



Journée technique du CFMS/AGAP du 22 Novembre 2019

« *Regards croisés sur les méthodes de reconnaissance géotechnique et géophysique* »

Tomographie avec bruit sismique ambient

Présentateur : Sina ZIAEI YEKTA (SIXENSE ENGINEERING)





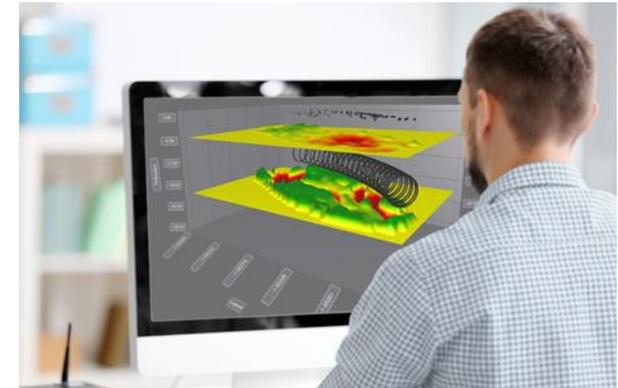
CONTENU

- Introduction
- La genèse et les tendances
- Solution Géophysique
- Présentation SISSTERRA® - Principes techniques
- Cas d'étude

INTRODUCTION



OBJECTIF



Visualiser le sous-sol pour en **maîtriser les risques** et proposer une **adaptation des aménagements aux concepteurs**

LA GENESE



LA GENESE



- **Le besoin : le sous-sol : un espace « invisible » en 3D**
Trouver des solutions techniques adaptées
- **L'enjeu : connaissance du sous-sol**
Maîtrise des risques et aide à la conception
- **Le fait : densité d'occupation des sols**
Multiplication des travaux souterrains

LES TENDANCES

LES TENDANCES

- **Multiplication des projets de transports d'humains/véhicules/marchandises en souterrain** =multiplication des travaux souterrains, la ville s'enterre de plus en plus
- **Augmentation des cadences de creusement**
Gain de temps / gain financier
- **Réclame d'anticiper plutôt que « réagir »**
Management des risques au préalable

