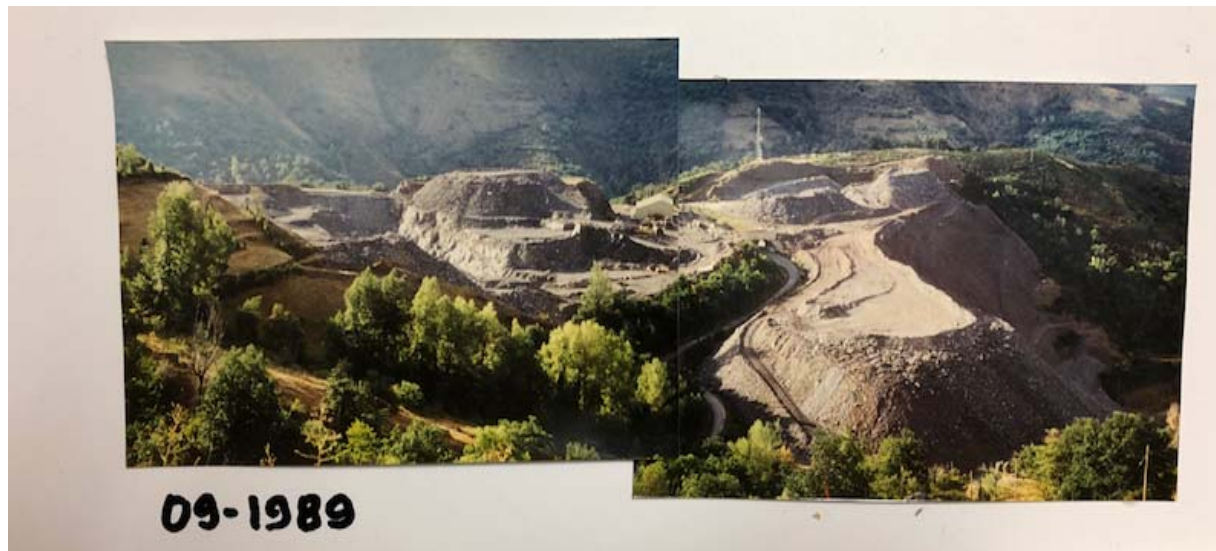


# Caractérisation géophysique de résidus miniers en milieu non saturé

Roger GUÉRIN, Romain BIENNAIS, Pierre L'HERMITE, Ludovic BODET,  
Alexis MAINEULT, Anne JOST, Valérie PLAGNES, Michael DESCOSTES  
Isabelle BLANC-POTARD



Projet NEEDS HyResMin=Modélisation Hydrodynamique au sein de Résidus Miniers en milieu non saturé

# Informations *a priori*

Forage au sommet du tas :

Interfaces  
surface

➤ Zone A : Couverture de stérile

-5 m

➤ Zone B : Minerais lixiviés et concassés (1978-1982), Sables à leucogranites

-22 m

➤ Zone C : Minerais lixiviés et concassés (1975-1978), Sables à leucogranite plus ou moins argileux

-32 m

➤ Zone D : Interface de terre végétale en contact avec le substrat granitique, Arène granitique

