

RÉFÉRENCE PROJET : 2022P22038

RECONNAISSANCES GÉOPHYSIQUES PAR SISMIQUE RÉFLEXION LE PRADET (FRANCE)



RAPPORT FINAL

25 mai 2022



GEO2X SA

Rue de Chamblon 34
1400 Yverdon-les-Bains
Suisse
info@geo2x.com
www.geo2x.com



BRGM

3 Avenue Claude Guillemin
45100 Orléans
France

Révisions

Status	Date	Rédaction	Relecture	Approbation
Draft	25 mai 2022	G. Cocchiararo	V. Metraux	D. Dupuy

Table des matières

1.	INTRODUCTION.....	9
2.	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	10
3.	DÉROULEMENT DES OPÉRATIONS	11
3.1.	Chronologie.....	11
3.2.	Conditions de terrain	11
4.	HSE.....	12
5.	TOPOGRAPHIE	15
5.1.	Système de coordonnées	15
5.2.	Ressources	15
5.2.1	<i>Équipement.....</i>	<i>15</i>
5.3.	Paramètres et procédure d'acquisition.....	15
5.4.	Contrôle de qualité et traitement des données.....	15
5.5.	Résultats	16
6.	SISMIQUE RÉFLEXION	20
6.1.	Objectifs de l'acquisition.....	20
6.2.	Ressources	20
6.2.1	<i>Équipement.....</i>	<i>20</i>
6.2.2	<i>Personnel</i>	<i>21</i>
6.3.	Paramètres d'acquisition	21
6.4.	Contrôle de qualité.....	21
6.4.1	<i>Choix des paramètres</i>	<i>21</i>
6.4.2	<i>Logiciels.....</i>	<i>21</i>
6.4.3	<i>Qualité des données brutes</i>	<i>21</i>
6.5.	Traitement des données	23
7.	RÉSULTATS	26

Liste des figures

Figure 1: Situation générale de la zone d'étude	9
Figure 2: Pose des géophones	12
Figure 3: Mesures topographiques5	16
Figure 4: Position des géophones	17
Figure 5: Position des points sources.....	18
Figure 6 : Camion vibreur Envirovibe IVI Mark II sur le point de tir	20
Figure 7: Tir effectué au minivib	22
Figure 8: Zoom sur le tir de Figure 7	22
Figure 9: Exemple de position des midpoints et numérotation CDP.....	23
Figure 10: Exemple vérification de la géométrie	24
Figure 11: Exemple de la construction du modèle de vitesses	24
Figure 12: Tir sur le profil P03	26
Figure 13: Section sismique P01	27
Figure 14: Section sismique P02	28
Figure 15: Section sismique P03	29
Figure 16: Section sismique P04	30
Figure 17: Section sismique P05	31
Figure 18: Section sismique P01	32
Figure 19: Section sismique P02	33
Figure 20: Section sismique P03	34
Figure 21: Section sismique P04	35
Figure 22: Section sismique P05	36

Liste des tables

Table 1: Quantitatifs par ligne	10
Table 2: Résumé des opérations	11
Table 3: Synthèse des positions des lignes (coordonnées Lambert 93)	16
Table 4: Paramètres d'acquisition.	21
Table 5: Spécifications Trimble R10.	I
Table 6: Spécifications Trimble S05.	III

Partie I : Résumé des opérations

1. INTRODUCTION

Ce rapport présente la campagne de reconnaissances géophysiques par sismique réflexion effectuée en mai 2022 par le bureau Geo2X SA à la demande du BRGM.

L'acquisition de ces nouveaux profils doit, à terme, permettre de préciser les rapports structuraux des différentes unités géologiques qui caractérisent la région.

La figure ci-dessous présente la situation générale des profils.

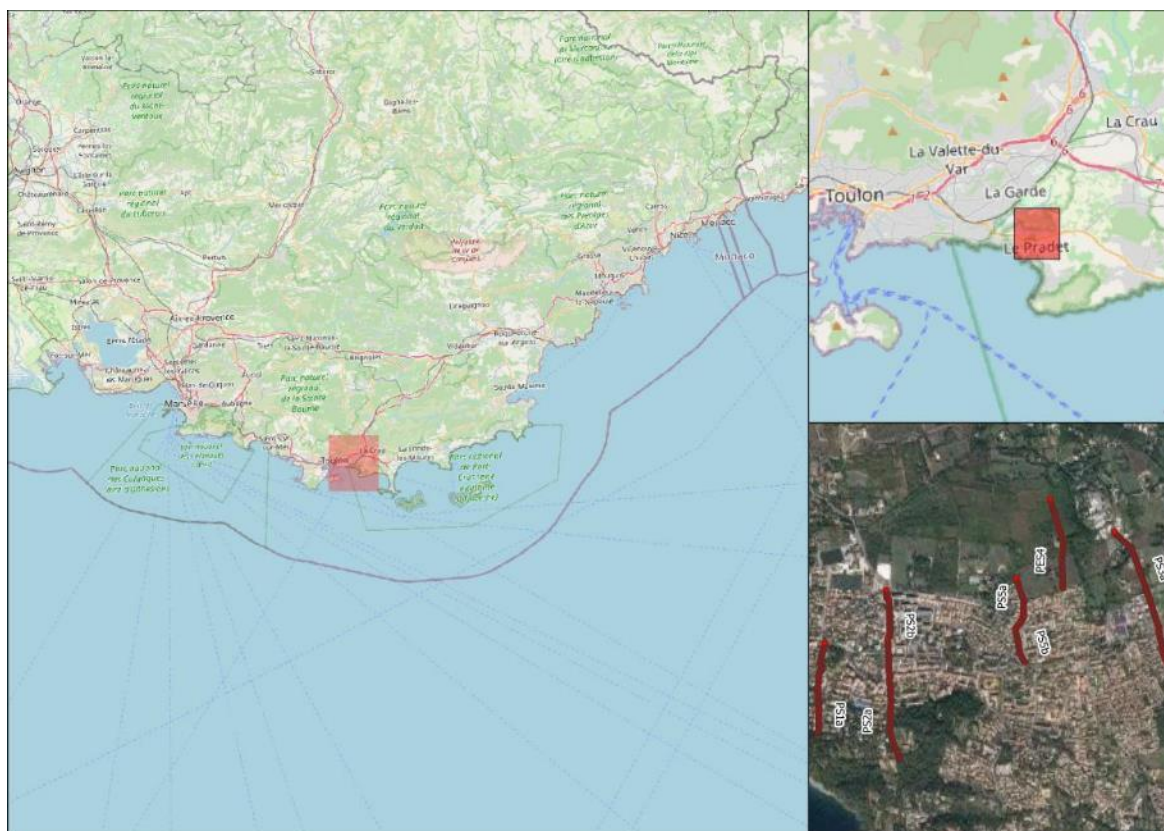


Figure 1: Situation générale de la zone d'étude

La Table 1, en page suivante, résume les quantitatifs acquis.

Table 1: Quantitatifs par ligne

Ligne	Géophones	Sources	Longueur
PS1	96	48	475
PS2	176	88	875
PS3	148	74	735
PS4	96	48	475
PS5	93	47	460
Total	609	305	3020m

Ce rapport regroupe les résultats obtenus pour cette étude ainsi que les spécifications techniques nécessaires à sa réalisation.

- La partie I fournit des informations sur le déroulement des opérations ;
- La partie II détaille les ressources, paramètres et procédures de traitement de données pour chacune des méthodes employées ;
- La partie III présente l'ensemble des résultats. Des recommandations pour de futures études sont également fournies ;
- Les annexes regroupent l'ensemble des cartes nécessaires à cette étude ainsi que les spécifications techniques de l'équipement employé.

2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Cette campagne de sismique réflexion, à l'Est de la ville de Toulon dans la commune du Pradet, a pour but de préciser la géologie du sous-sol et une amélioration de la résolution verticale et horizontale du modèle géologique.

Un système de failles recoupe le cœur de la zone à investiguer en direction environ O-E, et son existence/position est à préciser à l'aide de l'acquisition de cinq profils de sismique réflexion.

3. DÉROULEMENT DES OPÉRATIONS

3.1. Chronologie

Le tableau ci-dessous résume le déroulement des opérations, du lancement du permittage à la démobilisation.

Table 2: Résumé des opérations

Date	Réalisation
Avant 09.05	Préparation de l'implantation, design des lignes Préparation et mobilisation de l'équipement Préparation et impression des supports de communications DT/DICT, arrêté de voirie (BRGM)
Lundi 09.05	Mobilisation du personnel et de l'équipement de mesure
Mardi 10.05	Déploiement des profils 2, 4 et 5
Nuit entre mardi 10 et mercredi 11	Tirs sur les 3 profils déployés la journée
Mercredi 11.05	Ramassage des profils 2, 4 et 5 et déploiement des profils 1 et 3
Nuit entre mercredi 11 et jeudi 12	Tirs sur les profils 1 et 3
Jeudi 12.05	Ramassage des profils 1 et 3-démobilisation

3.2. Conditions de terrain

L'ensemble de l'acquisition, incluant les mesures topographiques, s'est déroulée dans des conditions météorologiques très bonnes. Le planning prévisionnel de la vibrosismique a pu être respecté. Les lignes sismiques traversaient surtout zones urbaines c'est pour cela que la phase de tirs s'est déroulée de nuit.

4. HSE

Au vu des risques spécifiques identifiés dans le cadre de ces acquisitions au moyen de gros engins, un système de HSE adapté a été mis en place. Afin de minimiser les dangers rencontrés et l'impact du travail sur les riverains et l'environnement, les éléments suivants ont été mis en place :

- Une réunion générale de lancement de mission expliquant à chacun :
 - Les buts et enjeux des acquisitions ;
 - Les risques spécifiques au projet et la façon de s'en prémunir ;
 - Les règles de comportements avec les riverains.
- Des réunions quotidiennes avec les équipes de lignes et de tirs. Ces réunions visaient à rappeler chaque jour les règles de sécurité ainsi que des ajustements dans la façon de travailler pour donner suite à des rapports d'anomalie. Parmi les sujets abordés :
 - Pose de géophone au bord des trottoirs et sécurisation des capteurs ;
 - Signalement des géophones sur les passages piétons, cyclables ;
 - Gestion des déchets ;
 - Postures de travail, PPE ;
 - Signalétique autour des vibrateurs ;
 - Distances de sécurités du personnel autour des vibrateurs.
- Un système de remontée d'information du terrain en direction du management via des fiches d'anomalie et une application pour smartphone.

Le respect des normes de travail définie et la bonne collaboration entre les différents collaborateurs de cette mission a permis d'éviter tout incident majeur.



Figure 2: Pose des géophones

Partie 2 : Technique

5. TOPOGRAPHIE

5.1. Système de coordonnées

L'ensemble des résultats cartographiques et géophysiques de cette étude sont fournis dans le système de coordonnées Lambert 93 (EPSG 2154).

5.2. Ressources

5.2.1 Equipement

Le suivi topographique de l'acquisition sismique a été assuré à l'aide de deux systèmes DGPS distincts :

- Un DGPS Trimble R10, assurant une précision des mesures à 10cm ;
- Un théodolite robotisé Trimble S05, assurant une précision des mesures à 1cm sur les zones où la couverture GPS était trop faible.

Les spécifications techniques détaillées de chacun de ces équipements sont fournies en annexe I.

5.3. Paramètres et procédure d'acquisition

La plupart des géophones et tirs ont été positionnés au GPS différentiel. Les paramètres de mesures suivants ont été employés :

- Mode d'observation : RTK
- Observations : 5, moyennées
- Masque d'élévation : 5°
- Satellites : Minimum 8 (GPS & GLONASS)

L'ensemble des points traversant la zone de forêt ont été implantés préalablement à la pose des géophones et la réalisation des forages pour l'explosif. Le marquage au sol de ces points préparés sur un système SIG permet aux équipes de pose et de tirs de positionner les instruments. Dans les zones découvertes la position des géophones et des tirs a été mesurée après l'installation des capteurs.

5.4. Contrôle de qualité et traitement des données

Les données sont exportées des instruments en tant que fichiers texte. A la fin de chaque journée d'acquisition, l'ensemble des données est sauvegardé sur le serveur de Geo2X SA tout en étant copié pour traitement sur un ordinateur portable.

L'ensemble du traitement de données et du contrôle de qualité est effectuée dans des feuilles de calculs Microsoft Excel et dans un projet QGIS employant les données fournies par l'IGN.

Le contrôle de qualité et le traitement des données a été assuré chaque jour afin de fournir des données adéquates au traitement des données sismiques.

Afin de s'assurer de la cohérence des données, des points de contrôles ont été repris chaque jour. La procédure de contrôle de qualité inclus :

- Calcul des distances entre points et comparaison avec l'implantation théorique du profil ;
- Contrôle de la cohérence des coordonnées X/Y dans un SIG (imagerie aérienne & cadastre) ;
- Contrôle visuel d'un profil altimétrique.

5.5. Résultats

Les cartes en page suivante présentent les points relevés sur les 5 profils.

Le tableau ci-dessous résume les positions des lignes.

