

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département Génie Minier



P0001/05A

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Mémoire

Du projet de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Minier

THÈME

**Distribution Spatiale et Temporelle
du Magmatisme dans le Bassin d'Illizi**

Proposé par :

Mr. M.C. CHABOU

Etudié par :

M^{lle} Souad BENTALAA

Dirigé par :

Mr. M.C. CHABOU
Mme N. DIB

Promotion 2004 - 2005

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
Département Génie Minier



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Mémoire

Du projet de fin d'étude
Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Minier

THÈME

**Distribution Spatiale et Temporelle
du Magmatisme dans le Bassin d'Illizi**

Proposé par :

Mr. M.C. CHABOU

Etudié par :

M^{lle} Souad BENTALAA

Dirigé par :

Mr. M.C. CHABOU
Mme N. DIB

Promotion 2004 - 2005

REMERCIEMENTS

Arrivée **au terme** de ce travail, je tiens à remercier, énormément, tous ceux qui ont participé à l'élaboration de ce mémoire de fin d'études. Qu'ils trouvent ici ma profonde gratitude.

Aussi, je tiens tout d'abord à remercier le **Dr Mohamed Aguid BACHAR**, pour l'honneur accordé à ma personne, en acceptant de présider le jury.

Mme N. DIB, pour son encadrement bénéfique et ses conseils judicieux qui m'ont été d'une grande utilité, qu'elle trouve ici, l'expression de ma profonde reconnaissance.

Mr M C. CHABOU, pour son aide précieux et sa disponibilité, et ce malgré ses nombreuses occupations, je lui dis : merci.

Mrs A. SEBAI et L. CHANANE, qui ont très aimablement accepté d'examiner mon travail.

Mr MAKHLOUF, qui a eu l'amabilité de m'accueillir au sein de son département, qu'il en soit vivement remercié.

Mrs BENYOUCEF et LAROUSI, pour leur bienveillance et leurs encouragements

Tous les ingénieurs du District II et du CRD, pour leur disponibilité et leur serviabilité.

Tout le personnel de la documentation archives et bibliothèque de la Sonatrach, division Exploration, qu'ils reçoivent mes remerciements les plus sincères.

Mr BOUTALEB chef de département de géologie à l'USTHB, pour sa gentillesse et sa générosité.

A **Ami Salah** responsable de la bibliothèque des Sciences Fondamentale à l'ENP et ceux de la bibliothèque centrale et des périodiques pour leurs gentillesse.

Mes frères et soeurs, qui m'ont apporté tout le soutien et l'aide escomptés, je leur dis: merci.

Tous **LES ENSEIGNANTS DU DEPARTEMENT GENIE MINIER DE L'ENP** d'abord, pour leurs gentillesse, leurs générosités, ainsi que leurs disponibilités, en dépit de leurs nombreuses occupations.

Mes ami(e)s.

Dédicace

Avec toute ma reconnaissance, je dédie ce travail :

A mes très chers parents

*« The two candles that lightened my way to
success », que Dieu les garde*

A mes chers frères et sœurs

A toute ma famille.

A tout (es) mes vrais (es) Amis (es)

Et à tous ceux que j'aime.

Souad.

ملخص:

لقد أظهرت الآبار التي أنجزت في حوض إيليزي وجود صخور نارية مندسة على عمق كبير. يتمثل هدف هذه الدراسة في دراسة التوزيع الفضائي و الزمني لهذه الصخور في حوض إيليزي. من أجل ذلك قمنا برسم خرائط متماثلة السمك و انجاز توصيلات ليتوستراتيغرافية. كما تطرقت هذه الدراسة أيضا لتعيين طبيعة هذه الصخور و تأثيرها في تكوين و تجمع النفط و الغاز الطبيعي في حوض إيليزي. و قد أظهرت هذه الدراسة أن هذه الصخور هي أساسا من نوع الدوليريت ذو درجة عالية من الفساد ، و هي متمركزة في شمال حوض إيليزي مندسة عبر طبقتين : الأردوفيسي و السيلوري. من الممكن أن يكون لهذه الصخور دور مهم في تكوين و تجمع الفحم الهيدروجينية في حوض إيليزي .

الكلمات الرئيسية : الصخور النارية المندسة- الدوليريت - حوض إيليزي - خرائط متساوية السمك - توصيلات ليتوستراتيغرافية - النظام البترولي لحوض إيليزي.

Abstract:

Many wells drilled in the Illizi basin indicate the existence of igneous sills in deeper parts of the basin. This study concerns the areal and temporal distribution of the igneous rocks in the basin. The distribution and thickness of the magmatic intrusions have been mapped in detail for the whole Illizi basin, using logs from wells. In addition, the study attempts to the identification of petrographic nature of the rocks and to determine the consequences of magmatic intrusions for the generation, migration and accumulation of hydrocarbons in the study area. The results indicated that the magmatic rocks are altered dolerites, and are located in the northern part of the basin, intruding into Ordovician and Silurian strata. Intrusive activity and the associated heat transfer could have a considerable consequences for the generation and migration of hydrocarbons in the study area.

Key Words: Magmatic intrusions – Dolerites - Illizi Basin - Isopachs maps - Lithostratigraphic correlations – Petroleum system of Illizi basin.

Résumé :

Plusieurs sondages effectués dans le bassin d'illizi ont révélé l'existence d'intrusions magmatiques à des profondeurs importantes. La présente étude porte sur la répartition spatiale et temporelle de ces roches dans le bassin d'illizi. A cet effet, des cartes en isopaques de ce magmatisme et des coupes ont été réalisées. Les corrélations entre les sondages ont été effectuées en se basant sur les diagraphies et les logs lithologiques. Cette étude s'intéresse aussi à la nature pétrographique de ces roches et à leur influence éventuelle sur la répartition des hydrocarbures dans le bassin. Les résultats de notre étude nous ont permis de montrer que ces roches magmatiques, de nature doléritique et fortement altérée, se localisent essentiellement au Nord du bassin d'illizi, et s'interstratifient dans deux niveaux différents : l'Ordovicien et le Silurien. La répartition de ces roches par rapport aux roches mères siluriennes et aux réservoirs ordoviens et leur relation avec les éléments structuraux du bassin peut avoir une influence non négligeable sur le système pétrolier du bassin d'illizi.

Mots Clefs : Intrusions magmatiques – Dolérites - Bassin d'illizi - Cartes en isopaques - Corrélations lithostratigraphiques - Système pétrolier du bassin d'illizi.

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION GENERALE	01
Chapitre I : Contexte géologique du Bassin D'Illizi	04
I-1. Situations géologique et géographique du bassin d'Illizi.	04
I-2. Stratigraphie du bassin d'Illizi.	11
I-3. Structure du Bassin et tectonique.	19
I-4. Evolution géodynamique du Bassin d'Illizi.	22
I-5. Le système pétrolier du Bassin d'Illizi.	27
Chapitre II : Le magmatisme du Bassin d'Illizi	31
II-1. Distribution et nature des roches magmatiques du bassin :	31
II-1.a Distribution des roches magmatiques ;	31
II-1.b Nature pétrographique des roches magmatiques ;	35
II-1.c Géochimie et âge des roches ;	39
II-2. Mise en évidence des intrusions doléritiques :	50
II-2.a Mise en évidence des intrusions doléritiques par les diagraphies ;	50
II-2.b Mise en évidence des intrusions doléritiques par les sections sismiques ;	52
II-3. Origine des intrusions magmatiques du Bassin d'Illizi ;	55
II-4. Conclusions.	56

Chapitre III :	Evolution Spatiale et temporelle du magmatisme dans le bassin d'Ilizi	57
III-1.	Réalisation des cartes en isopaques par étage stratigraphique et la carte des épaisseurs totales :	57
III-1.a	Méthodologie ;	57
III-1.b	Présentation des cartes en isopaques ;	58
III-1.c	Interprétation des cartes.	62
III-2.	Réalisation des corrélations lithostratigraphiques dans le Silurien et l'Ordovicien du Bassin d'Ilizi :	64
III-2.a	Méthodologie du travail ;	64
III-2.c	Interprétation des coupes ;	70
III-3.	Conclusions.	70
Chapitre IV :	Influences des intrusions doléritiques sur l'environnement pétrolier du Bassin D'Ilizi	71
IV-1.	Position des intrusions par rapport à la roche mère et la roche réservoir ;	71
IV-2.	Influences des intrusions sur les roches mères ;	
IV-3.	Influences des intrusions sur les accumulations en Hydrocarbures ;	73
IV-4.	Rôles des intrusions sur le piégeage des hydrocarbures ;	43
IV-5.	Conclusion.	73
	CONCLUSION GENERALE	74
	- BIBLIOGRAPHIE	
	- ANNEXES	

Liste des figures

<u>Figure</u>	<u>Titre</u>	<u>Page</u>
Figure I :	Distribution des roches magmatiques mésozoïques dans la plate-forme saharienne.	02
Figure I-1 :	Carte des bassins sédimentaires.	06
Figure I-2 :	Carte des principaux éléments morphostructuraux de la plate forme saharienne.	07
Figure I-3 :	Carte géologique du bassin d'illizi.	08
Figure I-4 :	Coupe géologique Nord-Sud (Sahara du Sud-Est)	09
Figure I-5 :	Coupe géologique Est-Ouest (Sahara du Sud)	10
Figure I-6 :	Colonne stratigraphique synthétique du bassin d'illizi.	12
Figure I-7 :	Schéma structural du bassin d'illizi.	21
Figure I-8 :	Model synthétique de l'évolution structural du Bassin d'illizi.	25
Figure I-9 :	Système pétrolier du bassin d'illizi.	30
Figure II-1 :	Carte structurale du bassin.	32
Figure II-2 :	Carte de positionnement des sondages dans le Bassin d' Illizi.	38
Figure II-3 :	Une portion de log habillé du sondage DIMW-2, pour montrer les auréoles de contact.	51
Figure II-4 :	Profil 75 TST 18	53
Figure II-5 :	Profil 75 DIM 108	54
Figure III-1 :	Carte en isopaques des intrusions magmatiques dans le Silurien du Bassin d'illizi.	59
Figure III-2 :	Carte en isopaques des intrusions magmatiques dans l'Ordovicien du Bassin d'illizi.	60
Figure III-3 :	Carte en isopaques des épaisseurs totales des intrusions magmatiques dans le Bassin d'illizi.	61
Figure III-4 :	Carte structurale et carte en isopaques des épaisseurs totales des intrusions magmatiques dans le Bassin d'illizi.	62
Figure III-5 :	Profils des corrélations	65
Figure III-6 :	Corrélation lithostratigraphique dans le Silurien Argileux et l'Ordovicien du bassin d'illizi (Coupe1: N-S).	66

Figure III-7 :	Corrélation lithostratigraphique dans le Silurien Argileux et l'Ordovicien du bassin d'Illizi (Coupe 1bis: N-S).	67
Figure III-8 :	Corrélation lithostratigraphique dans l'Unité M1, Silurien Argileux et l'Ordovicien du bassin d'Illizi (Coupe2: NE – SW)	68
Figure III-9 :	Corrélation lithostratigraphique dans l'Unité M1, Silurien Argileux et l'Ordovicien du bassin d'Illizi (Coupe3: E – W)	69

Liste des tableaux

<u>Tableau</u>	<u>Titre</u>	<u>Page</u>
Tableau. I-1 :	Phases tectoniques majeures.	24
Tableau. II-1 :	Tableau synoptique de distribution des roches éruptives dans le bassin d'Illizi.	33
Tableau. II-2 :	Description pétrographique de quelques lames minces (MRK-1).	45
Tableau. II-3 :	Description pétrographique de quelques lames minces (ZM-1).	46
Tableau. II-4 :	Description pétrographique de quelques lames minces (GER-1).	47
Tableau. II-5 :	Datation des roches magmatiques du bassin d'Illizi.	50
Tableau. IV-1 :	Position des intrusions magmatiques par-rapport à la roche mère et le réservoir.	72

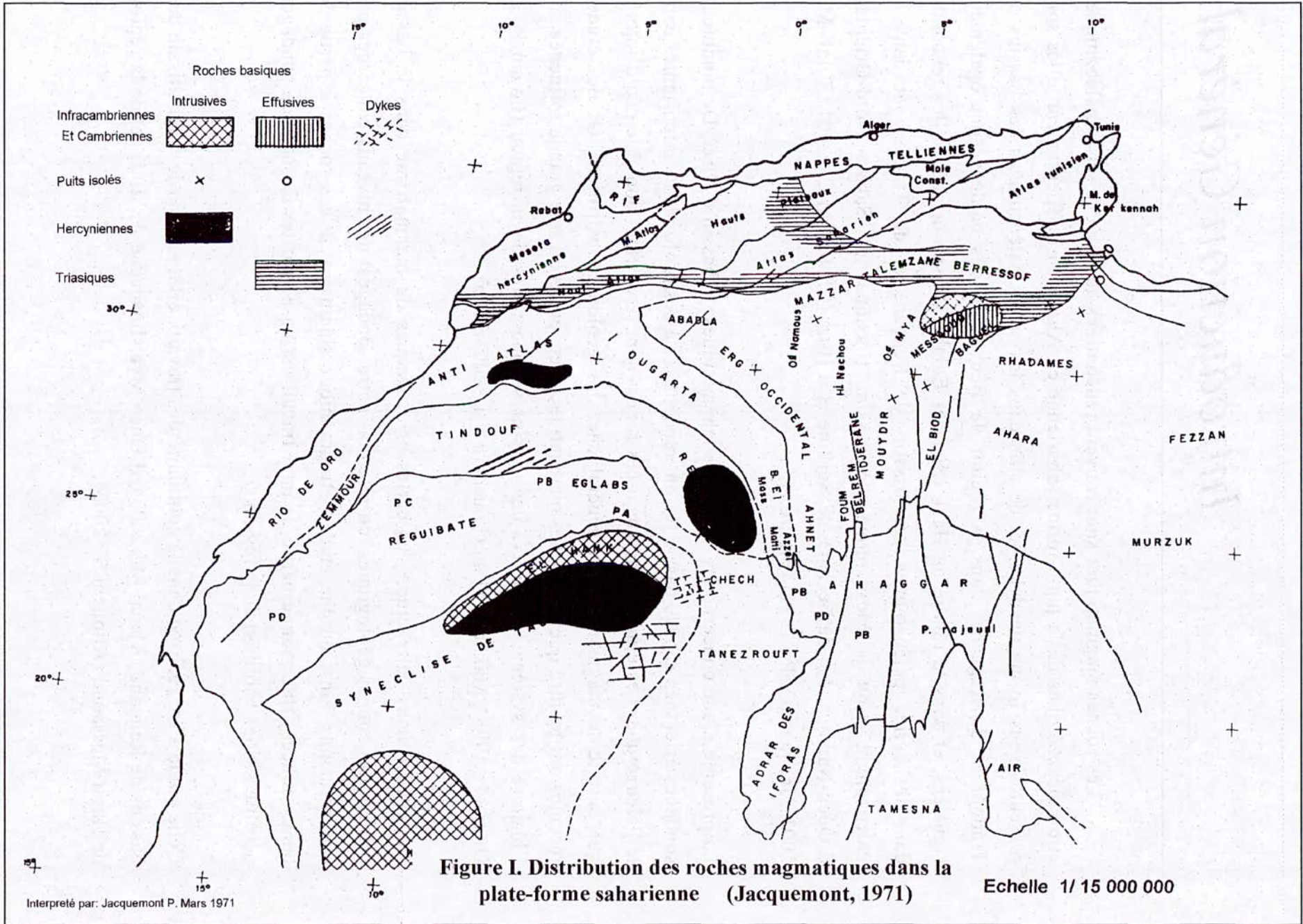
Introduction Générale

Les roches magmatiques sont souvent rencontrées au sein des séries paléozoïques et/ou mésozoïques de la plate-forme saharienne en Algérie. En affleurement, elles sont présentes sous forme de dykes et de sills dans les séries paléozoïques des bassins de Tindouf et de Reggane, dans la région de Béchar où des coulées sont également signalées, et dans la région du Hank (Sud des Eglab). En subsurface, on les rencontre dans les séries paléozoïques des bassins de Reggane et de Tindouf, et dans le Paléozoïque et/ou le Mésozoïque des bassins triasiques du Sahara Nord-Oriental, d'Oued-Namous (Est de Béchar), de Berkine et d'Illizi (Chabou M.C., 2001 ; Filali M., 2001 ; Jacquemont P., 1971) (Figure I).

La présente étude concerne les intrusions magmatiques du bassin d'Illizi. De nombreux sondages effectués dans le bassin les ont rencontrées à des profondeurs importantes dans le Paléozoïque. Les études concernant ces roches sont rares étant donné le peu d'intérêt que suscite le magmatisme en général chez les géologues pétroliers. Or des études récentes ont montré que ces roches magmatiques peuvent avoir une grande influence sur l'histoire des systèmes pétroliers des bassins sédimentaires de la région (Logan P. et Duddy I., 1998 ; Makhous M. et Galushkin Y.I., 2003a et b).

J'ai réalisé dans cette étude des cartes en isopaques du magmatisme dans le bassin d'Illizi, des coupes géologiques (corrélations entre sondages) des niveaux concernés par ces intrusions, ainsi qu'une étude pétrographique sommaire de ces roches à partir de lames minces. Une grande partie de mon travail est basée sur les données de sondages pétroliers (logs habillés) de la région.

Cette étude a été réalisée dans la continuité des travaux effectués sur le magmatisme des bassins de Reggane (Khatal M., 2003), d'Oued Mya (Imadache A., 2003) et de la région de Hassi Messaoud (Attouchi S., 2003).



Les principaux objectifs de ce travail sont les suivants :

- Réunir le maximum d'informations concernant ces roches magmatiques du bassin d'Illizi ;
- Préciser la nature et le type de ces roches en se basant sur une étude de lames minces ;
- Réaliser, pour la première fois, des cartes en isopaques par étages stratigraphiques (Ordovicien et Silurien), et une carte des épaisseurs totales ;
- Réaliser des corrélations lithostratigraphiques dans l'unité M1, le Silurien argileux et l'Ordovicien, étages contenant les intrusions magmatiques ;
- Enfin, dans la dernière partie on s'intéressera à l'impact de ces roches magmatiques sur l'environnement pétrolier.

Les différentes parties de ce mémoire sont organisées comme suit. Le chapitre I nous permettra d'introduire la géologie du bassin d'Illizi. Dans le chapitre II, nous donnerons une synthèse des études réalisées sur le magmatisme du bassin d'Illizi. L'étude pétrographique de ces roches sera également abordée dans ce chapitre en se basant non seulement sur des études déjà effectuées, mais aussi sur notre propre description de ces roches à partir de lames minces. Le chapitre III traitera de la répartition spatiale et temporelle de ce magmatisme dans le bassin d'Illizi. Enfin, dans le chapitre IV, nous essayerons de voir l'influence de ces roches magmatiques sur l'environnement pétrolier du bassin d'Illizi. Nous conclurons ce travail en dressant un bilan des résultats obtenus puis en proposant des recommandations. Les annexes regroupées à la fin de ce mémoire incluent les tableaux et les coupes détaillées ayant servi à la réalisation des figures du chapitre III.



Contexte Géologique du Bassin D'Ilizi

I.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DU BASSIN D'ILLIZI

I.1.a. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le Bassin d'Ilizi est situé dans la partie sud-est du Sahara algérien (**Figure I.1**) entre 26°30' et 29°30' de latitude nord et entre 6 et 10 degré de longitude est, il s'étend sur **100 000 Km²**.

I.1.b. CADRE GEOLOGIQUE GENERAL

Du point de vue géologique, le Bassin d'Ilizi correspond à un bassin de plate-forme stable. La couverture sédimentaire d'une épaisseur moyenne de **3 000 m** est essentiellement constituée de dépôts paléozoïques.

Le Bassin d'Ilizi est limité au nord (**Figure I.1 et I.2**) par la bassin de Berkine, à l'est par le môle de Tihemboka, au sud par le massif du Hoggar, et à l'ouest par la dorsale d'Amguid-El Biod.

A l'Est, le môle de Tihemboka, situé près de la frontière algéro-libyenne, sépare le bassin d'Ilizi du bassin de Hamra (Libye). A l'Ouest, la dorsale d'Amguid-El Biod le sépare du bassin du

Mouydir. Au Nord, la limite entre les bassins d'Illizi et de Berkine correspond à une remontée du socle connue sous le nom du môle d'Ahara.

Au Nord, le bassin d'Illizi est recouvert par les terrains crétacés du plateau du Tinrhert (**Figure L3**). Dans la partie sud-est affleurent les dépôts du Carbonifère et du Mésozoïque. A l'extrême sud du bassin, le long du massif du Hoggar affleure l'ensemble des formations paléozoïques. Le reste du bassin, notamment sa partie sud-ouest, est recouvert par des cordons dunaires orientés SE-NW du vaste Erg d'Issaouane, et par les dunes de l'Erg Bourarhet qui s'étalent au centre du bassin jusqu'à la frontière algéro-libyenne. Notons enfin que les dépôts du Tertiaire et du Quaternaire sont très peu représentés dans la région. (**Figures L4. et L5**).

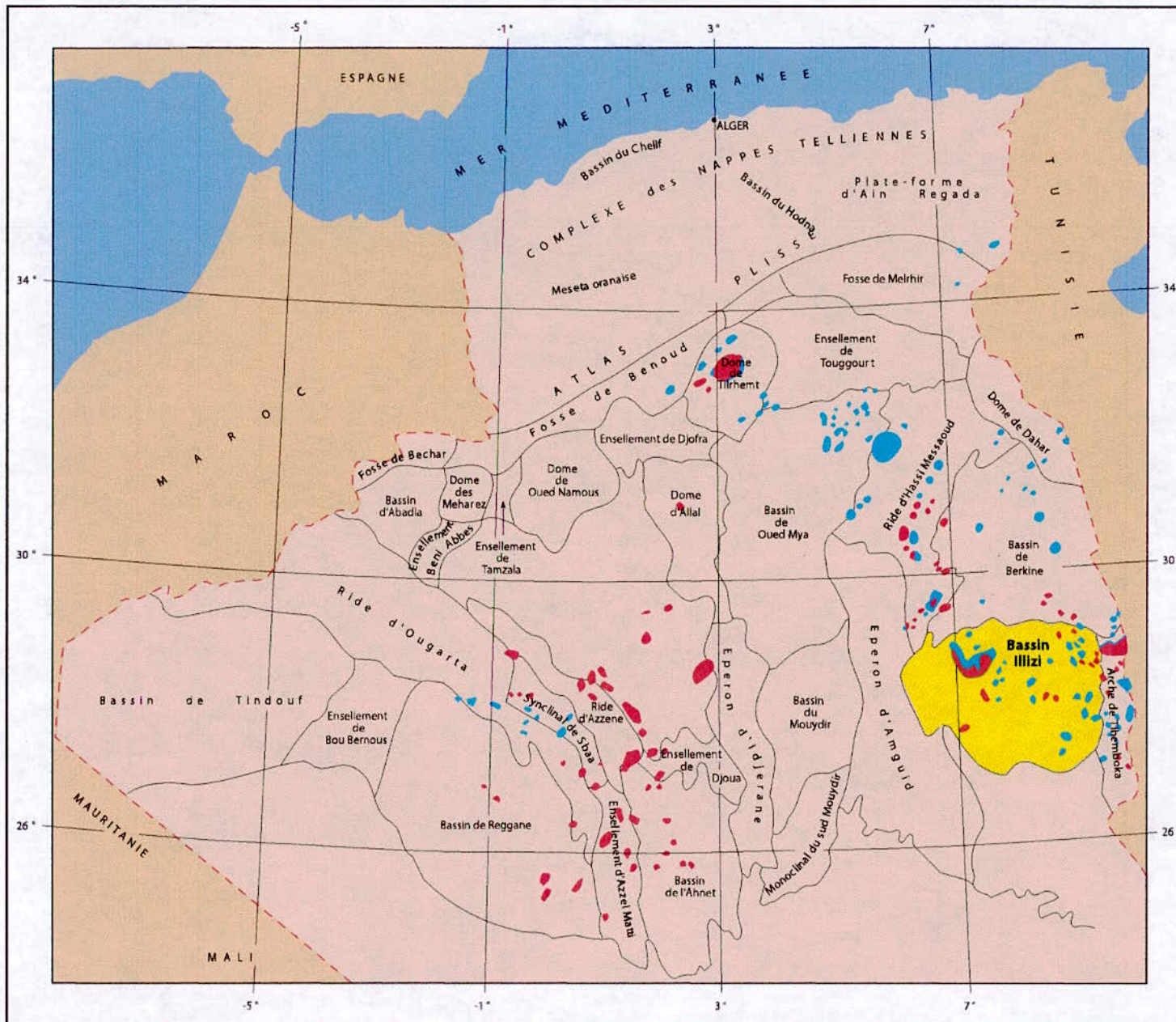
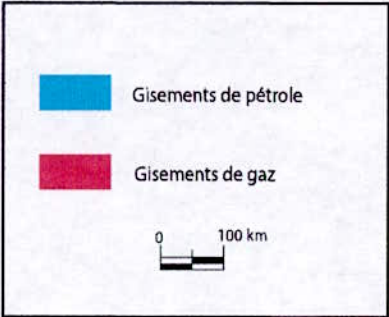


Figure I -1:
CARTE DES BASSINS
SEDIMENTAIRES
(Documents Sonatrach)



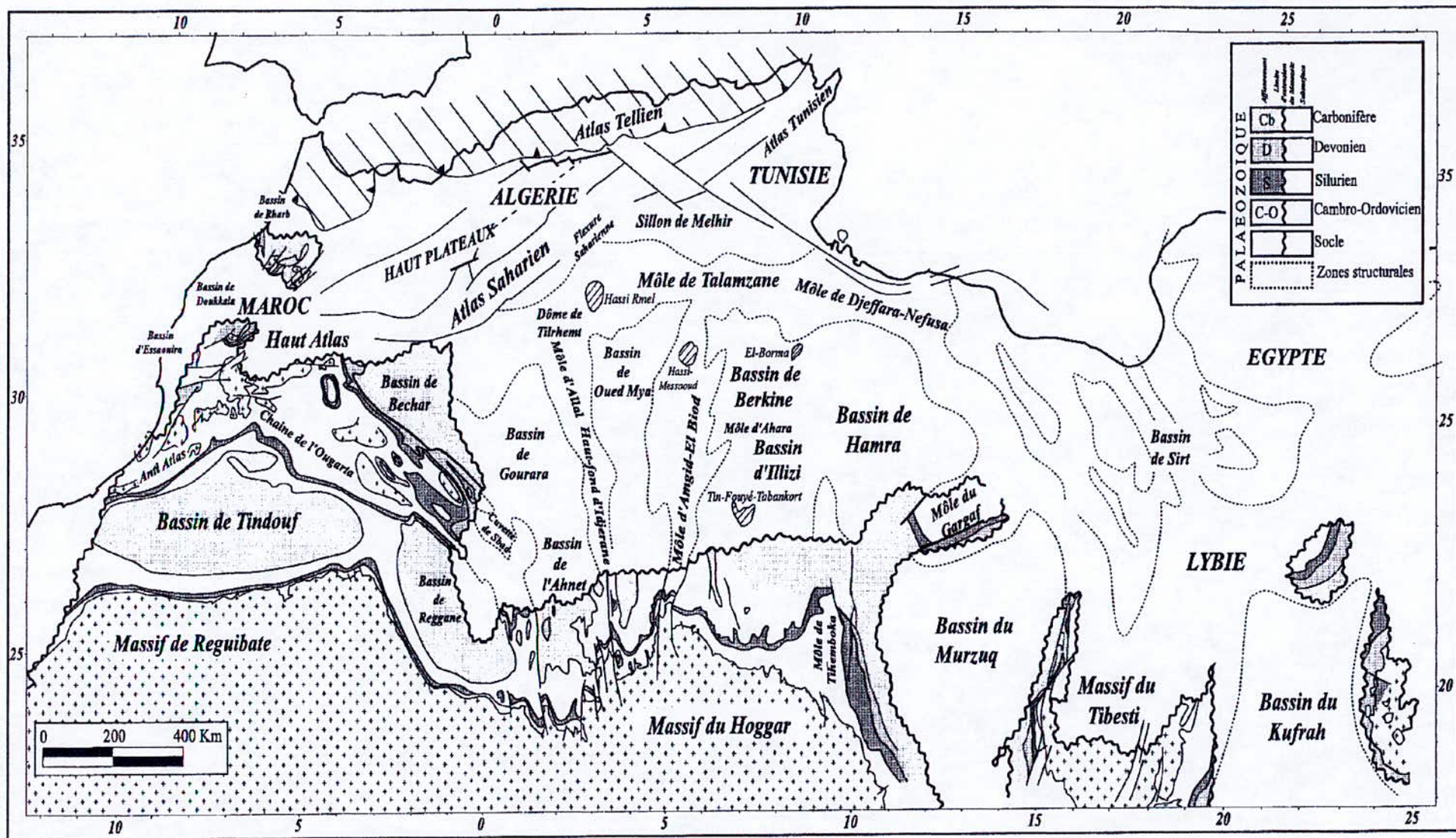


Figure.I.2. Carte des principaux éléments morphostructuraux de la plate-forme saharienne (modifié d'après Boots et al., 1998)

