RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document à accès immédiat

Retraitement de lignes sismiques en Aquitaine – Projet Eaux-SCARS

Rapport final

BRGM/RP-71658-FR
Version du 23 mars 2022

Étude réalisée dans le cadre des projets de recherche

L. Capar, S. Marc

Vérificateur :	
Nom :	Serrano Olivier
Fonction :	Responsable d'unité
Date :	19/04/2022
Signature :	

Approbateur :	
Nom :	Nicolas Pedron
Fonction :	Directeur régional, interrégional
Date :	29/06/2022
Signature :	Le Directeur Régional du BRGM Nouvelle - Aquitaine Nicolas PEDRON

CHARENTE LE DÉPARTEMENT

UNION EUROPÉENNE Fonds Européen de développement régional

RÉGION Nouvelle-Aquitaine

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

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Liberté Égalité Fraternité

EAU GRAND SUD-OUEST AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE

Dordogne PÉRIGORD LE DÉPARTEMENT dordogne.fr

LOT-ET-GARONNE Le Département Cœur du Sud-Ouest

LOT LE DÉPARTEMENT

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la règlementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse **https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctg** ou par ce code :

Mots clés : Sismique réflexion, Retraitement sismique, Bassin aquitain, Projet Eaux-SCARS.

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

L. Capar, S. Marc (2022) – Retraitement de lignes sismiques en Aquitaine – Projet Eaux-SCARS. Rapport final**.** BRGM/RP-71658-FR, 33 p., 21 fig., 2 tabl.

© BRGM, **2022**, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-20/01/2022

Synthèse

L'un des objectifs du projet Eaux-SCARS est d'apporter aux acteurs locaux les éléments et outils pour une meilleure gestion de la ressource en eau, sur le Nord-Est du Bassin aquitain. Dans ce cadre, un retraitement de 38 lignes de sismique réflexion a été effectué. Cette méthode géophysique de surface permet d'obtenir des images du sous-sol et d'apporter des informations sur les structures géologiques.

Ce rapport décrit, (1) ce qu'est la sismique réflexion, (2) le type de données brutes et les différents problèmes dus à l'archivage de ces données, (3) la séquence de traitement nécessaire à appliquer pour obtenir une image interprétable du sous-sol, ainsi que (4) les résolutions horizontales et verticales pouvant être obtenues.

Les lignes sismiques retraitées dans le projet sont situées au Nord du Bassin aquitain, réparties sur quatre zones distinctes appelées Villiers, Saint Felix, La Tour Blanche et Crempsoulie, situées respectivement sur les anticlinaux de Jonzac, de Chalais-Saint Felix (appelé aussi structure de l'Auzance), de la Tour Blanche, et de la Crempse.

Ce retraitement a permis d'obtenir des images de très bonne qualité, qui permettra une meilleure définition des systèmes carbonatés réservoirs du secondaire du Nord-Est du Bassin aquitain, et de préciser l'agencement et la géométrie 3D de ces systèmes carbonatés réservoirs de la zone d'étude.

Sommaire

1 Introduction 7
2. La sismique réflexion 9
2.1. INTRODUCTION 9
2.2. LES DONNÉES SISMIQUES BRUTES 9
3. Déstockage des données sismiques brutes 13
4. Traitement des données sismiques 19
4.1. SÉQUENCE DE TRAITEMENT 21
4.1.1. Mise à jour de la géométrie 22
4.1.2. Édition et élimination des traces invalides ou bruitées 23
4.1.3. Corrections de la topographie et des variations des vitesses de propagation des ondes sismiques dans la proche surface 24
4.1.4. L'addition des traces sismiques et la migration 25
4.2. SÉQUENCE DE TRAITEMENT POUR LA LIGNE 83VBD002 27
5. La résolution de la sismique 29
5.1. LA RÉSOLUTION LATÉRALE 29
5.2. LA RÉSOLUTION VERTICALE 29
6. Conclusion 31
7. Références 33

Liste des figures

Figure 1 : Plan de position des lignes sismiques du projet Eaux-SCARS 8
Figure 2 : Illustration de l'acquisition sismique sur le terrain. 9
Figure 3 : Illustration des supports d'enregistrement utilisés depuis les années 50 10
Figure 4 : Illustration des données sismiques brutes : tir sismique et documents terrain 11
Figure 5 : Illustration a) des données d'entrée et b) de l'image finale après le retraitement 11
Figure 6 : Image finale – Illustration de l'impact de tirs sismiques manquants pour la ligne 83SFX013 14
Figure 7 : Image finale – Illustration de l'impact de tirs sismiques manquants pour la ligne 83SFX015 14
Figure 8 : Image finale – Illustration de l'impact de tirs sismiques manquants pour la ligne 83SFX016 15
Figure 9 : Image finale – Illustration de l'impact de tirs sismiques manquants pour la ligne 77TB003 15

Figure 10 : Image finale – Illustration de l'impact de tirs sismiques manquants pour la ligne 83VBD004 16
Figure 11 : Image finale – Illustration de l'impact de tirs sismiques manquants pour la ligne 83VBD002 17
Figure 12 : Image de la ligne 83VBD002 (traitement de 1983) à un stade intermédiaire (Stack). Courtesy Storengy 17
Figure 13 : Exemple de séquence de traitement simplifiée 22
Figure 14 : Image de la ligne sismique 83CLA002, après mise à jour de la géométrie (amplitude vraie) 23
Figure 15 : Image de la ligne sismique 83CLA002, après mise atténuation et élimination des traces invalides ou bruitées (amplitude vraie) 24
Figure 16 : Image de la ligne sismique 83CLA002 après corrections de la topographie et des variations de vitesses dans la proche surface (amplitude égalisée) 25
Figure 17 : Exemple de la remise en place de structures à leur position réelle après migration. 17a) avant migration ; 17b) après migration 26
Figure 18 : Image finale de la ligne sismique 83CLA002 après migration et addition (amplitude égalisée) 27
Figure 19 : Séquence de traitement appliquée à l'image du traitement de 1983 27
Figure 20 : Image finale de la ligne sismique 83VBD002, issue du traitement de 1983 28
Figure 21 : Image finale de la ligne sismique 83VBD002, après combinaison des 2 traitements 28

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des 38 lignes sismiques retraitées dans le projet Eaux-SCARS 21
Tableau 2 : Tableau indicatif des limites de résolutions latérales des données de sismique réflexion des années 1980 29

1. Introduction

Le projet Eaux-SCARS a pour objectif la caractérisation du fonctionnement des aquifères et leurs interactions avec le milieu superficiel. Ces aquifères se situent dans les systèmes carbonatés réservoirs du Mésozoïque du Nord-Est du Bassin aquitain. Pour cela, une meilleure compréhension de leur fonctionnement hydrodynamique est nécessaire. Le projet a aussi pour objectif d'apporter les éléments et outils, pour une gestion partagée de la ressource en eau, sur le Nord-Est du Bassin aquitain.

Une meilleure définition des systèmes carbonatés réservoirs du secondaire du Nord-Est du Bassin aquitain, nécessite de préciser l'agencement et la géométrie 3D de ces systèmes carbonatés réservoirs de la zone d'étude.

La découverte du gisement de gaz naturel de Saint Marcet (1939) a motivé très tôt la prospection systématique de l'ensemble de l'Aquitaine et de la bordure nord-pyrénéenne. Ces explorations ont concerné principalement le Sud, l'Est et l'Ouest du Bassin Aquitain. Dans le Nord, peu d'études, principalement pour le stockage de gaz, ont été menées dans les années 70 et 80, par la société Gaz de France.

L'ensemble de ces explorations a permis l'acquisition de milliers de kilomètres de sismique réflexion. Cette méthode géophysique (non destructive) de prospection, permet d'obtenir une image du sous-sol pour repérer la géométrie et la disposition des structures géologiques sous la surface. Un traitement de ces données est nécessaire, pour obtenir cette image du sous-sol.

Dans le Bassin aquitain, un projet de retraitement sismique à l'échelle régionale a été mené entre 2003 et 2006, par le BRGM, pour améliorer la connaissance géologique (Serrano *et al.* 2006) (Figure 1) et promouvoir le domaine minier. Afin de pouvoir approfondir cette connaissance géologique du sous-sol dans la région et de répondre aux attentes du projet Eaux-SCARS, il est nécessaire de compléter les données retraitées existantes par le retraitement des données sismiques disponibles non encore retraitées. Ces données sont situées au Sud des Charentes et au Nord de la Dordogne (Figure 1). Au total, 38 lignes de sismique réflexion, totalisant 616,6 kilomètres ont été retraitées dans le projet Eaux-SCARS.

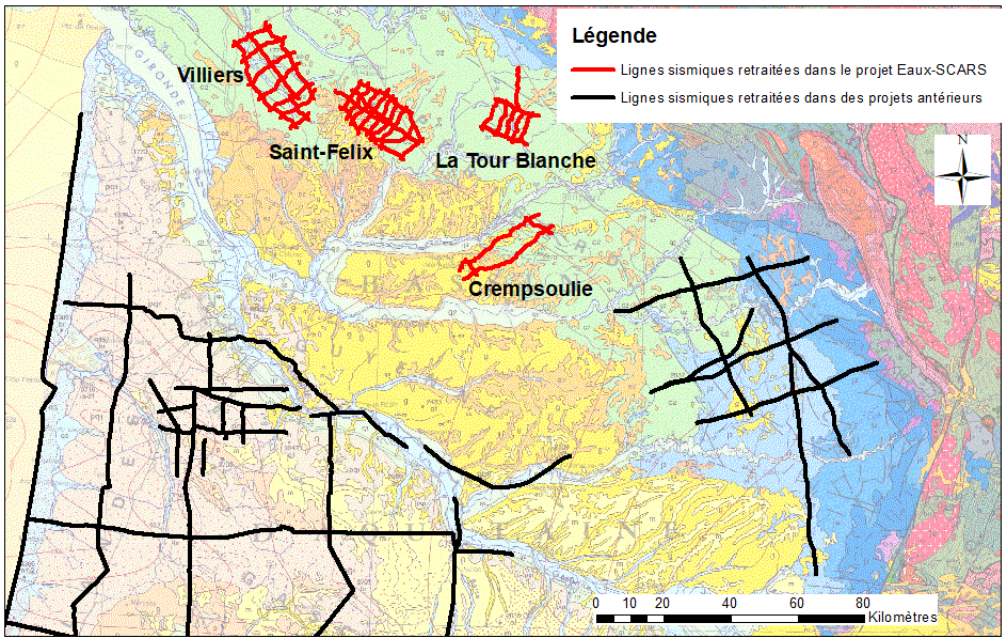

Figure 1 : Plan de position des lignes sismiques du projet Eaux-SCARS.