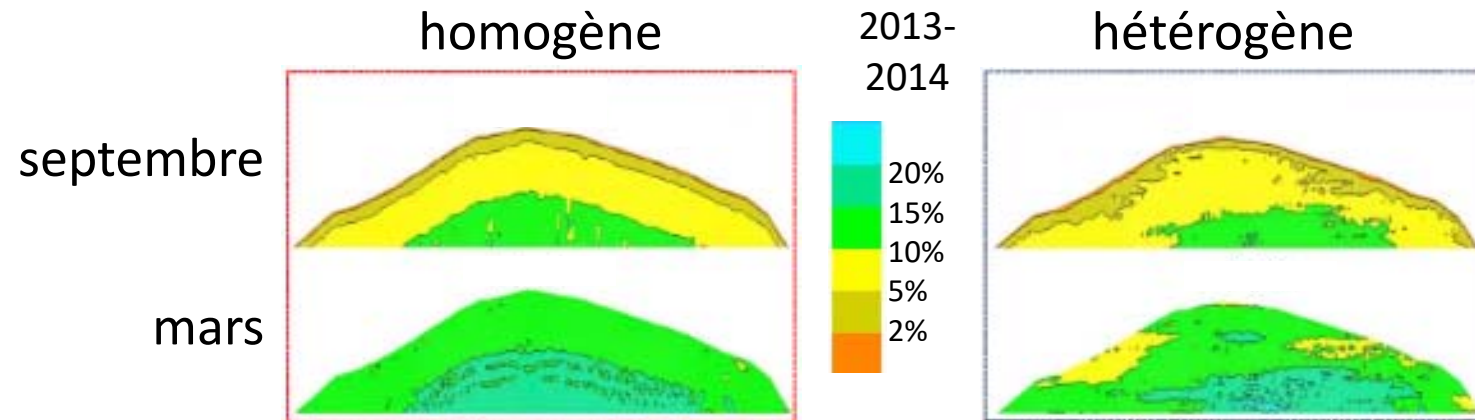


Nos, 2012

Milieu homogène / hétérogène ?  
Milieu tabulaire ?

# Pourquoi de la géophysique ?

Modélisation hydrogéologique (HyResMin1) :



Distribution de la teneur en eau (Ouedraogo *et al.*, 2022)

Forte dépendance des paramètres hydrodynamiques et géométriques

➤ Imagerie du sol (géophysique)

# Localisation de la géophysique

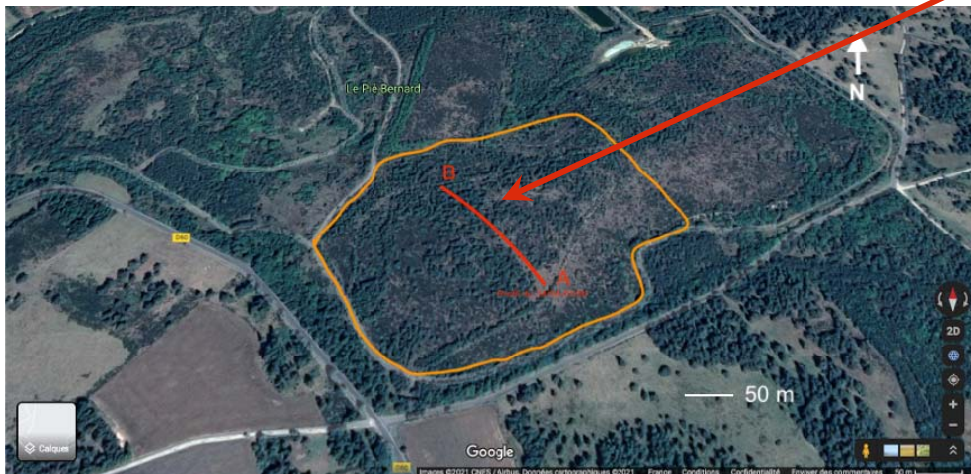
## Profil géophysique :

