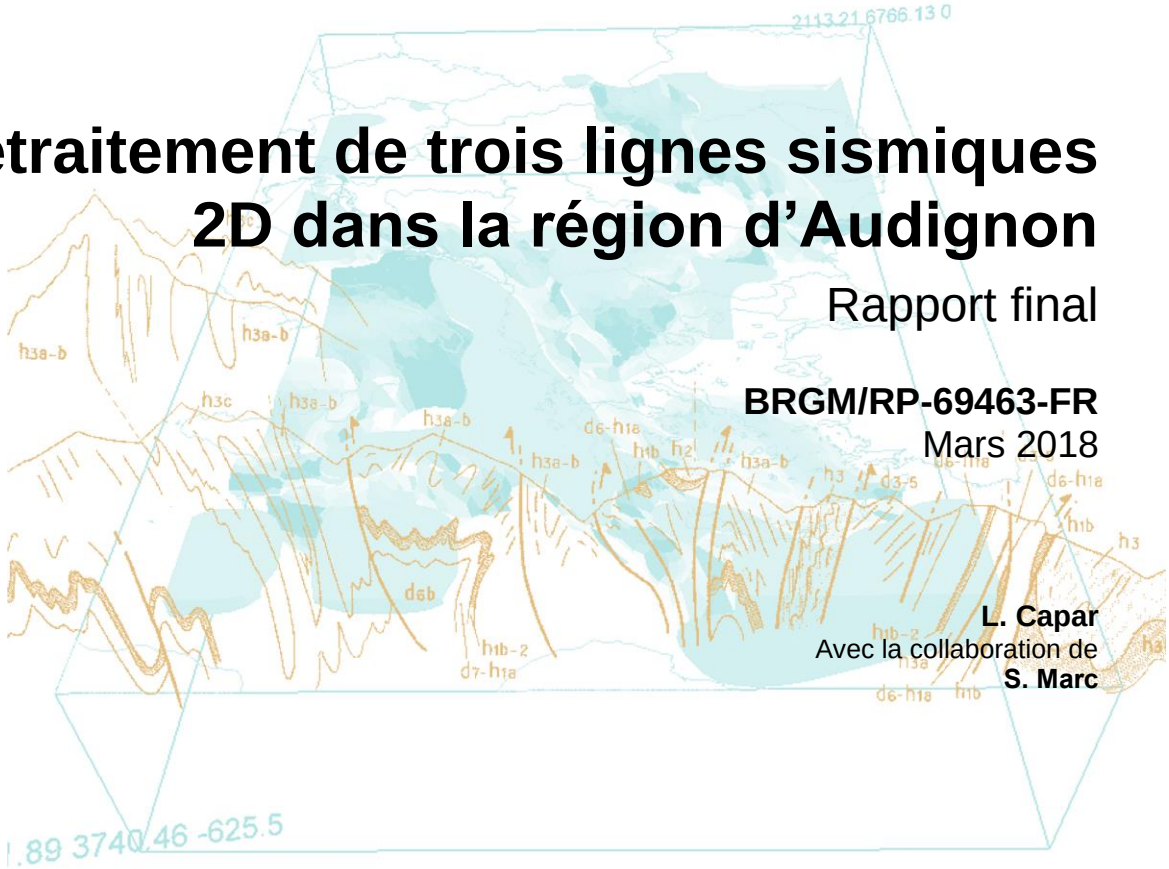
Document public



Retraitement de trois lignes sismiques 2D dans la région d'Audignon

Rapport final

BRGM/RP-69463-FR
Mars 2018

L. Capar
Avec la collaboration de
S. Marc

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Étude réalisée dans le cadre du projet AUDIGNON.

Ce document a été vérifié par : Serrano Olivier, responsable d'unité date : 18/12/2019

Approbateur :		
Nom : Olivier Serrano	Fonction : Responsable d'unité	
Date : 18/12/2019	Signature **:**	Olivier SERRANO Responsable de l'unité Géologie des bassins et des stockages

Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.
Contact : qualite@brgm.fr

Mots-clés : Retraitement sismique, Audignon.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Capar L. et Marc S. (2018) - Retraitement de trois lignes sismiques 2D dans la région d'Audignon. Rapport final, 19 p., 7 fig., 1 ann.

© BRGM, 2018, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le cadre du projet Audignon, mené par le BRGM, pour le compte du Syndicat des Eaux du Marseillon, trois lignes sismiques 2D situées dans la région d'Audignon (Sud du Bassin aquitain) ont été retraitées. Les lignes sismiques ont été acquises en 1984 et 1985. Les objectifs géologiques, pour ce projet de retraitement, sont la caractérisation et la compréhension du fonctionnement des réservoirs carbonatés karstiques dans une structuration géologique complexe. L'enjeu économique est important, car ces zones sont exploitées pour l'alimentation en eau potable. Pour le rendu final, les paramètres d'acquisition sont importants. Pour les données de 1984 et 1985, le temps d'enregistrement est de 12 secondes temps double et l'offset maximum entre source et récepteur est de 3 kilomètres et apparaît comme un facteur limitatif pour imager correctement les structures très profondes. Cependant l'objectif est d'imager au mieux la structure anticlinal d'Audignon plutôt en surface et à moyenne profondeur.