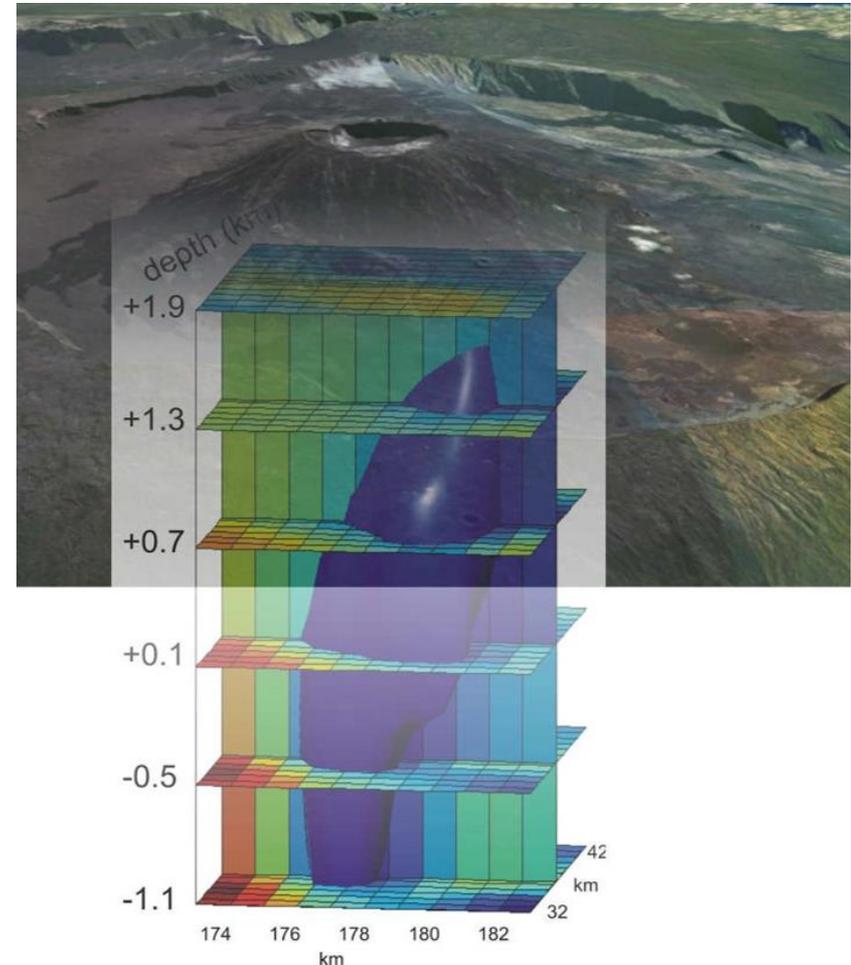


SOLUTION GEOPHYSIQUE

