Au-delà des machines et outils Geoprobe® : les sondes et techniques Direct Image®

Fabian De Weirdt
Geoprobe Environmental Technologies s.a.

Au-delà des machines et outils Geoprobe® : les sondes et techniques Direct Image®

1. Introduction/contexte
2. Le *Direct Push*
3. Machines Geoprobe®
4. Outils principaux Geoprobe®
5. Sondes et techniques *Direct Image*®

1. Introduction :

Investigation environnementale souterraine :

= caractérisation de la nature et de l'extension d'une contamination du sous-sol

- le plus souvent générée en réponse à un cadre juridique légal ou pro activement par des entreprises soucieuses de leur image

- le succès d'un projet (investigation/caractérisation/assainissement) se mesure à la capacité de résoudre les problèmes à un optimum économique acceptable pour la société en général ou l'entreprise en particulier

1. Introduction : contexte USA

- Investigation / caractérisation / assainissement : en cours depuis +/- 40 ans

  (Superfund : > 30 ans / milliards de USD)

- Selon étude OTAN 1996 : près de 500.000 sites potentiellement pollués déclarés … mais il en arrive de nouveaux chaque année

  (Coût estimé caractérisation/ assainissement :

  +/- 187 milliards de dollars / plusieurs décennies)

1. Introduction : contexte USA (suite)

- Marché américain en pleine maturité, au niveau assainissement dans cycle de vie des sols pollués (caractérisation/assainissement/fermeture)

- Suite difficulté budgétaire : changement d'approche
  → gestion plus économique
  → étude de risque et gestion des risques
  (*Risk-Based approach* …)
  → terrain géré en fonction de ses potentialités
  ET investigué via de nouvelles technologies / méthodologies
  (*TRIAD approach* → *Conceptual Site Model*)

Conclusion : énorme expérience qui devrait être mise à profit par l'Europe

1. Introduction : contexte Europe

- Etude EEA 2000 : 300.000 à 1.500.000 sites potentiellement pollués déclarés

- Etude EEA 2014 :

  - 2.500.000 sites potentiellement pollués / 45% identifiés / 15% assainis
  - 342.000 sites sont pollués et nécessiteraient assainissement, mais la plupart (70%) doivent encore être identifiés . Seuls 15% ont fait l'objet d'un assainissement ''traditionnel'' (excavation + traitement ex-situ)
  - Coût estimé de la gestion des sols contaminés = 6,5 milliards €/an

- En général, l'Europe se trouve au début du « cycle de vie » des sols pollués (caractérisation/assainissement/fermeture)

- Grande variation de maturité d'un pays à l'autre
  → Grande variabilité dans inventaire (définition + interprétation)
  → sous estimation grossière

1. Introduction : contexte Europe (suite)

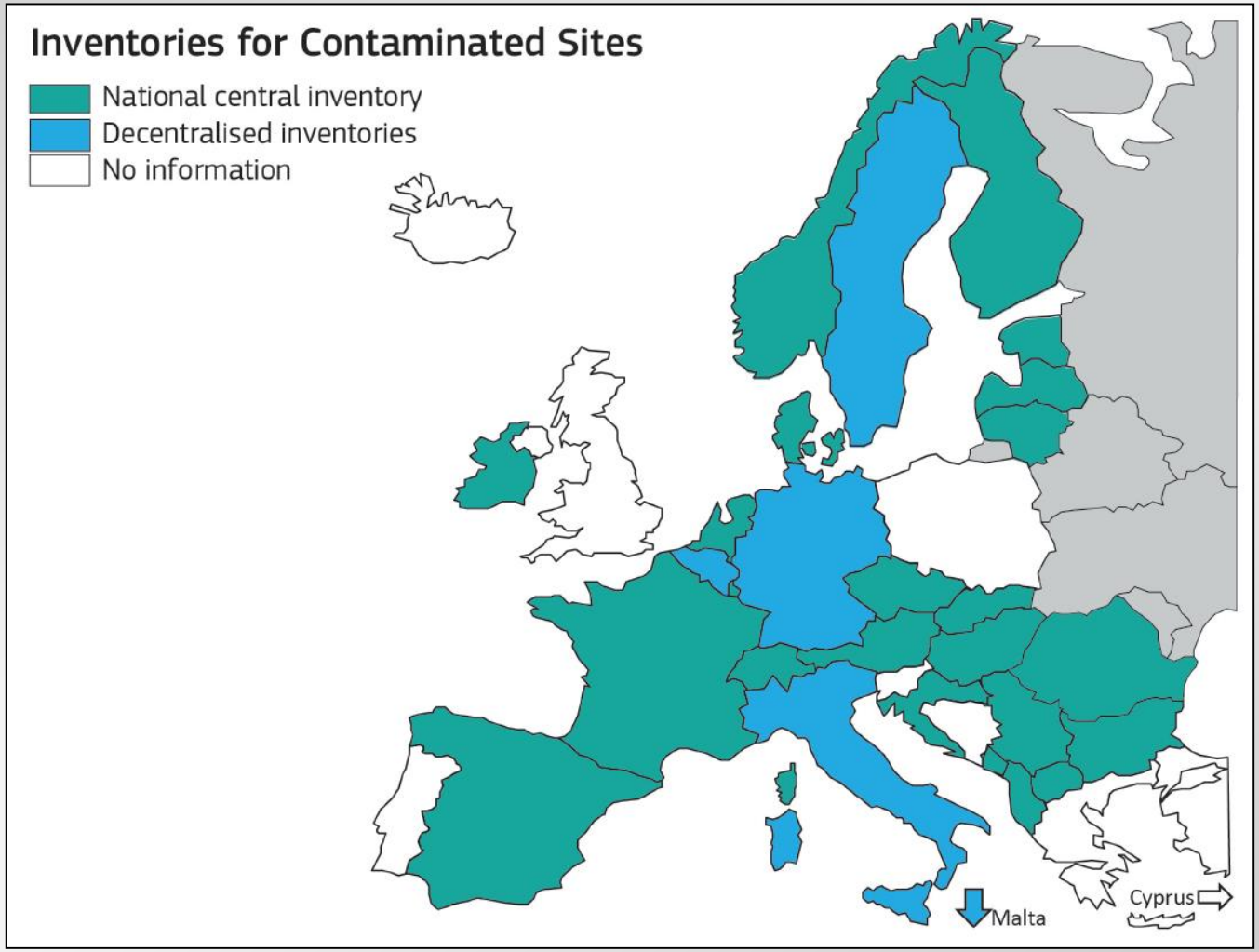
- Manque de politique globale au niveau Européen adressant la problématique spécifique des sols pollués
  → Hétérogénéité des réponses

- Explication :
  - manque de définition uniforme
  - diversité dans la définition de risque acceptable (notion de seuil)
  - approches différentes des études de risque et du point final de fermeture d'un chantier

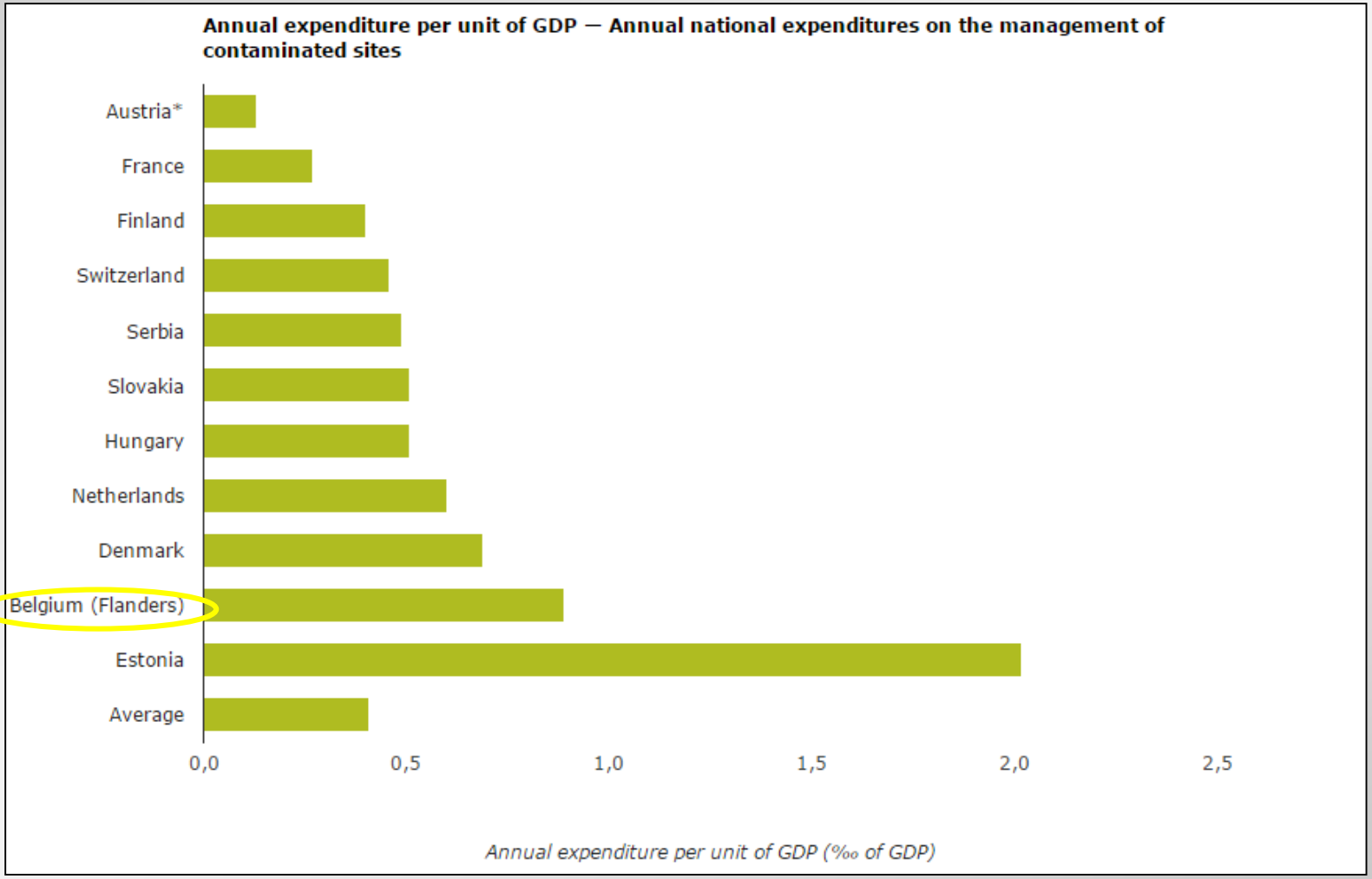
- Grandes réticences au changement

- A noter Flandre : bon élève (mise en application décret sol : oct. 96)
  - 1999 : 7870 sites contaminés identifiés (vs 150 pour la Wallonie)
  - → 2036 pour élimination pollutions historiques (> oct. 1995)
  - BOFAS
  - VLABOTEX ..

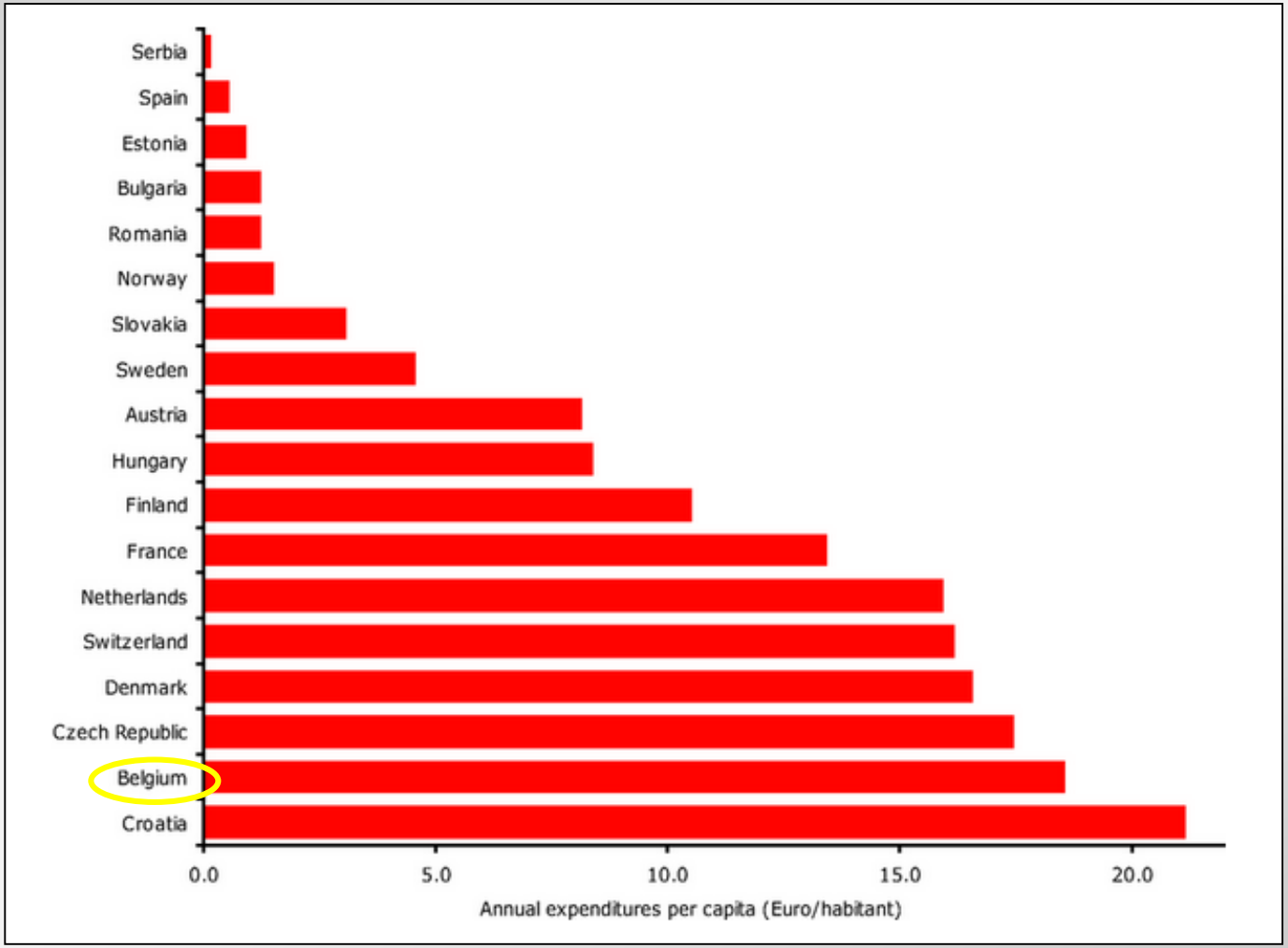
Europe : inventaire des sites contaminés



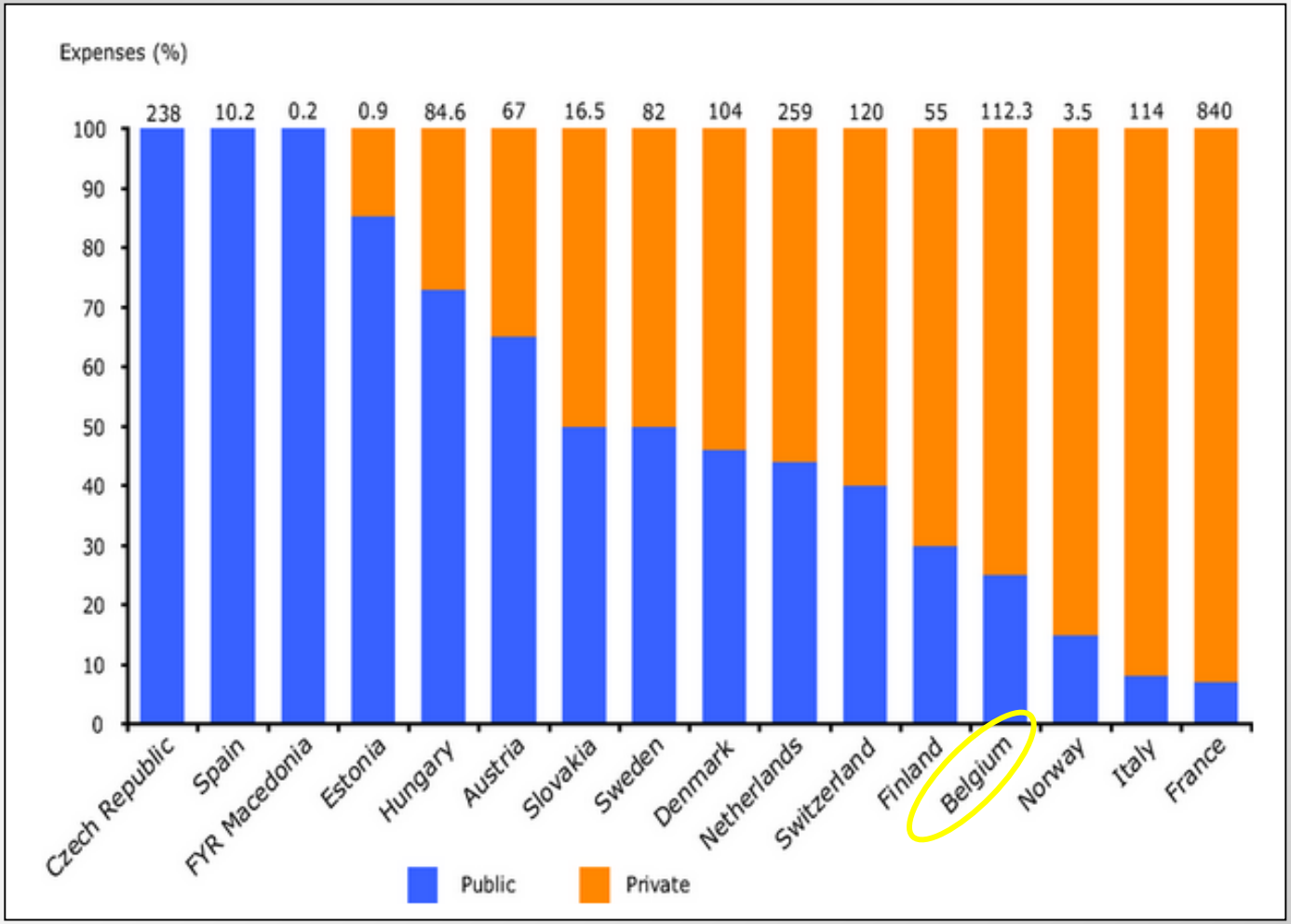
Gestion des sites contaminés : dépenses par pays (‰ PIB)



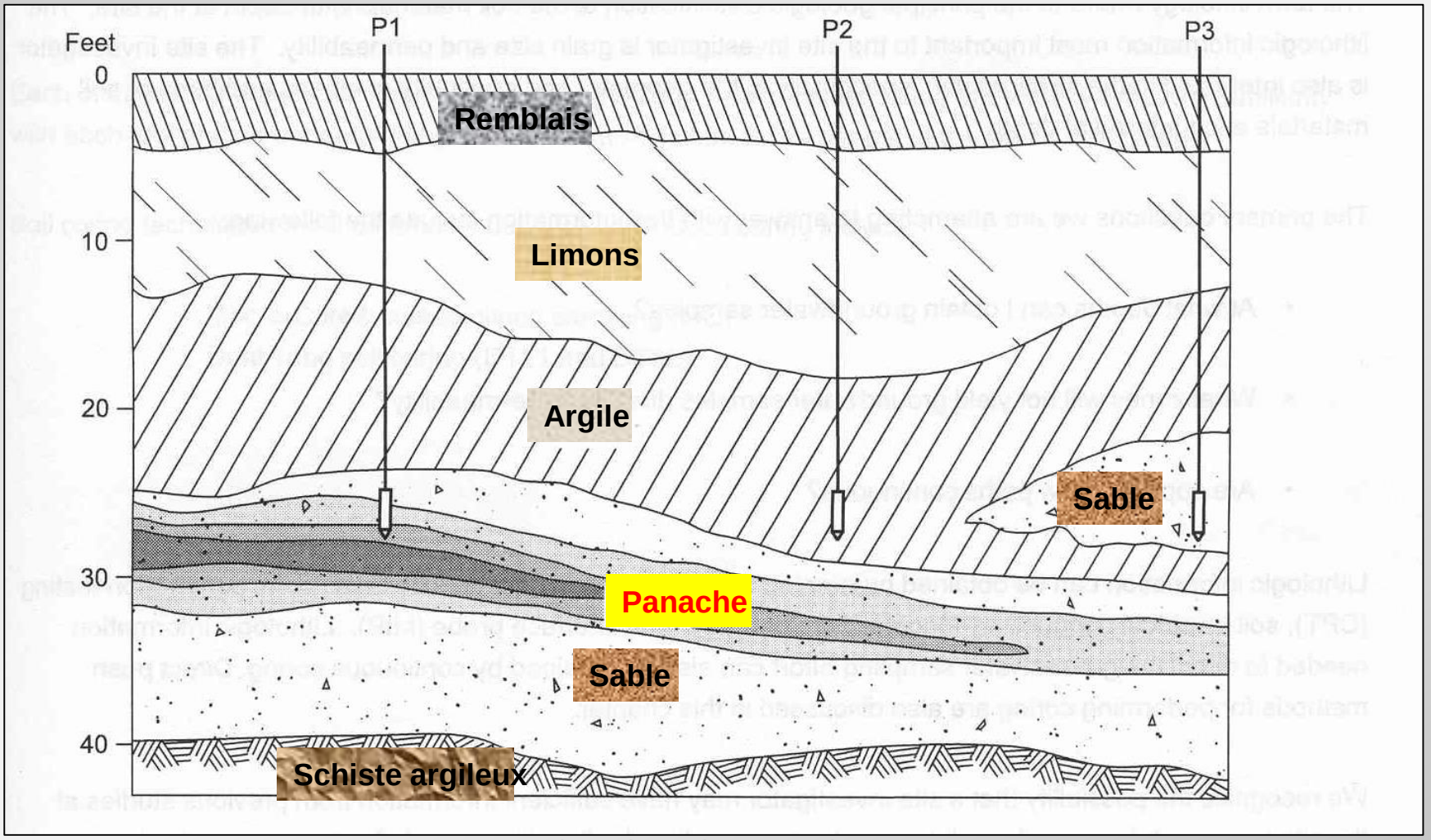
Gestion des sites contaminés : dépenses par pays (€/hab)