Une acquisition sismique 2D, dans une telle zone structurée, constitue un challenge pour le retraitement de ces trois lignes. Le travail sur les corrections statiques, l'atténuation du bruit et les vitesses de stack et de migration ont permis d'obtenir des images de bonne qualité. L'utilisation de la migration en temps avant stack (Pré Stack Time Migration) pour pallier aux problèmes liés à une acquisition 2D pour ce type de structures complexes a permis en partie de résoudre les conflits de vitesse de propagation des ondes et d'imager au mieux les structures complexes.

Le présent rapport expose les différentes phases du retraitement sismique entrepris, depuis la mise en forme des données brutes jusqu'à la livraison de l'image finale.

Sommaire

1. Introduction 7

2. Déstockage des données sismiques 8

3. Traitement des données sismiques 9

3.1. INTRODUCTION 9

3.2. SÉQUENCE DE TRAITEMENT 10

3.3. COMMENTAIRES SUR LE TRAITEMENT 11

3.3.1. Mise à jour de la géométrie et édition des traces invalides ou bruitées 11

3.3.2. Correction de divergence sphérique 12

3.3.3. Déconvolution 13

3.3.4. Corrections statiques primaires 14

3.3.5. Migration avant addition (PSTM) 15

3.3.6. L'addition des traces et le traitement après addition des traces 16

4. Conclusion 17

Liste des Figures

Figure 1 : Plan de position des lignes sismiques. En rouge les lignes sismiques à retraiter dans le projet. En bleu les lignes sismiques déjà retraitées par le BRGM. 7

Figure 2 : Image de la ligne sismique 84TUR04 après mise à jour de la géométrie. (représentation en amplitude préservée). 11

Figure 3 : Image de la ligne sismique 84TUR04 après élimination des traces invalides et bruitées (représentation en amplitude égalisée). 12

Figure 4 : Image de la ligne sismique 84TUR04 après déconvolution (représentation en amplitude égalisée). 13

Figure 5 : Image de la ligne sismique 84TUR04 après corrections statiques primaires (représentation en amplitude égalisée). 14

Figure 6 : Image de la ligne sismique 84TUR04 au stade du stack final (représentation en amplitude égalisée). 15

Figure 7 : Migration PSTM finale de la ligne sismique 84TUR04 (représentation en amplitude égalisée). 16

Liste des annexes

Annexe 1 : Livrables 19

1. Introduction

Les données acquises en sismique réflexion, permettent de manière non destructive d'obtenir une image du sous-sol et de fournir des informations sur les structures géologiques (couches géologiques, failles, structures) en profondeur. Les données acquises sur le terrain ne sont pas exploitables directement et nécessitent un traitement adapté pour obtenir une image interprétable sous forme d'un tirage papier et d'un fichier au format SEG-Y exploitable sur stations d'interprétation.

Dans ce projet trois lignes sismiques 2D ont été retraitées (figure 1) en pré-stack time migration (PSTM). Ces lignes recoupaient des lignes précédemment retraitées par le BRGM.