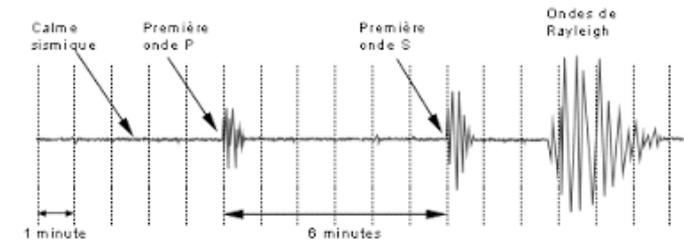
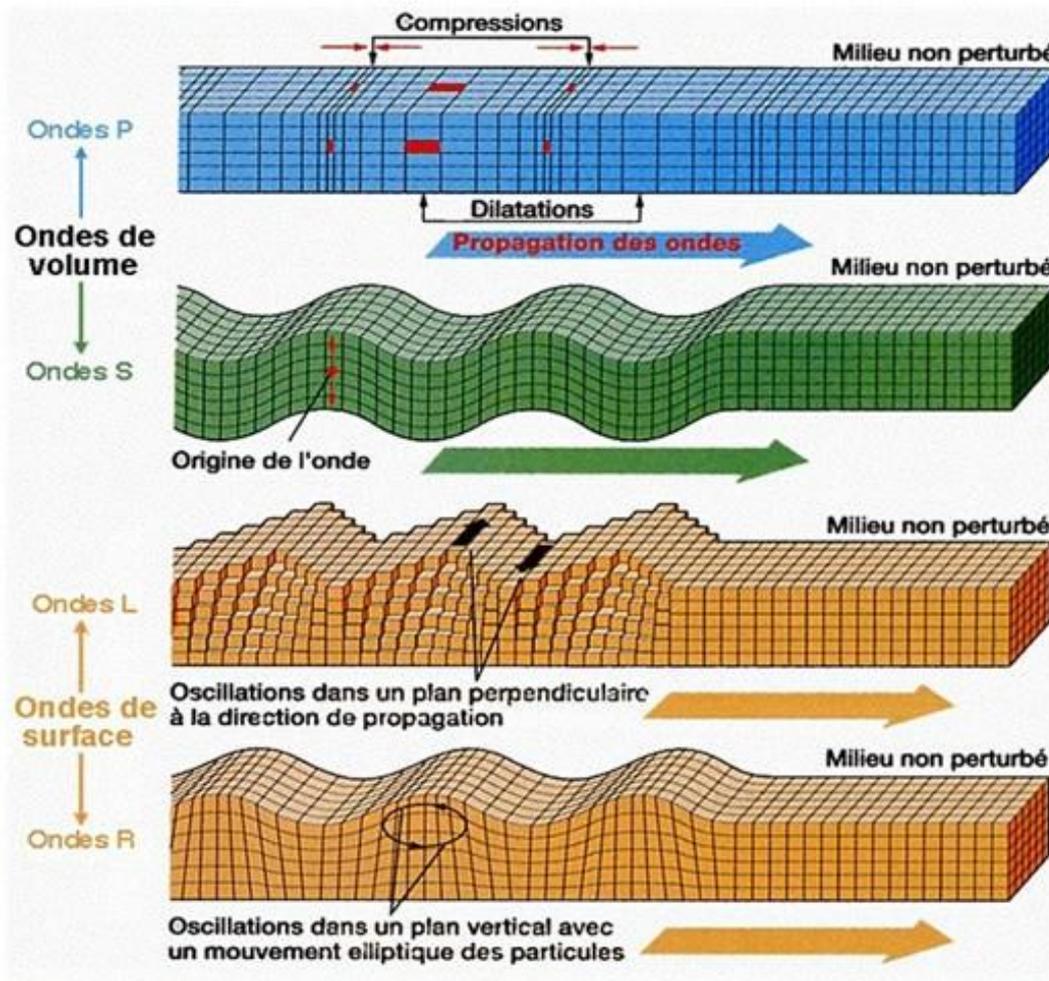
SISSTERRA®

