

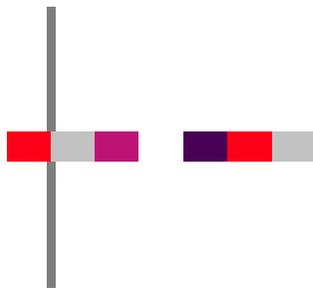
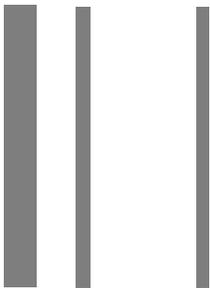


# JNGG'08

17-18-19 juin 2008

**INVESTIGATIONS GEOPHYSIQUE DE CAVITES**

**UTILISATION DU BRUIT AMBIANT  
COMME SOURCE SISMIQUE POUR  
DETECTER DES CAVITES – GARE DE  
L'EST**



INGENIERIE



# Sommaire

## I- Présentation

## II- Reconnaissances

### II- A Géophysique

### II- B Contrôle des anomalies

## IV- Conclusion

# Présentation – Description du site

## Gare de PARIS EST

Depuis 1931 (date de l'agrandissement de la gare) plusieurs fontis ont été recensés et ont nécessité des traitements des sols par injection).



3



# Présentation – Description du site

## Géologie:

- Eocène moyen
- |              |   |           |   |  |
|--------------|---|-----------|---|--|
| Eocène moyen | { | Bartonien | { | ▪ Remblais                                       |
|              |   | Lutécien  |   | {  |
|              |   |           |   |  |
|              |   |           |   | ▪ Sables de Beauchamp, base à la cote 18,50 NGF  |
|              |   |           |   | ▪ Marnes et Caillasses, base à la cote – 2,5 NGF |
|              |   |           |   | ▪ Calcaire Grossier ensuite                      |

Nota: les voies se situent à la cote 45-46 NGF

Gare située dans le périmètre de risques dus à la dissolution de gypse

Nappe: Elle se situe au-delà de 20 m de profondeur

# Présentation – Description du site

La Gare de l'Est est composée en surface de 15 quais desservant 29 voies

Présence de réseaux (électriques, hydrauliques, lignes de métro,...)



Problématique de la Gare de l'EST:

- profondeur des anomalies
- contexte de gare)

# Présentation – Description du site

**2000: Apparition d'un fontis ayant entraîné la rupture d'un ovoïde**

**Campagne d'investigations (microgravimétrie dans l'avant gare + sondages de contrôle) conduisant à des traitements des sols.**

**Les anomalies rencontrées se situent à 11-14 m et 29-41 m.**

# Reconnaitances géophysiques

⇒ **Choix d'une méthode pour des investigations depuis la gare jusqu'aux appareils de voie**

Objectifs:

- Délimiter les zones d'anomalies et définir leur extension (en plan et en profondeur)
- Reconnaitances de la première tranche d'anomalies (11-14 m)
- Réaliser des mesures sur un linéaire important, avec des contraintes d'exploitation et des délais peu importants.

