

N° d'ordre : /FHC/UMBB/2016

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITÉ M'HAMED BOUGARA BOUMERDES
FACULTÉ DES HYDROCARBURES ET DE LA CHIMIE



DÉPARTEMENT DE GÉOPHYSIQUE, GÉNIE PARASISMIQUE
ET DES PHÉNOMÈNES ALÉATOIRES

**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER**

FILIÈRE : Sciences de la terre et de l'univers.

OPTION : Sismique, sismologie et méthodes de
potentiel.

Thème :

**Interprétation structurale des données
sismiques 2D dans la région de Oued
Gueterini - Bassin du Hodna**

Réalisé par :

MEHALLI Brahim

Soutenu devant le jury :

Président : **Mr DJEDDI Mabrouk**

Professeur /UMBB

Examineur : **Mr FERAHTIA Jalal**

Maitre de conférences/UMBB

Rapporteur : **Mr BAUCHE Rafik**

Maitre de conférences/UMBB

Encadreur : **Mme HANOUNE Zahia**

Ingénieure en Géophysique SH/Exploration

Remerciements

En préambule, je veux adresser mes remerciements aux personnes avec lesquelles j'ai pu échanger et qui m'ont aidé pour la rédaction de ce mémoire.

En commençant par remercier tout d'abord Monsieur BAOUCHE, directeur de recherche de ce mémoire pour son aide précieuse et pour le temps qu'il m'a consacré.

Merci à tous les enseignants que j'ai eus durant ma formation pour tout le savoir que j'ai acquis grâce à eux.

Je tiens également à remercier mon encadreur, Madame HANOUNE Zahia, Ingénieure en Géophysique à la Sonatrach/Division Exploration, pour l'aide qu'elle m'a apportée afin que ce travail puisse être mené à bon terme.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à ma famille, mes proches et mes amis qui m'ont accompagné, aidé, soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

*À ma mère,
À mon père,
À ma sœur,
À mon petit frère,
À tous mes amis.*

Table des matières

Introduction générale	1
-----------------------------	---

I. Présentation de la région d'étude

I.1. Situation géographique.....	2
I.2. Historique d'exploration.....	3
I.2.1. Étude sismique	3
I.2.2. Étude magnétique	3
I.2.3. Étude gravimétrique	3
I.3. Cadre géologique.....	6
I.4. Aspect structural.....	7
I.4.1. Schéma structural	7
I.4.2. Les principales phases tectoniques	9
I.4.2.1. La phase de Rifting.....	9
I.4.2.2. La phase autrichienne	9
I.4.2.3. La phase d'orogénèse	9
I.5. Aspect stratigraphique.....	10
I.6. Le système pétrolier	14
I.6.1. Roches mères.....	14
I.6.2. Roches réservoirs	16
I.6.3. Roche couverture.....	17
I.6.4. Les pièges	17
I.6.5. Migration des hydrocarbures	17

II. Acquisition et traitement des données sismiques

II.1. Acquisition des données sismiques	18
II.1.1. Sismique réflexion	18
II.1.1.1. Acquisition terrestre	21
II.1.1.2. Acquisition marine	23
II.1.2. Différents types d'ondes engendrées par un ébranlement sismique	25
II.1.2.1. Les bruits aléatoires	25
II.1.2.2. Les bruits organisés.....	25
II.1.3. Les paramètres d'acquisition de la campagne sismique 04-SG	26
II.1.4. La zone altérée et le carottage WZ (CVT)	28
II.2. Traitement de l'information sismique	29
II.2.1. La couverture multiple	29
II.2.1.1. Principe de la couverture multiple	29

II.2.2.2. But de la couverture multiple	30
II.2.2. La séquence de traitement	30
II.2.2.1. Préparation des données	31
II.2.2.2. Corrections géométriques	33
II.2.2.3. Traitements ordinaires	38
II.2.2.4. Traitements complémentaires	40
II.2.3. Séquence de traitement appliquée sur la campagne sismique 04-SG	41
III. Présentation et analyse des données sismiques	
III.1. Documents utilisés	43
III.1.1. Le plan de position	43
III.1.2. Les sections sismiques	45
III.1.3. Les données de puits	47
III.1.3.1. Le log habillé	47
III.1.3.2. Le carottage sismique	48
III.1.3.3. Le profil sismique vertical (PSV)	48
III.2. Interprétation structurale	51
III.2.1. Le choix des horizons	52
III.2.2. Le calage aux puits	52
III.2.3. Corrélation des horizons	53
III.2.4. Identification des failles	55
III.2.5. Chronométrage des sections	56
III.2.6. Correction des décalages	56
IV. Établissement et interprétation des cartes	
IV.1. Établissement des cartes	58
IV.1.1. Carte en isochrones	58
IV.1.2. Carte en isovitesses	60
IV.1.3. Carte en isobathes	63
IV.2. Interprétation des cartes	65
IV.2.1. Interprétation qualitative	65
IV.2.2. Interprétation quantitative	66
Conclusion générale et Recommandations	77
Bibliographie	79

Liste des figures

I.1	Situation géographique du périmètre d'étude	2
I.2	Carte des leads dans le périmètre Hodna Est	4
I.3	Carte géologique du périmètre Hodna	6
I.4	Carte structurale de la région du Hodna	8
I.5	Colonne stratigraphique du périmètre Hodna Est	12
I.6	Coupes régionales Nord-Sud dans le périmètre Hodna	13
II.1	Principe de la sismique réflexion	19
II.2	Différents rangements de données	19
II.3	Les modes de collection des données sismiques	20
II.4	Les cas possibles en sismique azimutale	21
II.5	Camion vibreur	22
II.6	Source explosive (dynamite)	22
II.7	Récepteur (géophone Sercel)	23
II.8	Exemple d'une acquisition marine conventionnelle 3D	23
II.9	Illustration d'une acquisition marine 2D	23
II.10	Exemples de Nodes (Fairfield et ARMSS)	24
II.11	Schéma d'acquisition de la campagne sismique 04-SG	26
II.12	Disposition des récepteurs durant la campagne sismique 04-SG	27
II.13	Schéma illustrant le principe de la couverture multiple	30
II.14	Résultat de la récupération des amplitudes réelles	31
II.15	Égalisation dynamique sur une section sismique	32
II.16	Différents types de collections	33
II.17	Principe des corrections statiques	34
II.18	Principe de la correction dynamique	37
II.19	Détermination de la vitesse optimale pour un réflecteur donné	38
II.20	Principe de la sommation en couverture multiple	39
II.21	Correction de pendage (DMO)	40
II.22	Séquence de traitement des données sismiques	42

III.1	Plan de position des profils sismiques de la campagne 04-SG.....	44
III.2	Section sismique du profil 04-SG-05.....	45
III.3	Section sismique de bonne qualité (04-SG-21)	46
III.4	Section sismique de mauvaise qualité (04-SG-07)	46
III.5	Logs habillés des puits OGS-1 et DEG-1	47
III.6	Carottage sismique au niveau du puits OGS-1	48
III.7	Mise en œuvre d'un profil sismique vertical	49
III.8	Résultat du profil sismique vertical réalisé au niveau du puits RAM-1	50
III.9	Les étapes d'une interprétation sismique	51
III.10	Corrélation au toit de l'Aptien suivant le profil 04-SG-26.....	54
III.11	Identification des failles le long du profil 04-SG-21	55
III.12	Correction du décalage entre les profils 04-SG-21 et 04-SG-22.....	57
IV.1	Section sismique 04-SG-24 montrant la structure S1	70
IV.2	Section sismique 04-SG-27 montrant la structure S2	71
IV.3	Section sismique 04-SG-26 traversant le puits OGS-1 foré sur la structure S2	72
IV.4	Section sismique 04-SG-19 illustrant la structure S3	73
IV.5	Section sismique 04-SG-15 traversant la structure S4.....	74
IV.6	Section sismique 04-SG-25 illustrant l'anticlinal S4	75
IV.7	Section sismique 04-SG-06 montrant la structure S5 forée par le puits RAM-1.....	76

Liste des cartes

IV.1	Carte en isochrones au toit de l'Aptien.....	59
IV.2	Carte en isovitesse au toit de l'Aptien.....	62
IV.3	Carte en isobathes au toit de l'Aptien	64
IV.4	Carte en isobathes illustrant les failles majeures et les structures décelées	67

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La prospection sismique a pour objet la détermination des gisements d'hydrocarbures, à l'aide d'ondes élastiques provoquées. Elle livre des données exploitées en conjonction avec d'autres informations géophysiques et géologiques (obtenues sur le terrain ou par sondage), permettant ainsi de mettre en évidence des structures susceptibles d'accumuler des hydrocarbures.

Presque toutes les campagnes pétrolières s'appuient sur la sismique, et toute étude sismique s'achève par un travail d'interprétation qui consiste à donner une signification géologique aux données sismiques, et ce afin de bien choisir l'implantation des futurs forages d'exploration.

La première découverte d'hydrocarbures en Algérie centrale par la SN REPAL (Société Nationale de Recherche et d'Exploitation de Pétrole en Algérie) en 1950 dans la région de Sidi Aissa (Oued Guetrini) dans l'Eocène allochtone, attribue à la bordure Sud tellienne un intérêt particulier pour la recherche pétrolière malgré la complexité géologique. L'existence du gisement de Oued Gueterini ainsi que de nombreux indices d'hydrocarbures rencontrés, soit en surface ou en forage, ont toujours encouragé la SONATRACH à développer des études pluridisciplinaires (géologie, géophysique) dans l'espoir d'aboutir à une découverte plus conséquente.

Ce présent mémoire, réalisé à l'issue d'un stage au sein du département Tell-Offshore de la division Exploration de la SONATRACH, a pour objectif l'interprétation structurale des données sismiques de la campagne d'acquisition 04-SG réalisée en 2004 par l'Entreprise Nationale de Géophysique (ENAGEO) dans la région d'El Hodna. L'interprétation s'est faite sur une station *PETREL* et a permis d'obtenir des cartes en isovaleurs décrivant les structures et les failles majeures qui subsistent dans la région.

Pour réaliser cette étude, quatre chapitres ont été proposés :

- 1- Le premier chapitre présente la situation géographique, le cadre géologique, l'aspect structural et stratigraphique de la région d'étude et décrit aussi les phases tectoniques qui l'ont affectée, ainsi que le système pétrolier en place.
- 2- Le deuxième chapitre comporte les deux étapes essentielles (acquisition et traitement des données sismiques) qui précèdent l'interprétation structurale et permettent l'obtention des sections sismiques interprétables.
- 3- Le troisième chapitre consiste à présenter les données sismiques utilisées ainsi que leur exploitation pour aboutir à une bonne interprétation.
- 4- Le quatrième chapitre présente la méthodologie suivie pour établir les différentes cartes en isovaleurs, ainsi que leur interprétation.

Enfin, on termine par une Conclusion et des Recommandations.

CHAPITRE I

Présentation de la région d'étude

Les études antérieures effectuées dans la région d'étude « Hodna » ont démontré l'existence d'indices attestant de la présence d'hydrocarbures. L'objectif de ce travail est de circonscrire des zones à intérêt pétrolier dans la région de Oued Gueterini (zone Est du bassin du Hodna). Les outils utilisés dans le cadre de cette étude sont la sismique et les forages.

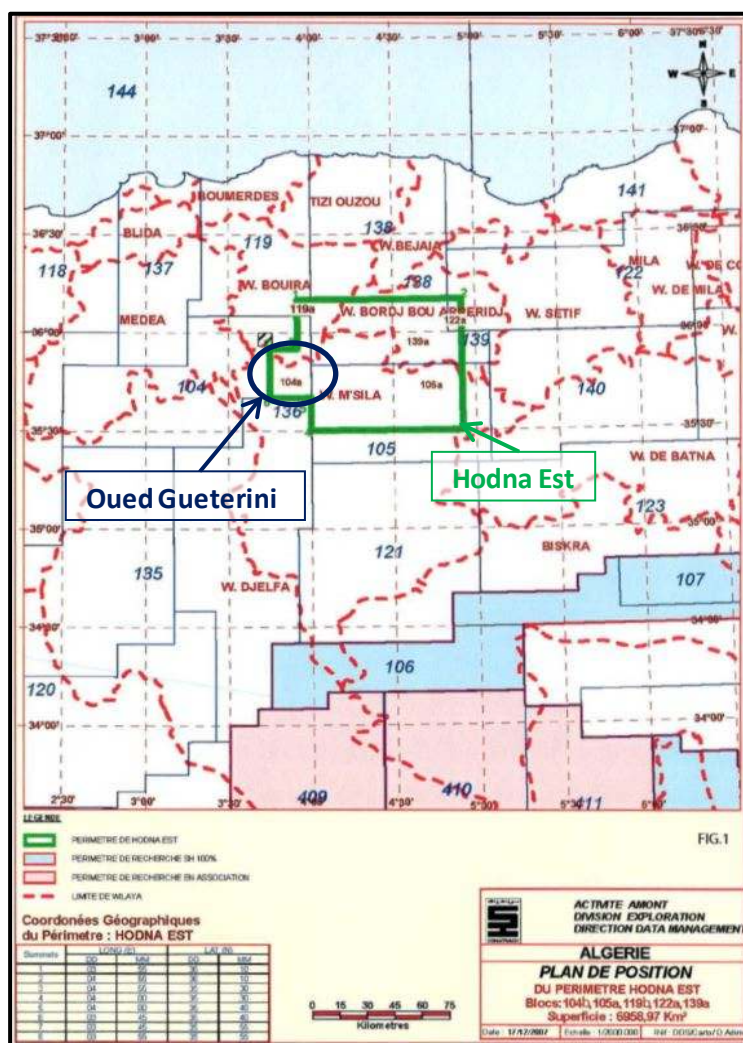
I.1. Situation géographique :

La région de Oued Gueterini est située dans le périmètre du Hodna (Hodna Est selon l'ancienne délimitation). Du point de vue administratif, le périmètre d'étude occupe quatre wilayates à savoir : Bouira, M'sila, Bordj Bou Arreridj et Batna (Barika). Ce périmètre s'étend sur une superficie de 6958.97 Km² et englobe les blocs suivants : 119b, 104, 139a, 122a et 105a. (Fig I.1)

Géographiquement, la zone d'étude se situe entre :

Les méridiens : 03° 45' 00'' et 04° 55' 00''

Les parallèles : 35° 30' 00'' et 36° 10' 00''



I.2. Historique d'exploration :

I.2.1. Étude sismique :

L'exploration pétrolière dans le bassin du Hodna a débuté avec la SN REPAL de 1945 à 1965. Elle a été orientée surtout vers la distribution des indices superficiels des Hydrocarbures, le résultat principal était la découverte du gisement de Oued Gueterini.

Vers les années 1970 jusqu'aux années 1990, avec l'avènement de la sismique réflexion en couverture multiple, la SONATRACH a mené l'exploration dans le Hodna par de nombreuses campagnes sismiques puis avec des implantations en se fixant pour objectif le Crétacé « Cénomano-Turonien » (biseaux sous la discordance Miocène) et « l'Albo-Aptien ».

Les résultats de cette phase ont été négatifs car les forages réalisés OGS-1 et RAM-1 n'étaient pas satisfaisants. Ces échecs sont dus à la complexité géologique qui caractérise la région d'étude ou à l'absence du niveau visé. Néanmoins, elle a permis l'identification d'un système pétrolier profond d'âge Cénomano-Turonien.

En 2012, l'activité a repris dans le périmètre et ce par l'acquisition d'un volume important de sismique 3D, cette dernière a mis en évidence un certain nombre de leads (un lead étant une structure qui n'est pas assez couverte par la sismique) concernant différents niveaux de la série stratigraphique. (*Fig I.2*)

I.2.2. Étude magnétique :

Plusieurs études ferromagnétiques régionales et locales ont couvert le périmètre Hodna avec une intercourbe de 5nT. Le choix a été porté sur l'étude de l'aéroservice, cette dernière a confirmé les mêmes éléments structuraux extraits par la carte gravimétrique. L'influence du socle décroît du Sud vers le Nord avec une direction approximative Est-Ouest. La valeur du champ varie de 33845 à 33755nT.

I.2.3. Étude gravimétrique :

Le périmètre Hodna a été couvert par la campagne gravimétrique de « LAGRULA », avec une densité de correction de 2.67g/cm^3 , ce qui lui revêt l'aspect régional. Cette étude a fait ressortir les éléments structuraux globaux de la région, à savoir le bassin du Hodna. La valeur de l'anomalie gravimétrique peut atteindre les -110 mgals au centre du bassin et les -50 mgals sur les bordures, ces valeurs attestent que le bassin du Hodna est soumis à un réajustement isostatique.

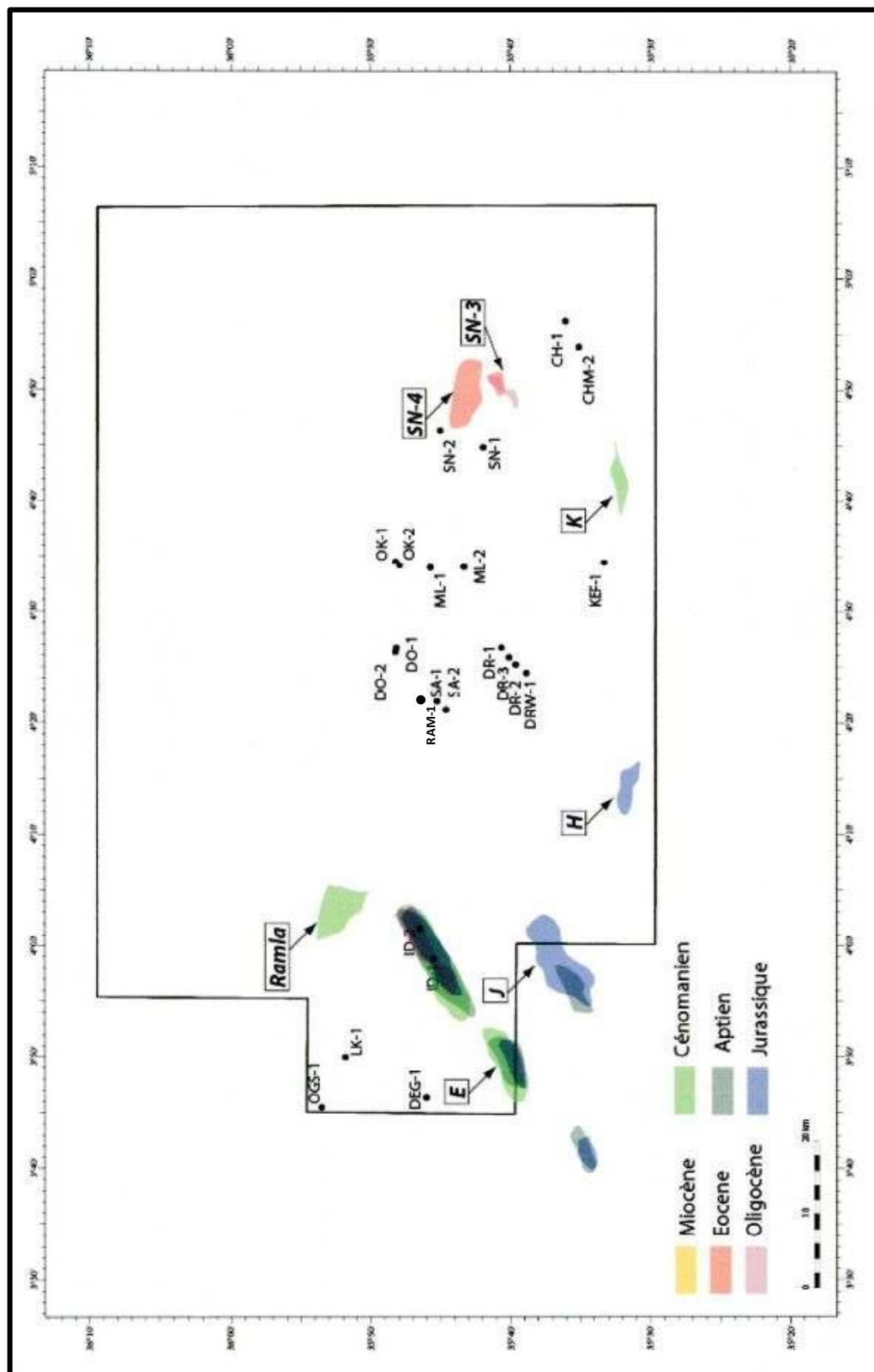


Figure I.2. Carte des leads dans le périmètre Hodna Est (SH/Exp)

Les résultats pétroliers des puits existants dans la région d'étude (partie Est du périmètre Hodna) sont résumés dans le tableau suivant :

Nom du puits	Sigle	Année	Prof. finale	Objectif	Résultats
Dokkara 1	DO-1	1953	801,10	Éocène	Indices d'huile dans l'Éocène
Dokkara 2	DO-2	1953	780	Éocène	
Draa Ben Rabah 3	DR-3	1954	1335,6	Éocène	Néant
El Mouilha 1	ML-1	1952	992,2	Éocène	
El Mouilha 2	ML-2	1952	1100	Unité de Mouilha	
Oued Ksob 1	OK-1	1953	794,	Éocène	Indices d'huile dans l'Éocène
Oued Ksob 2	OK-2	1953	1008	Éocène	
Sennet El Aleg 2	SA-2	1954	1430	Éocène	Indices d'huile dans l'Éocène
Selmane 1	SN-1	1953	1190	Allochtone de Mouilha	Néant
Selmane 2	SN-2	1953	1239,5	Éocène	Trace de bitume dans l'Yprésien
Chott El Hodna 1	CH-1	1951	1698,4		
Chott El Hammam 2	CHM-2	1970	4219	Lias, Trias	Traces de CH ₄ dans le Jurassique Supérieur
Draa EL Ghozlane 1	DEG-1	1983	3026	Éocène	Indices dans le Turonien et Cénomanién
Draa Ben Rabah 1	DR-1	1954	1747,3	Éocène	Néant
Draa Ben Rabah 2	DR-2	1954	1766	Éocène	Néant
Draa Ben Rabah West 1	DRW-1	1982	2210		
Maida-1	ID-1	1956	2075,5		
Maida-2	ID-2	1982	3638	Turonien Jurassique Sup.	
Kef El Asfer 1	KEF-1	1983	2823	Éocène	Néant
Oued Lakratt 1	LK-1	1955	2366	Miocène	Néant
Sennet El Aleg 1	SA-1	1954	1538,8	Éocène	Indices d'huile dans l'Éocène
Oued Gueterini Sud 1	OGS-1	1985	4727		Indices de gaz dans le Crétacé Inférieur
Ramla	RAM-1	2010	3005	Miocène, Cénomano-Turonien, Albien, Aptien et Barrémo-Néocomien	Indices de gaz dans le Miocène Indices d'huile dans le Céomano-Turonien et l'Albien

Tableau 1. Résultats pétroliers du périmètre Hodna (SH/Exp)

I.3. Cadre géologique :

Le périmètre Hodna appartient au tell central, il englobe le bassin Sud-Bibanique, les monts du Hodna et son bassin d'avant pays qui est le bassin de M'sila. Ce périmètre est bordé au Nord par la chaîne des Bibans, au Sud par les monts de Mehargua, à l'Est et à l'Ouest respectivement par les monts de Belezma et la zone haute de Maida.

Le Hodna est un bassin d'avant fosse Néogène dont la séquence de remplissage débute par des dépôts continentaux d'âge Oligocène et se poursuit par un Miocène marin. Les objectifs pétroliers sont : Les grès du Miocène, les grès et les carbonates du Crétacé et les carbonates du Jurassique. (Fig I.3)

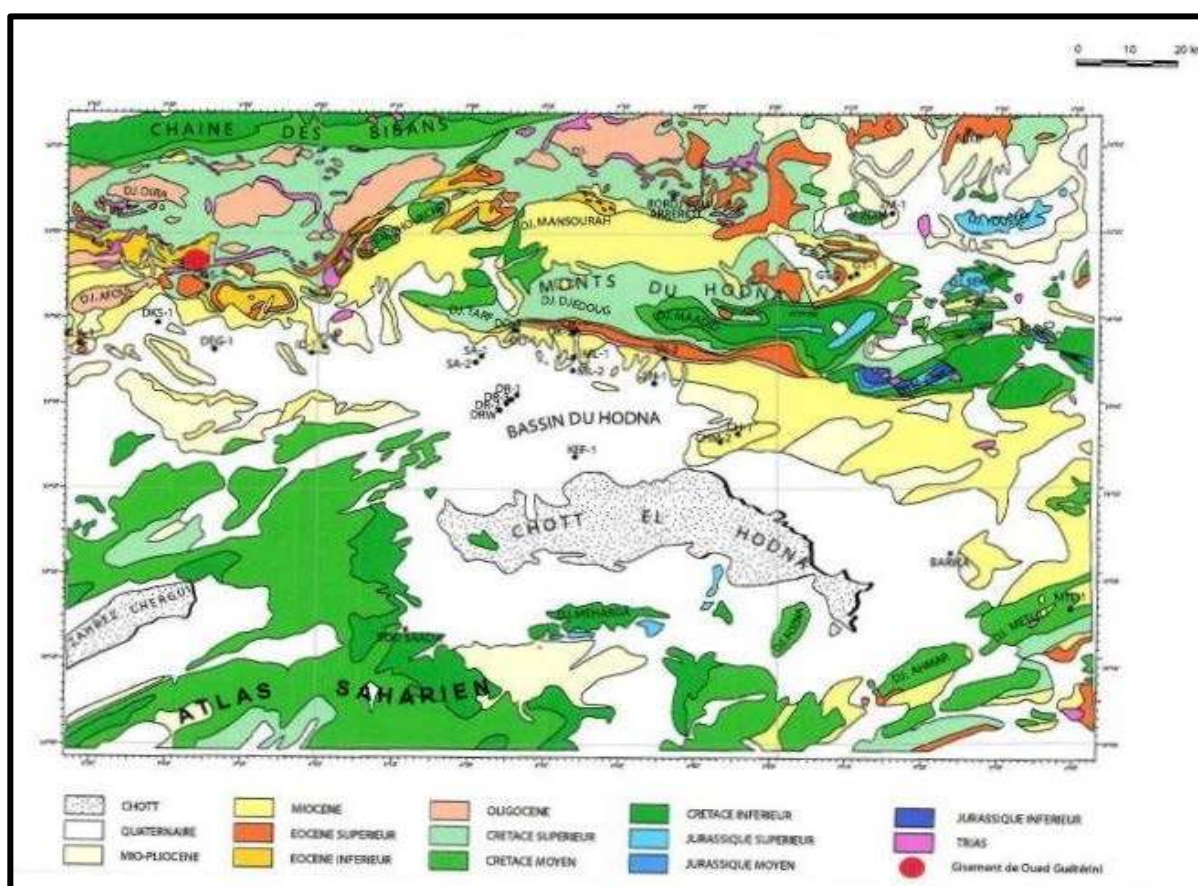


Figure I.3. Carte géologique du périmètre Hodna (SH/Exp)

I.4. Aspect structural :

I.4.1. Le schéma structural :

Le périmètre d'étude correspondant au bassin du Hodna fait partie du Tell central. Il est donc coincé entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud.

Cet ensemble est à son tour formé de deux grands ensembles structuraux :

L'Autochtone : Il est constitué de séries sédimentaires allant du Crétacé au Miocène.

L'Allochtone : Il affleure dans la partie Nord, il est constitué par un empilement de nappes allant de l'Albien jusqu'au Miocène. Leur mise en place est d'âge Miocène moyen.

Le schéma structural montre quatre grands domaines géologiques, à savoir du Nord au Sud (**Fig I.4**) :

- Un domaine des nappes telliennes
- Un domaine d'arrière-pays hodnéen
- Les monts du Hodna
- Un bassin d'avant-pays hodnéen (bassin de M'Sila)

Au Nord des monts du Hodna, les nappes telliennes viennent couvrir les terrains autochtones par le biais d'un contact tectonique à plongement vers le Nord.

Le domaine d'arrière-pays Hodnéen est constitué par la cuvette Sud bibanique (autochtone). Ce dernier est présenté par des différents niveaux du Miocène ou culmine l'anticlinal de Mansourah et le complexe Sud Sétifien constitué essentiellement d'écailles chevauchantes dessinant des plis à cœur Jurassique de direction Est-Ouest.

Les Monts du Hodna sont représentés par un anticlinorium de direction Est-Ouest, ou des terrains Méso-Cénozoïque affleurent en surface. Il a subi plusieurs pulsations structurales depuis le Crétacé supérieur (Maestrichtien) jusqu'à l'actuel. Ce domaine est marqué par une tectonique polyphasée complexe qui a débuté très tôt au Jurassique et qui est restée très active durant toutes les périodes de sédimentation.

Quant au bassin de M'Sila, il est représenté par un vaste synclinal d'âge Tertiaire, de direction globale Est-Ouest. La structuration tertiaire s'accroît au Miocène à la faveur d'une surrection tectonique des monts et d'une subsidence active entraînant une migration du dépicentre vers le Sud.