2. La sismique réflexion

2.1. INTRODUCTION

La sismique réflexion a pour objectif d'obtenir une image du sous-sol.

Le principe de cette méthode est simple : des ondes sismiques, engendrées par l'explosion de charges explosives ou de camions vibrateurs, se propagent à travers les terrains sédimentaires, et se réfléchissent sur les surfaces de séparation des formations de nature différente. Les ondes réfléchies sont enregistrées à la surface de la terre par une série de sismographes appelés géophones (Figure 2). Ces données recueillies, sont alors chargées dans des logiciels de traitement sismique, qui après plusieurs étapes de filtrage, de corrections et d'addition, donneront un profil sismique. Après interprétation par un géologue, ce profil permet d'apporter des informations pertinentes sur les différentes structures géologiques telles que leur géométrie (failles, discordances) et potentiellement leur faciès.

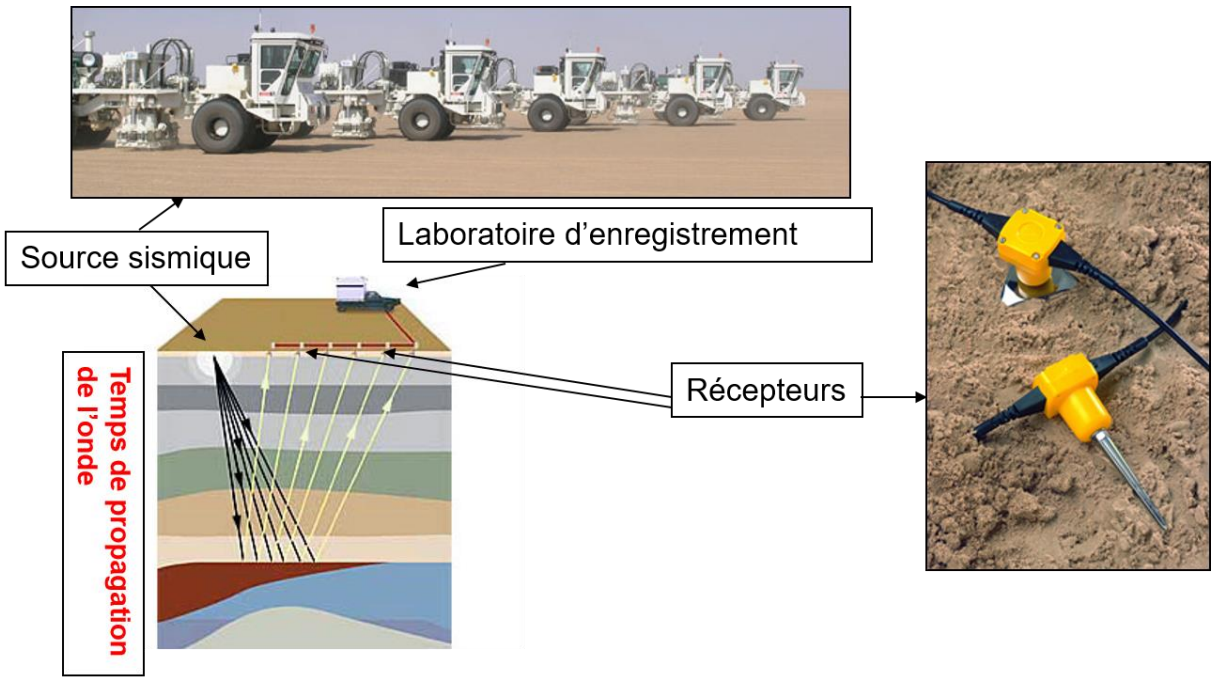

Figure 2 : Illustration de l'acquisition sismique sur le terrain.

2.2. LES DONNÉES SISMIQUES BRUTES

Sur le terrain, le réseau de camions vibrateurs va donc impulser des ondes dans le sous-sol, grâce à des plaques vibrantes situées sous les camions. Dans certains contextes il est également possible d'utiliser des tirs de dynamite en forage peu profonds pour générer ces ondes. Les ondes émises sont en partie réfléchies par les structures géologiques (interfaces de couches géologiques différentes, plans de failles). Ces réflexions vont être réceptionnées sous forme d'un signal sismique (Figure 4 et Figure 5a) par les géophones implantés à espace régulier dans le sol et transmises au laboratoire d'enregistrement (Figure 2). Les géophones sont nommés « les récepteurs ». À chaque émission d'une onde sismique, par une source sismique et à sa réception à un géophone, ceci va créer une trace sismique, nommée « trace

élémentaire ». Chaque couple « source sismique » - « récepteur » va créer une trace élémentaire et imager un point en profondeur.

Cependant différents couples « source sismique » - « récepteur » ayant un écartement différent vont imager le même point en profondeur. Ainsi un même point en profondeur sera imagé par plusieurs traces élémentaires. L'ensemble des traces élémentaires, imageant un même point en profondeur, est appelé « Point Milieu Commun » ou « Common Middle Point » (CMP).

Les ondes vont se propager dans le sous-sol à la vitesse caractéristique de la couche géologique traversée. Lorsqu'il y aura un changement dans la nature de la couche géologique, la vitesse de propagation de l'onde sera différente. Cela produira à l'interface de deux couches une variation de vitesses qui se traduira par un signal nommé « signal sismique ». L'unité de mesure du signal sismique est un temps : temps de propagation de l'onde (émise puis réfléchie) entre la source sismique et le récepteur. Le signal sismique sera réceptionné par les géophones et enregistré sur des supports analogiques ou magnétiques (Figure 3), dans le laboratoire d'enregistrement.

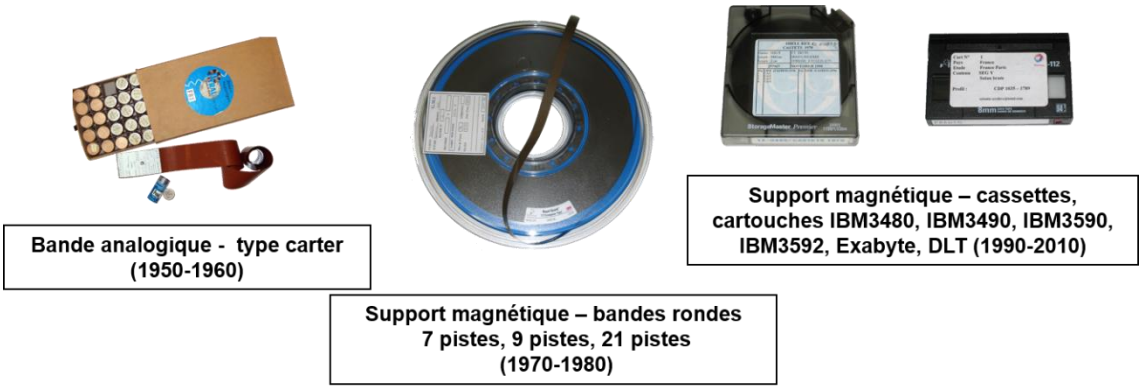

Figure 3 : Illustration des supports d'enregistrement utilisés depuis les années 50.

Les données sismiques brutes (Figure 4) sont constituées (1) du signal sismique (tir sismique) enregistré sur des supports analogiques ou magnétiques, (2) des informations sur les paramètres d'enregistrement et de déploiement du dispositif d'acquisition (rapport d'enregistrement), (3) des coordonnées des positions de tous les géophones et de toutes les sources d'ondes, issues des camions vibrateurs (ou des explosions pour la dynamite).

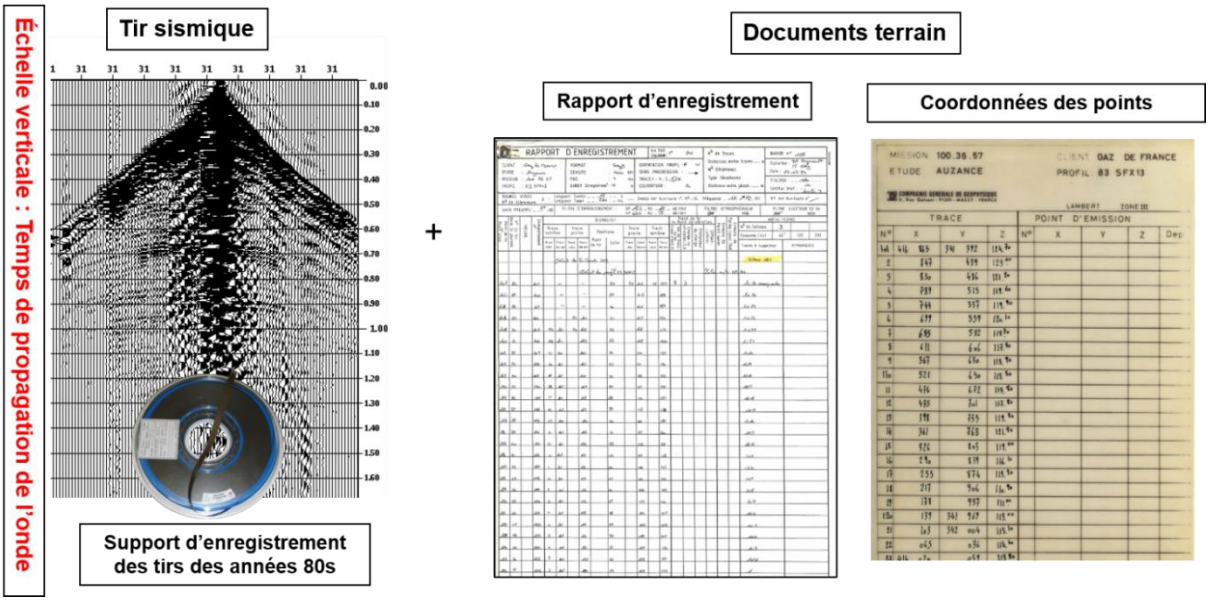

Figure 4 : Illustration des données sismiques brutes : tir sismique et documents terrain.

