

4^{ème} Journée Technique MEEDDAT/DPPR

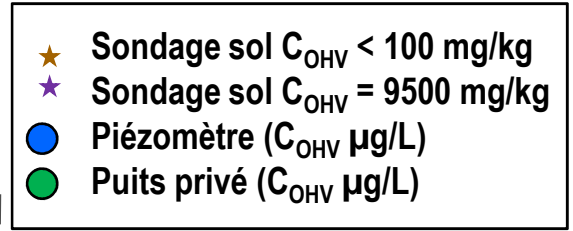
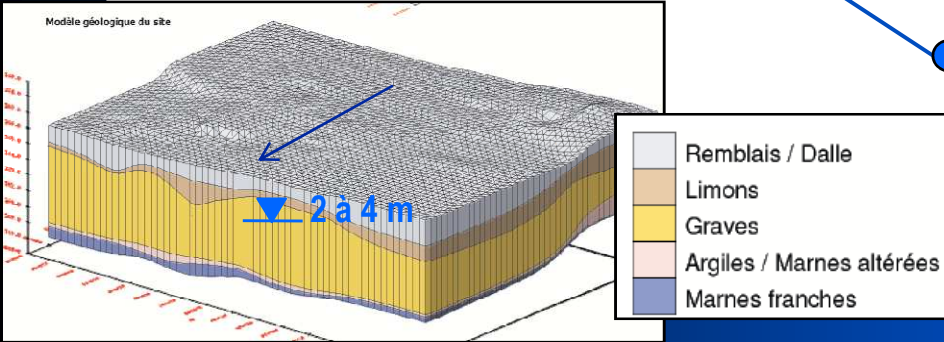
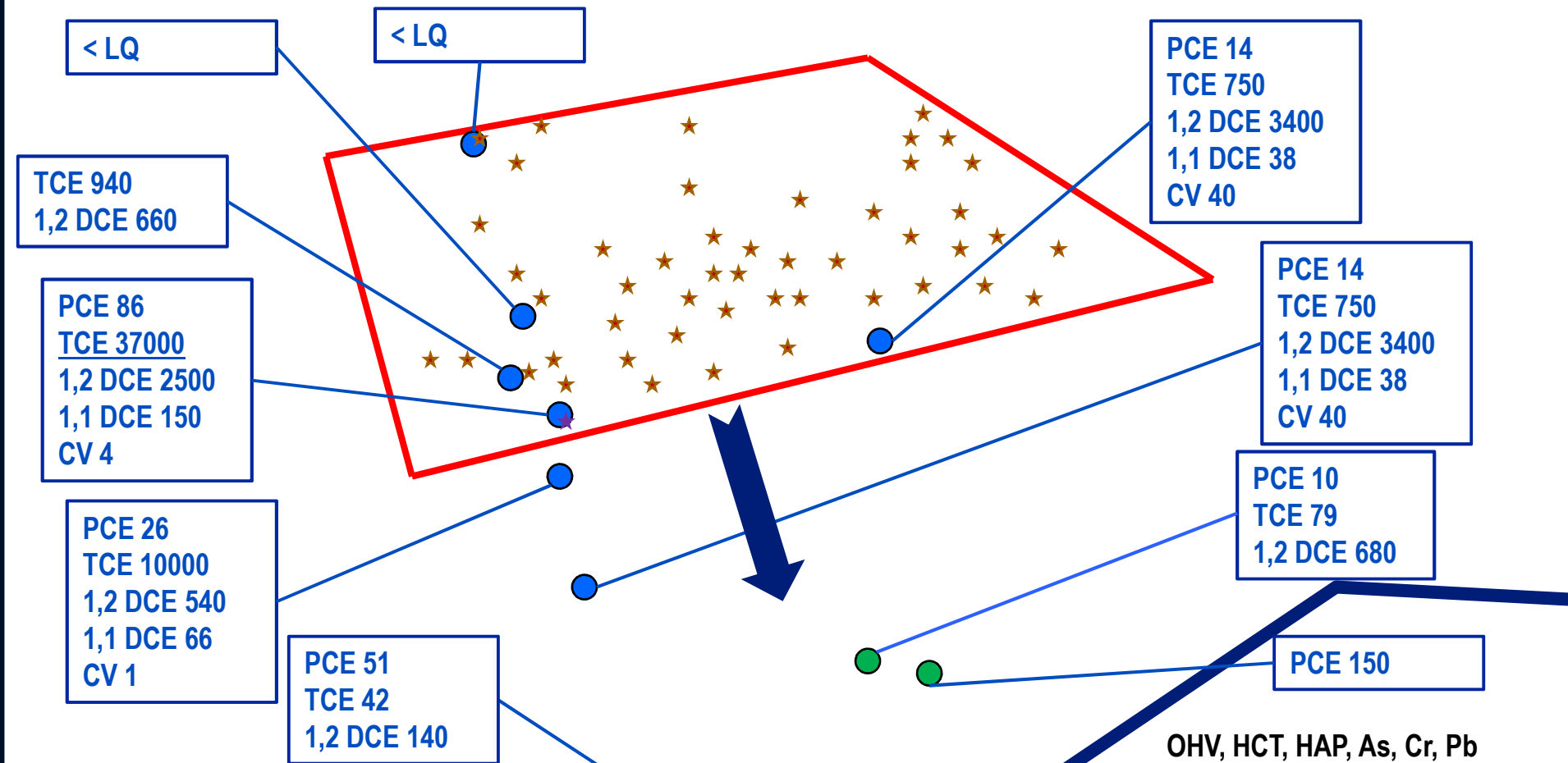
Rechercher et traiter la source d'une pollution et sa zone d'impact
Pourquoi et comment ?