Une solution issue de la recherche académique

- ▶ Notre solution co-développée avec des experts mondialement reconnus
- ▶ Une méthode éprouvée dans les domaines de l'Oil&Gas et de la recherche académique
- ▶ Principe de l'**intercorrélation sismique** = tomographie 3D + monitoring
- ▶ Après 4 ans d'investissements en R&D, solution transposée aux enjeux du génie civil



ONDES SISMIQUES



SOURCE ACTIVE ET PASSIVE



SISMIQUE ACTIVE



Source

5 géophones



Sismique active



5 mesures

SISSTERRA, SISMIQUE PASSIVE

5 géophones



Sismique
passive



10 trajets
=
10 mesures

Avantages de la sismique passive :

- Adaptée pour les zones urbaines
- Ondes de surfaces → profondeurs superficielles + variations horizontales/azimutales
- Ondes de surface dispersives
- Indépendance des sources actives
- Signal continu = Surveillance temporelle
- CCT → augmentation du nombre de mesures

SISSTERRA, SISMIQUE PASSIVE

231 géophones



Sismique
passive



26 565 trajets

=

26 565 mesures

Avantages de la sismique passive :

- Adaptée pour les zones urbaines
- Ondes de surfaces → profondeurs superficielles + variations horizontales/azimutales
- Ondes de surface dispersives
- Indépendance des sources actives
- Signal continu = Surveillance temporelle
- CCT → augmentation du nombre de mesures

