

Surveillance et Detection des Anomalies

Diagnostic d'une digue:
rappel méthodologique
issu de l'expérience d'EDF

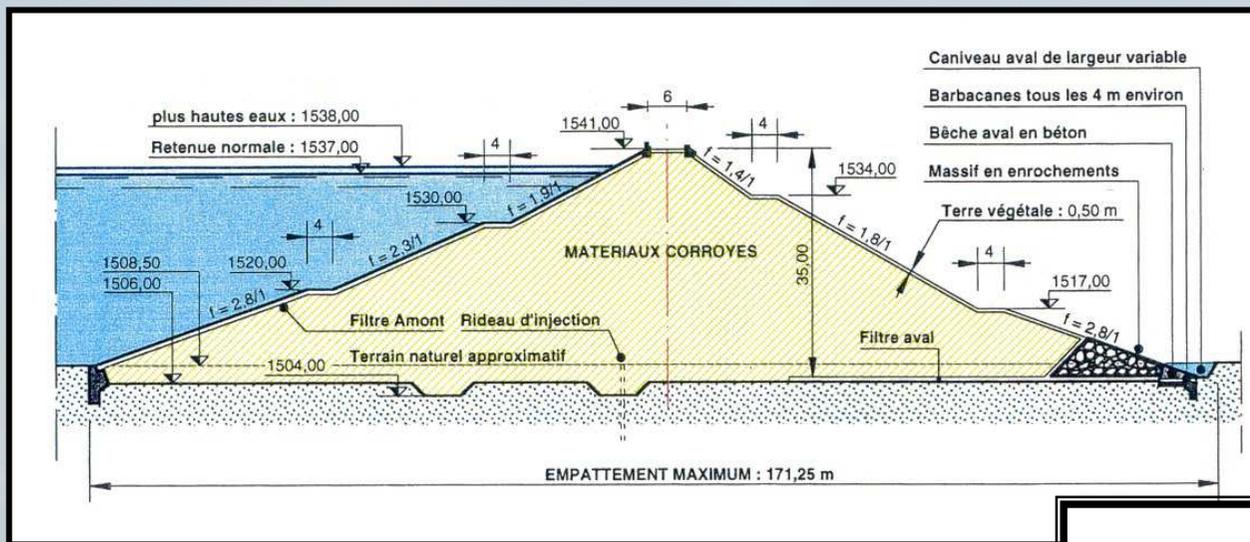
Jean-Paul BLAIS - Service Géologie - Géotechnique- EDF -

La méthodologie utilisée par EDF, pour la détection de fuites a été développée sur de nombreux ouvrages



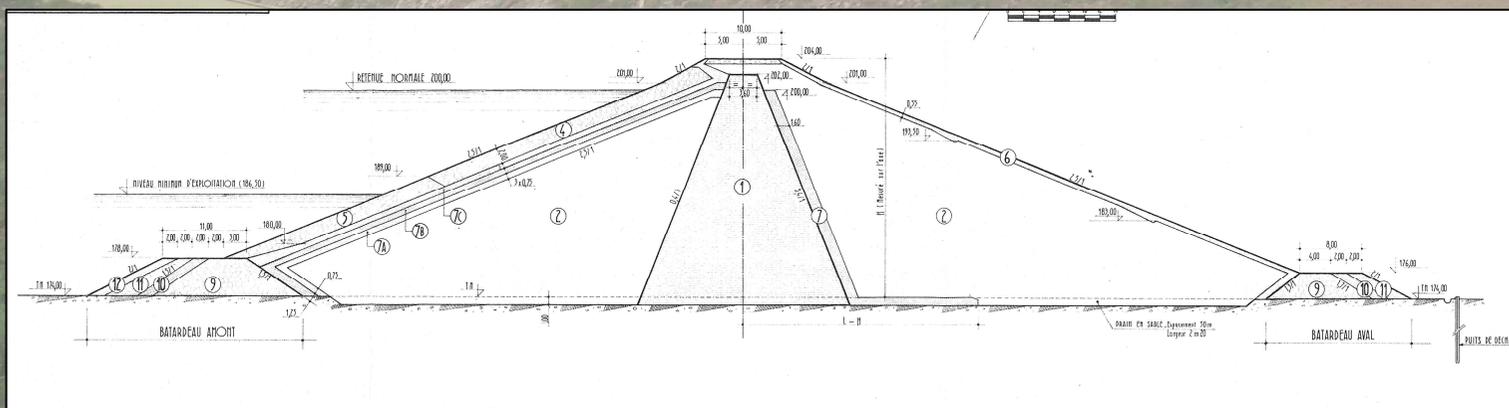
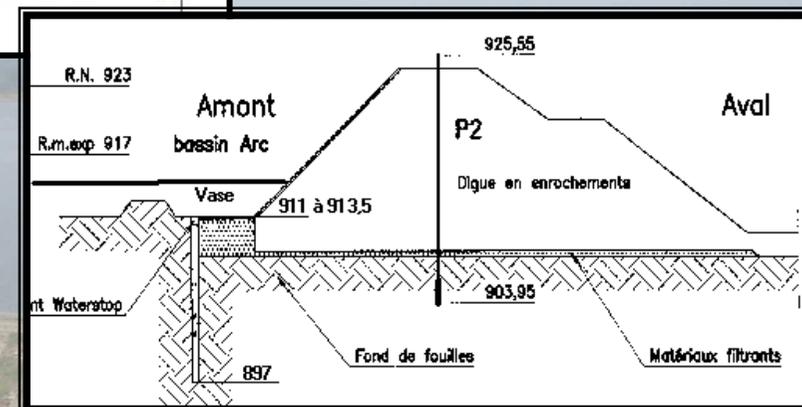
- Dignes de protection des berges ou canaux de navigation
- Barrages hydroélectriques





Ouvrages très différents:

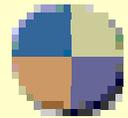
- ✓ Conception
- ✓ Étanchéité
- ✓ Conditions fondation



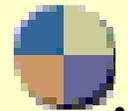
1. Méthodologie du diagnostic



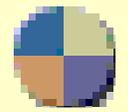
3 Phases:



1. Recherches d'indices



2. Reconnaissance par méthodes non destructives



3. Validation anomalies géophysiques et caractérisation des matériaux par réalisation de reconnaissances destructives

Diagnostic et optimisation des travaux de maintenance

Phase 1: Inspection visuelle et recherche d'indices

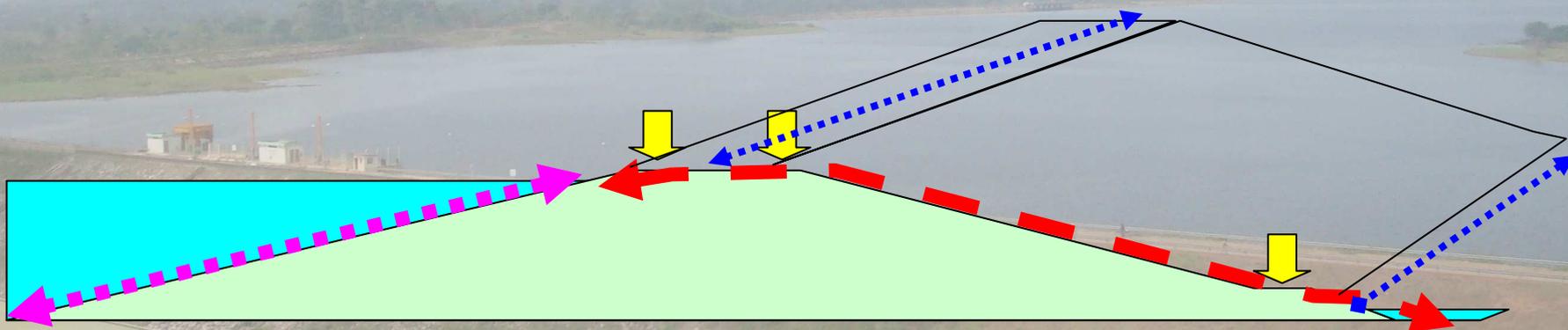
- ✓ Recherche historique
- ✓ Étude géologique:
→ identification des matériaux environnants: digues + fondation
- ✓ Inspection visuelle → indices révélant ou suspectant un désordre
(mouvements de terrain, zones d'érosion, ravinements, végétation particulière...)