Les données acquises sur le terrain sont, pour les tirs sismiques, transcrites au format des logiciels informatiques de traitement des données sismiques. Ces données sont ensuite envoyées dans un centre de traitement des données sismiques afin d'obtenir après la mise en œuvre d'un traitement spécifique, un profil sismique retraité ou ligne sismique retraitée (Figure 5b).

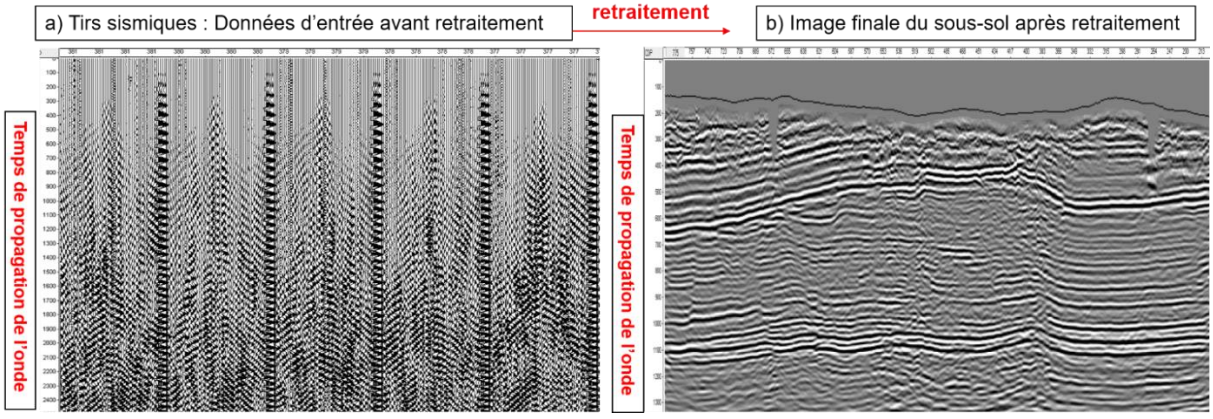

Figure 5 : Illustration a) des données d'entrée et b) de l'image finale après le retraitement.

Les données sismiques utilisées dans le projet Eaux-SCARS ont été acquises dans les années 1977, 1979, 1982 et 1983 par Gaz de France.

La 1ère étape du projet est de les récupérer auprès de l'opérateur Engie (ex Gaz de France) à travers sa filiale Storengy. C'est la phase de déstockage.

3. Déstockage des données sismiques brutes

Le projet Eaux-SCARS comprend 38 lignes sismiques réparties sur 4 zones, nommées respectivement de l'Ouest vers l'Est : Villiers, Saint-Felix, La Tour Blanche et Crempsoulie.

Le déstockage des données sismiques brutes comprend :

- la demande des données auprès de Storengy;
- la réception et le contrôle des données et des documents reçus ;
- la transcription des tirs sismiques au format des logiciels informatiques de traitement sismique ;
- la transcription des coordonnées des positions des sources sismiques et des récepteurs du format papier au format numérique le cas échéant.

À la réception des données transcrites, et 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.

Il est apparu que quelques lignes sismiques avaient des données ou informations manquantes.

- sur la zone de Saint-Felix, les principaux documents terrain des 11 lignes sismiques acquises en 1982 (lignes sismiques 82SFX001 à 82SFX011), ont été perdus. Une reconstitution du dispositif d'enregistrement a été effectuée pour chacune de ces lignes, à partir de documents annexes, et les coordonnées des points de tir et des géophones ont été digitalisées à partir d'une carte générale de l'étude ;
- sur l'ensemble des 4 zones, 6 lignes sismiques ont des tirs sismiques manquants, dus à une mauvaise transcription lors du changement du support magnétique original à un support moderne, effectuée par Gaz de France. Ce sont les lignes sismiques 83SFX013, 83SFX015 et 83SFX016 dans la zone de Saint-Felix, 77TB003 dans la zone de La Tour Blanche et les lignes 83VBD002 et 83VBD004 dans la zone de Crempsoulie.

Dans le détail, :

- la ligne 83SFX013 a 33 tirs sismiques manquants en début de ligne, au Nord-Ouest (Figure 6) et aucune autre donnée complémentaire n'existe.

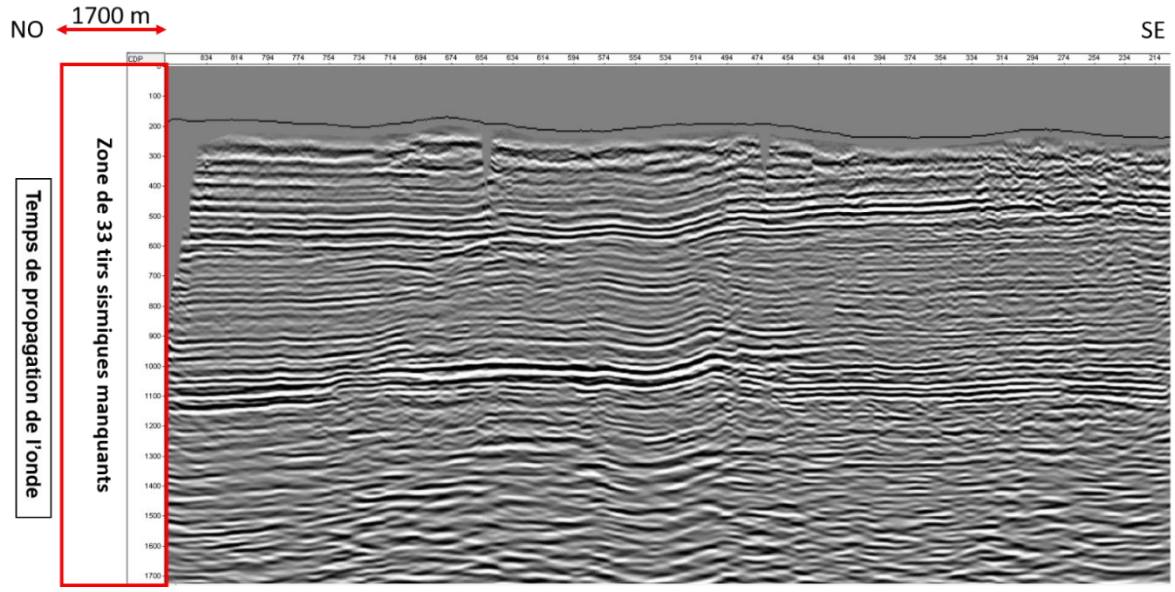

Figure 6 : Image finale – Illustration de l'impact de tirs sismiques manquants pour la ligne 83SFX013.

- la ligne 83SFX015 a 96 points de tirs manquants. La recherche de données complémentaires auprès de Storengy a permis d'obtenir un nouveau jeu de données dit données CMP (équivalent des données points de tir, mais après quelques étapes de traitement). Ce nouveau jeu de données a très majoritairement compensé le manque de points tirs (Figure 7). Seule une petite zone reste affectée par l'absence de données. Une vigilance sera apportée lors de l'interprétation, afin de tenir compte de ce manque de données et ne pas interpréter la cassure identifiée dans cette zone (cercle rouge sur la Figure 7) comme une faille.