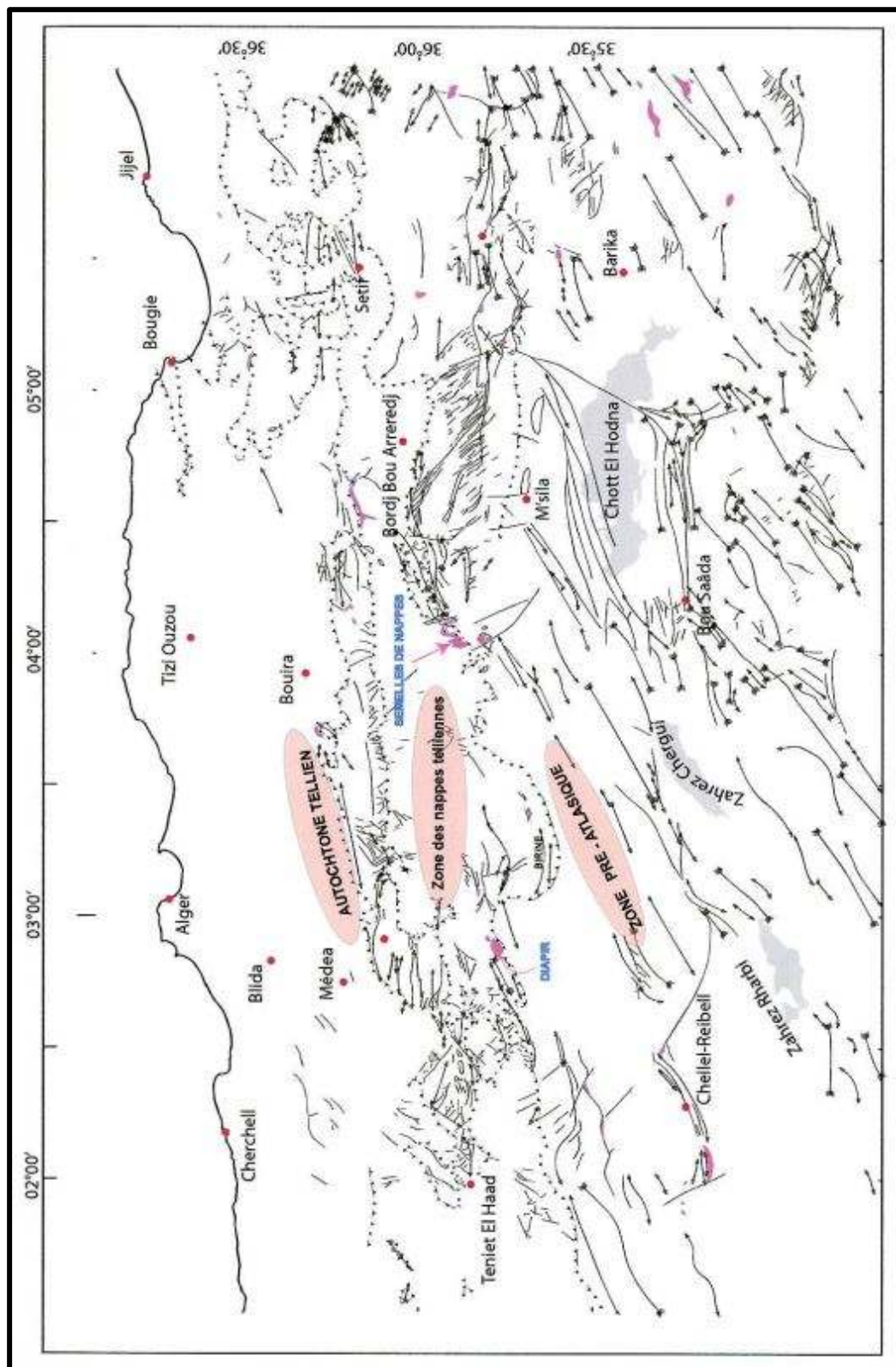


Figure I.2. Carte structurale de la région du Hodna (SH/Exp)

I.4.2 Les principales phases tectoniques :

La région d'étude a connu à travers les âges géologiques plusieurs phases tectoniques qui sont :

I.4.2.1. La phase de Rifting :

La sédimentation au Trias-Jurassique correspond à une phase de Rifting provoquée par l'ouverture de la Téthys, durant cette période le substratum subit une compartimentation en blocs basculés suivant deux directions NE-SW et NW-SE.

I.4.2.2. La phase Autrichienne :

C'est une phase marquée par un mouvement différentiel de la plaque européenne et de la plaque africaine qui a pour conséquence la formation des failles N-S et NE-SW.

Le Crétacé inférieur est caractérisé par un régime régressif jusqu'à l'Albien inférieur, un régime transgressif s'est ensuite installé du Vraconien jusqu'au Turonien où la transgression a atteint son maximum. Cette période est marquée par un événement anoxique important favorable à la préservation de la matière organique. Une phase régressive commence à se manifester durant le Sénonien, elle correspond au début de la fermeture de la Téthys marquée par des soulèvements de l'érosion.

I.4.2.3. La phase d'orogénèse :

Toute la région a été soumise à plusieurs phases de déformations d'âge Miocène reconnues à travers toute la chaîne alpine, le long de la bordure Nord de la plaque africaine et la péninsule arabique et sont :

- Une phase de compression, elle a pour effet le chevauchement de la chaîne des Bibans vers le Sud. Ce dernier est accommodé par les failles orientées NE-SW et NW-SE, la conséquence principale de ces chevauchements est la surrection de la chaîne des Bibans.
- La seconde est une phase au cours de laquelle l'ensemble de la région a subi des effondrements par l'intermédiaire de failles normales.
- La dernière est une phase caractérisée par la mise en place des nappes telliennes.

I.5. Aspect stratigraphique :

Les différentes séries caractérisant le périmètre Hodna vont du Trias au Quaternaire comme suit :

▪ Trias :

Le Trias occupe des positions structurales variées, il jalonne les accidents. Il affleure au cœur des anticlinaux, il se caractérise par des formations chaotiques constituées par des cargneules, des calcaires dolomitiques et des dolomies emballées dans des argiles bariolées.

▪ Jurassique :

Les séries jurassiques affleurent dans les monts du Hodna. Seuls trois forages l'ont atteint (CHM-2, ID-2 et MBJ-1) :

- ✓ **Lias** : Il est constitué de dolomies, de calcaires dolomitiques et de marnes.
- ✓ **Dogger** : Il est constitué de quelques niveaux calcaires
- ✓ **Malm** : Il est caractérisé par des séries marno-calcaires allant de l'Oxfordien au Kimméridgien. Tandis que le Portlandien est carbonaté (calcaires et dolomies).

▪ Crétacé :

- ✓ **Néocomien** : Il est composé de calcaires et de marnes.
- ✓ **Barrémien** : Constitué d'argiles et de grès avec des passées de calcaires dolomitiques.
- ✓ **Aptien** : Il est caractérisé par des argiles carbonatées et des dolomies microstallines intercalées de calcaires argileux.
- ✓ **Albien** : Il est constitué d'une alternance de grès et d'argiles surmontée par des dolomies et calcaires micritiques.
- ✓ **Cénomanién** : Il débute par des argiles carbonatées surmontées par des calcaires massifs avec des passées d'argiles et de dolomies.
- ✓ **Turonien** : Il est essentiellement carbonaté, surmonté par des calcaires marneux.
- ✓ **Sénonien** : Il débute par des marnes vertes gypseuses suivies par une alternance irrégulière de marnes et de calcaires argileux, ainsi que des argiles.

■ Paléogène :

- ✓ **Dano-Montien :** Il débute par des marnes vertes avec des traces de gypses suivies de marnes noires feuilletées.
- ✓ **Thanétien-Yprésien :** Ensemble carbonaté formé de calcaires, marno-calcaires et calcaires à silex intercalés de niveaux phosphatés et marneux.
- ✓ **Lutétien :** Alternance de marnes et calcaires marneux surmontés par des marnes gypseuses et d'anhydrites.
- ✓ **Oligocène :** Discordant sur les terrains antérieurs, il est formé par une série détritique continentale constituée par des grès légèrement rougeâtres à passées de marnes.

■ Néogène :

- ✓ **Miocène :** Il est subdivisé en plusieurs cycles sédimentaires. Il débute par une discordance majeure marquée par des conglomérats de base, de grès grossiers surmontés de marnes rouges ; c'est le premier cycle. Le deuxième cycle comprend une série marneuse coupée par des calcaires gréseux. Le troisième cycle est formé d'une alternance de marnes et de bancs gréseux.
- ✓ **Plio-Quaternaire :** Il est constitué d'alluvions, limons fins et de sable non consolidé.

Tout ceci est résumé dans la colonne stratigraphique du périmètre Hodna (*Fig I.5*).

Des coupes géologiques de direction Nord-Sud ont également été effectuées dans la région afin de mettre en évidence l'aspect stratigraphique de la zone d'étude (*Fig I.6*). Ces coupes réalisées suivant des profils de direction Nord-Sud illustrent les séries stratigraphiques présentes dans la région du Hodna, mais aussi un aperçu régional sur la structuration de la région d'étude et les zones d'affleurement.

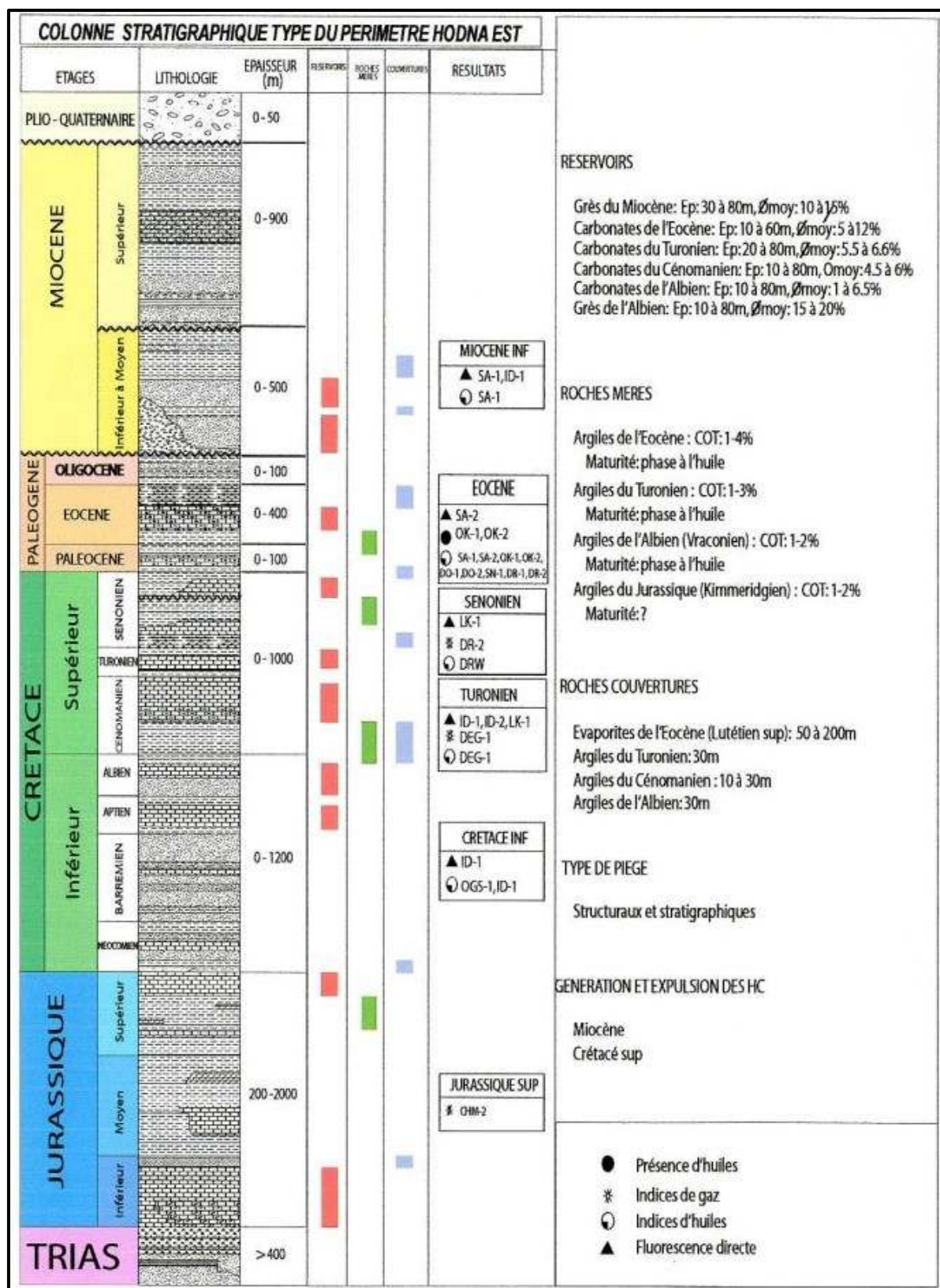


Figure I.3. Colonne stratigraphique du périmètre Hodna Est (SH/Exp)

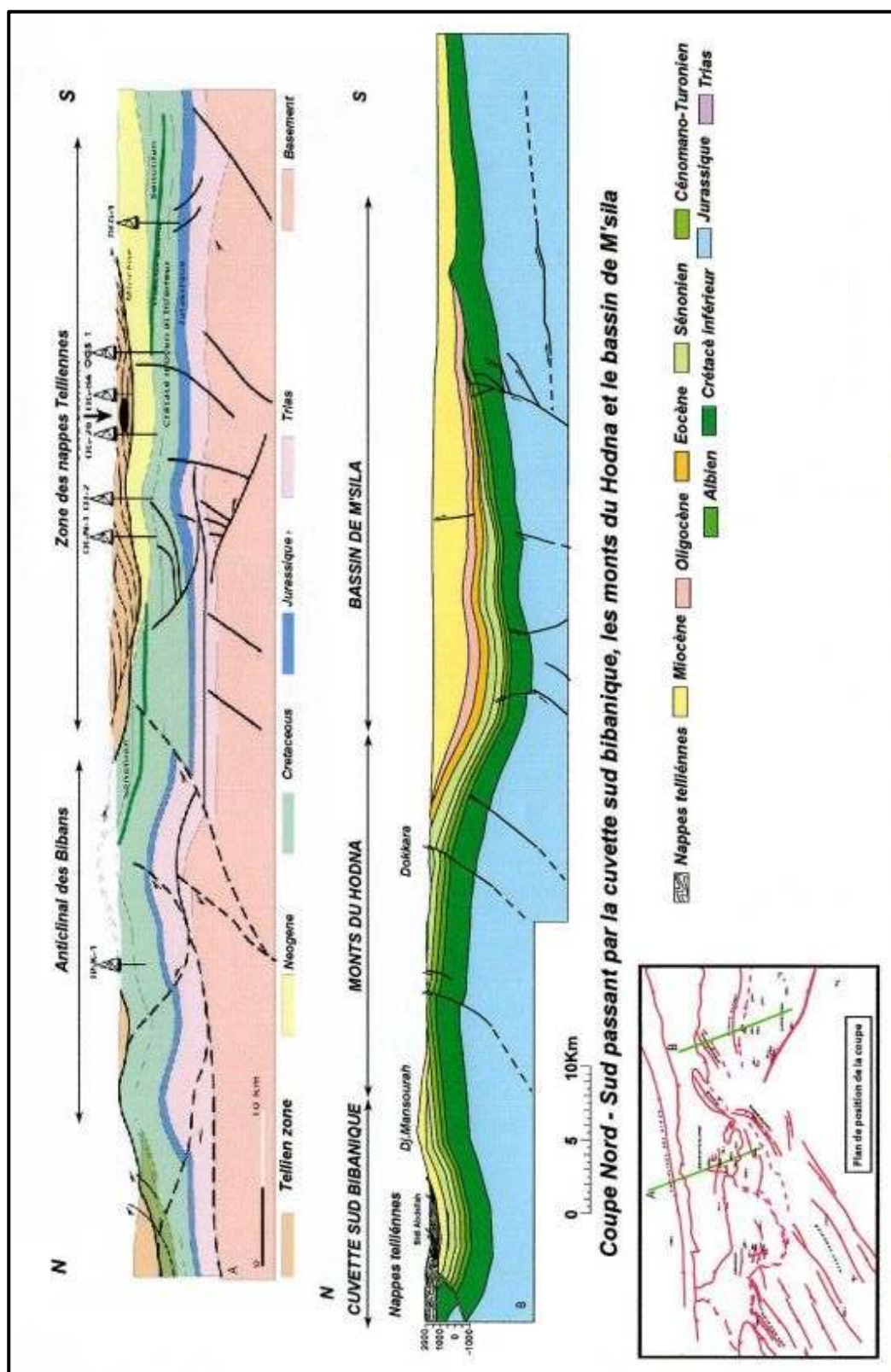


Figure I.4. Coupes régionales Nord-Sud dans le périmètre Hodna (SH/Exp)

I.6. Système Pétrolier :

L'histoire tectono-sédimentaire des formations composant le périmètre d'étude montre l'existence d'un système pétrolier englobant la coexistence de la roche mère, du réservoir et de la couverture. L'intérêt pétrolier dans notre périmètre peut être rehaussé par la présence du gisement de Oued Gueterini ainsi que par la présence d'indices d'Hydrocarbures rencontrés en surface et au cours des 22 forages réalisés entre les années 50 et 80 par la SN REPAL et la SONATRACH.

Du point de vue pétrolier, les étages ayant révélé au cours des forages des indices d'hydrocarbures sont les suivants :

I.6.1. Roches mères :

Les formations susceptibles de constituer des roches mères sont :

- *Les marnes transgressives du Miocène :*

Analysé au niveau de deux sondages en l'occurrence OGS-1 et OK-2, dont les paramètres de maturité montrent un début de la fenêtre à huile. Au niveau de OGS-1, la zone de nappes est représentée par des argiles calcaires avec un COT de 0,44% ; Tandis qu'à OK-2, ce sont des marnes dont le COT est de 0,54%.

- *Les marnes intercalées dans les calcaires de l'Eocène:*

Les niveaux calcaires susceptibles d'être roches mères sont représentés par l'Yprésien et le Lutétien. Ces niveaux présentent une bonne richesse en matière organiques avec un taux de COT qui dépasse les 4% au niveau de DR-1 et DO-2 et des valeurs variables de Tmax.

- *Les marnes du Paléocène:*

Les fortes maturations notées dans la région des « dômes sétifiens », aussi bien pour les roches mères crétacées que paléocènes pourraient être dues à la mise en place des nappes telliennes (enfouissement anomalique). Il n'a été évalué qu'au niveau du puits OK-2, qui montre une bonne richesse en matière organique de l'ordre de 1,3%, une maturation en pleine phase à huile, et un bon potentiel pétrolier de l'ordre de 1.19mg d'HC/gramme de roche.

- ***Les séries transgressives du Turonien:***

C'est incontestablement, du point de vue qualité, le meilleur niveau roche mère de l'Algérie du Nord. Dans le bassin du Hodna, le Turonien est traversé par la plupart des forages.

Suite aux analyses géochimiques effectuées dans cette formation, l'estimation moyenne en COT oscille entre 0.5 et 1.36% et la valeur de Tmax est supérieure à 439°C, sauf pour le puits DRW-1.

- ***Les argiles du Cénomanién :***

Les analyses géochimiques effectuées présentent de bonnes valeurs de COT et de Tmax, qui le positionnent en pleine fenêtre à huile, excepté pour les sondages KEF-1 et DRW-1.

- ***Les argiles du Vraconién :***

Cet intervalle, correspondant à une transgression, possède des caractéristiques géochimiques moyennes à médiocres. Il a été testé au niveau des puits ID-2 et KEF-1, dont la valeur de COT est de l'ordre de 0.33% à ID-2 et de 0.57% à KEF-1.

La maturité de la matière organique est atteinte au niveau du forage ID-2, avec une valeur de Tmax de 438°C.

- ***Les argiles du Kimméridgién :***

Le Kimméridgién est considéré comme étant la roche mère potentielle pour le Jurassique, il est composé généralement de calcaires argileux et de marnes. Son épaisseur est importante au niveau de GL-1 (1200m), par contre elle est réduite dans les monts du Hodna (300m), elle s'épaissit vers le Sud pour atteindre 600m au niveau de HM-1 et BNM-1.

Les valeurs de COT mesurées à partir des puits oscillent entre 0.3% et 0.6%. Le potentiel pétrolier quant à lui varie entre 0.4mg HC/g de roche avec un Tmax de 448°C indiquant un stade mature.

I.6.2. Roches réservoirs :

Les niveaux réservoirs qui présentent un intérêt pétrolier sont :

○ ***Les calcaires du Jurassique supérieur :***

Il est formé de calcaires dolomitiques au niveau de CHM-2 et au Sud du Chott El Hodna (Meharga), avec une porosité de 10 à 12% et une perméabilité de l'ordre de 0.01 à 21.4 md.

○ ***Les carbonates de l'Aptien :***

Ce niveau correspond à des dolomies ou des calcaires dolomitiques, où il a été noté des suintements d'huile au niveau des carottes du puits ID-2. Les porosités varient de 3 à 9% et les saturations en eau varient de 70% à 100%.

○ ***Les niveaux gréseux de l'Albien inférieur :***

Ils sont représentés par des grès. La fracturation est importante et provoque des dissolutions qui engendrent des porosités de 6.52% (DRW-1).

○ ***Les calcaires du Cénomano-Turonien :***

Le faciès correspond à des calcaires de haute énergie et des dolomies, la porosité est de dissolution. Les salinités sont assez faibles.

○ ***Les calcaires du Maestrichtien :***

Ce niveau peut constituer un réservoir, il est formé de calcaires lumachelliques et bioclastiques ; La porosité est de dissolution.

○ ***Les carbonates du Thanétien-Yprésien :***

Les formations de l'Eocène sont moins touchées par les infiltrations de l'eau de surface au niveau de SA-1 et DR-1, par contre la partie Nord est plus touchée par cet envahissement, ce qui a réduit la salinité d'eau. De ce fait, les hydrocarbures sont mal ou pas conservés.

○ ***Les niveaux gréseux du Miocène :***

Traversés par plusieurs forages qui ont donné lieu à des indices d'huile au niveau des grès de sa partie basale (OGS-1et DKS-1), les caractéristiques pétrophysiques sont assez bonnes, dont la porosité qui est de l'ordre de 13% à DJ-1.

I.6.3. Roche couverture :

La couverture pour les roches réservoirs est constituée généralement par des séries argileuses ou marneuses qui recouvrent les réservoirs connus.

Par exemple, les calcaires du Portlandien sont couverts par les argiles néocomiennes. Les dolomies aptiennes et les grès albiens sont couverts par les marnes vraconiennes, l'épaisse série argileuse du Campanien assure la couverture des réservoirs Céno-mano-Turonien. La couverture des réservoirs Eocène est assurée par les marnes gypseuses du Lutétien supérieur.

I.6.4. Les pièges :

Les pièges existants dans la région d'étude sont de type structural « anticlinaux, anticlinaux faillés », stratigraphiques « lentilles gréseuses dans le Miocène et les biseaux du Céno-mano-Turonien dans la partie sud » et de type mixte. Néanmoins, aucune accumulation d'hydrocarbures commerciale n'a été mise au jour depuis Oued Gueterini.

I.6.5. Migration des hydrocarbures :

La roche mère du Céno-manién a commencé à générer de l'huile dans la région de DEG-1 et OGS-1 à partir du Sénonien supérieur. Les huiles ainsi générées ont été expulsées à l'Eocène. Une seconde phase de génération et d'expulsion d'huile a suivi durant le Miocène et se poursuit jusqu'à l'actuel dans la région de DEG-1.

La roche mère du Turonien n'est mature que dans la région de DEG-1 et OGS-1, la fenêtre à huile commence à l'Eocène et se poursuit à l'actuel et l'expulsion a eu lieu à l'Eocène à OGS-1 et du Miocène-actuel à DEG-1.

La roche mère du Céno-mano-Turonien est la roche mère la plus potentielle de la région.

CHAPITRE II

Acquisition et traitement des données sismiques

L'interprétation sismique consiste à donner une signification géologique aux données sismiques. Cependant l'interprétation peut commencer par la planification et la programmation d'une campagne d'exploration, guidée par la géologie de la région et par l'intérêt pétrolier. Le choix des paramètres de l'acquisition et des procédures de traitement fait aussi partie de l'interprétation. En effet l'acquisition et le traitement sont deux étapes nécessaires qui nous permettent d'obtenir des résultats interprétables.

Dans ce chapitre, nous allons exposer les paramètres d'acquisition et de traitement de la campagne sismique 04-SG réalisée en 2004 par l'Entreprise Nationale de Géophysique (ENAGEO). Celle-ci présente une meilleure qualité par rapport aux autres campagnes.

II.1. ACQUISITION DES DONNÉES SISMQUES :

II.1.1. Sismique Réflexion :

La sismique réflexion est la principale méthode géophysique utilisée dans l'imagerie du sous-sol, essentiellement à des fins d'exploration pétrolière. Elle exploite les contrastes d'impédance (définie comme la résistance du milieu au passage d'une onde sismique, et égale au produit de la densité et de la vitesse) entre les différentes couches stratigraphiques. Le but est d'obtenir des informations en 2D ou 3D de la sub-surface. Pour ce faire, une source localisée en surface (ou à une faible profondeur dans le cas d'une source explosive), émet une onde qui va se propager, se réfléchir à chaque réflecteur puis remonter au niveau des récepteurs disposés en surface (*Fig II.1*). Le but ultime de la géophysique est de convertir ces informations de retard de propagation en une carte du sous-sol contenant les caractéristiques élastiques des différentes couches et leurs positions en temps ou en espace.

La dimension 2D ou 3D des images finales obtenues dépend directement de l'acquisition des données. En sismique 2D, on ne considère qu'une seule ligne dans l'espace sur laquelle tous les récepteurs et les sources sont placés. On parle alors de couverture 2D. La sismique 3D permet d'avoir un cube représentant toutes les dimensions spatiales de la zone étudiée. Les sources et les récepteurs sont maintenant placés sur un plan et non plus sur une seule ligne de telle manière à assurer une couverture 3D de la zone. La distance entre la source et le récepteur est appelée offset.

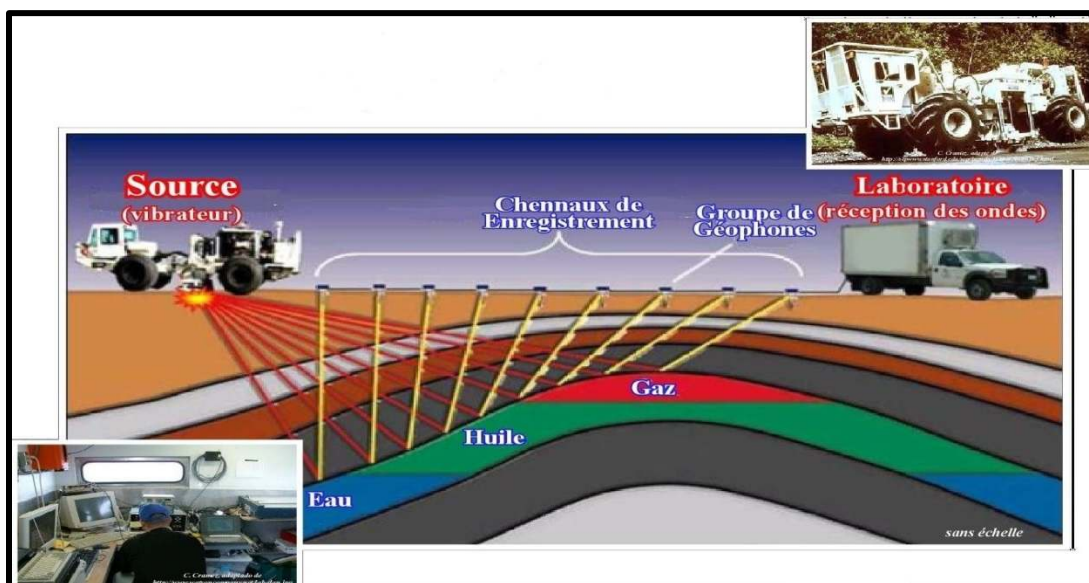


Figure II.1. Principe de la sismique réflexion

Après l'acquisition, différents types de rangement des données sont possibles, comme le montre les figures suivantes (*Fig II.2* et *Fig II.3*) :

- Les rangements SC (Source Commune) regroupant toutes les données (traces) issues d'un même tir.
- Les rangements RC (Récepteur Commun) regroupant toutes les données enregistrées par un même récepteur.
- Les rangements PM (Point-Milieu) regroupant toutes les données qui ont le même point milieu situé à mi-distance entre la source et le récepteur.

