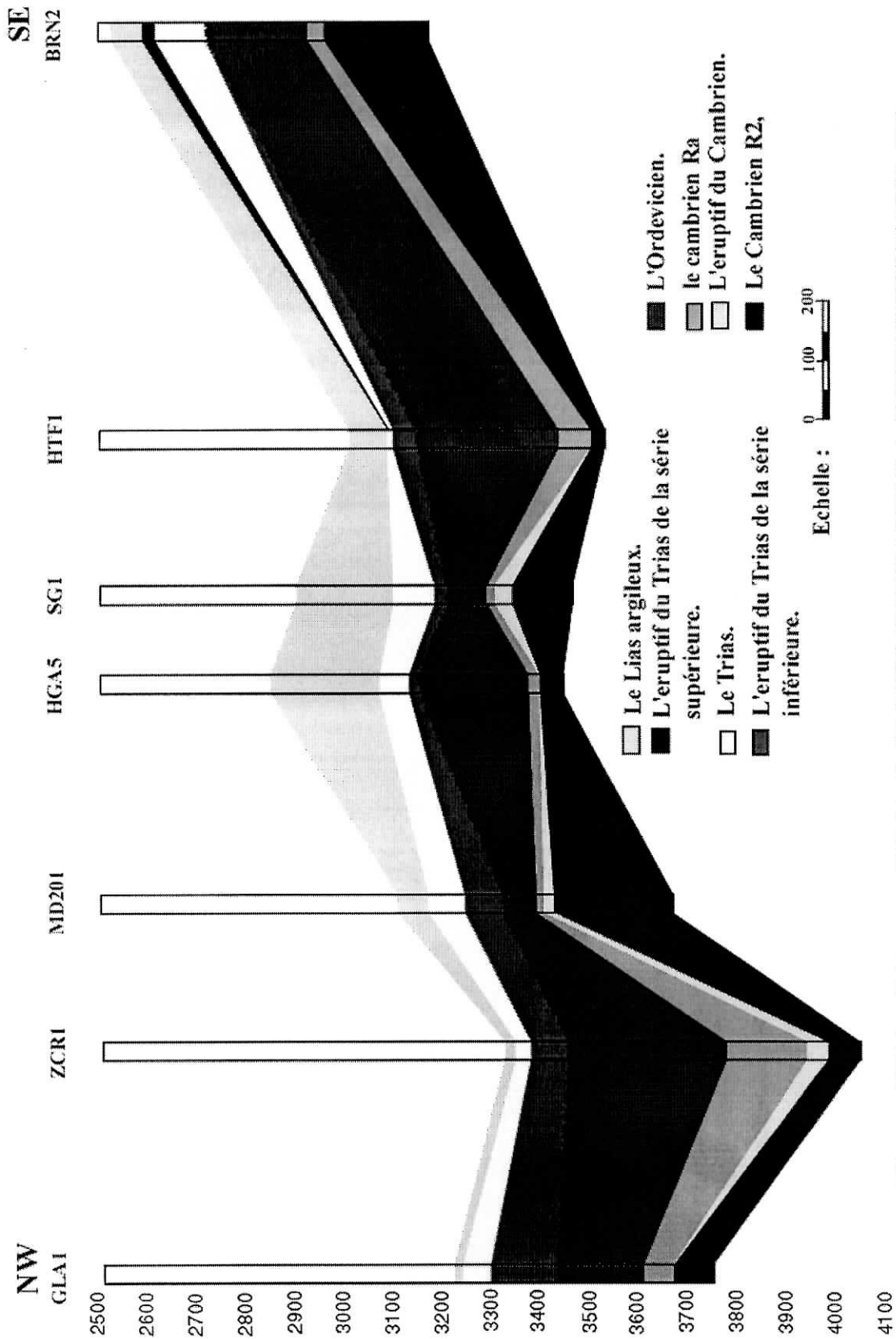


Figure III.9. COUPE GEOLOGIQUE SUIVANT LA DIRECTION NW-SE

III.5. INTERPRETATION DES COUPES GÉOLOGIQUES**III.5.1. Évolution de l'éruptif suivant la direction Est- Ouest**
(Figure III.6)

Cette coupe traverse les puits : MDR-8, FLD-1, HTFN-1, HDZ-2, GOM-1 et EDJ-1.

- L'éruptif de la série supérieure, recoupé par le puits MDR-8, disparaît progressivement en direction de l'Ouest. Il disparaît au niveau du puits FLD-1.
- L'épaisseur de l'éruptif de la série inférieure entame une diminution à partir du puits MDR-8 en direction du puits FLD-1 où il disparaît également. Puis la série inférieure réapparaît avec une augmentation progressive de l'épaisseur où le maximum est atteint au niveau du puits HDZ-1. Puis la série s'amincit de nouveau en direction de l'Ouest et disparaît au niveau du puits GOM-1.
- Pour l'éruptif du Cambro- Ordovicien, on note sa présence entre les puits HDZ-2 et GOM-1.

III.5.2. Evolution de l'éruptif suivant la direction Nord-Est-Sud- Ouest
(Figure III.7)

Cette coupe traverse les puits :BRS-3, RDC-4, ONJ-76, MD392, MD-2, MD-447, GRS-1 et KS-1.

- L'éruptif de la série supérieure n'existe pas sur cette coupe.
- En allant vers le Sud- Ouest, l'épaisseur de l'éruptif de la série inférieure augmente en direction du puits RDC-4 où il atteint son épaisseur maximale (60 m). Ensuite, il entame une diminution et disparaît au niveau du puits ONJ-76. Entre ce puits et le puits MDR-2, on note l'absence de l'éruptif de la série inférieure (partie centrale du dôme de Hassi Messaoud). Son épaisseur augmente de nouveau à partir du puits MD-2 et atteint son maximum au niveau du puits GRS-1 (64 m). L'épaisseur diminue de nouveau en direction du Sud- Ouest et la série éruptive inférieure disparaît au niveau du puits KS-1 à la périphérie Sud- Ouest du dôme de Hassi Messaoud.
- L'évolution de l'éruptif du Cambro- Ordovicien est identique à celle de l'éruptif de la série inférieure entre les puits BRS-3 et ONJ-76, le maximum d'épaisseur est atteint au niveau de RDC-4 avec 34 m. L'épaisseur de l'éruptif entame ensuite une augmentation en direction de la partie centrale du dôme. Puis il diminue en direction du Sud- Ouest où il disparaît au niveau du puits GRS-1. Notons que la partie centrale de la coupe montre un effondrement des formations sédimentaires au niveau du puits MD-2 due probablement au passage d'une importante faille.

III.5.3. Evolution de l'éruptif suivant la direction Nord-Sud
(Figure III.8)

La coupe Nord- Sud traverse les puits : GD-1, DKR-1, OEM-1, HME-1, MD392, HTFN-1 et HDZ-2.

- L'éruptif de la série supérieure n'existe pas sur cette coupe.
- En allant vers le Sud, les formations de l'éruptif de la série inférieure apparaissent au niveau du puits DKR-1 et leurs épaisseurs augmentent et atteignent leurs maximums au niveau du puits HME-1 (75 m). Puis les formations disparaissent en se dirigeant vers la partie centrale du dôme de Hassi Messaoud. L'épaisseur de ces formations augmente ensuite et atteint 39 m au niveau du puits HDZ-2 situé à la limite Sud de la région d'étude.
- Suivant cette coupe, les formations magmatiques du Cambro-Ordovicien apparaissent au niveau de la partie centrale du dôme de Hassi Messaoud avec des épaisseurs très réduites (quelques mètres).

III.5.4. Evolution de l'éruptif suivant la direction Nord-Ouest et Sud-Est
(Figure III.9)

Cette coupe traverse les puits : GLA-1, ZCR-1, MD201, SG-1, HTF-1 et DRN-2.

- L'éruptif de la série supérieur, apparaît dans la partie Sud- Est de la coupe, à partir du puits HTF-1 et son épaisseur atteint 30 m au niveau du puits DRN-2, à la limite Sud- Est de notre coupe.
- Les formations magmatiques de la série inférieure sont très importantes et sont présentes sur l'ensemble de notre coupe. Les épaisseurs sont relativement importantes avec un maximum au niveau de la limite Nord-Ouest de la coupe (143 m ! au niveau du puits GLA-1). Une diminution lente et progressive des épaisseurs est visible en se dirigeant vers le Sud- Est, avec une épaisseur minimale au niveau de la partie centrale du dôme (mais pas une disparition).
- Les formations du Cambro- Ordovicien sont bien représentées sur cette coupe. On note deux maximums d'épaisseur au niveau des puits ZCR-1 (54 m) et SG-1 (37 m). Ces formations disparaissent en direction du Sud- Est à partir du puits HTF-1.

III.6. CONCLUSION

- Les cartes en isopaques et les coupes géologiques réalisées nous ont permis de connaître la distribution et de suivre l'évolution des formations magmatiques dans la région de Hassi Messaoud et de sa périphérie.
- Les formations magmatiques de la série supérieure ne sont présentes que dans la partie Sud- Est de la région d'étude, et présentent la forme d'un corps allongé suivant la direction NE-SW indiquant la présence d'une importante faille NE-SW.
- Les formations magmatiques de la série inférieure ceinturent la partie centrale du dôme de Hassi Messaoud où ces formations sont absentes. Une importante concentration de ces formations est observées dans la partie occidentale de la région, suivant une direction NE-SW, suggérant aussi la présence d'une faille selon cette direction. Une autre maximum d'épaisseur est visible dans la partie Nord- Est de la région.
- Les formations du Cambro- Ordovicien sont localisées principalement à la périphérie Nord-Ouest et Sud- Ouest du dôme de Hassi Messaoud, avec la présence de zones isolées au Nord- Est, à l'Est et dans la partie centrale du dôme.