Table 3: Synthèse des positions des lignes (coordonnées Lambert 93)

Ligne	X _{Start} [m]	Y _{Start} [m]	X _{End} [m]	Y _{End} [m]
PS1	945298.7	6227441	945335.3	6227906
PS2	945721	6227300	945654	6228179
PS3	947103.2	6227811	946836.5	6228480
PS4	946568.4	6228187.5	946501.9	6228651.7
PS5	946374.8	6227804.6	946325.4	6228237.8



Figure 3: Mesures topographiques5

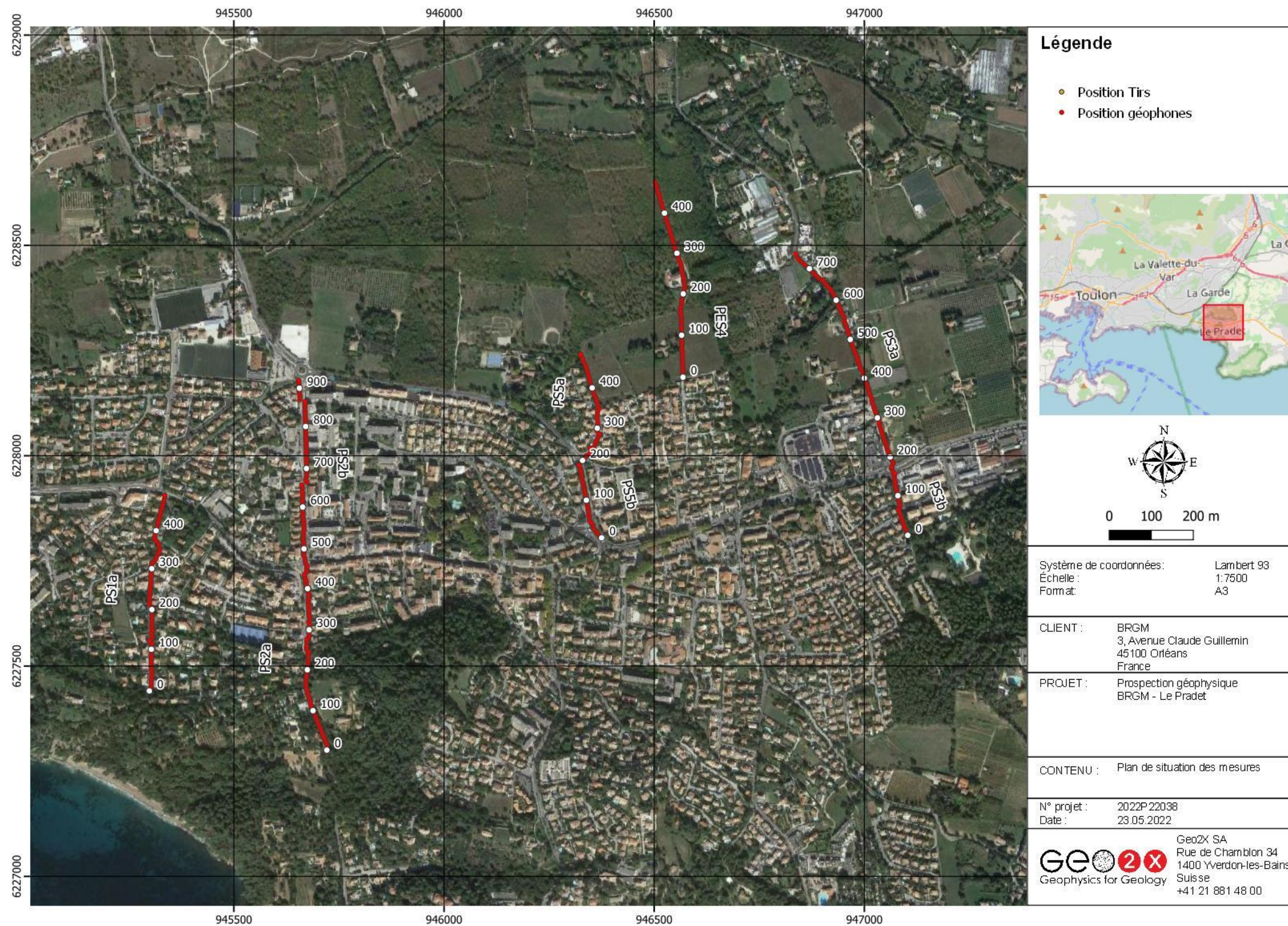


Figure 4: Position des géophones

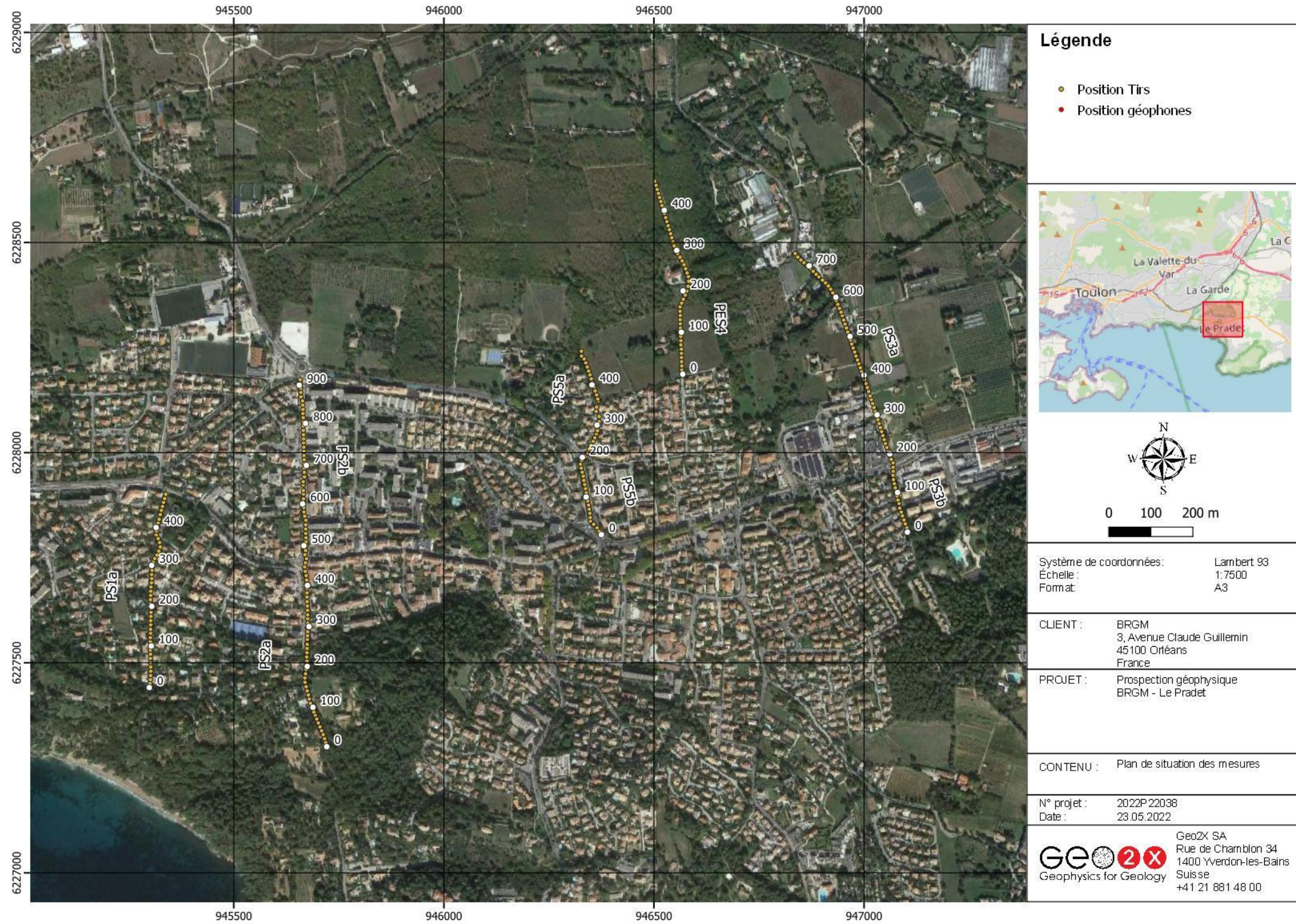
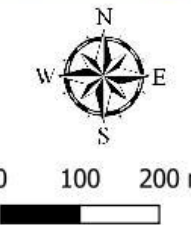


Figure 5: Position des points sources



Légende

• Position CDP



Système de coordonnées : Lambert 93
Échelle : 1:7500
Format : A3

CLIENT : BRGM
3, Avenue Claude Guillemin
45100 Orléans
France

PROJET : Prospection géophysique
BRGM - Le Pradet

CONTENU : Plan de situation des mesures

N° projet : 2022P 22038
Date : 23.05.2022

Geo2X
Geophysics for Geology
Geo2X SA
Rue de Chamblon 34
1400 Yverdon-les-Bains
Suisse
+41 21 881 48 00

6. SISMIQUE RÉFLEXION

6.1. Objectifs de l'acquisition

L'acquisition des 5 profils de sismique réflexion dans l'agglomération du Pradet vise à :

- Caractériser la géométrie des réflecteurs ;
- Préciser le positionnement d'accidents tectoniques en situant les plans de failles principaux ;
- Evaluer les décalages verticaux créés par ces failles.

Une source vibrante a été employée afin d'acquérir les données sismiques.

6.2. Ressources

6.2.1 Equipement

6.2.1.1 *Vibrateur*

La source vibrante employée, un Envirovibe IVI Mark II, déploie un *peak force* de 14940 livres ce qui le rend à même de travailler en environnement urbain ou péri-urbain tout en garantissant une profondeur d'investigation suffisante pour les objectifs requis.



Figure 6 : Camion vibreur Envirovibe IVI Mark II sur le point de tir

Les spécifications détaillées de ce vibreur sont fournies en annexe II.

6.2.1.2 Sismographe

Cette acquisition a été effectuée à l'aide d'un sismographe SmartSolo (DTCC) avec un maximum de 176 canaux actifs (profil 2). Les spécifications de ce sismographe sont précisées en annexe III.

Ce système sans fil permet de s'affranchir de tous les problèmes liés au passage de câbles, traversées de routes, carrefours, etc.

6.2.2 Personnel

Le personnel en charge de l'acquisition vibrosismique était composé de :

- Giuseppe Cocchiararo, chef de projet ;
- Valentin Métraux, observateur ;
- Mathieu Beck, HSE-topographie ;
- Chloé Nicaty, responsable ligne ;
- Matteo Menichelli, vib push ;
- Valentin Dutoit ; chauffeur minivib.

6.3. Paramètres d'acquisition

Les paramètres d'acquisition utilisés lors de cette campagne de sismique sont récapitulés dans le tableau en page suivante.

Table 4: Paramètres d'acquisition.

Intertrace	5 mètres	Géophones	5Hz single vertical high sensitivity
Intertir	10 mètres	Sources	Envirovibe IVI Mark II et explosifs
Traces	P1 :538 P2 : 85	Spécifications de la source	V1: 10-100Hz, 30s
Temps d'écoute	2s	Echantillonnage	1ms
Format des données	SegY		

6.4. Contrôle de qualité

6.4.1 Choix des parametres

Les paramètres d'acquisition ont été suggéré par le client.

6.4.2 Logiciels

L'extraction des points de tirs se fait à partir des données brutes enregistrées en continu par les IGU SmartSolo et des T₀ GPS enregistrés lors du déclenchement de chaque sweep.

Le contrôle qualité et le traitement des données de vibrosismique ont été effectués à l'aide du logiciel ProMax (Halliburton).

6.4.3 Qualité des données brutes

La cohérence du T₀ est bonne sur tous les tirs. La procédure logicielle d'extraction des points de tirs a permis de collecter 100% des données. Aucune trace n'a été perdue.

La qualité générale des données est globalement satisfaisante (voir ci-dessous). Cependant, le travail en bord de route et en milieu péri-urbain impacte parfois la qualité des données.

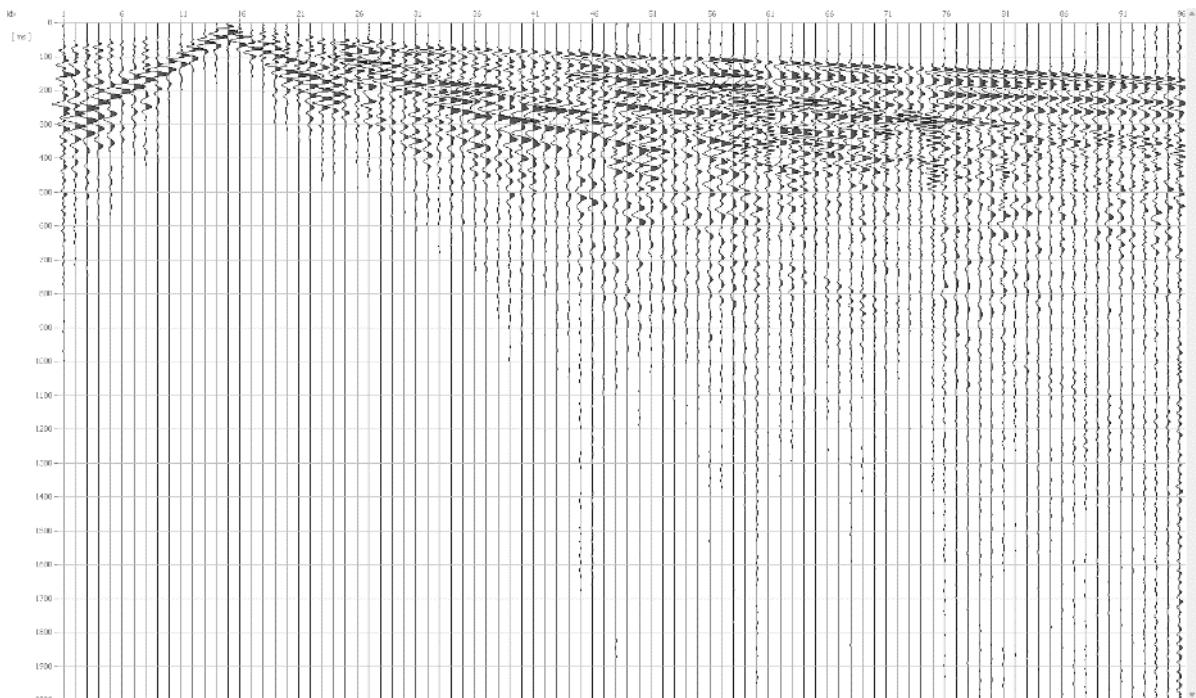


Figure 7: Tir effectué au minivib

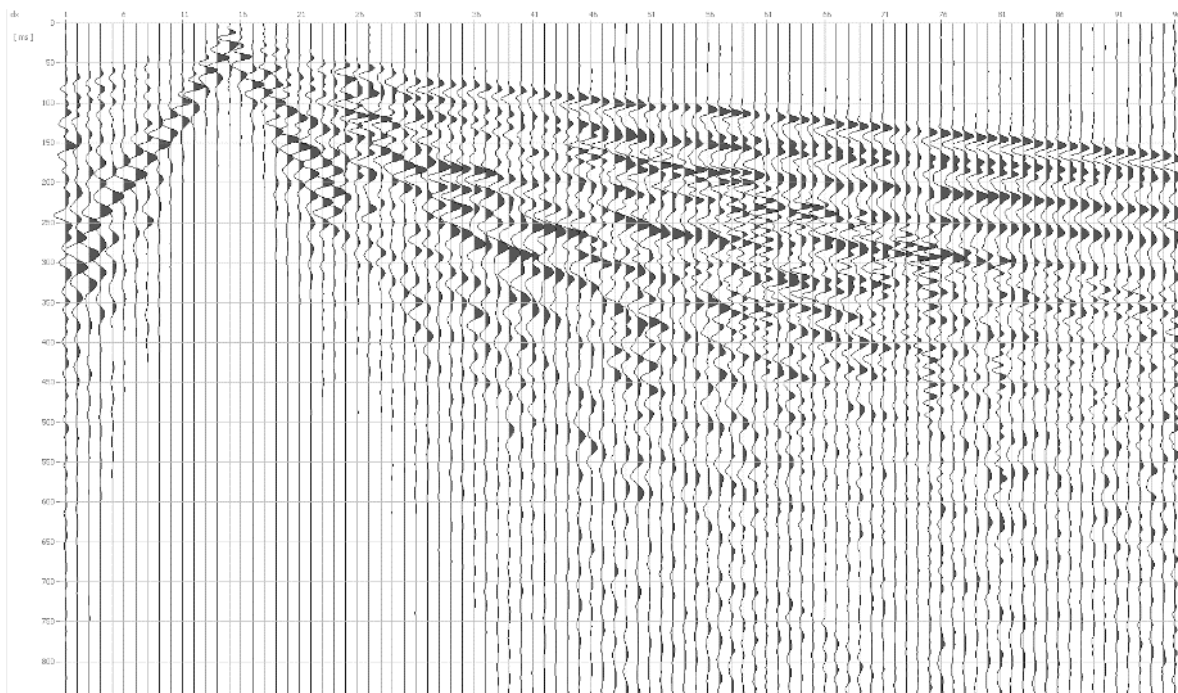


Figure 8: Zoom sur le tir de Figure 7

6.5. Traitement des données

La chaîne de traitement ci-dessous a été employée pour toutes les lignes de vibrosismique afin de produire des sections de qualité optimales. L'ensemble de la procédure a été effectuée dans le logiciel ProMax (Halliburton).