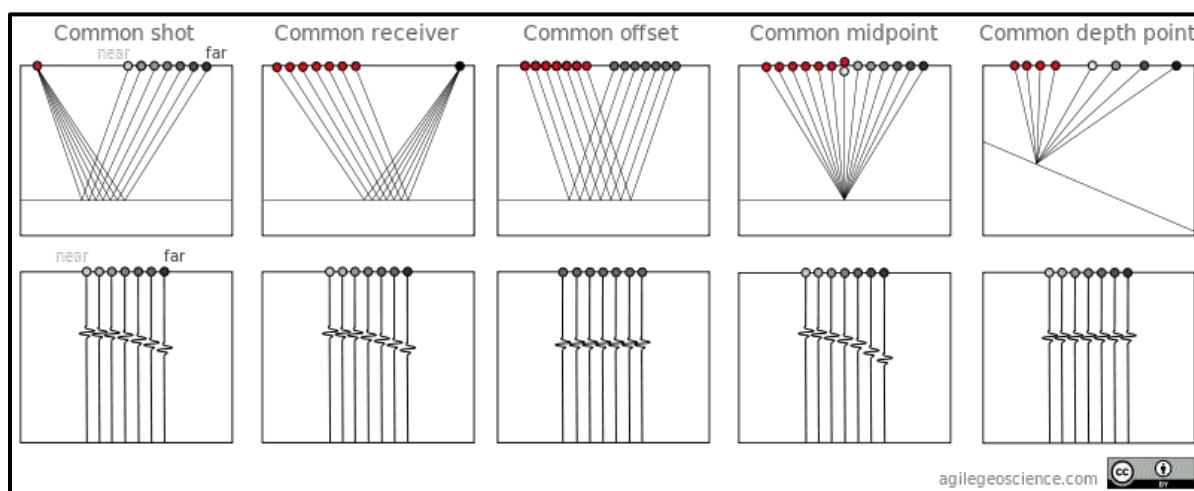


Figure II.2. Différents rangements de données

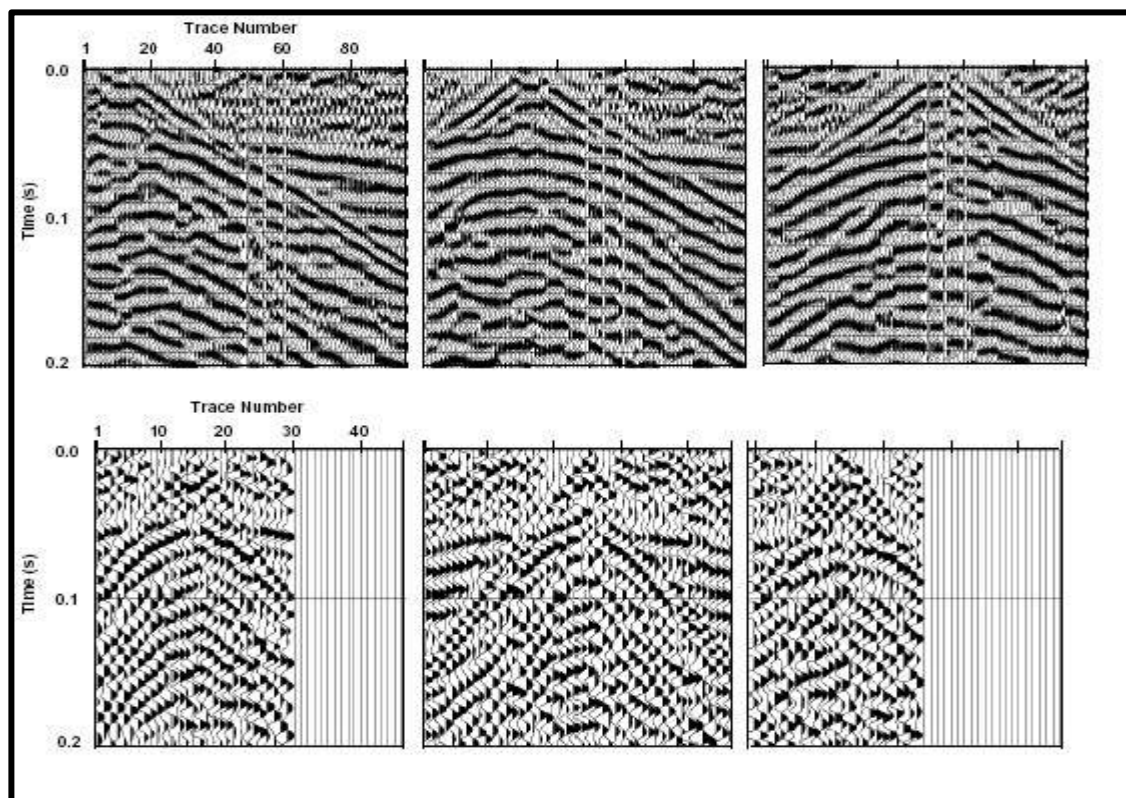


Figure II.3. Les modes de collection des données sismiques

En haut: Exemple de collection en émetteur commun (CSG)

En bas : Exemple de collection en point milieu commun (CMP)

La sismique azimutale est une extension de la sismique 3D dans laquelle le couple source-récepteur n'est pas seulement caractérisé par l'offset mais aussi par l'azimut. Les acquisitions peuvent être polarisées privilégiant une direction particulière ou au contraire multi-azimuts (*Fig II.4*). Les informations collectées à partir des dispositifs d'émission et de réception ne sont pas continues, elles correspondent à un échantillonnage en espace des données. La régularité de cet échantillonnage dépend du positionnement des tirs et des capteurs. Cette discrétisation des données en espace est très importante car elle conditionne les algorithmes de traitement sismique.

Les paramètres géométriques de l'acquisition (offset, inter-trace, temps d'écoute... etc.) sont établis à la suite d'une étude de faisabilité qui tient compte de plusieurs aspects tels que l'environnement dans lequel a lieu l'acquisition, la connaissance a priori de la géologie de la zone d'intérêt, les études antérieures dans la région, l'accessibilité de la zone, la disponibilité du matériel et bien sûr le coût économique de l'étude.

En fonction du milieu où se déroulent les opérations, la sismique réflexion se partage en deux catégories : la sismique terrestre et la sismique marine. Dans la suite, nous donnerons des descriptions succinctes des deux types d'acquisition.

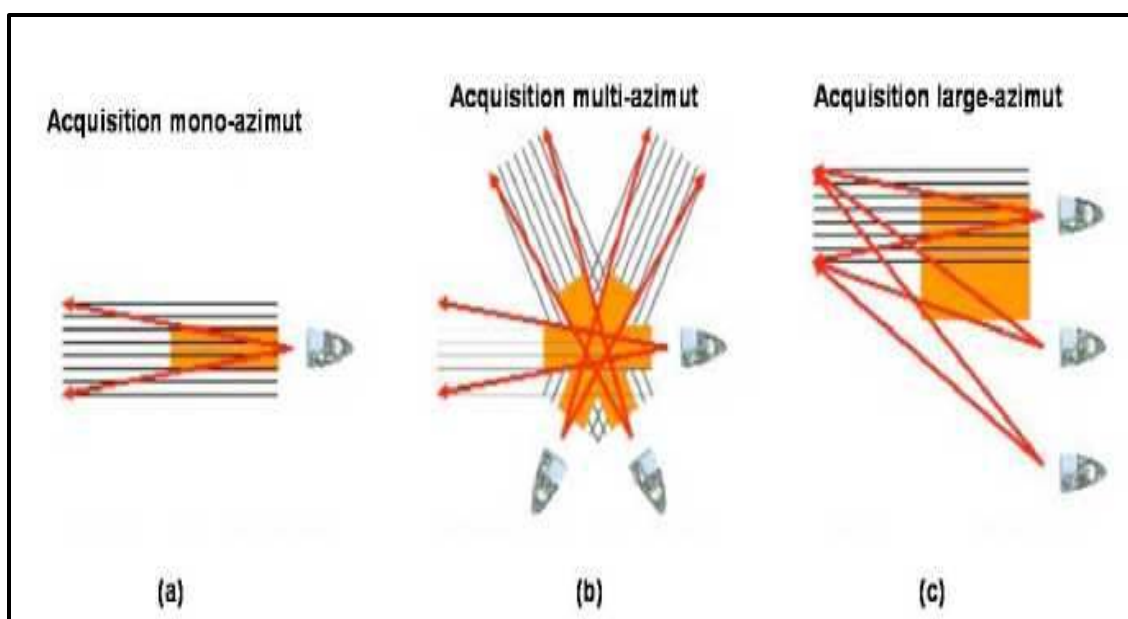


Figure II.4. Les cas possibles en sismique azimutale

- (a) Acquisition mono-azimut
- (b) Acquisition multi-azimuts
- (c) Acquisition large-azimut

II.1.1.1. Acquisition terrestre :

En sismique terrestre, les sources sont des explosifs (*Fig II.6*) ou des camions vibreurs (*Fig II.5*). Le dispositif de réception est composé de géophones (*Fig II.7*) qui enregistrent soit la vitesse soit l'accélération du sol au voisinage du récepteur. Ces géophones peuvent être de type soit mono-composante ne mesurant que le déplacement vertical, soit multi-composantes donnant une description vectorielle complète du déplacement. Dans le premier cas, ce sont principalement les ondes de compression P qui sont accessibles, alors que dans le deuxième, les ondes de cisaillement S peuvent aussi être exploitées.

Dans le cas de la sismique 2D ou 3D mono-azimut, la mise en œuvre du dispositif est simple car les sources et les récepteurs sont sur la même ligne. Dans le cas multi-azimuts, plusieurs schémas sont possibles afin d'obtenir une couverture la plus régulière possible : ligne source perpendiculaire à la ligne récepteur (cross spread), échantillonnage 3D des grilles sources et récepteurs...etc.

L'une des principales difficultés en sismique terrestre est la variation de la topographie de la zone étudiée. Elle peut s'avérer très complexe dans le cas de présence de fortes variations de l'élévation. Cette variation a non seulement un impact sur la logistique lors des opérations d'acquisition mais aussi lors du traitement. Il faudra appliquer, dans ce cas, des corrections statiques afin de compenser les effets dus aux différentes élévations.

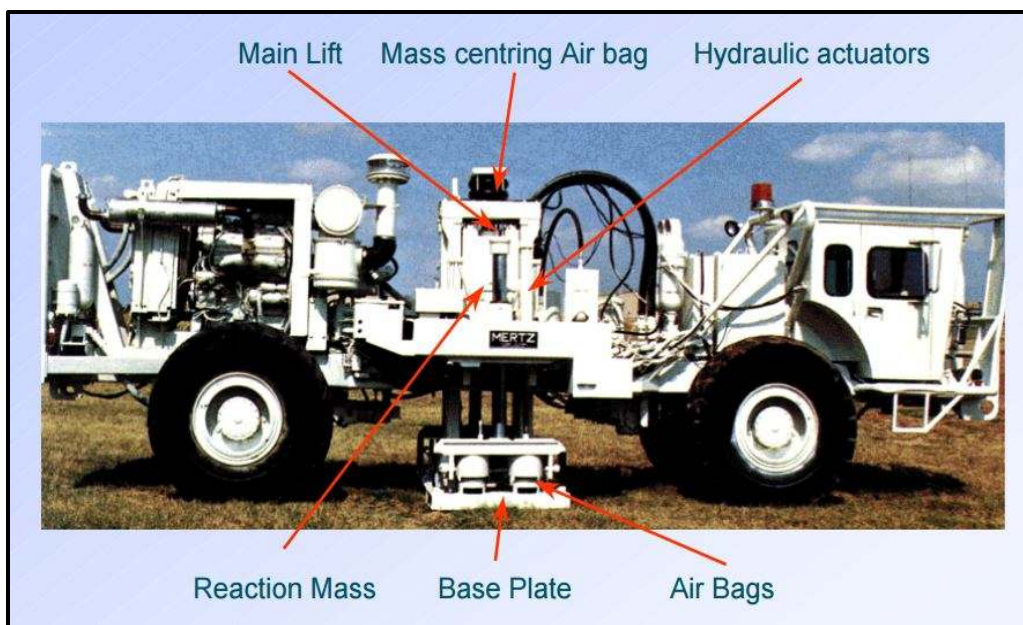


Figure II.5. Camion vibreur (Cefoga)

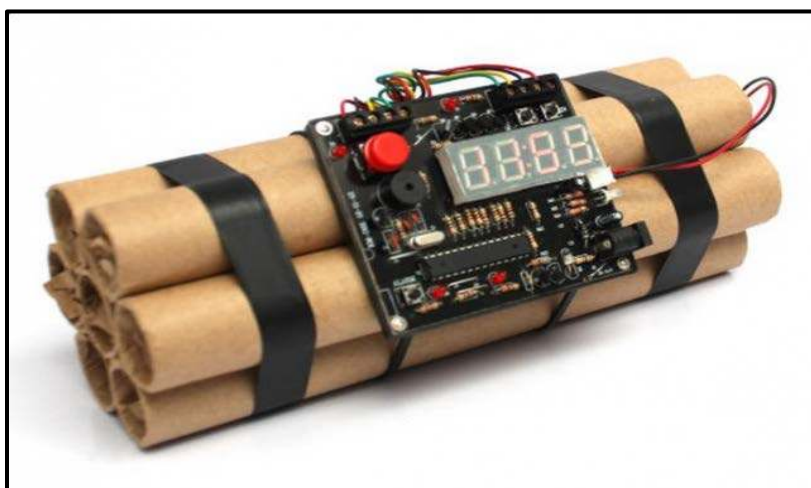


Figure II.6. Source explosive (dynamite)



Figure II.7. Récepteur (géophone Sercel) - Cefoga

II.1.1.2. Acquisition marine :

En sismique marine, les sources sont des canons à air ou à eau. Elles génèrent des ondes acoustiques qui se propagent d'abord dans l'eau avant de pénétrer dans le sol marin. Du côté des récepteurs, on distingue plusieurs dispositifs que l'on va décrire ci-dessous. (*Fig II.9*)

- Acquisition marine conventionnelle :

Dans les acquisitions conventionnelles, les récepteurs sont des hydrophones qui enregistrent la variation de pression du milieu lors du passage d'une onde acoustique. Ces récepteurs sont enfermés dans des câbles étanches appelés flûtes ou streamers, longs de quelques kilomètres (5 à 10Km). Lors de l'acquisition, ils sont déployés et traînés derrière le bateau. Leur immersion est généralement de l'ordre de 5-10m. Les sources sont elles aussi tirées par le même bateau et émettent à des intervalles réguliers. L'intégralité du dispositif d'acquisition se déplace à une vitesse supposée constante assurant ainsi la constance de l'immersion des sources et des flûtes. (*Fig II.8*)

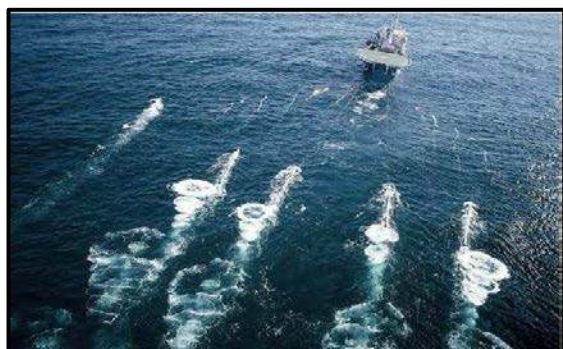


Figure II.8. Exemple d'une acquisition marine conventionnelle 3D

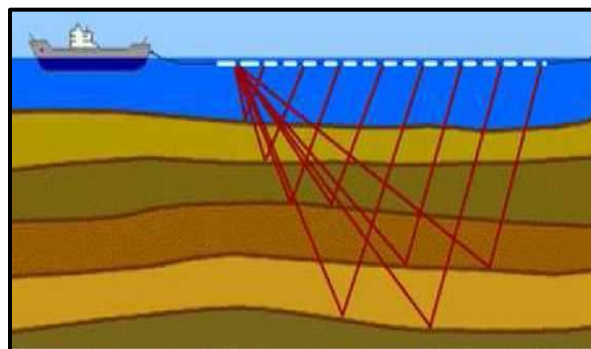


Figure II.9. Illustration d'une acquisition marine 2D

- **Acquisition OBS (Ocean Bottom Seismic) :**

La technologie OBS se pose comme alternative au streamer dans les zones encombrées. Au lieu que les récepteurs soient tirés par le bateau source, ils sont positionnés au fond de la mer pendant qu'un deuxième bateau est affecté à la navigation des sources. Ainsi le dispositif d'émission est découplé de celui de la réception. Ceci permet des acquisitions 3D large-azimuts dans lesquelles toutes les classes d'azimuts peuvent être représentées.

- **Acquisition OBC (Ocean Bottom Cable) :**

Dans le cas de l'OBC, les récepteurs (hydrophones et géophones) sont disposés à des intervalles réguliers le long d'un câble. Lors de l'acquisition, le câble est déployé à partir du bateau et déposé sur le sol marin de manière à assurer le bon couplage des géophones. Le bateau source procède ensuite aux tirs comme le montre la figure (1.6). La technologie permet aujourd'hui le déploiement des câbles à des profondeurs pouvant atteindre 3000m.

- **Acquisition Node :**

Les Nodes sont des stations autonomes d'enregistrement des données. Ils sont composés d'une partie acquisition, c'est-à-dire un hydrophone et des géophones, et d'une autre partie alimentation et stockage des données. Ces deux parties peuvent être regroupées dans un même module ou séparées comme le montre la figure suivante. (**Fig II.10**)

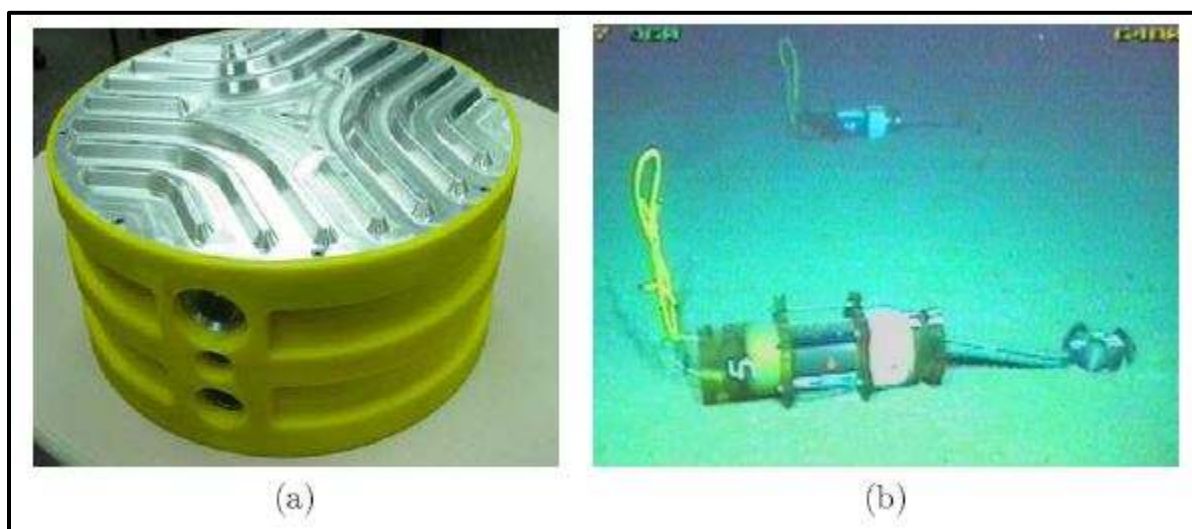


Figure II.10. Exemples de Nodes. (a) Z system de Fairfield. (b) ARMSS de Sercel

II.1.2. Différents types d'ondes engendrées par un ébranlement sismique :

L'ébranlement du sol se traduit par une émission d'ondes de déformation ou ondes élastiques. Parmi ces ondes, on distingue :

- Le signal représenté par les ondes longitudinales (ou ondes de compression et de dilatation) qui se réfléchissent (une seule fois) au niveau des différents horizons.
- Les bruits

Les différents bruits enregistrés en sismique réflexion peuvent se décomposer en deux types : les bruits aléatoires et les bruits organisés.

II.1.2.1 Les bruits aléatoires :

Un bruit est dit aléatoire lorsqu'il n'est pas prédictible dans le temps et dans l'espace à partir d'autres événements. En général, ce bruit ne présente aucune cohérence d'une trace à l'autre. Il peut être d'origine instrumentale ou bien dû aux mouvements du sol au voisinage d'une trace (personne, véhicule, troupeau, vent...etc.). Les bruits aléatoires ne s'observent pas directement mais leur effet se constate par le brouillage de l'information. L'atténuation se fait par le biais de la sommation (multiplication des géophones sur une trace, couverture multiple...).

II.1.2.2. Les bruits organisés :

Un bruit est dit organisé si d'un récepteur à l'autre son enregistrement présente une cohérence sur une certaine distance. Parmi ces bruits, on distingue :

- Les bruits de diaphonie
- Les entraînements (cross feed)
- Les signaux sinusoïdaux
- Les réflexions multiples
- Les diffractions
- Les réfractions
- Les ondes converties
- Les bruits de surface (Ground-roll)

II.1.3. Les paramètres d'acquisition de la campagne sismique 04-SG :

La campagne d'acquisition sismique 04-SG, réalisée en 2004 par l'ENAGEO, s'étend sur près de 718 Km de sismique 2D dont les paramètres sont les suivants :

▪ Nappe d'émission :

- Quatre (4) camions vibrateurs en ligne
- Nappe centrée entre piquets
- Distance entre deux vibrateurs : 13m
- Move-up : 10m
- Nombre de sweep/VP : 3
- Longueur de la nappe d'émission : 59m
- Distance entre VP : 30m

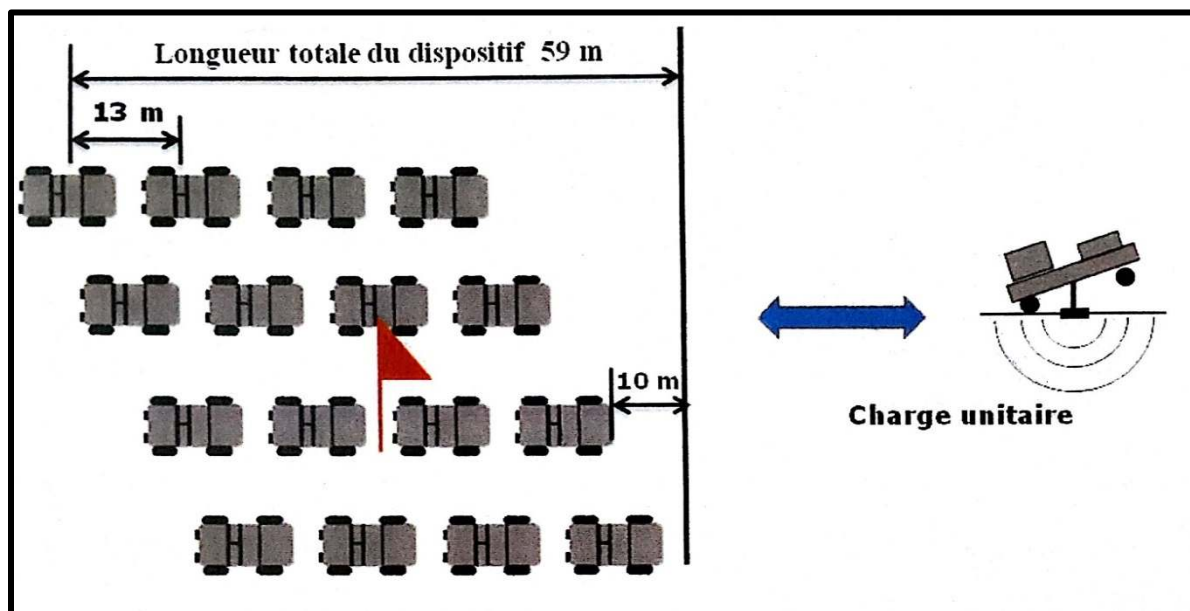


Figure II.11. Schéma d'acquisition de la campagne sismique 04-SG

▪ Nappe de réception :

- Une grappe de 24 géophones en ligne
- Distance entre géophones : 1.25m
- Longueur de la nappe de géophones : 28.75m
- Distance Inter-trace : 30m
- Nappe centrée entre piquets

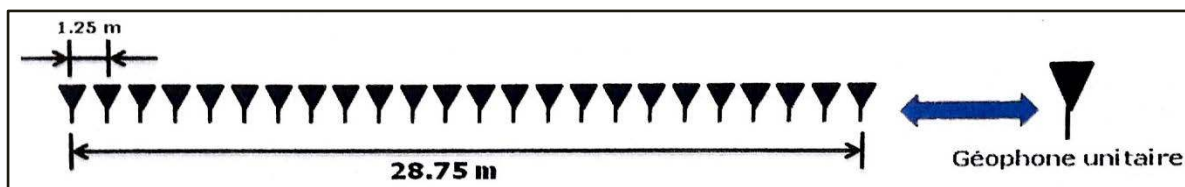


Figure II.12. Disposition des récepteurs durant la campagne sismique 04-SG

Le tableau suivant comporte la longueur des profils de la campagne sismique 04-SG :

Profils	Longueur (Km)	Profils	Longueur (Km)
04-SG-01	12.54	04-SG-19	36.09
04-SG-02	12.27	04-SG-20	21.99
04-SG-03	22.57	04-SG-21	36.19
04-SG-04	12.27	04-SG-22	23.92
04-SG-05	12.75	04-SG-23	36.09
04-SG-06	12.01	04-SG-24	20.74
04-SG-07	35.23	04-SG-25	14.20
04-SG-08	8.69	04-SG-26	26.56
04-SG-09	12.68	04-SG-27	20.96
04-SG-10	11.86	04-SG-28	15.54
04-SG-11	13.07	04-SG-29	11.78
04-SG-12	12.68	04-SG-30	16.07
04-SG-13	30.80	04-SG-31	16.04
04-SG-14	13.60	04-SG-32	15.28
04-SG-15	48.20	04-SG-34	14.44
04-SG-16	21.58	04-SG-36	17.07
04-SG-17	36.33	04-SG-38	24.91
04-SG-18	21.92	TOTAL	718.92

Tableau 2. Longueur des profils de la campagne 04-SG (SH/Exp)

▪ **Paramètres d'enregistrement :**

- Laboratoire d'enregistrement : I/O sys II
- Pas d'échantillonnage : 2ms

- Nombre de traces : 240
- Format d'enregistrement : IEEE SEGD
- Temps d'enregistrement : 6s
- Vibreur : I/O AHV III
- Inter-trace : 30m
- Couverture : 12000 %
- **Paramètres du Sweep :**
 - Bande de fréquence : 8-72 Hz
 - Longueur du Sweep : 12s
 - Nombre de Sweep : 3
 - Taper : 300ms
 - Peak force : 80%
 - Polarité : SEG normal

II.1.4. La zone altérée et le carottage WZ (CVT) :

La première couche d'une série stratigraphique représente la zone altérée de surface, d'épaisseur et de vitesse latéralement variable le long des profils sismiques. La zone altérée (WZ : Weathered Zone) modifie la propagation des ondes puisqu'elle atténue et retarde les arrivées réfléchies. L'élimination de l'effet de cette zone se fait en appliquant les corrections statiques sur les données sismiques. Mais pour cela, il faut d'abord connaître les paramètres relatifs à cette zone altérée, tels que : sa vitesse, son épaisseur et la vitesse de comblement. Ces paramètres sont déterminés à l'aide du carottage sismique.

Le carottage sismique appelé souvent carottage WZ ou CVT, est utilisé pour étudier les formations géologiques superficielles notamment la zone altérée. On fore habituellement un trou dont la profondeur doit dépasser la base de la WZ. On introduit dans le trou foré et tubé un câble contenant une série d'hydrophones distants l'un de l'autre de quelques mètres. On envoie un signal à partir de la surface (à proximité de la gueule du trou) à l'aide d'un marteau et on enregistre le signal à l'aide d'un PC équipé d'un logiciel d'affichage et d'enregistrement des données acquises. On refait la même opération avec des profondeurs différentes des hydrophones (en allant du bas vers le haut). On obtiendra donc le carottage sismique qui représente le temps de trajet des ondes directes en fonction de la profondeur et on pourra enfin en tirer les paramètres de la zone altérée nécessaires que l'on utilisera pour les corrections statiques.

II.2. TRAITEMENT DE L'INFORMATION SISMQUE :

Traiter une information consiste à la manipuler de telle manière qu'on puisse en tirer des résultats interprétables et utiles. L'objectif du centre de traitement sismique est de fournir aux interpréteurs des sections sismiques de bonne qualité pour un prix raisonnable en essayant d'extraire le maximum d'informations. Le traitement sismique se pratique en deux phases :

- Sur le terrain, par des moyens analogiques ou matériels
- Au centre de calcul, par des moyens informatiques

II.2.1. La couverture multiple :**II.2.1.1. Principe de la couverture multiple :**

Parmi les procédés employés pour renforcer le rapport signal sur bruit, la technique de la couverture multiple, appelée aussi technique du Point Réfléchi Commun (PRC) ou Common Depth Point (CDP) est universellement utilisée par les compagnies pétrolières.

Cette méthode est basée essentiellement sur la géométrie des rayons sismique. Son principe consiste à étudier un point miroir en profondeur par composition d'un certain nombre de trajets différents provenant des différents tirs et enregistrés par différents géophones regroupés en traces. (*Fig II.13*)

La distance entre deux points de tir consécutifs doit satisfaire à la condition suivante :

$$P = \frac{n}{2.N}$$

Où **n** : Nombre de traces enregistrées par point de tir (capacité du laboratoire d'enregistrement)

N : La couverture désirée

P : La distance entre deux points de tir consécutifs en nombre de traces

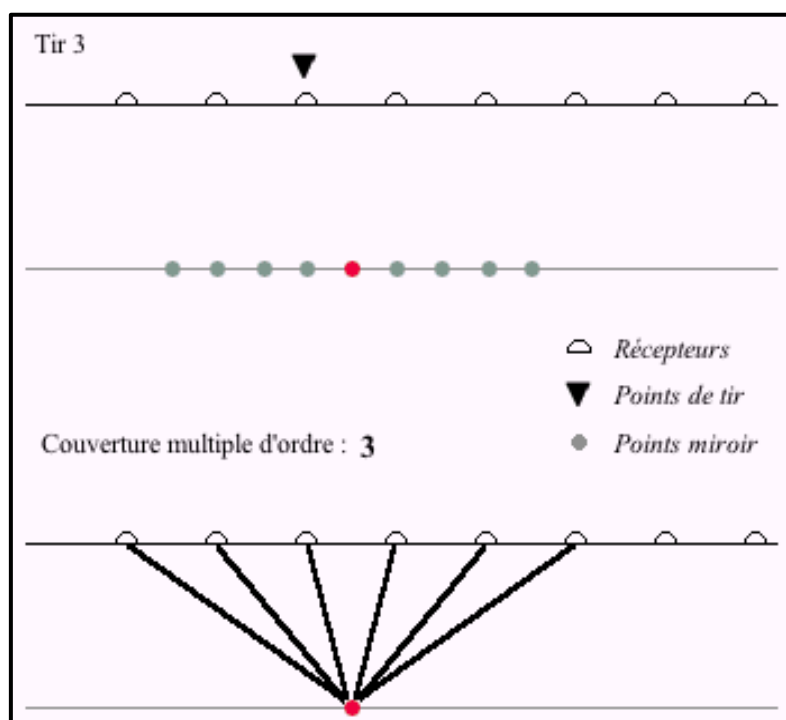


Figure II.13. Schéma illustrant le principe de la couverture multiple

II.2.1.2. But de la couverture multiple :

Le but principal de la couverture multiple est l'amélioration de la qualité des sections sismiques par l'augmentation du rapport signal sur bruit. Autrement dit, elle renforce les réflexions primaires au détriment des bruits de toutes espèces.