Etude de cas n°1

Caractérisation des zones sources de type
organo-chlorés aliphatiques

Jean-Marie CÔME
BURGEAP

Diagnostics initiaux (2004 à 2006)

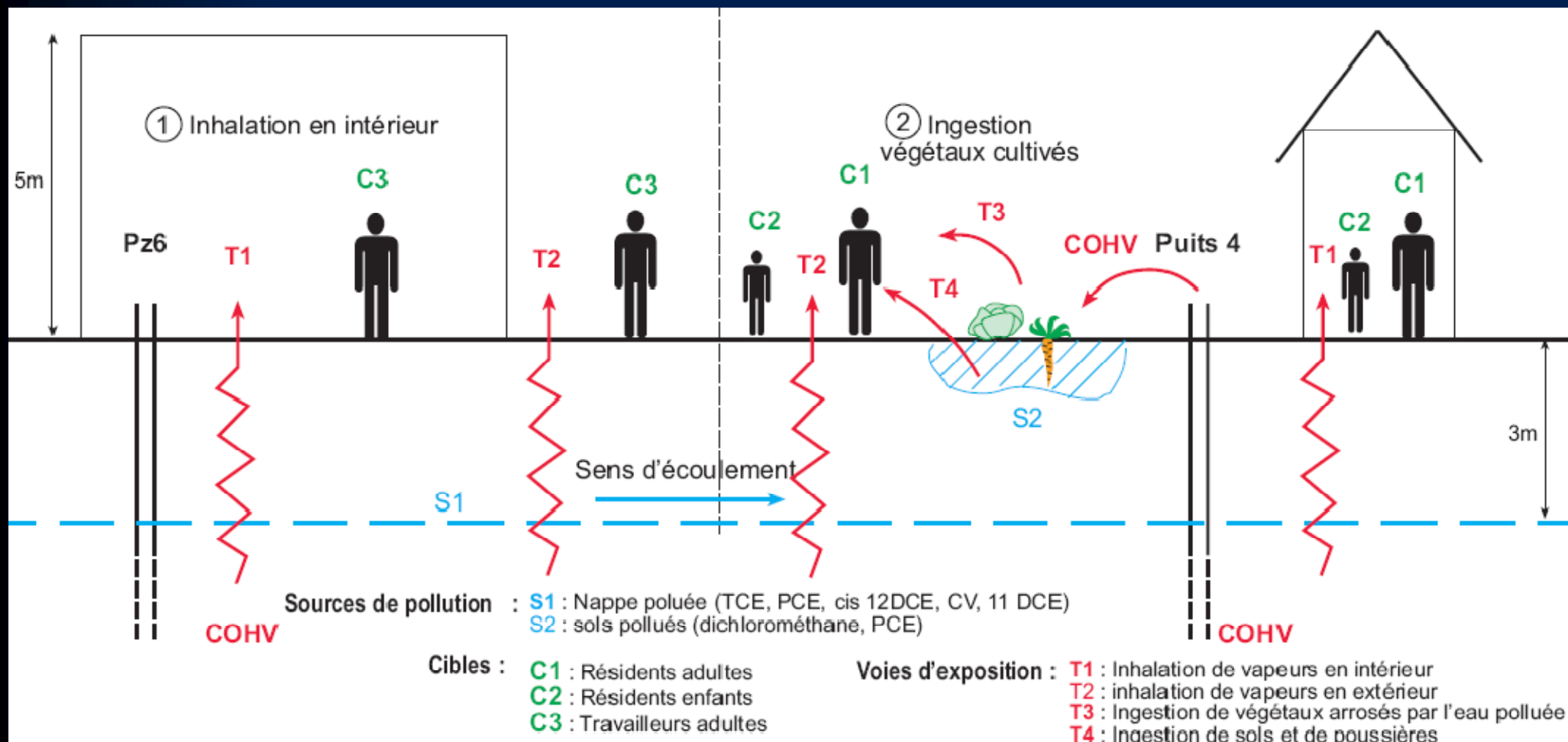


100 m

EDR (2006, 2007) - Schéma conceptuel

Usages sur site

Usages en aval immédiat du site

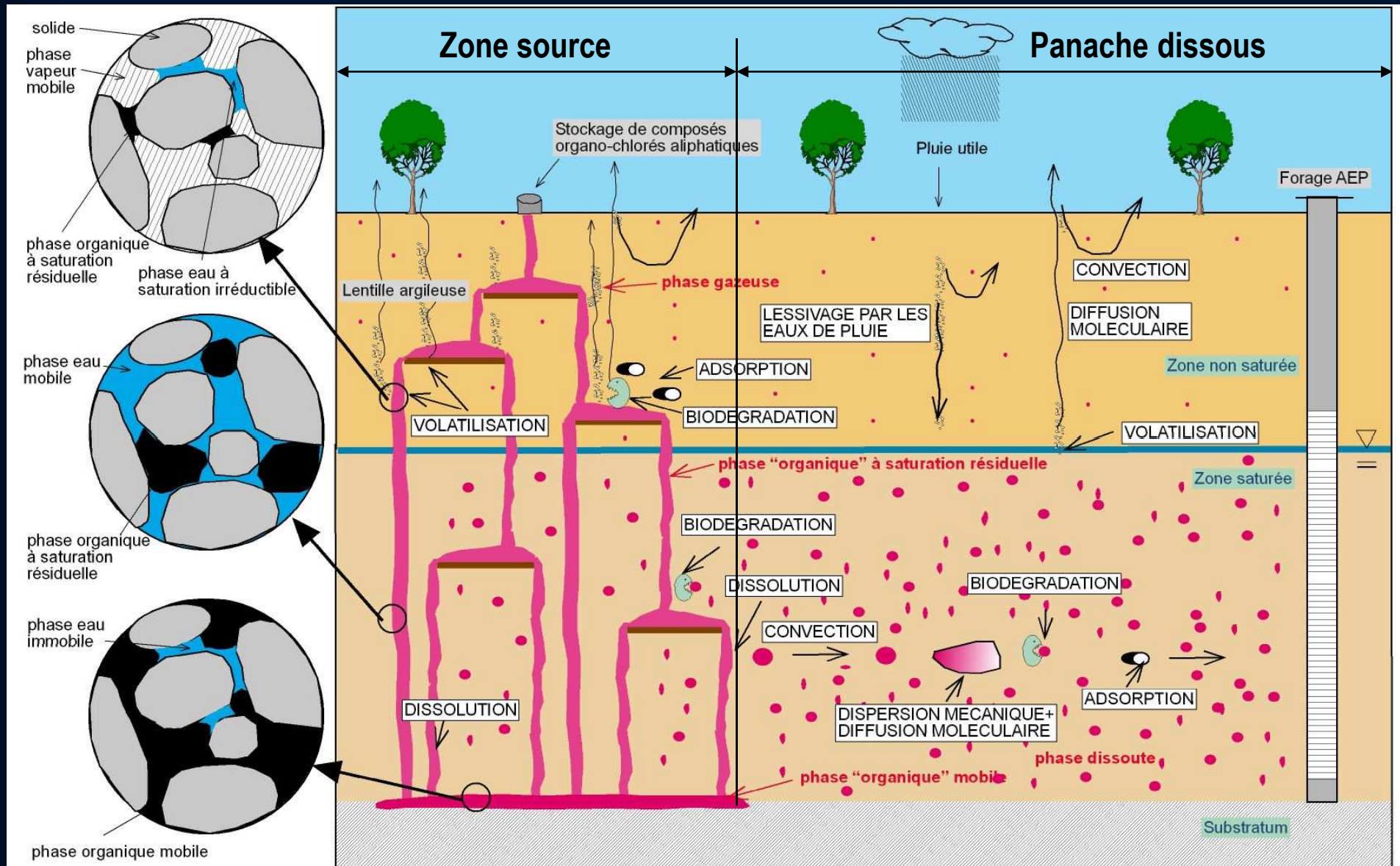


➔ Arrêté municipal puits privé (temporaire) + travaux de dépollution

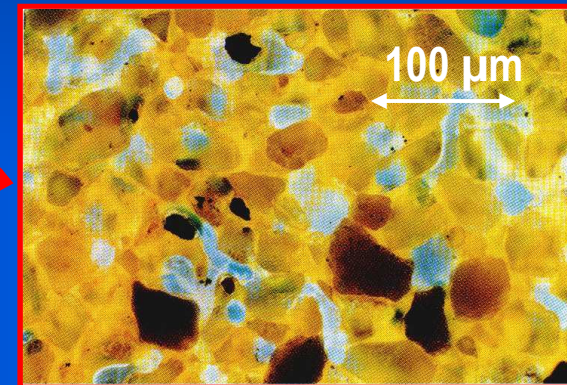
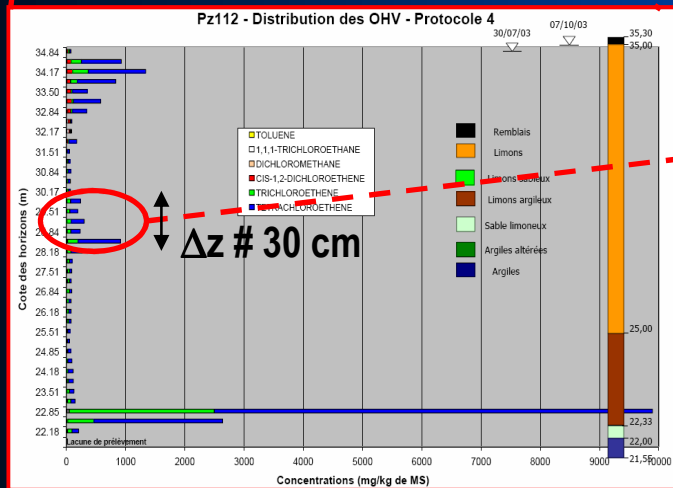
Contexte du site et motivations

- Site en cours de démantèlement
- Usage futur envisagé : requalification du site en zone d'activité
- Motivations pour une caractérisation détaillée des zones sources
 - ✓ Résultats des EDR
 - ✓ 2 stratégies possibles :
 - traitement zone source
 - confinement /traitement panache dissous
 - ✓ Note aux Préfets, 8/02/2007 (Annexe 2, §4.1.1 « maîtrise des sources de pollution »)
« lorsque des pollutions concentrées sont identifiées (flottants dans les eaux souterraines, terres imprégnées de produits, produits purs, ...), la priorité consiste d'abord à extraire ces pollutions concentrées, généralement circonscrites à des zones limitées, et non pas à engager des études pour justifier leur maintien en place »
 - ✓ Volonté du propriétaire du site de « régler le problème » avant la vente du site