La chaîne de traitement ci-dessous a été appliquée sur toutes les lignes :

- Préparation des points de tirs :
 - Import des SEG-Y et mise en place de la géométrie
 - Déconvolution (Minimum phase, 80ms)
 - Gain (Automatic Gain Control, 500ms)
 - Statiques réfractions (datum 50m.a.s.l., vitesse de remplacement 2800 m/s)
 - Atténuation des ondes de surface
 - Statiques résiduelles
 - Normal Moveout
 - CDP ensemble stack
 - Surface wave noise attenuation
 - Bandpass filter (16-24 ; 80-100)
 - Coherency filter
 - Phase shift migration
 - Trace header math
 - Trace sample math
 - Header statics
 - Trace math
 - Time/Depth conversion
 - Segy output

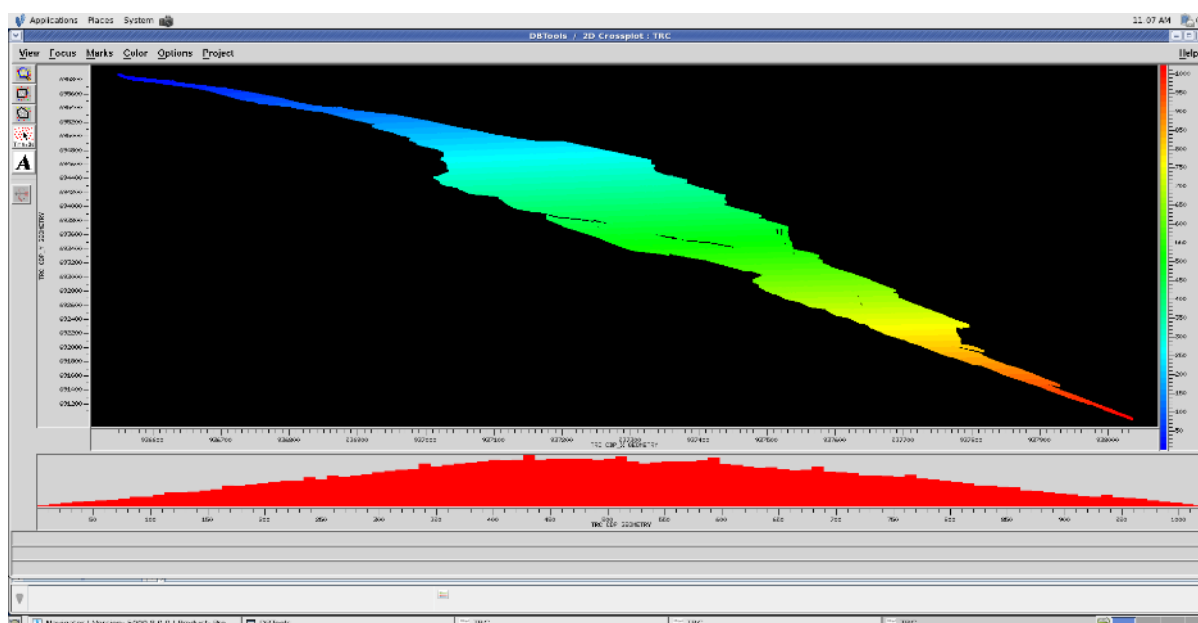


Figure 9: Exemple de position des midpoints et numérotation CDP

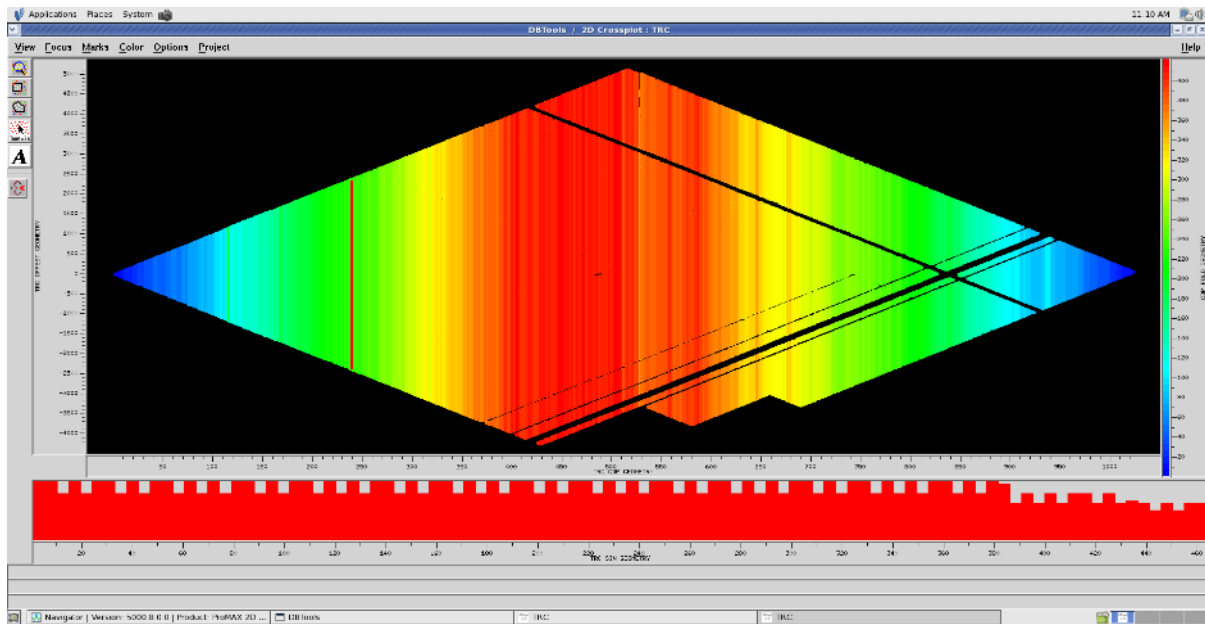


Figure 10: Exemple vérification de la géométrie

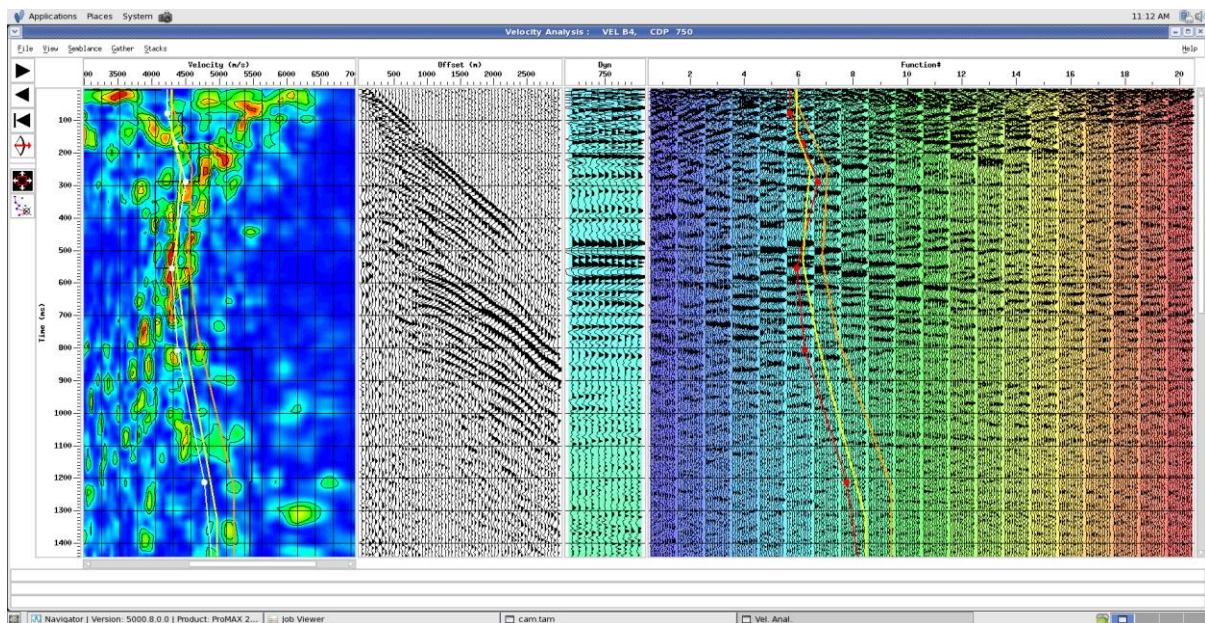


Figure 11: Exemple de la construction du modèle de vitesses

Partie 3: Résultats

7. RÉSULTATS

L'acquisition de 5 profils de sismique réflexion a été effectuée durant la campagne conduite au mois de mai 2022. Un total d'environ 3'000 mètres de sismique a été acquis.

Les données ont été traitées en sismique réflexion afin de caractériser la géométrie des éléments structuraux de la zone d'étude.

Quatre sections pour chaque profil sont présentées en annexe, stack temps et profondeur et migration temps et profondeur.

Une série de réflecteurs plus ou moins continus sont visibles sur les premiers 200m de profondeur sur chaque section, ces réflecteurs sont interrompus et déplacés vraisemblablement par des éléments tectoniques.

Des réflecteurs moins continus sur la longueur de la section sont visibles à profondeurs majeures.

Un phénomène de back scattering est bien visible sur le profil P03 (voir image ci-dessous).