Théoriquement, l'amélioration du rapport signal sur bruit (S/B) apportée par la sommation des traces en couverture multiple est proportionnelle à $\sqrt{N}$; où N représente l'ordre de couverture, à condition que les réflexions aient sensiblement les mêmes amplitudes.

II.2.2. La séquence de traitement :

C'est un ensemble d'opérations appliquées aux données acquises sur le terrain, qui permet d'obtenir à partir des bandes magnétiques terrain un document définitif interprétable appelé section sismique, permettant d'avoir une imagerie du sous-sol la plus proche de la réalité géologique.

On peut distinguer plusieurs phases dans le traitement de l'information sismique précédant la représentation finale. Chaque phase est composée d'un certain nombre de traitements élémentaires. Ces différentes phases sont :

Phase I : Préparation des données

Phase II : Corrections géométriques

Phase III : Traitements ordinaires (traitements améliorant le rapport signal sur bruit)

Phase IV : Traitements particuliers (dit aussi traitements complémentaires)

Phase V : Représentation finale

II.2.2.1. Préparation des données :

Cette phase nous fournit la section somme constituant la matière première des transformations ultérieures qui aboutiront au document géologique.

a) Récupération des amplitudes réelles :

La récupération se fait par simple division terme à terme des échantillons par le tableau du gain correspondant. (*Fig II.14*)

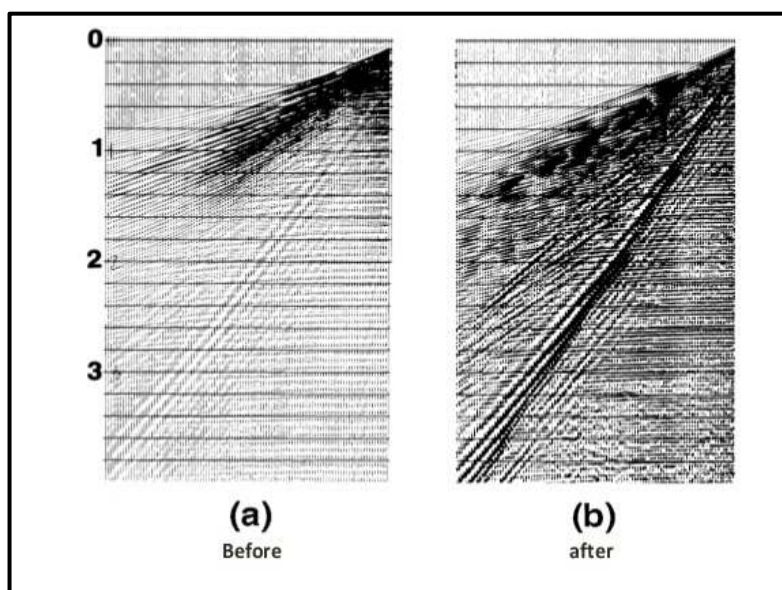


Figure II.14. Résultat de la récupération des amplitudes réelles

b) Edition :

L'édition désigne les opérations qu'il faut faire sur les enregistrements de terrain avant tout traitement. Elle comprend la suppression des mauvaises traces et l'application des filtres en fréquence.

c) Ré-échantillonnage :

Le changement du pas d'échantillonnage est généralement fait dans le cas de la sismique classique où la bande fréquentielle utile ne dépasse pas 100 Hz . Généralement, pour des raisons économiques, le pas le plus utilisé est de 4 ms .

d) Égalisation dynamique :

Dans le traitement classique où l'on s'intéresse à des formes structurales, l'égalisation dynamique est un traitement qui s'impose chaque fois qu'il y a atténuation des amplitudes due au terrain (absorption, divergence sphérique, pertes par transmission...).

Elle consiste à calculer une courbe de compensation dont l'allure est l'inverse de la courbe des amplitudes moyennes. L'effet de l'égalisation dynamique est illustré dans la figure suivante : (*Fig II.15*)

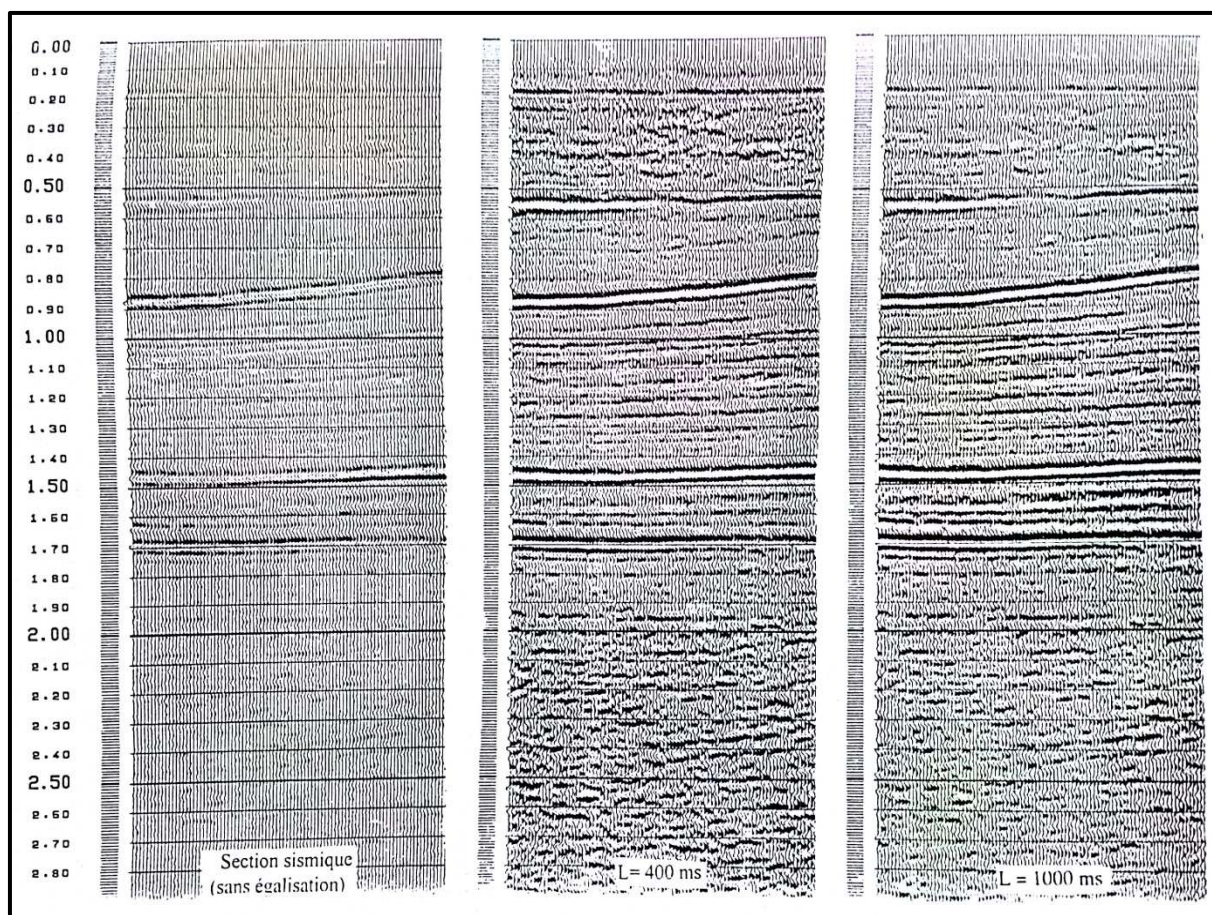


Figure II.15. Egalisation dynamique sur une section sismique

II.2.2.2. Corrections géométriques :

a) Mise en collection point miroir commun (CDP gather) :

Pour effectuer des traitements ultérieurs, il est nécessaire de réarranger les traces en collection points miroirs communs, c'est-à-dire de rassembler les couples de traces et de points de tir ayant le même point milieu sur le profil. Le point miroir est confondu en projection sur le profil avec le point milieu commun si et seulement si le réflecteur est horizontal (pendage nul). La figure qui suit montre les différents modes de mise en collection.

(Fig II.16)

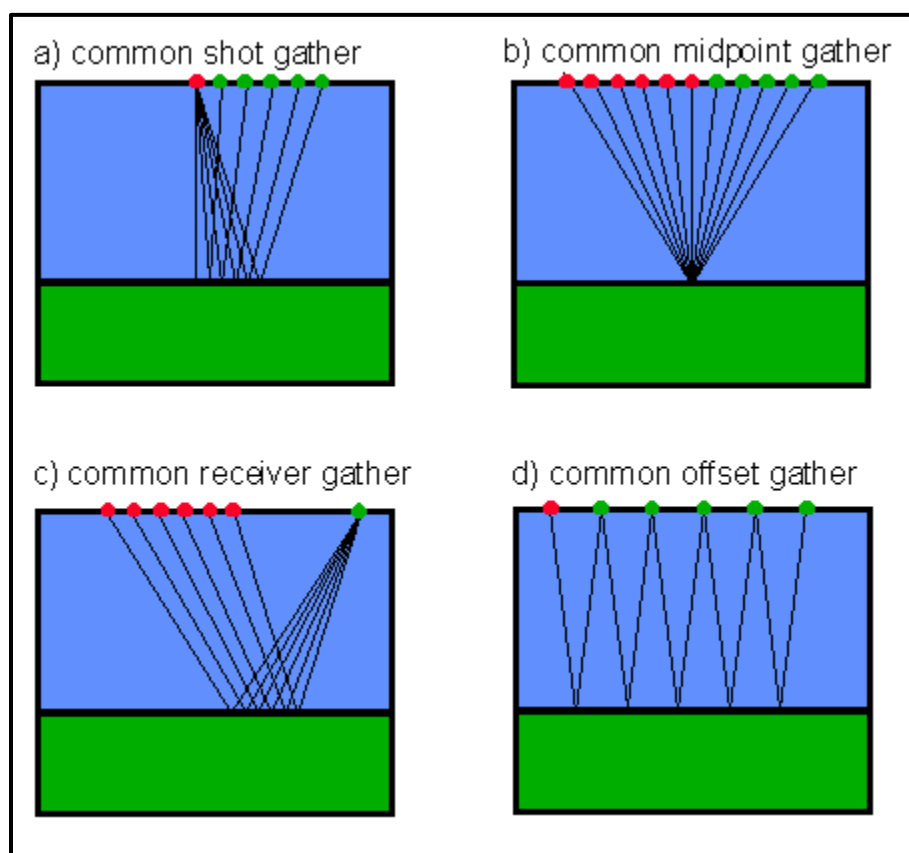


Figure II.16. Différents types de collections

b) Corrections statiques :

Les différences d'altimétrie et les variations latérales de vitesse dans les couches superficielles appelées WZ (Weathered Zone) introduisent sur les enregistrements en sismique terrestre, des retards sur les temps des différentes arrivées suivant les traces.

Les émetteurs et récepteurs sont en effet généralement à des altitudes différentes. Ceci fait qu'on n'obtient pas une hyperbole pour une réflexion. (Fig II.17)

Le but de calcul des corrections statiques est de corriger les temps des différentes traces de façon à ramener tous les points de tir et les points de réception sur une même surface de référence appelée « Datum Plane ».

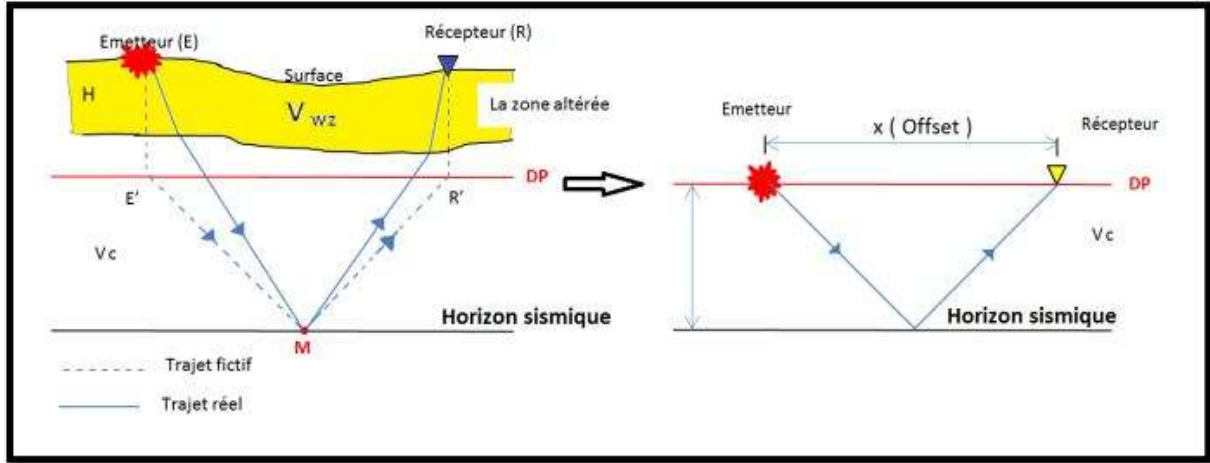


Figure II.17. Principe des corrections statiques

La correction statique au niveau du point de tir notée CPE (Correction au Point d'Emission) est égale à :

$$CPE = -\frac{H_S}{V_{wz}} + \frac{H_S}{V_c} - \frac{EE'}{V_c}$$

La correction statique au niveau du point de réception notée CS (Correction au Sismo) est égale à :

$$CS = -\frac{H_R}{V_{wz}} + \frac{H_R}{V_c} - \frac{RR'}{V_c}$$

Où :

H_S : L'épaisseur de la zone altérée au niveau du point de tir

H_R : L'épaisseur de la zone altérée (WZ) au niveau du point de réception

V_{wz} : La vitesse de la WZ

V_c : La vitesse de comblement

EE' : Altitude du point d'émission par rapport au DP

RR' : Altitude du point de réception par rapport au plan de référence

c) Corrections dynamiques (Normal Move Out) :

i. Définition des différentes vitesses en sismique :

La vitesse est l'un des paramètres les plus importants dans le traitement sismique car elle varie considérablement que ce soit latéralement ou verticalement. Les vitesses utilisées en traitement sismique sont :

- **La vitesse instantanée :**

Elle correspond à la vitesse de propagation de l'onde dans une couche infiniment petite. Pour une propagation verticale des ondes de compression par exemple, elle est égale à :

$$V_{inst}(z) = \frac{dz}{dt} \approx \frac{\Delta z}{\Delta t}$$

Pour le sismicien, la vitesse instantanée peut être tirée à partir des diagraphies soniques car les distances d'avancement de l'outil (quelques centimètres) sont très négligeables par rapport à la longueur de l'onde sismique ; ainsi on déduit la vitesse instantanée immédiatement en fonction de la profondeur comme l'inverse de la lenteur.

- **La vitesse moyenne :**

La vitesse moyenne pour une onde qui se propage verticalement est la moyenne temporelle de la vitesse instantanée mesurée dans les forages par les diagraphies acoustiques.

$$V_m = \frac{Z}{T} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) \cdot dt$$

Si le modèle est constitué d'une succession de couches horizontales et isotropes ayant chacune une épaisseur h_i et une vitesse V_i alors la vitesse moyenne V_m est :

$$V_m = \frac{\sum_{i=1}^N V_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^N t_i} = \frac{\sum_{i=1}^N h_i}{\sum_{i=1}^N t_i} = \frac{Z}{T}$$

- **La vitesse d'intervalle :**

Elle correspond à la vitesse réelle des ondes dans une tranche d'un terrain donné :

$$V_i = \frac{V_{m2}t_2 - V_{m1}t_1}{t_2 - t_1}$$

- **La vitesse quadratique moyenne :**

La vitesse quadratique moyenne est une vitesse verticale :

$$V_{RMS} = \frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) \cdot dt$$

Si on considère un modèle géologique constitué d'une succession de couches horizontales à vitesses constantes, on a :

$$V_{RMS}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N V_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^N t_i}$$

On peut déduire la vitesse d'intervalle V_i entre deux réflecteurs en utilisant la formule de Dix :

$$V_i^2 = \frac{V_{RMS2}^2 t_2 - V_{RMS1}^2 t_1}{t_2 - t_1}$$

- **La vitesse de stack (ou vitesse apparente) :**

C'est la vitesse qui, dans le traitement des enregistrements en couverture multiple, optimise l'amplitude de la trace somme après corrections dynamiques.

Dans le cas d'un miroir horizontal en terrain homogène : $V_{ST} \approx V_m$

Lorsque le miroir sismique présente un pendage α : $V_{ST} = V / \cos \alpha$

Lorsque les couches sont stratifiées horizontalement, pour les déports faibles V_{ST} tend vers V_{RMS} .

La vitesse de stack permet donc de calculer l'écart Δt entre les trajets avec et sans déport par la formule :

$$\Delta t = t - \left(t^2 - \frac{x^2}{V_{ST}^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

- **La vitesse de migration :**

Quelques algorithmes de migration basent leur calcul des hyperboles de diffraction sur l'expression :

$$Z^2 = \left(\frac{V_{ST} T}{2} \right)^2 - X^2 = \text{constante}$$

Où V_{ST} (vitesse de stack) est utilisée comme approximation de V_{RMS} .

ii. Principe des corrections dynamiques :

La correction dynamique est destinée à aligner les réflexions avant de les sommer. Généralement, le point d'émission E et le point de réception R sont distincts. Les trajets sismiques sont dans ce cas obliques.

La correction dynamique consiste de ce fait à comprimer chaque trace pour obtenir celle que l'on aurait directement obtenue sur le terrain si le point d'émission E et le point de réception R sont confondus. (*Fig II.18*)

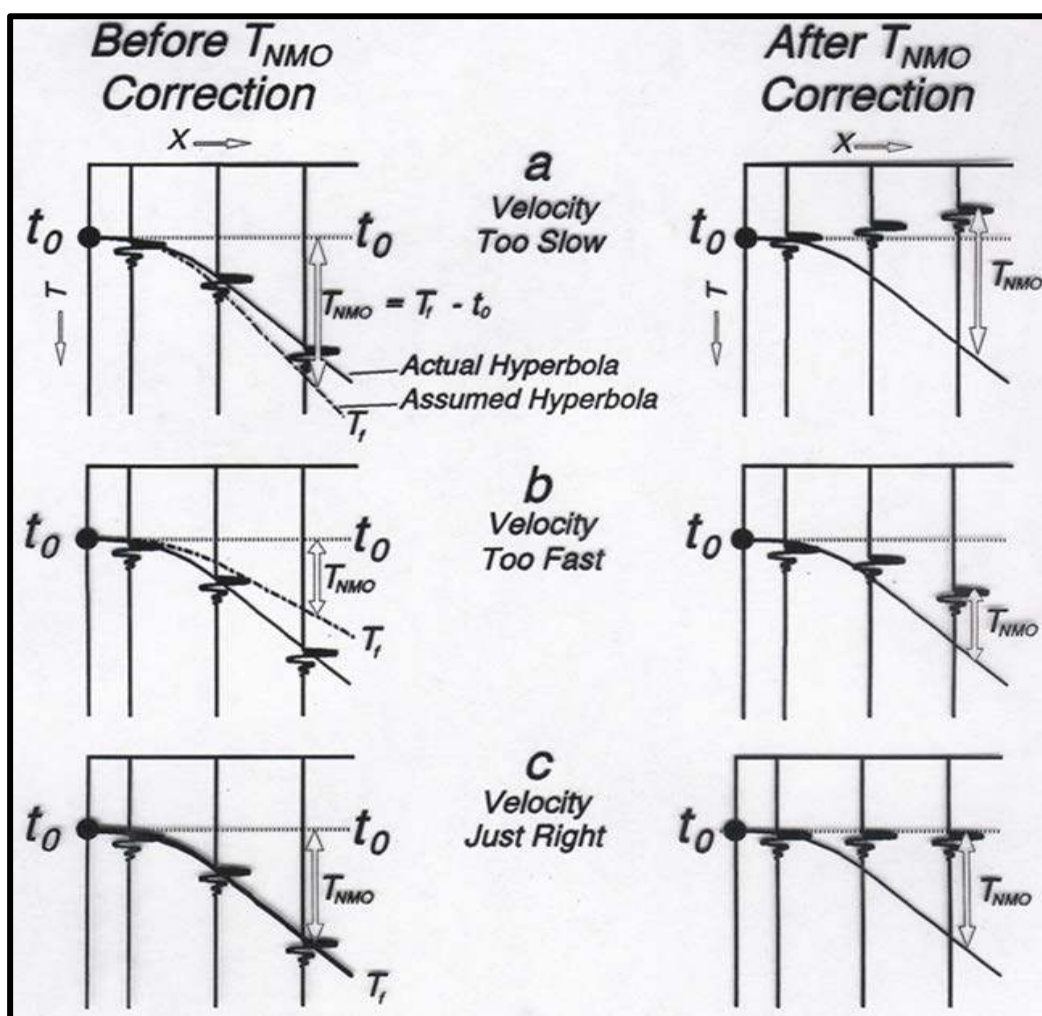


Figure II.18. Principe de la correction dynamique

L'équation approximée décrivant la correction dynamique est la suivante :

$$\Delta T = \frac{1}{2T_0} \left(\frac{x}{V_{NMO}} \right)^2$$

Où : T_0 désigne le temps vertical double

x est l'offset

iii. Analyse de vitesse :

Le principe de l'analyse de vitesse consiste à chercher l'équation de l'hyperbole qui approche au mieux l'indicatrice réelle, et à faire un balayage de vitesse pour obtenir celle donnant la meilleure sommation suivant cette indicatrice.

Après sommation des signaux, que les hyperboles ainsi définies se rencontrent sur chaque trace, l'amplitude maximale permet de connaître la vitesse V pour une valeur de T_0 , comme le montre la figure suivante : (*Fig II.19*)

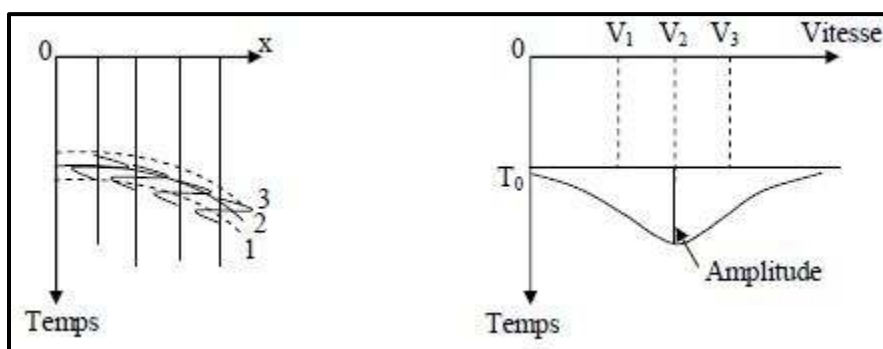


Figure II.19. Détermination de la vitesse optimale pour un réflecteur donné

II.2.2.3. Traitements ordinaires :

L'objectif principal des traitements ordinaires est l'amélioration du rapport signal sur bruit (S/B).

a) Mute :

C'est un filtrage qui consiste à mettre à zéro une partie des traces. Les zones d'application de ce traitement sont principalement :

- Les arrivées premières réfractées.
- Le cône de l'onde aérienne.
- Le ground-roll très puissant.
- Les traces bruitées au sens large.

b) Sommation :

Elle consiste à additionner l'ensemble des traces appartenant à un même point miroir (CDP) après les corrections statiques et les corrections dynamiques. (*Fig II.20*)

Dans le cas de la couverture multiple d'ordre N , le signal résultant après addition aura une amplitude N fois plus grande, par contre les bruits aléatoires auront une amplitude plus grande seulement de $\sqrt{N}$.

En ce qui concerne les bruits organisés du type réflexions multiples, leur atténuation est toutefois moindre car pour un temps donné t_0 , une réflexion primaire et une réflexion multiple ne présentent pas la même courbure hyperbolique.

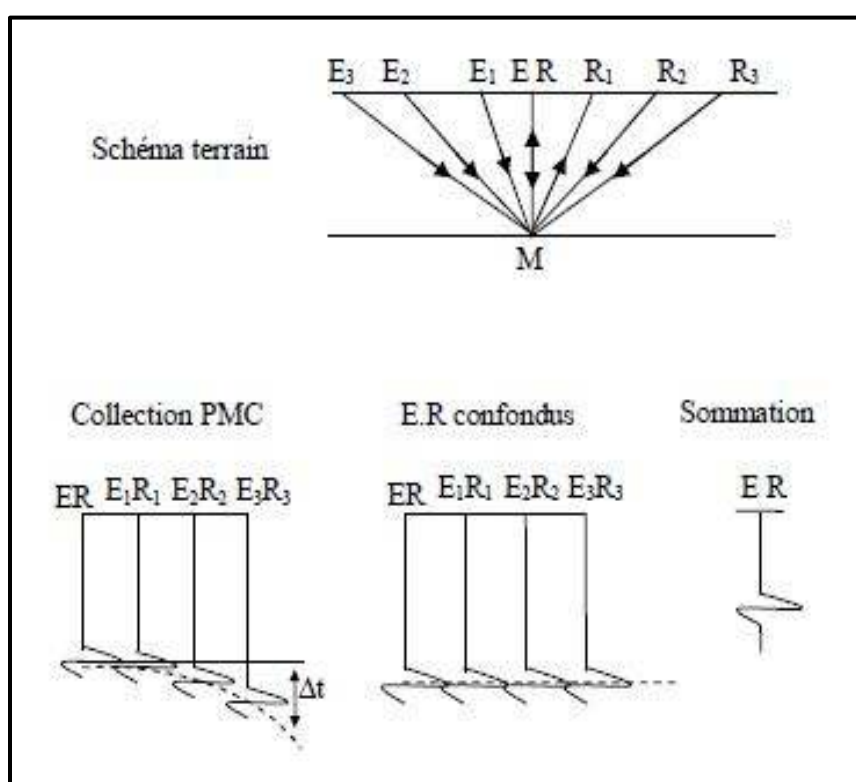


Figure II.20. Principe de la sommation en couverture multiple

c) Filtrage en fréquence et en vitesse apparente :

La trace sismique peut contenir des fréquences très variées. Lorsque les bruits ont des fréquences différentes de celles du signal utile, on peut atténuer les bruits par un filtre en fréquence.

Dans le cas contraire, les filtres peuvent être à deux dimensions. Ils éliminent alors des bruits organisés même si leurs fréquences sont égales à celles du signal utile.

d) Déconvolution :

La déconvolution est un traitement appliqué aux traces sismiques pour pallier aux différents facteurs qui modifient la forme de l'ondelette émise.

Il existe plusieurs méthodes de déconvolution qui peuvent être effectuées avant ou après sommation selon les objectifs recherchés. Par exemple, l'objectif principal de la déconvolution spike est la contraction de l'impulsion émise par la source afin d'améliorer la précision des pointés de réflexions. Tandis que la déconvolution prédictive a pour but d'éliminer les réflexions multiples et les réverbérations.

II.2.2.4. Traitements Complémentaires :**a) Corrections statiques résiduelles :**

Les corrections statiques résiduelles, réalisées au niveau du centre de traitement ont pour but de compenser les erreurs ou imprécisions des corrections statiques terrain et les traitements précédents. Ces corrections consistent à améliorer l'addition à l'intérieur des points miroirs par la mise en phase des signaux avant addition et cela sans modifier la position des horizons. Leur application au niveau d'une séquence de traitement a pour objectifs :

- L'optimisation du stack dans la trace somme.
- Le lissage d'un horizon supposé régulier.
- L'amélioration des analyses de vitesses.

b) Correction de pendage (DMO: Dip Move Out) :

Elle supprime la dispersion des points miroirs sur le réflecteur en collection point milieu commun. Ainsi, elle rend les vitesses de sommation indépendantes du pendage. Cela résout donc le problème des pendages incompatibles. (*Fig II.21*)

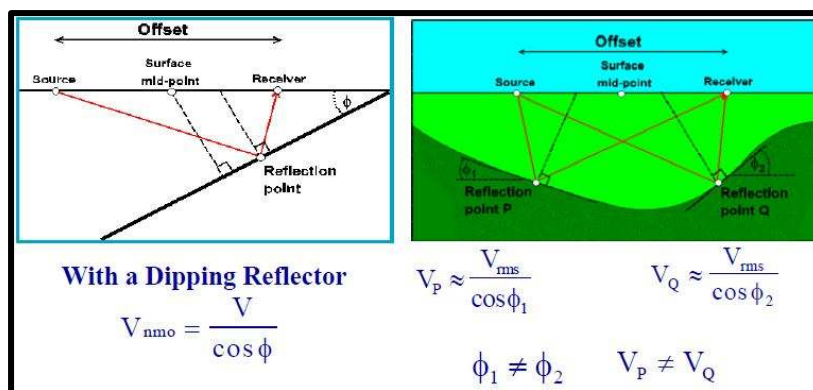


Figure II.21. Correction de pendage (DMO)

c) Migration :

Dans le cas des structures géologiques complexes et des réflecteurs fortement pentés, la section sismique représente une image erronée du sous-sol.

La migration est un traitement qui permet donc de replacer les réflecteurs à leur vraie position spatiale et de focaliser l'énergie des diffractions.

Elle peut être effectuée avant sommation « Prestack Migration », ou après sommation « Poststack Migration » ; en temps ou bien en profondeur.