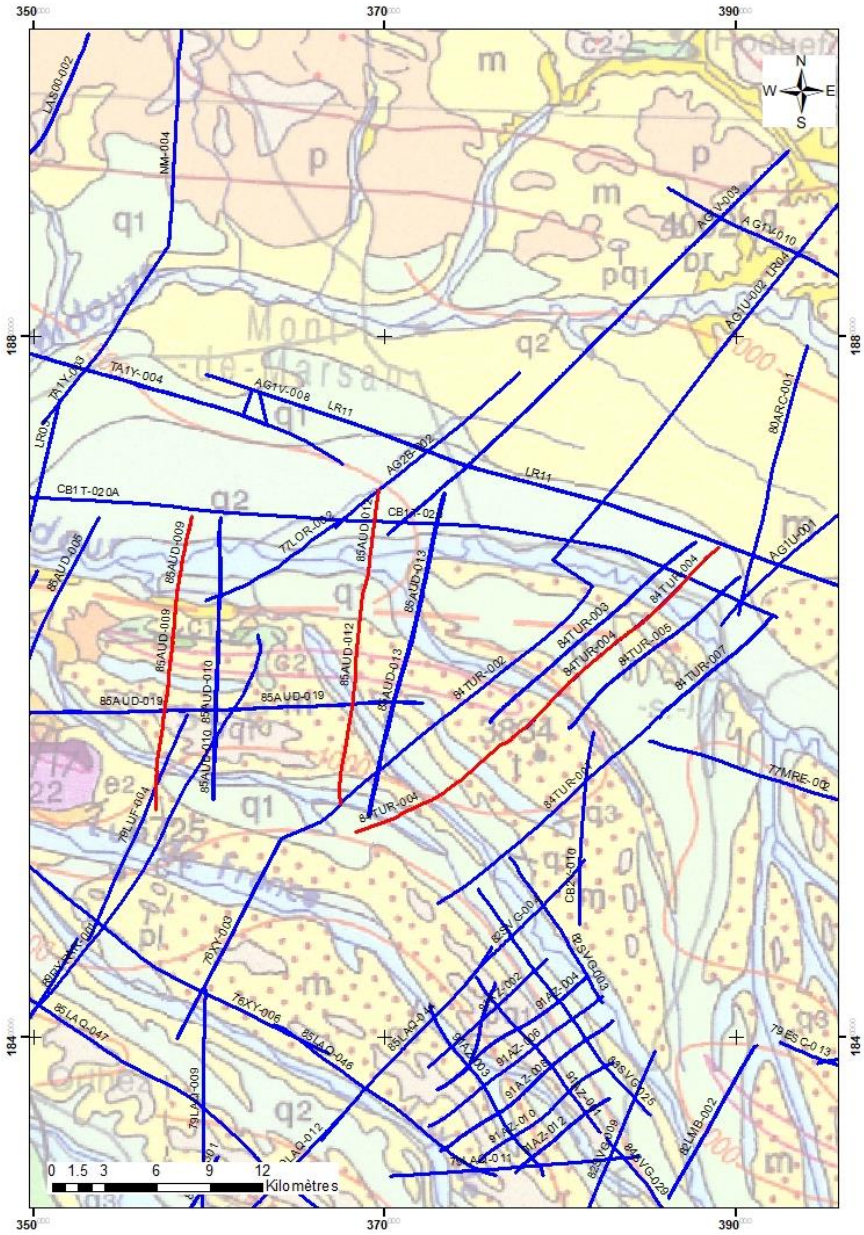


Figure 1 : Plan de position des lignes sismiques. En rouge les lignes sismiques à retraiter dans le projet. En bleu les lignes sismiques déjà retraitées par le BRGM.

2. Déstockage des données sismiques

Les données sismiques brutes correspondent aux données de tirs enregistrés sur le terrain sur des supports magnétiques. Ces bandes magnétiques sont associées à des documents de terrain comprenant la topographie et les rapports de mise en œuvre, documents disponibles le plus souvent sous format papier. Toutes ces données sont gérées soit par les opérateurs privés toujours présents en France, soit par le Bureau des Ressources Énergétiques du Sous-Sol (BRESS) pour les opérateurs ayant quitté la France. D'après le Code minier français les données brutes issues de l'exploration pétrolière sont publiques au bout de 10 ans.

L'interrogation d'une base de données contenant les informations relatives à la position et les métadonnées de l'ensemble des lignes sismiques opérées sur le territoire métropolitain a permis d'identifier le type de données disponibles et d'identifier les potentiels détenteurs des données brutes.

Avant envoi au centre de traitement et démarrage effectif de la phase de retraitement, un premier travail de contrôle sur les données brutes a été effectué, afin de vérifier si l'ensemble des informations nécessaires étaient cohérentes et complètes.

3. Traitement des données sismiques

3.1. INTRODUCTION

Le traitement sismique n'est pas univoque, il nécessite la mise au point et la supervision d'une séquence de traitement du signal spécifique, comportant plusieurs étapes, avant d'obtenir l'image finale interprétable, appelée profil sismique, ligne sismique, donnée traitée ou donnée retraitée. Ces étapes dans la séquence de traitement permettent d'atténuer, voire d'éliminer tous les artéfacts et/ou bruits enregistrés lors de l'acquisition ou ceux induits lors des transcriptions des supports anciens et parfois défectueux sur des supports modernes et d'appliquer les processus nécessaires à l'obtention d'une image finale interprétable sous les logiciels d'interprétation sismique. Les paramètres d'acquisition, des trois lignes, sont décrits dans le tableau 1.

Ligne	Premier CMP	Dernier CMP	Distance entre CMP (m)	Premier Point de tir	Dernier Point de tir	Distance entre Point de tir (m)	Longueur entre CMP (m)
84TUR04	202	1 267	25	101	634	50	26 625
85AUD09	202	881	25	103	411	50	16 975
85AUD12	202	930	25	101	453	50	18 200
						Total	61 800

Tableau 1 : Paramètres d'acquisition des lignes.

Dans le cadre de ce projet l'image de la structure anticlinale est un objectif majeur. Les paramètres de planification de l'acquisition sismique sont théoriquement dictés par l'objectif à imager. Il s'agit du contraste de propriétés physiques des terrains étudiés, de la géométrie, de l'extension latérale et de la profondeur de la cible.