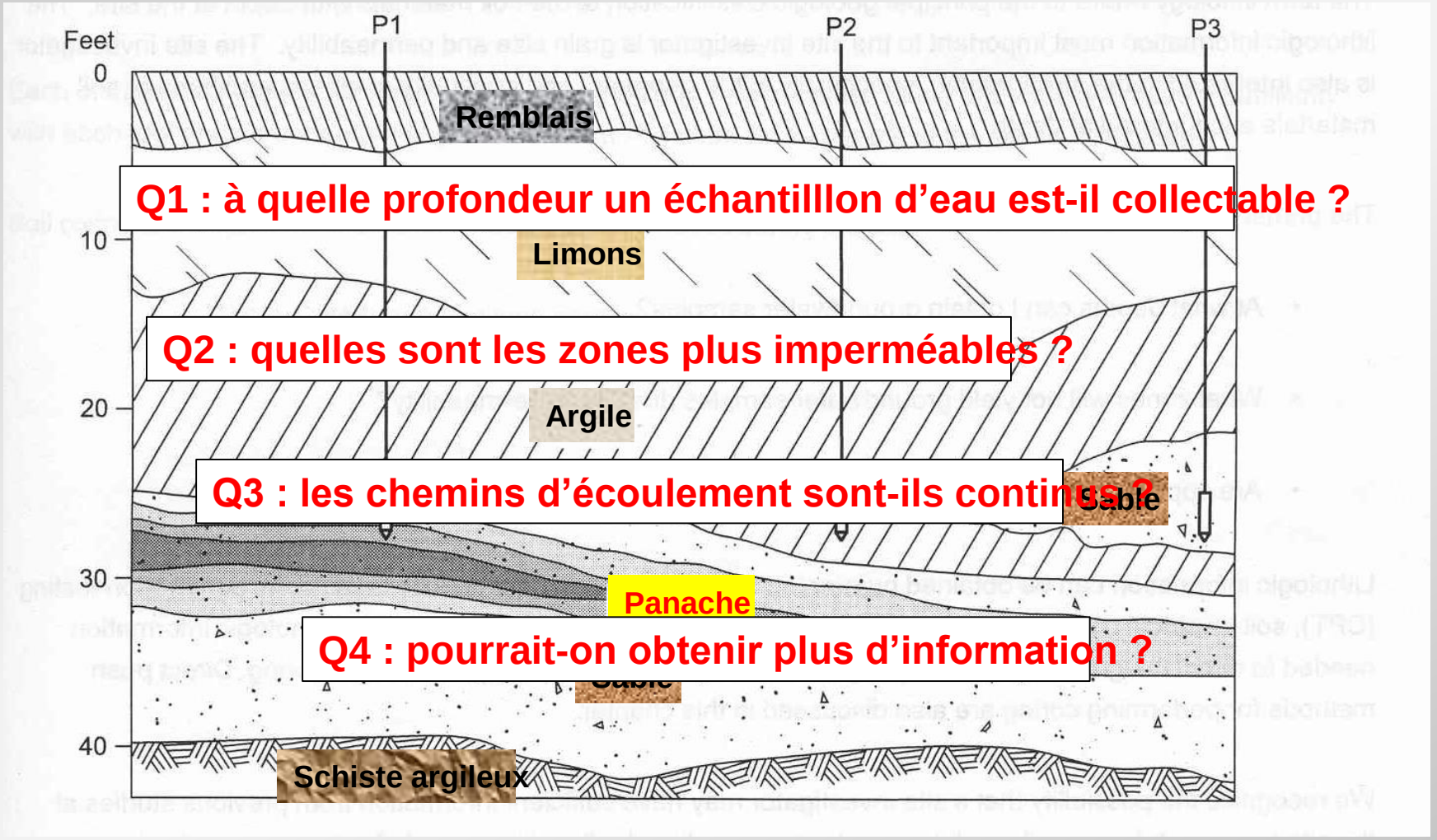
Gestion des sites contaminés : contribution secteurs privé & public (Millions €)



Investigations environnementales souterraines :



Investigations environnementales souterraines :

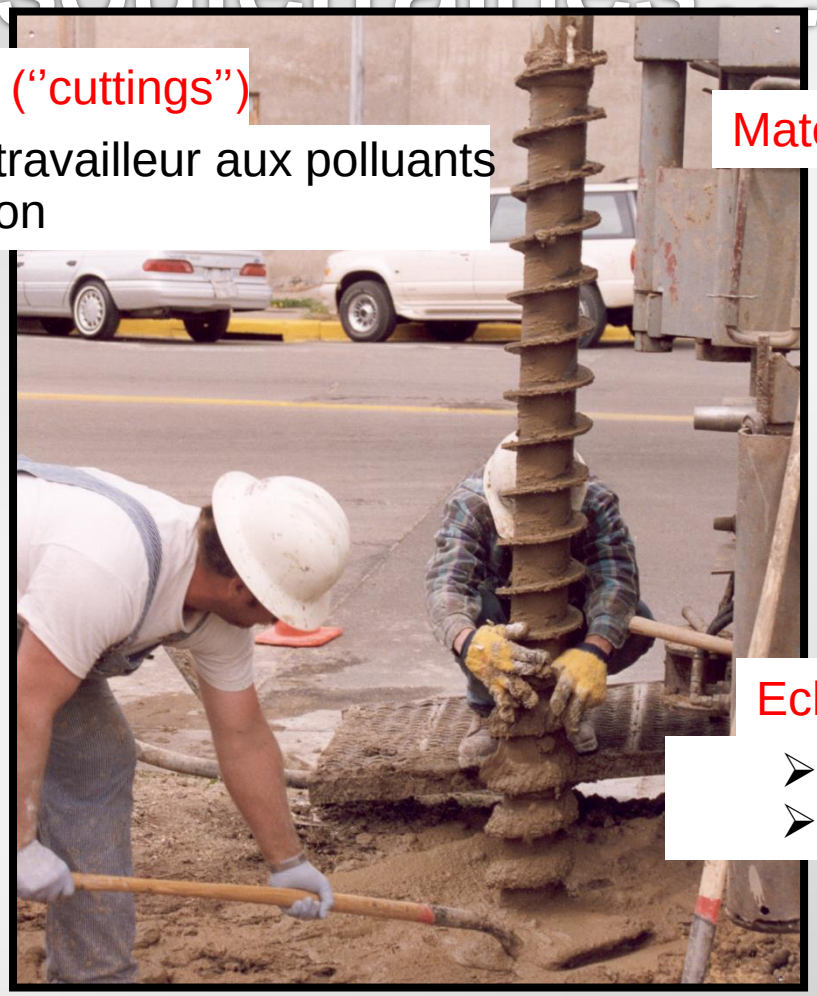


Investigations *environnementales souterraines*

Génération de déchets (''cuttings'')

- exposition du travailleur aux polluants
- coûts de gestion

Travail par rotation



Matériel lourd

Lent

Echantillonnage ?

- stripping des COV
- très grande imprécision

Geoprobe Systems®

- Développe et fabrique des machines de sondage de sols depuis 1988 (Salina, KS)
- Applications environnementales, géotechniques …
- *Direct Push* & outils associés
- Outils *Direct Image®(EC, MIP, HPT, MIHPT, HPT-CP*
- *Slug Tests* pneumatiques
- Pompes d'injection (coulis de bentonite, remédiation
- *Sonic* & outils associés
- Représenté en Europe depuis 1995

Direct Push

Pas de génération de déchets

- pas d'exposition aux polluants
- aucun coût d'élimination

Destruction minimale en surface

- trou net de faible diamètre

Faible encombrement des machines

Mobilisation rapide et économique

Enfoncement des tiges/outils et échantillonnage rapide

- eau/ sol/gaz du sol

Collection d'échantillon de sol non remanié, représentatif , sous gaine

- Intégrité physique et chimique

Possibilité de diagraphies nombreuses et variées (VOC, EC, …)

- Détection de COV (MIP-EC)
- Mesures géophysiques (EC/CPT/ SPT)
- Mesures de perméabilité (Slug Tests)

Injection

- coulis de bentonite/ciment
- produits de remédiation (biologique, chimique)

Machines *Direct Push*

Modèle 420M

420M :

- 187 kg
- 1,07 m de course
- 2,38 m H max
- 5,3 T à la poussée
- 6,4 T à l’extraction
- 468 Nm à 125 rpm

Machines *Direct Push*

Modèle 540MT

540MT :

- 329 kg
- 1,37 m de course
- 3,07 m H max
- 8,2 T à la poussée
- 11,4 T à l’extraction
- 468 Nm à 125 rpm

Machines *Direct Push*

Modèle 54LT

54LT :

- 1232 kg
- 1,37 m de course
- 3,12 m H max
- 9,1 T à la poussée
- 12,3 T à l’extraction
- 841 Nm à 80 rpm

Machines *Direct Push*

Modèle 6712DT

6712DT :

- 2682 - 2946 kg
- 1,67 m de course
- 3,90 m H max
- 16,7 T à la poussée
- 22,3 T à l'extraction
- 572 Nm à 156 rpm
- GA2500 :
  - 3389 Nm à 70 rpm max
  - 1694 Nm à 150 rpm max

Machines *Direct Push*

Tarières creuses :

- 2,25” / 57 mm DI
- 4,25” / 108 mm DI
- 6,25” / 159 mm DI

Machines *Direct Push*

Modèle 7822DT

7822DT :

- 3632 kg
- 1,98 m de course
- 4,75 m H max
- 16,4 T à la poussée
- 21,8 T à l'extraction
- 701 et 864 Nm à 234 rpm max
- GA4100 à 4 vitesses (option) :
  - 5423 Nm à 75 rpm max
  - 542 Nm à 750 rpm max → carottage (''wireline'' ..)

Machines *Direct Push*

Modèle 7822DT & 7822LC

7822DT / 7822LC :

- 3632 kg
- 1,98 m de course / 1,68 m de course
- 4,75 m H max / 3,01 m H max
- 16,4 T à la poussée
- 21,8 T à l'extraction
- 701 et 864 Nm à 234 rpm max
- GA4000 à 2 vitesses :
  - 5423 Nm à 95 rpm max
  - 2711 Nm à 150 rpm max

Machines *Direct Push*

Modèle 7822DT

Machines *Direct Push*

Modèle 3230DT

3230DT :

- 7711 kg
- 2,13 m de course
- 7,26 m H max
- 22,7 T à la poussée
- 36,4 T à l'extraction
- GH64 ou GH70
- CB6.2 à 4 vitesses (option) :
  - 8156 Nm max
  - 800 rpm max

Machines *Direct Push*

Modèle 8040DT

8040DT :

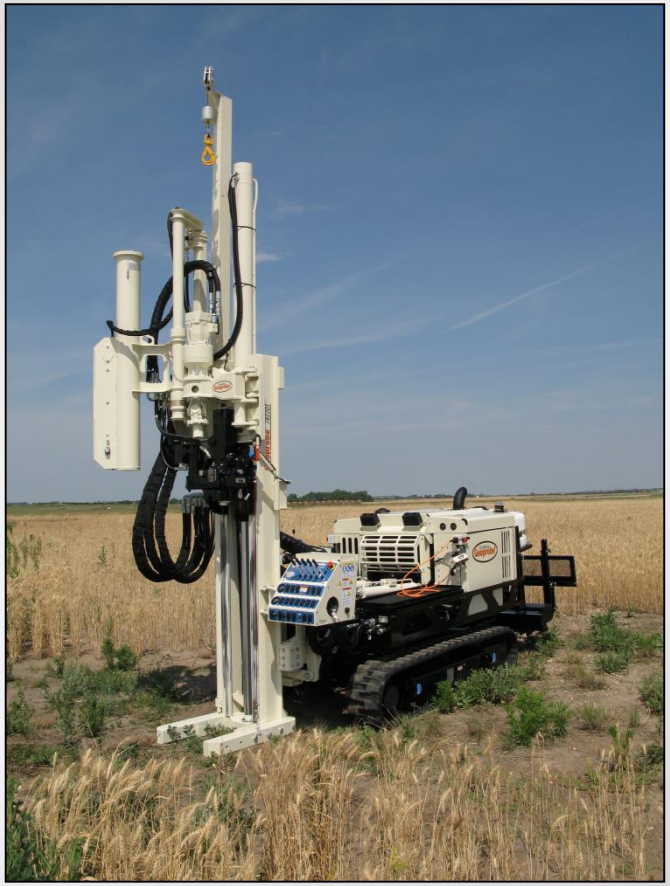
- 7938 kg
- 2,13 m de course
- 5,89 m H max
- 27 T à la poussée
- 36,4 T à l'extraction
- GH80/CB8
  - 8135 Nm à 100 rpm
  - 4067 Nm à 200 rpm

Machines *Direct Push*

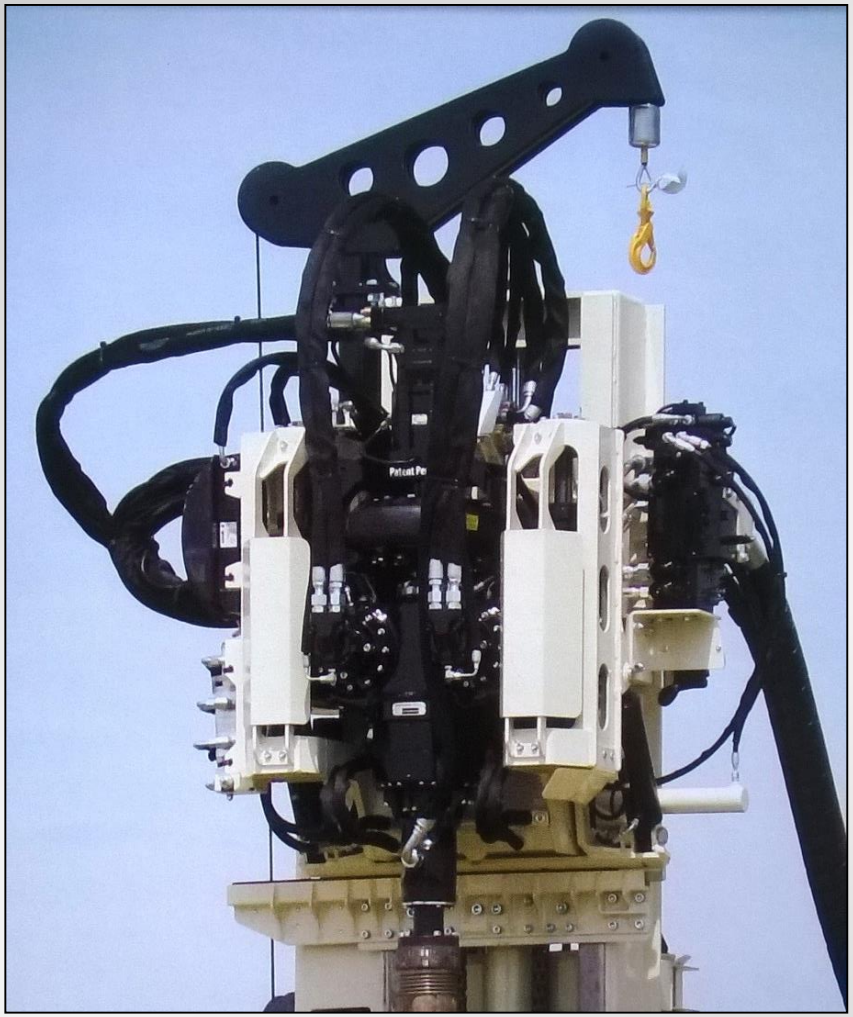
SPT / DH

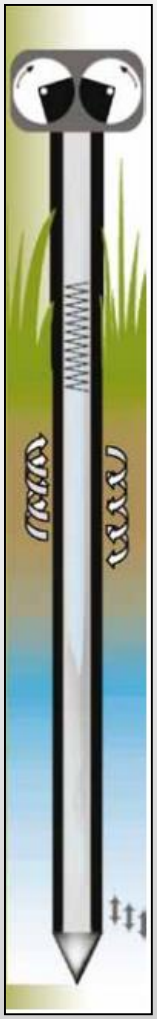
Machines *Direct Push*

Drop Hammer / SPT



Sonic





Machines *Roto-Sonic*

Modèle 8140LC

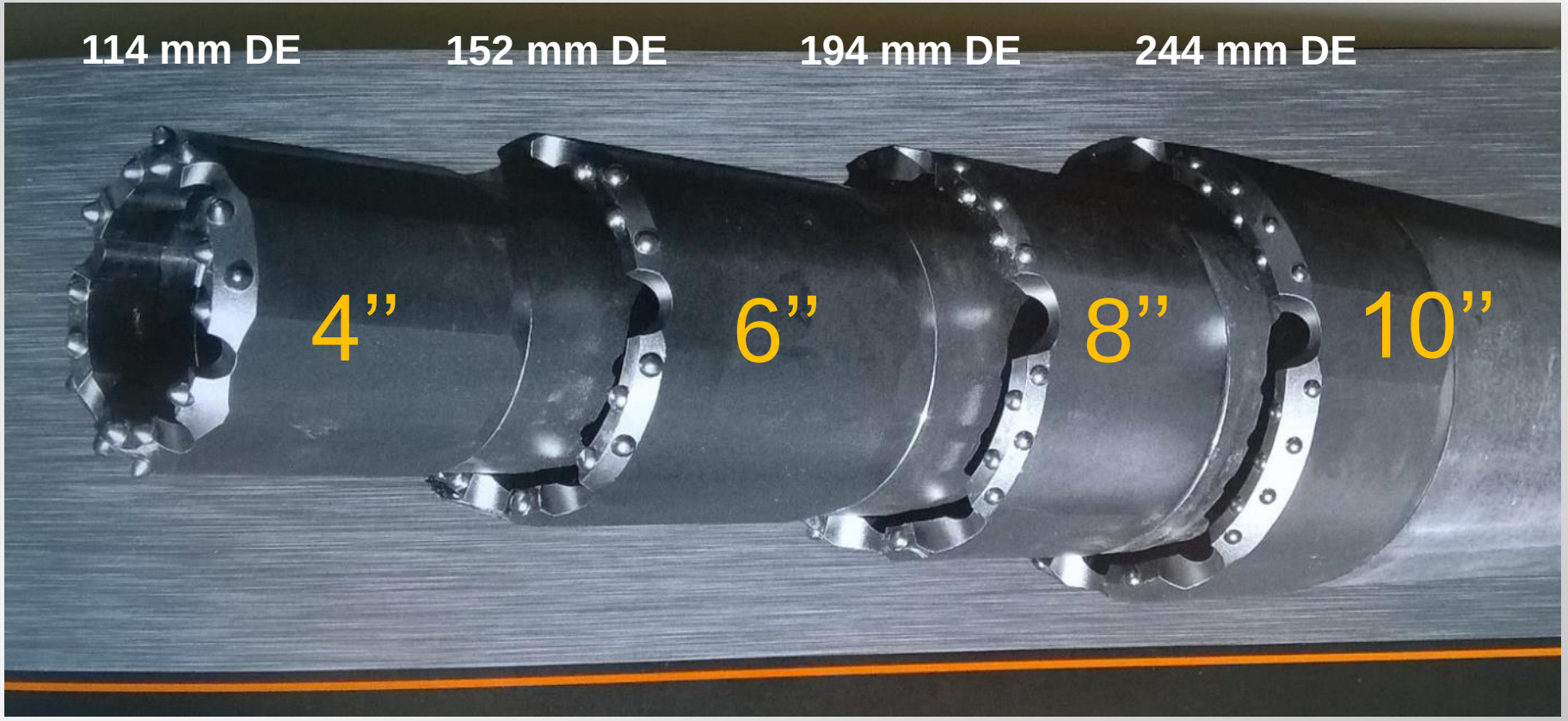
8140LC :

- 8777 kg
- 2,33 m de course
- 6,32 m H max
- 9 T à la poussée
- 9 T à l’extraction
- GV4 :
  - 0-135 Hz
  - 5427 Nm à 80 rpm max
  - 3392 Nm à 120 rpm max

Machines *Roto-Sonic*

Modèle 8140LC

Sonic



Sonic

- *4” X 6‘’*
- *6” X 8‘’*
- *8” X 10‘’*
- *SDT45 : liners de 77 mm DI (.. jusqu’à 3 m de long)*
- *SDT60 : échantillons de 109 mm*

Sonic

Geoprobe® SONIC
THE RESULTS YOU NEED
Soil cores taken with the SDT45 10 ft. system. Cores were collected from 200 - 300 ft.