Phase 2: Reconnaissance par méthodes non destructives



La reconnaissance géophysique sur une digue consiste à déduire les caractéristiques internes de l'ouvrage, en étudiant les variations d'un champ physique mesuré selon des profils en travers ou le long de l'ouvrage.



Résultat → Zonage de l'ouvrage: image interne reflétant nature et répartition des matériaux, zones remaniées, présence d'hétérogénéités, zones « fuyardes ».

Phase 2: Reconnaissance par méthodes non destructives



Le choix des méthodes dépend:

- Conditions locales (topographiques, environnementales, accès, bruit industriel ...)
- Existence de contrastes des paramètres physiques mesurés (résistivité, conductivité, permittivité, température...)
 - Sable sec = 500 à 10000 $\Omega.m$ \neq Sable humide = 100 à 300 $\Omega.m$
- Profondeur d'investigation (souvent > 20m)
- Vitesse d'exécution

Phase 2: Investigations par méthodes non destructives

Phase 2.1 ou INVESTIGATIONS à GRAND RENDEMENT Inspection d'acquisition géophysique rapide (plusieurs km/jour) :

- Méthodes électromagnétiques (VLF-RMT-EM 31-34)
- Panneaux électriques glissants (tomographie ou imagerie)
- Polarisation Spontanée
- Radar Géologique

Phase 2.2 ou INVESTIGATIONS LOCALES

Sur « zones suspectes » :

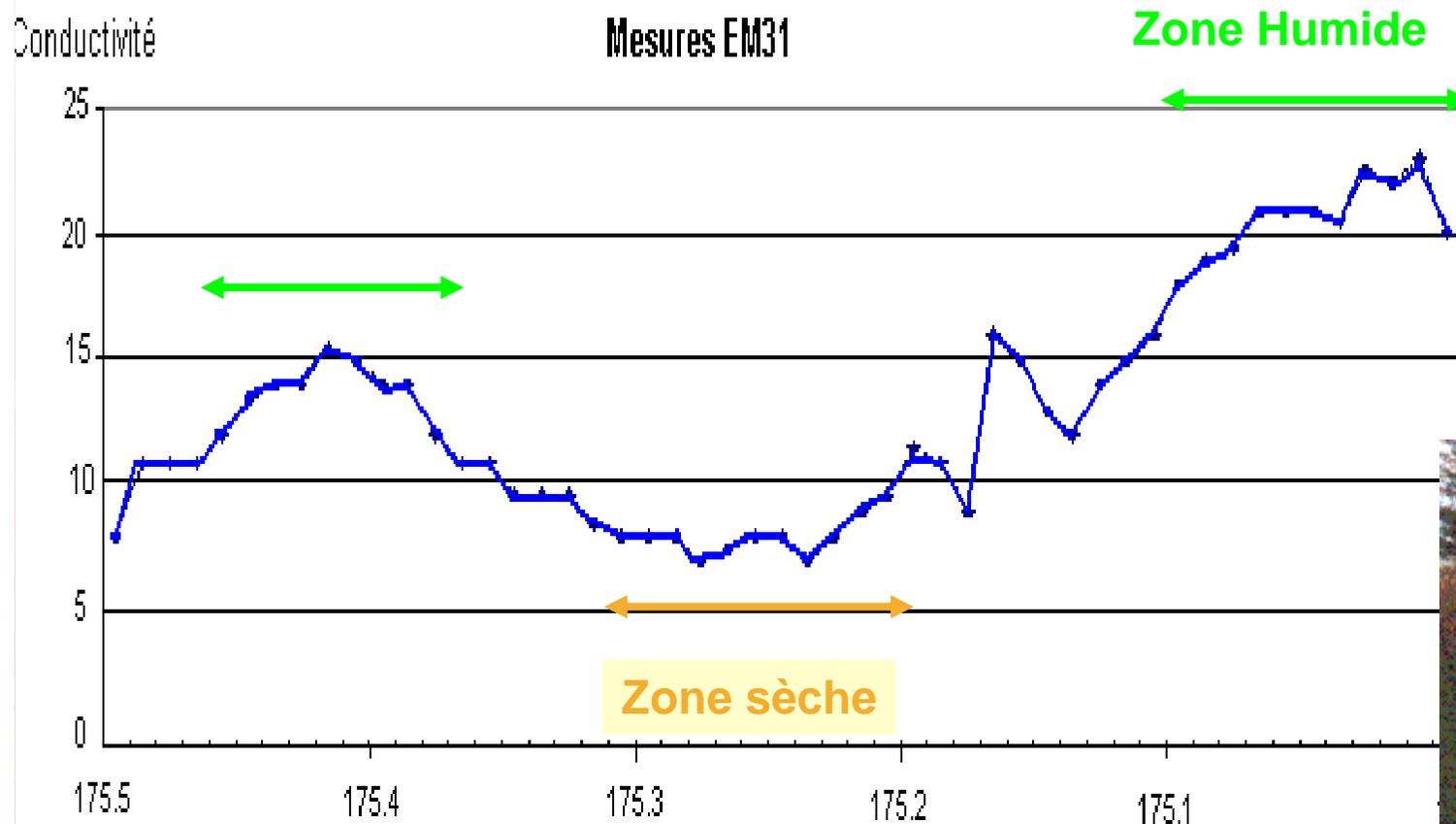
- Température, Radiométrie Thermique
- Radar Géologique
- Panneaux électriques (ou tomographies)
- Polarisation spontanée
- Méthode Acoustique
- sur zones de fuites identifiées → Traçage saumure

Phase 2.1: Investigations à Grand Rendement



► Mesures électromagnétiques (par mesure de la conductivité des sols)

