MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA - BOUMERDES

FACULTE DES HYDROCARBURES ET DE LA CHIMIE
DEPARTEMENT DE GEOPHYSIQUE, GENIE PARASISMIQUE ET PHENOMENES ALEATOIRES

MEMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

En vue de l'obtention du diplôme de master en géophysique pétrolière

THEME:

Design et optimisation des paramètres d'acquisition sismique 3D
Application sur le bassin d'Ahnet Gourara

Présenté par : **FARES Mordjana**

SLAMA Mounia

Sous la direction de: M[r] Bouguern.A M[r] Mebarkia.M

M[r] Belmokhtar

Soutenu publiquement le : 18 /06/1016 devant le jury composé de :

Président :

Rapporteur :

Examinateur :

BOUMERDES 2015/2016

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions ALLAH soubhanou wa tahala, notre créateur de nous avoir donné les forces dans les moments difficiles, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

Un remerciement particulier et sincère à notre promoteur monsieur le professeur **A.BOUGUERN** pour l'attention et la disponibilité dont il a su faire preuve au cours de la réalisation de notre mémoire. Que ce travail soit un témoignage de notre gratitude et notre profond respect

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à Mr **A.RAHMANI, Directeur de la Division Exploration- Sonatrach,** qui a proposé le thème de ce mémoire, pour son aide, ses orientations, sa précieuse attention, ses encouragements inlassables, son amabilité, et sa gentillesse qui mérite toute admiration. Nous saisissons cette occasion pour lui exprimer notre profonde gratitude et notre respect.

Nous adressons un grand remerciement à notre encadreur monsieur **M.MEBARKIA** pour ses conseils et ses orientations du début à la fin de ce travail. Il nous a toujours réservé le meilleur accueil, malgré ses obligations professionnelles.

Nous présentons nos chaleureux remerciements aux enseignants du Département Géophysique pour leur aide et orientations durant notre formation.

Qu'ils trouvent, ici l'expression de notre estime et notre considération.

Nous souhaitons exprimer notre plus profonde reconnaissance au chef de département du département Ahnet- Gourara, Monsieur **BELMOKHTAR**. Nous avons eu le privilège de travailler avec son équipe et nous avons apprécié ses qualités et ses valeurs. Son sérieux, ses compétences et son sens du devoir nous ont énormément marqués. Qu'il trouve ici l'expression de notre respectueuse considération et notre profonde admiration pour toutes ses qualités professionnelles et humaines.

Nous n'oublions pas dans nos remerciements à tous les membres de l'équipe du département Ahnet-Gourara et spécialement les ingénieurs **A.LEBOUAZDA** et **R.TITRAOUI** pour leurs aides, et leurs judicieux conseils pendant toute la durée du stage.

Enfin, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos familles qui nous ont toujours soutenues, aidées et encouragées tout au long de la réalisation de notre mémoire.

A tous ces intervenants, nous présentons nos remerciements, notre respect et gratitude.

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à :

A mes parents

Ma mère qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, pour tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, qu'elle reçoive à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations qui m'ont aidé à avancer dans la vie.

A mon frère

A qui je préserve toujours une place dans mon cœur et mes pensées

A mon très cher oncle et sa famille

Qui a été toujours présent pour les bons conseils.

Son affection et son soutien m'ont été d'un grand secours tout le long de ma vie d'étudiante et personnelle.

Qu'il trouve à travers ce modeste travail ma reconnaissance pour tous ses efforts.

A ma grand-mère maternelle la grande dame qui a tant sacrifié pour nous

A la mémoire de mon grand-père paternelle

A tous les membres de ma famille, petits et grands

Mes tantes spécialement tante Houria qui n'a pas cessé de m'encourager, oncles, cousins et cousines

Qu'ils trouvent aussi à travers ce modeste travail l'expression de mon affection

A mes cher (e)s ami(e)s

Maya Bourak, Hichem Saadia, Amina Ouhamed, Imad Mokadem, Said Yahouni, Mouna Boudalia, Lilia, Amel, Medina Semmar et Mounia Slama

A mes chers collègues

Mouna Salhi, Rym Bouabdallah, Amel Boucetta et Nesrine Lammamri

Pour lesquels, Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour leur exprimer mon affection et mes pensées, ils ont été pour moi des frères, sœurs et des amis sur qui j'ai pu compter.

En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

FARES MORDJANA

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à ***mes très chères parents****, ma raison de vivre, mon espoir ; et mon guide dans cette vie ! Vous avez de quoi être fière aujourd'hui, Votre fille est officiellement ingénieur et c'est grâce à vous, a votre soutien et vos encouragements qu'elle a pu dépasser tous les obstacles qu'elle a eu lors de son parcours*

Je dédie ce mémoire a toute ma famille, mon frère ***ISSAM*** *mes sœurs,* ***INES*** *et* ***KARIMA*** *! Je suis votre grande sœur et j'espère en être un bon exemple pour vous ! Que mes pas vous seront comme un guide dans votre chemin. A mes grand parent .et a tous les membres de ma famille, petit ou grand vivant ou décédé.et toute la famille* ***SLAMA*** *et* ***BOUHASSOUN****. Vous êtes ma force, et ma source de courage.*

Je dédie tous mes efforts à tous mes amis d'enfance, mes amis de fac et de la résidence bayou Halima, vous avez été comme une deuxième famille pour moi ! Exceptionnellement mon binôme ***Mordjana Fares*** *! Notre travail n'est qu'un fruit de notre amitié ! Non ! Notre fraternité ! Tu as été comme une sœur pour moi et tu le seras pour toujours …à mon amie d'enfance* ***WAFAA Bourdji****, et ma consœur* ***Mouna Salhi*** *.sans oublié ma copine de chambre* ***Rym Bouabdallah*** *qui a été la grande sœur que j'ai jamais eu ….*

Je dédie ce mémoire à toute ma famille universitaire, tous mes professeurs ainsi que le groupe ***MAGP 11****, a toute l'équipe de l'exploration SONATRACH-BOUMERDES. Sans votre aide ce travail n'aurait pas existé.*

SLAMA MOUNIA HANNANE.

Résumé

Devant la mauvaise imagerie de la subsurface et par conséquent la difficulté d'interprétation des sections sismiques obtenues par les techniques d'acquisition 2D, La sismique 3D, représente le développement le plus remarquable en exploration géophysique de ces dernières années. Elle permet un recouvrement précis et quasi totale à tous les objectifs d'une région à prospecter.

Le principe de la sismique 3D consiste à étendre la notion de profil latéral à l'échantillonnage complet des surfaces réflectrices par des points miroirs répartis régulièrement dans l'espace, et par conséquent, l'image obtenue est un cube composé d'un ensemble de sections parallèles entre elle. Ceci nous permet d'étudier la structure du sous-sol suivant n'importe qu'elle direction.

Démarrer une étude sismique, c'est choisir des paramètres optimaux qui permettent d'avoir une qualité sismique. En d'autres termes, avoir un meilleur rapport signal sur bruit. Cette étape de choix des paramètres optimaux s'appelle le **DESIGN SISMIQUE.**

Ce mémoire traite de l'élaboration d'un design d'acquisition d'une étude sismique 3D, dédiée à une meilleure définition structurale du piège ainsi que la caractérisation du réseau de fractures d'un réservoir Tight Gas d'âge Ordovicien, dans le bassin de l'Ahnet. Le thème de cette étude comporte plusieurs options relatives aux paramètres de design pour analyse et éventuels tests sur terrain.

Le principe de base de tout explorateur est d'obtenir une image de bonne qualité à moindre coût et dans un temps le plus court possible. Une conciliation entre les contraintes géophysiques et les contraintes économiques est à fixer comme objectif principal tout en garantissant, l'obtention d'une image sismique Interprétable dans le détail.

Les paramètres d'acquisition en fonction des anciennes campagnes sismiques 2D avec un accent sur le pouvoir de résolution et la couverture souhaitée, tout en tenant compte des problèmes reconcentrées en interprétation de la sismique antérieure, ont été intégrés lors du déroulement de ce travail.

Les résultats de cinq simulations des paramètres Design réalisées grâce au logiciel (MESA) ont été comparés afin de garantir l'atteinte de l'objectif tout en réduisant les couts d'acquisition et les délais requis pour l'exécution de ce programme sur le terrain. Tous les paramètres ont été contrôlés pour ce but

L'analyse et l'étude des différents statistiques et résultats des options déterminées a permis de présélectionner celles qui remplissent les conditions fixées au départ, surtout celles qui concernent la profondeur de l'objectif principal Ordovicien et de l'objectif secondaire Dévonien inférieur. Deux options retenues au départ. Afin de sélectionner l'option définitive, la notion de coût de l'acquisition a été introduite.

Design et Optimisation des paramètres d'acquisition sismique 3D

En vue d'un mémoire de fin d'étude

Introduction générale

Chapitre I : Généralités et dispositifs en sismique 3D

I.1 Historique de la sismique 3D……02
I.2 Limitation de la sismique 2D……02
I.3 Objectifs d'une étude sismique 3D ……..03
I.4 Terminologies employées dans le design 3D……04
I.5 Types de design :……...07
I.5.1 In-Line profiling ou profilage parallèle……07
I.5.2 Cross-Line profiling ou profilage croisé :……08
I.5.2.a Dispositif orthogonal « Swath shooting »……..09
I.5.2.b Dispositif non orthogonal « Slant »……...10
I.5.2.c Dispositif en Button Patch……10
I.5.2.d Dispositif en Zig Zag ……11
I.5.2.e Dispositif Radial……....12
I.5.2.f Dispositif en briques « Brick Wall »……13
I.6 Avantages et inconvénients des différents types de Designs……14

Chapitre II : Présentation du bassin d'Ahnet Gourara

II.1. Situation géographique du bassin……....17
II.2 Aspect structural du bassin……...18
II.3 Litho stratigraphie du bassin……18
II.4 Stratigraphie et environnements de dépôt……19
II.5 Situation géographique de la zone d'étude……... 23
II.6 Situation géologique…… 24
II.7 Stratigraphie de la zone d'étude…….. 24
II.8 Aspect structural……... 26
II.9 Systèmes pétroliers :…… 27
II.9.1 Pièges……..27
II.9.2 Roches couvertures……27
II.9.3 Roches mères……..27
II.9.4 Caractères généraux des réservoirs du bassin de l'Ahnet……..……27

II.10 Travaux antérieurs réalisés dans la zone d'étude……29
II.10.1 Evaluation des puits réalisés :……..29
II.10.1.1 Puits 1……29
II.10.1.2 Puits 2……33
II.10.2 Travaux antérieurs sismique 2D (Paramètres d'acquisition et lignes sismiques) :..33

II.10.2.1 Plan de position des profils sismiques 2D et des puits……33
II.10.2.2 Paramètres d'acquisition de la sismique 2D……33
II.10.3 Profil sismique vertical PSV (calibration)……36
II.10.4 Corrélation sismique 2D……37
II.10.5 Cartographie……..42
II.11 Projection du programme 3D proposé sur les différentes cartes……..45

Chapitre III : Préparation du Design d'une étude sismique 3D

Introduction…….……..……48
III.1 Spécification…….48
III.1.1 Spécification par des données géologiques…….…….48
III.1.2 modelling……...48
III.2 Evaluation…….....49
III.2.1 Evaluation des données des puits existants……49
III.2.2 Evaluation des données des études sismiques antérieures 2D et /ou 3D…..….49
III.3 Détermination des paramètres d'acquisition…….50
III.3.1 Couverture……...……..50
III.3.1.1 Couverture longitudinale (In-Line)……...…….52
III.3.1.2 Couverture transversale (Cross-Line)……52
III.3.1.3 Couverture totale……52
III.3.1.4 Relation entre la couverture et le rapport S/B……...……52
III.3.1.5 Relation entre la couverture et la fréquence du signal……...……53
III.3.1.6 Relation entre la couverture et les dimensions du Bin……...54
III.3.1.7 Couverture et problème d'effeuillement……...…….55
III.3.1.7.1 Couverture In-Line et le problème d'effeuillement….56
III.3.1.7.2 Couverture X-Line et le problème d'effeuillement….57
III.3.1.7.3 Couverture totale et le problème d'effeuillement..…..58
III.3.2 Détermination de la dimension du bin…….58
III.3.2.1 Rapport Signal/ Bruit (S/B)……59
III.3.2.2 Inter-trace……...……60
III.3.2.3 Choix de la forme du bin……60
III.3.2.4 Dimensions du bin et taille de l'objectif……...……60
III.3.2.5 Dimensions du bin et fréquence maximale non atteinte par le phénomène d'aliasing……...60
III.3.2.6 Résolution latérale……61
III.3.3 Calcul de la densité des points sources……..61
III.3.4 Calcul de l'espacement entre Lignes sources…….62
III.3.5 Espacement entre lignes réceptions……...……62
III.3.6 Calcul des offsets……63
III.3.6.1 Offset minimum (X_{min})……..63
III.3.6.2 Offset maximum (X_{max})…….65
III.3.6.2.1 Profondeur de l'objectif……..65
III.3.6.2.2 Interférence des ondes directes……...……66
III.3.6.2.3 Interférence des ondes réfractées……66

III.3.6.2.4 Discriminant NMO……...…….67
III.3.6.2.5 Etirement NMO……..67
III.3.6.2.6 Détection des horizons profonds……..…….67
III.3.7 Détermination du template……...…..68
III.3.7.1 Détermination du nombre de lignes par Template……68
III.3.7.2 Détermination du déplacement du template…….....69
III.4 Design final…….....……70
III.4.1 Distribution des offsets……...……70
III.4.2 Distribution de la couverture…….……70
III.4.3 Distribution des azimuts……...……..70
III.4.3.1 Etude de la plage d'azimuts large…….71
III.4.3.2 Etude de la plage d'azimuts étroite……...71
III.4.4 Considérations économiques (statistiques)……...……..71

Chapitre IV : Préparation du design sismique 3D: Application sur la zone d'étude

Introduction
IV.1 Paramètres clefs pour le design sismique 3D……..…….73
IV.2 Planification et design de la sismique 3D :……...75
IV.2.1 Détermination des paramètres d'acquisition :……...……...75
IV.2.1.1 Calcul des dimensions du bin……...…….75
IV.2.1.2 Estimation de X_{min} …….75
IV.2.1.3 Estimation de X_{max} ……76
IV.2.1.4 Inter-géophones et inter-sources……76
IV.2.1.5 Nombre de canaux…….....…..76
IV.2.1.6 Densité des points de tirs……...76
IV.2.1.7 Densité des points de réceptions……76
IV2.1.8 Estimation des couvertures In-Line et Cross-Line……..76
IV.2.1.9 Détermination du template…….77
IV.2.1.10 Calcul de X_{min} …….77
IV.2.1.11 Calcul de X_{max} …….77
IV.3 Evaluation des options……..77
IV.4 Analyse des différentes distributions des options…….79
IV.4.1 Distribution de couverture……...……79
IV.4.1.1 Distribution de la couverture totale (Total Fold)……...……79
IV.4.1.2 Distribution de la couverture totale par plage d'offsets…….79
IV.4.2 Distribution des offsets……...……..80
IV.4.2.1 Distribution des offsets de la couverture totale (offset Total Fold)…...80
IV.4.2.2 Distribution des offset par plage……80
IV.4.3 Distribution azimutal……...……81
IV.4.3.1 Analyse des spiders diagrammes……..…….81
IV.4.3.1.1 Distribution par couverture totale…….81
IV.4.3.1.2 Distribution par plage……...……81
IV.4.3.2 Analyse des roses diagrammes……..81

IV.5 Résultats finaux……82
IV.6 Design final……..85
I.V 6 Conclusions et recommandations……...……86

CONCLUSION GENERALE……..…….88

INTRODUCTION GENERALE

Devant la mauvaise imagerie de la subsurface et par conséquent la difficulté d'interprétation des sections sismiques obtenues par les techniques d'acquisition 2D, La sismique 3D, représente le développement le plus remarquable en exploration géophysique de ces dernières années. Elle permet un recouvrement précis et quasi totale à tous les objectifs d'une région à prospecter.

La sismique 3D a été introduite par les grandes compagnies pétrolières dans les phases d'évolution et développement des gisements d'hydrocarbures. Elle fournit une échographie du sous-sol en trois dimensions et permet une définition de la géométrie des réservoirs les plus complexes et la délimitation des pièges d'hydrocarbures de petite taille.

Le principe de la sismique 3D consiste à étendre la notion de profil latéral à l'échantillonnage complet des surfaces réflectrices par des points miroirs répartis régulièrement dans l'espace, et par conséquent, l'image obtenue est un cube composé d'un ensemble de sections parallèles entre elle. Ceci nous permet d'étudier la structure du sous-sol suivant n'importe qu'elle direction.

La qualité de l'image obtenue par la sismique 3D est très dépendante de la qualité des données recueillies lors de l'acquisition. On se doit alors de faire appel à des mises en œuvre adéquates et des moyens de contrôle des instruments et des données très sophistiqués. Ceci favorise l'obtention d'images de qualité et permet d'éviter le risque de faire un traitement sur des données erronées donc inutile avec des coûts énormes.

Démarrer une étude sismique, c'est choisir des paramètres optimaux qui permettent d'avoir une qualité sismique. En d'autres termes, avoir un meilleur rapport signal sur bruit. Cette étape de choix des paramètres optimaux s'appelle le **DESIGN SISMIQUE.**

Ce mémoire traite de l'élaboration d'un design d'acquisition d'une étude sismique 3D, dédiée à une meilleure définition structurale du piège ainsi que la caractérisation du réseau de fractures d'un réservoir Tight Gas d'âge Ordovicien, dans le bassin de l'Ahnet. Le thème de cette étude comporte plusieurs options relatives aux paramètres de design pour analyse et éventuels tests sur terrain.

Chapitre I

Généralités et dispositifs en sismique 3D

Dans ce chapitre nous allons faire un aperçu sur la sismique à trois dimensions, la terminologie rencontré, les types de dispositifs utilisés en acquisitions.

I.1 Historique de la sismique 3D :

La prospection sismique a débuté avec la technique dite sismique réfraction, ou l'exploitation des enregistrements se limitait au traitement des premières arrivées et leurs hodochrones.

Ensuite la technique dite sismique réflexion est apparue celle-ci se révélait plus promotrice, car en premier temps elle donnait des images sismiques de subsurface à deux dimensions. Cette méthode sismique qui s'appelle 2D a connu beaucoup de limites, nous citons par exemple les trajets des ondes sismiques qui sont supposées être contenus dans le même plan vertical, en plus elle permet seulement de donner une image des structures dans des directions très limitées…etc.

Pour cela une nouvelle technique d'acquisition qui s'appelle la sismique 3D est apparue dans les années 30, son développement a d'abord débuté par l'utilisation de profilages continus, chaque récepteur étant assimilé à une trace sismique.

Dans les années 40, il a été introduit la notion de CMP (Common Medium Point) et la sommabilité dans le but d'améliorer le rapport signal sur bruit.

Dans les années 60, la technique de digitalisation développée a permis l'introduction du traitement des données sismiques et l'amélioration du signal enregistré et s'imposer comme une phase inévitable dans ce traitement. Elle prend en considération toutes les limites de la sismique 2D. Elle permet d'avoir une image sismique en volume ce qui a diminué l'incertitude qui persistait dans la sismique 2D.

Le traitement des données sismiques a intégré par la suite le procédé de migration des sections enregistrées ; les géophysiciens ont eu à se pencher plus sérieusement sur les erreurs inhérentes à la représentation en offset nul.

C'est à partir des années 80 en sismique terrestre que l'usage de la 3D a atteint un niveau d'exploitation intensive.

Actuellement la technique dite sismique 3D est devenue une méthode de prospection conventionnelle à travers le monde. Elle couvre plus de 80% du marché mondiale.

I.2. Limitation de la sismique 2D :

Dans les années 70, la sismique 2D (réfraction et réflexion) donnait satisfaction aux explorateurs. La majorité des champs découverts à cette époque était des champs de grandes dimensions (pièges structuraux), mais il a été remarqué après que cette technique s'est montrée aveugle aux pièges stratigraphiques.

Parmi les erreurs découlant dans l'application de la sismique 2D il est à citer :

1. L'information enregistrée par un profil en 2D est supposée contenue dans un plan vertical par rapport aux structures, mais en présence d'une géologie complexe, des réflexions latérales qui entrent en interférence avec les signaux sans donner d'information utile, sont aussi enregistrées.

2. Le grand espacement entre les profils sismiques 2D, provoque un manque d'information, que l'interprétateur peut interpoler linéairement, ce qui n'est pas toujours vrai.

3. Les profils 2D ayant plusieurs orientations donneront, pour une même structure inclinée plusieurs pendages « apparents » qui sont différents du pendage réel.

4. En sismique 2D, les diffractions provenant de la direction verticale au profil détruiront la qualité de la section sismique. L'approche de la migration 2D ne résout pas le problème car celle-ci ne corrige le déplacement des évènements que dans un plan vertical. C'est la migration 3D dite à fort pendage qui focalise mieux l'énergie en tenant compte du type de diffractions, est positionnée les événements géologiques à leurs vraies positions sur la section sismique.

I.3. Objectifs d'une étude sismique 3D :

Compte tenu des limitations de la sismique 2D, la nécessité de développer cette méthode de prospection a conduit à l'introduction de la technique dite sismique 3D qui permet de palier à ces inconvénients, aussi elle a d'autres avantages dont :

- **Densité des informations** : Elle est beaucoup plus importante en sismique 3D, parce que nous disposons d'un échantillonnage spatial de mesures plus dense et plus régulier qu'en sismique 2D où l'information recueillie est suivant la direction des profils.

- **Précision des données** : Elle est à ramener à la migration des données sismiques. La migration de l'information sur des données 2D n'est qu'un contrôle de la qualité dans la direction de profilage et les arrivées latérales sont conservées sur les données 2D sans changement. Par contre, la migration des données 3D repositionne l'information provenant du sous-sol à l'aplomb des points d'observations impliquant de fait une meilleure précision. Le problème des arrivées latérales est pris en charge.

- **Flexibilité des représentations** : Les données 2D sont représentées par une coupe verticale allant dans le sens du profilage. Les données 3D permettent de recueillir un arsenal de représentations (profilage longitudinal, transversal, combinaisons de sections verticales et horizontales, etc.). A cause de la densité des données sismiques 3D, quel que soit la localisation d'un forage, il existe au moins un profil qui passe par ce puits. Le recouvrement 3D d'une étude impliquant des points d'observations repartis régulièrement sur toute la surface à prospecter permet la restitution de tous les évènements du sous-sol quels que soient leurs pendages.

- **Développement et estimation de la taille d'un champ** : Les contours structuraux d'un champ d'hydrocarbures sont plus faciles à identifier par les données 3D que par des données 2D. L'estimation conséquente de champ se déduit de la précision et de la densité des mesures.

I.4. Terminologies employées dans le design 3D :

Nous allons dans cette première partie donner un aperçu sur la terminologie en sismique 3D, puis aborder les différentes techniques d'exploitation d'une étude 3D.

- **Définition de quelques termes utiles :**

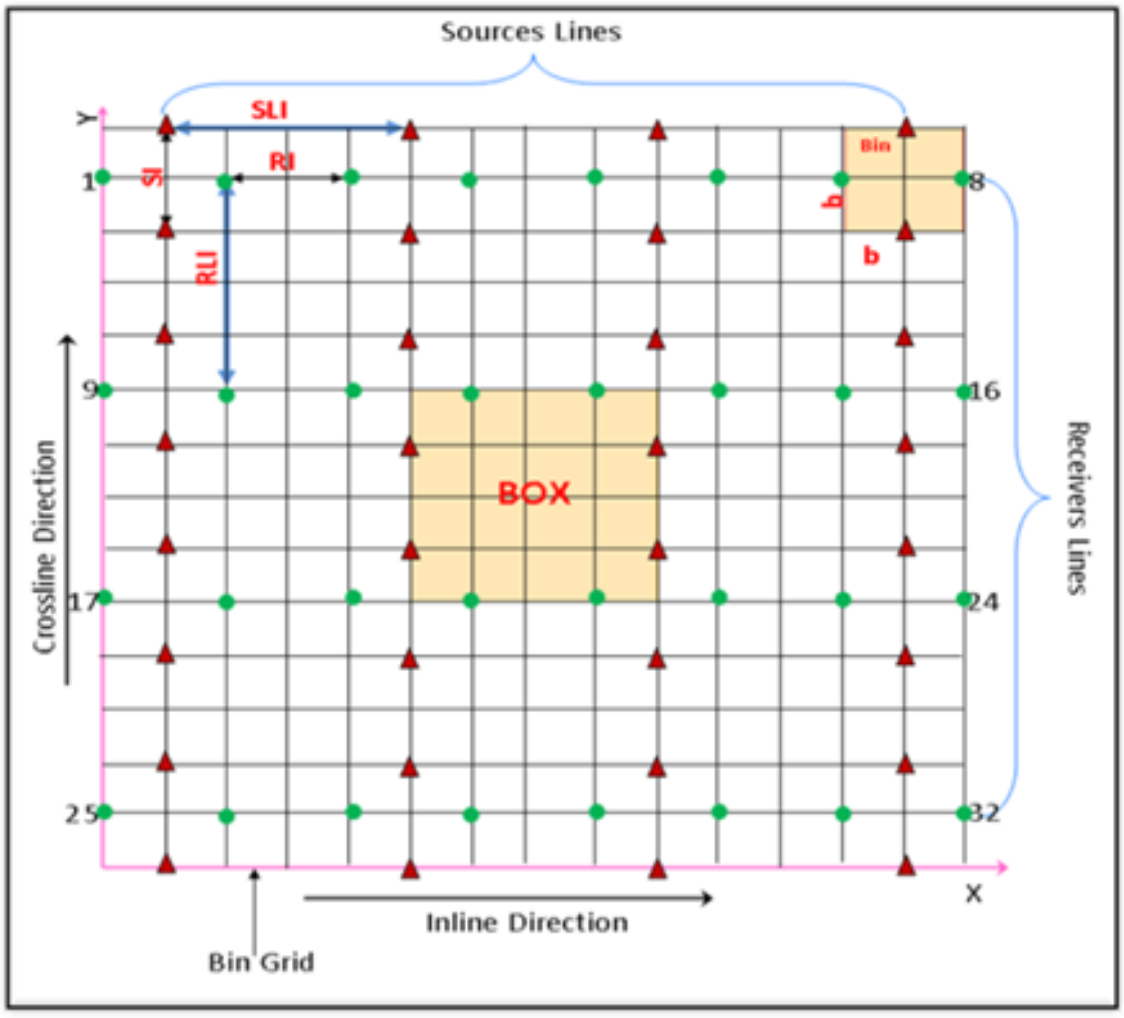


Figure I.1 : Termes utilisés en sismique 3D.

- ***Sources line (SL)*** **:** C'est la ligne sur laquelle sont placées les sources.
- ***Receivers line (RL)*** **:** C'est la ligne sur laquelle sont placés les récepteurs (grappe de géophones).
- ***In-lines :*** C'est une convention observée pour désigner les lignes en subsurface qui sont parallèles aux lignes de réception.

- ***cross-lines :*** C'est l'ensemble des lignes en subsurface qui sont perpendiculaire aux inlines.
- ***Source line interval (SLI)* :** Est la distance entre deux lignes de tir consécutives.
- **Receiver line interval (RLI) :** Est la distance qui sépare deux lignes de réception consécutives.
- ***Box (boite) :*** c'est une maille élémentaire d'une grille 3D résultant de l'intersection entre deux lignes consécutives d'émission et deux lignes de réception. Elle est utilisée pour la définition de la plus grande valeur de l'offset minimal Xmin.

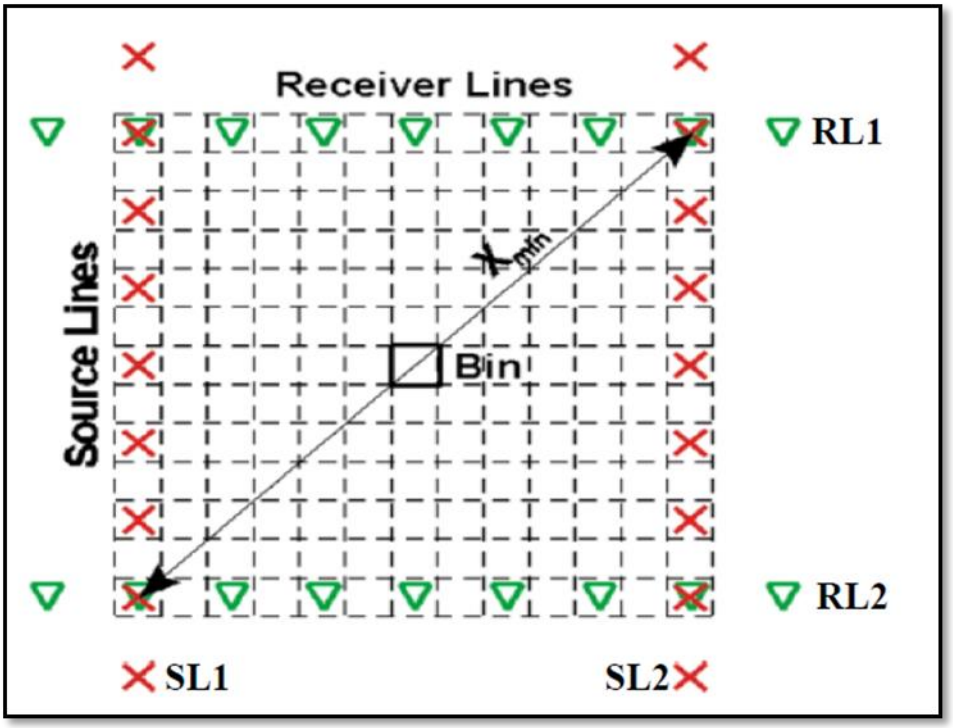


Figure I.2 : Position d'un box dans un dispositif Swath shooting.

- **Rapport Signal/Bruit (S/N ou S/B) :** Désigne le rapport entre l'énergie du signal sismique et celle du bruit.
- **Densité de tir (Ds) :** C'est le nombre de points sources par kilomètre carré.
- ***Bin :*** Est un volume élémentaire qui regroupe l'information du sous-sol pour une position de surface donnée, il est caractérisé par une longueur, une largeur et une profondeur.

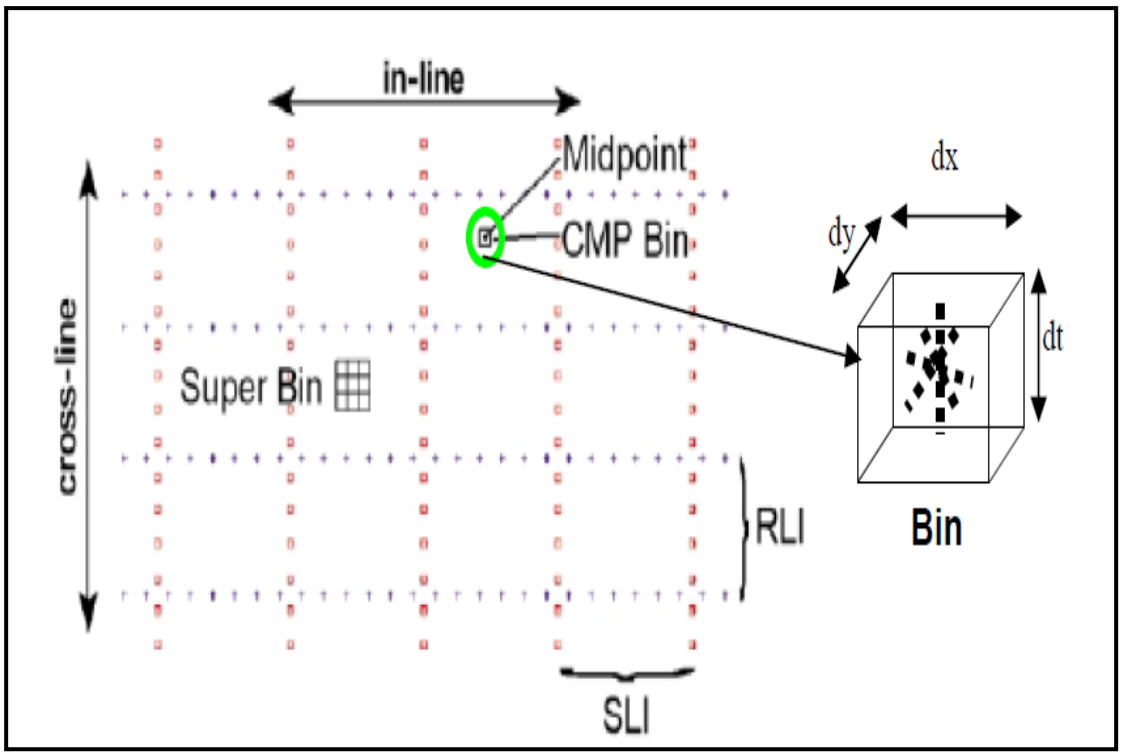


Figure I. 3 : Représentation en 3D des points miroirs d'un bin.

- ***Salvo* :** Est un ensemble de points de tirs qui sont enregistrés par un même Template.
- ***Template* :** Est un bloc élémentaire qui est constitué de plusieurs lignes de réceptions qui enregistre les tirs du même salvo.
- **Patch :** C'est la nappe de réception active pour un point de tir donné.
- ***Swath :*** Est un ensemble des templates sur la direction in-line.
- ***Offset :*** C'est la distance entre un point de tir et un point de réception.

  - ***Offset minimal (Xmin)*** *:* C'est le plus grand offset dans un box.

  - ***Offset maximal (Xmax)*** : C'est la distance entre le point de tir et le récepteur le plus loin dans un template.

- ***Azimut :*** C'est l'angle formé par la ligne passant par le couple émetteur- récepteur et la ligne cross-line qui suit la ligne du plus grand pendage.
- ***Migration aperture :*** C'est une surface additionnelle à la zone d'intérêt pour avoir une image correcte du sous-sol lors de la migration.
- ***Fold taper :*** C'est une zone d'extension qu'il faut ajouter à la zone d'intérêt pour assurer la couverture demandée (désirée) dans la zone à explorer.
- ***Roll on /off :*** Allumer ou éteindre des stations ou des lignes de réceptions.

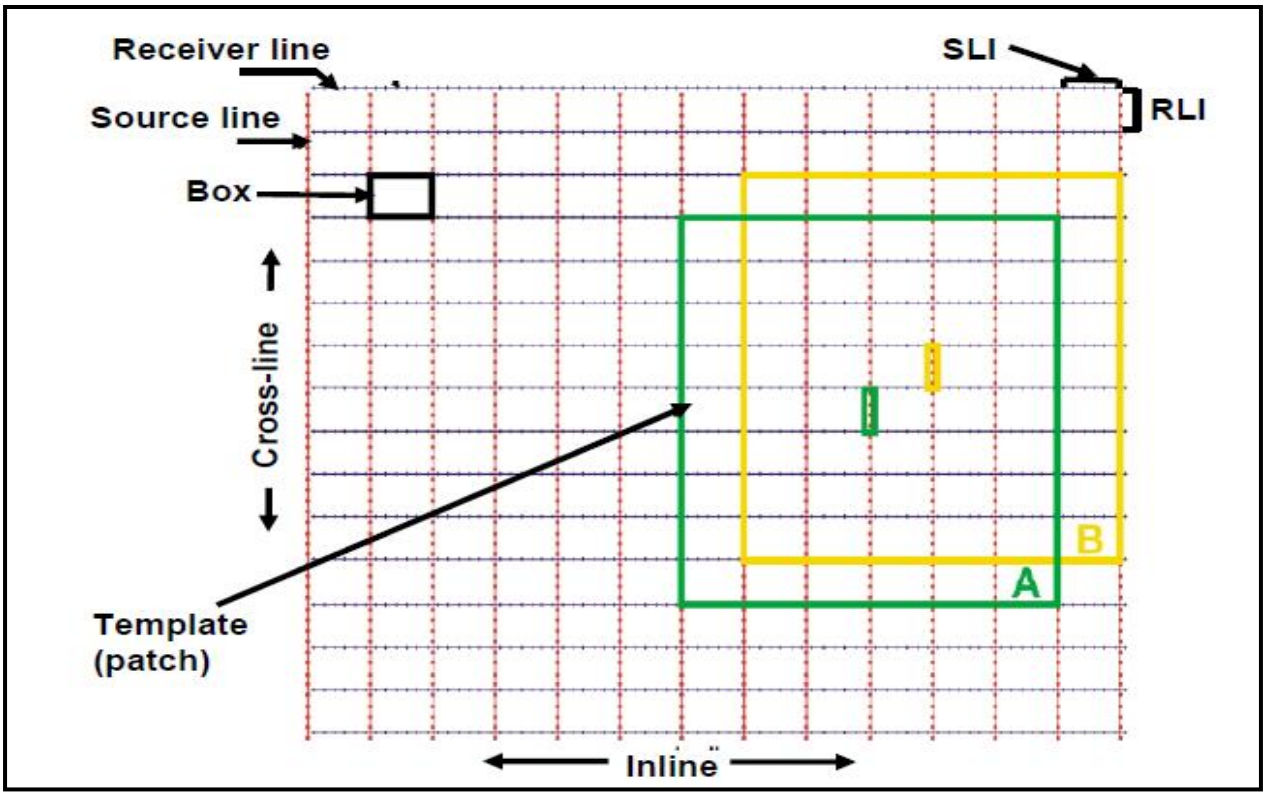


Figure I.4 : Schéma montrant certains termes en 3D.

I.5. Types de Design :

En sismique 3D, il existe plusieurs méthodes d'acquisition dont chacune présente ses :

- Propres caractéristiques
- Difficultés de mise en œuvre
- Avantages et inconvénients.

Ces techniques d'acquisition, sont des variantes de deux classes principales portant les noms :

- profilage parallèle ou in-line profiling
- profilage croisé ou cross profiling.

I.5.1 In-Line profiling ou profilage parallèle :

Ce type d'acquisition consiste à enregistrer les informations provenant de la subsurface par une série de profils classiques 2D, très proches les uns des autres de telle sorte à couvrir tout le prospect avec un degré de couverture prédéterminé. Ce type d'acquisition présente un arrangement azimutal très limité et l'existence d'offsets répétitifs (redondance des offsets).
Le profilage parallèle est largement utilisé en marine vu la rigidité de la géométrie d'acquisition imposée par les sources et les récepteurs.

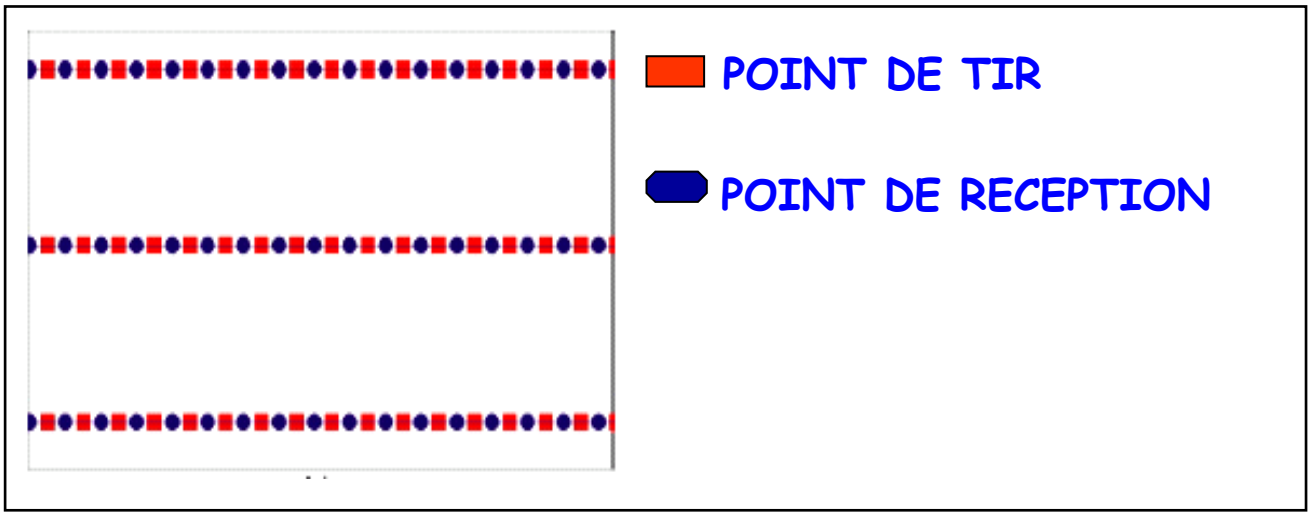


Figure I.5 : Schéma d'un profilage parallèle.

I.5.2 Cross Line profiling ou profilage croisé :

Ce dispositif d'acquisition est une juxtaposition dans toutes les directions d'une mosaïque de blocs élémentaires d'acquisition. Chaque bloc est composé d'une ou de plusieurs lignes de réception et d'une ligne de tir portée diagonalement ou orthogonalement par rapport aux lignes de réception. Les avantages du profilage croisé se résument, dans son adaptation à une géométrie d'acquisition en fonction des contraintes topographiques, la disponibilité du matériel, les moyens humains et le facteur économique.

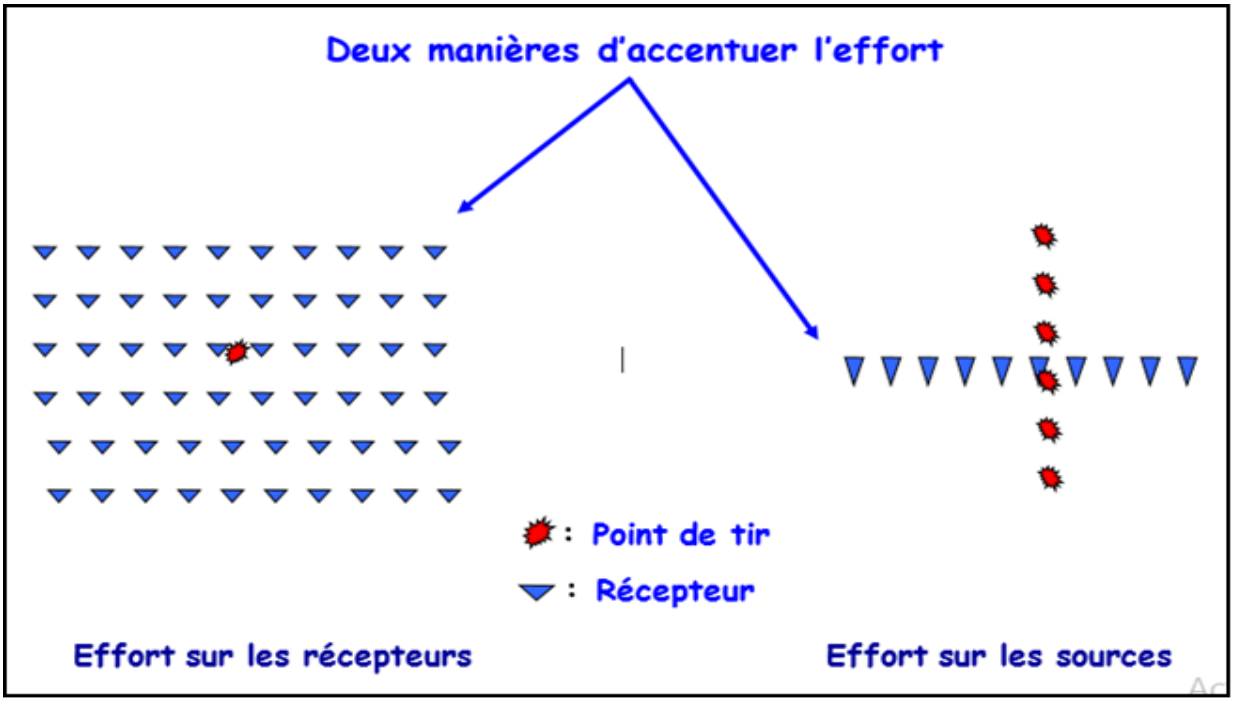


Figure I.6 : Schéma d'un profilage en Cross line.

Les deux schémas ci-dessus illustrent les deux manières d'accentuer l'effort pour avoir le même résultat. Le premier dispositif (schéma adroite) est dit "en croix" et consiste à enregistrer sur une seule ligne de réception un nombre N de points de tir repartis symétriquement par rapport à une ligne orthogonale passant par le milieu de la ligne de réception. Le deuxième, (schéma à gauche) appelé "Broad Line" et consiste à étaler ce même nombre N, mais cette fois-ci en lignes de réception parallèles et d'utilise un seul point de tir situé au barycentre de cette nappe d'enregistrement.

Dans les conditions normales, tous les dispositifs en 3D sont constitués par des lignes de réception parallèles et des lignes d'émission qui sont différemment disposées par rapport à celles-ci (ligne de réception).

De ce fait, chacune des dispositions des lignes d'émission définit un type de géométrie d'acquisition et parmi elles on peut citer :

I.5.2. a Dispositif orthogonal « Swath shooting »:

Ce dispositif offre une bonne distribution des offsets, une mise en œuvre facile et nécessite un minimum d'équipement en mouvement.

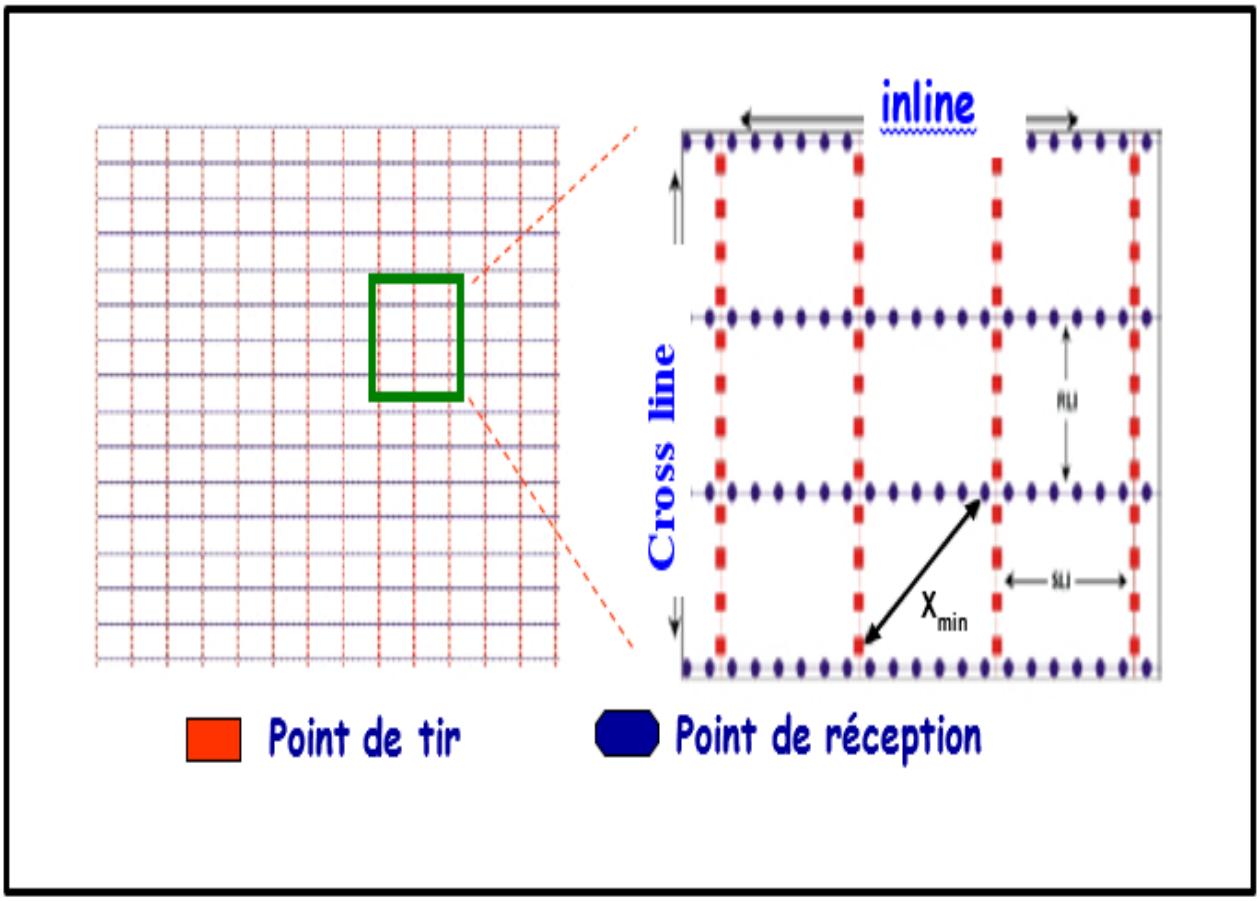


Figure I.7 : Schéma d'un dispositif en Swath shooting.

I.5.2. b Dispositif non orthogonal « Slant » :

Ce type de dispositif donne une bonne distribution des offsets.

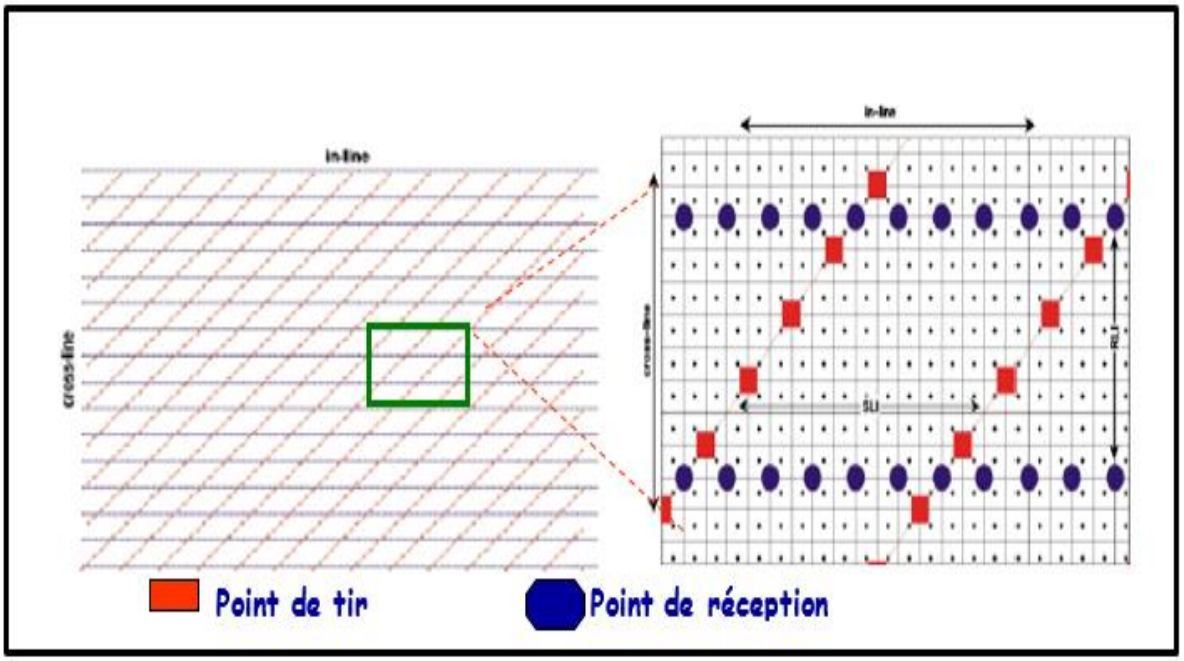


Figure I.8 : Schéma d'un dispositif non orthogonal

I.5.2.c Dispositif en Button patch

Le dispositif de Button patch était développé et breveté par la compagnie pétrolière ARCO. Dans ce dispositif on utilise efficacement les systèmes à grand nombre de traces, les stations de réception sont posées sur un ensemble de surfaces rectangulaires et les sources sont situées sur les bordures de ces surfaces pour améliorer la résolution. L'avancement des travaux peut avoir une cadence plus élevée par l'emploi de deux groupes de vibrateurs. Cette technique d'acquisition est parmi les plus intéressantes, parce qu'elle est rapide dans sa mise en œuvre sur le terrain. Le coût est également faible comparé à ceux des autres techniques (par exemple le swath shooting qui est 10 fois plus cher). La méthode du button patch présente aussi une bonne distribution des offsets et des azimuts.