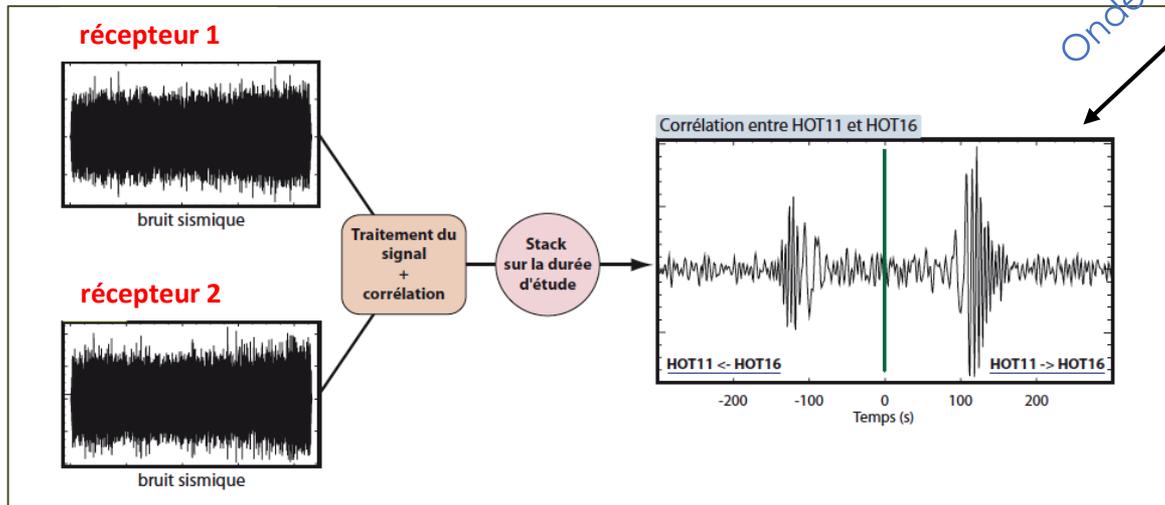
TRAITEMENT – CROSS CORRELATION DE BRUIT



récepteur 1

récepteur 2

Ondes de surface

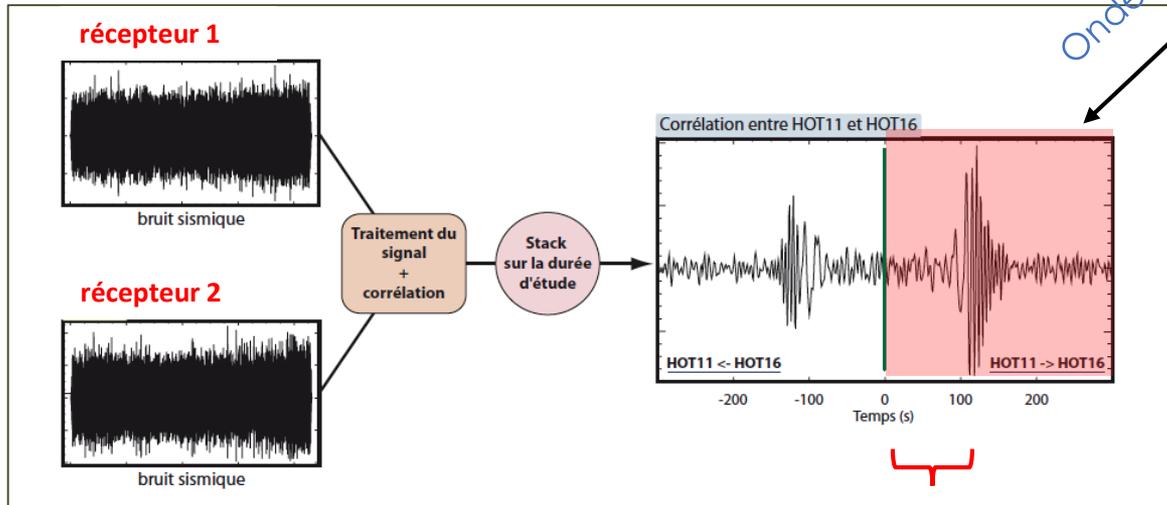


TRAITEMENT – CROSS CORRELATION DE BRUIT



- Distance inter-stations
- ∂t sur la cross-corrélation

Vitesse entre les 2 stations



∂t

CAS D'ETUDE 1 – Ligne 14 NORD PROJET GRAND PARIS



La solution

- ▶ 75 géophones autonomes et géo-localisés
- ▶ « Ecoute » des bruits et vibrations urbains
- ▶ Processing poussé des données

Chiffres clés

75 capteurs
fiabilité 99%

Investigation
35 m de profondeur

Corrélations
4200

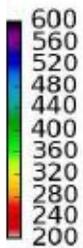


CAS D'ETUDE 1 – Ligne 14 NORD PROJET GRAND PARIS

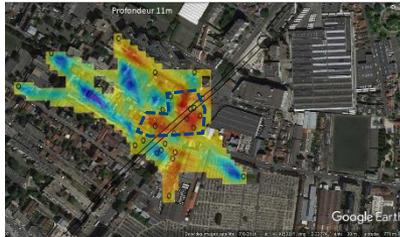


CAS D'ETUDE 1 – Ligne 14 NORD

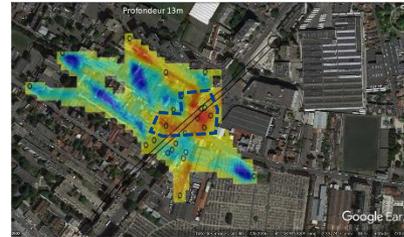
Présentation résultats 2D



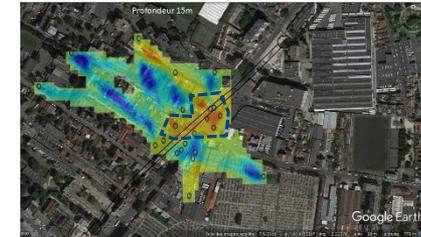
S wave velocity (m/s)