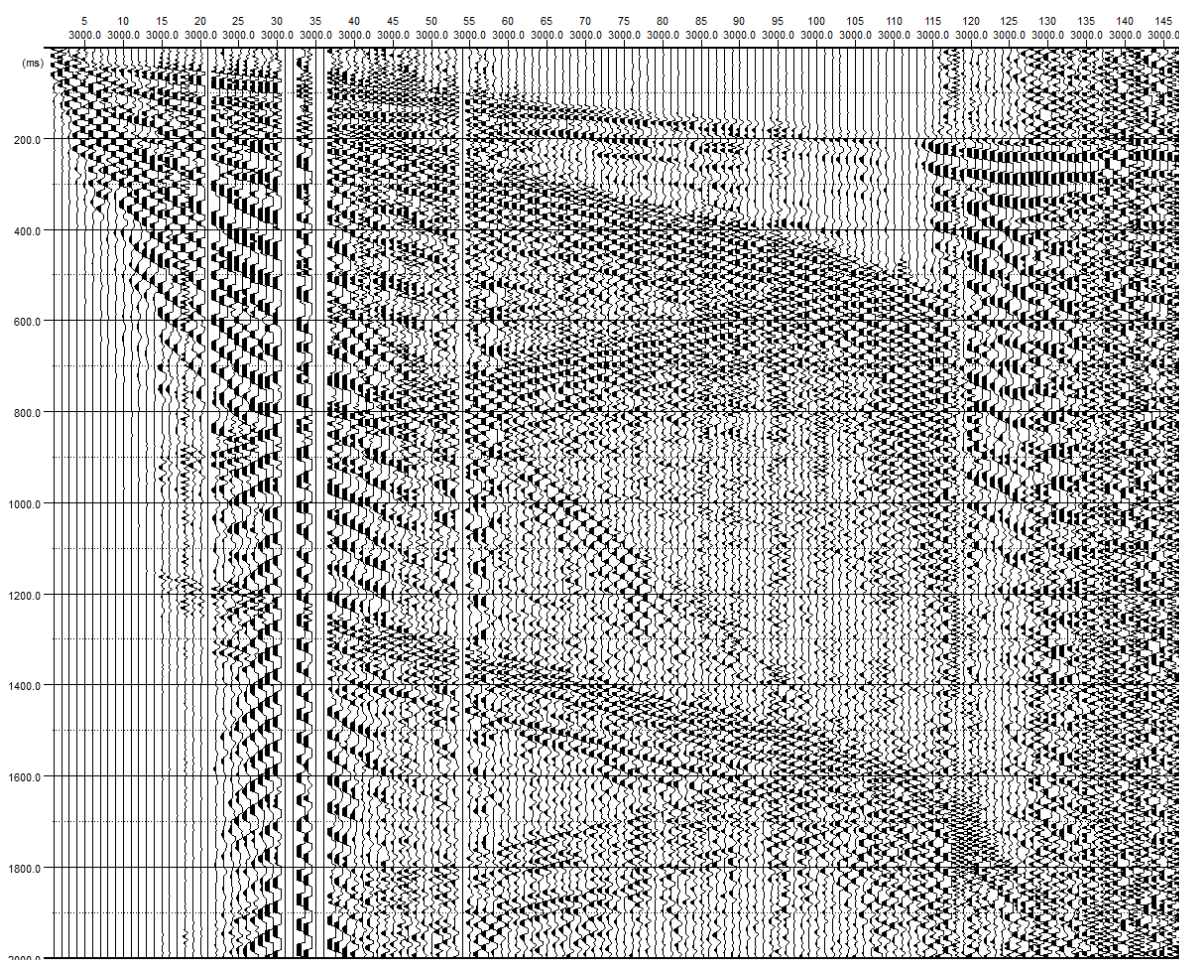
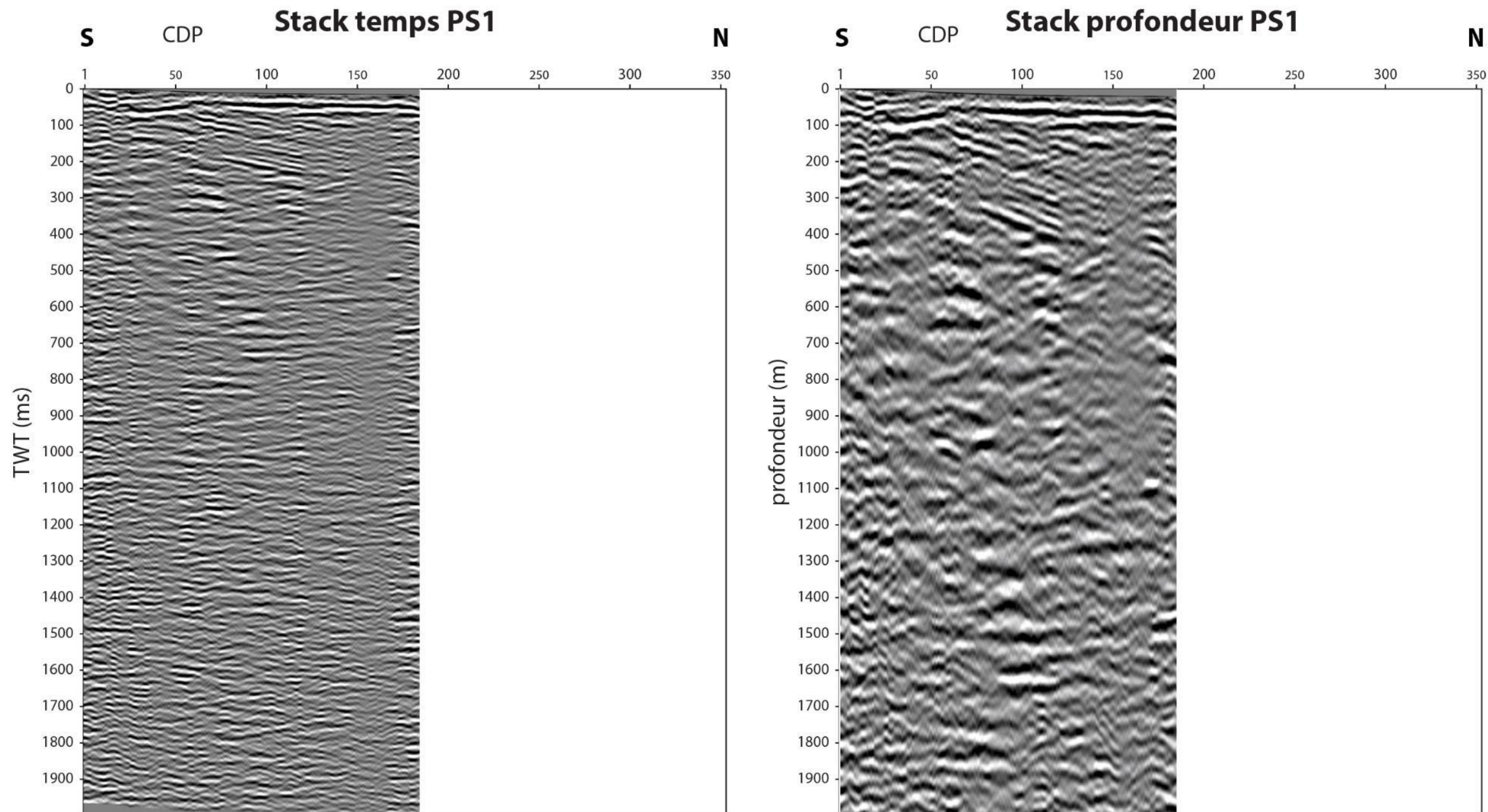
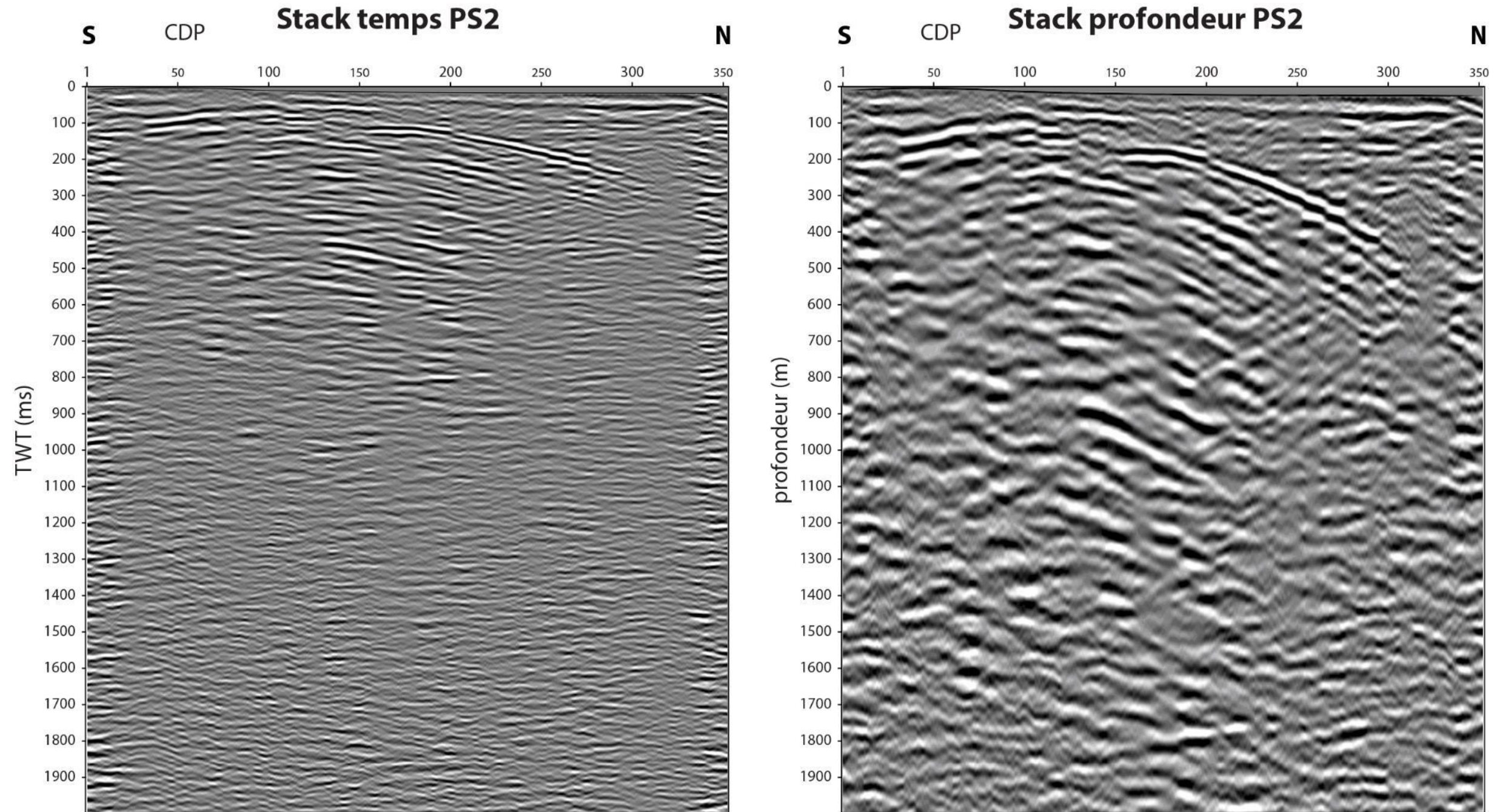


Figure 12: Tir sur le profil P03



Format: A3	Légende:		 Geo2X Rue de Chamblon 1400 Yverdon-les-Bains SWITZERLAND
Projet: BRGM-Le Pradet Reconnaitances géophysiques en sismique réflexion	Echelle horizontale: 1:5000	Datum: 50m	
Contenu: Profils sismique réflexion PS1 stack temps stack profondeur	Echelle verticale temps: 1:10000	Echelle verticale profondeur: 1:10000	 BRGM 3, Avenue Claude Guillemin 45100 Orléans FRANCE
Date: 25.05.2022	N° Projet: 2022P22038		

Figure 13: Section sismique P01





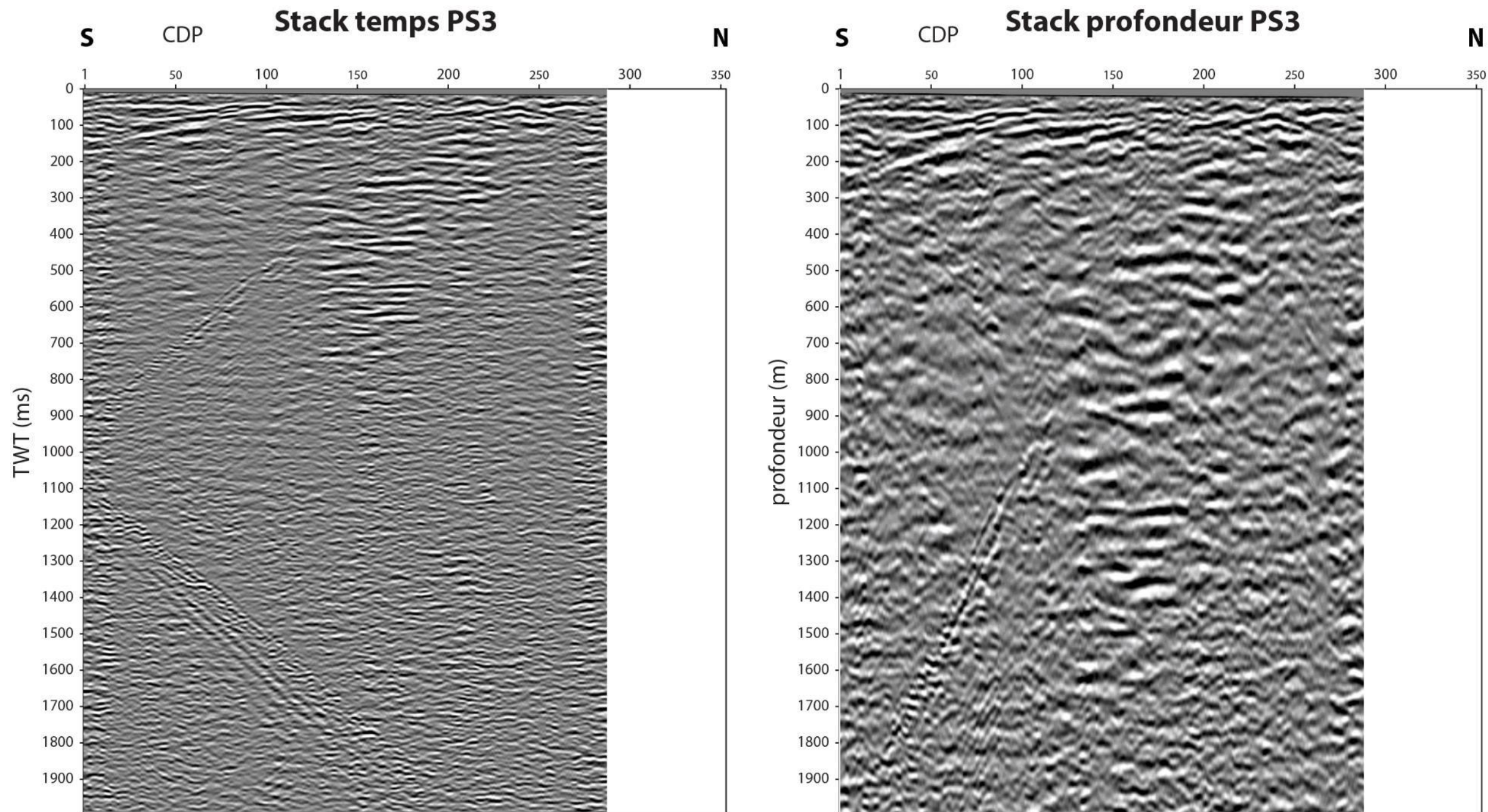
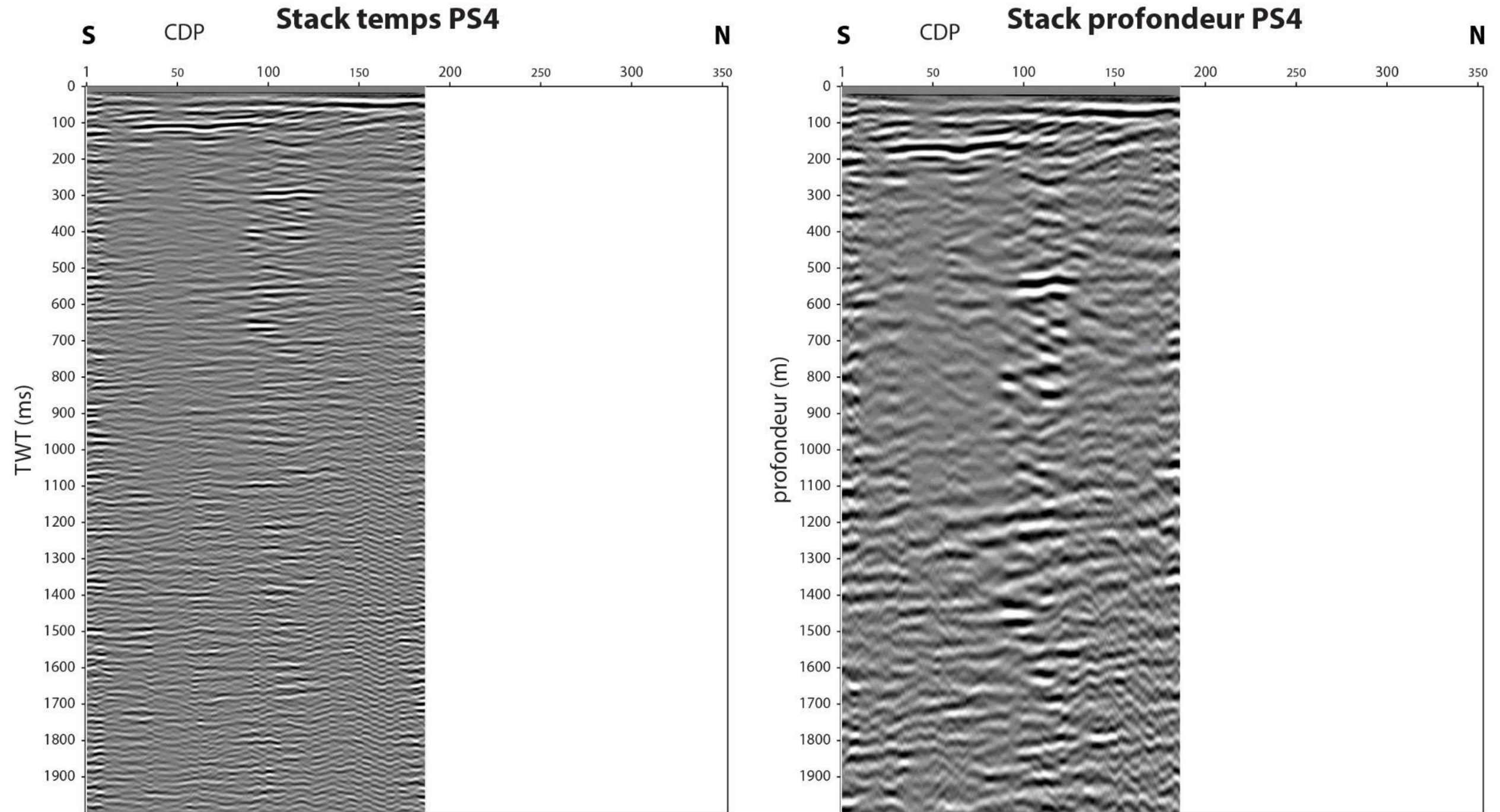
Format: A3	Légende:	 Geo2X Rue de Chamblon 1400 Yverdon-les-Bains SWITZERLAND
Projet: BRGM-Le Pradet Reconnaitances géophysiques en sismique réflexion	Echelle horizontale: 1:5000 Datum: 50m	
Contenu: Profils sismique réflexion PS2 stack temps stack profondeur	Echelle verticale temps: 1:10000 Echelle verticale profondeur: 1:10000	 BRGM 3, Avenue Claude Guillemin 45100 Orléans FRANCE
Date: 25.05.2022 N° Projet: 2022P22038		