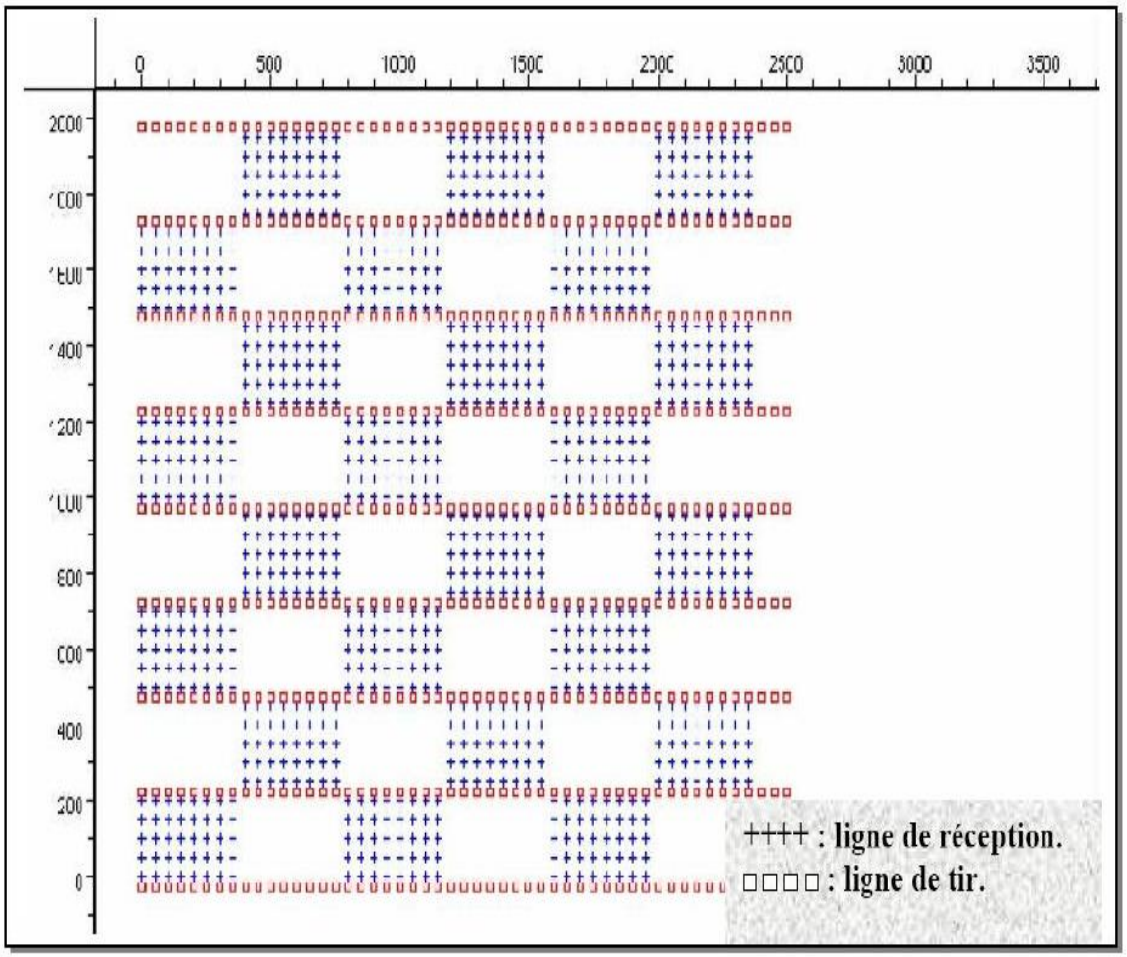


Figure I.9 : Schéma d'un dispositif en Button Patch.

I.5.2.d Dispositif en Zig Zag

Le dispositif en zigzag est utilisé dans les régions où il y a un accès facile entre les lignes de réception. Il est très répandu dans les zones désertiques. Son principe consiste à faire des tirs en zigzag entre les paires adjacentes de lignes de réception. Il est important de donner un soin particulier au positionnement des points de tir afin de centrer les points milieux dans chacune des cellules (bin).

On peut améliorer la distribution en offset de ce dispositif, en faisant un double zigzag, réalisé sur le terrain par deux groupes de vibrateurs qui progressent entre les lignes de réception.

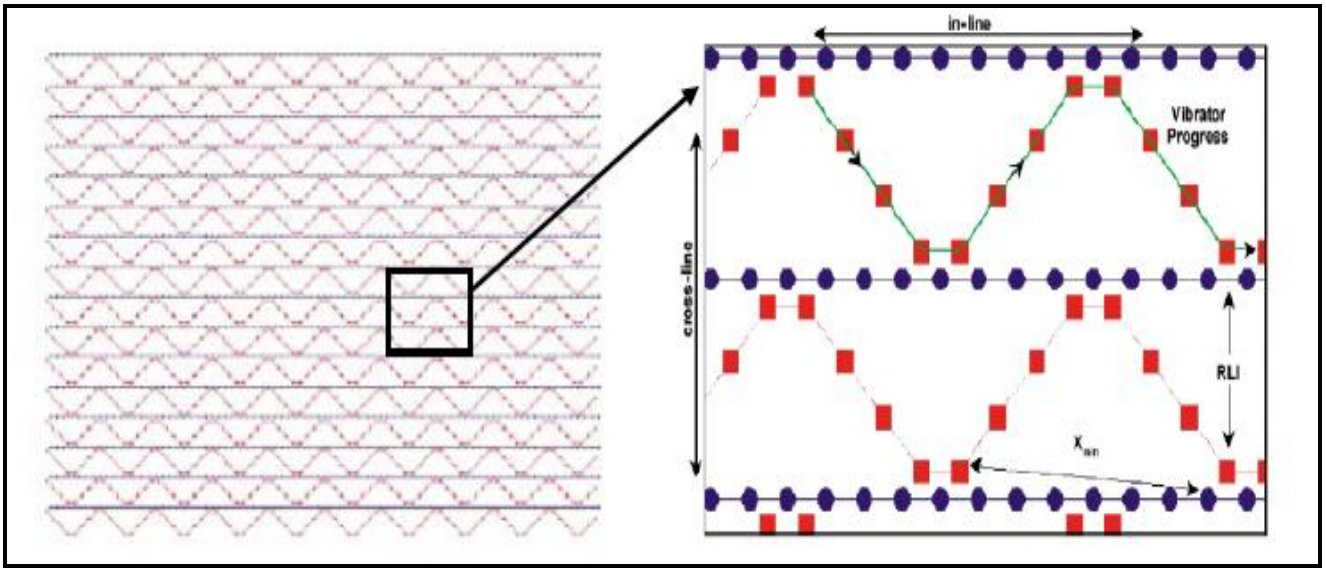


Figure I.10 : Schéma d'un dispositif en Zig Zag.

I.5.2.e Dispositif Radial :

Ce dispositif est constitué d'une multitude de lignes de réception qui se coupent au centre voir figure **(e)**. Ce type de dispositif est recommandé pour la localisation des dômes de sels ; cependant le traitement de ses données est très compliqué.

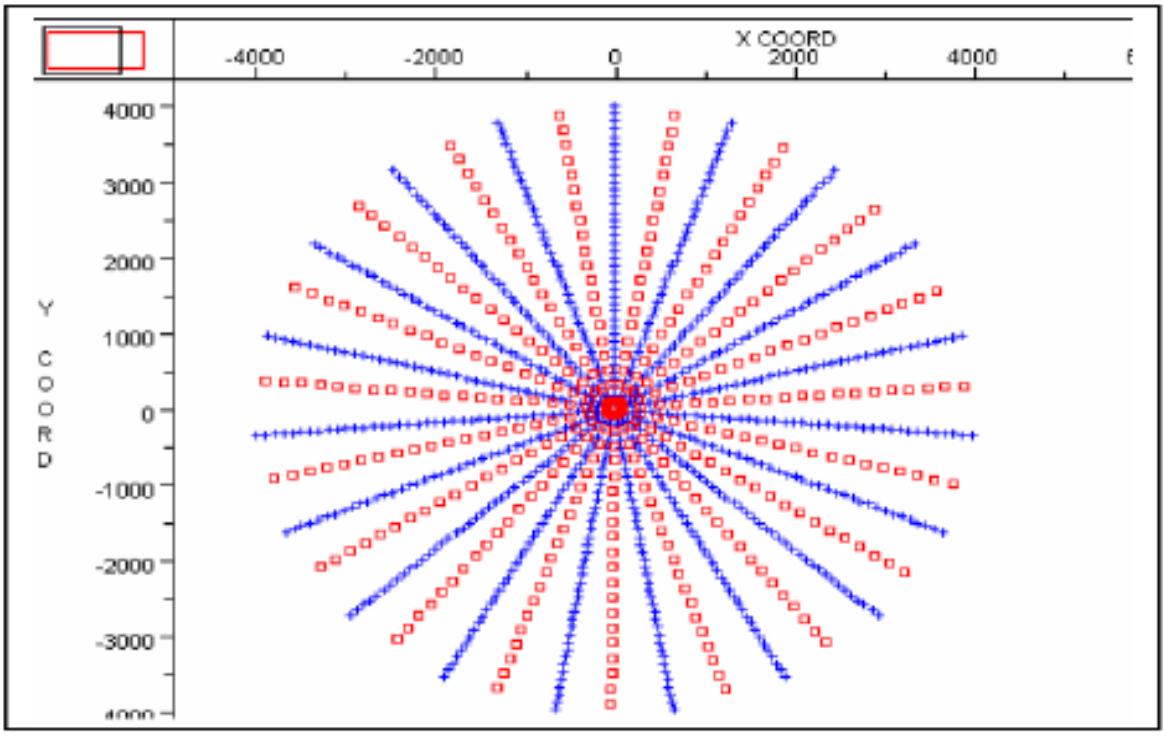


Figure I.11 : Schéma d'un dispositif Radial.

I.5.2.f Dispositif en briques « Brick Wall »

Ce modèle a été mis au point dont le but d'améliorer la distribution des offsets pour le modèle swath shooting. Pour ce type de modèle, les lignes sources sont disposées de telle sorte qu'elles forment une configuration en briques. Dans la pratique, il est intéressant de noter que le choix d'un template carré, permet d'avoir la même distribution des offsets pour les deux techniques (swath shooting et brick -wall). Pour les mêmes valeurs des interlignes ; source (SLI) et réception (RLI), l'offset minimal en brick wall est inférieur à celui du swath shooting. C'est pour cette raison qu'il faut augmenter les interlignes de source et de réception en brick wall pour avoir le même offset minimal mesuré en swath shooting.

Le dispositif en brique offre également une bonne distribution des offsets et des azimuts, mais le mouvement des équipements est parfois difficile.

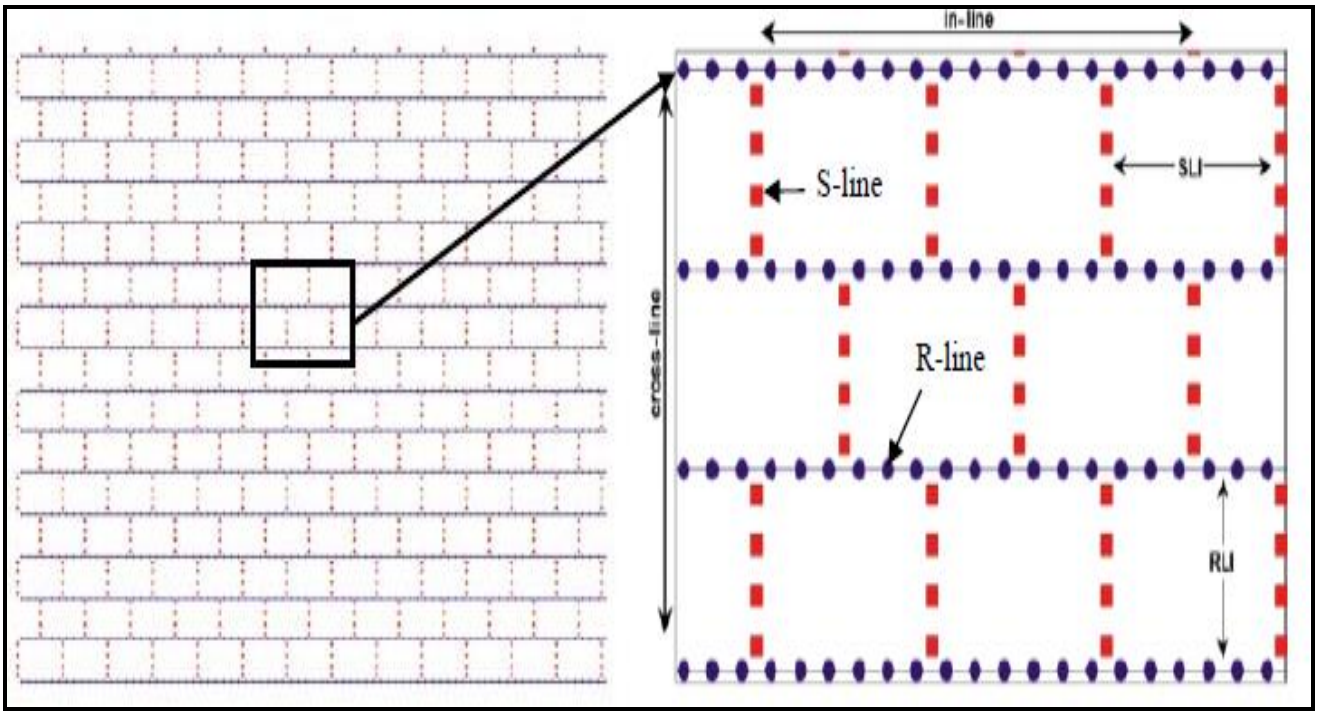


Figure I.12 : Schéma d'un dispositif en brique (Brick Wall).

I.6. Avantages et inconvénients des différents types de designs :

Ce tableau donne quelques informations utiles sur les différents dispositifs de design :

Tableau I.1 : Avantages et inconvénients des différents designs

Configuration	Avantages	Inconvénients
In-line profiling Ou profilage parallèle	- Les données qui ont un azimut étroit peuvent être traitées comme des lignes 2D (pas de nécessité d'algorithme spécifique à la 3D) - Géométrie simple a réalisé	- Mauvais calcul des statiques dans la direction cross-line - Une grande densité des points sources et réceptrices - Très sensible aux obstacles (skip et shifts) - Azimuts restreints et forte couverture parfois inutile
Orthogonale	- La plus utilisée dans l'industrie - Technique a Offsets Larges (Wide azimuth) - Optimal pour les algorithmes 3D DMO - Elimine le problème des statiques cross-line	- Dans le traitement on doit utiliser des algorithmes spécifiques à la 3D
Button patch	- Permet l'implantation des points sources éparpillées. - Utilisation efficace des systèmes à larges canaux avec un nombre réduit de points de tirs	- Réalisation très complexe
Zig Zag	- Idéale dans les régions désertiques - Coût minime	- L'implantation et layonnage en lignes sources est plus long cela est due à l'orientation diagonal de ces lignes sources
Brick Wall	- Analogue à l'orthogonale	- La discontinuité des lignes de

	- Permet une bonne distribution des offsets et des azimuts	sources est difficile à mettre en œuvre dans certain terrain. - Offset minimale réduit par rapport à l'orthogonale
Radiale	- Adéquate pour les dômes de sel	- Acquisition et traitement contraignants
Non orthogonale	- Géométrie simple	- Grand X_{min}

Chapitre II

Présentation du bassin de l'Ahnet Gourara

II.1. Situation géographique du bassin :

Le bassin de l'AHNET est situé dans la partie Sud-Ouest du Sahara algérien. Il fait partie de la province occidentale de la plateforme saharienne selon le découpage géologique pétrolière.

Limité par les méridiens 1°00 et 3°00 et les parallèles 24° et 27°, il s'étend sur près de 50 000 km².

Il englobe les villes d'In Salah et d'Aoulef, respectivement rattachées aux Wilayas de Tamanrasset et Adrar.

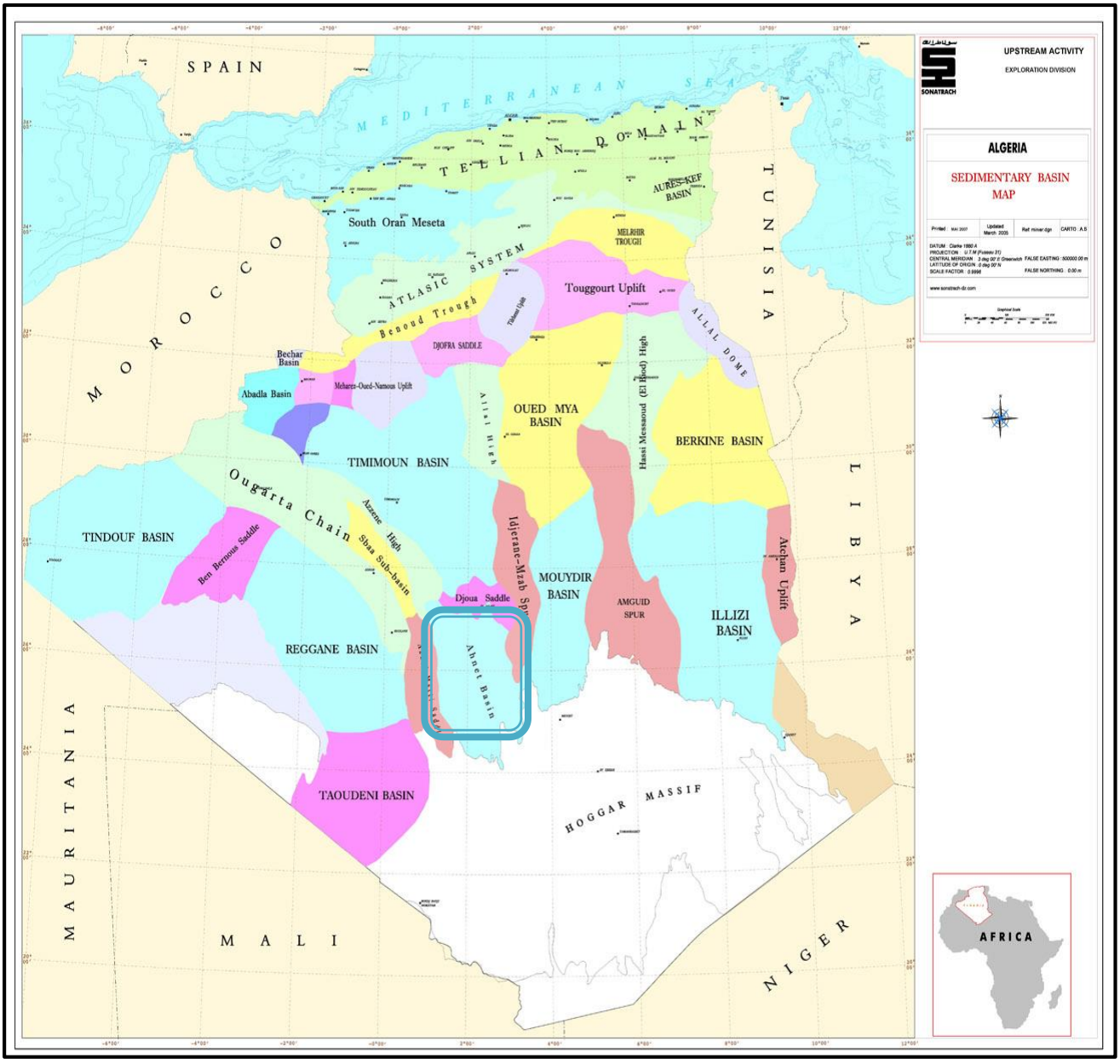


Figure II.1 : Carte des bassins sédimentaires –Algérie (document Sonatrach).

II.2. Aspect structural du bassin :

Le bassin de l'Ahnet se présente sous forme d'une large dépression avec un axe d'allongement nord-sud. Il est situé entre les deux grands ensembles ; un craton relativement mobile juxtaposé à une zone stable cratonisée, il y a 2 Milliards d'années.

Ce bassin semble avoir une évolution structurale étroitement liée à la tectonique du massif du Hoggar.

Trois (03) zones structuralement distinctes peuvent y être décrites :

1. L'Ahnet oriental :

C'est une zone haute séparant le bassin de l'Ahnet de celui du Mouydir, elle est limitée à l'Est par le môle d'Arak-Idjerane, et à l'Ouest par l'accident subméridien de Foggaret Ezzoua- Foum Belrem, passant par Gour-Boukhreiss et Zini.

2. L'Ahnet central :

Cette partie de l'Ahnet est une zone très structurée avec un maximum de sédimentation et une très importante subsidence.

3. L'Ahnet occidental :

Le domaine occidental de l'Ahnet est limité par le haut structural de l'Azzel Matti, marqué à l'Est par l'accident subméridien d'Adrar Morat et Sebkhat El Mellah, au nord-ouest par la cuvette de Sbaa, et au nord par le bassin de Timimoun.

II.3. Litho stratigraphie du bassin :

Le bassin de l'Ahnet est formé par trois (03) ensembles litho stratigraphiques majeurs :

- le substratum
- la couverture paléozoïque
- les terrains mésozoïques

1. Substratum :

1.1 Socle :

De nature méta sédimentaire, formé de micaschistes et d'amphibolites traversées par des intrusions magmatiques (Boudjema 1987) il semble être identique et du même âge que les séries du Pharusien affleurant au Hoggar occidental (Beicip 1972).

1.2 Série intermédiaire (série pourprée) :

Cette série a était décrite à l'affleurement sur des dizaines de kilomètres dans la région de Bled El Mass par (Ait Kaci.1984). Elle est considérée en partie d'âge Cambrien.

2. Couverture Paléozoïque :

Au niveau du bassin de l'Ahnet les terrains du Paléozoïque sont assez complets présentant les séries allant du Cambrien inférieur au Carbonifère qui affleure en surface.
Elle est séparée du socle par la discordance infra tassilienne.
La couverture paléozoïque forme deux ensembles morphologiques bien distincts :

-La ceinture Tassilienne
-L'avant pays Tassilien

2.1 Ceinture Tassilienne :

Elle est formée par :

-Le Tassili interne, au-dessus du substratum formant les premiers escarpements sédimentaires d'âge Cambro-Ordovicien.
-La dépression infra Tassilienne qui correspond aux affleurements du Silurien argileux.
-Le tassili externe qui est d'âge Dévonien inférieur formant une importante falaise au-dessus de la dépression infra Tassilienne.

2.2 Avant pays Tassilien :

Dit aussi plateau pré-Tassilien, il est formé par des terrains allant du Dévonien moyen au Carbonifère supérieur.

II.4. Stratigraphie et environnement de dépôts :

La séquence sédimentaire au niveau du bassin de l'Ahnet est représentée essentiellement par du paléozoïque, avec un maximum de séries préservées au nord et pouvant atteindre plus de 5000 mètres, au centre du bassin. Cette puissante couverture qui tend à s'amincir vers le sud du bassin grâce à l'érosion, est constituée par :

1. Cambro-Ordovicien :

Marqué à la base par des graviers et conglomérats, il comprend essentiellement des dépôts fluviatiles déposés sur une pédiplaine avec des épaisseurs maximums vers le centre du bassin. Cette unité est caractérisé par une série de grès arkosiques et quartziques.

En discordance vient s'ajouter l'unité III avec les « Grès de Meribel » formant la sous unité III-1 , allant de quelques dizaines de mètres à l'Est du bassin, à plus de 200 mètres vers le nord-ouest , elle est surmontée par les effets d'une transgression majeure qui a conduit au dépôt des « Argiles d'El Gassi » surmontées elles-mêmes par une alternance d'argile silteuse et de grès argileux « Grès d'El Atchane ».

Vient ensuite la sous unité III.2 « Quartzites de Hamra » d'origine marine peu profonde avec des épaisseurs variant entre 50 et 250 mètres.

La formation Quartzites Hamra est surmontée par des dépôts de 100 à 200 mètres d'argiles silteuses « Argiles d'Azzel - Tiferouine » et des grès fins équivalents vers le Nord aux grès d'Ouargla. L'ensemble constitue l'unité III.3.

Vers la fin de l'ordovicien des conditions continentales se sont installés suite à un soulèvement. Sur cette surface s'est installée une vaste calotte glacière faisant ressortir quatre cycles de glaciations, marqués par une importante surface de discordance attribuée à la base de l'unité IV.

Après ces phases de glaciations, divers environnements se sont succédé. Des conditions fluvio- deltaïques se sont mises en place traduisant une sédimentation rapide et très variable signalée par des grès, des silts et des conglomérats, passant ensuite à des conditions de mer peu profonde.

2. Silurien :

Des conditions marines se sont installées suite à la fonte des calottes glaciaires, et ce suite à une transgression généralisée, ayant favorisé le dépôt d'une puissante série argileuse de près de 1000m au sud du bassin.

Ces argiles hautement radioactives constituent un excellent repère lithologique utilisé en sismique et diagraphies.

3. Dévonien :

Des conditions continentales et marines variant du peu profond (de plateforme) au profond, sont à l'origine des dépôts gréso-argileux et argilo-carbonatés marquant le Dévonien inférieur et moyen.

Le Dévonien supérieur est dominé par des conditions marines s'étendant sur tout le bassin de l'Ahnet avec une épaisse séquence argileuse.

4. Carbonifère :

Durant le carbonifère, les conditions de plateforme persistent avec des dépôts montrant une alternance de grès, de silts et d'argiles.

5. Mésozoïque :

Discordant sur la couverture paléozoïque, les terrains mésozoïque sont représentés par :

6.1 Crétacé inférieur :

Il est constitué de sable et d'argile versicolore correspondant à un faciès continental.

6.2 Crétacé supérieur :

Conservé uniquement dans la partie nord du bassin, il est composé d'intercalations d'argiles et de carbonates.

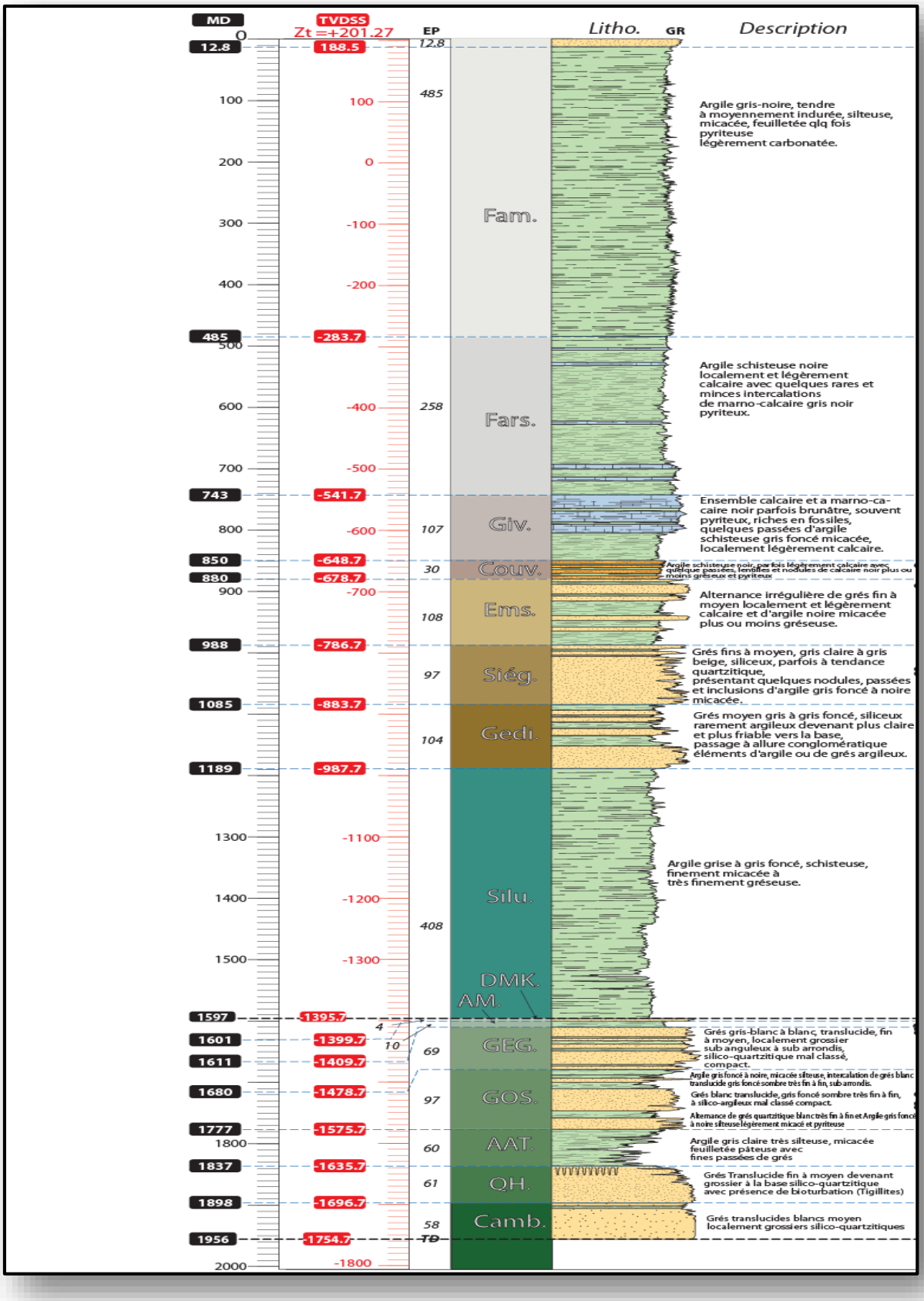


Figure II.2 : Colonne litho stratigraphique du bassin de l'Ahnet.

Présentation de la Zone d’étude

II.5. Situation géographique de la zone d'étude :

La zone d'étude est située à l'extrême Sud-Ouest du bassin de l'Ahnet. Elle couvre une superficie totale de 1775.83km^2.

Le périmètre couvrant la zone d'étude est rattaché administrativement à la wilaya de Tamanrasset.

Les villes les plus proches sont celles d'Aoulef au Nord et Reggane à l'Ouest.

Le périmètre est limité à l'Ouest par la dorsale de Bled El Mass où se développe un réseau hydrographique assez complexe formé de petits oueds rendant l'accès parfois difficile, et à l'Est par une faille majeure, dont le rejet peut atteindre 1000m, le séparant de la structure d'Adrar Morrat.

La couverture sédimentaire est essentiellement détritique et s'étale du Cambro-ordovicien au Dévonien supérieur qui affleure en surface.

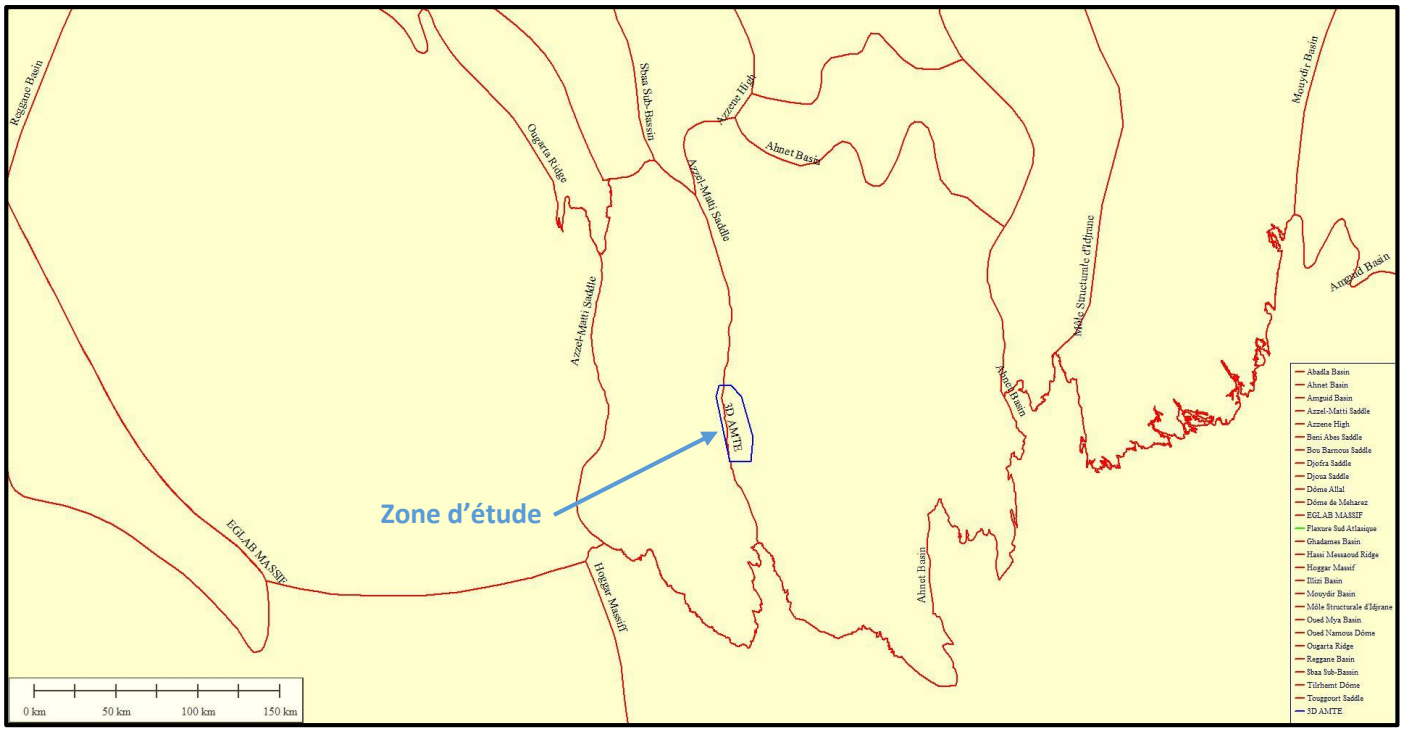


Figure II.3 : Situation de la zone d'étude sur le bassin d'Ahnet.

II.6. Situation géologique :

Le périmètre de la zone d'étude occupe une partie du flanc occidental du bassin de l'Ahnet. Il est limité à l'Ouest par l'accident passant par Azzel Matti au Sud, Bled El Mass au Nord et à l'Est par l'accident d'Oued Kerrane.

Sur ce périmètre, le contexte structural est simple. Il s'agit d'un vaste anticlinal affecté par des failles inverses à rejet structural variable.

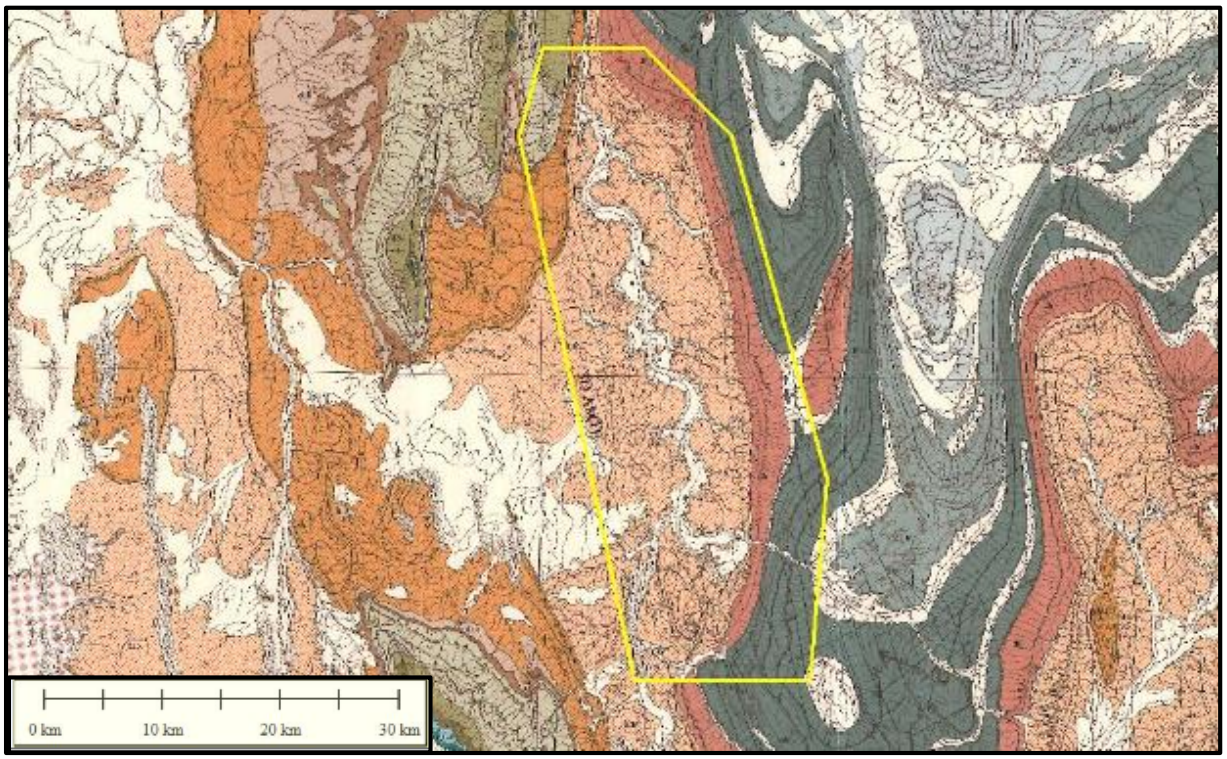


Figure II.4 : Situation de la zone d'étude sur carte géologique.

II.7 Stratigraphique de la zone d'étude :

Deux forages ont été forés sur le secteur de l'étude dont un en cours. Le premier, well-1 a traversé la série sédimentaire prévue et reportée sur le log prévisionnel avec toutefois des décalages importants, liés à une forte variation d'épaisseur du Dévonien supérieur (Frasnien-Famennien), non prévue. Le deuxième forage well-2 est en cours de réalisation.

Le forage well-1 a débuté dans les argiles du Famennien et s'est arrêté dans le Cambrien à la profondeur de 1956 m, Mesured Depth (MD).

- ***Dévonien Supérieur (épaisseur 743m) :***
  - Faménnien (485 m) : argile noires
  - Frasnien (258 m) argiles noires avec fines intercalations de bancs de calcaires.

- ***Dévonien Moyen (épaisseur 137m) :***

  - Givétien (107 m) : calcaires gris blancs, localement gréseux et fossilifères intercalés d'argiles grises indurées feuilletées et silteuses.
  - Couvinien (30 m) : Argiles gris noirs, indurées et micacées.

- ***Dévonien inférieur (épaisseur 309m) :***

  - Emsien (108 m) : Grés gris sombre, qui surmontent une série d'argiles et calcaires à la base.
  - Siegénien (97 m) : Grés gris clair, quartzitiques dans la partie basale, surmontés par une série argilo gréseuse.
  - Gédinnien (104 m) : Alternances de grés gris blancs et au sommet d'argiles grises.

- ***Silurien (épaisseur 408 m) :***

  - Argiles grises à gris foncé avec passées de grés fins et silstones au sommet.

- ***Ordovicien (épaisseur 301m) :***

  - **Grés d'El Goléa et DMK (83 m)** : représenté par des Grés gris fin à très fins silico-quartzitiques bien consolidés, compacts avec quelques passées d'argile noire silteuse, trace de pyrite.

  - **Grés d'Oued Saret (97 m) :** Grés gris clair localement sombres très fins siliceux à silico-quartzitiques, compacts avec quelque intercalation d'argile noire.

  - **Argile d'Azzel Tiferouine (60 m)** : argile noire, silteuse, micacée, quelque passées de grés gris fin à très fin localement quartzitique compact.

  - **Quartzites de Hamra (61 m)** : Grés gris blanc, fin à moyen, bien classé quartzitiques bien consolidé compact, présence d'argile noire micacée indurée.

- ***Cambrien (épaisseur partielle 58 m jusqu'à la profondeur finale du puits) :***
  Grés gris blanc translucide fin à moyen localement grossiers, mal classé.

II.8 Aspect structural :

L'interprétation sismique 2D a permis de bien détailler la structure, d'identifier ses fermetures Sud et Nord et de confirmer son importante superficie.

Le modèle structural du prospect est représenté par un vaste anticlinal limité à l'Ouest par une faille inverse d'orientation N-S, générée par les contraintes de compression hercyniennes.

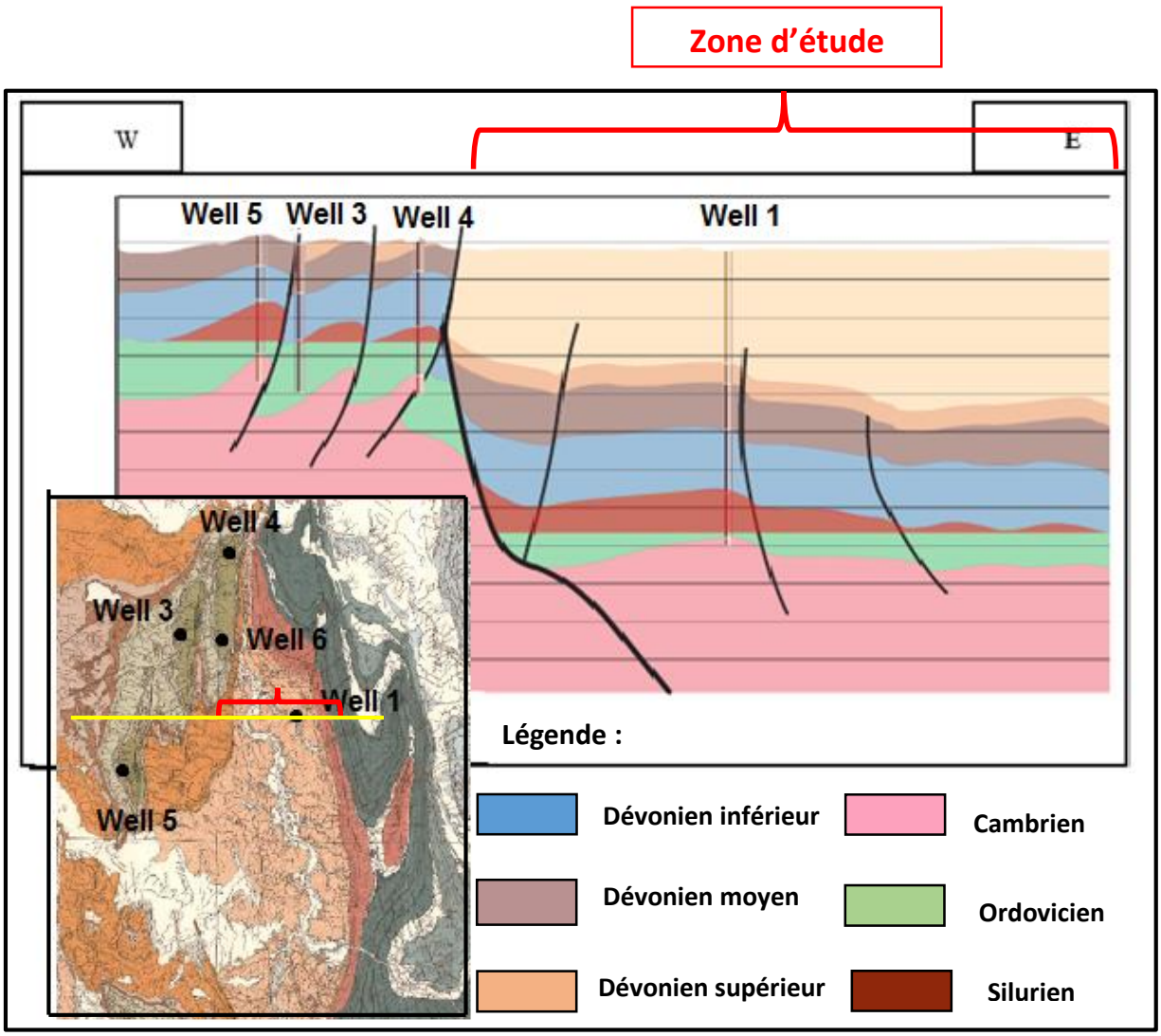


Figure.II.5 : Coupe géologique schématique à travers les structures de la zone d'étude.

II.9 Systèmes pétroliers :

II.9.1 Pièges :

Les pièges sont du type essentiellement structural (anticlinaux contre failles). Les pièges du type mixte sont aussi possibles en particulier pour les réservoirs du Dévonien Inférieur.

II.9.2 Roches couvertures :

La couverture des réservoirs de l'Ordovicien est assurée par l'épaisse série argileuse du Silurien, celle des réservoirs du Dévonien inférieur, par les argiles intercalées du même âge. La série argileuse du Dévonien supérieur assure le rôle de couverture régionale.

II.9.3 Roches mères :

Les différentes études géochimiques réalisées dans la région, il en ressort que toutes les formations argileuses depuis l'Ordovicien jusqu'au Carbonifère peuvent être considérées comme roches mères. Les plus potentielles sont les argiles radioactives du Silurien basal, du Dévonien moyen et du Dévonien supérieur.

- **Migration et Mécanisme de piégeage :**

Les voies de migration que les hydrocarbures pourraient emprunter sont difficiles à définir. Néanmoins, il a été mis en évidence un sens de migration des zones profondes vers les zones structuralement hautes. La mise en place des Hydrocarbures est possible par voie directe de la roche mère aux réservoirs.

Cette région qui est complexe et très tectonisée offre également la possibilité de migration secondaire.

- **Maturité :**

Le degré de maturité des roches mères est en phase avancée. Cette région est principalement à gaz sec.

- **Timing :**

Les principales conclusions des études géochimiques montrent que la mise en place des hydrocarbures serait essentiellement d'âge paléozoïque supérieur pratiquement synchrone à la structuration hercynienne.

II.9.4 Caractères généraux des réservoirs du bassin de l'Ahnet :

1- Cambro-Ordovicien :

- **Dalle de M'Kratta**

C'est le réservoir le plus potentiel dans la région.

Il est représenté à son sommet par des grès quartzitiques passant à des grès siliceux à silico-argileux vers la base.

Les caractéristiques matricielles sont relativement bonnes par rapport à celles du reste du bassin de l'Ahnet. Elles sont améliorées par la fracturation.

❖ **Grès d'El Goléa et d'Oued Saret**

Le débit moyen pour ces réservoirs varie de 40 000 à 60 000 m3/j.

Les niveaux réservoirs sont constitués par des grès siliceux à silico-argileux parfois quartzitiques.

Cette formation est marquée par de fréquents changements de faciès et d'épaisseur.

Les caractéristiques pétro physiques de ces niveaux réservoirs sont assez bonnes ; la porosité peut atteindre les 15%, par contre la perméabilité est très faible, elle peut atteindre 2 milli Darcys (mD).

❖ **Quartzites de Hamra**

Les quartzites de Hamra possèdent les mêmes caractéristiques que les niveaux réservoirs supérieurs.

La porosité et la perméabilité mesurées sur carottes sont respectivement de l'ordre de 7 à 15% et de 0.12 à 0.2 mD.

2 - Dévonien inférieur

❖ **Emsien**

Il est composé de trois à quatre (04) barres de grès intercalés dans une assise argileuse. Ce sont généralement des grès fins à très fins parfois grossiers avec des caractéristiques pétro physiques bonnes. La porosité atteint 20% et la perméabilité dépasse parfois 100md.

❖ **Siegénien**

C'est une barre quartzitique massive (50 à 80m). Les caractéristiques pétro physiques sont médiocres.

❖ **Gédinnien**

Les niveaux réservoirs du Gédinnien sont organisés d'une manière complexe. Ils sont caractérisés par des changements rapides de faciès et d'épaisseur.

Le niveau basal dont l'épaisseur peut atteindre une vingtaine de mètres constitue le réservoir le plus potentiel au vu de son extension spatiale large. Il possède de bonnes caractéristiques pétro physiques. La porosité peut atteindre 31% avec des perméabilités appréciables.

II.10 Travaux antérieurs réalisés dans la zone d'étude :

II.10.1 Evaluation des puits réalisés :

II.10.1.1 Puits 1 :

Les caractéristiques des principaux réservoirs traversés par le puits (well-1) couvrant la zone d'étude sont :

- **Dévonien inférieur :**
  - **Emsien :**

Il est composé de 3 barres de grés intercalés dans des argiles. Il s'agit de grés fins à moyens avec des caractéristiques pétro physiques bonnes. La première barre gréseuse est la plus importante, elle se présente avec une épaisseur de 40m, L'Emsien est aquifère.

  - **Siegénien (988-1085) m :**

Il s'agit d'une barre quartzitique massive d'une épaisseur de 97m avec des caractéristiques pétro physiques médiocres. L'interprétation des diagraphies montre un intérêt à hydrocarbures au niveau **de l'intervalle 1009-1011m**, en considérant un Cut-off de porosité de 4% et une saturation en eau (Sw) de 50%. La porosité moyenne étant de 6% avec une saturation moyenne en eau de 20%. La base du Siegénien est aquifère.

  - **Gédinnien (1085 – 1189) m :**

La base du Gédinnien montre un banc de grés de 25 m qui semble aquifère d'après l'interprétation des diagraphies.

- **Cambro-Ordovicien :**
  - **Grés d'El Goléa - Oued Saret (1597-1777) m :**

Les intervalles gréseux de ces deux formations se présentent des caractéristiques pétro physiques médiocres ce qui confirme leur caractère compact à l'exception de certains intervalles.

