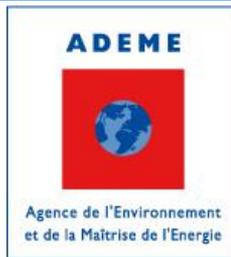


Journées techniques  
28 et 29 mai 2013

Gestion des sites et sols  
pollués



## Les substances volatiles : caractérisation, modélisation des transferts, surveillance

*Retour d'expérience des projets CITYCHLOR, FLUXOBAT et ATTENA*

# Approche Intégratrice des Outils Géophysiques



INERIS

maîtriser le risque  
pour un développement durable



Géosciences pour une Terre durable  
brgm

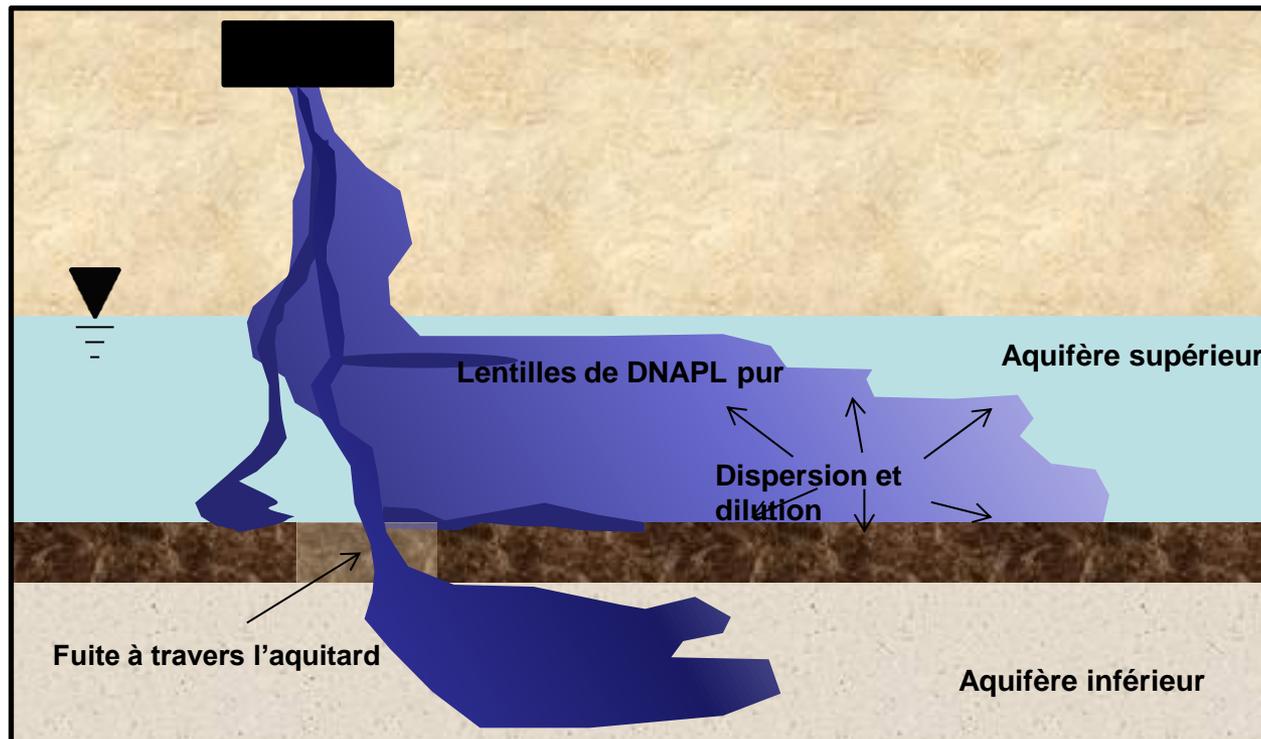
# Qu'est-ce que la géophysique ?

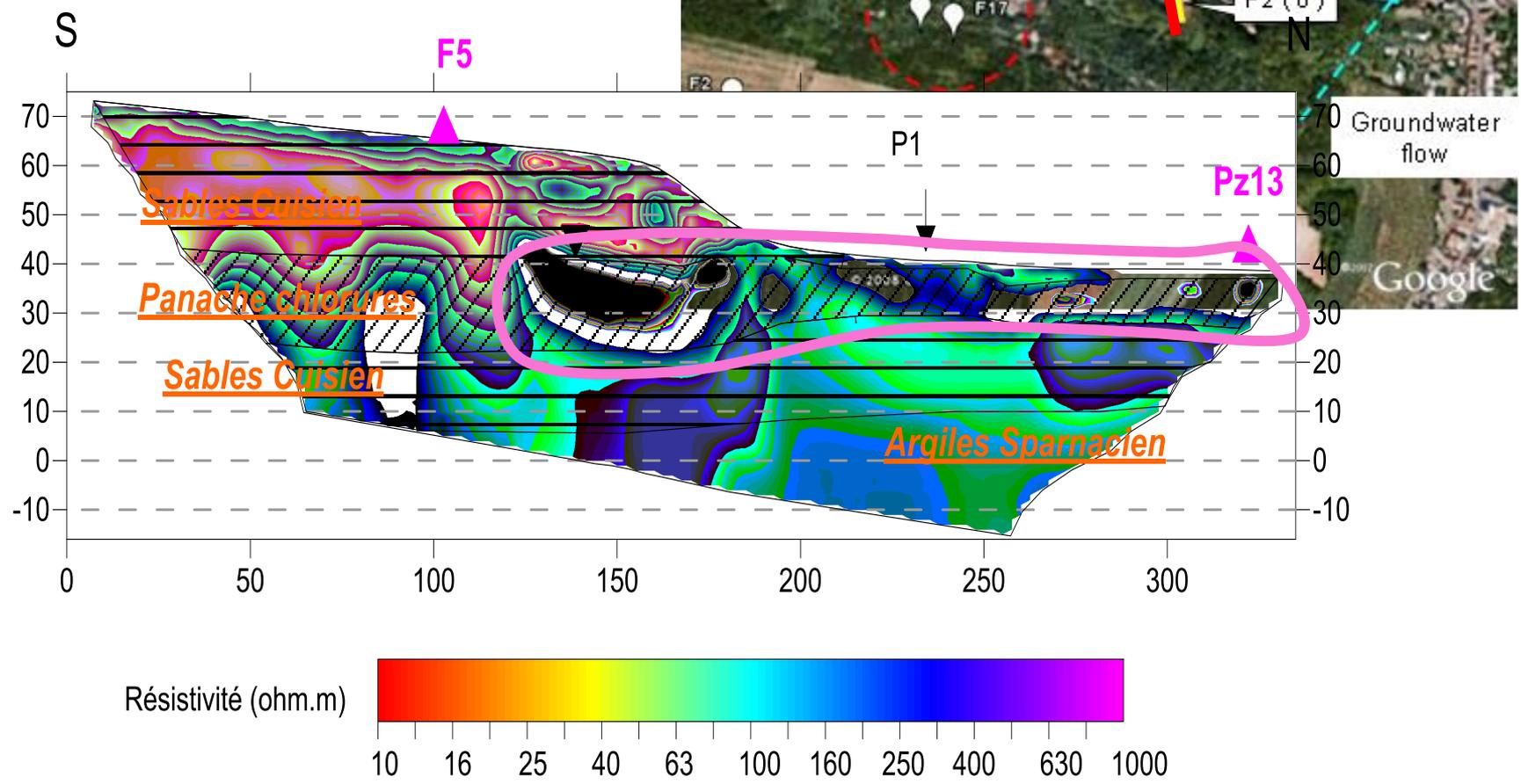
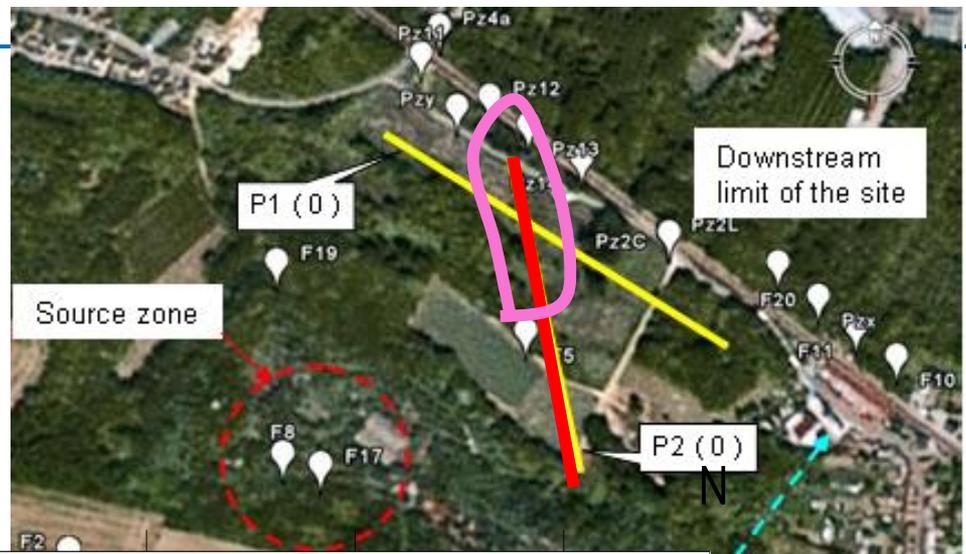
- > Etude des caractéristiques physiques de la Terre
- > Techniques de mesures indirectes
  - Gravimétrie,
  - Géomagnétisme,
  - Méthodes sismiques,
  - Méthodes électriques / électromagnétiques
  - Radar géologique,
  - Résonance Magnétique des Protons,
- > Géophysique
  - Méthode intégratrice
  - Information continue
    - spatialement
    - Temporellement
  - Répétition de mesures pour surveillance