# Reconnaitances géophysiques



Gare de PARIS EST – Zone d'étude



# Reconnaitances géophysiques

## Choix d'une méthode:

### *Microgravimétrie:*

Investigations réalisées en 2000 et 2003

Délais trop longs et important travail de modélisation

Nombre de sondages de contrôle important

### *Tomographies Radar et sismique:*

Tests menés en 2003 sur 3 sondages

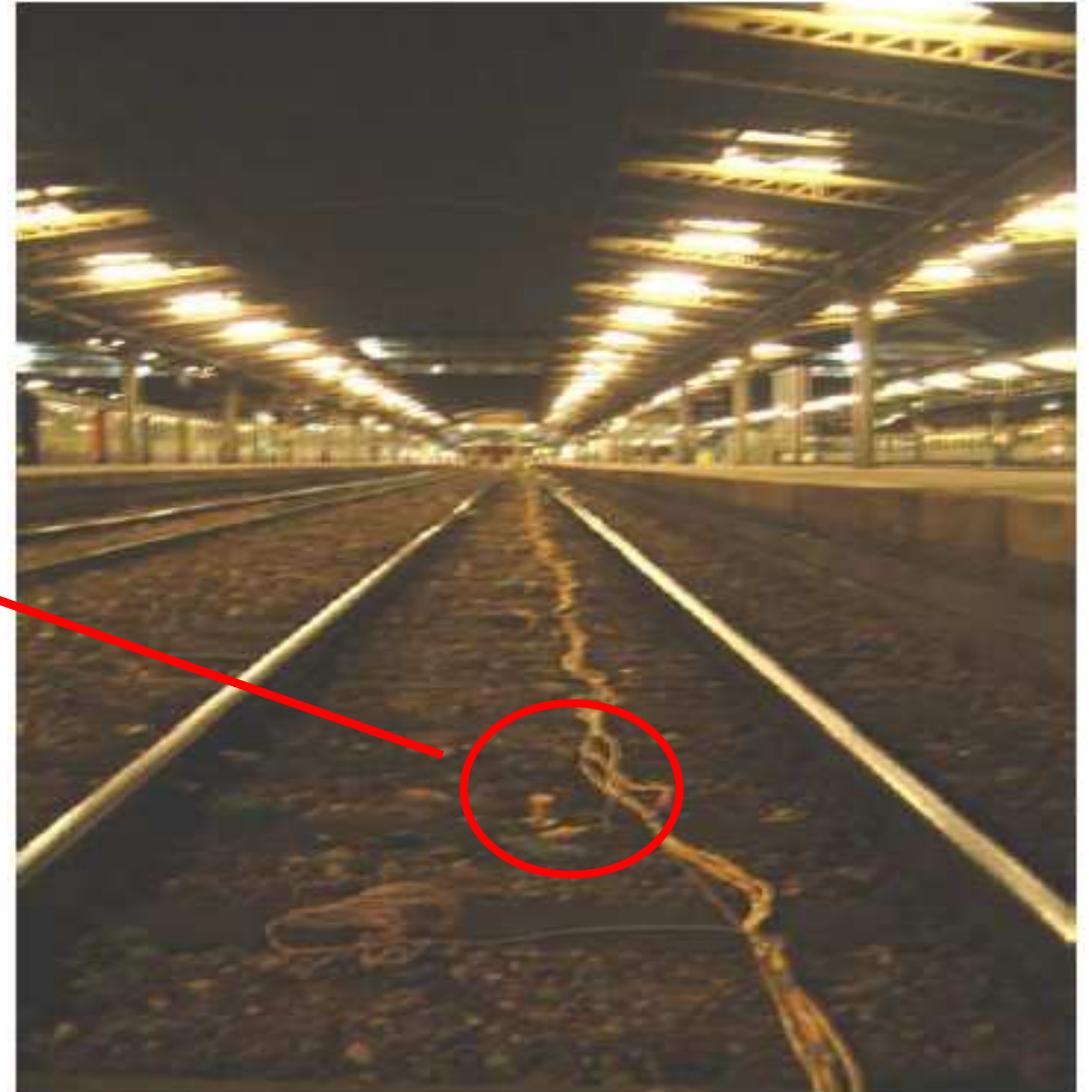
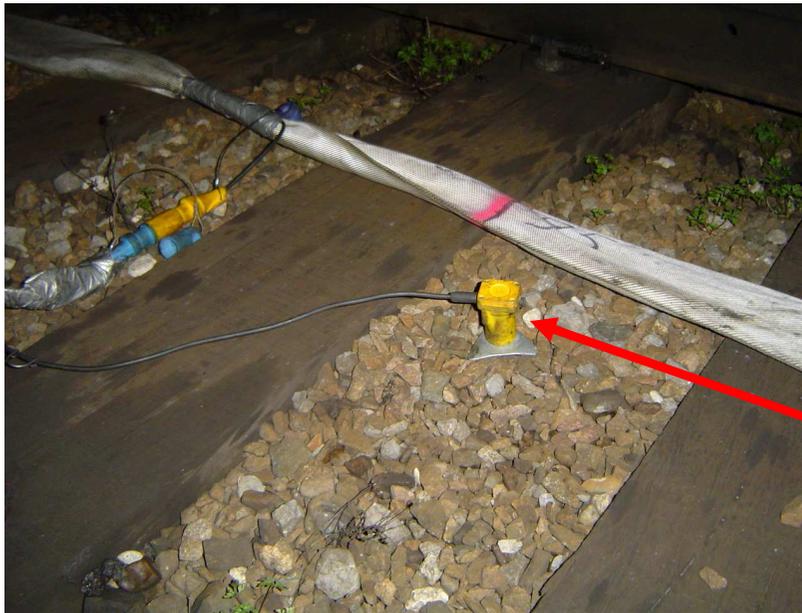
Méthodes pas adaptées au contexte de la gare (espacement des sondages/géologie)