CHAPITRE IV

ASPECT PETROLIER

IV.1. GENERALITES :(Guillemot.j 1994 ; Kamel.a 1999)

Les hydrocarbures (huiles et gaz) représentent un constituant fréquent dans les roches sédimentaires principalement marines. Ils occupent les vides généralement capillaires, puis s'emmagent dans les roches dites « réservoirs », ils se séparent de l'eau et se rassemblent dans les zones privilégiées dites « pièges » formant ainsi les « gisements ».

Les hydrocarbures sont toujours liées à des formations sédimentaires où se réunissent les conditions nécessaires, à savoir :

- La genèse des hydrocarbures (en relation avec la roche mère),
- Leur circulation dans les terrains (roches réservoirs),
- Leur accumulation dans les structures (les pièges),
- Leur protection (par les roches couvertures).

Quatre conditions sont nécessaires pour que l'environnement pétrolier soit favorable : la présence de roches mères, de roches couvertures, de roches réservoirs et les pièges.

IV.1.1. Roches mères

Les roches dites mères sont des roches qui, suite à un ensemble de processus de transformation, aboutissent aux hydrocarbures. Ce sont des formations argileuses ou carbonatées, riches en matières organiques. Ces roches sont généralement à granulométrie fine favorisant l'absorption de la matière organique lors de la sédimentation qui se fait en milieu réducteur marin ou non marin.

IV.1.2. La migration des hydrocarbures

La migration est l'expulsion des hydrocarbures de la roche mère vers les réservoirs, elle s'effectue en deux stades :

- **La migration primaire** : c'est l'expulsion des hydrocarbures générées de la roche mère vers le réservoir.
- **La migration secondaire** : c'est la migration des hydrocarbures le long du réservoir.

IV.1.3. Roches réservoirs

Les roches réservoirs correspondent au faciès favorable à la circulation et au stockage des fluides. Ce sont des roches poreuses où les vides sont reliés entre eux. Les qualités des réservoirs sont régies par deux caractéristiques pétrophysiques principales :

- **La porosité exprimée en %** : c'est le pourcentage du volume des vides par rapport au volume total de la roche.

- *La perméabilité exprimée en millidarey* : c'est la liaison entre les vides.

Pour qu'un réservoir soit bon, il faut qu'il soit poreux et perméable.

IV.1.4. Roches couvertures

La roche couverture a pour rôle d'assurer l'étanchéité des réservoirs. Son existence constitue une condition fondamentale pour la formation d'un gisement. Elle s'oppose à la dimigration des hydrocarbures une fois piégés. Ces caractéristiques d'imperméabilité et de plasticité se rencontrent dans différents types de roches qui sont principalement les argiles, les évaporites et quelques carbonates.

IV.1.5. Les pièges

Un piège correspond à toute anomalie géologique ; que son origine soit tectonique (pli anticlinal, flexure), stratigraphique (biseau, récif) ou lithologique (perte de perméabilité par changement de faciès, par exemple), qui donne au toit du réservoir, compris dans son sens le plus large de zone où la porosité et la perméabilité disparaissent, une allure concave vers le bas, est susceptible de constituer un piège.

a) Les pièges structuraux (Figure IV- 1)

Leur formation fait intervenir principalement des facteurs tectoniques, on a essentiellement :

- les pièges formés par un anticlinal,
- les pièges formés par une faille ou plus souvent par un système de failles (plis contre faille),
- les pièges réunissant ces deux facteurs structuraux avec des formes complexes (plis, failles et nappes de charriage).

b) Les pièges stratigraphiques (Figure IV- 2)

Il s'agit de la combinaison de deux milieux différents, correspondant au passage d'un milieu perméable à un autre imperméable. Ce sont tous les pièges qui permettent aux hydrocarbures de s'accumuler en l'absence de déformations tectoniques. Ces pièges sont dus à des phénomènes lithologiques (perte de perméabilité), sédimentaire (biseaux originaux, lentilles et récifs) et paléogéographiques (biseaux d'érosion).

c) Les pièges mixtes (Figure IV- 3)

On y regroupe tous les gisements où l'accumulation des hydrocarbures est contrôlée en perte sensiblement égale par des facteurs structuraux et stratigraphiques.