# Objectifs de la géophysique dans le cadre de la surveillance de l'Atténuation Naturelle

- > Compléter le schéma géologique et hydrogéologique
  
- > Améliorer le diagnostic de pollution
  - Identification de sources
  - Extension des panaches
  - Connexion entre nappes
  - Ouvrages pérennes de caractérisation / surveillance
    - Optimiser le positionnement
    - Optimiser le nombre
  - Positionnement et nombre des forages
  
- > Surveiller l'extension / atténuation de la pollution

# Schéma d'une pollution par DNAPL





# Quels paramètres géophysiques mesurer ?

## > Propriétés électriques

- Résistivité (conductivité) électrique
  - Inversement proportionnelle à
    - Concentration électrolytique
    - Porosité efficace
    - Argilosité
- Chargeabilité électrique
  - Effet capacitif du milieu
  - Autre dénomination
    - Polarisation Provoquée (PP)
    - Effet de phase
    - Conductivité imaginaire
  - Caractérise des propriétés d'interface
    - Présence de biofilm
    - Les HC modifie les propriétés de surface des minéraux

## > Polarisation Spontanée (PS)

- Création d'un champ électrique naturel
  - Couplage électro-redox : gradient de potentiel redox

# Influence de la croissance bactérienne

## Croissance bactérienne et métabolisme dans le milieu poreux

*Microbes + carbone organique + nutriments + substrat minéral*

### Production de biomasse

*Cellules microbiennes  
polysaccharides extracellulaires  
biofilms*

### Génération de métabolites

*Acides organiques  
Gaz biogéniques  
Biosurfactants*

*Effets engendrés par les bactéries  
Réactions bactérie-minéral-eau  
Réactions redox  
Augmentation de la température*

### Génération de métabolites

*Colmatage de pores  
Aire de surface / rugosité  
Géométrie des pores rétrécissement  
Tortuosité*

### Peut conduire à des changements physiques ou chimiques

*Augmentation de la dissolution minérale  
Changements de la chimie du fluide poral  
Augmentation de la porosité*

*Réduction d'espèces  
Gradients redox  
Précipitation minérale augmentée  
Biominéralisation*

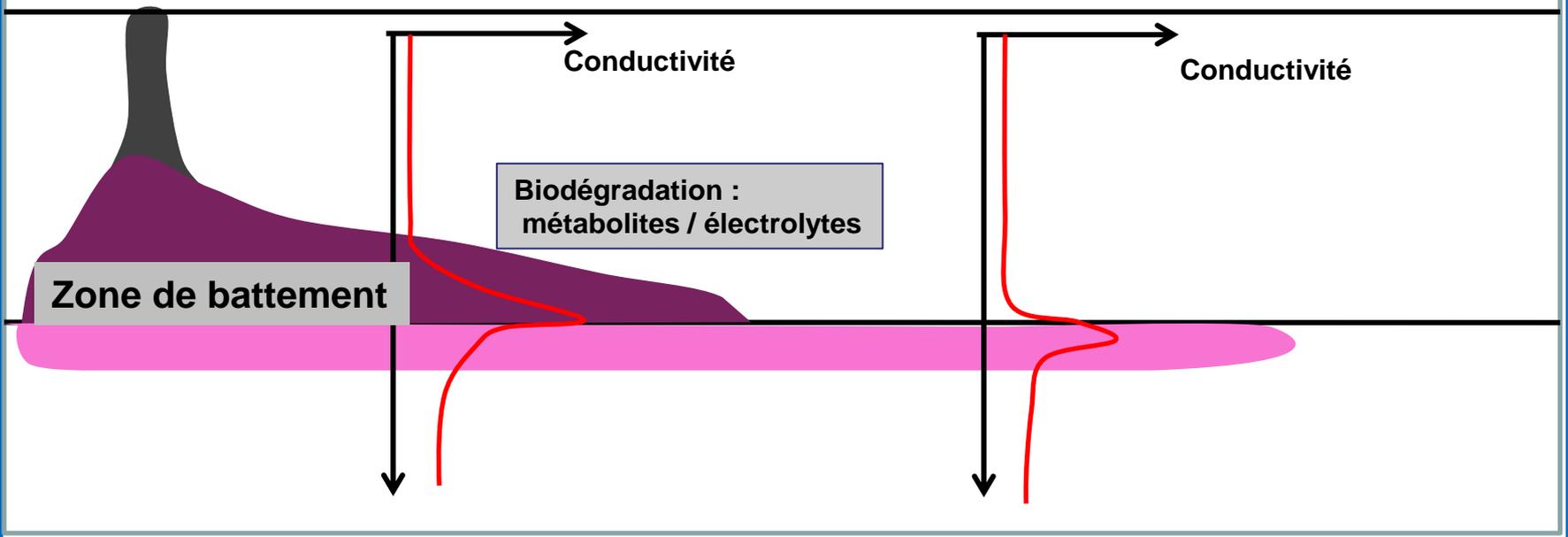
## Changements des propriétés géophysiques

*Par ex. conductivité électrolytique et interfaciale  
Potentiels électrochimiques  
Perméabilité magnétique  
Permittivité diélectrique  
Module d'élasticité*