Sonic

Sonic

Applications :

- Échantillonnage
- Installation de puits
- Géothermie
- Reconnaissance géotechnique/sismique
- Exploration minérale
- Sédimentologie

Outils *Direct Push*

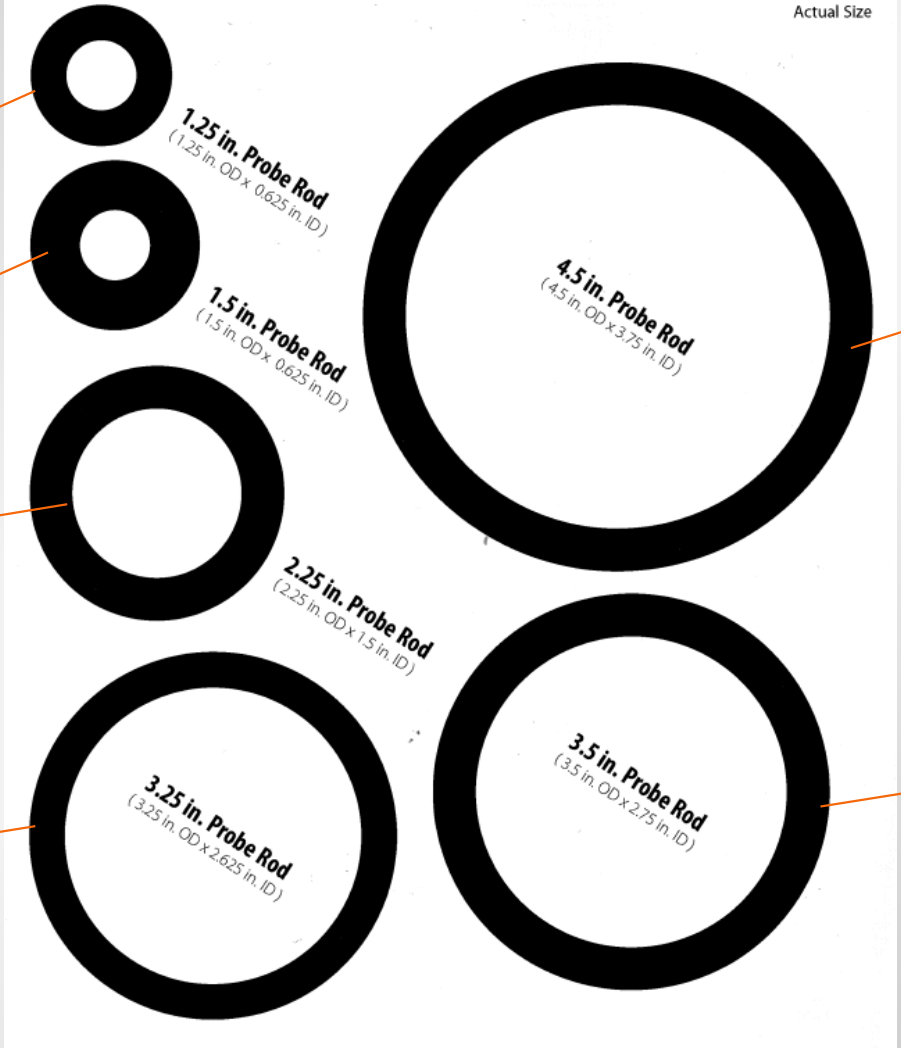
Diamètres de tiges/tubes

32 x 16 mm

38 x 16 mm

53 x 38 mm

83 x 67 mm

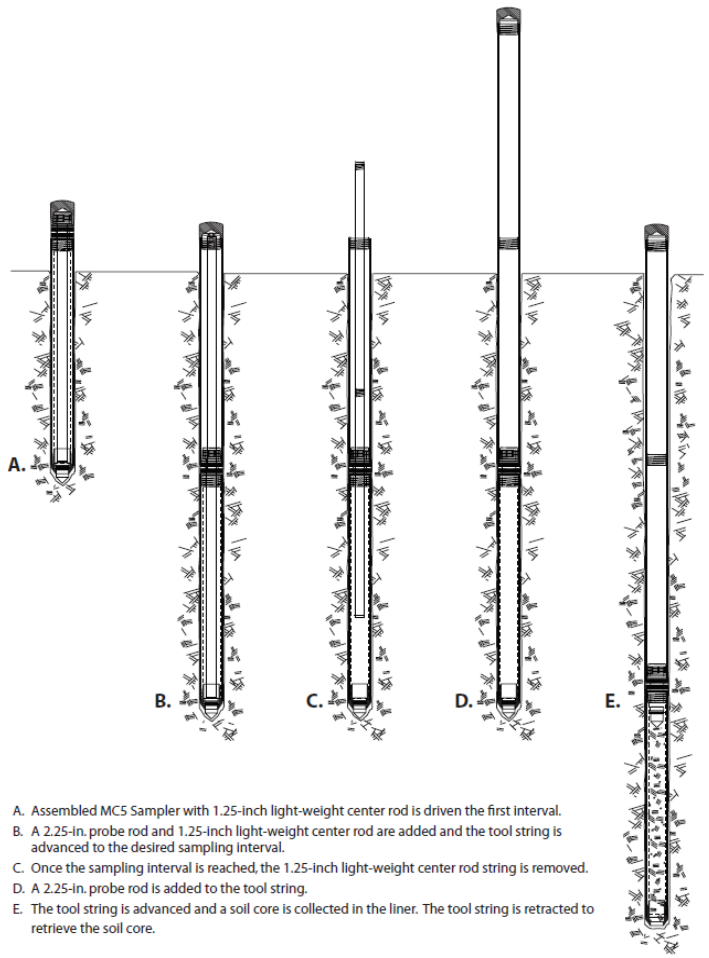


114 x 95 mm

89 x 70 mm

Outils Direct Push pour l'échantillonnage de sols

Systèmes Macro-Core



A. Assembled MC5 Sampler with 1.25-inch light-weight center rod is driven the first interval.
B. A 2.25-in. probe rod and 1.25-inch light-weight center rod are added and the tool string is advanced to the desired sampling interval.
C. Once the sampling interval is reached, the 1.25-inch light-weight center rod string is removed.
D. A 2.25-in. probe rod is added to the tool string.
E. The tool string is advanced and a soil core is collected in the liner. The tool string is retracted to retrieve the soil core.

Outils Direct Push pour l'échantillonnage de sols

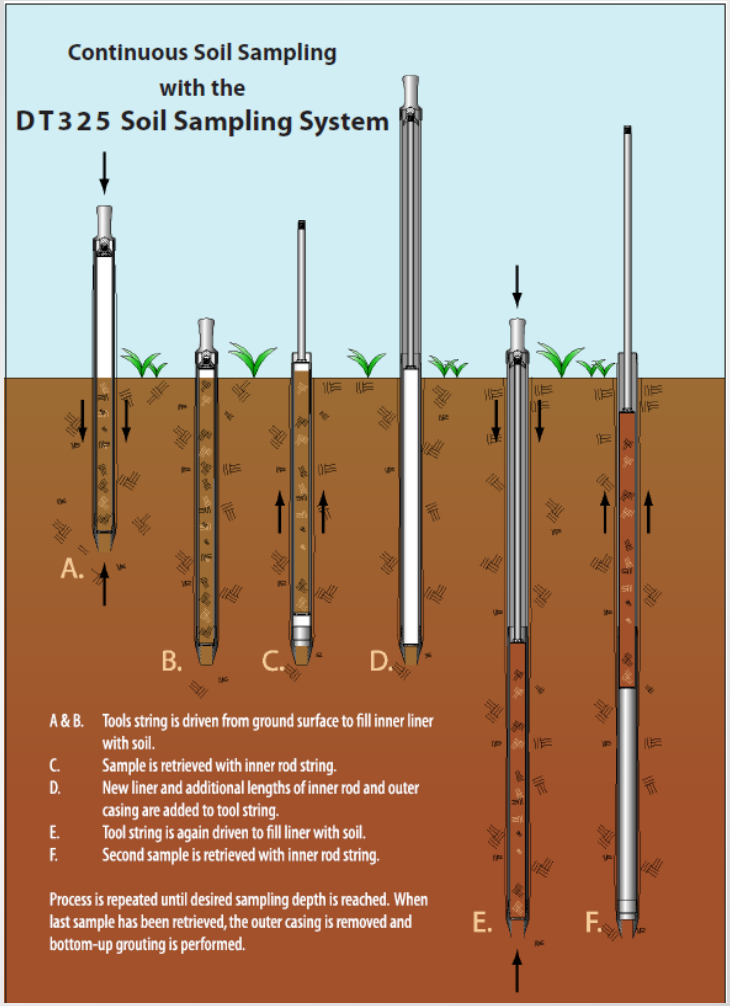
Systèmes Dual-Tube

Outils Direct Push pour l'échantillonnage de sols

Systèmes Dual-Tube

Outils Direct Push pour l'échantillonnage de sols

Systèmes Dual-Tube



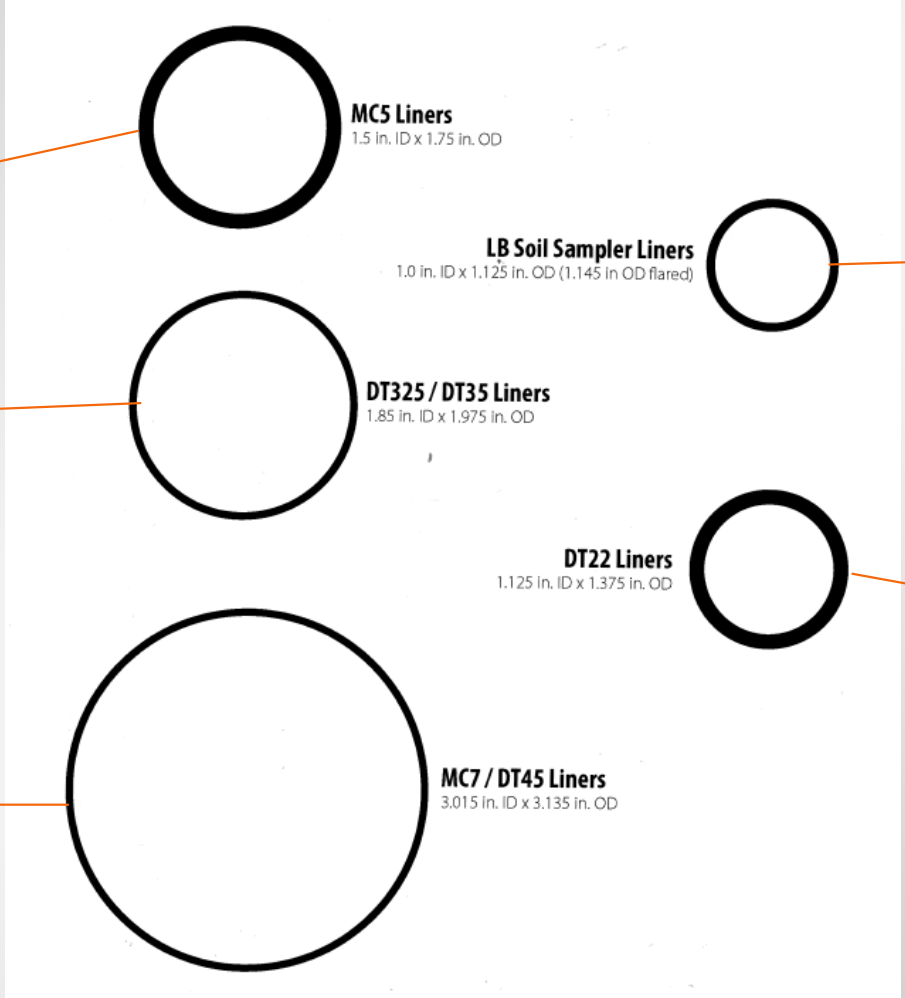
Outils *Direct Push*

Diamètre de *liners* (sols)

Macro-Core
38 mm DI

DT325
47 mm DI

MC7/DT45
77 mm DI



Large-Bore
38 mm DI

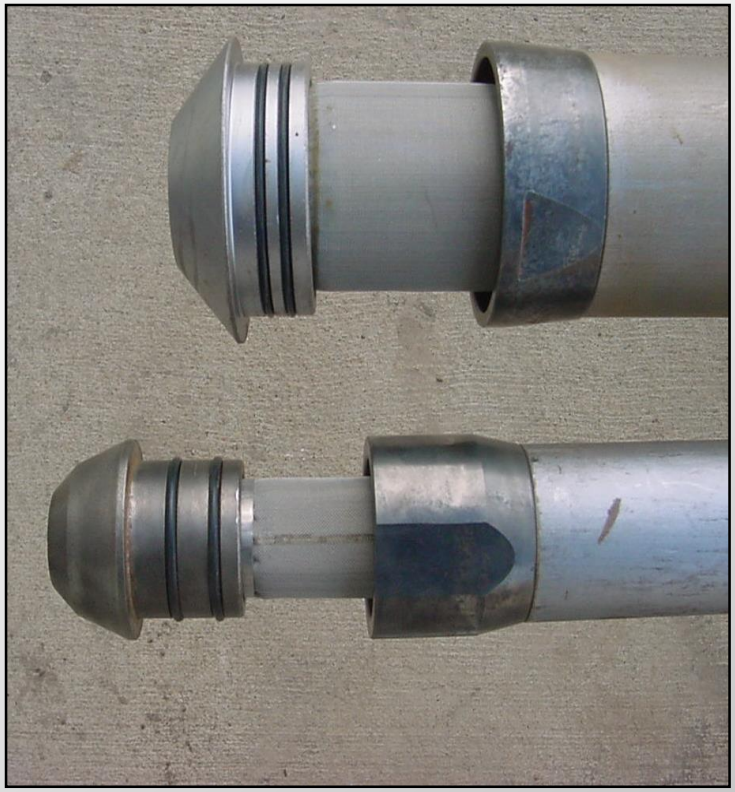
DT22
29 mm DI

Outils Geoprobe®

- Large Bore : Ø 25mm
- Macro-Core : Ø 38mm
- MC7 : Ø 77mm
- DT22 : Ø 29mm
- DT325 : Ø 47mm

Echantillonnage d'eau souterraine

Crépines préenrobées

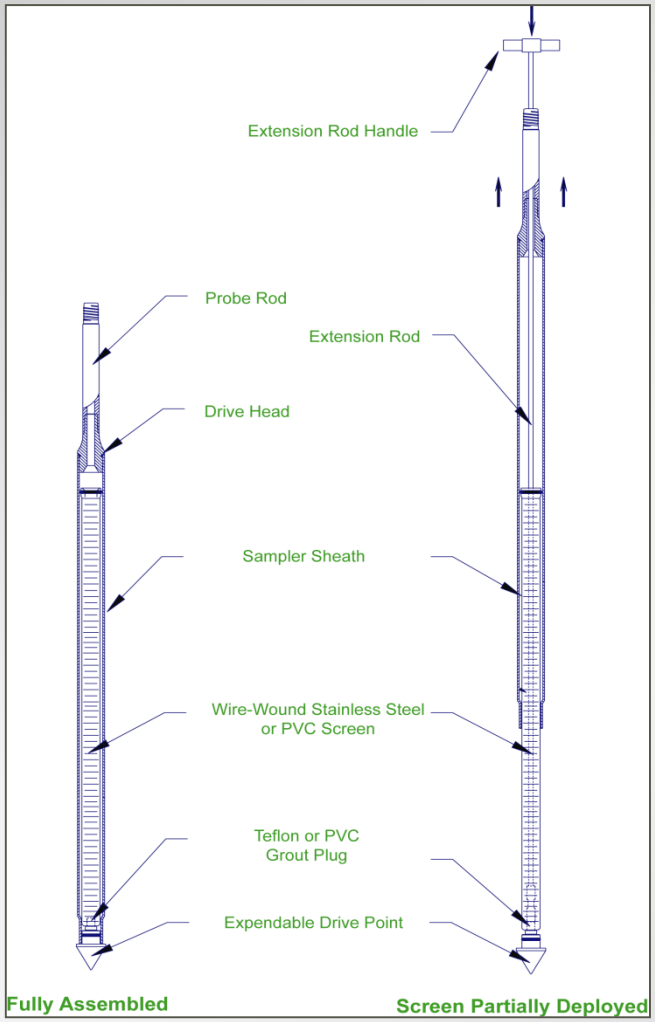


Echantillonnage d'eau souterraine

SP16/SP22

Echantillonnage d'eau souterraine

SP16/SP22



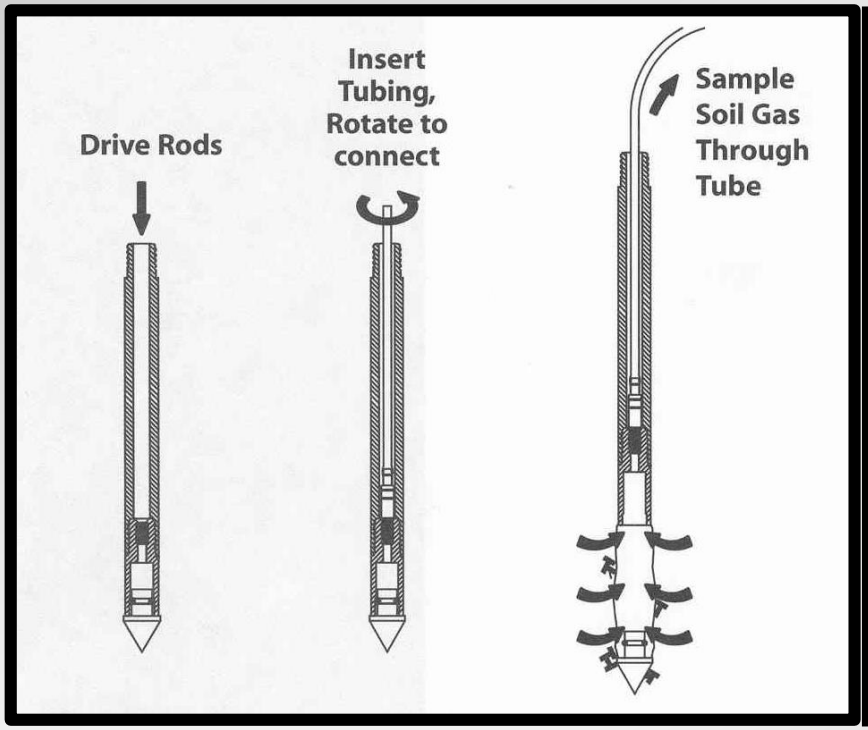
Echantillonnage d'eau souterraine

Bladder Pump

- Pas d'agitation pendant l'échantillonnage
  - → Turbidité ↓↓↓
- Profondeur max : .. 25 .. 50 .. 75m …
- Jusqu'à 400 ml/min
- Recommandé par US EPA

Echantillonnage de gaz du sol

Système PRT

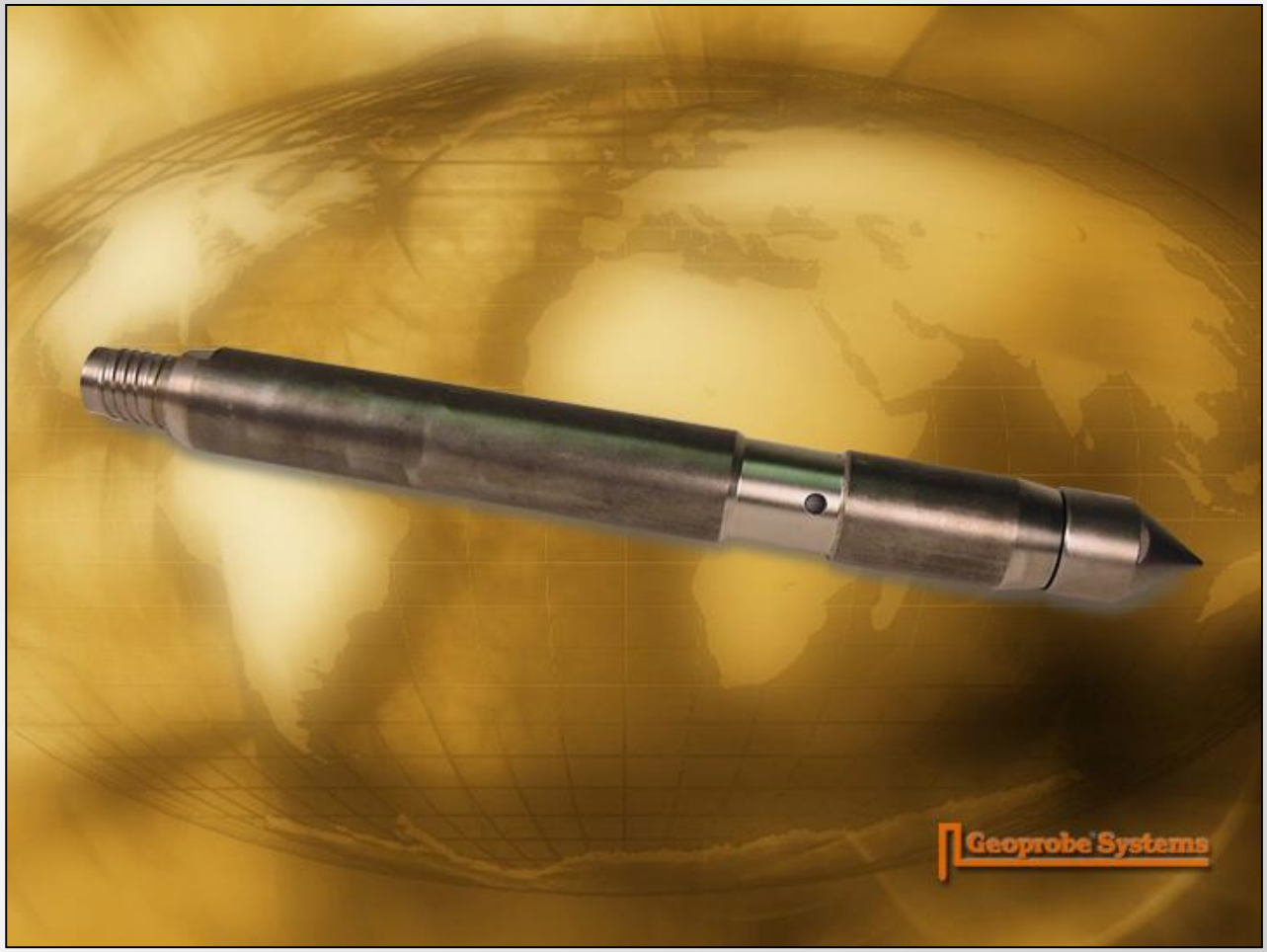


Echantillonnage de gaz du sol

Implants

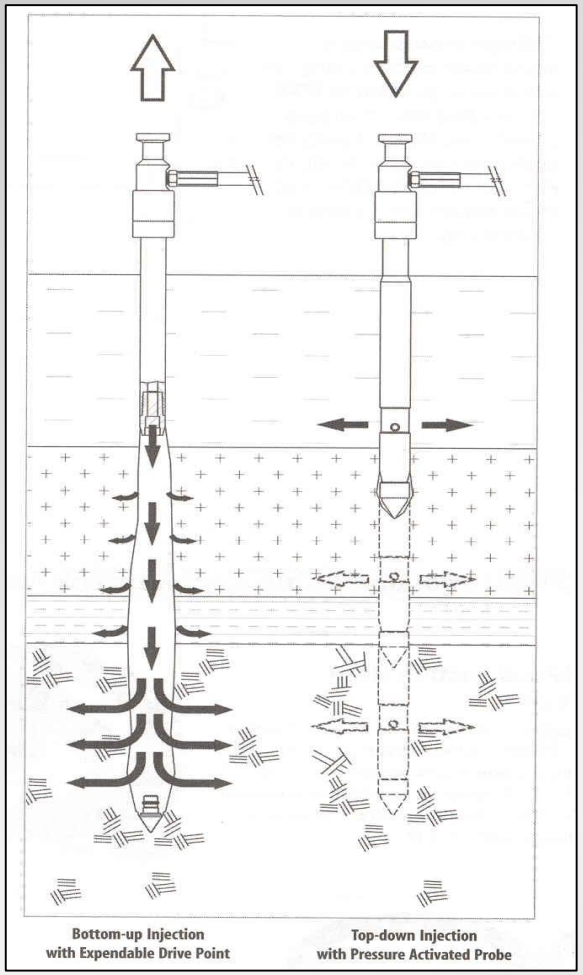
Pointes à injection

Injection probe



Pointes à injection

Injection probe



Pompes à injection

GP300/GP350

GP300/GP350 :

- 3 - 13 lpm à 90 bar max
- Pour bentonite/ciment, produits à haute viscosité (HDPE®, ...)