Figure 14: Section sismique P02



Format: A3	Légende:		 Geo2X Rue de Chamblon 1400 Yverdon-les-Bains SWITZERLAND
Projet: BRGM-Le Pradet Reconnaitances géophysiques en sismique réflexion	Echelle horizontale: 1:5000	Datum: 50m	
Contenu: Profils sismique réflexion PS3 stack temps stack profondeur	Echelle verticale temps: 1:10000	Echelle verticale profondeur: 1:10000	 BRGM 3, Avenue Claude Guillemin 45100 Orléans FRANCE
Date: 25.05.2022	N° Projet: 2022P22038		

Figure 15: Section sismique P03





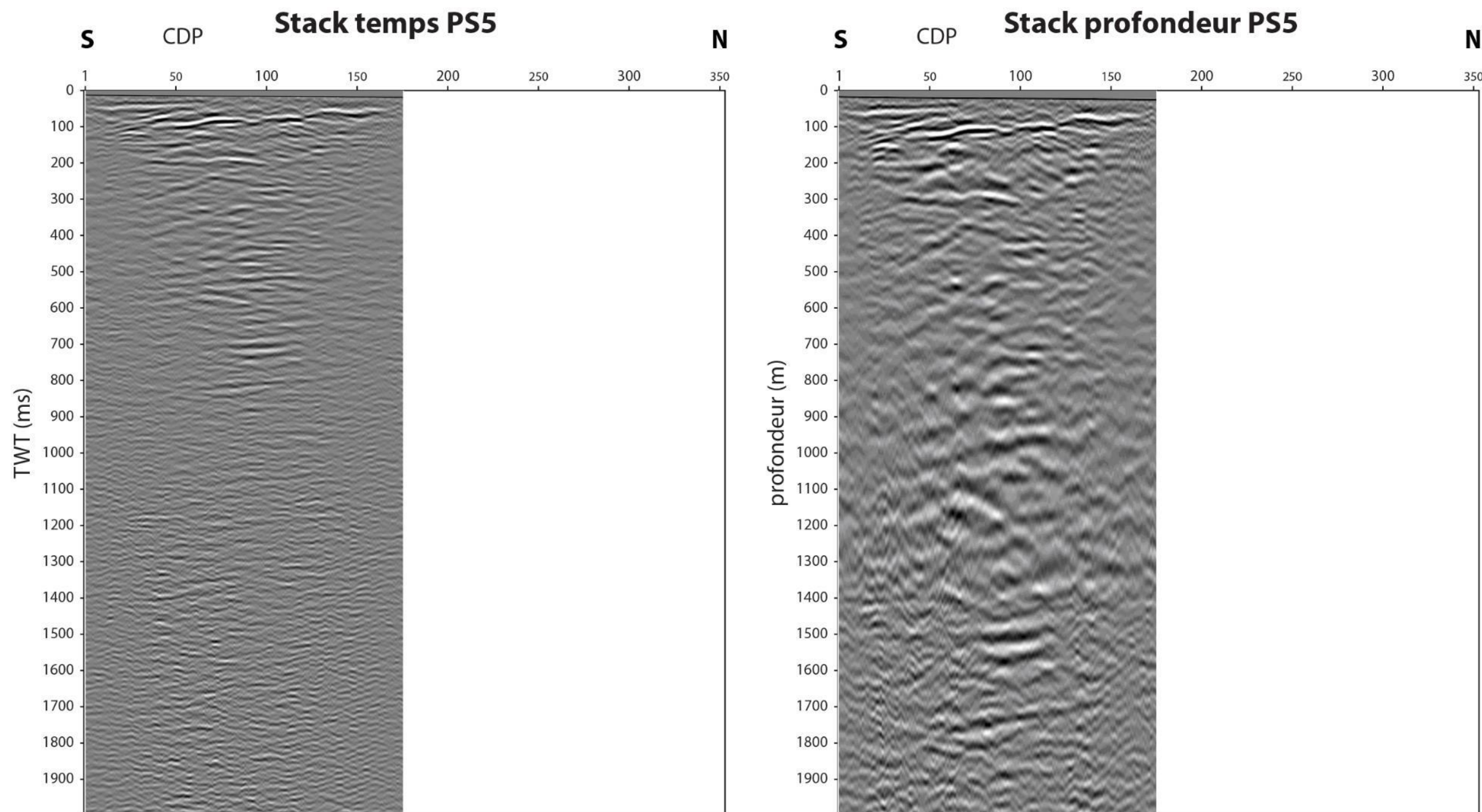
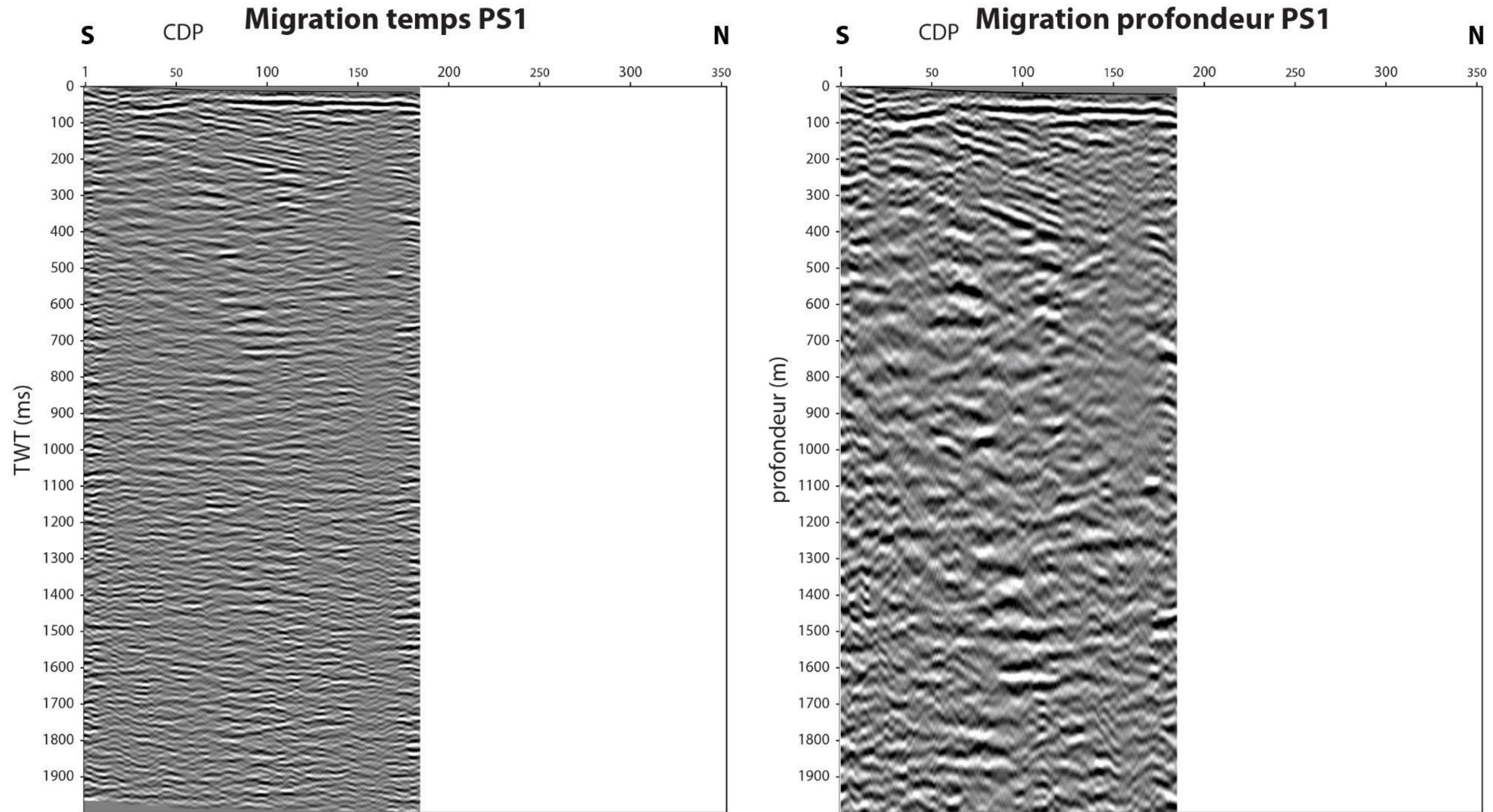
Format: A3	Légende:	 Geo2X Rue de Chamblon 1400 Yverdon-les-Bains SWITZERLAND
Projet: BRGM-Le Pradet Reconnaitances géophysiques en sismique réflexion	Echelle horizontale: 1:5000 Datum: 50m	
Contenu: Profils sismique réflexion PS4 stack temps stack profondeur	Echelle verticale temps: 1:10000 Echelle verticale profondeur: 1:10000	 BRGM 3, Avenue Claude Guillemin 45100 Orléans FRANCE
Date: 25.05.2022 N° Projet: 2022P22038		

Figure 16: Section sismique P04



Format: A3	Légende:		 Geo2X Rue de Chamblon 1400 Yverdon-les-Bains SWITZERLAND
Projet: BRGM-Le Pradet Reconnaitances géophysiques en sismique réflexion	Echelle horizontale: 1:5000	Datum: 50m	
Contenu: Profils sismique réflexion PS5 stack temps stack profondeur	Echelle verticale temps: 1:10000	Echelle verticale profondeur: 1:10000	 BRGM 3, Avenue Claude Guillemin 45100 Orléans FRANCE
Date: 25.05.2022	N° Projet: 2022P22038		