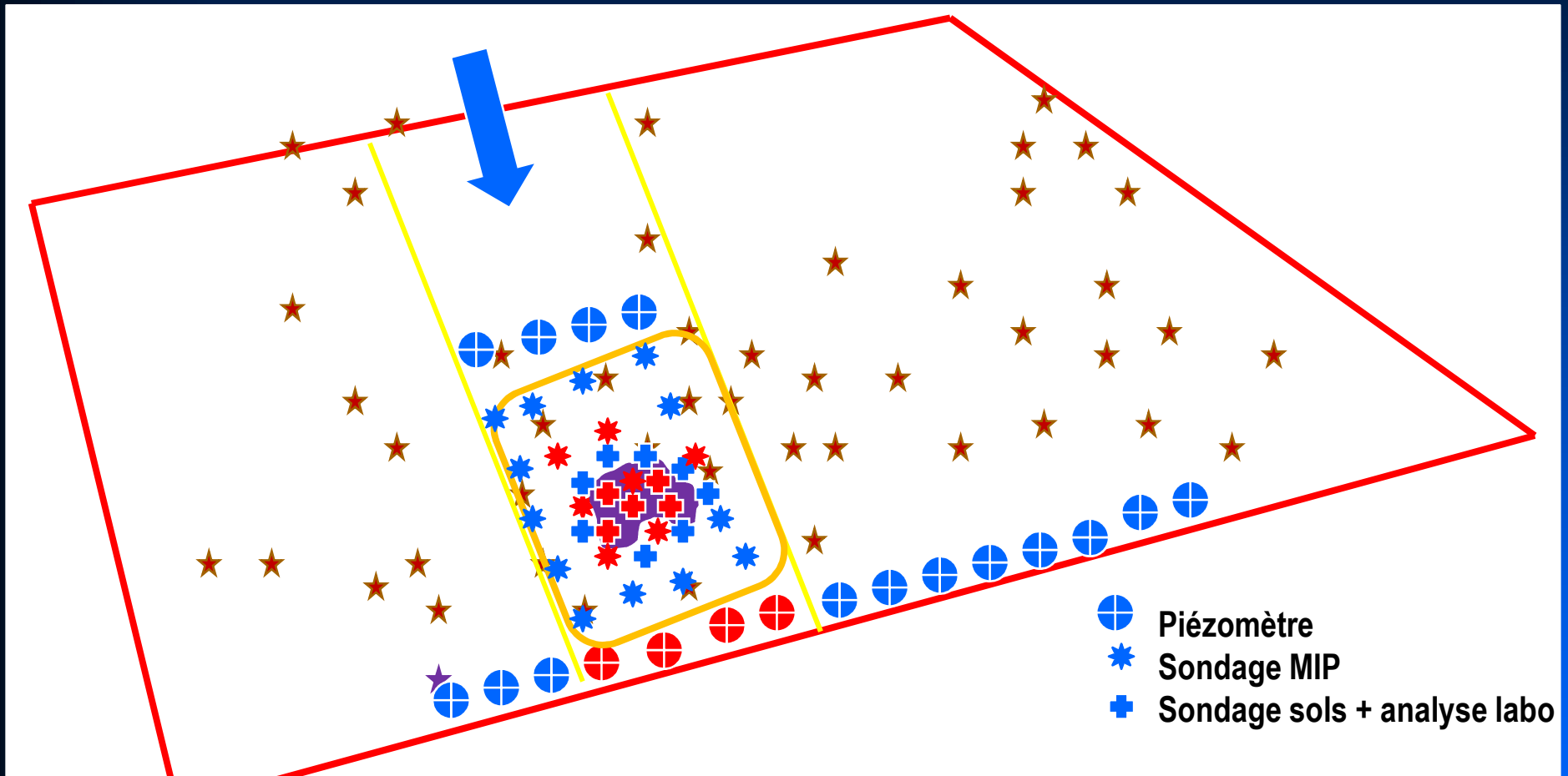
Mécanismes en jeu dans le devenir des OHV



Une difficulté récurrente : dimensions zone source / panache



Méthodologie de caractérisation des zones sources (programme initial)



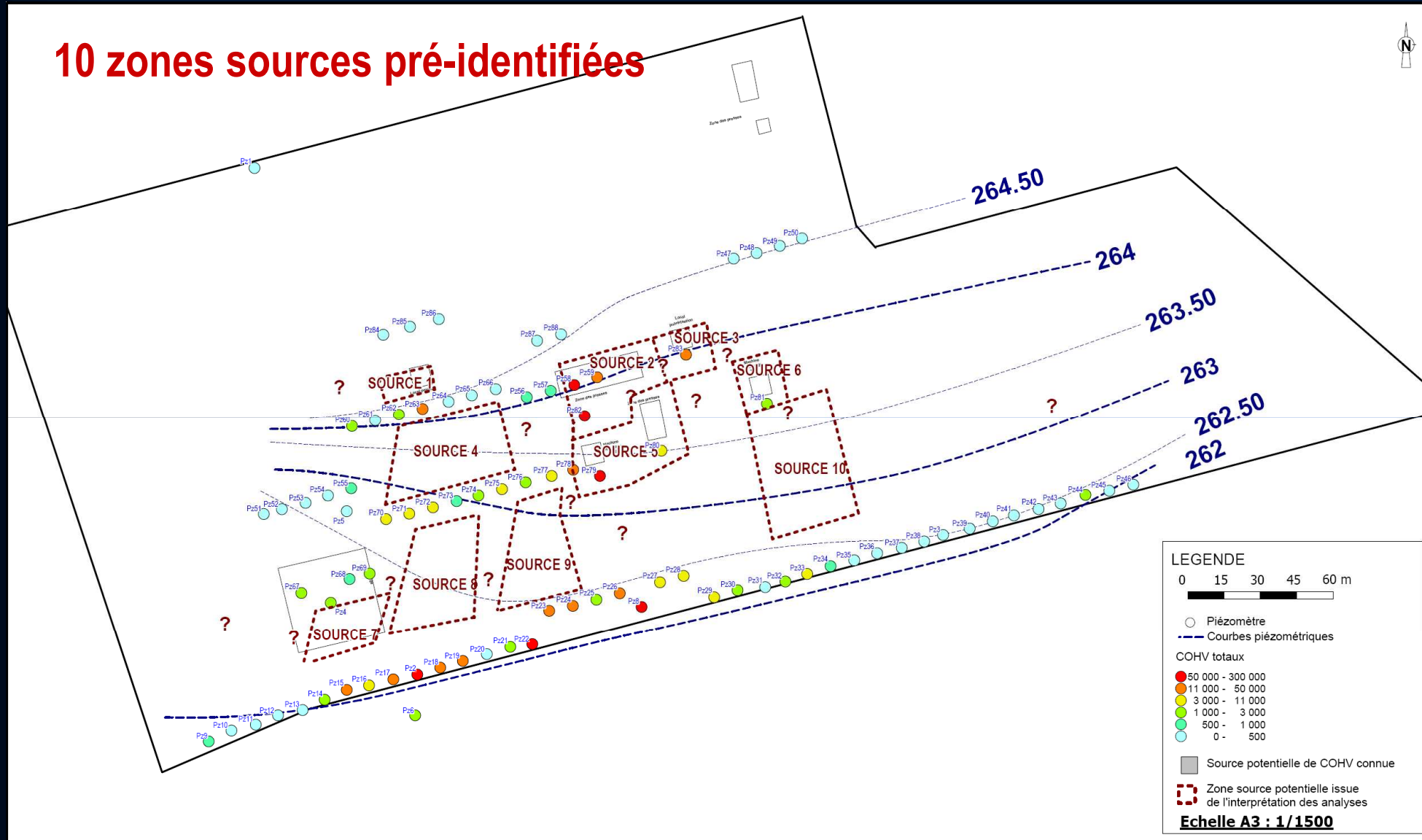
Phase I : piézo Δx # 10 m + échantillonnage court/long + analyses eau

Phase II : sondages sols GEOPROBE/MIP (Δz # 30 cm)