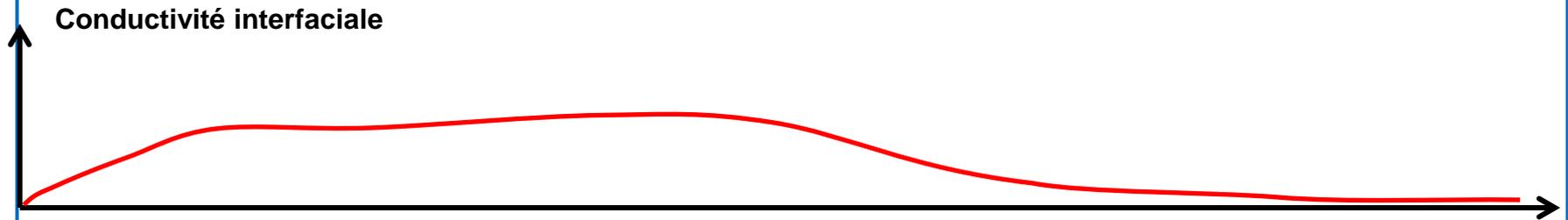
# Conductivité électrolytique (LNAPL)



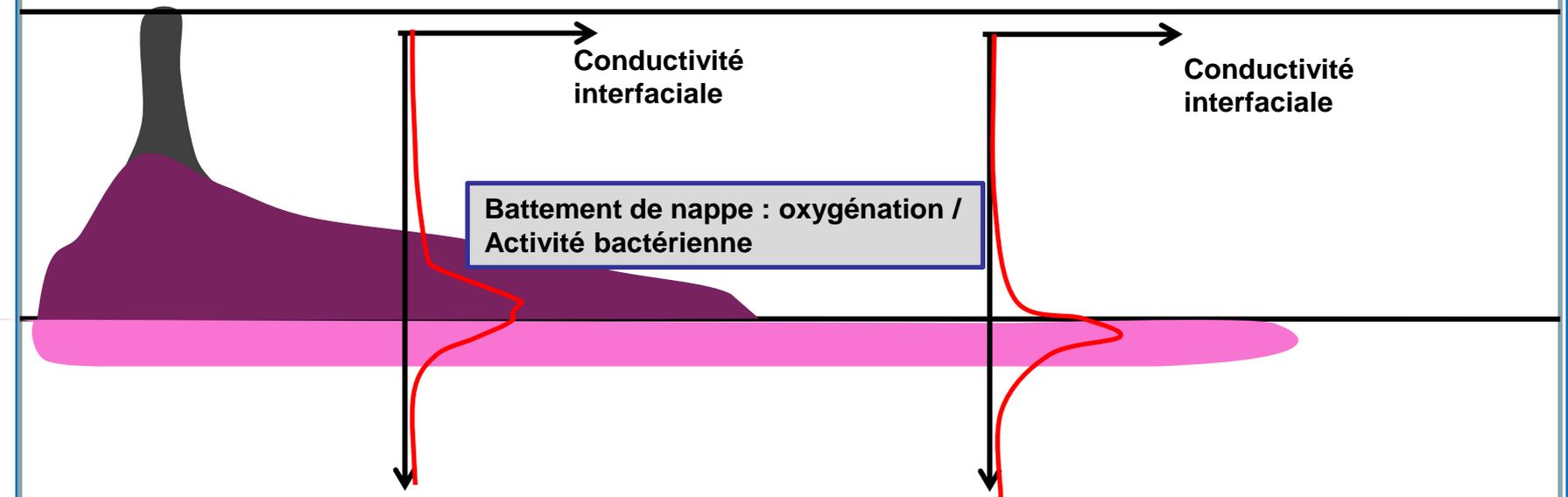
## Source



# Conductivité interfaciale (imaginaire)

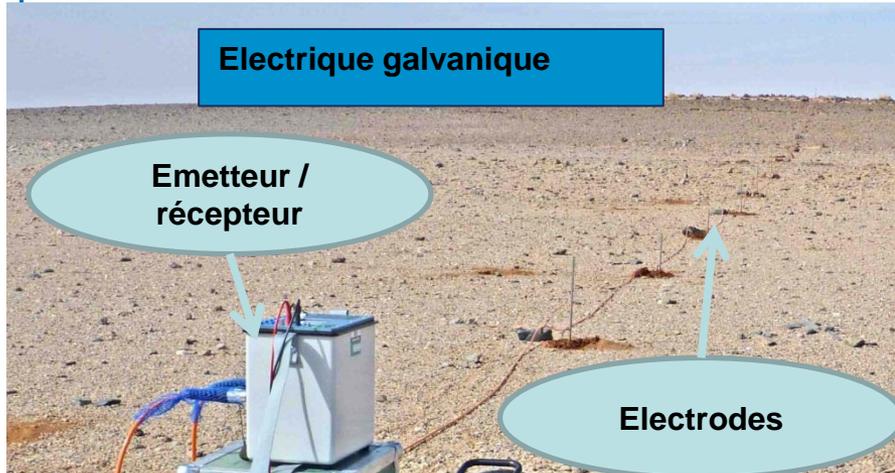


## Source

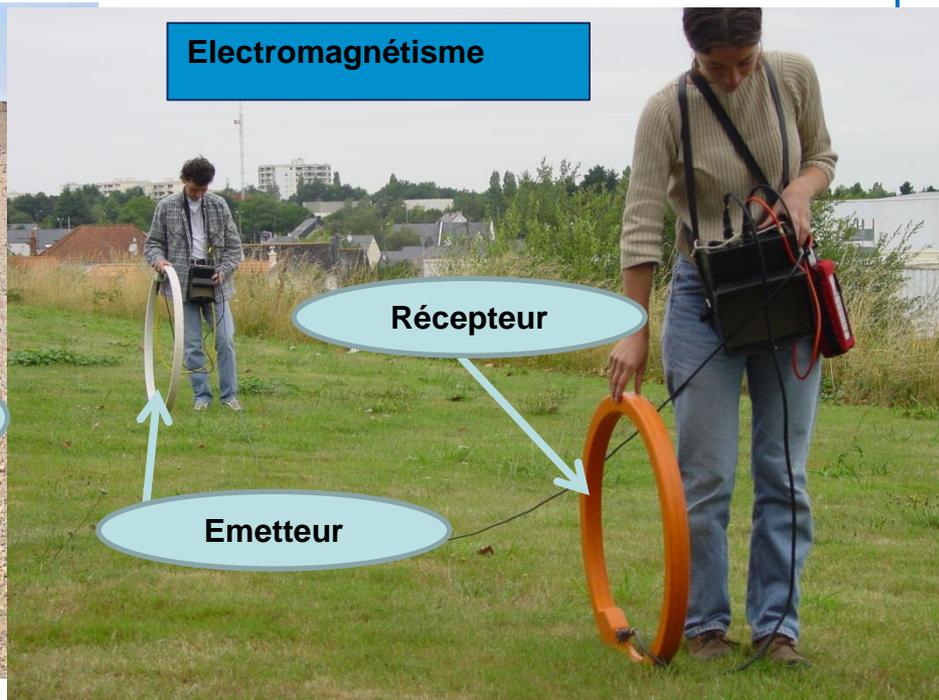


# Un aperçu de la mise en œuvre

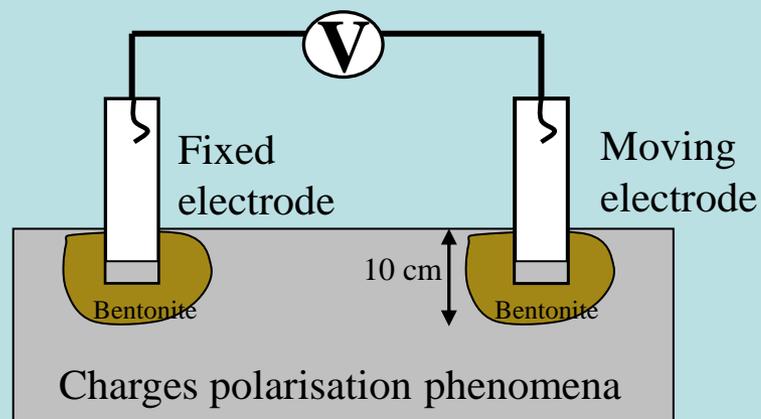
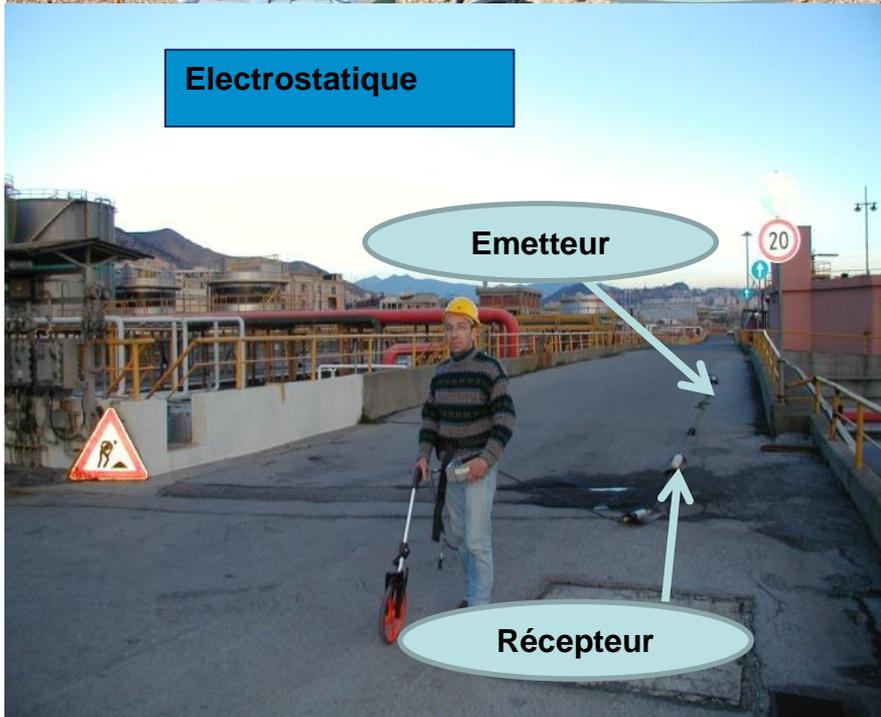