Figure 17: Section sismique P05





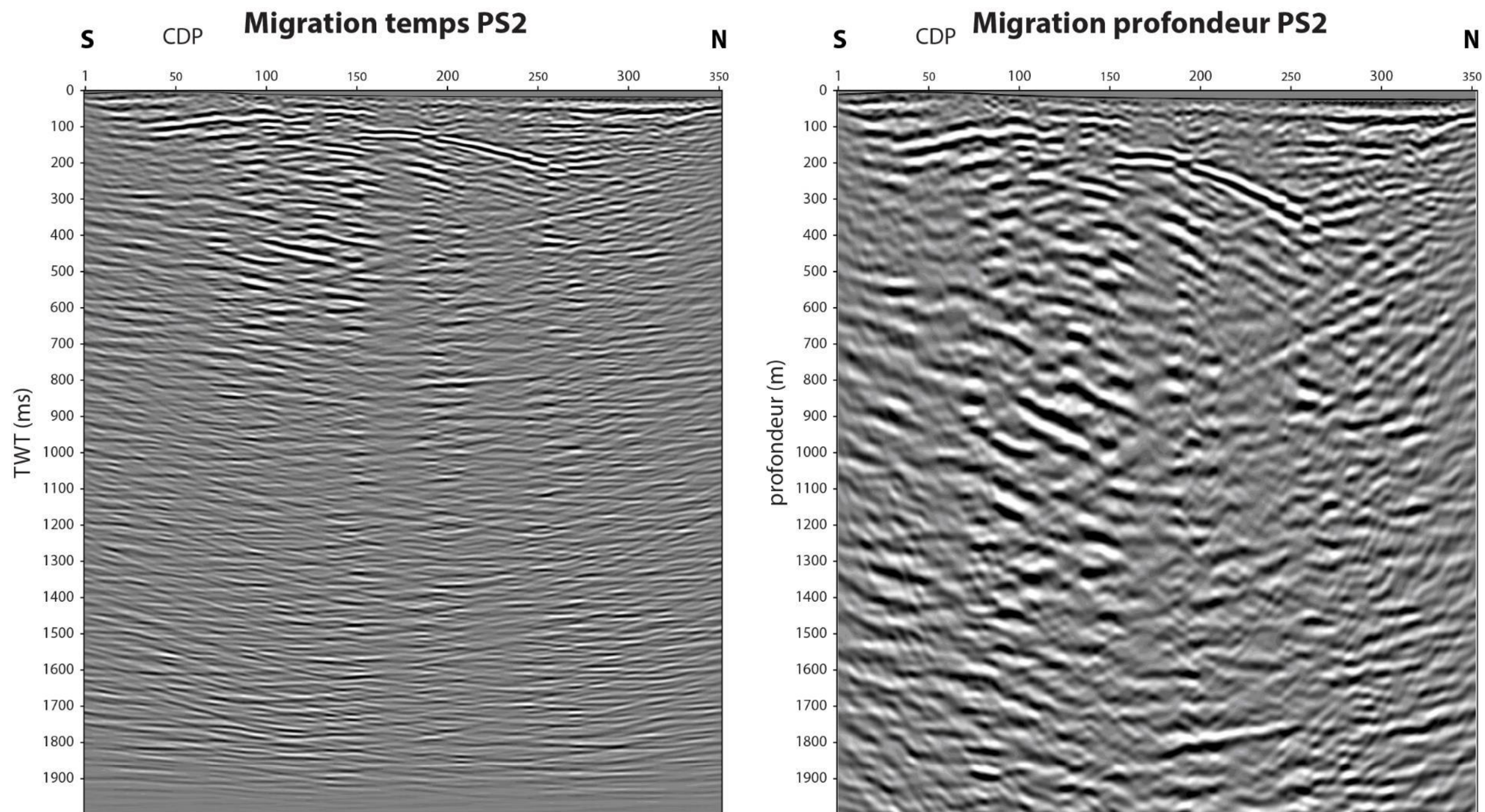
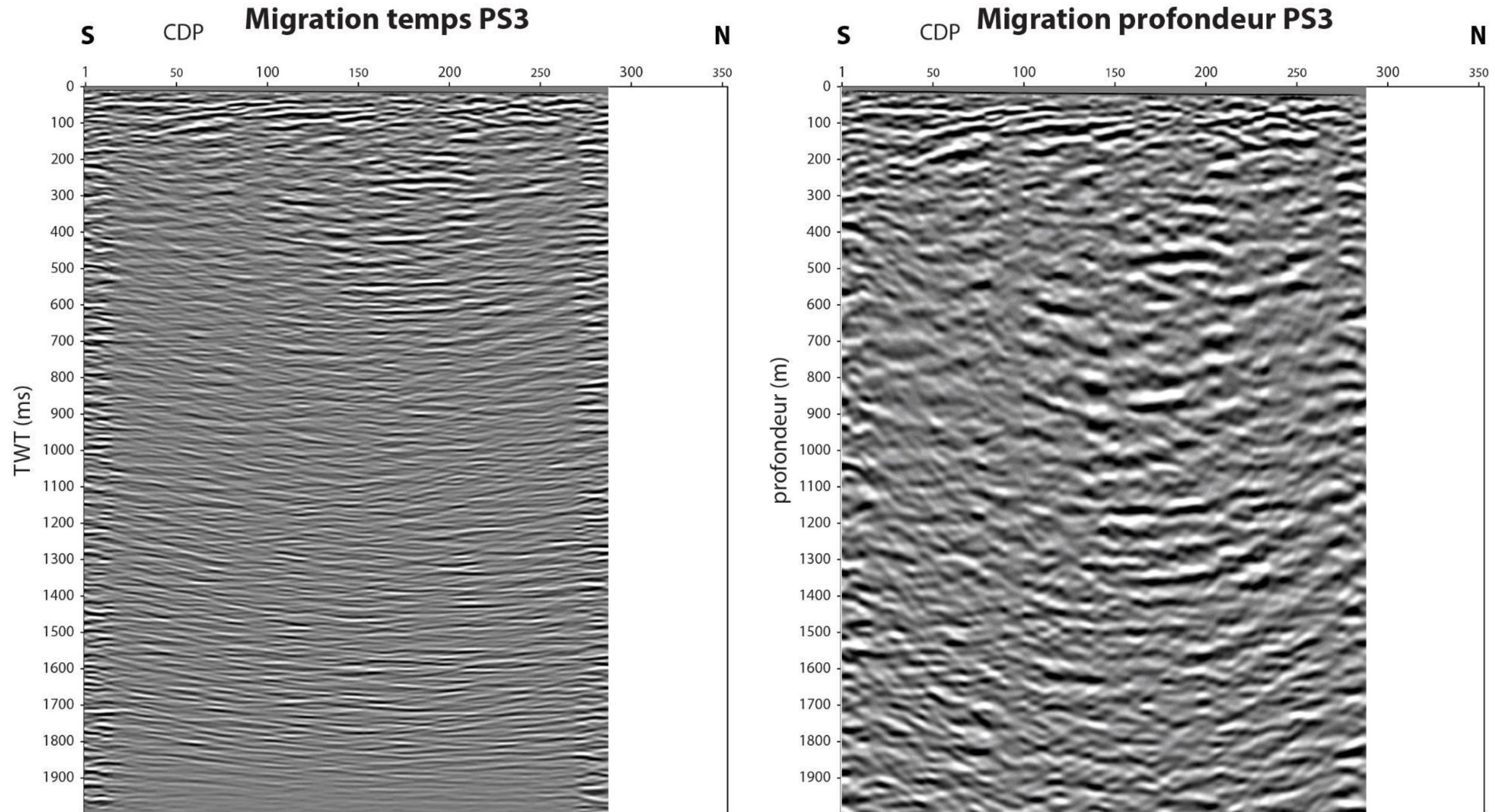
Format: A3	Légende:		 Geo2X Rue de Chamblon 1400 Yverdon-les-Bains SWITZERLAND
Projet: BRGM-Le Pradet Reconnaitances géophysiques en sismique réflexion	Echelle horizontale: 1:5000	Datum: 50m	
Contenu: Profils sismique réflexion PS1 migration temps migration profondeur	Echelle verticale temps: 1:10000	Echelle verticale profondeur: 1:10000	 BRGM 3, Avenue Claude Guillemin 45100 Orléans FRANCE
Date: 25.05.2022	N° Projet: 2022P22038		

Figure 18: Section sismique P01



Format: A3	Légende:		 Geo2X Rue de Chamblon 1400 Yverdon-les-Bains SWITZERLAND
Projet: BRGM-Le Pradet Reconnaitances géophysiques en sismique réflexion	Echelle horizontale: 1:5000	Datum: 50m	
Contenu: Profils sismique réflexion PS2 migration temps migration profondeur	Echelle verticale temps: 1:10000	Echelle verticale profondeur: 1:10000	 BRGM 3, Avenue Claude Guillemin 45100 Orléans FRANCE
Date: 25.05.2022	N° Projet: 2022P22038		

Figure 19: Section sismique P02





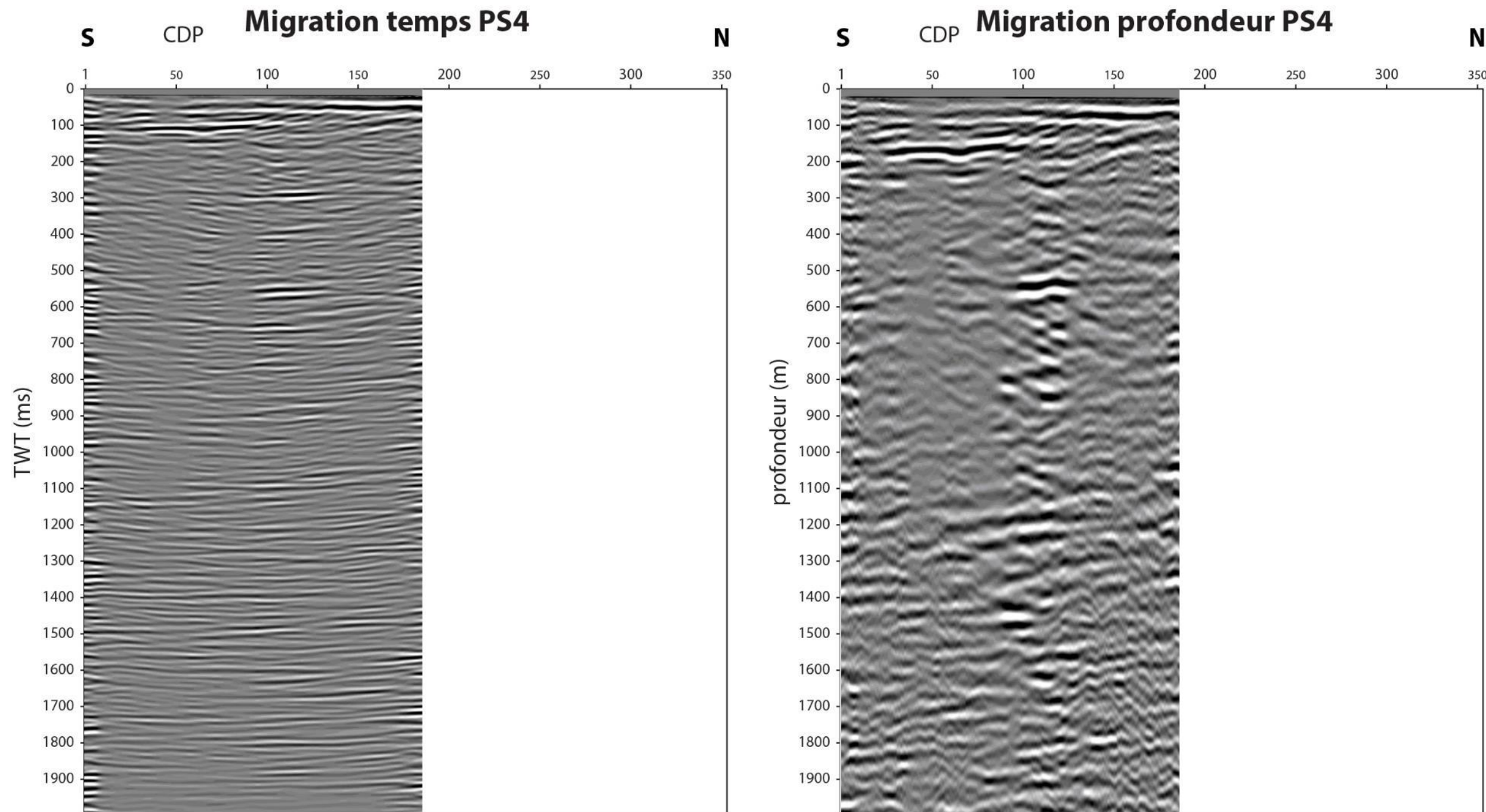
Format: A3	Légende:		 Geo2X Rue de Chamblon 1400 Yverdon-les-Bains SWITZERLAND
Projet: BRGM-Le Pradet Reconnaitances géophysiques en sismique réflexion	Echelle horizontale: 1:5000	Datum: 50m	
Contenu: Profils sismique réflexion PS3 migration temps migration profondeur	Echelle verticale temps: 1:10000	Echelle verticale profondeur: 1:10000	 BRGM 3, Avenue Claude Guillemin 45100 Orléans FRANCE
Date: 25.05.2022	N° Projet: 2022P22038		

Figure 20: Section sismique P03




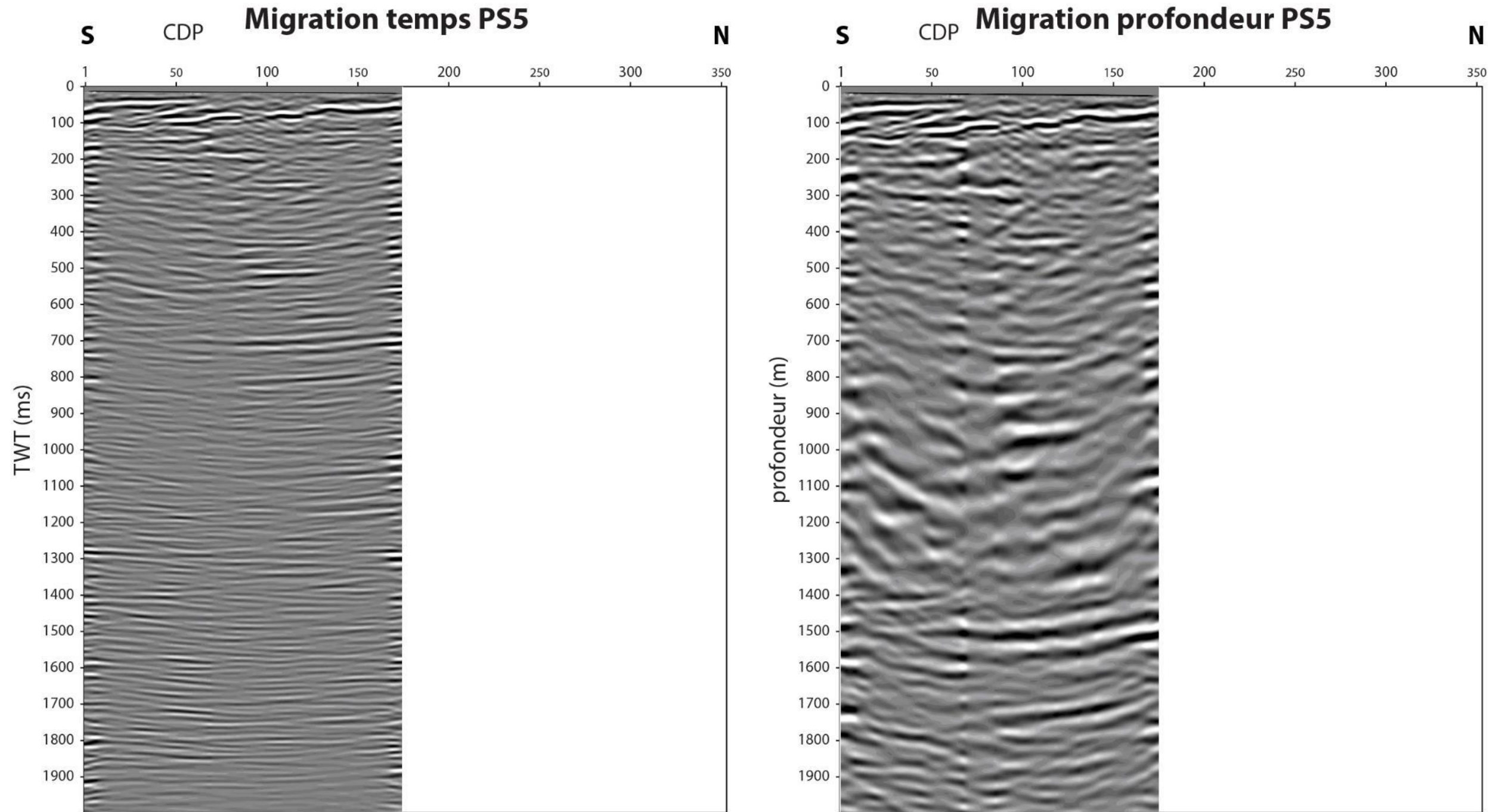
Format: A3	Légende:		 Geo2X Rue de Chamblon 1400 Yverdon-les-Bains SWITZERLAND
Projet: BRGM-Le Pradet Reconnaitances géophysiques en sismique réflexion	Echelle horizontale: 1:5000	Datum: 50m	
Contenu: Profils sismique réflexion PS4 migration temps migration profondeur	Echelle verticale temps: 1:10000	Echelle verticale profondeur: 1:10000	 BRGM 3, Avenue Claude Guillemin 45100 Orléans FRANCE
Date: 25.05.2022	N° Projet: 2022P22038		