Phase III : sondages carottés + analyses sols multi-niveaux

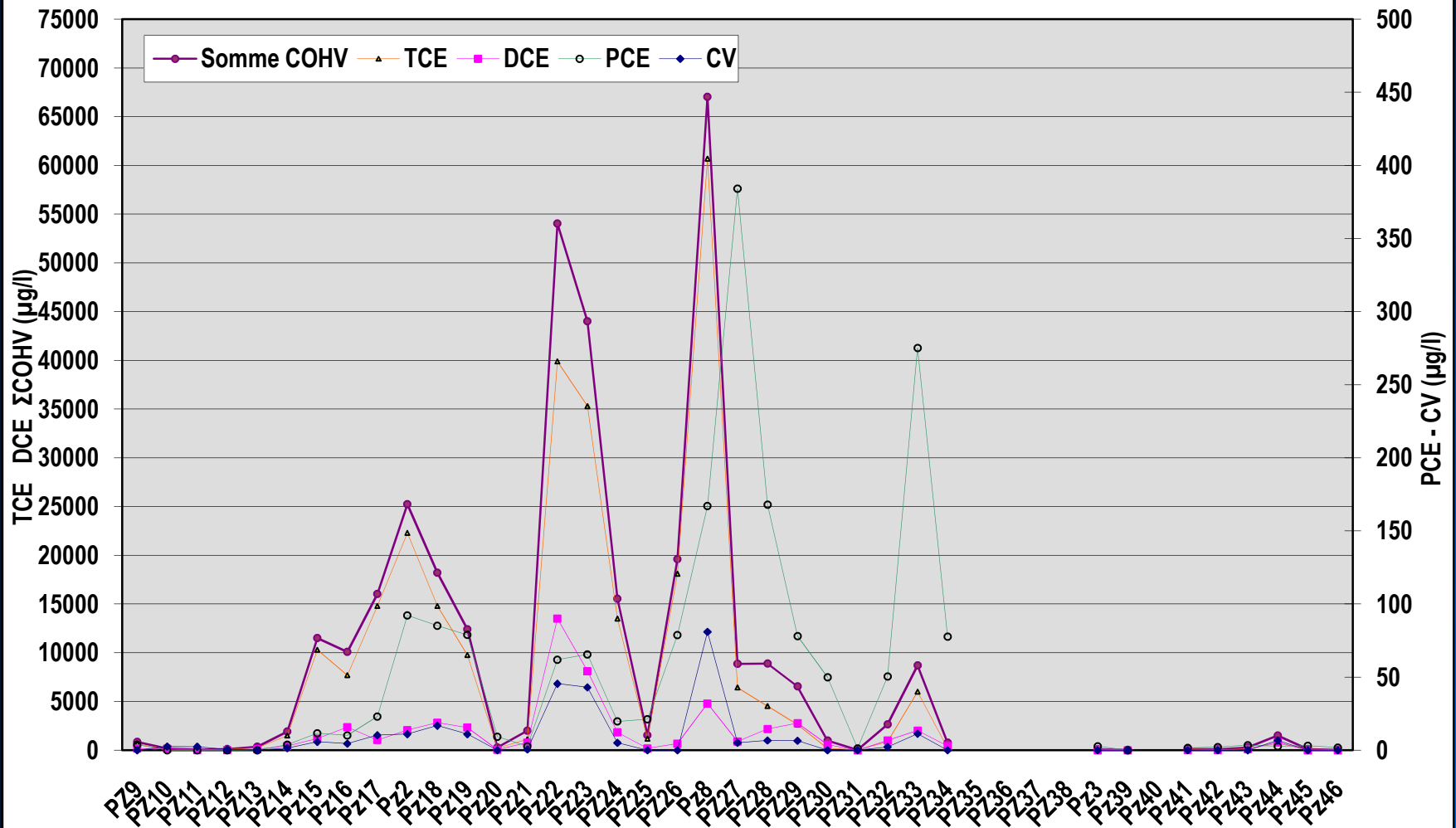
Résultats de la phase I

10 zones sources pré-identifiées

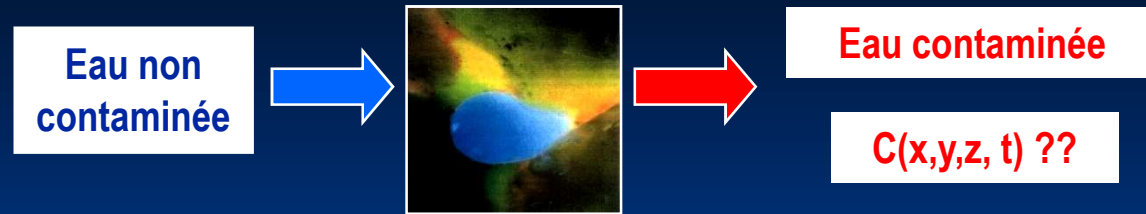


Concentrations dans l'eau (Phase I)

Concentrations en COHV en limite aval du site



Interprétation C_{eau} -> dissolution EL ou NEL (CIDISIR)



- Equilibre local (EL)

- Phase organique monocomposée :

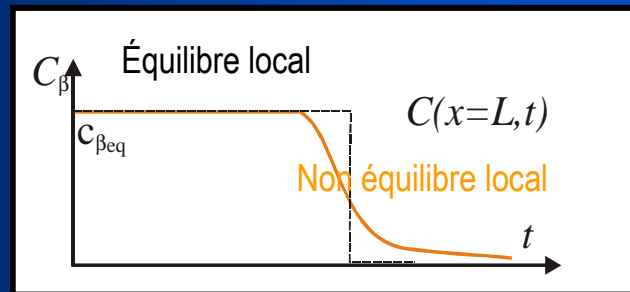
$$C_{\text{équilibre}} = \text{Solubilité (S)}$$

- Phase organique multicomposée (loi de Raoult) :

$$C_{\text{équilibre},i} = X_{o,i} * S_i$$

- Non équilibre local (NEL)

- C_{eau} en sortie de source $\ll C_{\text{équilibre}}$ et durée dissolution + longue



Calcul ratio $C_{\text{mesurée}} / C_{\text{équilibre}} (> 1\% \rightarrow \text{phase organique ?})$