Pompes à injection

GP800 :

- 30 lpm à 45 bar max
- Pour fluides corrosifs

(acides, permanganates, peroxyde d'hydrogène/Fenton's

Direct Image®

- TRIAD approach (US EPA)

= cadre pour une approche stratégique basée sur 20-30 ans d'expérience d'assainissement de sites contaminés

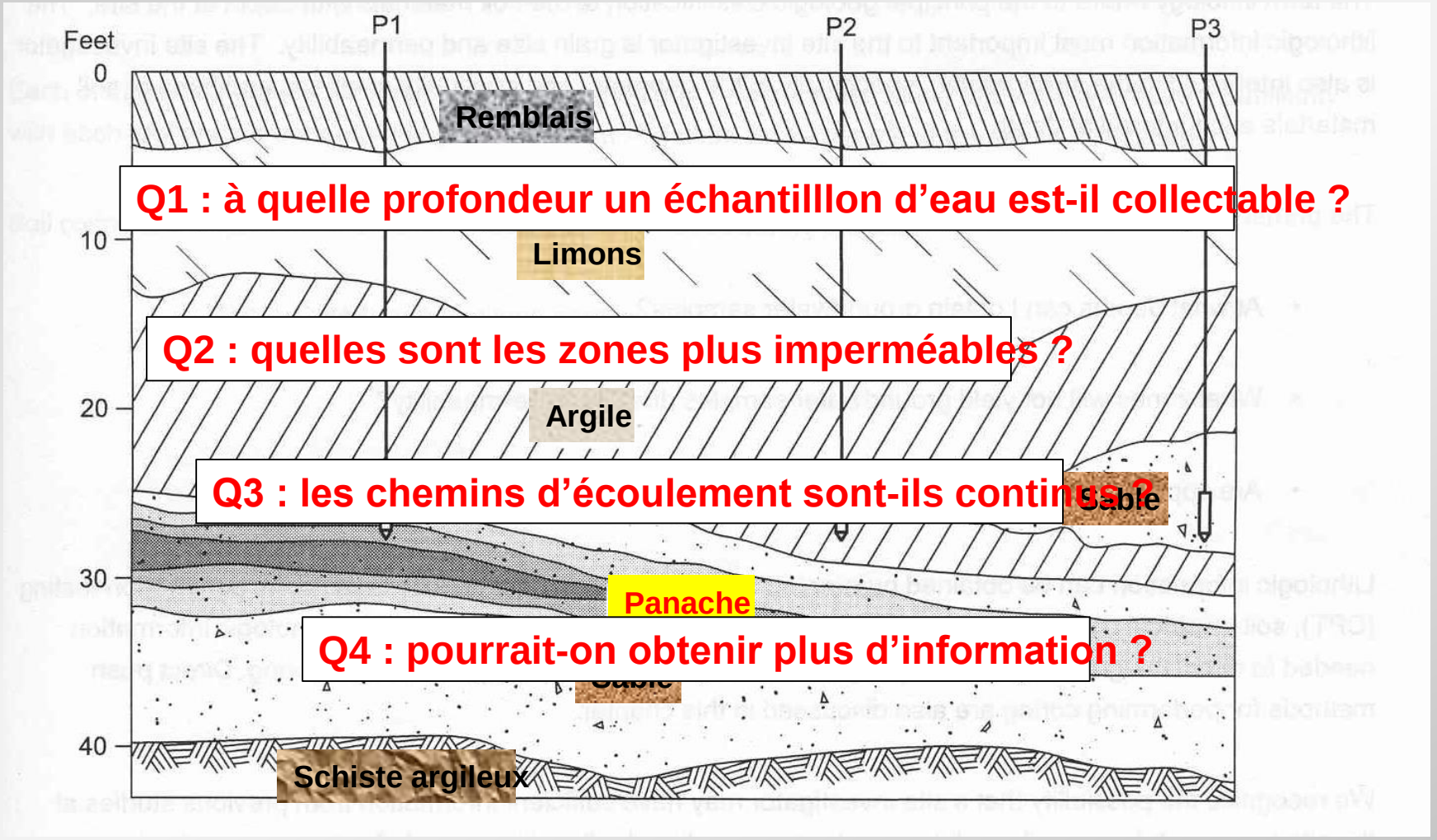
- Systematic Project Planning
- Dynamic Work Plan Strategies
- *Real-Time Measurement Technologies*

→ Diminuer les coûts liés à un projet
→ Diminuer les incertitudes pour de meilleures décisions
→ Élaboration d'un Modèle Conceptuel de Site (CSM) plus approprié
→ Usage proactif de nouveaux outils d'investigations et d'assainissement

Direct Image®

- TRIAD approach (US EPA)
  - Plus grand nombre de données de haute qualité
  - Meilleure compréhension de la géologie et de la contamination
  - Phase d'investigation plus courte
  - Moins de mobilisation
  - Meilleurs paramètres pour l'évaluation des risques et la prise de décision
  - Diminution des coûts de gestion du projet

Investigations environnementales souterraines :



Direct Image®

Gamme d’outils spéciaux pour des mesures particulières :

- Sondes :
  - EC
  - MIP
  - HPT
  - (CPT)
- Sondes combinées :
  - MIP-EC-CPT
  - HPT-EC-CPT
  - MIP-EC-HPT (MIHPT)
  - HPT-GWS
- *Slug Tests* Pneumatiques

Direct Image®

- EC : mesures de la conductivité électrique du sous-sol en fonction de la profondeur
  → EC = f (granulométrie) → géologie (non-consolidée)

- MIP–EC : analyse en continu d'un effluent gazeux provenant du sous- sol par des détecteurs CPG
  → localisation des COV en fonction de la profondeur

- HPT–EC : mesures en continu de la pression d'injection
  → estimation de la perméabilité/conductivité hydraulique (K)

- CPT : mesures en continu de paramètres (qc, Fs, u) du sous-sol
  → géologie

Direct Image®

Règle générale :

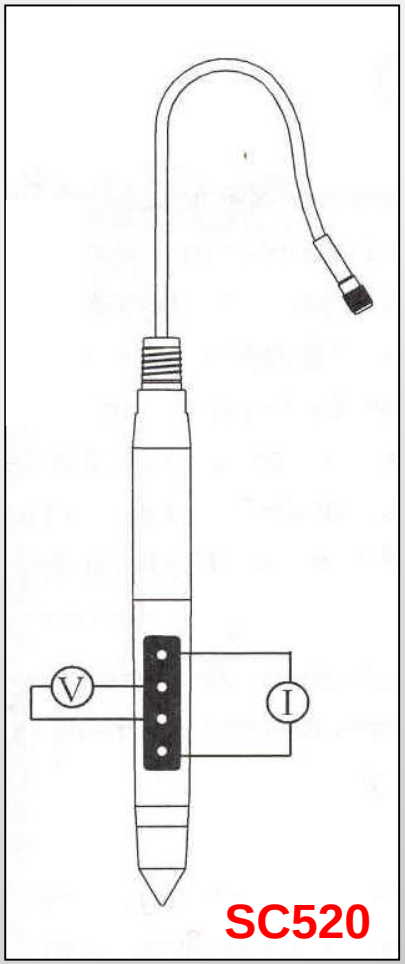
EC = f (granulométrie)

Avantages :

- Très rapide (> 200m/jour)
- Résultats reproductibles
- Percussion permise
- Faible coût
- Permet de distinguer les zones de haute/faible perméabilité
- Visualisation 3D

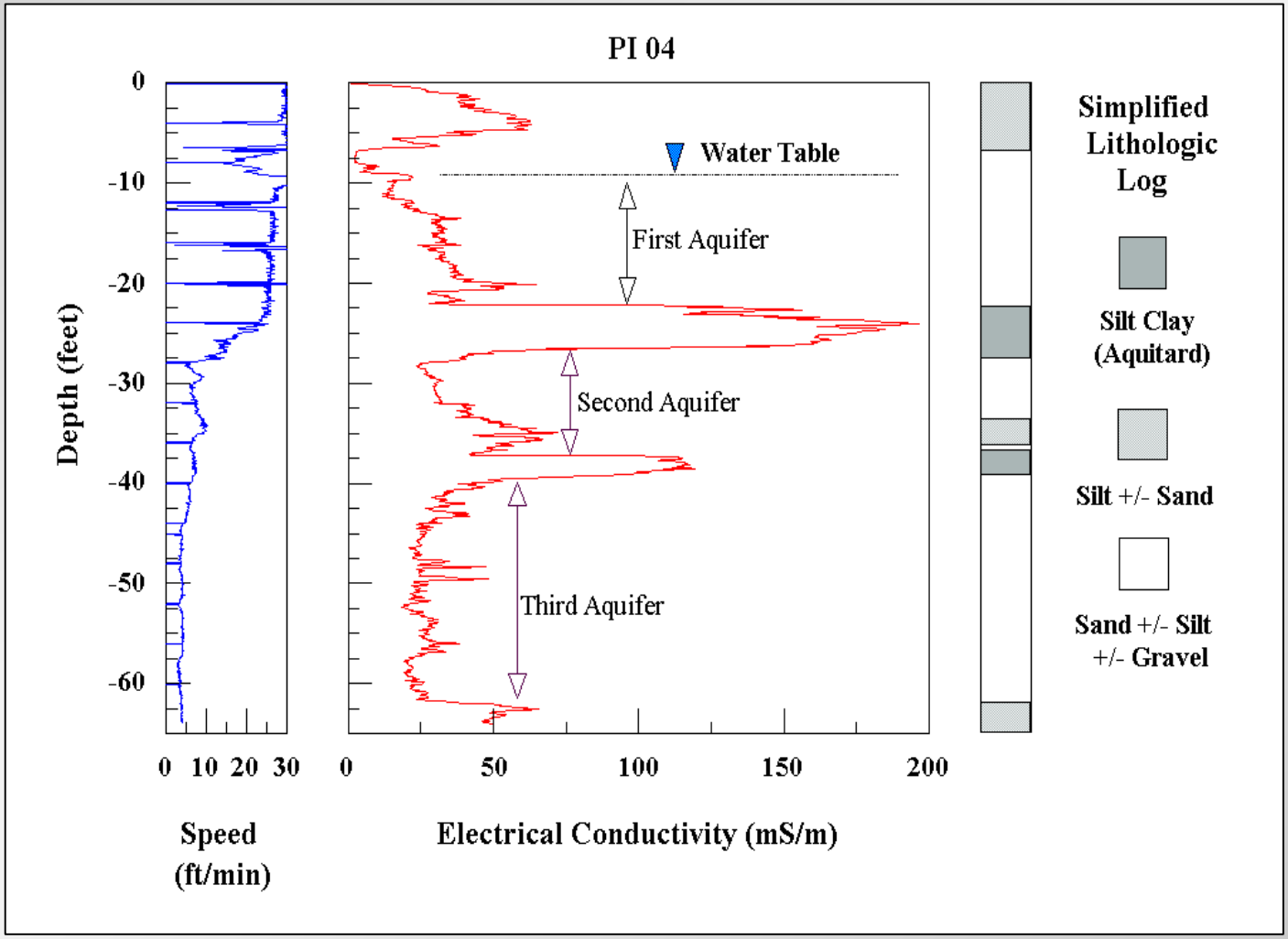
Interférences :

- ions (eaux saumâtres, sels, acides ..)