### *Radar géologique de surface:* Tests menés en 2005 sur 230 ml

Pas adapté au contexte de la gare et profondeur d'investigation trop faible

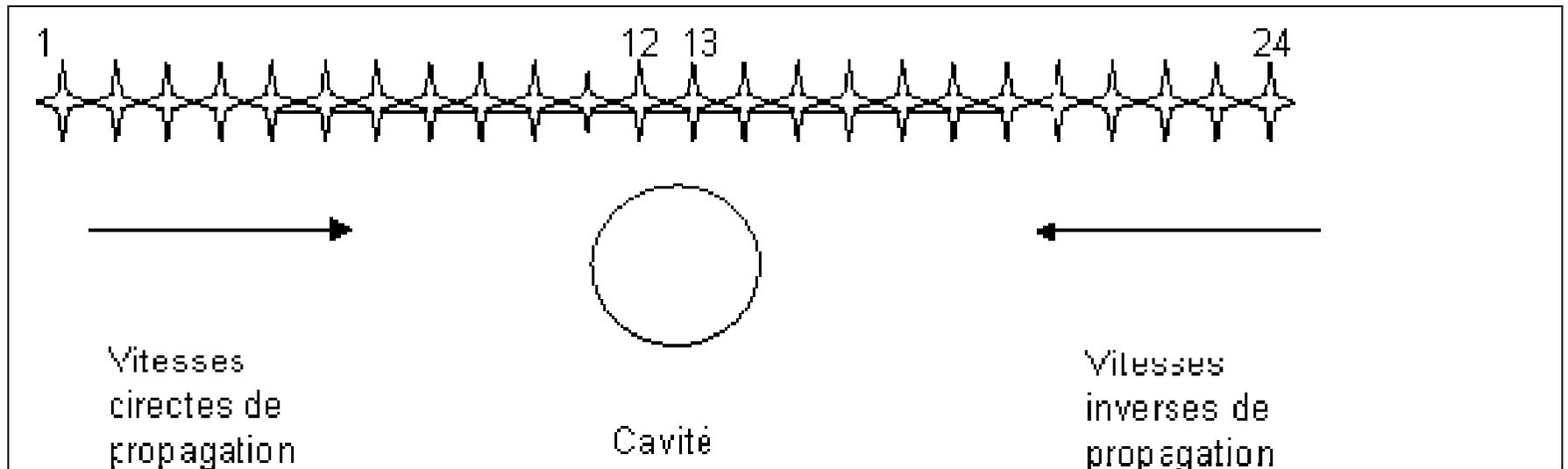
# Reconnaitances géophysiques

## Méthode sismique par onde de surface DCOS (Détection de Cavités par Ondes de Surface)



# Reconnaitances géophysiques

## Méthodologie d'acquisition:



Comparaison des répartitions des différentes énergies des ondes de Rayleigh par moitié de dispositif  
Pour les traitements, les géophones sont regroupés par 24 ou 48

# Reconnaitances géophysiques

- Expertise du LCPC sur l'ensemble des reconnaissances géophysiques
- Réalisation de mesures de faisabilité sur deux plots de 200 m

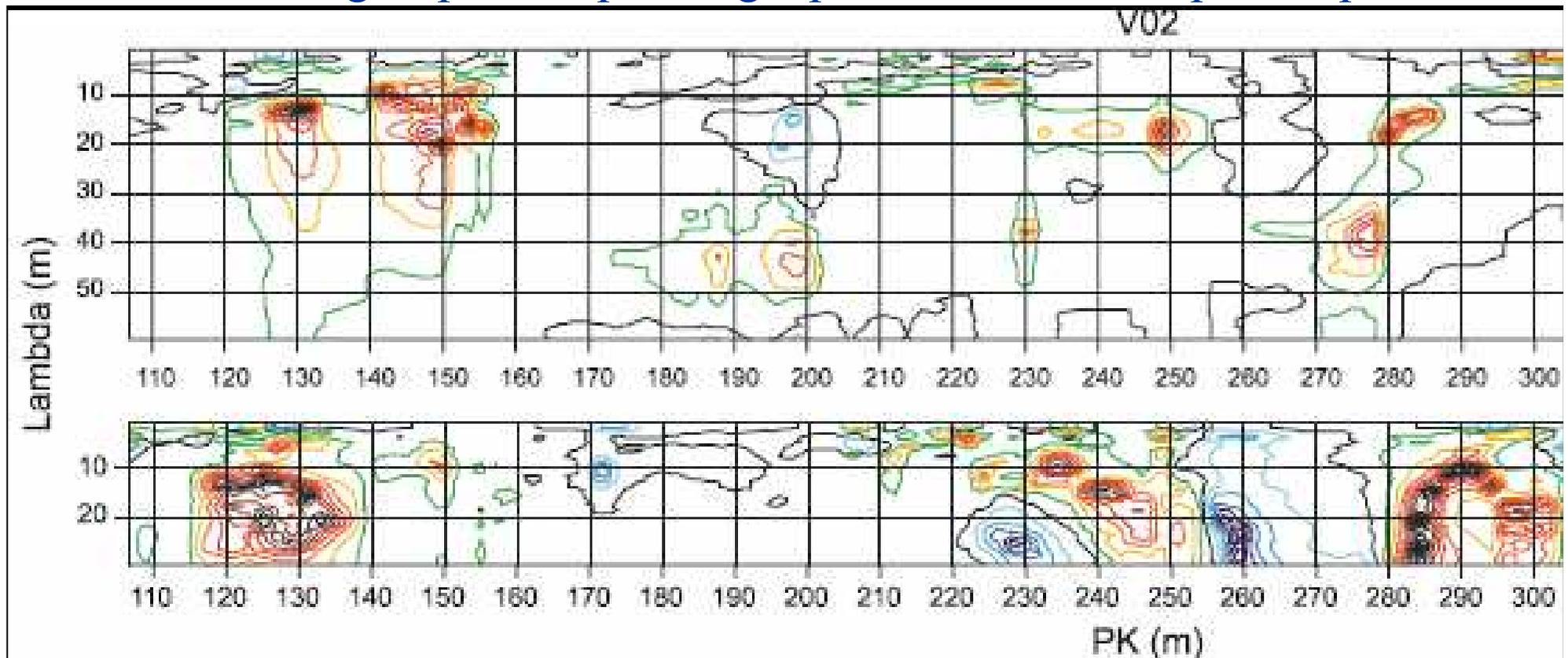
# Reconnaitances géophysiques

## ➤ Réalisation de mesures de faisabilité sur deux plots de 200 m

➤ Définition d'un protocole de mesures (espacement des géophones de 2 m)

# Reconnaitances géophysiques

- Résultats sur un profil de mesures: variation d'énergie du signal
- Section du haut: regroupement par 48 géophones; profondeur d'investigation plus grande
- Section du bas: regroupement par 24 géophones; résolution plus importante