L'interprétation des diagraphies montre qu'ils sont à hydrocarbures avec des porosités ne dépassant pas les 5% dans l'ensemble avec une légère amélioration par endroits atteignant les 6% notamment au niveau de la Dalle de Mekrata avec une saturation moyenne en eau de 20% et un net pay de 4m sur l'intervalle (1597-1601m).

Dans l'ensemble les grés d'El Goléa présentent une porosité moyenne 2 à 3%. Ils sont compacts sauf dans l'intervalle 1613-1615m où la porosité moyenne est de 5% avec une saturation moyenne en eau de 20% cumulant ainsi, une épaisseur nette (net pay) de 2m.

Les grés d'Oued Saret présentent une porosité moyenne de 2% .Ils sont compacts ou argileux.

- **Quartzites Hamra (1837-1898) m :**

Il s'agit de grés compacts massifs sur toute leur épaisseur. Les diagraphies montrent qu'ils sont à gaz.

L'ensemble du réservoir Quartzites de Hamra, présente une porosité moyenne de 3% à 4% avec une saturation moyenne en eau de 20% cumulant un net pay de 17 m.

- **Cambrien (1898-1956) m :**

Les bancs gréseux du Cambrien présentent une porosité moyenne qui varie de 5 à 7% avec une saturation moyenne en eau est de 18%.

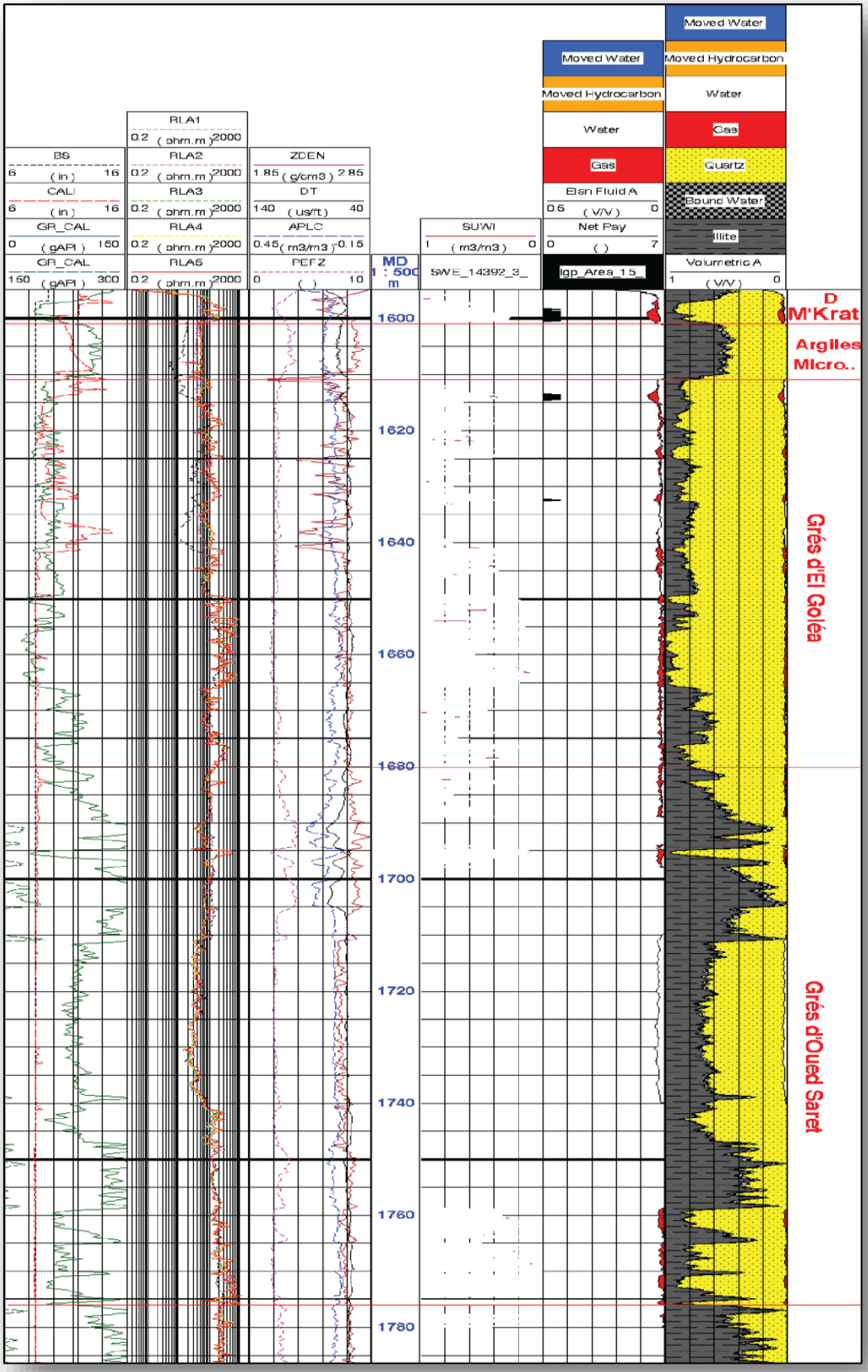


Figure II.6 : Interprétation des diagraphies (Elan) Grès d'El Goléa – Oued Saret.

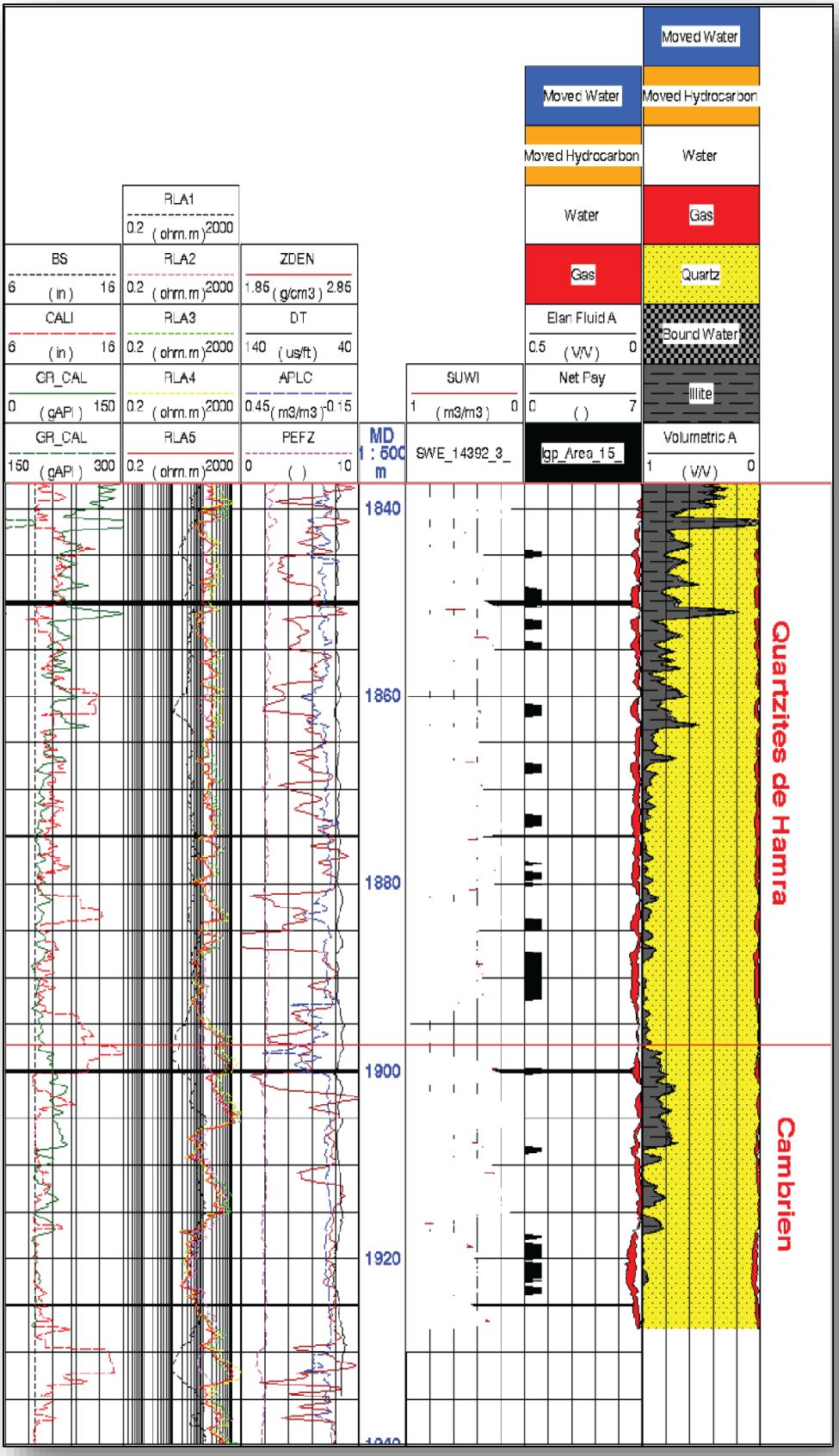


Figure.II.7 : Interprétation des diagraphies (Elan) Quartzites Hamra-Cambrien.

II.10.1.2 Puits 2 : Ce forage est en cours de réalisation.

II.10.2 Travaux antérieurs sismique 2D (Paramètres d'acquisition et lignes sismiques) :

II.10.2.1 Plan de position des profils sismique 2D et des puits :

La figure II.8 montre le plan de position de la zone d'étude.

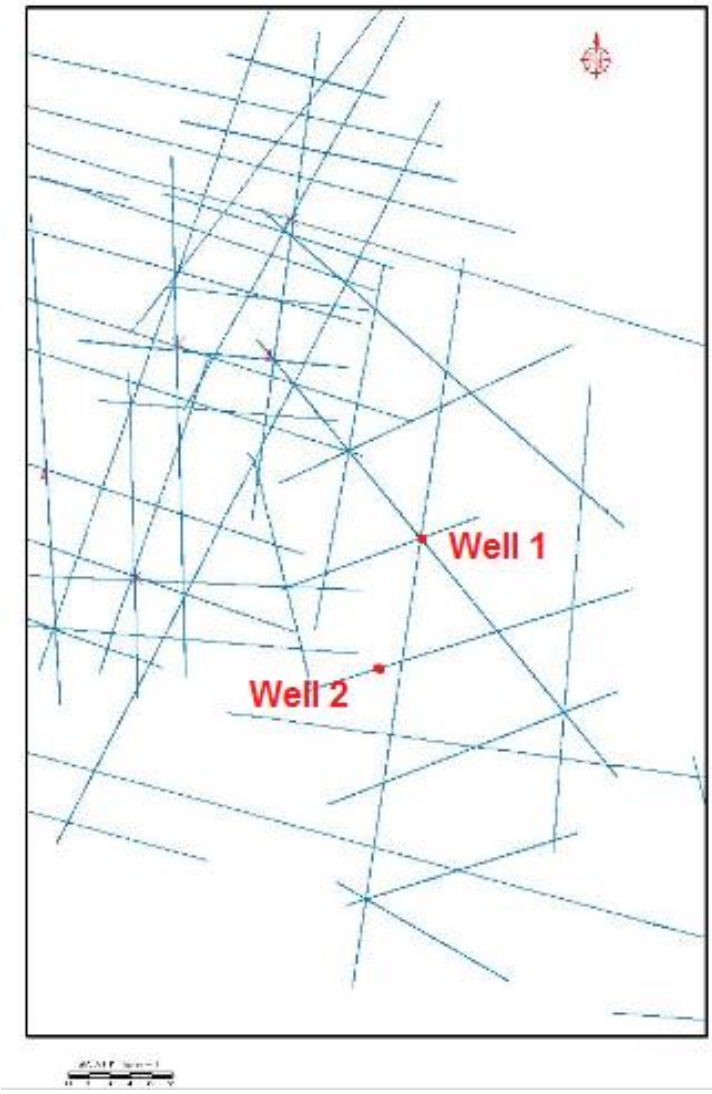


Figure II.8 : Plan de position de la sismique 2D couvrant la zone d'étude.

II.10.2.2 Paramètres d'acquisition de la sismique 2D :

Deux campagnes sismiques 2D ont été réalisées dans la région d'étude avec les mêmes paramètres d'acquisition.

Les tableaux ci-dessous récapitulent ces paramètres d'acquisitions 2D :

NB : Deux campagnes sismiques 2D ont été réalisées dans la région d'étude avec les mêmes paramètres d'acquisition.

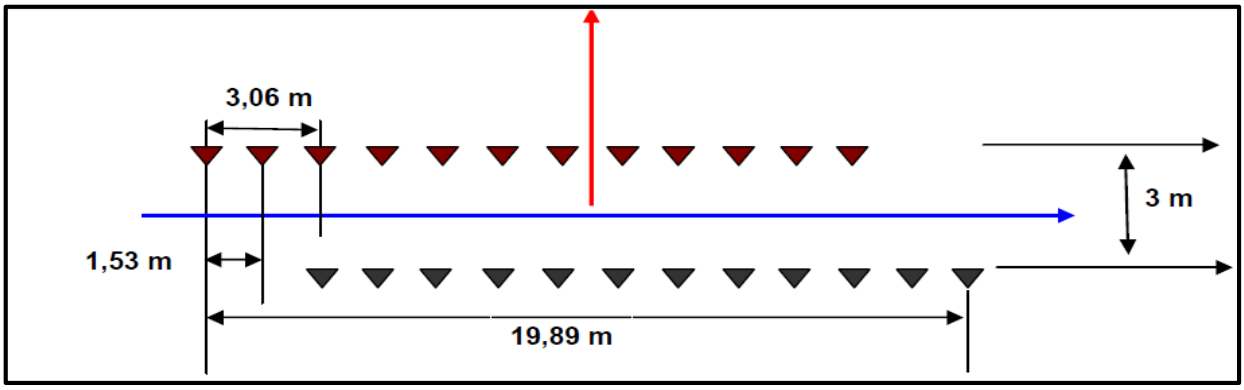
Tableau II.1 : Paramètres d'acquisition sismique 2D (géophone-source) de la compagne A et B.

PARAMETRES GEOPHONE	
Array pattern type	Parallélogramme shifter de 3,06 m
Nombre de géophones par station	2*12=24
In-line spacing entre géophones	1,53m
Intervalle récepteurs	19,89m
Longueur de la ligne de réception	20m
PARAMETRES SOURCE	
Source array length	45 m
Vibrosies spacing	15 m
Move up VP (standing sweep)	0 (standing sweep)
Nombre de vibroseis	04
Nombre de Sweep/VP	02-phase rotation (0°)
Espacement entre station de tir	20 m
Nappe centrée entre piquets	

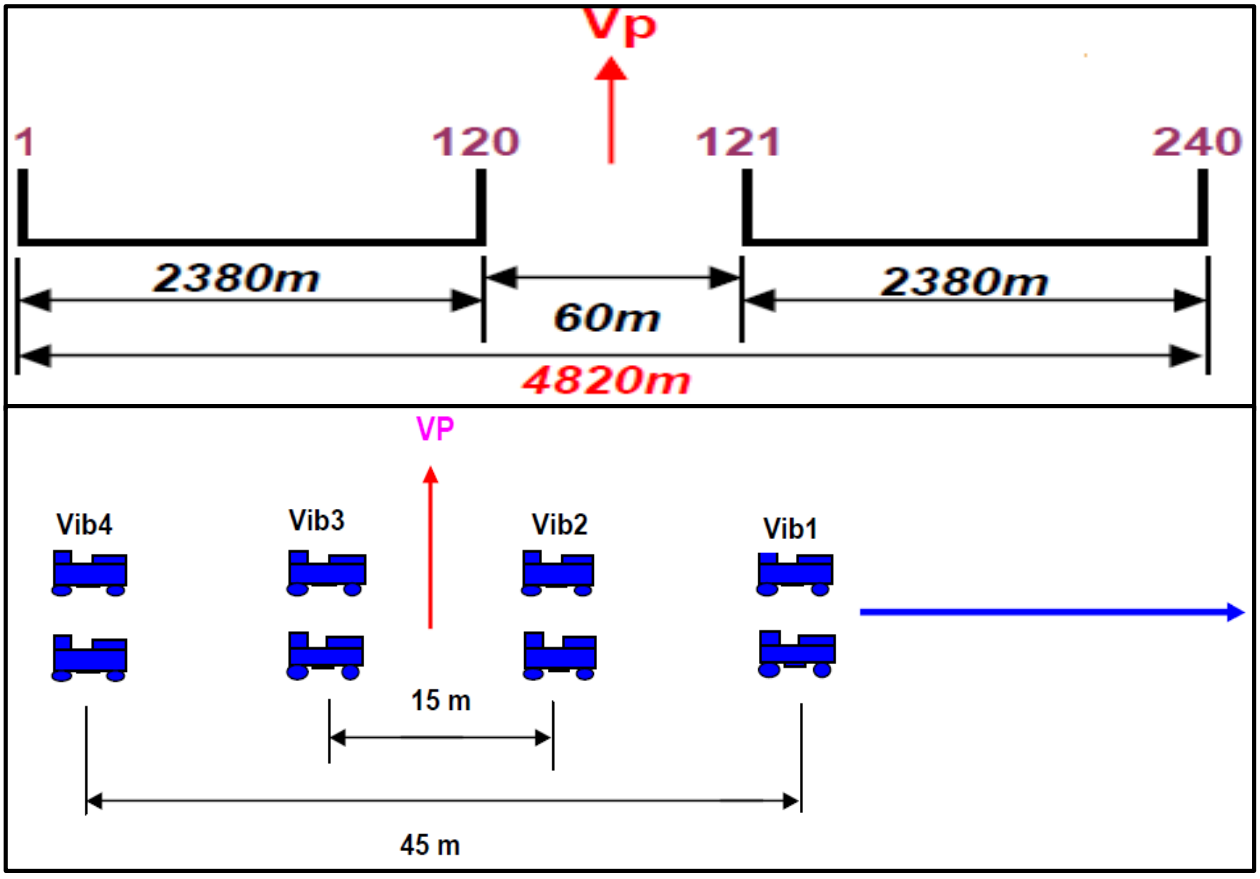
Tableau II.2 : Paramètres d'acquisition sismique 2D (Sweep) de la campagne A et B.

PARAMETRES sweep	
Longueur du sweep	08 secondes
Fréquence limite du sweep	06 – 72 Hz
Force du pique	80%
Type de sweep	+03db /octave
Taper	300 ms

1. **Nappe de géophones (trace) :**



2. **Nappe de tir :**



Le programme sismique 2D, projeté sur le prospect se caractérise par un maillage relativement large qui couvre l'ensemble de la structure, fermée contre faille.

II.10.3 Profil sismique vertical PSV (calibration) :

Un profil sismique vertical a été réalisé au niveau du puits vertical well-1 dans les conditions open et cased hole, en utilisant des vibroseis comme source d'émission positionnée proche de la tête de forage (acquisition PSV avec offset zéro). Le PSV a permet de réaliser :

- ✓ La corrélation avec la profondeur de la sismique réflexion.
- ✓ La mesure des vitesses des ondes P et S.
- ✓ L'estimation du pendage des réflecteurs.
- ✓ La localisation des plans de faille.
- ✓ La corrélation entre les arrivées réfléchies P et S.

Toutes les manipulations suscitées ont permis d'obtenir une sismique de détail au voisinage du puits.

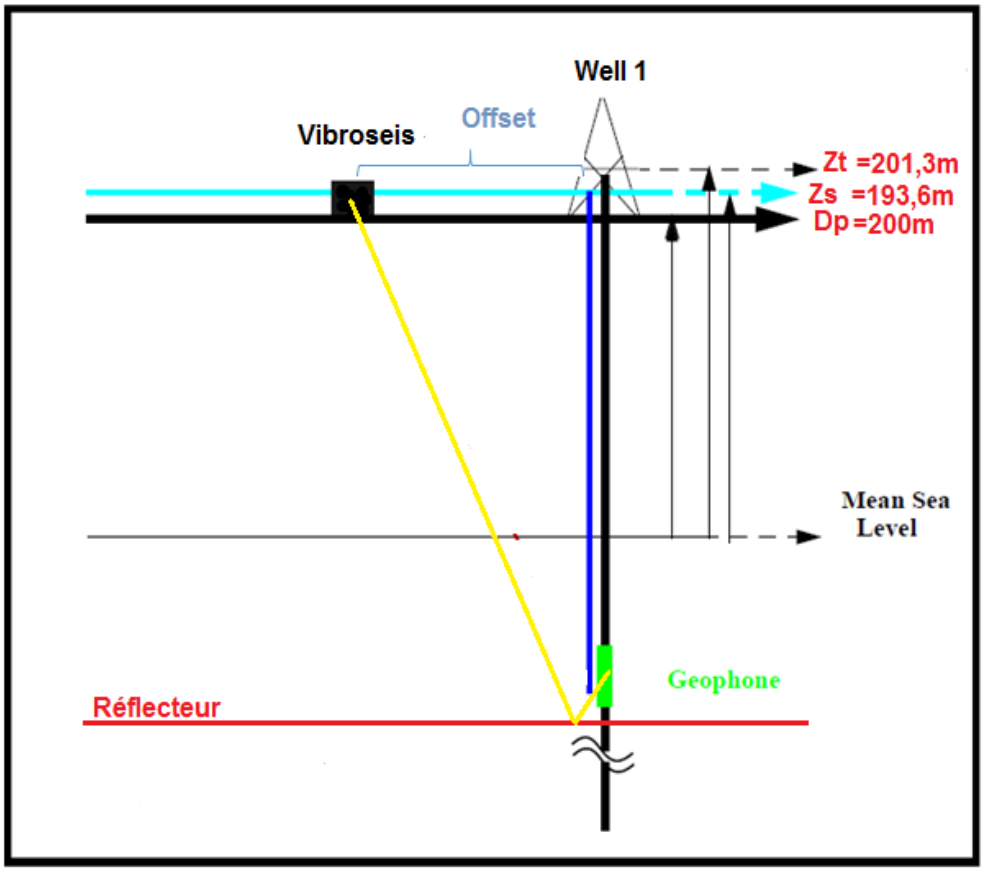


Figure II.9 : Schéma d'acquisition d'un profil sismique vertical.

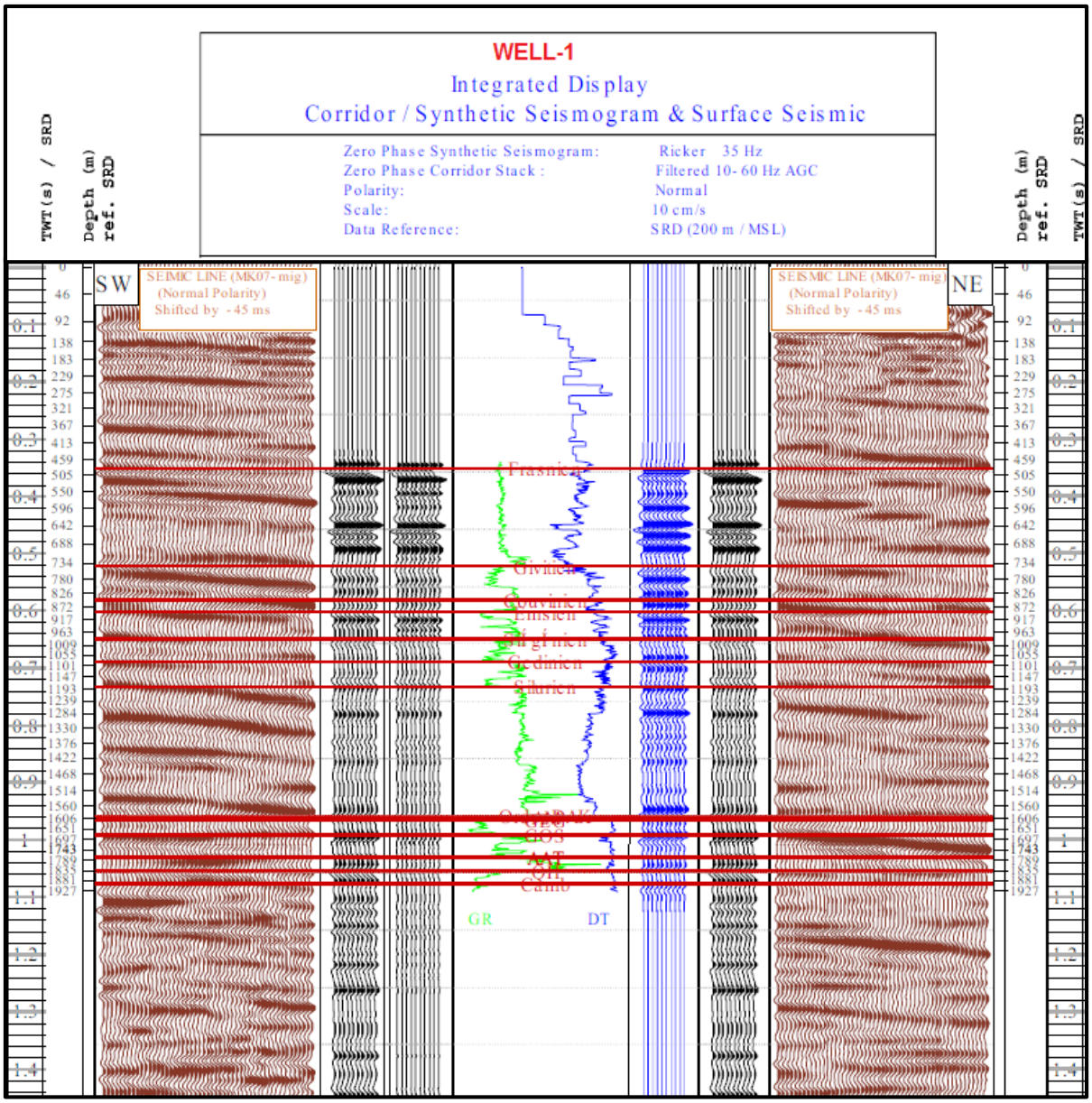


Figure II.10 : Profil sismique vertical du puits well-1.

II.10.4 Corrélation sismique 2D :

Les diagraphies et le PSV ont permis d'identifier et de corréler les lignes sismiques de la région.

- Le tableau suivant regroupe les horizons qui ont été suivis avec leurs profondeurs en Two Way Time (TWT) à savoir :

Tableau II. 3 : Les horizons sismiques suivis en fonction de leurs profondeurs en TWT (ms).

Appellation de l'horizon	**Horizon**	**Couleur sur section sismique**	**Profondeur en TWT (ms)**
H_1	Famennien	Orange	350
H_2	Givétien	Jaune	525
H_3	Couvinien	Vert pistage	560
H_4	Emsien	Blanc grisâtre	600
H_5	Siegénien	Violet	640
H_6	Gédinnien	Rose	685
H_7	Silurien	Vert	750
H_8	Ordovicien	Bleu	962

❖ Les figures ci -dessous représentent deux coupes de sections sismiques et un composite de différents profils sismiques 2D dans les directions N-S et E-O tel que :

- La figure II.11 montre une section sismique de direction Nord-Est - Sud-Ouest issue de la campagne sismique A, qui passe par le puits-1 (well-1). Cette ligne a permis de corréler huit horizons représentés dans le tableau ci-dessus.

- La figure II.12 montre un composite (montage) de deux lignes sismiques de direction Nord-Sud qui assurent la corrélation entre les deux puits : well-1 et well-2. Ce composite montre une continuité de nos huit (08) horizons.

- La figure II.13 montre une coupe sismique orientée est-ouest issue de la campagne sismique A et qui passe à travers deux failles : une faille majeure dominante orientée Nord-sud, accompagnée de quelques failles orientées Nord-Est-Sud-Ouest du type inverse.

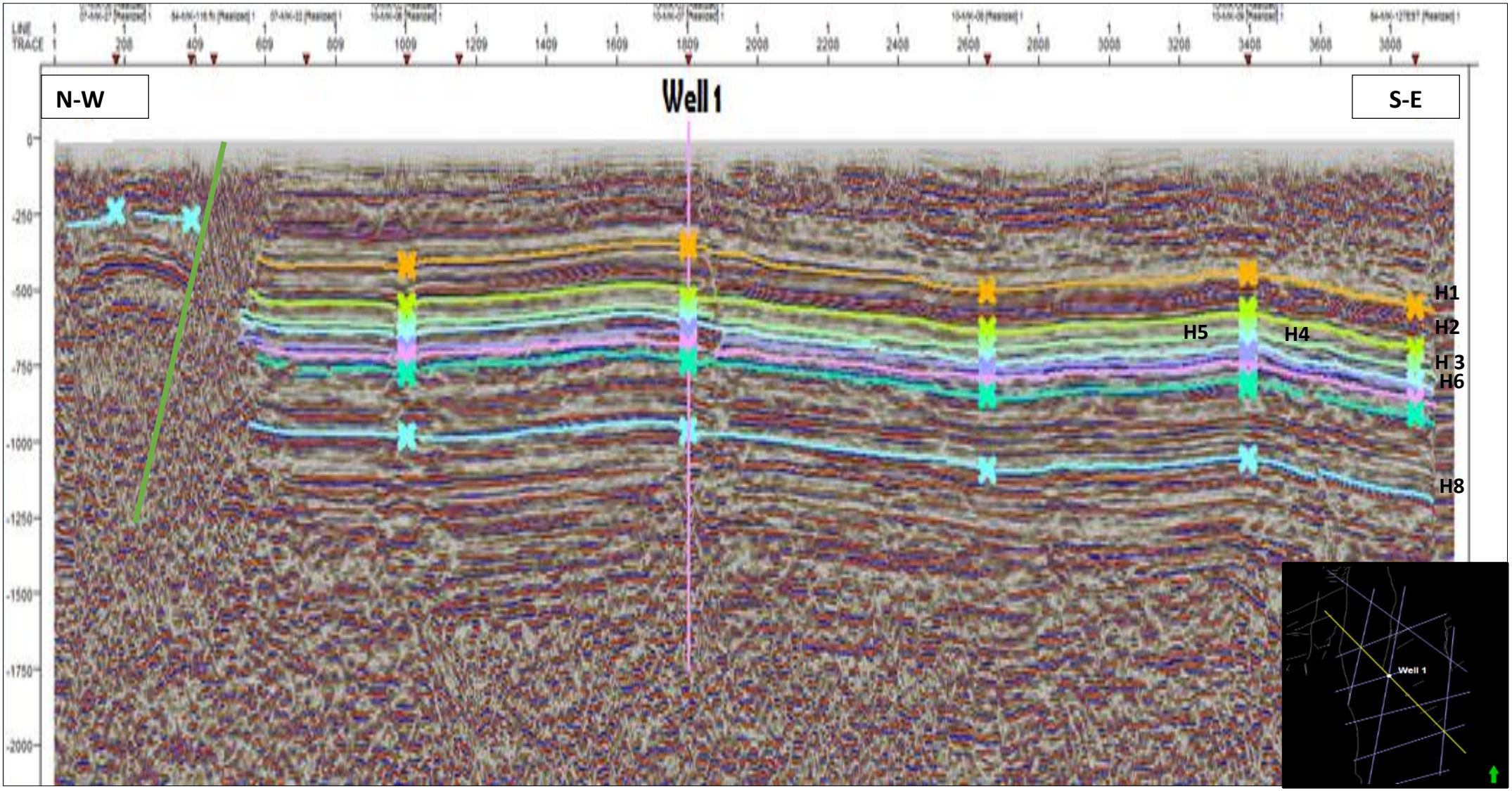


Figure II.11 : Coupe sismique 2D N-W – S-E.

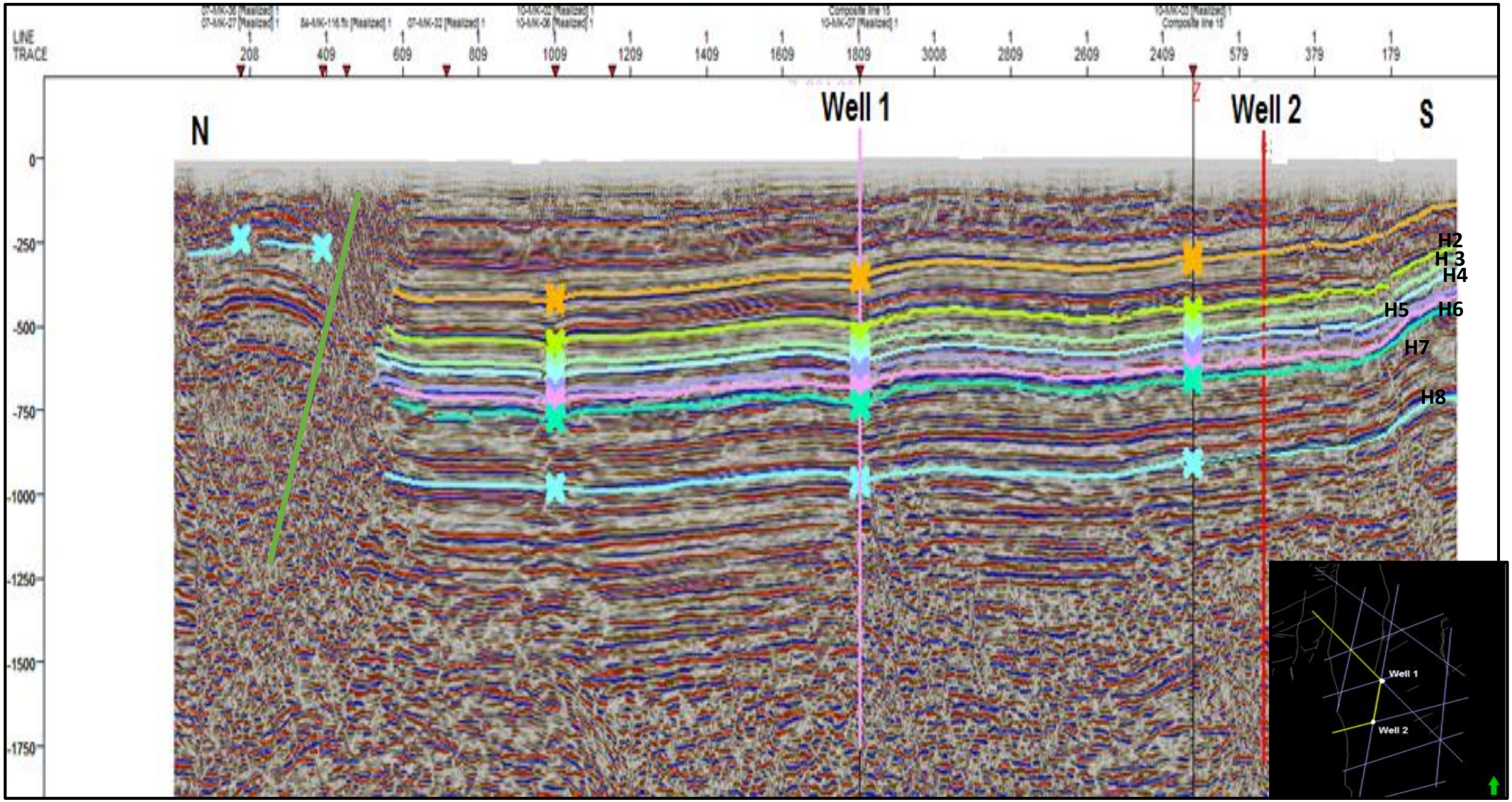


Figure II.12 : Composite 2D N-S.

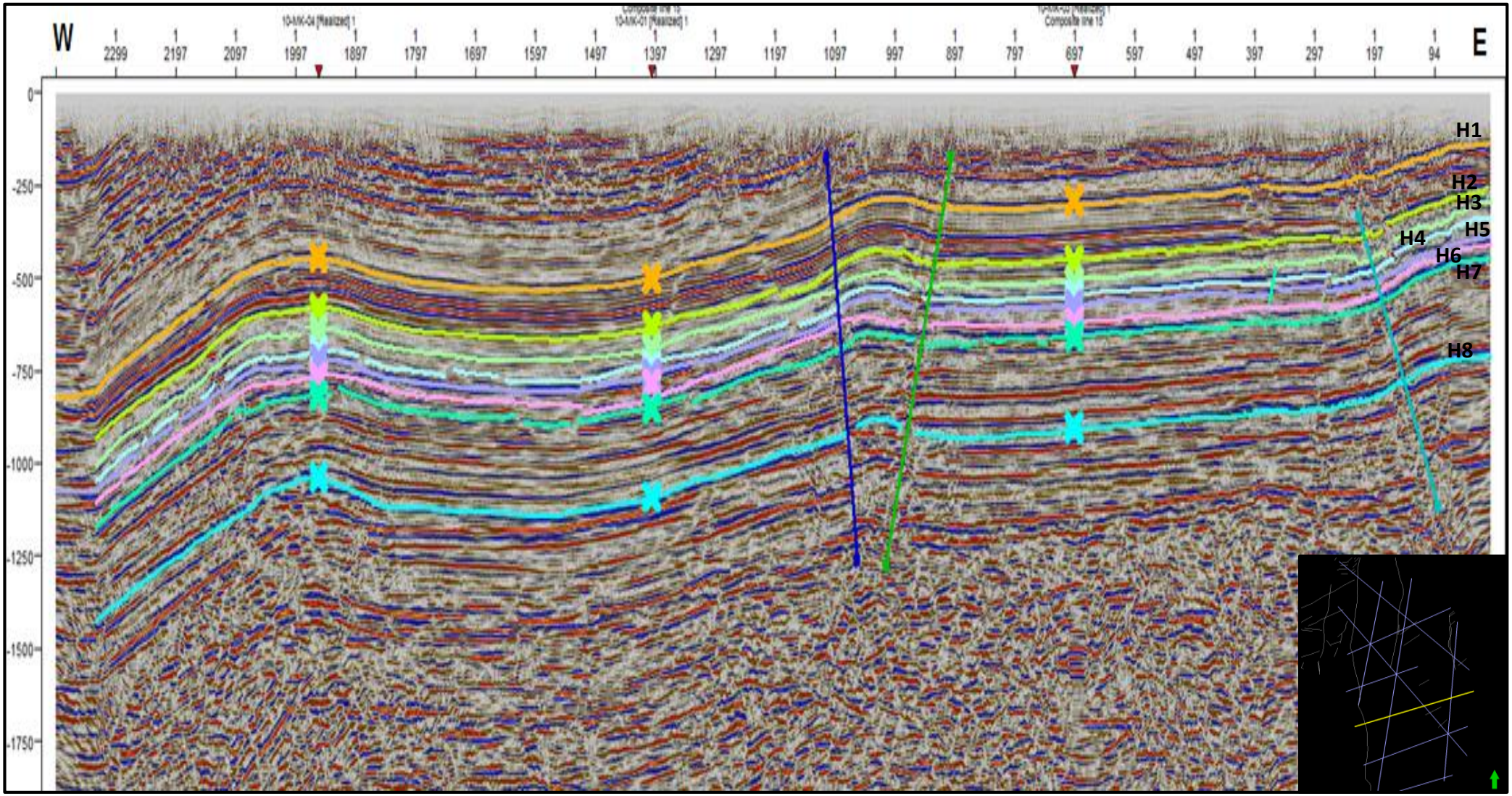


Figure II.13 : Coupe sismique 2D Est-Ouest.

II.10.5 Cartographie :

L'interprétation des profils sismiques des deux compagnes sismiques A et B a achevé à la conception des cartes en isobathe, iso vitesses et isobathes au toit de l'Ordovicien du prospect.

❖ Carte en isochrones :

Cette carte représente des courbes en isochrones exprimées en temps double, mis par l'onde pour un aller retour entre la surface et l'horizon (Ordovicien) en question, donc cette carte montre l'architecture en plan de l'odrdovicien en subsurface avec un inter courbe de 10ms.

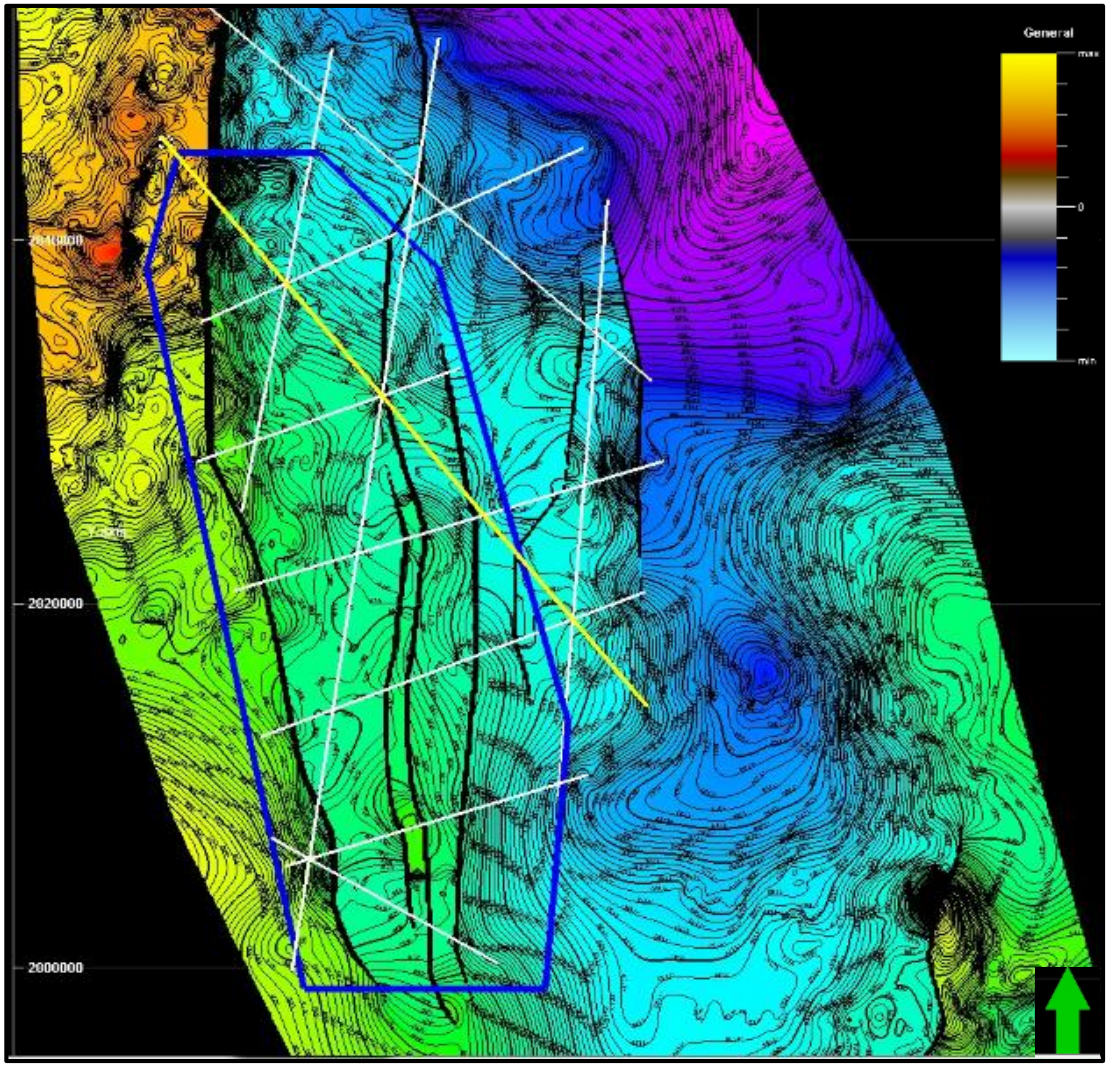


Figure II.14 : Carte en isochrones au toit de l'Ordovicien.

❖ Carte en isovitesses :

- La carte en isovitesses a été établie à la base des deux puits (well-1 et well-2). Cette carte montre la variation de la vitesse moyenne au toit de l'Ordovicien dans la zone d'étude.

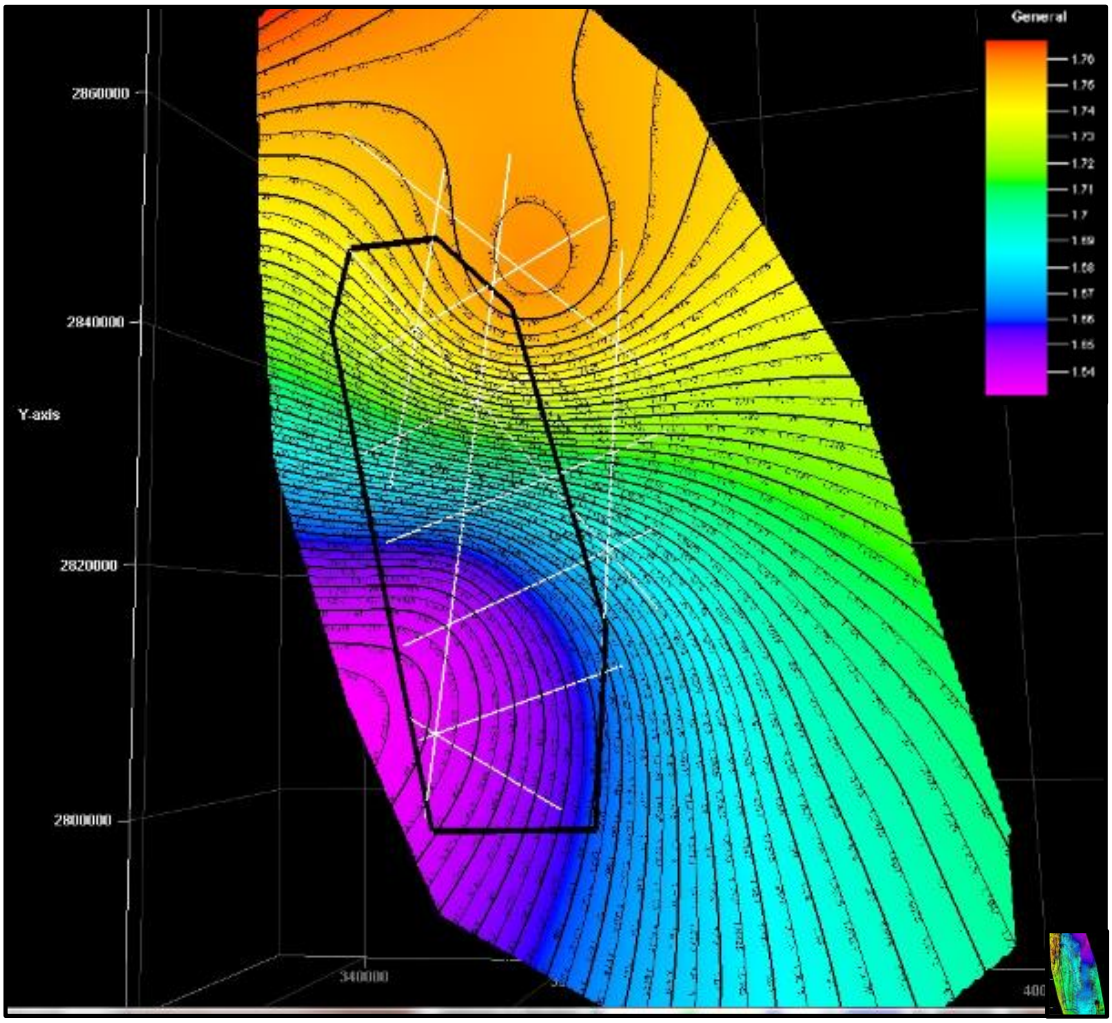


Figure II.15 : Carte en isovitesses au toit de l'Ordovicien.

❖ Carte en isobathes :

- Après calage des horizons, l'interprétation des profils sismiques a abouti à la conception d'une carte en isobathes au toit de l'Ordovicien du prospect avec un inter courbe de 10ms.
- La structure se présente avec un axe principale orienté Nord-Sud, elle est contrôlée essentiellement par une faille majeure de rejet de 1000m qui assure aussi la fermeture Ouest de ce prospect.

- Le prospect représenté par une fermeture contre faille, dévoile le compartiment affaissé de cette dernière avec comme fermeture structurale de valeur -1700m et une superficie totale de l'ordre de 156 km² et une amplitude de 600 m.

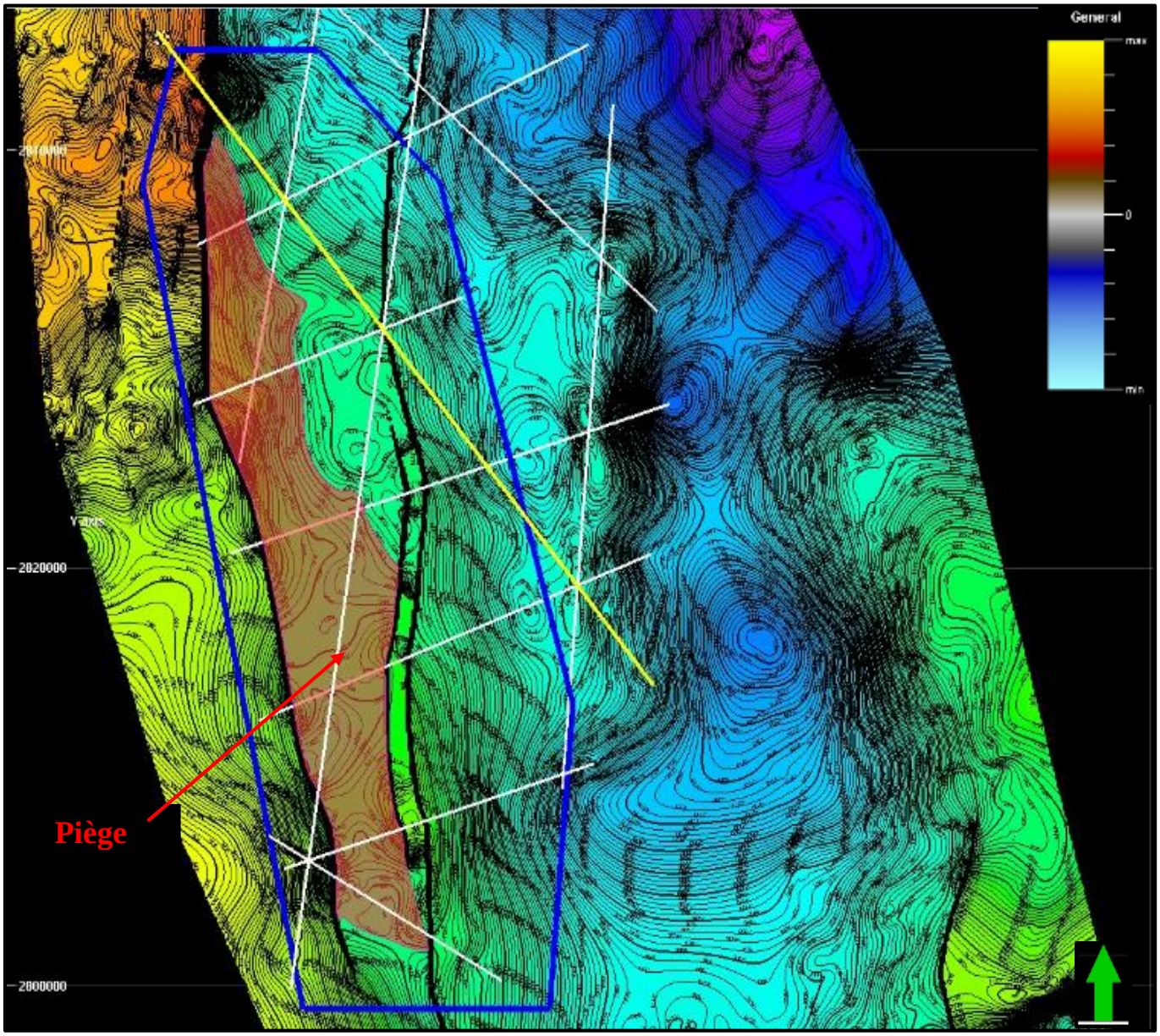


Figure II.16 : Carte en isobathes au toit de l'Ordovicien.