3.2. SÉQUENCE DE TRAITEMENT

Séquence de traitement en Pre Stack Time Migration (PSTM) :

- mise à jour de la géométrie : positionnement des points de tir (source) et des récepteurs pour chacune des traces sismiques acquises ;
- édition des traces invalides et/ou bruitées ;
- correction des statiques primaires avec pointé des premières arrivées : permet de corriger des erreurs de vitesses de propagation des ondes sismiques dues aux hétérogénéités de la couche altérée située dans les 20 à 50 premiers mètres ;
- récupération des amplitudes ;
- atténuation des bruits aléatoires ;
- déconvolution surface consistante : permet de corriger le fait que le signal de la source sismique ne soit pas une impulsion brève ;
- compensation d'amplitude surface consistante ;
- deux itérations d'analyse de vitesses et de corrections statiques résiduelles. L'analyse de vitesses compense du retard dû à l'écartement croissant entre la source sismique et les récepteurs. Les corrections statiques résiduelles permettent de compenser les anomalies, à courte longueur d'onde, de temps d'arrivée des ondes sismiques ;
- atténuation des bruits linéaires et des multiples ;
- troisième analyse de vitesses et de corrections statiques résiduelles ;
- régularisation des offsets et interpolation des traces ;
- analyse de vitesse en position migrée ;
- migration avant addition en temps (PSTM), permet de repositionner les réflecteurs à leur position « vraie » ;
- addition des traces : un couple point de tir-récepteur permet d'imager le sous-sol à une position située à mi-distance entre le point de tir et le récepteur. Plusieurs couples point de tir-récepteur imagent la même position. L'addition des traces consiste à additionner toutes les traces imageant la même position, pour obtenir une seule trace résultante. Cette technique permet d'améliorer le rapport signal sur bruit et d'augmenter la qualité de l'image finale ;
- atténuation des bruits aléatoires post migration ;
- balance des amplitudes ;
- filtre passe-bande et égalisation des amplitudes.

3.3. COMMENTAIRES SUR LE TRAITEMENT

3.3.1. Mise à jour de la géométrie et édition des traces invalides ou bruitées

La mise à jour de la géométrie des traces sismiques a été effectuée à partir des rapports d'enregistrement contenant la description du dispositif d'acquisition sur le terrain (emplacement des sources et des récepteurs) et a permis d'établir une première image de contrôle (figure 2). À partir des coordonnées des sources et des récepteurs, les coordonnées des traces ont été calculées dans le système de projection Lambert 2 étendu et Lambert 93.

Les données ont été retraitées jusqu'à 7.7 secondes, car au-delà aucune information n'était visible.

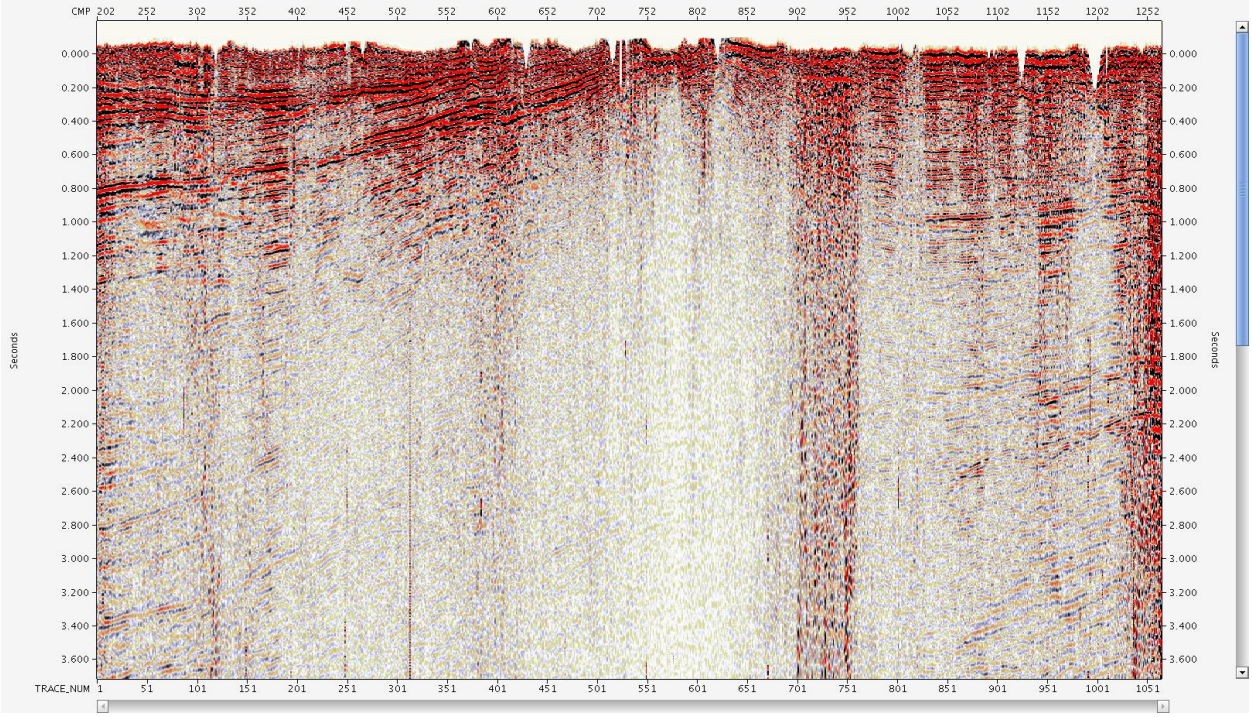


Figure 2 : Image de la ligne sismique 84TUR04 après mise à jour de la géométrie. (Représentation en amplitude préservée).