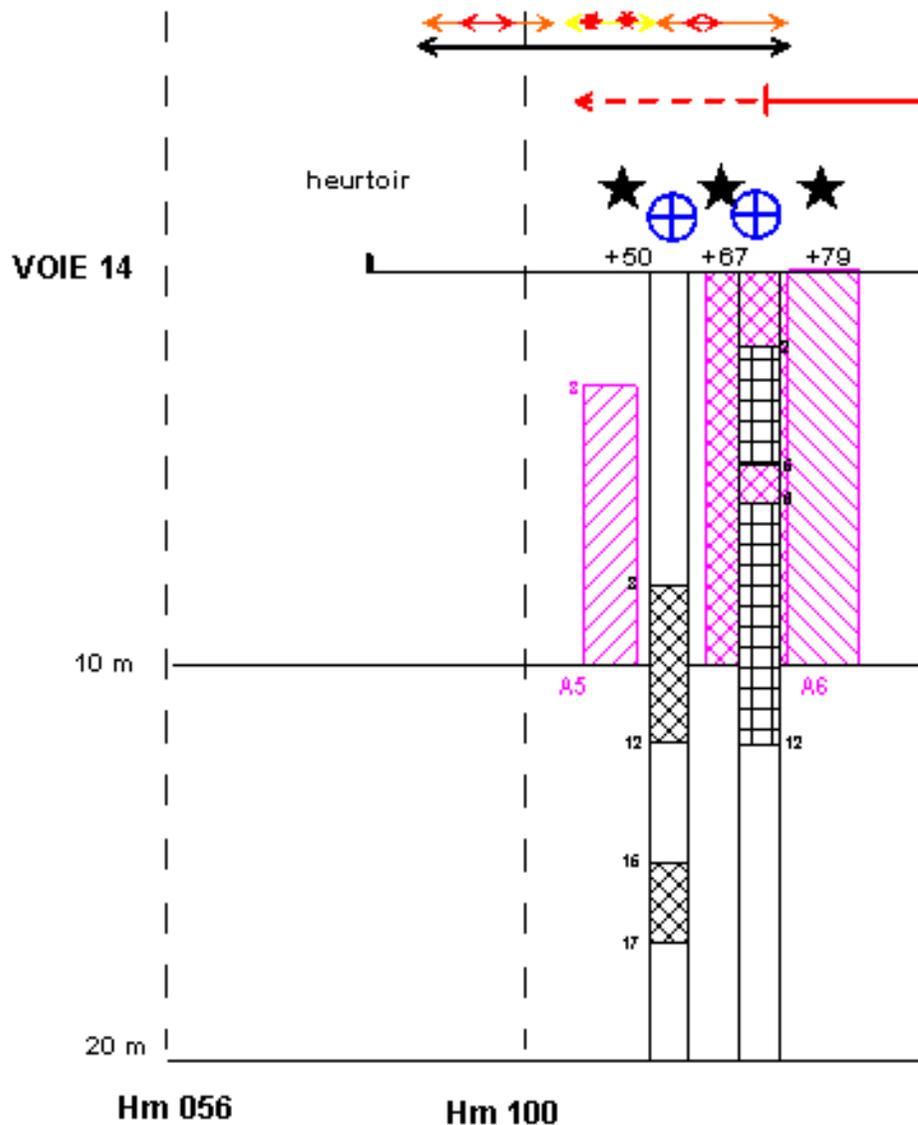


# Reconnaitances géophysiques

## ➤ Réalisation de mesures de faisabilité sur deux plots de 200 m

- Définition d'anomalie d'énergie dite négative (couleurs chaudes) et d'anomalie d'énergie dite positive (couleurs froides)
- Calibrage des anomalies par sondages de contrôle
  - sondage sur anomalie positive
  - sondages sur anomalies négatives
  - sondage sur zone sans anomalie
- Sondages destructifs en rotoperçussion avec enregistrement de paramètres (vitesse d'avancement, pression de retenue, pression sur l'outil, couple de rotation, débit d'injection, percussion réfléchie, pression d'injection)
- Comparaison avec des mesures microgravimétriques (2000)

# Reconnaitances géophysiques



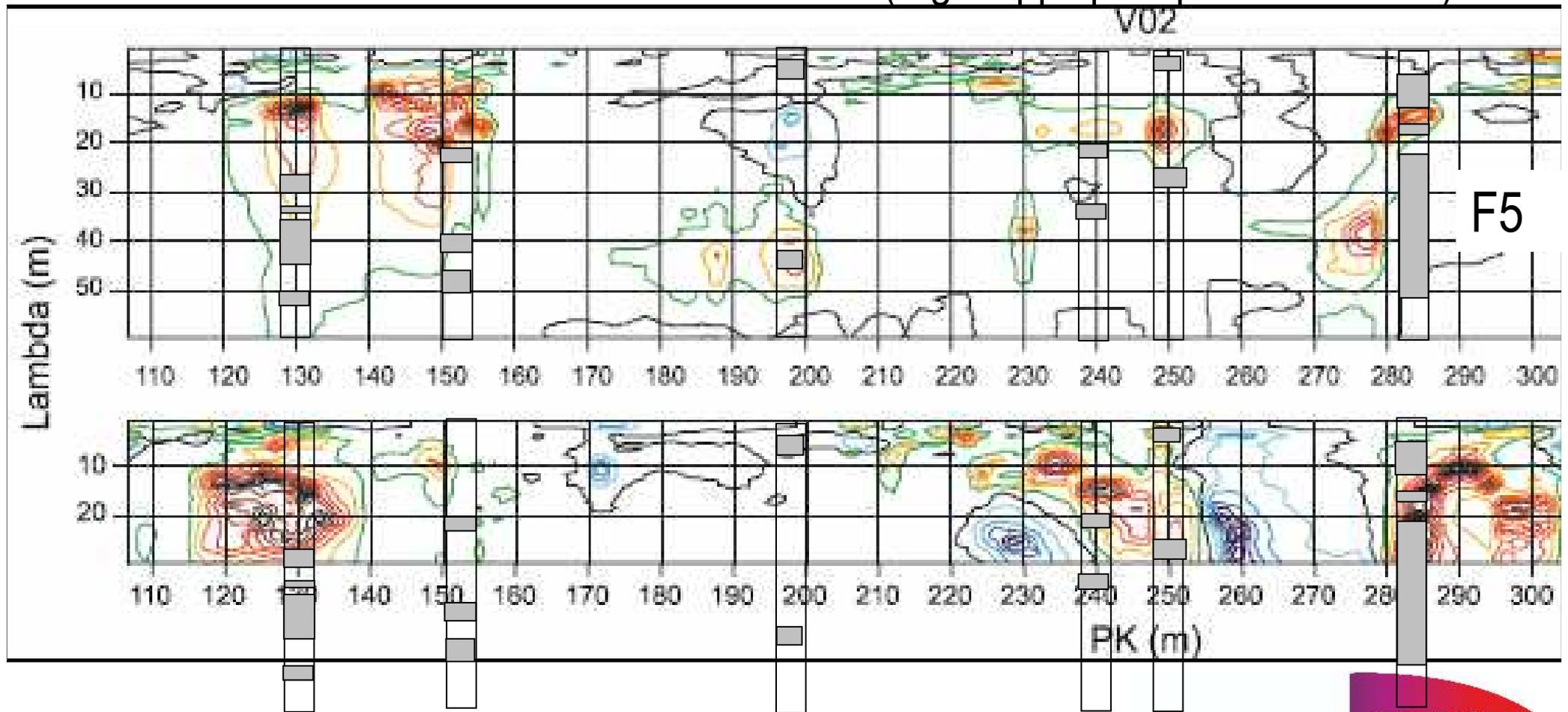
## Comparaison des résultats de microgravimétrie et de sismique DCOS