Apres analyse et interprétation des données sismique 2D et des données des puits well-1 et well-2) ; la zone d'étude se caractérise par :

- La présence d'un piège structural contre faille.
- Un environnement pétrolier très favorable (présence de roche mère, roche couverture et réservoir).
- Présence d'un réservoir Tight interprété à gaz qui se situe à 1600 m de profondeur.
- Présence des réservoirs conventionnels peu profonds (Dévonien inférieur) à 700m.

Problématique de la zone d'étude :

Afin de mieux définir le piège structural et caractériser le réseau de fracture et par conséquent une meilleure évaluation des volumes d'hydrocarbures et optimisation des points d'implantation, il a été jugé nécessaire de projeter un programme sismique 3D.

II.11 Projection du programme 3D proposé sur les différentes cartes :

1. Carte satellitaire :

Les photographies aériennes ont permis une meilleure appréciation des structures et accidents en surface qui affectent notamment la partie centrale du secteur d'étude.

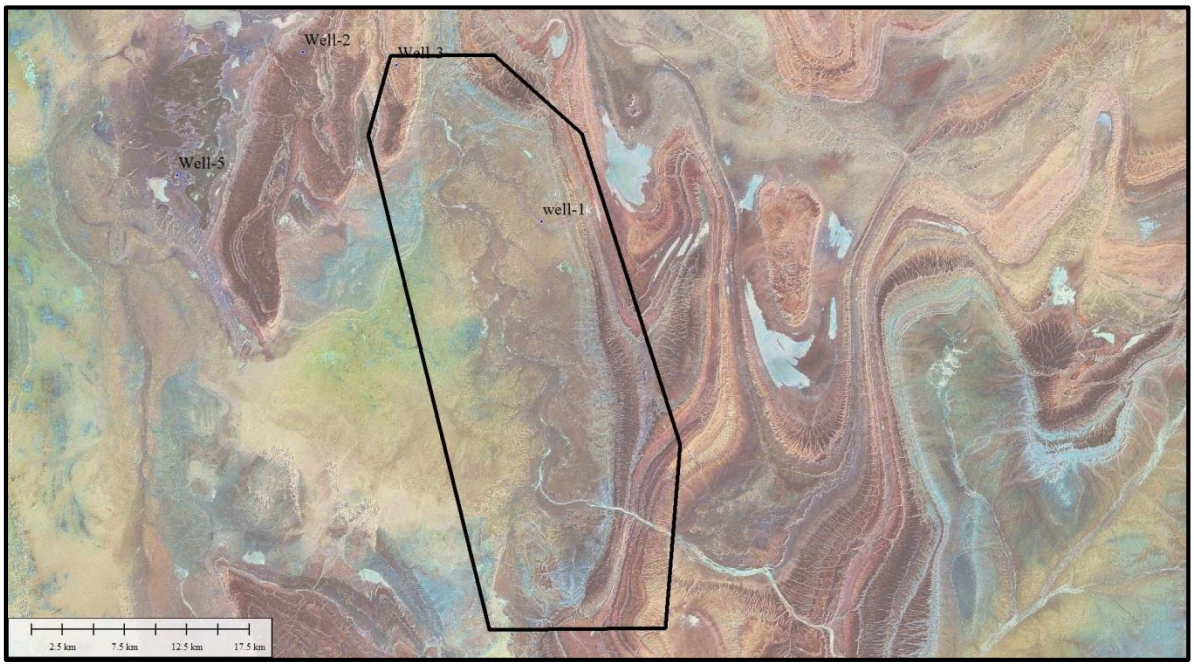


Figure II.17 : Limites du programme sismique 3D sur carte satellitaire.

2. Carte topographique :

Topographiquement cette carte montre que la région est relativement calme.

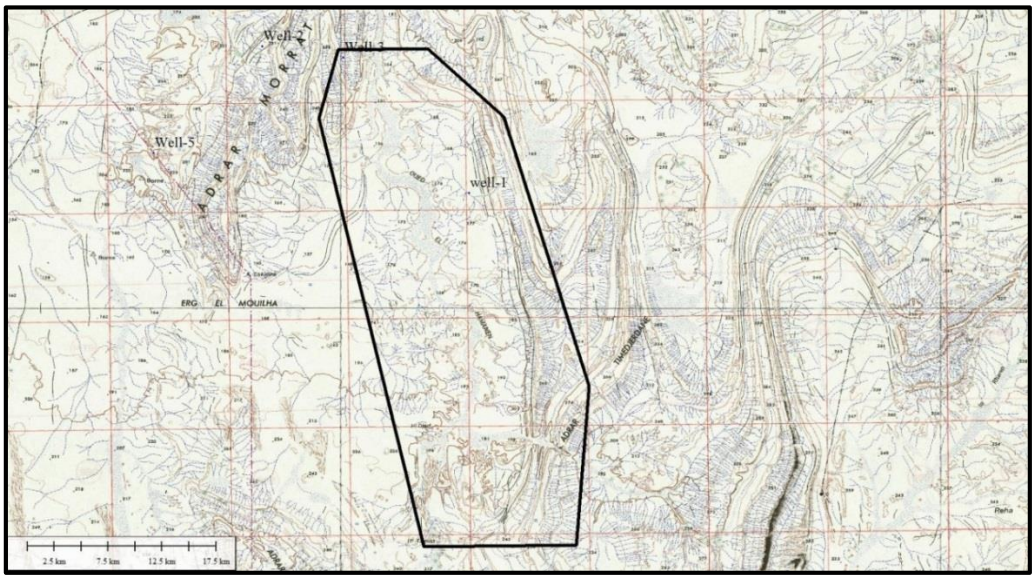


Figure II.18 : Limites du programme sismique 3D sur carte topographique.

3. Carte en altimétrie :

Cette carte représente les variations d'altitude de la zone d'étude par rapport au niveau zéro de la mer.

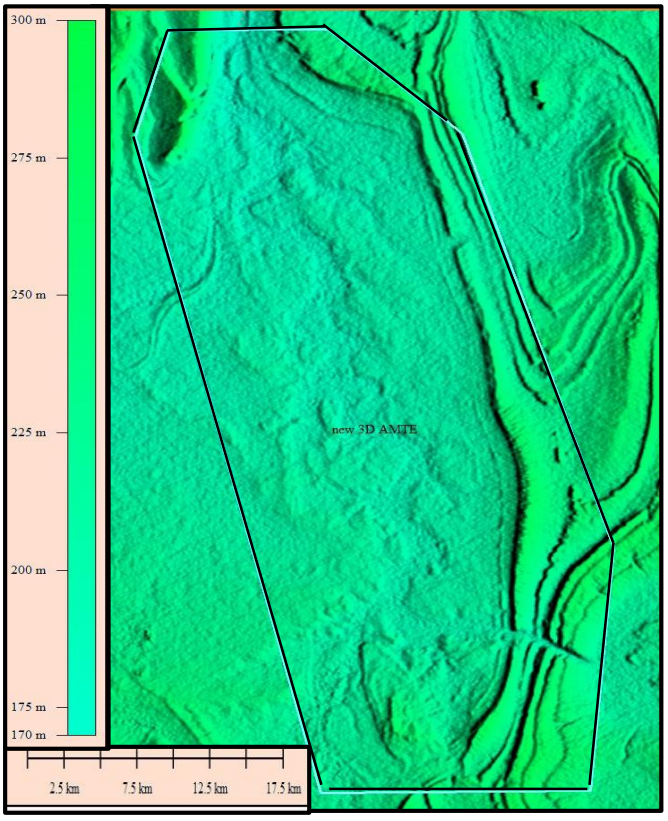


Figure II.19 : Limite du programme sismique 3D sur carte d'altémetrie.

Chapitre III

Préparation du design d'une étude sismique 3D

Introduction :

Pour mener à bien une étude sismique 3-D, il faut cerner tous les paramètres de la conception de l'étude en fonction de l'objective géophysique tout en réduisant au minimum le coût et la période de l'acquisition et du traitement.

L'opération « choix des paramètres optimaux d'acquisition » appelée «design », est basée sur un ensemble de critères qui doivent être vérifiés afin d'améliorer la qualité, d'acquisition, de traitement et l'interprétation des résultats et augmenter le rapport S/B avec un temps de calcul et un coût économique moindre. Il existe plusieurs façons de planifier une étude sismique 3D, quelle que soit la différence entre ces techniques on doit passer par quatre étapes principales :

1- la spécification.
2- l'évaluation.
3- Détermination des paramètres d'acquisition.
4- Le design final.

III.1. Spécification :

C'est la phase de la précision de l'objectif à atteindre par l'étude, Il est à définir la profondeur de l'objectif géologique, et la résolution exigée pour mieux visualiser ce dernier. Cette phase est souvent appelée phase de reconnaissance du problème géophysique. Cette phase est constituée par les étapes suivantes :

III.1.1. spécification par des données géologiques :

Les données géologiques sont les données primaires lors de la prospection d'une région non explorée, le géologue en utilisant les cartes essaie de définir la structure du bassin, estimer les profondeurs des couches et leurs identifications.

III.1.2. Modelling :

La création d'un modèle de l'objectif et des couches adjacentes, permet d'avoir un aperçu sur les éléments de cet objectif et par conséquent optimiser les paramètres et éviter les erreurs qui diminuent la qualité du résultat.

Pour établir ce modèle, les paramètres tels que les densités et les vitesses des couches à sonder ainsi que les paramètres du dispositif désiré, sont exploités.
Parmi les avantages du modelling 2D et 3D, il est à citer :

- la détermination de la bande de fréquence et la phase qui donne la meilleure image de l'objectif.
- Le test et la comparaison des différents types de géométries d'acquisition sur le modèle.
- Le choix de l'algorithme de traitement et d'interprétation (migration, CDP GATHER, AVO...) le plus fiable pour éliminer les bruits et les erreurs d'interprétation.

III.2. Evaluation :

Elle peut être étudiée séparément, elle consiste à évaluer le data existant afin de voir les paramètres géophysiques de la zone à prospecter, on distingue plusieurs types d'évaluations.

III.2.1 Evaluation des données des puits existants :

Les données des anciens puits sont à exploitées parmi lesquelles il est à citer les données de Logging (diagraphies), Sonic, PSV (profil sismique vertical à offset zéro) et résistivités.

Ces données permettent de tirer les informations sur les propriétés de transmission des divers signaux des couches surmontant l'objectif ainsi que les paramètres géophysiques tels que la comparaison des tops de formations, extraites des Logs d'impédances acoustiques avec les pics de réflexions réelles des VSP. Ces données permettent aux géophysiciens de distinguer les réflexions réelles des multiples et identifier leurs origines. Ce qui permet finalement de choisir les paramètres adéquats lors de l'élaboration d'un programme d'acquisition sismique et son du traitement ultérieure en minimisant leurs effets et relever le rapport Signal sur Bruit (S/B).

Les paramètres importants pour le design 2D et 3D tirés des données de puits sont :

- la fréquence maximale F_{max} requise pour la résolution.
- l'estimation du coefficient d'atténuation inélastique **Q** qui permet de calculer l'énergie nécessaire pour l'obtention des informations prédéfinies.
- évaluer le rapport signal / bruit nécessaire afin de pouvoir distinguer les changements d'amplitudes au niveau de l'objectif (AVO).

III.2.2. Evaluation des données des études sismiques antérieures 2D et/ou 3D :

Les paramètres importants pour le design 2D et 3D des données de sismique de surface antérieures sont :

1- l'angle de pendage maximum des couches ciblées et qui correspondent aux principaux réservoirs. C'est un paramètre essentiel pour le design d'un dispositif 3D.
2- la source d'énergie et la disposition des points de tirs ainsi que les paramètres du sweep (dans le cas d'une source vibrateur).
3- les corrections statiques de la région d'étude et les difficultés que produit la zone altérée sur le traitement des données.
4- les obstacles de terrains (les habitations, les routes, les forets ….) recensés à partir des différentes cartes et photos satellite.

III.3. Détermination des paramètres d'acquisition :

Les paramètres à prendre en considération lors d'un design 3-D sont :

- La couverture In-line.
- La couverture X-line.
- La couverture totale.
- La dimension du bin.
- L'inter-trace.
- L'offset maximum.
- L'offset minimum.
- L'interligne de réception.
- L'interligne de source.
- La densité des points de tir.
- La surface de l'étude.

III.3.1. Couverture :

La couverture est une technique dont le but est l'amélioration du rapport S/B. L'ordre de la couverture est défini par le nombre de traces d'angles ou d'azimuts différents contribuant à reconstituer une trace par sommation et qui correspond à un CMP Bin.

L'ordre de la couverture en sismique 3D est généralement inférieur à celui de la sismique 2D, car l'indépendance des trajets d'ondes diminue la redondance d'offsets dans la 3D. Le choix de la couverture est obtenu en examinant les anciennes études 2D menées dans la région à étudier. Plusieurs relations permettent de tirer l'ordre de couverture 3D en fonction de la 2D sachant que l'augmentation de la couverture est assurée soit, par le dispositif au cours de l'acquisition, soit, au cours du traitement/ retraitement, avec application de la migration (focalisation d'énergie) ou bien encore par le DMO (Dip Move Out).

Plusieurs formulations exprimant la relation entre la couverture 2D et celle obtenue par les résultats des design 3D sont proposées :

- T.KERY (1987) a traité la relation de la couverture en 3D et celle en 2D. La formule proposée par cet auteur est la suivante :

$$CV_{3D} = 1 / 3\ CV_{2D}$$

Cette relation peut donner des résultats acceptables dans le cas d'un excellent rapport S/B.

- Pour obtenir des résultats comparables avec ceux des données de bonne qualité de sismique 2D, une autre relation est proposée par CORDSEN et PIERE (1995) :

$$CV_{3D} = 2 / 3\ CV_{2D}$$

- T.KERY a développé une formule plus complète et qui s'énonce comme suit :

$$CV_{3D} = CV_{2D}.\ ((Bin^2_{spacing} / CDP_{spacing})).\ F.\ \pi.0,\ 401) / V$$

Avec :
CV_{3D} : Couverture de la sismique 3D.
CV_{2D} : Couverture de la sismique 2D.
CDP : L'espacement entre les CDP's.
F : La fréquence.
$Bin_{spacing}$: la dimension du bin.

Si l'espacement inter-traces en 2D est beaucoup plus petit que la taille du bin souhaité en 3D, alors la couverture CV_{3D} doit être relativement plus resserrée pour obtenir des résultats comparables.

- Il y a plusieurs manières de calculer la couverture mais la formule qui permet de la déterminer plus facilement est :

$$CV_{3D} = NS.\ NC.\ b.\ u^2$$

Avec :
NS : Le nombre de points de source par unité de surface
NC : Le nombre de points canaux
b : La dimension de bin
u : facteur d'unité (10 -6 m/Km ²)

- La couverture totale est composée de deux sous couvertures suivant les directions, In-line et X-line :

III.3.1.1. La couverture longitudinale (In-Line) :

C'est la couverture souhaitée suivant la direction des lignes de réception. L'expression principale du calcul de la couverture longitudinale est :

$$\boldsymbol{couverture\ In-Lines = \frac{LLR}{2 \times SLI} = \frac{N \times RI}{2 \times SLI}}$$

Avec :

N : nombre de traces dans chaque ligne du template.
LLR : longueur de la ligne réceptrice
SLI : *Source Line Interval*

III.3.1.2. La couverture transversale (Cross-Line) :

C'est la couverture souhaitée suivant la direction transversale aux lignes de réception.

$$\boldsymbol{Couverture\ Cross-Lines = \frac{NLR}{2}}$$

Avec : m (**NLR)** : nombre de lignes réceptrices par template.

II.3.1.3. Couverture totale :

C'est la multiplication des couvertures In-lines par Cross-lines.

$$\boldsymbol{CV_T = CV_C . CV_I}$$

Avec :
$\boldsymbol{CV_T}$: la couverture totale
$\boldsymbol{CV_I}$: la couverture en In-lines
$\boldsymbol{CV_C}$: la couverture en X-lines

III.3.1.4. Relation entre la couverture et le rapport S/B :

La couverture est habituellement basée sur le désir d'obtenir un bon rapport S/B. Doubler le rapport S/B exige de quadrupler la couverture voir la figure (III-1). D'après CORDESEN ET PIERE (1995) cette relation est illustrée comme suit :

$$\boldsymbol{CV_{3D} = K\,(S/B)^2}$$

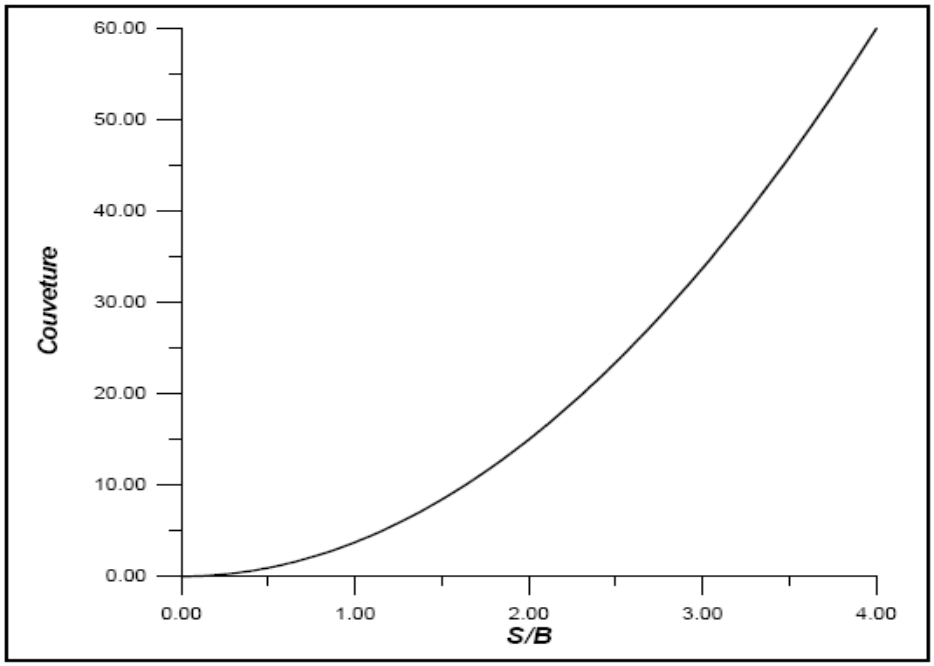


Figure III.1 : Relation entre la couverture et le rapport Signal/Bruit

III.3.1.5. Relation entre la couverture et la fréquence du signal :

La couverture en 3D augmente avec la fréquence du signal utilisé, T. KERY (1987) a proposé la relation suivante :

$$CV_{3D} = CV_{2D}. F. K'$$

Avec :
F : La fréquence du signal.
K' : Constante.

En général, la couverture 3D est toujours prise inférieure à celle de la sismique 2D, car le programme de la migration en 3D au cours du traitement des données permet une plus grande focalisation de l'énergie par rapport à la 2D. La couverture est récupérée avec la migration.

III.3.1.6. Relation entre la couverture et les dimensions du Bin :

La couverture augmente avec l'augmentation des points de tirs, du nombre de canaux d'enregistrements et des dimensions du Bin comme le montre la formule suivante :

$$CV = NS.NC.\ b^2.\ 10^{-6}$$

***NS* :** la densité des points sources (km2).
***NC* :** le nombre de canaux récepteurs / patch.
***b* :** la dimension du BIN.
Pour aboutir à cette équation on sait que **:**

Nombre de points milieux = nombre de points sources * *NC*

Et

Densité des points de tirs = nombre de sources / superficie du patch dans l'étude.

De ces deux équations il ressort que :

Le nombre de points milieux / superficie de l'étude = *NS. NC*

La superficie de l'étude / le nombre de BIN = b^2

On aboutit à :

Le nombre de points milieux / le nombre de BIN = $NS.NC.\ b^2.\ 10^{-6}$

Il en ressort que la relation est proportionnelle entre la taille du bin et la couverture. Cette relation est traduite par l'équation suivante (voir la figure III .2).

$$CV = K.\ b^2$$

Avec :
K : constante.
b : longueur d'un côté du bin.

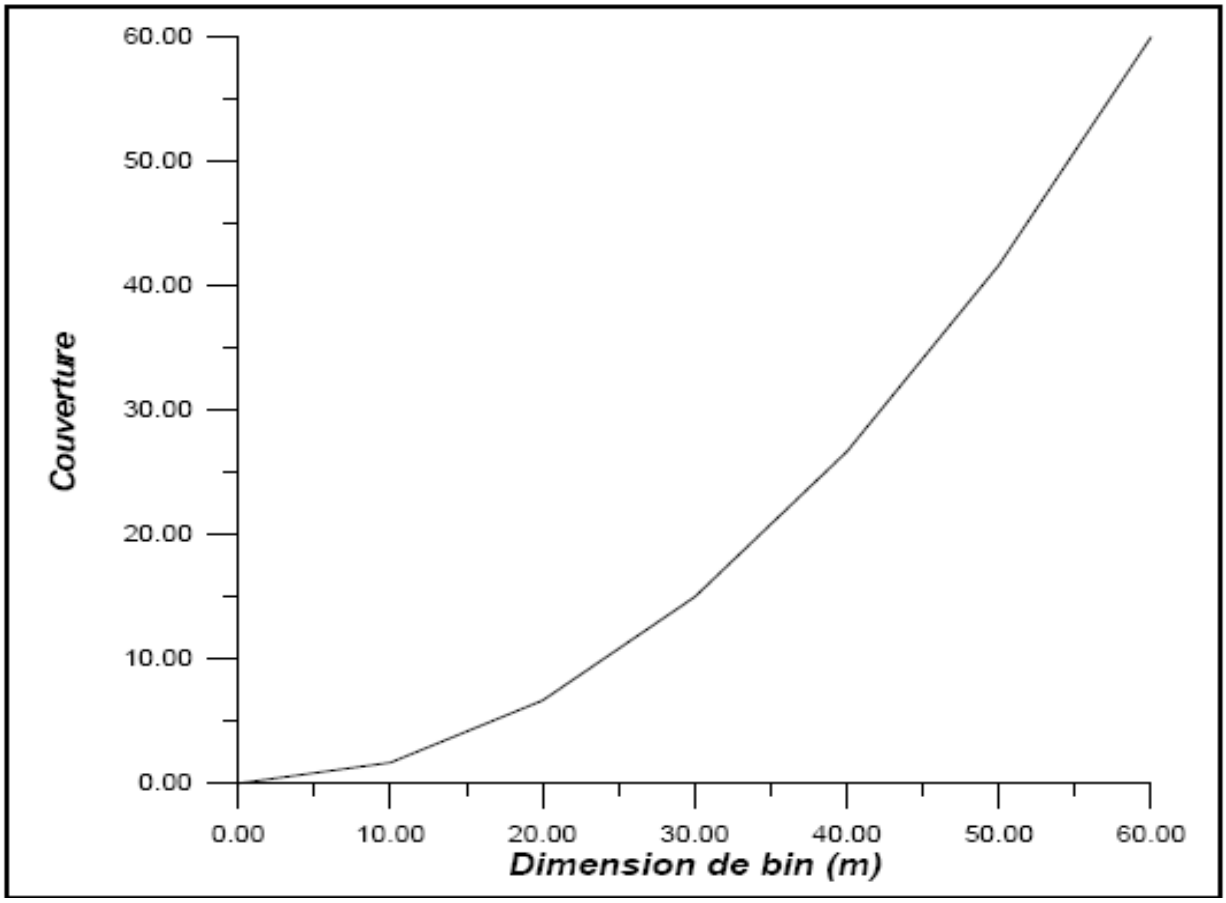


Figure III .2 : Relation entre la couverture et la fréquence du signal

III.3.1.7. La couverture et le problème d'effeuillement :

Dans le cas où la longueur de la ligne de réception est mal choisie de sorte que la couverture In-Line ou Cross-Line présente une valeur non entière, la distribution de la couverture sera perturbée (éparpillée), et médiocre. Par contre si les valeurs de la couverture X-lines et In-lines sont entières, la distribution de la couverture sera uniforme. Pour mieux comprendre le phénomène, il est à citer la comparaison entre deux dispositifs de réception de 720 canaux chacun, le premier avec 10 lignes de 72 récepteurs chacun et le second 9 lignes de 80 récepteurs chacun et on procède au test de distribution de la couverture (In-lines, X-lines et totale), figure (III.3).

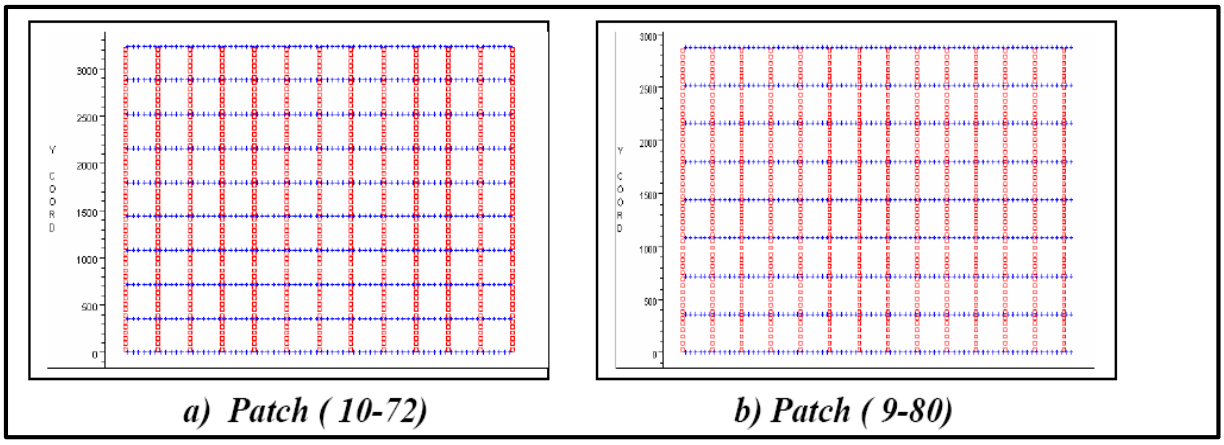


Figure III.3 : exemple de deux patchs.

III.3.1.7.1. couverture In-lines et le problème d'effeuillement :

A partir des deux dispositifs précédents, pour le premier cas (patch 10-72), le calcul de la couverture in-line à partir des paramètres connus tels que par exemple :

- RI=60m
- RLI=360m
- RLL=4320m
- SI=60m
- SLI=360m

Nous remarquons que cette dernière est égale à 6, ce qui donne une distribution de la couverture d'une manière uniforme suivant la direction In-lines comme l'indique la figure (III.4.a). Par contre pour le deuxième dispositif (patch 9-80) et avec les mêmes paramètres utilisés auparavant la couverture en In-lines est égale à 6,7.

Cette valeur n'est pas un nombre entier et posera un problème d'effeuillement comme le montre la figure (III.4.b). Certaines valeurs sont de 6 et d'autres autres ont une valeur 7 donc une moyenne de 6,7. Ce qui est indésirable.

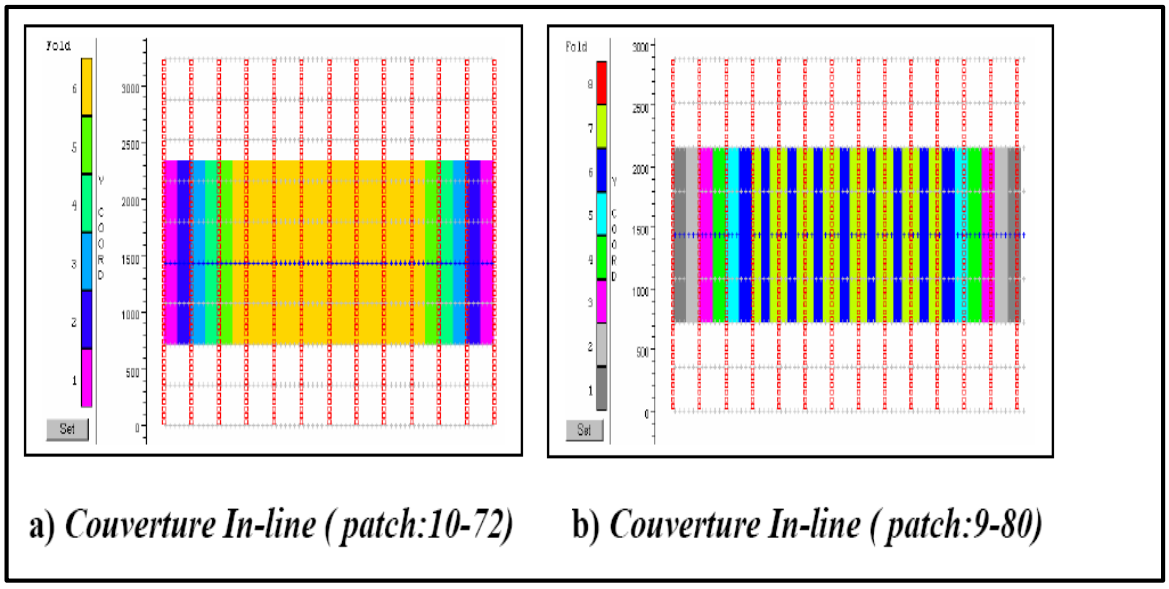


Figure III.4 : couverture in-line avec deux patchs

III.3.1.7.2. Couverture X-lines et le problème d'effeuillement :

Pour les mêmes paramètres que ceux cités ci-dessus il est à noter que pour le premier dispositif (patch10-72) la couverture en X-lines est égale à 5, ce qui donne une distribution de couverture uniforme figure (III.5.a), mais pour le deuxième dispositif elle est égale à 4,5. Ce qui posera le problème d'effeuillement (figure III.5.b).

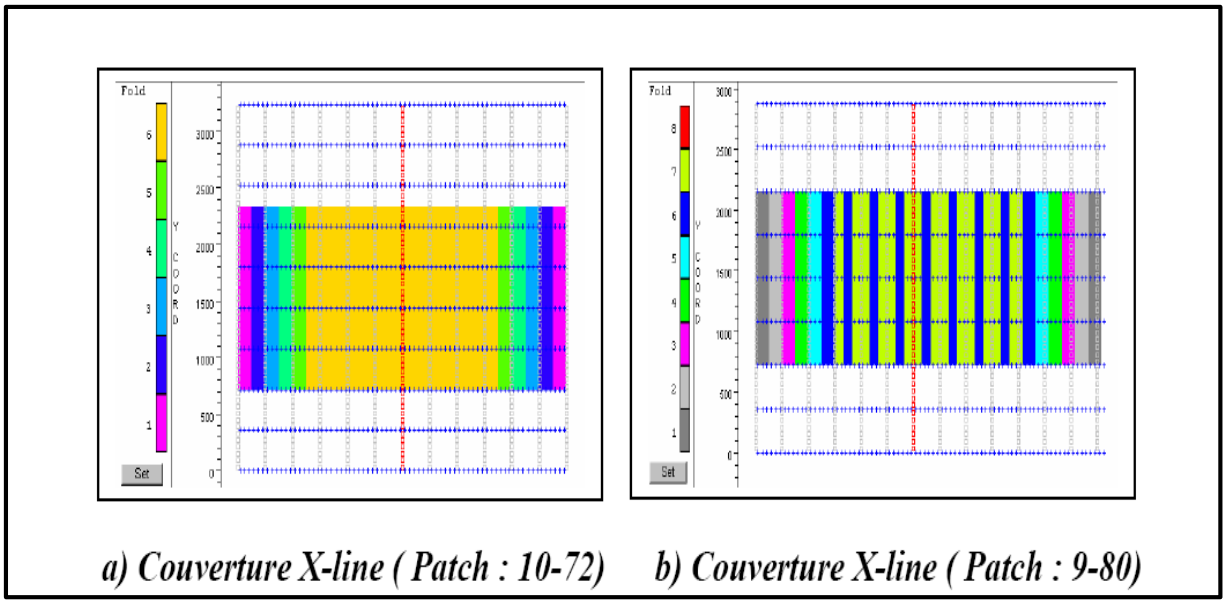
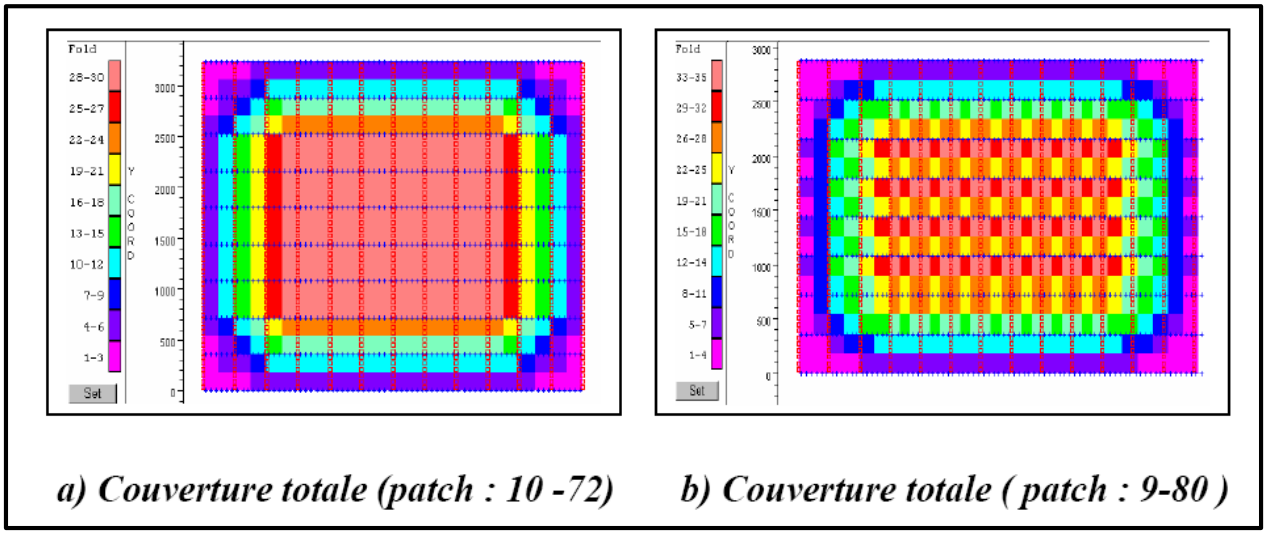


Figure III.5 : couverture x-line avec deux patchs.

III.3.1.7.3. Couverture totale et problème d'effeuillement :

Comme la couverture totale est le produit de la couverture en In-lines et celle en X-lines, il est évident que la couverture totale du premier dispositif est égale à 30 avec une distribution uniforme figure (III.6.a).Mais dans le deuxième dispositif la couverture totale donne un nombre non-entier, donc une distribution de couverture perturbée. La figure (III.6.b) montre bien ce phénomène.

Il en ressort que la sélection prudente de la géométrie du dispositif est un paramètre très significatif du design d'une acquisition sismique 3D.



a) Couverture totale (patch : 10 -72) *b) Couverture totale (patch : 9-80)*

FigureIII.6 : couverture totale avec deux patchs

III.3.2. Détermination de la dimension du bin :

En sismique 3D, le bin est défini comme étant l'élément de sub-surface équivalent à un Common Middle Point (CMP) et à un CDP en sismique 2D. Il constitue donc un volume de données. Il a une forme carrée ou rectangulaire. Tous les points appartenant à ce bin feront l'objet d'une sommation pour donner un seul CDP. Le nombre de points sommés constitue la couverture et contribue à l'amélioration du rapport S/B. La dimension du bin influe sur la valeur de la couverture et par conséquent sur le rapport S/B. Comme ce paramètre influe beaucoup sur la qualité des résultats, le bin est donc choisi avec une grande précaution. Les critères de ce choix sont les suivants :

III.3.2.1. Le rapport S/B :

Le rapport S/B est directement proportionnel à la dimension du bin, par conséquent, un léger changement de la taille de bin peut avoir un effet considérable sur la couverture et le rapport S/B.

L'augmentation de la dimension du bin conduit à la contribution d'un plus grand nombre de points Common Middle Point (CMP), ce qui veut dire une augmentation de la couverture ou du rapport S/B. Cette proportionnalité (figure III.7), peut être exprimée par la relation suivante :

$$S/B = C.\ b$$

Avec :
C : constant.
b : longueur d'un côté du bin.

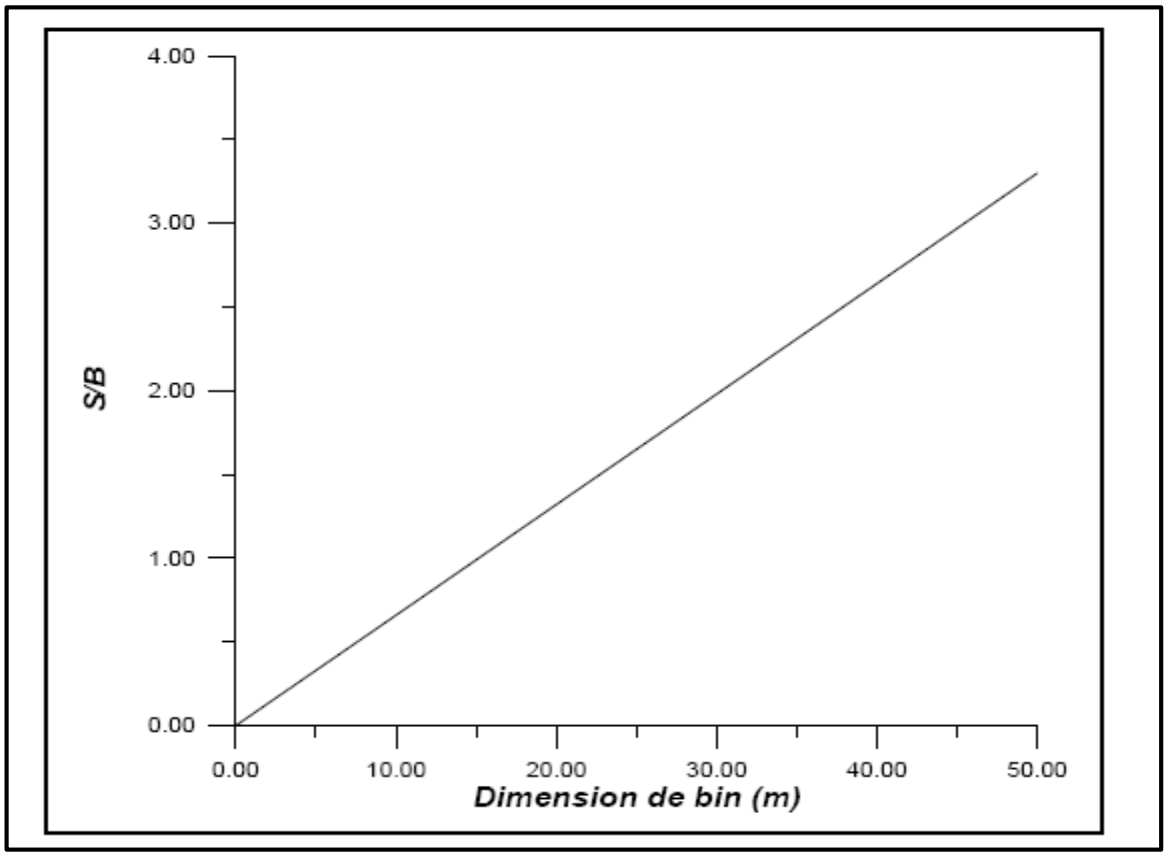


Figure III.7 : Relation entre la dimension du bin et le rapport S/B

III.3.2.2. Inter-trace :

Il est important de différencier entre la dimension du bin et l'intervalle entre bin. La dimension du bin est le secteur ou la surface sur laquelle les traces sont sommées tandis que l'intervalle de bin détermine la distance séparant les traces sommées, mais souvent ces deux valeurs sont égales.

La plupart du temps l'inter- trace est pris égal au double de la dimension du bin.

III.3.2.3. Choix de la forme du bin :

La forme du bin est aussi importante que sa dimension. Dans un design 3D elle est de préférence prise égale à angle droit.

Le choix d'un bin rectangulaire conduit à un échantillonnage latéral plus serré ce qui veut dire une résolution latérale plus importante et par conséquent une imagerie plus fine des changements géologiques dans le plan latéral. Tandis que la forme carrée du bin est souvent choisie pour les études d'aspect général. La dimension du bin peut être déterminée en fonction de trois facteurs :

- La taille de l'objectif.
- La fréquence maximale non atteinte par le phénomène d'aliasing.
- La résolution latérale.

III.3.2.4. Dimension du bin et taille de l'objectif :

Cette dimension est exprimée par la relation suivante :

$$b = L/3$$

Avec :

L : largeur de l'objectif à identifier.

Comme un bin est équivalent à une trace renforcée, donc deux à trois traces suffisent pour identifier une anomalie, ajoutons à cela que la longueur de l'anomalie serait presque sûrement identifiée par les trois traces.

III.3.2.5. Dimension du bin et fréquence maximale non atteinte par le phénomène d'Aliasing :

Chaque réflecteur géologique incliné, a une fréquence maximale non atteinte par le phénomène d'Aliasing spatial, F_{max}.

Cette fréquence dépend de la vitesse d'intervalle juste au- dessus de l'horizon (V_{int}), du pendage α et de la dimension du Bin. Comme le montre la formule suivante :

$$F_{max} = V_{int} / (4.\ b.\ sin\alpha)$$

Avec :

α : Pendage réel.

V_{int} : Vitesse d'intervalle.

La dimension du BIN est choisie comme suite :

$$b < Vint / (4.\ F_{max.}\ Sin\alpha)$$

La dimension du Bin doit être inférieure à un seuil afin de pouvoir enregistrer les faibles pendages des couches géologiques et éviter l'effet d'Aliasing**.**

III.3.2.6 Résolution Latérale :

La diminution de la dimension du Bin entraîne une meilleure résolution latérale, celle-là est déduite de la relation suivante :

$$b_{\min} = \frac{V_{INT}}{4 \cdot F_{\max} \cdot SIN\alpha}$$

Ainsi l'augmentation de la dimension du Bin diminue la fréquence maximale du signal en considérant que Vint et α sont constants. De là il ressort une augmentation de la résolution de la distance verticale

$$\Delta R_V = \frac{\lambda}{4} = \frac{V}{4 \cdot F_{max}}$$

En remplaçant dans la relation :

$$\Delta R_H = \Delta R_V \cdot \sin\alpha$$

ΔR_V : distance minimale verticale résolue

ΔR_H : distance minimale latérale résolue

III.3.3.Calcul de la densité des points sources :

La densité des points sources est un paramètre important pour l'estimation du coût d'une étude sismique. Elle peut être calculée en utilisant les dimensions du Bin ainsi que l'ordre de couverture requis et le nombre de stations d'enregistrement disponibles.

$$D_S = CV/(b^2 . N_C) . U$$

Avec :
D_S : densité de points des sources.
CV : couverture.
N_C : nombre de canaux par template.
b : dimension de bin.
U : facteur égal à 10^{-6} m/km

III.3.4. Calcul de l'espacement entre lignes sources :

La détermination de la densité des points sources conduit au calcul d'un autre paramètre important qui est celui de l'espacement entre les lignes sources ayant pour expression :

$$SLI = \frac{10^6}{2b \cdot Ds}$$

III.3.5. Espacement entre lignes de réception :

Les paramètres requis pour le calcul de l'espacement entre les lignes de réception sont l'offset minimum de l'interligne source ainsi que l'inter trace. Dans ce plan, il est pris le cas où les lignes sources sont perpendiculaires aux lignes réception. L'estimation de l'espacement entre lignes réceptrices est déterminée à l'aide de la relation de Pythagore sur le triangle droit de côtés *a, b, X_{min}* (voir figure(III.8) :

$$a = (X_{\min}^2 - b^2)^{\frac{1}{2}}$$

a : distance entre lignes de réception.
b : distance entre lignes sources.
X_{min} : minimum offset.

Avec les paramètres obtenus jusqu'alors il est impossible de définir le Template. Il faudra alors déterminer le nombre de lignes réceptrices et leurs longueurs.

Le nombre de lignes réceptrices possible dans un template dépend de l'offset maximum requis, c'est ce qui permet de déterminer les dimensions du template. L'approche utilisée pour

évaluer les dimensions du template consiste à tester un nombre de lignes réceptrices et estimer par calcul l'offset qui correspondrait à l'objectif requis. La contrainte du nombre de stations réceptrices disponibles sur le terrain est à prendre en considération.

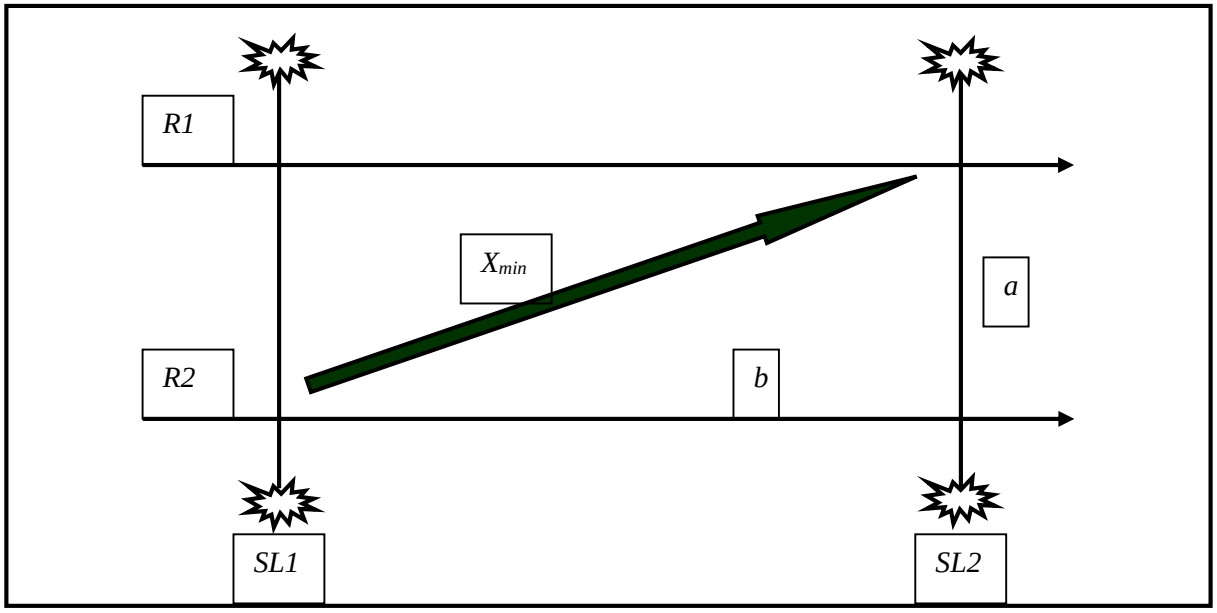


Figure III.8 : Schémas expliquant le calcul d'espacement entre lignes de réception.

III.3.6.Calcul des offsets :

L'offset représente la distance séparant le point de tir au point de réception, il varie selon une gamme d'offsets dans les bornes X_{min} et X_{max} et dont les valeurs dépendent des profondeurs des objectifs recherchés

III.3.6.1.Offset minimum (X_{min}) :

Il est lié à la distance séparant deux lignes réceptrices et deux lignes émettrices adjacentes.

$$X_{\min} = \frac{X_{SH}}{\sqrt{C}} \ldots\ldots\ldots(1)$$

Avec **:**

X_{min} : l'offset minimum.

X_{SH} : l'offset correspondant au toit de l'objectif superficiel.

C **:** la couverture au réflecteur superficiel.

C doit être inférieur à 4 afin d'éviter que les informations soit supprimées**.**

Connaissant que l'angle critique pour la réfraction θ_c, Il est déduit de la figure (III-9) que :

$$X_{SH} = 2 \cdot TAN(\theta_C) \cdot Z_{SH}$$

Avec :

Z_{SH} : profondeur du toit de l'objectif superficiel**.**

En remplaçant dans l'équation **(**1**)** on obtient **:**

$$X_{MIN} \approx 2 \cdot TAN(\theta_C) \cdot \frac{Z_{SH}}{\sqrt{C}}$$

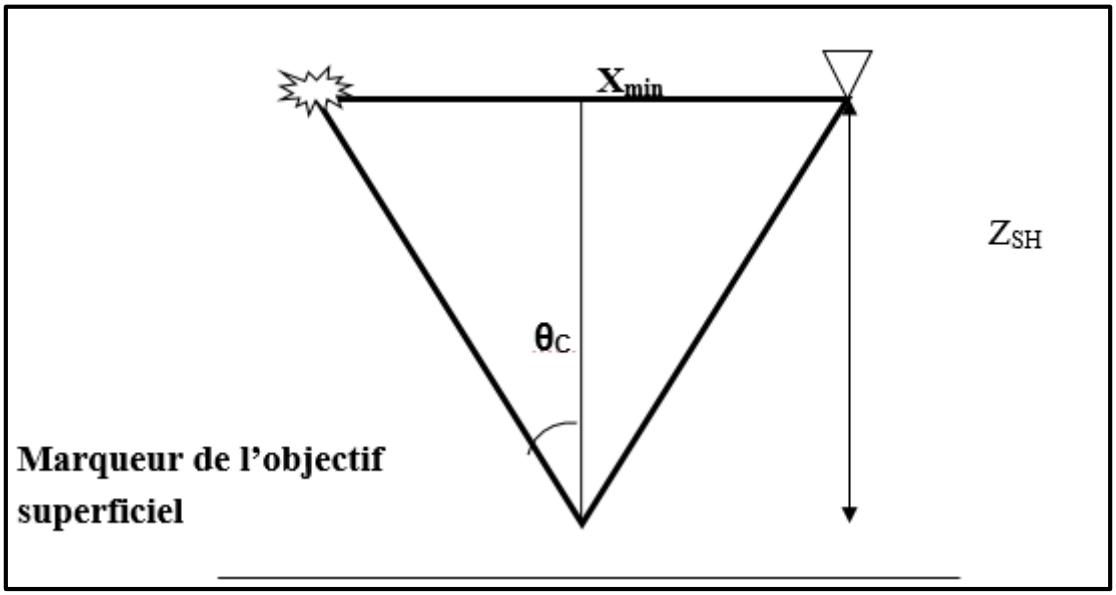


Figure III.9 : Schémas expliquant le calcul L'offset minimum $X_{min.}$

- Généralement en sismique 3D l'offset minimum choisi devra être compris entre **:**

$$\mathbf{Z_{SH} < X_{min} < 1.2\ Z_{SH}}$$

III.3.6.2. Offset maximum (X_{max}) :

L'offset maximal est déterminé en fonction de la profondeur de l'objectif, le pendage géologique et la correction dynamique(NMO). Le choix de l'offset X_{max} peut se faire de deux manières différentes. La première consiste à prendre X_{max} suivant la longueur du dispositif (patch) dans le sens des In-lines (figure III.10.a).