Les traces invalides et/ou bruitées sont éliminées par l'utilisation d'un algorithme qui élimine les amplitudes anormales (figure 3).

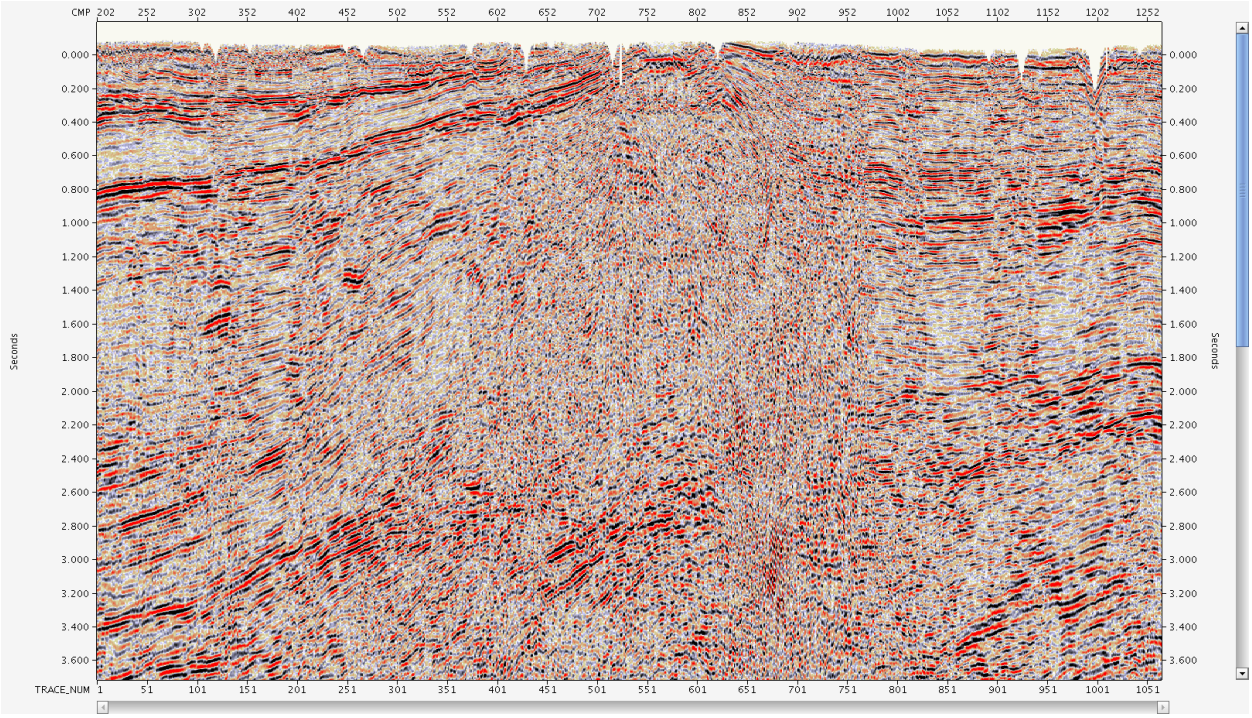


Figure 3 : Image de la ligne sismique 84TUR04 après élimination des traces invalides et bruitées (représentation en amplitude égalisée).

3.3.2. Correction de divergence sphérique

La correction de divergence sphérique est l'ajustement des amplitudes en fonction du temps et permet de compenser la décroissance d'énergie.

3.3.3. Déconvolution

Si le signal de la source sismique était une impulsion idéalement brève, le signal enregistré serait une série de brèves impulsions en provenance des diverses discontinuités du sous-sol. Or cette source idéale n'existe pas, de sorte que chaque discontinuité réfléchit un signal complexe. Ce signal réfléchi peut être considéré comme la convolution du signal émis et de la réponse impulsionnelle du terrain.

Pour ramener le signal de sortie à une série de brèves impulsions, il faut effectuer l'opération inverse de la convolution, d'où la déconvolution. La déconvolution aura aussi un rôle d'atténuation du pédalage du signal entre les différents marqueurs géologiques (figure 4).