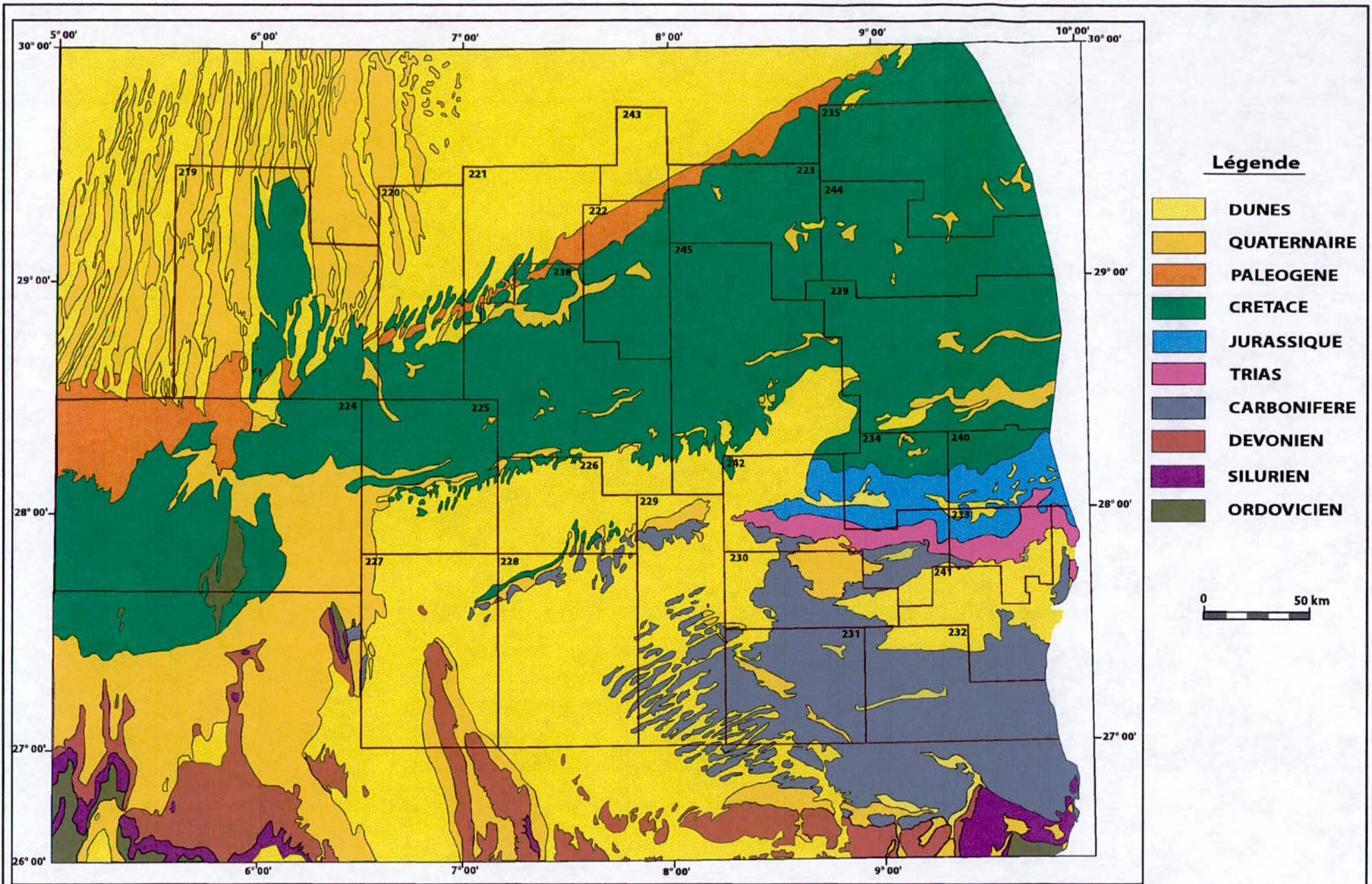
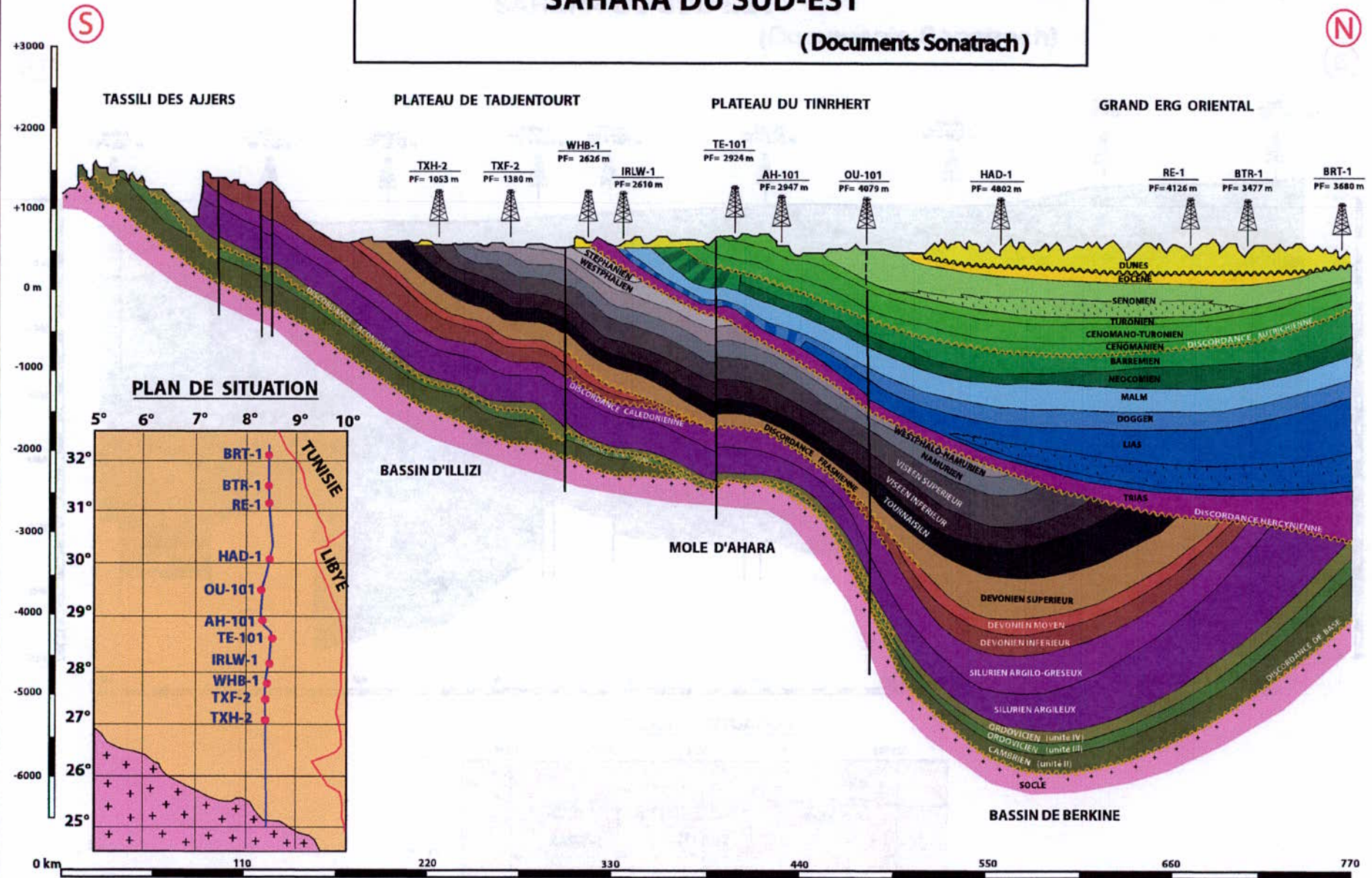


Figure I - 5: CARTE GEOLOGIQUE DU BASSIN D'LLIZI (Documents Sonatrach)

Figure I-4 : COUPE GEOLOGIQUE NORD - SUD SAHARA DU SUD-EST

(Documents Sonatrach)



I.2. STRATIGRAPHIE DU BASSIN D'ILLIZI

La couverture sédimentaire dans le bassin d'Illizi est représentée essentiellement par des terrains d'âge Paléozoïque, enfouis au centre de la cuvette et affleurant au sud-est et sur sa marge méridionale où ils forment les Tassilis. L'épaisseur de la couverture sédimentaire paléozoïque augmente grossièrement du Sud (1 000 m à 1 500 m) vers le Nord (1 500 m à 2 000 m).

Les dépôts du Mésozoïque sont à l'inverse érodés dans la moitié Sud et affleurent au centre du bassin formant une succession de falaises orientées Est-Ouest. Ils reposent en discordance sur les terrains paléozoïques et leur épaisseur est d'environ 1000 m.

Les dépôts tertiaires se développent principalement dans la partie nord ouest du bassin au niveau de la Hamada de Tinhert et sont relativement réduits dans le reste du bassin.

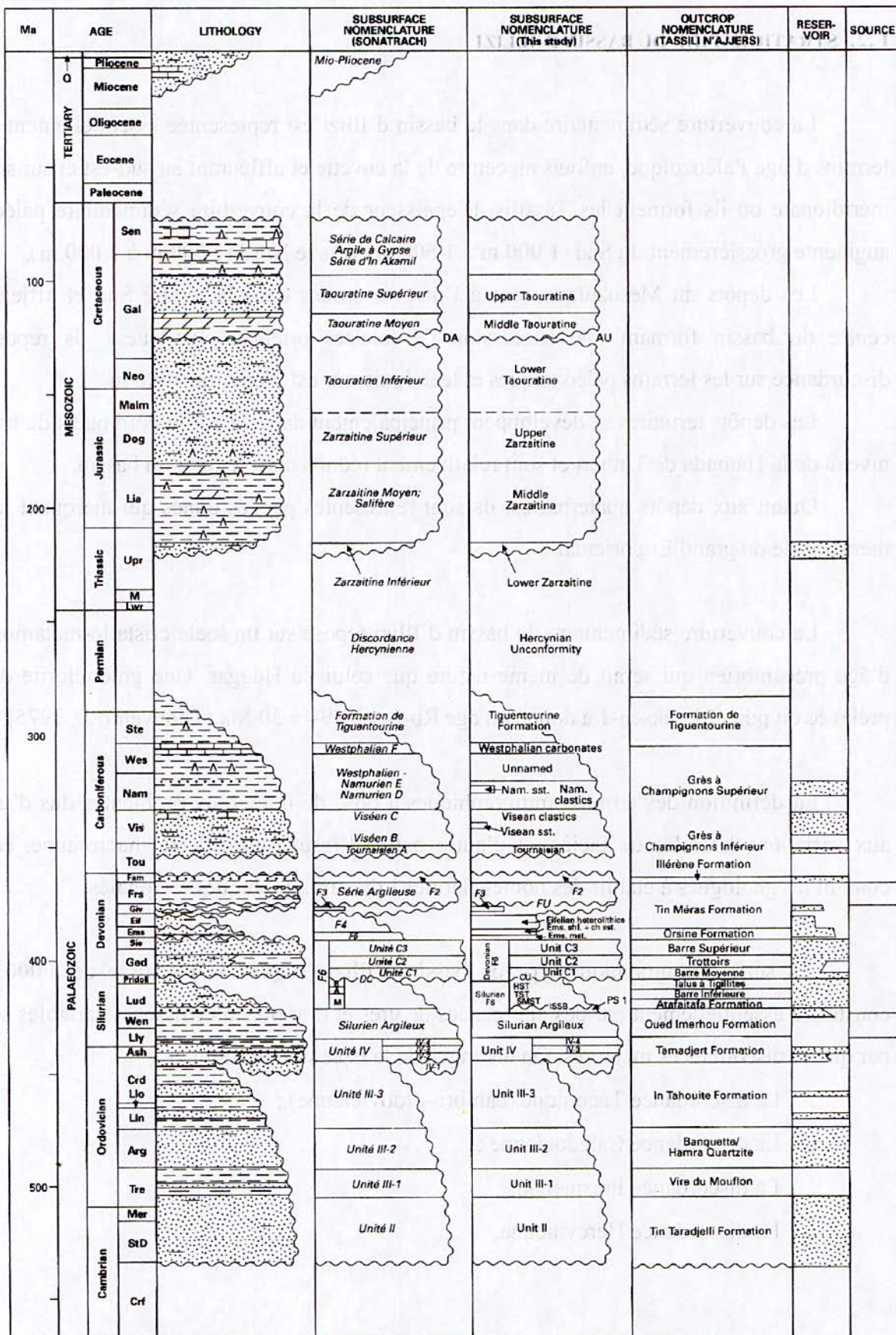
Quant aux dépôts quaternaires, ils sont représentés par les dunes qui marquent la limite méridionale du grand Erg oriental.

La couverture sédimentaire du bassin d'Illizi repose sur un socle cristallo-métamorphique d'âge précambrien qui serait de même nature que celui du Hoggar. Une granodiorite du socle prélevée du puits Mereksen-1 a donné un âge Rb-Sr de 594 ± 30 Ma (Thouvenin J., 1975).

La définition des termes stratigraphiques a posé de nombreux problèmes dus d'une part aux variations latérales de faciès, et d'autre part à l'insuffisance de la macrofaune, ce qui a conduit les géologues à établir des nomenclatures lithostratigraphiques régionales.

La série stratigraphique type du bassin d'Illizi (**Figure L.6**) épaisse de 3 000 m, est constituée essentiellement par des alternances de grès et d'argiles d'épaisseurs variables séparées par quatre discordances majeures. On distingue de la base vers le sommet :

- La discordance Taconique (cambro-ordovicienne) ;
- La discordance Calédonienne ;
- La discordance Frasnienne ;
- La discordance Hercynienne.



Notes: DC Discordance Calédonienne Ems. mt. Emsian mudstone
 DA Discordance Autrichienne Ems. shf. + ch. st. Emsian shoreface and channel sandstones
 CU Caledonian Unconformity HST, TST and SMST Highstand, Transgressive and Shelf Margin Systems Tracts respectively (provisionally allotted)
 FU Frasnian Unconformity
 ISSB Intra-Silurian Sequence Boundary
 PS 1 Parasequence 1
 AU Austrian Unconformity

Figure I- 6: Colonne Stratigraphique synthétique du Bassin d'Illizi.
 (Documents Sonatrach/Robertson)

I.2.1. Le Paléozoïque (Fabre J., 1976 ; Fabre J., 1983 ; Abdallah H., 1995 ; Henniche M., 2002)

Il comprend de la base au sommet :

1. Le Cambro-Ordovicien :

Il est représenté par une série détritique épaisse de **600 m**, formant en affleurement les Tassilis internes. Il est subdivisé au niveau du bassin d'Illizi en trois unités :

1.1. L'Unité II (grès de Tin Taradjeli) constitue le premier terme gréseux qui repose en discordance sur le socle. Epais de 200 à 300 m, son âge serait Cambrien supérieur-Ordovicien inférieur. Elle est formée de microconglomérats et de grès grossiers alternant avec des grès fins et moyens. Des traces d'activité biologique apparaissent au sommet de cette unité (Tigillites, *Vexillum*, *Harlania*).

1.2. L'Unité III : A l'échelle du bassin d'Illizi, cette unité est subdivisée en trois sous unités :

- **L'Unité III-1 connue sous le nom de membre grés-argileux de la « Vire à mouflon » :** épaisse de 40 m, elle est représentée par des grès fins à grossiers à stratifications obliques, alternant avec des minces lits d'argiles silteuses à Tigillites. Une faune d'origine marine composée de brachiopodes et de bivalves de l'Ordovicien inférieur a été découverte au sein de cette formation.
- **L'Unité III-2 ou « grès et quartzites de la banquette »** est composée d'une barre gréseuse massive et homogène, épaisse de 50 m, surmontée par des quartzites en bancs massifs de 3 à 5 m. Cette unité se situerait à l'Arénigien-Llanvirnien.
- **L'Unité III-3 ou « formation d'In Tahouite »**, d'une épaisseur de 40 à 200 m est d'âge Caradoc-Llandéilo-Llandovirn. C'est une unité grés-argileuse riche en Tigillites et en traces organiques diverses.

1.3. L'Unité IV : connue sous le nom de « *formation de Tamadjert* », épaisse de 100 à 300 m, cette unité repose sur divers termes antérieurs par l'intermédiaire d'une discordance de ravinement. Elle est formée par des grès quartzites passant à des argiles microconglomératiques. Cette unité est caractérisée par une variation fréquente de la lithologie, et indique un environnement glaciaire. Elle est datée de l'Ordovicien supérieur (Ashghill).

2. Le Silurien :

Le Silurien est représenté par une épaisse série argileuse qui sépare les grès du Cambro-Ordovicien (les Tassilis internes) et du Dévonien inférieur (les Tassilis externes) formant en affleurement la dépression intratassilienne. Ces argiles s'étendent sur la plus grande partie de la plate-forme saharienne.

Dans le bassin d'Illizi, le Silurien est divisé en deux formations : une formation argileuse (Silurien inférieur) et une formation argilo-gréseuse (Silurien supérieur).

2.1. Le groupe argileux : Formation des Argiles à Graptolites ou « Formation de l'Oued Imirhou », d'âge Llandvirn à Wenlock, son épaisseur varie de 350 à 420 m d'Ouest en Est. Il est constitué d'un ensemble homogène d'argiles finement litées, parfois schisteuses, gris clair en affleurement et noires en subsurface. Ces argiles sont riches en graptolites.

2.2. Le groupe Argilo-gréseux :

Il comprend trois membres :

2.2.a. Le membre Basal ou La Zone de passage (Unité M): son équivalent en surface est la formation d'*Atafaitafa* d'âge Ludlow moyen à supérieur. Il est formé par une alternance de grès fins, d'argiles vertes et de siltstones. Son épaisseur varie de 80 à 150 m.

2.2.b. Le membre inférieur ou « La barre inférieure » (Unité A) : constitué de grès et de quartzites à stratifications obliques. Son épaisseur est de 30 m en moyenne.

2.2.c. Le membre supérieur ou « Le Talus à Tigillites » (Unité B) : formé par des argiles gréseuses à Tigillites et *Spirophyton* (40 à 50 m d'épaisseur).

La barre inférieure et le Talus à Tigillites constituent le membre ou la formation de l'*Oued Tifernine*. Longtemps, ce membre était considéré comme la base du Dévonien, mais les corrélations faites avec les données palynologiques de subsurface indiquent que ce membre fait partie du Silurien supérieur.

3. Le Dévonien

3.1. Le Dévonien inférieur :

Il représenté par des dépôts continentaux discordants sur le talus à Tigillites et composé essentiellement par des grès et des sables à stratifications obliques. Ces grès et sables constituent le Tassili externe. Il est subdivisé en quatre formations :

3.1.a. La Barre Moyenne (Unité C1) : elle est constituée par des sables et des grès, fins à grossiers, à stratifications obliques, discordant sur le talus à Tigillites. L'épaisseur de la formation varie de 35 à 45 m.

3.1.b. Les Trottoirs (Unité C2) : cette formation, épaisse de 20 à 40 m, est essentiellement formée d'un ensemble d'argiles ferrugineuses, parfois oolithiques intercalées de fines barres de grès d'où l'appellation de *Trottoirs*.

3.1.c. La Barre Supérieure (Unité C3) : épaisse de 80 à 110 m, elle est composée de grès à larges stratifications obliques, et présente les caractères d'un dépôt fluviatile ou deltaïque.

Remarque : les Unités **M, A, B,** et **C** se sont avérées des roches magasins d'hydrocarbures dans le bassin d'Illizi et constituent le réservoir F6.

3.1.d. La Formation d'Orsine : constituée par des grès lités argileux riches en brachiopodes emsiens, elle marque le début de la transgression. Elle comprend les réservoirs F5 et F4.

3.2. Dévonien moyen-supérieur

Il regroupe deux séries :

3.2.a. La série de Tin Meras, puissante de 110 m en moyenne, elle débute par un banc de calcaire bleu continu, facilement identifiable à travers tout le bassin, souvent choisi comme niveau repère. Cette série est constituée d'argiles et de grès au sein duquel apparaissent des bancs calcaires (de 0,20 à 1 m) alternant avec des argiles. Ces calcaires bleutés sont à brachiopodes, gastéropodes et goniatites. L'âge de la série est Dévonien moyen-supérieur.

3.2.b. La série de Gara Mas Melouki : d'âge Strunien, a une épaisseur de 40 à 70 m. Cette série correspond de la base vers le sommet à des carbonates parfois dolomitiques, de la sidérite et des niveaux à oolites ferrugineuses alternant avec des argilites silteuses, des siltites et des grès fins.

3.2.c. Le Réservoir F2 : à l'échelle de tout le bassin d'Illizi, il est considéré comme objectif secondaire. Il correspond à la partie sommitale du Dévonien connu en affleurement sous le nom de formation de **djebel Illerene**. Il débute par des argiles avec intercalations de grès puis passe à des grès à niveaux ferrugineux oolithiques. Un niveau de grès argileux au sommet de la formation a livré une faune strunienne. Sa limite supérieure correspond à la discordance du Tournaisien.

4. Le Carbonifère

Le Carbonifère du bassin d'Illizi comprend cinq formations:

4.1. La formation argilogréseuse d'Issendjel : (Tournaisien supérieur - Viséen inférieur)

repose en discordance cartographique sur les formations sous-jacentes et comporte :

4.1.a. Un *membre inférieur* argilo-calcaire épais de 70 m au maximum, qui contient des conodontes et des brachiopodes du Tournaisien et du Viséen inférieur.

4.1.b. Un *membre supérieur* argilo-gréseux, épais d'environ 350 m. Le sommet du membre correspond à un banc gréseux (banc J) appelé grès à « champignons inférieurs ».

4.2. La formation calcaréogréseuse d'Assekaf (Viséen supérieur – Namurien inférieur) :

comprend deux membres :

4.2.a. Le *membre inférieur* calcaréo-gréseux comprenant des foraminifères du Viséen supérieur et des goniatites du Namurien inférieur. Ce membre comprend quatre horizons à *Collenia* (stromatolites) du Viséen terminal.

4.2.b. Le *membre supérieur* gréseux, constitué par les « grès à champignons supérieurs » caractérisés par l'abondance de grosses miches grésocalcaires.

4.3. La formation argilocalcaire de l'oued Oubarakat : (Namurien inférieur – Bashkirien

inférieur) épaisse de 200 m en moyenne. Sa limite inférieure est fixée au toit des « grès à champignons supérieurs » et son sommet à la base du « banc C » calcaire à Nautiloïdes. Cette formation est divisée en trois membres :

4.3.a. Le *membre inférieur* calcaréo-gréseux, épais de 25 m, est essentiellement argilo-silteux comprenant des fossiles serpukhoviens (Namurien inférieur).

4.3.b. Le *membre moyen* argilo-calcaire à Conodontes du Mississippien supérieur, épais d'une cinquantaine de mètres.

4.3.c. Le *membre supérieur*, argileux à lumachelles calcaréo-gréseuses épais de 35 m au maximum et présentant une faune du Namurien et du Bashkirien inférieur.

4.4. **La formation d'El Adeb Larach** : (Bashkirien-Moscovien) épaisse de 200 à 300 m est divisée en deux membres :

4.4.a. *Un membre inférieur* marno-gypseux, épais d'une centaine de mètres et couronné par un banc de gypse massif. Il débute avec un calcaire bleu à Nautiloïdes et brachiopodes connu sous le nom de « banc C ». Les fossiles trouvés au sein du membre indiquent un âge Bashkirien.

4.4.b. *Un membre supérieur* calcaire, épais de 100 à 150 m et comprend des bancs de calcaires dolomitiques et marneux ainsi que des calcaires oolithiques. Ce membre est riche en goniatites et foraminifères du Moscovien.

Cette formation représente les derniers dépôts marins du Paléozoïque dans le bassin d'Illizi.

4.5. **La formation de Tiguentourine** : (Stéphano-autunienne) il s'agit d'une formation argileuse rouge d'origine supposée continentale. Un banc de gypse, épais de 10 m environ, sépare cette formation en deux parties égales :

4.5.a. Le *Tiguentourine inférieur* (155 m) essentiellement argileux, coupé de petits bancs gréseux ou carbonatés. L'étude des fossiles indique un âge Stéphano-Permien.

4.5.b. Le *Tiguentourine supérieur*, formé d'argiles et de grès argileux rouges, à stratifications obliques, d'origine fluviatiles. Ce membre est pauvre en fossiles, et la palynologie indiquerait un âge permo-triassique.

Le Tiguentourine supérieur est surmonté en discordance par les grès de la formation de Zarzaïtine, d'âge Trias moyen.

I.2.2. Le Mésozoïque (Busson et Cornée, 1989 ; Busson G., 1970 ; Fabre J., 1976)

Le Mésozoïque débute dans la région par la **formation gréseuse du Zarzaïtine** qui repose en légère discordance angulaire sur les couches supérieures de Tiguentourine. Elle est constituée de deux membres : le **Zarzaïtine inférieur** et le **Zarzaïtine moyen-supérieur**.

- **Le Zarzaïtine inférieur** : il s'agit d'une série gréseuse et grés-argileuse épaisse de 150 m et s'étendant sur 170 km de l'est à l'ouest au nord du bassin d'Illizi. Elle comprend trois ensembles :

- les grès inférieurs ou « grès à Stégocéphales », riches en vertébrés : Stégocéphales, Dinosauriens, Sélaciens. Ces grès, épais de 50 m environ, sont en général fins.
- les argiles rouges peu fossilifères.
- les grès supérieurs, épais de 110 m, sont très peu fossilifères. Ils sont plus grossiers que les grès inférieurs.

L'étude de la faune de vertébrés des grès inférieurs a permis de reconnaître trois assemblages fauniques successifs s'échelonnant de la fin du Trias inférieur au Trias supérieur (Jalil et Taquet, 1994). En outre, l'étude palynologique a montré que le sommet du Zarzaïtine inférieur était jurassique (Lias).

- **Le Zarzaïtine moyen-supérieur** : séries argileuses rouges avec quelques récurrences silice calastiques et un certain nombre de bancs carbonatés blanchâtres. Cette série est attribuée au Lias – Dogger inférieur.

- **La formation de Taouratine : (Jurassique – Crétacé inférieur)** : elle est composée de grès-quartzites, grès à dragées et grès micacés feuilletés. Elle est divisée en trois membres : le *Taouratine inférieur* gréseux d'âge Dogger-Barrémien, le *Taouratine moyen* carbonaté d'âge Aptien et le *Taouratine supérieur* sableux, Albien. Notons que la discordance autrichienne est localisée entre le Taouratine inférieur et le Taouratine moyen.

- **La formation d'In Akamil (Cénomano-Turonien)**

Cette formation d'âge Cénomano-Turonien, épaisse de 250 m environ, débute par des argiles à gypse (Cénomaniens). Elle est représentée surtout par des calcaires et des dolomies (Turonien).

- **Le Sénonien**

Le Sénonien débute par une importante couche d'argiles à gypse (Sénonien lagunaire), passant à des alternances d'argiles à gypse, de calcaires et de dolomies, et se terminant par des calcaires d'âge Maestrichtien à Eocène.

Notons enfin que le Tertiaire est représenté au Nord-Ouest du bassin par un ensemble de grès, calcaire et marnes épais de 25 m environ.

I.3. STRUCTURE DU BASSIN ET TECTONIQUE

Le bassin d'Illizi ne représente qu'une entité de la plate forme saharienne. Il se range dans la catégorie des bassins intracratoniques stables de type synclise qui se sont formés dans la partie Nord du Gondwana, et comprenant d'Est en Ouest : les bassins de Kufra et de Murzuk (Libye), du Mouydir, de l'Ahnet, de Sbaa, de Reggane et de Tindouf (Algérie) (**Figure 1.2**). Son image actuelle est reliée aux différentes phases tectoniques ayant affecté la région depuis le Cambrien jusqu'au Quaternaire. L'individualisation du bassin s'est faite à la fin du Silurien et au cours du Dévonien inférieur.

La bordure Sud du bassin d'Illizi est partagée en éléments méridiens ; la plupart des accidents sont hérités des anciennes phases orogéniques.

I.3.1. Les principaux éléments structuraux du bassin d'Illizi (Aliev et al., 1971 ; Echikh K., 1975 ; Aiouna A., 1995)

Les principaux éléments structuraux du bassin d'Illizi (**Figure I.7.**) sont représentés par :

- Le bombement de Tin Fouyé

Situé dans la partie nord-ouest du bassin d'Illizi, le bombement de Tin Fouyé correspond à une zone haute, orientée nord-sud, s'étendant sur **200 km** de longueur et **100 km** de largeur. Il est limité à l'Ouest par le sillon Flatters, à l'Est par une faille méridionale. Sa partie centrale est un vaste plateau très accidenté créant des structures anticlinales d'orientation subméridienne. Un accident majeur traverse la structure auquel sont rattachés d'autres accidents secondaires.

- Le haut fond de Tihemboka

C'est un grand axe structural orienté Nord-Sud affecté par un important accident méridien le long duquel s'appuient les structures d'Amasralad, de Tin Halouin (Libye) et d'Edjeleh-Zarzaïtine. Il constitue la limite orientale du bassin d'Illizi. Le môle de Tihemboka est une ancienne ride individualisée à la fin de la phase calédonienne et qui était restée une zone haute permanente pendant tout le Paléozoïque.

- Le Monoclinal d'Illizi

Les deux zones hautes de Tin Fouyé et de Tihemboka sont séparées par le monoclinal d'Illizi. Il s'agit d'une demi-dépression plate dissymétrique, inclinée vers le nord. Sa limite sud, au pied du Hoggar reste conventionnelle.

- L'axe de Fadnoun

C'est la limite entre le môle de Tihemboka et la dépression centrale d'Illizi. Du Sud-Ouest vers le Nord-Est, il se suit sur **300 km** du Hoggar à l'erg Bourarhet ou il se subdivise en deux branches : l'une allant vers le Nord-Est (Zarzaïtine), l'autre vers Nord-Nord-Est (plus complexe) jusqu'aux environs d'Alrar vers le Nord. Il s'agit d'une ancienne faille majeure d'orientation NNE qui a rejoué plusieurs fois durant le Paléozoïque et même plus récemment. Tout le long de cet accident et de ses prolongements sont associés des structures secondaires (anticlinaux, zones hautes..) : structures de Tiguentourine, d'Ohanet, dôme à Collenias, Stah et de Zarzaïtine.

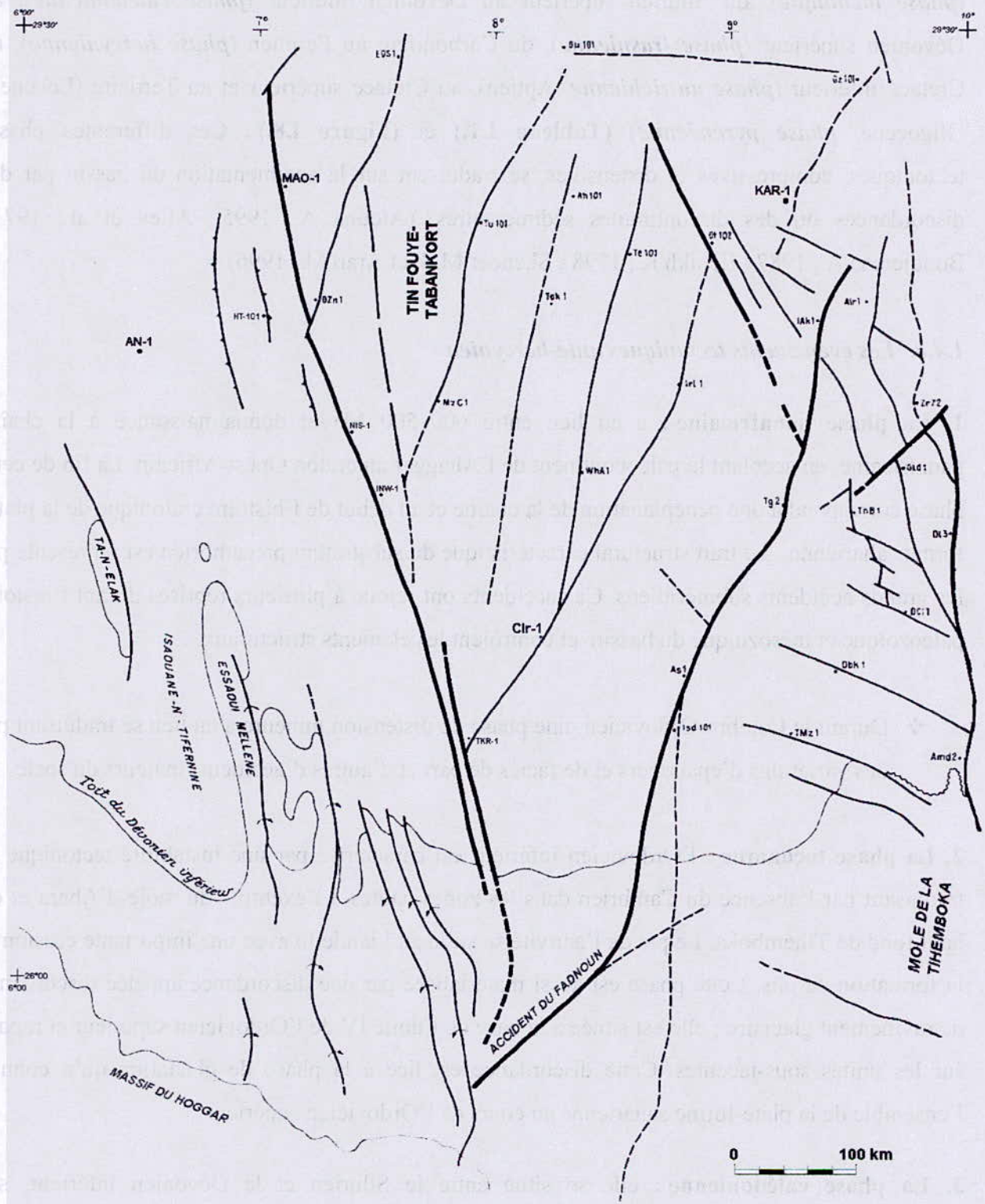
- ❖ Notons enfin que les limites du bassin d'Illizi sont représentées par *le môle d'Ahara*, ancienne zone haute constituant la limite septentrionale du bassin et *l'axe d'Essaoui-Mellène*, de forme allongée, se présente comme la limite entre le bassin d'Illizi et la région d'Amguid El Biod à l'Ouest.

I.3.2. Les failles (Aiouna A., 1995; BHP Petroleum Algérie, 1998 ; Robertson/Sonatrach, 2000) (Figure 1.7)

Les plus importantes failles du bassin d'Illizi, d'orientation méridienne, n'apparaissent que sur les marges est et ouest du bassin, contre les môles de Tihemboka et d'Amguid respectivement.