## Electrique galvanique



## Electromagnétisme



## Electrostatique

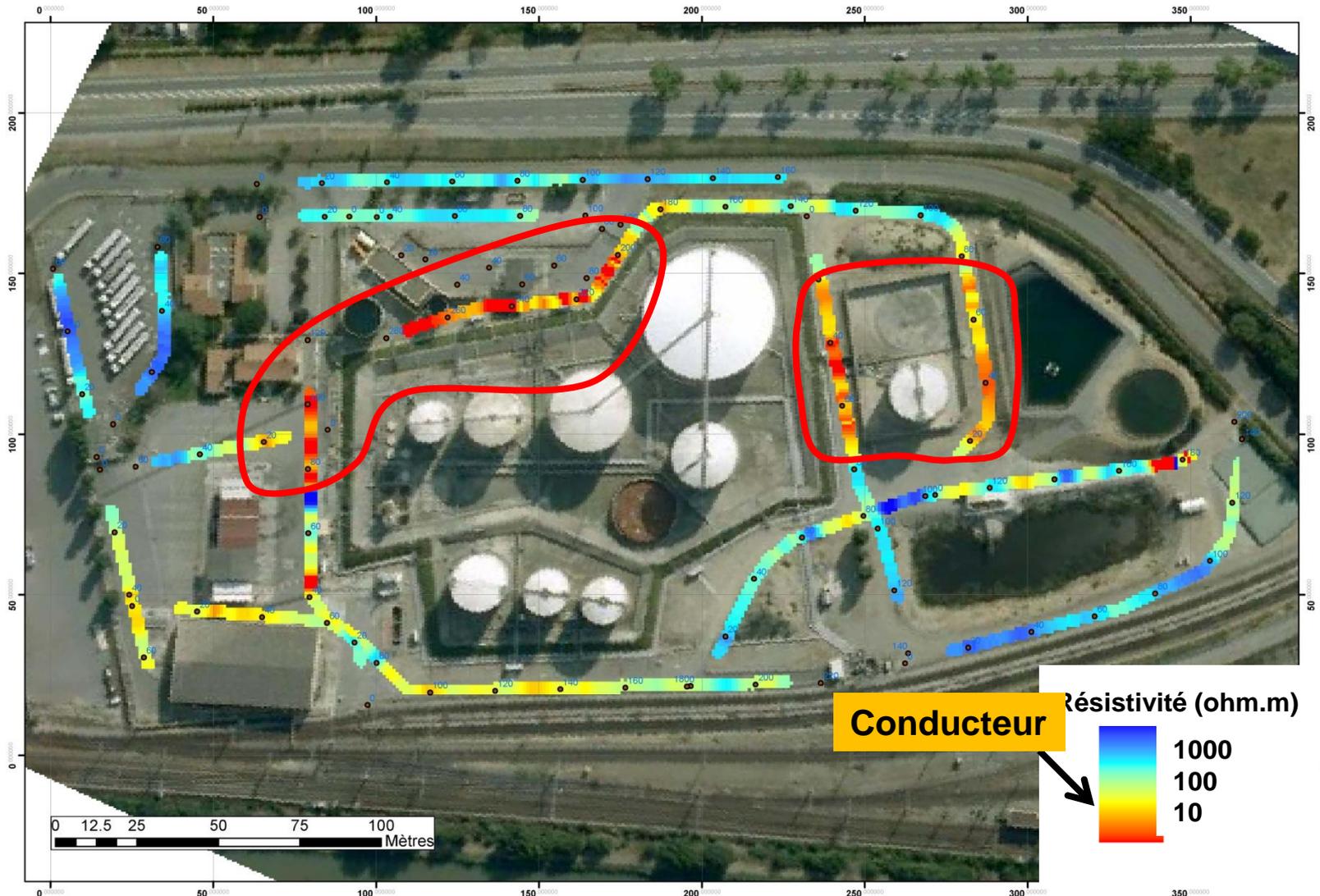


# Illustration 1 : HC dégradé ou non dégradé

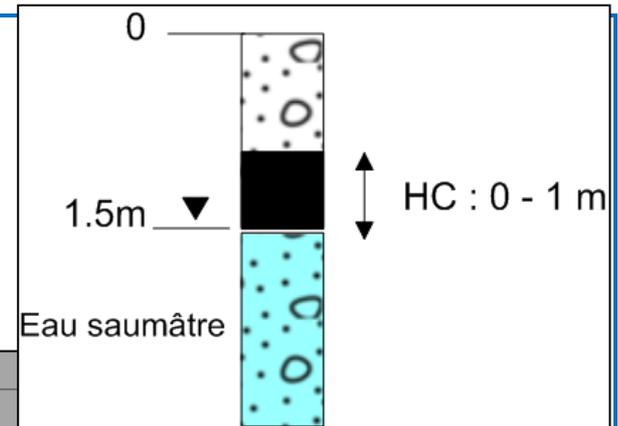
## > 2 dépôts d'hydrocarbures pétroliers

- Site A : pas de biodégradation des hydrocarbures (produits « frais »)
- Site B : biodégradation des hydrocarbures