Une autre façon du choix X_{max} serait dans la direction diagonale du dispositif. Dans ce cas-là, il n'y aura pas de traces à éliminer, puisque ce choix donnera à X_{max} le plus grand offset sur toute l'étude figure(III.10.b).

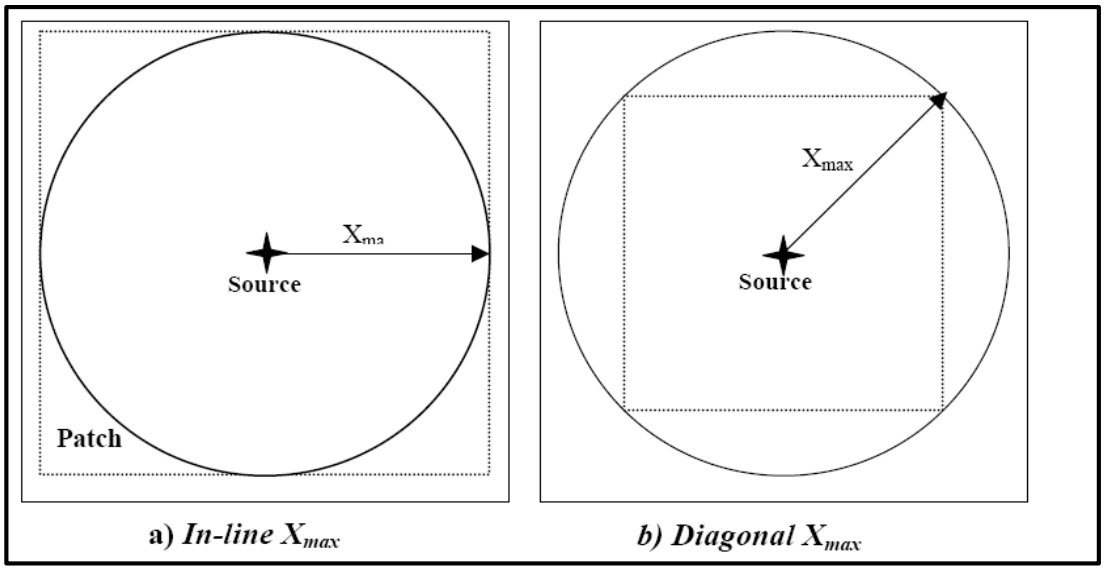


Figure III.10 : Schémas expliquant le choix de X_{max}.

- Les contraintes affectant le choix d'un X_{max} optimal sont :

III.3.6.2.1. Profondeur de l'objectif :

L'offset maximum est choisi généralement égal à la profondeur de l'objectif à intérêt afin de pouvoir enregistrer les informations y provenant.

$$X_{max} = \text{profondeur de l'objectif (Z)}$$

III.3.6.2.2. Interférences des ondes directes :

Les ondes directes s'interférent avec un événement réfléchi primaire à un offset, $X_{directe}$ et un temps T_{NMO}.

$$X_{DIRECTE} = V_{LVL}(T_{NMO} + T_{MUTE})$$

$$T_{NMO} = (T^2 + \frac{X^2_{DIRECTE}}{V^2})^{\frac{1}{2}}.$$

Substitution T_{NMO}

$$X_{MAX} < X_{DIRECTE} = V_{LVL} \cdot [(T^2 + \frac{X^2_{DIRECTE}}{V^2})^{\frac{1}{2}} + T_{MUTE})]$$

Avec :

V_{LVL} **:** vitesse du sol entre l'émetteur et le récepteur.

V **:** V_{RMS} de l'objectif.

T_{MUTE} : la zone de mute (200ms) ajoutée.

T **:** temps vertical double de l'objectif

Il est nécessaire que X_{max} soit inférieur X_D ($X_{max} < X_{D)}$ pour éviter une interférence entre les ondes directes et les ondes réfléchies. Le terme X_D peut être facilement déterminé à partir des données antérieures (sismique (2D) réalisée dans la région, car la vitesse des ondes directes sera connue.

III.3.6.2.3. Interférences des ondes réfractées :

L'interférence de ce type d'ondes avec les réflexions se fait à un offset X_{REF}. Il suffit donc, pour éviter cette interférence de prendre $X_{max} < X_{REF}$.

$$X_{MAX} < X_{REF} = V_{REF} \cdot [(T^2 + \frac{X^2_{REF}}{V^2})^{\frac{1}{2}} + T_{MUTE})]$$

Comme l'interférence des ondes réfléchies avec les ondes directes est obtenue avant les ondes réfractées, il suffit donc de vérifier l'expression de l'interférence avec les ondes directes pour s'assurer que l'interférence des ondes réfractées ne peut avoir lieu.

$$\boldsymbol{X_{REF} > X_D}$$

III.3.6.2.4. Discriminant NMO :

Pour que l'hyperbole de réflexion soit visible (comparable à une droite) il est nécessaire de s'assurer que l'offset X_{max} est supérieur à une certaine valeur X_{NMO}.
Tel que :

$$X_{NMO} = V.(\Delta T^2 + 2\Delta T.T_0)^{1/2}$$

Avec :

$\boldsymbol{\Delta T}$: Période désirée (1,5 longueur d'onde)
$\boldsymbol{T_0}$: Temps vertical double.
$\boldsymbol{V}$: Vitesse des ondes réfléchies

$\boldsymbol{X_{max} > X_{NMO}}$

III.3.6.2.5. Etirement NMO :

Cet étirement est exprimé par la variation de la correction dynamique en fonction du temps :

$$\boldsymbol{d(\Delta T)/dT_0 = -X^2/(2.T_0.V^2)}$$

Donc cet étirement augmente avec l'offset et rend la trace de type basse fréquence.

III.3.6.2.6. Détection des horizons profonds :

Les horizons qui constituent l'objectif (pétrolier), doivent être bien échantillonnés. Par conséquent des précautions devront être prises pour éviter l'enregistrement des ondes réfractées en provenance de ces horizons ; pour cela il faut prendre X_{max} inférieur à une limite en offsets des réflexions critiques provenant de cet horizon (X_{CRO}) :

$$\boldsymbol{X_{max} < X_{CRO}}$$

Pour la détermination de X_{CRO} on peut procéder par modélisation en créant un modèle de subsurface, puis tracer les rayons sismiques.

III.3.7. Détermination du template :

Si la surface d'étude est de petite dimension, il est préférable d'utiliser tous les récepteurs en une seule fois. En pratique, le nombre de récepteurs utilisés est supérieur au nombre limité par le système d'enregistrement. Cependant la surface élémentaire d'enregistrement dite aussi « template » et qui dépend essentiellement de la capacité du système utilisé, devra être déterminée. Il est impératif de préciser le nombre de lignes de réception pouvant être déployées et la longueur permise de ces lignes. Ce template est ensuite déplacé afin de couvrir toute la surface de l'étude. Le problème est de déterminer le nombre de lignes de réception sur le template ; ce nombre est étroitement lié à l'offset maximal qui gère aussi la longueur des lignes. L'offset maximal calculé par modélisation 3D est fonction de la profondeur de l'objectif géologique.

En utilisant le théorème de Pythagore :

$$\boldsymbol{X_{max}^2 = X^2 + Y^2}$$

Avec :

- **X** : longueur du template (la distance entre le premier tir et la dernière ligne réceptrice).
- Y : largeur du template (la longueur de ligne la réceptrice active pour un tir).

Les paramètres qui interviennent dans la détermination d'un template sont le nombre de lignes de réception et la longueur de chacune d'elle, sans omettre le nombre de récepteurs permis par le système d'enregistrement qui est bien sûr un paramètre non discutable.

Une approche consiste à proposer un nombre de récepteurs dans une ligne et tester la valeur de X_{max}.

III.3.7.1. Détermination du nombre de lignes par Template :

La détermination du nombre de ligne dans le Template est contrainte par le nombre de stations disponible pour l'étude et ainsi que l'offset maximum, avec :

$$\boldsymbol{m = \frac{NC}{n}}$$

m : Nombre de ligne réceptrice dans template

n : Nombre de stations / ligne
NC : Nombre de station dans l'équipement

- La relation de Pythagore peut s'écrire :

$$X_{max}^2 \geq RI^2.n^2 + m^2.RLI^2$$

X_{max} : offset maximum requis
RI : inter station
RLI : inter ligne de récepteur

En remplaçant m il est obtenu :

$$X_{max}^2 = RI^2.n^2 + \frac{NC^2.RLI^2}{n^2}$$

Où :

$$RI^2.n^4 - n^2X_{max}^2 + RLI^2.NC^2 = 0$$

Alors : $$n^2 = \frac{\left(X_{max}^2 + (X_{max}^4 - 4RLI^2.NC^2.RI^2)^{\frac{1}{2}}\right)}{2RI^2}$$

$$m = \frac{NC\sqrt{2}.RI}{\sqrt{\left(X_{max}^2 + (X_{max}^4 - 4RLI^2.NC^2.RI^2)^{\frac{1}{2}}\right)}}$$

III.3.7.2. Détermination du déplacement du Template :

Les étapes précédentes sont essentielles pour terminer le design du template ; le template doit maintenant se déplacer à travers les dispositifs avec la moindre distance possible.

Quelques étapes dans le design dépendent du coût et du temps de l'étude comme le nombre de mouvements du Template.

III.4. Design final :

Cette étape consiste à faire une synthèse de tous les paramètres entrant comme facteurs dans le design, tels que les paramètres géophysiques, économiques et sécuritaires.

C'est là que "le design" atteint l'étape de la décision finale sur le type du dispositif, les paramètres à utiliser et les dépenses correspondantes.

Le design final consiste à procéder à des simulations par ordinateur pour apprécier les distributions de certains paramètres dans le bin comme :

- La distribution de la couverture.
- La distribution des offsets.
- La distribution des azimuts.
- Les considérations économiques (statistiques).

III.4.1 Distribution de la couverture :

Le planificateur doit accorder une attention particulière à la distribution de la couverture selon les plages d'offset. Il s'agit d'éviter la présence des vides en couverture surtout dans la zone d'intérêt, car ces vides peuvent provoquer des problèmes lors de la sommation en raison de la diminution du rapport S/B.

III.4.2 Distribution des offsets :

Elle est liée au type du dispositif choisit, donc ce dernier doit être fixé selon la distribution d'offset voulue et aussi la couverture demandée, ces deux paramètres sont étroitement liés.

II.4.3 Distribution des azimuts :

Elle est aussi importante que celle des offset et de la couverture, les deux paramètres qui ont une grande influence sur la distribution des azimuts sont le rapport d'aspect et la couverture.

Plus le rapport d'aspect diminue, plus on aura une mauvaise distribution des azimuts, ce qui va influencer sur la couverture, ceci par l'apparition des vides qui vont diminuer le rapport S/B.

Une bonne distribution des azimuts va permettre d'accueillir l'information suivant toutes les directions, ce qui va augmenter la couverture et le rapport S/B. On peut considérer deux classes d'études sismiques 3D selon la distribution des azimuts :

III.4.3.1 Etude de plage d'azimuts large :

Le choix d'une plage d'azimuts large va faciliter l'analyse de vitesses et les corrections statiques, ce choix est recommandé en cas où les variations latérales de vitesses ne sont pas trop sensibles à celle des azimuts.

III.4.3.2 Etude de plage d'azimuts étroite :

Ce choix est recommandé dans le cas où les variations latérales de vitesses sont sensibles à celle des azimuts, d'où l'intérêt de cette étude pour les traitements AVO.

III.4.4 Considérations économiques (statistiques) :

Les principaux paramètres qui influent directement sur le cout de la réalisation d'une étude sismique au niveau de l'acquisition sont : la densité des points de tirs et leurs dispositions sur terrain. Lesquelles influent sur le déplacement des Vibroseis et le nombre de canaux utilisé ainsi que sur le temps nécessaire pour effectuer ces tirs.

Ces attributs (propre à la sismique 3D) apportent des surplus d'information ; leurs distributions seront utiles en phase de traitement de l'information.

Chapitre IV

Préparation du design sismique 3D : Application sur la zone d'étude.

Introduction :

Afin d'avoir une bonne imagerie du sous-sol et plus de détails sur les structures géologiques, il faut utiliser une géométrie adéquate. La réussite de cette géométrie Dépend des paramètres d'acquisition choisis lors de la phase de planification.

Dans ce qui suit, nous entamons l'étape de design d'une étude sismique 3D a effectuée sur la zone d'étude, en testant cinq simulations de différents dimensions du bin à l'aide du logiciel MESA :

IV.1 Paramètres clefs pour le design sismique 3D :

La zone d'étude a fait l'objet d'une acquisition sismique 2D et deux forages dont un était en cours lors de l'élaboration de ce projet. A partir de ces données, le choix des paramètres d'acquisition afin de réaliser une étude sismique
3D est décrit comme suit :

Le tableau suivant montre les informations utiles de l'étude 2D, déjà réalisée sur ce bloc ainsi que les informations nécessaires pour la définition des paramètres d'acquisition de l'étude sismique 3D projetée sur le secteur d'étude. Il a été procédé de la manière suivante :

Tableau IV.1 : Informations de l'objectif : Paramètres (géologique – géophysiques).

Type de réservoir	**Tight réservoir à gaz**
Bonne couverture de 2-D	**18000%**
Objectif principal	**ORDOVICIEN**
Profondeur de l'objectif (m)	**1598m à 1899m**
Profondeur de l'objectif en TWT	**962m/s**
Pendage (deg)	**20°**
Temps double (s)	**860 à 1200 m/s**
Epaisseur du réservoir en (m)	**301m**
Vitesse d'intervalle (m/s)	**3326 m/s**
Vitesse RMS (m/s)	**3425,5 m/s**
Objectif secondaire	**DEVONIEN INFERIEUR**
Profondeur (m)	**743m à 988m**
Profondeur en TWT	**600m/s**
Source d'émission	**Vibroseis**
Surface totale d'acquisition	**698,28 km²**
PARAMETRES DU SIGNAL	
Fréquence maximale du signal	**72 Hz**
Fréquence dominante du signal	**48 Hz**

IV.2 planification et design de la sismique 3D :

Dans cette partie il sera traité l'entame d'un design 3D de la structure étudiée par la détermination des paramètres d'étude adéquats (en qualité et coût) en tenant compte des objectifs recherchés et cela en testant différentes options :

-type du dispositif utilisé : orthogonal.

IV.2.1 Détermination des paramètres d'acquisition :

IV.2.1.1 Calcul des dimensions du bin :

Le calcul des dimensions du Bin s'effectue de la manière suivante :

a) A partir de la fréquence non atteinte par l'Aliasing :

$$b < \frac{V_{int}}{(4.F_{max}.\sin\alpha)} = \frac{3326}{4 \times 72 \times \sin(20°)} \cong 34\text{m}$$

b) A partir de la résolution latérale :

$$b = \frac{V_{int}}{6F_{dom}} = \frac{3326}{6 \times 48} = 12\text{m}$$

Les dimensions du bin optimal sont données par la formule suivante :

$$b = \frac{V_{rms}}{4 \times F_{max} \sin\theta} = \frac{3425{,}5}{4 \times 72 \times \sin 20} = 35\text{m}$$

Donc : b < 35m Alors : 12m < b < 35m

Pour des raisons économiques et pour avoir une bonne résolution latérale et un bon rapport S/B, le facteur b es pris égal à 25 m(b = 25m).

IV.2.1.2 Estimation de X_{min} :

Comme en 2D, il est lié directement à la profondeur de l'objectif superficiel et est exprimé par :

$$X_{min} < Z_{sup} \Rightarrow X_{min} = 300 \text{ m}$$

IV.2.1.3 Estimation de X_{max} :

Il est lié directement à la profondeur de l'objectif principal et est exprimé par :

$$X_{max} > Z_{prof} \Rightarrow X_{max} = 2500 \text{ m.}$$

IV.2.1.4 Inter-géophones et Inter-sources :

L'inter géophones et inter-sources sont liées directement aux dimensions du bin :

RI = 2 b = 50 m

$$\text{SI} = 2b = 50\text{m}$$

IV.2.1.5 Nombre de canaux :

Si on prend l'offset maximal suivant la direction In-lines, le nombre de canaux par ligne de réception est donné par la formule suivante :

$$NC = \frac{2\times \text{Xmax}}{\text{RI}} = \frac{2\times 2500}{50} = 100$$

IV.2.1.6 Densité des points de tirs :

Le facteur le plus important sur le plan économique est la densité des pointssources :

$$D_S = \frac{S}{SLI \times SI} = \frac{1000 \times 1000}{250 \times 50} = 80\ VP/Km^2$$

IV.2.1.7 Densité des points de réception :

$$D_R = \frac{S}{RLI \times RI} = \frac{1000 \times 1000}{250 \times 50} = 80\ VP/Km^2$$

IV.2.1.8 Estimation des couvertures In-lines et cross-lines :

En utilisant les paramètres précédents il est déduit :

$$Couverture\ in-lines = \frac{\text{NC} \times \text{RI}}{2 \times \text{SLI}} = \frac{100 \times 50}{2 \times 250} = 10$$

Avec : LLR la longueur de la line réceptrice

$$Couverture\ cross-lines = \frac{NLR}{2} = \frac{20}{2} = 10$$

Avec : LNR le nombre de lignes de réception

Il est nécessaire de vérifier que :

$$la\ couverture\ totale = la\ couverture\ in-lines \times la\ couverture\ cross-lines$$

$$la\ couverture\ totale = 10 \times 10 = 100$$

IV.2.1.9 Détermination du Template :

Les paramètres importants qui interviennent dans le choix du Template sont souvent le nombre de lignes de réception et leur longueur, qui sont liées directement à X_{max} déterminé au préalable. Pour cela le nombre de lignes de réception ainsi que l'interligne jusqu'à l'obtention de la valeurde X_{max}, devra être choisi.

n : Nombre de stations / ligne : 100
m : Nombre de lignes récepteurs : 20 lignes
NC : Nombre de stations dans le Template : NC=m × n =2000 stations

Ce choix devra subir une vérification en utilisant la couverture In-Lines :
Template = 2 × $la\ couverture\ in-lines$ × NC
Template= 2000 stations

IV. 2.1.10 Calcul de Xmin :

Le calcul de X Min est obtenu grâce à la formule suivante :

$$Xmin = \sqrt{RLI^2 + SLI^2} = \sqrt{250^2 + 250^2} = 353{,}55\ m$$

IV.2.1.11 Calcul de Xmax :

Le calcul de X max est obtenu grâce à la formule suivante :

$$Xmax = \sqrt{Cross\ X^2 + In-Lines\ X^2} = \sqrt{2225^2 + 2525^2} = 3365\ m$$

Avec : $Cross\ X = (RLI \times la\ couverture\ in-lines - 1)) - RI$

$$In-Lines\ X = \frac{NC}{2} \times RI + \frac{NC}{2}$$

IV.3 Evaluation des options :

Le tableau suivant résume les paramètres d'acquisition obtenus par simulation pour cinq (05) options proposées pour réaliser cette acquisition sismique 3D :

Tableau IV.2 : Paramètres des options testés.

Paramètres d'études (les options)	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4	Option 5
Taille du bin (m)	25*25	20*20	15*15	20*20	12.5*12.5
Distance entre deux lignes de tir - **SLI** (m)	250	200	150	200	150
Distance entre deux lignes de réception - **RLI** (m)	250	200	120	200	150
Inter-source - **SI** (m)	50	40	30	40	25
Inter-traces - **RI** (m)	50	40	30	40	25
Nombre de station / ligne	100	111	103	180	133
Nombre de lignes réceptrices – **NLR**	20	26	28	16	26
Template	2000	2880	2880	3380	3456
In-line X	2525	2420	1815	2620	1813
Cross-line-X	2225	2380	1545	1380	1788
Nombre de canaux – **NC**	100	120	120	130	144
Couverture in-line - C_l	10	12	12	13	12
Couverture cross-line - C_{Tr}	10	13	14	08	13
Couverture totale - C_{3D}	100	156	168	104	156
Offset maximal - X_{max} (m)	3365	3394	2384	2961	2546
Offset minimal - X_{min}(m)	353.55	282.84	192.09	282.84	212.13
Rapport d'aspect (%)	0.88	0.98	0.85	0.53	0.99
Densité de points de tirs - D_r (VP/km²)	80.00	125	222.22	125	266.67
Densité de points de réceptions - D_S (VP/km²)	80.00	125.00	277.78	125.00	266.67
Nombre de traces dans l'intervalle : **0 – 600** (m)	4 – 6	4 - 9	14 – 17	4 - 9	11 - 14
Nombre de traces dans l'intervalle **: 601 – 1600** (m)	26 – 30	38 - 48	93 – 100	38 - 48	74 - 82
Nombre de traces dans l'intervalle **: 1601 – max**(m)	65 – 69	92 - 97	53 – 59	52 - 57	63 - 69

IV.4 Analyse des différentes distributions des options :

L'analyse des différents paramètres du projet d'acquisition sismique 3D ; la distribution de la couverture, des offsets et des azimuts de chaque option, permet de définir le design adéquat à notre zone d'étude afin de bien détecter les fracturations des objectifs recherchés.

IV.4.1 Distribution de couverture :

Bien que la couverture est définie comme étant le nombre de traces collectées dans un bin.

- Pour toutes les options testés : la couverture totale augmente à chaque fois que la dimension du bin est rétrécie (ex : option 5 : la couverture est maximale=16800% pour un bin de 12.5*12.5m)

- Pour bien étudier la distribution de la couverture totale, celle-ci a été établie en fonction des plages offsets suivants : Couverture totale (Total-Fold) en gardant tous les offsets, Near offset pour l'intervalle 0 – 600 m, Middle offset pour l'intervalle de 601 – 1600m et Far offset pour l'intervalle de 1601 –X_{max} m :

IV.4.1.1 Distribution de la Couverture totale (Total-Fold) (Figure I.1-annexe-pages 1, 2, 3 et 4) :

Pour chaque option il ressort ce qui suit :

- La couverture varie d'un minimum sur les limites, jusqu'à atteindre une valeur maximale dans la zone Total–Fold.
- La distribution est uniforme pour toutes les options (les couvertures In-lines et cross-lines sont entières).
- La couverture varie entre 10000% et 168000%. La couverture totale désirée étant de l'ordre de 120000%.

IV.4.1.2 Distribution de la couverture totale par plage d'offsets (figure I.2, I.3 et I.4-annexe-pages 5 à 13) :

- **Near offset (0 – 600 m) (figure I.2-planches a, b et c- pages 5 à 7) :** dans cet intervalle la couverture varie comme suit : Minimale pour l'option 1, moyenne pour les options 2,4, et bonne pour l'option 3 (14 – 17) et l'option5 (entre 11 – 14).
- **Middle offset (601 – 1600 m) (figure I.3-planches a, b et c- pages 8 à 10) :** Dans cet intervalle où se situe notre objectif principal, la variation de la couverture est comme suit : Faible pour l'option 1, moyenne pour les options 2 et 4 avec une bonne distribution pour les options 3 et 5.
- **Far offset (1601 - max m) (figure I.4-planches a, b et c- pages 11 à 13) :** la distribution de la couverture dans cet intervalle est comme suit :

Moyenne pour les options 3,4 et bonne pour les options 1,2 et 5.

Résultats :

- En termes de couverture totale : les options choisies seront les options 2, 3 et 5 (l'option est choisie de telle façon que la couverture soit supérieure ou égale à 12000%).
- Les options qui cadrent le mieux avec l'objectif principal sont l'option 3 pour une couverture située entre 93 et 100 et l'option 5 pour une couverture située entre 74 et 82.
- Les options choisies afin de carter l'objectif secondaire sont les options 3 et 5.

IV.4.2 Distribution des offsets (figure II.1, II.2- annexe-pages 14 à 21) :

Les offsets sont distribuées dans chaque bin sous forme de bâtons, qui ne constituent qu'une représentation des CMP-bin. Le nombre de bâtons ainsi que leurs longueurs dépendent de la plage d'offsets considérée ; pour cette raison, la distribution des offsets de la couverture totale avec différents plages a été établie (histogrammes ; figure II.1 et les courbes d'offsets en fonction de nombres de traces ; figure II.2) :

IV.4.2.1 Distribution des offsets de la couverture totale (Offset Total Fold) :

Il est à noter que pour toutes les options d'offsets sont enregistrées du minimum au maximum ; et leur représentation en histogramme montre que la distribution est régulière.

IV.4.2.2 Distribution des Offsets par plage :

- **Near offset (0-600) m :** dans cet intervalle la distribution des offsets varie comme suit : Une faible distribution pour les options1, 2 et 4 et moyenne pour les options 3 et5 se traduisant par des faibles et moyennes concentrations avec présence de lacunes (figure II.1-planche a, b et c- pages 14 à 16).

- **Middle offset (601-1600) m :** dans cet intervalle la distribution des offsets varie comme suit :

Une faible distribution des offsets également une faible concentration de traces à cet intervalle pour les options 1 et 4 et bonne distribution assurant la couverture nominale pour les options 2, 3 et 5.

- **Far offset (1601-MAX) m :** La distribution des offsets est minimale pour les options 1,2, moyenne pour l'option 3,4) et bonne pour l'option 5.

Résultats :

- Les options pour lesquelles la distribution des offsets assure la couverture nominale et carte le mieux possible avec les intervalles couvrant les objectifs sont les options 3et 5.

IV.4.3 Distribution azimutale :

La distribution des azimuts est aussi importante que celle des offsets et de la couverture. Elle est dictée par la couverture et le rapport d'aspect du *Patch*.

IV.4.3.1 Analyse des Spiders diagrammes (figure III.1-annexe-pages 22 à 24) :

IV.4.3.1.1 Distribution par couverture totale :

L'analyse de la distribution des azimuts sur le spider diagramme a permis de remarquer une bonne distribution azimutale pour les options 3 et 5 d'où les offsets (Near, middle, et far) sont enregistrées dans toutes les directions.

IV.4.3.1.2 Distribution par plage :

- **Near offset (0-600) m :** sur cet intervalle la distribution des azimuts varie comme suit ; une distribution moyenne pour la plus part des options (1, 2,3 et 5) faible pour l'option 4.

- **Middle offset (601-1600) m** : pour les offsets moyens la distribution de ces derniers varie comme suit ; faible distribution pour l'option 4 moyenne pour l'option 1 et bonne avec une répartition régulière et dense des spiders pour les options (3,2 et 5).

- **Far offset (1601-MAX) m :** la distribution des azimuts est faible pour les options (1 et 4) et bonne pour les options (2, 3 et 5) avec rapport d'aspect élevé.

IV.4.3.2 Analyse des roses diagrammes :

Cette représentation permet d'établir le lien entre le nombre de traces par bin, les offsets et les azimuts pour chaque option. Cette représentation permet d'apprécier :

- L'homogénéité des informations qui proviennent des différentes directions, ceci est montré par la symétrie des roses diagrammes de toutes les options.
- La répartition spatiale des offsets proches et intermédiaires pour les options 1,2, 3 et 5 dans tous les azimuts contrairement à l'option 4 qui est marquée par une faible répartition dans les plages (50° - 130°) et (230° - 310°).
- La concentration d'un important nombre de traces, est atteinte au niveau de l'intervalle où se situe l'objectif principal (Middle offset : 601-1600 m) dans toutes les directions en azimuts pour les options 3 et 5 par rapport à l'option 2.

- La répartition des offsets lointains (Far offsets : 1601-max m). Les traces sont réparties dans les plages d'azimuts de : (30° - 60°), (110° - 150°), (210° – 240°) et (300° – 330°) avec un nombre de traces moins important.

Résultats :

- Les options retenues après analyse des spiders diagrammes et des roses diagrammes sont : l'option 3 et 5 car elles présentent une distribution azimutale (spider et rose diagrammes) presque complète se traduisant par une richesse en terme d'Offsets et suivant les azimutes également. Le nombre de traces dans le bin apparait avec des ratios proches de 1 (Wide Azimut).
- A cette étape, l'option 4 est écartée à cause de la mauvaise distribution, des azimuts avec un ratio de l'ordre de 0,5, par suite la distribution de couverture est perturbée avec apparition de vides.
- De même pour l'option 1 est écartée pour son faible taux de couverture (10000%), malgré la bonne distribution des azimuts (rapport d'aspect proche de 1) et la densité importante des traces à différents offsets qu'elle présente.

Remarque : ces résultats sont confirmés par l'établissement des courbes azimuts en fonction de nombres de traces (figure III.3-annexe-pages 31 à 35).

IV.5 Résultats finals :

- Après étude et analyses des différentes options testées à l'aide des attributs sismiques du design ; les options 3 et 5ont été retenues pour les avantages qu'elles présentent. Ces deux options remplissent les conditions en termes de distribution de la couverture, des offsets et des azimuts.

Tableau IV.3 : tableau comparatif des paramètres d'acquisition 3D des deux options choisies :

Survey statistics			
3D land seismic acquisition			
Orthogonale		Bin 15*15	Bin 12.5*12.5
	TEMPLATE INFORMATION	Option 3	Option 5
Number of receiver lines in Template		28	26
Number of receivers by Line		103	133
Number of receivers in Template		2884	3458
Number of shots in salvo		5	6
In-line Template Roll (m)		150	150
Cross-line Template Roll (m)		120	150
	STATION INFORMATION		
Station Spacing (m)		30	25
Line Spacing (m)		120	150
Total Lines		55	46
Live Stations		12320	12420
Total Stations		12320	12420
Receiver line orientation		90°	90°
Station Density (st/sq.km)		277,78	266,67
	SOURCE INFORMATION		
Source in-line salvo interval		30	25
Source line interval		150	150
Source line orientation		0°	0°
Total shot lines		55	45

Live shots	10080	12420
Fired shots	10080	12420
Shot Density (st/sq.km)	222,22	266,67
SURVEY SIZE INFORMATION		
Outline surface (sq.km)	698,28	698,28
FOLD INFORMATION		
Maximum Fold	168	156
Nominal Fold	168	156
Cross-line Fold	14	13
In-line Fold	12	12
BIN INFORMATION		
Bin Width (m)	15	12,5
Bin Height (m)	15	12,5
Total Live Bins	2384	2546
Maximum Offset (m)	192.09	212.13
Minimum Offset (m)	171,02	212,86
Maximum Minimum Offset (m)	2291,90	2459,48
Minimum Maximum Offset (m)		

IV.6 Design final :

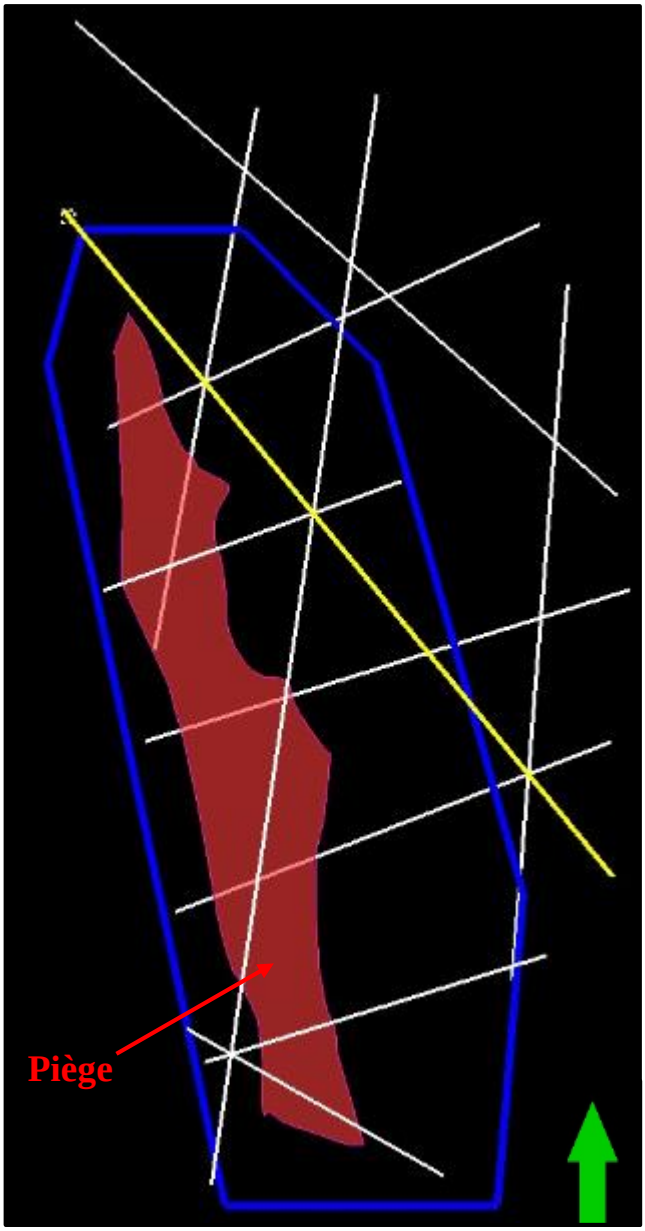


Figure IV.1 : Limite du programme sismique 3D sur plan de position de la sismique 2D.

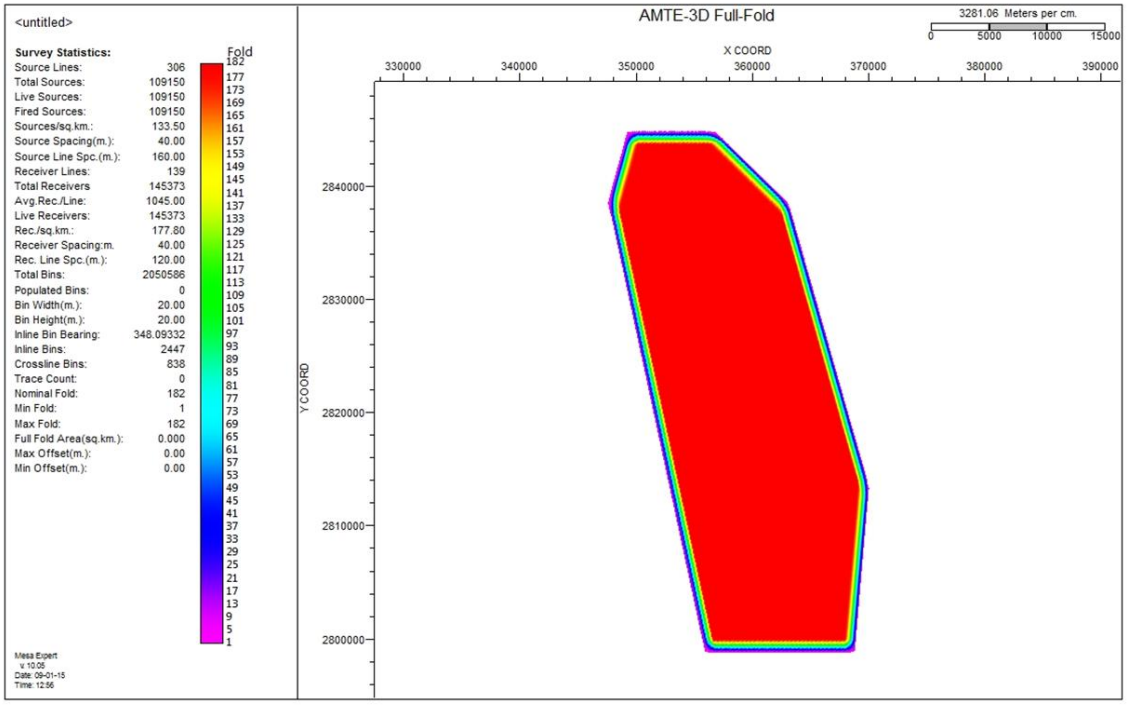


Figure IV.2 : Présentation de la couverture totale du design final sur le prospect.

IV.7 Conclusion et recommandations :

L'analyse et l'étude des différents statistiques et résultats des options proposées ont permis de présélectionner les options qui remplissent les conditions fixées au départ, surtout celles qui concernent la profondeur de l'objectif principal Ordovicien qui varie entre 1395 et 1598m, et de l'objectif secondaire Dévonien inférieur. Les options retenues sont donc 3 et 5.

Ces deux options permettent d'atteindre les objectifs assignés à ce programme d'acquisition sismique 3D cependant,

- L'option 5 offre une meilleure distribution azimutale que l'option 3. Concernant la distribution des offsets, l'option 3 offre une meilleure homogénéité que l'option 5.

- En comparant les deux représentations de la couverture en fonction de l'offset, l'option 3 donne une meilleure couverture (jusqu'à 168) par rapport à l'option 5 (couverture maximale de 156).

- En termes de couverture, d'offsets, de distributions azimutales et de densités de Vp l'option 3 convient largement aux objectifs recherchés dans cette étude.

Afin de sélectionner l'option définitive, la notion de coût de l'acquisition est introduite.

Les paramètres essentiels qui affecte le plus le coût d'une acquisition sismique 3D sont :

- Le nombre de canaux par ligne
- La densité des points vibrés

Tenant compte de ces éléments, l'option 3 présente un rapport Qualité/ Prix meilleur que celui de l'option 5. L'option 3 est fortement recommandée.

Il est à recommander aussi de :

- Prévoir une alternative d'acquisition en mode haute productivité afin de réduire les délais de l'acquisition (Sleep Sweep, Single Source/ Single Sensor ou autre).
- Prévoir compte tenu de la densité des points Vibrés et par conséquent du volume important en informations sismiques de lancer le traitement en parallèle avec l'acquisition pour décider rapidement de l'opportunité ainsi que du Design d'un troisième forage (vertical ou horizontal).
- Prévoir traitements spéciaux pour la caractérisation des fractures qui permettent d'augmenter la perméabilité du principal réservoir Ordovicien.
- Assurer une supervision rigoureuse au cours de l'acquisition qui demande des moyens importants et une précision absolue.
- Recueillir et compléter les Informations géologiques, en particulier les analyses géo mécaniques sur carottes (module de Young, Contraintes Max et Min …), nécessaires pour les traitements spéciaux.

Conclusion générale :

Ce mémoire a été consacré à l'élaboration d'un Design intégrant la notion optimisation des paramètres d'acquisition d'une sismique 3D. Il a permis une prise de conscience sur l'importance du bon choix de ces paramètres afin d'atteindre les objectifs d'un projet d'exploration. Le développement du contenu de ce mémoire a permis aussi d'apprécier l'importance de chacune de ces étapes qui ont nécessité plusieurs phases de contrôle.

Ce travail avait pour but de planifier et de réaliser un design d'une étude sismique 3D sur une zone de la plateforme saharienne et sur laquelle des travaux d'exploration sont prévus pour la mise en valeur d'un potentiel en hydrocarbures rattaché à un réservoir du type Tight Gas. Toutes les étapes convergent vers un raffinement des paramètres d'acquisition et ce dans la perspective de recueillir après le traitement des données une qualité sismique adaptée à la problématique réservoir en particulier la fissuration.

Le principe de base de tout explorateur est d'obtenir une image de bonne qualité à moindre coût et dans un temps le plus court possible. Une conciliation entre les contraintes géophysiques et les contraintes économiques est à fixer comme objectif principal tout en garantissant, l'obtention d'une image sismique Interprétable dans le détail.

La sismique 3D reste l'outil le plus efficace pour la cartographie du sous-sol et répondre aux insuffisances de la sismique 2D.

Les paramètres d'acquisition en fonction des anciennes campagnes sismiques 2D avec un accent sur le pouvoir de résolution et la couverture souhaitée , tout en tenant compte des problèmes reconcentrées en interprétation de la sismique antérieure, ont été intégrés dans la démarche.

Les résultats de cinq simulations des paramètres Design réalisées grâce au logiciel (MESA) ont été comparés afin de garantir l'atteinte de l'objectif tout en réduisant les couts d'acquisition et les délais requis pour l'exécution de ce programme sur le terrain. Tous les paramètres ont été contrôlés pour ce but.

Les principaux paramètres qui influent directement sur le coût d'une acquisition sismique sont, la densité des points de tir et leur étalement sur le terrain qui requiert des moyens en fonction respectivement du nombre et du type de dispositif, de ces deux derniers éléments, sans oublier les frais auxiliaires correspondants aux échelons ; pose, ramasse, carottage, topographie, layonnage et logistiques).

L'analyse et l'étude des différents statistiques et résultats des options déterminées a permis de présélectionner celles qui remplissent les conditions fixées au départ, surtout celles qui concernent la profondeur de l'objectif principal Ordovicien qui varie entre 1395 et 1598m, et de l'objectif secondaire Dévonien inférieur. Les options retenues au départ ont été les options 3 et 5. Afin de sélectionner l'option définitive, la notion de coût de l'acquisition a été introduite.

Les paramètres essentiels qui affecte le plus le coût d'une acquisition sismique 3D sont :

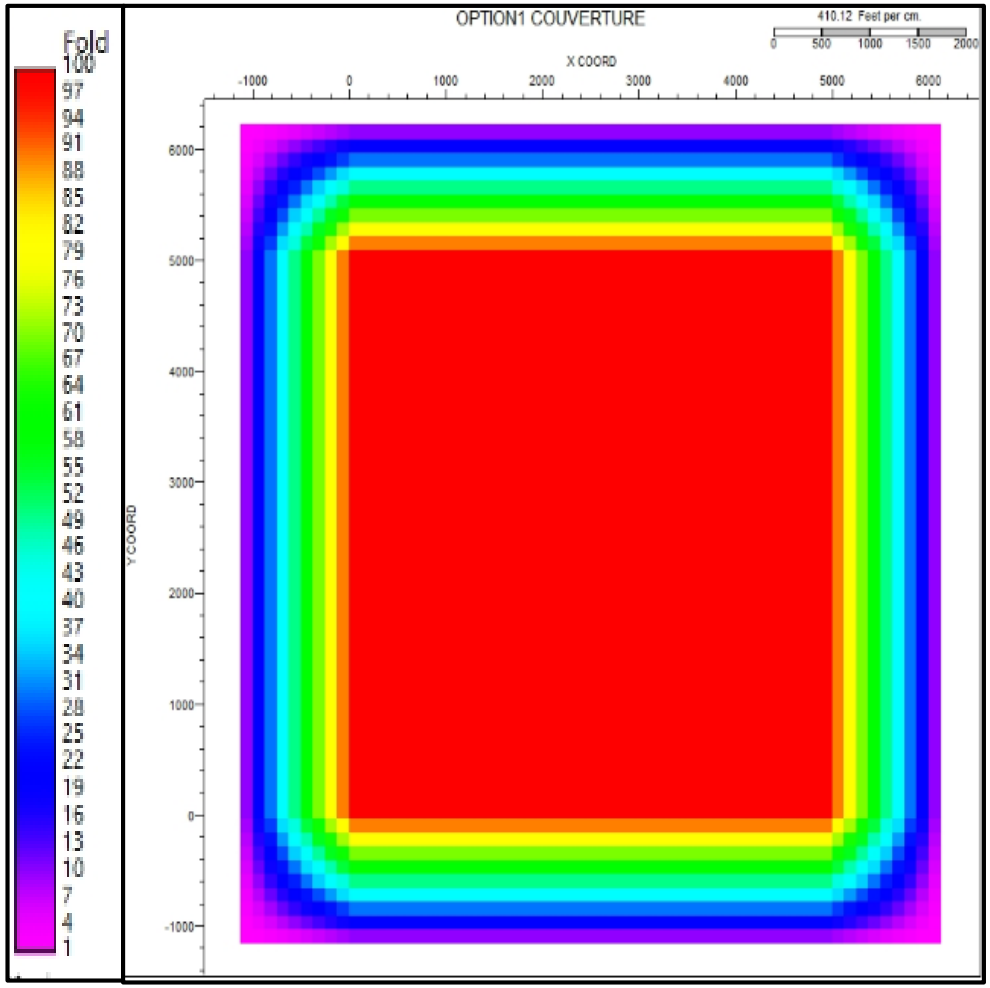
- Le nombre de canaux par ligne
- La densité des points vibrés

Tenant compte de ces éléments, l'option 3 qui présente un rapport Qualité/ Prix meilleur que celui de l'option 5, est fortement recommandée.

Il est recommandé aussi de prévoir une alternative, en matière de méthode d'acquisition favorisant la haute productivité telle que les méthodes Sleep Sweep et Single Source/ Single Sensor.