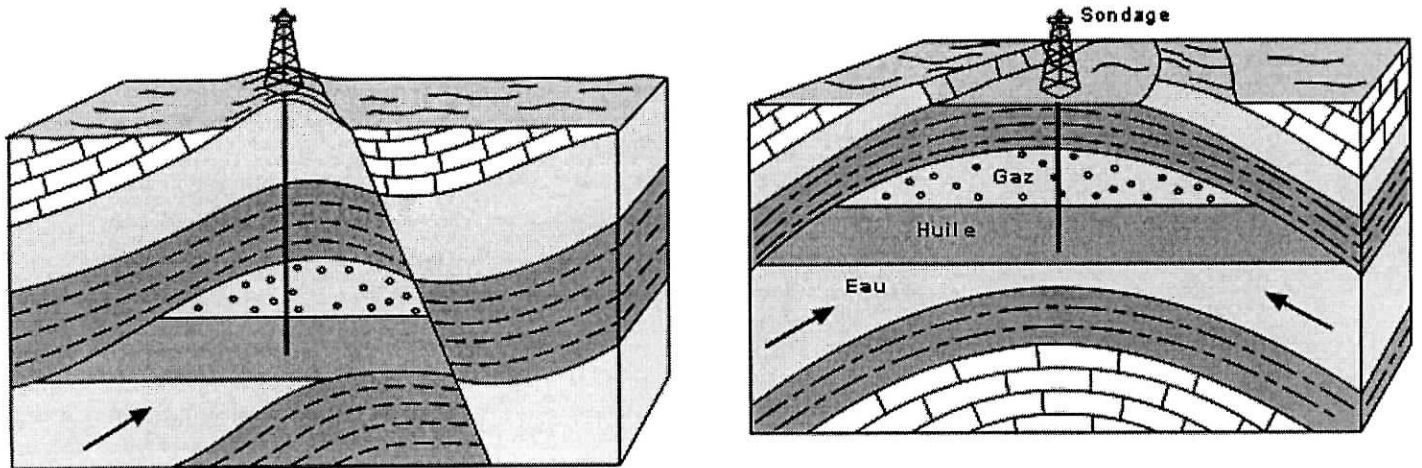


Figure IV.1. PIEGES STRUCTURAUX

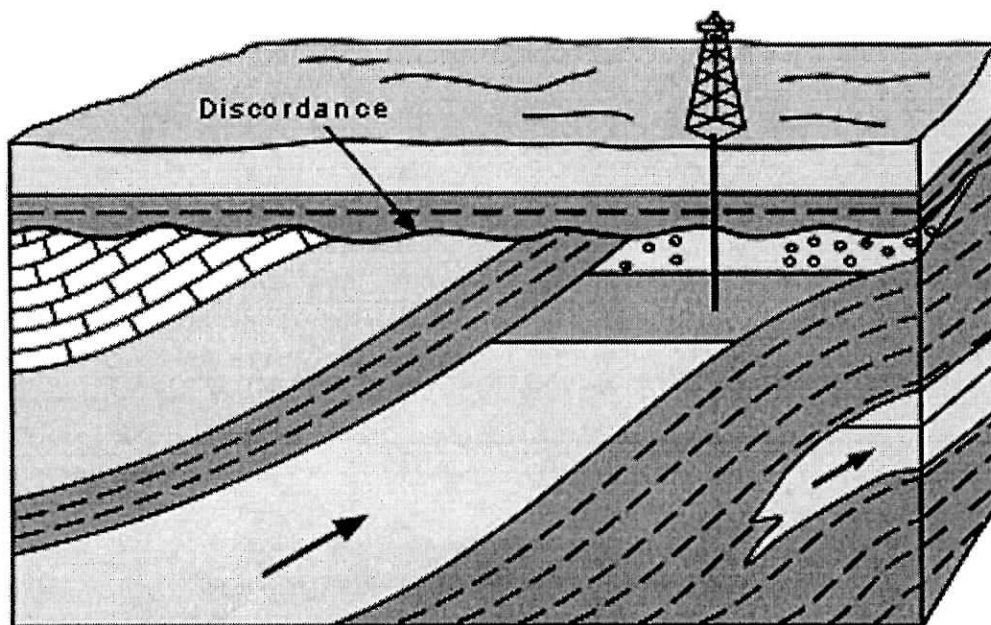


Figure IV.2. PIEGE STRATIGRAPHIQUE

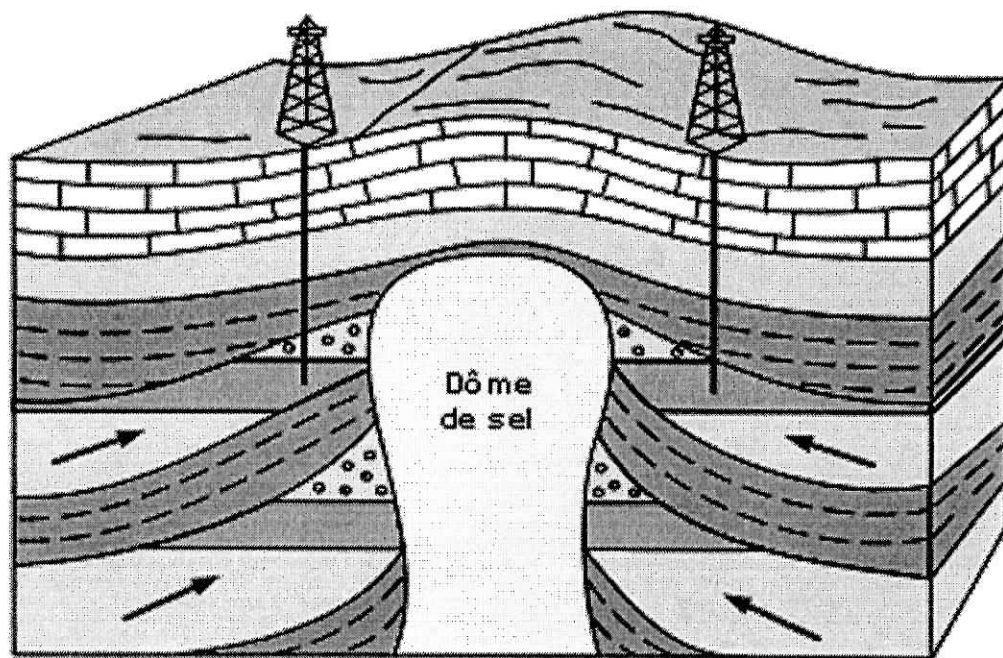


Figure IV.3. PIEGE MIXTE

IV.2. INTERET PETROLIER DANS LA REGION D'ETUDE : (Chelbi 1989 ; Chakhnouski, 1992 ; Ansel et Menia 1996)

La région d'étude est une zone très riche de par son potentiel en hydrocarbures. Elle occupe toute la surface d'AMGUID-MESSAOUD.

IV.2.1. Roche mère

D'après les études faites par TOTAL, en 1981, sur des échantillons argileux du Trias de 22 puits, il s'est avéré que ces niveaux sont relativement pauvres en matières organiques, ce qui conduit à la recherche de la roche mère dans le complexe Paléozoïque.

Le Cambrien grès-quartzitique compact est essentiellement continental et n'aurait pu générer des hydrocarbures. Les régions de développement du Dévonien et du Carbonifère dans la province triasique sont restreintes et malgré la teneur élevée en matière organique ne peuvent assurer une genèse en hydrocarbures considérable.

Le Silurien semble être le niveau principal de genèse car, il est très riche en matière organique et son épaisseur atteint plus de 500m, dans l'axe de OUED MYA.

IV.2.2. Evolution de la roche mère

A partir de **320 Ma** (Carbonifère), les roches mères siluriennes et ordoviciennes, ont subi une importante surrection jusqu'à la fin du Paléozoïque, ce qui correspond à l'orogénèse Hercynienne. Les dépôts sédimentaires Post- Dévoniens ont été érodés.

A partir du Mésozoïque, on remarque une nette subsidence jusqu'à présent, les roches mères ont été portées à des profondeurs de **4000 m**. On note une variation brusque du flux de chaleur après le dépôt des premiers sédimentaires du Trias dû probablement à la phase de distension triasique.

Les études faites dans la région ont prouvé que la génération d'huiles a commencé au Crétacé avec une transformation de **10%** ; la transformation de la matière organique n'a pas cessé jusqu'à présent où on note un taux de transformation de **90 %**.

IV.2.3. ROCHES RESERVOIRS

Constituées essentiellement par des grès et des calcaires, ce sont des roches présentant de nombreux pores reliés entre eux et dans lesquels peuvent circuler et s'accumuler des fluides.

Leurs caractéristiques pétrophysiques s'expriment fondamentalement en termes de porosité et de perméabilité.

Dans la région d'AMGUID MESSAOUD les principaux réservoirs sont constitués par les grès du Cambrien, de l'Ordovicien et du Trias.

a) Les réservoirs du Cambrien

Ils produisent **130 à 450 m³/jour** dans les régions de : ZOTTI, EL AGREB et EL GASSI, avec une porosité moyenne de **9,5 %** et des perméabilités variant de **82 à 160 md**

b) Les réservoirs de l'Ordovicien

Ils constituent de bons objectifs sur la périphérie du dôme de HASSI MESSAOUD où, ils forment des biseaux par troncature.

c) Les réservoirs triasiques (série inférieure, trias T1-T2)

Ces réservoirs constituent l'objectif pétrolier le plus important, du moins la série inférieure qui repose dans certaines régions directement sur la roche mère Silurienne.

❖ Réservoir de la série inférieure

Des études, ont été faites et établies par diverses entreprises au niveau du Trias inférieur, ont montré qu'un axe SW-NE dans le permis TOUGOURT, passant de 0 m à RMK- 1 et RDC- 3 à plus de 40 m à BRS- 1. On note également un axe SW-NE au nord du bassin OUED MYA dont les épaisseurs varient de 60 m au Sud- Ouest de DRT-1, à plus de 100 m vers GD-1 bis au Nord- Est.

Le résultat pétrolier le plus encourageant pour ce réservoir, au niveau du secteur d'étude ainsi que dans les zones avoisinantes, est celui de RDC-1 (situé dans le permis de OUED EL MARAA) où le débit est de 26.89 m³/h d'huile.

❖ Réservoir T1-T2

Ce réservoir montre des épaisseurs irrégulières dans la région allant de 10 m sur le môle de HASSI MESSAOUD à 100 m au Nord- Est de ce dernier. Au Nord du bassin de OUED MYA les épaisseurs varient de 30 m à 120 m.

On cite comme exemple, le puits BRS-1, situé au nord du permis TOUGOURT, qui est productif dans le Trias T1 avec un débit 6 m³/h .

IV.2.4. ROCHE COUVERTURE

Elle fait obstacle au déplacement des hydrocarbures perpendiculairement aux strates et s'oppose à leurs migration une fois piégés.

En générale, dans la région étudiée, les formations salifères du Trias et du Lias, les argiles du Lias et les roches volcaniques, quand elles existent, assurent une bonne couverture pour les réservoirs : série inférieure et Trias T1-T2.

IV.2.5. LA MIGRATION DES HYDROCARBURES

Le cheminement des hydrocarbures de la roche mère, où il sont générés, jusqu'au piège où ils vont être accumulés est assez complexe, ce cheminement est conditionné par un certain nombre de facteurs.

Leur expulsion hors de la roche mère, ou migration primaire, exige l'apparition d'un écoulement diphasique (eau- huile). Pour cela, il est nécessaire que la saturation en hydrocarbures dans le volume poreux dépasse un certain seuil, au-delà duquel cette deuxième phase puisse s'écouler, ce seuil n'a en définitif, atteint qu'un degré de maturation situé bien après le début de la phase à l'huile. La saturation en hydrocarbure, dans la roche mère constitue le moteur de leur expulsion.

La migration secondaire vers le réservoir est, quand à elle, régie par la compaction provoquée par la charge des sédiments et dont le seul mode significatif est l'écoulement de l'eau et des hydrocarbures en phase séparée. Dans ce sens, les périodes de migration dans la région étudiée, se situent au début du Crétacé.

IV.2.6. LES PIEGES

Dans la région d'étude les pièges que l'on peut trouver sont de type :

- structuraux ,
- stratigraphique,
- mixtes.

Les pièges les plus reconnus au niveau d'AMGUID MESSAOUD jusqu'à présent sont de type stratigraphique et structuraux.

IV.2.7. ROLE ET INFLUENCE DES ROCHES VOLCANIQUES

a) Rôle et influence des roches volcaniques dans le piégeage des hydrocarbures

Il est très important de connaître le type de roches éruptives rencontrées dans les sondages ou décelées par la sismique.

Il peut s'agir :

- Soit d'un épanchement en surface, ou sous une faible tranche d'eau donnant des roches effusives.
- Soit d'une cristallisation du magma à l'intérieur des sédiments formant ainsi des roches intrusives.

Connaître ces deux types va nous être d'un grand intérêt pour estimer le rôle et la contribution de ces roches dans la structuration et par conséquent dans le piégeage des hydrocarbures. L'influence de chaque type peut se traduire de la façon suivante :

Lorsqu'il s'agit d'une coulée en surface ou d'une «extrusion», on n'aura aucune influence sur la structuration des séries sus-jacentes et sous-jacentes; cette éruption se comporte comme étant une couche sédimentaire à extension limitée dans l'espace. Le rôle que va jouer cette roche dans ce cas sera celui de bonne couverture à cause de son caractère compact et imperméable .

Par contre lorsqu'on a affaire à une intrusion de type laccolithe qui présente plus d'intérêt, elle peut être à l'origine de la formation des structures par bombement des couches sus-jacentes et par conséquent le rôle dans le piégeage des hydrocarbures n'est pas négligeable dans ce cas.

b) Rôle et influence des roches volcaniques sur les roches mères

Le degré et la vitesse de maturation de la matière organique, ainsi que la genèse et la migration des hydrocarbures, peuvent être contrôlés par l'augmentation du flux thermique, c'est le cas de notre région, où certains forages montrent que les roches volcaniques reposent directement sur la roche mère Silurienne cas des puits GRD-1et RDC-2 (figure IV- 4).

c) Rôle et influence des roches volcaniques sur les roches de couvertures

Les roches volcaniques en cristallisant acquièrent une structure dure et compacte qui leur confère un aspect étanche, c'est pourquoi on considère que les roches volcaniques du Trias constituent au-delà de **150 m** une couverture effective quand elle ne sont pas excessivement fracturées.

Plusieurs réservoirs d'hydrocarbures en Algérie sont scellés par ces roches, c'est le cas des réservoirs du Trias de la série inférieure des puits ZLA-1,TKT-1 et ORS-1 (figure IV-5).