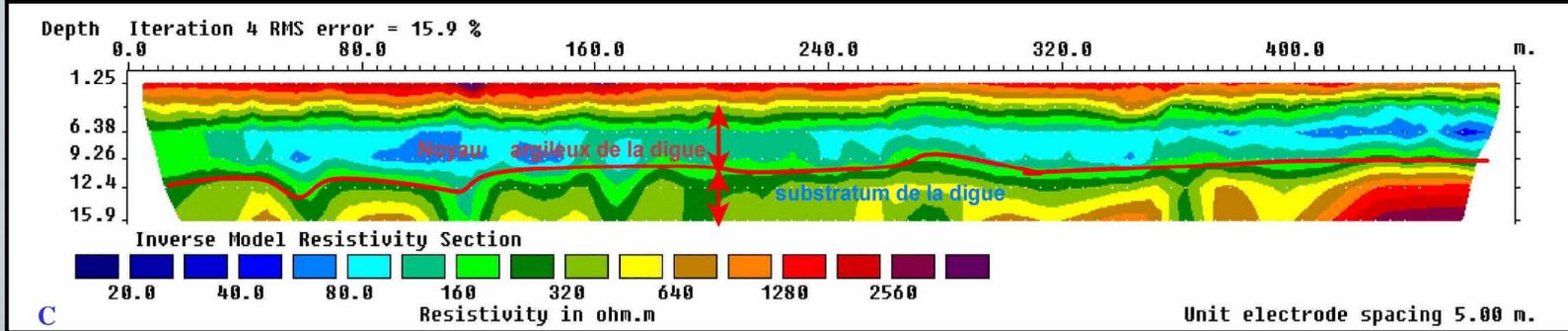
- Conductivité élevée = Argile & remblais argileux
- Conductivité basse = Sable, graviers, roches



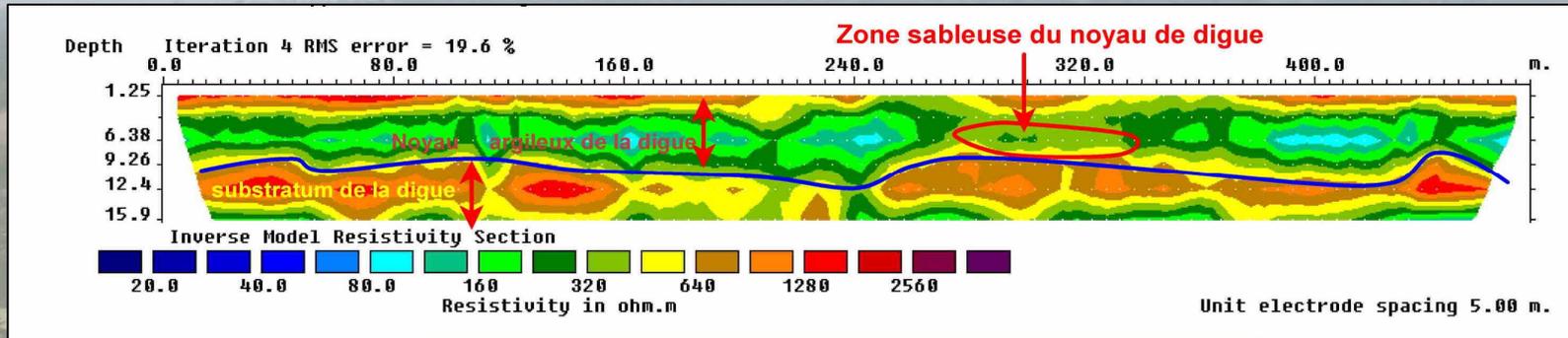
Phase 2.1: Investigations à Grand Rendement



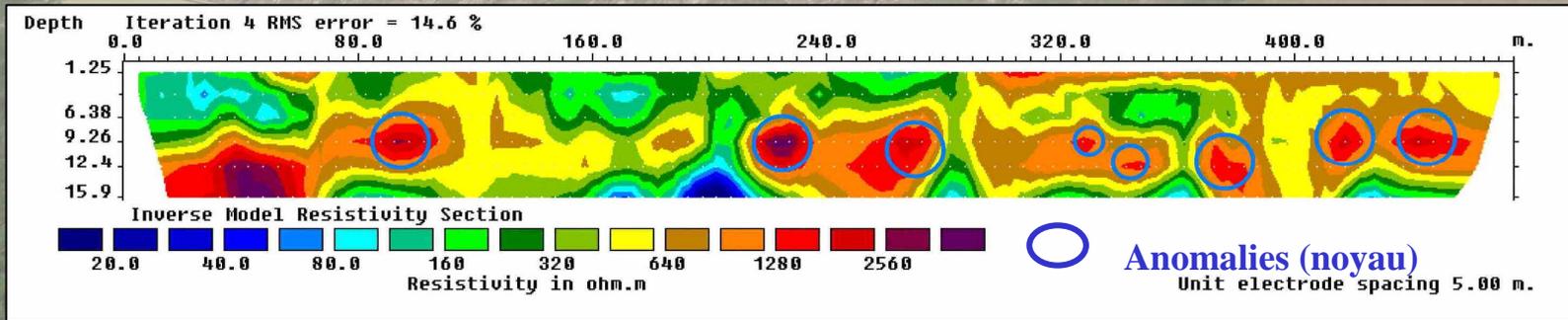
► *Panneaux électriques glissants (ou tomographie selon procédure roll along)*



Noyau homogène



Noyau hétérogène



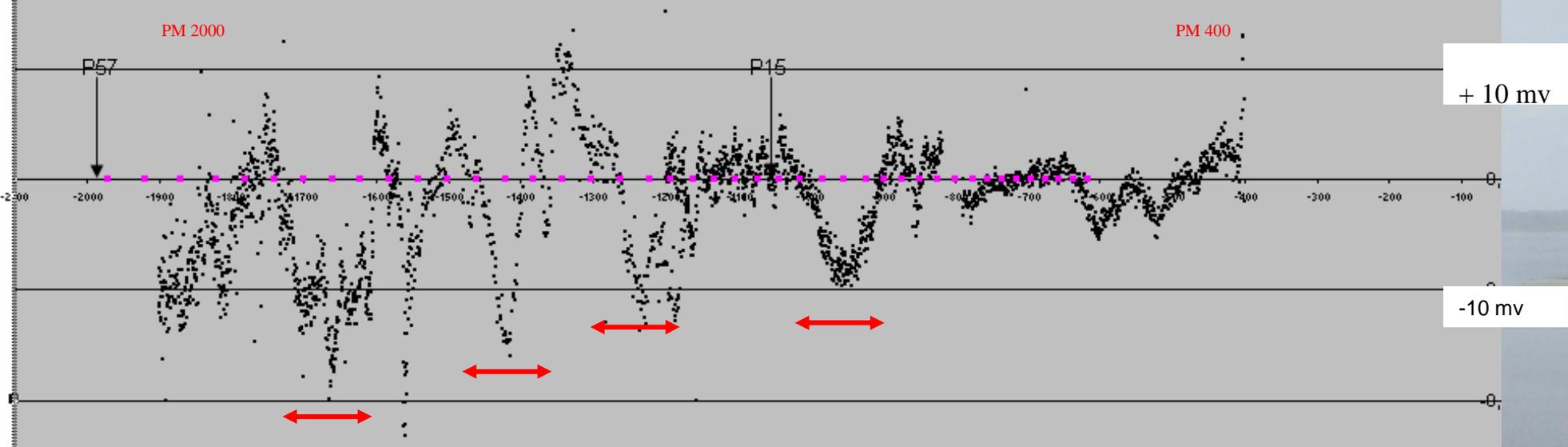
Noyau très hétérogène

- Niveaux résistants : matériaux graveleux, grossiers, plutôt secs
- Niveaux conducteurs: matériaux fins, silts argileux , plutôt humides

Phase 2.1: Investigations à Grand Rendement



► Mesures de polarisation spontanée



→ Détection d'une circulation d'eau dans un environnement poreux par la mesure de la distribution du potentiel électrique à la surface du sol