- Tomographie de Résistivité Electrique
- Tomographie sismique

## Propriétés $\phi$ ciblées :

- résistivité électrique
- vitesse des ondes mécaniques

dépendent de la teneur en eau, de la teneur en argile, de la compaction



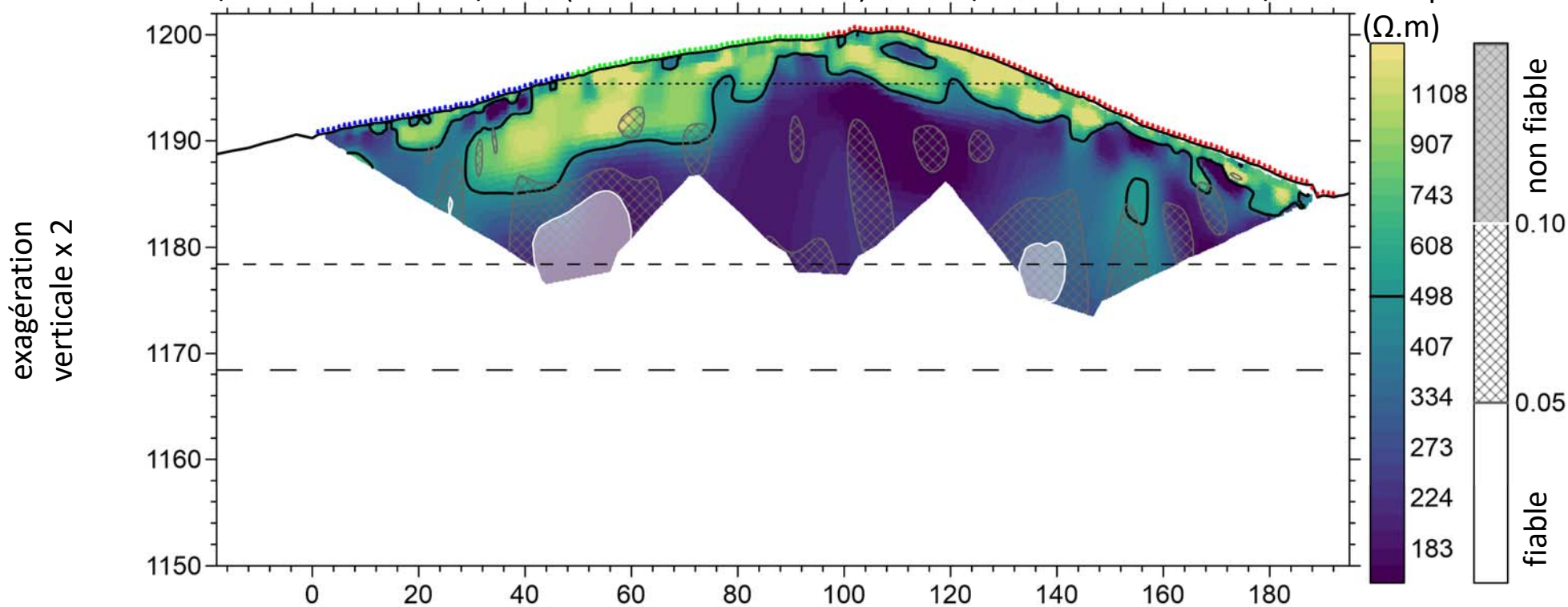
# Tomographie de Résistivité Electrique (ERT)

- Circulation d'un courant électrique dans le sol (2 électrodes pour injecter du courant électrique, 2 électrodes pour mesurer une « tension » électrique)
- Système multi-électrodes (96) piloté par ordinateur pour acquérir un grand nombre de mesures (de combinaison de 4 électrodes)
- « Mesures » : résistivités électriques apparentes pour plusieurs combinaisons de 4 électrodes
- Inversion nécessaire pour déterminer le sous-sol à l'origine des mesures (modèle de résistivité)



# ERT espacement 1 m entre les électrodes

96 électrodes (abscisses 1 à 96 m)    « roll-along » 96 électrodes (abscisses 49 à 144 m)    « roll-along » 96 électrodes (abscisses 97 à 192 m)    Résistivité électrique DOI