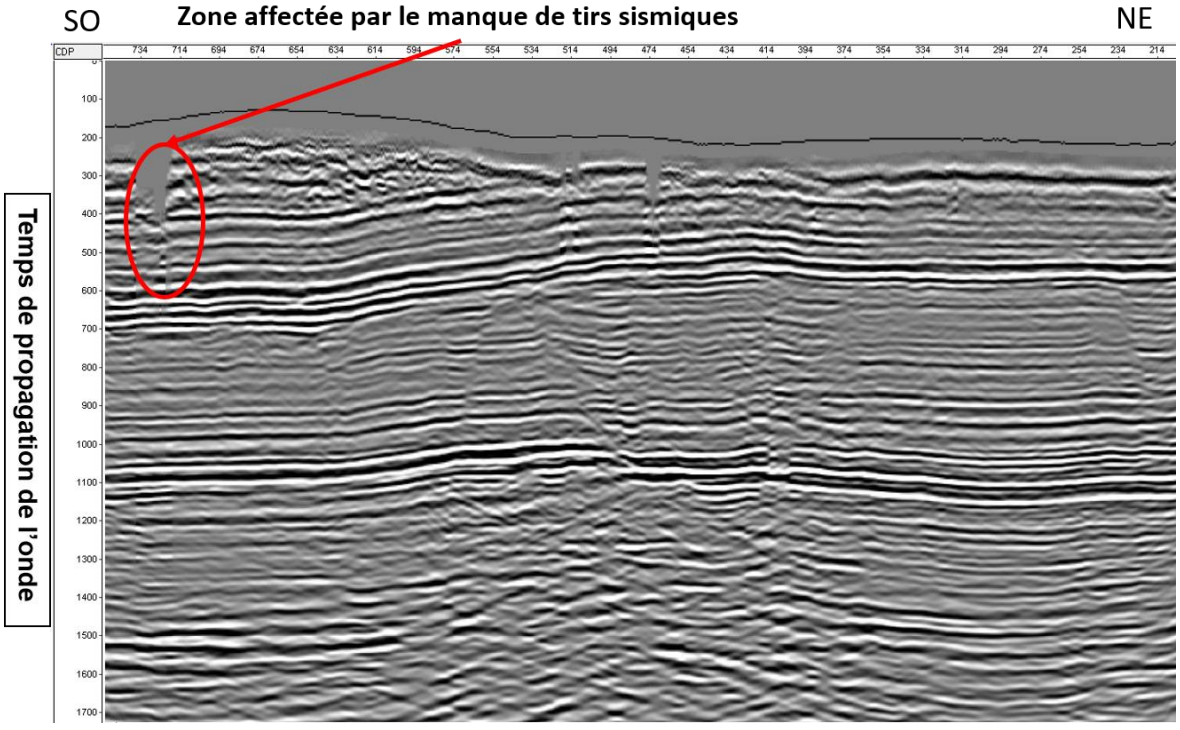

Figure 7 : Image finale – Illustration de l'impact de tirs sismiques manquants pour la ligne 83SFX015.

- le nombre de tirs sismiques manquants pour la ligne 83SFX016 est de 10. La recherche de données complémentaires n'a pas permis de trouver d'autres données. Ce manque de données affecte une zone localisée et réduit la résolution verticale localement (Figure 8).

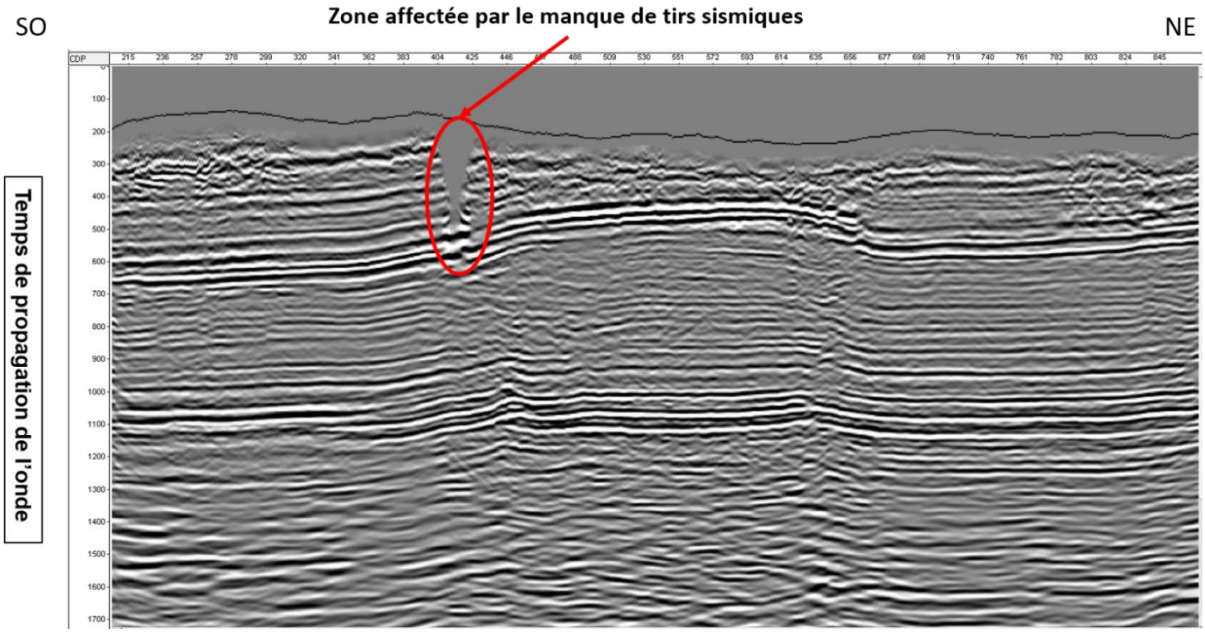

Figure 8 : Image finale – Illustration de l'impact de tirs sismiques manquants pour la ligne 83SFX016.

- la ligne 77TB003 est affectée par le manque de 35 tirs sismiques, localisés sur une même zone. Une partie de la ligne sismique est non imagée (Figure 9).

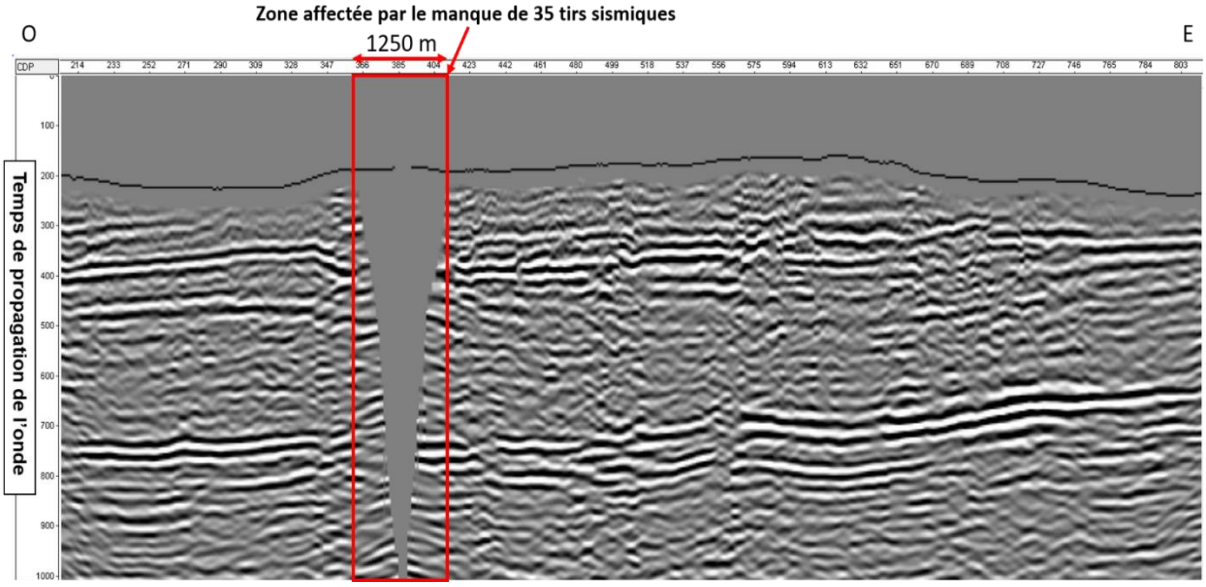

Figure 9 : Image finale – Illustration de l'impact de tirs sismiques manquants pour la ligne 77TB003.

- pour la ligne 83VBD004, il manque 14 tirs sismiques, qui n'ont pas pu être comblés par un autre jeu de données. Cependant, l'impact sur l'image sismique reste très localisée et très faible (Figure 10).

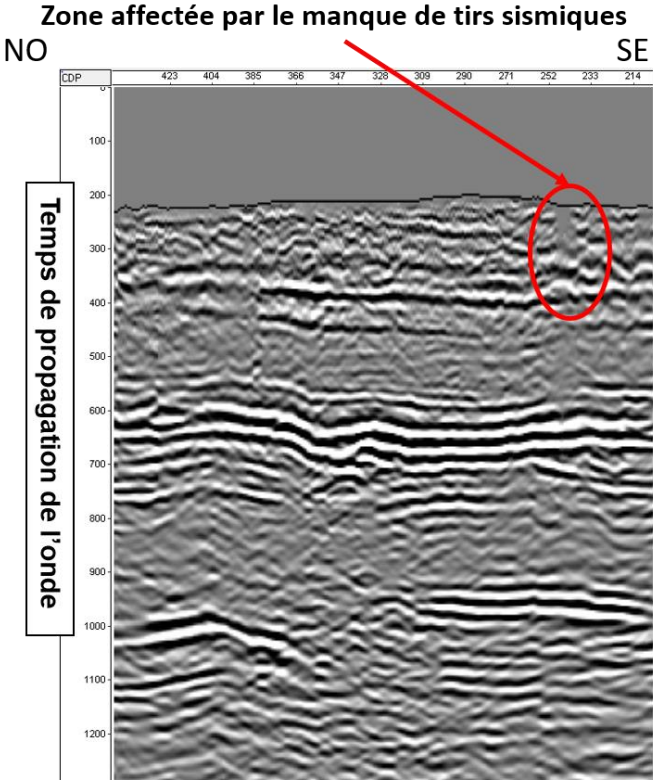

Figure 10 : Image finale – Illustration de l'impact de tirs sismiques manquants pour la ligne 83VBD004.

- la ligne 83VBD002 est la ligne la plus affectée par le manque de tirs sismiques, au nombre de 206 sur 580 enregistrés originalement. Aucun autre jeu de données (CMP ou tir sismique) n'a été trouvé pour combler ce manque important. Ces tirs sismiques manquants sont répartis sur quasiment l'ensemble de la ligne. Ils affectent très grandement la qualité (Figure 11). Afin d'obtenir une image interprétable de l'ensemble de la ligne, une image du traitement effectué en 1983 a été vectorisée (Figure 12) avec l'accord de Storengy, et combinée avec la partie retraitée dans ce projet. Après analyse des données brutes, documents terrain et des données vectorisées (traitement 1983), ceux-ci ont été fournis au centre de traitement. Une séquence spécifique leur a été appliquée pour obtenir l'image sismique finale.