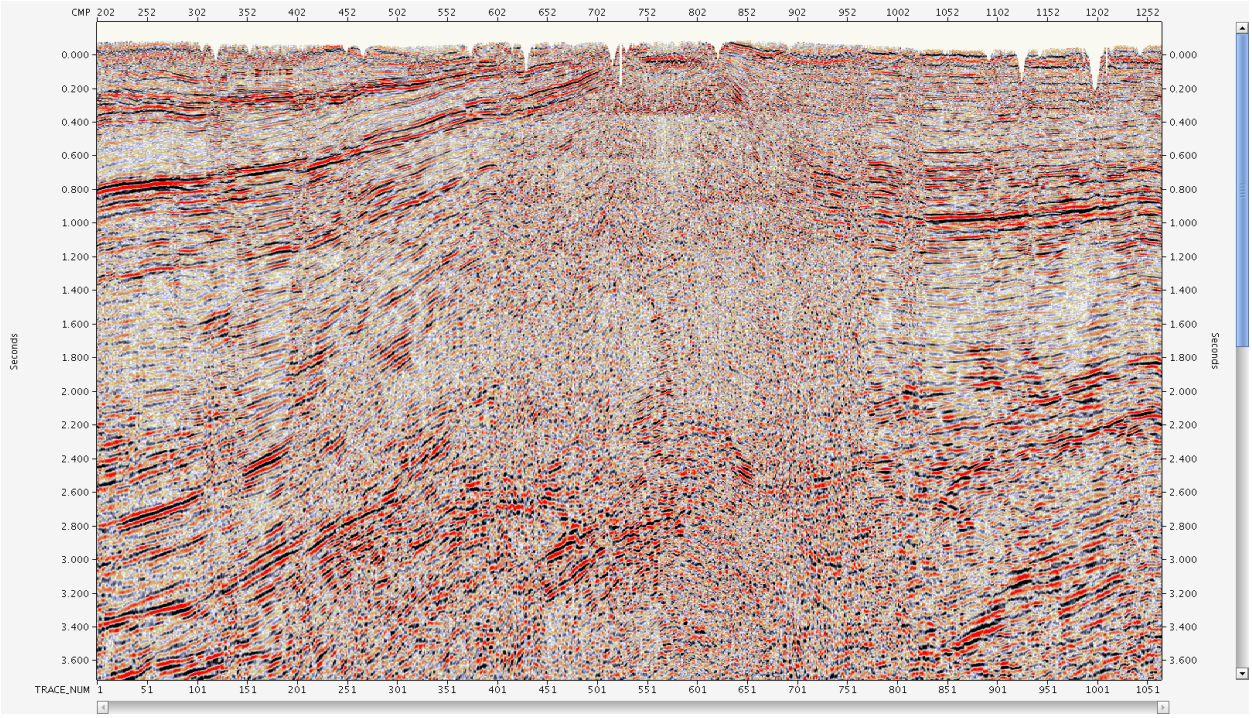


Figure 4 : Image de la ligne sismique 84TUR04 après déconvolution.
(Représentation en amplitude égalisée).

3.3.4. Corrections statiques primaires

Avant d'additionner les traces élémentaires, il faut les ramener à un plan de référence, ou Datum Plan (DP), pour tenir compte des anomalies introduites par les variations d'altitude et de vitesse près de la surface du sol. Ces variations entraînent des temps erronés de propagation des ondes dans le sol, pouvant parfois déformer voire détruire l'horizon sismique.

En effet les traces sismiques ne sont pas enregistrées sur une surface plane, et leur position est tributaire de la morphologie du terrain. De plus, la vitesse dans la première tranche est variable, dans les 20 premiers mètres, qui constituent la couche altérée. Cette variabilité de la vitesse dans la couche altérée, crée des distorsions dans les temps de propagation des ondes. Après application des corrections statiques, les traces sismiques ont été ramenées à un plan horizontal et dénudées de l'effet de la zone altérée (figure 5).