dispositif Wenner-Schlumberger

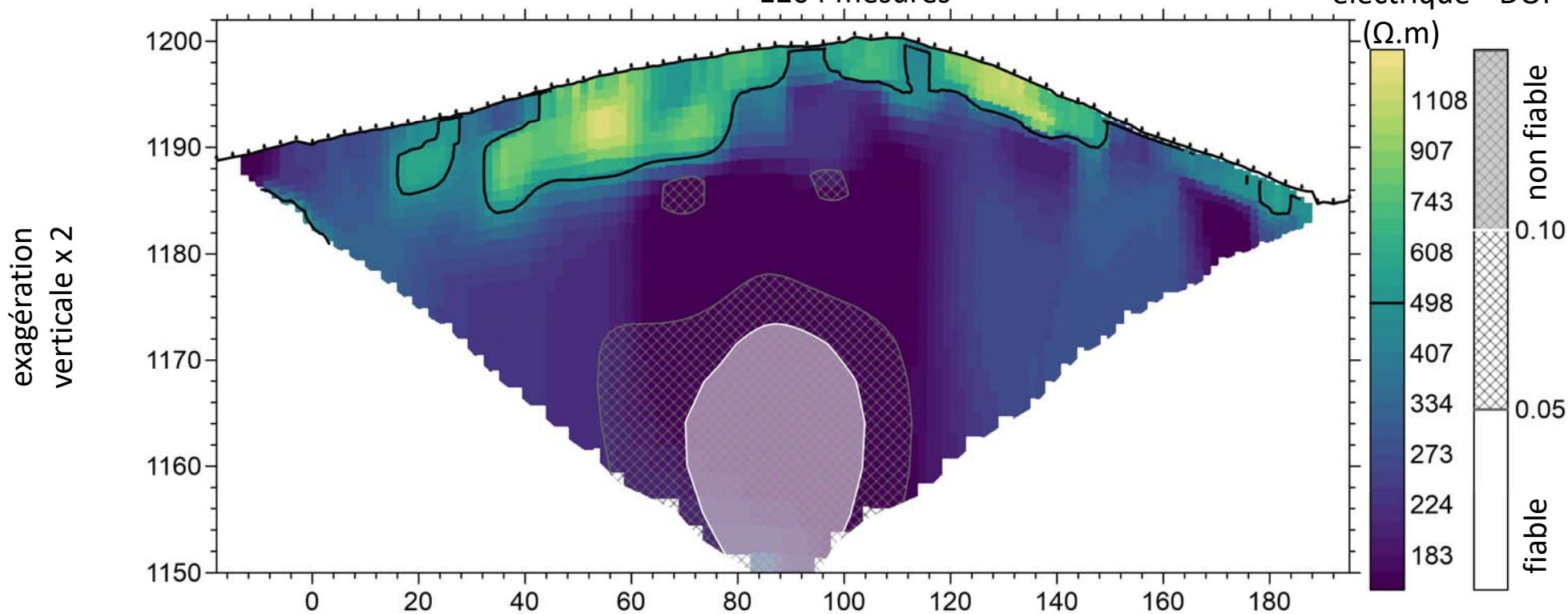
**Profondeur d'investigation pas assez grande**