D'autre part, la faible épaisseur des roches volcaniques, permet le passage des sels dissous vers la série inférieure, dans ce cas le rôle de roche couverture n'est pas assuré (figure IV- 6), ainsi la fracturation de ces roches volcaniques peut favoriser la migration des hydrocarbures.

Figure : III-5

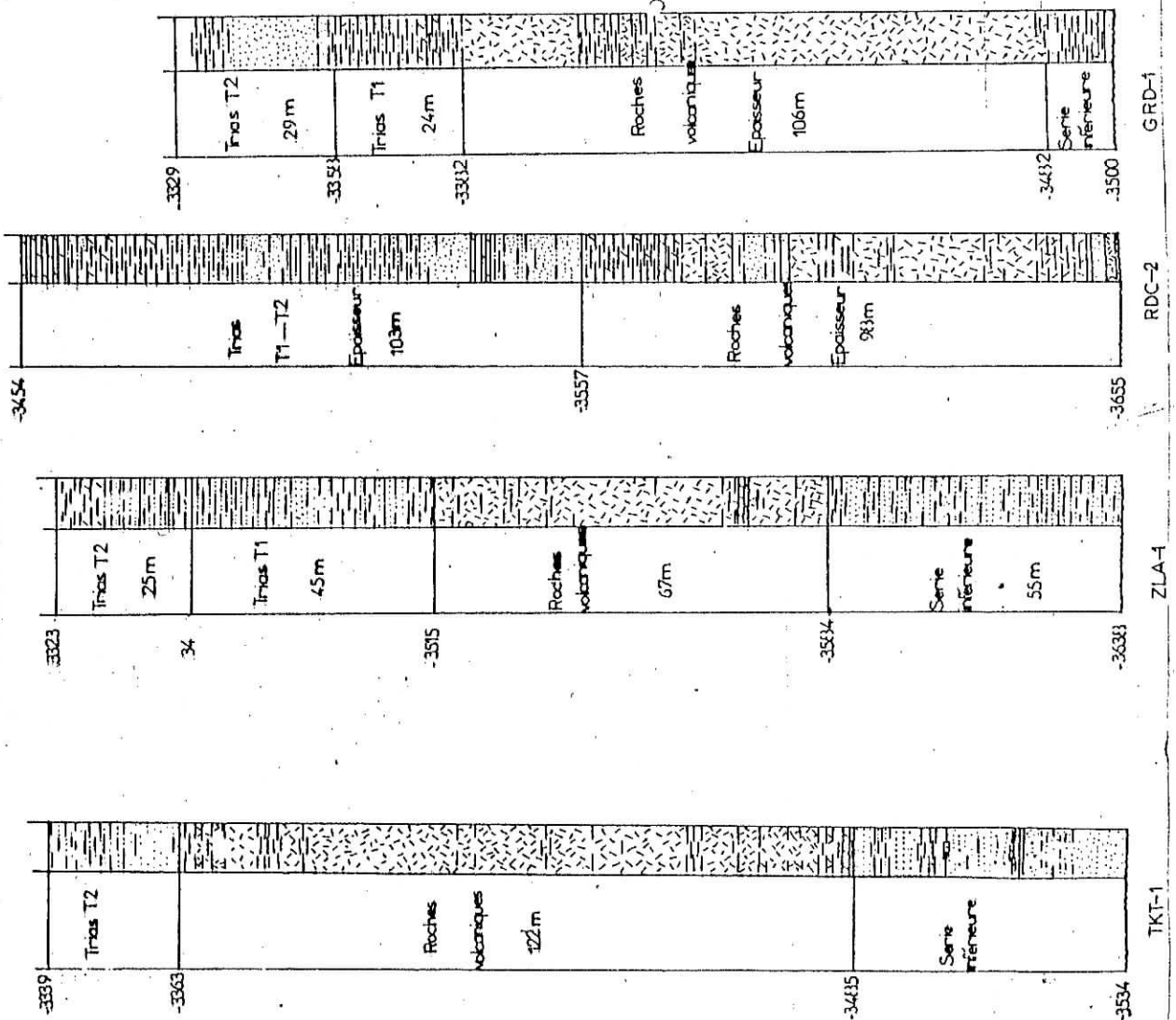
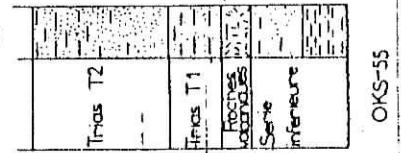


Figure III-6



CONCLUSION GENERALE

- Les roches magmatiques de la région de Hassi Messaoud sont localisées essentiellement au sein des formations cambro-ordoviciennes et triasiques.
- Dans la région centrale du dôme de Hassi Messaoud, on note uniquement la présence des roches au sein du Cambrien. Dans les régions périphériques du dôme, les formations magmatiques se développent au sein du Trias et peuvent présenter une épaisseur considérable. On note aussi la présence isolée de ces roches au sein de l'Ordovicien .
- Les études pétrographique, géochimique et géochronologique de ces roches, caractérisées par une forte altération, sont difficiles à réaliser et surtout à interpréter. Ainsi le problème de la nature de ces roches (dolérite, basalte, spilite), de leur affinité géochimique (basalte alcalin ou tholéiitique), et de leur âge (triasique inférieur comme le suggère leur position dans la série triasique, ou triasico-liasique comme le reste des roches magmatiques du Sahara occidental) reste posée.
- Les cartes en isopaques et les coupes géologiques réalisées nous ont permis de connaître la distribution et de suivre l'évolution des formations magmatiques dans la région de Hassi Messaoud et de sa périphérie.
- Les formations magmatiques de la série supérieure du trias ne sont présentes que dans la partie Sud-Est de la région d'étude, et présentent la forme d'un corps allongé suivant la direction NE-SW correspondant à la présence d'une importante faille NE-SW.
- Les formations magmatiques de la série inférieure ceinturent la partie centrale du dôme de Hassi Messaoud où ces formations sont absentes. Une importante concentration de ces formations est observée dans la partie occidentale de la région, suivant une direction NE-SW, suggérant aussi la présence d'une faille selon cette direction. Une autre maximum d'épaisseur est visible dans la partie Nord-Est de la région.
- Les formations du Cambro-Ordovicien sont localisées principalement à la périphérie Nord-Ouest et Sud-Ouest du dôme de Hassi Messaoud, avec la présence de zones isolées au Nord-Est, à l'Est et dans la partie centrale du dôme.
- Enfin, la présence de ces formations magmatiques peut avoir une grande influence sur le potentiel en hydrocarbures de la région.

BIBLIOGRAPHIE

ALIEV, M., AÏT LAOUSSINE, N., AVROV, V., ALEKSINE, G., BAROULINE, G., LAKOVLEV, B., KORJ, M., KOUVYKINE, J., MAKAROV, V., MAZANOV, V., MEDVEDEV, E., MKRTCHIANE, O., MOUSTAFINOV, R., ORIEV, L., OROUDJEVA, D., OULMI, M., SAÏD, A., 1971. Structures géologiques et perspectives en pétrole et en gaz du Sahara algérien. *Altamira-Rotopress, S.A., Madrid, Espagne, 275 p.*

ASKRI, H., BELMECHERI, A., BENRABAH, B., BOUDJEMA, A., BOUMENDJEL, K., DAOUDI, M., DOCCA, A.M., DRID, M., GHALEM, T., GHANDRICHE, H., GHOMARI, A., GUELLATI, N., KHENNOUS, M., LOUNICI, R., NAILI, H., TAKHERIST, D., TERKMANI, M., 1995. Géologie de l'Algérie. *In : WEC Algérie, Schlumberger (Eds.), 1-93.*

ANSEL ET MENIA (1996)

Nouvelle interprétation structurale et répartition des roches volcaniques du trias au Nord du MOLE de HASSI MESSAOUD ; incidence sur le réservoir pétrolier (*MEM, ING, IST/ USTHB*).

BEN DJEMAA.A; HADDAD.S; MEDJOU.D (1994)

Rapport de synthèse : Evolution structurale de la depression d'oued mya et étude de la subsidence tectonique, (*Rapport interne SH/EXP*).

BEUF ET AL (1971)

Les grès du paléozoïque du inférieur du Sahara (*IFP. Ed . Technip*).

BERGMAN, S.C., TALBOT, J., 1990. Basaltic rock geochronology and petrography, wells DJH-1 and HLJ-1. *In : AIOGC/R&TS Exploration Research Technical Service Report TSR 90- 0111.*

BOSSIERE, G., 1972. Les roches éruptives du champ d'Haoud Berkaoui et l'importance du volcanisme Permo-Triasique dans l'espace nord Saharien. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 62, fas ½, 47-54.*

BOUDJEMA, A., 1987. Evolution structurale du bassin pétrolier « Triasique » du Sahara Nord Oriental (Algérie). *Thèse de Doctorat en Sciences, Paris XI-Orsay, 290 p.*

BUSSON, G., 1970. Le Mésozoïque saharien. 2^{ème} partie : essai de synthèse des données des sondages algéro-tunisiens. Tome I. *Editions CNRS, Paris, 340 p.*

CHAKHNOUSKI.I (1992)

Structure géologique et intérêt pétrolier du Sahara, Algeria (*Rapport interne SH/EXP*).

CHELBI (1989)

Synthèse des données sur le trias argilo- gréseux au Nord et Sud- Ouest de HASSI- MESSAOUD, (*Rapport interne SH/EXP*).