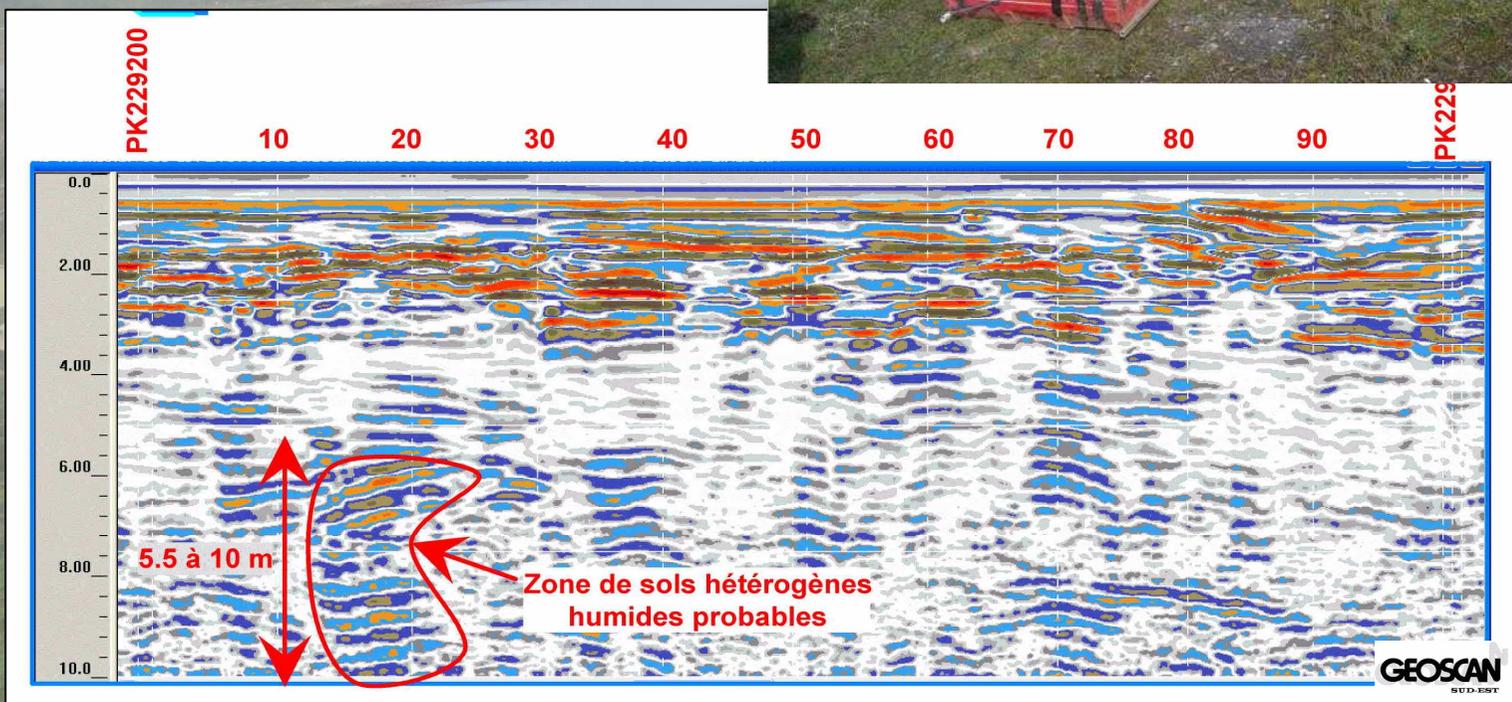
(diminution du potentiel → zone ponctuelle d'absorption.)



Phase 2.1: Investigations à Grand Rendement

► Radar Géologique

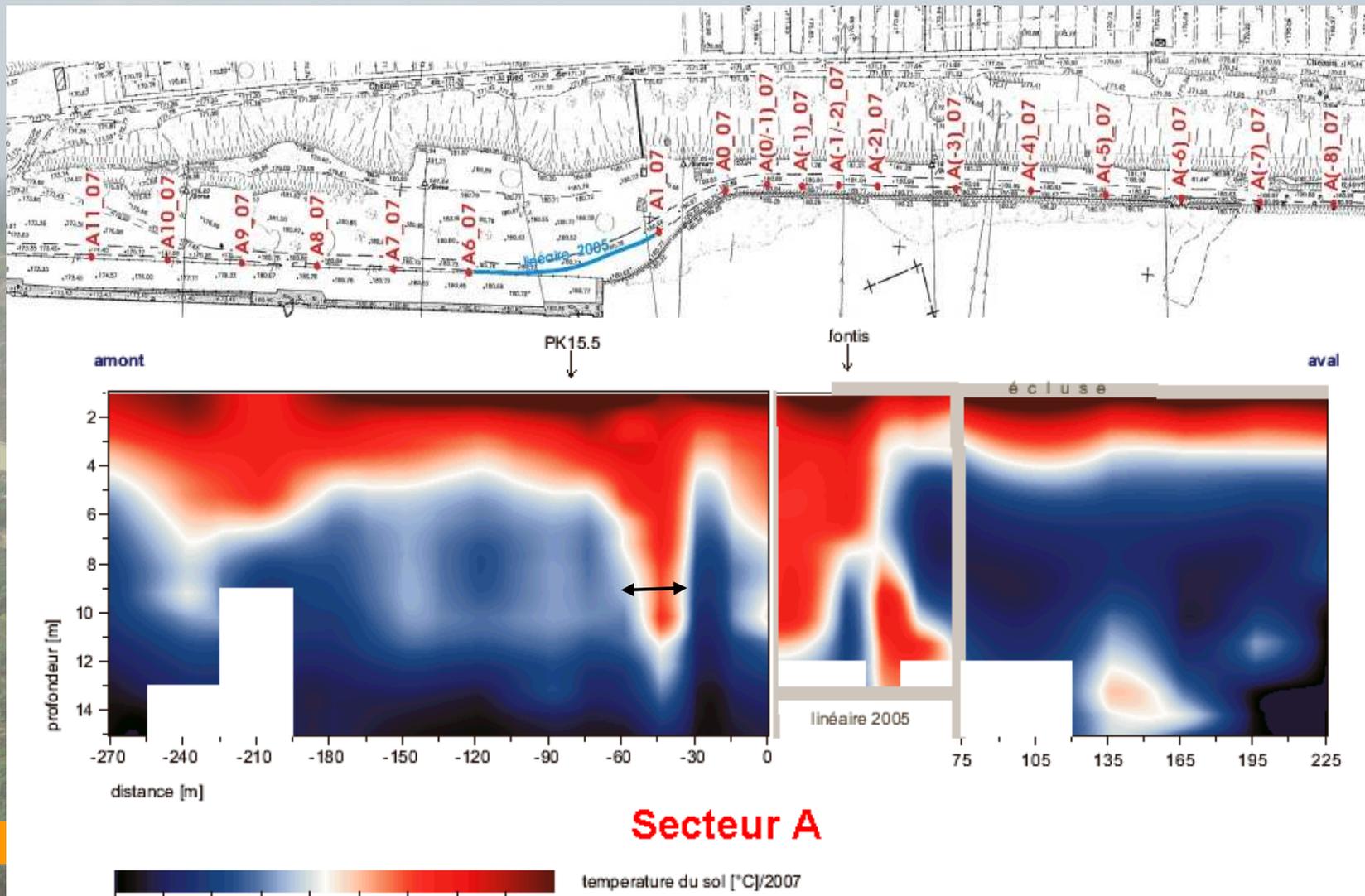
Étude de la propagation des ondes électromagnétiques dans le sol
→ Zones d'hétérogénéités