II.2.3. Séquence de traitement appliquée sur la campagne sismique 04-SG :

- Démultiplexage
- Edition et mise en CDP
- Corrections statiques avec : DP=1000m et la vitesse de comblement $V_c = 2200m/s$
- Egalisation dynamique
- Récupération des amplitudes réelles
- Déconvolution prédictive appliquée avec les paramètres suivants :
 - La longueur de l'opération : OPL=160ms
 - La distance de prédiction : GAP=24ms
- Premier passage d'analyse de vitesse (chaque 1000m)
- Première phase de corrections statiques résiduelles
- Deuxième passage d'analyse de vitesse (chaque 500m)
- Deuxième phase de corrections statiques résiduelles
- Dernier passage d'analyse de vitesse (chaque 500m)
- Correction de pendage DMO
- Mute
- CDP Stack
- Migration
- Filtrage en fréquence (filtre passe bande) : 8HZ-12HZ → 60HZ-70HZ

L'ensemble des étapes de traitement des données sismiques sont résumées dans l'organigramme suivant : (*Fig II.22*)

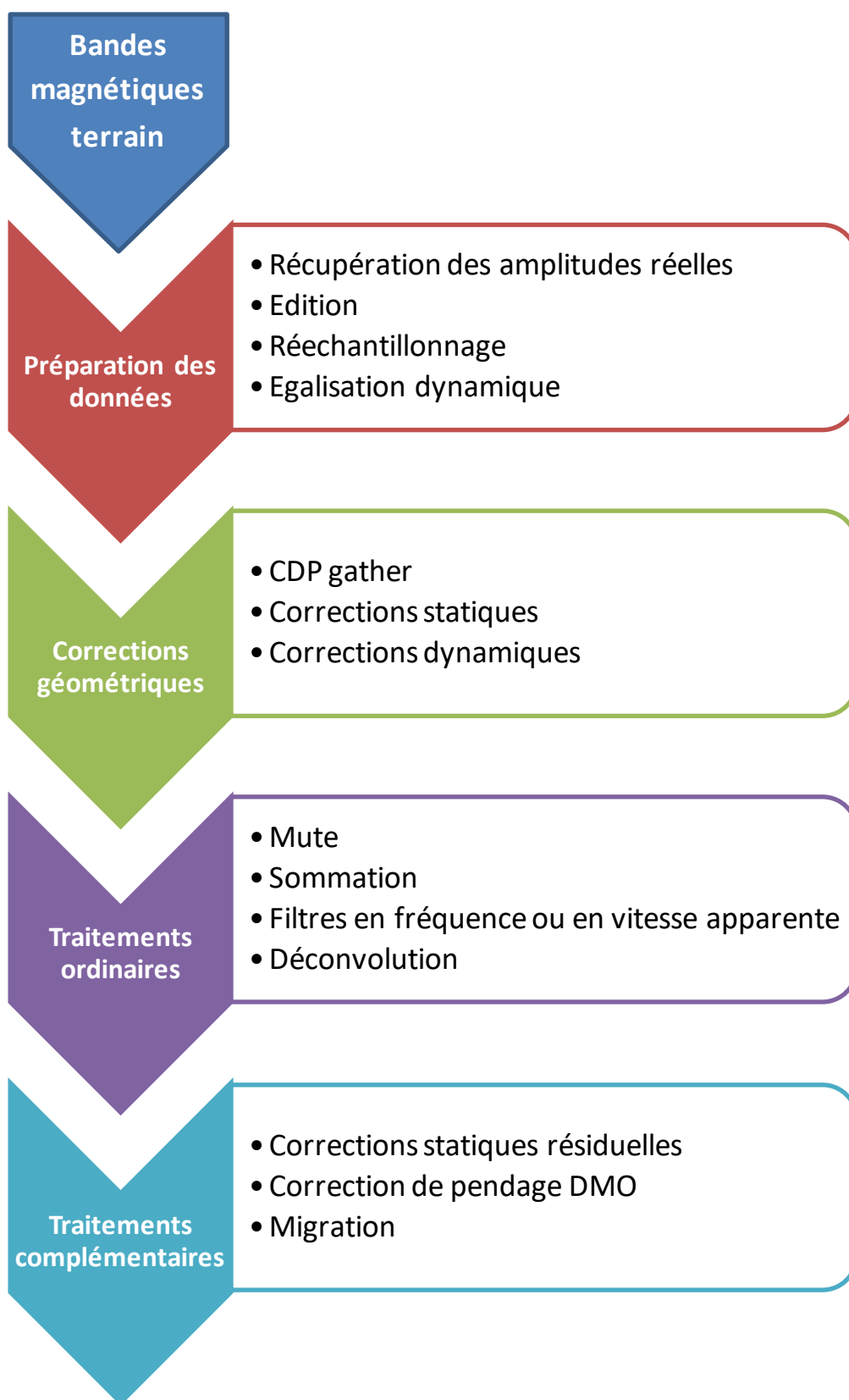


Figure II.22. Séquence de traitement des données sismiques

CHAPITRE III

Présentation et analyse des données sismiques

La réflexion sismique est désormais un élément important de l'exploration pétrolière car elle permet de produire des cartes en courbes des couches souterraines. L'interprétation structurale de ces cartes permet de dégager les types de roches présentes dans le sous-sol, la composition des milieux sédimentaires et l'évolution d'origine tectonique.

Le but de l'interprétation structurale est la découverte ou la définition d'accumulation d'hydrocarbures en fournissant au géologue des indications structurales et stratigraphiques et aussi des éléments permettant de comprendre l'histoire d'un bassin ou d'un gisement et sa formation.

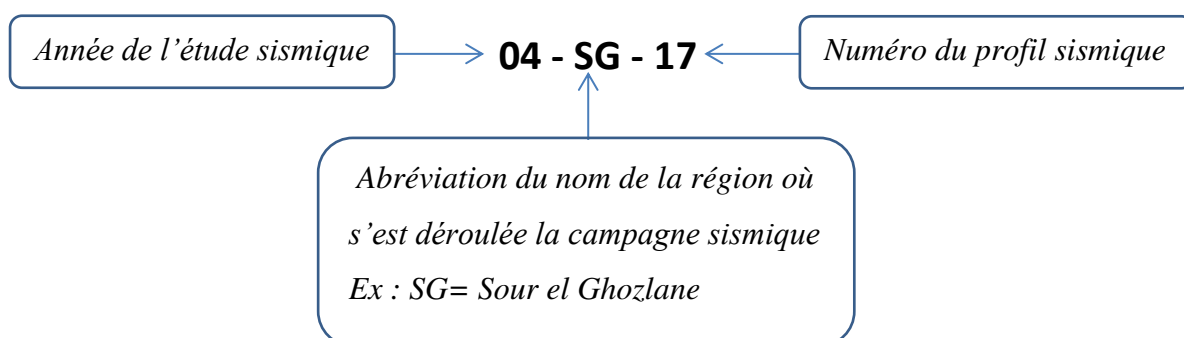
L'interprétation structurale est fondée sur les variations de forme des horizons ; la forme du signal (réflexion) n'est utilisée que comme objet à corrélérer en vue d'assurer le tracé ou le pointé d'un horizon.

III.1. Documents utilisés :

L'interpréteur collecte toutes les données qui ont un rapport avec l'interprétation, y compris les données sismiques et les informations géologiques. Les documents utilisés pour réaliser cette étude sont fournis par le département du bassin Tell-Offshore, division exploration, SONATRACH. Ces documents sont :

III.1.1. Le plan de position :

C'est un document essentiel en interprétation structurale. Comme le nom l'indique, le plan de position sert à localiser géographiquement la région d'étude. Il illustre la disposition des profils sismiques des différentes campagnes qui ont eu lieu dans la région ainsi que l'emplacement des puits de forage (**Fig III.1**). Chaque ligne sismique est représentée comme suit :



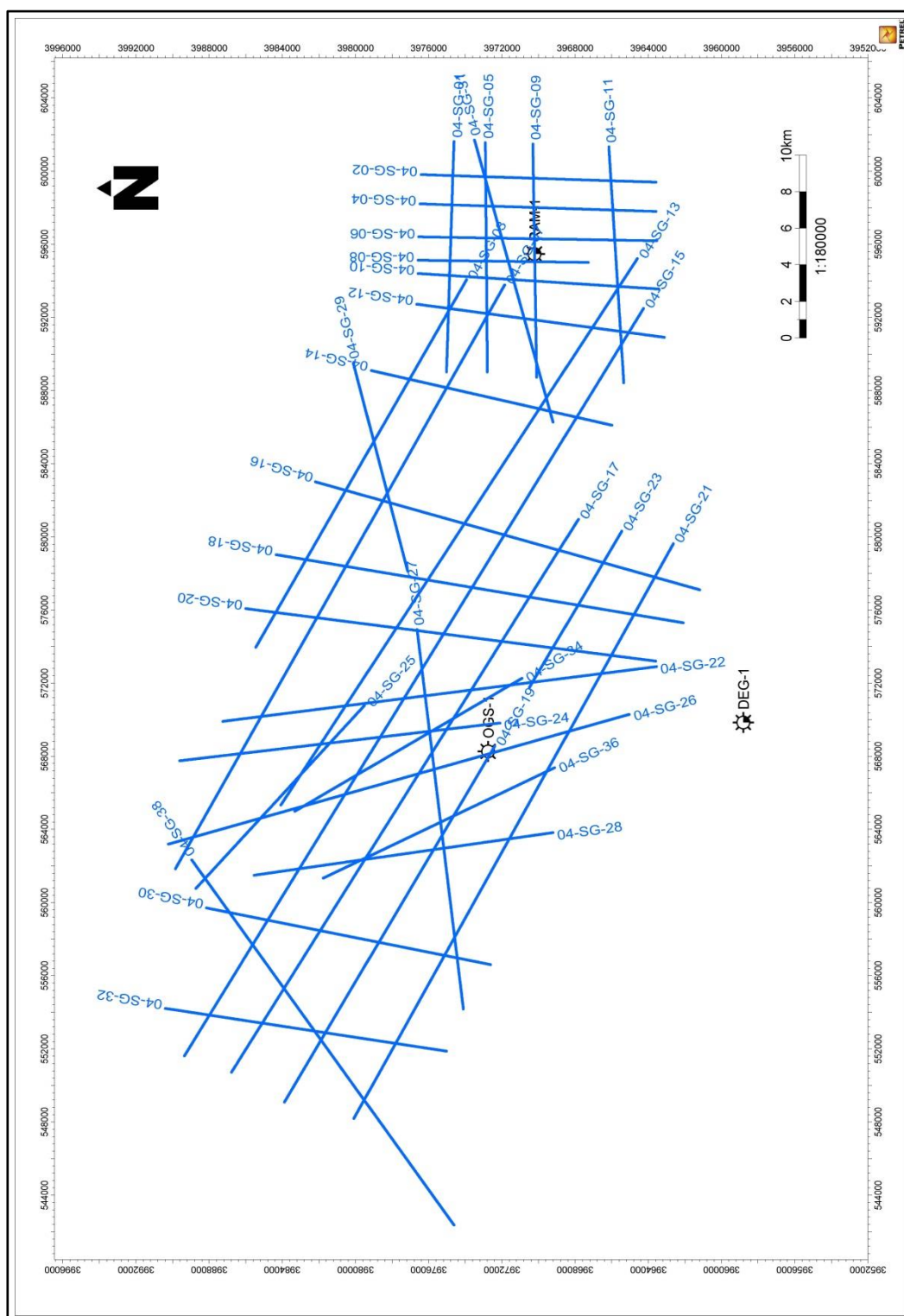


Figure III.1. Plan de position des profils sismiques de la campagne 04-SG

III.1.2. Les sections sismiques :

En interprétation des données sismiques, la section sismique est le document de base permettant d'effectuer la corrélation des horizons dans le but de réaliser des cartes en isovaleurs. En d'autres termes, c'est une coupe temps verticale qui représente une radiographie du sous-sol. À l'entête d'une section sismique on trouve des informations sur les courbes de reliefs, les paramètres de la zone altérée (WZ), le plan de référence (DP) et l'emplacement des analyses de vitesses. Sur les bordures latérales on retrouve le nom de la ligne, les paramètres d'acquisition, la séquence de traitement utilisée et le plan de position qui localise cette section. (*Fig III.2*)

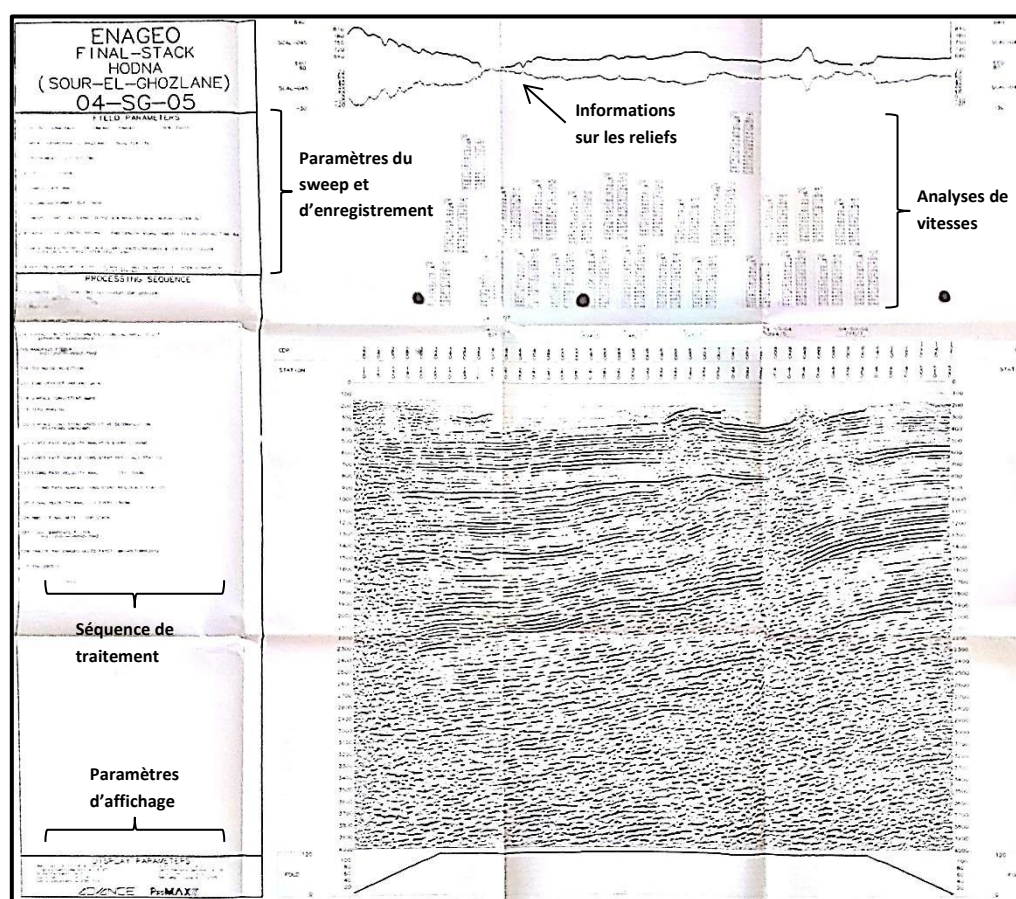


Figure III.2. Section sismique du profil 04-SG-05 (SH/Exp)

Dans cette étude, 35 sections sismiques ont été utilisées. Elles ont été choisies de manière à couvrir toute la zone du champ de Oued Gueterini. La qualité de ces sections varie de bonne à mauvaise en allant du Sud vers le Nord.

Le Sud est caractérisé par une zone calme, ce qui explique la bonne qualité des sections et la bonne continuité des réflecteurs (**Fig III.3**). Par contre au Nord, la région a subi une forte activité tectonique, la qualité des données sismiques sera forcément dégradée. Les profils montrent une image plus ou moins chaotique (**Fig III.4**) ; cela est dû principalement à la tectonique cassante qui affecte les formations géologiques. Une tectonique salifère intense sous les nappes a aussi affecté la qualité du signal pour les niveaux profonds, il en résulte l'apparition d'une zone sourde au Nord de la région.

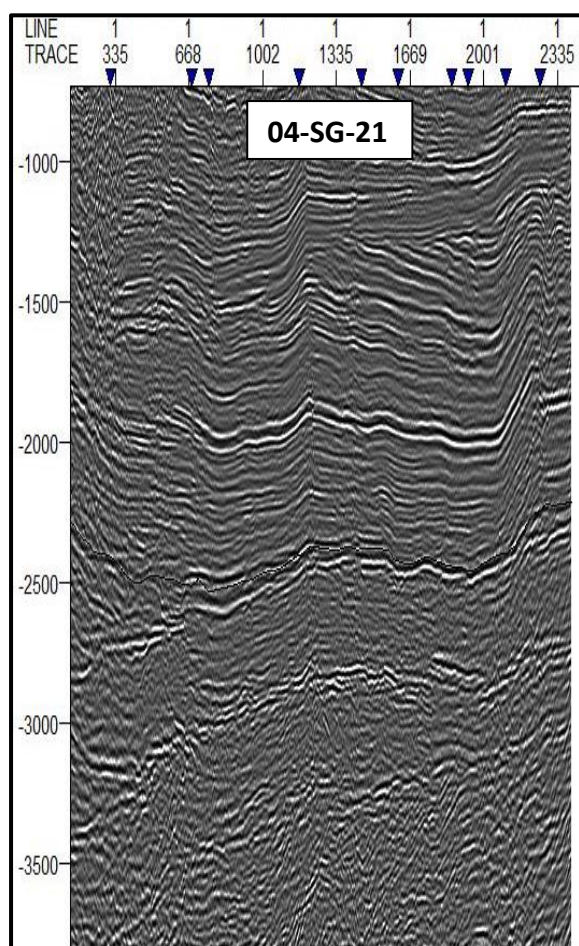


Figure III.3. Section sismique de bonne qualité
(Profil 04-SG-21 situé au Sud de la région)

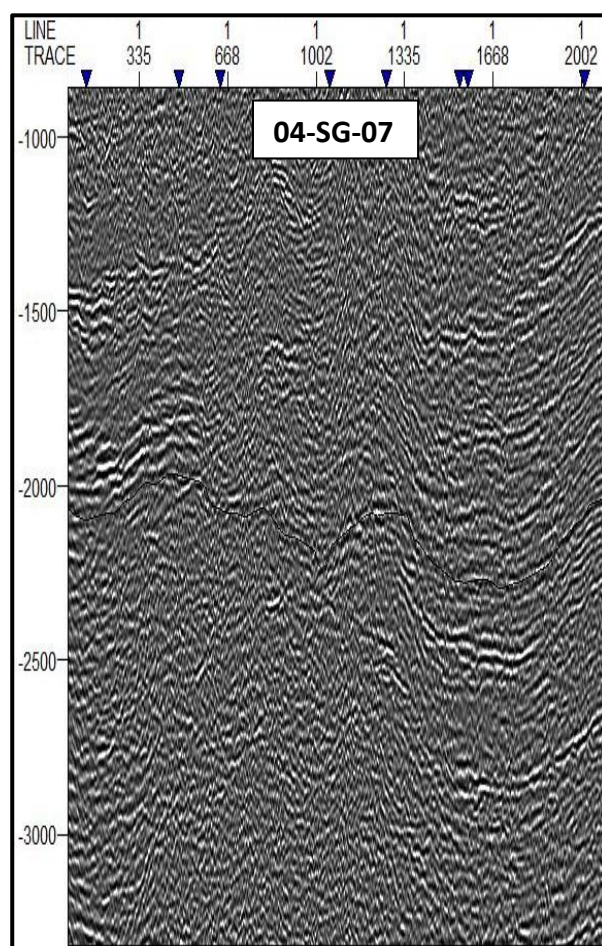


Figure III.4. Section sismique de mauvaise qualité
(Profil 04-SG-07 situé dans la partie Nord)

III.1.3. Les données de puits :

III.1.3.1. Le log habillé :

C'est un document propre pour chaque puits, sur lequel sont reportées les formations géologiques traversées par le puits ainsi que la description détaillée de la lithologie. On y trouve également des réponses de tests et de diagraphies. Il permet de repérer et de lire directement les profondeurs des formations traversées. (*Fig III.5*)

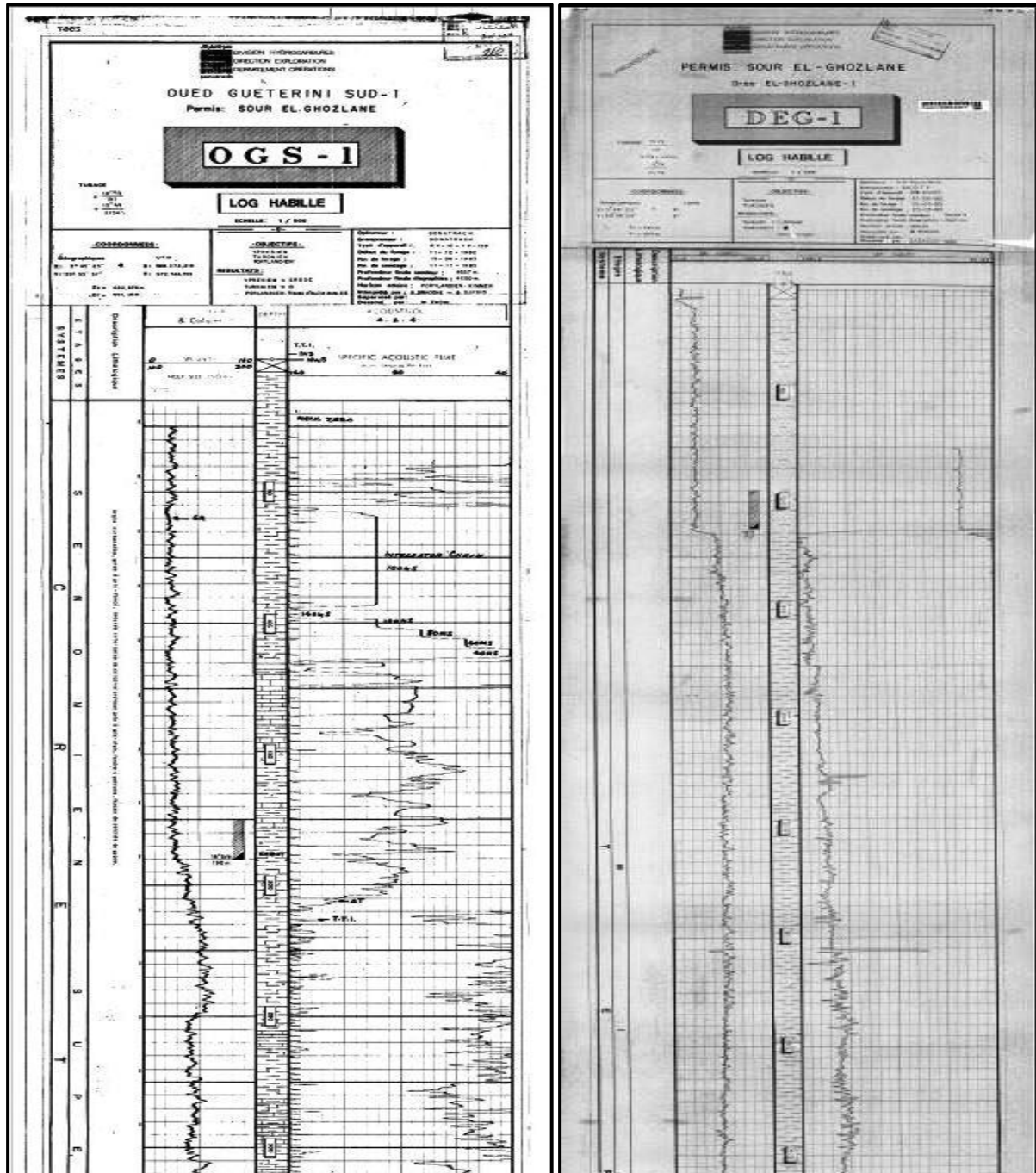


Figure III.5. Logs habillés des puits OGS-1 et DEG-1 (SH/Exp)

III.1.3.2. Le carottage sismique :

C'est un document fondamental pour identifier les horizons sismiques, il permet de convertir les profondeurs lues sur le log habillé en temps grâce à la courbe $T_s = f(P)$. Il comporte aussi la courbe de la vitesse moyenne en fonction de la profondeur $V_m = f(P)$. La figure suivante montre le carottage sismique du puits OGS-1. (Fig III.6)

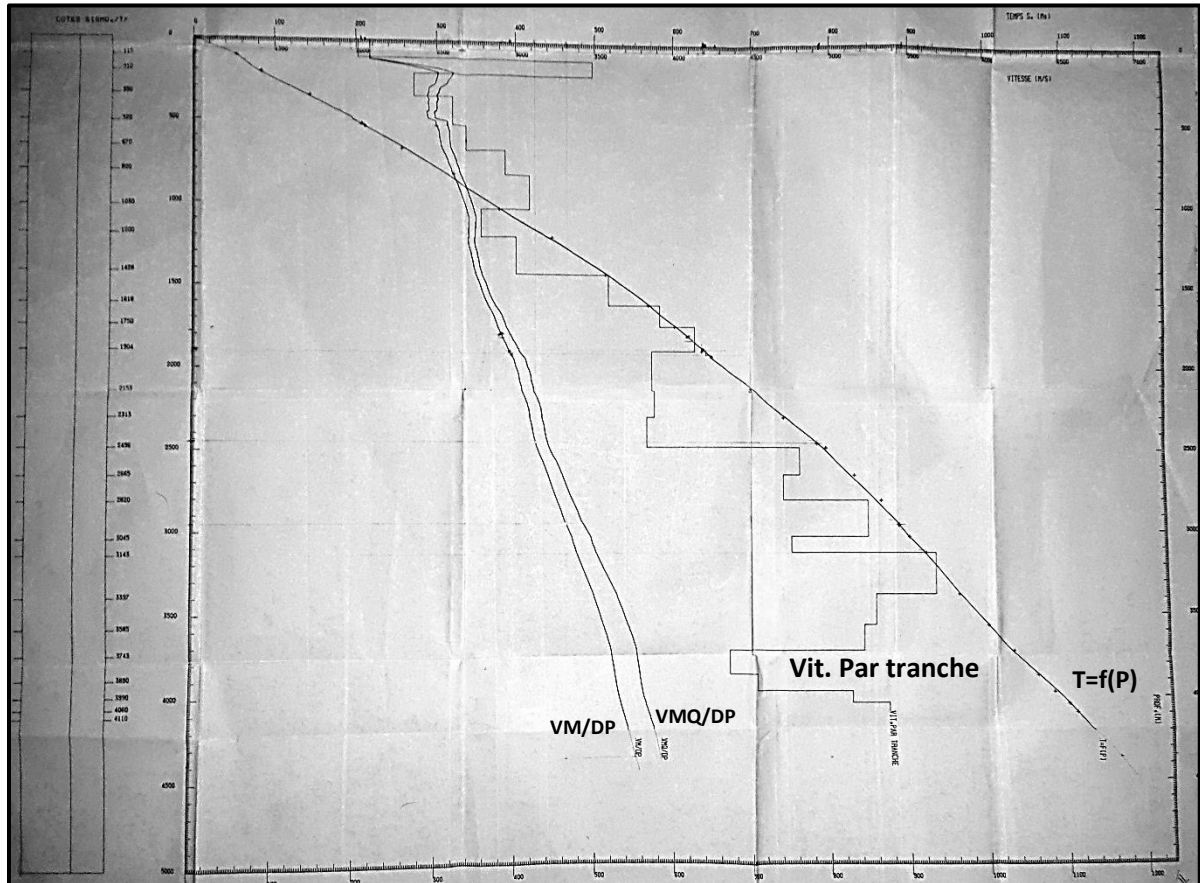


Figure III.6. Carottage sismique au niveau du puits OGS-1

III.1.3.3. Le profil sismique vertical (PSV) :

Le profil sismique vertical (PSV) consiste à émettre un signal à la surface du sol et d'enregistrer des arrivées sismiques dans un puits par un géophone situé à différentes profondeurs. (Fig III.7)

Le PSV sert fondamentalement à enregistrer et analyser l'ensemble du champ d'ondes sismiques en fonction de la profondeur du sondage.

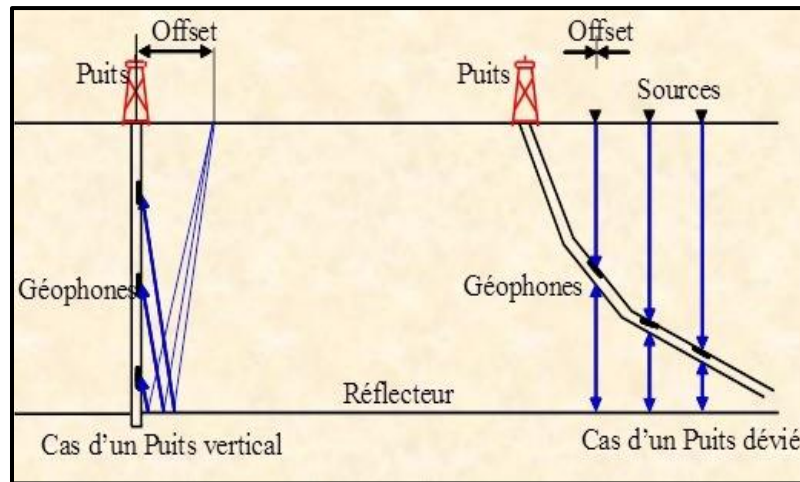


Figure III.7. Mise en œuvre d'un profil sismique vertical

Parmi les principales applications du profil sismique vertical on cite :

- La corrélation avec la profondeur de la sismique réflexion.
- La mesure des vitesses des ondes P et S
- La prévision des zones compactées
- L'identification des réflexions primaires et multiples
- L'estimation du pendage des réflecteurs
- La localisation des plans de faille
- La corrélation entre les arrivées réfléchies P et S
- L'obtention d'une sismique de détail au voisinage du puits
- L'identification des zones à forte perméabilité et des zones fracturées
- Les mesures d'anisotropie

Le PSV permet également d'accéder à certains paramètres lithologiques comme l'impédance acoustique, le rapport V_p/V_s qui fournit le coefficient de poisson et l'atténuation.