- Profil micro
- Anomalie micro résiduelle 0 à -20  $\mu$ Gals
- Anomalie micro résiduelle -20 à -30  $\mu$ Gals
- Anomalie micro résiduelle -30 à -40  $\mu$ Gals
- Sondages de contrôle réalisés suite à la micro
- Sondages de contrôle proposés suite à la sismique
- Anomalie sismique

# Reconnaitances

Comparaison des résultats en sondage et géophysique

(règle appliquée profondeur= $\lambda/3$ )

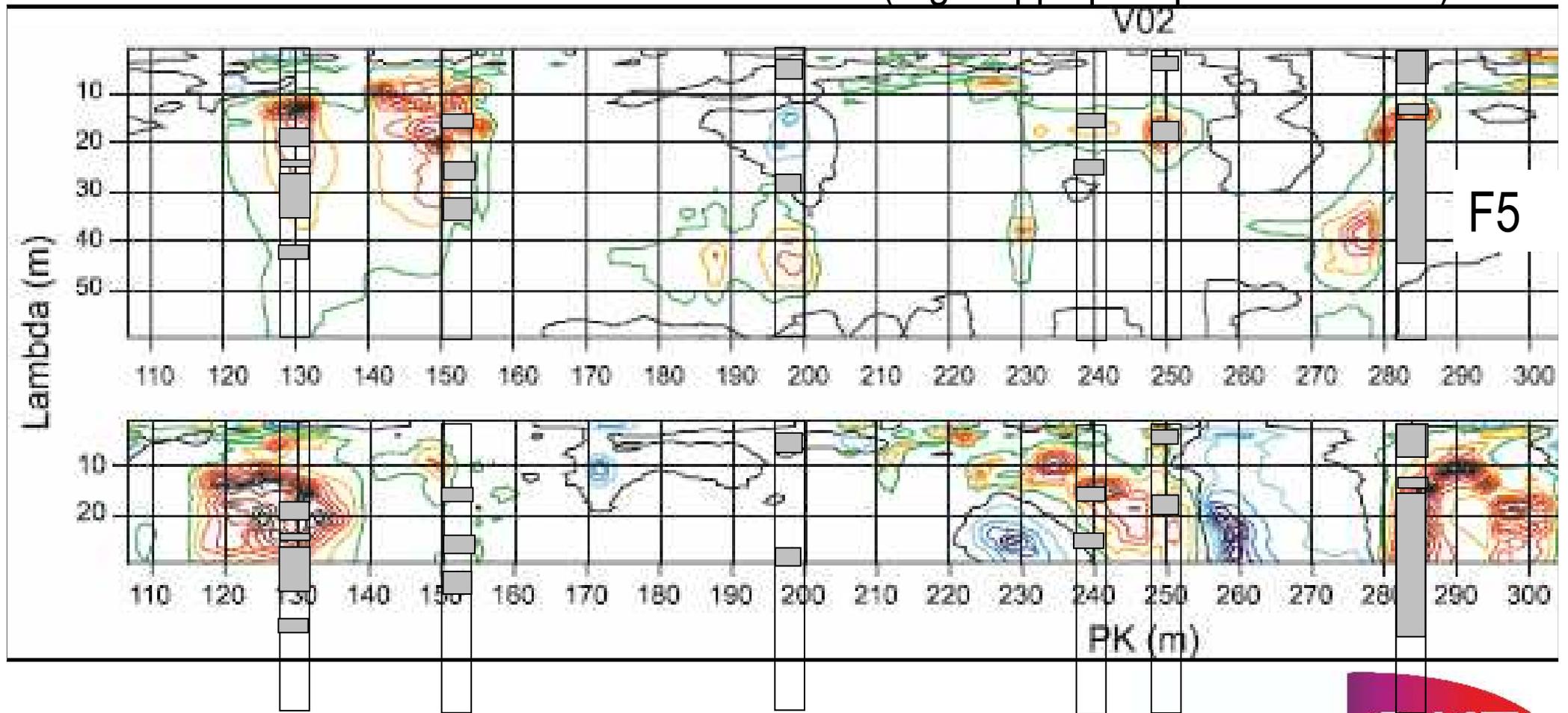


■ Terrain décomprimé rencontré en sondage

# Reconnaitances

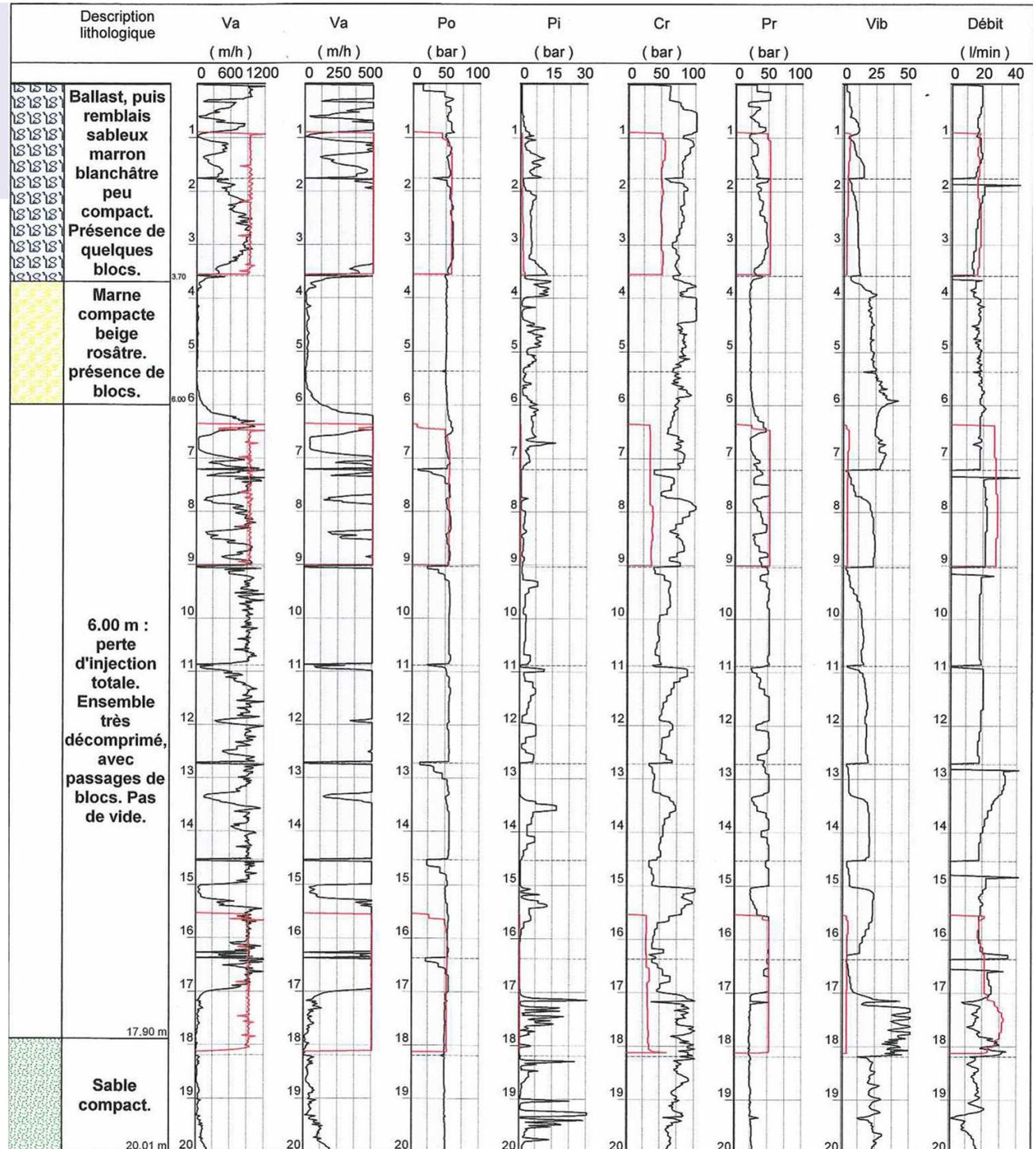
Comparaison des résultats en sondage et géophysique