Phase 2.2: Investigations locales

► Mesures de températures dans sondages (GTC) ou piézomètres

→ Temperature proche temperature reservoir = indice d'écoulement



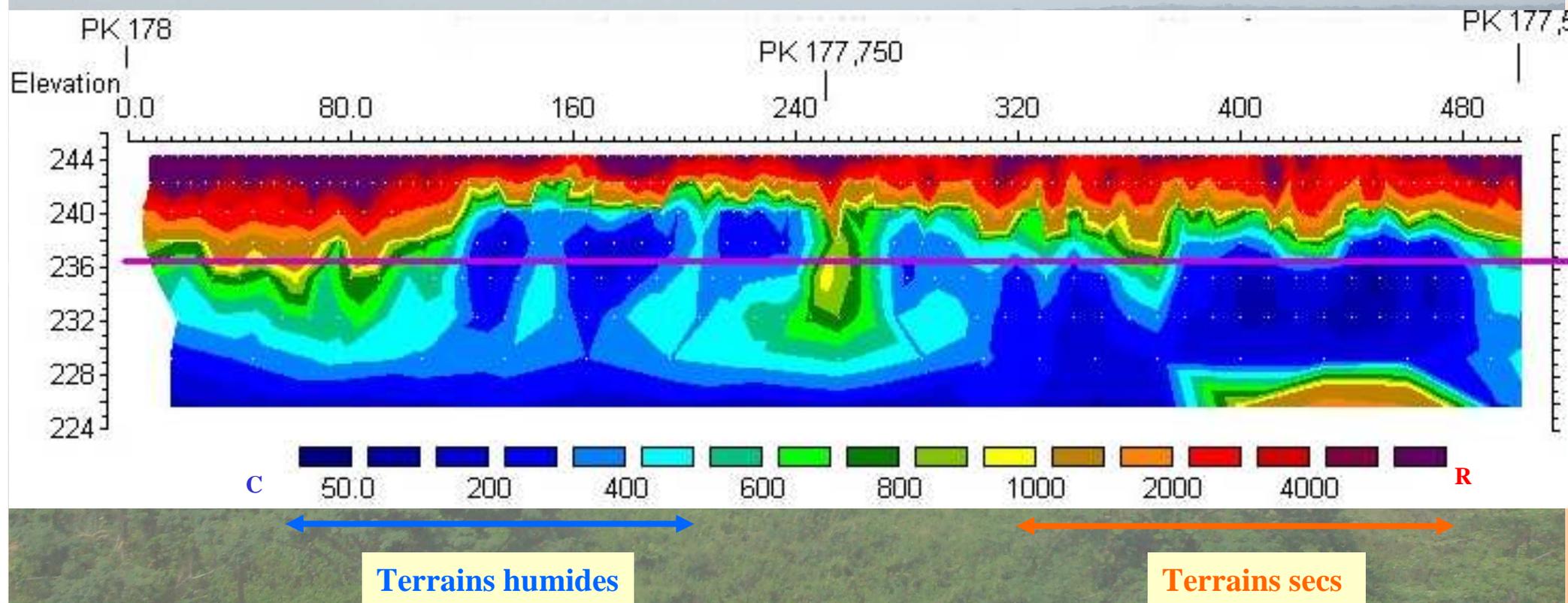
Secteur A

Phase 2.2: Investigations locales



► Tomographie électrique dipole-dipole

→ Detection de la distribution spatiale des résistivités

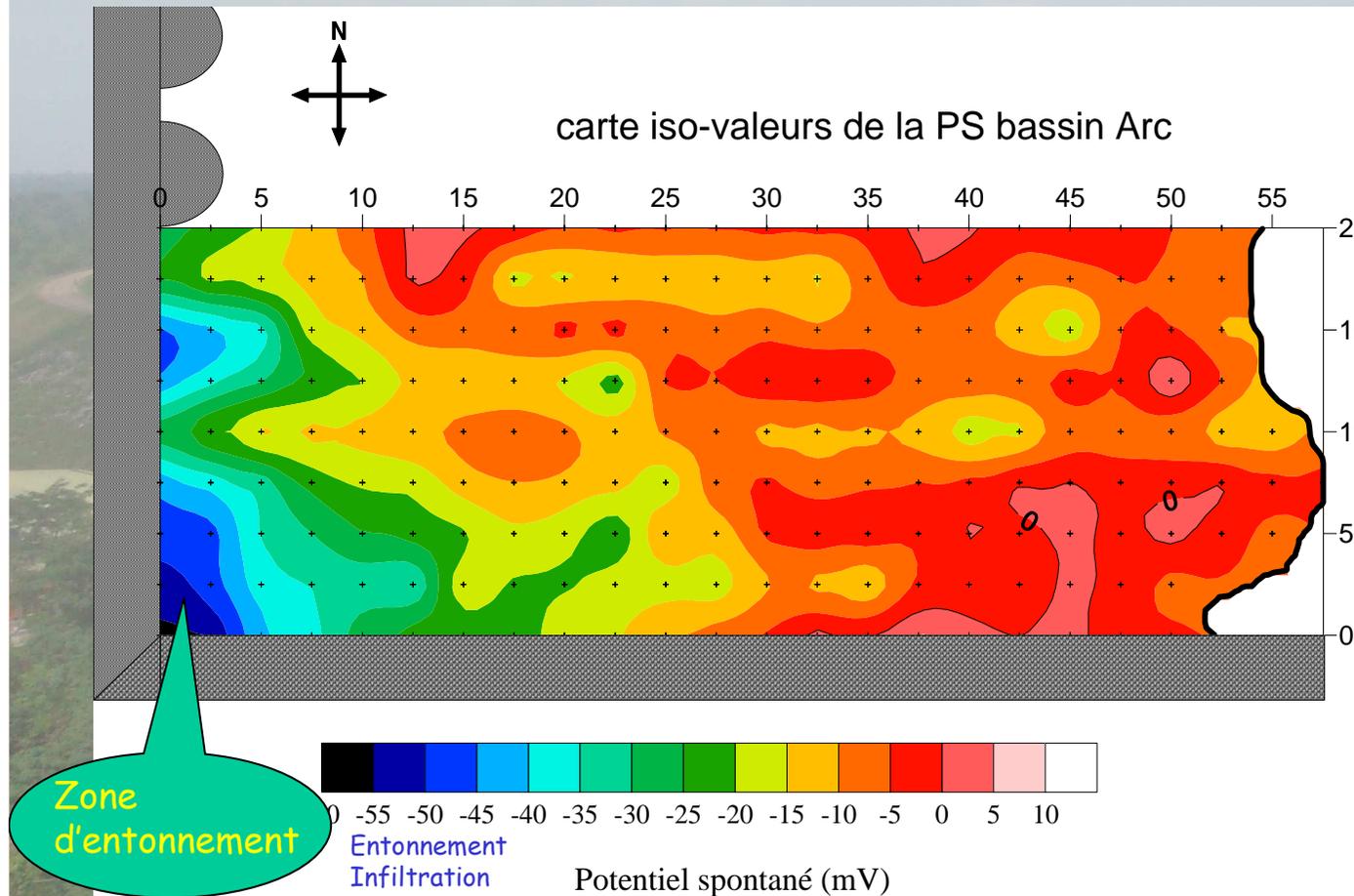