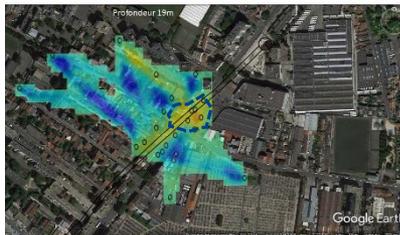
11m



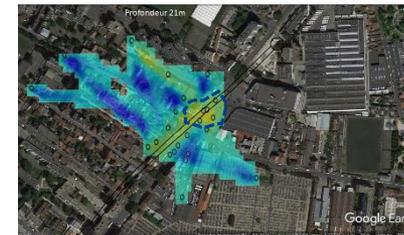
13m



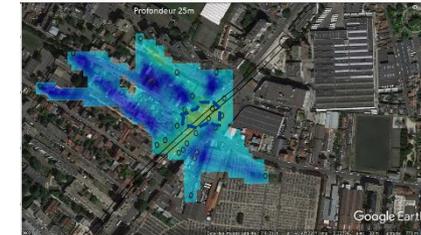
15m



19m



21m



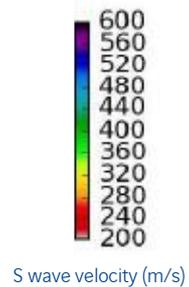
25m



monitoring
(Sixense Soldata)

CAS D'ETUDE 1 – Ligne 14 NORD

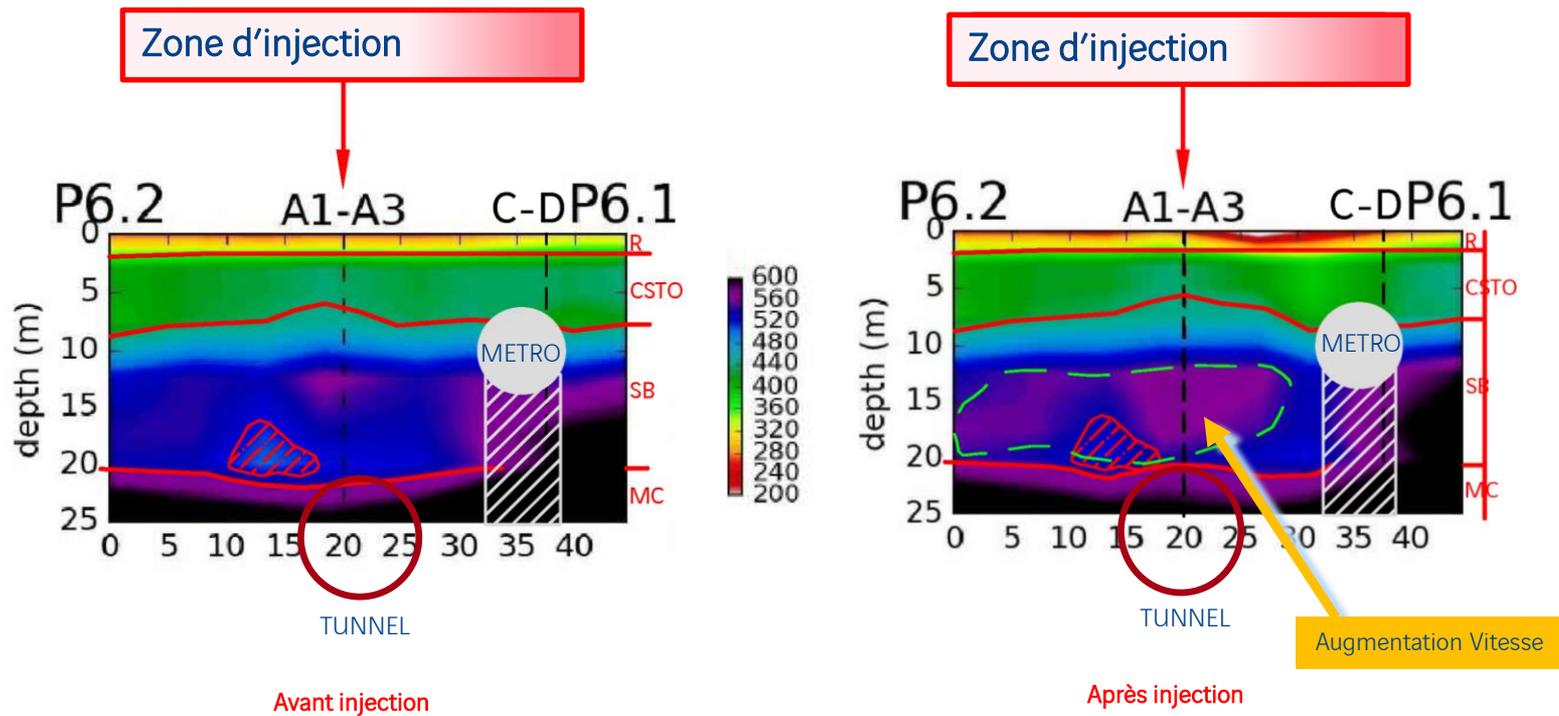
Présentation résultats 2D – 11m de profondeur