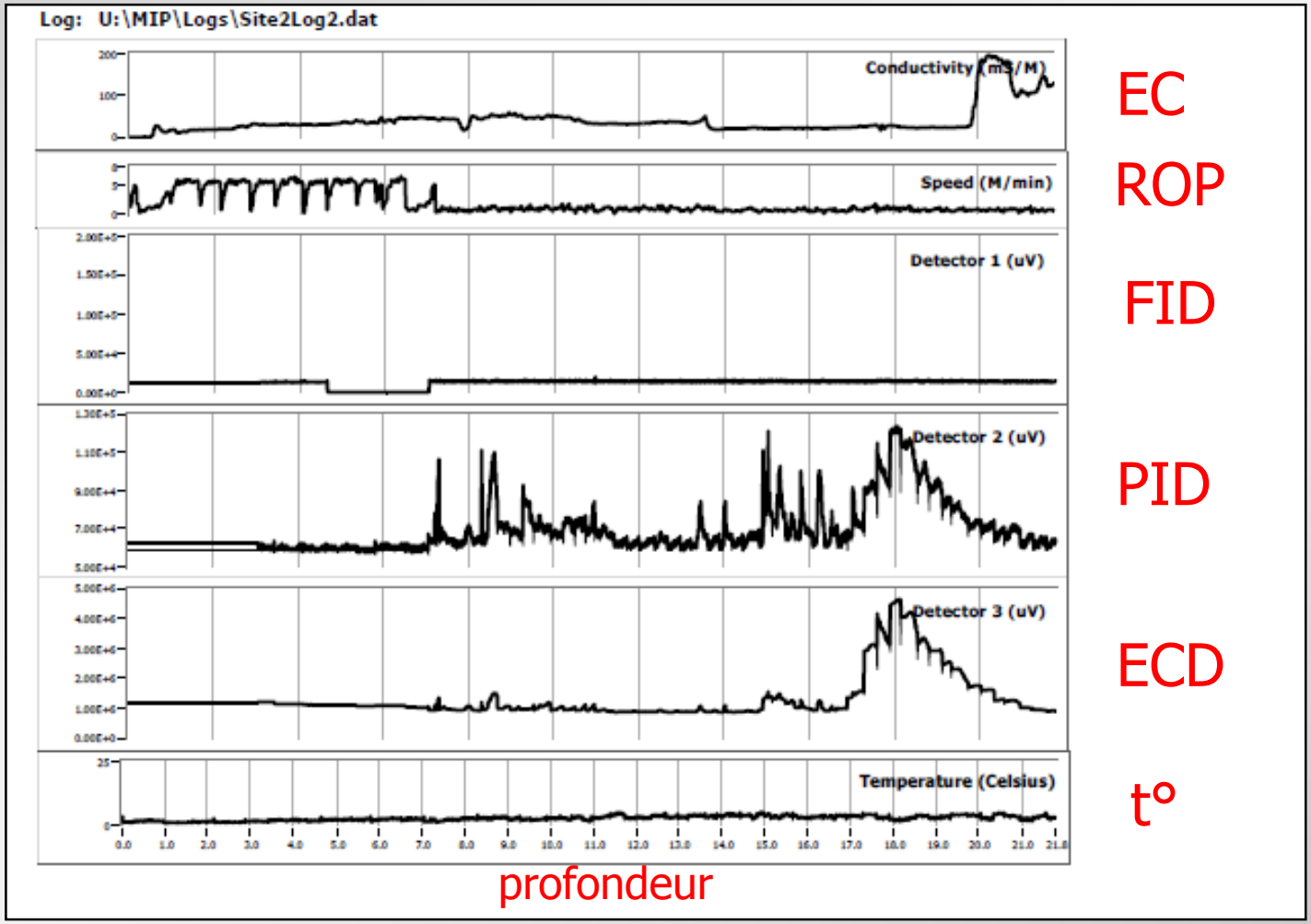


Direct Image®

EC



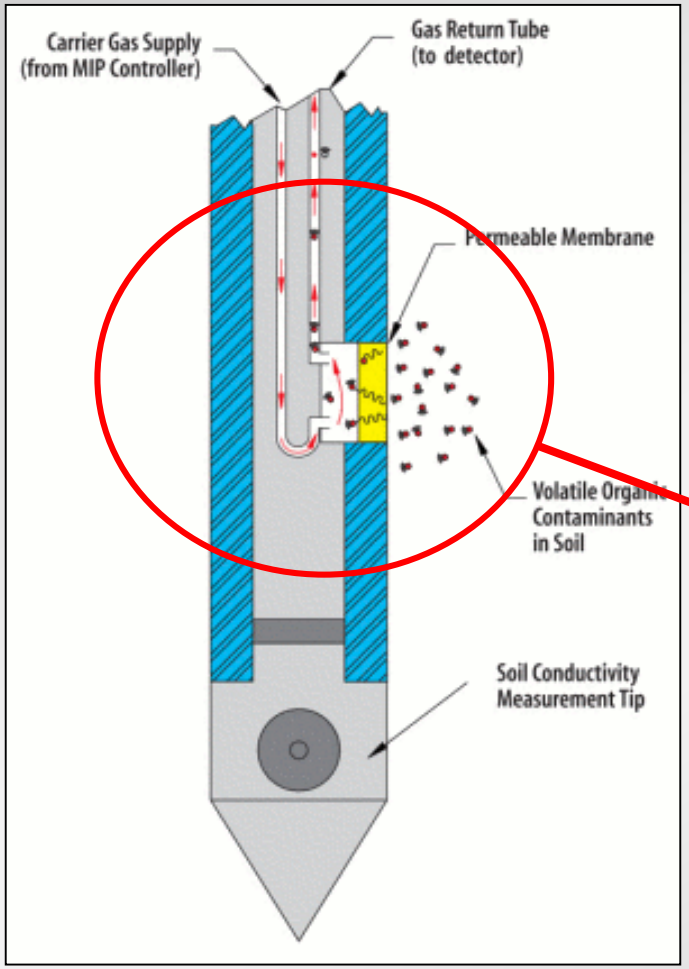
Direct Image®

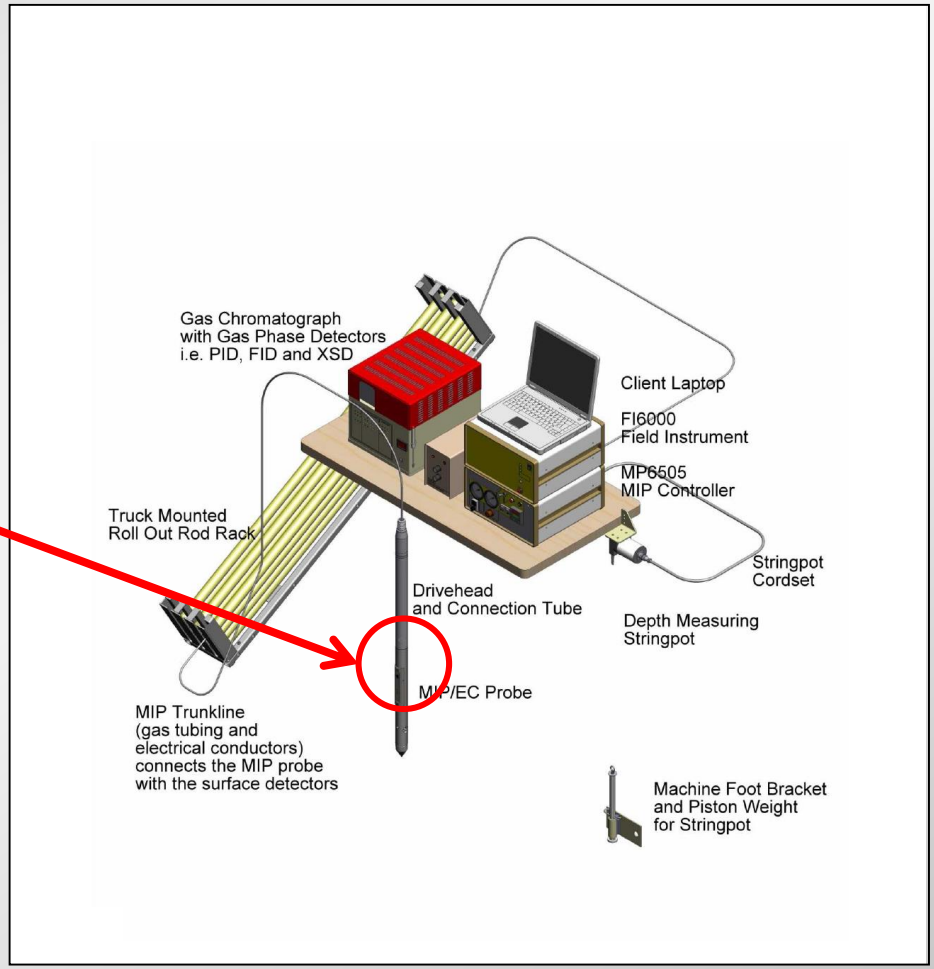


Direct Image® : sonde MIP

- localisation des COV en fonction de la profondeur

Direct Image® : la sonde MIP



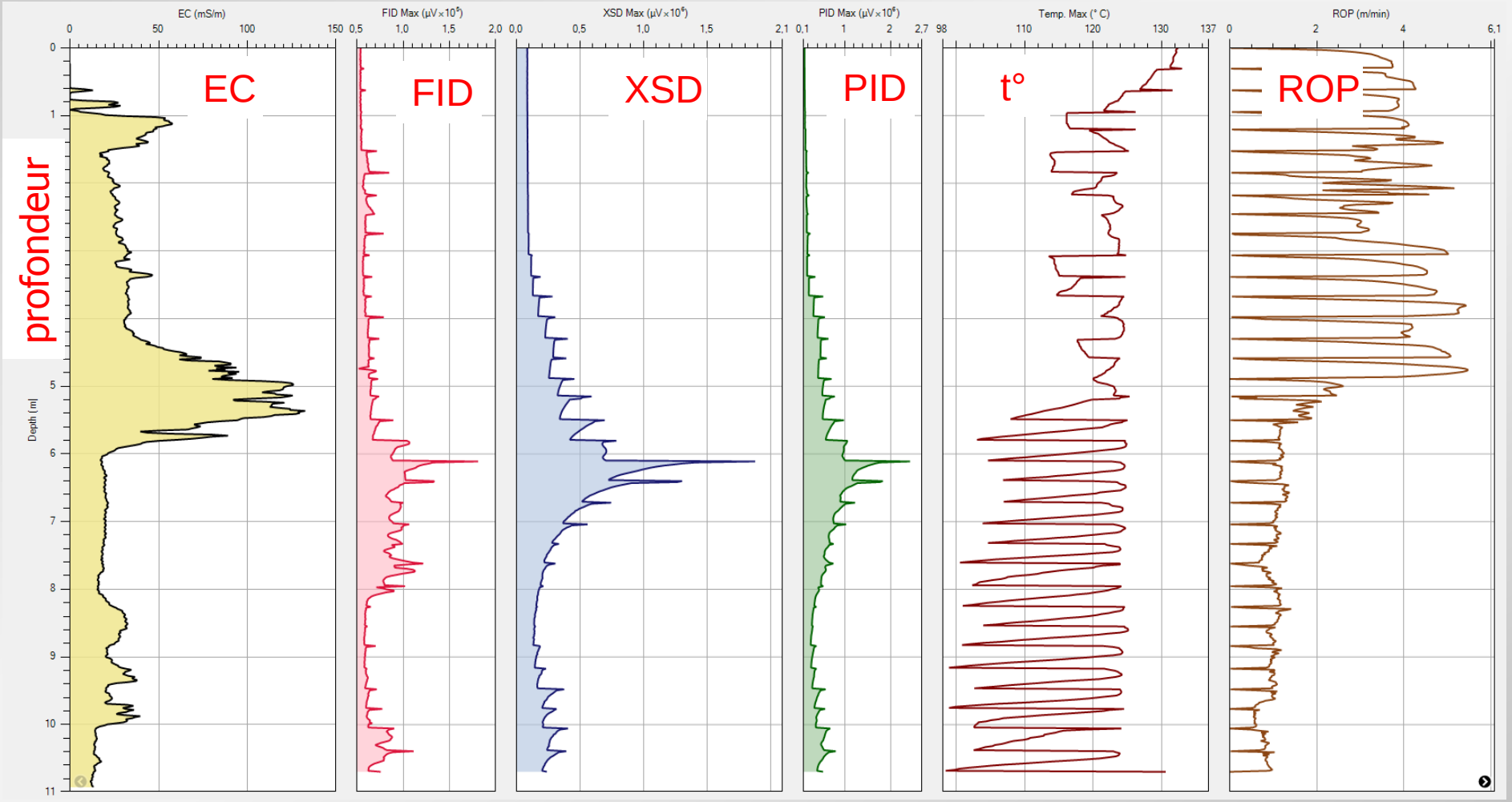


Direct Image® : la sonde MIP

- Développée par Geoprobe Systems® (brevet US)
- Détection in-situ et en continu de COV
  (HC légers, BTEX, solvants chlorés, CFC ..)
- Semi-quantitatif
  → Diagnostic rapide d'un site (source, plume ..)
  → Guide la phase ultérieure d'échantillonnage
  → Estimation de l'efficacité d'un assainissement in-situ
- Visualisation en 3D
- 50-80m/jour
- Détecteurs standards : FID-PID-XSD
- Couplage MS présenté comme un must

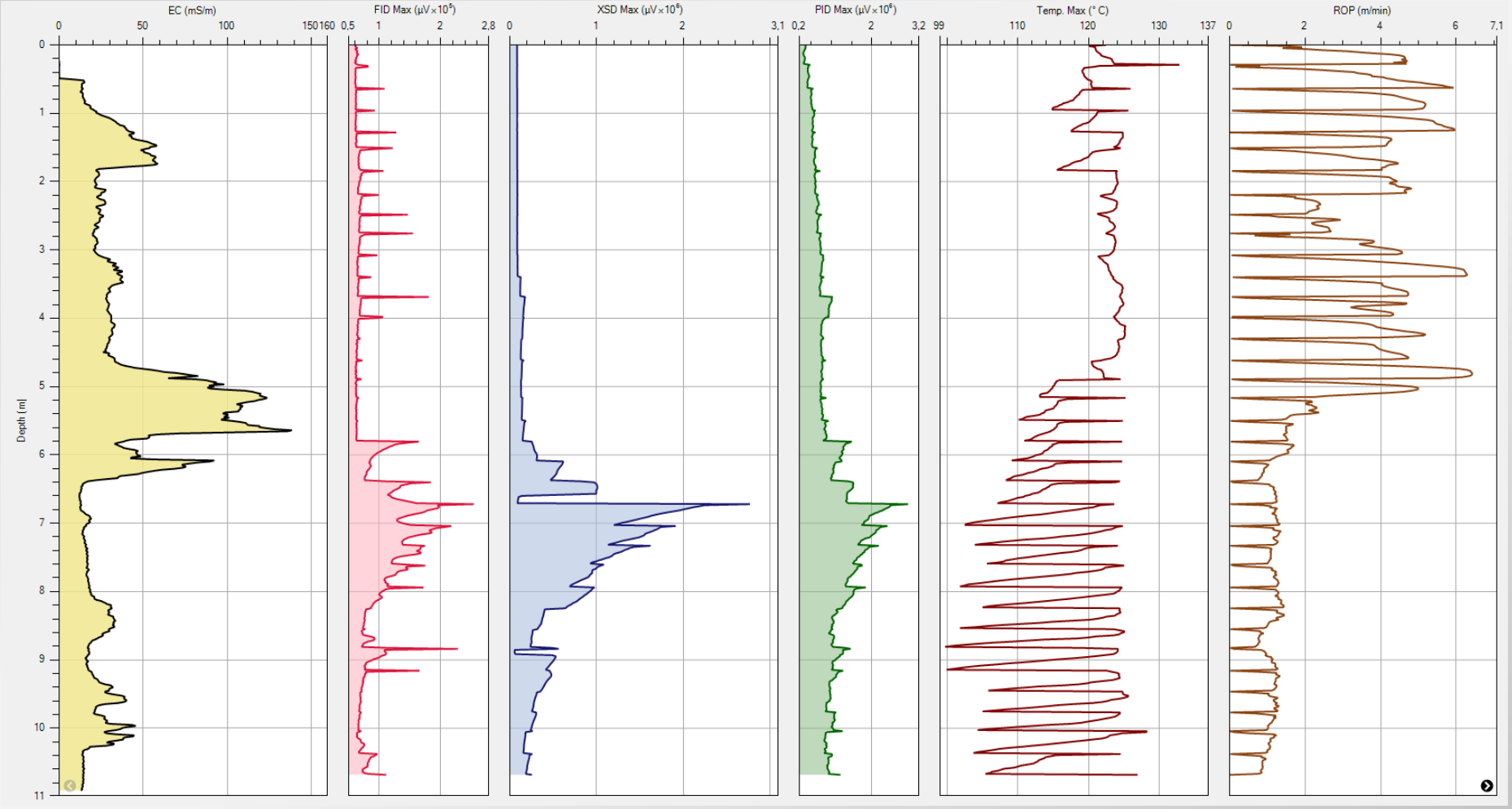
Direct Image® : la sonde MIP

Profil MIP



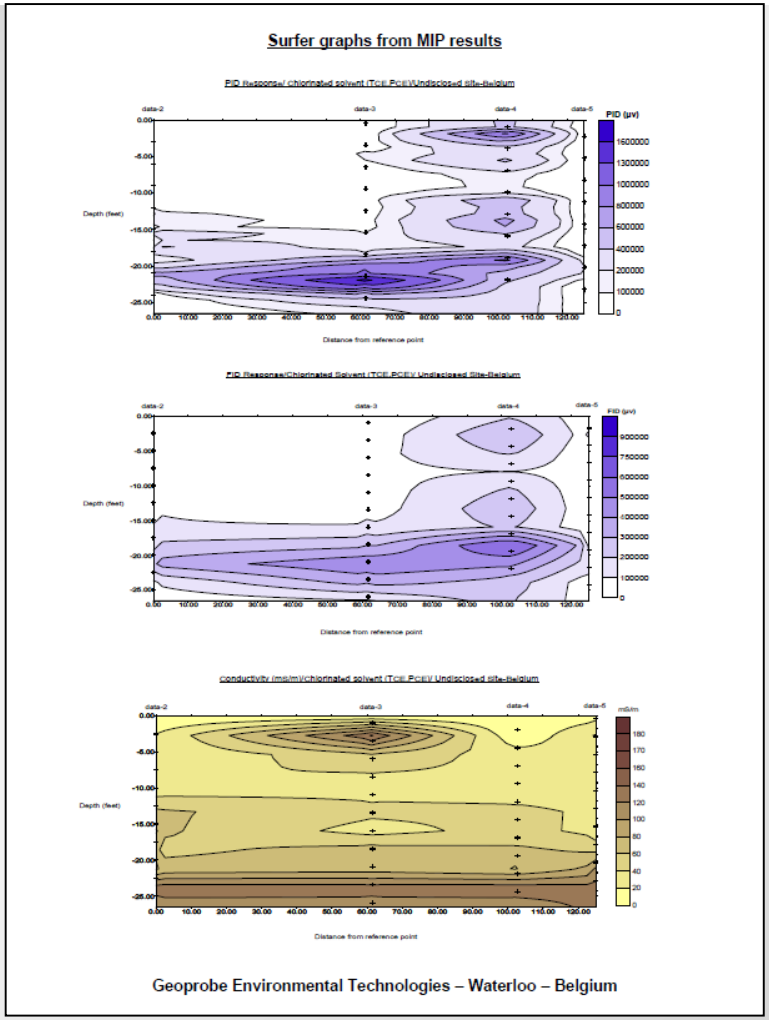
Direct Image® : la sonde MIP

Profil MIP

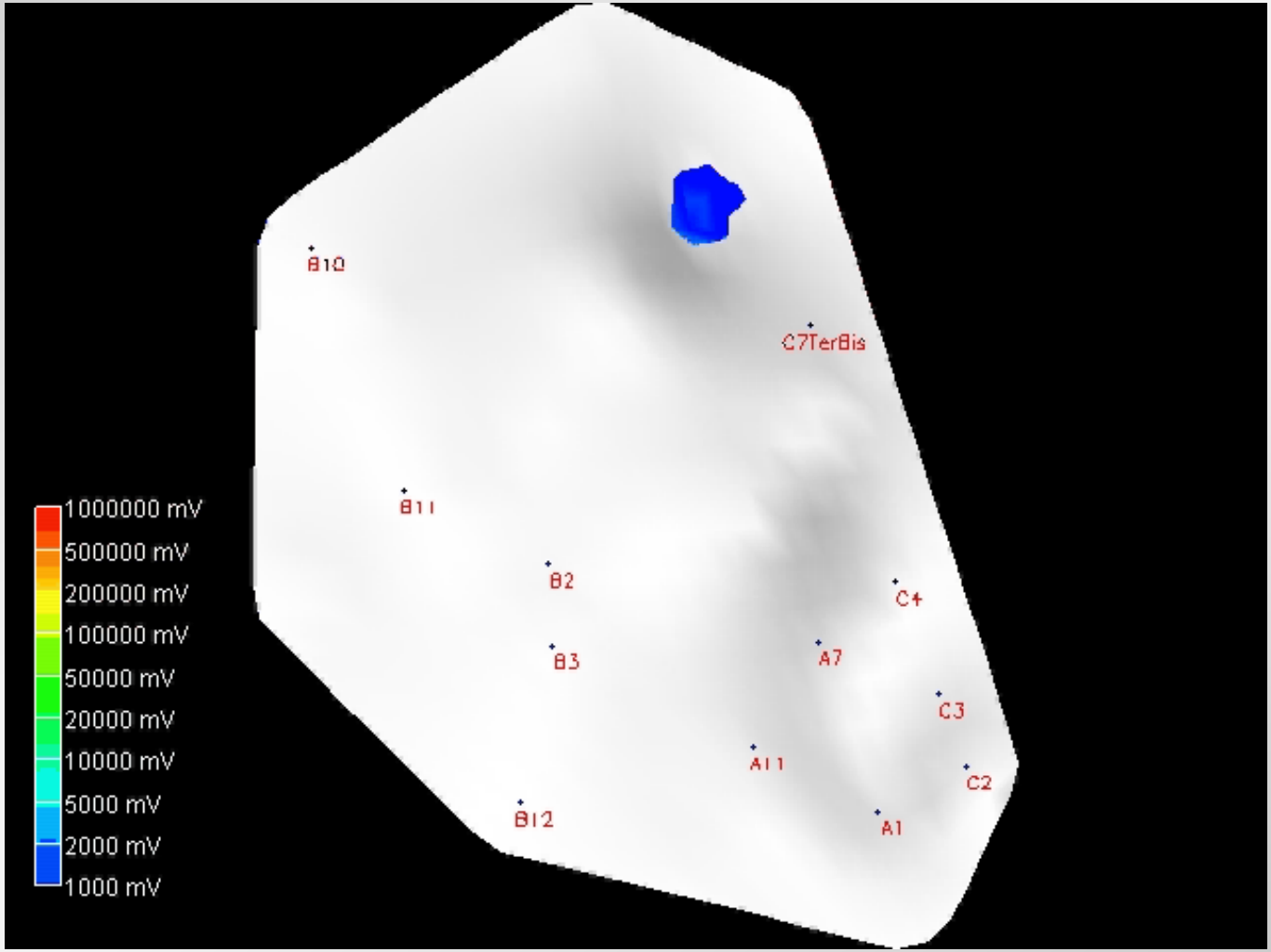


Direct Image® : la sonde MIP

Diagraphies 2D/3D

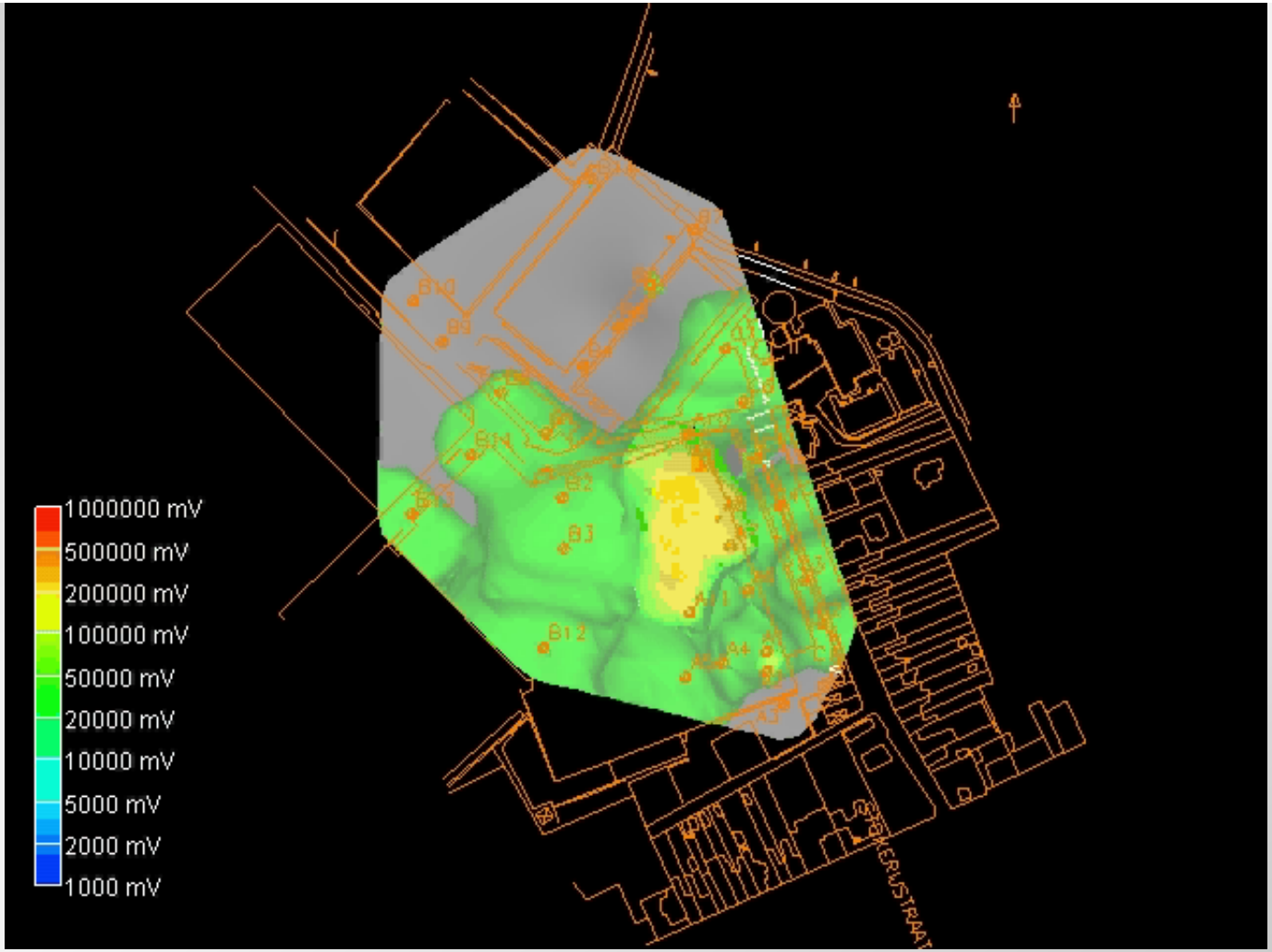


Direct Image® : la sonde MIP



Direct Image® : la sonde MIP

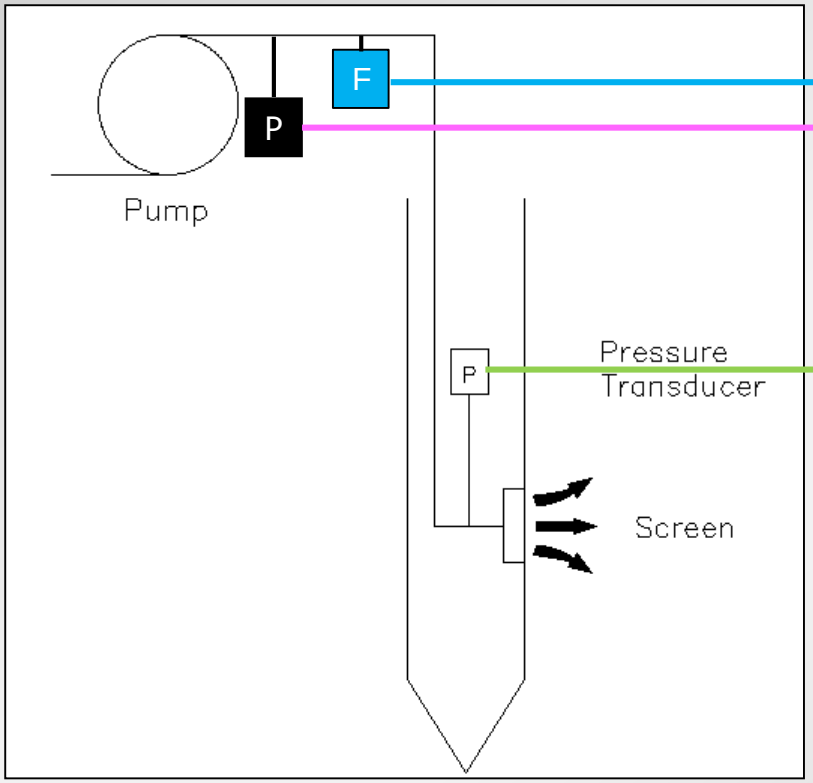
Modélisation 3D



Direct Image® : la sonde HPT

- estimation de la perméabilité/conductivité hydraulique (K)