Dans le reste du bassin, les principales failles montrent deux orientations dominantes : NNE-SSW (probablement d'ancienne faille paléozoïque) et NNW-SSE (d'origine hercynienne ou autrichienne). Au Nord du bassin et sur le môle d'Ahara, apparaissent quelques failles alignées d'orientation E-W (d'origine mésozoïque probable). Les failles du bassin d'Illizi semblent être l'expression superficielle des mouvements le long des grandes fractures du socle précambrien. Notons enfin que la plupart des failles du bassin s'amortissent en évoluant en flexures dans les calcaires du Carbonifère supérieur.

Figure 1.7 : SCHEMA STRUCTURAL DU BASSIN D'ILLIZI



I.4. EVOLUTION GEODYNAMIQUE DU BASSIN

Les principaux événements tectoniques qui ont affecté le bassin d'Ilizi ont eu lieu durant le Précambrien terminal - Cambrien inférieur (*événement panafricain*), à l'Ordovicien supérieur (*phase taconique*), du Silurien supérieur au Dévonien inférieur (*phase calédonienne*), au Dévonien supérieur (*phase frasnienne*), du Carbonifère au Permien (*phase hercynienne*), au Crétacé inférieur (*phase autrichienne*, Aptien), au Crétacé supérieur et au Tertiaire (Eocène à Oligocène, *phase pyrénéenne*) (Tableau I.1.) et (Figure I.8.). Ces différentes phases tectoniques, compressives et distensives, se traduisent sur la sédimentation du bassin par des discordances ou des discontinuités sédimentaires. (Aiouna A., 1995 ; Aliev et al., 1971 ; Boudjemaa A., 1987 ; Echikh K., 1998 ; Skender M.S. et Arab M., 1996)

1.4.a. Les événements tectoniques anté-hercynien

1. La phase panafricaine : a eu lieu entre 600–500 Ma et donna naissance à la chaîne panafricaine, en accolant le paléocontinent de l'Ahaggar au craton Ouest-Africain. La fin de cette phase correspond à une pénéplanation de la chaîne et au début de l'histoire cratonique de la plate-forme saharienne. Le trait structural caractéristique du substratum précambrien est représenté par les grands accidents subméridiens. Ces accidents ont joué à plusieurs reprises durant l'histoire paléozoïque et mésozoïque du bassin et contrôlent les éléments structuraux.

- ❖ Durant le Cambro-Ordovicien, une phase de distension mineure a eu lieu se traduisant par des variations d'épaisseurs et de faciès de part et d'autres d'accidents majeurs du socle.

2. La phase taconique : l'Ordovicien inférieur est caractérisé par une instabilité tectonique se traduisant par l'absence du Cambrien dans les zones hautes à l'exemple du môle d'Ahara et du haut fond de Tihemboka. Le pic de l'activité se situe au Llandeilo avec une importante érosion et la formation de plis. Cette phase est aussi matérialisée par une discordance appelée discordance de ravinement glaciaire ; elle est située à la base de l'unité IV de l'Ordovicien supérieur et repose sur les unités sous-jacentes. Cette discordance est liée à la phase de glaciation qu'a connue l'ensemble de la plate-forme saharienne au cours de l'Ordovicien supérieur.

3. La phase calédonienne : elle se situe entre le Silurien et le Dévonien inférieur, ses manifestations sont observées au niveau du môle d'Ahara et du haut fond de Tihemboka, où cette phase a joué un rôle primordial dans leur mise en place. Des discordances et une importante

érosion est observée durant cette période le long de ces zones hautes. C'est durant cette phase que le bassin d'Illizi s'est individualisé. On observe aussi une érosion et une interruption de la sédimentation dévonienne le long de l'axe de Fadnoun.

4. La phase frasnienne : considérée comme une phase calédonienne tardive, elle se traduit par un non dépôt de sédiments et une érosion profonde au niveau du môle d'Ahara (discordance frasnienne).

1.4.b. Evénements tectoniques du cycle hercynien

Deux phases tectoniques majeures ont eu lieu durant le Carbonifère, représentant les mouvements tectoniques hercyniens qui terminent le cycle sédimentaire du Paléozoïque du bassin d'Illizi. Il s'agit de :

1. La phase N 40° d'âge Viséen (Mouvements hercyniens précoces)

C'est une phase compressive ayant créé des structures NO-SE le long des accidents subméridiens et des plis en échelons. Elle se traduit également par une érosion partielle des sédiments du Tournaisien-Viséen inférieur dans certaines structures locales du haut fond de Tihemboka.

2. La phase N 120° d'âge Permien (Mouvement hercynien majeur)

Elle correspond à une nouvelle phase compressive majeure, d'orientation NO-SE (120° N). Parmi les manifestations de cette phase citons : les importantes variations d'épaisseur au niveau du Westphalien argilo-calcaire et calcaire sur la structure d'Edjeleh. La série de Tiguentourine d'âge Stéphanien (Argiles rouges, gypses) est surmontée en discordance par la série de Zarzaïtine du Trias supérieur. A l'aplomb du môle de Tihemboka, on retiendra l'amincissement du Carbonifère sur l'axe d'Edjeleh-Zarzaïtine et la discordance Hercynienne entre le Namurien et le Westphalien. Notons enfin que les accidents NE-SW rattachés au trend du Fadnoun jouent en inverse durant cette phase.










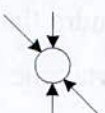
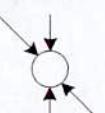

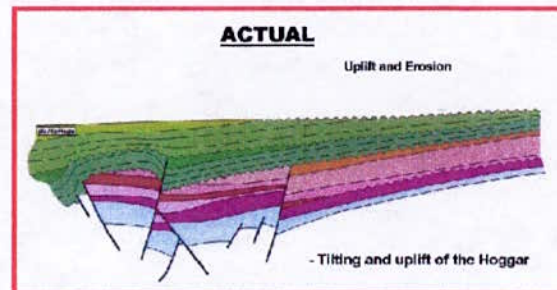
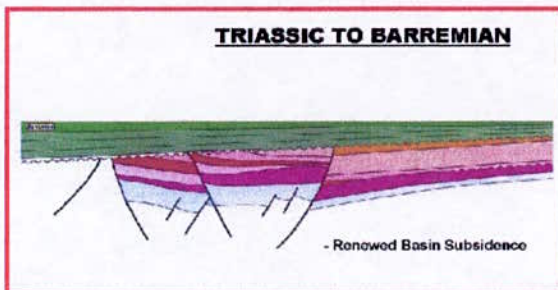
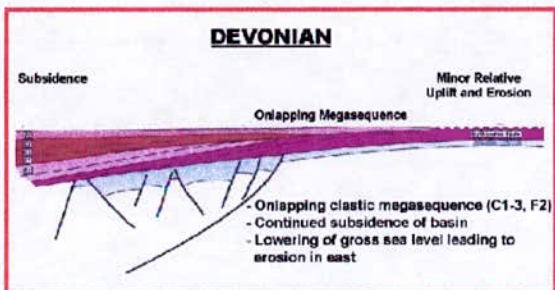
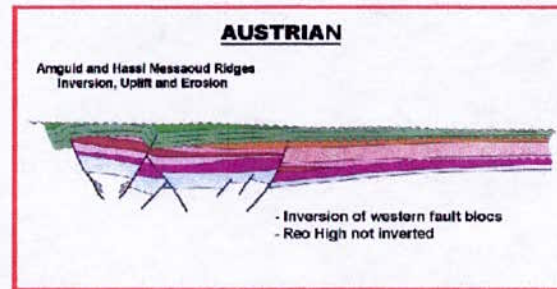
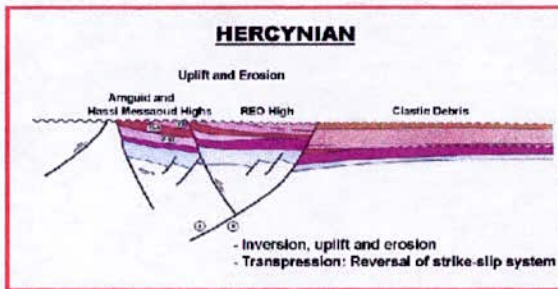
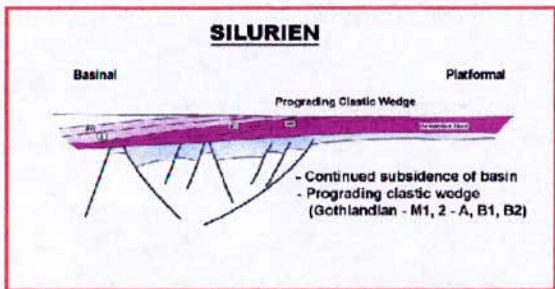
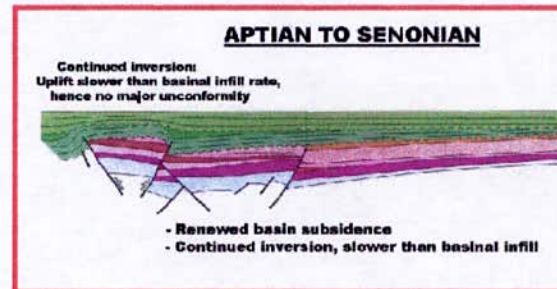
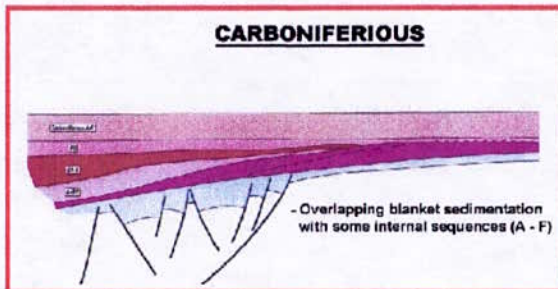
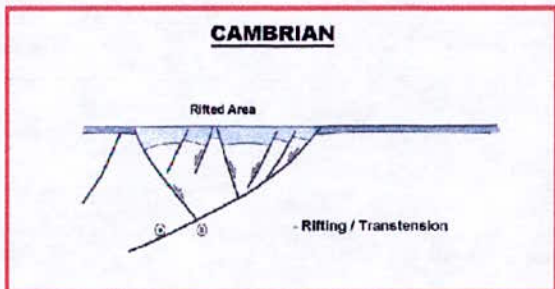
PERIODE MAX D'ACTIVITE	DIRECTION DE LA CONTRAINTE	EFFET SUR LE SYSTEM FAILLES	EFFET SUR LA SEDIMENTATION
PANAFRICAINE	E-W 	Tectonique cassante créant des failles et des fractures conjuguées NW-SE & NE-SW.	Compartimentage du Craton du Sahara central.
CAMBRO-ORDOVICIENNE	NW-SE 	Mouvement normal le long des failles N-S.	Les variations de l'épaisseur sont contrôlées par la faille. Basculement NW de la plate-forme saharienne volcanisme.
TACONIQUE (Caradoc-Ashgilien)	E-W 	Mouvement inverse le long des failles N-S résultant. Formation des structures N-S.	Soulèvement des boucliers, Reguibat et Touareg.
CALEDONIENNE (Silur-Devonien)	E-W 	Mouvement inverse ou décrochant le long des failles N-S.	<u>Erosion le long des zones hautes d'orientation N-S & E-W (Tihemboka . Ahara).</u>
FRASNIEN	NW-SE 	Mouvement normal le long des failles NE-SW.	<u>Non-dépôt et érosion locale (Mole d'Ahara).</u> Volcanisme.
WISEEN (Hercynienne précoce)	N 40° 	Mouvement inverse ou décrochant le long des failles N-S. Début de formation de la chaîne varisque.	<u>Erosion sur Tihemboka</u> et soulèvement de l'Ohgarta.
CARBONIFERE SUP A PERMIEN (Hercynienne principale)	N 120° 	Mouvement inverse ou décrochant le long des failles NE-SW (résultat de la formation de la Pangée).	Erosion sur les axes NE-SW.
RIFTING TRIAS-LIAS (Dislocation de la pangée)	NW-SE 	Réactivation des failles NE-SW se terminant au TAGS et S4.	Contrôle de la sédimentation par les failles entraînant une variation rapide d'épaisseur le long des failles NE-SW.
CRETACE INFERIEUR (Autrichienne)	E-W 	Réactivation des décrochements des failles N-S & NE-SW résultant du mouvement différentiel de la plaque européenne et de la plaque africaine.	<u>Erosion des sédiments du Crétacé sous l'Aptien (l'Arche d'El Biod & Illizi).</u> Effet léger sur le bassin de Berkine.
EOCENE (pyrénéenne)	N-S & NW-SE 	Début de chevauchement au nord résultant de la convergence de la plaque européenne. Décrochement de la faille S. Atlas.	
MIOCENE	NW-SE & N-S 	Episode de compression majeur dans le domaine atlasique.	Sédimentation prédominante de flyshs au Nord.
POST-VILLAFRANCHIEN (Alpine)	N-S 	Basculement et inversions de blocs. Période finale de compression dans le domaine atlasique. Evénement majeur de collision.	Soulèvement du Hoggar. Basculement du bloc d'El Borma.

Tableau. I-1 : Phases tectoniques majeures.
(D'après Boudiamâ, 1987)

Figure. I-8:

Model systématique de l'évolution structural du Bassin d'Illizi (Document Sonatrach)



I.4.c. Événements tectoniques post-hercyniens (Mésozoïque et Cénozoïque)

- ❖ Au Trias supérieur – Jurassique inférieur, une importante phase de distension liée au rifting de la Téthys et à l'ouverture de l'Atlantique Central a affecté une importante partie de la plate-forme saharienne se traduisant par de vastes épanchements de roches volcaniques (Nord-Ouest du bassin de Berkine, Bassin de Oued Mya..) et la mise en place de sills dans les bassins de Reggane et de Tindouf. Une importante sédimentation évaporitique a accompagné cette phase dans les bassins du Nord Sahara. Par contre, cette phase ne s'est pas manifestée dans le bassin d'Illizi mise à part des phénomènes d'épaississement et de variations de faciès dans le Trias supérieur de Tiguentourine. La région est restée relativement calme du Stéphanien au Barrémien. La phase tectonique suivante a eu lieu à la fin du Barrémien, connue sous le nom de phase autrichienne.

1. Phase autrichienne N 90° d'âge Crétacé inférieur

C'est une phase compressive de direction N 90° qui a fait rejouer en inverse toutes les failles subméridiennes et certaines failles NE-SW et a conduit à des jeux verticaux le long desquels ont pris naissance des structures importantes. Cette phase a induit la formation d'une grande partie des pièges pétroliers. Elle a surtout affecté les axes de Tihemboka, de l'Essaoui-Mellène et d'Amguid. La fin de cette phase est soulignée par une importante érosion sur l'ensemble du bassin.

2. Phase atlasique N 160° d'âge Eocène moyen

C'est une phase compressive où les accidents du socle ont joué en décrochements sénestres. Elle a créé des structures souples et simples et/ou associées à des failles inverses au niveau de la couverture Crétacé-Eocène.

3. Phase N 50°-N 60° d'âge Oligocène

C'est une phase compressive se traduisant par des mouvements des grands accidents subméridiens qui seront à l'origine de nombreux plis affectant le Crétacé supérieur et le Paléocène du Tinrhert.

I. 5. LE SYSTEME PETROLIER DU BASSIN D'ILLIZI :

D'après les études effectuées par Tissot et al. (1974), il apparaît que la genèse des hydrocarbures dans le bassin d'Ilizi peut être liée à deux cycles de subsidence au cours du Paléozoïque puis du Mésozoïque.

Les conditions d'enfouissement et la quantité de la matière organique étaient beaucoup plus favorables au Paléozoïque où les hydrocarbures seraient probablement générés dans tout le bassin d'Ilizi (BEICIP, 1975). Par contre, au Mésozoïque, les conditions d'enfouissement étaient moins bonnes, ce qui s'est traduit par une très faible épaisseur.

La Figure I-9 résume les principaux éléments du système pétrolier du bassin d'Ilizi.

I.5.a. Roches mères

Une roche mère est un sédiment renfermant une certaine quantité de matière organique, ayant donné des quantités appréciables d'hydrocarbures.

- Les études géochimiques effectuées dans la région (Tissot B. et al., 1974), ont montré que les principales argiles du Paléozoïque génératrices d'hydrocarbures sont :
 - Les argiles du Silurien inférieur qui ont généré des huiles piégées dans les réservoirs Ordoviciens.
 - Les argiles intercalées dans la série du Silurien - Dévonien inférieur, qui auraient alimenté les réservoirs du Dévonien inférieur – Silurien supérieur (F4, F6).
 - Les argiles du Dévonien moyen à supérieur (Frasnien-Fammenien) qui auraient généré les huiles du Carbonifère, du Dévonien moyen et supérieur.
 - Des études plus récentes ont montré que les argiles de l'Ordovicien (Llandeilo-Llanvirn) auraient alimenté les réservoirs ordoviciens.
 - A l'échelle du bassin d'Ilizi, la maturation de la matière organique silurienne, diffère d'une région à une autre. Dans la partie sud-orientale, la matière organique est en phase à gaz (Tissot et al., 1974).

I.5.b. Roches réservoirs

Une roche réservoir est une roche qui présente des vides reliés entre eux, et qui est capable de renfermer et de laisser circuler les hydrocarbures. La qualité du réservoir est conditionnée par les caractéristiques pétrophysiques (porosité et perméabilité K) et leur évolution au cours du temps (diagenèse).

- Les principales roches réservoirs du bassin d'Illizi sont les grès du Dévonien et du Silurien. Il s'agit des membres F2 (sommet du Dévonien), F4 et F6 (Dévonien inférieur – Silurien supérieur). Les autres réservoirs connus sont ceux du Cambro-Ordovicien (unités III-2 et IV-3), et du Carbonifère inférieur (membres B et D) (voir paragraphe stratigraphie et figure I.4).

I.5.c. Roches couvertures

La préservation et l'accumulation des hydrocarbures au niveau du réservoir, ne peut se faire que par la présence d'obstacles (ou roche couverture), empêchant le déplacement des hydrocarbures qui ont tendance à remonter vers la surface du fait de leur faible densité.

- Dans le bassin d'Illizi, tous les réservoirs sont séparés les uns des autres par des séries argileuses, le problème de couverture ne se pose donc pas. Les roches couvertures des réservoirs sont les argiles du Silurien, du Dévonien et du Carbonifère.
 - Les réservoirs cambro-ordoviciens sont protégés par les argiles du Silurien argileux.
 - Les réservoirs F6 sont couverts par les argiles du Dévonien inférieur et supérieur (par endroits).
 - Pour les réservoirs F3, F4 et F5, la couverture est assurée par les argiles du Dévonien moyen et supérieur.
 - Pour les réservoirs carbonifères et F2, la couverture est assurée par les argiles du Carbonifère.

I.5.d. Les pièges

On appelle piège, toute zone limitée par une barrière empêchant les flux d'hydrocarbures de s'accumuler en amont. Ainsi, le piège permet l'accumulation de gaz ou d'huile dans sa partie

supérieure et constitue donc un gisement.

Nous distinguons 3 grands types de pièges :

1. Les pièges stratigraphiques : ils sont représentés essentiellement par des variations de faciès, des variations des caractères pétrophysiques, des biseaux et des discordances.

2. Les pièges structuraux : ils sont associés à des déformations de couches sédimentaires, soit par plissement (anticlinaux, dômes), soit par des failles, soit par les deux conjugués.

3. Les pièges mixtes : ils sont à la fois structuraux et stratigraphiques, comme c'est le cas des pièges contre faille.

- La majorité des pièges qui existent dans le bassin d'Illizi, **sont d'ordre structural**. Cependant, les nombreux biseautages qui se situent à différents niveaux des réservoirs, peuvent constituer d'importants pièges stratigraphiques. En plus le changement très fréquent des faciès et des caractéristiques pétrophysiques de l'Unité IV-3, peut engendrer des barrières de perméabilité.

I.5.e. Histoire de génération des hydrocarbures

Le bassin d'Illizi a été le siège de deux cycles principaux de subsidence des roches mères paléozoïques, durant lesquels il y a eu génération d'hydrocarbures (Tissot et al., 1974) :

- Un cycle paléozoïque qui s'est achevé au Carbonifère supérieur et qui est important au Nord et au Sud-Ouest du bassin. Durant ce cycle, il y a eu surtout génération d'huile et peu de gaz.
- Le deuxième cycle d'enfouissement a commencé au Trias et s'est achevé au Crétacé. Il est surtout important dans la partie Nord-Est du bassin. Ce cycle est marqué surtout par la production de grandes quantités de gaz (Alrar, In Aménas, Zarzaitine, Irlalène).

Province Name: Illizi Basin (2056)

TPS Name: Tanezzuft-Illizi (205601)

Author(s): Timothy R. Klett

Date: 11-15-98

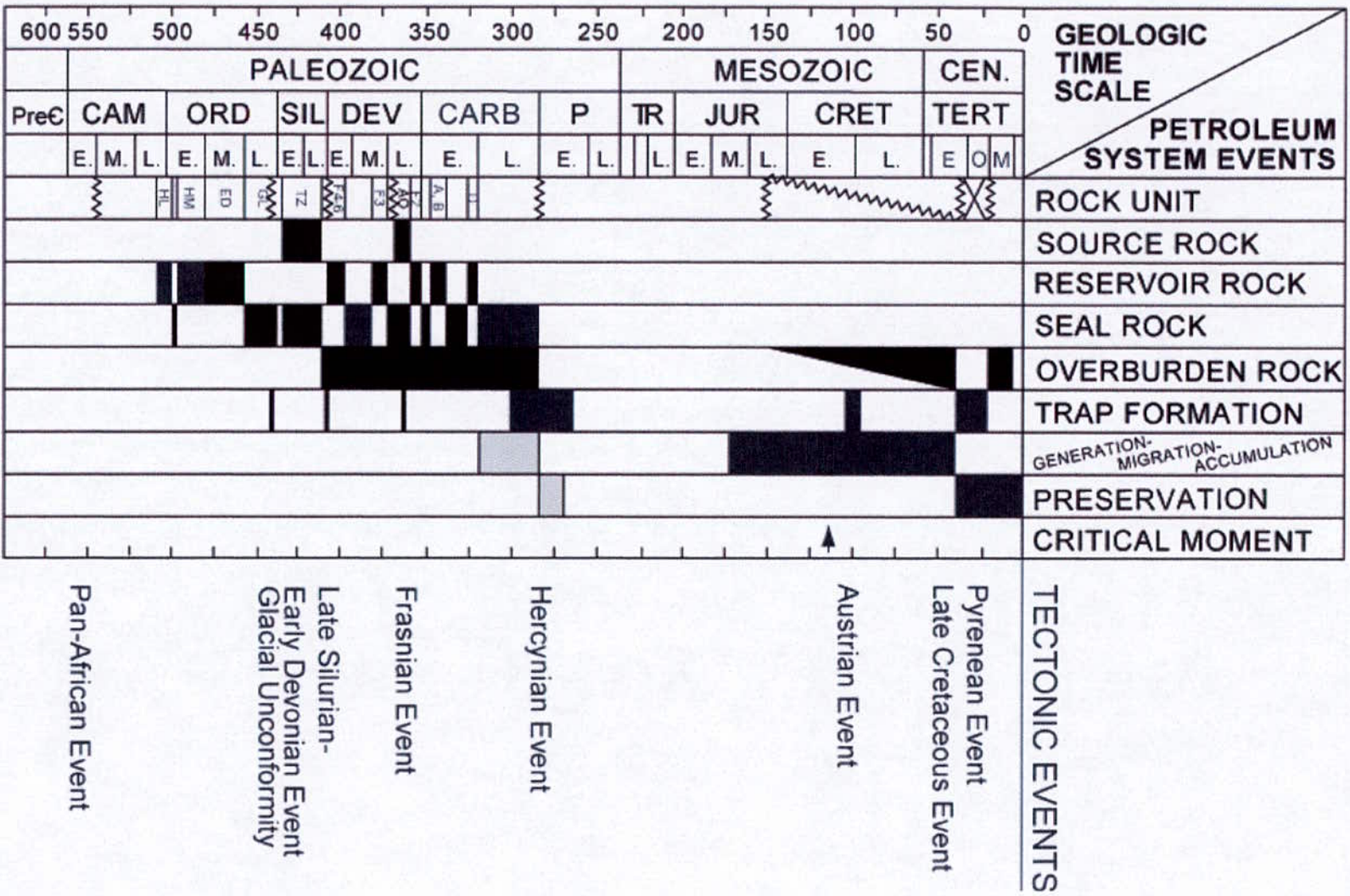


Figure 1.9. Système pétrolier du bassin d'Illizi (d'après Klett T.R., 2000)

II

Le Magmatisme du Bassin D'Ilizi

II. 1. DISTRIBUTION ET NATURE DES ROCHES MAGMATIQUES DU BASSIN D'ILLIZI

II.1.a. Distribution des roches magmatiques dans le bassin d'Ilizi

Les roches éruptives rencontrées par sondage dans le bassin d'Ilizi sont réparties d'une façon différente dans l'espace. Elles se trouvent à des niveaux stratigraphiques différents, de l'Ordovicien jusqu'au Silurien argilo-gréseux.

Les régions où se manifestent ces intrusions magmatiques sont (Figure. II-1) :

1- La Région de TINRHERT

- Stah ; Mereksen ; Dimeta Ouest.

2- La Région d'ISSAOUAN

- Thigaline.

3- La Région de BORDJ OMAR DRISS

- Zemlet el Medarba ; Gerboise ; Oudat ; Ouan Tarat ; Oudian.

Dans certains sondages, ces roches magmatiques se rencontrent en intrusion dans un seul niveau stratigraphique : l'Ordovicien ou le Silurien. Dans d'autres sondages, on les trouve dans l'Ordovicien et le Silurien (Figure. II-2). Les épaisseurs des roches magmatiques sont variables, avec un maximum de **169 m** traversées par le sondage **ODN-2** et une épaisseur minimale de **3,5 m** traversées par le sondage **ODT-1** (Tableau. II-1).

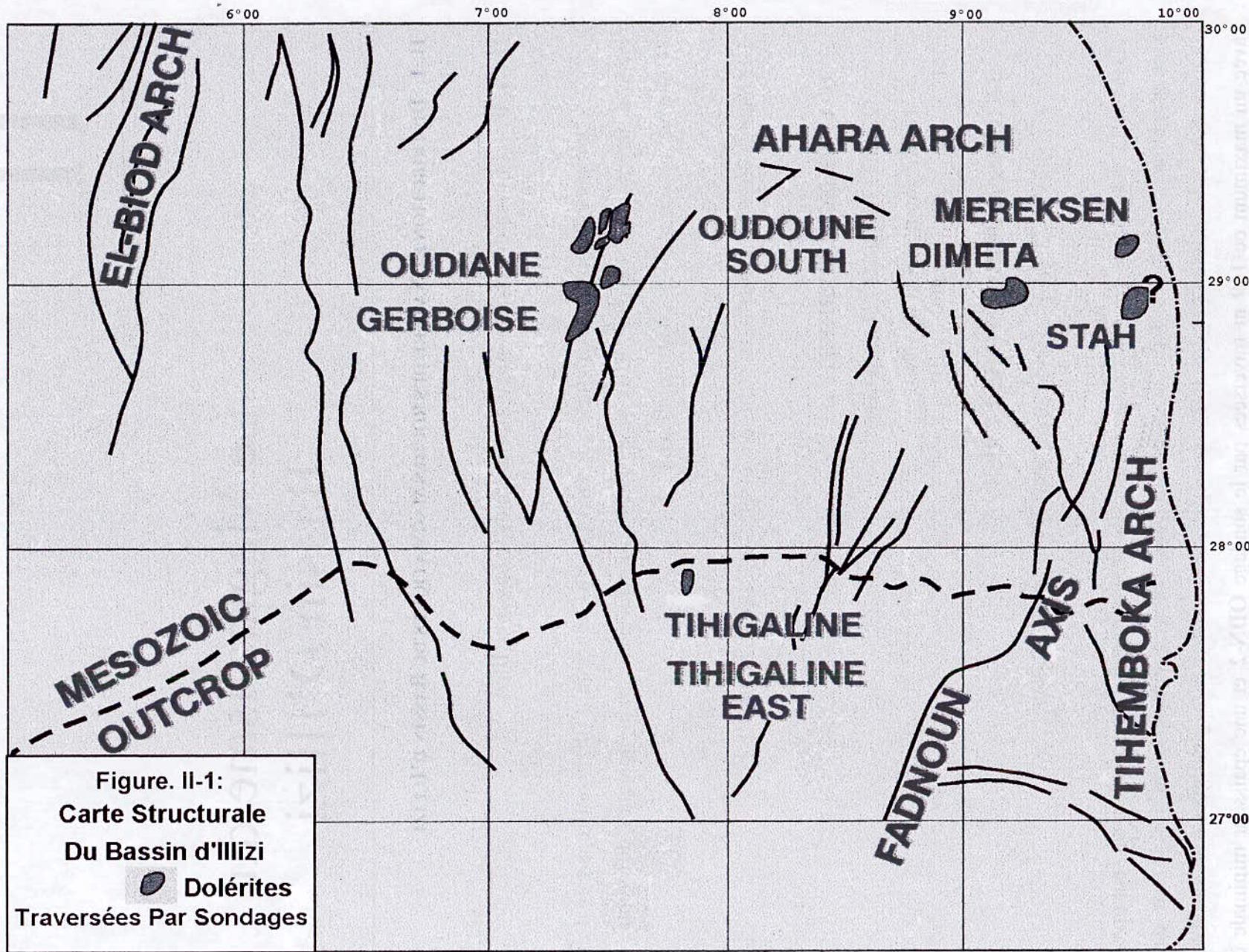


Figure. II-1:
 Carte Structurale
 Du Bassin d'Illizi
 ● Dolerites
 Traversées Par Sondages

Modifiée par : M^{lle} S. BENTAALLA (Document Sonatrach)

**Tableau. II-1 : TABLEAU SYNOPTIQUE DE DISTRIBUTION DES
ROCHES ERUPTIVES DANS LE BASSIN D'ILLIZI**

Sondage	Nom	Bloc	Coordonnées UTM (Km)		Z (m)	Cotes absolues (m)		Ep (m)		Position de l'intrusion	Roches sous-jacentes / sus-jacentes	Source des données	Description lithologique
			X	Y		Top	Bottom	Total	nette				
MRK-1	Mereksen-1	244	567,725	3222,60	608,07	3659	3775	116	116	Ordovicien (Unité III-3)	Argiles/argiles	Log habillé	Dolérite fortement altéré
Sta-1 bis	Stah- 1bis	239	573,345	3199,08	674,70	3052	3179	127	127	Silurien Argileux	Argiles/argiles	Log habillé	Dolérite macro-cristalin
DIM-1	Dimeta-1	244	518,518	3200,94	612,05	2879	2930	51	43	Silurien (Unité M1)	Argiles/grès	Log habillé	Roches éruptives
DIMW-2	Dimeta Ouest	244	512,843	3201,76	615,29	2986,75	3071,25	84,5	84,5	Silurien Argileux	Argiles/argiles	Log habillé	Roches éruptives
TXA-1	Tihigaline	229	385,330	3084,92	439	2251,5	2288	36,5	30,5	Ordovicien (Unité III-3)	Argiles/grès	Log habillé	Dolérites altérés
ZM-1	Zemlet El Medarba	221	359,750	3231,17	306	2654,5	2664,5	10	8,5	Ordovicien (Unité IV)	Grès/marnes dolomitiques	Log habillé	Dolérites très altérés
GER-1	Gerboise-1	238	345,991	3200,38	329,60	2280	2320	40	26,75	Silurien argileux	Argiles/argiles	Log habillé	Roches éruptives
GER-2	Gerboise-2	238	344,181	3197,95	330,88	2207,5	2250	42,5	35,5	Silurien argileux	Grès/argiles	Log habillé	Roches éruptives
ODN-1	Oudiane-1	238	354,861	3212,73	290,26	2308	2399	91	82,75	Silurien argileux	Argiles/argiles	Log habillé	Roches éruptives altérés
						2581	2618,5	37,5	37,5	Ordovicien (Unité III-3)	Argiles/grès	Log habillé	Roches éruptives
ODN-2	Oudiane-2	238	353,221	3208,17	351,39	2376,5	2403	26,5	26,5	Silurien argileux	Grès/argiles	Log habillé	Roches éruptives
						2430	2683	253	117	Ordovicien (Unités IV-2 et III-3)	Argiles/grès	Log habillé	Roches éruptives
OTR-1	Ouan Tarat	238	340,457	3205,75	292,91	2265	2435,5	170,5	169	Silurien argileux	Argiles/argiles	Log habillé	Roches volcaniques ?
						2446	2663	217	36	Ordovicien (Unités IV-3 et III-3)	Argiles/argiles	Log habillé	Roches volcaniques altérés ?
ODT-1	Oudat	238	341,973	3192,26	341,74	2290	2293,5	3,5	3,5	Silurien argileux	Argiles/argiles	Log habillé	Roches volcaniques altérés ?
IAJS-1	-----	221	351,4	3233,5	291,21	2620	2670	50	50	Silurien Argileux	Argiles/argiles	Log habillé	Roches intrusives