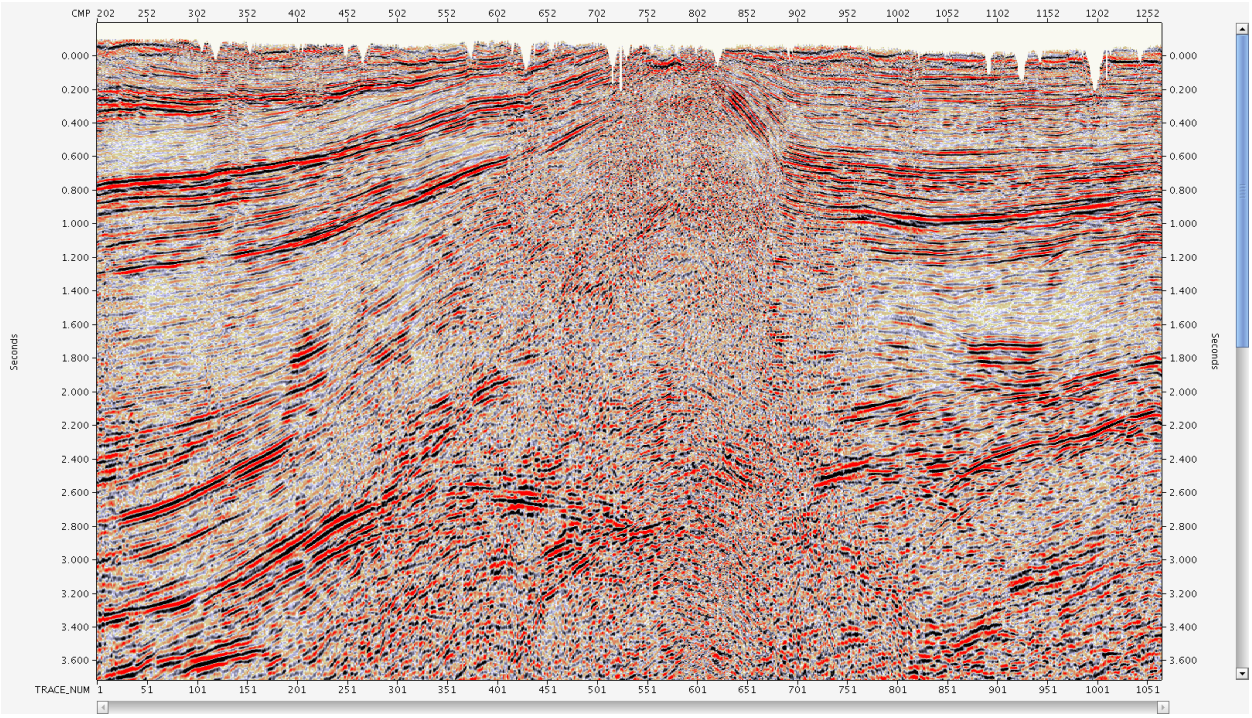


Figure 5 : Image de la ligne sismique 84TUR04 après corrections statiques primaires. (Représentation en amplitude égalisée).

3.3.5. Migration avant addition (PSTM)

Dans des zones à forts pendages, des segments de points sont imagés dans des positions éloignées de leurs positions réelles. L'addition des traces à cette étape du traitement, le stack final (figure 6), avant migration a permis d'obtenir une image de bonne qualité en position non migrée. Due à la structuration complexe de l'anticlinal d'Audignon, la migration est une étape essentielle pour obtenir une image interprétable.

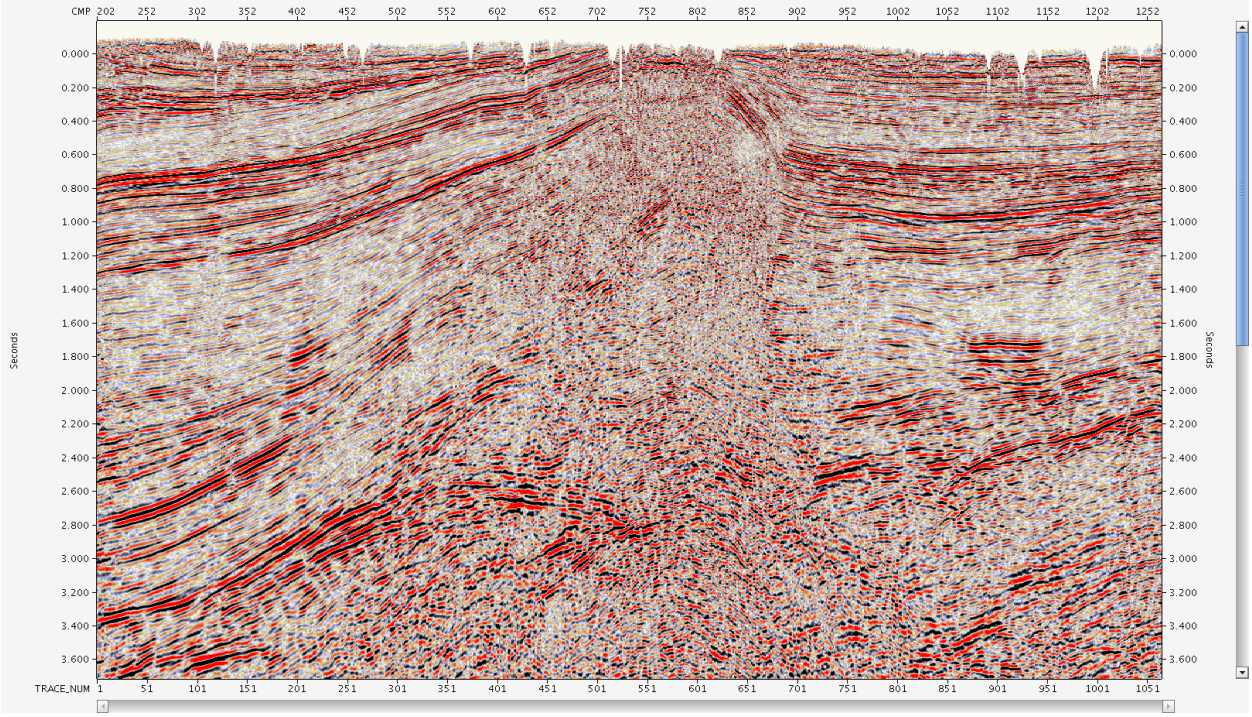


Figure 6 : Image de la ligne sismique 84TUR04 au stade du stack final (Représentation en amplitude égalisée).