ECHIKH, K., 1975. Géologie des provinces pétrolifères de l'Algérie. *SNED, Alger, 173 p.*

FABRE, J., 1976. Introduction à la géologie du Sahara algérien. *SNED, Alger, 422 p.*

FILALI, M., SEBAI, A., BENRABAH, B., 2002. Le volcanisme de la province triasique : critères pétrographiques et géochimiques. *In : First conference on geology, geophysical exploration and reservoir engineering, GexploRE'2002. Boumerdes. Algeria.*

GUILLEMOT.J (1994)

Cours de géologie du pétrole, (*IST français du pétrole*)

HAROUCHE.N (1987)

étude des roches dans les régions d'illizi, el biod « Inventaire- nature- âge et rôle dans le piégeage des hydrocarbures », (*RAPPORT INTERNE SH/EXP*).

JACQUEMONT, P., 1971. Les dolérites du Paléozoïque saharien. *Rapport inédit, Exploration, Sonatrach, 22 p.*

JUNG.J ; BROUSSE .R (1959)

Classification modale des roches éruptives (*Rapport interne SH/EXP*).

KAMEL.A (1999)

Individualisation et évolution paléostratigraphique du mole d'HARA, ses effets sur le piégeage des hydrocarbures (*MEM, ING, INS/USTHB*).

LEGRAND, Ph., 1985. Lower Palaeozoic rocks of Algeria. *In C.H. Holland (ed.) : Lower Palaeozoic of north-western and west central Africa. Pp. 6-89.*

MORRE N., LAUDE, A.M., 1966. Sur la nature des laves d'un sondage de la région de Hassi-Messaoud. *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 4, 149-150.

Rapports fin de sondages

SHAHIDUL K., COSKUN B., 1980. Study of the eruptive rocks of north oriental Sahara. *Rapport inédit, Sonatrach Exploration*, 62 p.

ملخص :

تم اكتشاف الكثير من الصخور النارية اثر عمليات البحث و التنقيب في منطقة حاسي مسعود و ضواحيها. هذه الصخور هي عبارة عن صخور البازلت, الدوليريت و السبيليت. خرائط و مقاطع جيولوجية تم إنجازها لهدف معرفة مدى انتشار و تطور هذه الصخور في المنطقة. وأخيرا, تم التطرق إلى تأثير هذه الصخور على الموارد الباطنية كالبتروول في حاسي مسعود.

كلمات المفاتيح: الصخور النارية- حاسي مسعود- البازلت- الدوليريت- السبيليت- خرائط- مقاطع جيولوجية.

Résumé :

D'importantes roches magmatiques ont été mises en évidence dans les sondages de la région de Hassi Messaoud et de sa périphérie. Ces roches sont des basaltes, des dolérites et des spélites.

Des cartes en isopaque et des coupes géologiques ont été réalisées dans le but de connaître la distribution et de suivre l'évolution des formations magmatiques dans la région.

Enfin, l'influence de ces formations magmatiques sur le potentiel en hydrocarbures a été abordé dans ce travail.

Mots clés: Roches magmatiques- Hassi Messaoud- Basaltes- Dolérites- Spélites- Cartes en isopaque- Coupes géologiques.

Abstract:

The Hassi Messaoud dome and adjacent area contain several extensive magmatic rocks. Among these rocks, we have: basalt, dolerit and spelit.

The computer generated isopach maps and geological cuts done show the distribution and the evolution of the magmatic formation in this area.

Finally, the consequences of this magmatic formations on the hydrocarbon potential of the study area was discussed in this work.

Key words : Magmatic rocks- Hassi Messaoud- Basalt- Dolerit- Spelit- Isopach maps- Geological cuts.

ANNEXES

ANNEXE I : Inventaire des roches éruptives dans la région d'étude [d'après rapport de fin de sondage].

Sondages	Localisation	P (m)	E (m)	Description
MD-201	Hassi Messaoud	3572 à 3595	23	Roche éruptive très altérée (spilite) dans la partie inférieure des argiles d'El Gassi du Trémadoc supérieur .
MD 13	Hassi Messaoud	3422 à 3442	20	Ce sondage a été arrêté dans une trachyte sodique fluidale après 20 m. La structure de la roche fait penser à des dépôts extrusifs ou des coulées en milieu aérien contemporains de la sédimentation des grès de faciès R2
MD 21	Hassi Messaoud	3500 à 3600	100	Dans la partie inférieure du Ra, R2 et R3, il existe de nombreuses (onze) coulées d'andésites de quelques décimètre à 1,5m d'épaisseur. Elles sont très altérées pratiquement transformées en argiles, très carbonatées et chloritisées. La structure est fluidale, les phénocristaux très transformés pouvant être d'anciens cristaux soit de feldspaths soit de pyroxènes .
MD 27	Hassi Messaoud	3731 à 3754	25	Sill dans des quartzites du Ra du Cambrien moyen : dolérite altérée. 3886–3888 (2m) dans le R2 : verre à fantômes de feldspaths.
MD 29	Hassi Messaoud	3421.5 à 3422	0.5	Dans le R2 fragment de roche d'épanchement altéré (ou simplement salification et corrosion).
MD 43	Hassi Messaoud	3386 à 3427	41	(L'intervalle n'est pas doléritique en entier) dans les quartzites du Cambrien moyen. A 3394 m dolérite peu altérée.
MD 10	Hassi Messaoud	3316.5	-	Verre à fantôme de feldspaths (idem que MD 27).
MD17	Hassi Messaoud	3391 à 3392 3402 à 3405	1 3	Grès à ciment de cendre volcanique à plage de bulles devenant ensuite kaolinitique .
B1	Rhourde El Baguel	2146 à 2165	19	(mais pas entièrement sur les 19m) dans les argiles d'El Gassi et les grès d'El Achane du trémadoc supérieur –Arenig inférieur.
EDJ-1	Permis erg djouad .	-	-	Sondage ne présentant pas de roche éruptives.

P : Profondeur en mètres. E : Epaisseur en mètres

HME-1	Hassi – hamiane	3691 à 3766.5	75.5	Roches éruptives gris-brun parfois gris-sombre à vert-sombre, dures, compactes à minéraux vert (olivine) avec inclusion de nodules et de veinules de calcite et rares passées d'argiles brun rouge, indurée, silteuse, compactes. Présence de fissures sub-verticales fermées.
HRB-1	Hassi Rebaia	3748 à 3834	86	Roches éruptives brun-rouge, parfois gris foncé à vert à vert sombre, dures, compactes, avec des nodules d'argile brun-rouge et inclusions de calcite et de rares passées d'argiles brun-rouge, indurée, silteuse, légèrement dolomitique.
ZLA-1	Zidane Lakhdar	3659 à 3731	72	Roches éruptives vertes sombres, gris noir, parfois brun-foncées rarement vert-claire, dures, compactes avec des inclusions de calcite et de chlorite. Passées d'argile et de dolomie à la base.
DKR-1	Kokhara	-	-	Sondage ne présentant pas de roche éruptives.
HTFN-1	Permis Hassi Dzabate	3292 à 3314	22	Roches éruptives gris-brun et gris vert parfois violacée, altérées et inclusions de minéraux verts parfois blancs. Présence de débris noire.
HTF-1	Hassi-Terfa-1 -Hassi Dzabate	3252 à 3304	52	Roches éruptives gris-brun et gris vert avec abondance de minéraux verts. Intercalations d'argile brun-rouge à brune, rarement gris vert, fortement silteuse.
DADW-1	Permis touggourt	-	-	Sondage ne présentant pas de roche éruptives.
HBR-1bis	Permis Hassi Brahim	-	-	Sondage ne présentant pas de roches éruptives.
FLD-1	Fort Lallement	-	-	Sondage ne présentant pas de roches éruptives.
HMJ-1	Hassi Dzabatte	3378,5 à 3408 3538 à 3557	39,5 -19	Roches éruptives gris-brun à gris-verdatre ,altéré,tendre,riche en minéraux vert, Localement dure.Présence de plages carbonatées de 3359-3368m . Niveaux d'argile silteuse à la base. A 3538-3557m roche éruptives gris vert à vert foncée compact, dure à la base ,altéré au sommet renfermant : des minéraux vert ,des veines de silice et des fragments de quartzites.
GRS-1	Garet Nous-1	3353 à 3417	64	Roche éruptives gris-brun à gris verdâtre à éléments verdâtres , moyennement consolidée Niveaux d'argile brun-rouge indurée ,présence de calcite . Au niveaux de l'ordovicien on trouve : roches éruptives gris-vert à blanche bien consolidée (au sommet) Au niveaux du cambrien (Ri) ,roches éruptives ,gris noir à noir , à minéraux verts , bien consolidée.