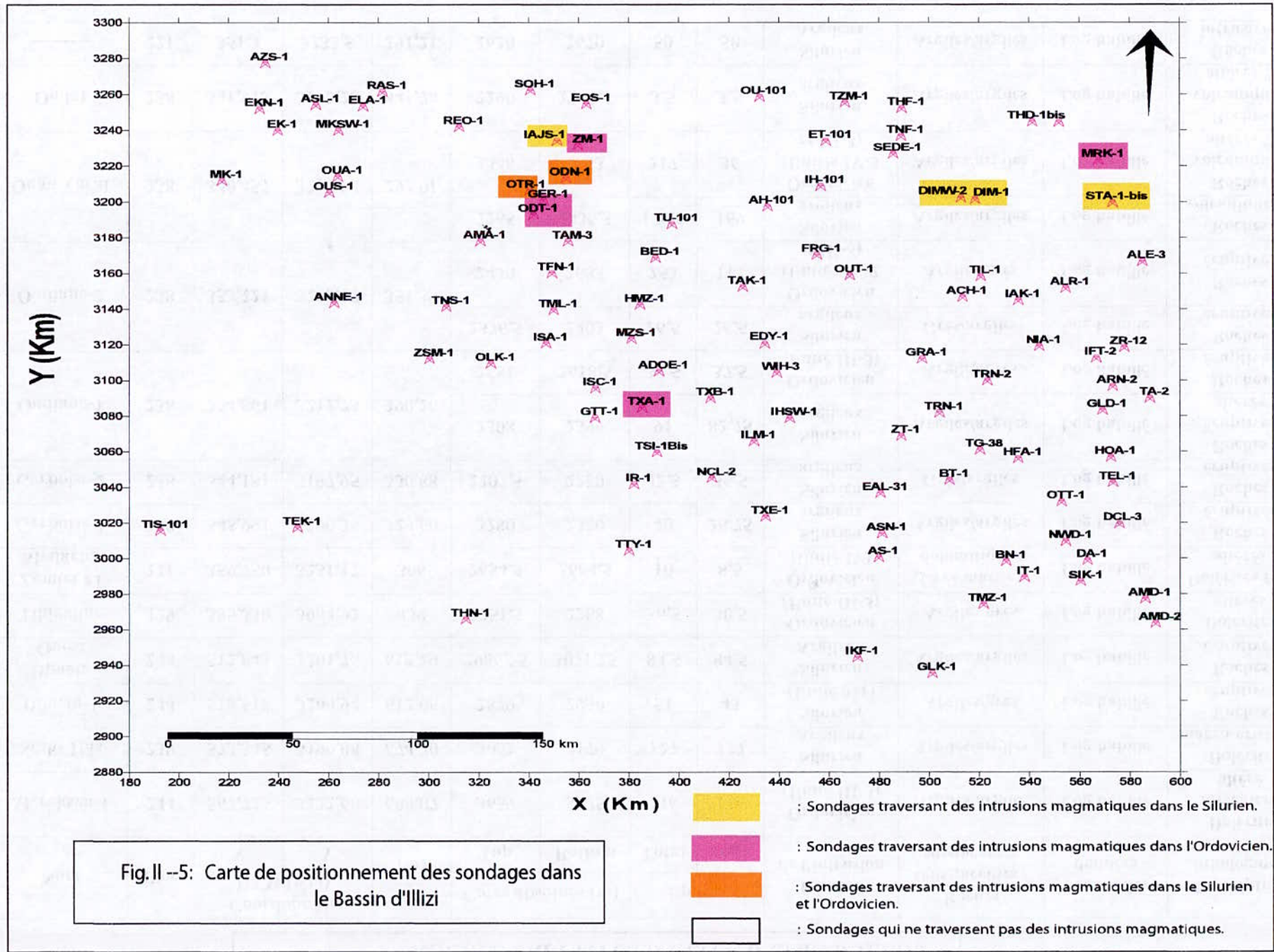


Fig. II --5: Carte de positionnement des sondages dans le Bassin d'Illizi

II.1.b. Nature Pétrographique des roches magmatiques

Pour la détermination de la nature pétrographique des roches magmatiques du bassin d'Illizi, on s'est basé sur :

- la description macroscopique de ces roches donnée par les logs habillés, les rapports de fin de sondage et les descriptions de carottes.
- les études pétrographiques sur lames minces réalisées par d'autres auteurs.
- des analyses de laboratoires (essentiellement la diffraction des rayons X) effectués sur ces roches par d'autres auteurs.
- l'étude des lames minces au microscope pétrographique. Ces lames minces ont été effectuées sur des carottes de sondages et des cuttings et sont disponibles au niveau du Laboratoire de pétrographie du Département de Sédimentologie, CRD Sonatrach de Boumerdès.

Dans ce qui suit, on donnera une description détaillée des roches magmatiques des 13 sondages ayant rencontré les intrusions du bassin d'Illizi. On utilisera pour cela toutes les descriptions existantes. Les roches magmatiques qui ont fait l'objet d'une étude de lames minces sont celles rencontrées dans les puits : **MRK-1, ZM-1 et GER-1**. Les lames minces des roches des autres sondages n'existent pas au niveau du laboratoire du CRD de Boumerdès.

1- Les roches magmatiques de la région de TINRHERT

Dans cette région quatre sondages ont traversé des roches éruptives interstratifiées dans l'Ordovicien et le Silurien. Les épaisseurs varient de 43 m au minimum à 127 m au maximum.

1.1. Région de Stah

Il y a un seul sondage ayant traversé des roches éruptives : **STA-1bis**.

Ce forage a rencontré une série importante de roches magmatiques épaisse de 127m dans la partie sommitale du Silurien argileux.

Cet intervalle a été échantillonné par la carotte 31 dont les côtes sont : **3094,6 à 3095,6m** ;

Ce niveau a été décrit comme suit:

« Dolérite macrocristalline à cristaux automorphes, transparents à laiteux, assez dure, essentiellement constituée de feldspaths souvent déformés par contraintes, et avec traces de séricitisation. Matrice de chlorite, quartz et petits feldspaths néoformés, sphène abondant et associé à de l'ilménite, traces d'apatite, de pyrite et de carbonates. Cette roche est remarquable par l'absence de ferromagnésiens » (Rapport de fin de Sondage Sta-1bis).

Une détermination pétrographique plus précise a été réalisée au Laboratoire Central de Talence par TOTAL ALGERIE sur un échantillon de la carotte 31. La description donnée est la suivante (Thouvenin J., 1975) :

- « Roche volcanique ? leucocrate à structure microlitique fortement doléritique, formé de :
- **Plagioclase calcique** ($An > 50$) (85 %) : en lattes automorphes à subautomorphes, maclé, polysynthétique ou carlsbad, montrant une altération faible à moyenne avec séricite et calcite.
 - **Amphibole aciculaire**, automorphe (5 %) à l'état résiduel de fantôme formé de sphène dominant, chlorite, quartz, granules opaques en périphérie ; il s'agit probablement de Kaersutite, minéral riche en calcium et titane (concentrés au niveau du sphène).
 - **Quartz intersticiel** en gros cristaux xénomorphes apparus en fin de cristallisation (5%).
 - **Sphène** en petits cristaux automorphes, craquelés, comme minéral primaire dans cette roche, mais aussi secondaire comme produit d'altération des amphiboles. Sa présence est symptomatique d'une forte teneur en Ca (3%).
 - **Chlorite** en fins cristaux clairs, enchevêtrés, localisés dans des poches ayant un aspect soyeux (2 %) ».

L'auteur de cette description indique que cette roche est une *andésite*.

Les lames minces de cette roche n'existent pas au niveau du laboratoire du CRD à Boumerdès, ce qui ne m'a pas permis d'en faire une description.

Des photographies de lames minces de cette roche sont par ailleurs disponibles dans le mémoire de Sahli M., (2000).

Par ailleurs, une seconde étude pétrographique sur un échantillon de roche magmatique du sondage de STA-1bis (3094,6 m) réalisée par Petro-Canada (1995) donne des conclusions différentes. La roche est décrite de la manière suivante :

« Roche holocristalline, à grains fins à grossiers, texture porphyritique, les minéraux primaires étant composés essentiellement de plagioclases (entièrement albitisés) (45-70 %), d'ilménite (< 5 %) et d'apatite (trace). Les autres minéraux primaires ont été altérés. Les minéraux d'altérations sont : l'albite, la chlorite (10-15 %), le feldspath alcalin, le quartz et les carbonates. La roche a subi une altération hydrothermale de faible température.

Notons qu'un filonnet de basalte à grains fins de 6 mm de largeur traverse la roche ».

Les auteurs de cette description indiquent que la roche est une dolérite altérée riche en albite et chlorite (pour 80 % de la roche) recoupée par un filonnet de basalte altéré à chlorite (grains fins).

1.2. Région de Mereksen

Il y a un seul sondage ayant traversé des roches éruptives : **MRK-1**.

Ce forage a rencontré une série importante des roches éruptives épaisse de 116m dans la partie basale de l'Ordovicien (Unité III-3), entre les côtes **3659 m** et **3775 m**. Cet intervalle comprend deux carottes : les carottes 37 et 38 ayant respectivement les côtes **3665,75 – 3672 m** et **3729,2 – 3738,2 m**. Elles ont été décrites sur le chantier comme étant (Rapport de fin de sondages MRK-1) :

« Dolérites fortement altérées à couleur dominante verdâtre, tachetée de noir due principalement à l'abondance de chlorite. Cristallisation assez bonne avec présence d'une fraction pâteuse. Présence de baguettes noires de minéraux ferromagnésiens et de minéraux filiformes, des minéraux allongés sans direction préférentielle. Texture massive.

Composition minéralogique : Feldspaths essentiellement plagioclases basiques (Andésine, Labrador) à macles d'albite ; quartz ; chlorite ; calcite ; sidérite ; sphène ; apatite ; pyrite. »

Un échantillon de roche de la carotte 38 a été confié au Laboratoire Central de Talence (Total ALGERIE) pour analyse.

La description pétrographique faite sur l'échantillon prélevé à 3729,20 m est la suivante (Thouvenin J., 1975) :

« Il s'agit d'une roche éruptive à structure gremue, à tendance doléritique, méso à leucocrate, formé de

- **Plagioclase** (An 55), en lattes automorphes, maclé, zoné, fréquemment altéré en un mélange de séricite-illite, calcite et chlorite (75 %)
- **Sanidine** : en cristaux sub automorphes, non maclés, souvent très altérés (5 %)
- **Magnétite-Titanomagnétite** : en gros cristaux automorphes partiellement altérés en leucoxène, caverneux, renfermant de nombreuses inclusions de feldspath et apatite (5 %)
- **Quartz secondaire** en plages xénomorphes, mal cristallisé (5 à 10 %). Les vides restant entre les plagioclases sont remplis de chlorite vert clair représentant le produit d'altération de la mésostase.

La composition minéralogique de cette roche permet de déterminer une roche gabbro-doléritique à quartz ».

Description des lames minces du sondage MRK-1 (Tableau II.2)

Remarque : la détermination de la nature de certains minéraux (notamment les minéraux opaques, les produits d'altération et la nature des plagioclases) est basée sur l'étude de ces roches par Petro-Canada (1995) à la microsonde et la diffraction des rayons X.

L'observation microscopique de cette roche met en évidence sa texture doléritique. Les minéraux primaires sont le plagioclase, les minéraux opaques (ilménite) et l'apatite. Les minéraux d'altération sont représentés par les carbonates, la chlorite, la séricite, le feldspath alcalin, le quartz, la biotite et la rutile.

Les plagioclases se présentent en baguettes tabulaires, automorphes à subautomorphes, très altérés en séricite et fortement albitisés. La taille de certains cristaux peut atteindre 5 mm. Ils composent plus de 50 % de la roche.

La chlorite qui peut constituer plus de 20 % de la roche remplace les minéraux ferromagnésiens (pyroxène ?). Elle est souvent associée à des minéraux opaques (rutile) et à la biotite.

Le Feldspath alcalin se présente en cristaux subautomorphes, tabulaires de 1 mm (niveau 3669,6 m).

La biotite se présente en petits cristaux subautomorphe, de couleur rouge foncé – marron, associée à la rutile et souvent transformée en chlorite.

L'ilménite se présente en phénocristaux automorphe de 1 mm, et peut composer plus de 5 % de la roche (niveau 3733, 7 m).

Les carbonates se présentent en produits d'altération dans la pâte, parfois en gros cristaux de calcite.

L'apatite se présente sous forme d'aiguilles (aciculaire) en inclusions dans les plagioclases.

Le quartz se présente sous forme de grains xénomorphes disséminés dans la pâte.

Conclusion : Etant donné la taille des plagioclases, la roche est une intrusion plutonique. Elle est très altérée. Aucun minéral primaire n'est préservé. Les plagioclases sont entièrement albitisés et sont souvent transformés en séricite. Les minéraux ferromagnésiens primaires (pyroxènes ?) ont été transformés en chlorites et carbonates. La roche est donc un ancien gabbro (dolérite) altéré à chlorite, carbonates, albites, sanidine et quartz.

Région de Dimeta Ouest

Dans cette région, deux sondages ont rencontré des roches magmatiques : DIM-1 et DIMW-2.

A **DIM-1**, l'épaisseur des roches magmatiques est de **43 m**. Elles ont été rencontrées dans le **Silurien F6 (Unité M1)**, de la côte **2879 à 2930 m**. Cet intervalle n'a pas été carotté, la roche a été décrite dans le rapport de fin de sondage comme étant une **dolérite**.

Le sondage **DIMW-2** a rencontré **84,5 m** de roches éruptives dans la partie sommitale du Silurien argileux, entre les côtes **2986,75 et 3071,25 m**. Ce niveau est traversé par les carottes 8 et 9 ayant respectivement les côtes **2996 – 3005 m et 3022 – 3031 m**.

La description de cette roche est la suivante (Rapport de fin de sondages DIMW-2) :

« Roches éruptive de couleur dominantes verdâtre, finement grenue, avec minéraux vert clair, vert sombre (chlorite, ferromagnésiens), calcite, quartz, feldspaths, plagioclases sous forme de petites baguettes blanches. Texture parfois doléritique ; nombreuses fissures subverticales ouvertes ».

Une étude pétrographique sur deux échantillons de roche magmatique du sondage DIMW-2 (côtes : 3024,85 et 2997,00 m) a été réalisée par Petro-Canada (1995). Les deux échantillons ont été décrits de la manière suivante :

DIMW-2 (3024,85 m) : *« Roche holocristalline, de couleur gris-vert, équigranulaire, à grains moyens, d'aspect gabbro-dioritique à chlorite (à l'œil nu). Les minéraux primaires en phénocristaux sont le plagioclase (70-80 %, taille : 1,75 x 0,5 mm) et l'ilménite (< 5 %). Les plagioclases sont transformés en albite. Les autres types d'altération sont la chloritisation des clinopyroxènes (la chlorite compose 15 % de la roche) et la formation de quartz et de carbonates dans la pâte. L'altération hydrothermale est due à une infiltration de fluide riche en H₂O et CO₂.*

La roche a été décrite comme étant un gabbro à pyroxène altéré à quartz, chlorite, albite et carbonate ».

DIMW-2 (2997,00 m) : « roche holocristalline, grise, équigranulaire, d'aspect gabbro-dioritique à pyroxène et chlorite. Mêmes caractéristiques que l'échantillon précédent. La roche a été décrite comme étant un gabbro à pyroxène altéré à quartz, chlorite, albite et carbonate »

2- Les roches magmatiques de la région d'ISSAOUAN :

• Région de Thigaline

Dans cette région il y a un seul sondage qui a rencontré des roches magmatiques : **TXA-1**

Ce forage a traversé une épaisseur de **30,5 m** de roches éruptives dans l'intervalle **2251,5 – 2288 m** qui se situe dans l'Unité III-3 de l'Ordovicien. Ce niveau n'a pas été carotté, la description lithologique de ce dernier faite sur chantier est la suivante (Rapport de fin de sondage TXA-1) :

« Zone d'épanchement formée par une lave vert foncé, rarement rouge, basique, très altérée (Basalte avec phénocristaux altérées d'olivine et de pyroxène). Structure micolitique. Intercalations de niveaux de grès quartzite blancs, anisométriques à éléments arrondis à subarrondis ».

3- Les roches magmatiques de la région de BORDJ OMAR DRISS :

Dans cette région il y a 8 sondages qui ont traversé des roches intrusives : ZM-1, GER-1, GER-2, ODT-1, OTR-1, ODN-1, ODN-2, et IAJS-1.

3.1. Région de Zemlet el Medarba

Dans cette région 2 sondages traversent des roches magmatiques : **ZM-1** et **IAJS-1**

Le sondage **ZM-1** a rencontré **8,5 m** de roches éruptives au toit de l'Ordovicien de la côte **2654,5 à 2664,5 m**. Cet intervalle existe au sommet de la **Carotte N° 13** qui s'étend de la côte

2657 à 2675,5 m. La description donnée à cette roche est la suivante (Rapport de fin de sondage ZM-1) :

« Dolérite altérée et brèches à gros blocs de grès à ciment d'argile recuite ».

Description des lames minces du sondage ZM-1 (Tableau II.3)

Au microscope, la roche présente une texture microdoléritique porphyrique. Elle est composée essentiellement de plagioclases (en microlites et en phénocristaux), de minéraux argileux et de carbonates.

Les plagioclases (50 % de la roche) se présentent en microlites dans la pâte. Les lattes s'appuient les unes contre les autres et sont souvent très altérées en séricite et en carbonates. Les phénocristaux, subautomorphes, peuvent atteindre la taille de 5 mm. Ils sont entièrement albitisés et transformés en carbonates (dolomites) et produits argileux et zéolites.

Les produits argileux et zéolites sont très abondants (20 % de la roche) et se présentent sous formes de grains arrondis de couleur marron disséminés dans la roche.

Les carbonates essentiellement de la dolomite composent 10 à 20 % de la roche. Ils remplacent souvent les phénocristaux de plagioclases et remplissent la pâte. Ils sont souvent associés aux argiles.

Conclusion : Etant donné sa texture porphyrique, on aura tendance à penser que la roche est d'origine volcanique (ancien basalte). Il pourrait en fait s'agir d'une microdolérite qu'on rencontre dans les bordures de dykes ou dans les masses intrusives peu puissantes. En effet, l'intrusion du sondage ZM-1 ne dépasse pas 8 m d'épaisseur. La présence de dolomite et des produits argileux et zéolites est peut être due à un mélange entre le magma et les roches encaissantes (marnes dolomitiques) (tableau II.1).

La roche est une microdolérite très altérée à albite, carbonates (dolomites) et argiles (zéolites).

Le sondage IAJS-1 a rencontré **50 m** de roches éruptives dans le Silurien argileux de la côte **2620 à 2670 m.** La **carotte N° 4** qui traverse l'éruptif et a été décrit sur chantier comme (Rapport de fin de Sondage IAJS-1) :

« Roche intrusive, texture microgrenue, composée de minéraux vert clair et foncé, gris foncé rarement gris clair et de la calcite, présence de fissures remplies par de la calcite et par une

matière argileuse ».

3.2. Région de Gerboise

Dans cette région il y a 2 sondages **GER-1** et **GER-2**

Le forage GER-1 a traversé une zone d'alternance de roches éruptives, avec des formations argilo-gréseuses dans l'intervalle **2280 – 2320 m**, situé à la base du Silurien argileux ; le faciès de ces intercalations éruptives est décrit sur les **Carottes 6** et **7** ayant respectivement les côtes **2306,5-2315,5** et **2315,5-2322,5 m**. La description sur carotte de l'intervalle précité de ces niveaux de roches éruptives est la suivante (Rapport de fin de Sondage GER-1) :

« Roche grise et gris vert d'origine volcanique, d'aspect grossièrement gréseuse dure et compacte présentant de nombreuses mouchetures (sphériques) blanchâtres, carbonatées avec fissures subverticales remplies de calcite, avec des zones localement microconglomératiques, présence de feldspaths à partir de la côte 2316,20 m , ces derniers deviennent plus riches à proximité de la côte 2319 ».

Description des lames minces du sondage GER-1 (Tableau II.4)

La roche présente au microscope une texture microdoléritique. Elle est composée de lattes de plagioclases fortement altérés. La roche se caractérise par une abondance des minéraux carbonatés (parfois plus de 50 % de la roche). La chlorite et les minéraux argileux (zéolites) sont les autres minéraux d'altération.

Les plagioclases sont entièrement albitisés et souvent transformés en séricite. Ils se présentent sous forme de microlites appuyés les uns contre les autres dans la pâte.

Les carbonates (dolomites) sont très abondants et se présentent souvent en gros cristaux de 1 mm. Ils ont du remplacer les minéraux ferromagnésiens de la roche.

La chlorite est parfois abondante dans la pâte.

Les minéraux argileux et *zéolites* se présentent sous forme d'amas globuleux de couleur marron.

Conclusion : comme pour la roche du sondage ZM-1, cette roche présente les caractéristiques d'un ancien basalte. Il peut s'agir en fait ici aussi d'une microdolérite qu'on rencontre dans les bordures d'intrusions. En effet, les lames minces étudiées proviennent d'un niveau proche du contact (2314 m, à 6 m du contact roche magmatique/encaissant).

La roche est une microdolérite très altérée à carbonates et chlorites.

Le forage **GER-2** a rencontré une série de roches éruptives d'une épaisseur nette de **35,5 m** à la base du Silurien argileux, de la côte **2207,5** à **2250 m**. Ce niveau est carotté à sa base, (CR-N° 10 et CR- N° 11) ayant pour côtes respectives : **2233,47 - 2242,47 - 2251,5 m**. La description faite sur carotte est la suivante (Rapport de fin de Sondage GER-2):

« Roches éruptives de couleur gris-vert à verte, mouchetées de points noir luisants avec reflets, elles sont micacées, vitreuses et dures et affectées par une altération (chloritisation), car elles présentent de nombreux cristaux de chlorite verte bien développée, de grain de quartz, et de cristaux de pyrite. Ce niveau est affecté par de nombreuses fissures remplies de calcite, de pyrite ou de magnétite ».

3.3. Région de Oudat

Le sondage **ODT-1** a traversé une mince couche de **3,5 m** de roches éruptives blanches à beige carbonatées dans l'intervalle **2290 - 2293,5 m** localisé à la base du Silurien argileux. Cet intervalle n'a pas été carotté.

3.4. Région d'Ouan Tarat

Le puits **OTR-1** a rencontré deux niveaux de roches éruptives, le premier dans l'Ordovicien (Unité III-3), le second occupe pratiquement tout le Silurien argileux. Ils sont respectivement situés aux côtes **2446 – 2663 m** et **2290 – 2293,5 m**. La venue intra-ordovicienne a été carottée (N° 7) à sa base, de la côte 2657 à 2664 m, quant à celle du Silurien argileux, elle été traversée en forage.

La description du faciès correspondant à la roche éruptive intra-ordovicienne est la suivante :

« Roches volcanique vert-foncé à vert pâle, moyennement dur parfois altérée avec diaclases et nodules de calcite cristalline blanche, et présente une épaisseur nette de 26 m ».

Quant à la venue intra-silurienne :

« Il s'agit d'une épaisse série de roches volcaniques gris vert, vert-clair à vert foncé, moyennement dures, parfois altérées avec de nombreuses diaclases, nodule et des intercalations de calcite blanche et passées d'argile grisâtre à gris-clair, présence de pyrite ».

Aucune description n'existe pour les roches des sondages ODN-1 et ODN-2.

3.3. Région de Ouhat

Le sondage ODN-1 a traversé une zone soumise de 3,7 m de roches éruptives plurielles à beige...

3.4. Région d'Ouan Tard

Le sondage ODN-1 a traversé deux sondes de roches éruptives de type basaltique...

La description des roches éruptives dans les sondages ODN-1 et ODN-2 est la suivante:

Les roches éruptives sont de type basaltique à trachybasaltique, à grain fin et texture de...

Quant à la composition chimique:

Les roches éruptives sont de type basaltique à trachybasaltique, à grain fin et texture de...

Tableau. II-2 :	Sondage	N°	LP	LN	Observations
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; color: green; margin-bottom: 20px;">ORDOVICIEN</div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">Unité III-3</div> <div style="margin-bottom: 10px; font-weight: bold; color: red; font-size: 1.2em;">116 m de DOLERITE</div> <div style="margin-bottom: 10px;">Unité III-3</div> </div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 20px;">MRK-1</div> <div style="margin-bottom: 20px;">-GR-</div> </div>	A''			<p style="text-align: center;">3665,75 m _ 10 X</p> <p>Plagioclases très altérés (blanc à brun en LN). Chlorite (vert clair en LN). Le minéral marron-rouge est de la biotite. Le reste de la lame comporte de l'apatite (minéraux aciculaires) et des grains noirs de rutile (TiO₂), chalcoppyrite et pyrite (voir texte).</p>
	B''			<p style="text-align: center;">3666,70 m _ 4 X</p> <p>Plagioclases très altérés. Chlorites vertes remplaçant un pyroxène ?. Rutile en noir associé à la biotite (rouge).</p>	
	C''			<p style="text-align: center;">3669,60 m _ 2 X</p> <p>Texture intersertale. Plagioclases altérés en lattes. Chlorite verte. Cristaux subautomorphes de feldspath alcalin (sanidine, en blanc). Gros cristal de calcite en bas à gauche.</p>	
	D''			<p style="text-align: center;">3733,70 m _ 2 X</p> <p>Plagioclases très altérés. Chlorite. Minéraux opaques (ilménite). Quartz en petits grains disséminés dans la pâte.</p>	
	E''			<p style="text-align: center;">3740 _ 10 X</p> <p>Cette photo montre l'influence des dolérites sur les grès en contact avec l'intrusion. Chlorite et ciment ferrugineux.</p>	

Tableau. II-3	Sondage	N°	LP	LN	Observations
<div data-bbox="129 388 779 1230"> <p>ZM-1</p> <p>Silurien</p> <p>-PS-</p> <p>ORDOVICIEN</p> <p>2657 m (A)</p> <p>2660,30 m (B)</p> <p>2661,90 m (C)</p> <p>2664,25 m (D)</p> <p>2669,60 m (E)</p> </div>		A			<p>2657 m_ 2 X</p> <p>Deux cristaux de plagioclases fortement altérés dans une pâte composée essentiellement d'argiles, zéolites en marron, et de dolomite.</p>
		B			<p>2660,30 m _ 20 X</p> <p>Argiles indurées en contact de la dolérite. Microfissure remplie de calcite.</p>
		C			<p>2661,90 m _ 2 X</p> <p>Contact entre un filonnet de roches magmatiques (basalte) et les carbonates .</p>
		D			<p>2664,25 m _ 2 X</p> <p>Cette photo montre les oxydes de fer qui se présentent comme des minéraux d'altération.</p>
		E			<p>2669,60 _ 20 X</p> <p>Grès</p>

Tableau. II - 4		Sondage	N°	LP	LN	Observations
<p style="text-align: center;">GER - 1</p> <p style="text-align: center;">- PS -</p> <p style="text-align: center;">Silurien</p> <p style="text-align: center;">ORDOVICIEN</p>						
		2280 m	A'			<p style="text-align: center;">2312 m _ 4 X</p> <p>La pâte de la roche est composée de lattes de feldspaths altérés et de carbonates. Vésicules remplies de chlorites et de carbonates.</p>
			B'			<p style="text-align: center;">2314 m _ 4 X</p> <p>Argiles/zéolites en marron envahissant la roche. Pâte composée de lattes de feldspaths altérés.</p>
		2306,6 m	C'			<p style="text-align: center;">2317,50 m _ 10 X</p> <p style="text-align: center;">Argiles</p>
		2315,5 m	D'			<p style="text-align: center;">2319,50 m _ 4 X</p> <p>Roche magmatique fortement altérée. Minuscules lattes de feldspaths interconnectés.</p>
	2331,5 m	E'			<p style="text-align: center;">2321 m _ 20 X</p> <p style="text-align: center;">Grès à ciment argileux.</p>	

ΟΡΘΟΛΙΘΙΕΙΝ

ΖΙΛΙΤΕΙΝ

CE66-J

b2

Α. Κωνσταντίνου

Σχολικός

1/2

1/2

1/2

Ορθολιθίου

Α. Β. Γ. Δ. Ε. Ζ.



<p>Επίπεδη στρώση ασβεστίου</p> <p>5351 m 30 Z</p>		
<p>Επίπεδη στρώση ασβεστίου</p> <p>5352 m 4 Z</p>		
<p>Υδαρής</p> <p>5353 m 10 Z</p>		
<p>Ασβεστόλιθος</p> <p>5354 m 4 Z</p>		
<p>Ασβεστόλιθος</p> <p>5355 m 4 Z</p>		

Conclusion concernant l'étude pétrographique

- Les différentes descriptions pétrographiques indiquent que les roches magmatiques du bassin d'Illizi sont essentiellement de nature basaltique à texture doléritique. Elles ont été décrites comme étant des dolérites ou des gabbros. Le trait caractéristique de toutes ces roches est leur degré d'altération très élevé. Aucune roche n'a conservé ses minéraux primaires. Les plagioclases sont entièrement albitisés. Les minéraux ferromagnésiens ont totalement disparu et ont été remplacés par de la chlorite et des carbonates (dolomite et calcite).
- La roche magmatique du sondage STA-1bis a été décrite comme étant une andésite par Thouvenin (1975) en se basant sur la présence d'amphibole à l'état de fantôme (5 % de la roche) et du sphène (qui traduirait une forte teneur en Ca de la roche). Cette détermination est en fait erronée et ce si on se réfère à l'étude effectuée par Petro-Canada (1995). La diffraction des rayons X et la Microsonde ont montré que l'amphibole était en fait de l'ilménite. Le sphène est inexistant, il s'agirait plutôt de minéraux de titane. Cette roche n'est donc pas différente du reste, et il s'agit également d'une dolérite très altérée.
- La détermination de la nature primaire de ces roches (roche de nature basaltique, dolérite) est basée uniquement sur la texture (doléritique) qui n'a pas été totalement effacée par l'altération, et sur la nature des minéraux d'altération, riches en Mg et Fe à l'exemple de la chlorite et de la dolomite.