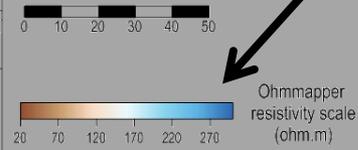
# Illustration 1 : OhmMapper sur routes (Site 3)



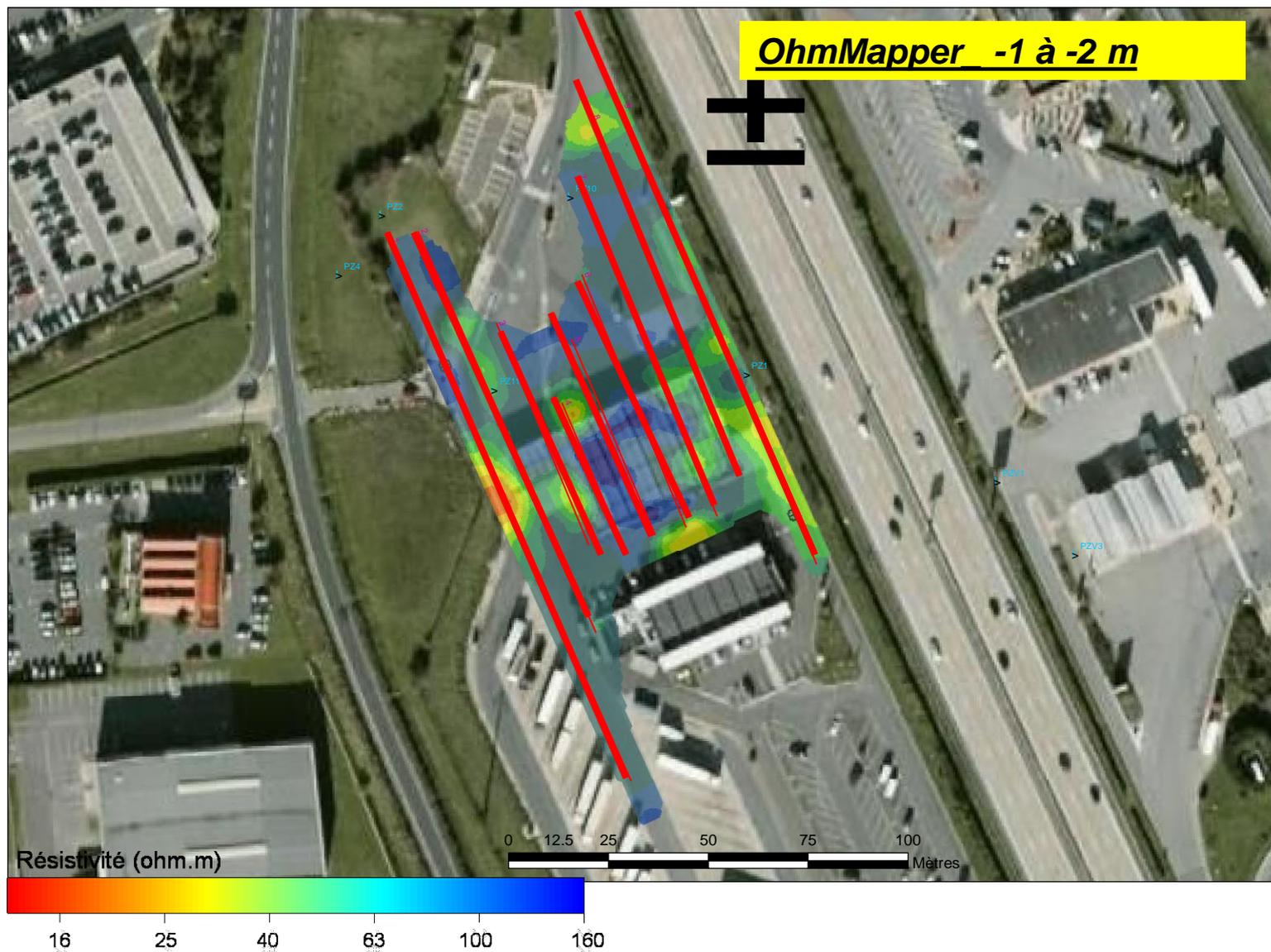
# Hydrocarbures non dégradés



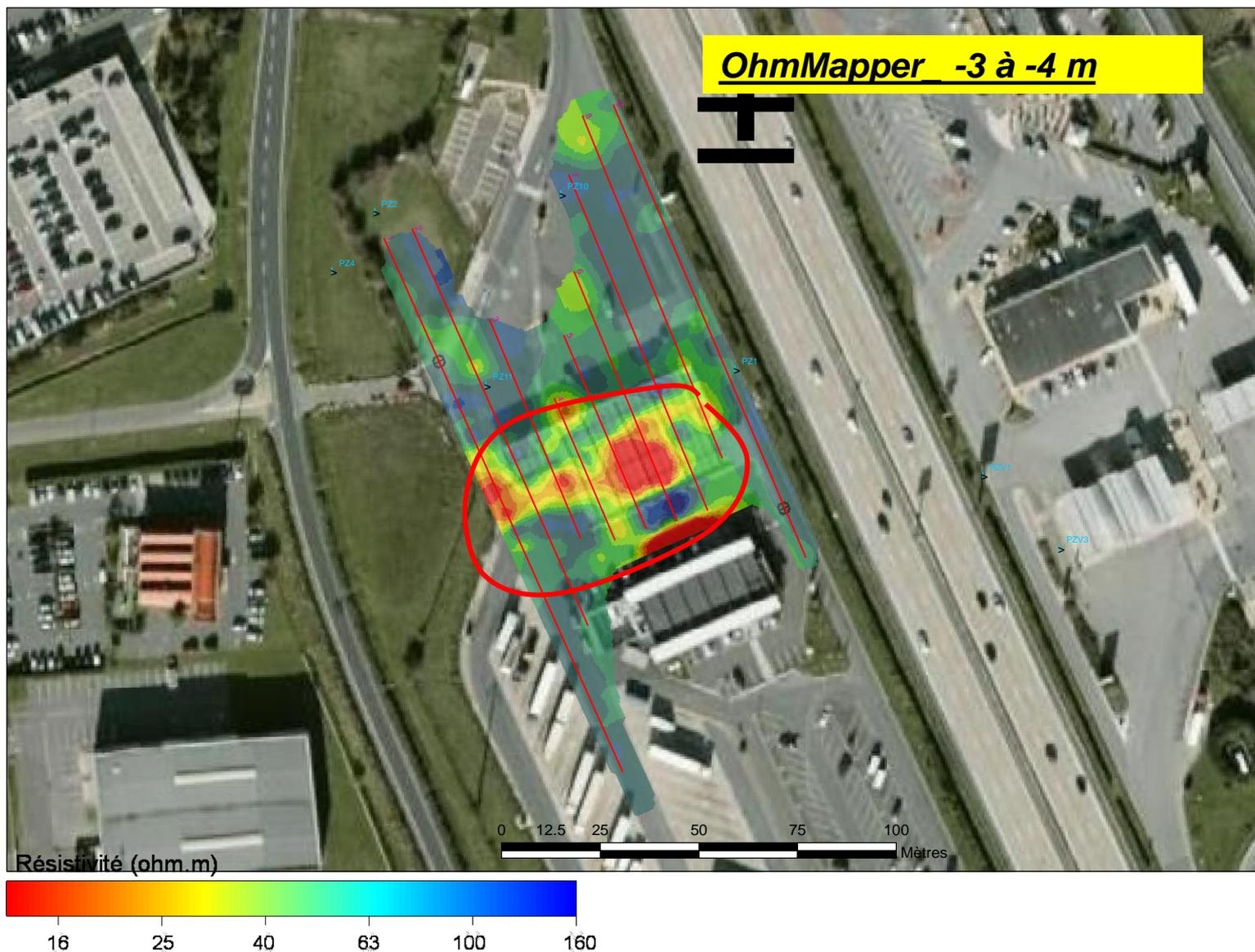