Un profil sismique vertical a été réalisé au niveau du puits RAM-1 situé à l'Est de la région d'étude. Le film synthétique a également été établi, comme le montre la figure suivante (**Fig III.8**). Ce document est composé de trois parties (Tracks) :

Track-1 : Comporte des informations sur le puits, ainsi que les paramètres de traitement des données du PSV.

Track-2 : Comporte les logs nécessaires à l'établissement du film synthétique.

Track-3 : Dans cette partie on compare le film synthétique établi, le résultat du PSV (Corridor stack) et la section sismique du profil passant par le puits.

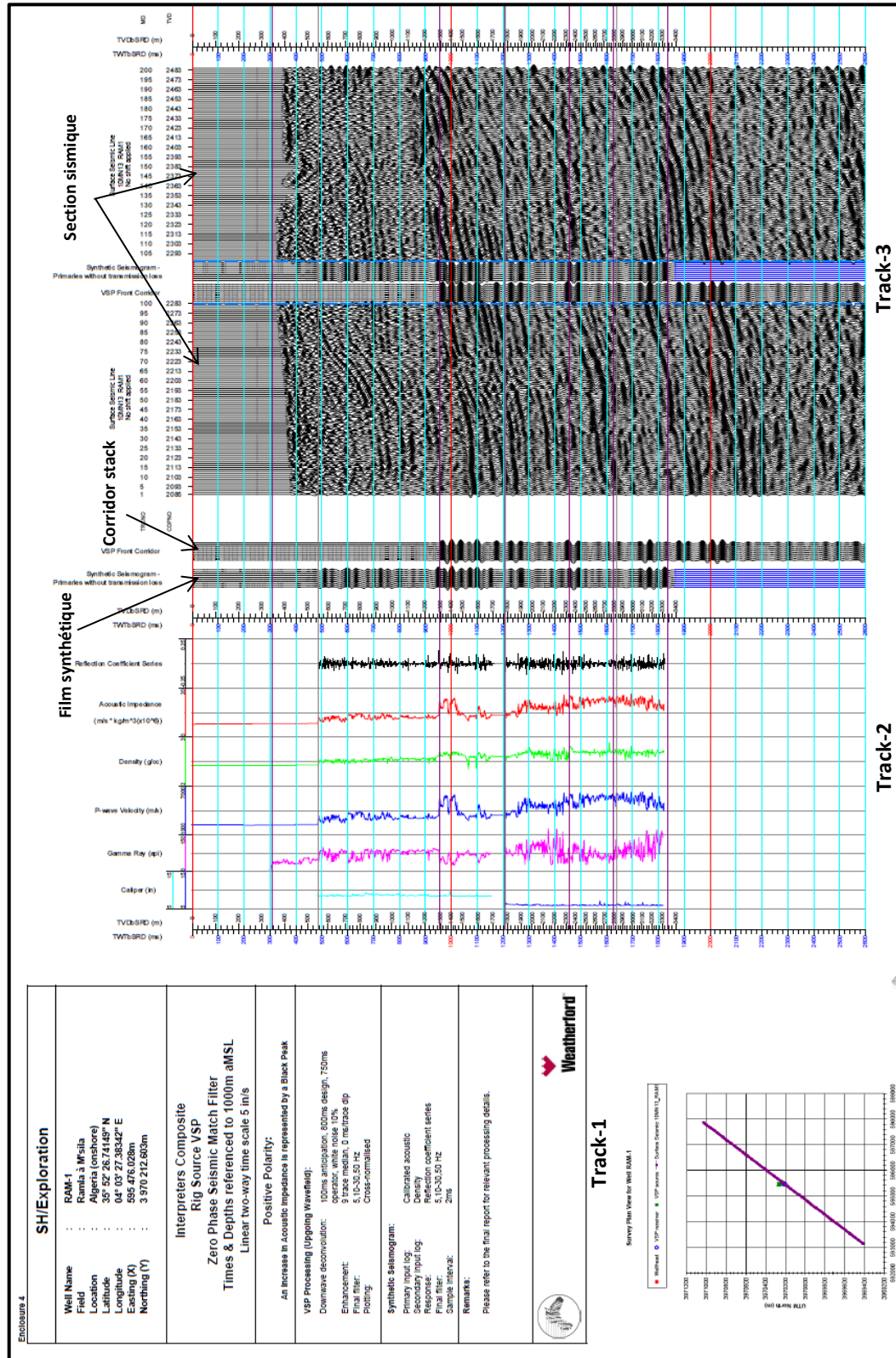


Figure III.8. Résultat du profil sismique vertical réalisé au niveau du puits RAM-1 (SH/Exp)

III.2. Interprétation structurale :

Après avoir réuni les documents cités précédemment, le géophysicien procède à l'ultime étape de l'étude sismique : L'interprétation des données sismiques.

L'interprétation est un exercice de jugement, basé sur des critères géologiques ; les résultats peuvent donc être différents en fonction de l'interpréteur. Néanmoins, tout travail d'interprétation obéit à une méthodologie bien définie comme le montre la figure (**Fig III.9**) :

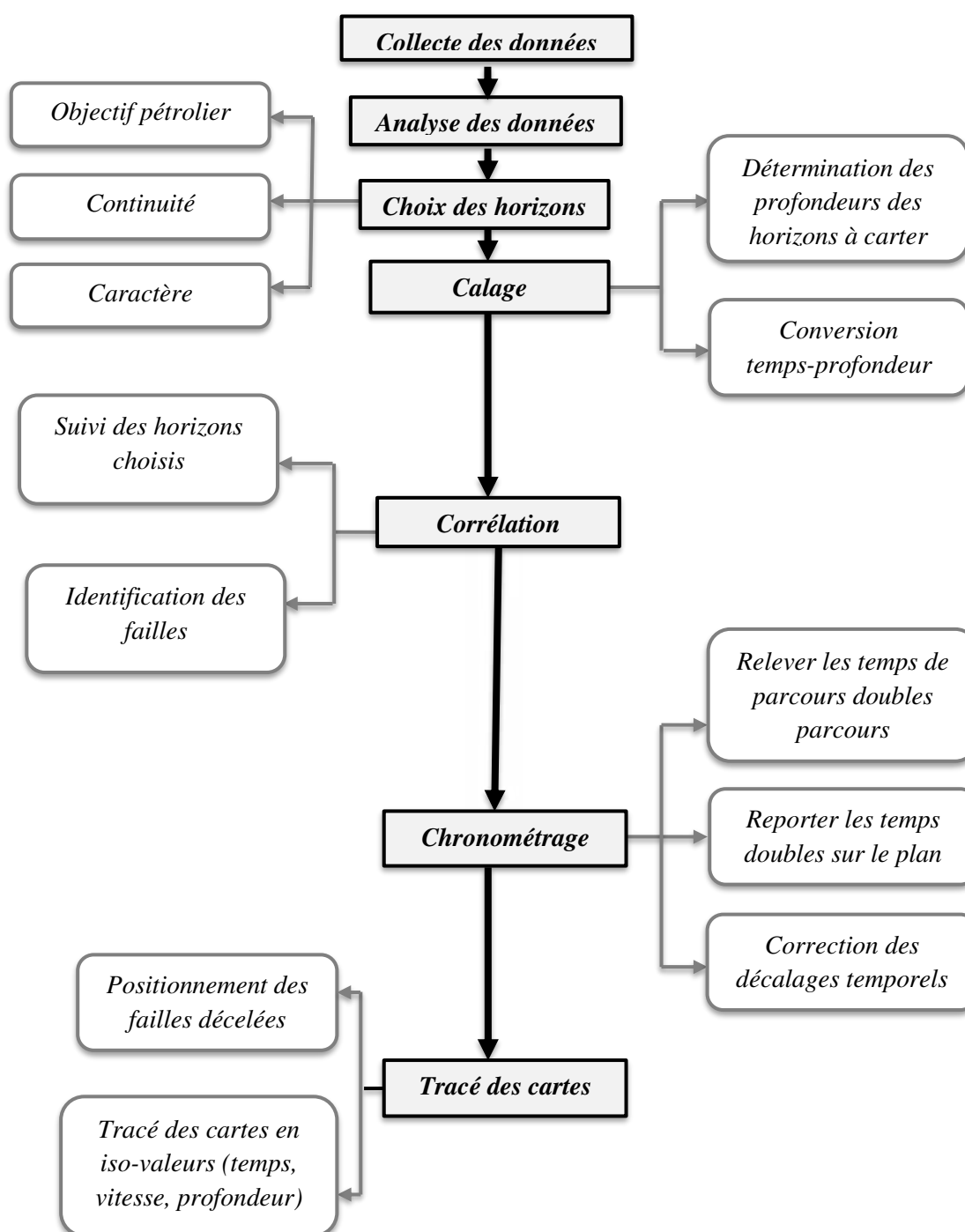


Figure III.9. Les étapes d'une interprétation sismique

Dans cette étude d'interprétation, on a ainsi suivi les étapes suivantes :

III.2.1. Le choix des horizons :

En général, on dispose de forages pour rattacher les événements sismiques visibles sur la section à des étages géologiques. Le choix de l'horizon est fait par rapport à l'ensemble de la région en fonction de son intérêt pétrolier, son bon critère de réflexion et aussi sa continuité tout au long de la région explorée.

Dans cette étude, le choix s'est porté sur le toit de l'Aptien compte tenu des considérations suivantes :

- L'Aptien est l'un des objectifs pétroliers principaux de la région d'étude
- C'est un bon marqueur sismique
- Il présente une stabilité assez conséquente par rapport aux autres horizons

III.2.2. Le calage aux puits :

Cette opération consiste à identifier sur une section sismique les différents horizons choisis au niveau des puits en utilisant les carottages sismiques ou le profil sismique vertical (PSV).

Le calage se fait en plusieurs étapes :

- Choisir les sections sismiques qui passent par les puits ayant les données de calage.
- Relever à partir des logs habillés, les profondeurs des toits des formations choisies.
- Convertir ces profondeurs en temps, en utilisant la courbe temps-profondeur du carottage sismique ou du PSV.
- Ramener ces temps au même plan de référence que celui de la section sismique.
- Multiplier les temps corrigés par deux, car le temps de la section est un temps double.
- Identifier les horizons sur la section sismique en la superposant sur le film synthétique ou bien le PSV, en faisant en sorte d'avoir le maximum de coïncidences d'événements sismiques afin d'avoir le meilleur calage possible.

Dans cette étude, on dispose des données des trois puits suivants : les carottages sismiques des puits OGS-1 et DEG-1 ainsi que le rapport VSP du puits RAM-1. Mais comme on ne possède pas de lignes sismiques passant par le puits DEG-1, ses données restent inexploitable dans cette étude.

Exemple de calage :

On prend comme exemple d'application le puits OGS-1 se trouvant sur le profil 04-SG-26. On utilise son carottage sismique en choisissant comme réflecteur le toit du Miocène.

Le pointé de la profondeur P/DP_C sur la courbe temps profondeur, permet d'obtenir le temps simple du Miocène : $T_S = 444\text{ ms}$

On calcule ensuite la correction statique C_s dans le but de ramener ce temps au niveau de référence de la section sismique en procédant comme suit :

$$C_s = \frac{|DP_C - DP_S|}{V_C}$$

$$C_s = \frac{|1000 - 682|}{2200} = 145\text{ms}$$

$$T_{SC} = T_S + C_s = 444 + 145 = 589\text{ms}$$

Le temps double T_d sera déterminé comme suit :

$$T_d = T_{SC} \times 2 = 589 \times 2 = 1178\text{ms}$$

Avec :

DP_C : Plan de référence du carottage sismique

DP_S : Plan de référence de la section sismique

T_{SC} : Temps simple corrigé

V_C : Vitesse de comblement

III.2.3. Corrélation des horizons :

La corrélation est l'étape la plus importante lors de l'interprétation sismique. Elle consiste à identifier et pointer les réflexions correspondant à un horizon choisi, et ce dans l'ensemble des sections sismiques qui couvrent la région d'étude.

Le pointé des réflexions sur PETREL se fait par maille, en commençant par les sections qui passent par les puits. Le passage d'une section à une autre se fait à partir du point d'intersection des deux sections en procédant maille par maille jusqu'à la corrélation de toutes les sections.

Afin d'assurer la précision et la fiabilité des cartes en isochrones, il est primordial de respecter certains critères qui garantissent le bon déroulement de la corrélation :

- La continuité des réflexions pour le même horizon
- En cas de perte de continuité, on fait une corrélation optique visuelle définie par le critère d'amplitude ainsi que le caractère de la réflexion (fréquence apparente et forme).

Il est aussi utile de comparer des sections parallèles pour l'identification des horizons en cas de perte du signal.

Concernant la région d'étude, la corrélation a été plus ou moins difficile dans les sections qui se trouvent au nord du périmètre. Ceci est dû à la complexité structurale (présence de nappes) et à l'intrusion du Trias dans cette partie de la région. (*Fig III.10*)

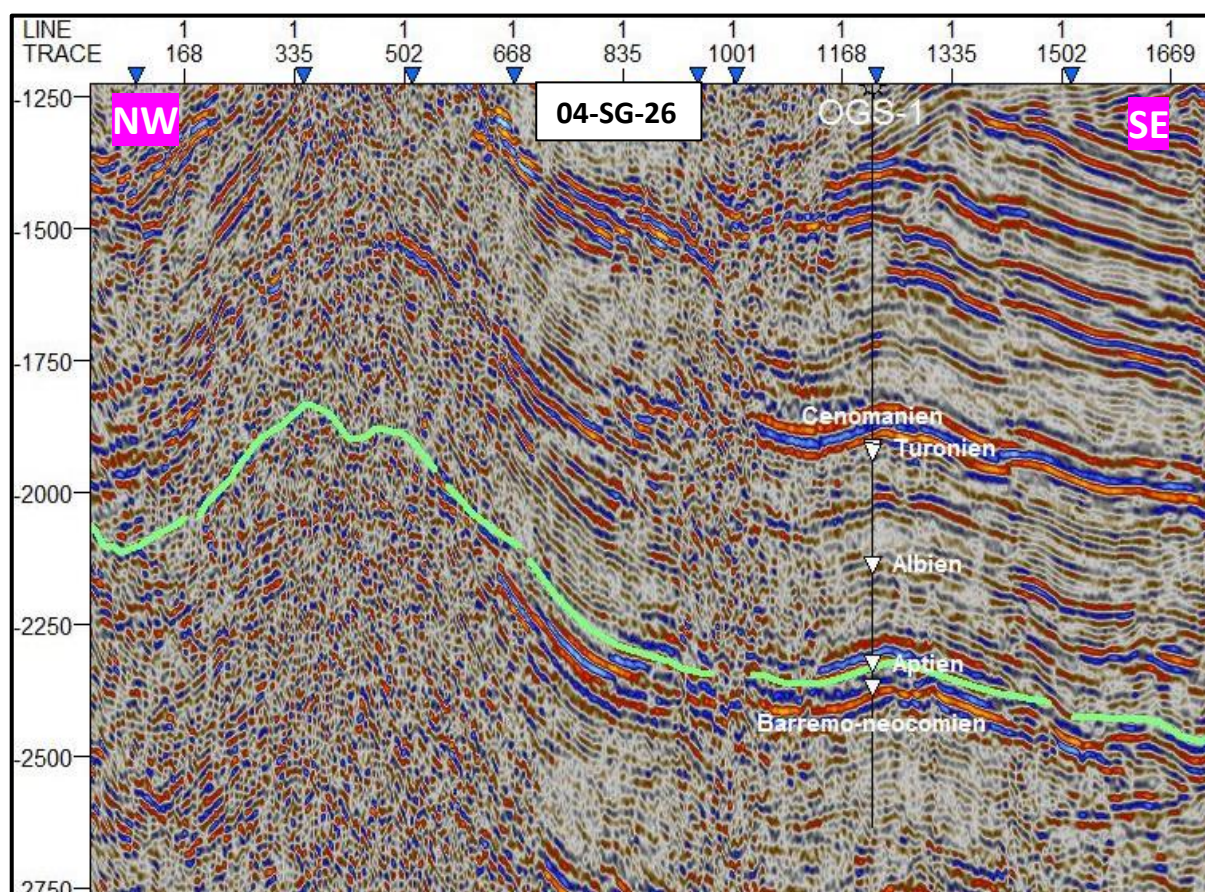


Figure III.10. Corrélation au toit de l'Aptien suivant le profil 04-SG-26

III.2.4. Identification des failles :

Les failles sont identifiées au cours de la corrélation des horizons, en se basant sur la dégradation du caractère sismique, la rupture brusque de la continuité des réflexions et le changement de leur pendage (*Fig III.11*). Une fois les cartes en isovaleurs établies, on remarque que les courbes se resserrent dans les zones affectées par les failles.

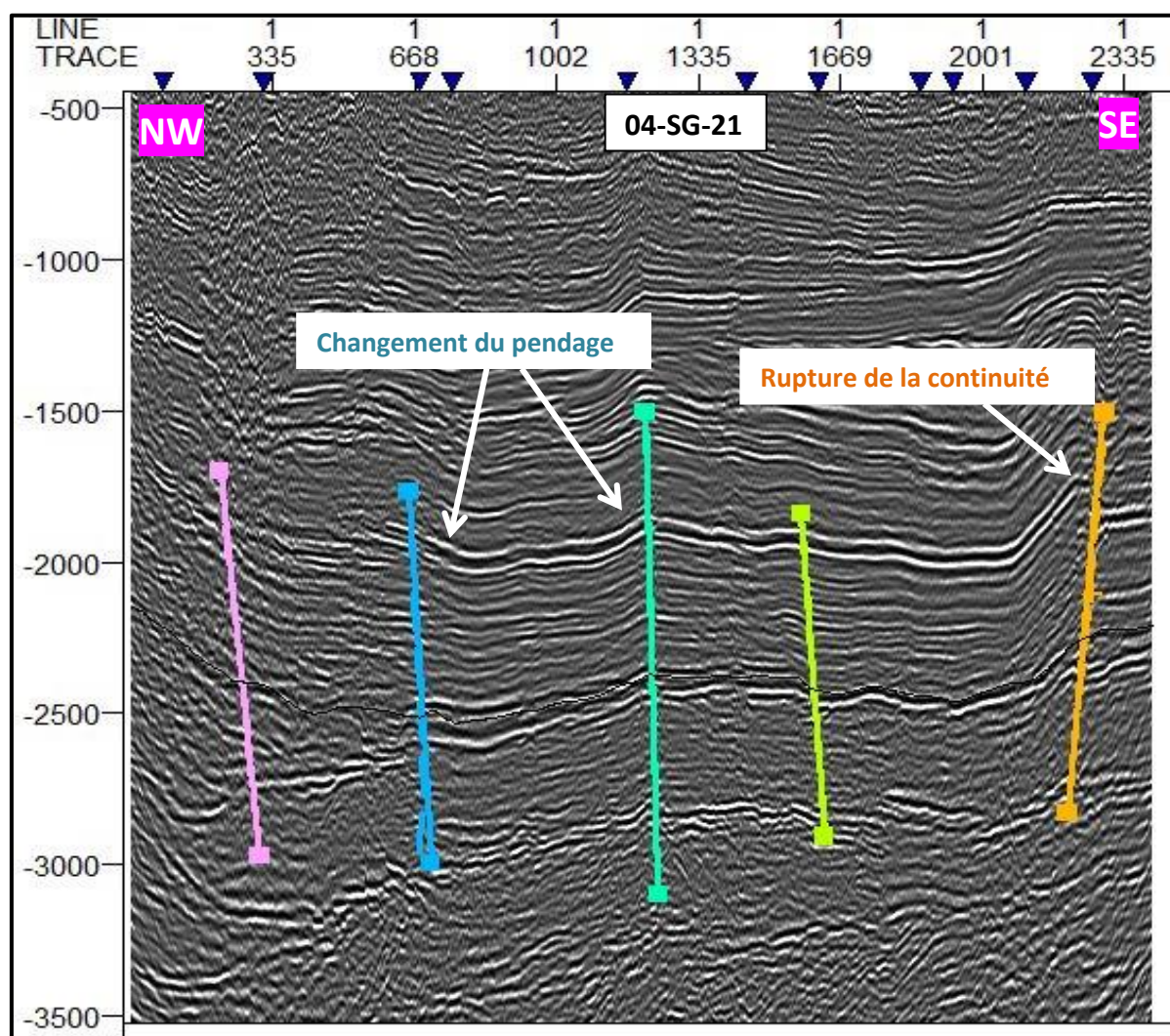


Figure III.11. Identification des failles le long du profil 04-SG-21

III.2.5. Chronométrage des sections :

Le chronométrage est une lecture des temps doubles relatifs à un horizon. Les valeurs sont ainsi relevées à intervalle régulier sur la section et reportées sur le plan de position afin d'obtenir les cartes en isochrones. En présence de failles, il est préférable de chronométrer l'horizon de part et d'autre afin de pouvoir estimer leurs rejets et faciliter le tracé des isochrones.

III.2.6. Correction des décalages :

Lors de la corrélation, des décalages en temps ont été rencontrés au niveau de certains croisements des sections sismiques. Ces décalages, appelés misties, peuvent être engendrés par plusieurs facteurs tels que :

- La méthode d'acquisition employée (source d'émission, paramètres de la nappe de réception...etc)
- L'application des différents paramètres de traitement (erreurs lors des corrections statiques, imprécision sur les analyses de vitesses...etc.)
- Le choix du plan de référence (DP)

Si le décalage entre les horizons est constant, on parle de misties statiques ; la correction peut alors se faire avec un simple shift du profil par rapport un autre profil pris comme référence (généralement on prend un profil passant par un puits). Cependant, les décalages aux croisements peut ne pas être constant, les misties sont alors dynamiques. Dans ce cas, la correction se fait uniquement au niveau de l'horizon d'intérêt.

La figure suivante (**Fig III.12**) montre le résultat du shift de 20ms appliqué sur le profil 04-SG-21 afin d'éliminer le décalage entre ce profil et le profil 04-SG-22 pris comme référence.

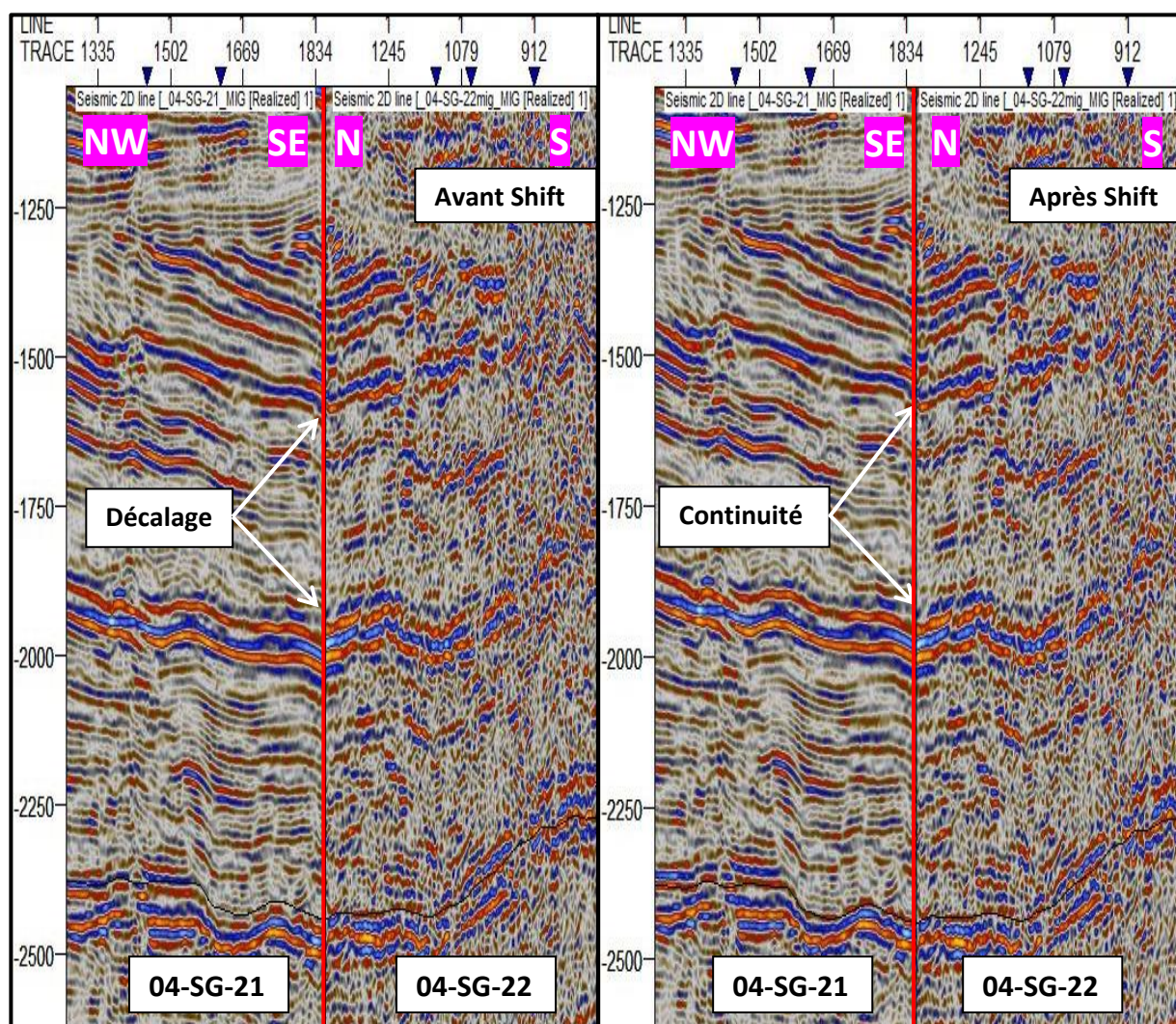


Figure III.12. Correction du décalage entre les profils 04-SG-21 et 04-SG-22

CHAPITRE IV

Établissement et interprétation des cartes

On donne au terme « interprétation » le sens de déterminer la signification géologique des informations sismiques. Interpréter, c'est aussi mettre en forme l'information, choisir les arrivées que l'on croit être les réflexions primaires et localiser les miroirs qui leur sont associés.

Il est rare que l'on puisse s'assurer de l'exactitude d'une interprétation vu que l'on ne peut qu'exceptionnellement connaître réellement la géologie dans ses détails. Le critère d'une bonne interprétation, c'est sa logique plutôt que son exactitude. Elle doit être cohérente, non seulement avec toutes les informations sismiques, mais aussi avec les concepts fondamentaux de la géologie.

L'objectif principal d'une interprétation structurale est d'établir des cartes en iso-valeurs relatives à des interfaces géologiques. Ces cartes structurales permettent de dégager les grands traits structuraux de la région : Les trends structuraux, le réseau de failles et les axes positifs et négatifs.

L'interprétation, de par le passé, était un travail manuel qui actuellement a cédé la place à l'interprétation sur station. Le travail sur logiciel fait gagner beaucoup de temps, facilite le calage et le chronométrage et offre aussi une meilleure protection des données.

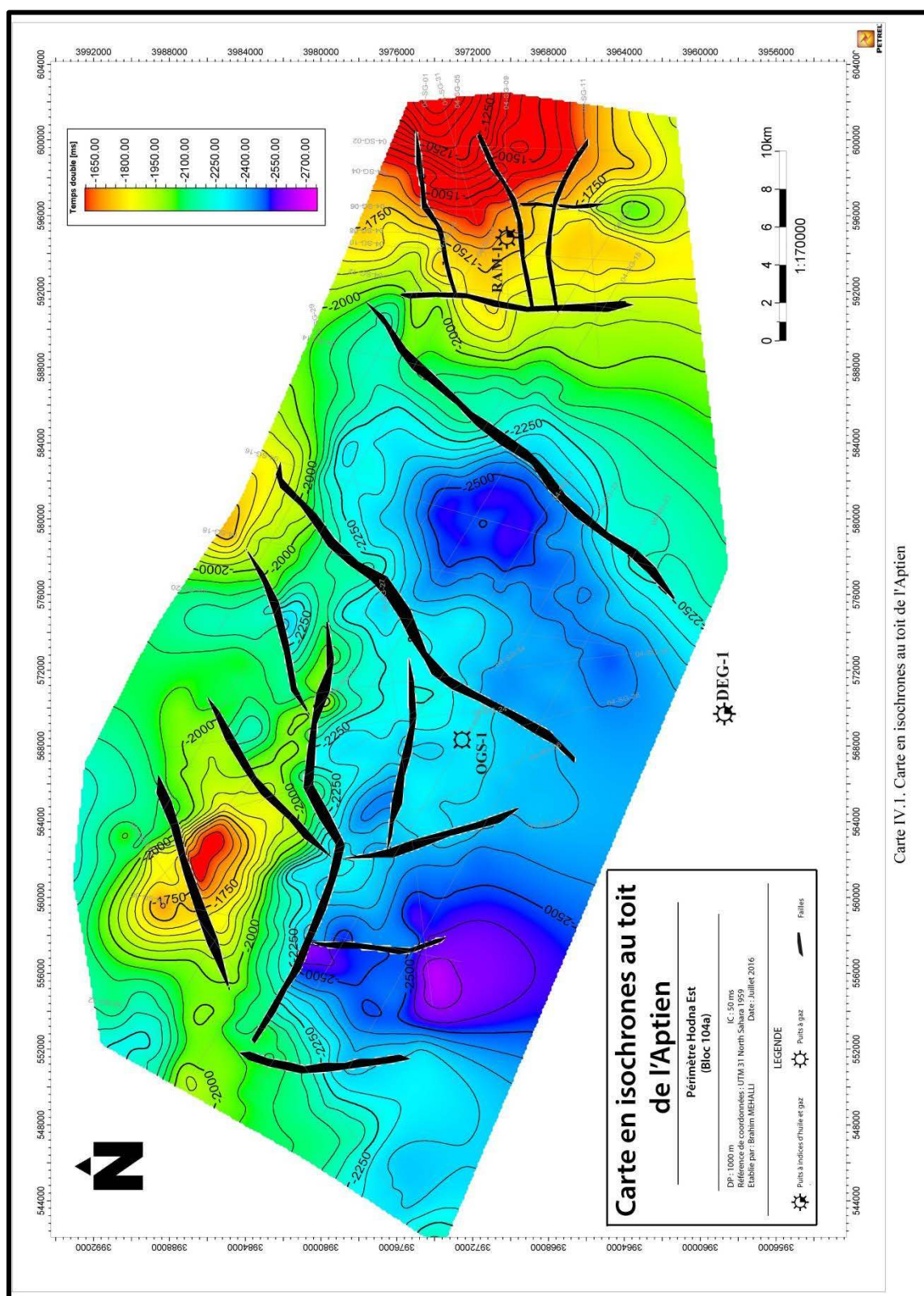
Pour ce travail, le logiciel *PETREL.2013* de *Schlumberger* a été utilisé.