II.1.c. Géochimie et âge des roches magmatiques du bassin d'Ilizi

- Nous n'avons trouvé aucune étude ou analyse géochimique de ces roches magmatiques dans la littérature. Vu le degré d'altération de ces roches, toute analyse géochimique donnera des résultats qui ne refléteraient pas la composition originelle de la roche.
- Trois échantillons de roches magmatiques du bassin d'Ilizi ont été datés par la méthode K-Ar. Deux échantillons provenant des puits STA-1bis et MRK-1 ont été datés au laboratoire d'Orsay et ont donné des âges de : 98,6 et 174,8 Ma respectivement (Thouvenin J., 1975). Ce qui indique un âge Cénomaniens (Crétacé supérieur) pour la roche de STA-1bis et Toarcien (Jurassique inférieur) pour la roche de MRK-1. Un troisième échantillon provenant du sondage GER-2 (côte 2243,8 m – 2243,9 m) a donné un âge K-Ar de 220 ± 2 Ma (Carnien, Trias supérieur) (Robertson/Sonatrach 2000). Ces résultats sont résumés dans le tableau II.5.
- Les datations résumés dans le tableau II.5. indiquent que les roches magmatiques du bassin d'Ilizi se sont mises en place à des époques différentes. Or ce résultat est troublant surtout si on remarque que les roches des sondages STA-1bis et MRK-1 sont très proches dans l'espace. La nature pétrographique identique de ces roches magmatiques plaide en faveur d'une mise en place unique liée à un seul contexte géodynamique. Les résultats de l'étude pétrographique peuvent apporter une solution à ce problème. En effet, le degré d'altération extrêmement élevé de ces roches (albitisation complète des plagioclases et chloritisation des ferromagnésiens) ne permet sûrement pas d'obtenir des âges fiables, surtout en utilisant la méthode K-Ar qui est très sensible à l'altération.
- Il est donc impossible dans l'état actuel de nos connaissances de donner un âge aux roches magmatiques du bassin d'Ilizi. Tout ce que nous pouvons dire, c'est qu'elles se sont sûrement mises en place au cours du Mésozoïque.

Sondage	Nature pétrographique	Côte (m)	Age des terrains encaissants	Datation Absolue K-Ar	Nature de l'échantillon	Références
GER-2	Dolérite altérée	2243,8-2243,9	Silurien argileux	220 ± 2 Ma	Roche totale	Robertson/Sonatrach 2000
MRK-1	Dolérite altérée	3729,2	Ordovicien	163,5 ± 5 Ma 174,8 Ma	Roche totale Feldspaths	Thouvenin J. 1975
STA -1bis	Dolérite altérée	3094,6-3095,6	Silurien argileux	98, 6 Ma	Roche totale	Thouvenin J. 1975

Tableau. II-5 : Datation des roches magmatiques du bassin d'Illizi.

II.2. MISE EN EVIDENCE DES INTRUSIONS MAGMATIQUE PAR LA GEOPHYSIQUE

II.2.a. Mise en évidence des intrusions magmatiques par diagraphies

Les diagraphies consistent à enregistrer d'une manière continue, en fonction de la profondeur, un paramètre du sol tel que la radioactivité naturelle, la résistivité, la vitesse du son, la teneur en eau, la masse volcanique, etc...

La mise en évidence des intrusions par les enregistrements diagraphiques se caractérise par le comportement des courbes suivantes : la courbe de radioactivité (GR) montre une valeur très faible, par contre les courbes des Porosités Neutrons et Densité montrent des valeurs très élevées. Chez les grès, les courbes (GR) montrent également une valeur faible, par contre les courbes Porosités Neutrons et Densité ont une valeur faible. Chez les argiles, les courbes Porosités Neutrons et Densité ont une valeur faible, alors que la courbe (GR) présente des valeurs fortes. Donc, il est possible de reconnaître les niveaux intrusifs en se basant uniquement sur les enregistrements des diagraphies (GR, Porosités Neutrons et Densités).

Les intrusions magmatiques induisent des phénomènes de métamorphisme dans les couches sous-jacentes et sus-jacentes à l'intrusion : ce sont les auréoles de contact. La réponse des diagraphies à ces auréoles de contact est un changement brusque dans l'intensité des courbes GR (Figure.II-3).

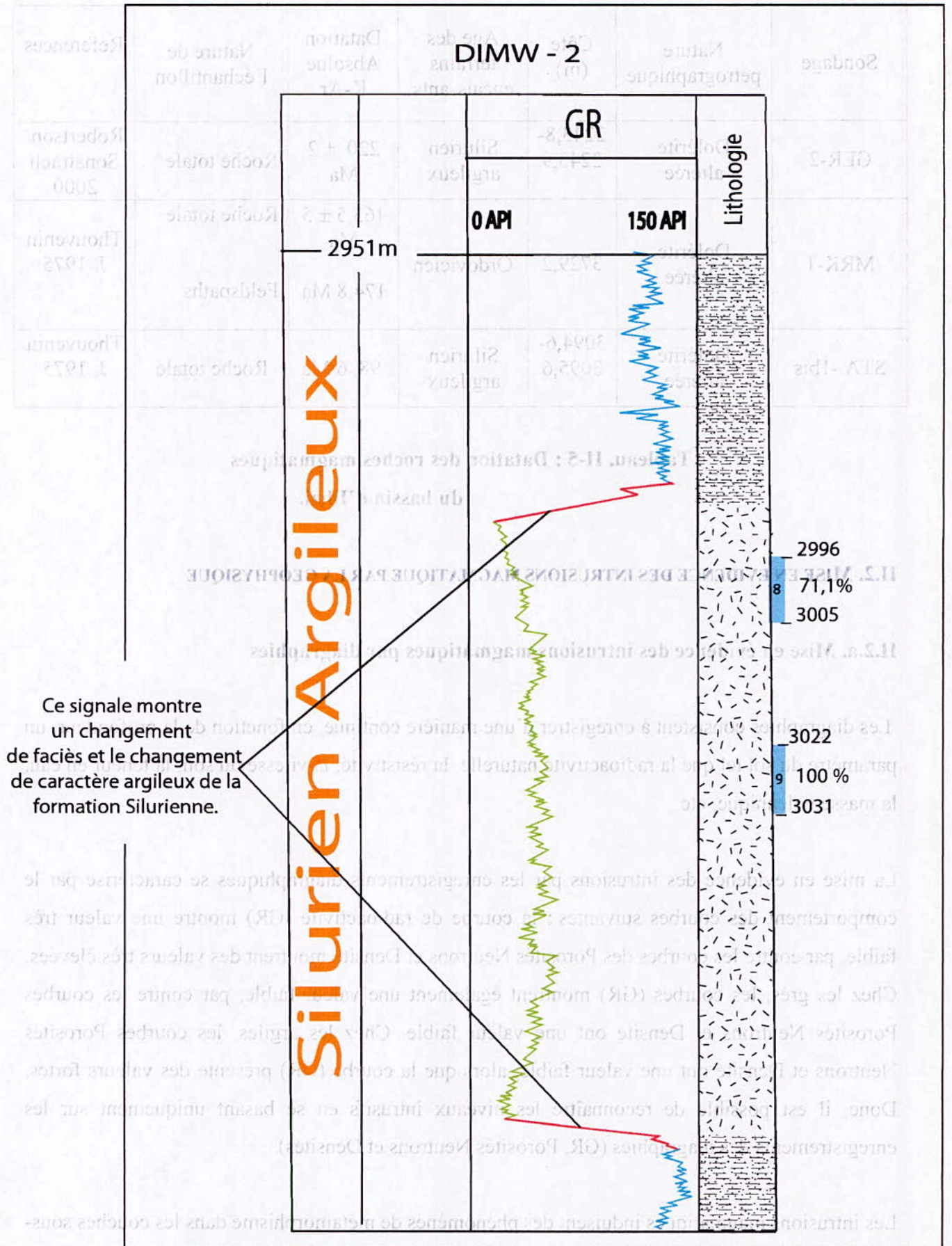


Figure.II-3: Une portion de log Habillé du sondage DIMW-2, Pour montrer les auréoles de contacte

II.2.b. Mise en évidence des intrusions magmatiques par les profils sismiques

Il est difficile de mettre en évidence l'existence de roches intrusives par les profils sismiques en l'absence de sondages dans une région donnée. Par contre, ils peuvent conduire à une interprétation erronée de ces profils car ils peuvent indiquer l'existence de structures fictives. Ces roches posent donc un problème lors de la prévision des forages.

D'autre part, lorsque des structures existent réellement, la présence proche de ces intrusions amplifie la structure et il devient alors difficile d'en estimer la fermeture. Selon la position des intrusions par rapport à la structure, il peut y avoir surestimation ou sous estimation de la fermeture. Ce problème a été rencontré dans les deux puits ODN-1 et ODT-1, dans la région de Bordj Omar Driss.

Par contre, lorsque les sondages existent, il est très facile de localiser les intrusions magmatiques sur les profils sismiques. Les Figures II-4 et II-5 sont des exemples de sections sismiques des régions de Stah et de Dimeta Ouest où sont représentées les intrusions.

Figure II-4 : Profil 12 121 48

STRUCTURE - 12 121 48

STAH 1-pis

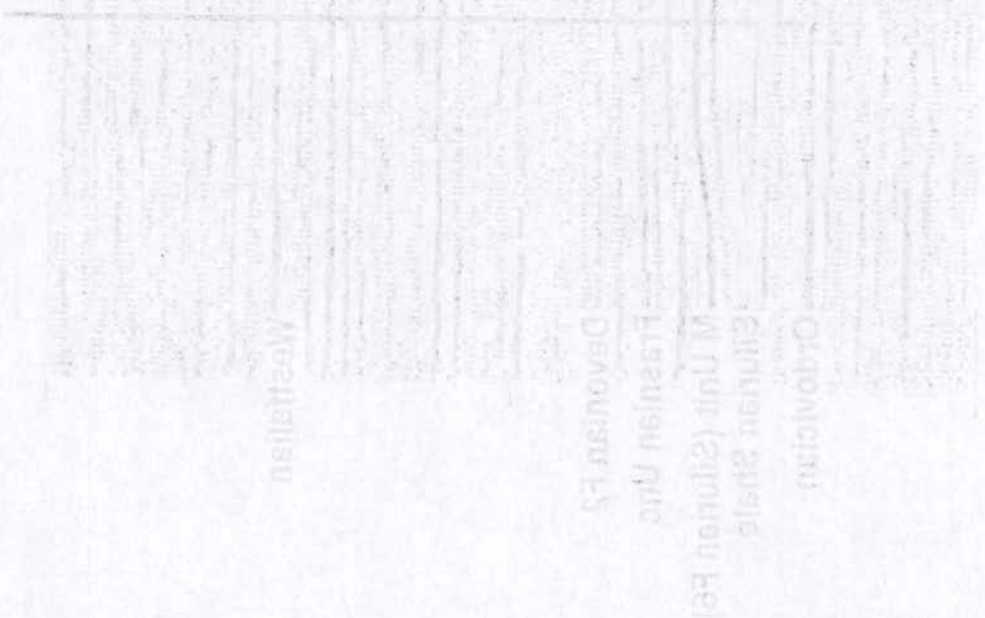


Figure. II-4: Profil 75 TST 18

STAH STRUCTURE - 75 TST 18

STAH I-bis

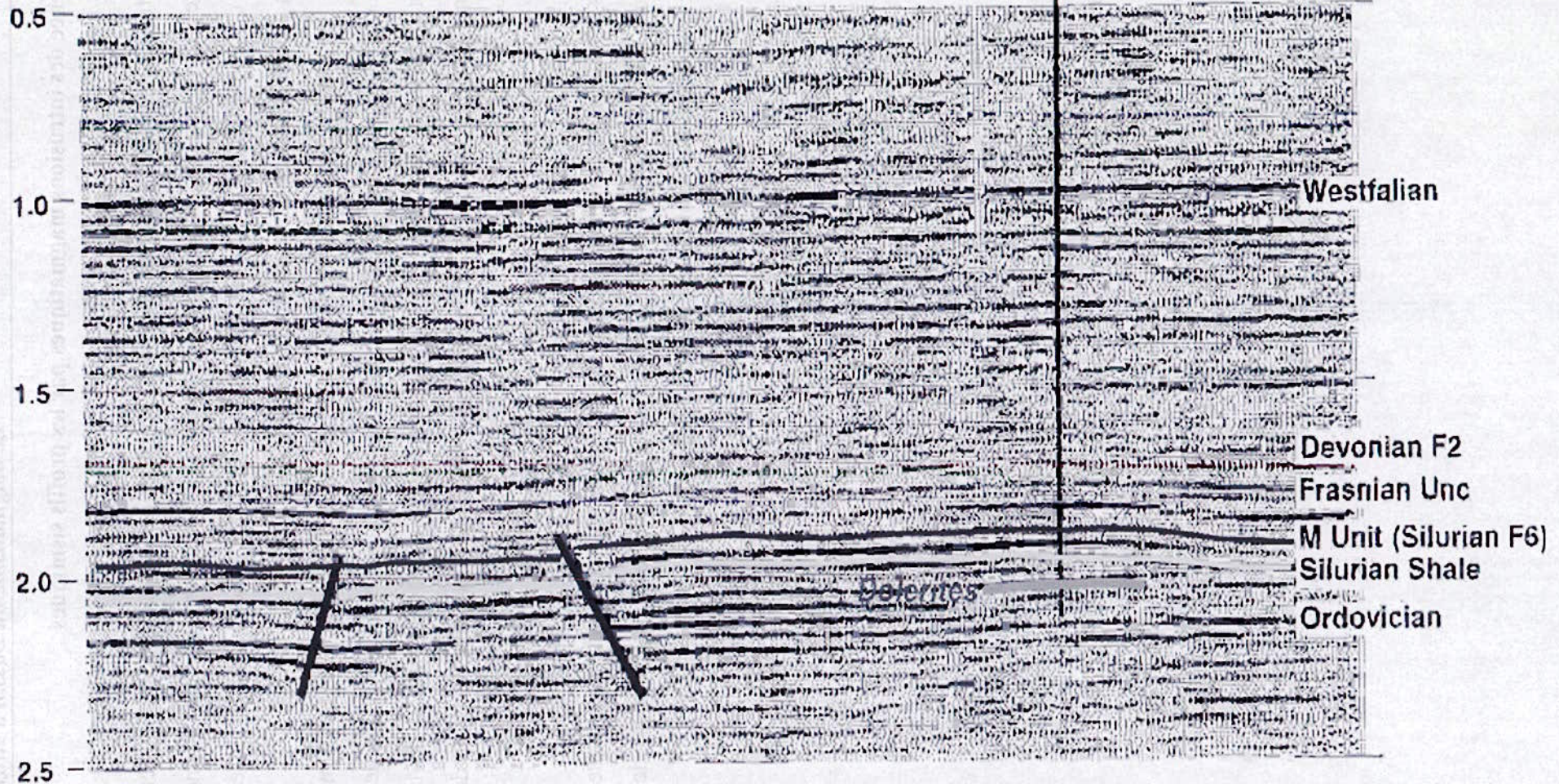
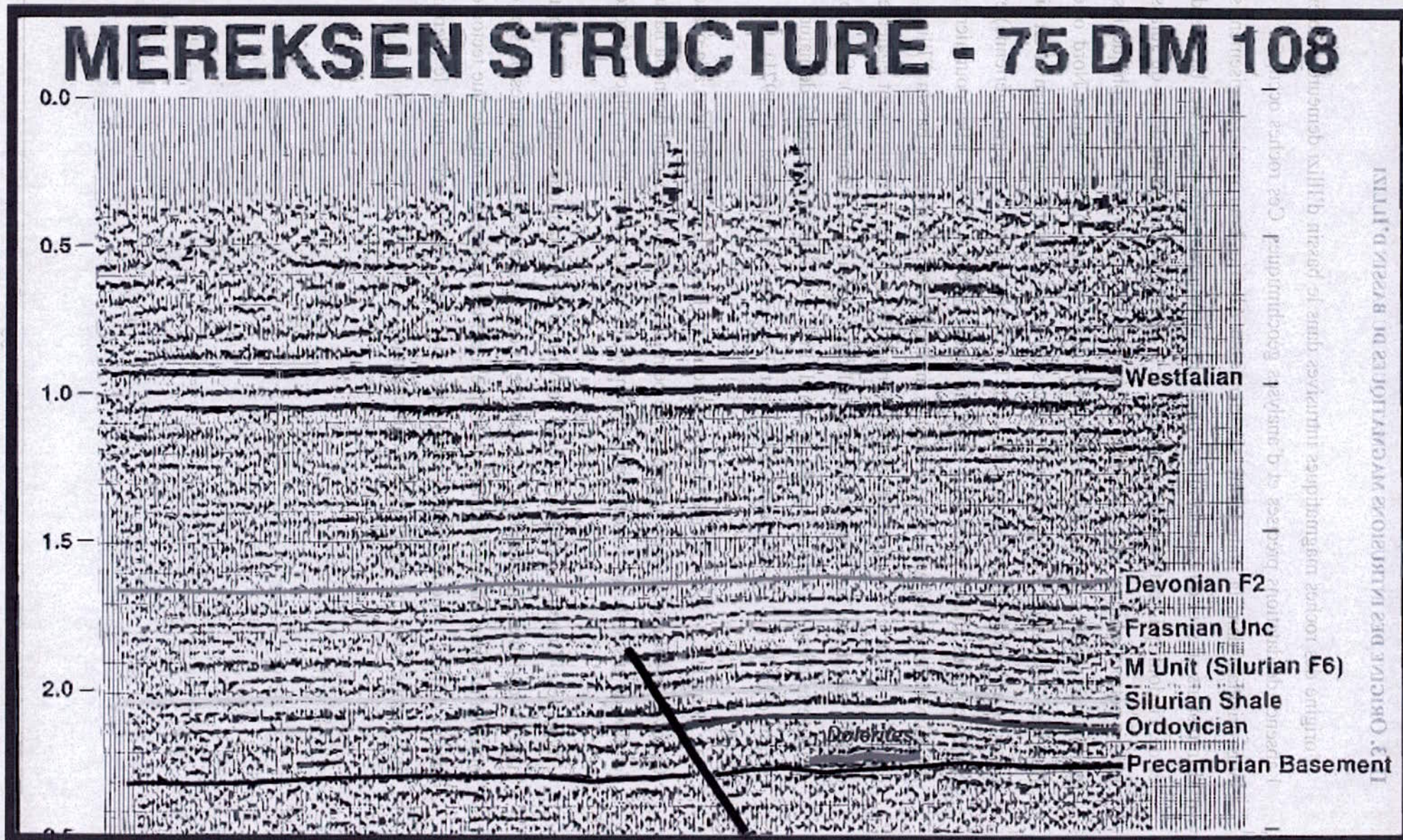


Figure. II-5: Profil 75 DIM 108



13' OBICINE DES IALBIOIJS AVCAPIILOS DC B 42212 D, ITTI

II. 3. ORIGINE DES INTRUSIONS MAGMATIQUES DU BASSIN D'ILLIZI

L'origine des roches magmatiques intrusives dans le bassin d'Illizi demeure problématique en l'absence de datations précises et d'analyses géochimiques. Ces roches occupent la position la plus orientale dans la plate-forme saharienne en Algérie. Leur mode de gisement sous forme d'intrusions au sein du Paléozoïque rappelle les intrusions magmatiques des bassins de Reggane et de Tindouf qui sont liées à l'ouverture de l'Atlantique central au début du Jurassique. Leur nature pétrographique, et notamment l'altération, et leur position géographique les rattachent plutôt aux roches magmatiques rencontrées dans les bassins du Sahara Nord oriental et de Berkine. Des roches magmatiques intrusives au sein du Cambro-Ordovicien et du Silurien sont connues au sud de Djanet, dans la région d'In Ezzene (frontière algéro-nigérienne) et affleurent également plus au sud sur le bord Ouest du Djado (Fabre J., 1976). Elles pourraient représenter les équivalents en affleurement des roches magmatiques intrusives du bassin d'Illizi. Mais on ne connaît rien sur ces roches. Des dolérites intrusives dans le Dévonien sont également connues dans le bassin de Tin Siririne au sud du Hoggar (région d'In Guezzam). Signalons aussi la découverte dans le Carbonifère du bassin d'Illizi, d'accidents circulaires de nature volcanique (région d'In Teria). Ce volcanisme est récent (Bossière G. et Megartsi M., 1971).

Pour Echikh K. (1998), les roches magmatiques du bassin d'Illizi sont liées à la phase taconique (Ordovicien-Silurien). Cette hypothèse ne peut guère être retenue étant donné la nature intrusive certaine de ces roches et les datations disponibles (indiquant une mise en place Mésozoïque).

L'hypothèse d'une mise en place liée à l'ouverture de l'Atlantique centrale est la plus probable, mais pas certaine. En effet, on a vu (chapitre I) que contrairement aux autres bassins de la plate-forme saharienne, la période trias-jurassique a été très calme du point de vue tectonique dans le bassin d'Illizi. Aucune phase tectonique ne s'est manifestée entre le Permien (phase hercynienne) et le Barrémien (phase autrichienne).

II.4. CONCLUSIONS

- 1) Les intrusions magmatiques sont rencontrées dans treize sondages du bassin d'Illizi. Leur épaisseur varie de 3,5 m à 169 m.
- 2) Les roches magmatiques du bassin d'Illizi sont très altérées. Les minéraux primaires ont subi de profondes transformations. On peut cependant affirmer qu'il s'agit essentiellement de roches de nature basaltique à texture doléritique (dolérite) en se basant sur les textures de ces roches et sur la nature des minéraux d'altération (essentiellement de la chlorite et de la dolomite). Cette altération est due à la circulation de fluides riches en H₂O-CO₂.
- 3) Les analyses géochronologiques par la méthode K-Ar ont donné des âges dispersés, ce qui ne permet pas de conclure vu l'état d'altération de ces roches. Par contre, ces âges indiquent que leur mise en place s'est effectuée au cours du Mésozoïque.
- 4) En l'absence d'analyses géochimiques et de datations fiables, il nous est impossible de rattacher ces roches magmatiques à un contexte géodynamique de mise en place.



Evolution Spatiale et temporelle du magmatisme dans le Bassin d'Ilizi

Pour étudier la distribution spatiale et temporelle des intrusions magmatiques dans le Bassin d'Ilizi, nous avons réalisé :

- des cartes en isopaques par niveau stratigraphique ;
- une carte en isopaques des épaisseurs totales ;
- des coupes stratigraphiques (corrélations lithostratigraphiques) ;

La méthodologie est expliquée dans les paragraphes suivants. Les documents de base pour effectuer cette étude ont été les logs stratigraphiques de tous les sondages du bassin d'Ilizi (224 sondages environ).

III.1. REALISATION DES CARTES EN ISOPAQUES PAR ETAGE STRATIGRAPHIQUE ET CARTE DES EPAISSEURS TOTALES

III.1.a. Méthodologie

La réalisation des cartes en isopaques des intrusions magmatiques par niveau stratigraphique a nécessité de suivre les étapes suivantes :

1. Effectuer une recherche bibliographique afin de cibler les sondages ayant traversé les intrusions magmatiques ;
2. Consulter le plan de positionnement des sondages de tout le Bassin d'Ilizi ;
3. Consulter les rapports de fin de sondages (Fiches stratigraphiques et logs habillés). A partir de ces rapports on a relevé les informations nécessaires pour l'établissement des cartes : nom des sondages, coordonnées UTM, profondeur finale des sondages.
4. Pour les sondages qui ont rencontré les intrusions : on a relevé les épaisseurs des intrusions par étage stratigraphique (dans le Silurien et l'Ordovicien).
5. Tous les sondages qui ont atteint le socle et n'ont pas rencontré les intrusions ont été utilisés pour la réalisation des cartes en isopaques en leur attribuant une épaisseur nulle.
6. Les sondages qui ont été arrêtés à des niveaux stratigraphiques plus élevés que le Silurien n'ont pas été utilisés pour l'établissement des cartes.
7. Nous avons également utilisé les profils sismiques de la région pour repérer les intrusions.
8. La réalisation des cartes en isopaques a été effectuée en utilisant le logiciel SURFER7 (voir Khatal M., 2003 pour la description du logiciel).

III.1.b. Présentation des cartes en isopaques :

- Carte en isopaques des intrusions magmatiques dans le Silurien (**Figure III.1**) ;
- Carte en isopaques des intrusions magmatiques dans l'Ordovicien (**Figure III.2**) ;
- Carte en isopaques des épaisseurs totales des intrusions magmatiques (**Figure III.3**).

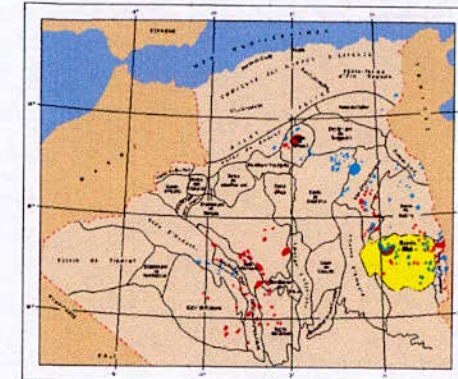
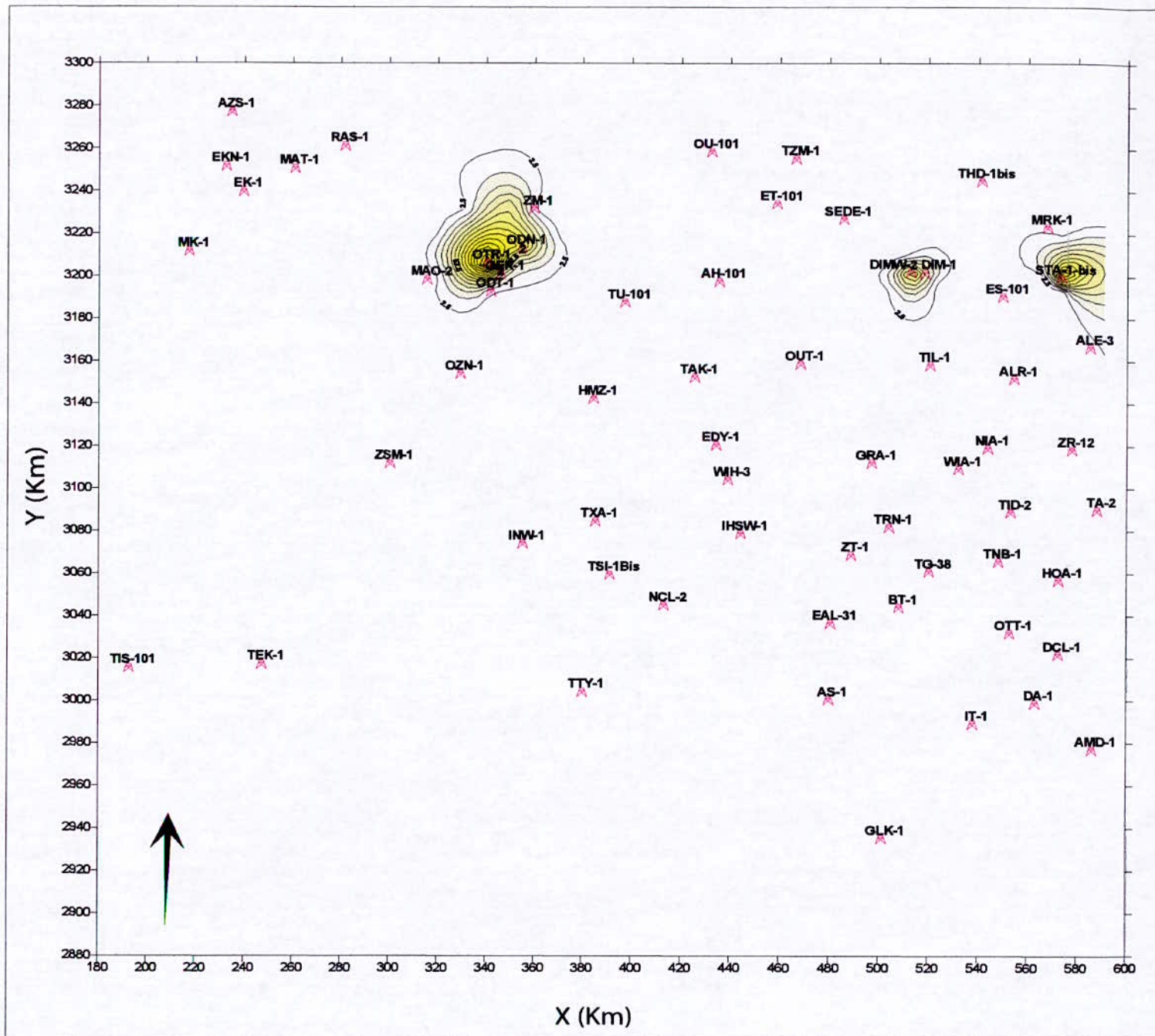
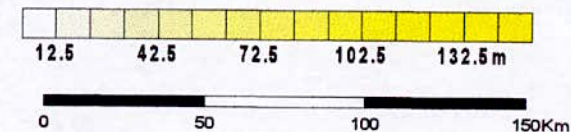


Figure. III-1 :
 Carte en isopaques des Intrusions
 magmatiques dans le Silurien du
 Bassin d'ILLIZI



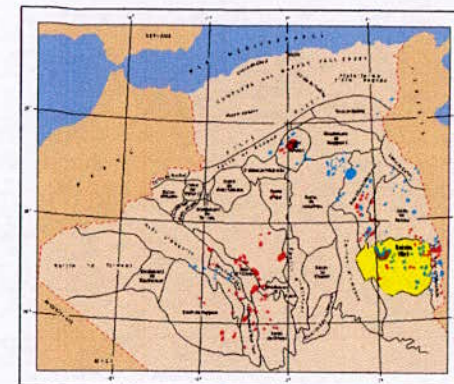
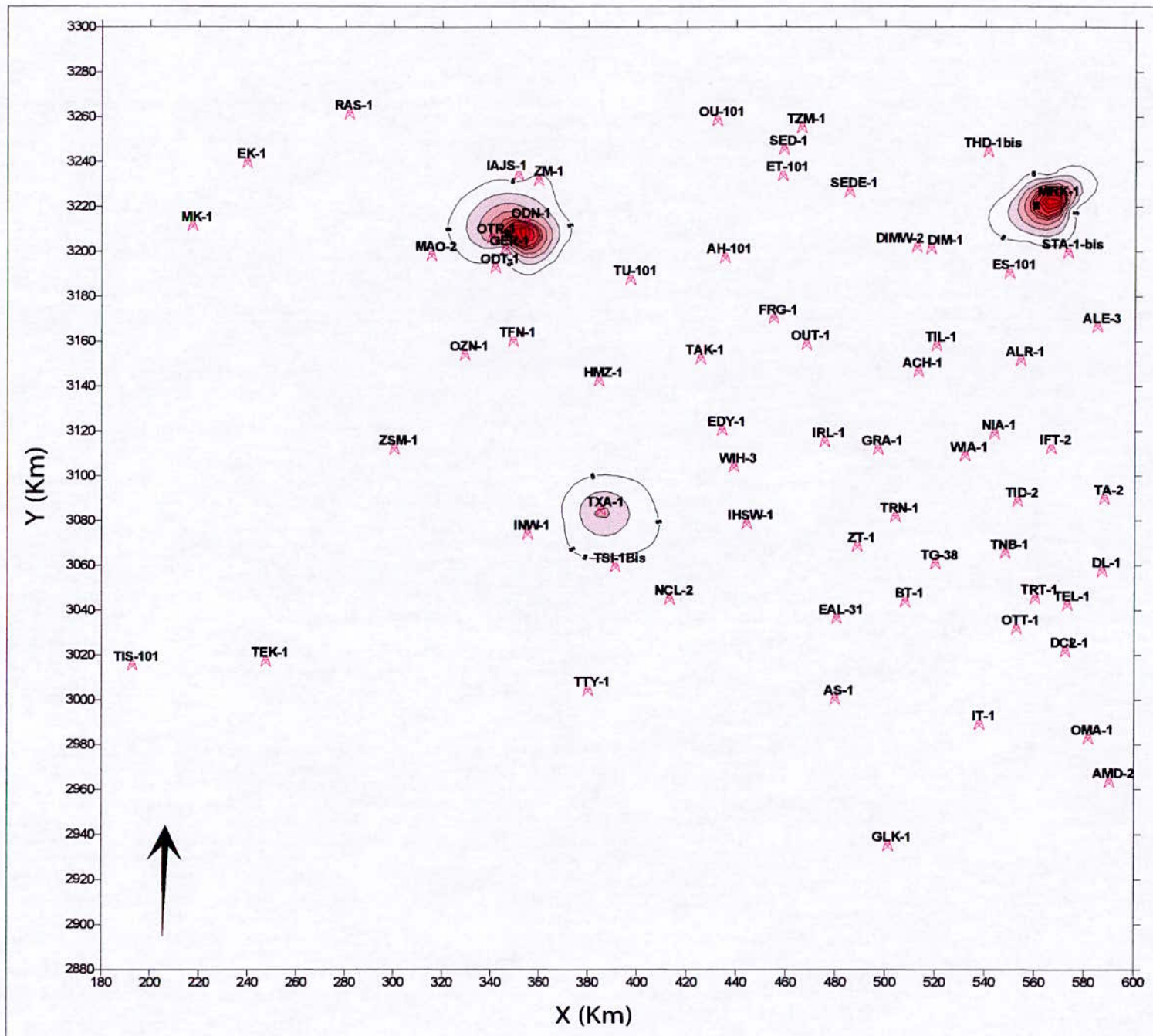
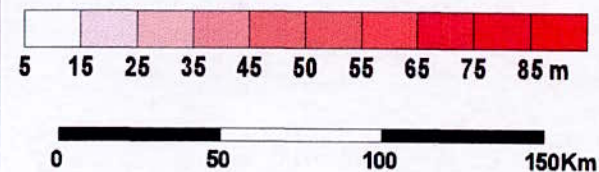