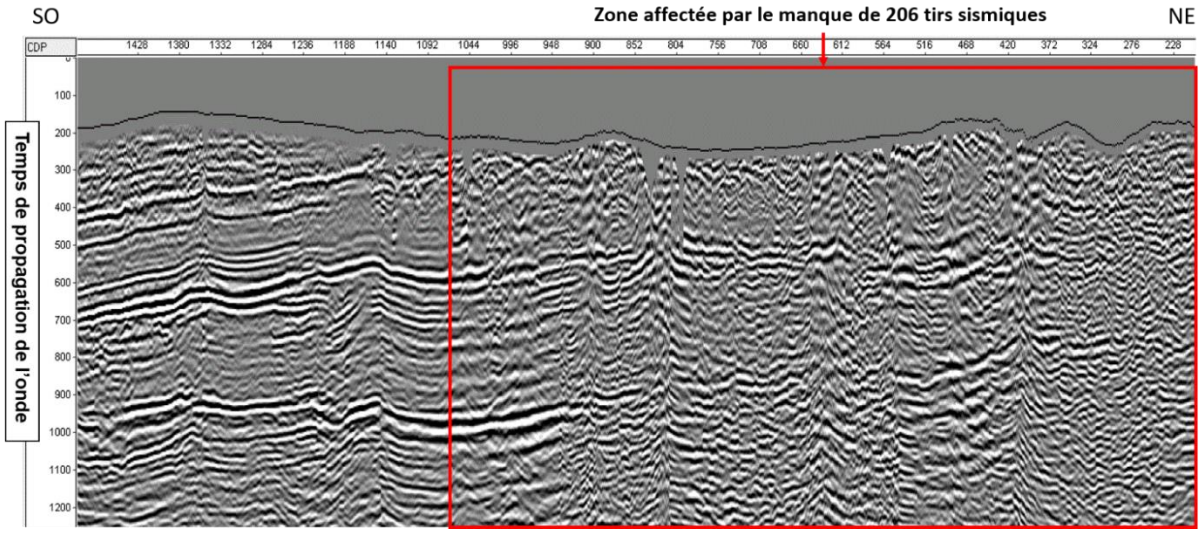

Figure 11 : Image finale – Illustration de l'impact de tirs sismiques manquants pour la ligne 83VBD002.

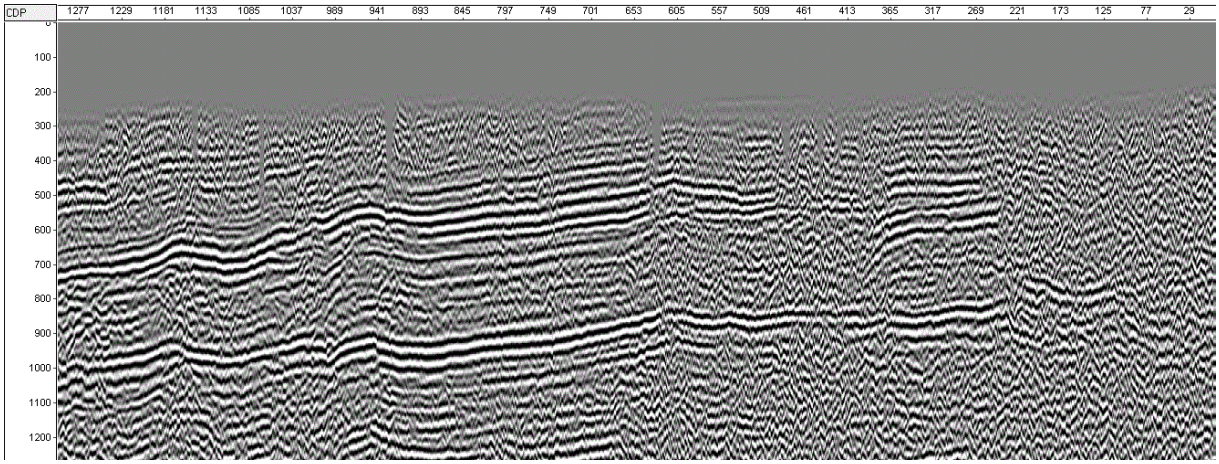

Figure 12 : Image de la ligne 83VBD002 (traitement de 1983) à un stade intermédiaire (Stack). Courtesy Storengy.

4. Traitement des données sismiques

Le principal objectif du traitement des données de sismique réflexion est d'obtenir, une image du sous-sol, pour en faire une interprétation structurale et géométrique : présence ou non de failles, géométrie, épaisseur des différentes couches géologiques. Cette interprétation géologique permettra d'élaborer un modèle géologique en 3 dimensions, et d'améliorer la connaissance de la géométrie des potentiels réservoirs, un des prérequis pour ensuite effectuer les différents travaux de simulation de circulation des fluides, *etc.*

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 sismique finale interprétable (appelée aussi la donnée traitée). Ces étapes dans la séquence de traitement permettent d'atténuer voire d'éliminer tous les artéfacts et/ou bruits enregistrés lors de l'acquisition et d'appliquer les processus nécessaires à l'obtention d'une image finale interprétable, reflétant les couches du sous-sol et leurs géométries.

Un premier traitement des données s'effectue lors ou juste après l'acquisition des lignes sismiques. Puis, de nouveaux algorithmes de traitement apparaissant très régulièrement, les données vont être retraitées, afin d'améliorer de plus en plus le signal géologique par rapport au bruit sismique, et parfaire le positionnement des réflecteurs (donc des couches géologiques).

L'ensemble des lignes retraitées dans le projet est listé dans le Tableau 1.

Ligne	Premier CMP	Dernier CMP	Distance entre CMP (m)	Premier tir sismique	Dernier tir sismique	Longueur en CMP (m)
83CLA001	205	716	25	101	321	12775
83CLA002	205	826	25	101	385	15525
83CLA003	205	902	25	101	389	17425
83CLA004	205	859	25	101	361	16350
83CLA005	205	828	25	100	352	15575
83CLA006	205	781	25	101	336	14400
83CLA007	205	497	25	102	234	7300
83CLA008	205	1330	25	101	565	28125
83CLA009	205	1204	25	101	573	24975
83CLA010	205	1544	25	101	675	33475
83CLA011	205	585	25	101	244	9500
Total:						195425

Ligne	Premier CMP	Dernier CMP	Distance entre CMP (m)	Premier tir sismique	Dernier tir sismique	Longueur en CMP (m)
82SFX_001	205	965	25	101	503	19000
82SFX_002	205	1256	25	101	650	26275
82SFX_003	205	868	25	101	457	16575
82SFX_004	205	637	25	101	330	10800
82SFX_005	205	756	25	101	392	13775
82SFX_006	205	786	25	101	409	14525
82SFX_007	205	808	25	101	418	15075
82SFX_008	205	613	25	101	312	10200
82SFX_009	205	569	25	101	292	9100
82SFX_010	205	541	25	101	278	8400
82SFX_011	205	829	25	101	426	15600
83SFX_013	205	860	25	101	433	16375
83SFX_015	205	752	25	101	394	13675
83SFX_016	205	868	25	101	458	16575
83SFX_017	205	838	25	101	440	15825
Total:						221775

Ligne	Premier CMP	Dernier CMP	Distance entre CMP (m)	Premier tir sismique	Dernier tir sismique	Longueur en CMP (m)
77TB_001	204	774	25	101	411	14250
77TB_003	205	813	25	101	447	15200
77TB_005	204	617	25	101	324	10325
77TB_007	203	654	25	102	344	11275
77TB_008	204	706	20	101	377	10040
77TB_009	204	712	20	101	383	10160
77TB_010	204	705	20	102	377	10020
79LTB_012	204	949	20	101	499	14900
Total:						96170

Line	Premier CMP	Dernier CMP	Distance entre CMP (m)	Premier tir sismique	Dernier tir sismique	Longueur en CMP (m)
83VBD_001	205	1425	25	101	762	30500
83VBD_002	205	1499	25	101	794	32350
83VBD_003	205	586	25	101	305	9525
83VBD_004	205	448	25	101	231	6075
Total:						78450

Tableau 1 : liste des 38 lignes sismiques retraitées dans le projet Eaux-SCARS.

4.1. SÉQUENCE DE TRAITEMENT

La séquence et les paramètres de traitement ont été choisis dans l'objectif d'obtenir des données retraitées reflétant au mieux la géométrie du sous-sol ainsi que la conservation des amplitudes réelles, au plus proche de la réalité, appelé « traitement en amplitude préservée ».

La séquence de traitement comporte de très nombreuses étapes (Figure 13).

Elles peuvent être regroupées en 4 étapes principales :

- mise à jour des traces sismiques avec leur géométrie d'acquisition (coordonnées terrain des points de tirs et des récepteurs, distance entre point de tir et récepteur, création du Point Milieu Commun (CMP) : aussi nommée « mise à jour de la géométrie » ;
- édition/atténuation des traces invalides et/ou bruitées pour garder les traces et les signaux sismiques valides ;
- correction du signal sismique pour compenser des effets de la topographie et des variations des vitesses de propagation des ondes sismiques dans la proche surface ;
- remise à leur place réelle des objets géologiques : nommée « la Migration » et addition des traces pour former l'image finale.

SÉQUENCE DE TRAITEMENT

1. Corrélation des tirs sismiques
2. Mise à jour de la géométrie
3. Éditions ou atténuation des traces bruitées et/ou invalides
4. Pointé des premières arrivées
5. Compensation de la divergence sphérique
6. Analyse de vitesses
7. Déconvolution
8. Corrections statiques grandes longueurs d'onde
9. 2 itérations d'analyse de vitesses
10. 2 itérations de corrections statiques résiduelles
11. Atténuation des multiples
12. Interpolation et regularisation des traces
13. Analyse de vitesses en position migrée
14. Migration en temps des traces individuelles (PSTM)
15. Compensation des anomalies d'amplitudes résiduelles
16. Addition des traces (Stack)
17. Filtre variant en temps
18. Contrôle automatique des amplitudes

Figure 13 : Exemple de séquence de traitement simplifiée.