P : Profondeur en mètres. E : Epaisseur en mètres

HDZ-2	Hassi Dzabatte	3152.5 à 3193	40,5	Roches éruptives gris-brun et gris-vert altérées avec minéraux verts, compactes, dures. Intercalation d'argile gris-vert et brune – rouge et brune, silto-sableuse, tendre à indurées. Passées de grès blanc très fin, argilo-siliceux et moyen grossier siliceux.
BKHE-1	El H'zaid	-	-	Sondage ne présentant pas de roches éruptives.
GEB-1	Garet El Bouib	-	-	Sondage ne présentant pas de roches éruptives
HLL-1	Hassi Leila	-	-	Sondage ne présentant pas de roches éruptives
DJE-1	Erg El Agreb	-	-	Sondage ne présentant pas de roches éruptives
ZTS-1	Permis Zotti-Est	-	-	Sondage ne présentant pas de roches éruptives
MDR-3bis	Messdar	3267 à 3315 et 3415 à 3444	- -	Ce sondage a traversé deux couches d'éruptives la première c'est l'éruptif supérieur décrite comme suit : diabase gris-vert, très sombre, moucheté de brun rouille présence de quelques passages d'argile rouge-brun plus au moins indurée, silteuse à très silteuse. La deuxième couche est l'éruptif inférieur : alternance de roches éruptives (diabase grise, fortement mouchetée de brun-violet) aspect pâteux, nombreux minéraux verts et argile indurée silteuse, brun-rouge, rarement anhydritique avec passées de grès blanc translucide.
GLA-1	Guellala	3427 à 3570	-	Roches éruptives recoupées par cinq niveaux principaux argilo-ferrugineux.
RDC-4	Rhourde chegga	3732 à 3786	54	Roches éruptives de couleur sombre à gris verdâtre à inclusion de calcite.
Omn-17	Oued Mya	3320 à 3387	67	Sondage ne présentant pas de roches éruptives.
OL-1	Garet ben chentir	3406 à 3486	80	Roches éruptives de couleur gris clair à brun sombre.
Omn-13	Oued Mya	3333 à 3387	31	Roches éruptives de couleur gris clair à brun sombre.
Omn-75	Oued Mya	3334 à 3389	55	Roches éruptives de couleur vert foncé à gris sombre.
MDR-4	Messdar	3117 à 3260 3260 à 3295	- -	-l'éruptif supérieur : diabase gris-vert, sombre à nombreux fragments de quartz amorph et de fines veinules d'anhydrite blanche, avec intercalation d'argile brun-rouge induré finement silteuse, métamorphisée et quelques niveaux de dolomies calcaire blanchâtre. L'éruptif inférieur : alternance de roches éruptives vertes à prédominance brunâtre, d'argile rouge-brique, légèrement silteuse à fragments de quartz roulés, sub-arrondis, avec présence de chlorite dans les diabases.
FES-1	Feidjet Essefar	2985 à 3025	30	Ce sondage a rencontré des roches éruptives dans le trias argilo-carbonaté.

P : Profondeur en mètres. E : Epaisseur en mètres

ANNEXE II : Inventaire de l'ensemble des sondages ayant traversés les roches éruptives du Trias de la série supérieure de la région d'étude.

Puits	X	Y	Côte du toit	Côte du mur	E (m)	Couche sous-jacente	Couche sus-jacente
DRN2	876687,14	51664,27			30	Argilo-Carbonaté	TAGS
MDR W1	888955,00	71645,00	2958	2989	31	//	//
MDR 3BIS	893710,00	71145,00	2990	3095	49	//	//
MDR7	889549,49	73275,68	2870	2926	56	//	//
MDR 4	890850,00	75170,00	2945	3003	58	//	//
MDR 2	890504,00	75716,00	2879	2939	60	//	//
MDR8	890680,00	72580,00	2905	2968	62,5	//	//
FESN-1	881025,10	57687,07	3110.2	3172.7	62,5	//	//
MDR12	889925,57	71548,17	2914	2977	63	//	//
MDR10	891579,66	73149,10	2945	3013	68	//	//
MDR14	891099,07	71800,44	2928.5	2997	68,5	//	//
MDR 5	890650,00	73750,00	2899	2951	52	//	//
MDR 4BIS	890100,00	75170,00	2976	3029	53	//	//

P : Profondeur en mètres. E : Epaisseur en mètres

ANNEXE III : Inventaire de l'ensemble des sondages ayant traversés les roches éruptives du Trias de la série inférieure de la région d'étude.

Puits	X	Y	E (m)	Côte du toit	Côte du mur	Couche sous- jacente	Couche sus- jacente
MD6	801141,00	121168,62	6	3157	3163	Ordovicien	Trias argileux
MD20	796238,00	123324,00	43	3123	3166	Ordovicien	Trias argileux
MD21	806217,00	118818,00	50	3176	3226	Ordovicien	Trias argileux
MD23	806313,51	113986,77	25	3189	3214	Ordovicien	Trias argileux
MD34	807996,00	121857,00	9	3144	3153	Ordovicien	Trias argileux
MD38	811181,00	108687,00	26	3210	3236	Ordovicien	Trias argileux
MD40	802983,00	117043,00	19	3159	3178	Ordovicien	Trias argileux
MD51	793780,82	126228,76	15	3150	3165	Ordovicien	Trias argileux
MD52	798497,57	126596,92	34	3123	3157	Ordovicien	Trias argileux
MD55	816248,80	121271,58	1	3184	3185	Ordovicien	Trias argileux
MD64	801347,00	118722,00	22	3158	3180	Ordovicien	Trias argileux
MD72	798826,00	123720,00	9	3112	3121	Ordovicien	Trias argileux
MD76	830000,00	127500,00	33	3298	3331	Ordovicien	Trias argileux
MD83	798741,00	121256,00	20	3153	3173	Ordovicien	Trias argileux
MD103	831500,00	129100,00	54	3266	3320	Ordovicien	Trias argileux
MD106	809998,00	123749,00	21	3145	3166	Ordovicien	Trias argileux
MD116	830069,00	123261,00	16	3299	3315	Ordovicien	Trias argileux
MD127	833099,00	128720,00	14	3237	3251	Ordovicien	Trias argileux
MD145	794998,00	126252,00	58	3146	3204	Ordovicien	Trias argileux
MD150	800067,00	127467,00	19	3149	3168	Ordovicien	Trias argileux
MD153	799992,00	120024,00	18	3145	3163	Ordovicien	Trias argileux
MD155	807396,00	112504,00	19	3202	3221	Ordovicien	Trias argileux
MD162	807468,00	123698,00	8	3174	3182	Ordovicien	Trias argileux
MD170	796251,00	124998,00	36	3137	3173	Ordovicien	Trias argileux
MD175	794998,00	127501,00	77	3147	3224	Ordovicien	Trias argileux
MD181	801252,00	120001,00	19	3156	3175	Ordovicien	Trias argileux
MD187	810001,13	113753,92	77	3184	3261	Ordovicien	Trias argileux
MD199	796209,24	123771,10	25	3144	3169	Ordovicien	Trias argileux
MD201	784235,00	128660,00	77	3236	3313	Ordovicien	Trias argileux
MD209B	836246,37	130060,81	16	3276	3292	Ordovicien	Trias argileux
MD211	838754,00	128748,60	18	3298	3316	Ordovicien	Trias argileux
MD213	837455,50	127469,00	3	3278	3281	Ordovicien	Trias argileux
MD214	795951,70	125545,40	35	3138	3173	Ordovicien	Trias argileux
MD219	817498,50	115000,45	28	3203	3231	Ordovicien	Trias argileux
MD224	815000,00	113700,25	56	3202	3258	Ordovicien	Trias argileux
MD228	817501,68	113751,67	44	3232	3276	Ordovicien	Trias argileux
MD235	833749,00	123750,00	19	3254	3273	Ordovicien	Trias argileux
MD237	793749,26	123750,92	28	3162	3190	Ordovicien	Trias argileux
MD242	795000,20	122501,32	43	3152	3195	Ordovicien	Trias argileux
MD243	794999,87	128749,84	39	3152	3191	Ordovicien	Trias argileux
MD249	795000,82	123377,46	20	3148	3168	Ordovicien	Trias argileux

P : Profondeur en mètres. E : Epaisseur en mètres

MD251	799999,55	118750,35	39	3157	3196	Ordovicien	Trias argileux
MD252	793752,39	122498,78	41	3166	3207	Ordovicien	Trias argileux
MD257	793749,45	124999,83	69	3148	3217	Ordovicien	Trias argileux
MD263	793750,75	127500,16	48	3167	3215	Ordovicien	Trias argileux
MD264	799374,63	117498,80	24	3154	3178	Ordovicien	Trias argileux
MD272	814248,57	119999,44	39	3169	3208	Ordovicien	Trias argileux
MD274	808831,14	115402,02	4	3168	3172	Ordovicien	Trias argileux
MD277	796500,10	121999,63	28	3130	3158	Ordovicien	Trias argileux
MD279	808249,37	112751,75	23	3191	3214	Ordovicien	Trias argileux
MD283	831874,88	127998,55	19	3267	3286	Ordovicien	Trias argileux
MD286	798900,13	118498,41	25	3159	3184	Ordovicien	Trias argileux
MD292	805399,33	129600,34	17	3106	3123	Ordovicien	Trias argileux
MD295	800551,66	117847,87	13	3150	3163	Ordovicien	Trias argileux
MD299	795000,63	121499,61	20	3145	3165	Ordovicien	Trias argileux
MD300	805400,24	121699,95	39	3151	3190	Ordovicien	Trias argileux
MD303	803998,15	122501,43	67	3163	3230	Ordovicien	Trias argileux
MD305	800149,09	116851,01	31	3155	3186	Ordovicien	Trias argileux
MD307	807049,19	113497,89	11	3209	3220	Ordovicien	Trias argileux
MD310	794600,26	125249,80	53	3145	3198	Ordovicien	Trias argileux
MD316	805199,77	115000,68	7	3179	3186	Ordovicien	Trias argileux
MD320	800399,07	121019,66	31	3157	3188	Ordovicien	Trias argileux
MD321	797251,13	124998,04	23	3119	3142	Ordovicien	Trias argileux
MD326	791900,00	125399,68	63	3152	3215	Ordovicien	Trias argileux
MD328	798998,93	120249,33	23	3165	3188	Ordovicien	Trias argileux
MD331	789099,17	119819,66	52	3234	3286	Ordovicien	Trias argileux
MD332B	793051,00	119744,00	71	3164	3235	Ordovicien	Trias argileux
MD333	800698,61	119650,66	12	3151	3163	Ordovicien	Trias argileux
MD334	791250,43	126250,28	13	3174	3187	Ordovicien	Trias argileux
MD335	805099,59	113851,21	35	3187	3222	Ordovicien	Trias argileux
MD336	796874,34	127499,39	24	3133	3157	Ordovicien	Trias argileux
MD337	791250,22	124798,62	36	3168	3204	Ordovicien	Trias argileux
MD338	792100,11	129449,78	39	3170	3209	Ordovicien	Trias argileux
MD341	813549,89	112749,25	26	3207	3233	Ordovicien	Trias argileux
MD343	797535,44	123845,58	20	3121	3141	Ordovicien	Trias argileux
MD344	799832,01	121853,68	5	3168	3173	Ordovicien	Trias argileux
MD346	795878,98	122326,89	34	3145	3179	Ordovicien	Trias argileux
MD348	797649,02	118849,55	46	3180	3226	Ordovicien	Trias argileux
MD349	793250,74	129349,84	35	3165	3200	Ordovicien	Trias argileux
MD350	791450,38	128449,91	27	3186	3213	Ordovicien	Trias argileux
MD354	798349,91	124749,65	39	3110	3149	Ordovicien	Trias argileux
MD361	792948,06	128450,40	53	3188	3241	Ordovicien	Trias argileux
MD364	799111,01	125419,75	10	3126	3136	Ordovicien	Trias argileux
MD369	811550,70	114797,04	33	3198	3231	Ordovicien	Trias argileux
MD374B	798000,64	125680,14	12	3120	3132	Ordovicien	Trias argileux
MD375	797075,45	123174,55	34	3119	3153	Ordovicien	Trias argileux
MD376	801000,12	115699,51	27	3165	3192	Ordovicien	Trias argileux
MD378	800699,50	121789,49	10	3148	3158	Ordovicien	Trias argileux
MD380	811145,84	124975,06	9	3145	3154	Ordovicien	Trias argileux
MD381	792100,16	126550,56	66	3160	3226	Ordovicien	Trias argileux