ANNEXE

I.Distribution de la couverture totale (total fold)



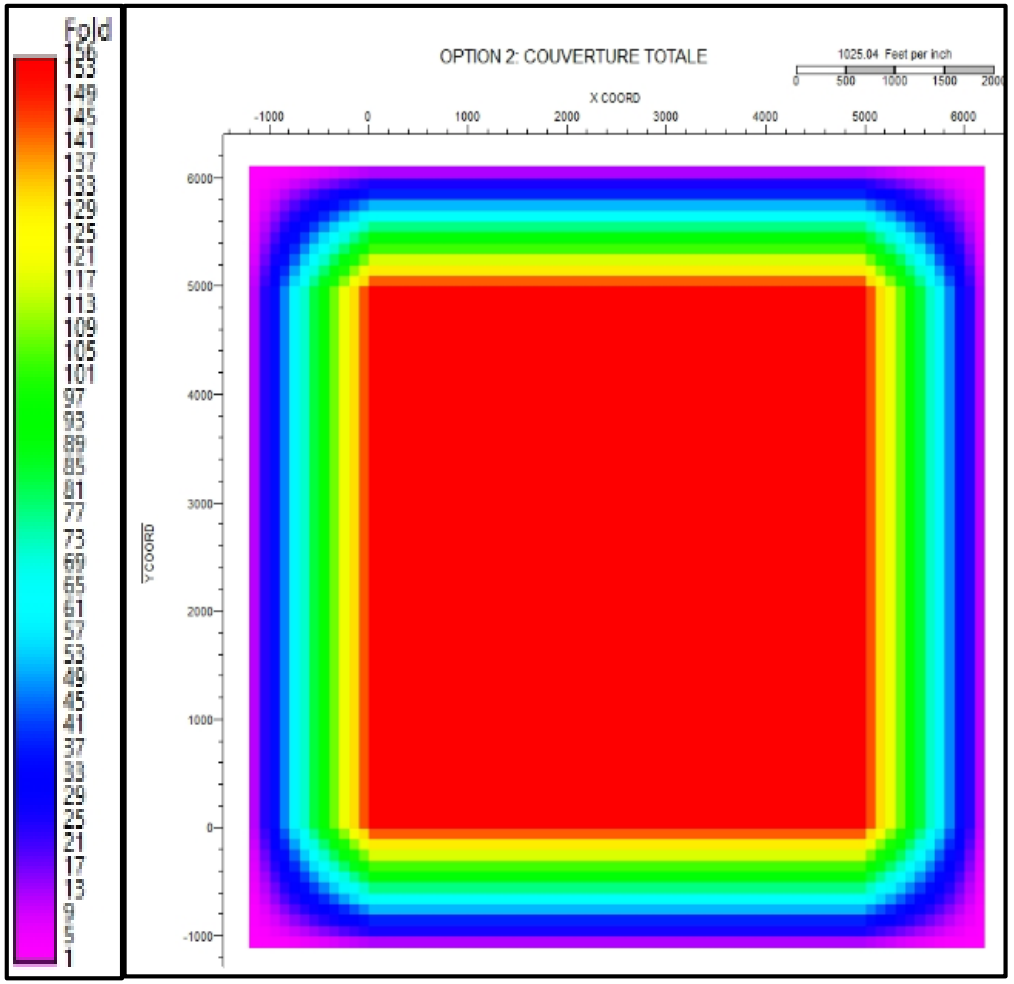


Planche a : distribution de la couverture des options 01(à gauche) et 02 (à droite)

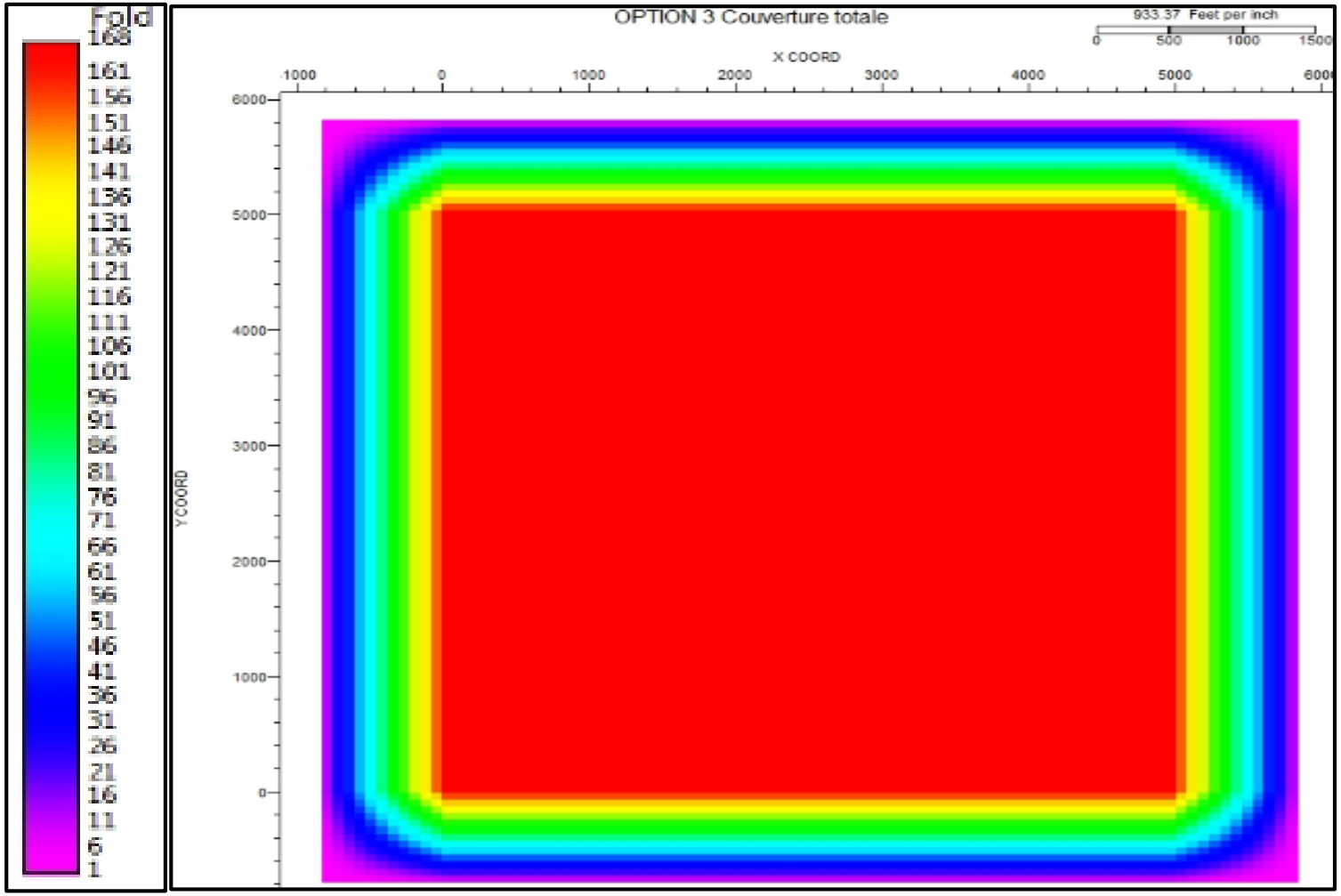


Planche b : distribution de la couverture de l'option 03

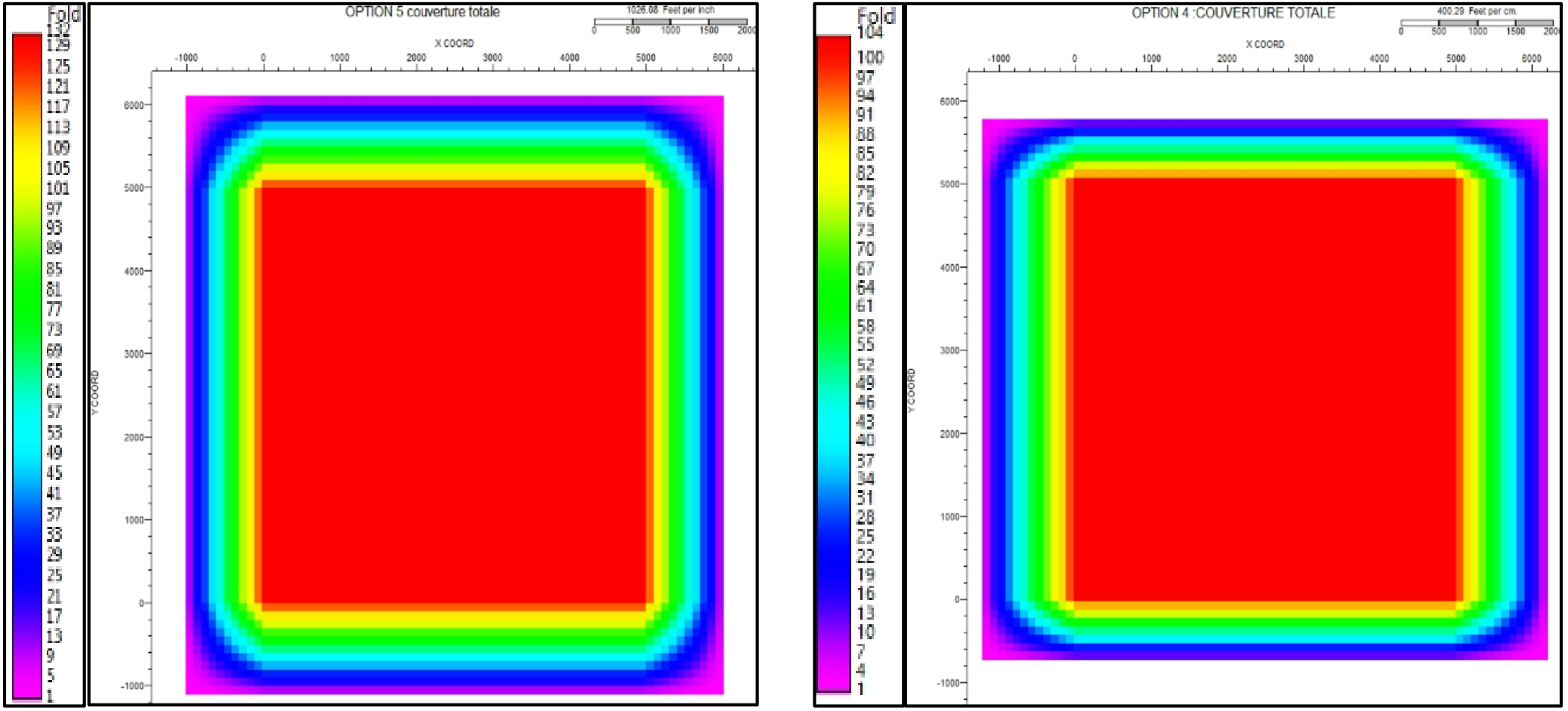
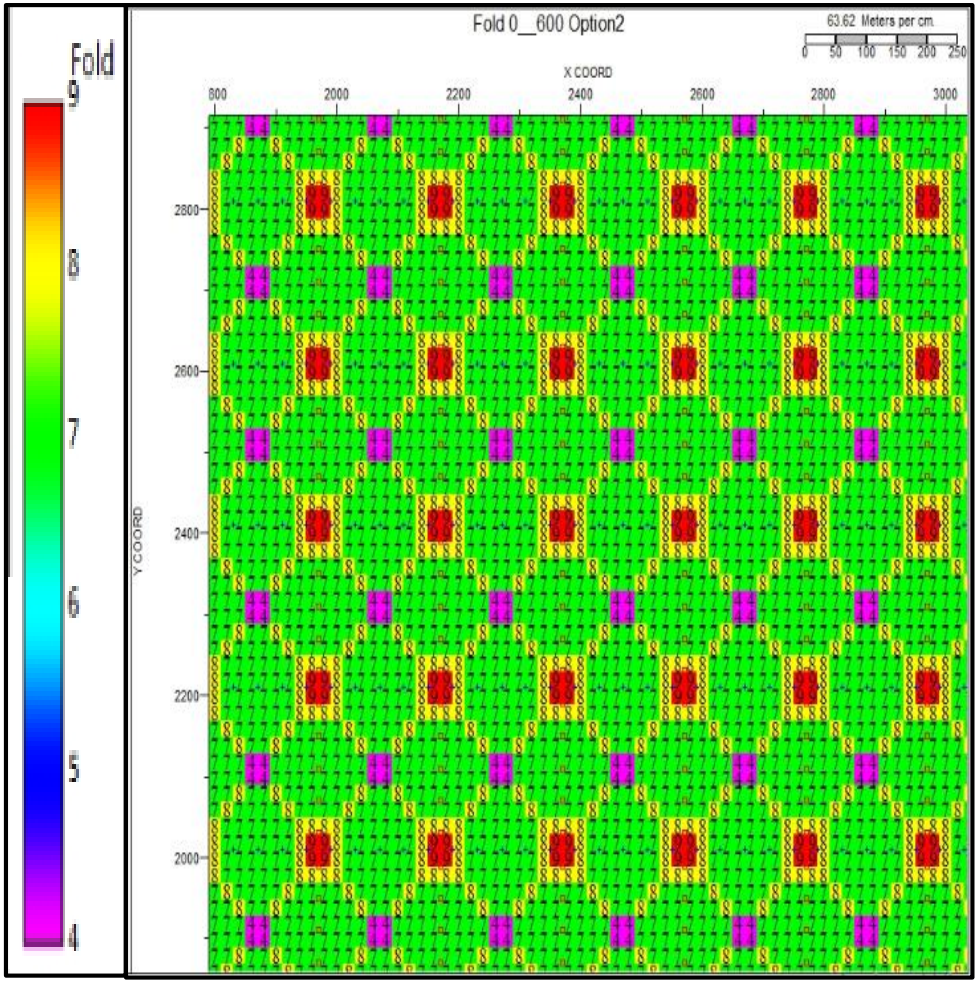


Planche c : Distribution de la couverture des options 04 (à gauche) et 05 (à droite)

Figure I.1 :Distribution de la couverture totale (total fold) des options (planche a,b,c)

I.2 Distribution de la couverture par plage d'offset :offset 0 – 600 m



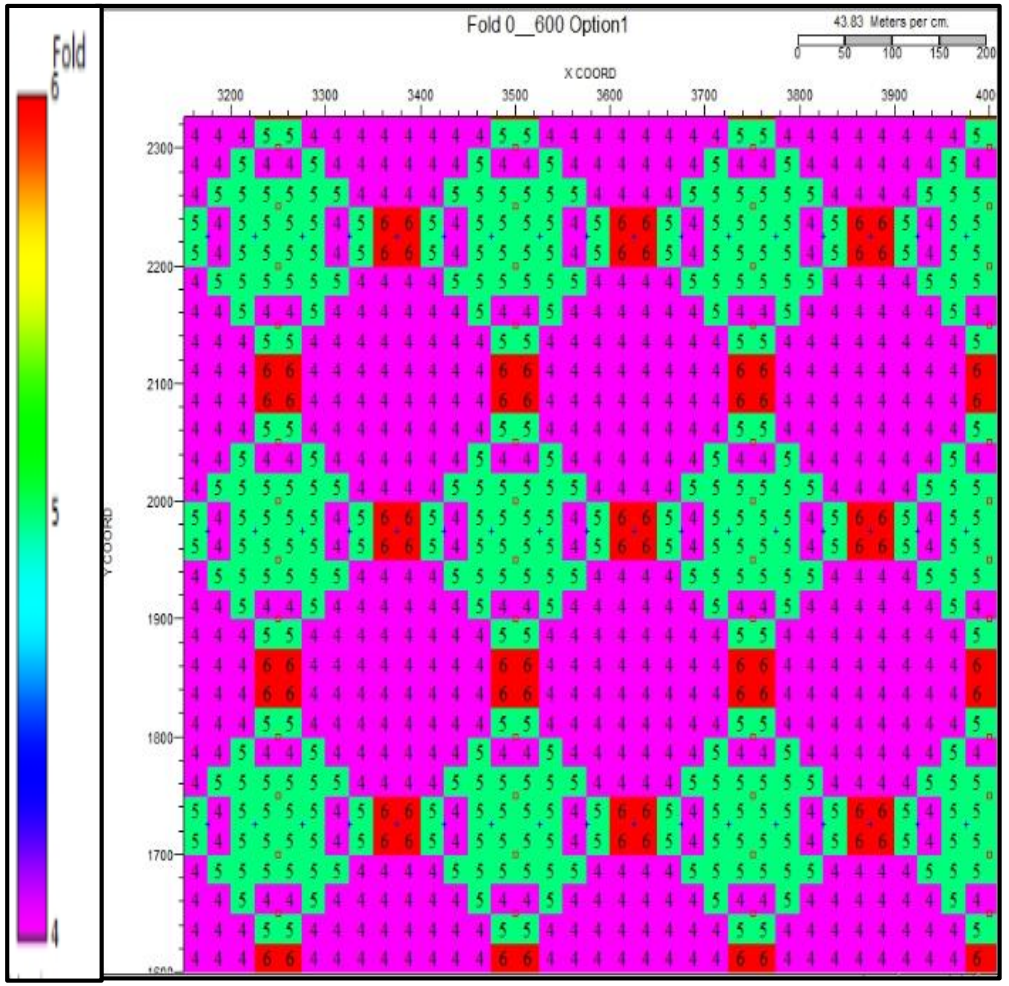


Planche a :Distribution de couverture dans l'intervalle 0 – 600 m des options 01 (àgauche) et 02 (à droite)

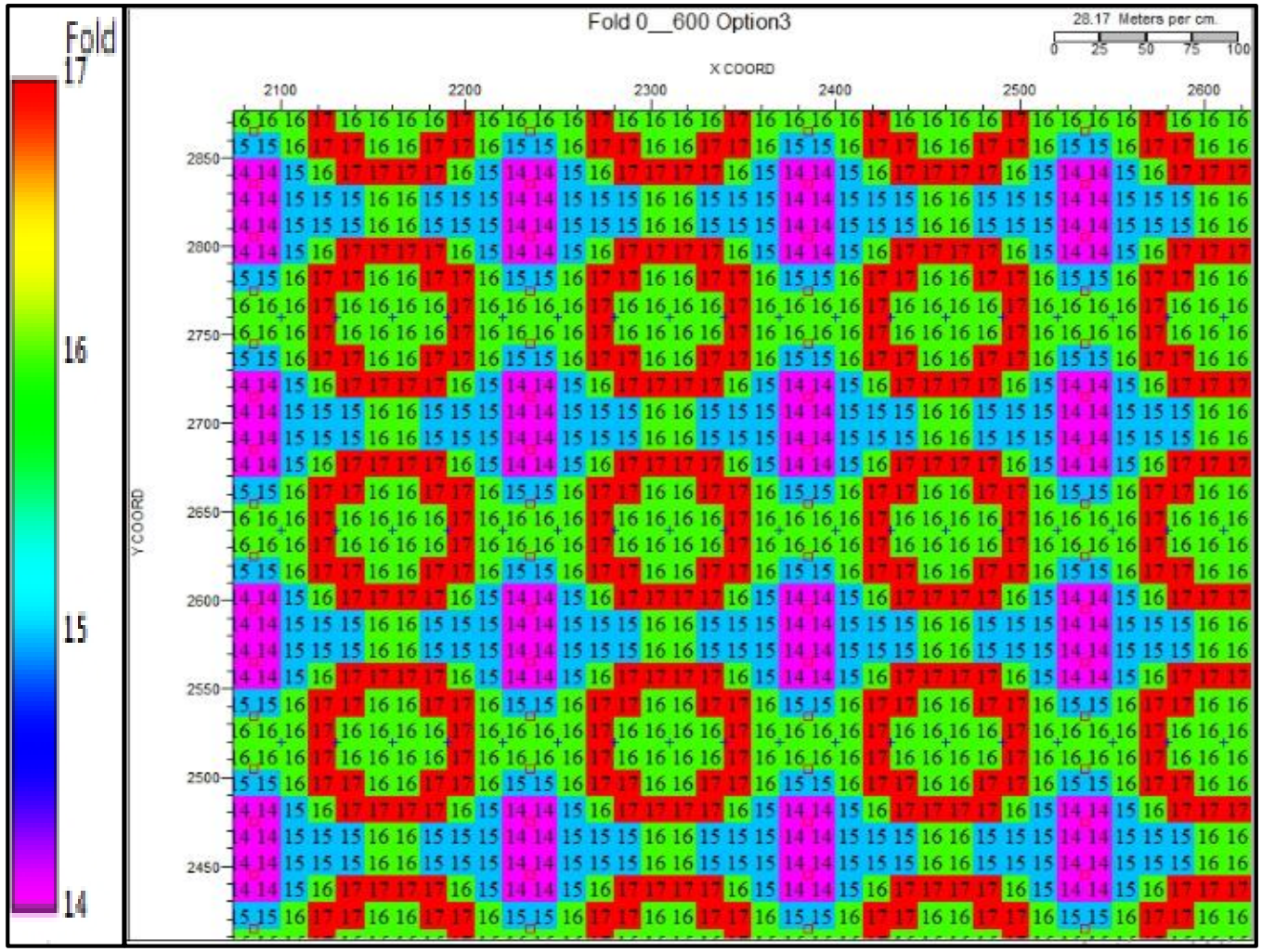
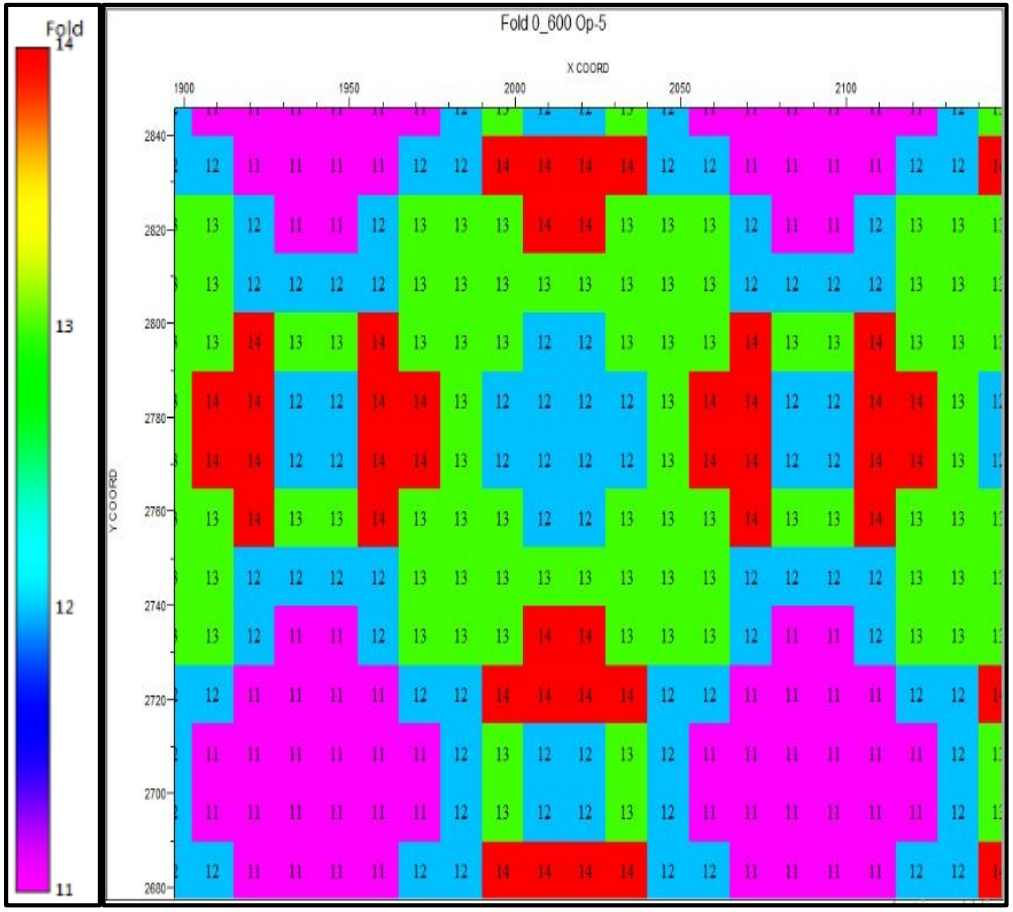


Planche b : Distribution de la couverture dans l'intervalle 0 – 600 m de l'option 03



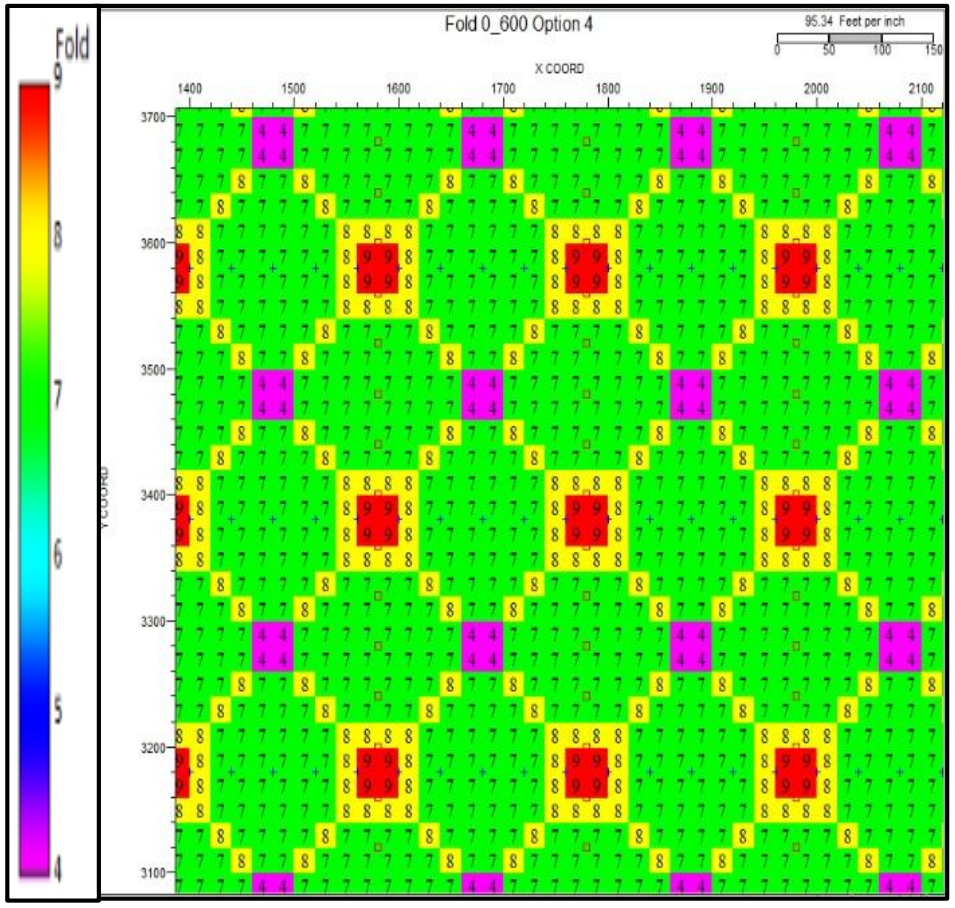
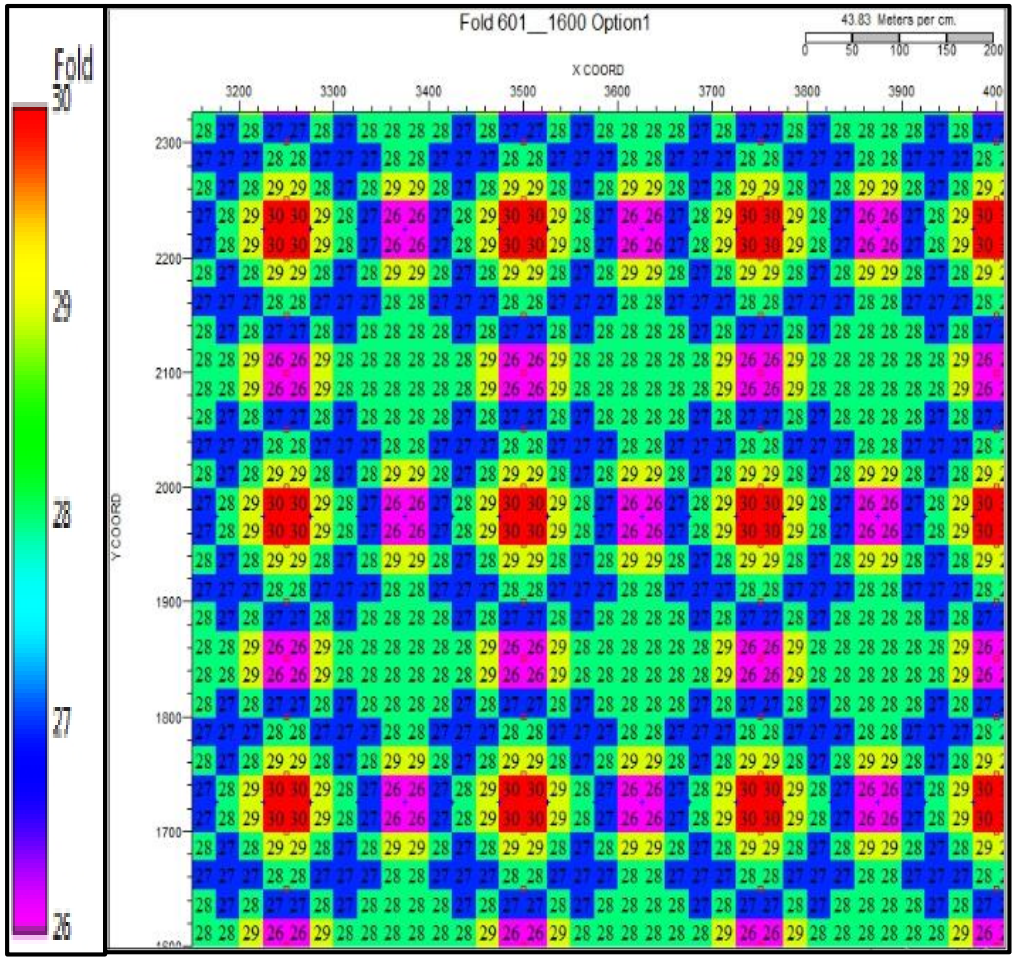


Planche c :Distribution de couverture dans l'intervalle 0 – 600 m des options 04 (àgauche) et 05 (à droite)

Figure IV.2 : Distribution de la couverture par plage d'offset :offset 0 – 600 m des options (planche a,b,c)

III.Distribution de la couverture par plage d'offset :offset 601 – 1600 m



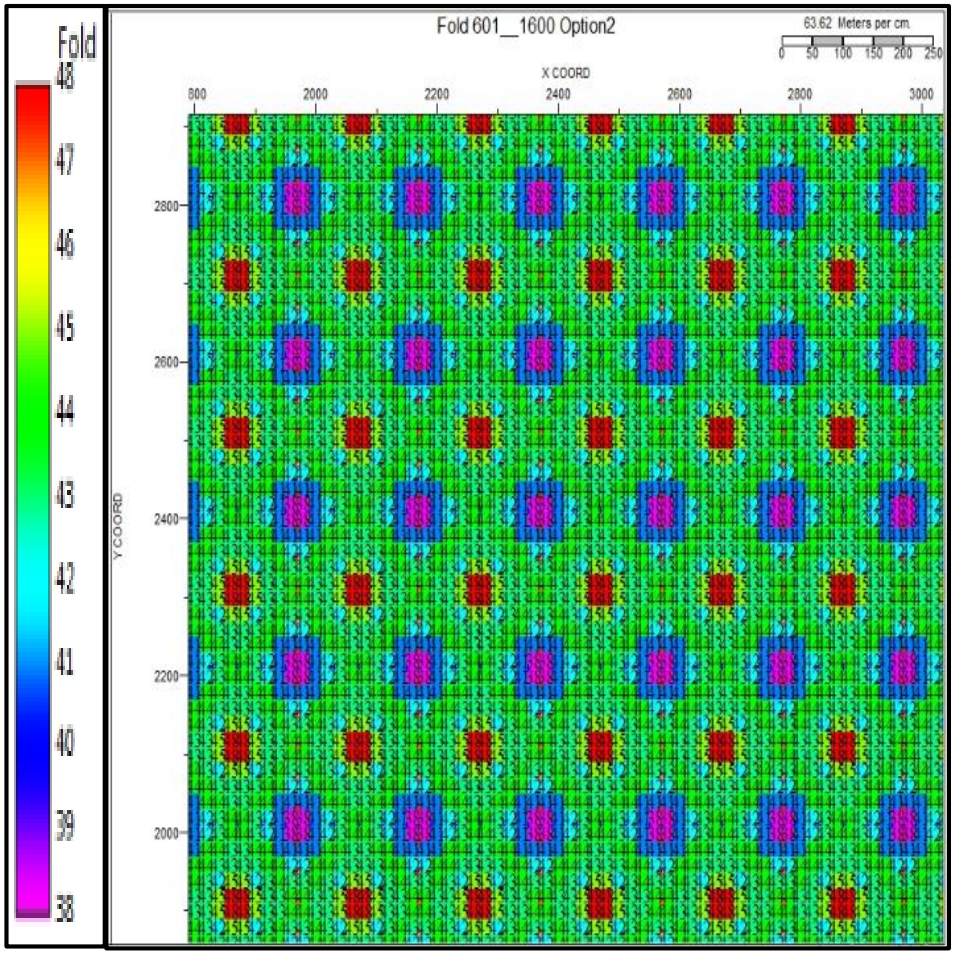


Planche a :Distribution de couverture dans l'intervalle 601 – 1600 m des options 01 (àgauche) et 02 (à droite)

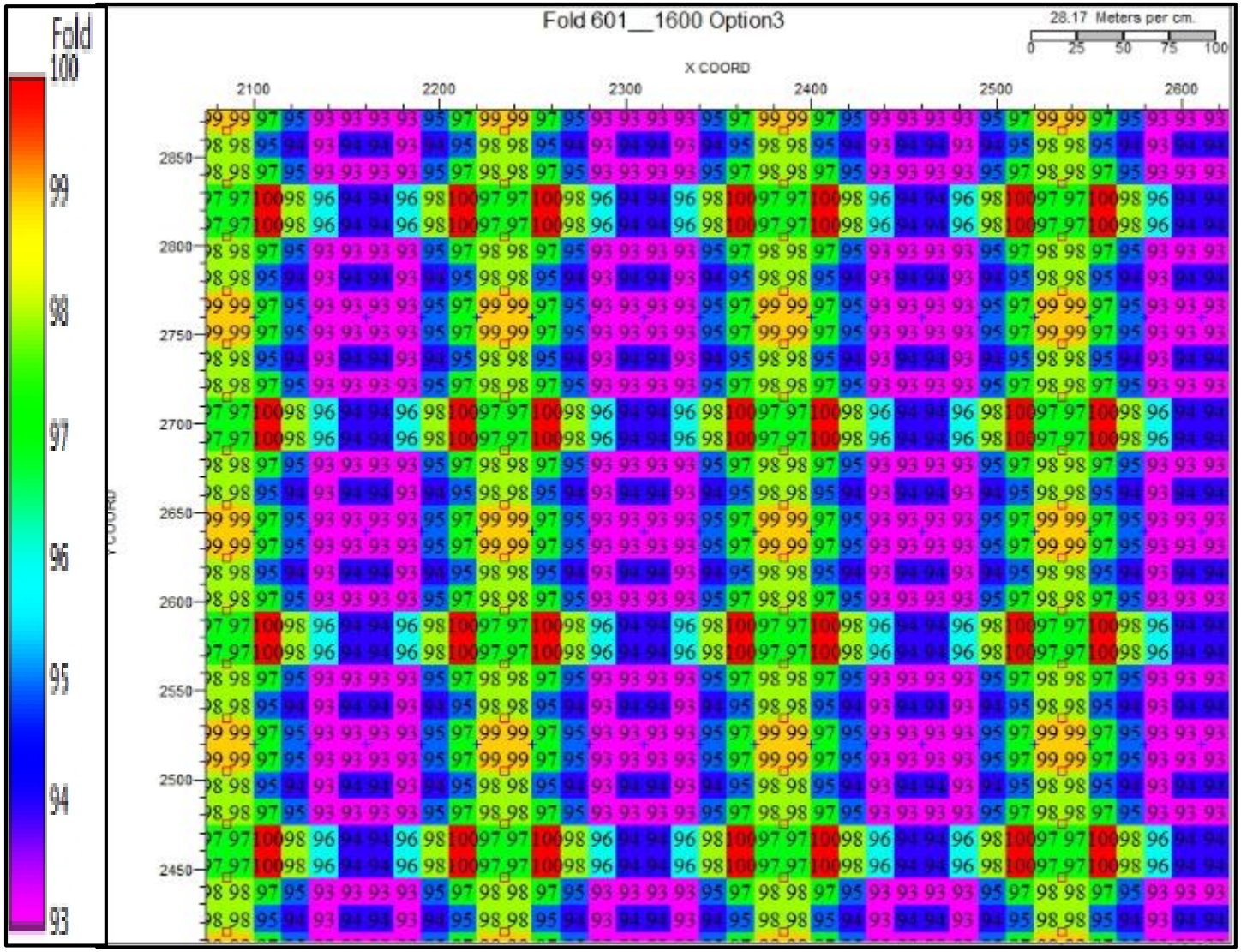
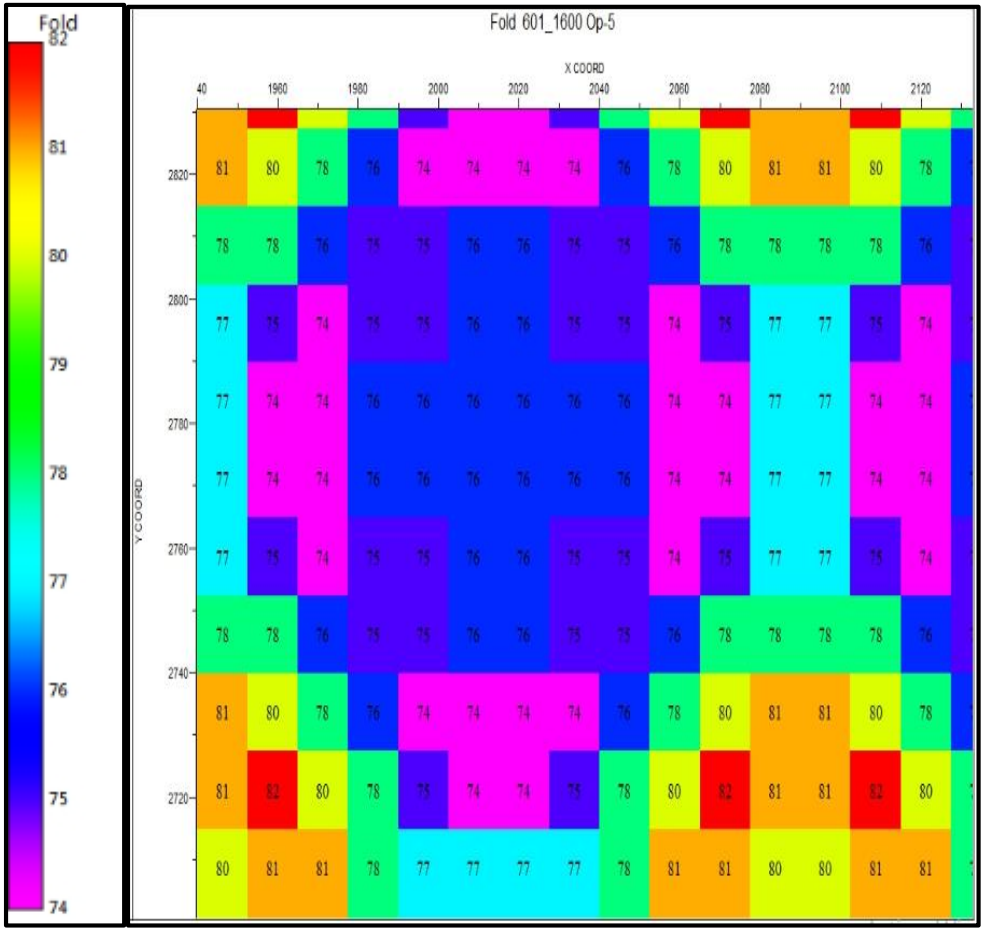


Planche b : Distribution de la couverture dans l'intervalle 601 – 1600 m de l'option 03



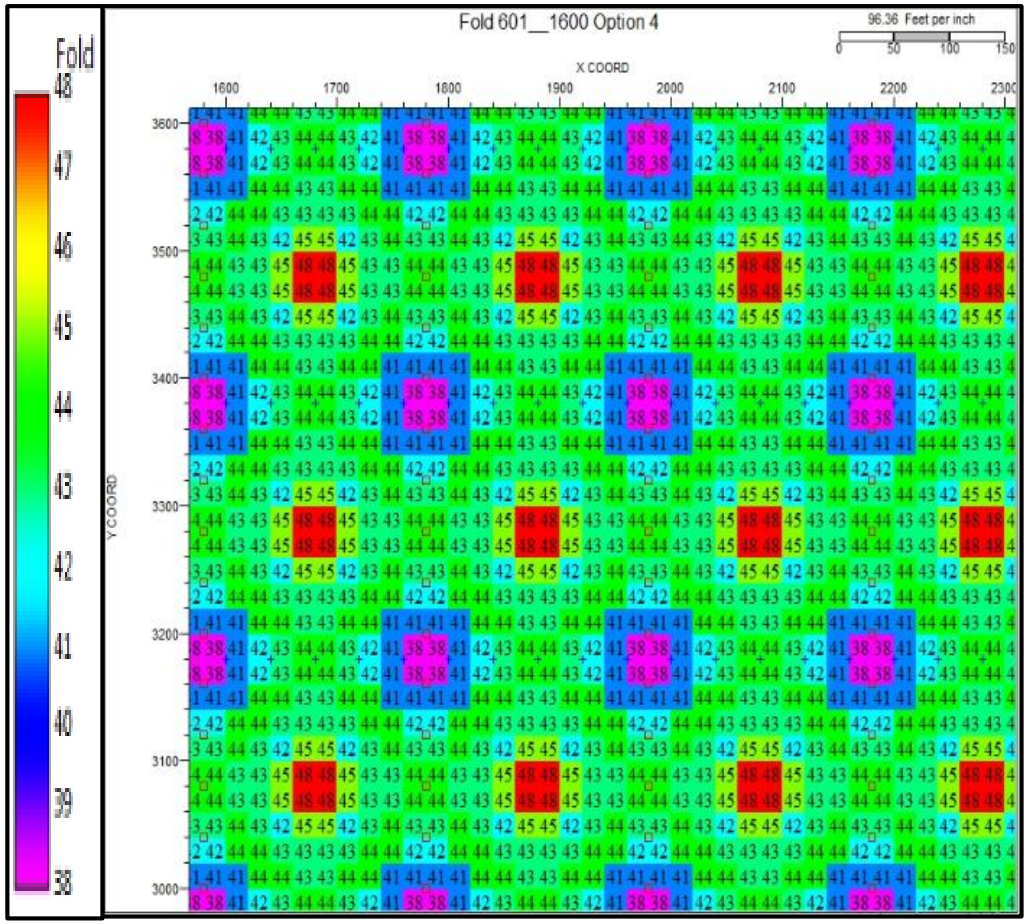
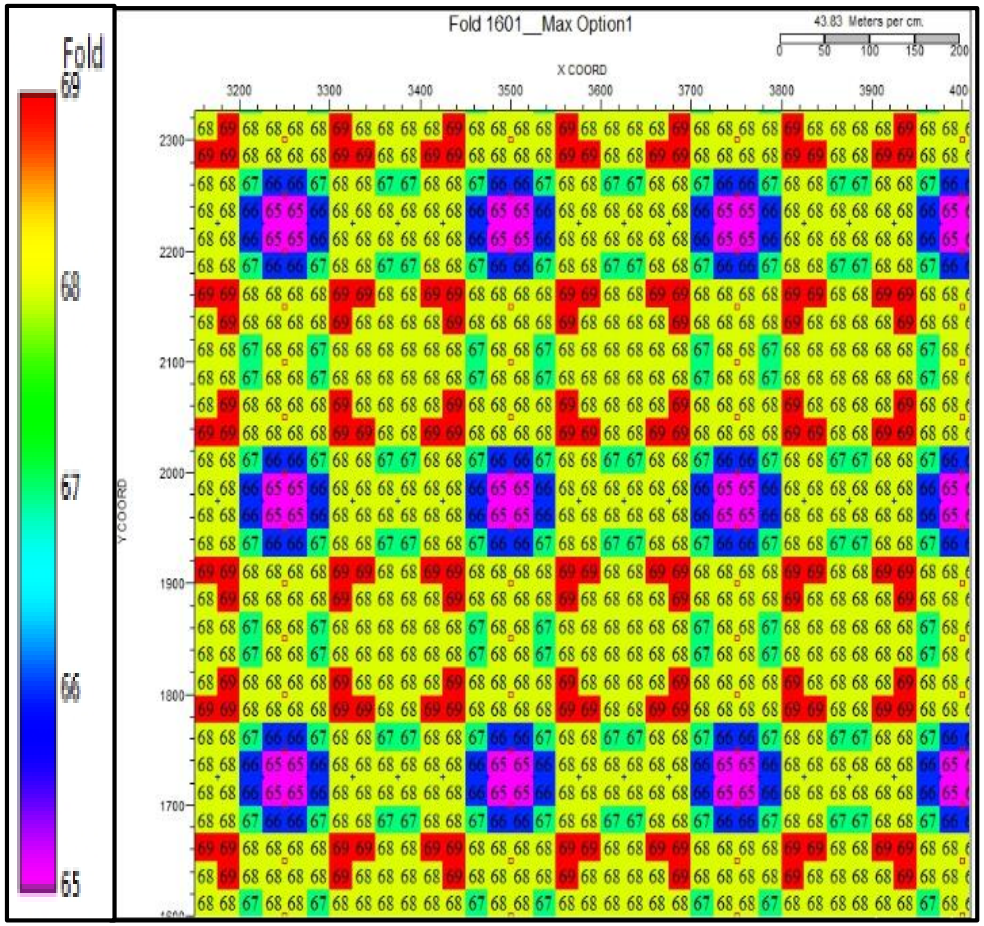


Planche c :Distribution de couverture dans l'intervalle 601 – 1600 m des options 04 (àgauche) et 05 (à droite)

Figure I.3 : Distribution de la couverture par plage d'offset :offset 601 – 1600 m des options (planche a,b,c)

I.4 Distribution de la couverture par plage d'offset :offset 1601 – max m



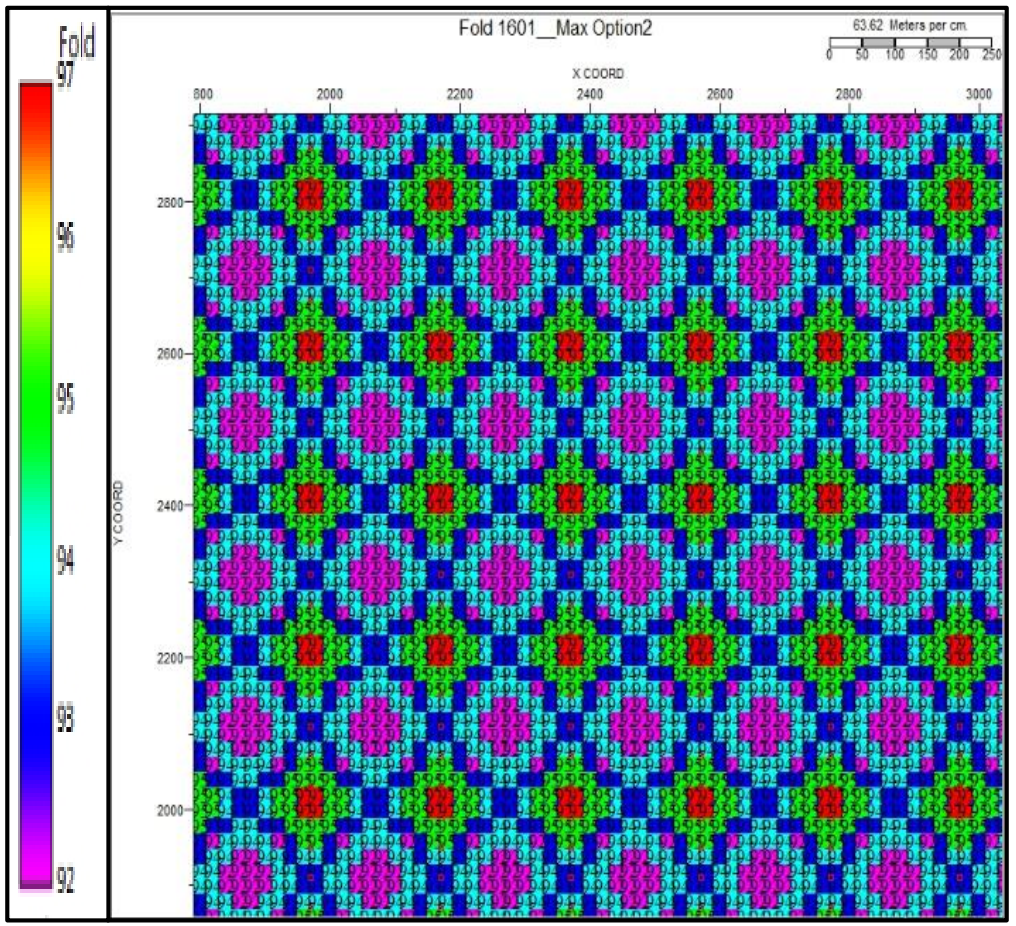


Planche a :Distribution de couverture dans l'intervalle 1601 – max m des options 01 (à gauche) et 02 (à droite)

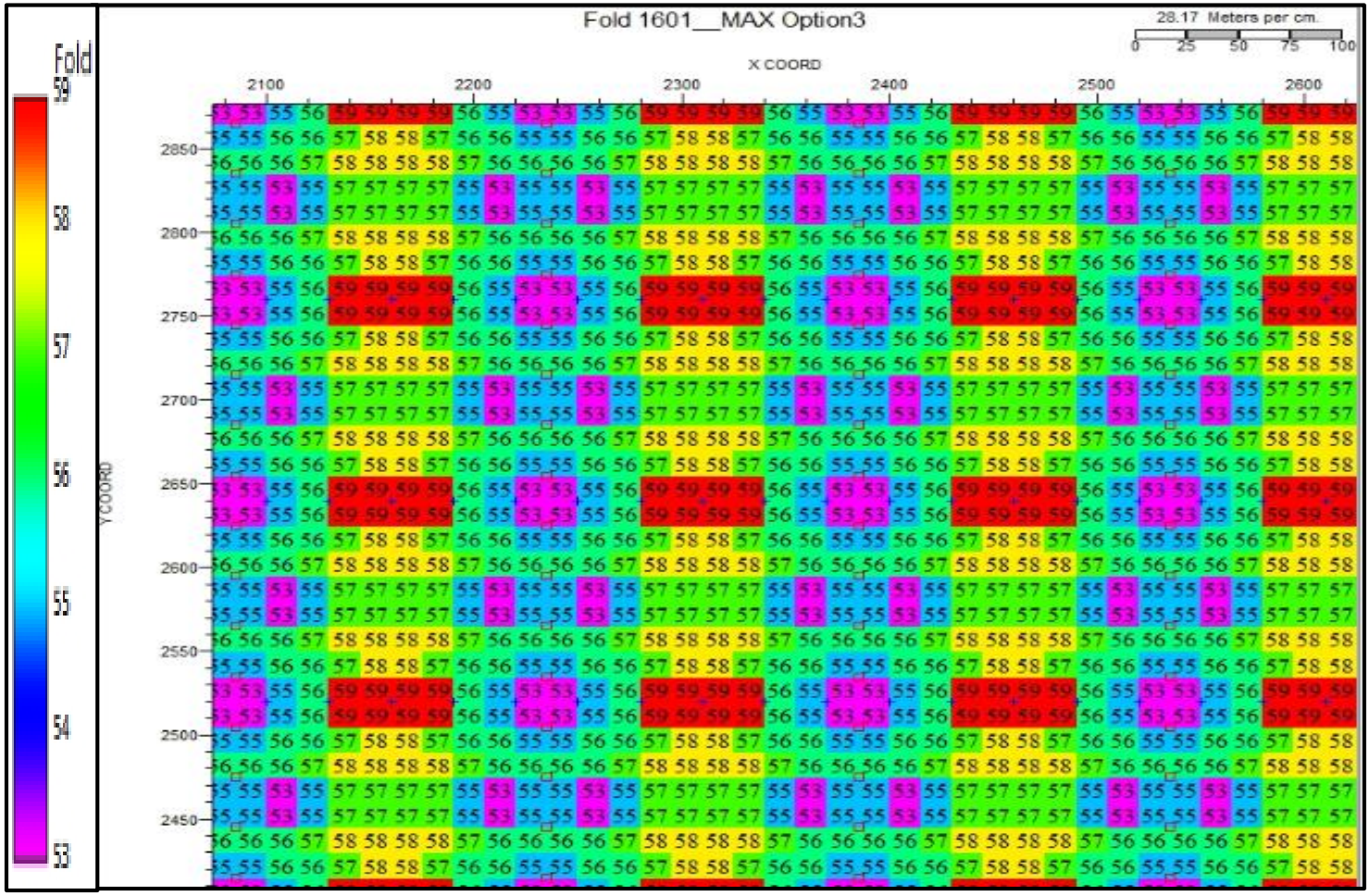
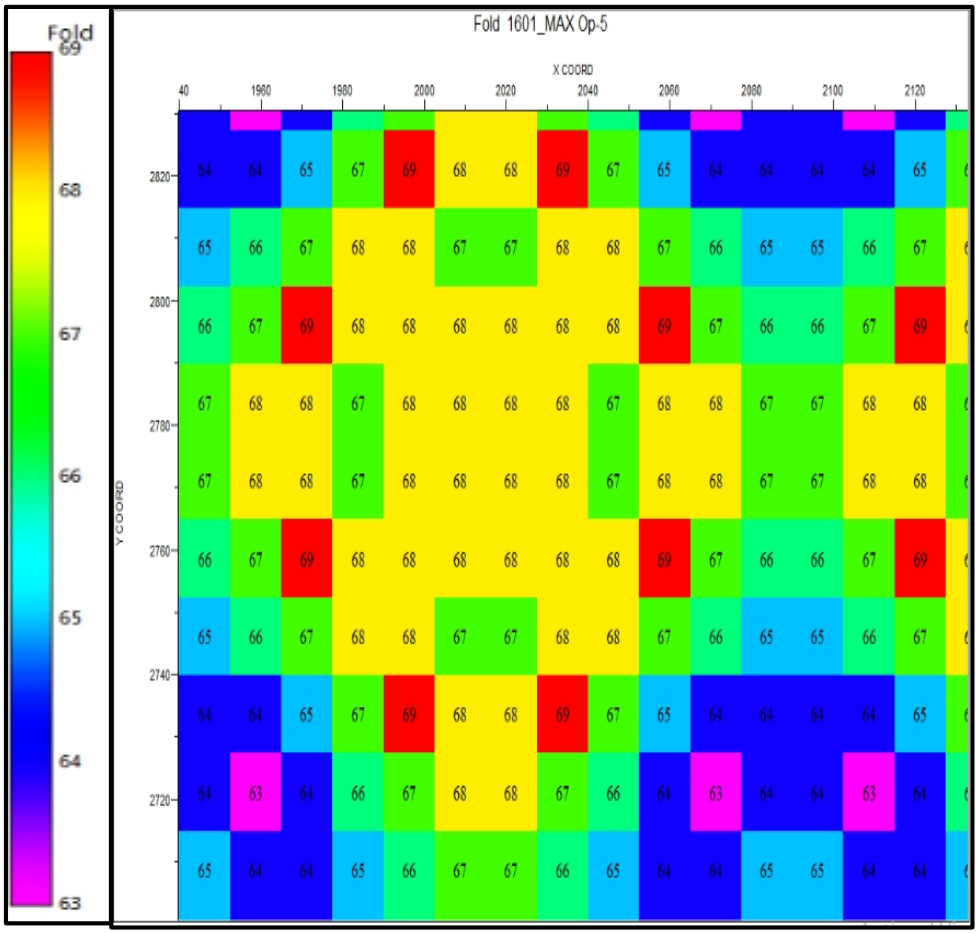