**Résistant**



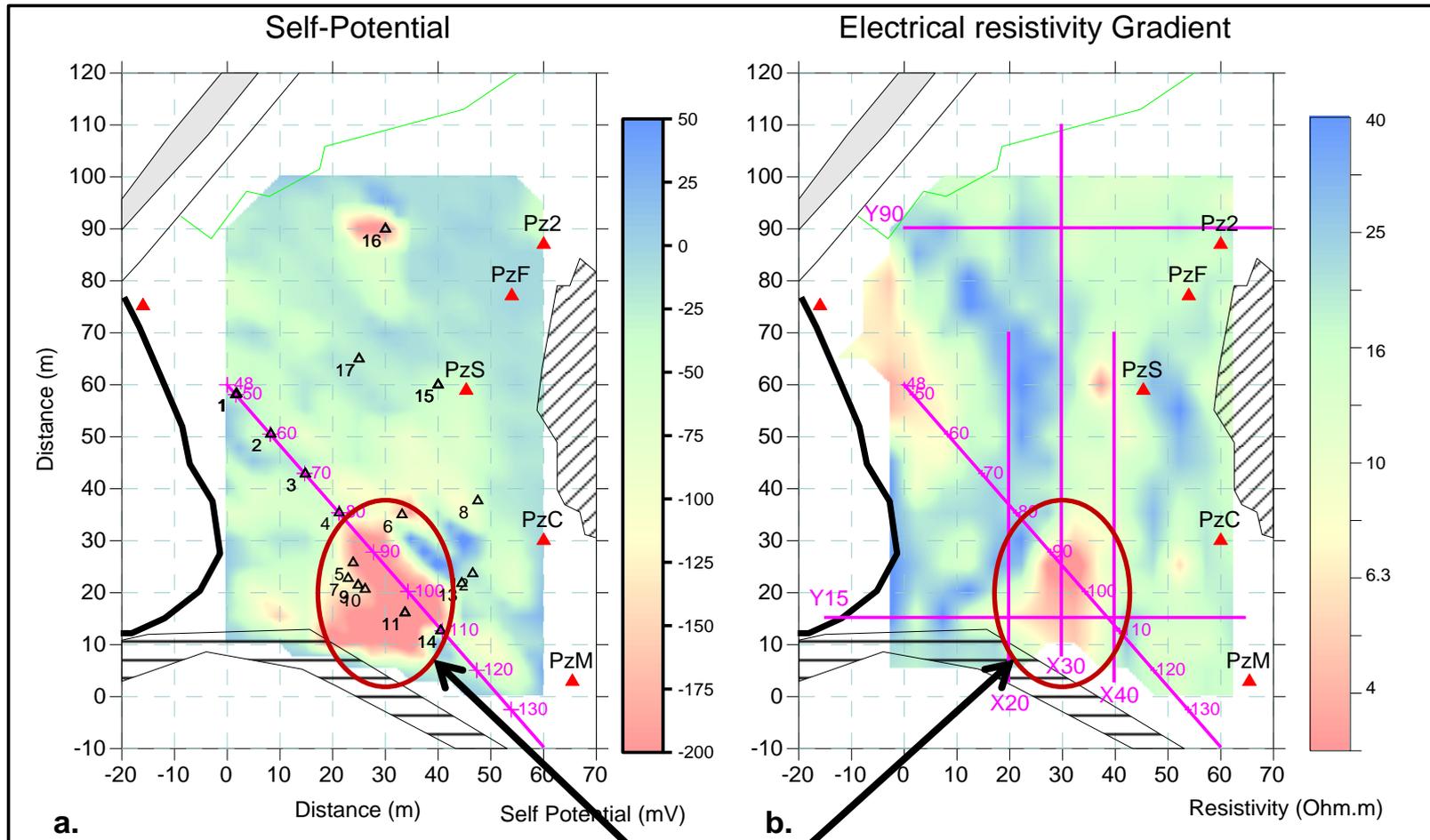
# Hydrocarbures dégradés (site 3 bis)



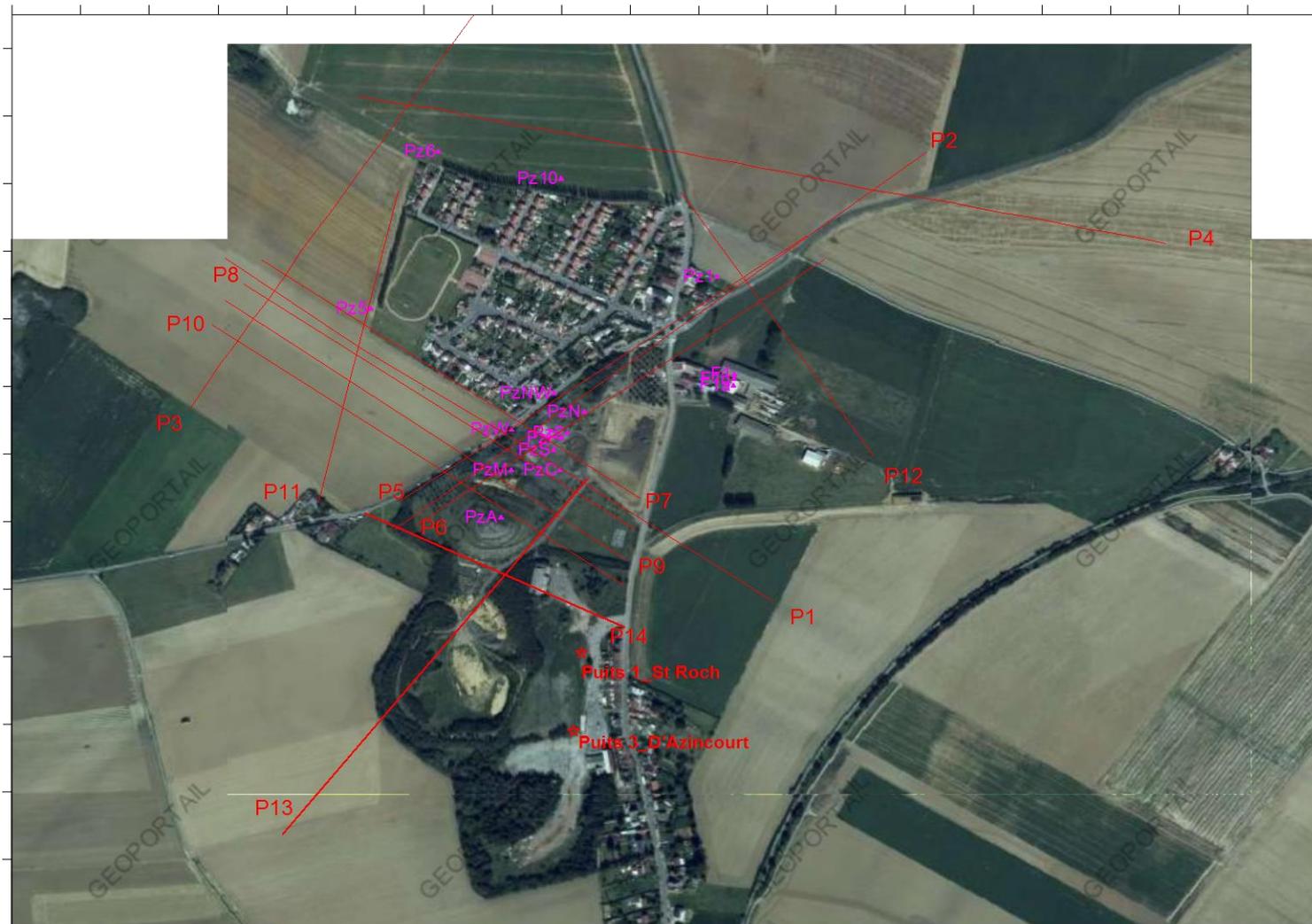
# Hydrocarbures dégradés (site 3 bis)