Phase 2.2: Investigations locales



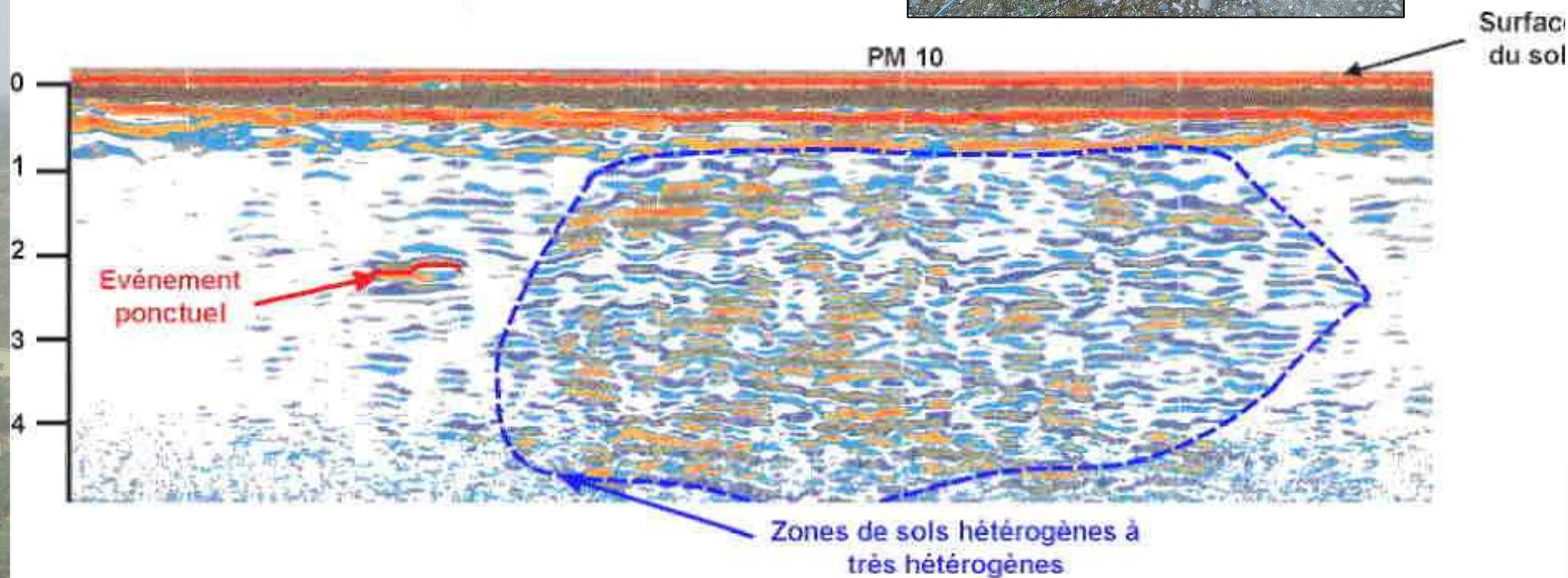
► Mesures Polarisation spontanée (potentiel d'electrofiltation)

Mise en évidence de circulation d'un fluide dans un milieu poreux (baisse valeur potentiel)



Phase 2.2: Investigations locales

► Radar Géologique



Anomalie A

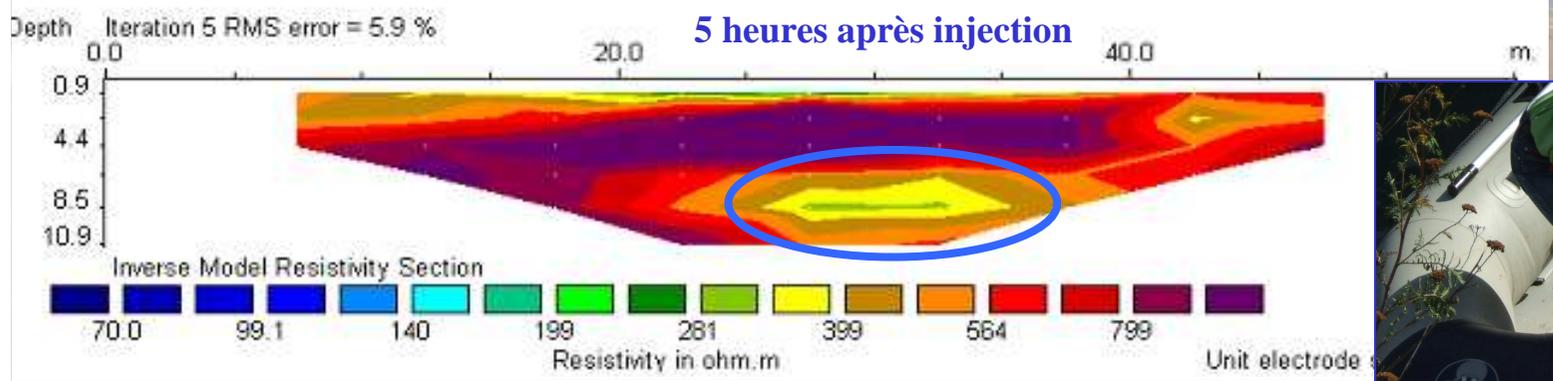
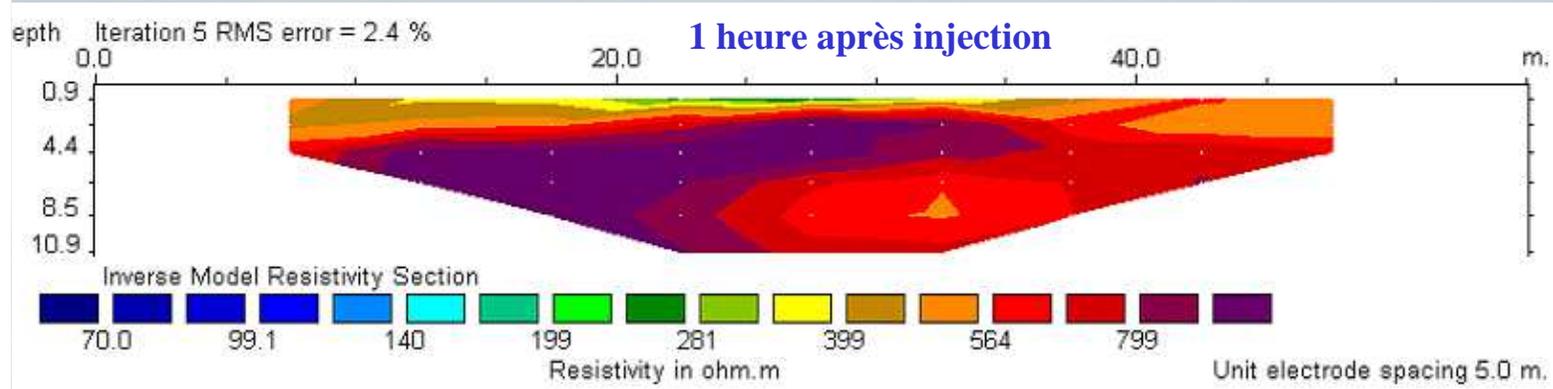
Antenne 200Mhz Monostatique