IV.1. ÉTABLISSEMENT DES CARTES :

IV.1.1. Carte en isochrones :

La carte en isochrones est une carte d'égales valeurs en temps, et constitue une étape très importante en interprétation structurale. Pour réaliser une carte en isochrones, il est nécessaire, après le chronométrage, de reporter les valeurs en temps double (T_d) de l'horizon choisi sur le plan de position puis tracer les failles. On procède par la suite au tracé des iso-lignes tout en lissant et en essayant de donner au schéma structural une certaine cohérence avec l'histoire géologique de la région.

Pour cette étude, nous avons réalisé une carte en isochrones au toit de l'Aptien, et ce sur station PETREL à l'échelle indiquée sur la carte, ramenée à un DP de 1000m et avec une équidistance de 50ms. (*Carte IV.1*)



Carte IV.1. Carte en isochrones au toit de l'Aptien

IV.1.2. Carte en isovitesse :

L'analyse des vitesses et leurs variations latérale et verticale est une étape cruciale dans toute étude d'interprétation, permettant ainsi le passage des isochrones aux isobathes.

Dans le périmètre d'étude, on dispose de trois puits : OGS-1 qui se situe dans la partie centrale de la région d'étude (Oued Gueterini Sud), RAM-1 qui se trouve à l'Est (Ramla), et DEG-1 situé au Sud de la région (Draa El Ghozlane). Sur ces trois puits, seulement deux (OGS-1 et RAM-1) ont atteint le toit de l'horizon choisi (Aptien). Le passage temps-profondeur devient alors une opération délicate étant donné la rareté des puits profonds dans la région qui offriraient une bonne corrélation entre leurs vitesses moyennes. La carte en isovitesse, réalisée à partir des vitesses moyennes des puits, sera donc peu fiable. Pour se rapprocher au mieux de la distribution réelle des vitesses moyennes dans la région d'étude, il est nécessaire de faire appel aux analyses de vitesses des sections sismiques.

- *Calcul des vitesses de Stack :*

Les vitesses de Stack correspondantes à l'horizon choisi sont déterminées à partir des analyses de vitesses. On utilise donc la loi de vitesse qui se trouve à l'aplomb de chaque croisement afin de déterminer la vitesse V_{RMS_x} correspondante au temps t_x de l'horizon choisi pour l'étude, en l'occurrence l'Aptien.

$$V_{RMS_x} = \frac{(V_{RMS_{n+1}} - V_{RMS_n}) \times (t_{n+1} - t_n)}{t_x - t_n} + V_{RMS}$$

Avec :

V_{RMS_x} : Vitesse quadratique moyenne correspondante à l'horizon

t_x : Temps double correspondant à l'horizon choisi

t_n : Temps double du réflecteur, lu sur la section sismique à l'aplomb de la loi de vitesse

- *Calcul du coefficient de correction :*

Le coefficient de correction, noté K, est calculé à partir des vitesses moyennes aux puits et les vitesses de Stack tirées à partir des analyses de vitesses par la formule suivante :

$$K = \frac{V_s - V_m}{V_s}$$

Avec : V_s : La vitesse de Stack de l'horizon au puits

V_m : La vitesse moyenne de l'horizon au puits

- **Correction des vitesses de Stack :**

Afin de bien couvrir toute la région d'étude, on a sélectionné quelques points sur les sections sismiques au niveau des CDP se situant aux croisements des profils sismiques. La correction des vitesses de Stack se fait en appliquant la loi suivante :

$$V_{m_i} = (1 - K)V_{s_i}$$

Où :

V_{m_i} : La vitesse moyenne corrigée au point i

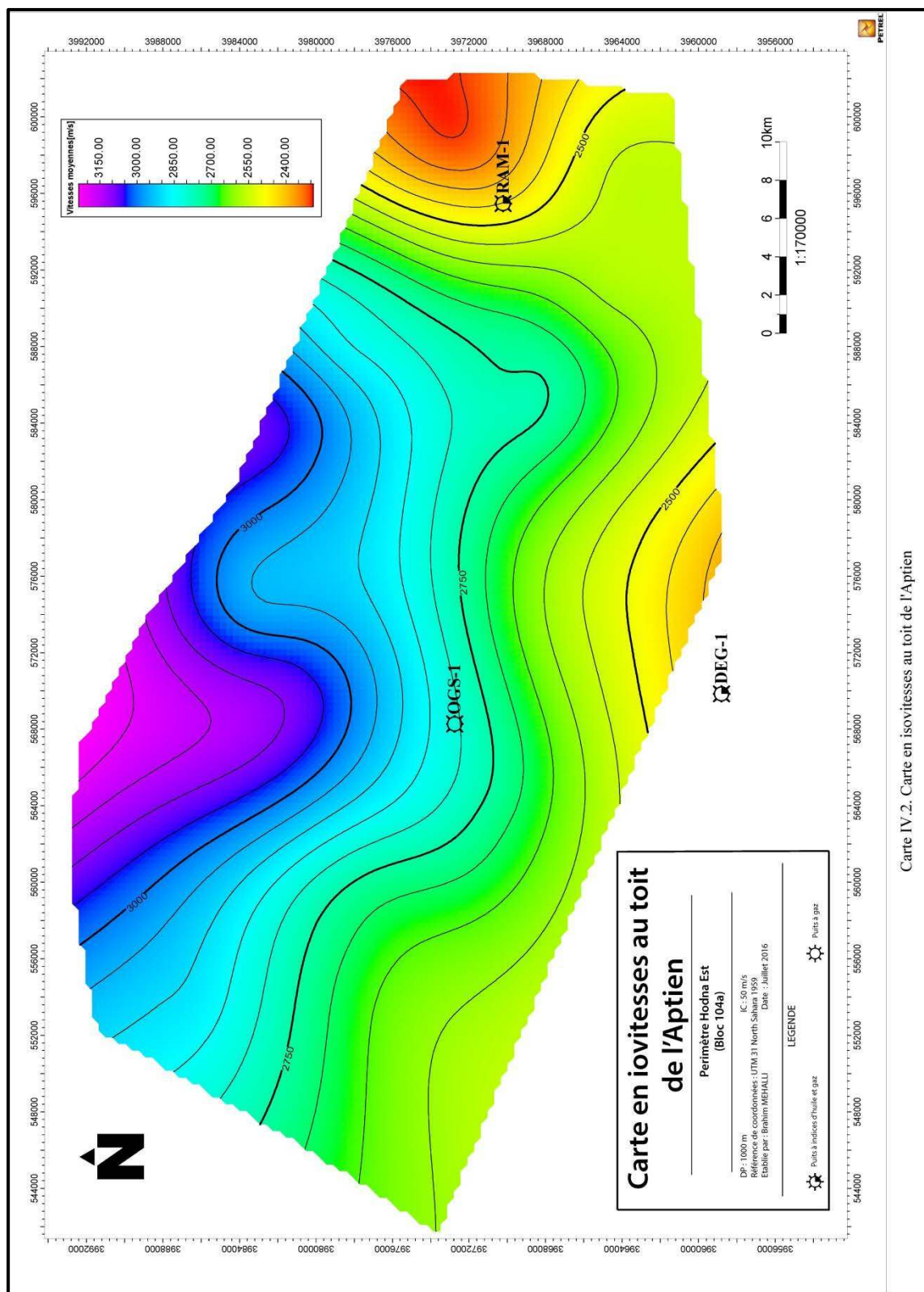
V_{s_i} : La vitesse de Stack au point i

K : Le coefficient de correction

Enfin, on a pu tracer la carte en isovitesse au niveau de l'Aptien sur station PETREL, et ce en introduisant les valeurs des vitesses corrigées (**Tableau.3**) au niveau de chaque croisement de profils. (**Carte IV.2**)

<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Vitesse moyenne corrigée</i>
553889.97	3988081.32	2902.51
557929.46	3978783.54	2724.49
563438.28	3971650.99	2747.71
570755.99	3980612.39	3057.31
573478.93	3966084.66	2554.21
575524.99	3982181.51	2941.21
582490.09	3980555.92	3018.61
577795.69	3963693.24	2515.51
586451.28	3968011.84	2747.71
588537.92	3977241.6	2825.11
586891.02	3970057.87	2747.71
591034.89	3965288.42	2592.91
596312.93	3972909.14	2399.41
597825.61	3966019.93	2515.51

Tableau 3. Vitesse moyenne corrigée au niveau des croisements des profils

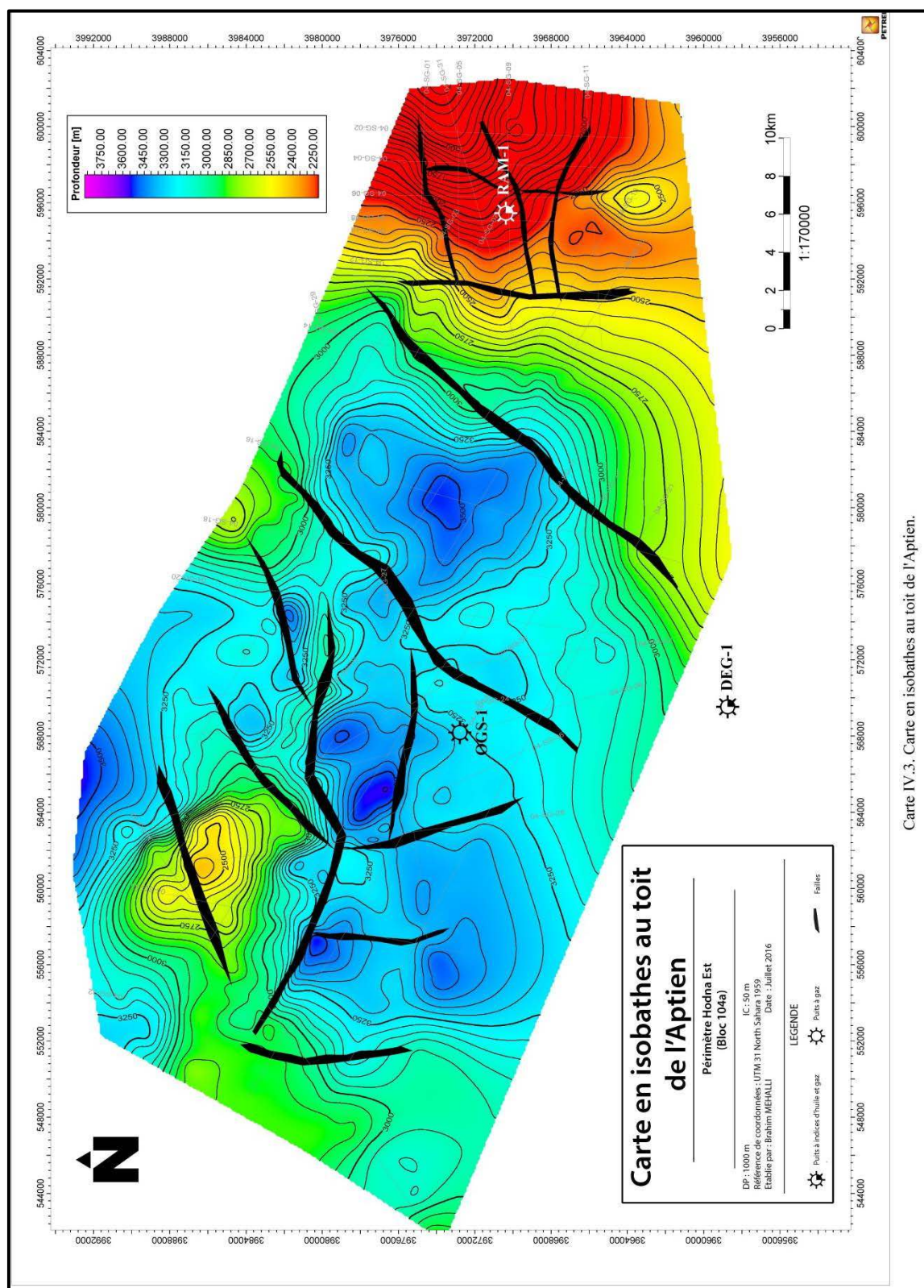


Carte IV.2. Carte en iovitesses au toit de l'Aptien

IV.1.3. Carte en isobathes :

Une isobathe, ou courbe de profondeur est une ligne joignant des points d'égale profondeur ; c'est donc une courbe de niveau, indiquant la profondeur d'une surface par rapport à un plan de référence choisi.

La carte en isobathes au toit de l'Aptien a donc été établie sur la station de travail avec une équidistance de 50m, et ce en multipliant la grille de la carte en isochrones par la celle de la carte en isovitesses dans le module *Calculatrice* intégré dans logiciel *PETREL*. (**Carte IV.3**)



IV.2. INTERPRÉTATION DES CARTES :**IV.2.1. Interprétation qualitative :**

L'analyse des cartes obtenues au toit de l'Aptien montre les différentes directions de structuration dans la région, et met en évidence le grand réseau de failles dont la direction prédominante est NE-SW.

- **Carte en isochrones :**

La carte en isochrones au toit de l'Aptien traduit la complexité tectonique de la région d'étude en mettant en évidence des structures contre failles de direction NE-SW et NW-SE. Ces structures sont limitées par un réseau de failles de différentes directions, à savoir : NE-SW, NW-SE, E-W, N-S et NNE-SSW. Ce système de failles s'est formé durant la phase autrichienne par un mouvement différentiel de la plaque européenne et de la plaque africaine.

- **Carte en isovitesse :**

La carte en isovitesse au toit de l'Aptien montre une augmentation de la vitesse en allant du Sud vers le Nord, ce qui est en conformité avec la géologie de la région. Ce constat vérifie ainsi la loi stipulant que la vitesse est proportionnelle à la profondeur. Par exemple, à l'Est du périmètre d'étude on observe une diminution des valeurs de la vitesse moyenne étant donné que la zone est caractérisée par une faible profondeur de l'Aptien.

- **Carte en isobathes :**

L'image structurale observée sur la carte en isobathes est pratiquement identique à celle donnée par la carte en isochrones puisque les directions de structuration ont bien été conservées.

En outre, les structures décelées sur la carte en isochrones apparaissent sur la carte en isobathes, ceci confirme la fiabilité des analyses de vitesses effectuées.

IV.2.2. Interprétation quantitative :

- **Les failles :**

La région d'étude est caractérisée par un important réseau de failles dont la direction prédominante est NE-SW. Ce réseau est engendré par une phase de nature compressive (phase autrichienne). Chaque faille est définie par son orientation, son rejet et son extension.

Les failles majeures décelées dans la région d'étude sont les suivantes (*Fig IV.4*) :

Faille F1 :

C'est une faille régionale d'orientation NE-SW. Elle est située dans la partie centrale du périmètre d'étude. Son rejet varie de 20m à près de 200m en allant du Sud vers le Nord.

Faille F2 :

C'est une faille régionale de même orientation que F1 (les deux failles sont pratiquement parallèles). Elle se situe à 10 Km à l'Est de F1. Son rejet varie de 20m à 100m en allant du Sud vers le Nord.

Faille F3 :

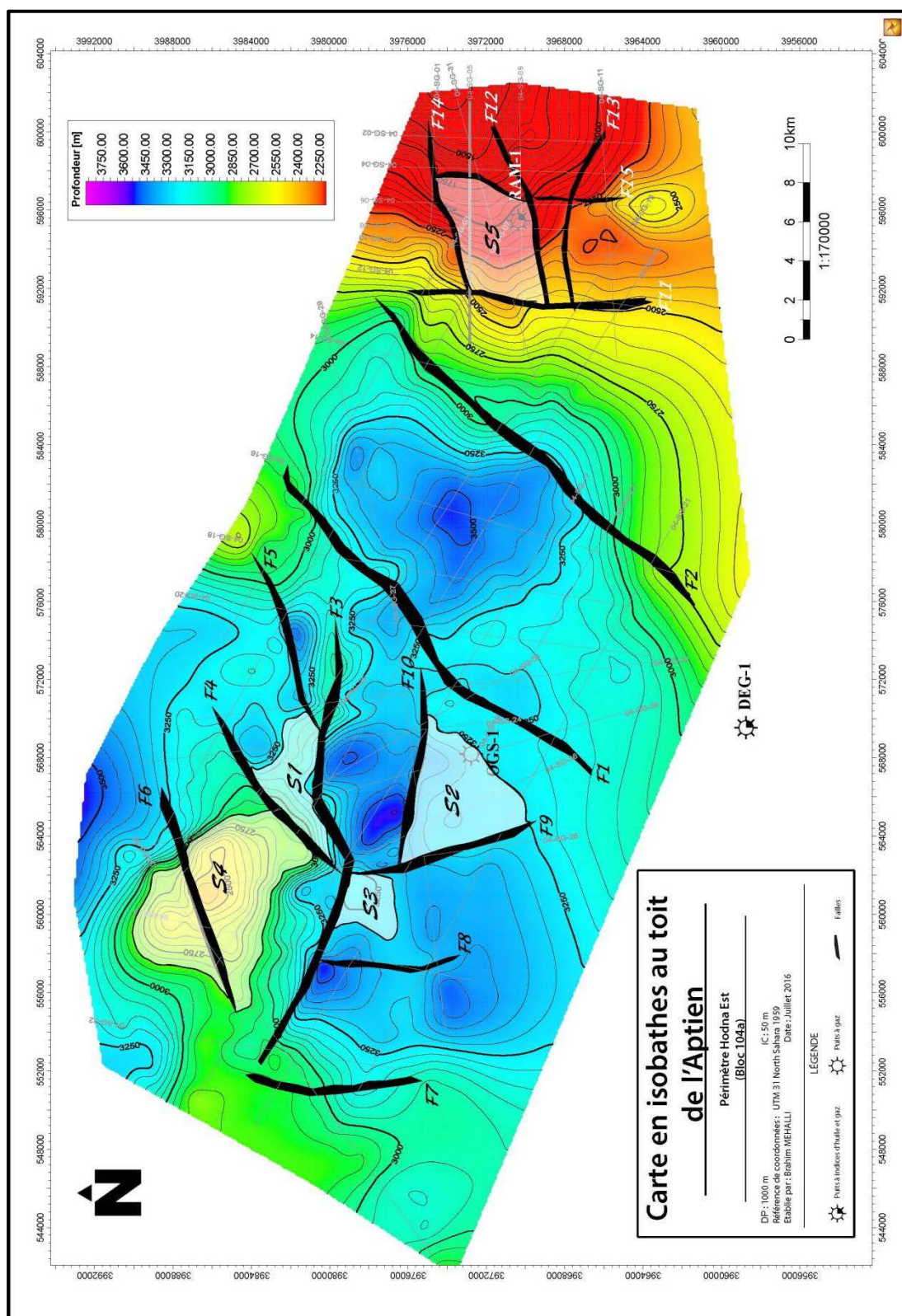
C'est aussi une faille régionale d'orientation E-W. Elle se situe dans la partie Ouest du périmètre. Elle est caractérisée par un rejet important qui dépasse les 200m dans sa partie centrale.

Faille F4 :

C'est une faille locale d'orientation NE-SW. Elle est située dans la partie nord de la région. Elle est caractérisée par un rejet maximal avoisinant les 100m dans la partie centrale.

Faille F5 :

C'est une faille locale située dans la partie Nord du périmètre d'étude, à l'Est de F4. Comme la majorité des failles identifiées dans la région, elle est orientée NE-SW avec un rejet maximal de 70 m.



Carte IV.4. Cartes en isobathes illustrant les failles majeures et les structures décelées

Faille F6 :

Cette faille locale d'orientation NE-SW est située dans la partie Nord-Ouest de la région. Elle est caractérisée par un rejet différentiel allant de 10m sur les extrémités à près de 200m au milieu de la brèche.

Faille F7 :

C'est une faille locale située à l'extrême Ouest de la région. Elle est orientée suivant l'axe N-S. Son rejet atteint les 20m dans sa partie Nord.

Faille F8 :

Contrairement à la quasi-totalité des failles identifiées dans la région d'étude, cette faille locale est orientée N-S. Elle se situe dans la partie Ouest du périmètre. Son rejet maximal est de 30m.

Faille F9 :

C'est une faille locale d'orientation NNW-SSE, située dans la partie centrale Sud de la région. Son rejet varie de 50m à 120m en allant du Sud vers le Nord.

Faille F10 :

Située entre F1 et F9 à proximité du puits OGS-1, cette faille locale est orientée E-W. Son rejet maximal est de 50m.

Faille F11 :

C'est une faille locale d'orientation N-S, située dans la partie Est du périmètre d'étude où la profondeur de l'Aptien devient faible. Son rejet maximal avoisine les 30m.

Faille 12 :

Cette faille locale située à l'Est de la région est orientée suivant l'axe E-W, mais présente tout de même une légère inclinaison NE-SW sur sa partie Est. Elle est caractérisée par un rejet différentiel allant de 20m à l'Ouest jusqu'à près de 200m à l'Est.

Faille 13 :

C'est une faille locale située dans la partie Sud-Est du périmètre. Elle est orientée E-W avec une virgation NW-SE dans sa partie Est. Son rejet varie de 10m à 50m en allant de l'Ouest vers l'Est.

Faille 14 :

Située dans le coin Nord-Est de la région, cette faille locale est également orientée ENE-WSW. Son rejet maximal atteint les 150m à l'extrême Est.

Faille 15 :

C'est une faille locale située dans la partie Est de la région. Elle est orientée suivant l'axe N-S. Elle est caractérisée par un rejet différentiel qui atteint les 70m dans la partie centrale.

- **Les structures :**

Les cartes en isochrones et isobathes établies au toit de l'Aptien mettent en évidence les structures présente dans la région d'étude et les zones favorables à l'accumulation des hydrocarbures. Par ailleurs, on note la présence de quelques structures pas assez couvertes par la sismique (Leads). Chaque structure est caractérisée par la direction de son allongement, sa superficie ainsi que sa fermeture structurale.

Dans ce qui suit, on procède à la description des différentes structures illustrées et numérotées dans la **carte IV.4** :

Structure S1 :

Située dans la partie Nord du périmètre d'étude, cette structure anticlinale contre failles présente un allongement dans la direction NW-SE. Sa superficie est de 12km^2 . Elle est délimitée dans sa partie Sud par la faille F3 de direction E-W, à l'Est par F5 orientée NE-SW et à l'Ouest par la faille F4 de même orientation que F5. Sa fermeture structurale est de 250m. Cet anticlinal est bien visible sur la section sismique 04-SG-24 (*Fig IV.1*).

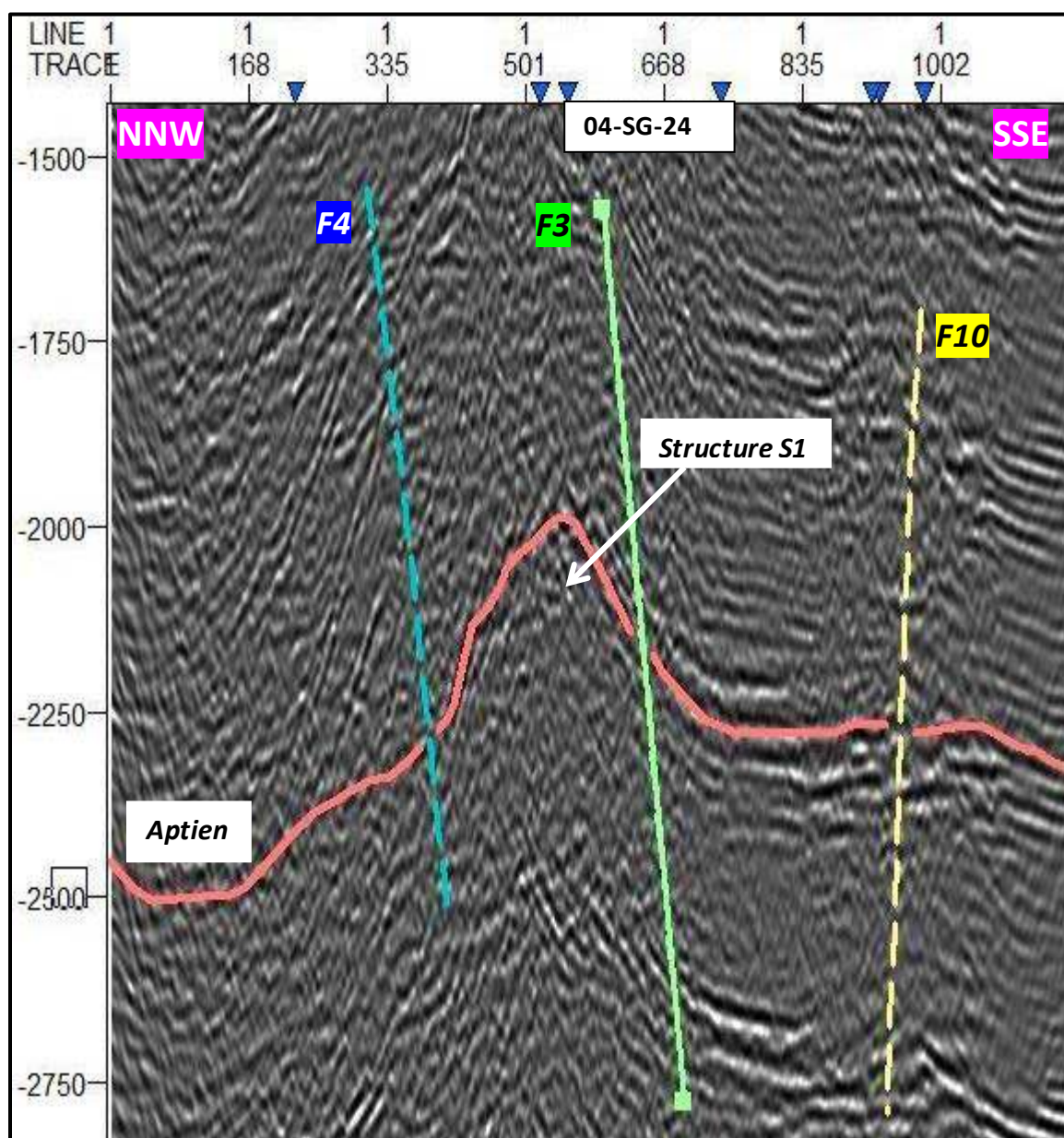


Figure IV.1. Section sismique 04-SG-24 montrant la structure S1

Structure S2 :

Cette structure anticlinale contre failles est située à quelques kilomètres au Sud de S1. Elle est également allongée dans la direction NW-SE sur une superficie de 29.8km^2 . Elle est bordée au Nord par la faille F10 orientée dans la direction E-W et à l'Ouest par la faille F9 d'orientation NNW-SSE. Sa fermeture structurale est d'environ 150m. La structure a été forée sur le flanc Est par le puits OGS-1 qui a atteint le Crétacé inférieur (Barrémo-Néocomien) comme le montre la section sismique 04-SG-26 (*Fig IV.3*). Ce forage a d'ailleurs donné des indices de gaz. L'anticlinal est aussi visible sur le profil sismique 04-SG-27 (*Fig IV.2*).