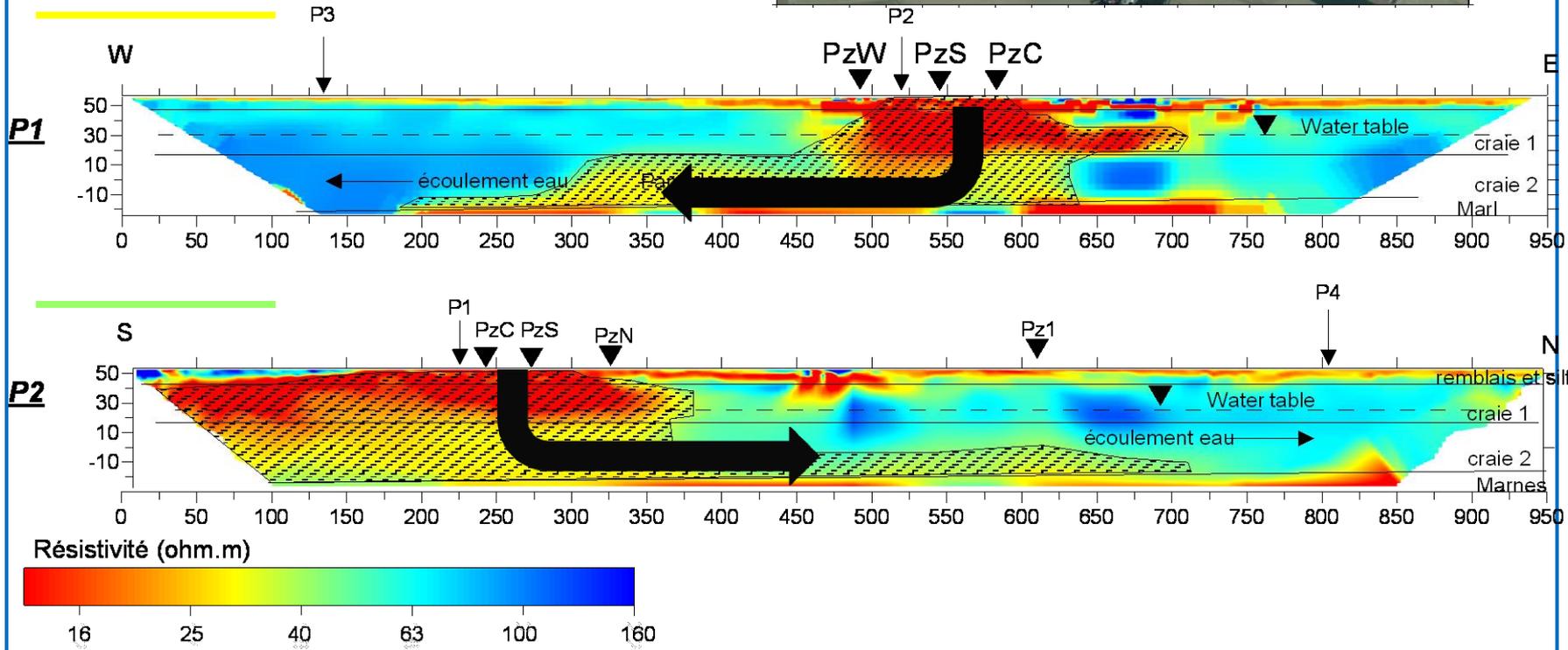
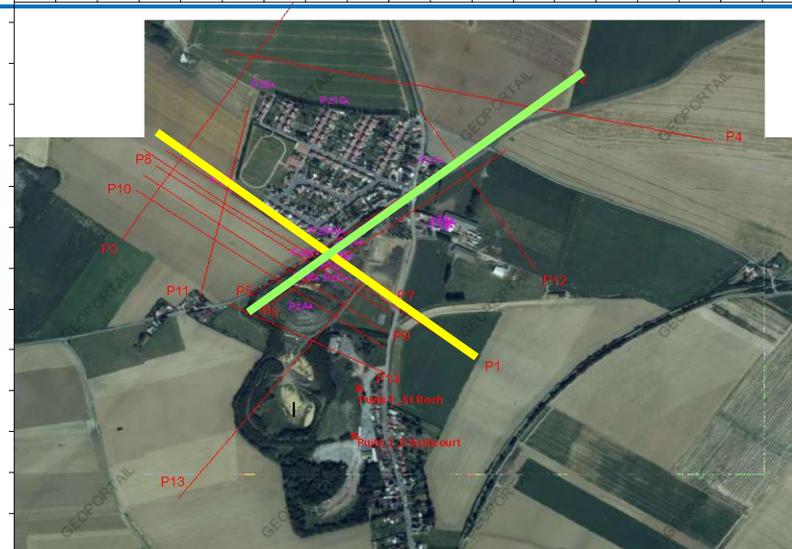


# Illustration 2 : diagnostic de sources (Site 2)



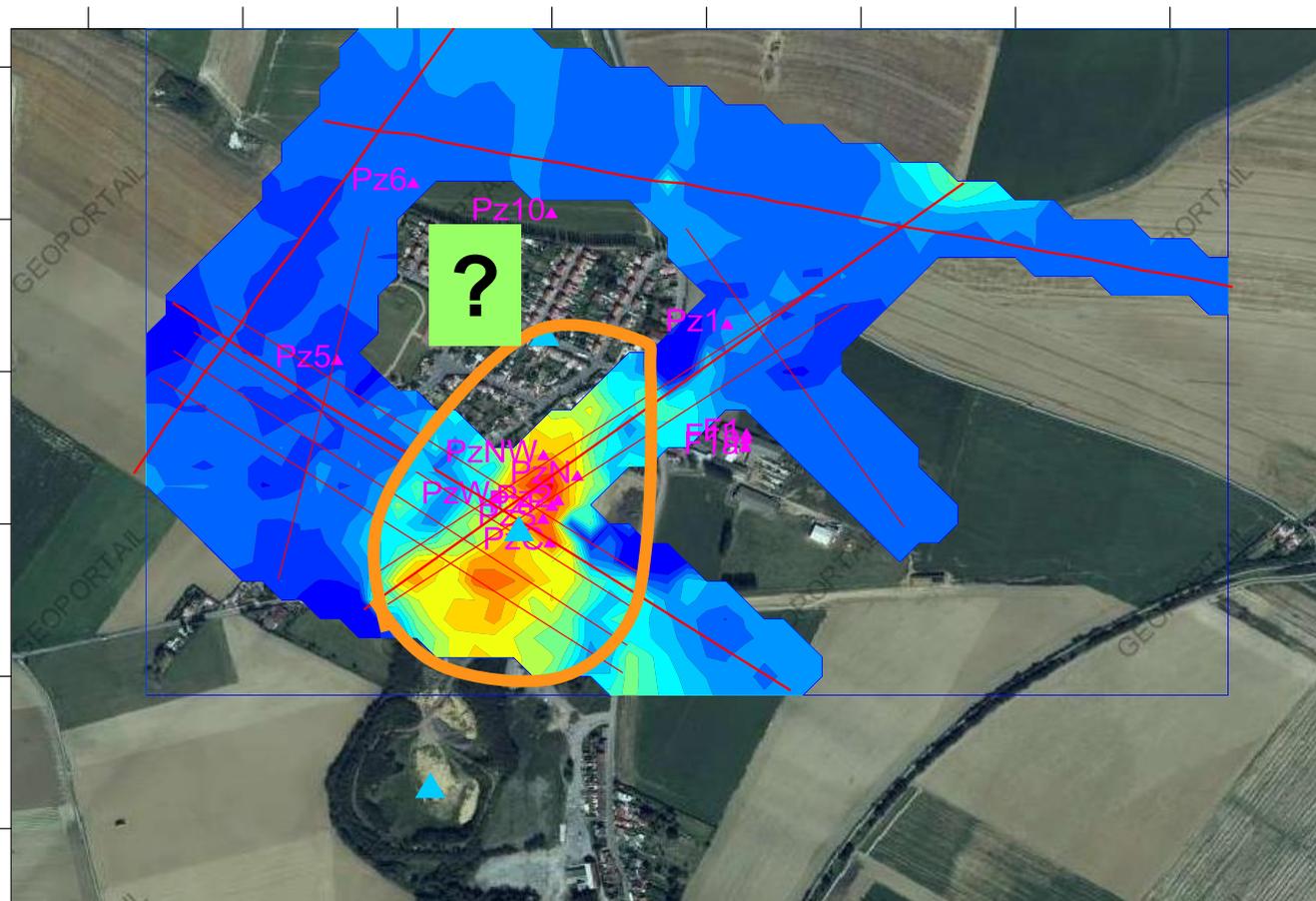
## Illustration 3 : Extension du panache (site 2)