Direct Image® : la sonde HPT



HPT flow (~250 ml/min)

Line pressure
(120 psi / 828 kPa)

HPT (total) pressure
(100 psi / 690 kPa)

<u>Loi de Darcy</u> :
K ~ Q/P
K ~ 1/P si Q est constant

Direct Image® : la sonde HPT

- $K \sim Q/P_{inj}$

mesuré par un débitmètre digital à la pompe

- $P_{totale} = p_{atm} + p_{hydro} + p_{inj}$

$$\leftrightarrow p_{inj} = P_{totale} - (p_{atm} + p_{hydro}) = p_{corr}$$

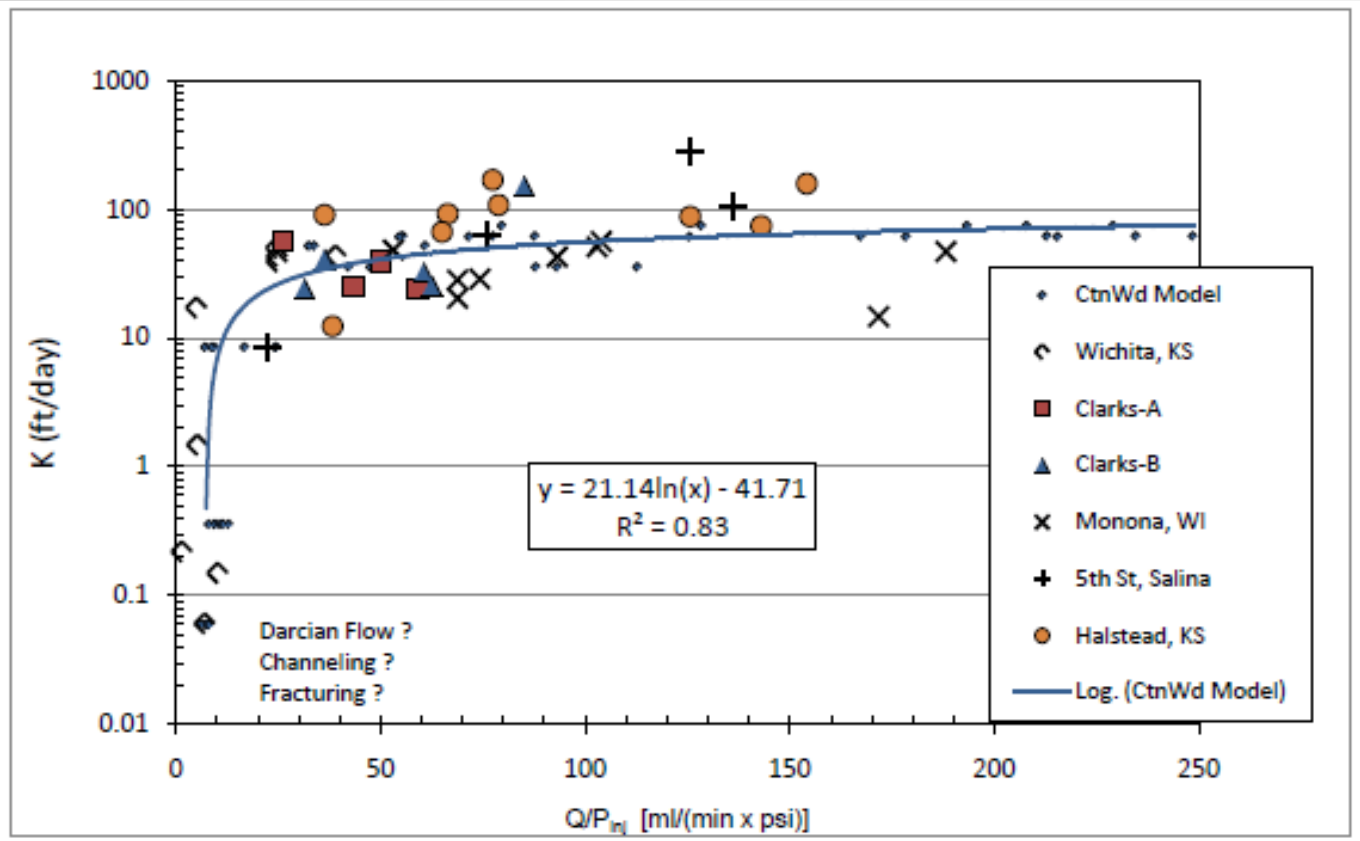
mesuré par le senseur

mesuré en surface

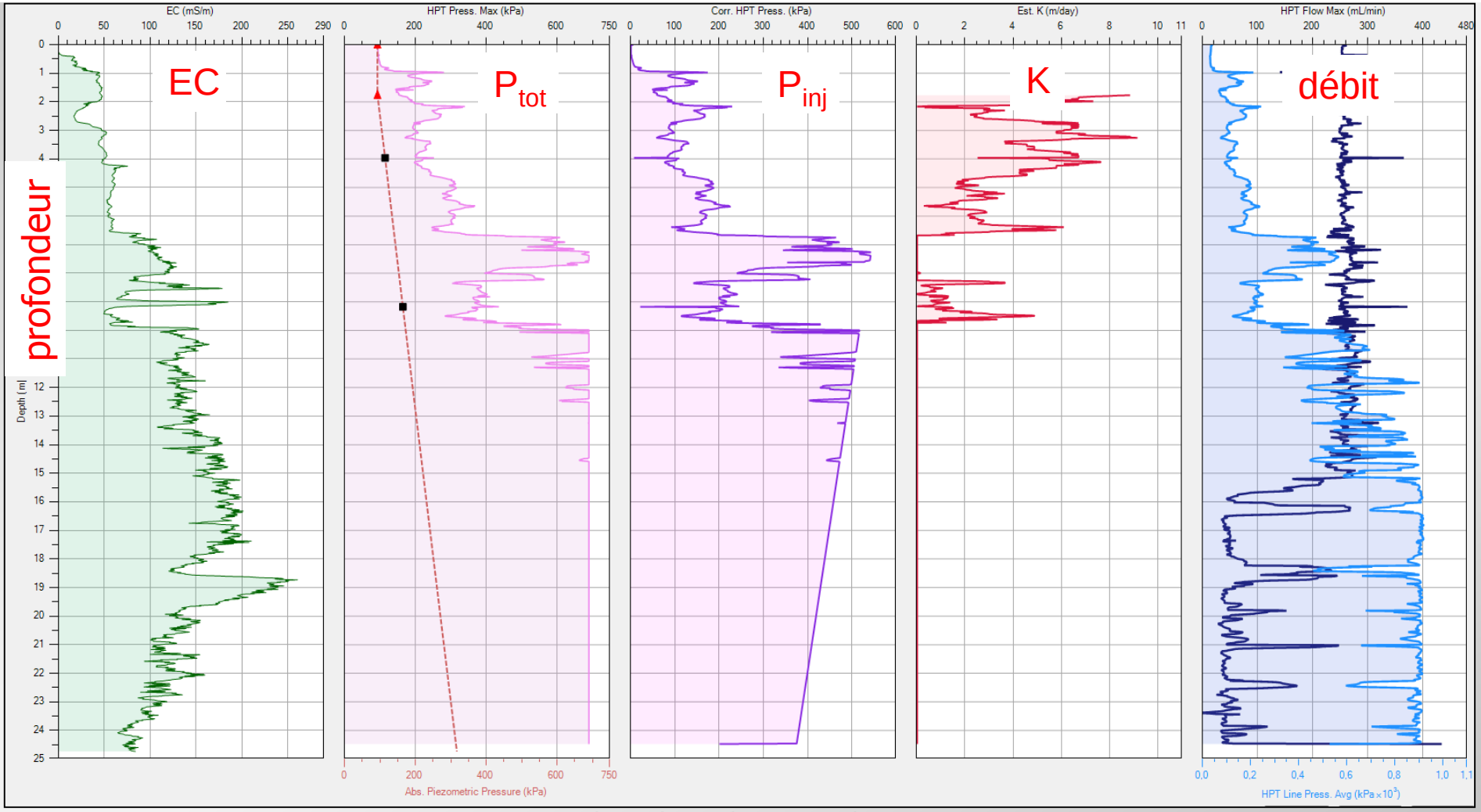
mesuré par un test de dissipation (effectué pendant le sondage)

Direct Image® : la sonde HPT

- Modèle empirique valable pour 0,03 m/jour < K < 25 m/jour



Direct Image® : la sonde HPT

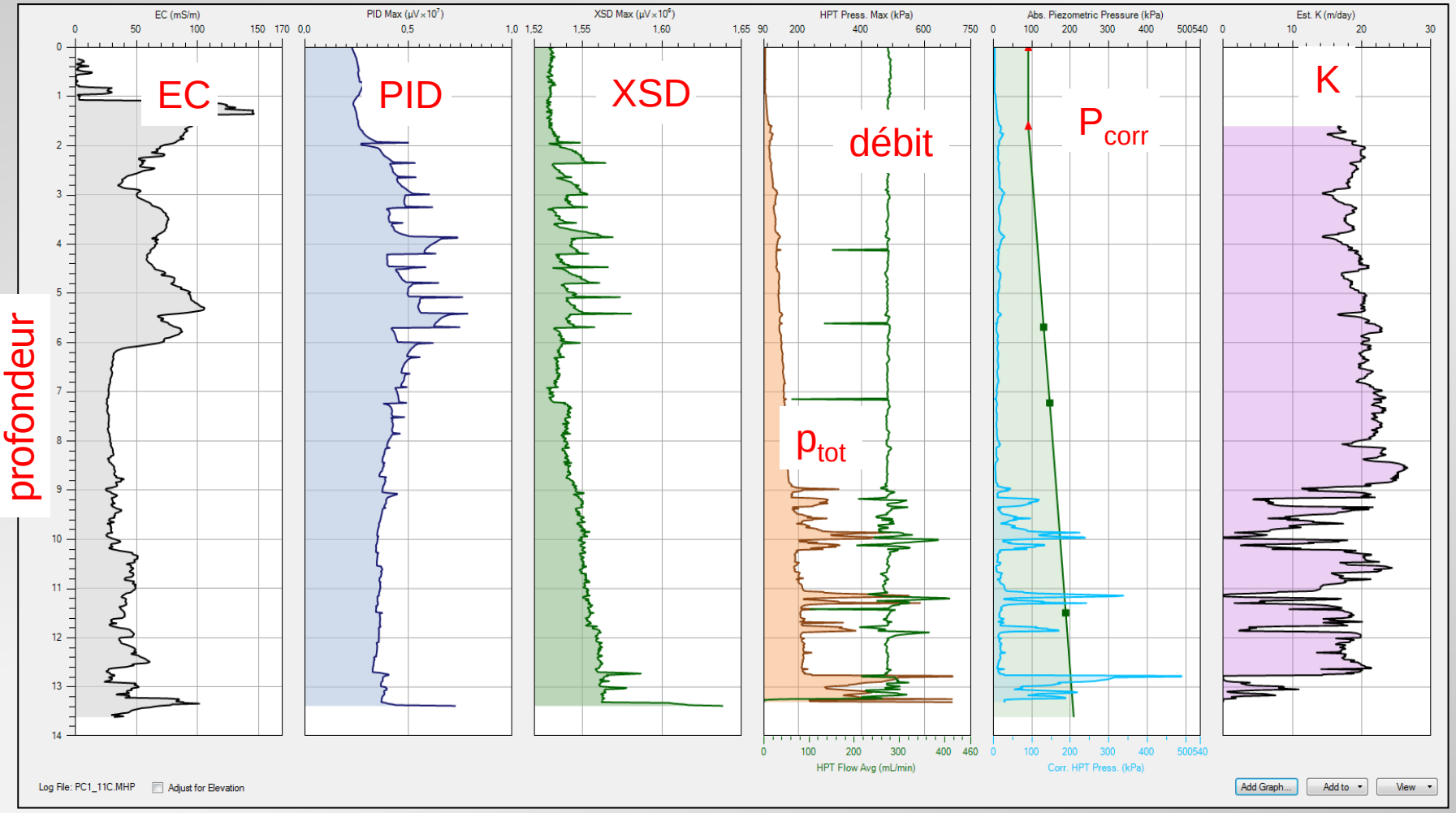


Direct Image® : la sonde HPT

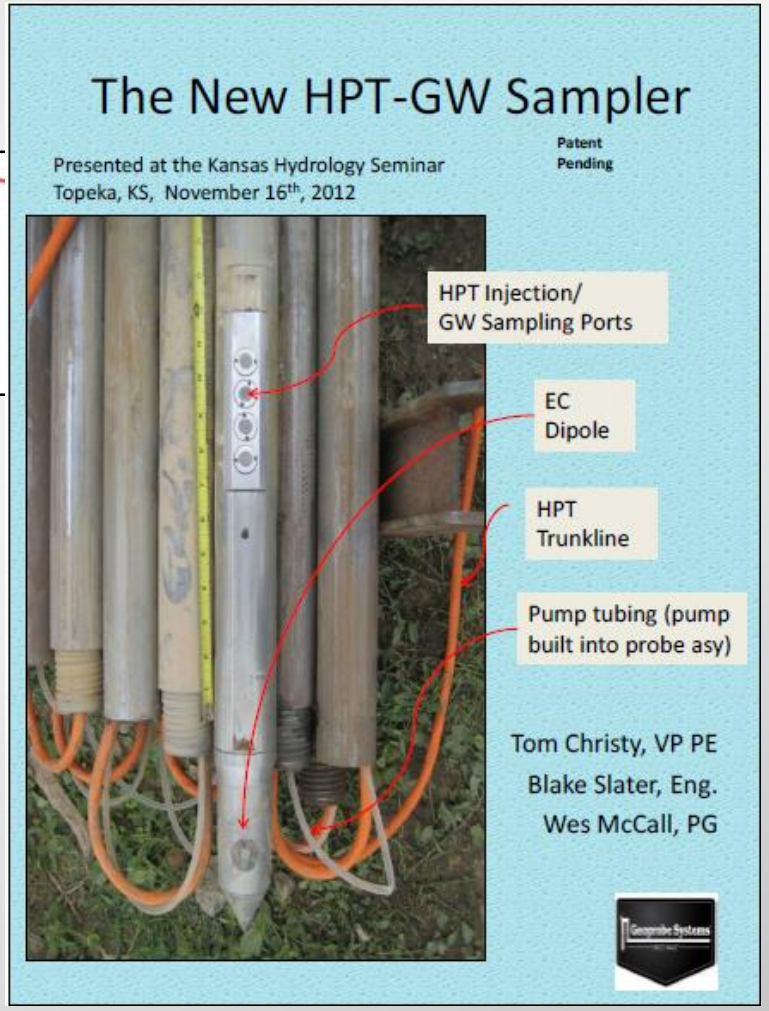
- accès rapide à la valeur K (1,5 cm)
- modélisation de la migration de la plume
  - → outil précieux dans la gestion des risques
  - → outil précieux dans le projet d'assainissement
- corrige la valeur EC
  - → détection d'anomalies

Direct Image® : la sonde MIHPT

Direct Image® : la sonde MIHPT



Direct Image® : la sonde HPT-GWS

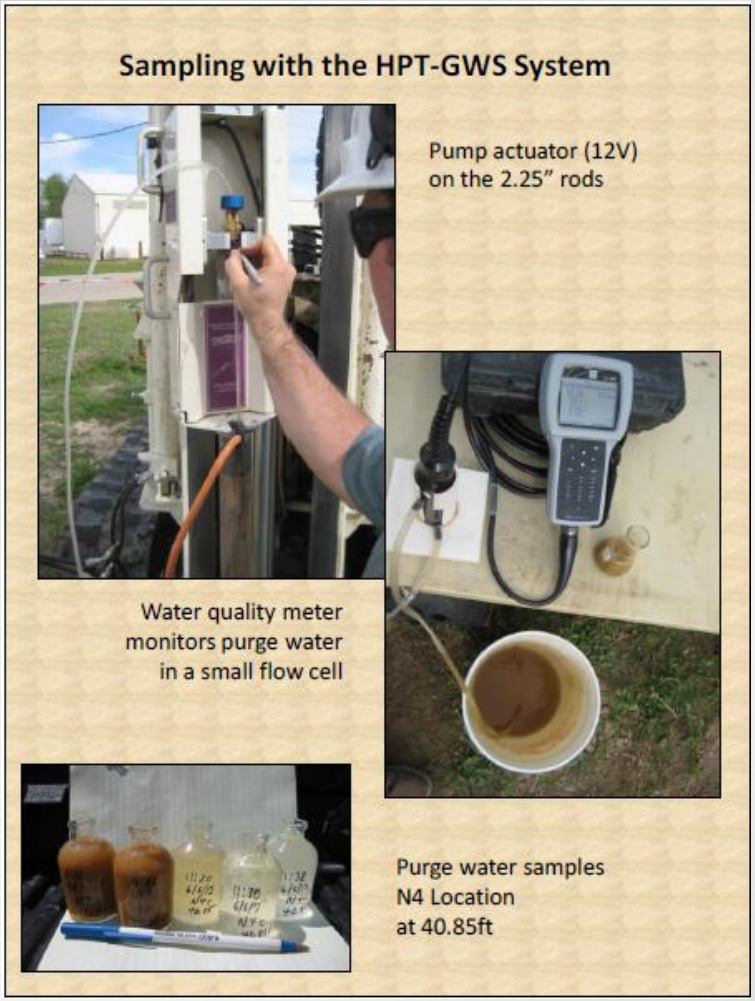


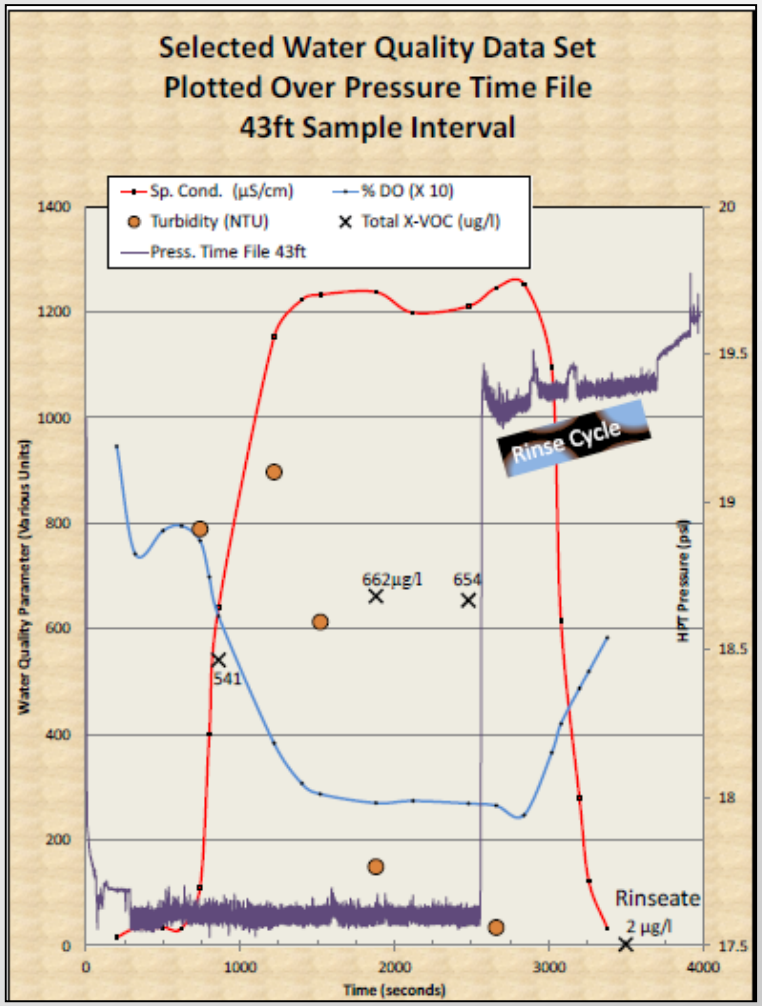
- Profilage HPT-EC
- Echantillonnage d'eau à de multiples intervalles grâce à une *Bladder Pump* intégrée

Direct Image® : la sonde HPT-GWS

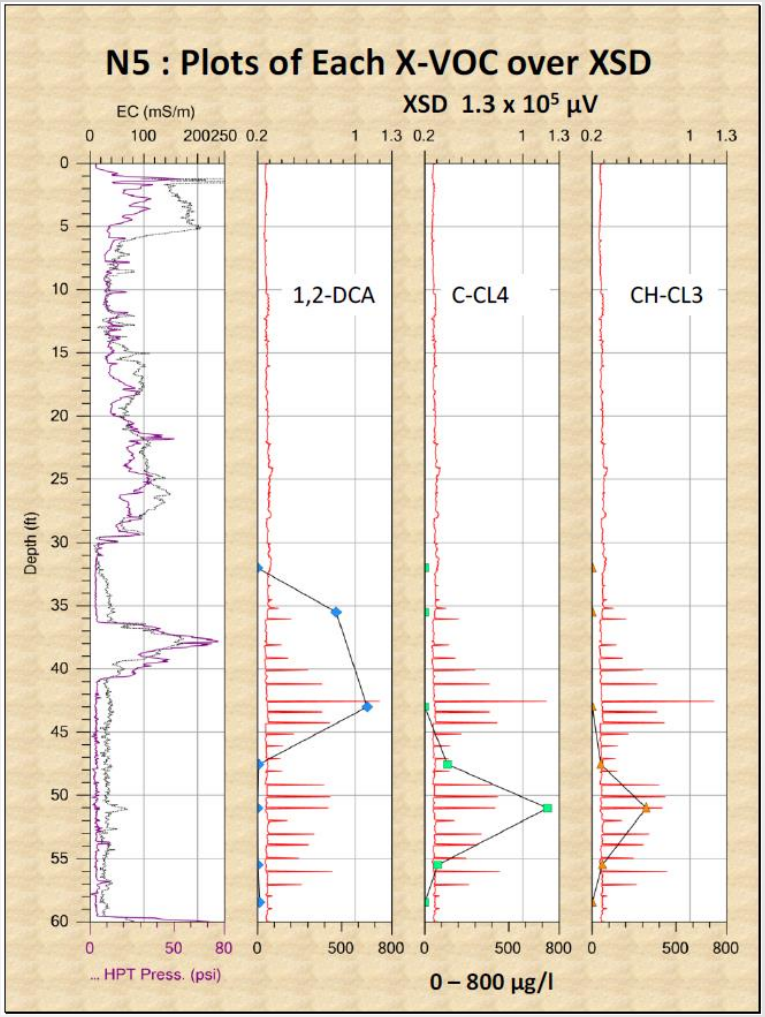
- Profils HPT-EC pour l'interprétation de l'hydro-stratigraphie et l'identification des chemins préférentiels de migration
- Echantillonnage précis
- Plusieurs échantillons d'eau par trou
- Utilisation d'eau désionisée pour contraste avec l'eau souterraine
- Bladder pump = échantillonnage à faible débit de très haute qualité