11m profondeur

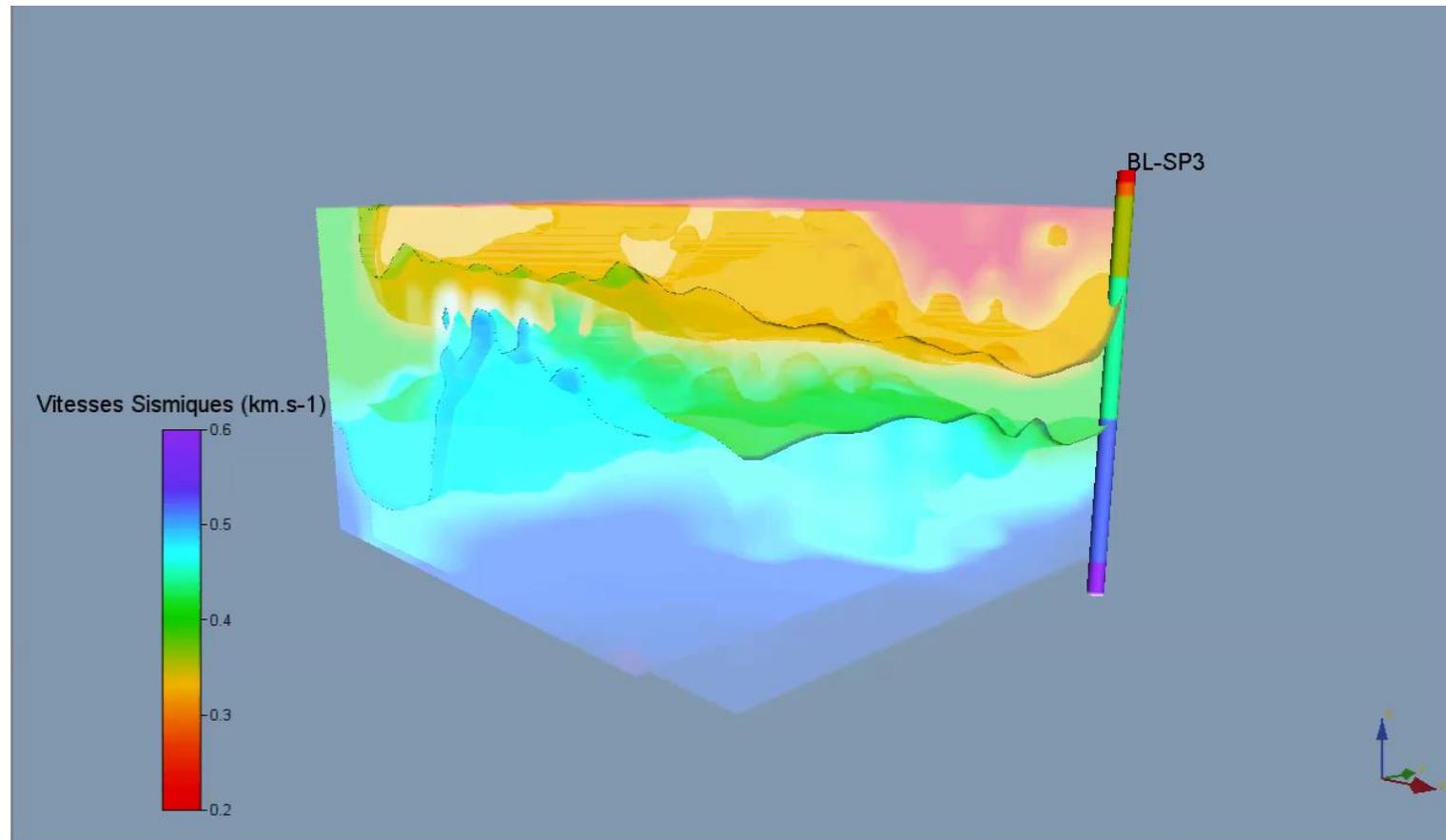
CAS D'ETUDE 1 – Ligne 14 NORD

avant et après injection



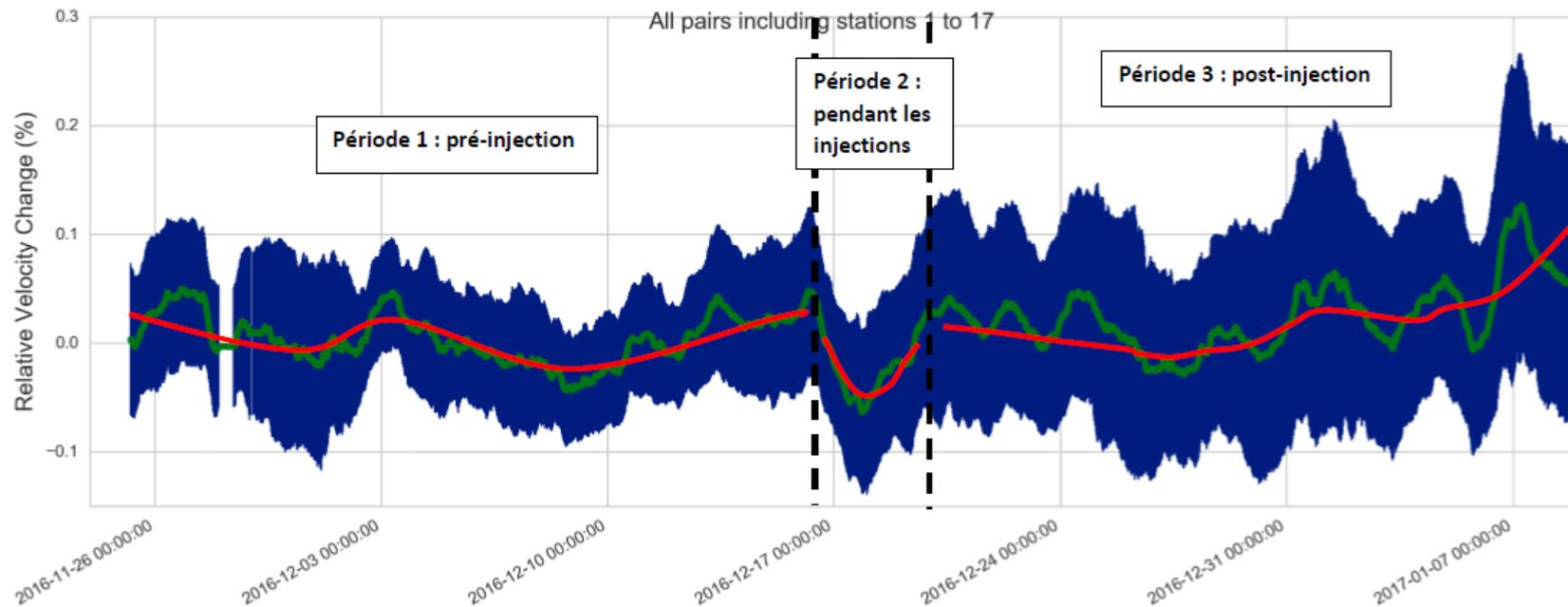
CAS D'ETUDE 1 – Ligne 14 NORD

Présentation résultats 3D



CAS D'ETUDE 1 – Ligne 14 NORD

Monitoring sur 6 semaines





CAS D'ETUDE 1 – Ligne 14 NORD

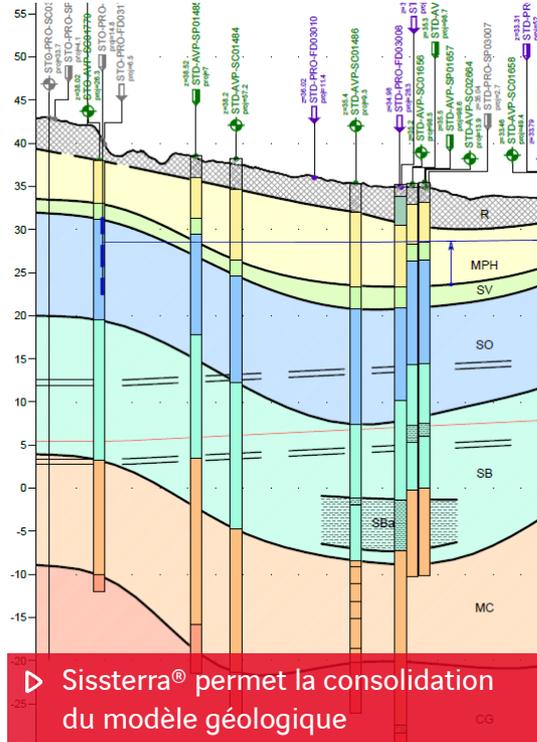
Les bénéfices

- ▶ Analyse détaillée en zone urbaine contrainte