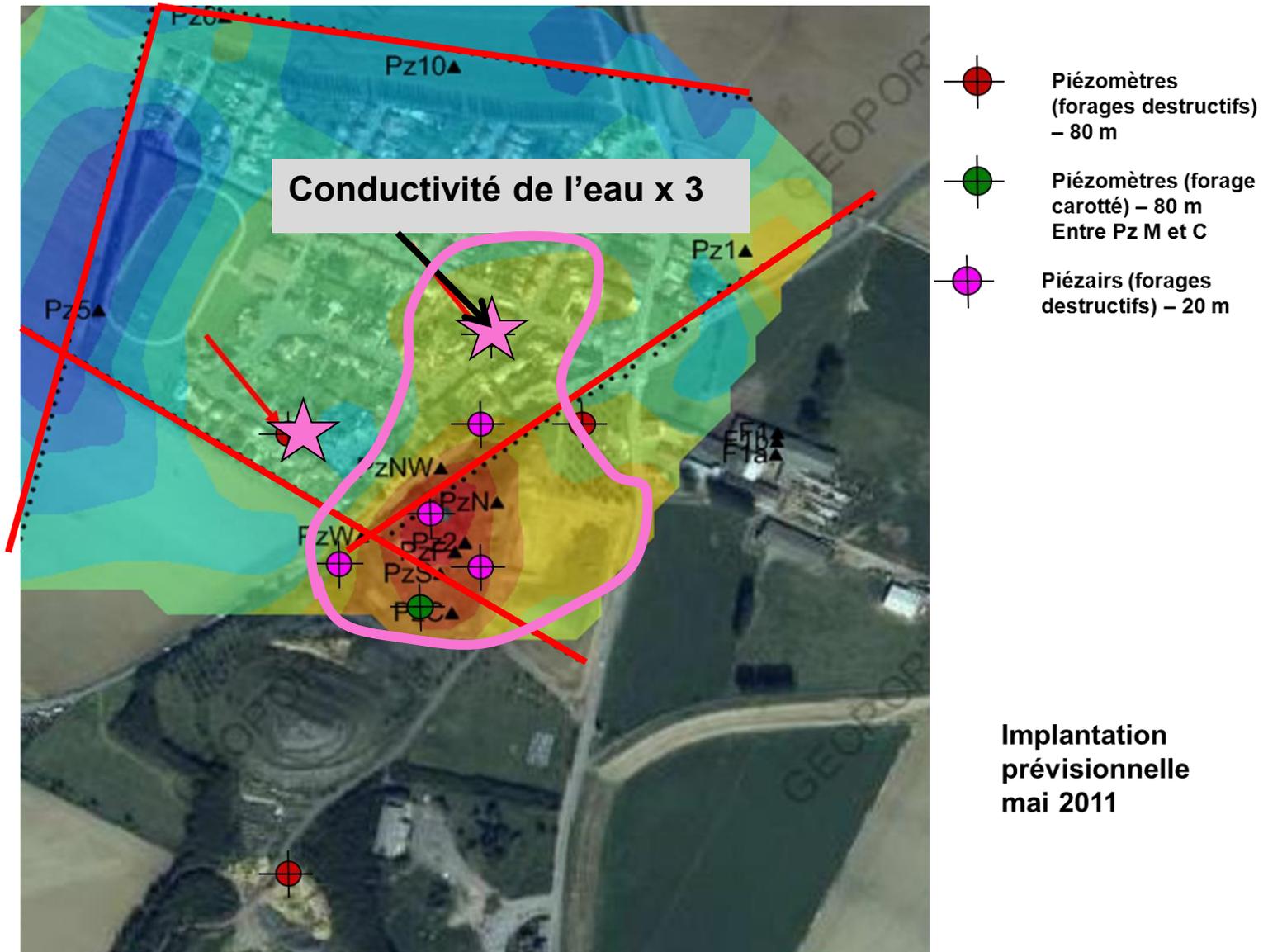
# Site 2 : extension et évolution du panache

Altitude 30 à 40 m  
Profondeur -30 à -40 m



Résistivité (ohm.m)

# Site 2 : extension et évolution du panache



# Stratégie de mise en œuvre sur le terrain

- > Diagnostic géophysique s'inscrit en amont du diagnostic initial
  - après l'historique de site
  - Méthodes très intégratrices
    - Levé gradient (rectangle) de résistivité / PP
    - Levé Potentiel Spontané
- > Diagnostic géophysique ciblé
  - Sur anomalie géophysique (grande échelle)
  - Suite aux ouvrages complétant l'existant
  - Tomographie (panneau) de résistivité / PP
- > Surveillance
  - Installation pérenne et télétransmission des données
  - Retour régulier sur site
  - Suite à un changement brutal (non expliqué) de paramètres
  - Toutes techniques envisageables suivant cas d'étude

# Apports pour la démonstration / limites

## > Limites

- Infrastructures enterrées ou de surface métalliques
- Béton armé
- Tuyaux parallèles aux profils
- Rails – grillages « à la terre »

## > Faibles concentrations

- Limites de détection non connues

## > Coût

- Pas d'étude exhaustive sur le coût / bénéfice de la géophysique dans un diagnostic / surveillance
- D'immobilisation du matériel pour la surveillance
  - Potentiel spontané est un bon compromis mais d'utilisation limitée

# Conclusions

- > La géophysique doit apporter un bénéfice
  - Coût
  - Temps
  - Encore mal évalué
- > La Géophysique est un outil encore sous-utilisé dans les sciences de l'environnement
  - Souvent mal utilisée
  - Demande une bonne expérience
  - Doit être implantée et interprétée avec un ingénieur environnement connaissant le site à étudier
  - La diversité des cas d'étude implique une diversité des réponses géophysiques
    - Techniques
    - Mise en œuvre
    - Faire appel à des BE proposant une grande diversité de méthodes