Phase 2.2: Investigations locales



► Traçage à la saumure avec suivi par tomographie électrique

Abaissement de résistivité = passage de l'eau salée (0-2 ohm.m)

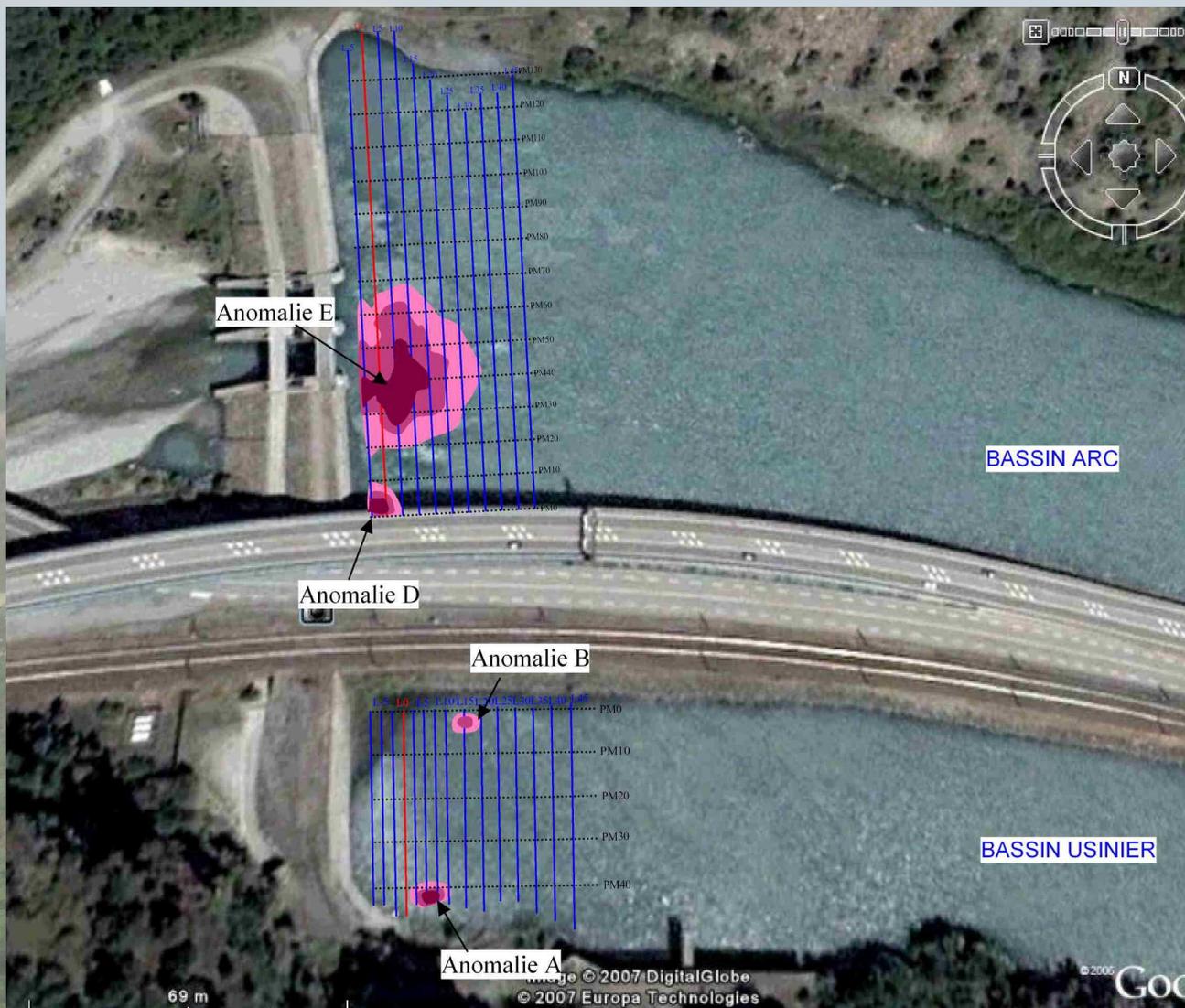


→ Le suivi par injection d'eau salée permet de visualiser les zones « d'entonnement » et le cheminement global de l'eau salée

Phase 2.2: Investigations

Locales

Mesures Acoustiques



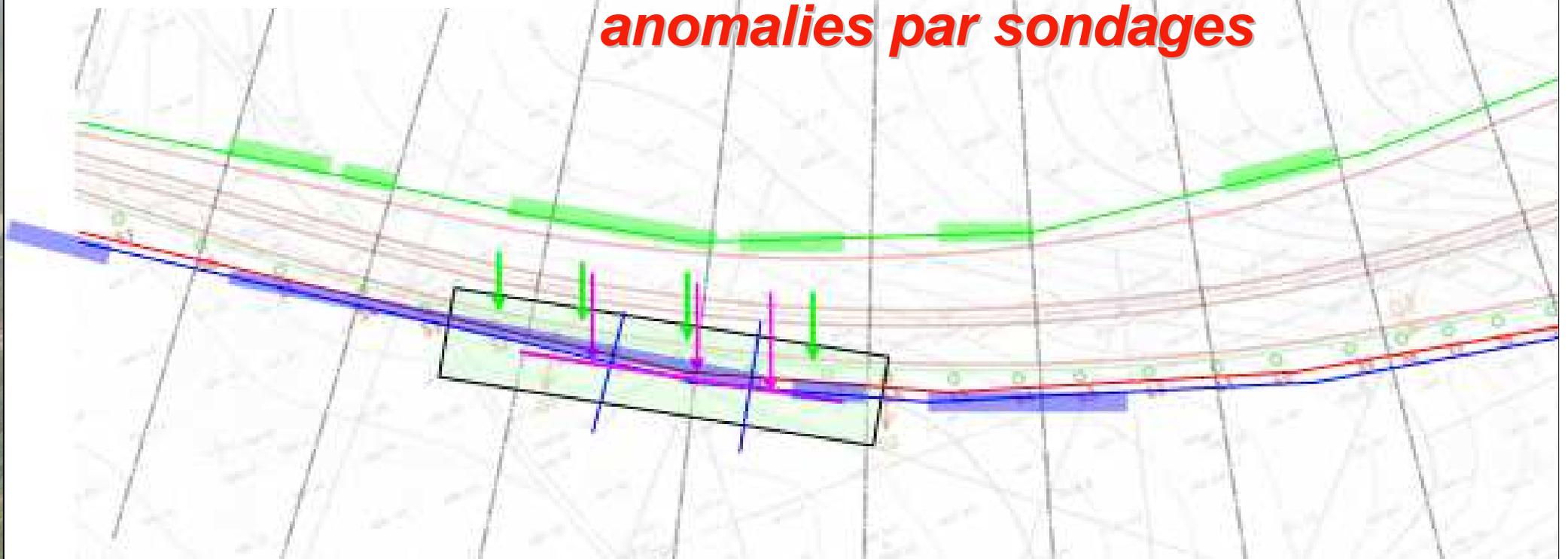
LEGENDE

- Polarisation spontanée en eau
- Polarisation spontanée à terre
- Panneau électrique
- Traçage saumure
- PS fine
- Zone d'anomalie en PS aquatique
- Circulation d'eau localisée avec le traçage saumure
- Anomalie conductrice sur le panneau électrique
- Anomalie de potentiel (pôle négatif) en PS fine