- ▶ Modèle géologique complet
- ▶ Des travaux de compensation justes et ciblés
- ▶ Vérification simple de leur efficacité

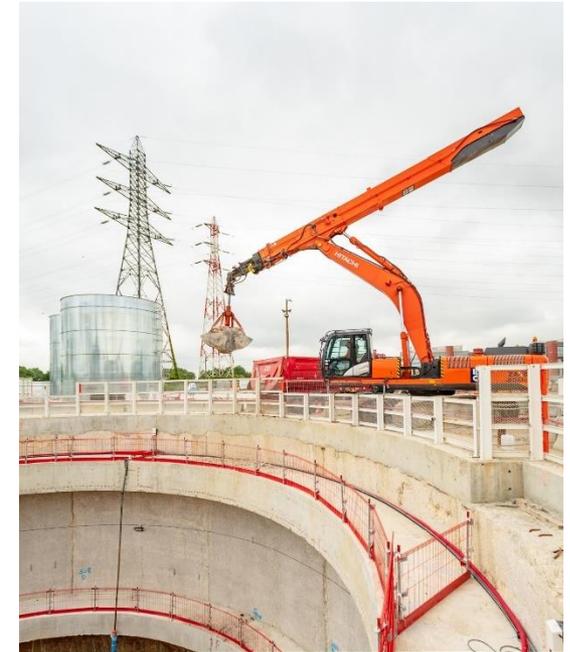
CONCLUSIONS



▷ Une méthode passive, non-intrusive et facile à déployer



▷ Sissterra® permet la consolidation du modèle géologique



▷ Sissterra® permet d'optimiser l'avancement de travaux souterrains

SUGGESTION