4.1.1. Mise à jour de la géométrie

La création du fichier de géométrie d'acquisition et son application aux données enregistrées sur le terrain, est nommée « mise à jour de la géométrie d'acquisition ». Cette étape permet de positionner chaque trace sismique élémentaire. Cette mise à jour de la géométrie a été effectuée à partir des rapports d'enregistrement contenant la description du dispositif

d'acquisition sur le terrain (emplacement des sources sismiques et des récepteurs) et a permis d'établir une première image de contrôle (Figure 14Figure 4).

À partir des coordonnées des sources sismiques et des récepteurs, les coordonnées de chaque CMP ont été calculées dans les systèmes de projection Lambert 2 étendu et Lambert 93.

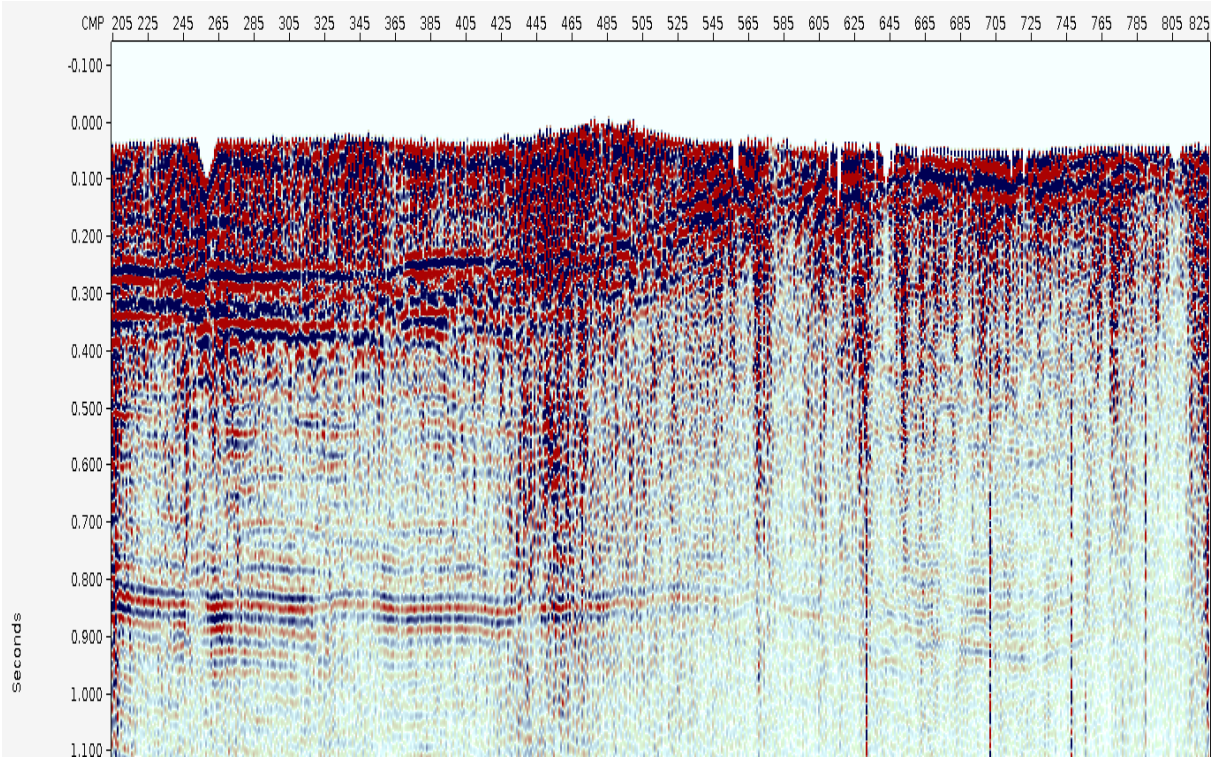

Figure 14 : Image de la ligne sismique 83CLA002, après mise à jour de la géométrie (amplitude vraie).

4.1.2. Édition et élimination des traces invalides ou bruitées

Lors de l'acquisition, des bruits, qui ne sont pas du signal cohérent issu d'un marqueur géologique ou d'une structure géologique, sont aussi enregistrés. Des traces invalides, dues en général à une défaillance d'un géophone ou une mauvaise connectique, peuvent aussi être enregistrées. Ces traces bruitées et invalides ne contenant pas de signal issu d'un objet géologique, et perturbant le signal enregistré, doivent être éliminées dans les premières étapes du traitement. Ce procédé permet de garder uniquement la partie cohérente du signal sismique, représentatif des objets géologiques. Ces traces invalides et/ou bruitées sont principalement éliminées par l'utilisation d'un algorithme qui élimine les amplitudes anormales (Figure 15). À ce stade du traitement sismique, seules les traces contenant un signal cohérent, correspondant à une information géologique, sont gardées. Elles représentent, en général, plus de 99 % du signal enregistré, sauf comme vu dans le chapitre 3, pour 6 lignes du projet.

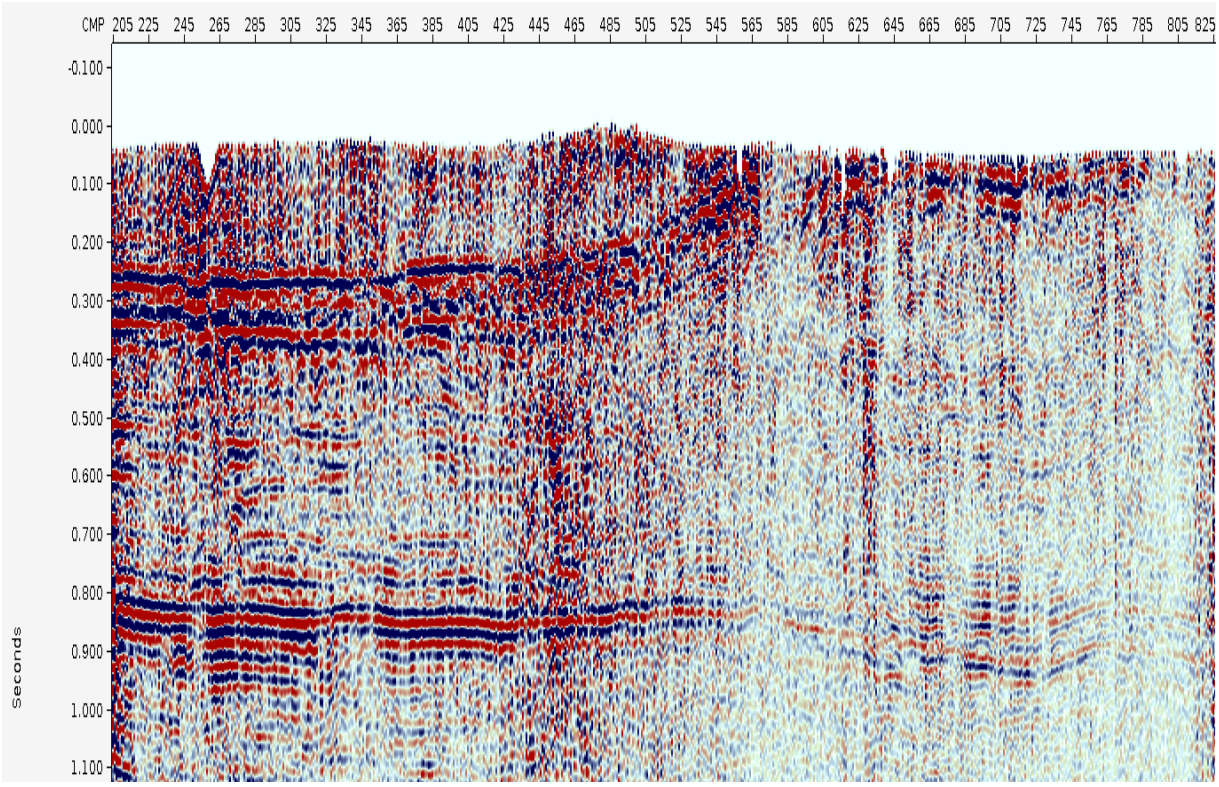

Figure 15 : Image de la ligne sismique 83CLA002, après mise atténuation et élimination des traces invalides ou bruitées (amplitude vraie).

4.1.3. Corrections de la topographie et des variations des vitesses de propagation des ondes sismiques dans la proche surface

Les ondes sismiques sont émises et réceptionnées à la surface. Cette surface n'est pas plane, les altitudes des sources sismiques et des récepteurs n'étant pas toutes identiques. Elles dépendent de la morphologie du terrain où se déroule l'acquisition sismique. D'autre part, en moyenne, les 20 premiers mètres sous la surface subissent une altération due principalement aux conditions météorologiques, et présentent de fortes hétérogénéités latérales. Ces variations (morphologie et hétérogénéité du sous-sol) entraînent des variations des vitesses de propagation des ondes sismiques dans le sol, pouvant déformer voire fortement altérer l'image sismique du sous-sol.

Il est nécessaire de corriger ces variations par des traitements adaptés. Une image corrigée est ainsi obtenue (Figure 16).