Direct Image® : la sonde HPT-GWS





Direct Image® : la sonde HPT-GWS



Distribution verticale des X-VOCs

Challenges futurs

- Passage progressif de la méthodologie classique vers les méthodes modernes
- Faire en sorte que l'approche « Risk-based » et les nouvelles technologies soient acceptées :
  - par les décideurs
  - par la société

Merci de votre attention

www.geoprobe.be

www.geoprobe.com

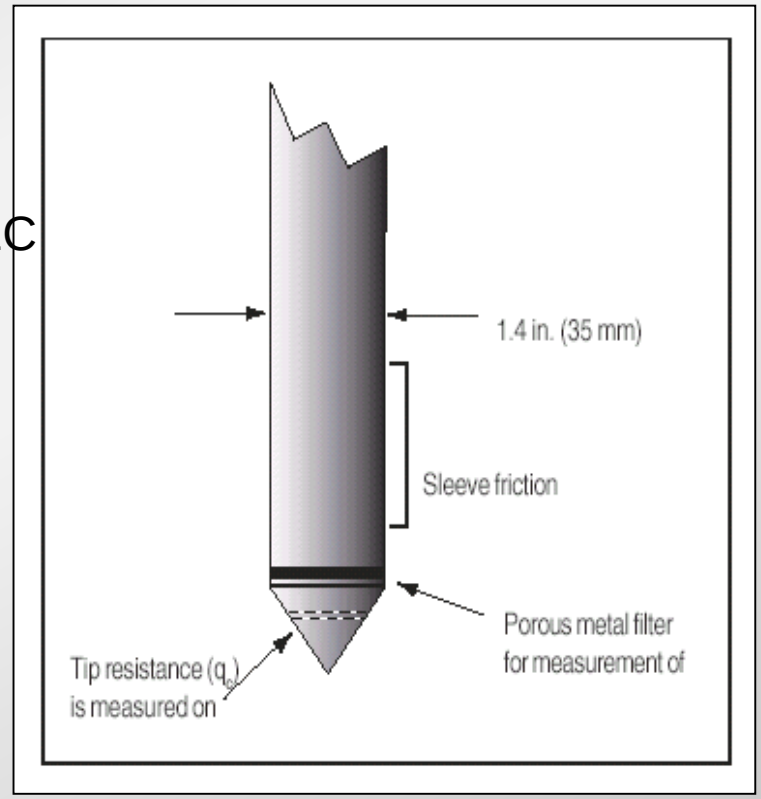
Direct Image®

CPT

Direct Image®

Avantages :

- Profilage continu et en détail
- Interprétation standardisée des résultats
- Résultats moins ambigus que les mesures EC
- Difficile à battre .. au bon endroit

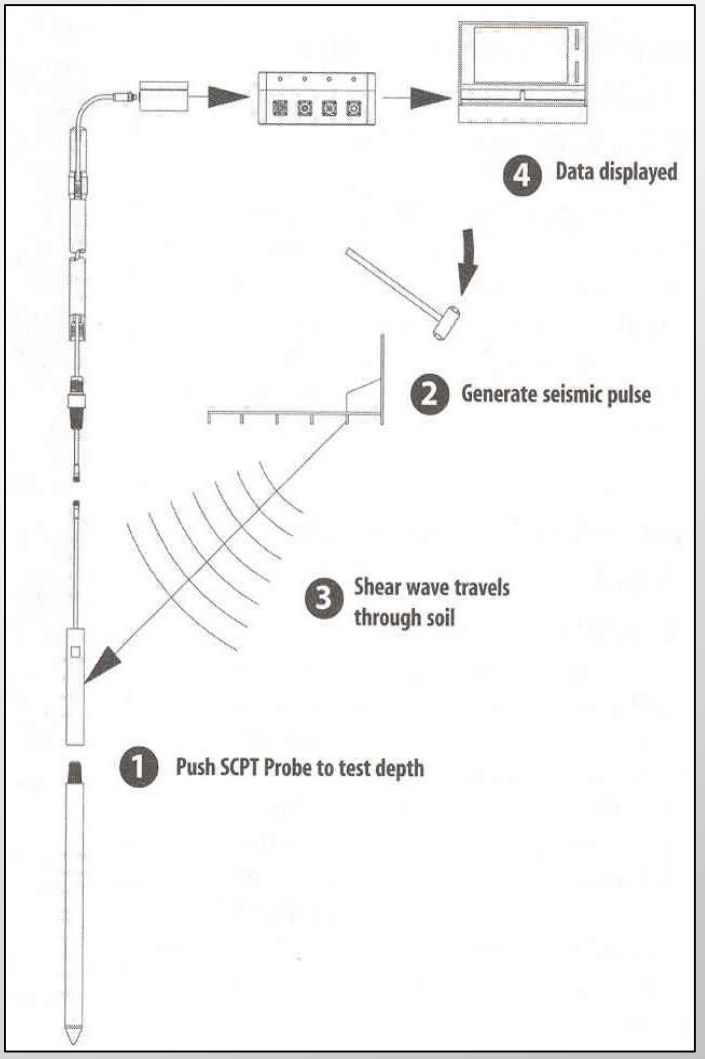


Inconvénients :

- Pas de percussion !
- Profondeur limitée
- Pas pour tous les sites
- Nécessite un opérateur qualifié

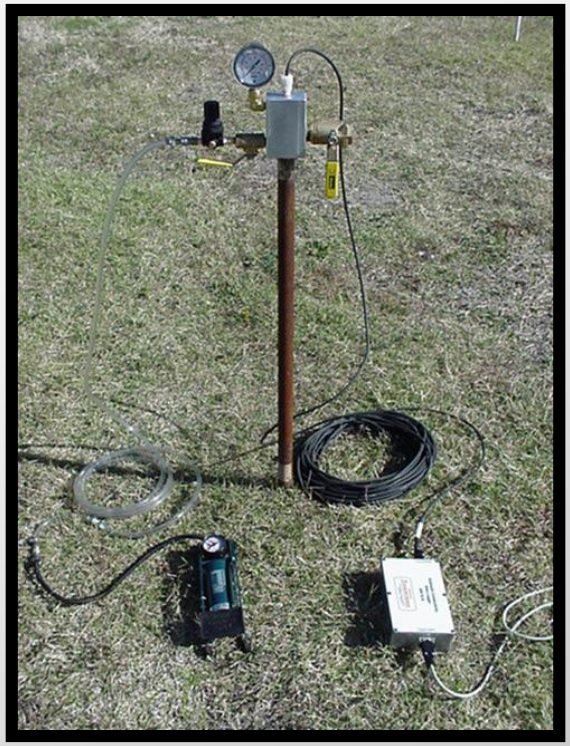
Direct Image®

- Couplé au CPT
- Evaluation des risques de liquéfaction



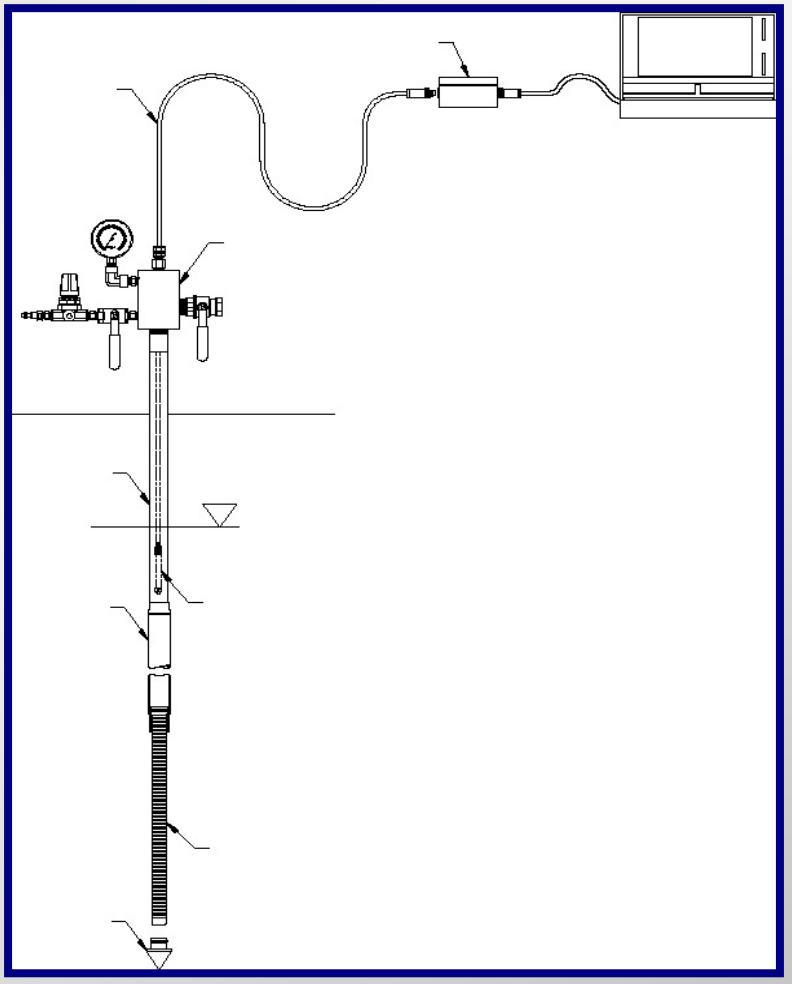
Direct Image®

Slug Tests pneumatiques

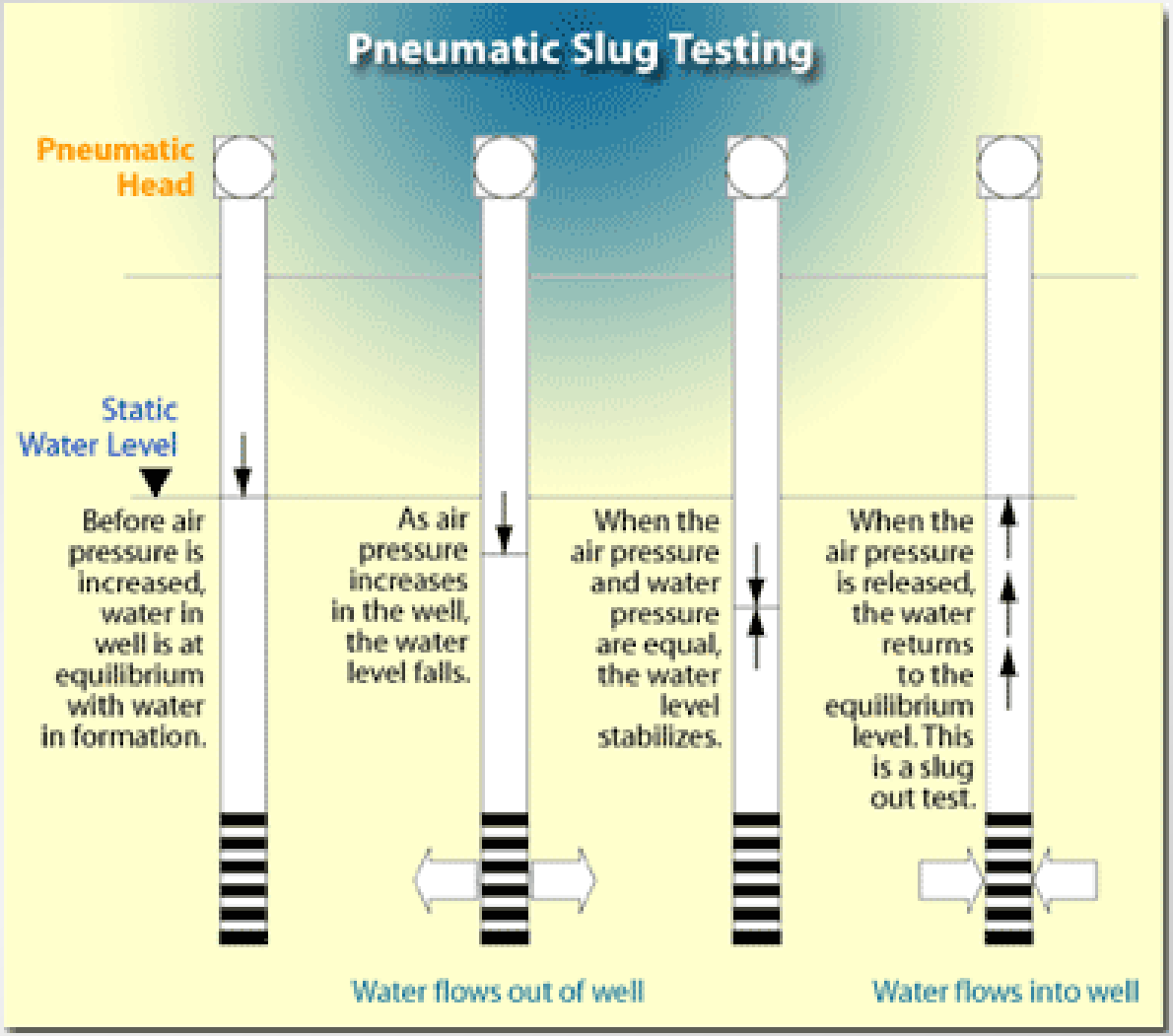


Direct Image®

- Possible avec les outils de petits diamètre
- 1m/jour < K < 200m/jour
- Intervalles multiples à endroits multiples
- Initiation pneumatique pour des données de très haute qualité
- Optimisation du design de
- remédiation
- Développement indispensable
- Pas besoin de puits permanent