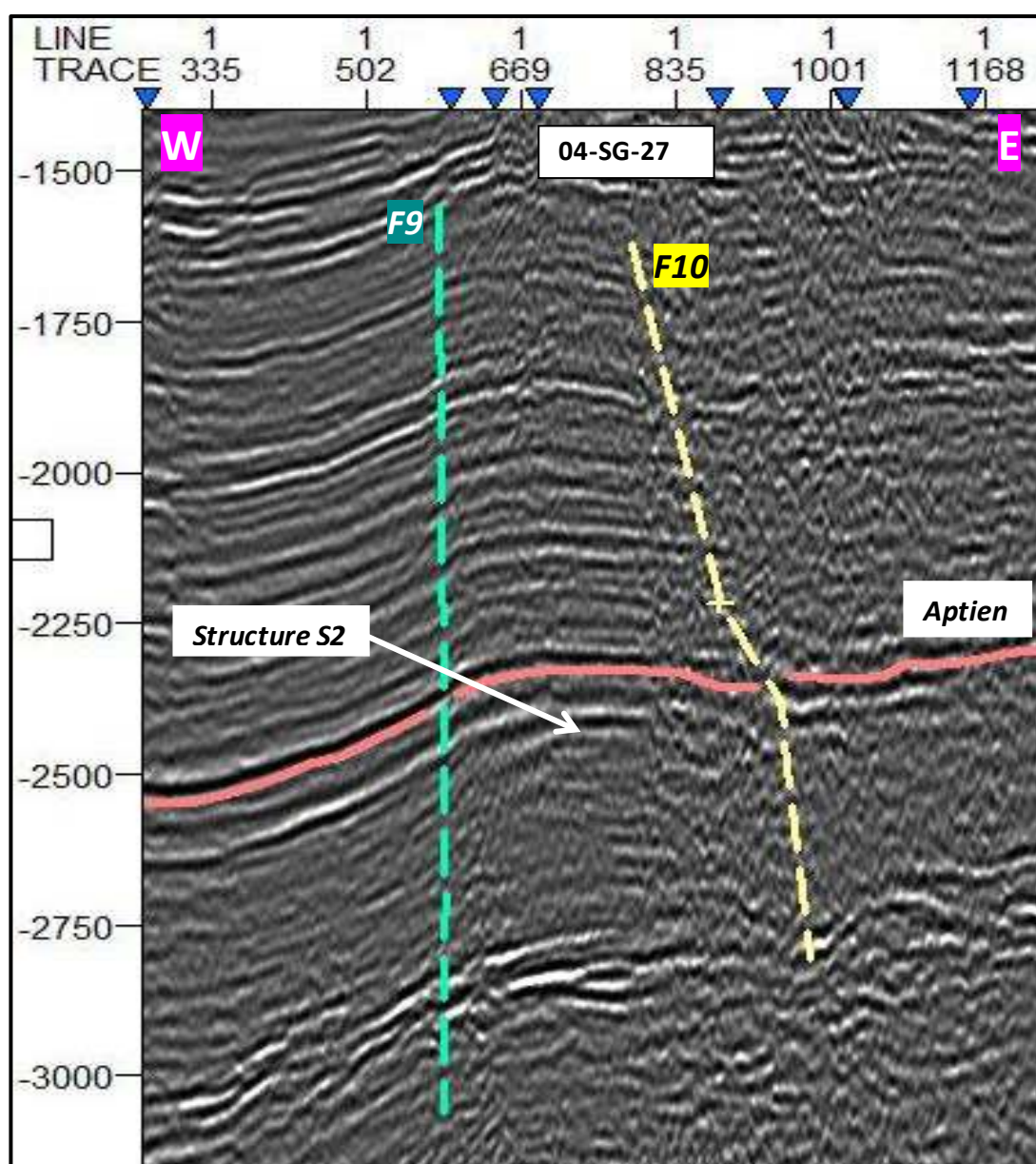
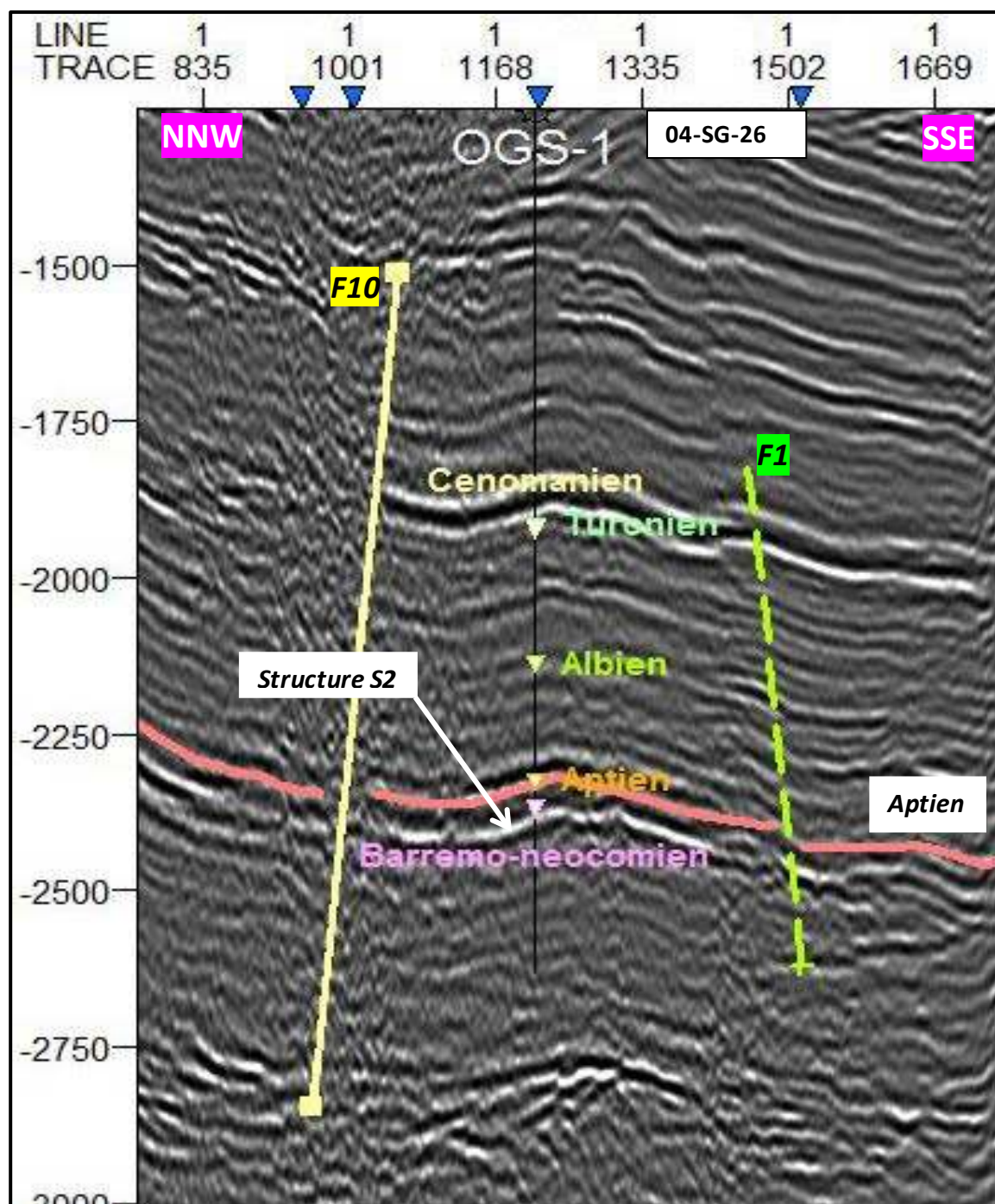


Figure IV.2. Section sismique 04-SG-27 montrant la structure S2



Structure S3 :

Cette structure, située dans la partie Ouest de la région d'étude, est aussi un anticlinal contre failles. Elle est caractérisée par un allongement dans la direction NE-SW, et une fermeture structurale d'environ 100m contrôlée par les failles F9 à l'Est (orientée NNW-SSE) et F3 dans la partie nord (d'orientation E-W). Sa superficie est de 7.5km^2 . Cette structure anticlinale est bien apparente sur la section sismique 04-SG-19 (*Fig IV.4*).

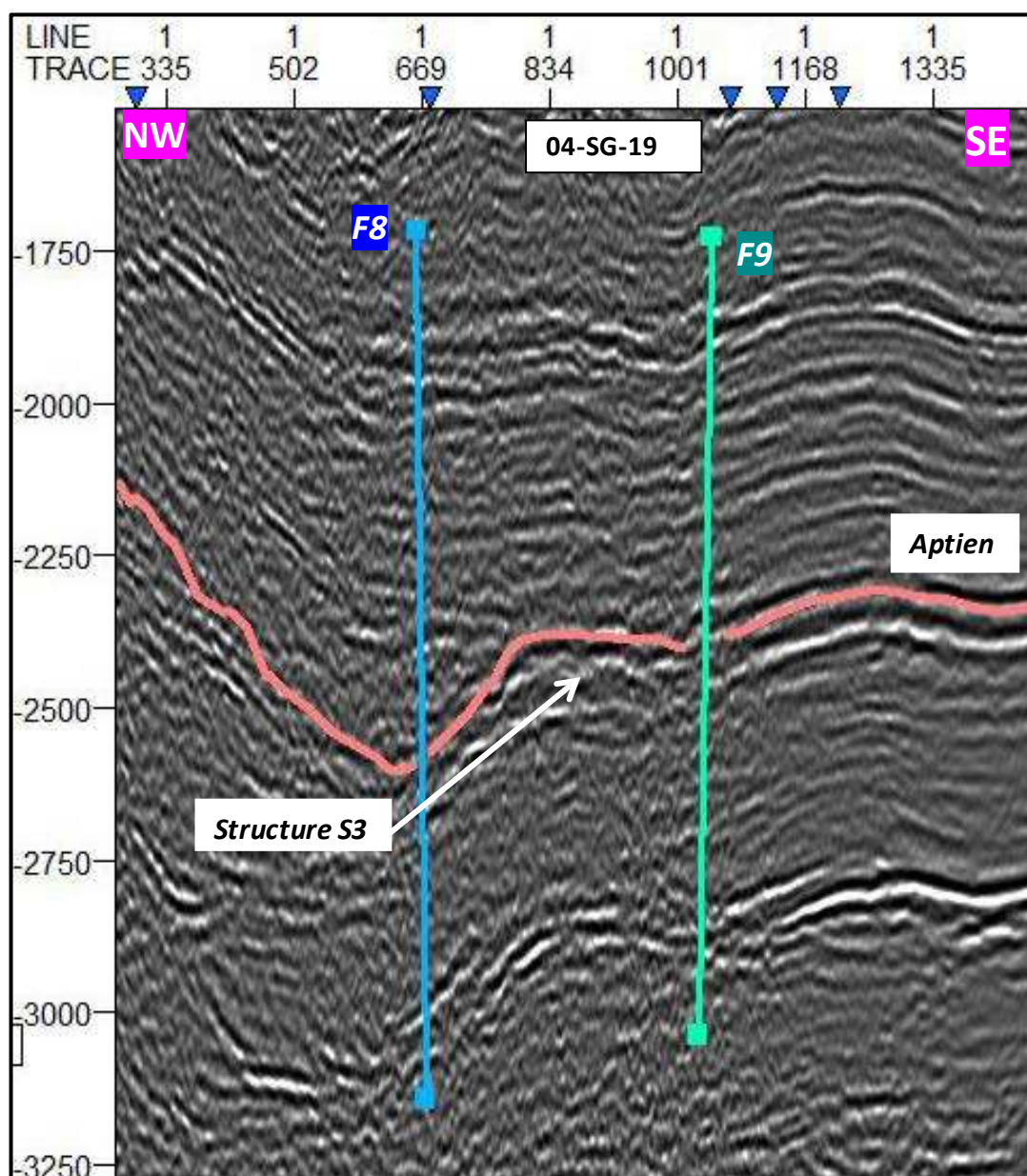


Figure IV.4. Section sismique 04-SG-19 illustrant la structure S3

Structure S4 :

Cette structure anticlinale localisée dans la partie Nord-Ouest du périmètre d'étude constitue la plus grande structure décelée dans la région, puisqu'elle s'étend sur plus de 37km^2 . Elle présente aussi une fermeture structurale d'environ 450m. Elle est caractérisée par un allongement de direction NW-SE. Elle est traversée dans sa partie Nord-Ouest par une faille de direction NE-SW (F6), et par la faille F4 au Sud-Est comme le montrent les sections sismiques des profils 04-SG-15 et 04-SG-25 (**Fig IV.5** et **Fig IV.6**). La partie Nord de cette structure reste un lead puisqu'elle n'est pas assez couverte par la sismique. Elle présente tout de même une superficie de 5.05km^2 et une fermeture structurale d'environ 300m.

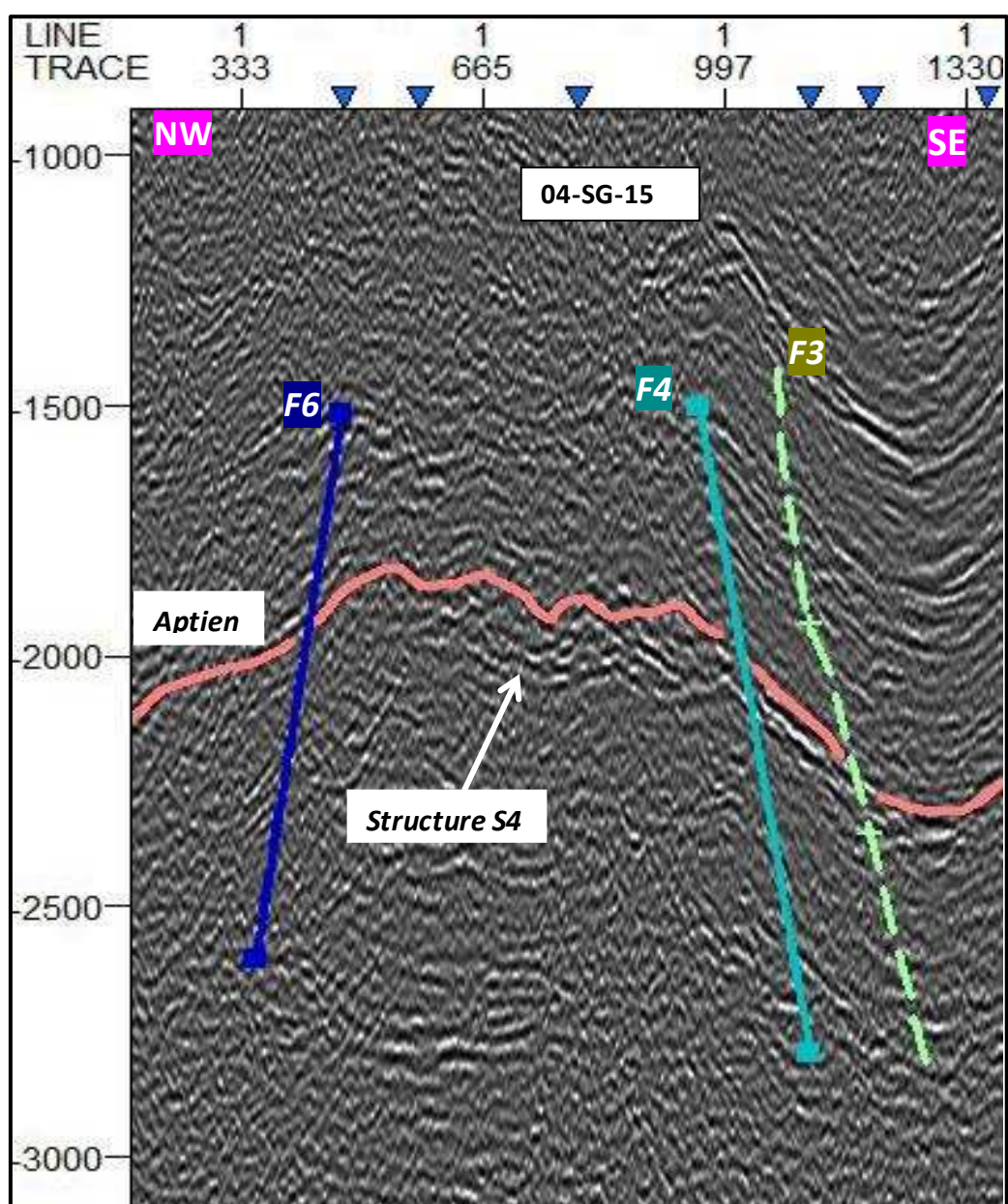


Figure IV.5. Section sismique 04-SG-15 traversant la structure S4

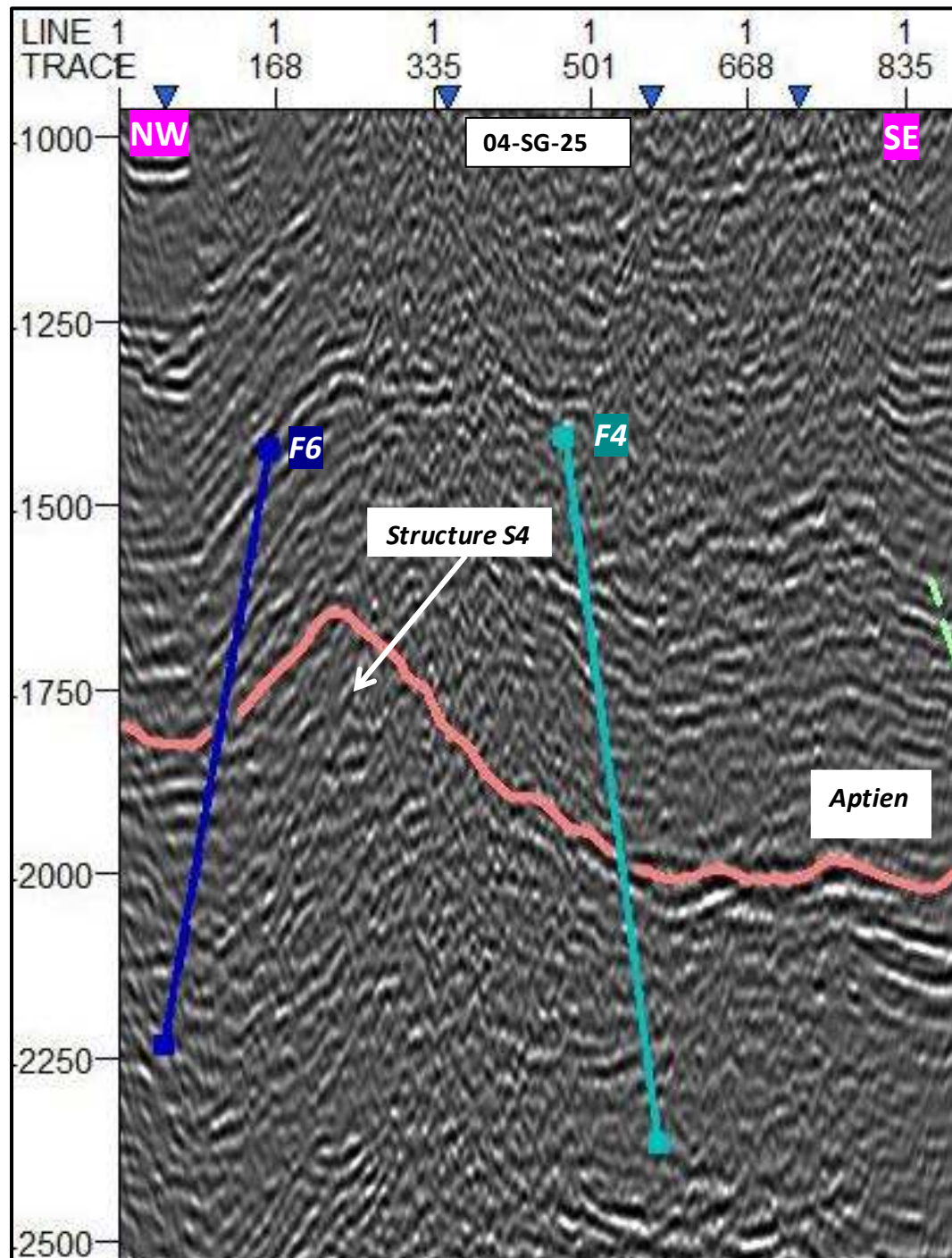


Figure IV.6. Section sismique 04-SG-25 illustrant l'anticlinal S4

Structure S5 :

C'est une structure anticlinale contre failles située dans la partie Est de la région d'étude, et est allongée dans la direction E-W. Sa superficie est d'environ 22.7km^2 . Elle est délimitée à l'Ouest par la faille F11 orientée N-S, à l'Est par la faille F15 de même orientation, au Nord par la faille F14 d'orientation ENE-WSW et au Sud par la faille F12 orientée E-W dans sa partie Ouest. Sa fermeture structurale atteint ainsi les 750m.

Le forage RAM-1 traversant cette structure, comme le montre la section sismique suivante (*Fig IV.7*), a donné des indices de gaz et d'huile.

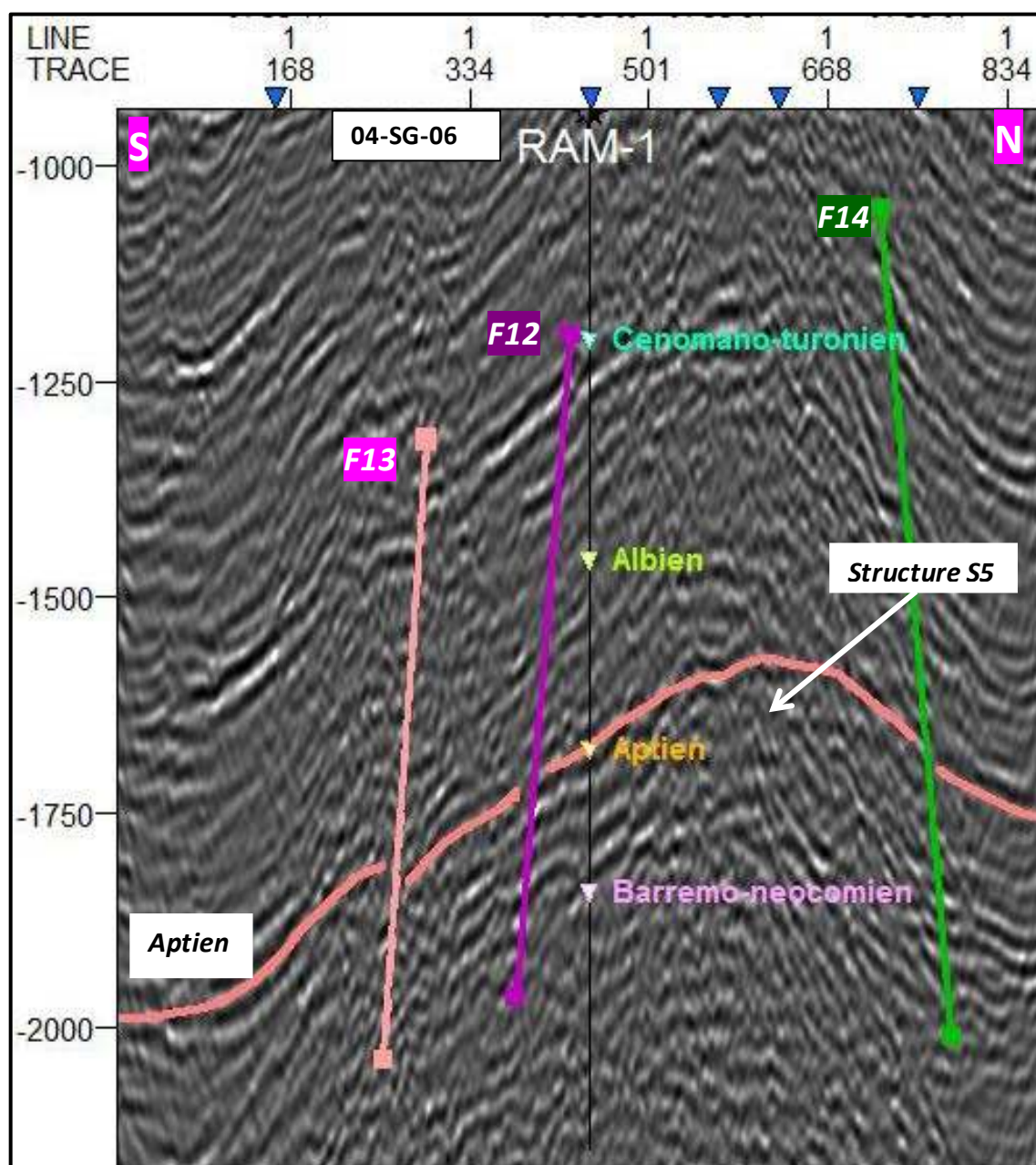


Figure IV.7. Section sismique 04-SG-06 montrant la structure S5 forée par le puits RAM-1

CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS

L'objectif de ce travail consistait à interpréter les données sismiques de la campagne 04-SG réalisée dans la région de Oued Gueterini dans le périmètre Hodna, et ce dans le but de tracer des cartes en isovaleurs qui nous permettraient de détecter les structures favorables à l'accumulation des hydrocarbures.

Durant les différentes étapes nécessaires pour établir les cartes structurales, on a été confronté à de nombreuses difficultés, dont :

- La complexité géologique de la région d'étude qui a rendu la corrélation des horizons beaucoup plus difficile vu que la qualité des sections sismique est mauvaise sur la quasi-totalité du périmètre d'étude.
- La rareté des puits dans la zone d'étude, ce qui nous a contraints à utiliser les vitesses de stack afin d'établir la carte en isovitesse.
- L'absence de puits profonds dans la zone d'étude, ce qui nous aurait permis d'établir des cartes au toit du Jurassique.
- Les décalages entre les profils sismiques (misties) que l'on a éliminés en faisant des shifts qui ont atteint les 40ms.

Malgré ces complications, on a pu établir une cartographie au niveau de l'Aptien qui constitue l'un des objectifs pétroliers de la région.

L'étude de ces cartes nous a aidés à mieux cerner l'aspect structural de la région d'étude. La carte en isochrones établie au toit de l'Aptien a ainsi mis en évidence le grand réseau de failles qui caractérise la région. Trois failles majeures ont donc été identifiées ainsi que plusieurs autres failles dont la direction prédominante est NE-SW, avec des rejets importants qui ont atteint les 200m dans la partie Nord.

L'analyse de la carte en isobathes au toit de l'Aptien a permis de confirmer quelques structures ayant fait l'objet de forages d'exploration ; La structure S5 située à l'Est de la zone d'étude forée par le puits RAM-1 donnant des indices d'huile et de gaz, ainsi que la structure anticlinale S2 décelée dans la partie centrale de la région et traversée par le puits OGS-1 qui a donné des indices de gaz. En plus de ces deux structures, on a pu déceler trois autres structures dont la plus importante est l'anticlinal S4 située dans la partie Nord-Ouest du périmètre, pas loin du gisement de Oued Gueterini. L'étude de la carte en isobathes nous informe non seulement sur la position d'une structure mais aussi sur sa superficie, la direction d'allongement et sa fermeture structurale.

Tout cela nous permet d'affirmer que la région de Oued Gueterini présente un intérêt pétrolier assez considérable et mérite d'être explorée davantage. Une campagne sismique 3D a d'ailleurs été réalisée en 2013 et une autre de meilleure résolution sera entamée dans les mois à venir.

À la lumière de toutes ces analyses, nous recommandons pour les travaux futurs :

- L'implantation de forages profonds, en particulier au Nord de la région afin de pouvoir établir des cartes au toit du Jurassique.
- Entreprendre une sismique haute résolution permettant de décrire les réservoirs profonds de la région.
- Réaliser une sismique qui cernerait les leads avec un maillage plus serré dans le but d'avoir une meilleure image de leur étendue.
- Réaliser des forages stratigraphiques afin de mieux comprendre la stratigraphie de la région et dégager ainsi des plays pétroliers favorables à l'accumulation des hydrocarbures.
- Un meilleur choix des paramètres de traitement afin d'éviter les décalages en temps entre les profils sismiques.
- Réaliser une étude géochimique pour déterminer la roche mère dans la région.
- Réaliser un forage au top de la structure S1 étant donné que c'est la zone où l'on a le plus d'informations grâce à une forte couverture sismique.

Bibliographie

1. Activités Amont, Division Exploration, Direction Assets Nord (SONATRACH), 2016. *Synthèse des travaux de prospection sur le périmètre Hodna (blocs :104a, 104b, 105a, 119b, 122a, 138a et 139)*. 52p.
2. ALNAFT (Agence Nationale pour la Valorisation des Ressources en Hydrocarbures), 2011. *Bassin du Nord de l'Algérie-Bassin du Hodna*.
3. Benamer O., Hammoudi K., Kassab D., Kheidri L. et Zaimi D., 2003. *Étude du potentiel pétrolier du Hodna Ouest (Zone des nappes)*, Rapport interne Sonatrach/Division Exploration.
4. Benhama A., 2000. *Traitement des données sismiques - Tome I et Tome II*. Document IAP (Institut Algérien du Pétrole).
5. Benhama A., 2015. *Traitement sismique et sismique de puits*. Document IAP (Institut Algérien du Pétrole).
6. Benyahia O., Tayssir M., 2000. *Structuration et zone d'intérêt dans le bassin du Hodna*. Rapport interne Sonatrach/Division Exploration- Direction région Nord-Département Tell/Offshore. 34p.
7. Bracene R., Djedid A., 1987. *Rapport de fin de sondage du puits Oued Gueterini Sud #1 OGS-1*. Rapport interne Sonatrach/Division Exploration. 28p.
8. Coppens F., Mari J.L., 2000. *Sismique de puits*, Editions TECHNIP, Paris. 240p.
9. Cordier J.P., 1983. *Les vitesses en sismique réflexion*, Editions Lavoisier Tec&Doc, Paris.
10. Djeddi M., Mai 2005. *Cours de traitement de l'information sismique- Les corrections dynamiques*. Département de Géophysique (FHC), Université M'Hamed Bougara de Boumerdes, Algérie. 13p.
11. Henry G., 01 Janvier 1994. *Géophysique des bassins sédimentaires*, Editions TECHNIP, Paris. 445p.
12. Kamel H., Tayssir M., Avril 2009. *Mise au point sur le périmètre Hodna Est*. Rapport interne Sonatrach/Division Exploration- Département Tell/Offshore. 42p.
13. Kamel H., Tayssir M., Décembre 2009. *Évaluation pétrolière du périmètre Hodna Est*. Rapport interne Sonatrach/Division Exploration- Département Tell/Offshore. 38p.

14. Latimer J., Janvier 2011. *Borehole seismic processing report RAM-1*. Rapport interne Sonatrach/Division Exploration. 70p.
15. Lavergne M., 1986. *Méthodes sismiques*, Editions TECHNIP, Paris. 207p.
16. McQuillin R., Bacon M., Barclay W., 1979. *An introducing to Seismic Interpretation*, Editions Graham & Trotman, London. 199p.
17. Nacer Bey R., Août 1984. *Rapport de fin de sondage du puits Draa El Ghozlane #1 DEG-1*. Rapport interne Sonatrach/Division Exploration. 27p.
18. Rihani M., 1983. *Log Habillé du puits Draa El Ghozlane #1 DEG-1*. Rapport interne Sonatrach/Division Exploration.
19. Zendaoui A., 2008. *Interprétation sismique*. Document IAP (Institut Algérien du Pétrole). 27p.