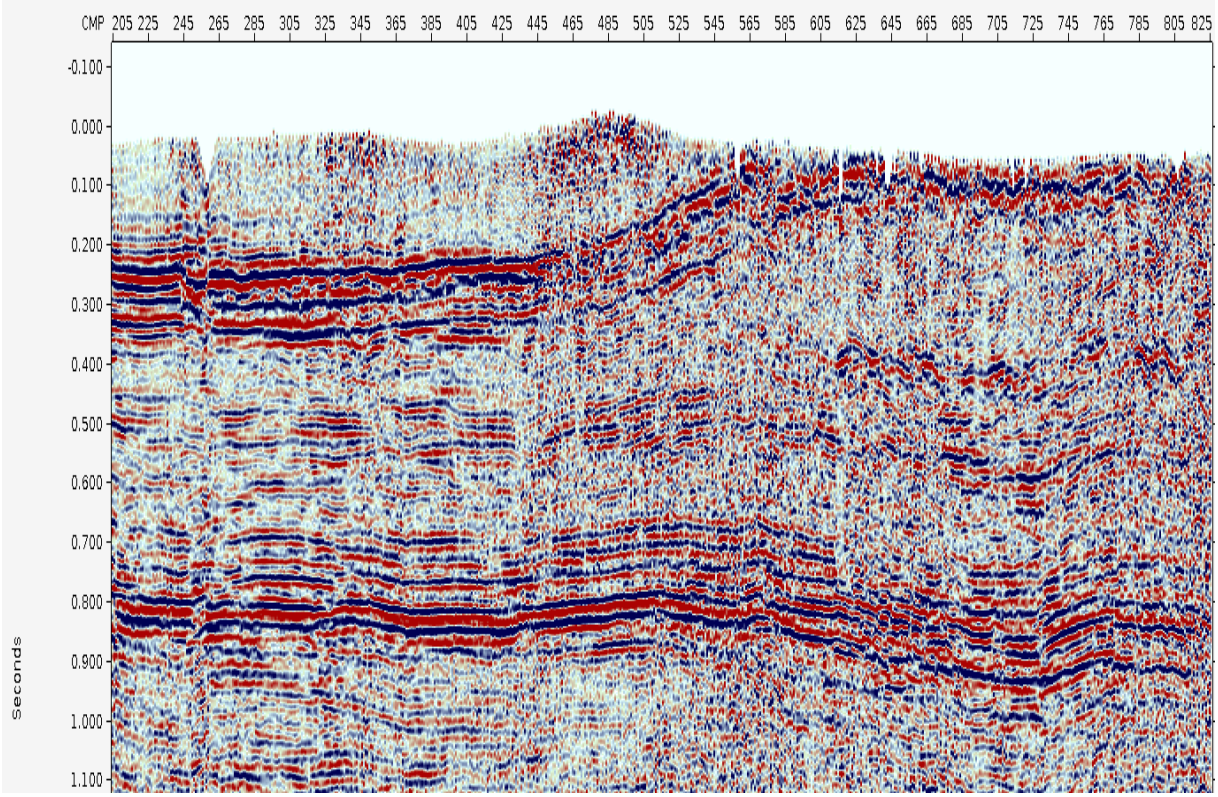

Figure 16 : Image de la ligne sismique 83CLA002 après corrections de la topographie et des variations de vitesses dans la proche surface (amplitude égalisée).

4.1.4. L'addition des traces sismiques et la migration

Les données sismiques sont un ensemble de traces élémentaires qui peuvent être rangées de différentes façons : soit en point de tir, comme lors de l'acquisition (Figure 4), soit par exemple en CMP lors du traitement.

L'image finale (Figure 18) s'obtient par l'addition de toutes les traces élémentaires constituant chaque CMP. Avant cette addition, il faut que les réflexions sismiques correspondant à un horizon géologique, soient d'une part remises à leur position réelle, processus de « migration » et d'autre part soient toutes alignées à l'intérieur d'un même CMP, avant le processus « d'addition des traces sismiques ».

Dans le sous-sol, où les couches géologiques ou bien tout objet géologique (exemple : failles) sont très pentés, leur position sur l'image sismique, à ce stade du traitement, est éloignée de leur position réelle. Le procédé qui permet la remise en place des évènements à leur position réelle, appelé « migration », est alors appliqué. Sur la Figure 17a, la structure concave avant migration dans l'ellipse rouge, est migrée à leur position réelle sur la Figure 17b.

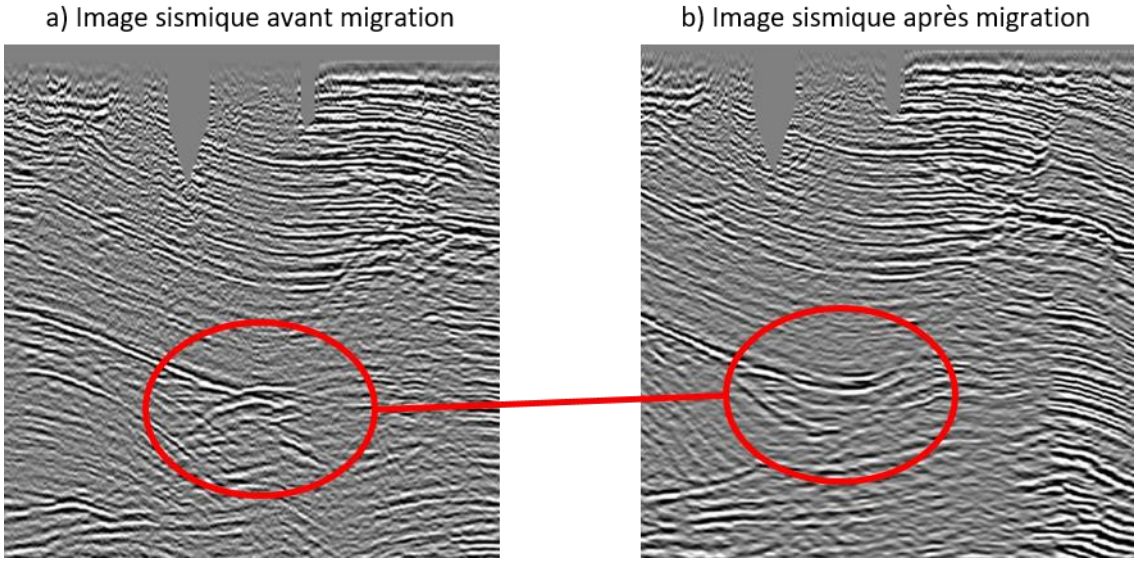

Figure 17 : Exemple de la remise en place de structures à leur position réelle après migration. 17a) avant migration ; 17b) après migration.

Le processus dit de « migration » permet de mieux restituer la géométrie des couches du sous-sol. Une migration, en temps, avant addition des traces a été effectuée.

Quand les traces élémentaires ont été migrées, l'image finale (Figure 18) est obtenue par l'addition de toutes les traces imageant un même point en profondeur pour n'obtenir qu'une seule trace imageant ce point. Cependant avant l'addition des traces élémentaires, il est nécessaire que tous les évènements sismiques correspondant à un horizon géologique soient tous alignés. C'est la correction « Normal Move Out » (NMO). Ainsi, le signal cohérent s'additionne et image les horizons géologiques. Il peut arriver, que les évènements sismiques ne soient pas tous parfaitement alignés. Il en résulte que l'addition de ces évènements sismiques induit un mélange d'amplitudes non représentatif de la réalité.

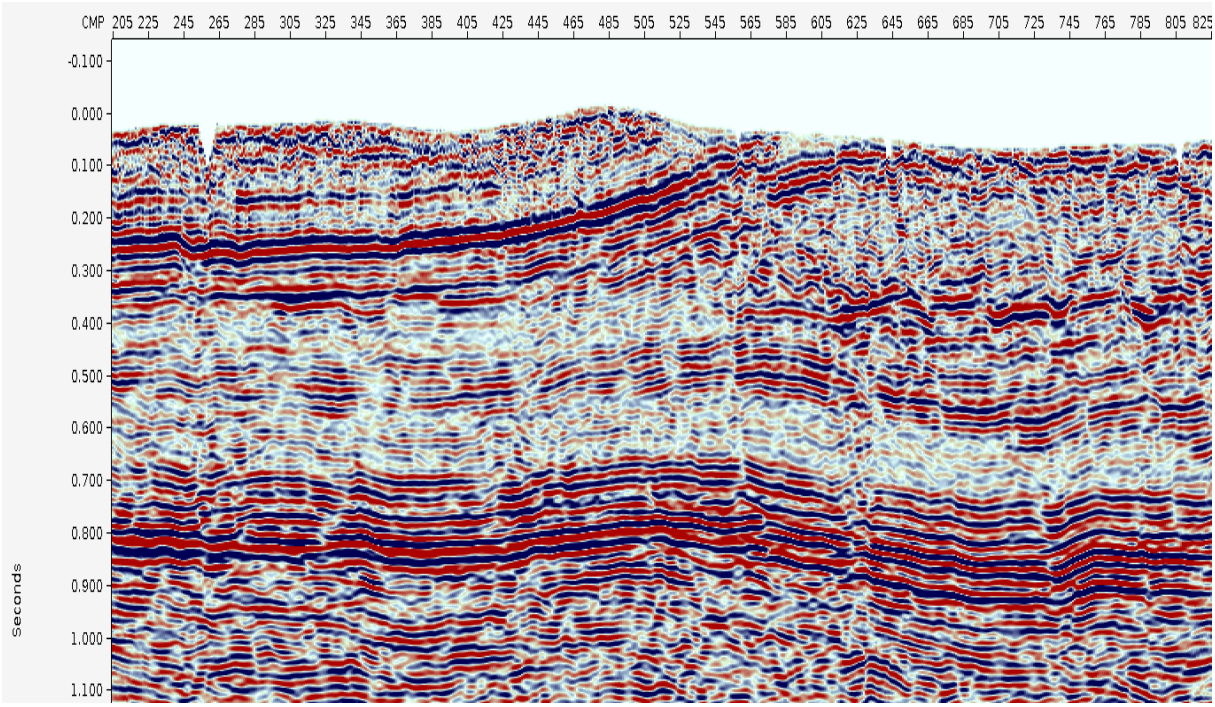

Figure 18 : Image finale de la ligne sismique 83CLA002 après migration et addition (amplitude égalisée).