Ratio exprimé en $C_{\text{massique}} (/ S \text{ TCE } \dots)$ ou $C \text{ molaire } (\Sigma \text{ PCE} + \text{TCE} + \text{DCE} + \text{CV})$

Identification des tubes de courant susceptibles de contenir des zones sources (Phase I)

		PZ14	Pz15	Pz22
PCE	µg/l	3.9	11.7	62
TCE	µg/l	1500	10300	39900
Cis 1,2-DCE	µg/l	426	1190	13500
Trans 1,2-DCE	µg/l	21.6	16.5	112
1,1-DCE	µg/l	2.7	3.8	108
CV	µg/l	1.54	5.73	45.5
Cmes. / Cs pour TCE	massique	0.14%	0.94%	3.63%
Cmes. / Cs pour PCE	massique	0.00%	0.01%	0.04%
Csom. / C _{éq.} Minimum	molaire	0.19%	1.09%	5.34%
Csom. / C _{éq.} Maximum	molaire	1.78%	10.07%	49.39%

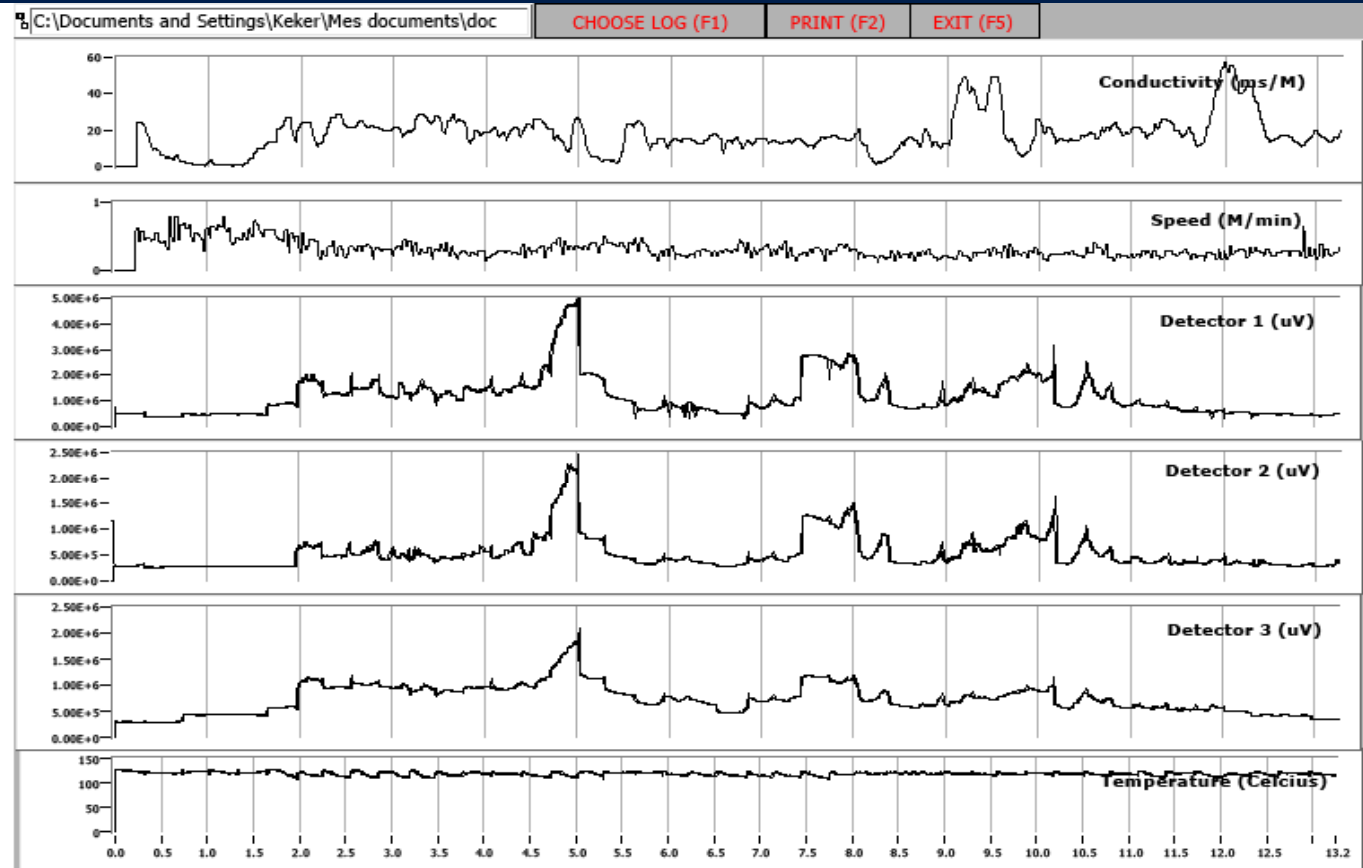
Méthodologie de caractérisation des zones sources (programme initial)

- Phase I
 - *Contenu* : piézomètres distants de 10 m + échantillonnage d'eau courte/longue durée + analyses en laboratoire (phase I / I bis)
 - *Objectif* : identifier les « tubes de courant » susceptibles de comprendre de la phase organique