En conclusion des phases 2:

→ Toujours croiser les méthodes non destructives

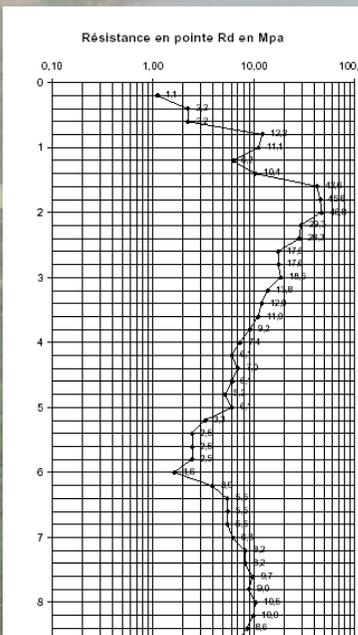
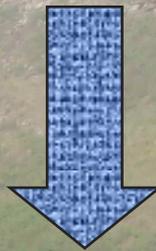
→ Toujours valider les anomalies par sondages



Phase 3: Investigation et validation par méthodes « destructives »



► Validation anomalies géophysiques et caractérisation des matériaux par réalisation de reconnaissances destructives géologiques et géotechniques (sondages destructifs ou carottés, essais in situ: pénétrométriques et de perméabilité, essais laboratoire sur échantillons)

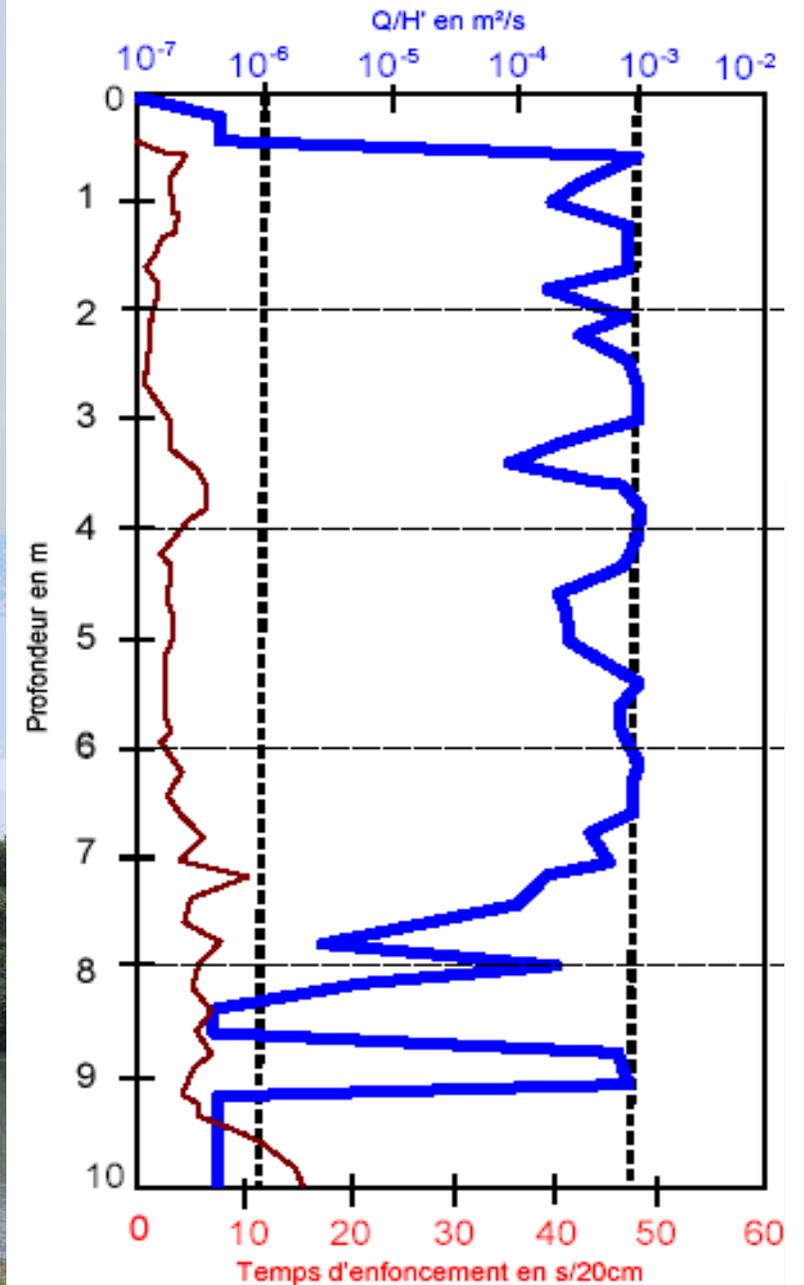


Diagnostic et optimisation des travaux de maintenance

Phase 3: Investigation et validation

~~par méthodes « destructives »~~

► *Détection de fuites dans des fondations meubles avec le Permeafor*



→ Amélioration de la connaissance du diagnostic



⇒ Une trentaine d'ouvrages du parc EDF investigués avec succès:
conception (hauteur, nature fondation, étanchéité)
et caractéristiques des fuites très différentes : 5 l/mn à > 100 l/s



Afin d'améliorer la surveillance et la sécurité de nos ouvrages:

→ Projet interne EDF : **PAREOT**

(Prévention et Analyse des Risques D'Érosion des Ouvrages en Terre)

→ et projet national ANR-**ERINOH** (Érosion Interne dans les Ouvrages Hydrauliques)



APPLICATION DES METHODES NON DESTRUCTIVES EN SURVEILLANCE

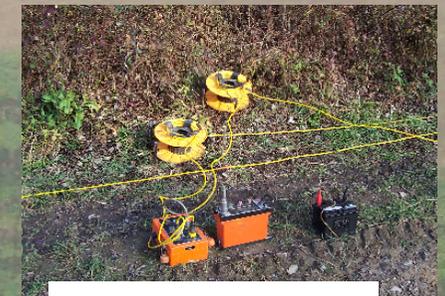


- ❑ Perfectionnement de certaines techniques d'auscultation à grand rendement
 - ❑ Développement:
 - méthode de détection des fuites par fibre optique,
 - d'une méthode d'estimation des débits de fuite:
- Thermométrie par fibre optique
Potentiel spontané
- et d'un dispositif de surveillance en continu (monitoring) des zones « fuyardes »:

Thermométrie par fibre optique
Panneau électrique (R&D en cours)
Potentiel spontané (R&D en cours)



EM TDR - Radar



Résistivité électrique

Merci pour votre attention

jean-paul.blais@edf.fr



REX:

- Tableau d'adéquation:
méthodes géophysiques / incidence caractéristiques ouvrages
- Attention présence (perturbante et pénalisante):
argile et corps métalliques
- Au delà de 15 à 20 m de profondeur:
certaines méthodes inopérantes
- Si volume fuite faible: détection plus difficile
- Méthodes grand rendement adaptées si digue carrossable
- Entreprise sérieuse ayant fait ses preuves dans ce domaine
spécifique de la détection des fuites et adhérente à l'AGAP Qualité