P : Profondeur en mètres. E : Epaisseur en mètres

MD386	809373,83	114225,05	44	3209	3253	Ordovicien	Trias argileux
MD388	794149,17	126849,79	68	3159	3227	Ordovicien	Trias argileux
MD389	799499,95	121050,56	33	3167	3200	Ordovicien	Trias argileux
MD391	803793,31	127345,98	22	3147	3169	Ordovicien	Trias argileux
MD395	802398,95	115848,74	18	3180	3198	Ordovicien	Trias argileux
MD399	802444,50	116543,35	8	3180	3188	Ordovicien	Trias argileux
MD403	795499,83	129951,81	32	3146	3178	Ordovicien	Trias argileux
MD404	796800,34	124349,06	14	3146	3160	Ordovicien	Trias argileux
MD412	833330,26	129548,72	20	3245	3265	Ordovicien	Trias argileux
MD418	803950,27	115301,15	8	3187	3195	Ordovicien	Trias argileux
MD420	794250,00	123000,17	26	3155	3181	Ordovicien	Trias argileux
MD422	794351,32	124473,92	57	3149	3206	Ordovicien	Trias argileux
MD430	804598,76	116648,03	16	3174	3190	Ordovicien	Trias argileux
MD438	794250,69	129400,40	44	3154	3198	Ordovicien	Trias argileux
MD447	801800,12	119399,99	17	3157	3174	Ordovicien	Trias argileux
MD448	830349,97	128750,08	23	3272	3295	Ordovicien	Trias argileux
MD450	834249,08	125950,49	59	3258	3317	Ordovicien	Trias argileux
MD452	802750,23	128351,65	45	3141	3186	Ordovicien	Trias argileux
MD469	835500,00	128400,00	34	3273	3307	Ordovicien	Trias argileux
MD475	794250,00	122151,00	25	3167	3192	Ordovicien	Trias argileux
MD477	793150,00	124500,00	52	3159	3211	Ordovicien	Trias argileux
MD487	834720,52	129230,59	-854	4161	3307	Ordovicien	Trias argileux
MD495	794550,08	123800,66	11	3159	3170	Ordovicien	Trias argileux
MD496	800600,04	120400,18	15	3164	3179	Ordovicien	Trias argileux
MDZ535	810891,45	117148,86	1	3174	3175	Ordovicien	Trias argileux
MDZ536	791250,12	123104,98	17	3156	3173	Ordovicien	Trias argileux
MDZ538	809584,98	123703,92	10	3141	3151	Ordovicien	Trias argileux
OMG33	813605,00	153704,00	80	3289	3369	Ordovicien	Trias argileux
OMG57	816310,00	158815,00	51	3319	3370	Ordovicien	Trias argileux
OMJ24	802491,40	145003,12	33	3205	3238	Ordovicien	Trias argileux
OMJ41	804761,13	141298,40	29	3185	3214	Ordovicien	Trias argileux
OMJ53	806188,00	143720,00	5	3186	3191	Ordovicien	Trias argileux
OMJ223	802392,10	143319,62	12	3194	3206	Ordovicien	Trias argileux
OMJ313	803780,09	141843,01	71	3177	3248	Ordovicien	Trias argileux
OMJ422	804399,62	142849,72	14	3172	3186	Ordovicien	Trias argileux
OMJ433	804790,86	143889,34	24	3175	3199	Ordovicien	Trias argileux
OMJ722	808249,28	143249,69	27	3167	3194	Ordovicien	Trias argileux
OMK12	811192,70	142611,00	1	3174	3175	Ordovicien	Trias argileux
OMK122	810450,40	143499,13	29	3162	3191	Ordovicien	Trias argileux
OMK131	810099,04	144100,22	33	3164	3197	Ordovicien	Trias argileux
OML76	828674,20	147328,70	6	3217	3223	Ordovicien	Trias argileux
OML77	828749,40	148751,20	31	3197	3228	Ordovicien	Trias argileux
OML84	829503,70	144919,20	9	3228	3237	Ordovicien	Trias argileux
OML85	829806,60	146342,70	16	3238	3254	Ordovicien	Trias argileux
OML843	829850,03	145650,18	6	3233	3239	Ordovicien	Trias argileux
OMM21	792499,68	131249,83	62	3171	3233	Ordovicien	Trias argileux
OMM22	792399,42	132541,02	34	3199	3233	Ordovicien	Trias argileux
OMM30	793749,69	130249,93	49	3168	3217	Ordovicien	Trias argileux
OMM31	793641,27	131353,06	57	3164	3221	Ordovicien	Trias argileux

P : Profondeur en mètres. E : Epaisseur en mètres

OMM32	793949,46	132299,09	62	3174	3236	Ordovicien	Trias argileux
OMM33	794001,23	133601,53	58	3170	3228	Ordovicien	Trias argileux
OMM40	794700,72	130149,47	39	3159	3198	Ordovicien	Trias argileux
OMM41	794800,69	131249,88	43	3168	3211	Ordovicien	Trias argileux
OMM50	796042,80	130059,91	26	3139	3165	Ordovicien	Trias argileux
OMM51	796250,48	131251,18	25	3179	3204	Ordovicien	Trias argileux
OMM54	796400,57	134850,74	24	3178	3202	Ordovicien	Trias argileux
OMM62	797533,97	132563,32	10	3160	3170	Ordovicien	Trias argileux
OMM66	797500,38	137499,36	22	3202	3224	Ordovicien	Trias argileux
OMM67	797498,91	138751,48	25	3198	3223	Ordovicien	Trias argileux
OMM72	798785,30	132472,00	53	3155	3208	Ordovicien	Trias argileux
OMM75	798748,72	136250,35	4	3171	3175	Ordovicien	Trias argileux
OMM80	799506,40	130307,50	29	3148	3177	Ordovicien	Trias argileux
OMMZ212	792068,00	132180,00	43	3178	3221	Ordovicien	Trias argileux
OMM202	791699,37	130351,14	52	3179	3231	Ordovicien	Trias argileux
OMM302	792800,03	130450,94	53	3169	3222	Ordovicien	Trias argileux
OMM413	795063,39	132083,96	56	3165	3221	Ordovicien	Trias argileux
OMM422	794450,01	133050,12	56	3174	3230	Ordovicien	Trias argileux
OMM502	795498,61	130799,58	43	3152	3195	Ordovicien	Trias argileux
OMM502B	795451,00	130850,00	23	3165	3188	Ordovicien	Trias argileux
OMM503	796549,70	130601,00	14	3160	3174	Ordovicien	Trias argileux
OMM512	795851,59	131800,64	29	3178	3207	Ordovicien	Trias argileux
OMM522	795701,76	132812,53	23	3178	3201	Ordovicien	Trias argileux
OMM532	795561,20	134319,97	24	3183	3207	Ordovicien	Trias argileux
OMMZ533	796200,02	134374,33	20	3183	3203	Ordovicien	Trias argileux
OMM542	795846,73	135900,47	76	3188	3264	Ordovicien	Trias argileux
OMM622	796500,44	133498,24	26	3167	3193	Ordovicien	Trias argileux
OMM632	797199,72	134667,33	21	3176	3197	Ordovicien	Trias argileux
OMM643	797400,25	135850,21	54	3182	3236	Ordovicien	Trias argileux
OMM652	796400,55	136904,03	33	3192	3225	Ordovicien	Trias argileux
OMM662	796652,63	138201,13	21	3198	3219	Ordovicien	Trias argileux
OMM702	798268,00	130570,80	45	3162	3207	Ordovicien	Trias argileux
OMM731	797730,79	133776,40	17	3172	3189	Ordovicien	Trias argileux
OMM741	798127,43	135001,45	16	3177	3193	Ordovicien	Trias argileux
OMMZ751	798086,53	136034,71	9	3186	3195	Ordovicien	Trias argileux
OMM763	798450,00	138200,27	14	3189	3203	Ordovicien	Trias argileux
OMM772	797849,70	139550,73	34	3210	3244	Ordovicien	Trias argileux
OMN13	801400,00	133785,00	32	3155	3187	Ordovicien	Trias argileux
OMN17	800993,00	139073,00	67	3174	3241	Ordovicien	Trias argileux
OMN31	803780,00	131215,00	6	3126	3132	Ordovicien	Trias argileux
OMN56	806323,30	137330,90	39	3165	3204	Ordovicien	Trias argileux
OMN75	808836,70	136277,80	55	3159	3214	Ordovicien	Trias argileux
OMN261	801874,70	137500,11	48	3145	3193	Ordovicien	Trias argileux
OMN322	802749,98	133400,17	19	3161	3180	Ordovicien	Trias argileux
OMN363	803748,42	137850,25	22	3146	3168	Ordovicien	Trias argileux
OMN453	804999,87	136650,00	33	3151	3184	Ordovicien	Trias argileux
OMN471	804150,56	139049,65	11	3162	3173	Ordovicien	Trias argileux
OMN852	809051,02	136899,87	24	3145	3169	Ordovicien	Trias argileux
OMO85	819999,79	136250,11	5	3163	3168	Ordovicien	Trias argileux