Figure. III-2:
Carte en isopaques des Intrusions
magmatiques dans l'Ordovicien
du Bassin d'ILLIZI



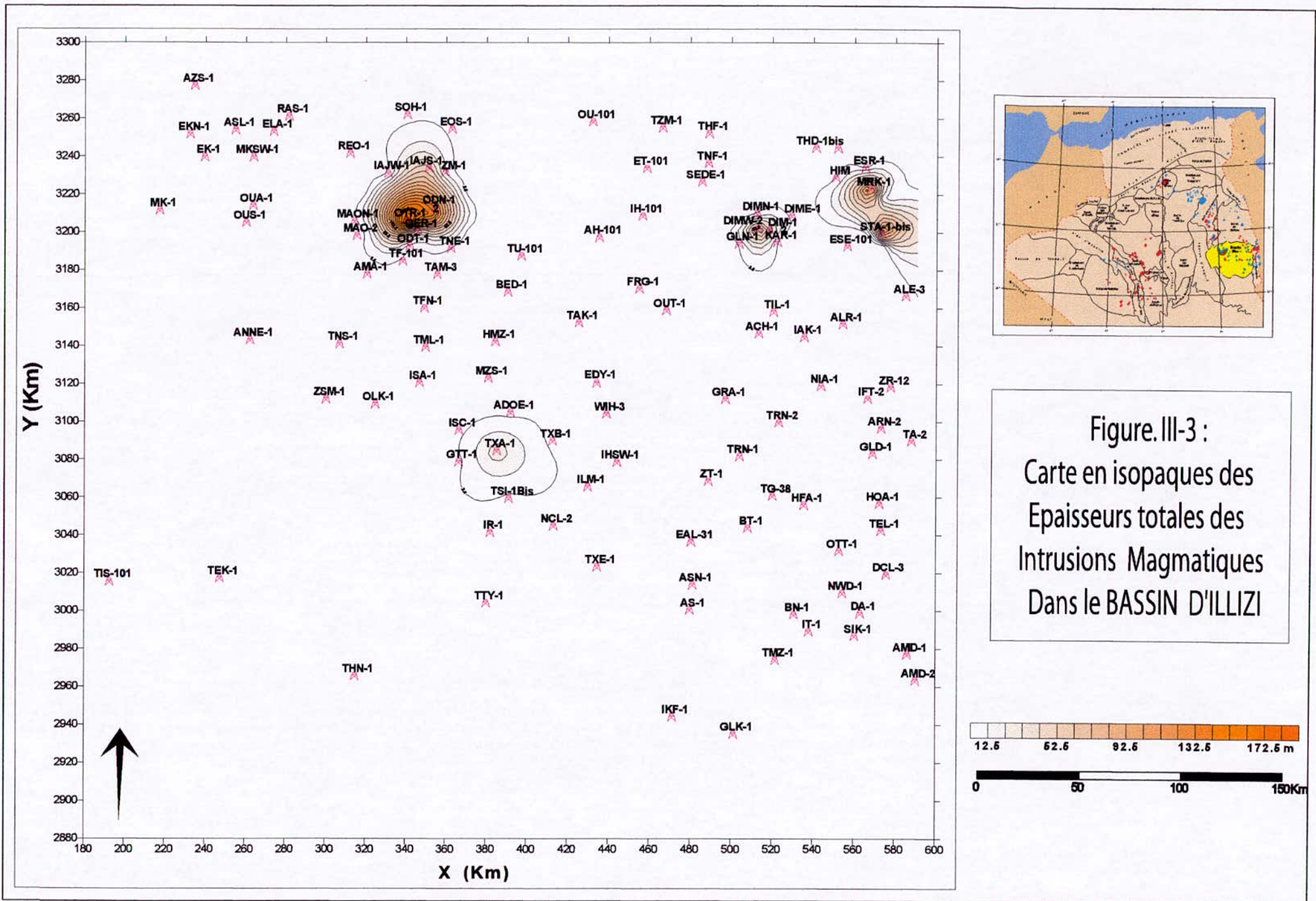


Figure.III-3 :
 Carte en isopaques des
 Epaisseurs totales des
 Intrusions Magmatiques
 Dans le BASSIN D'ILLIZI

III.1.c. Interprétation des cartes

L'examen des cartes en isopaques nous permet de noter les remarques suivantes :

- Les roches magmatiques sont peu répandues dans le bassin d'Illizi.
- Ces roches se localisent essentiellement dans la partie Nord du bassin.
- Les épaisseurs sont plus importantes dans le Silurien que dans l'Ordovicien ;
- La plus grande partie des roches magmatiques est localisée à la même latitude géographique ;
- Les roches magmatiques se présentent sous forme de masses isolées entre elles.
- Dans la région de Bordj Omar Idriss, les intrusions magmatiques sont répandues dans les deux étages stratigraphiques : l'Ordovicien et le Silurien ;
- Les intrusions dans la région du Tinhert (Stah et Mereksen) sont allongées suivant la direction NW-SE.

Afin de déterminer une éventuelle relation entre la mise en place de ces intrusions magmatiques et les failles qui traversent la région, on a superposé une carte structurale du bassin à la carte en isopaques des épaisseurs totales. La carte obtenue est représentée par la figure III.4.

- On a coloré en bleu toutes les failles qui sont proches des intrusions.
- Les failles qui passent par les intrusions ont été colorées en vert. On suppose que le magma est remonté par ces failles.
- Les failles dont on soupçonne un lien avec la mise en place des intrusions ont été colorées en jaune.

Dans la région de Bordj Omar Driss, la mise en place du magma s'est probablement faite en suivant la faille de direction NNE-SSW (trend qui passe par Gerboise et le centre de la structure de Tin Fouyé) qui passe par le centre de l'intrusion. Notons que cette faille est l'un des accidents majeurs dans le bassin d'Illizi. On remarque également que cette direction est celle des failles liées à l'ouverture de l'Atlantique Central.

On peut aussi noter que les intrusions de Stah et de Mereksen se sont peut-être mise en place en suivant la faille majeure de direction NNE-SSW, qui est le prolongement vers le Nord du grand accident de Fadnoun. Une étude récente a montré l'existence dans les champs de Stah et de Mereksen de 5 failles inverses de direction NNE-SSW (Lakhal H., Nabi N., 2002). Dans ce cas, toutes les intrusions du bassin d'Illizi se seraient mises en place en suivant des failles de direction NNE-SSW (direction atlantique). Ces failles sont aussi des accidents majeurs du bassin d'Illizi.

Sur la figure III.4., les intrusions des régions du Tinhert sont proches de failles de direction NW-SE.

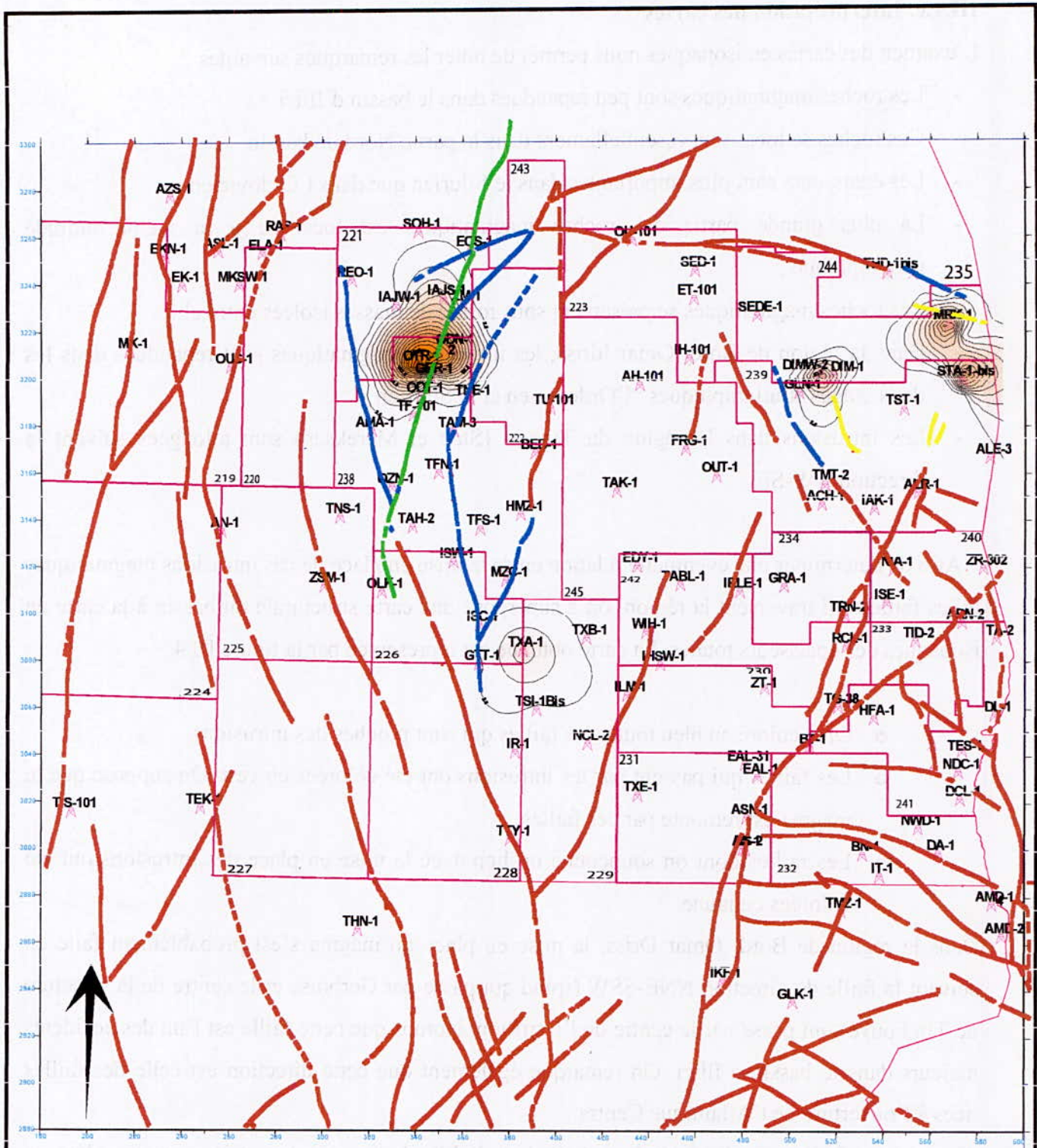
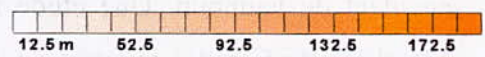


Figure. III-4:
 Carte structurale et carte en isopaques
 des épaisseurs totales des intrusions
 magmatiques dans le Bssin d'Illizi

LEGENDE:



- Limites des blocs
- Failles

III.2. REALISATION DES CORRELATIONS LITHOSTRATIGRAPHIQUES DANS LE SILURIEN ET L'ORDOVICIEN DU BASSIN D'ILLIZI

III.2.a. Méthodologie

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

Les coupes lithostratigraphiques et les corrélations ont été réalisées en utilisant le logiciel **Illustrator 11.0**. Les documents de base pour la réalisation des coupes sont :

- Les log habillés : on a utilisé les courbes de diagraphies (Gamma Ray et PS) pour les corrélations ainsi que la lithologie ;
- Les fiches stratigraphiques pour les corrélations entre les limites des niveaux stratigraphiques ;

Les étapes du travail sont les suivantes :

- On doit d'abord calquer les portions utiles des logs habillés avec le maximum de détails, puis les scanner ;
- On prépare le squelette du dessin sur **Illustrator** ; on importe ensuite tous les logs utilisés pour la coupe ;
- On fait une corrélation entre les différentes formations (dans notre cas le Silurien et l'Ordovicien, et même entre les sous-unités) ;
- On effectue ensuite la corrélation entre les intrusions. La corrélation doit tenir compte des informations fournies par les diagraphies et par la lithologie.

III.2.b. Présentation des corrélations

Nous avons réalisé quatre coupes lithostratigraphiques :

- Une coupe suivant la direction N-S (Coupe 1, figure III.6) ;
- Une deuxième coupe suivant la direction N-S (Coupe 1bis, figure III.7) ;
- Une coupe suivant la direction NE-SW (Coupe 2, figure III.8) ;
- Une coupe suivant la direction E-W (Coupe 3, figure III.9).

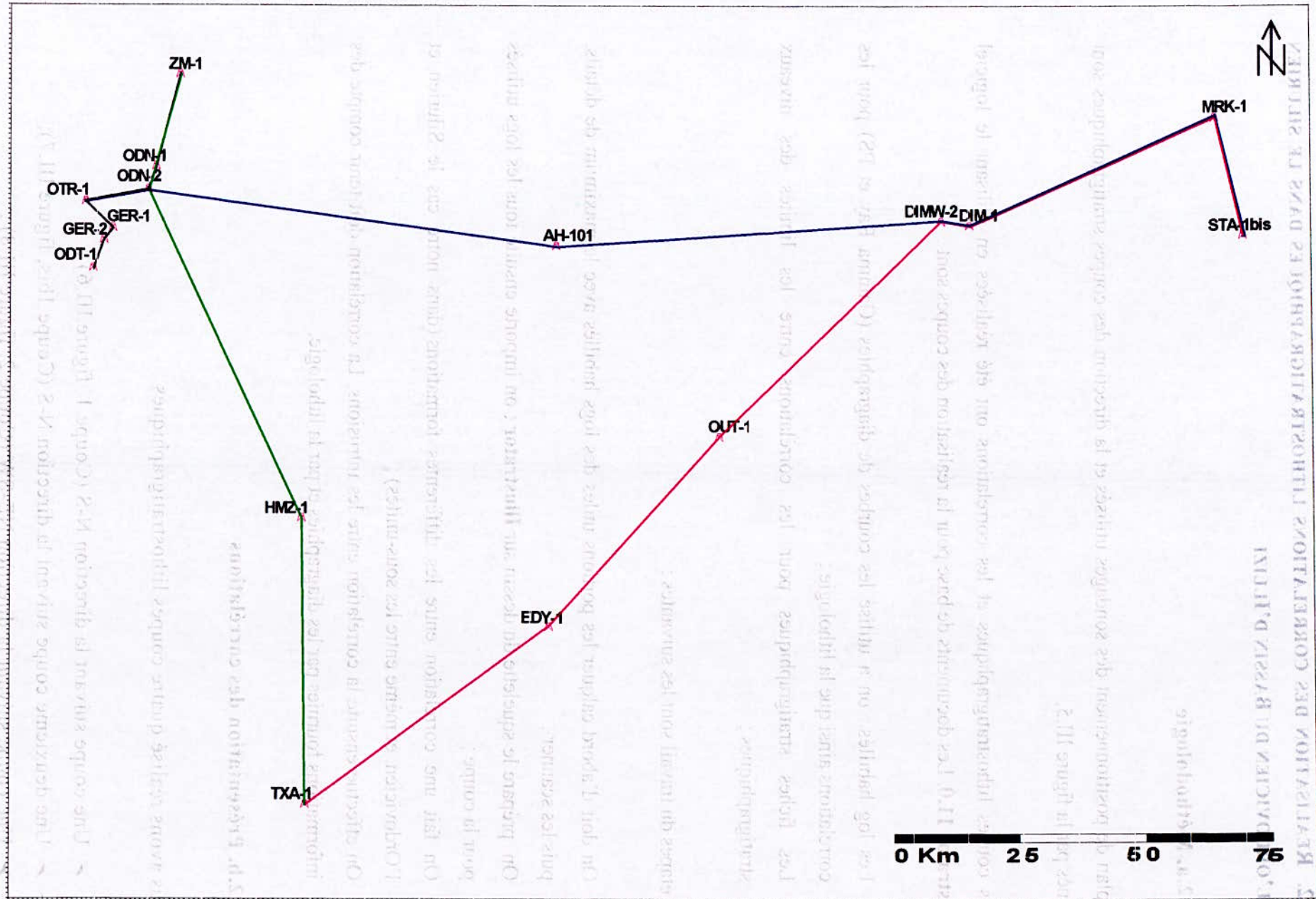


Fig. III-5 : Profils des corrélations

Coupe 1 (N-S): _____

Coupe 1bis (N-S): _____

Coupe 2 (NE-SW): _____

Coupe 3 (E-W): _____

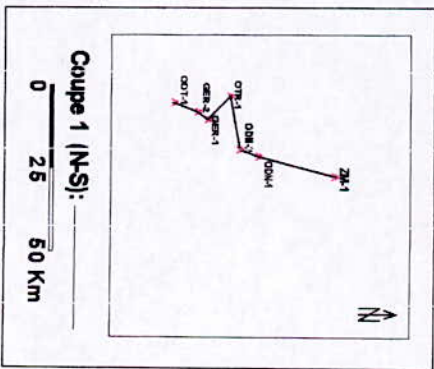
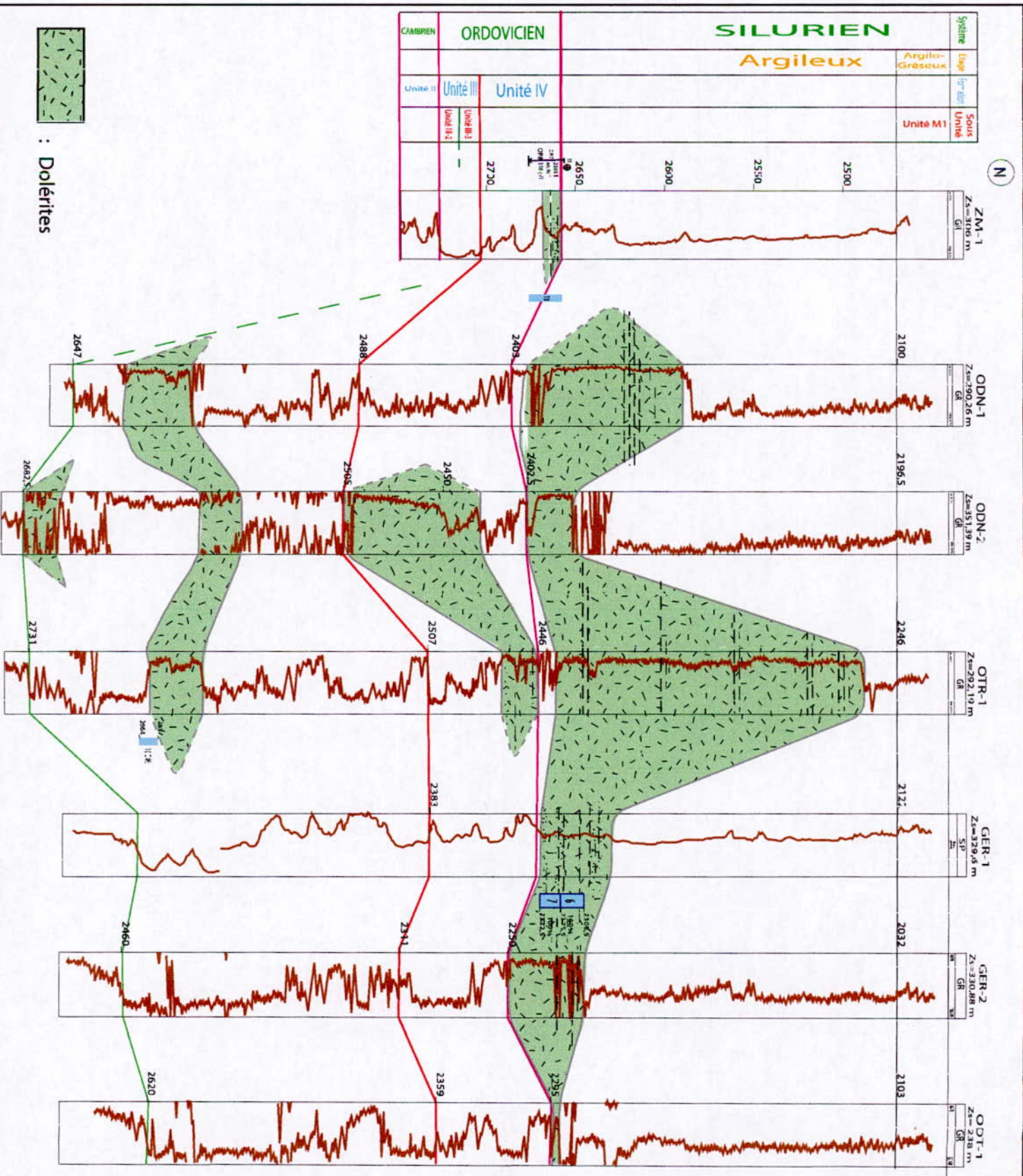
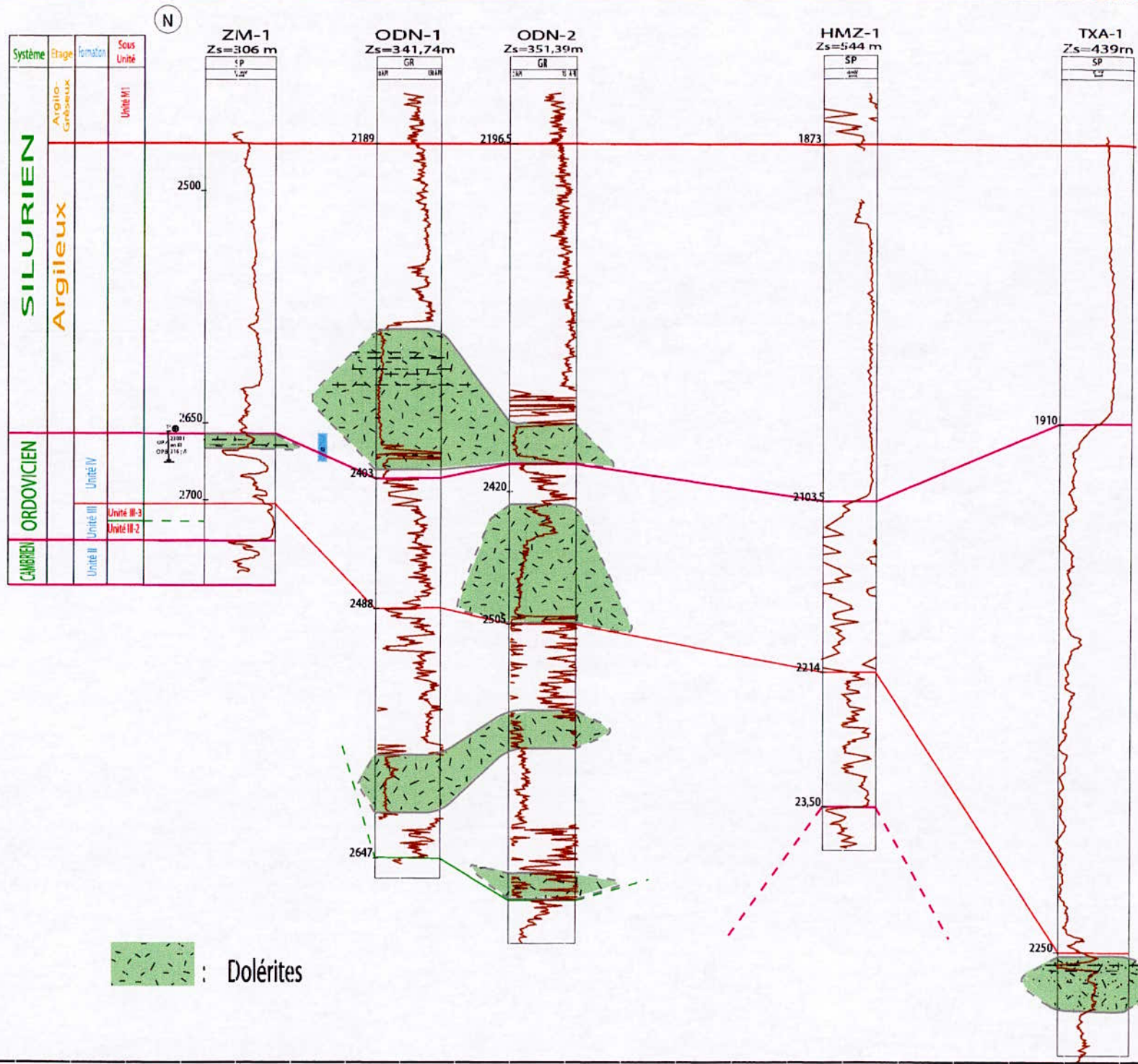


Figure. III-6
Corrélation lithostratigraphique dans le Silurien Argileux et l'Ordovicien Du Bassin d'ILLIZI

- Echelle horizontale: non spécifiée
- Echelle verticale: 0 25 50 m
Réalisee par: S. BENTALLA
Coupe 1 (N-S) Juin, 2005



Système	Etage	Formation	Sous Unité
SILURIEN	Argileux	Argilio-Carboléux	Unité M1
			Unité M2
			Unité M3
			Unité M4
ORDOVICIEN			Unité III-4
			Unité III-3
			Unité III-2
			Unité III-1
CAMBRIEN			Unité II

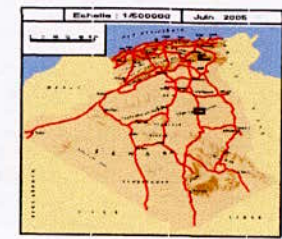
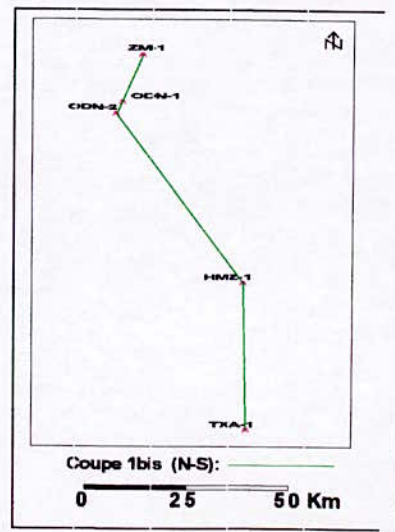



Figure III-7:
 Corrélation lithostratigraphique dans le Silurien Argileux et l'ordovicien Du Bassin d'ILLIZI.

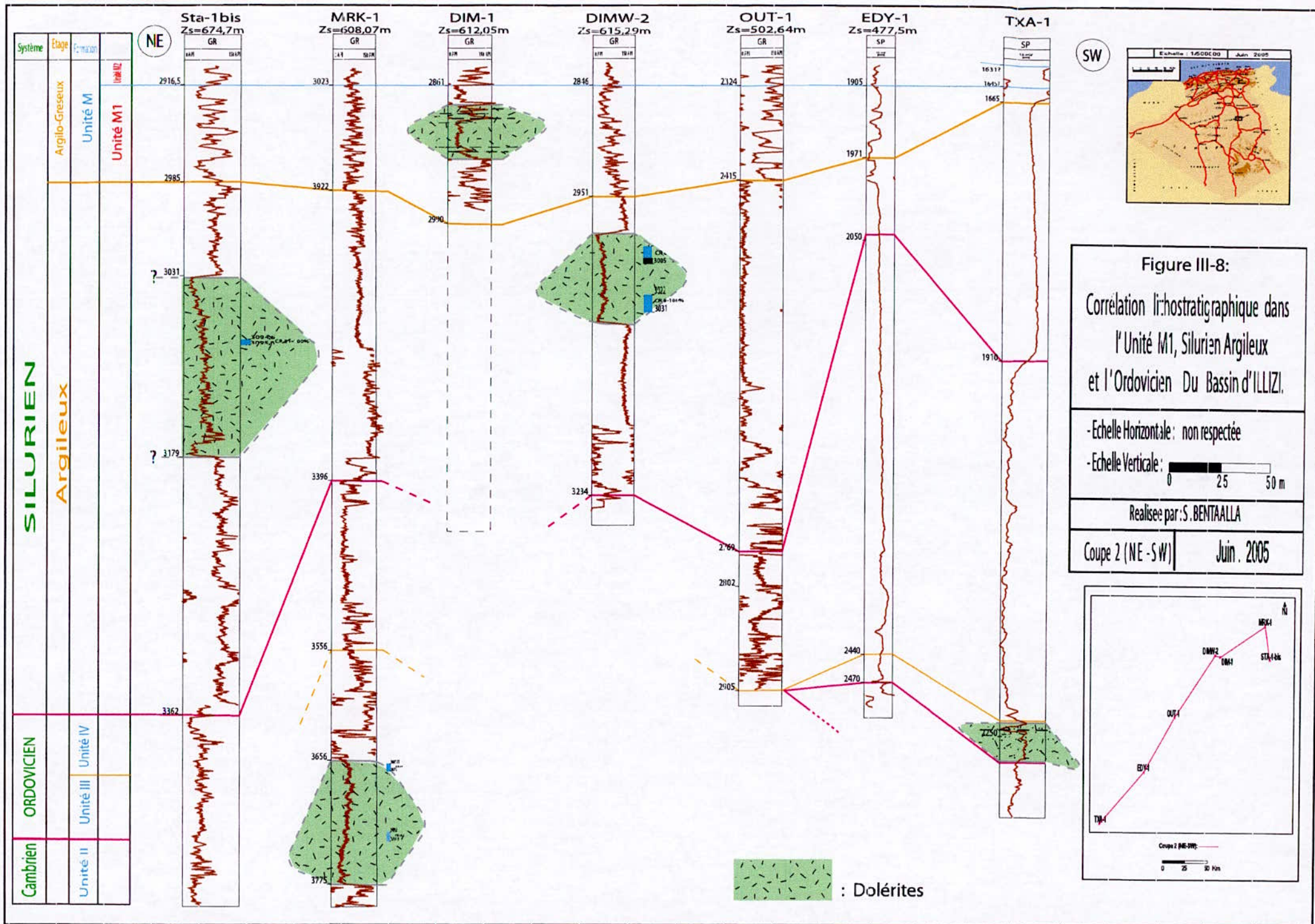
- Echelle Horizontale : non respectée
- Echelle Verticale : 0 25 50 m

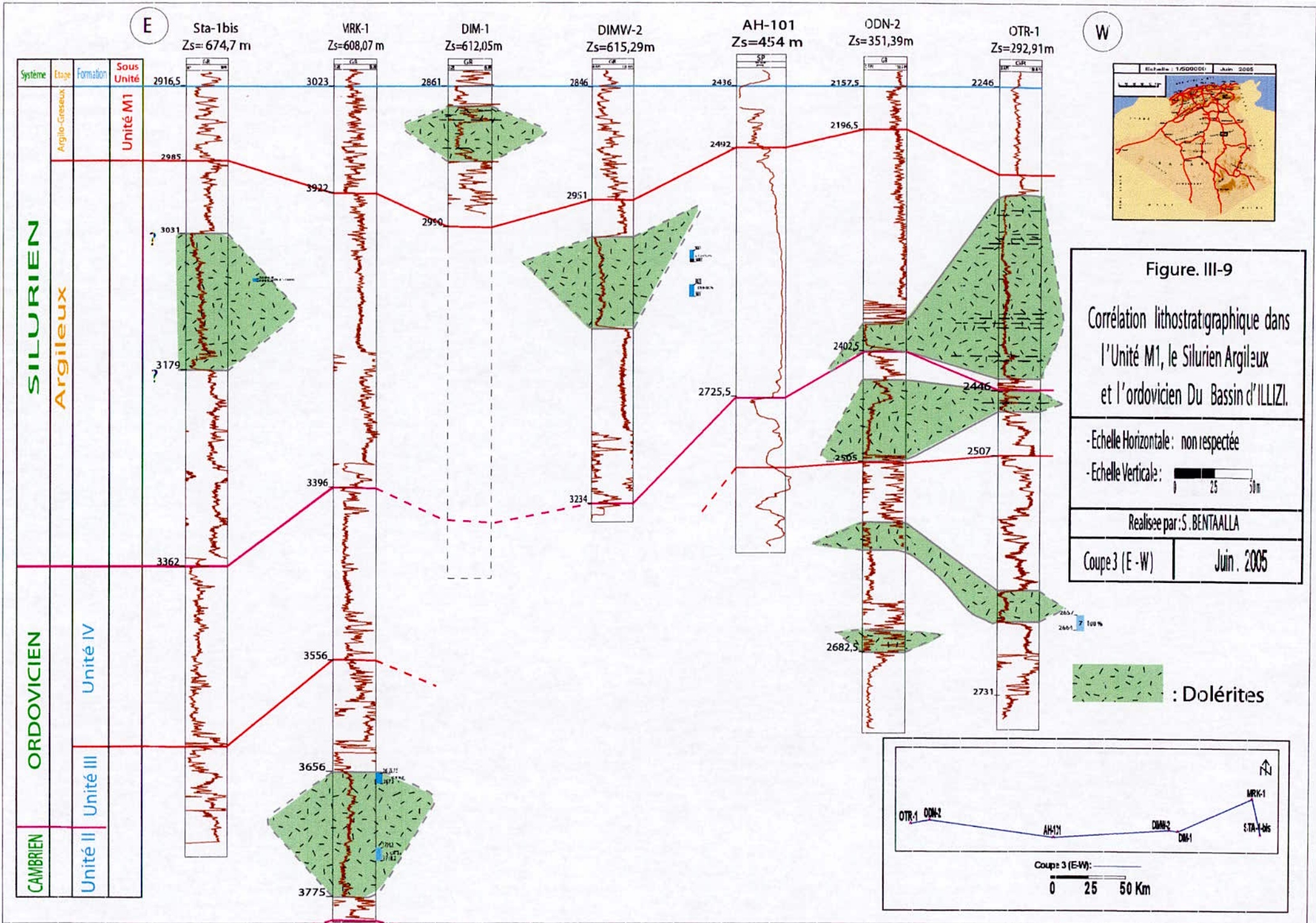
Realisee par : S. BENTAALLA

Coupe 1bis (N-S) | Juin, 2005



 : Dolérites





III.2.c. Interprétation des corrélations

Les corrélations lithostratigraphiques nous donnent une vue dans l'espace des corps intrusifs, ce qui nous permet d'identifier le type d'intrusion magmatique.