inversion norme L1

# ERT espacement 3 m entre les électrodes

72 électrodes (abscisses -18 à 195 m),  
1204 mesures

Résistivité  
électrique DOI

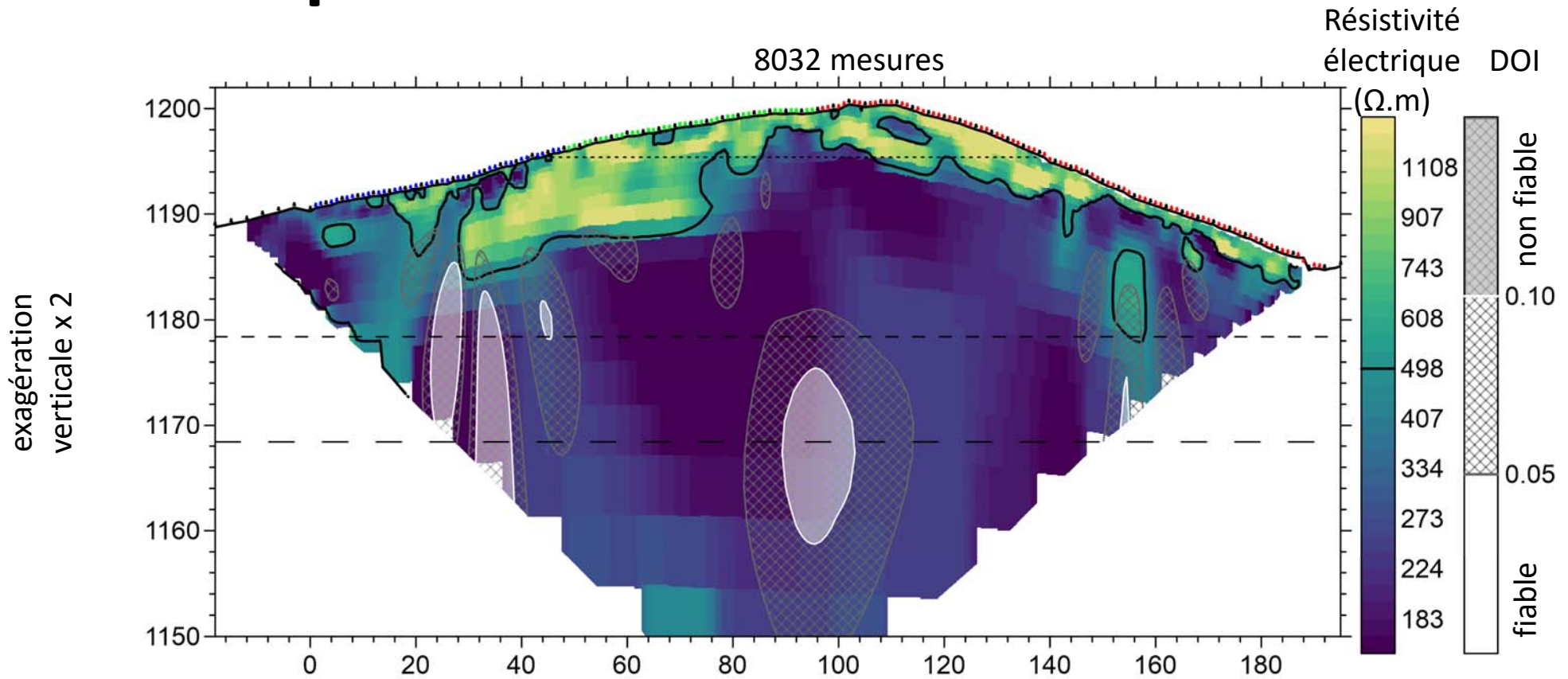


dispositif Wenner-  
Schlumberger

inversion  
norme L1

**Résolution trop grossière**

# ERT espacement 1 & 3 m entre les électrodes



dispositif Wenner-Schlumberger

**Milieu hétérogène, non tabulaire**

inversion norme L1

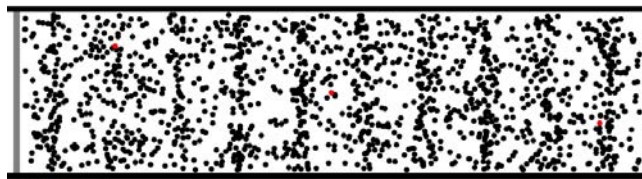


# Tomographie sismique

- Création d'ondes mécaniques (un tir entre chaque enregistreur=géophone)
- « Mesures » : temps d'arrivée des ondes
- Inversion nécessaire pour déterminer le sous-sol à l'origine des mesures (modèle de vitesse de propagation des ondes)



ondes de compression (ondes P)



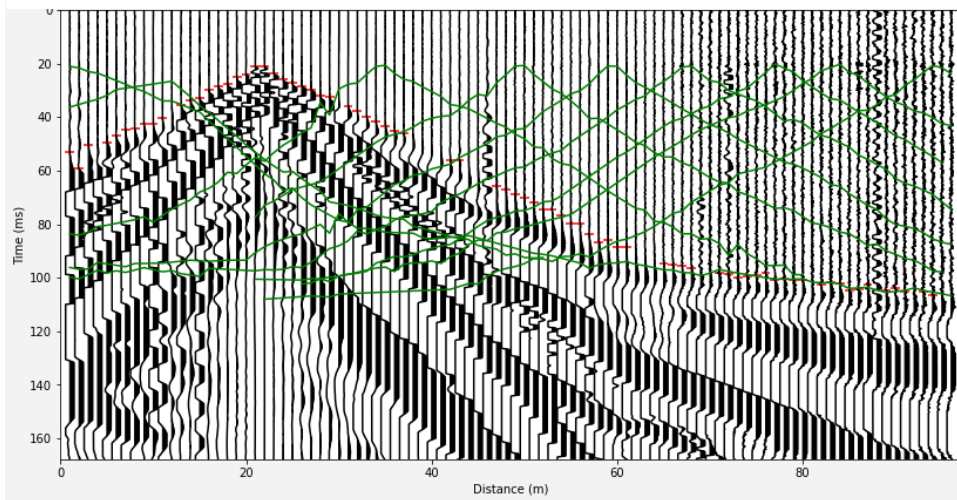
# 1<sup>er</sup> traitement de la tomographie sismique

96 géophones tous les 1 m (abscisses 1 à 96 m),  
97 tirs tous les 1 m (abscisses 0.5 à 96.5 m)

« roll-along » 96 géophones tous les 1 m (abscisses 49 à 144 m),  
97 tirs tous les 1 m (abscisses 48.5 à 144.5 m)