Sur l'ensemble des 38 lignes du projet Eaux-SCARS, une migration avant addition des traces a été appliquée, nommée « Migration en temps des traces individuelles » ou « PSTM : Pré-stack Time Migration).

4.2. SÉQUENCE DE TRAITEMENT POUR LA LIGNE 83VBD002

La séquence de traitement décrite au paragraphe 4.1 a été appliquée à la ligne 83VBD002. Cependant le trop grand nombre de tirs sismiques manquants, n'a pas permis d'obtenir une image finale exploitable sur une grande partie de la ligne sismique (Figure 11).

L'image issue du traitement de 1983 (Figure 12) a été retravaillée, afin d'obtenir une image sismique interprétable sur l'ensemble de la ligne. Une séquence de traitement spécifique (Figure 19), lui a été appliquée, afin d'obtenir une image au même stade de traitement (la migration Figure 20) que les autres lignes du projet.

Les données d'entrée n'étant pas au même stade de traitement que les autres lignes (les traces ayant déjà été additionnées), seule, une migration après addition des traces a pu être effectuée.

SÉQUENCE DE TRAITEMENT POUR LA LIGNE 83VBD002 DE 1983

1. Préparation du champs de vitesses pour la migration
2. Migration après addition des traces
3. Filtre variant en temps
4. Contrôle automatique des amplitudes

Figure 19 : Séquence de traitement appliquée à l'image du traitement de 1983.

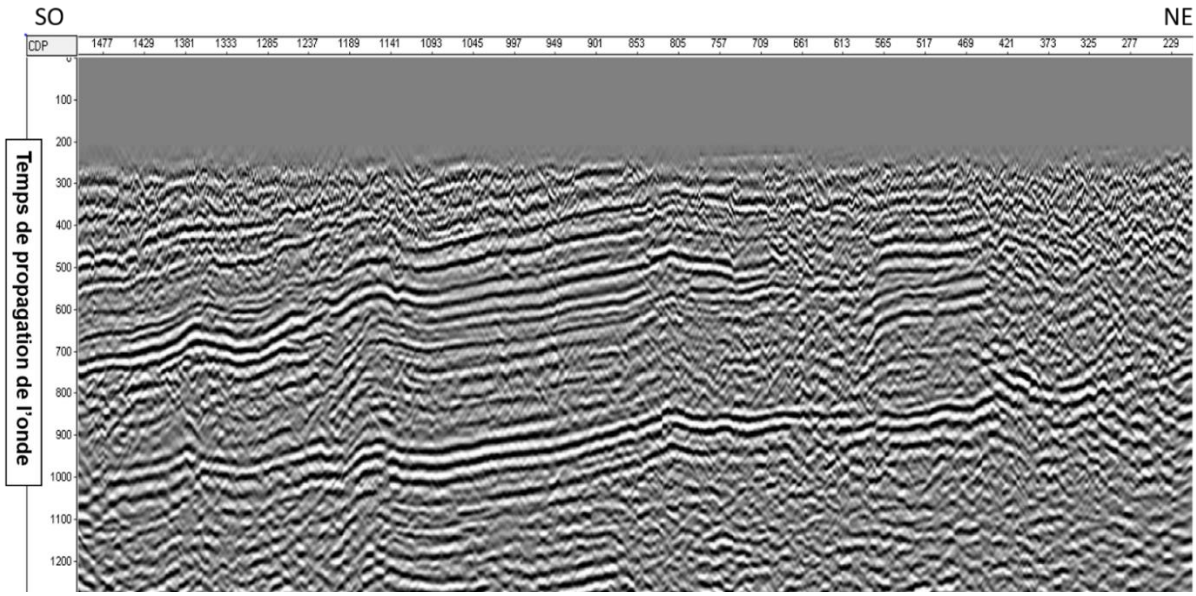

Figure 20 : Image finale de la ligne sismique 83VBD002, issue du traitement de 1983.

Afin d'obtenir la meilleure image finale possible de la ligne 83VBD002, une combinaison entre la migration avant addition des traces (Figure 11) et la migration après addition des traces (Figure 20) a été effectuée (Figure 21).

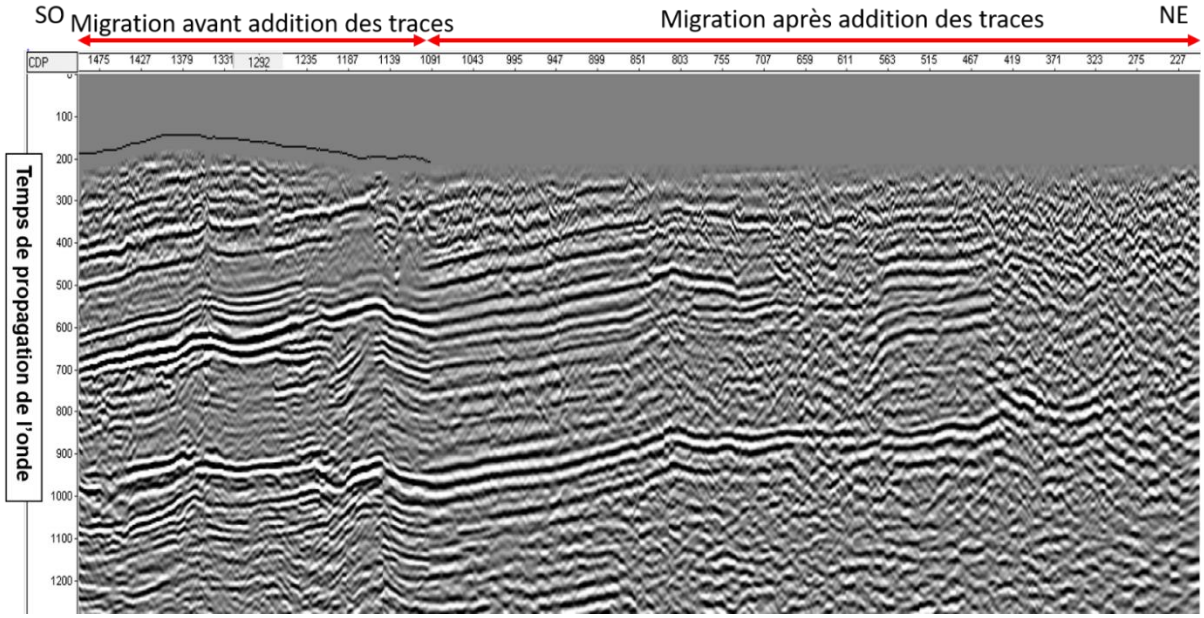

Figure 21 : Image finale de la ligne sismique 83VBD002, après combinaison des 2 traitements.

5. La résolution de la sismique

5.1. LA RÉSOLUTION LATERALE

La résolution latérale est dépendante de la zone de Fresnel, qui est la distance entre la source sismique et le récepteur.

C'est le rayon (r) de la zone de Fresnel qui va permettre d'estimer la résolution latérale. Il dépend de la fréquence (f) et de la vitesse de propagation des ondes (V) au-dessous du réflecteur à imager, ainsi que du temps de propagation de l'onde (t).

$$r \approx \frac{V}{2} * \sqrt{t}/f$$

Le Tableau 2 donne à titre indicatif des limites de résolution latérale.

t (ms)	V (m/s)	F (Hz)	R (m)
100	2 500	45	60
600	3 500	45	200

Tableau 2 : Tableau indicatif des limites de résolutions latérales des données de sismique réflexion des années 1980.

Les objectifs se situent entre 100 mètres et 2 000 mètres de profondeur. La résolution latérale des données enregistrées dans les années 80 est de l'ordre de la centaine de mètres, ce qui implique que tout objet géologique de moins de 100 mètres de long, ne pourra être correctement identifiable.

5.2. LA RÉSOLUTION VERTICALE

La résolution verticale est reliée à la longueur d'onde du signal sismique (λ). λ est fonction de la fréquence dominante (f) du signal sismique et de la vitesse de propagation de l'onde (V) dans le sous-sol.

D'où : λ = V/f, et la résolution verticale minimale est égale à λ/4.

L'épaisseur minimale d'une couche dont on peut distinguer séparément le toit et le mur est la limite de cette résolution.

Dans ce projet, la fréquence dominante est d'environ 45 Hz et la vitesse de propagation moyenne de 3 000 m/s dans la première seconde de l'enregistrement. La résolution verticale minimale dans la zone de l'objectif est d'environ 15 mètres.

6. Conclusion

Le retraitement effectué dans le projet Eaux-SCARS a permis d'obtenir des images du sous-sol, issues de données acquises entre 1977 et 1983, de très bonne qualité. Ceci a été rendu possible, par l'utilisation d'algorithmes de traitement du signal de plus en plus performants. Ces algorithmes permettent une meilleure séparation entre le signal réel, correspondant à un objet géologique et les bruits ou artéfacts. L'évolution des techniques de corrections de temps de trajet dans le sous-sol et d'analyses de vitesses améliorent la densité et la fiabilité des vitesses obtenues. Le détail obtenu permet de répondre à l'objectif recherché : une meilleure définition de l'agencement et de la géométrie des systèmes carbonatés réservoirs du secondaire du Nord-Est du Bassin aquitain.

7. Références

Serrano O., Delmas J., Hanot F., Vially R., Herbin J.P., Houel P., Tourlière B., (2006) : Le Bassin d'Aquitaine : valorisation des données sismiques, cartographie structurale et potentiel pétrolier, 243 p., 142 fig., 17 tabl., 17 ann. Document BRGM – CDG/VSS.

RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

www.brgm.fr