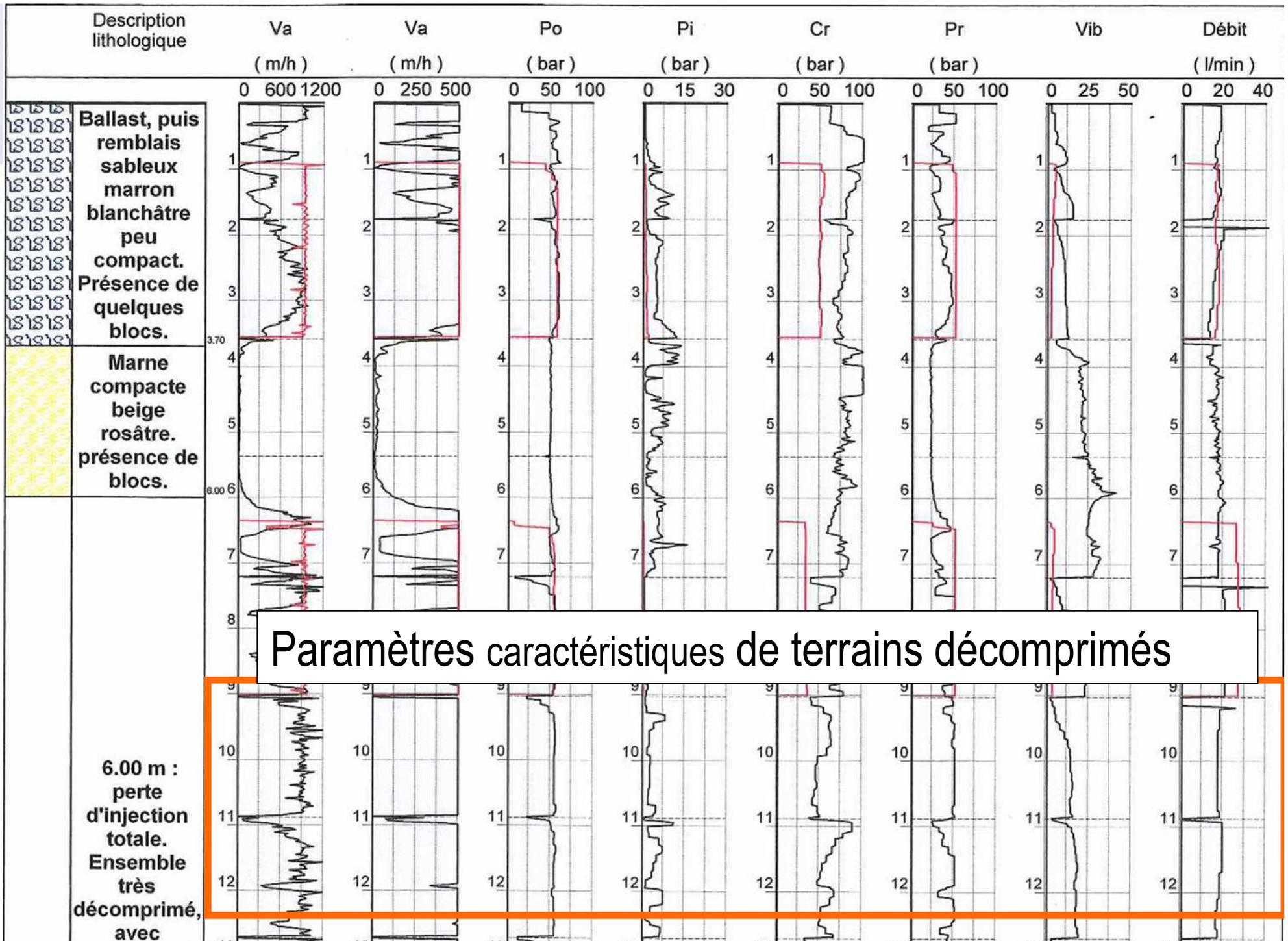
(règle appliquée profondeur= $\lambda/2$ )



# Reconnaitances

## Sondage de contrôle F5





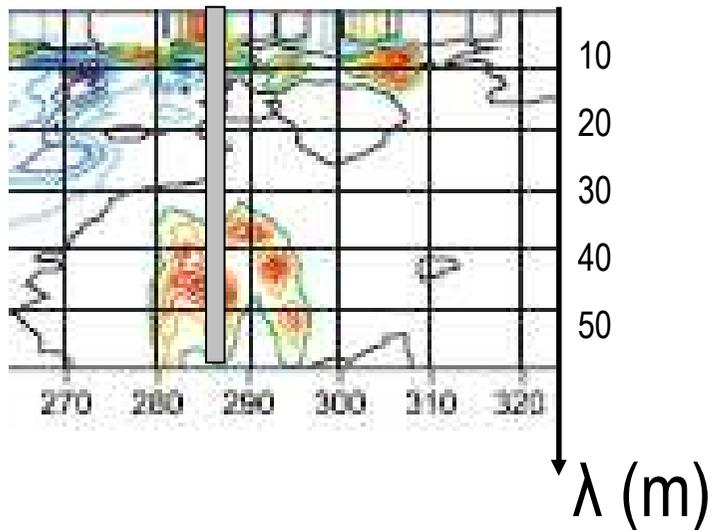
Paramètres caractéristiques de terrains décomprimés

- **Validation de la méthode sur le plot d'essai**
  
- **Investigations sur un linéaire de 8200 m de voies.**
  - Rendement jusqu'à 100 m/h
  - Passage de 72 à 96 géophones
  
- **Phase de contrôle des anomalies**
  - Caler les résultats avec le contexte de la gare (notamment la présence des réseaux, les passages souterrains → éviter de sonder au niveau de réseau)
  - 20 zones définies
  - 45 sondages réalisés