Figure 21: Section sismique P04





Format: A3	Légende:		 Geo2X Rue de Chamblon 1400 Yverdon-les-Bains SWITZERLAND
Projet: BRGM-Le Pradet Reconnaitances géophysiques en sismique réflexion	Echelle horizontale: 1:5000	Datum: 50m	
Contenu: Profils sismique réflexion PS5 migration temps migration profondeur	Echelle verticale temps: 1:10000	Echelle verticale profondeur: 1:10000	 BRGM 3, Avenue Claude Guillemin 45100 Orléans FRANCE
Date: 25.05.2022	N° Projet: 2022P22038		

Figure 22: Section sismique P05

Annexes

I. Spécifications de l'équipement topographique

Table 5: Spécifications Trimble R10.

SPÉCIFICATIONS DES PERFORMANCES		
MESURES		
	Des points de mesure plus tôt et plus vite avec la technologie Trimble HD-GNSS	
	Productivité et traçabilité des mesures améliorées avec le niveau électronique et la compensation d'inclinaison fournis par Trimble SurePoint	
	Une localisation au centimètre près dans le monde entier grâce aux services de correction par satellite Trimble CenterPoint RTX ou par Internet	
	Réduction des temps d'immobilisation dus à la perte du signal radio, grâce à la technologie Trimble xFill	
	Processeur Trimble Custom Survey GNSS avancé à 672 canaux	
	Pérennisez votre investissement avec le suivi GNSS Trimble 360	
	Signaux satellites suivis simultanément :	GPS : L1C/A, L2C, L2E, L5 GLONASS : L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3 SBAS : L1C/A, L5 (pour les satellites SBAS prenant en charge les signaux L5) Galileo : E1, E5A, E5B, E5 AltBOC, E6 ¹ BeiDou : B1, B2, B3 QZSS : L1C/A, L1-SAIF, L1C, L2C, L5 NavIC (IRNSS): L5
	Services de correction CenterPoint RTX, OmniSTAR [®] HP, XP, G2, VBS	
	WAAS, EGNOS, GAGAN, MSAS	
	Suivi fiable dans des environnements difficiles grâce à un amplificateur LNA (Low Noise Amplifier) avancé avec un gain de signal de 50 dB pour réduire les effets de suivi du signal causés par les émetteurs hors bande à haute puissance	
	Un filtrage supplémentaire de l'iridium au-dessus de 1616 MHz permet d'utiliser l'antenne à 20 m de l'émetteur iridium	
	Un filtrage japonais supplémentaire en dessous de 1510 MHz permet d'utiliser l'antenne à 100 m de la tour de téléphonie japonaise LTE	
	Techniques de traitement de signal numérique (DSP) pour détecter et récupérer des signaux GNSS usurpés	
	Algorithme de surveillance de l'intégrité autonome du récepteur (RAIM) pour détecter et rejeter les mesures satellites problématiques afin d'améliorer la qualité de la position	
	Protection améliorée contre les données éphémérides erronées	
	Taux de positionnement	1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz et 20 Hz
POSITIONNEMENT ²		
POSITIONNEMENT CODE GNSS DIFFÉRENTIEL		
	Horizontal	0,25 m + 1 ppm RMS
	Vertical	0,50 m + 1 ppm RMS
	Précision de localisation différentielle SBAS ³	habituellement <5 m 3DRMS
ARPENTAGE GNSS STATIQUE		
Statique de haute précision		
	Horizontal	3 mm + 0,1 ppm RMS
	Vertical	3,5 mm + 0,4 ppm RMS
Statique et Statique rapide		
	Horizontal	3 mm + 0,5 ppm RMS
	Vertical	5 mm + 0,5 ppm RMS
ARPENTAGE CINÉMATIQUE EN TEMPS RÉEL (RTK)		
Ligne de base unique < 30 km		
	Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS
	Vertical	15 mm + 1 ppm RMS
Network RTK⁴		
	Horizontal	8 mm + 0,5 ppm RMS
	Vertical	15 mm + 0,5 ppm RMS
	Temps de démarrage RTK pour les précisions spécifiées ⁵	2 à 8 secondes
TECHNOLOGIE TRIMBLE RTX[®] (SATELLITE ET CELLULAIRE/INTERNET (IP))		
CenterPoint RTX⁶		
	Horizontal	2 cm RMS
	Vertical	5 cm RMS
	Temps de convergence RTK pour les précisions spécifiées - Dans le monde entier	< 15 min
	Temps de convergence RTK QuickStart pour les précisions spécifiées	< 1 min
	Temps de convergence RTX pour les précisions spécifiées dans certaines régions (régions Trimble RTX Fast)	< 1 min
TRIMBLE XFILL⁷		
	Horizontal	RTK ⁸ + 10 mm/minute RMS
	Vertical	RTK ⁸ + 20 mm/minute RMS

MATÉRIEL	
PHYSIQUE	
Dimensions (l x h)	11,9 cm x 13,6 cm
Poids	1,12 kg avec batterie interne, radio interne avec antenne UHF 3,57 kg éléments au-dessus plus canne, contrôleur et support
Température⁹	
	Utilisation -40 °C à +65 °C
	Stockage -40 °C à +75 °C
Humidité	100% avec condensation
Étanchéité	IP67 étanche à la poussière, et protégé en cas d'immersion temporaire à 1 m de profondeur.
Chocs et vibrations (testé et conforme aux normes d'environnement suivantes)	
	Chocs Éteint : Conçu pour résister à une chute de la canne de 2 mètres sur du béton. En marche : à 40 G, 10 msec, en dents de scie
	Vibrations MIL-STD-810F, FIG.514.5C-1
ALIMENTATION ÉLECTRIQUE	
	Alimentation externe de 11 à 24 V DC et protection contre les surtensions sur les ports 1 et 2 (Lemo 7 broches)
	Batterie intelligente lithium-ion amovible rechargeable 7,4 V, 3,7 A/h avec voyants d'état à LED
	Consommation électrique de 4,2 W en mode mobile RTK avec radio interne ¹⁰
Autonomie avec la batterie interne¹¹ :	
	Option réception uniquement 450 MHz 6,5 heures
	Option réception/transmission 450 MHz (0,5W) 6,0 heures
	Option réception/transmission 450 MHz (2,0 W) 5,5 heures
	Option réception cellulaire 6,5 heures
COMMUNICATION ET STOCKAGE DES DONNÉES	
Série	Série à 3 fils (Lemo 7 broches)
USB v2.0	Permet le téléchargement de données et les communications à haut débit.
Modem radio	Récepteur/transmetteur à large spectre 450 MHz complètement intégré, scellé, avec une gamme de fréquences allant de 403 MHz à 473 MHz, compatibles avec les protocoles radio Trimble, Pacific Crest et SATEL
	Puissance d'émission 2 W
	Portée généralement 3 à 5 km / optimal 10 km ¹²
Cellulaire	Modem 3,5 G intégré, HSDPA 7,2 Mb/s (téléchargement), GPRS multi-créneaux classe 12, EDGE multi-créneaux classe 12, Penta-band UMTS/HSDPA (WCDMA/FDD) 800/850/900/1900/2100 MHz, EGSM Quadri-bande 850/900/1800/1900 MHz, GSM CSD, 3GPP LTE
Bluetooth	Port de communication de 2,4 GHz totalement intégré, totalement étanche (Bluetooth) ¹³
Wi-Fi	802.11 b,g, mode point d'accès et client, cryptage WPA/WPA2/WEP64/WEP128
USB v2.0	Permet le téléchargement de données et les communications à haut débit.
Appareils de communication externes pour corrections pris en charge sur	Ports série, USB, TCP/IP et Bluetooth
Stockage des données	6 Go de mémoire interne : plus de dix ans de données brutes observables (environ 1,4 Mo /jour), sur la base d'enregistrement toutes les 15 secondes à partir d'une moyenne de 14 satellites
Format de stockage des données	Entrée et sortie CMR+, CMRx, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1, RTCM 3.2 Sorties 24 NMEA, sorties GSOF, RT17 et RT27
WEBUI	
	Grande simplicité pour le configurer, l'utiliser, connaître son état et transférer des données
	Accessible via WiFi, port série, USB et Bluetooth
CONTRÔLEURS SUPPORTÉS	
	Trimble TSC7, Trimble T10, Trimble TSC3, Trimble Slate, Trimble CU, Trimble Tablet Rugged PC, appareils Android et iOS avec applications prises en charge.
CERTIFICATIONS	
	FCC Part 15 (appareil de Classe B), 24, 32; marquage CE ; RCM ; PTCRB ; BT SIG

Table 6: Spécifications Trimble S05.

FICHE TECHNIQUE

Trimble S5 STATION TOTALE

PERFORMANCE

Mesure d'angles
Type de capteur encodeur absolu avec graduation diamétrale
Précision (écart type selon la norme DIN 18723) 1" (0,3 mgr)
2" (0,6 mgr), 3" (1,0 mgr), ou 5" (1,5 mgr)
Affichage de l'angle (valeur minimale) 0,1" (0,01 mgr)
Compensateur automatique de niveau
Type biaxial centré
Précision 0,5" (0,15 mgr)
Plage 5,4" (±100 mgr)

Mesure des distances
Précision (ISO)
Mode prisme
Standard¹ 1 mm + 2 ppm
Précision (EMQ)
Mode prisme
Standard 2 mm + 2 ppm
Poursuite 4 mm + 2 ppm
Mode DR
Standard 2 mm + 2 ppm
Poursuite 4 mm + 2 ppm
Portée étendue 10 mm + 2 ppm

Durée d'une mesure
Mode prisme
Standard 1,2 s
Poursuite 0,4 s
Mode DR
Standard 1 à 5 s
Poursuite 0,4 s

Plage de mesure
Mode prisme (en conditions dégagées normales^{2,3})
1 prisme 2500 m
1 prisme en mode de longue portée 5500 m (portée maxi)
Portée la plus courte 0,2 m
Mode DR

	Bonnes conditions (bonne visibilité, luminosité ambiante faible)	Conditions normales (visibilité normale, ensoleillement modéré, légère réfraction)	Conditions difficiles (brume, objet sous lumière solaire directe, turbulences)
Cible blanche (coeff. réflexion 90%) ⁴	1300 m	1300 m	1200 m
Cible grise (coeff. réflexion 18%) ⁴	600 m	600 m	550 m
Film réfléchissant 20 mm			1000 m
Portée la plus courte			0,1 m
Mode DR à portée étendue			
Cible blanche (coeff. réflexion 90%) ⁴			2200 m

CARACTÉRISTIQUES EDM

Source lumineuse diode laser à impulsion 905 nm,
Divergence du faisceau
Horizontale 4 cm/100 m
Verticale 8 cm/100 m

Spécifications susceptibles d'être modifiées sans préavis.

- 1 Écart type selon la norme ISO17123-4.
- 2 Conditions dégagées normales : Pas de brume. Ciel nuageux ou ensoleillement modéré, avec très légère réfraction.
- 3 La portée et la précision dépendent des conditions atmosphériques, de la taille des prismes et du niveau de rayonnement ambiant.
- 4 Charte de gris Kodak, Catalogue numéro E1527795
- 5 L'autonomie à -20 °C est égale à 75% de l'autonomie à +20 °C.
- 6 Les homologations Bluetooth sont spécifiques à chaque pays. Contactez votre distributeur Trimble local agréé pour de plus amples informations.
- 7 Selon la taille sélectionnée de la fenêtre de recherche.
- 8 Le temps d'acquisition de la solution dépend de la géométrie de la solution et de la qualité de la position GPS.
- 9 La fonctionnalité et la disponibilité dépendent de la région.

CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME

Laser classe
EDM Laser classe 1
Pointeur laser coaxial (standard) Laser classe 2
Classe globale de produit laser Laser classe 2

Nivellement
Niveau sphérique dans l'embase 8/2 mm
Niveau électronique
à 2 axes dans l'écran LCD avec une résolution de 0,3" (0,1 mgon)

Système servo
Technologie servo MagDrive, lecteur direct électromagnétique
de capteur angulaire/servo intégré
Vitesse de rotation 115 degrés/seconde (128 gr/s)
Temps de rotation CG/CD 2,6 s
Durée du positionnement 180 degrés (200 gr) 2,6 s
Blocages et mouvements fins servocommandés, réglage fin à l'infini

Centrage
Système de centrage Trimble 3 points
Plomb optique plomb optique intégré
Grossissement/distance de mise au point minimale 2,3x/0,5 m à l'infini

Lunette
Grossissement 30x
Ouverture 40 mm
Champ de vision à 100 m 2,6 m à 100 m
Distance de mise au point minimale 1,5 m à l'infini
Réticule illuminé variable (10 niveaux)

Alimentation
Batterie interne batterie lithium-ion 11,1 V, 5,0 Ah
Autonomie⁵
Une batterie interne environ 6,5 heures
Trois batteries internes dans l'adaptateur multiple environ 20 heures
Support robotisé avec une batterie interne 13,5 heures

Poids et dimensions
Instrument (Autolock) 5,4 kg
Instrument (robotisé) 5,5 kg
Contrôleur Trimble CU 0,4 kg
Embase 0,7 kg
Batterie interne 0,35 kg
Hauteur de l'axe des tourillons 196 mm

Autre
Communication ports USB, série et Bluetooth^{6,8}
Température de fonctionnement -20 °C à +50 °C
Tracklight intégré Disponible dans tous les modèles
Étanchéité à la poussière et à l'eau IP65
Humidité 100%, avec condensation
Sécurité Protection par mot de passe double-couche, L2P⁹

TOPOGRAPHIE ROBOTISÉE
Portée Autolock et Robotic³
Prismes passifs 500 à 700 m
Cible MultiTrack[®] Trimble 800 m
Cible Active Track 360 Trimble 500 m
Précision de pointage Autolock à 200 m (écart type)⁷
Prismes passifs <2 mm
Cible MultiTrack Trimble <2 mm
Cible Active Track 360 Trimble <2 mm
Distance de recherche la plus faible 0,2 m
Type de radio interne/externe radios 2,4 GHz à étalement de spectre et sauts de fréquence
Temps de recherche (type)⁸ 2 à 10 s

RECHERCHE GPS/GEOLock
Recherche GPS/GeoLock 360 degrés (400 gr) ou fenêtre de recherche horizontale et verticale
Temps d'acquisition de la solution⁸ 15 à 30 secondes
Temps de ré-acquisition de la cible <3 secondes
Portée limites de portée Autolock et Robotic



II. Spécifications de la source vibrante

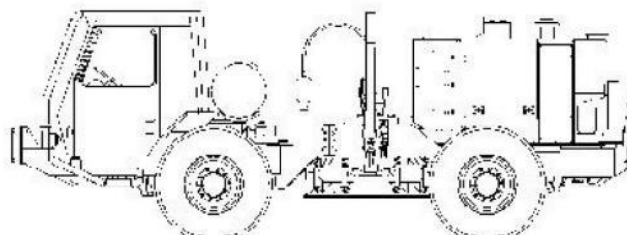


INDUSTRIAL VEHICLES INTERNATIONAL, INC.

6737 EAST 12TH STREET, TULSA, OKLAHOMA 74112 U.S.A. PHONE (918)836-6516 FAX (918)838-9529

EnviroVibe II

With 'minivib' 15



PRODUCT SPECIFICATION

CLASS: The **EnviroVibe II** is an articulated off-road vehicle for carrying seismic energy sources. It is hydrostatically driven in a 4x4 configuration.

TIRES: (Four):

Standard: 500/70R24, LI157B, TLR4

Optional: 48x31-20, 14 ply, HF3

Optional: 600/55B-26.5, 20 ply, HF-1

DIMENSIONS:

LENGTH: 274.7 inches (6977 mm)

WIDTH: (Does not include tire bulge at loaded section)

84.7 inches (2151 mm) minimum with 500/70R24 tires

95.7 inches (2431 mm) maximum with 500/70R24 tires

107 inches (2718 mm) maximum with 48x31-20 tires

HEIGHT: 99.2 inches (2520 mm) 102 inches with rotating light

WHEELBASE: 120 inches (3048 mm)

COMPONENTS AND ANCILLARY EQUIPMENT

ENGINE: Rear mounted engine is equipped with a lubrication system for operation at steep angles of inclination. The engine protection system automatically idles the Diesel under excessively high temperatures or low lubricating oil pressure.

John Deere 4045HF485 (Tier 3, Stage 3): 173 horsepower (129 kW) @ 2,400 RPM continuous rating.

TRACTION PUMP: Variable displacement, axial piston type, electric displacement control: 4,060 psi (280 bar) continuous; 6,525 psi (450 bar) intermittent, pressure-override control.

DRIVE TRAIN: The **EnviroVibe II** is a full-time 4-wheel drive vehicle. Variable displacement hydraulic motors are coupled to single reduction gearboxes which drive the axles via telescoping driveshafts.

HYDRAULIC MOTORS:

Rear: Axial piston, variable displacement type. 4060 psi (280 bar) continuous; 7400 psi (510 bar) intermittent. Electric motor displacement control via joystick.

INDUSTRIAL VEHICLES INTERNATIONAL

Front: Axial piston, variable displacement type. 4060 psi (280 bar) continuous; 7400 psi (510 bar) intermittent. Automatic hydraulic motor displacement control via drive system pressure, electrical override.

GEARBOX: Single speed, 2.16:1.

DRIVE AXLES, FRONT & REAR: Outboard planetary type; 19.84:1. Internal wet disc brakes and differential lock.

STANDARD DRIVE TRAIN DYNAMIC PERFORMANCE:

TRACTIVE EFFORT, VELOCITY, & GRADABILITY

At 3500 psi (207 bar), 2400 engine RPM, no ground slippage, standard tires (500/70R24), 414 rev/mi (259 rev/km), GVW 28,230 lbs (12.805 kgf).

SPEED	TRACTIVE EFFORT		VELOCITY		GRADE
	lb	N	mph	km/h	degrees
LO 4WD	20,912	93,019	3.1	5.0	29.6
MID 4WD	8,365	37,208	7.8	12.6	16.1
HI 4WD	4,182	18,604	15.7	25.2	8.5

COOLING: The water-cooled Diesel engine's heat is dissipated via a suction-fan cooled radiator. The hydraulic system oil is cooled with a series mounted radiator capable of dissipating over 56 hp (42 kW) in heat. Optional bypass valving is available for cold weather operation. Chaff screens minimize radiator core fouling.

FUEL: Fuel tank capacity = 100 US gal (375,5 liters).

HYDRAULIC LINES AND VALVING: Hydraulic fluid lines are adequately sized to keep peak flow velocities below 35 ft/sec (10,7 m/s). Large connections use SAE flange fittings for ease of maintenance. Relief valves in critical locations limit peak pressure under dynamic braking conditions to 4,500 psi (310 bar).

BRAKES: The vehicle is equipped with three braking systems:

1. Hydrodynamic braking (normal).
2. Hydraulic wet disc brakes on the axle shafts (service).
3. Spring applied, hydraulically released wet disc brakes on the axle input shaft (parking).

MANEUVERABILITY: Wagon wheel, hydraulic-power steering: $\pm 40^\circ$. Suspension of front section oscillates $\pm 15^\circ$ with respect to rear wheels. Approach angle; 25° . Departure angle; 31° .

INDUSTRIAL VEHICLES INTERNATIONAL

TURN RADIUS:

<u>TIRE</u>	<u>CL OF TIRE</u>	<u>CURB CLEARANCE</u>
500/70R24:	211.6 inches (5375 mm)	221.4 inches (5623 mm)

OPERATOR'S CAB: The operation of the vehicle and vibrator is simply controlled and monitored from within the operator's cab which features: off-road suspension driver's seat and a padded passenger seat; structural reinforcement for tip-over protection; forward hinged driver's and passenger's doors.

The vehicle velocity (both forward and reverse) is controlled by a pedal with a spring-centered safety feature. The maximum speed is selected with a joystick. A pedal valve is used for the disc brakes controlling each axle.

The hydraulic parking brakes are spring applied and released by a rotary hydraulic valve. The hydraulic axle differential locks are solenoid valve controlled.

Manually operated switches and valves on the instrument panels control the following functions and components: engine start; diesel engine speed; vibrator pump hydraulic pressure; traction control; headlights, dimmer, parking, turn-signals, warning, floodlights, and dome light; windshield wiper; heater & air conditioning; electric horn; and engine shutdown.

Operational parameters are measured and displayed as follows: traction system pressure; vibrator system pressure; lift system pressure; return (low) pressure; engine speed; engine hourmeter; engine oil pressure; engine coolant temperature; hydraulic oil temperature; fuel level; battery voltage. Other parameters can be shown on the digital display gauges as required.

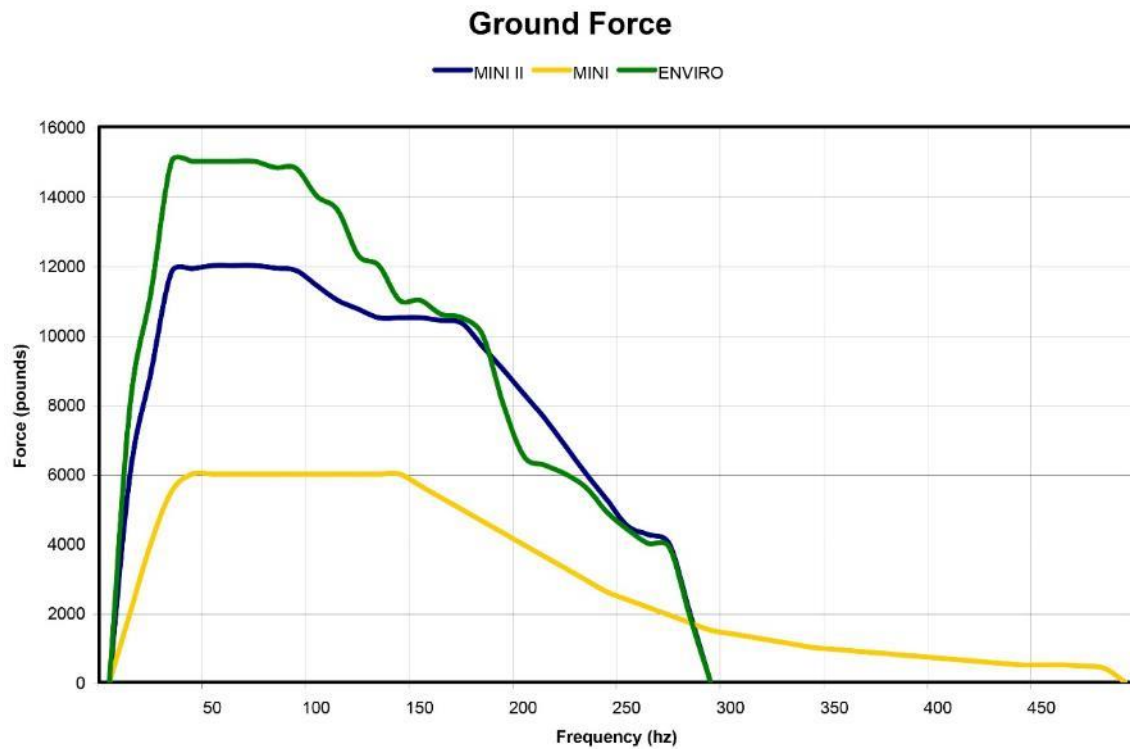
A warning light panel is installed on the overhead console with high intensity bulbs that can easily be seen in bright daylight. The following warning and indicating annunciators are included on this panel: turn signals; vibrator travel locks not engaged; high beam position of headlights. A backup alarm is sounded when the vehicle is put in reverse.

Rear view mirrors are positioned outside both door windows. An LCD display rear-view camera system monitors the vibrator well and the rear of the vehicle.

NOISE: At a distance of 23 feet (7 meters) from the side of the vehicle, with the vehicle stationary, the engine at 1800 RPM, the vibrator pump pressurized, and noise reduction panels in place, the noise level is 78 dbA. Under the same conditions, with the engine at 800 rpm, and the vibrator pump not pressurized, the noise level is 65 dbA.

INDUSTRIAL VEHICLES INTERNATIONAL

CATEGORY	ENGLISH	METRIC
Max. Peak Force	14,940 lbf.	66.456 N.
Mass Piston Area	4.98 sq. in.	32,1 sq. cm.
Reaction Mass Weight	1750 pounds	794 kgf.
Reaction Mass Stroke	2.75 inches	6,99 cm
Servovalve	60 gpm	227 l/m
Servovalve Pilot Filter	3 micron	3 micron
Baseplate Area	1,810 sq. in.	11.677 sq. cm.
Baseplate Assembly Weight	855 pounds (with pad)	388 kg. (with pad)
Lift System Stroke	38 inches	96,5 cm.
Lift Cylinder Diameter	2.5 inches	6,3 cm.
Lift Synchronization	Mechanical Crossbeam	Mechanical Crossbeam
Vibrator Pump Flow	53 gpm	201 l/m
Holddown Weight	16,500 pounds	7484 kgf
Frequencies	10-300Hz	10-300Hz



III. Spécification du sismographe

SmartSolo® World's First Smart Seismic Sensor

The seismic industry continues to demand that exploration is carried out at ever-greater scale and receiver density, while somehow attempting to balance the requirement to keep project costs under control. To provide the industry with a solution to this challenge, DTCC has developed the SmartSolo intelligent seismic sensor.

SmartSolo is based on DT-SOLO, the high-sensitivity geophone and focuses on the principal of seismic exploration which is known as 3W (Wave = high fidelity signal; When = accurate timing; and Where = the location), incorporated with electronics and software technologies in mobile internet era. This smart sensor provides adequate info for highest-quality seismic data acquisition while keeping its functions and structure as simple as possible. Electronics and software technologies are super reliable, mature and cost-effective in mobile internet era. These technologies are used for SmartSolo at maximum possible scale. The result: the geophone is something smart, reliable, user-friendly, cost-effective and could run in any harsh environment.

Patent Publication Number 201630504296.0
Patent Pending Number 201610905491.3



- Lowest per Channel Cost in the Seismic Industry
- Small Footprint 95mm X 103mm
- Mobile App Scanning & Technical Support
- No Exposed Connector in the Field
- 50 Days Operating Life @ 25°C 1ms 12h ON/12h Off
- Stake-less Operation for Max Flexibility
- Light Weight 1.1 kg (including battery and spike)
- Built-in 8 GB Non-volatile Flash Memory could be Expanded to 32 GB
- DT-SOLO High-sensitivity Sensor Technology (10Hz & 5Hz optional)
- Optional External Battery and Sensor
- Automatic Sensor Testing and GPS Logging
- Auto Scan Mode for Fast Deployment

516022