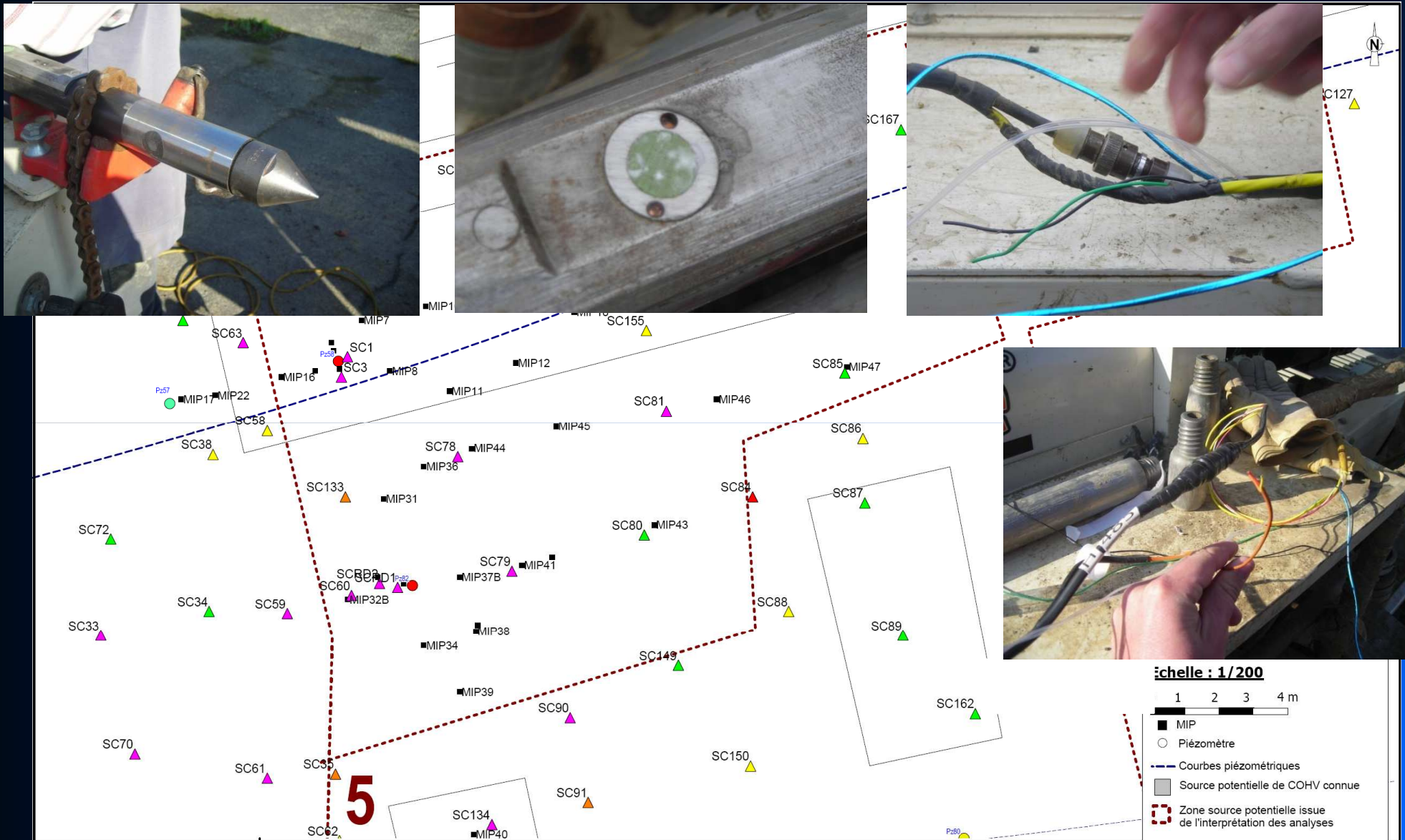
- Phase II
 - *Contenu* : sondages sols avec sonde GEOPROBE/MIP (Δz # 30 cm)
 - *Objectif* : délimitation semi-quantitative des zones sources

- Phase III
 - *Contenu* : sondages carottés + analyses sols multi-niveaux
 - *Objectifs*: quantifier volumes sols zones source et volumes phase organique

Phase II – Sondages GEOPROBE/MIP



Phase II - Cartographie des reconnaissances MIP



Phases II+III : Sondages sols + PID de terrain + analyses labo



Méthodologie échantillonnage/analyse de sols (MACAOH)

Motivations (EPA 5035A ISO NF 22155)

- Limitations pertes par volatilisation
- Choix de la prise d'essai par le BE
- Traçabilité labo pour le BE



Contenu du protocole

- Étape 1 – préparation au labo
 - Standard Interne d'Extraction (SIE) dans le méthanol
- Etape 2 - BE sur site
 - Sondage carotté sous gaine sur tout l'aquifère (-> substratum)
 - Visualisation lithologie + analyses pétrophysiques
 - Echantillonnage par emporte-pièce : # 20g, pas fin et systématique
 - Conservation / extraction sur site dans le méthanol
- Étapes 3 & 4
 - Analyse GC-MS + Compte rendu labo : C_{sol} en mg/kg MS + % récupération du SIE



Interprétation $C_{sol} \rightarrow S_o$ (saturation en phase organique)

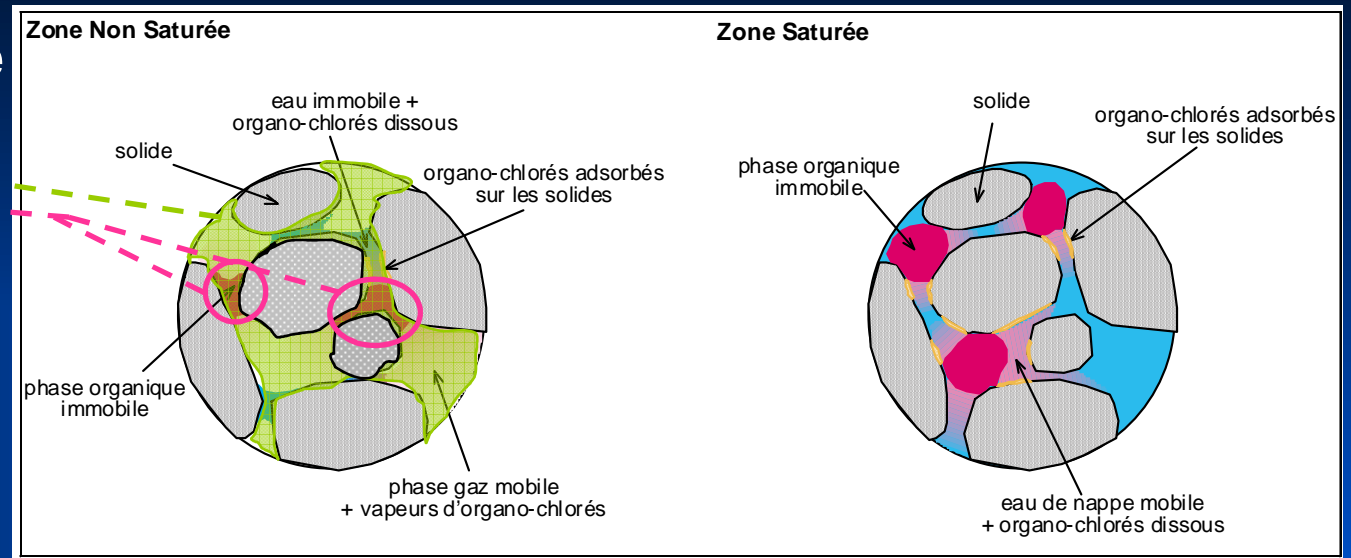
- 4 états physiques : phase organique, phase dissoute, phase gazeuse, phase sorbée