La migration est le procédé qui permet la remise en place des évènements à leur position réelle.

La migration avant addition (migration pré-stack) permet de pouvoir pointer les vitesses des différents marqueurs sismiques en position réelle. Ceci permet d'obtenir un champ de vitesses de migration, en position réelle. Cette technique permet de mieux imager les évènements pentés, mais aussi les failles.

Le résultat de la migration, avant addition, est d'obtenir toutes les traces élémentaires constitutives de la ligne sismique traitée en position réelle.

3.3.6. L'addition des traces et le traitement après addition des traces

Après avoir effectué la migration avant addition (PSTM), l'addition des traces va permettre d'obtenir l'image finale. Cependant un traitement après addition des traces est souvent nécessaire afin d'améliorer l'image finale pour l'interprétation.

Afin d'éliminer certains bruits engendrés par la migration, une édition des bruits aléatoires basée sur une méthode statistique, et un filtre passe bande ont été appliqués sur la section sismique (figure 7).

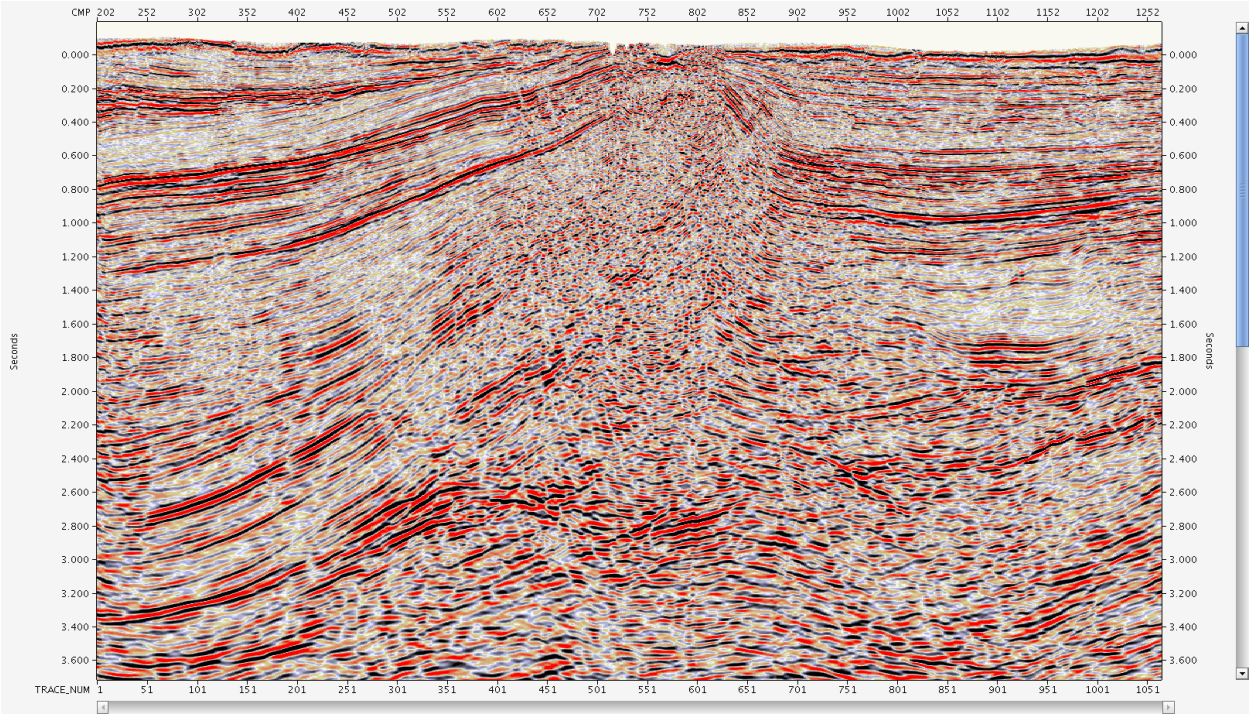


Figure 7 : Migration PSTM finale de la ligne sismique 84TUR04.
(Représentation en amplitude égalisée).

4. Conclusion

Le retraitement des 3 lignes sismiques 2D sur la région d'Audignon a permis de retravailler ces anciennes données en leur appliquant les algorithmes de traitement du signal utilisés par les logiciels modernes.

Les structures complexes rendent l'analyse des statiques primaires, des statiques résiduelles et des vitesses de migration délicate afin d'obtenir la meilleure image avec les structures en place. Les images obtenues apparaissent moins contaminées par le bruit et par les multiples, et permettent de revisiter l'interprétation géologique de ces lignes.

Annexe 1

Livrables

- Profils sismiques (PSTM) vierges sous format papier
- Profils sismiques (PSTM) sous format SEGY
- Rapport de retraitement

Centre scientifique et technique
Direction des Géoressources – Géologie des Bassins et des Stockages
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France - Tél. : 02 38 64 34 34
www.brgm.fr