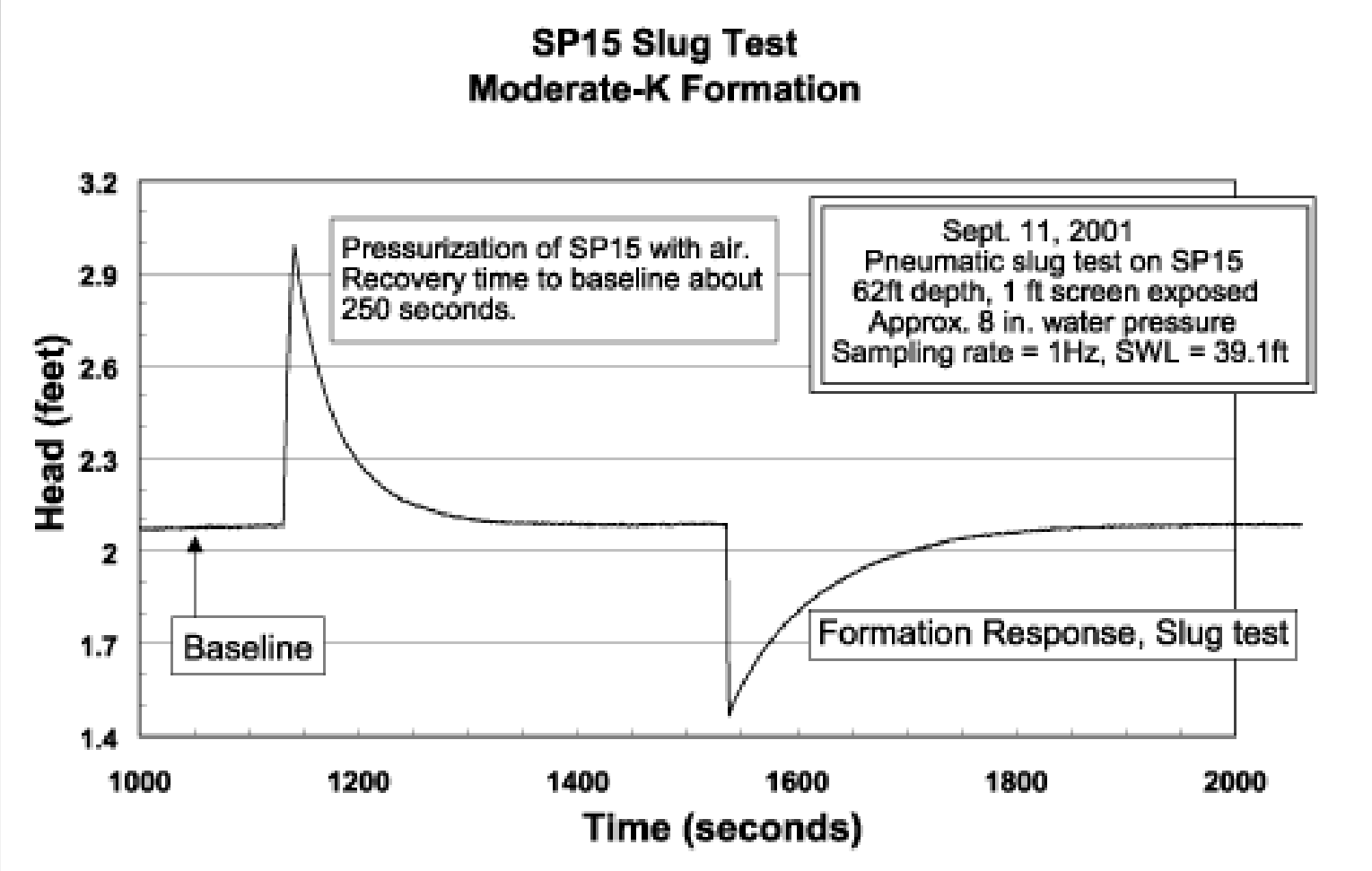


Direct Image®

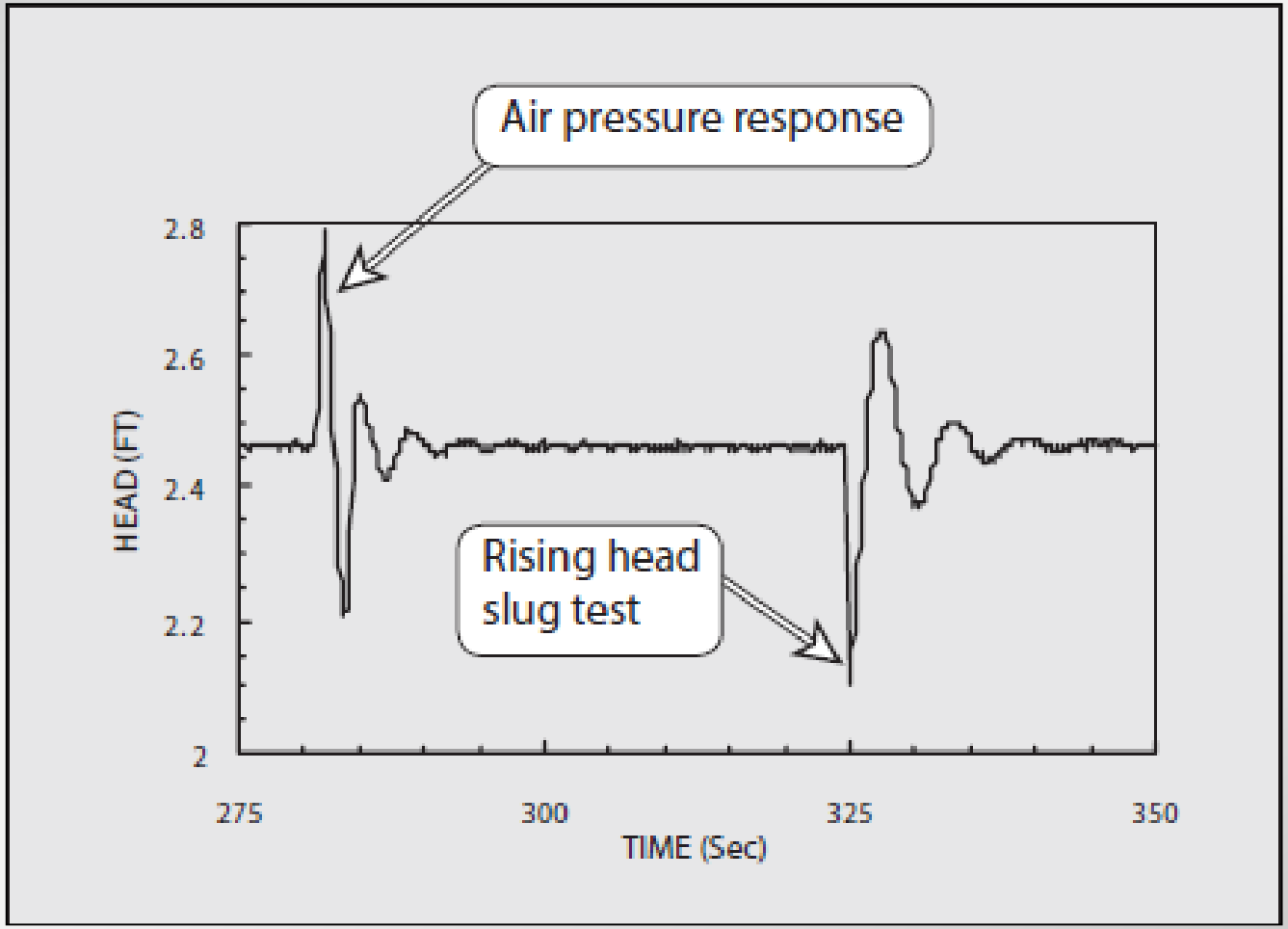


Direct Image®

Slug Tests pneumatiques

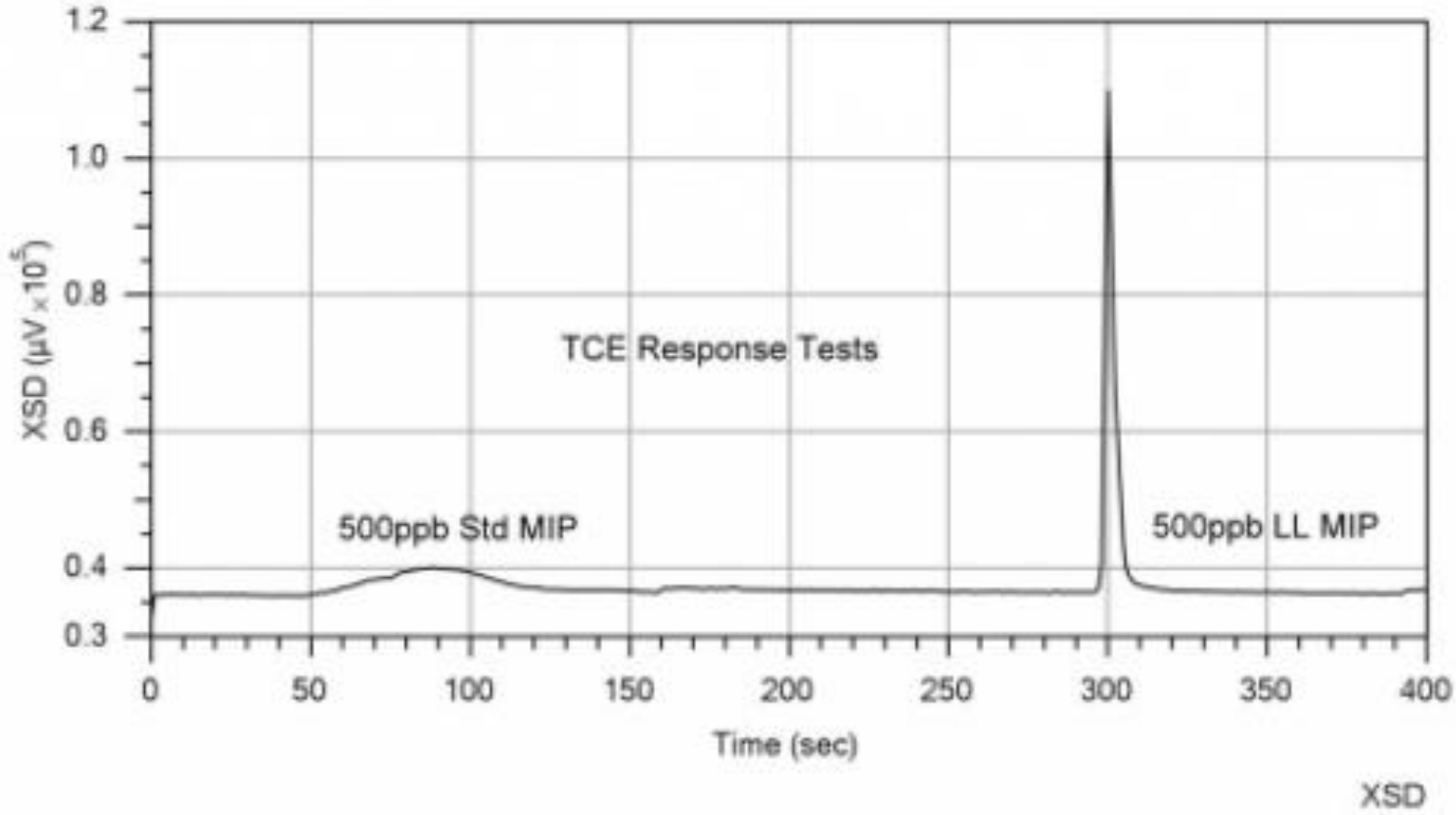


Direct Image®



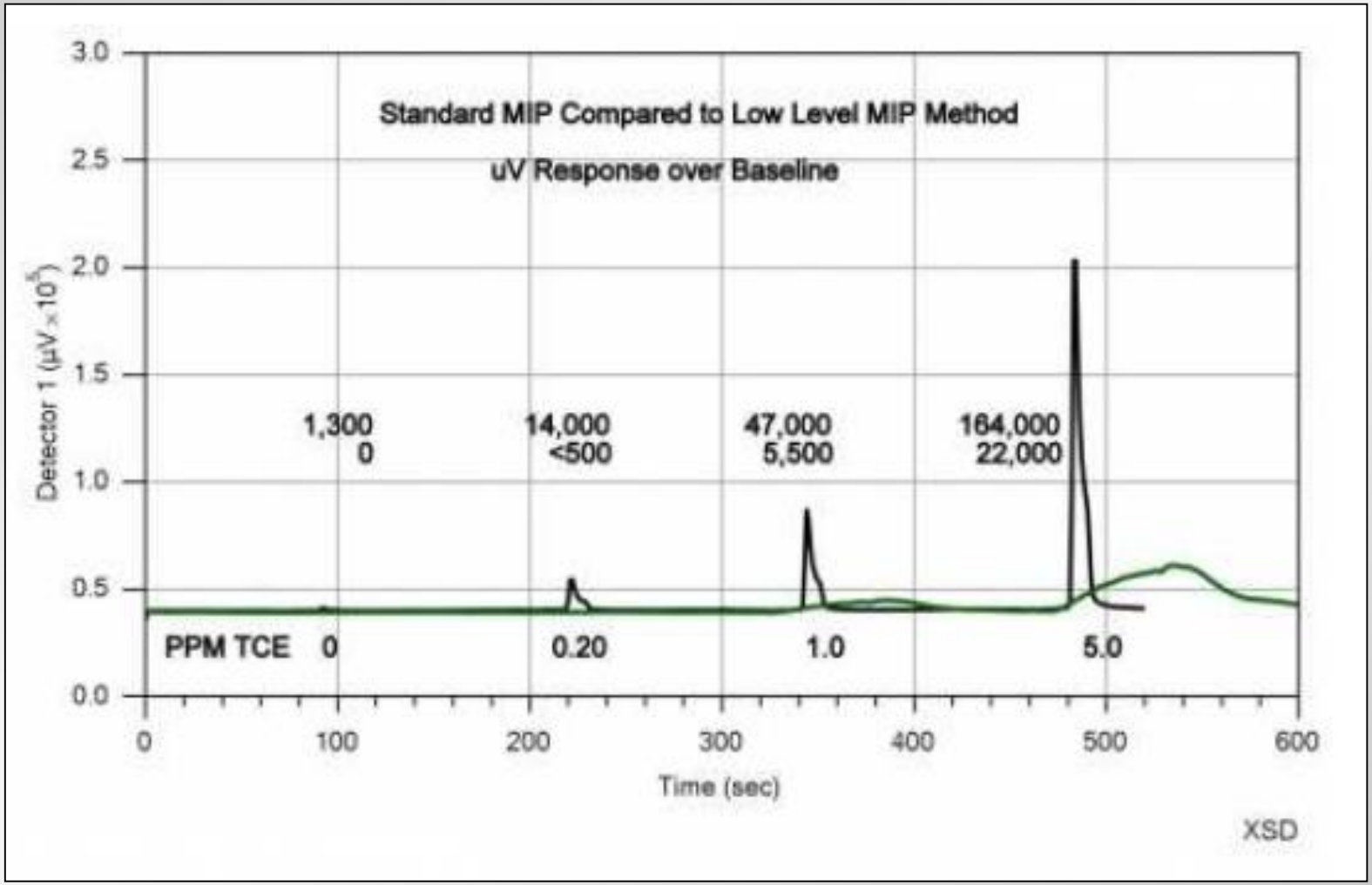
Direct Image® : Low-Level MIP

LL-MIP



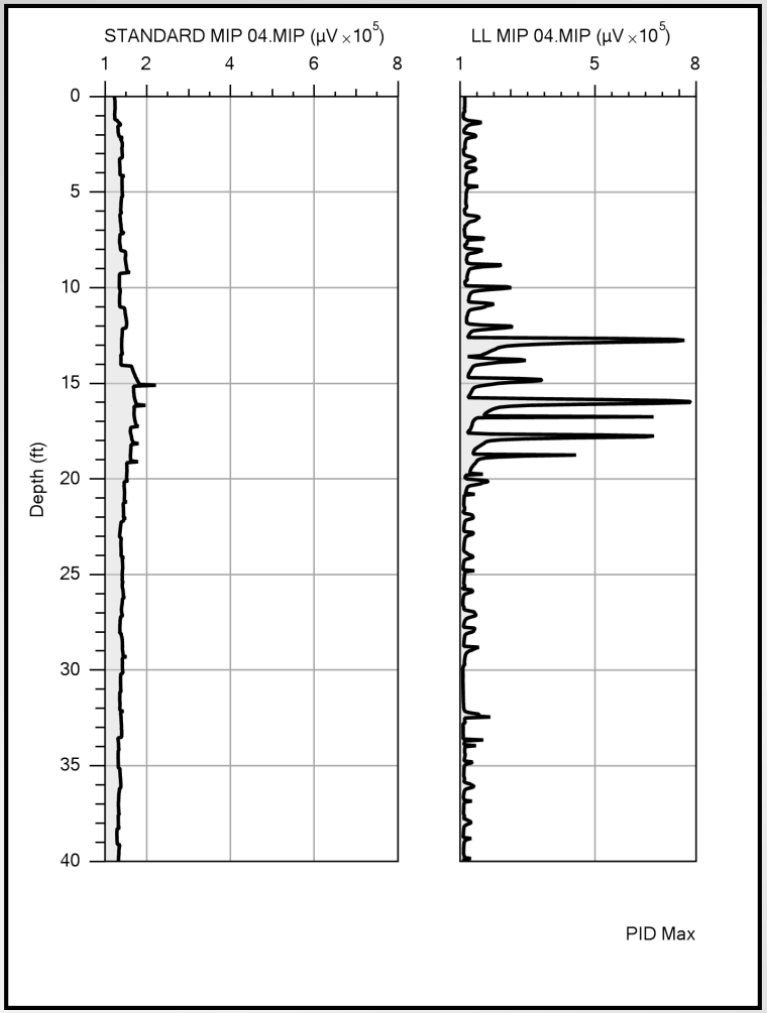
Direct Image®

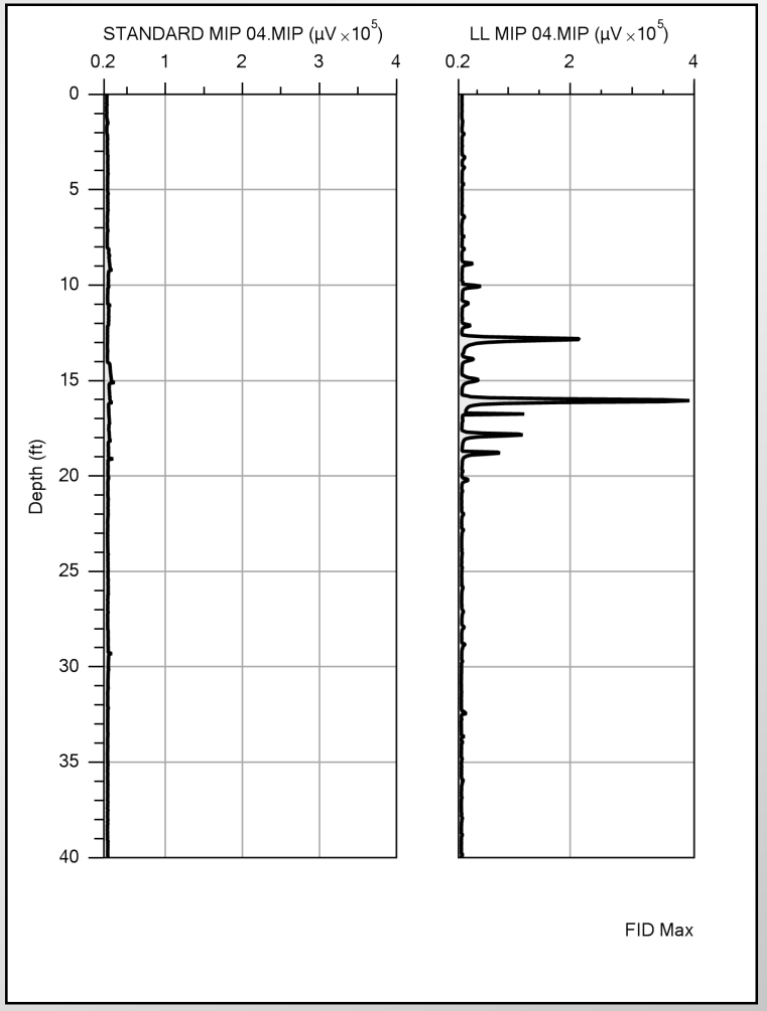
LL-MIP



Direct Image®

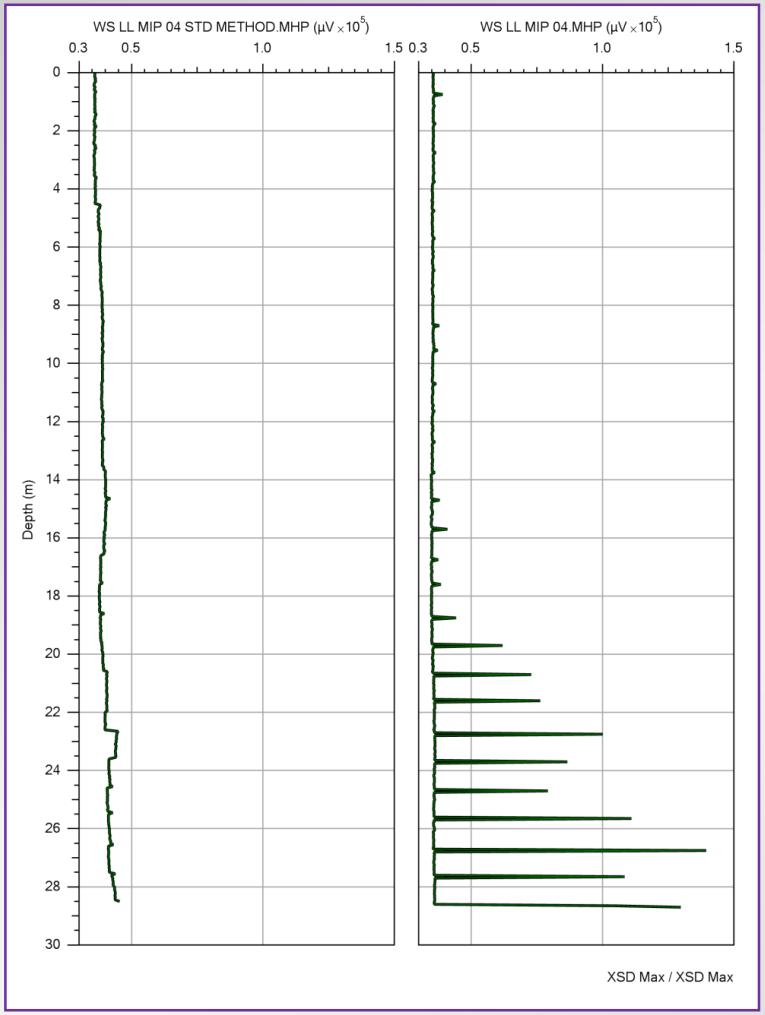
LL-MIP

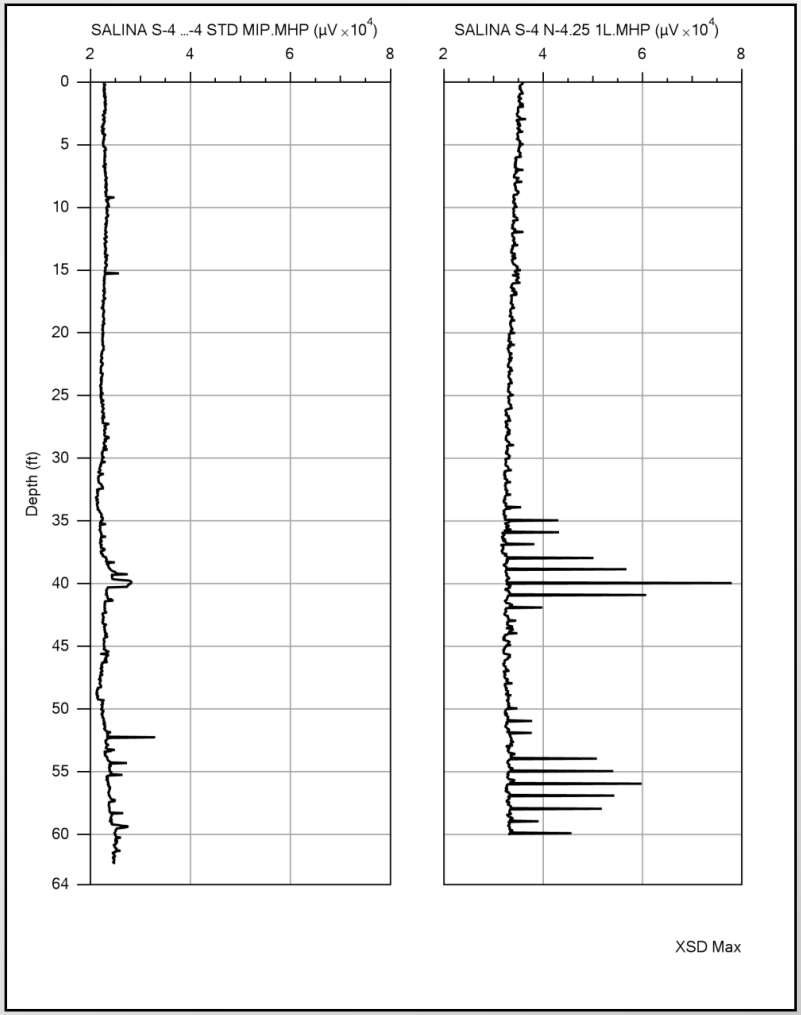




Direct Image®

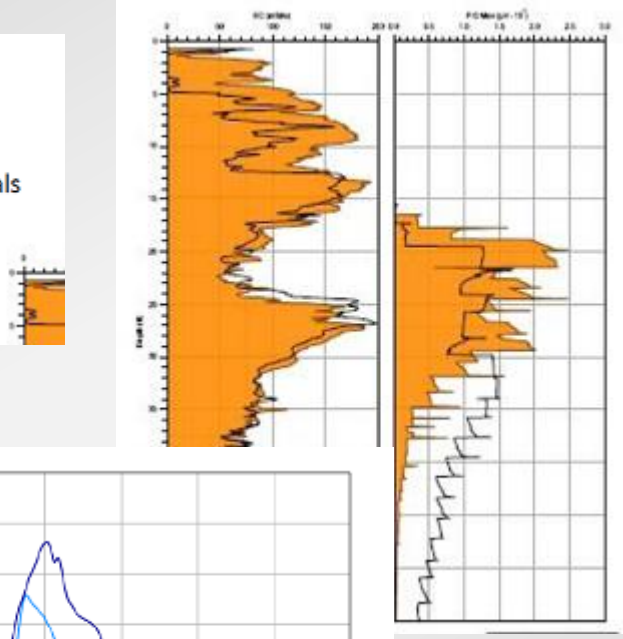
LL-MIP





Direct Image®

- More accurate contaminant definition
- Quicker cleanup times – less downtime
- Eliminates condensation forming in the trunkline
- Reduces the amount of time needed at depth intervals
- Increase daily footage production
- Perform MIP logging year round with greater ease



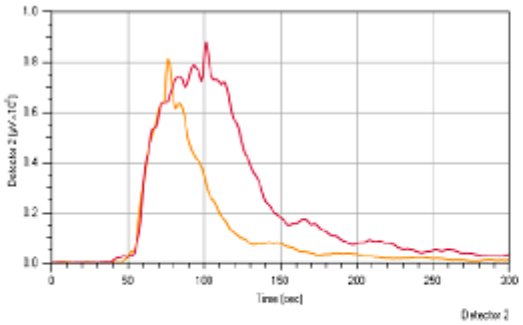


Figure 4: PCE 5ppm Heated TL
Residence Time: Red- 45sec.
Orange-20sec.

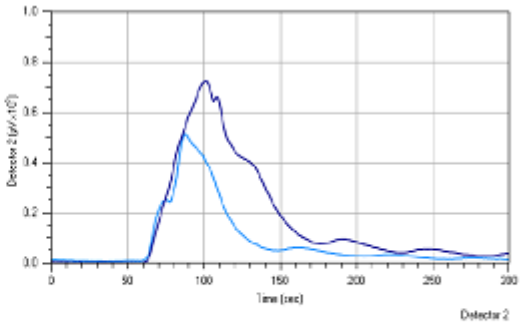


Figure 5: PCE 5ppm PEEK TL
Residence Time: Dark Blue- 45sec.
Light Blue-20sec.

Machines *Direct Push*

Modèle 8040DT

Machines *Direct Push*

Modèle 3230DT