« roll-along » 96 géophones tous les 1 m (abscisses 97 à 192 m),  
97 tirs tous les 1 m (abscisses 96.5 à 192.5 m)

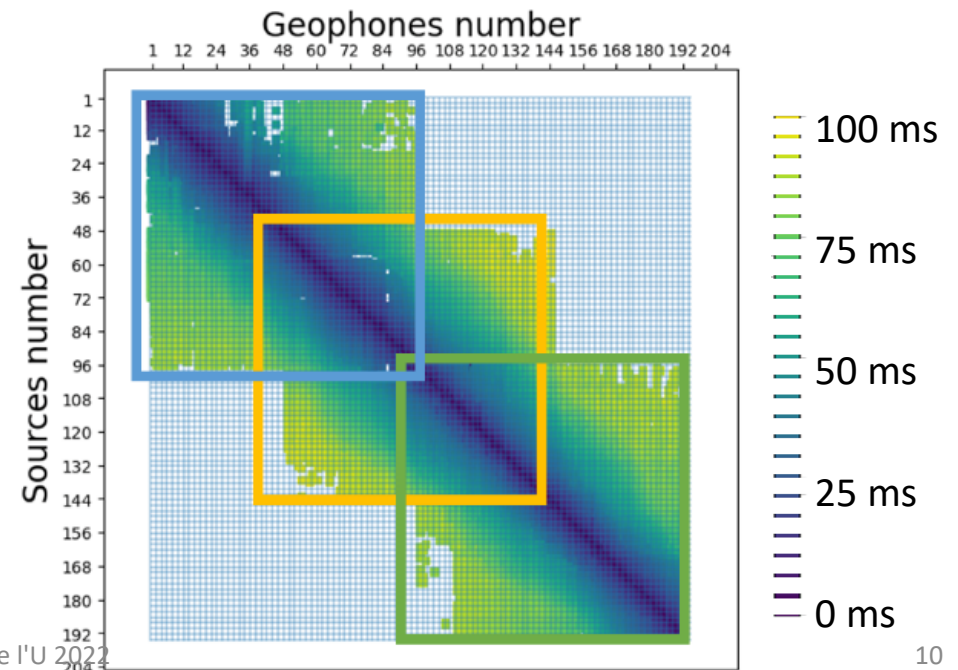
Exemple de 3 tirs stackés à l'abscisse 21.5 m