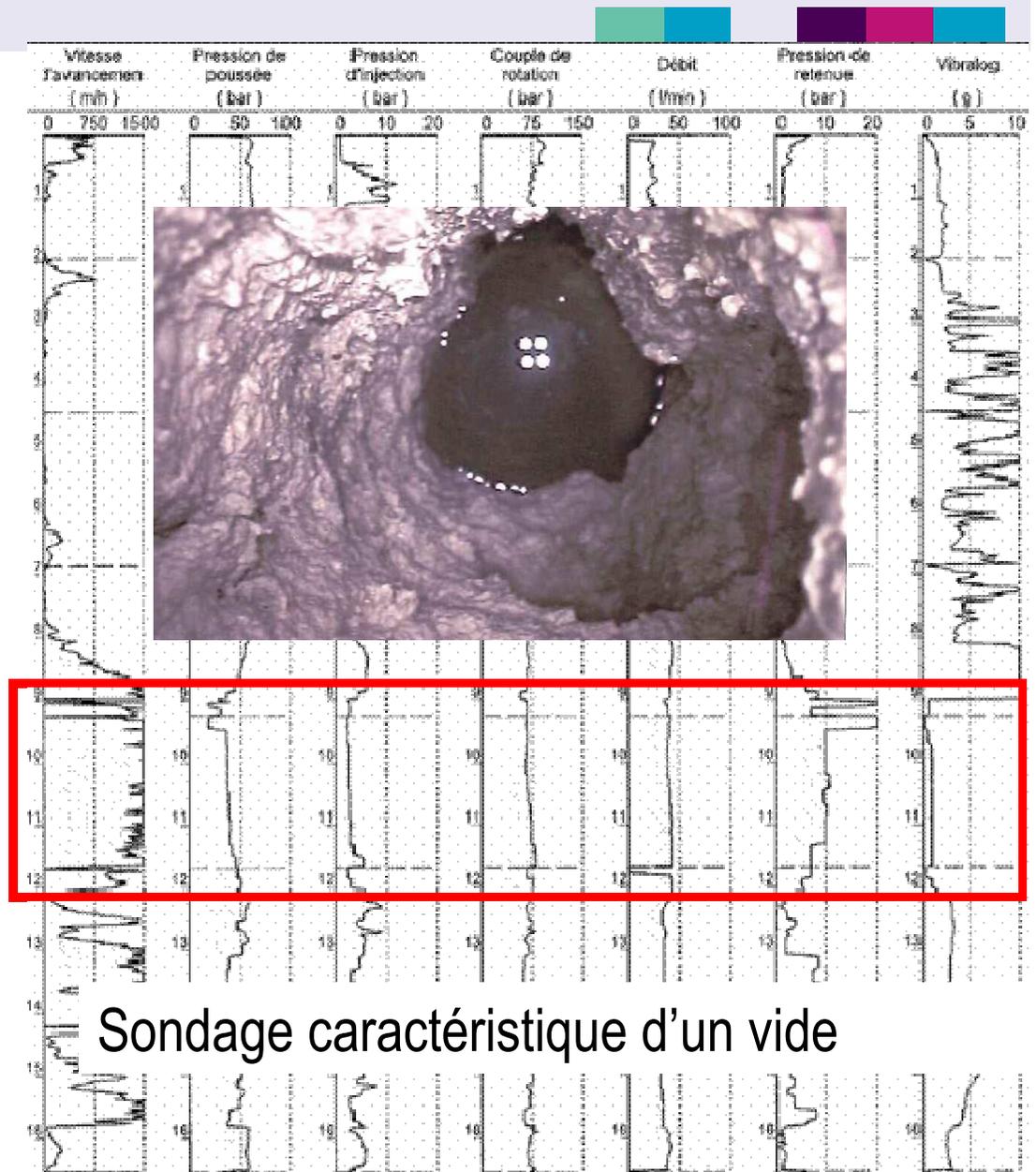
# Reconnaisances

Exemple sur un sondage

Résultat géophysique



Résultat sondage



Sondage caractéristique d'un vide

# Reconnaitances

- La corrélation entre les anomalies géophysiques et les sondages de contrôle est bonne sur la première partie du secteur reconnu
- Dans la seconde partie la corrélation n'a pas été mise en évidence à quelques exceptions .
  - la géophysique indique la présence d'anomalies importantes
  - l'ensemble des sondages montre des terrains très résistants mécaniquement (à quelques exceptions près).
  - Les anomalies détectées pourraient être dues à l'influence latérale d'anomalies situées de part et d'autre de la tranchée (caves d'immeubles jouxtant les voies à cet endroit,...).
  - 9 zones ont été confirmées,  
5 doivent être précisées,  
6 n'ont pas montré d'hétérogénéité



# Conclusions

- **La Gare de l'EST a été construite sur des formations présentant des risques dus aux phénomènes de dissolution de gypse.**
- **Dans le cadre de la maintenance et suite à différents désordres (fontis) survenus sur le site, des investigations et des traitements ont été menés depuis 1931.**
- **En 2006/2007 campagne de mesures ayant pour objectif de détecter des anomalies jusqu'à 15-20 m de profondeur afin d'éviter, en cas de désordre, des répercussions sur l'exploitation ferroviaire**

# Conclusions

- **Mise en œuvre de la méthode DCOS utilisant les ondes de surface (jugée la plus pertinente vis-à-vis des objectifs fixés et des contraintes de la gare de l'EST)**
- **Réalisation de sondages de contrôle pour mettre en évidence des terrains présentant des décompressions importantes.**
- **Dans la première partie de la zone de mesures, la corrélation géophysique/sondage est bonne, dans la seconde partie on trouve sur des anomalies géophysiques des terrains sans hétérogénéités particulières.**

# Conclusions

- **Méthode DCOS influencée latéralement par la présence des cavités que sont les caves présentes sous les immeubles jouxtant les voies?**
- **Certaines zones de la Gare feront, en regard des investigations menées, l'objet de traitement des sols par injection (à partir de 2009).**