Planche b : Distribution de la couverture dans l'intervalle 1601 – max m de l'option 03



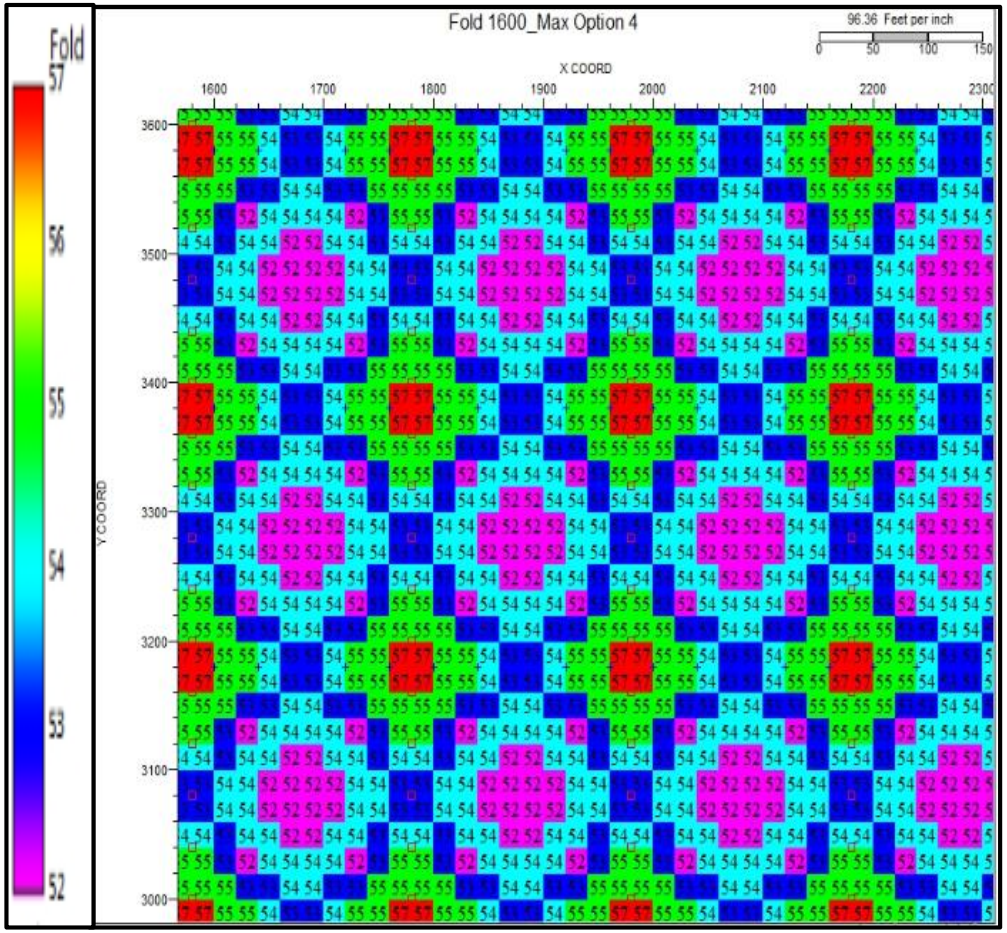
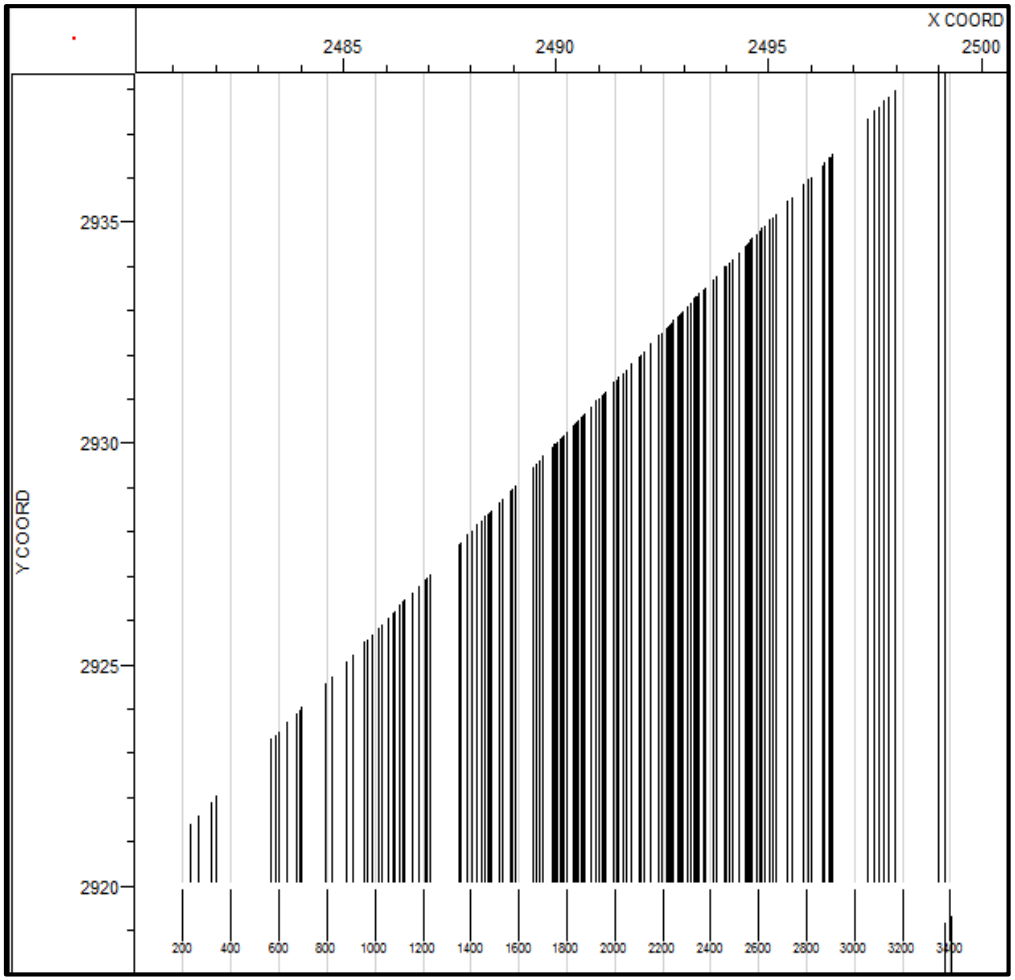


Planche c :Distribution de couverture dans l'intervalle 1601 – max m des options 04 (àgauche) et 05 (à droite)

Figure I.4 : Distribution de la couverture par plage d'offset :offset 1601 – max m des options (planche a,b,l)

II.1 Distribution des offsets- histogramme des offsets(zoom)



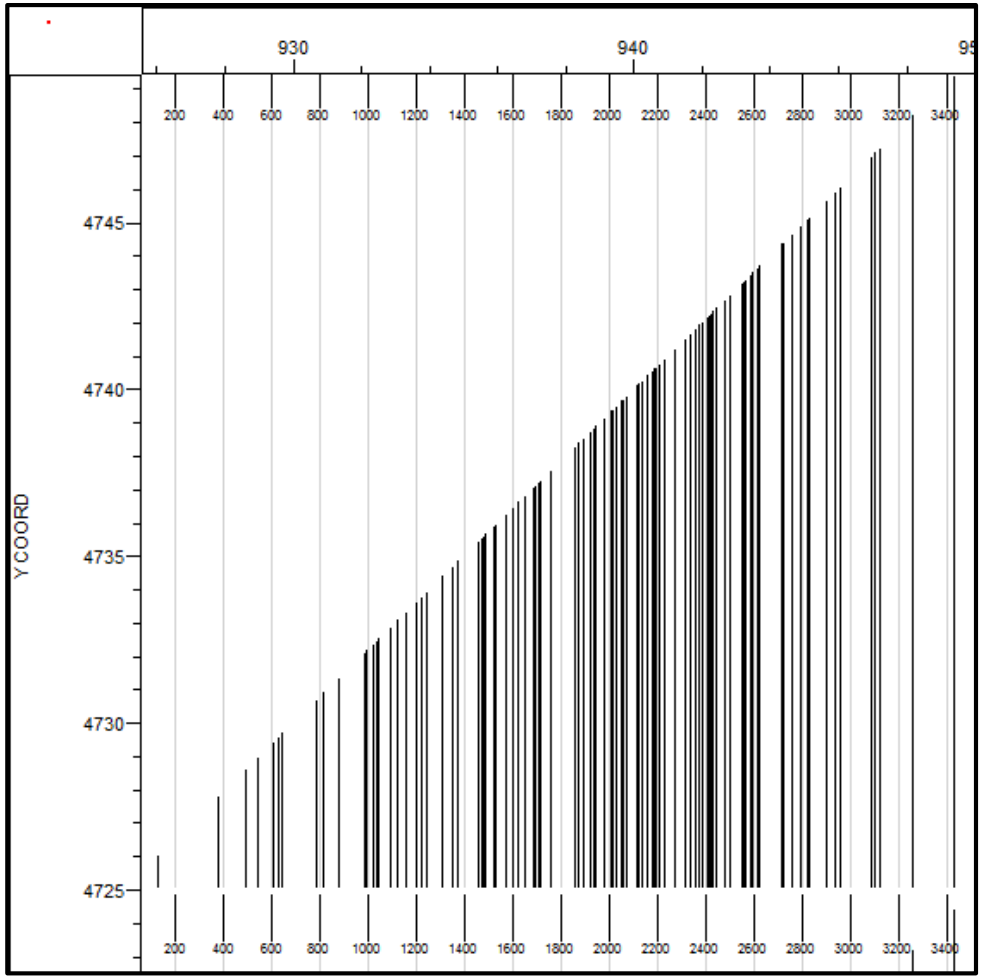


Planche a :Distribution des offsets des options 01 (àgauche) et 02 (à droite)

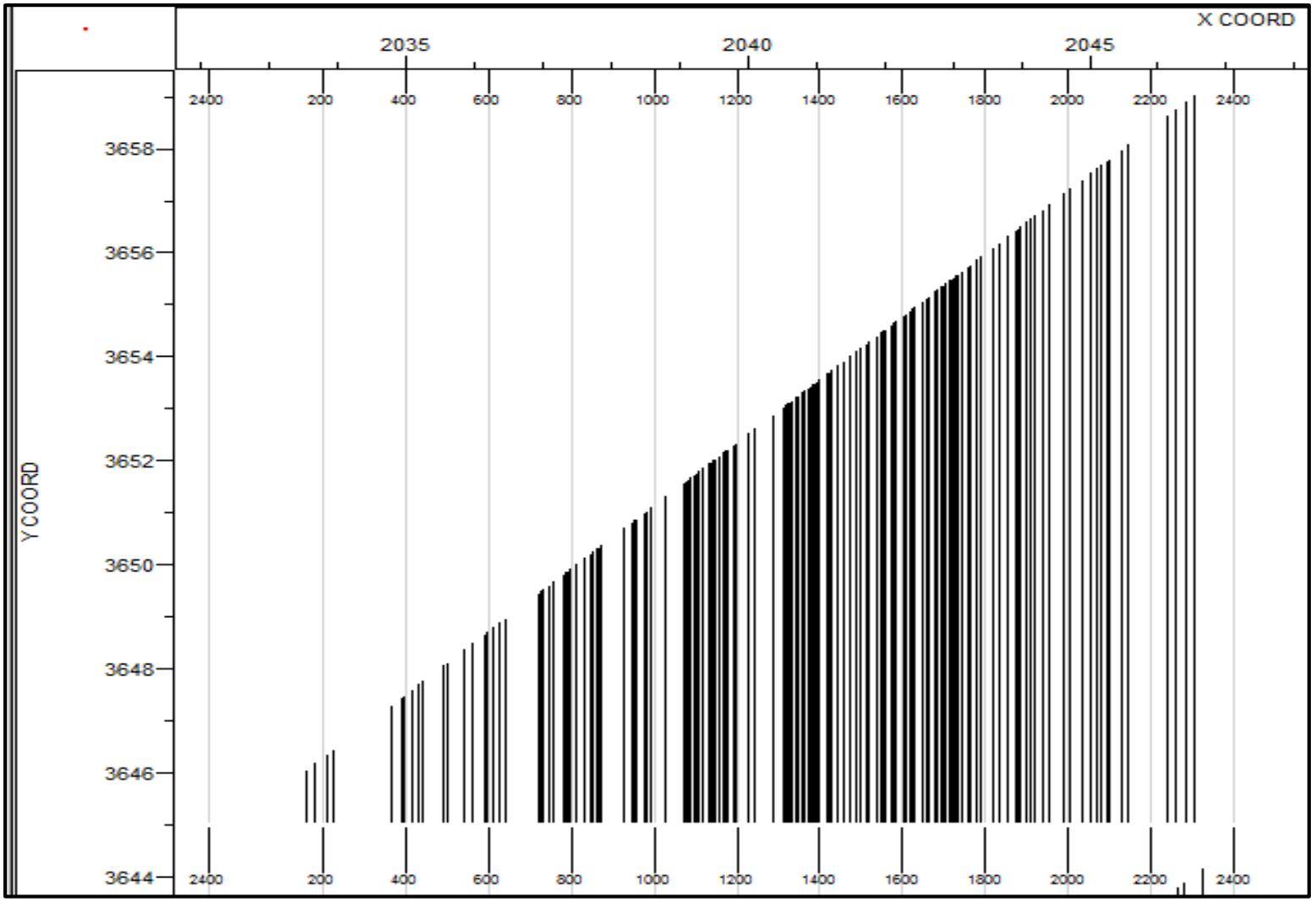
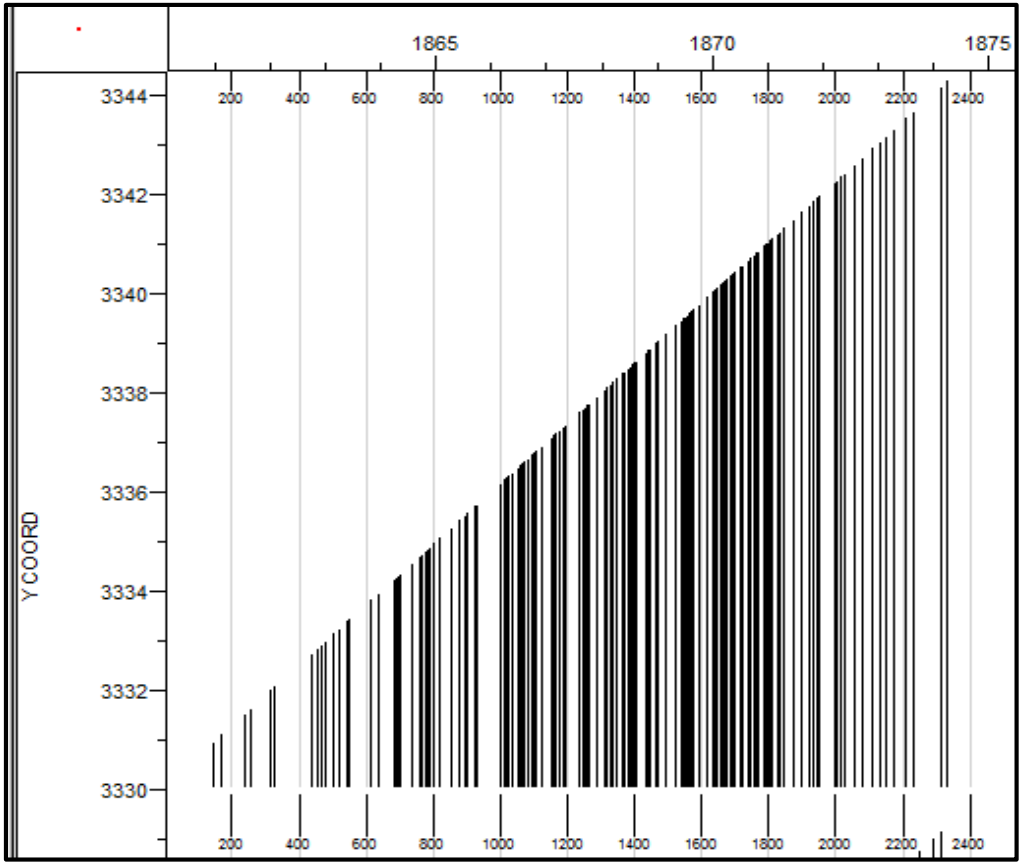


Planche b : Distribution des offsets de l'option 03



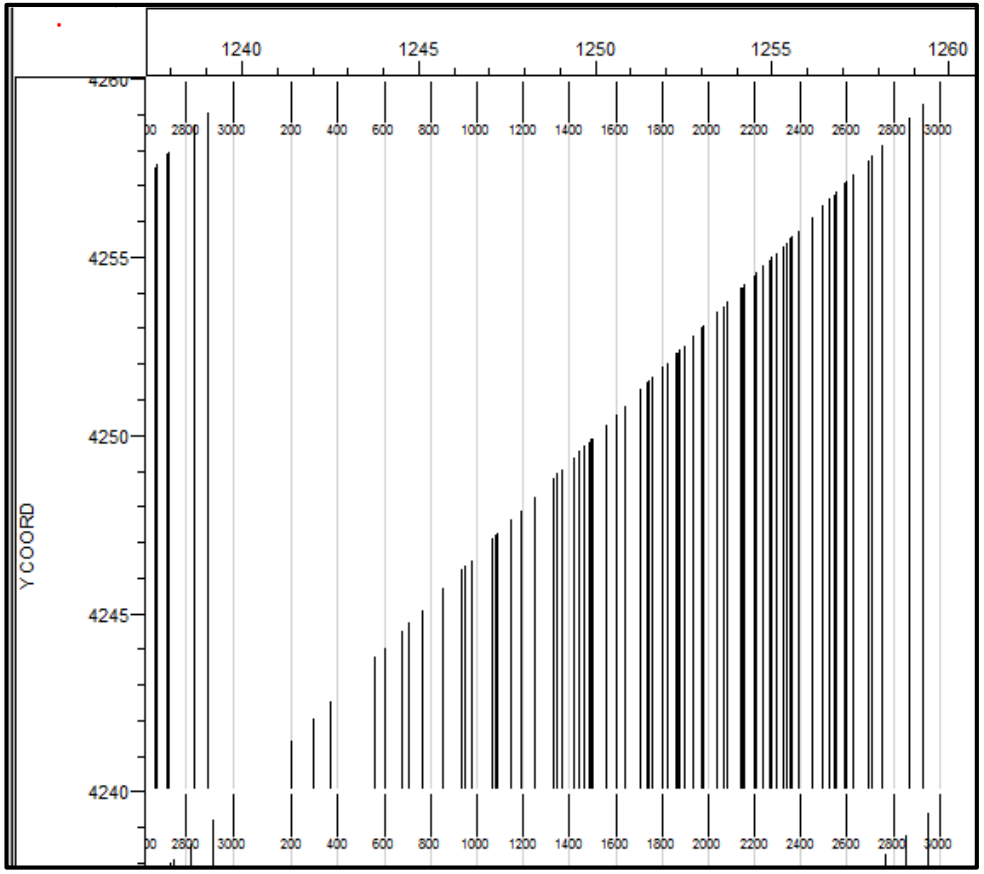


Planche c :Distribution des offsets des options 04 (àgauche) et 05 (à droite)

Figure II.1 : Distribution des offsets des options (planche a,b,c)

Figure II.2 : Courbe offset en fonction du nombre de traces

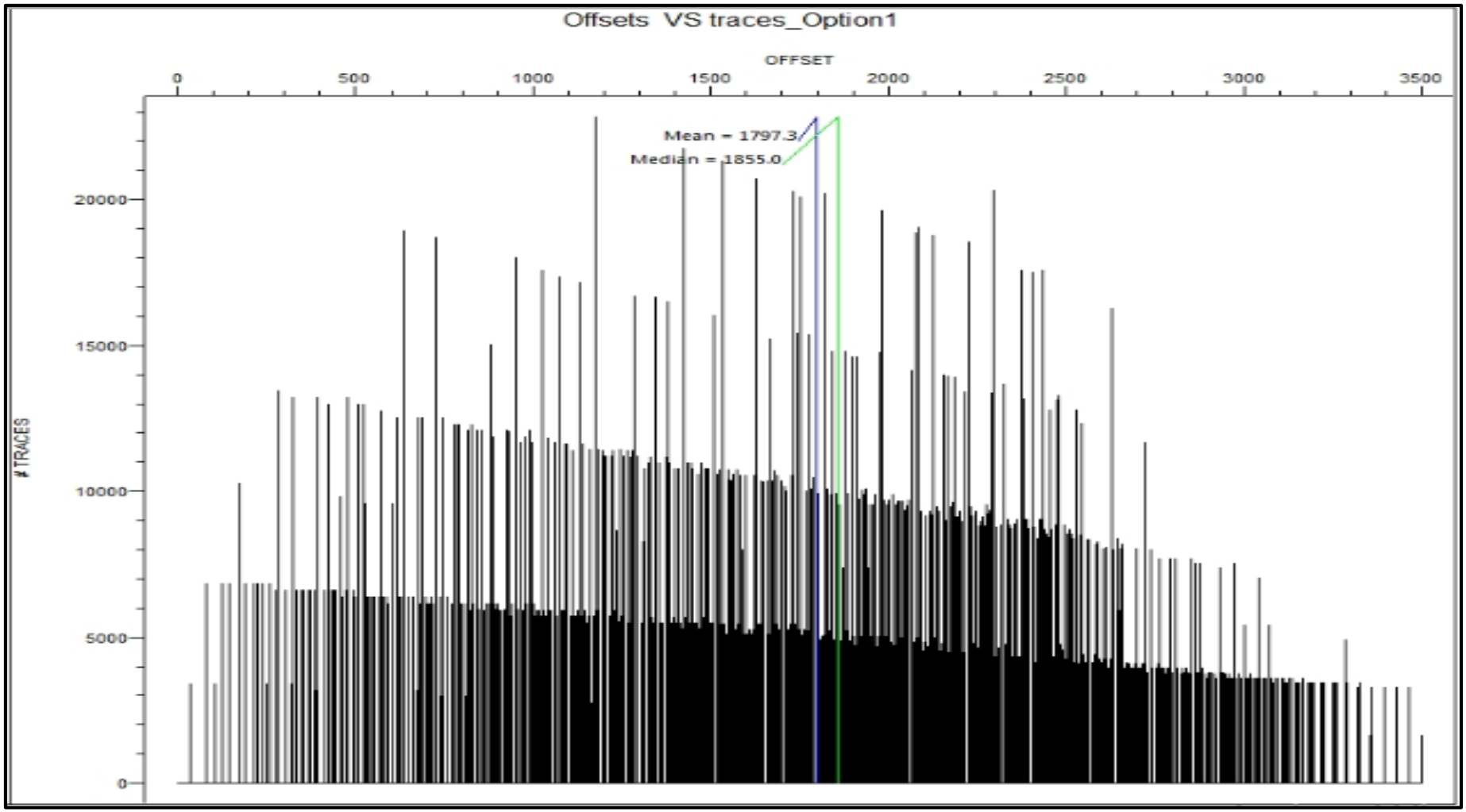


Planche a : Courbe offset-traces de l'option 01

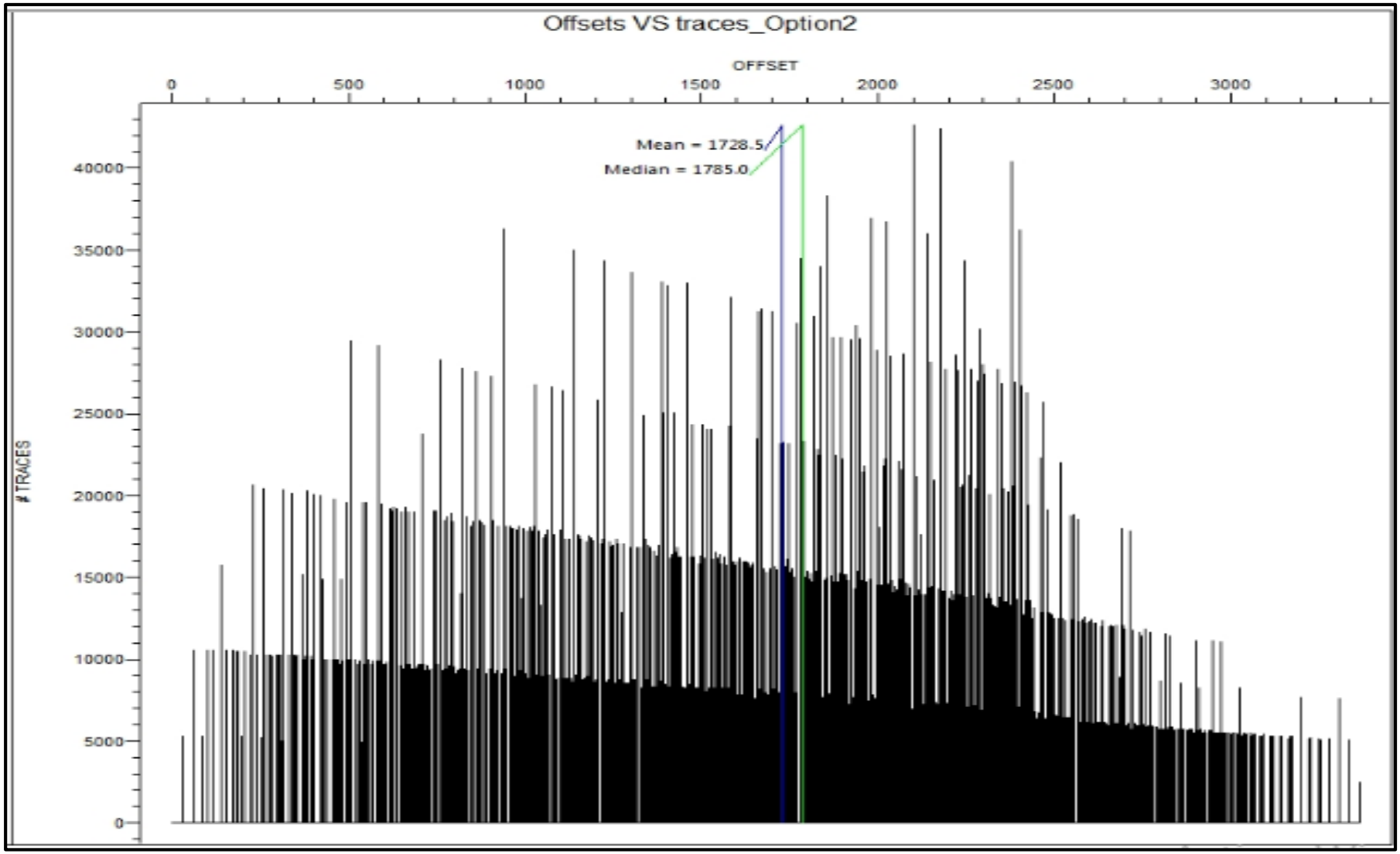


Planche b : Courbe offset-traces de l'option 02

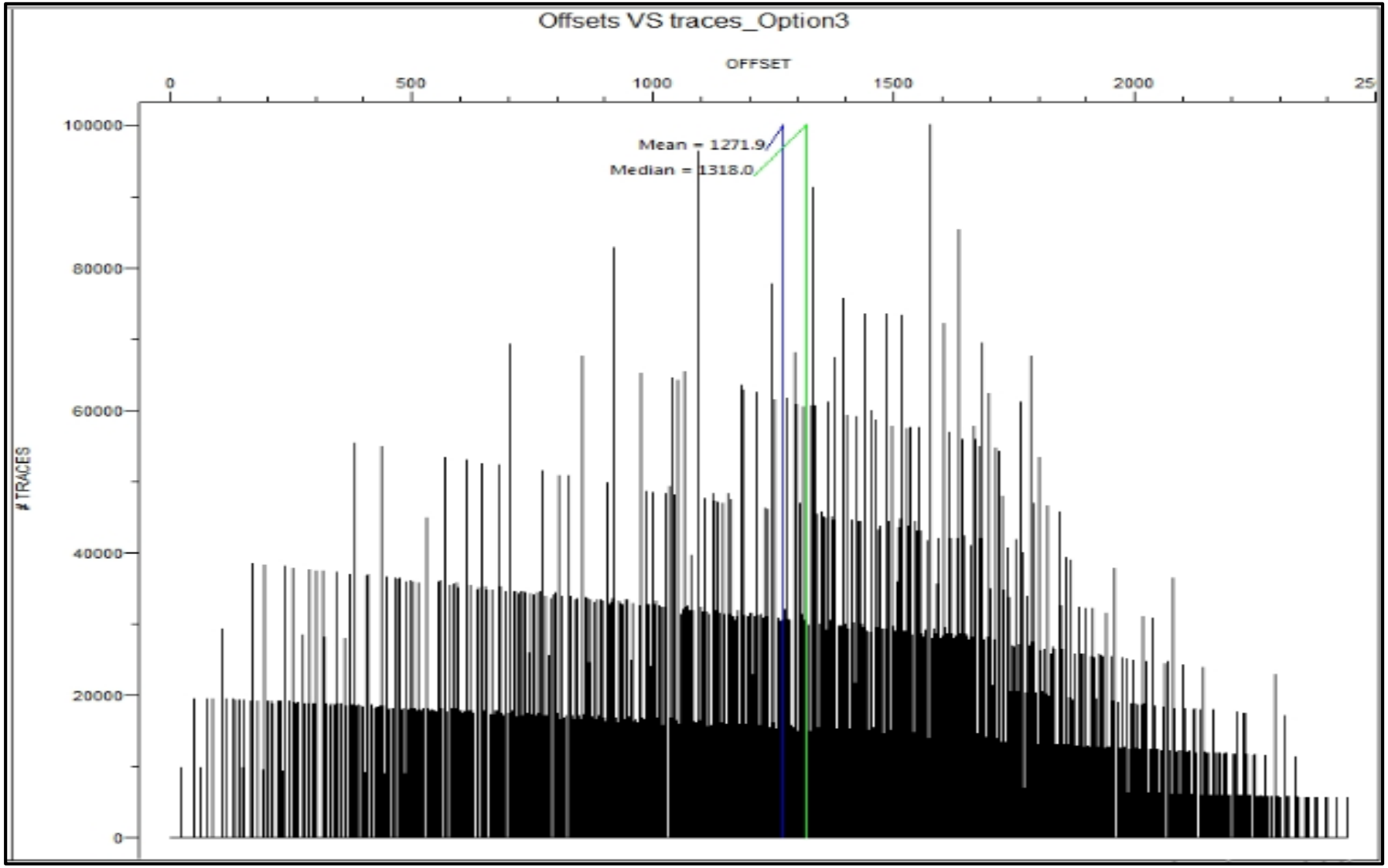


Planche c : Courbe offset-traces de l'option 03

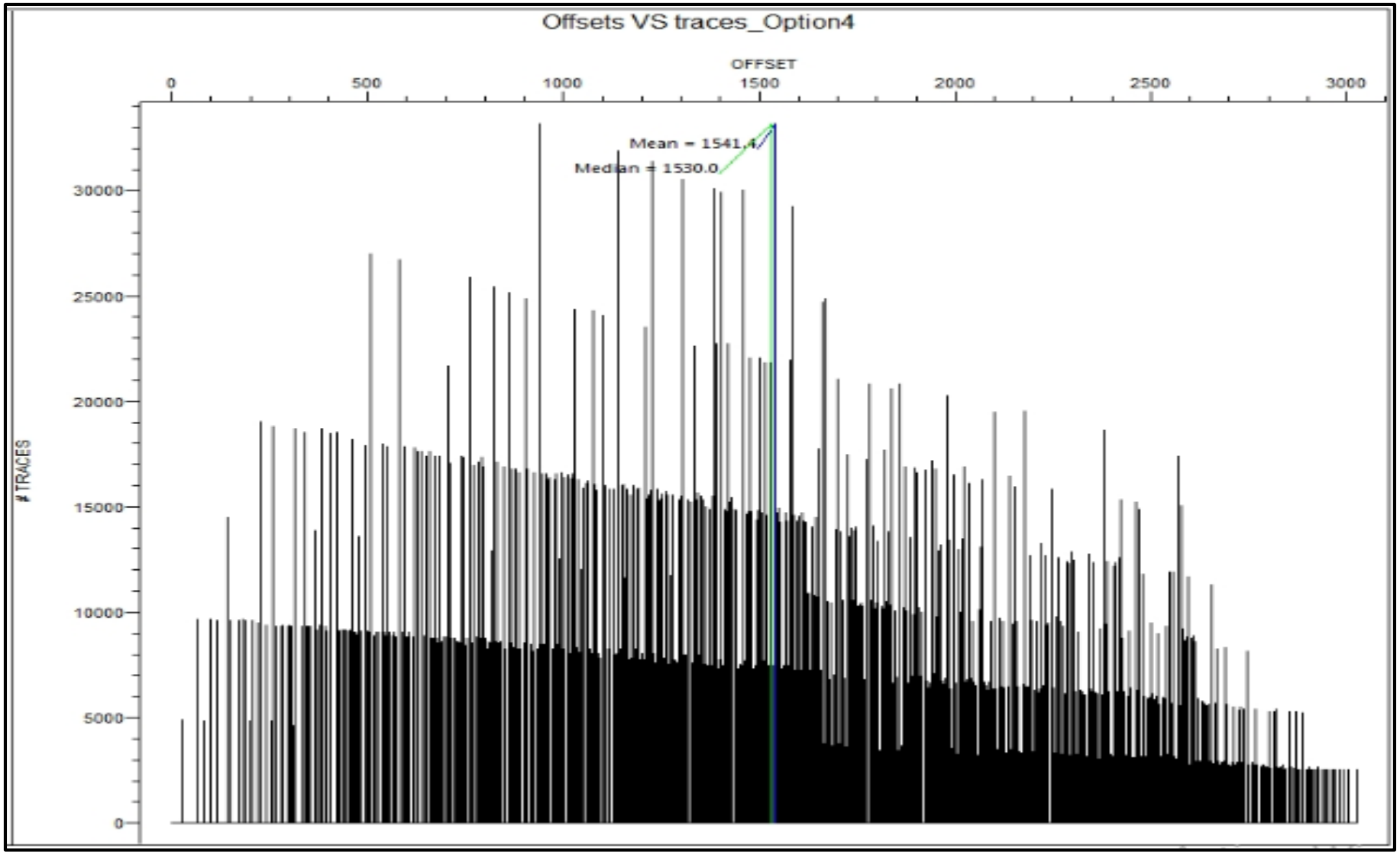


Planche d : Courbe offset-traces de l'option 04

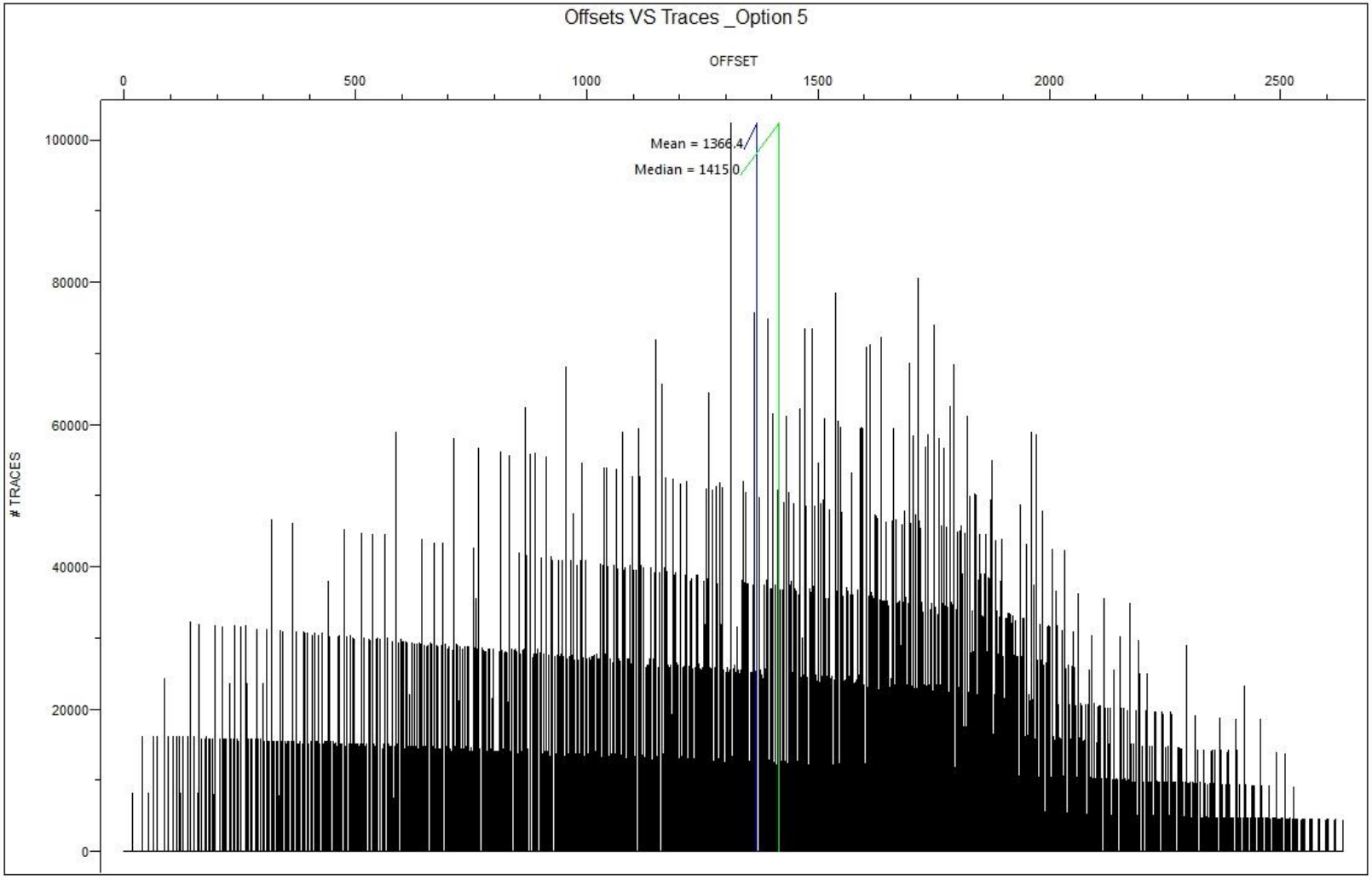
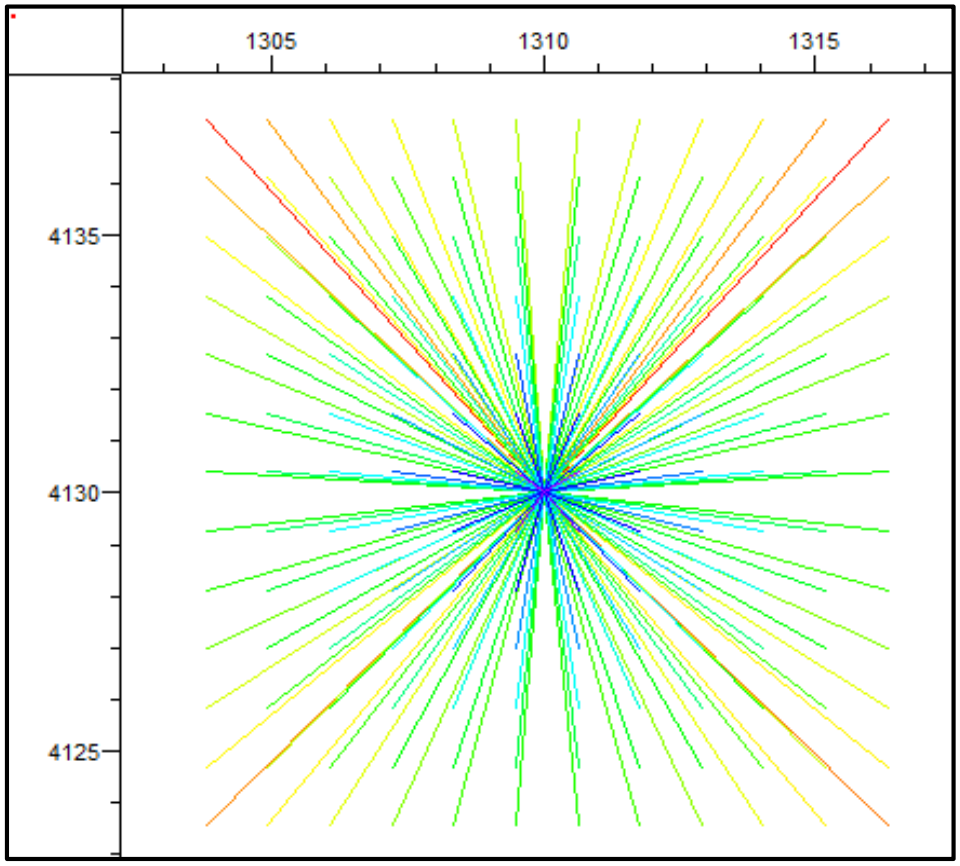


Planche e : Courbe offset-traces de l'option 05

Figure III.1 : Distribution azimutale – Spider diagramme (zoom)



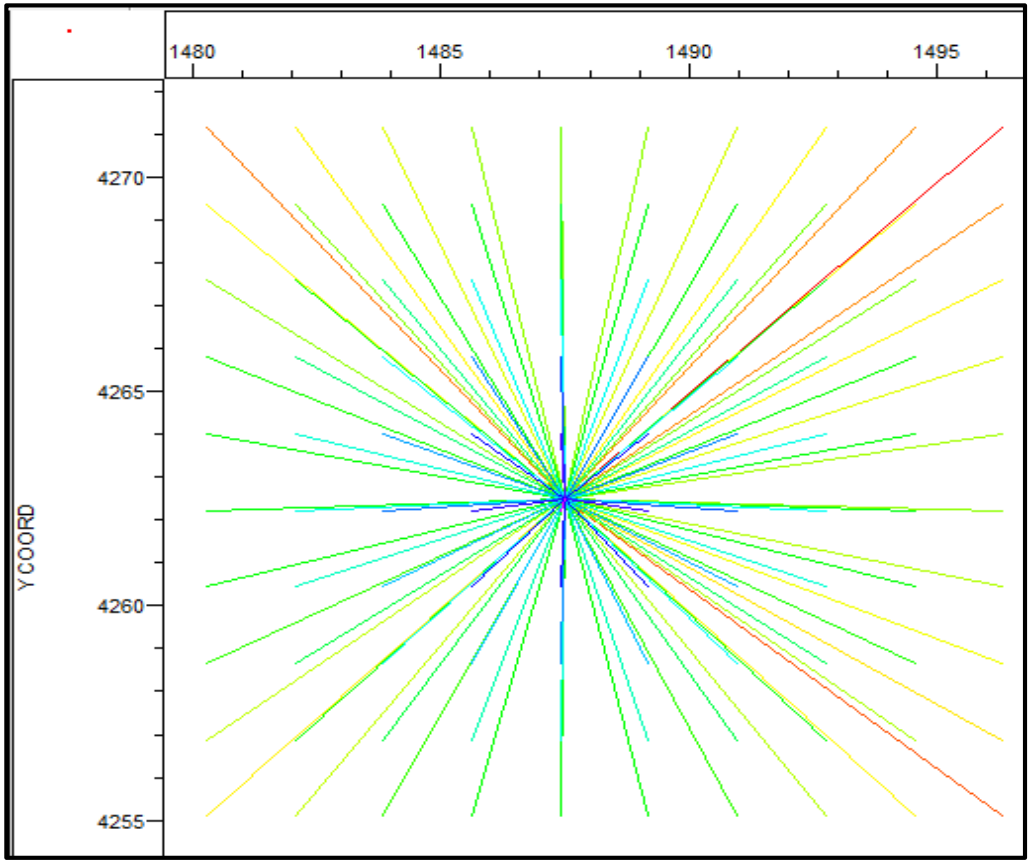


Planche a :Distribution des spiders diagrammes des options 01 (àgauche) et 02 (à droite)

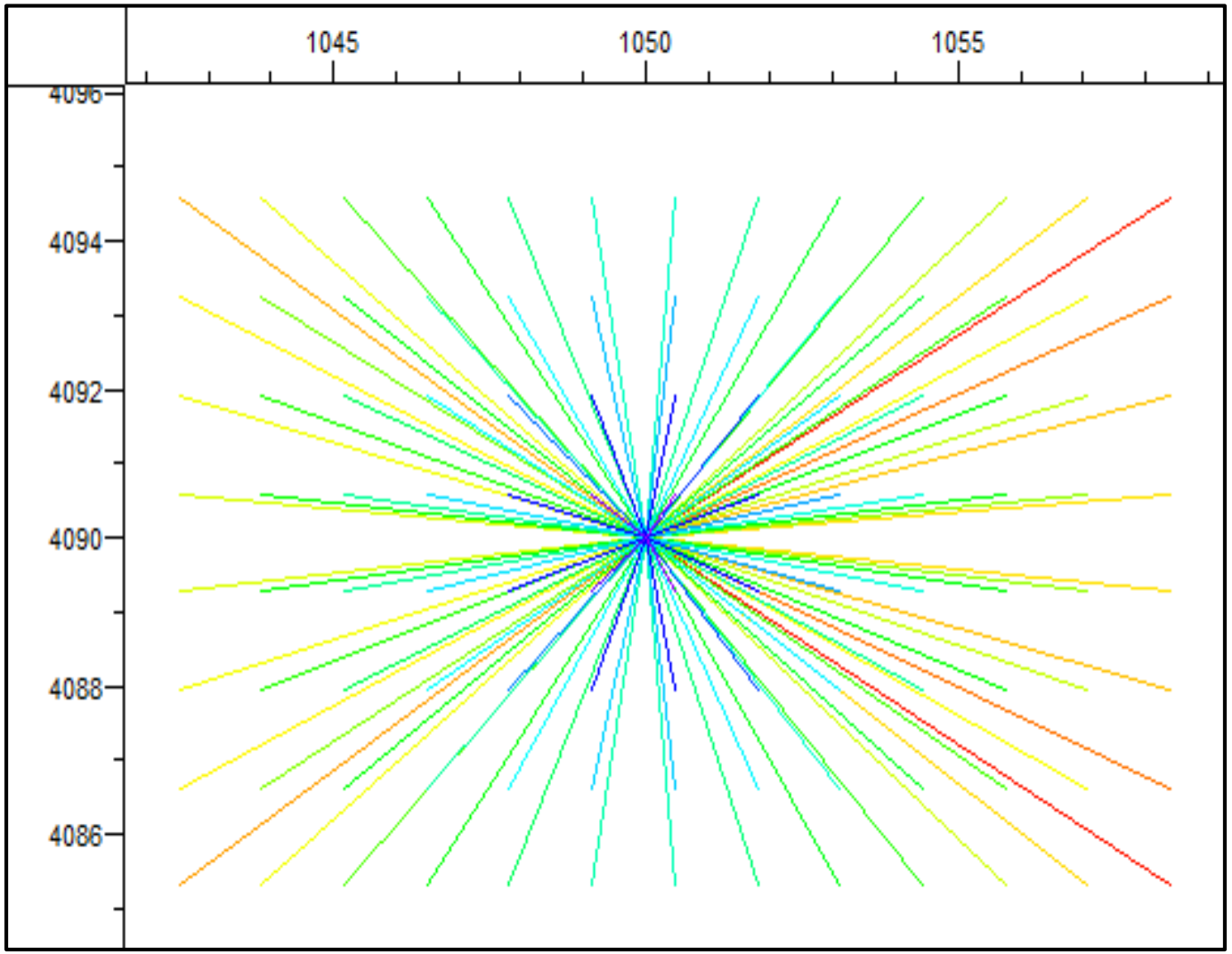
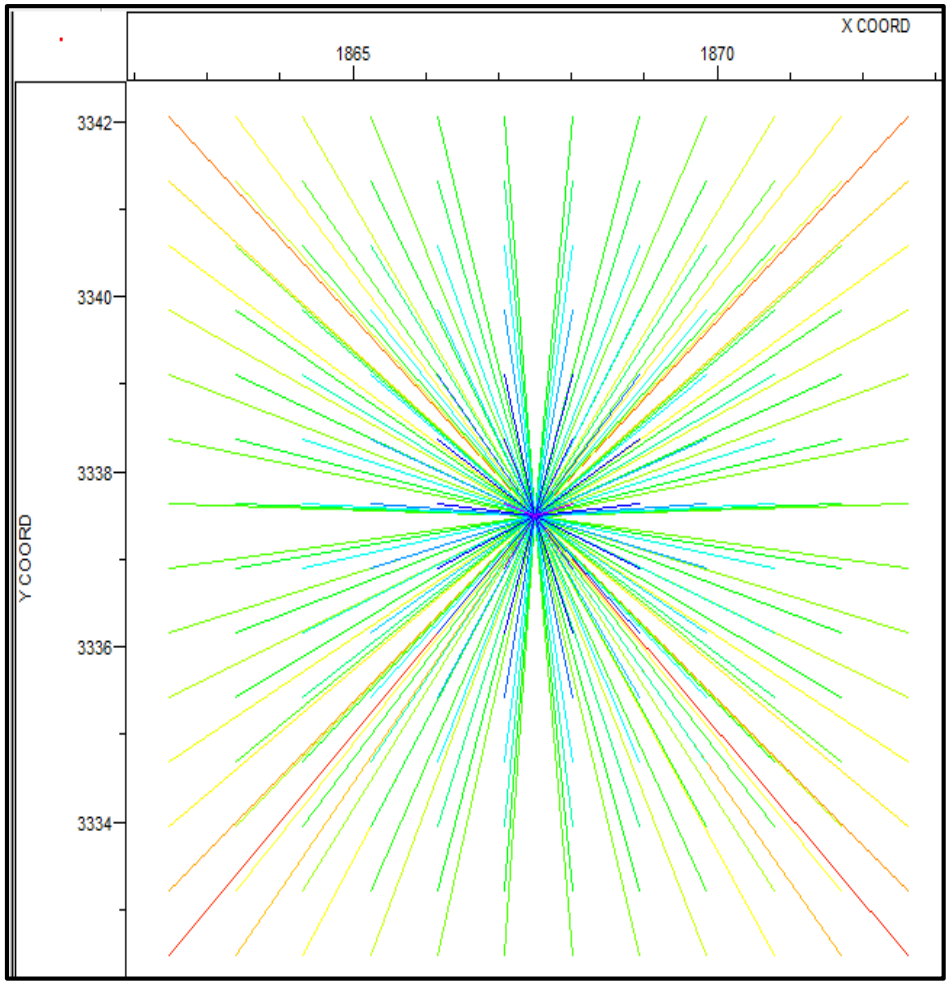