- Ainsi, en examinant les différentes coupes, on remarque que les intrusions magmatiques se sont mises en place sous forme de laccolites dans les roches sédimentaires encaissantes.
- Ces coupes confirment et illustrent bien la remarque faite en interprétant les cartes en isopaques, à savoir que les corps intrusifs sont isolés entre eux dans l'espace. On est loin des épanchements volcaniques du Trias des bassins du Sahara Nord Oriental.
- Les coupes montrent une importante concentration de ces roches magmatiques dans la région de Bordj Omar Driss.
- Enfin, ces coupes permettent de voir la distribution de ces corps intrusifs sur le plan vertical, par niveau stratigraphique. Ainsi, dans certains sondages (ODN-2 par exemple) ces intrusions sont présentes dans quatre niveaux stratigraphiques différents.

III.3. CONCLUSION

- Les cartes en isopaques et les coupes lithostratigraphiques ont permis de visualiser dans l'espace la distribution des roches magmatiques dans le bassin d'Illizi. Contrairement aux autres bassins de la plate-forme saharienne, les intrusions du bassin d'Illizi sont rares, et isolées dans l'espace.
 - Les intrusions se localisent essentiellement au Nord du bassin d'Illizi.
 - La mise en place de ces roches magmatiques est probablement liée aux accidents majeurs du bassin d'Illizi, notamment les accidents de direction NNE-SSW. Cette direction est celle des accidents liés à l'ouverture de l'Atlantique Central.
-
- Le magmatisme du bassin d'Illizi pourrait donc être lié à l'ouverture de l'Atlantique Central.

IV

Influences des intrusions magmatiques sur l'environnement pétrolier du Bassin D'Illizi

IV.1. POSITION DES INTRUSIONS PAR RAPPORT A LA ROCHE MERE ET A LA ROCHE RESERVOIR

Pour déterminer une éventuelle influence des intrusions magmatiques sur les éléments du système pétrolier du bassin d'Illizi, nous avons réalisé un tableau (Tableau. IV-1) qui montre la position des intrusions par rapport aux roches mères et aux roches réservoirs du bassin.

Tableau. IV-1 : Position de l'intrusion par rapport à la Roche mère et le Réservoir

Sondage	Cotes absolues (m)		Ep (m)		Position de l'intrusion	Position des Intrusions / Roche mère	Position des intrusions / Réservoir
	Top	Bottom	Total	nette			
MRK-1	3659	3775	116	116	Ordovicien (Unité III-3)	----	+ -
Sta-1 bis	3052	3179	127	127	Silurien Argileux	++	----
DIM-1	2879	2930	51	43	Silurien (Unité M1)	++	+
DIMW-2	2986,75	3071,25	84,5	84,5	Silurien Argileux	++	----
TXA-1	2251,5	2288	36,5	30,5	Ordovicien (Unité III-3)	----	+
ZM-1	2657,5	2667,5	10	8,5	Ordovicien (Unité IV)	----	+
GER-1	2280	2320	40	26,75	Silurien argileux	+	----
GER-2	2207,5	2250	42,5	35,5	Silurien argileux	+	----
ODN-1	2308	2399	91	82,75	Silurien argileux	+	----
	2581	2618,5	37,5	37,5	Ordovicien (Unité III-3)	----	+ -
ODN-2	2376,5	2403	26,5	26,5	Silurien argileux	+	----
	2430	2683	253	117	Ordovicien (Unités IV-2 et III-3)	----	+
OTR-1	2265	2435,5	170,5	169	Silurien argileux	+	----
	2446	2663	217	36	Ordovicien (Unités IV-3 et III-3)	----	+
ODT-1	2290	2293,5	3,5	3,5	Silurien argileux	+	----
IAJS-1	2620	2670	50	50	Silurien argileux	+	----

1. + : L'intrusion se trouve dans la Roche mère et/ou le Réservoir.
 2. ++ : L'intrusion se trouve au dessus de la Roche mère et/ou le Réservoir.
 3. + - : L'intrusion se trouve en dessous de la Roche mère et/ou le Réservoir.
- Ep : Epaisseur des intrusions.

IV.2. INFLUENCE DES INTRUSIONS SUR LA ROCHE MÈRE

En examinant le tableau IV.1, on remarque que les intrusions magmatiques sont presque toutes situées à l'intérieur de la roche mère silurienne dans la région de Bordj Omar Driss.

Les intrusions magmatiques peuvent induire sur la roche mère (argiles riches en matières organiques) les deux phénomènes suivants :

- Le premier est la graphitisation de la matière organique au contact direct de l'intrusion ;
- Le second est l'augmentation brusque de la maturation par l'effet de chaleur dégagée par l'intrusion.

IV.3. INFLUENCE DES INTRUSIONS SUR LES ROCHES RÉSERVOIRS DU BASSIN

Le magmatisme du bassin s'est mis en place après le premier cycle principal de subsidence des roches mères paléozoïques, durant lequel il y a eu génération d'hydrocarbures (Génération surtout d'huile et peu de gaz). Ce magmatisme peut avoir une influence sur les hydrocarbures générés pendant ce cycle dans les réservoirs. En effet, le contact des formations magmatiques avec les roches réservoirs encaissantes provoque un métamorphisme de contact et les hydrocarbures sont généralement détruits au contact des intrusions (Cas de MRK-1).

IV.4. INFLUENCES DES INTRUSIONS SUR LE PIÈGEAGE DES HYDROCARBURES DANS LE BASSIN

- Les intrusions magmatiques peuvent créer des barrières de perméabilité, comme c'est le cas dans la région de OUDIANE, où il y a eu séparation entre deux grandes accumulations de pétrole par une barrière composée d'intrusions magmatiques.
- Les pièges dans le champ de Stah ont été formés suite à l'intrusion de la dolérite dans les argiles du Silurien ce qui a forcé les roches réservoirs sus jacentes à remonter (Lakhal H., Nabi N., 2002).

IV.5. CONCLUSIONS

La répartition de ces roches par rapport aux roches mères siluriennes et aux réservoirs ordoviciens et leur relation avec les éléments structuraux du bassin peut avoir une influence non négligeable sur le système pétrolier du bassin d'Illizi.

Conclusion Générale

- Les roches magmatiques sont peu répandues dans le bassin d'Illizi. Elles se localisent essentiellement dans la partie Nord du bassin.
- Ce sont des roches intrusives qui s'interstratifient sous formes de laccolites dans deux niveaux différents : l'Ordovicien et le Silurien.
- L'étude pétrographique de ces roches montre qu'il s'agit essentiellement de roches basaltiques à texture doléritique (dolérites) très altérées.
- En l'absence d'analyses géochimiques et de datations fiables, il nous est impossible de rattacher ces roches magmatiques à un contexte géodynamique de mise en place.
- La mise en place de ces roches magmatiques est probablement liée aux accidents majeurs du bassin d'Illizi, notamment les accidents de direction NNE-SSW. Cette direction est celle des accidents liés à l'ouverture de l'Atlantique Central.
- La répartition de ces roches par rapport aux roches mères siluriennes et aux réservoirs ordoviciens et leur relation avec les éléments structuraux du bassin peut avoir une influence non négligeable sur le système pétrolier du bassin d'Illizi.

Bibliographie

H. ABDALLAH (1995). Notes et guide book sur la géologie du Tassili N'Ajjer. *Document Sonatrach*. 80 p.

A. AIOUNA (1995). Synthèse bibliographique de bassin d'Illizi (District II). *Rapport Sonatrach*. 28 p.

M. ALIEV, ET 16 AUTRES AUTEURS (1971). Structures géologiques et perspectives en pétrole et en gaz du Sahara algérien. *Altamira-Rotopress, S.A., Madrid, Espagne*, 275 p.

S. ATTOUCHI (2003). Le tracé informatique des cartes en isopaques de l'éruptif de la région de Hassi-Messaoud. *Mémoire de PFE, ENP, Alger*, 66 p.

BEICIP (1975). Etude structurale et caractéristique, Bassin d'Illizi- Môle d'El Biod. *Rapport inédit. Sonatrach Exploration*.

BHP PETROLEUM ALGERIE (1998). Regional geological study of Boukhechba permit, Illizi basin, Algeria. *Rapport inédit. Sonatrach Exploration*. 77 p.

G. BOSSIERE, M. MEGARTSI (1971). Découverte d'un type de lave intermédiaire entre les rushayites et les katungites dans le Sahara nord-oriental (Algérie). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 273, 547-550.

A. BOUDJEMAA (1987). Evolution structurale du bassin pétrolier triasique du Sahara nord oriental (Algérie). *Thèse de Doctorat en Sciences, Université Paris XI-Orsay*, 290 p.

G. BUSSON (1970). Le Mésozoïque saharien. 2^{ème} partie : Essai de synthèse des données des sondages algéro-tunisiens. *Publ. Centre Rech. Zones arides, CNRS, Paris, Sér. Géol., n°11, 2 vol., 810 p.*

G. BUSSON, A. CORNEE (1989). Quelques données sur les antécédents climatiques du Sahara : la signification des couches détritiques rouges et des évaporites du Trias et du Lias-Dogger. *Bull. Soc. Géol. France*, t.5 (1) pp. 3-11.

M.C. CHABOU (2001). Etude pétrographique et géochimique du magmatisme mésozoïque de l'Ouest de la plate-forme saharienne. *Mémoire de Magister, ENP, Alger*, 181 p.

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

K. ECHIKH (1998). Geology and hydrocarbon occurrences in the Ghadames Basin, Algeria, Tunisia, Libya. In : D.S. MacGregor, R.T.J. Moody, D.D. Clark-Lowes (Eds.), *Petroleum Geology of North Africa. Geol. Soc. Lond., Spec. Publ.*, 132, 231-263.

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

J. FABRE (1983). Afrique de l'Ouest, Introduction géologique et termes stratigraphiques, *Pergamon*, 396 p.

M. FILALI (2003). Le volcanisme de la province triasique : critères pétrographiques et géochimiques. *Mémoire de Magister, ENP, Alger*.

M. HENNICHE (2002). Architecture et modèle de dépôts d'une série sédimentaire paléozoïque en contexte cratonique : Le Silurien - Dévonien du Bassin d'Illizi (Sahara oriental, Algérie). *Thèse de Doctorat. Université de Rennes I*.

A. IMADACHE (2003). Le tracé informatique des courbes en isopaques du magmatisme mésozoïque de bassin d'Oued Mya. *Mémoire de PFE, ENP, Alger*, 91 p.

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

N. JALIL, P. TAQUET (1994). Les vertébrés triasiques de la série de Zarzaitine (Algérie). Liste faunique et implications stratigraphiques. In : Dercourt J., Tefiani M. et Vila J.M. (eds.), *Trias'93, Mémoires du Service Géologique de l'Algérie*, n° 6, pp. 99-104.

M. KHATAL (2003). Etude de la répartition spatio-temporelle du magmatisme mésozoïque du bassin de Reggane. *Mémoire de PFE, ENP, Alger, 95 p.*

T.R. KLETT (2000). Total Petroleum Systems of the Illizi Province, Algeria and Libya-Tanezzuft-Illizi. *U.S. Geological Survey Bulletin 2202-A, 79 p.*
<http://greenwood.cr.usgs.gov/pub/bulletins/b2202-a>

H. LAKHAL, N. NABI (2002). Interprétation structurale par la sismique 3D du champ de Stah (Bassin d'illizi). *Mémoire de PFE, USTHB.*

P. LOGAN, I. DUDDY (1998). An investigation of the thermal history of the Ahnet and Reggane Basins, Central Algeria, and the consequences for hydrocarbon generation and accumulation. *In : D.S. MacGregor, R.T.J. Moody, D.D. Clark-Lowes (Eds.), Petroleum Geology of North Africa. Geol. Soc. Lond., Spec. Publ., 132, 231–263.*

M. MAKHOUS, Y.I. GALUSHKIN (2003). Burial history and thermal evolution of the northern and eastern Saharan basins. *AAPG Bulletin, 87(10) 1623-1651.*

M. MAKHOUS, Y.I. GALUSHKIN (2003). Burial history and thermal evolution of the Southern and western Saharan basins: synthesis and comparison with the eastern and northern Saharan basins. *AAPG Bulletin, 87(11) 1799-1822.*

PETRO-CANADA (1995). Petrography of Ten Dolerite Samples from five Wells in the Illizi Basin Algeria. *Rapport inédit. Sonatrach Exploration. 104 p.*

ROBERTSON/SONATRACH (2000). Etude sédimentologique, diagénétique et modélisation sismique des niveaux réservoirs du Bassin d'illizi, Algérie. *Rapport inédit, Sonatrach Exploration.*

M. SAHLI (2000). Influence de l'intrusion sur les séries Dévonienues dans la structure de Stah (Bassin d'illizi). *Mémoire de PFE, LAP, Boumerdès.*

M.S. SKENDER, M. ARAB (1996). Synthèse géochimique sur le Bassin d'illizi. *Rapport inédit. Sonatrach Exploration. 29 p.*

J. THOUVENIN (1975). A propos des structures de MEREKSEN et de STAH. *Document Sonatrach. 28 p.*

B. TISSOT, J. ESPITALIE, G. DEROO, C. TEMPERE, D. JONATHAN (1974). Origine et migration des hydrocarbures dans le Sahara oriental (Algérie). *In B. Tissot et F. Biennier (eds.), Advances in organic geochemistry, Technip, Paris, pp. 315-334.*

Annexes

Annexe 01

(Le Worksheet utilisé pour la carte en isopaques
des épaisseurs totales)

Sondage	X	Y	Ep (m)	PF (m)
ACH-1	513,4851	3146,204	0	2992.7 Socle
AH-101	435,53	3196,86	0	2947 Socle
ALE-3	585,185	3165,989	0	3385.4 Socle
ALR-1	554,5408	3151,145	0	2996.5 Socle
AMD-1	586,2	2976,55	0	759.2 Socle
AMD-2	590,3	2962,94	0	523.1 Socle
ARN-2	573,3106	3096,065	0	2063 Socle
AS-1	480	2999,959	0	1979 Socle
BKH-1	171,3563	3248,279	0	2391 Socle
BT-1	508,23	3043,42	0	2622 Socle
DA-1	563,163	2998,352	0	1392 Socle
DCL-1	572,465	3021,286	0	1078 Socle
	573,673	3021,154	0	1138 Socle
DIM-1	518,518	3200,95	43	3010 SA
DIMW-2	512,8373	3201,76	84,5	3253 IV-3
DL-1	587,269	3057,042	0	1170 Socle
	582,2553	3057,797	0	1382 Socle
	585,903	3053,837	0	1270 Socle
	589,1656	3073,07	0	1263 socle
	588,708	3068,17	0	1131 Socle
EAL-31	480,652	3036	0	2637.7 Socle
EDY-1	434,384	3120	0	26662 Socle
ES-101	549,91	3189,96	0	3656 Socle
ET-101	458,805	3233,44	0	3409 Socle
FRG-1	455,21	3169,78	0	2846 Socle
GER-1	345,991	3200,38	26,75	2599 III-2
2	344,181	3197,95	35,5	2546 III-2
GLD-1	569,185	3082,63	0	1884 Socle
GLK-1	501,35	2934,7	0	1378 Socle
GRA-1	497,299	3111,48	0	2668 Socle
GTD-1	569,712	3092,438	0	2396 Socle
HMZ-1	384,525	3141,85	0	2497.6 Socle
HOA-1	572,529	3056,193	0	1524 Socle
HOS-1	570,99	3065,18	0	1582 Socle
IAJS-1	351,4	3233,537	50	Unité IV-2
IAK-1	535,719	3144,3	0	2907 Socle
IFT-2	566,698	3111,94	0	2237 Socle
IHSW-1	444,362	3078,17	0	2639.5 Socle
IKB-1	559,039	2991,256	0	1240 Socle
INW-1	355,353	3073,57	0	2655.4 Socle
IRL-1	475,728	3114,92	0	2737 Socle
	467,676	3111,49	0	2741 Socle
IT-1	538,11	2988,62	0	1476 Socle
MAO-2	315,6834	3197,854	0	2684 Socle
MK-1	217,3733	3211,121	0	2130 Socle
MRK-1	567,725	3222,6	116	3829.45 Socle
NIA-1	543,977	3118,45	0	2989 Socle

NCL-2	413,238	3044,54	0	2599 Socle
OBK-1	540,553	2999,64	0	1645 Socle
ODN-1	354,8617	3212,739	120,25	2959,3 IV-3
2	353,2557	3208,174	143,5	2783 III-1
ODT-1	341,974	3192,27	3,5	2629.5 III-2
OMA-1	581,773	2982,37	0	857 Socle
OTR-1	340,4577	3205,756	205	2773.5 III-2
OTT-1	552,88	3031,32	0	1740 Socle
OU-101	432,341	3257,94	0	4079 Socle
OUT-1	468,4161	3158,337	0	2936 Socle
OZN-1	329,45	3153,55	0	2349.1 Socle
RCL-1	523,948	3086,06	0	2280 Socle
	522,42	3084,24	0	2284 Socle
RML-1	452,826	3077,92	0	2631.7 Socle
SED-1	459,328	3245,14	0	3651 Socle
SEDE-1	485,7736	3226,288	0	3360 Socle
STA-1-bis	573,346	3199,08	127	3623,4 III-3
TA-2	588,0886	3089,37	0	1962 Socle
TABL-1	452,829	3112,07	0	2777 Socle
TAK-1	425,619	3151,89	0	2685.6 Socle
TBK-1	561,1129	3034,495	0	1464 Socle
TE-101	458,324	3172,92	0	2924 Socle
TEK-1	247,569	3016,794	0	1135.5 Socle
TEL-1	573,35	3042,026	0	1537 Socle
TFN-1	349,326	3159,64	0	2388 Socle
TG-7	517,219	3078,31	0	2317 Socle
TG-38	520,355	3060,36	0	2492 Socle
THD-1bis	541,3028	3244,158	0	3934.5 Socle
TID-2	553,271	3088,273	0	2698 Socle
TIL-1	520,7176	3157,72	0	3272 Socle
TIS-101	192,7619	3015,075	0	1021 Socle
TMT-2	514,759	3154,54	0	3117 Socle
TNB-1	548,3349	3065,083	0	2013 Socle
	549,9609	3062,597	0	2011.8 Socle
	549,377	3064,656	0	2018.5 Socle
TRN-1	504,239	3081,26	0	2551 Socle
TRT-1	560,396	3044,891	0	1652 Socle
TSI-1Bis	391,2921	3059,012	0	2461 Socle
TTY-1	380,159	3003,753	0	2371.8 Socle
TU-101	397,27	3187,11	0	2567 Socle
TXA-1	385,33	3084,12	30,5	2453 II
TZM-1	466,4651	3254,76	0	3850 Socle
WHA-1	437,4074	3083,025	0	2535 Socle
WHB-1	447,8741	3087,776	0	2626 Socle
WIA-1	532,198	3108,63	0	2924 Socle
WIH-1	438,3307	3091,953	0	2411 Socle
WIH-3	439,177	3103,636	0	2699 Socle
ZM-1	359,75	3231,17	8,5	2744.5 III-2
ZR-12	577,8981	3117,813	0	1944 Socle
ZR-302	582,346	3119,09	0	2171 Socle
	582,3461	3119,093.17	0	2381.9 Socle
ZSM-1	300,414	3111,45	0	2815.5 Socle
ZT-1	488,994	3068,16	0	2502 Socle
ELA-1	273,99	3252,72	0	
RAS-1	281,659	3260,797	0	

RMN-1	232,12	3243,56	0	
ASL-1	255,092	3253,54	0	
AZS-1	234,77	3276,807	0	
HR-1	249,305	3245,297	0	
	253,026	3241,304	0	
	251,49	3242,875	0	
	253,05	3236,606	0	
MKSW-1	264,065	3239,17	0	
EK-1	239,697	3239,17	0	
EKN-1	232,505	3251,27	0	
MAT-1	260,918	3250,072	0	
ONT-1	518,125	3304,276	0	
IAN-1	385,589	3306,099	0	
NEO-1	382,433	3319,619	0	
EAJ-1	353,401	3312,593	0	
AMD-3	590,7186	2972,611	0	647.8 II
	588,3091	2974,809	0	687.5 II
AN-1	256,3933	3134,632	0	3003 II
ANNE-1	262,3832	3142,804	0	3079 II
AS-2	480,9488	2999,906	0	1793 II
ASN-1	481,304	3013,33	0	1892.8 II
BN-1	530,84	2997,68	0	1651 II
DA-2	562,959	3000,597	0	1272.5 II
DCL-3	575,94	3018,742	0	1063.7 II
EAL-1	485,938	3030,64	0	2499 II
EOS-1	363,119	3254,01	0	3283 II
GTT-1	366,521	3078,35	0	2493 II
HFA-1	535,629	3055,53	0	2186 II
HT-101	306,689	3147,34	0	2710.5 II
IKF-1	471,44	2943,7	0	1378 II
ILM-1	430,12	3065,178	0	2370 II
IRLE-1	478,3031	3109,22	0	2653 II
IRLS-1	473,075	3105,77	0	2588.8 II
2	470,336	3106,48	0	2560 II
IRLW-1	454,777	3105,37	0	2610.3 II
IRSW-1	456,73	3097,089	0	2628.5 II
ISA-1	346,968	3120,12	0	2245.5 II
ISW-1	355,601	3121,752	0	2234 II
MZS-1	381,114	3122,61	0	2198.9 II
NDC-1	571,782	3032,793	0	1516 II
NWD-1	554,553	3009,049	0	1450 II
OLK-1	324,934	3108,92	0	2421.5 II
OMA-2	573,399	2985,578	0	857 II
OMA-3	576,5214	2984,302	0	966 II
OMS-1	316,135	3152,94	0	2415.3 II
OTH-1	322,694	3121,94	0	2238 II
OUA-1	263,803	3213,57	0	3656.7 II
REO-1	312,261	3241,193	0	3202 II
SIK-1	560,412	2986,493	0	1092 II
SOH-1	340,743	3261,65	0	3559 II
TAH-1	333,84	3127,03	0	2240.2 II
TD-2	562,6749	3029,672	0	1413 II
TD-3	560,7514	3035,416	0	1432 II
TES-1	573,2668	3040,592	0	1454.5 II
TFS-1	367,111	3135,78	0	2399.5 II

	354,066	3151,616	0	2164 II
	354,9399	3149,697	0	2165.2 II
TGE-1	530	3075	0	2500 II
THB-1	546,5133	3040,03	0	1929 II
THN-1	314,9408	2965,185	0	1147.6 II
TML-1	349,9875	3138,893	0	2245 II
TMZ-1	521,739	2973,63	0	1338 II
TNB-4	550,172	3064,475	0	1989 II
TNS-1	307,137	3140,77	0	2594.5 II
TRN-2	523,348	3099,16	0	2503 II
TRN-3	498,302	3066,68	0	2375 II
TRT-2	561,541	3045,959	0	1613 II
WIH-2	436,642	3093,152	0	2420 II
AMA-1	320,7567	3177,476	0	2104.5 III-2
AMW-1	312,5594	3180,757	0	2316.6 III-2
IR-1	382,173	3041,01	0	2161 III-2
IRLW-2	452,463	3103,3	0	2526.2 III-1
ISC-1	366,7053	3095,049	0	2221 III-2
OUS-1	260,419	3204,6	0	3035 III-1
TAM-3	355,777	3177,314	0	2389.4 III-2
TFE-1	362,096	3146,74	0	2248.5 III-2
TRNW-1	332,674	3155,205	0	2281.9 III-2
TRSE-1	378,962	3118,26	0	2385 III-2
TRT-3	557,4241	3048,292	0	1774 III-1
TXE-1	434,7	3022,8	0	2200 III-2
TY-1	321,467	3183,303	0	2205.6 III-2
AAR-1	574,6933	3218,977	0	3186 (SA)
ADO-1	380,7805	3105,073	0	2388.4 III-3
ADOE-1	392,1469	3104,456	0	2120 IV-2
BED-1	390,729	3168,11	0	2170.2 IV-2
DIME-1	529,48	3208,37	0	3150.7 SA
DIMN-1	512,605	3209,61	0	3120 SA
DMNW-1	505,0142	3206,827	0	
ESE-101	556,572	3192,33	0	3006 SA
ESR-1	565,342	3233,87	0	3832 IV-2
GLN-1	503,742	3193,65	0	2842 SA
GZ-101	551,968	3243,88	0	3783 IV-3
HIM	550,9094	3228,588	0	
IH-101	456,77	3208,24	0	2958 III-3
ISE-1	541,0566	3104,555	0	2951 IV-2
KAR-1	522,451	3194,47	0	3257.6 IV-3
	523,807	3197,11	0	3295.8 IV-2
MAO-1	316,243	3200,715	0	159.8 B2
MZC-1	378,1	3113,89	0	2101 IV-2
STA-3	568,774	3195,78	0	3110SA
	573,575	3194,25	0	
	567,9	3199,4	0	
STNW-1	557,44	3203,11	0	3187.5 SA
TAH-2	338,098	3136,5	0	1495 B2
	332,877	3125,56	0	1319.5 C1
	339,06	3138,98	0	1739.8 M1
TAM-1	355,442	3178,07	0	
	357,17	3182,307	0	2227.5 IV-2
TF-101	338,4713	3184,36	0	2257.1 IV-2
TFY-1	353,481	3151,31	0	1676.4 SA

THF-1	489,2174	3251,726	0	
TIM-1	373,5988	3103,53	0	1840 SA
TML-2	350,416	3141,91	0	1388 C1
TNE-1	362,608	3191,01	0	2299.5 IV-2
TNF-1	488,9462	3236,099	0	
TNW-1	350,396	3184,15	0	2328 IV-2
TRE-1	370,249	3127,81	0	2247.5 III-2
TST-1	548,4968	3186,566	0	2989 SA
TXB-1	412,741	3089,36	0	1669 C1
IAJW-1	331,197	3230,788	0	
MAON-1	314,399	3205,313	0	
sismic-1	590	3224,44	0	
sismic-2	370	3220	0	
sismic-3	370	3200	0	
sismic-4	320	3200	0	
sismic-5	320	3220	0	
sismic-6	320	3240	0	

Annexe 02

Le Worksheet utilisé pour la réalisation de la carte en Isoques des intrusion magmatiques du Silurien)

Sondage	X	Y	Ep (m)	PF (m)
ACH-1	513,4851	3146,204	0	2992.7 Socle
AH-101	435,53	3196,86	0	2947 Socle
ALE-3	585,185	3165,989	0	3385.4 Socle
ALR-1	554,5408	3151,145	0	2996.5 Socle
AMD-1	586,2	2976,55	0	759.2 Socle
AMD-2	590,3	2962,94	0	523.1 Socle
ARN-2	573,3106	3096,065	0	2063 Socle
AS-1	480	2999,959	0	1979 Socle
BKH-1	171,3563	3248,279	0	2391 Socle
BT-1	508,23	3043,42	0	2622 Socle
DA-1	563,163	2998,352	0	1392 Socle
DCL-1	572,465	3021,286	0	1078 Socle
2	573,673	3021,154	0	1138 Socle
DIM-1	518,518	3200,95	43	3010 SA
DIMW-2	512,8373	3201,76	84,5	3253 IV-3
DL-1	587,269	3057,042	0	1170 Socle
DL-2	582,2553	3057,797	0	1382 Socle
3	585,903	3053,837	0	1270 Socle
125	589,1656	3073,07	0	1263 socle
193	588,708	3068,17	0	1131 Socle
EAL-31	480,652	3036	0	2637.7 Socle
EDY-1	434,384	3120	0	26662 Socle
ES-101	549,91	3189,96	0	3656 Socle
ET-101	458,805	3233,44	0	3409 Socle
FRG-1	455,21	3169,78	0	2846 Socle
GER-1	345,991	3200,38	26,75	2599 III-2
GER-2	344,181	3197,95	35,5	2546 III-2
GLD-1	569,185	3082,63	0	1884 Socle
GLK-1	501,35	2934,7	0	1378 Socle
GRA-1	497,299	3111,48	0	2668 Socle
GTD-1	569,712	3092,438	0	2396 Socle
HMZ-1	384,525	3141,85	0	2497.6 Socle
HOA-1	572,529	3056,193	0	1524 Socle
HOS-1	570,99	3065,18	0	1582 Socle
IAJS-1	351,4	3233,537	50	Unité IV-2
IAK-1	535,719	3144,3	0	2907 Socle
IFT-2	566,698	3111,94	0	2237 Socle
IHSW-1	444,362	3078,17	0	2639.5 Socle
IKB-1	559,039	2991,256	0	1240 Socle
INW-1	355,353	3073,57	0	2655.4 Socle
IRL-1	475,728	3114,92	0	2737 Socle
IRL-2	467,676	3111,49	0	2741 Socle
IT-1	538,11	2988,62	0	1476 Socle