Pointé sismique des 1<sup>ères</sup> arrivées

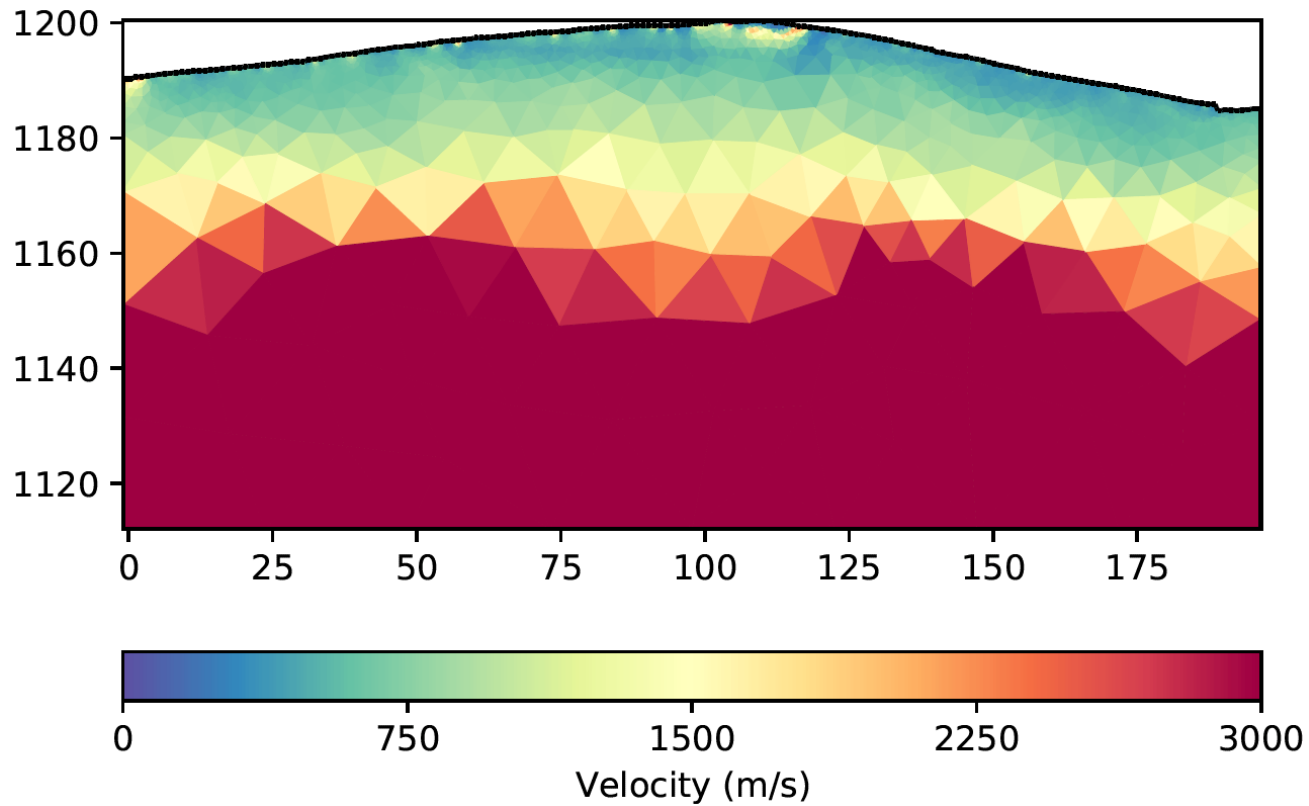
**Données de bonne qualité**

Guérin et al. (Sorbonne Univ)



Journées de l'U 2022

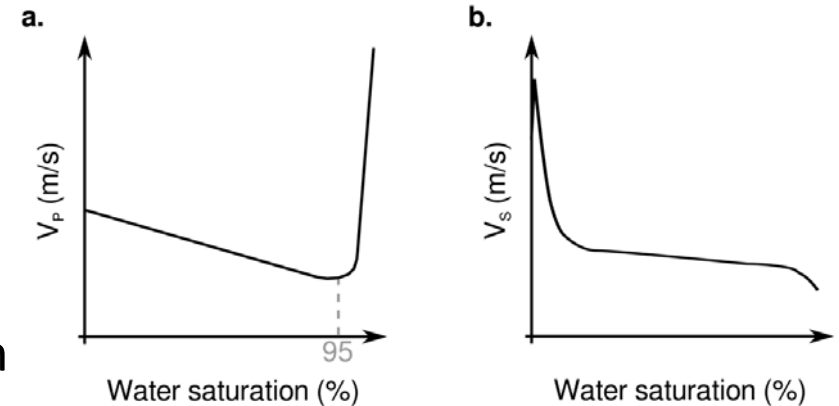
# 1<sup>er</sup> résultat de la tomographie sismique



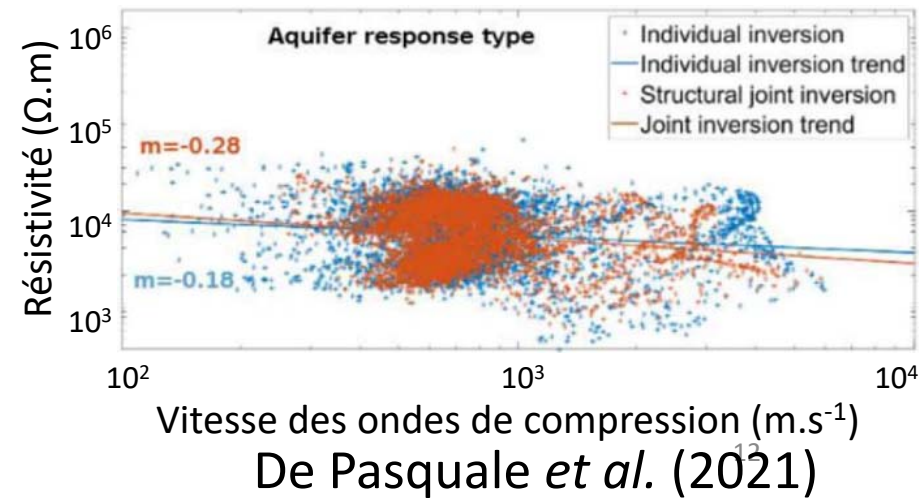
Milieu hétérogène, non tabulaire

# Ce qui reste à faire en géophysique

- Vérifier/confirmer le pointé en sismique et l'inversion des ondes de compression
- Réaliser le pointé des ondes de surface afin d'évaluer les vitesses des ondes de cisaillement, en déduire le coefficient de Poisson, car ces propriétés sont sensibles à la présence de fluide
- Réaliser l'inversion électrique et sismique sur la même maille de modèle
- Etudier les relations résistivité/vitesse des ondes/définir des lois de comportement...