Planche b : Distribution des spiders diagrammes de l'option 03



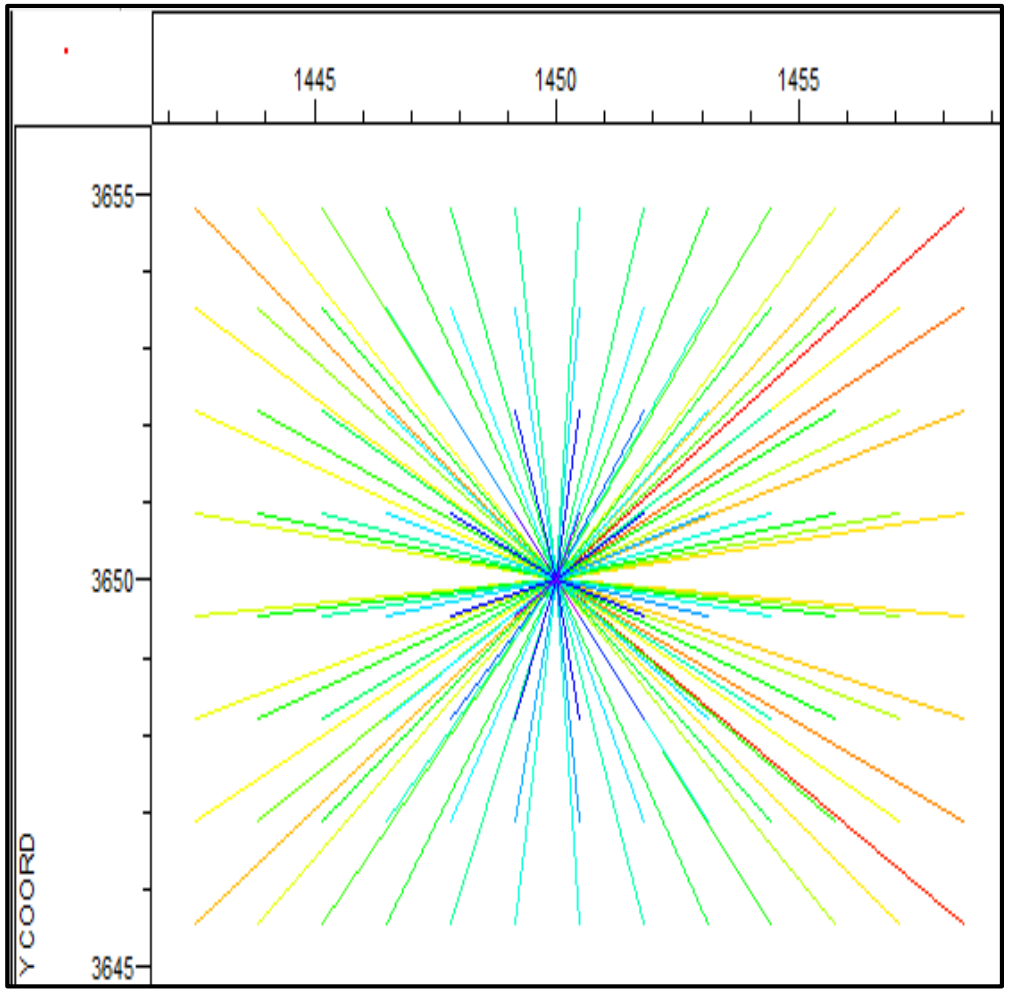


Planche c :Distribution des spiders diagrammes des options 04 (àgauche) et 05 (à droite)

Figure III.1 : Distribution des spiders diagrammes des options (planche a,b,c)

Figure III.2 : Distribution azimutale – roses diagrammes

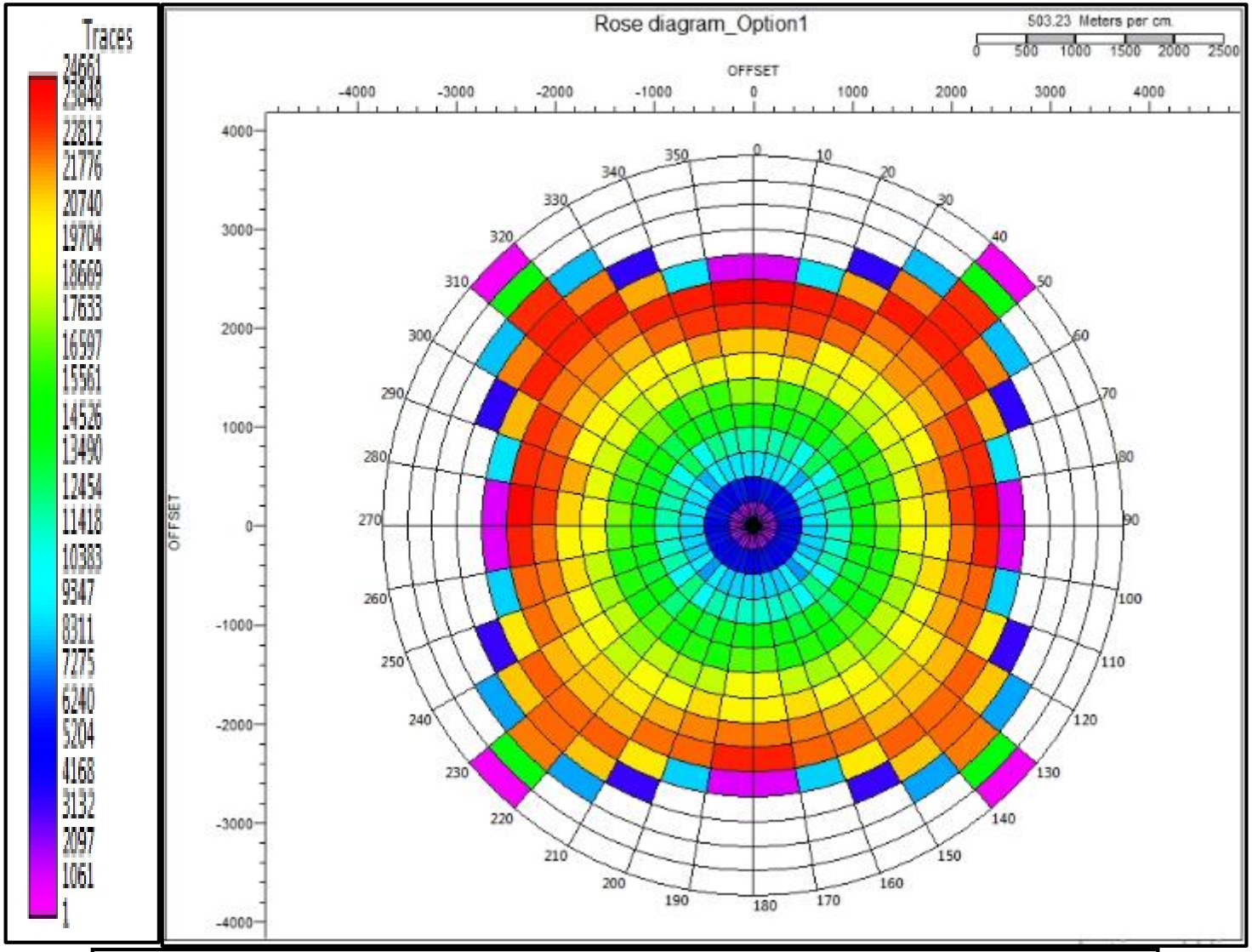


Planche a : Rose diagramme de l'option 01

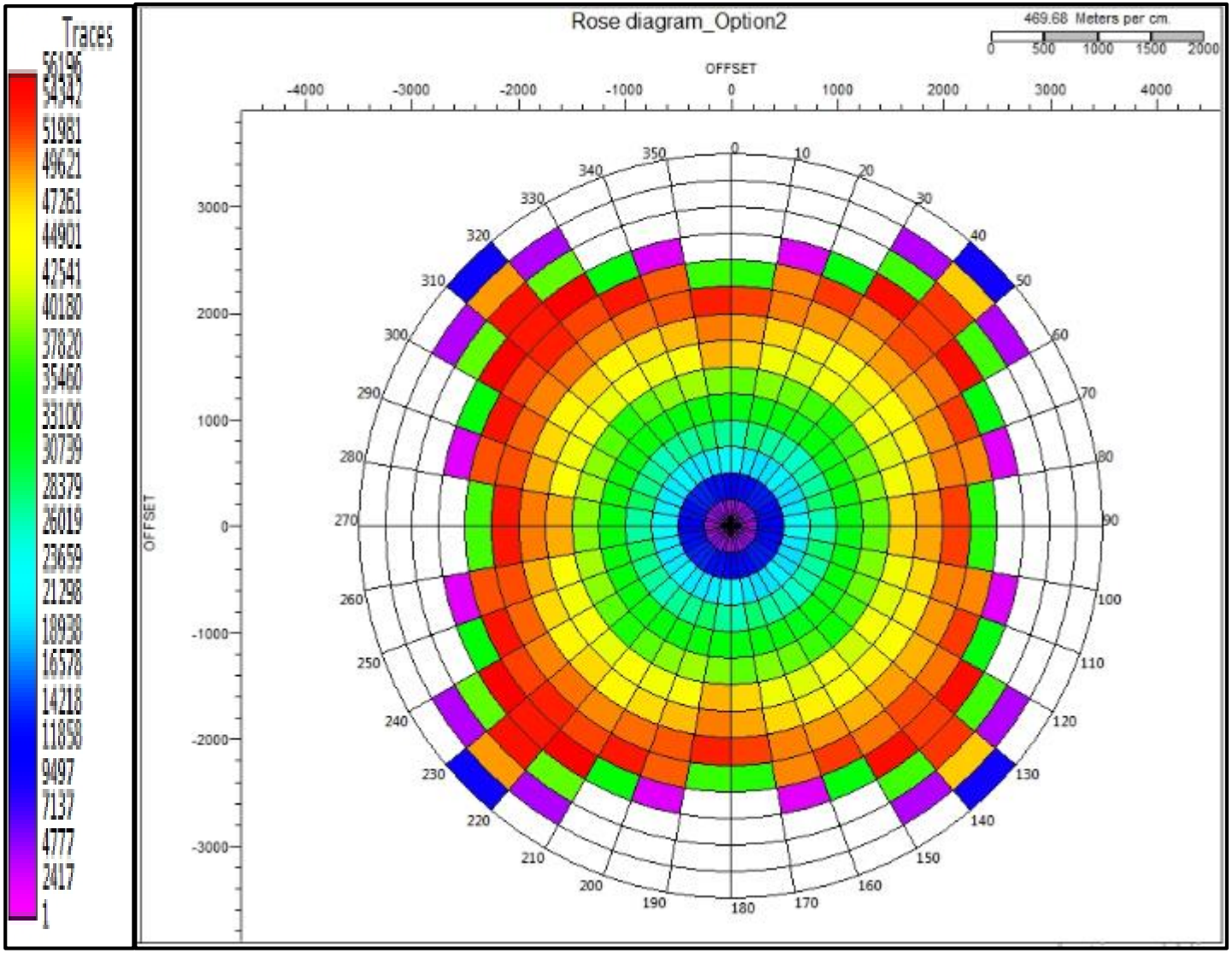


Planche b : Rose diagramme de l'option 02

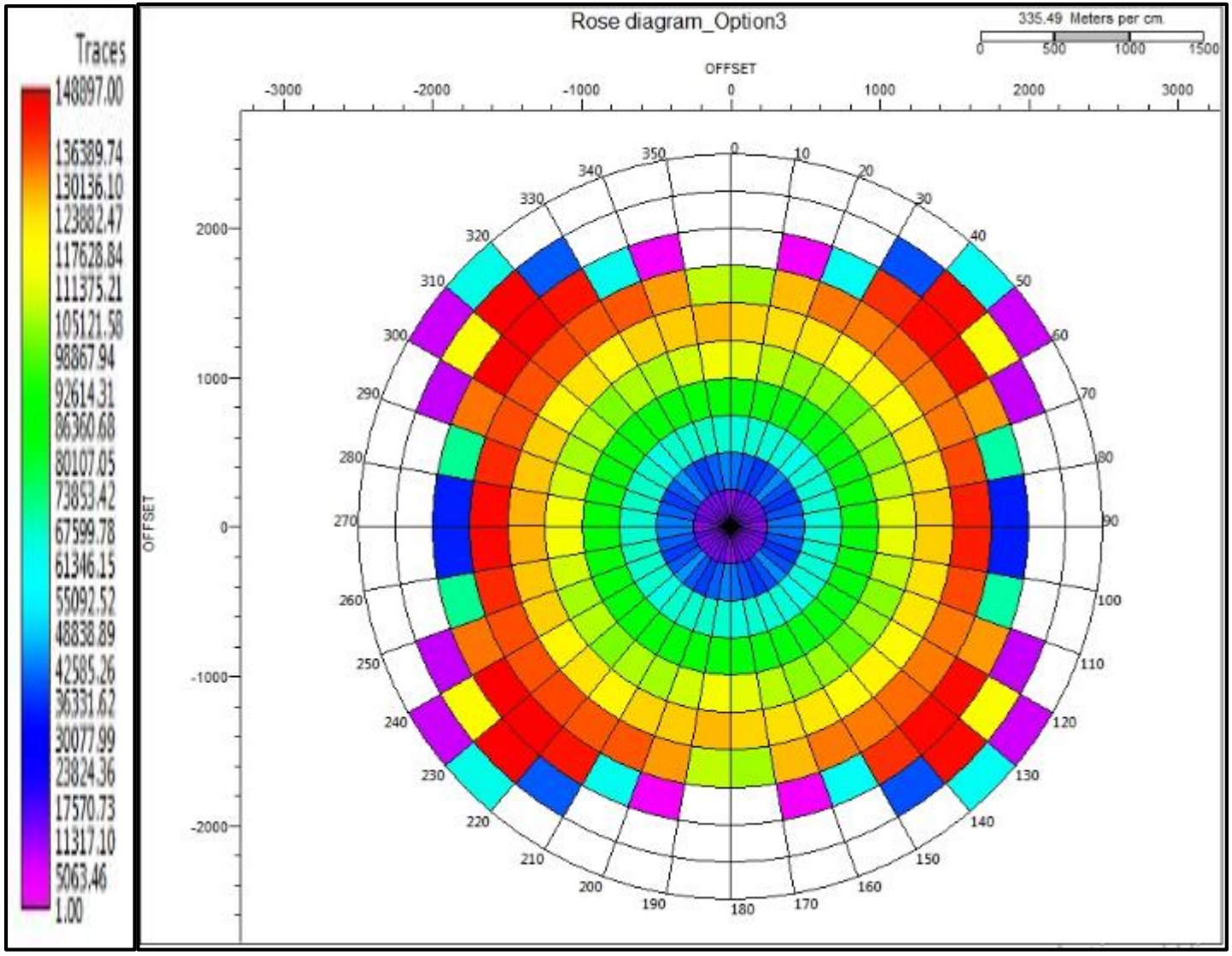


Planche c : Rose diagramme de l'option 03

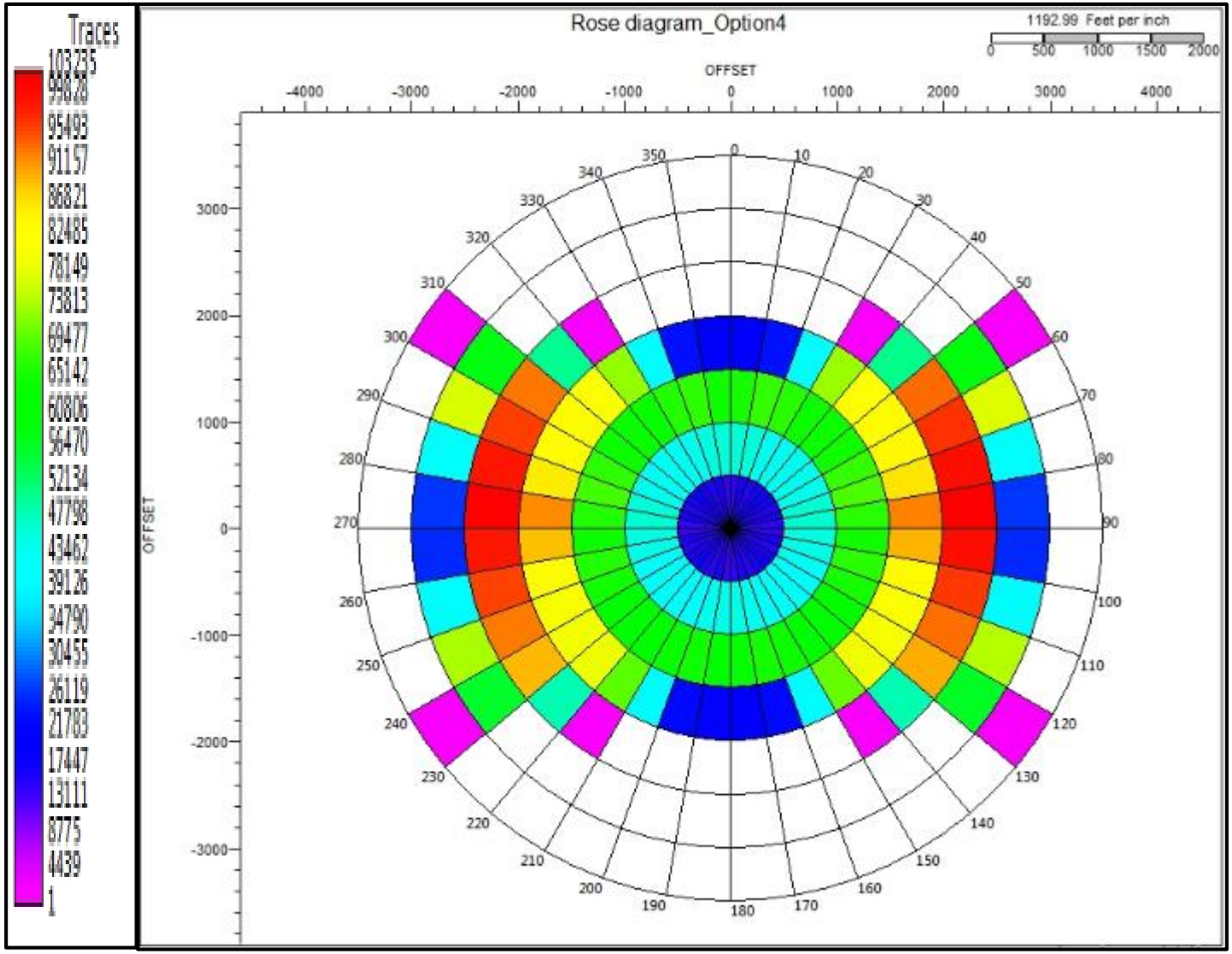


Planche d : Rose diagramme de l'option 04

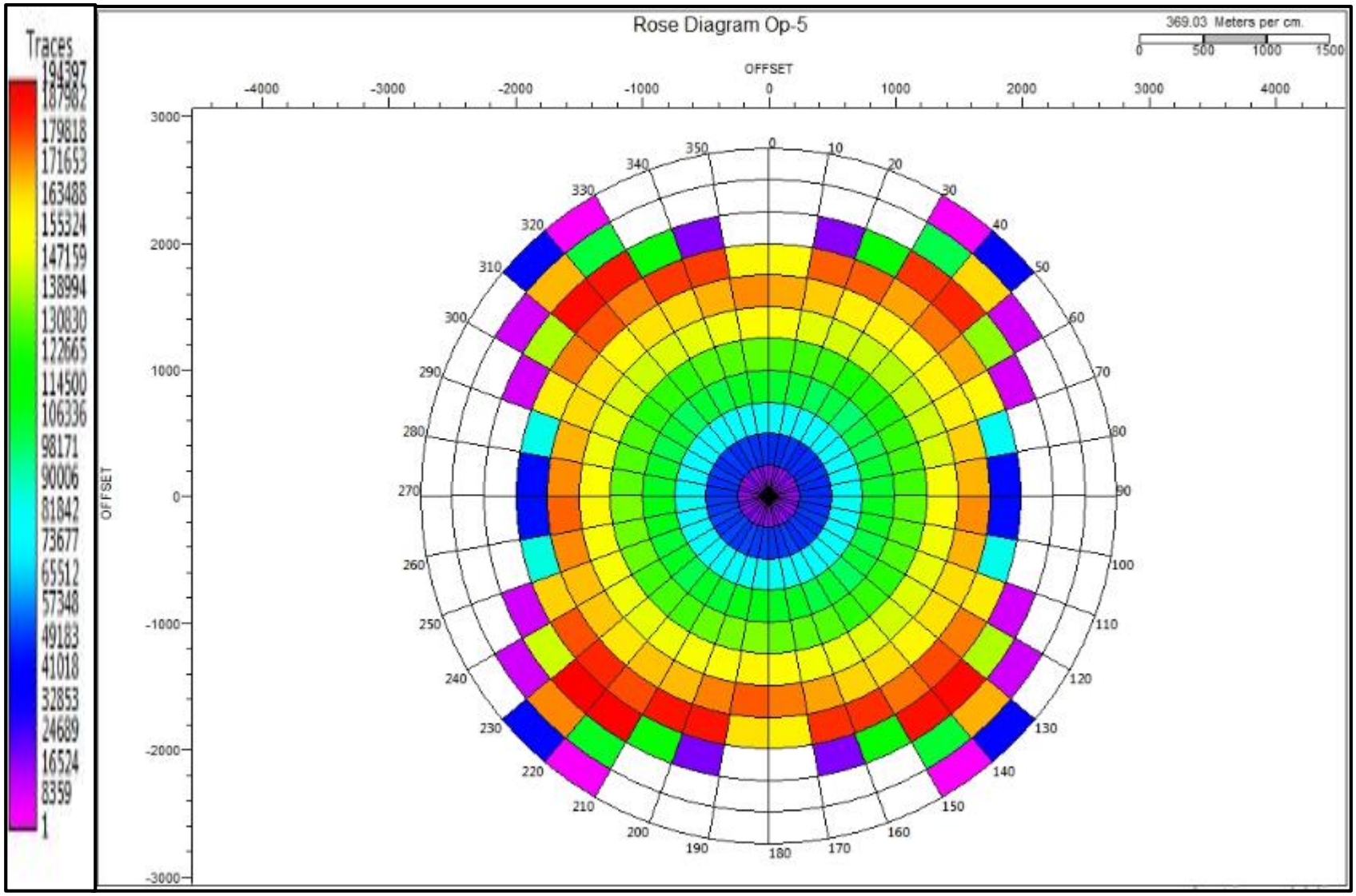


Planche e : Rose diagramme de l'option 05

Figure III.3 : courbe azimuts en fonction du nombre de traces

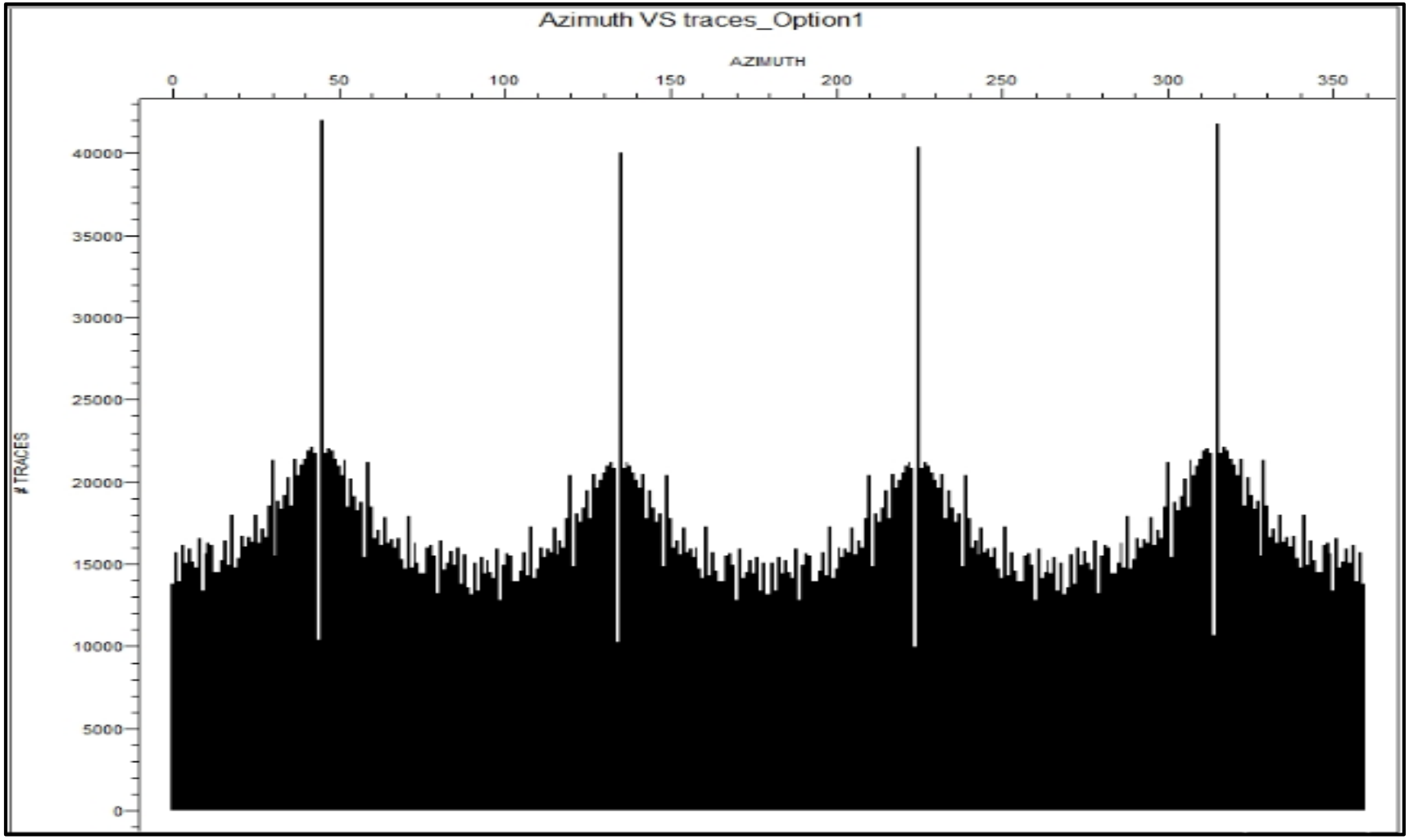


Planche a : courbe azimut-traces de l'option 01

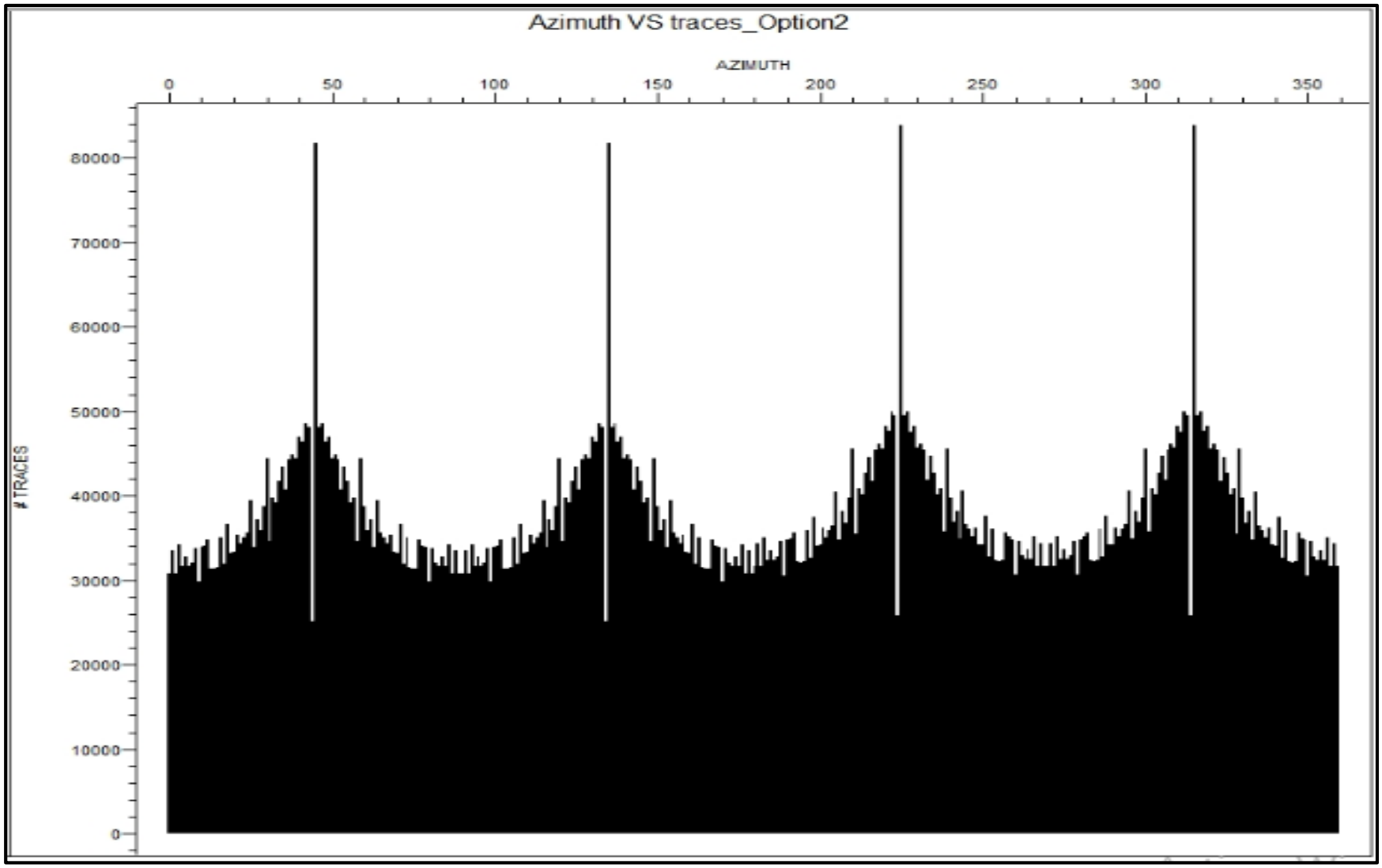


Planche b : courbe azimut-traces de l'option 02

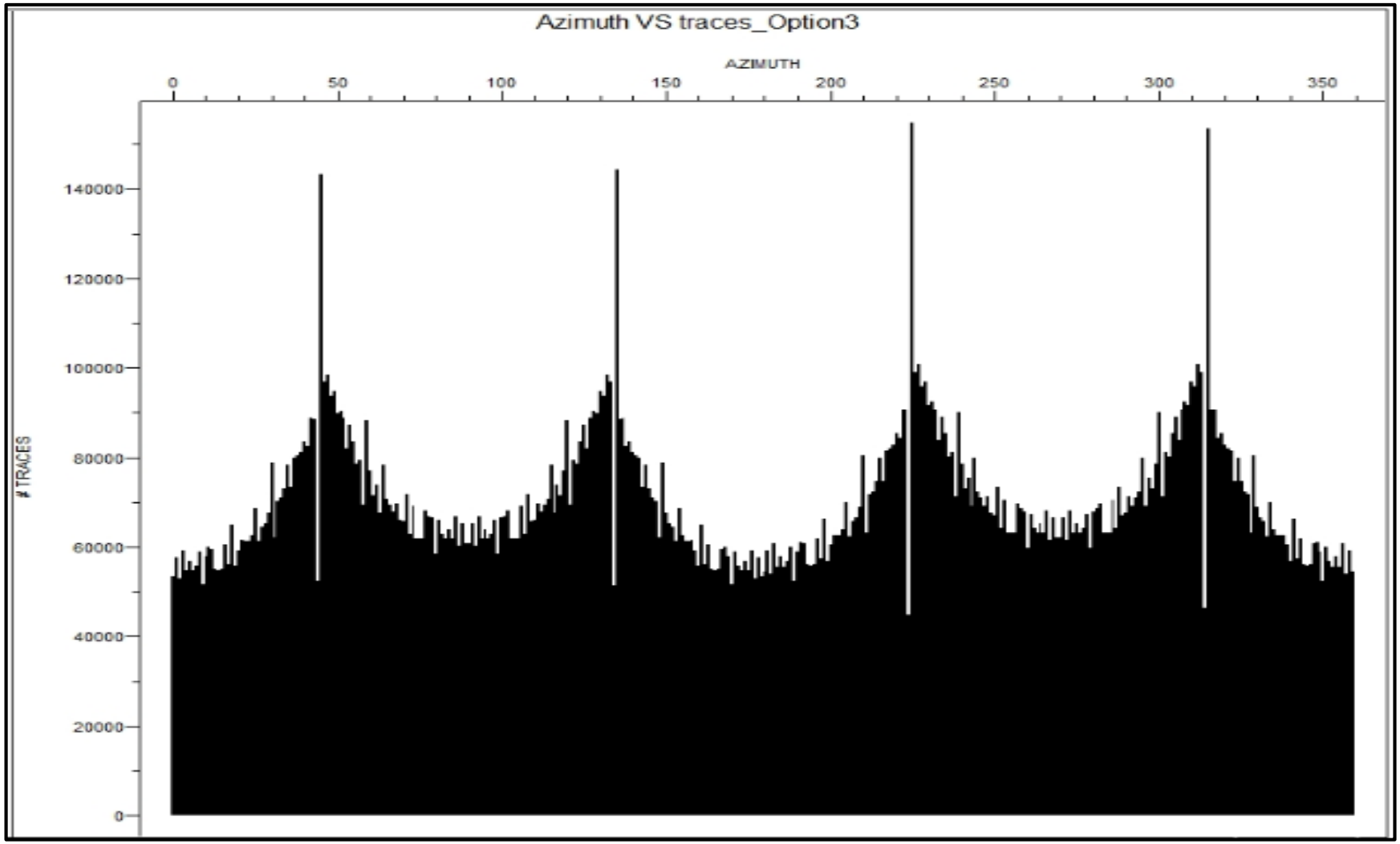


Planche c : courbe azimut-traces de l'option 03

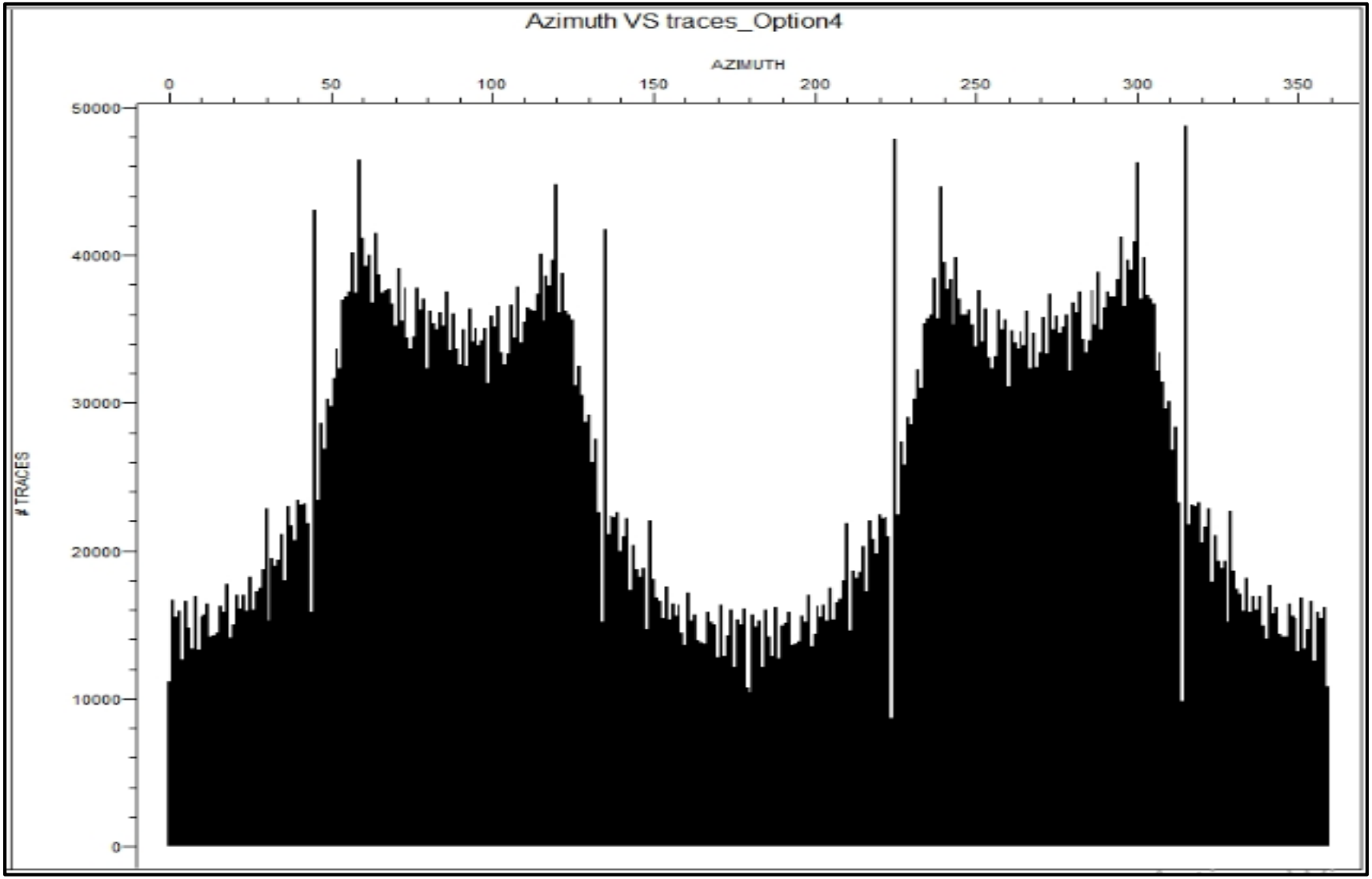


Planche d : courbe azimut-traces de l'option 04

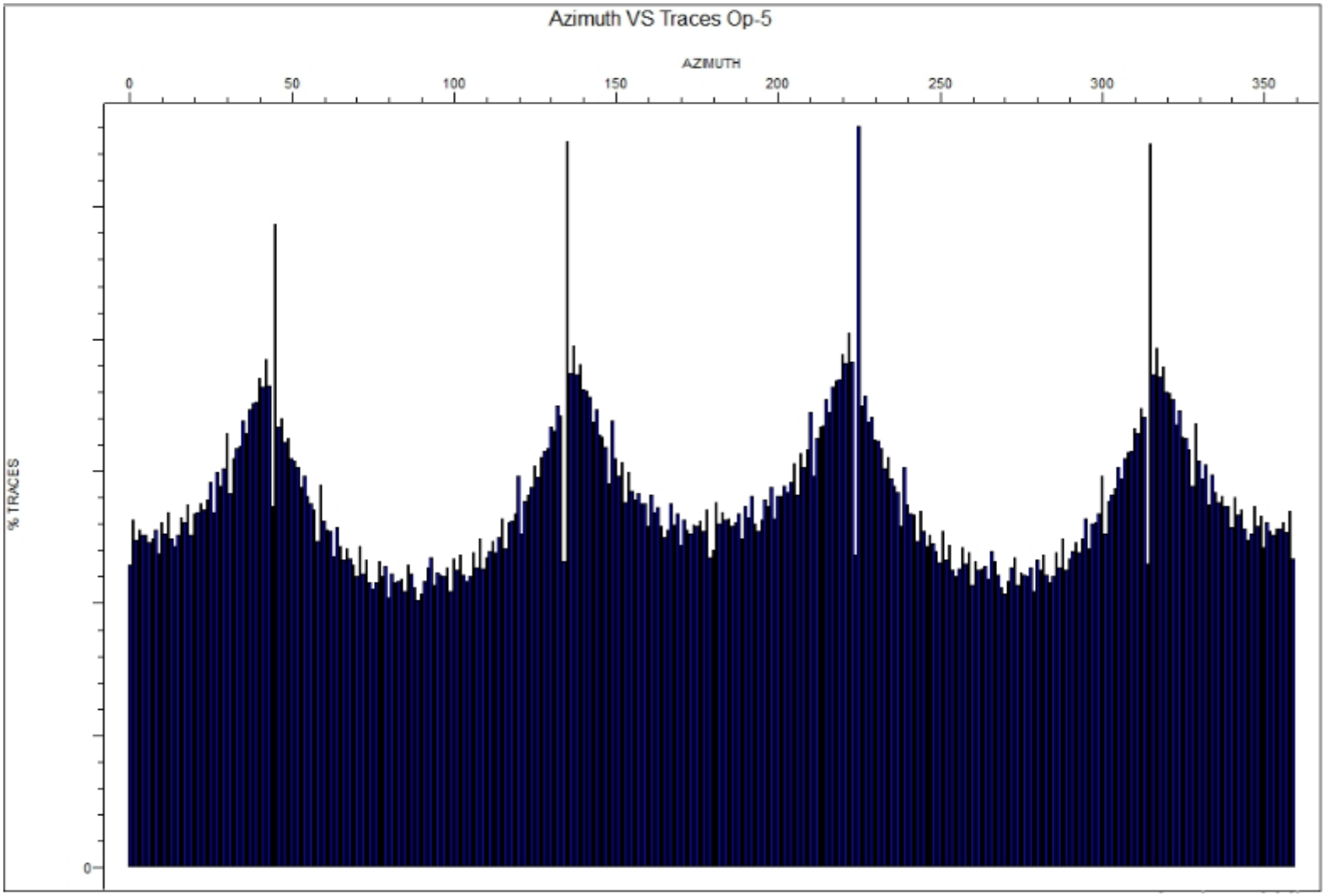


Planche e : courbe azimut-traces de l'option 05

➢ Abréviations utilisées en 3D :

Ci-dessous une liste des abréviations utilisées dans ce mémoire, néanmoins d'autres abréviations peuvent être données selon la nécessité (nous avons préféré garder les notations adapté par les auteurs reconnues pour leur apport en matière de design a noté **Andreas Cordsen, Mike Galbraith & John W. Peirce (auteurs de : Planning Land 3-D Seismic Surveys) :**

Notation Récepteurs (Receivers) :

RLI : Interligne de réception (Receiver Line Interval).
RI : Inter-trace (Receiver Interval).
LLR : Longueur de la ligne de réception (Receiver line length).
NR : Nombre de canaux par ligne de réception (Number of receivers per line).
NRL : Nombre des lignes de réceptions (Number of ReceiverLines).
NC : Nombre des canaux utilisé pour l'enregistrement dans le Template.
$\mathbf{D_r}$: la densité de points des sources.

Notation Point de tir (Shot or source):

SLI : Interligne d'émissions (source line interval).
SI : Inter-tir (source interval).
NS : Nombre de points d'émissions par Template (ou ligne).
NSL : Nombre des lignes d'émissions (Number of Source Lines).
SL : Longueur de la ligne d'émission (Source line length).
$\mathbf{D_r}$ **:** Densité des points d'émissions par Kilomètre carré (Source density).

Notation d'offset :

X : Offset (distance source-récepteur).
$\mathbf{X_{min}}$ **:** Le plus grand offset Minimum (diagonale dans un box).
$\mathbf{X_{max}}$ **:** Maximum Offset Enregistré dans le template.

Notation de couverture (Fold) :

$\mathbf{C_l}$ **:** Couverture dans la direction In-line.
$\mathbf{C_{Tr}}$ **:** Couverture dans la direction Cross-line.
$\mathbf{C_{3D}}$ **:** Couverture totale 3D (3D total fold).
$\mathbf{C_{2D}}$ **:** Couverture 2D.
$\boldsymbol{C}$ **:** Couverture au réflecteur superficiel.

Notation de Bin :

B : La dimension du bin.
NB : Nombre de bin.

Notation de Template :

RL : Longueur du Template.
SL : Largeur du Template.

Autres Notations :

ΔT : pas d'échantillonnage temporel.
F_{dom} : La fréquence dominante au niveau de l'objectif.
F_{max} : La fréquence maximale.
T_0 : Temps double a l'objectif (two way travel time : TWT).
V_{int} : Vitesse d'intervalle en dessus de l'objectif.
V_{avg} : Vitesse moyenne des couches de la surface à l'objectif.
Z_{SH} : La profondeur de l'objectif.
λ : Longueur d'onde.
α : Le pendage dominant des couches géologiques (pendage réel).

ΔR_V : Distance minimale verticale résolue.

ΔR_H : Distance minimale latérale résolue.

V_{LVL} : Vitesse du sol entre l'émetteur et le récepteur.

T_{MUTE} : La zone de mute.

ΔT : Période désirée.
V : Vitesse des ondes réfléchies.

S/B : rapport signal/bruit.

U : Facteur unité.

DP : plan de référence (Datum Plane).

Zt : hauteur par rapport à la table de forage.

Zs : hauteur par rapport au sol.

Liste des figures :

Figure	page
Chapitre I	
FigureI.1 : Termes utilisés en sismique 3D.	03
Figure I.2 : Position d'un box dans un dispositif swath shooting.	04
Figure I.3 : Représentation en 3D des points miroirs dans un bin.	05
Figure I.4 : Représentation de quelques éléments d'une étude 3D.	06
Figure I.5 : Schéma d'un profilage parallèle.	07
Figure I.6 : Schéma d'un profilage en cross line.	08
Figure I.7 : Schéma d'un dispositif en swath shooting.	09
Figure I.8 : Schéma d'un dispositif non orthogonal.	10
Figure I.9 : Schéma d'un dispositif en button patch.	11
Figure I.10 : Schéma d'un dispositif en Zig-Zag.	12
Figure I.11 : Schéma d'un dispositif radial.	12
Figure I.12 : Schéma d'un dispositif en brick (brick wall.)	13
Chapitre II	
Figure II.1 : Carte des bassins sédimentaire-Algérie (document SONATRACH).	17
Figure II.2 : Colonne litho stratigraphique du bassin d'Ahnet.	21
Figure II.3 : Situation de la zone d'étude sur le bassin d'Ahnet.	24
Figure II.4 : Situation de la zone d'étude sur carte géologique.	25
Figure II.5 : Coupe géologique à travers les structures de la zone d'étude.	27
Figure II.6 : Interprétation des diagraphies (Elan) grés d'El Goléa – Oued Saret.	31
Figure II.7 : Interprétation des diagraphies (Elan) Quartzites Hamra-Cambrien.	32
Figure II.8 : Plan de position de la sismique 2D couvrant la zone d'étude.	33
Figure II.9 : Schéma d'acquisition d'un Profil sismique vertical.	36
Figure II.10 : Profil sismique vertical du puits well-1.	37

Figure II.11 : Coupe sismique 2D N-W – S-E	39
Figure II.12 : Composite 2D N-S.	40
Figure II.13 : Coupe sismique 2D Est-Ouest.	41
Figure II.14 : Carte en isochrone au toit de l'ordovicien.	42
Figure II.15 : Carte en isovitesse au toit de l'ordovicien.	43
Figure II.16 : Carte en isobathes au toit de l'ordovicien.	44
Figure II.17 : Limite du programme sismique 3D sur carte satellitaire.	45
Figure II.18 : Limite du programme sismique 3D sur carte topographique.	46
Figure II.19 : Limite du programme sismique 3D sur carte d'altémétrie.	46
Chapitre III	
Figure III.1 : Relation entre la couverture et le rapport signal/bruit.	53
Figure III .2 : Relation entre la couverture et la fréquence du signal.	55
Figure III.3 : Exemple de deux patchs.	56
Figure III.4 : Couverture in-line avec deux patchs.	57
Figure III.5 : Couverture x-line avec deux patchs.	57
Figure III.6 : Couverture totale avec deux patchs.	58
Figure III.7 : Relation entre la dimension du bin et le rapport S/B.	59
Figure III.8 : Schémas expliquant le calcul d'espacement entre lignes de réception.	63
Figure III.9 : Schémas expliquant le calcul L'offset minimum X_{min}.	64
Figure III.10 : Schéma expliquant le choix de X_{max}	65
Chapitre IV	
Figure IV.1 : Limite du programme sismique 3D sur plan de position de la sismique 2D	85
Figure IV.2 : Présentation de la couverture totale du design final sur le prospect.	86

➢ Liste des tableaux :

Figure	page
Chapitre I	
Tableau I.1 : Tableau I.1 : Avantages et inconvenants des différents designs.	14
Chapitre II	
Tableau II.1 : Paramètres d'acquisition sismique 2D (géophone - source) de la compagne A et B.	34
Tableau II.2 : Paramètres d'acquisition sismique 2D (Sweep) de la compagne A et B.	34
Tableau II. 3 : Les horizons sismiques suivis en fonction de leurs profondeurs en TWT (ms).	38
Chapitre IV	
Tableau IV.1 : Informations de l'objectif : Paramètres (géologique-géophysiques).	74
Tableau IV.2 : Paramètres des options testés.	78
Tableau IV.3 : Tableau comparatif des paramètres d'acquisition 3D des deux options choisies.	83

Bibliographie :

❖ Livres et ouvrages :

- Chaouch and J.L.Mari:3D Land Seismic Surveys: Definoition of geophysical parameters, 2006, edited by oil & gaz science and terminology-REV IFP...
- Cordsen, M. Galbraith, J. Peirce: Planning land 3D seismic surveys, 2000, Edited by B. A. Hardage, SEG.
- Dr Abdelouhab BENHAMA, Sismique De Puits, 2010. (document interne IAP-Boumerdes).
- Gijs .J.O. Vermeer, 3D Seismic Survey Design second Edition, 2002, SEG.
- Jorge S.GOMES and Fernando B.ALVES, The universe of the oil and gaz industry: from exploration to refining, May 2014, edited by PARTIX oil and gaz.
- M.BACHTA, Acquisition 3D, 2002.
- R.E.Sheriff, Prospection sismique deuxième édition, 1976, bibliothèque de la FHC.

❖ Séminaires :

- Séminaire IFP Training pour IAP-SONATRACH-B, géophysique pétrolière-IAP-SONATRACH-Boumerdes, Janvier 2010 (Bibliothèque division exploration- SONATRACH-Boumerdes).
- Atelier sur les techniques sismiques de détection directe des HC, HMD-Algérie/organisation conjointe AIG/SONATRACH : Optimisation des paramètres d'acquisition sismique, A.OUAZAR/DEPT-Geophysique-D.E.S-Exploration-SONATRACH,Avril,1998 (Centre de Recherche et de Développement : CRD-Boumerdes).

❖ Rapports sur la zone d'études (documents internes SONATRACH).

❖ Lexiques et dictionnaires :

- Dictionnaire de géologie
- Dictionnaire de géophysique
- Dictionnaire de pétrole
- Lexique de pétrole

❖ Sites web utilisés :

- http://www.petrole-gaz.info/.
- http://www.planete-energies.com.
- http://www.universite.total.com.
- http://www-ig.unil.ch/cours université de Lausanne.
- http://www.industrie.gouv.fr/energie/petrole/beph.thm.
- Petrowiki.org.
- www.rigzone.com.