MAO-2	315,6834	3197,854	0	2684 Socle
MK-1	217,3733	3211,121	0	2130 Socle
MRK-1	567,725	3222,6	0	3829.4 Socle
NIA-1	543,977	3118,45	0	2989 Socle
NCL-2	413,238	3044,54	0	2599 Socle
OBK-1	540,553	2999,64	0	1645 Socle
ODN-1	354,8617	3212,739	82,75	2959,3 IV-3
ODN-2	353,2557	3208,174	26,5	2783 III-1
ODT-1	341,974	3192,27	0	2629.5 III-2
OMA-1	581,773	2982,37	0	857 Socle
OTR-1	340,4577	3205,756	169	2773.5 III-2
OTT-1	552,88	3031,32	0	1740 Socle
OU-101	432,341	3257,94	0	4079 Socle
OUT-1	468,4161	3158,337	0	2936 Socle
OZN-1	329,45	3153,55	0	2349.1 Socle
RCL-1	523,948	3086,06	0	2280 Socle
2	522,42	3084,24	0	2284 Socle
RML-1	452,826	3077,92	0	2631.7 Socle
SED-1	459,328	3245,14	0	3651 Socle
SEDE-1	485,7736	3226,288	0	3360 Socle
STA-1-bis	573,346	3199,08	127	3623,4 III-3
TA-2	588,0886	3089,37	0	1962 Socle
TABL-1	452,829	3112,07	0	2777 Socle
TAK-1	425,619	3151,89	0	2685.6 Socle
TBK-1	561,1129	3034,495	0	1464 Socle
TE-101	458,324	3172,92	0	2924 Socle
TEK-1	247,569	3016,794	0	1135.5 Socle
TEL-1	573,35	3042,026	0	1537 Socle
TFN-1	349,326	3159,64	0	2388 Socle
TG-7	517,219	3078,31	0	2317 Socle
TG-38	520,355	3060,36	0	2492 Socle
THD-1bis	541,3028	3244,158	0	3934.5 Socle
TID-2	553,271	3088,273	0	2698 Socle
TIL-1	520,7176	3157,72	0	3272 Socle
TIS-101	192,7619	3015,075	0	1021 Socle
TMT-2	514,759	3154,54	0	3117 Socle
TNB-1	548,3349	3065,083	0	2013 Socle
2	549,9609	3062,597	0	2011.8 Socle
3	549,377	3064,656	0	2018.5 Socle
TRN-1	504,239	3081,26	0	2551 Socle
TRT-1	560,396	3044,891	0	1652 Socle
TSI-1Bis	391,2921	3059,012	0	2461 Socle
TTY-1	380,159	3003,753	0	2371.8 Socle
TU-101	397,27	3187,11	0	2567 Socle
TXA-1	385,33	3084,12	0	2453 II
TZM-1	466,4651	3254,76	0	3850 Socle
WHA-1	437,4074	3083,025	0	2535 Socle
WHB-1	447,8741	3087,776	0	2626 Socle
WIA-1	532,198	3108,63	0	2924 Socle
WIH-1	438,3307	3091,953	0	2411 Socle
WIH-3	439,177	3103,636	0	2699 Socle
ZM-1	359,75	3231,17	0	2744.5 III-2
ZR-12	577,8981	3117,813	0	1944 Socle
ZR-302	582,346	3119,09	0	2171 Socle
318	582,3461	3119.093.17	0	2381.9 Socle

ZSM-1	300,414	3111,45	0	2815.5 Socle
ZT-1	488,994	3068,16	0	2502 Socle
ELA-1	273,99	3252,72	0	
RAS-1	281,659	3260,797	0	
RMN-1	232,12	3243,56	0	
ASL-1	255,092	3253,54	0	
AZS-1	234,77	3276,807	0	
HR-1	249,305	3245,297	0	
2	253,026	3241,304	0	
3	251,49	3242,875	0	
4	253,05	3236,606	0	
MKSW-1	264,065	3239,17	0	
EK-1	239,697	3239,17	0	
EKN-1	232,505	3251,27	0	
MAT-1	260,918	3250,072	0	
ONT-1	518,125	3304,276	0	
IAN-1	385,589	3306,099	0	
NEO-1	382,433	3319,619	0	
EAJ-1	353,401	3312,593	0	
AMD-3	590,7186	2972,611	0	647.8 II
4	588,3091	2974,809	0	687.5 II
AN-1	256,3933	3134,632	0	3003 II
ANNE-1	262,3832	3142,804	0	3079 II
AS-2	480,9488	2999,906	0	1793 II
ASN-1	481,304	3013,33	0	1892.8 II
BN-1	530,84	2997,68	0	1651 II
DA-2	562,959	3000,597	0	1272.5 II
DCL-3	575,94	3018,742	0	1063.7 II
EAL-1	485,938	3030,64	0	2499 II
EOS-1	363,119	3254,01	0	3283 II
GTT-1	366,521	3078,35	0	2493 II
HFA-1	535,629	3055,53	0	2186 II
HT-101	306,689	3147,34	0	2710.5 II
IKF-1	471,44	2943,7	0	1378 II
ILM-1	430,12	3065,178	0	2370 II
IRLE-1	478,3031	3109,22	0	2653 II
IRLS-1	473,075	3105,77	0	2588.8 II
2	470,336	3106,48	0	2560 II
IRLW-1	454,777	3105,37	0	2610.3 II
IRSW-1	456,73	3097,089	0	2628.5 II
ISA-1	346,968	3120,12	0	2245.5 II
ISW-1	355,601	3121,752	0	2234 II
MZS-1	381,114	3122,61	0	2198.9 II
NDC-1	571,782	3032,793	0	1516 II
NWD-1	554,553	3009,049	0	1450 II
OLK-1	324,934	3108,92	0	2421.5 II
OMA-2	573,399	2985,578	0	857 II
OMA-3	576,5214	2984,302	0	966 II
OMS-1	316,135	3152,94	0	2415.3 II
OTH-1	322,694	3121,94	0	2238 II
OUA-1	263,803	3213,57	0	3656.7 II
REO-1	312,261	3241,193	0	3202 II
SIK-1	560,412	2986,493	0	1092 II
SOH-1	340,743	3261,65	0	3559 II
TAH-1	333,84	3127,03	0	2240.2 II

TD-2	562,6749	3029,672	0	1413 II
TD-3	560,7514	3035,416	0	1432 II
TES-1	573,2668	3040,592	0	1454.5 II
TFS-1	367,111	3135,78	0	2399.5 II
18	354,066	3151,616	0	2164 II
30	354,9399	3149,697	0	2165.2 II
TGE-1	530	3075	0	2500 II
THB-1	546,5133	3040,03	0	1929 II
THN-1	314,9408	2965,185	0	1147.6 II
TML-1	349,9875	3138,893	0	2245 II
TMZ-1	521,739	2973,63	0	1338 II
TNB-4	550,172	3064,475	0	1989 II
TNS-1	307,137	3140,77	0	2594.5 II
TRN-2	523,348	3099,16	0	2503 II
TRN-3	498,302	3066,68	0	2375 II
TRT-2	561,541	3045,959	0	1613 II
WIH-2	436,642	3093,152	0	2420 II
AMA-1	320,7567	3177,476	0	2104.5 III-2
AMW-1	312,5594	3180,757	0	2316.6 III-2
IR-1	382,173	3041,01	0	2161 III-2
IRLW-2	452,463	3103,3	0	2526.2 III-1
ISC-1	366,7053	3095,049	0	2221 III-2
OUS-1	260,419	3204,6	0	3035 III-1
TAM-3	355,777	3177,314	0	2389.4 III-2
TFE-1	362,096	3146,74	0	2248.5 III-2
TRNW-1	332,674	3155,205	0	2281.9 III-2
TRSE-1	378,962	3118,26	0	2385 III-2
TRT-3	557,4241	3048,292	0	1774 III-1
TXE-1	434,7	3022,8	0	2200 III-2
TY-1	321,467	3183,303	0	2205.6 III-2
AAR-1	574,6933	3218,977	0	3186 (SA)
ADO-1	380,7805	3105,073	0	2388.4 III-3
ADOE-1	392,1469	3104,456	0	2120 IV-2
BED-1	390,729	3168,11	0	2170.2 IV-2
DIME-1	529,48	3208,37	0	3150.7 SA
DIMN-1	512,605	3209,61	0	3120 SA
DMNW-1	505,0142	3206,827	0	
ESE-101	556,572	3192,33	0	3006 SA
ESR-1	565,342	3233,87	0	3832 IV-2
GLN-1	503,742	3193,65	0	2842 SA
GZ-101	551,968	3243,88	0	3783 IV-3
HIM	550,9094	3228,588	0	
IH-101	456,77	3208,24	0	2958 III-3
ISE-1	541,0566	3104,555	0	2951 IV-2
KAR-1	522,451	3194,47	0	3257.6 IV-3
2	523,807	3197,11	0	3295.8 IV-2
MAO-1	316,243	3200,715	0	159.8 B2
MZC-1	378,1	3113,89	0	2101 IV-2
STA-3	568,774	3195,78	0	3110SA
4	573,575	3194,25	0	
5	567,9	3199,4	0	
STNW-1	557,44	3203,11	0	3187.5 SA
TAH-2	338,098	3136,5	0	1495 B2
3	332,877	3125,56	0	1319.5 C1
4	339,06	3138,98	0	1739.8 M1

TAM-1	355,442	3178,07	0	
2	357,17	3182,307	0	2227.5 IV-2
TF-101	338,4713	3184,36	0	2257.1 IV-2
TFY-1	353,481	3151,31	0	1676.4 SA
THF-1	489,2174	3251,726	0	
TIM-1	373,5988	3103,53	0	1840 SA
TML-2	350,416	3141,91	0	1388 C1
TNE-1	362,608	3191,01	0	2299.5 IV-2
TNF-1	488,9462	3236,099	0	
TNW-1	350,396	3184,15	0	2328 IV-2
TRE-1	370,249	3127,81	0	2247.5 III-2
TST-1	548,4968	3186,566	0	2989 SA
TXB-1	412,741	3089,36	0	1669 C1
IAJW-1	331,197	3230,788	0	
MAON-1	314,399	3205,313	0	
sismic-1	590	3224,44	0	
sismic-2	370	3220	0	
sismic-3	370	3200	0	
sismic-4	320	3200	0	
sismic-5	320	3220	0	
sismic-6	320	3240	0	

Annexe 03

Le Worksheet utilisé pour la réalisation de la carte en Isopaques des intrusion magmatiques de l'Ordovicien

Sondage	X	Y	Ep (m)	PF (m)
ACH-1	513,4851	3146,204	0	2992.7 Socle
AH-101	435,53	3196,86	0	2947 Socle
ALE-3	585,185	3165,989	0	3385.4 Socle
ALR-1	554,5408	3151,145	0	2996.5 Socle
AMD-1	586,2	2976,55	0	759.2 Socle
AMD-2	590,3	2962,94	0	523.1 Socle
ARN-2	573,3106	3096,065	0	2063 Socle
AS-1	480	2999,959	0	1979 Socle
BKH-1	171,3563	3248,279	0	2391 Socle
BT-1	508,23	3043,42	0	2622 Socle
DA-1	563,163	2998,352	0	1392 Socle
DCL-1	572,465	3021,286	0	1078 Socle
2	573,673	3021,154	0	1138 Socle
DL-1	587,269	3057,042	0	1170 Socle
DL-2	582,2553	3057,797	0	1382 Socle
3	585,903	3053,837	0	1270 Socle
125	589,1656	3073,07	0	1263 Socle
193	588,708	3068,17	0	1131 Socle
EAL-31	480,652	3036	0	2637.7 Socle
EDY-1	434,384	3120	0	26662 Socle
ES-101	549,91	3189,96	0	3656 Socle
ET-101	458,805	3233,44	0	3409 Socle
FRG-1	455,21	3169,78	0	2846 Socle
GER-1	345,991	3200,38	0	2599 III-2
2	344,181	3197,95	0	2546 III-2
GLD-1	569,185	3082,63	0	1884 Socle
GLK-1	501,35	2934,7	0	1378 Socle
GRA-1	497,299	3111,48	0	2668 Socle
GTD-1	569,712	3092,438	0	2396 Socle
HMZ-1	384,525	3141,85	0	2497.6 Socle
HOA-1	572,529	3056,193	0	1524 Socle
HOS-1	570,99	3065,18	0	1582 Socle
IAJS-1	351,4	3233,537	0	Unité IV-2
IAK-1	535,719	3144,3	0	2907 Socle
IFT-2	566,698	3111,94	0	2237 Socle
IHSW-1	444,362	3078,17	0	2639.5 Socle
IKB-1	559,039	2991,256	0	1240 Socle
INW-1	355,353	3073,57	0	2655.4 Socle
IRL-1	475,728	3114,92	0	2737 Socle
IRL-2	467,676	3111,49	0	2741 Socle
IT-1	538,11	2988,62	0	1476 Socle

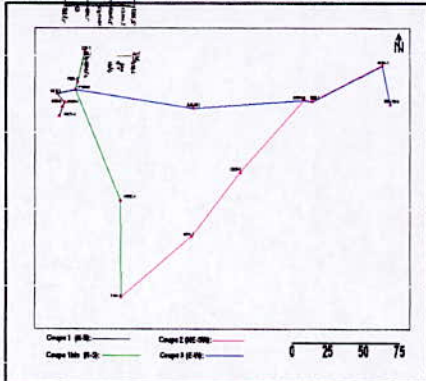
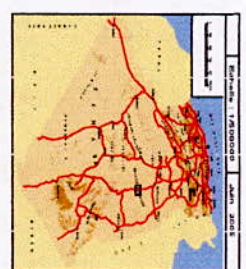
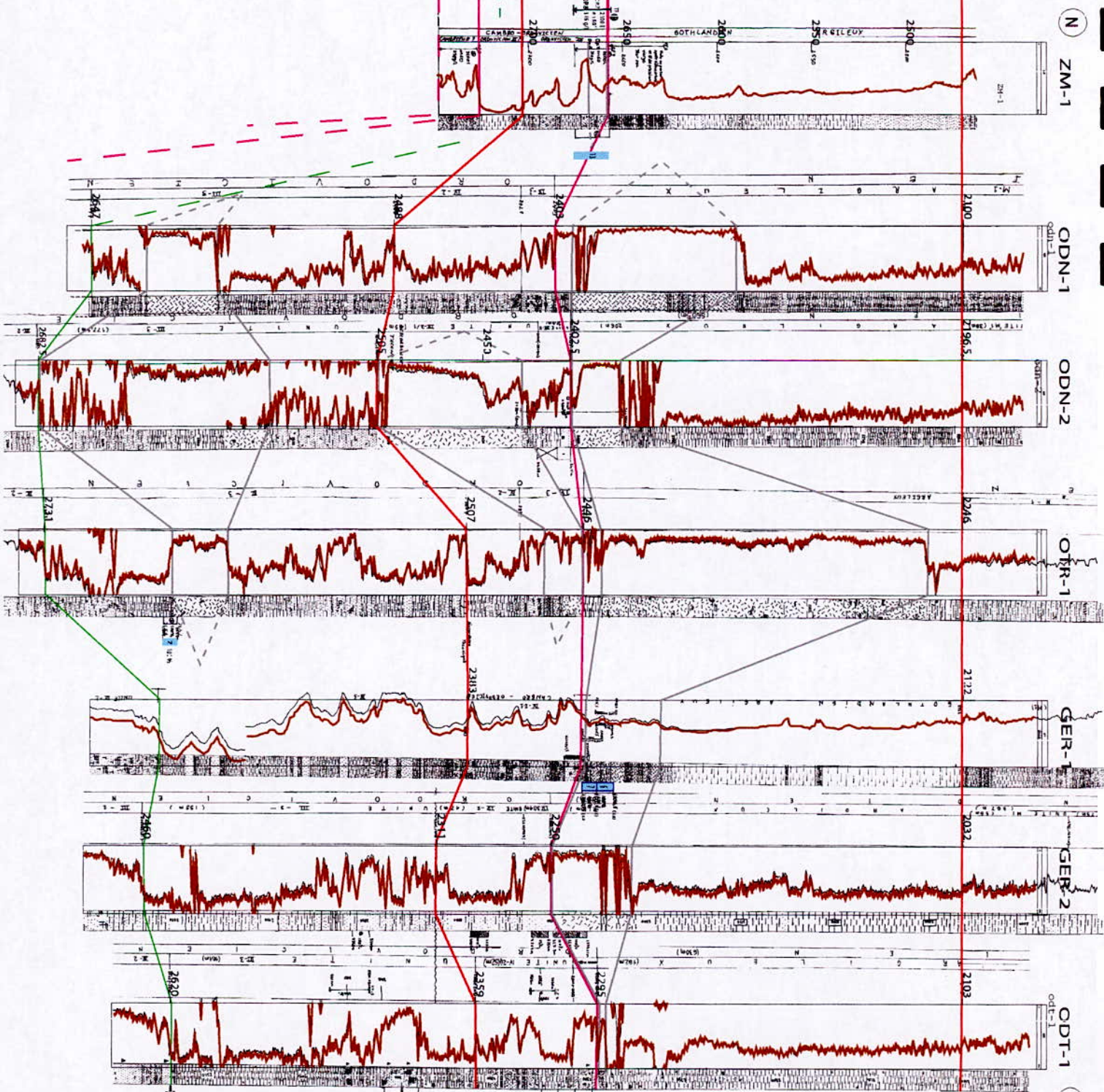
MAO-2	315,6834	3197,854	0	2684 Socle
MK-1	217,3733	3211,121	0	2130 Socle
MRK-1	567,725	3222,6	116	3829.45 Socle
NIA-1	543,977	3118,45	0	2989 Socle
NCL-2	413,238	3044,54	0	2599 Socle
OBK-1	540,553	2999,64	0	1645 Socle
ODN-1	354,8617	3212,739	37,5	2959,3 IV-3
2	353,2557	3208,174	117	2783 III-1
ODT-1	341,974	3192,27	3,5	2629.5 III-2
OMA-1	581,773	2982,37	0	857 Socle
OTR-1	340,4577	3205,756	36	2773.5 III-2
OTT-1	552,88	3031,32	0	1740 Socle
OU-101	432,341	3257,94	0	4079 Socle
OUT-1	468,4161	3158,337	0	2936 Socle
OZN-1	329,45	3153,55	0	2349.1 Socle
RCL-1	523,948	3086,06	0	2280 Socle
2	522,42	3084,24	0	2284 Socle
RML-1	452,826	3077,92	0	2631.7 Socle
SED-1	459,328	3245,14	0	3651 Socle
SEDE-1	485,7736	3226,288	0	3360 Socle
STA-1-bis	573,346	3199,08	0	3623,4 III-3
TA-2	588,0886	3089,37	0	1962 Socle
TABL-1	452,829	3112,07	0	2777 Socle
TAK-1	425,619	3151,89	0	2685.6 Socle
TBK-1	561,1129	3034,495	0	1464 Socle
TE-101	458,324	3172,92	0	2924 Socle
TEK-1	247,569	3016,794	0	1135.5 Socle
TEL-1	573,35	3042,026	0	1537 Socle
TFN-1	349,326	3159,64	0	2388 Socle
TG-7	517,219	3078,31	0	2317 Socle
TG-38	520,355	3060,36	0	2492 Socle
THD-1bis	541,3028	3244,158	0	3934.5 Socle
TID-2	553,271	3088,273	0	2698 Socle
TIL-1	520,7176	3157,72	0	3272 Socle
TIS-101	192,7619	3015,075	0	1021 Socle
TMT-2	514,759	3154,54	0	3117 Socle
TNB-1	548,3349	3065,083	0	2013 Socle
2	549,9609	3062,597	0	2011.8 Socle
3	549,377	3064,656	0	2018.5 Socle
TRN-1	504,239	3081,26	0	2551 Socle
TRT-1	560,396	3044,891	0	1652 Socle
TSI-1Bis	391,2921	3059,012	0	2461 Socle
TTY-1	380,159	3003,753	0	2371.8 Socle
TU-101	397,27	3187,11	0	2567 Socle
TXA-1	385,33	3084,12	30,5	2453 II
TZM-1	466,4651	3254,76	0	3850 Socle
WHA-1	437,4074	3083,025	0	2535 Socle
WHB-1	447,8741	3087,776	0	2626 Socle
WIA-1	532,198	3108,63	0	2924 Socle
WIH-1	438,3307	3091,953	0	2411 Socle
WIH-3	439,177	3103,636	0	2699 Socle
ZM-1	359,75	3231,17	8,5	2744.5 III-2
ZR-12	577,8981	3117,813	0	1944 Socle
ZR-302	582,346	3119,09	0	2171 Socle
318	582,3461	3119,093.17	0	2381.9 Socle

ZSM-1	300,414	3111,45	0	2815.5 Socle
ZT-1	488,994	3068,16	0	2502 Socle
ELA-1	273,99	3252,72	0	
RAS-1	281,659	3260,797	0	
RMN-1	232,12	3243,56	0	
ASL-1	255,092	3253,54	0	
AZS-1	234,77	3276,807	0	
HR-1	249,305	3245,297	0	
2	253,026	3241,304	0	
3	251,49	3242,875	0	
4	253,05	3236,606	0	
MKSW-1	264,065	3239,17	0	
EK-1	239,697	3239,17	0	
EKN-1	232,505	3251,27	0	
MAT-1	260,918	3250,072	0	
ONT-1	518,125	3304,276	0	
IAN-1	385,589	3306,099	0	
NEO-1	382,433	3319,619	0	
EAJ-1	353,401	3312,593	0	
AMD-3	590,7186	2972,611	0	647.8 II
4	588,3091	2974,809	0	687.5 II
AN-1	256,3933	3134,632	0	3003 II
ANNE-1	262,3832	3142,804	0	3079 II
AS-2	480,9488	2999,906	0	1793 II
ASN-1	481,304	3013,33	0	1892.8 II
BN-1	530,84	2997,68	0	1651 II
DA-2	562,959	3000,597	0	1272.5 II
DCL-3	575,94	3018,742	0	1063.7 II
EAL-1	485,938	3030,64	0	2499 II
EOS-1	363,119	3254,01	0	3283 II
GTT-1	366,521	3078,35	0	2493 II
HFA-1	535,629	3055,53	0	2186 II
HT-101	306,689	3147,34	0	2710.5 II
IKF-1	471,44	2943,7	0	1378 II
ILM-1	430,12	3065,178	0	2370 II
IRLE-1	478,3031	3109,22	0	2653 II
IRLS-1	473,075	3105,77	0	2588.8 II
2	470,336	3106,48	0	2560 II
IRLW-1	454,777	3105,37	0	2610.3 II
IRSW-1	456,73	3097,089	0	2628.5 II
ISA-1	346,968	3120,12	0	2245.5 II
ISW-1	355,601	3121,752	0	2234 II
MZS-1	381,114	3122,61	0	2198.9 II
NDC-1	571,782	3032,793	0	1516 II
NWD-1	554,553	3009,049	0	1450 II
OLK-1	324,934	3108,92	0	2421.5 II
OMA-2	573,399	2985,578	0	857 II
OMA-3	576,5214	2984,302	0	966 II
OMS-1	316,135	3152,94	0	2415.3 II
OTH-1	322,694	3121,94	0	2238 II
OUA-1	263,803	3213,57	0	3656.7 II
REO-1	312,261	3241,193	0	3202 II
SIK-1	560,412	2986,493	0	1092 II
SOH-1	340,743	3261,65	0	3559 II
TAH-1	333,84	3127,03	0	2240.2 II

TD-2	562,6749	3029,672	0	1413 II
TD-3	560,7514	3035,416	0	1432 II
TES-1	573,2668	3040,592	0	1454.5 II
TFS-1	367,111	3135,78	0	2399.5 II
18	354,066	3151,616	0	2164 II
30	354,9399	3149,697	0	2165.2 II
TGE-1	530	3075	0	2500 II
THB-1	546,5133	3040,03	0	1929 II
THN-1	314,9408	2965,185	0	1147.6 II
TML-1	349,9875	3138,893	0	2245 II
TMZ-1	521,739	2973,63	0	1338 II
TNB-4	550,172	3064,475	0	1989 II
TNS-1	307,137	3140,77	0	2594.5 II
TRN-2	523,348	3099,16	0	2503 II
TRN-3	498,302	3066,68	0	2375 II
TRT-2	561,541	3045,959	0	1613 II
WIH-2	436,642	3093,152	0	2420 II
AMA-1	320,7567	3177,476	0	2104.5 III-2
AMW-1	312,5594	3180,757	0	2316.6 III-2
IR-1	382,173	3041,01	0	2161 III-2
IRLW-2	452,463	3103,3	0	2526.2 III-1
ISC-1	366,7053	3095,049	0	2221 III-2
OUS-1	260,419	3204,6	0	3035 III-1
TAM-3	355,777	3177,314	0	2389.4 III-2
TFE-1	362,096	3146,74	0	2248.5 III-2
TRNW-1	332,674	3155,205	0	2281.9 III-2
TRSE-1	378,962	3118,26	0	2385 III-2
TRT-3	557,4241	3048,292	0	1774 III-1
TXE-1	434,7	3022,8	0	2200 III-2
TY-1	321,467	3183,303	0	2205.6 III-2
AAR-1	574,6933	3218,977	0	3186 (SA)
ADO-1	380,7805	3105,073	0	2388.4 III-3
ADOE-1	392,1469	3104,456	0	2120 IV-2
BED-1	390,729	3168,11	0	2170.2 IV-2
DIME-1	529,48	3208,37	0	3150.7 SA
DIMN-1	512,605	3209,61	0	3120 SA
DMNW-1	505,0142	3206,827	0	
ESE-101	556,572	3192,33	0	3006 SA
ESR-1	565,342	3233,87	0	3832 IV-2
GLN-1	503,742	3193,65	0	2842 SA
GZ-101	551,968	3243,88	0	3783 IV-3
HIM	550,9094	3228,588	0	
IH-101	456,77	3208,24	0	2958 III-3
ISE-1	541,0566	3104,555	0	2951 IV-2
KAR-1	522,451	3194,47	0	3257.6 IV-3
2	523,807	3197,11	0	3295.8 IV-2
MAO-1	316,243	3200,715	0	159.8 B2
MZC-1	378,1	3113,89	0	2101 IV-2
STA-3	568,774	3195,78	0	3110SA
4	573,575	3194,25	0	
5	567,9	3199,4	0	
STNW-1	557,44	3203,11	0	3187.5 SA
TAH-2	338,098	3136,5	0	1495 B2
3	332,877	3125,56	0	1319.5 C1
4	339,06	3138,98	0	1739.8 M1

TAM-1	355,442	3178,07	0	
2	357,17	3182,307	0	2227.5 IV-2
TF-101	338,4713	3184,36	0	2257.1 IV-2
TFY-1	353,481	3151,31	0	1676.4 SA
THF-1	489,2174	3251,726	0	
TIM-1	373,5988	3103,53	0	1840 SA
TML-2	350,416	3141,91	0	1388 C1
TNE-1	362,608	3191,01	0	2299.5 IV-2
TNF-1	488,9462	3236,099	0	
TNW-1	350,396	3184,15	0	2328 IV-2
TRE-1	370,249	3127,81	0	2247.5 III-2
TST-1	548,4968	3186,566	0	2989 SA
TXB-1	412,741	3089,36	0	1669 C1
IAJW-1	331,197	3230,788	0	
MAON-1	314,399	3205,313	0	
sismic-1	590	3224,44	0	
sismic-2	370	3220	0	
sismic-3	370	3200	0	
sismic-4	320	3200	0	
sismic-5	320	3220	0	
sismic-6	320	3240	0	

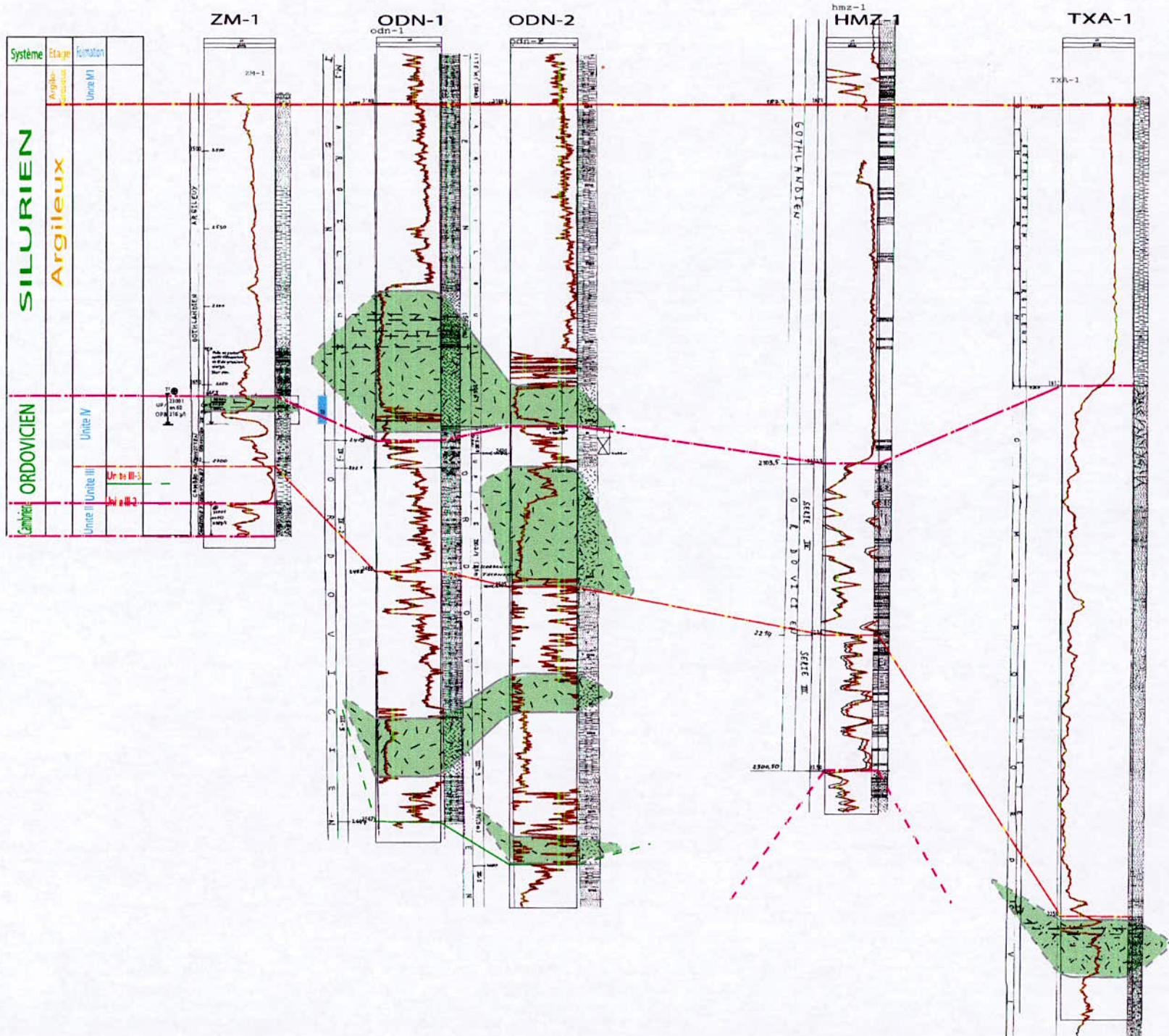
Cambrien	ORDOVICIEN		SILURIEN		Système
	Unite II	Unite III Unite III-2 Unite III-3	Unite IV	Argileux	Argilo-Gresseux Unite M1



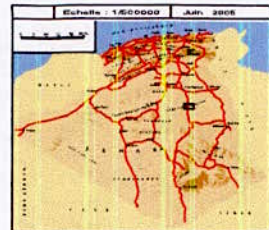
Annexe 04

Realizado por: S. BERNALVA
 Coupe 1 (R-5) Juin 2005


N



S

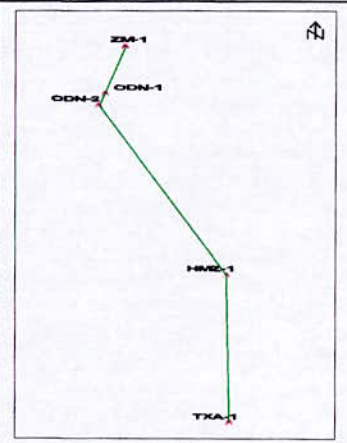


Annexe 05

- Echelle Horizontale : non respectée
- Echelle Verticale : 

Realisee par : S. BENTAALLA

Coupe 1bis (N-S)	Juin. 2005
------------------	------------



Coupe 1bis (N-S): 