Bachrach et Nur (1998)    Cho et Santamarina (2001)



# Conclusion / Perspectives

Résultats HyResMin2 NEEDS 2021 :

- La géophysique fournit une géométrie du tas
- La géophysique va permettre une évaluation des propriétés hydrodynamiques du milieu

Projet HyResMin3 NEEDS 2022 :

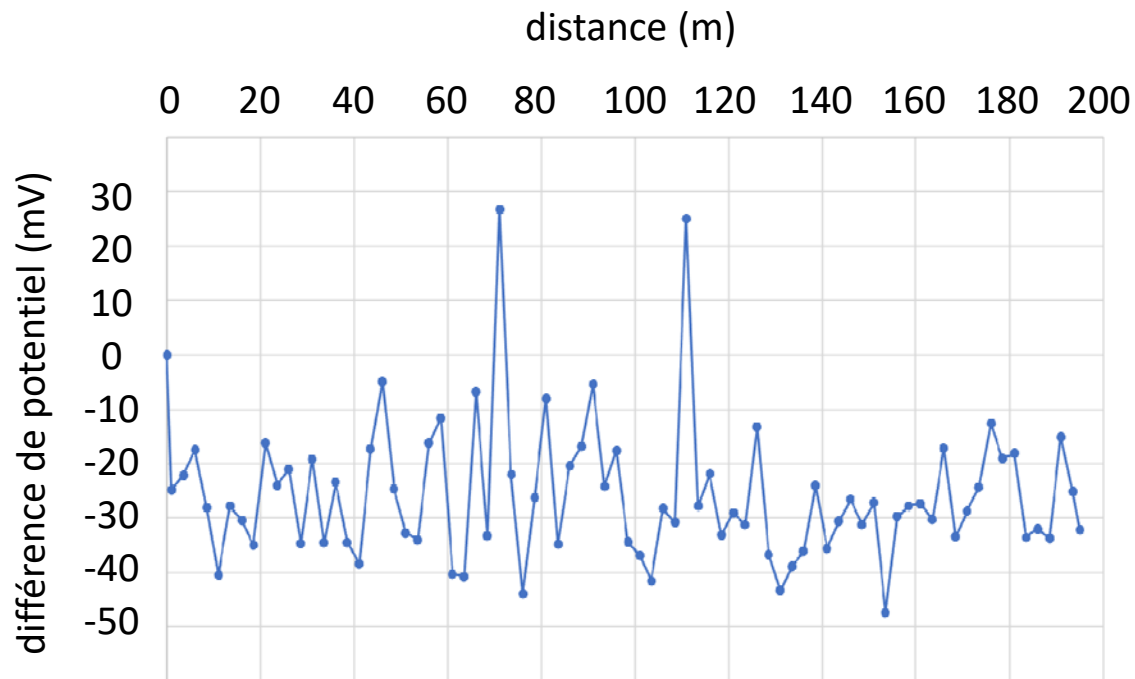
- Modélisation hydrogéologique en prenant en compte la géométrie donnée par la géophysique
- Calage des propriétés hydrodynamiques / aller-retour avec la géophysique

Projet NEEDS HyResMin=Modélisation Hydrodynamique au sein de Résidus Miniers en milieu non saturé

**Merci de votre attention  
&  
Merci à NEEDS et à Orano**

**Projet NEEDS HyResMin=Modélisation Hydrodynamique au sein de Résidus Miniers en milieu non saturé**

# Potentiel Spontané (PS)



- Valeurs homogènes exceptées en 2 points
- Absence de signal dû à une circulation verticale de fluide

# ERT & tomographie sismique sur le même maillage