P : Profondeur en mètres. E : Epaisseur en mètres

OMP872B	829762,00	139296,00	36	3214	3250	Ordovicien	Trias argileux
ONE23	832501,42	153748,71	17	3207	3224	Ordovicien	Trias argileux
ONE232	832100,11	154549,35	33	3222	3255	Ordovicien	Trias argileux
ONI14	830357,90	144972,60	21	3251	3272	Ordovicien	Trias argileux
ONI30	833829,60	140199,69	11	3259	3270	Ordovicien	Trias argileux
ONI132	830420,45	144361,84	8	3228	3236	Ordovicien	Trias argileux
ONI403	835000,05	140750,06	14	3212	3226	Ordovicien	Trias argileux
ONI412	834298,11	142248,62	18	3199	3217	Ordovicien	Trias argileux
ONM20	832150,56	130249,20	47	3267	3314	Ordovicien	Trias argileux
ONM51	836249,83	131249,78	45	3215	3260	Ordovicien	Trias argileux
ONM351	833271,00	131300,00	16	3181	3197	Ordovicien	Trias argileux
ONM463	835000,63	138101,11	35	3234	3269	Ordovicien	Trias argileux
ONM671	836800,32	138749,91	109	3239	3348	Ordovicien	Trias argileux
HGA1	807431,14	100716,71	4	3104	3108	Ordovicien	Trias argileux
HGA2	808501,03	98552,11	61	3117	3178	Ordovicien	Trias argileux
HGA3	809451,68	100553,00	4	3089	3093	Ordovicien	Trias argileux
HGA4	808699,20	99799,28	38	3091	3129	Ordovicien	Trias argileux
HGA5	809594,56	101703,74	24	3121	3145	Ordovicien	Trias argileux
HME1	820000,00	180600,00	75	3545	3620	Ordovicien	Trias argileux
HRB1	796890,00	183036,00	134	3575	3709	Ordovicien	Trias argileux
OBS1	852800,00	156755,00	44	3253	3297	Ordovicien	Trias argileux
OL1	786250,00	148750,00	80	3240	3320	Ordovicien	Trias argileux
OL2	786900,00	141587,00	39	3233	3272	Ordovicien	Trias argileux
OL3	782062,00	139513,00	107	3182	3289	Ordovicien	Trias argileux
OL4	789876,00	146616,00	85	3199	3284	Ordovicien	Trias argileux
RDC1	857269,60	179855,85	80	3556	3636	Ordovicien	Trias argileux
RDC1B	867332,42	179875,61	112	3524	3636	Ordovicien	Trias argileux
RDC2	856524,53	174459,29	79	3576	3655	Ordovicien	Trias argileux
RDC3	856400,00	174350,00	90	3552	3642	Ordovicien	Trias argileux
RDC4	854700,00	179400,00	60	3579	3639	Ordovicien	Trias argileux
SD1	878597,00	145291,00	61	3965	4026	Ordovicien	Trias argileux
SG1	795210,00	95154,00	26	3176	3202	Ordovicien	Trias argileux
MDR8	890680	72580	35	3000	3035	Ordovicien	Trias argileux
MDR7	889549	73275,7	42,5	3003,5	3046	Ordovicien	Trias argileux
MDR,5	890650	73750	29	3042	3071	Ordovicien	Trias argileux
MDR,4BIS	890100	75170	48	3115	3163	Ordovicien	Trias argileux
MDR,4	890850	75170	35	3088	3123	Ordovicien	Trias argileux
MDR12	889926	71548,2	36,5	3066,5	3103	Ordovicien	Trias argileux
MDR,3BIS	893710	71145	29	3243	3272	Ordovicien	Trias argileux
MDR,2	890504	75716	27	30032	3059	Ordovicien	Trias argileux
MDR,W1	888955	71645	48	3065	3113	Ordovicien	Trias argileux
MDR9	891419	74300	24,5	3089	3113,5	Ordovicien	Trias argileux
MDR10	891580	73149,1	6,5	3100	3006,5	Ordovicien	Trias argileux
MDR14	891099	71800,4	27	3062	3089	Ordovicien	Trias argileux
OEM-1	815047	205747	27	3708	37035	Ordovicien	Trias argileux
HTFN-1	821662	89495,6	28	3121	3149	Ordovicien	Trias argileux
HDZ-2	808176	73194,8	39	2970	3009	Ordovicien	Trias argileux
HTF-1	819845	86785,5	52	3073	3140	Ordovicien	Trias argileux
ZCR-1	767277	146695	116	3329	3445	Ordovicien	Trias argileux

P : Profondeur en mètres. E : Epaisseur en mètres

BAT-1	846774	228879	34	3641,5	3675,5	Ordovicien	Trias argileux
GRS-1	776275	103043	64	3170	3234	Ordovicien	Trias argileux
GLA-1	736163	155112	143	3230	3373	Ordovicien	Trias argileux
ZLA-1	779835	177510	71,5	3513	3584,5	Ordovicien	Trias argileux
ORS-1	782493	183503	59	3671	3630	Ordovicien	Trias argileux
ORS-2	779408	183322	86	3556	3642	Ordovicien	Trias argileux
EHC-1	781977	209670	4	3828	3832	Ordovicien	Trias argileux
MEK-2	777838	210078	31	3941	3972	Ordovicien	Trias argileux
GEB-1	774602	156860	110	3349	3459	Ordovicien	Trias argileux
OBS1	853058	156817	43	3256	3299	Ordovicien	Trias argileux
HMJ1	784059	100457	39,5	3182	3221,5	Ordovicien	Trias argileux

P : Profondeur en mètres. E : Epaisseur en mètres

ANNEXE IV : Inventaire de l'ensemble des sondages ayant traversés les roches éruptives intrusives dans le cambro-ordovicien de la région d'étude.

Puits	Côte du toit	Côte du mur	E (m)	Formation sédimentaire
MD13	3423	3443	20	Cambrien R2
MD21	3499	3501	2	Cambrien R2
MD27	3731	3754	23	Cambrien Ra
MD29	3421	3422	1	Cambrien R2
MD43	3386	3427	41	Cambrien Ra (D3-D2)
MD55	3485	3486	1	Cambrien R2
MD64	3444	3447	3	Cambrien Ra (D3)
MD103	3485	3486	1	Cambrien Ra (ID)
MD146	3337	3369	32	Cambrien Ra (D3-D2)
MD153	3465	3466	1	Cambrien Ra (D3)
MD172	3352	3357	5	Cambrien Ra (ID)
MD181	3423	3424	1	Cambrien Ra (D3)
MD201	3576	3595	19	Argiles d'El Gassi (Ordovicien)
MD229	3428	3435	7	Cambrien Ra (D3)
MD232	3497	3502	5	Cambrien Ra (ID)
MD234	3321?	3324?	3	Cambrien Ra (ID)
MD247	3477	3478	1	Zone des alternances (Ordov.)
MD248	3425	3430	5	Cambrien Ra (D5)
MD251	3484	3486	3	Cambrien Ra (D3)
MD282	3377	3403	26	Cambrien Ra (D2)
MD296	3387	3388	1	Cambrien Ra (D2)
MD328	3477	3479	2	Cambrien Ra (D3)
MD333	3447	3450	3	Cambrien Ra (D2)
MD339	3369	3436	67	Cambrien Ra (D2)
MD350	3431	3432	1	Argiles d'El Gassi (Ordovicien)
MD392	3363	3364	1	Cambrien Ra (ID)
MD447	3416	3418	2	Cambrien Ra (D3)
RDC4	3909	3943	34	Argiles d'El Gassi (Ordovicien)
SG1	3472	3509	37	Argiles d'El Gassi (Ordovicien)
ZCR-1	3942	3976	54	Argiles d'El Gassi (Ordovicien)
GRS-1	3656	3661	5	Argiles d'El Gassi (Ordovicien)

P : Profondeur en mètres. E : Epaisseur en mètres