- Saturation en phase organique

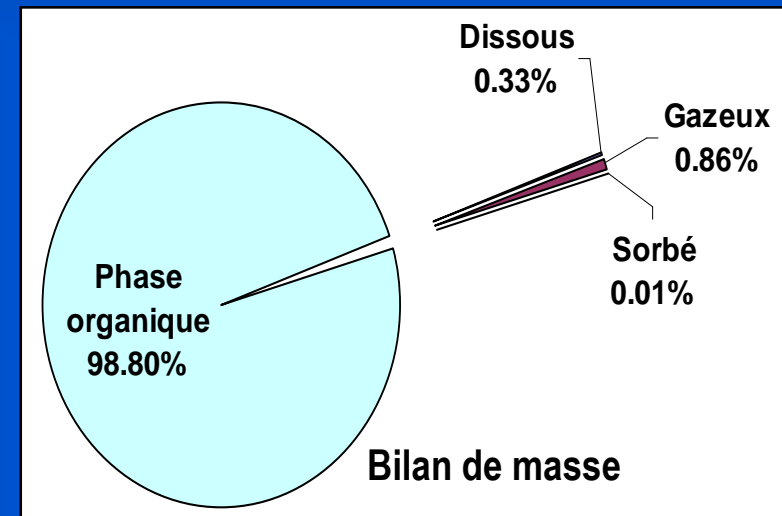
$$S_o = V_o / V_{pore}$$

- Saturation résiduelle, S_{or}

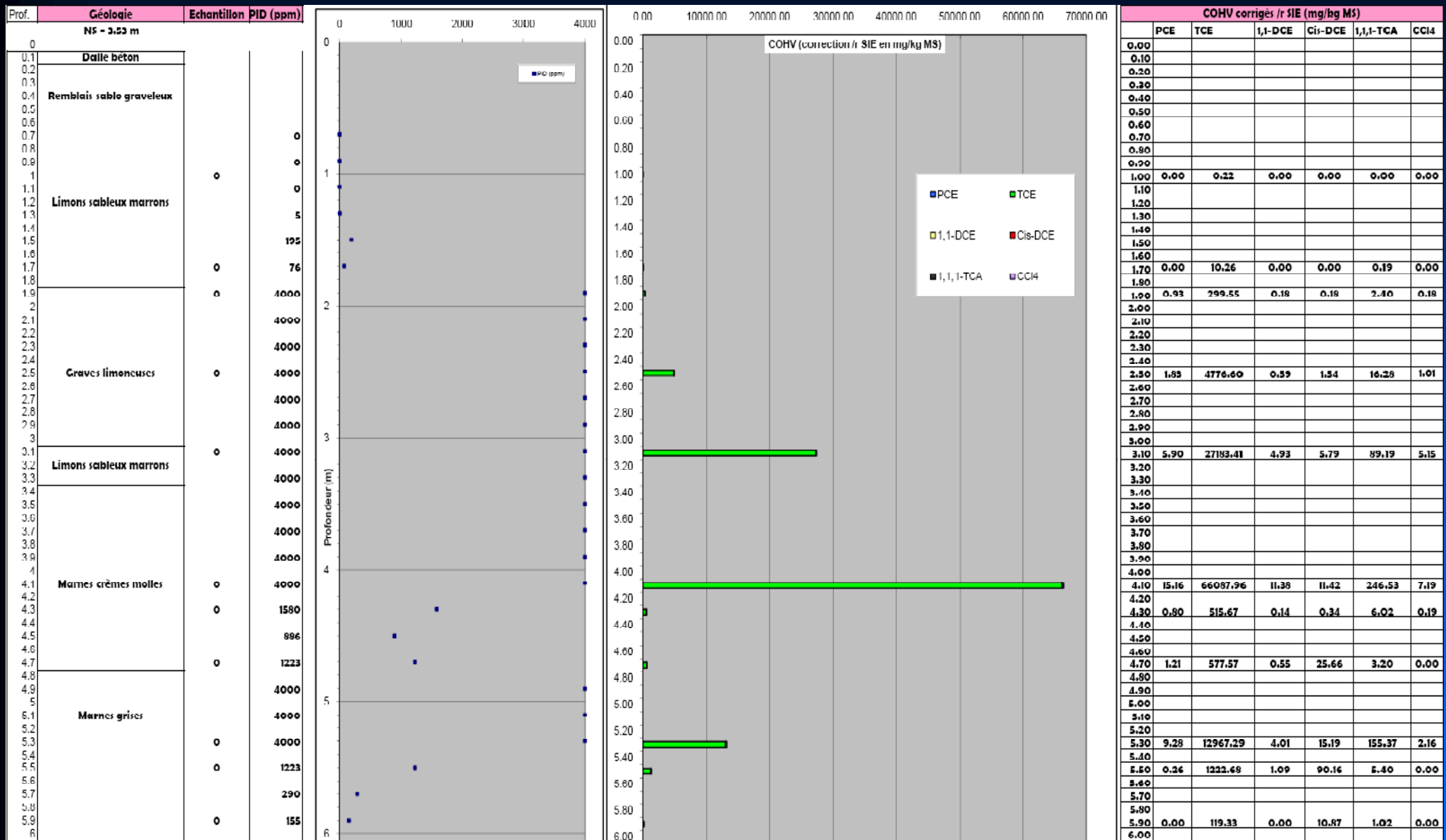
$$S_o < S_{or}, \text{ phase immobile}$$



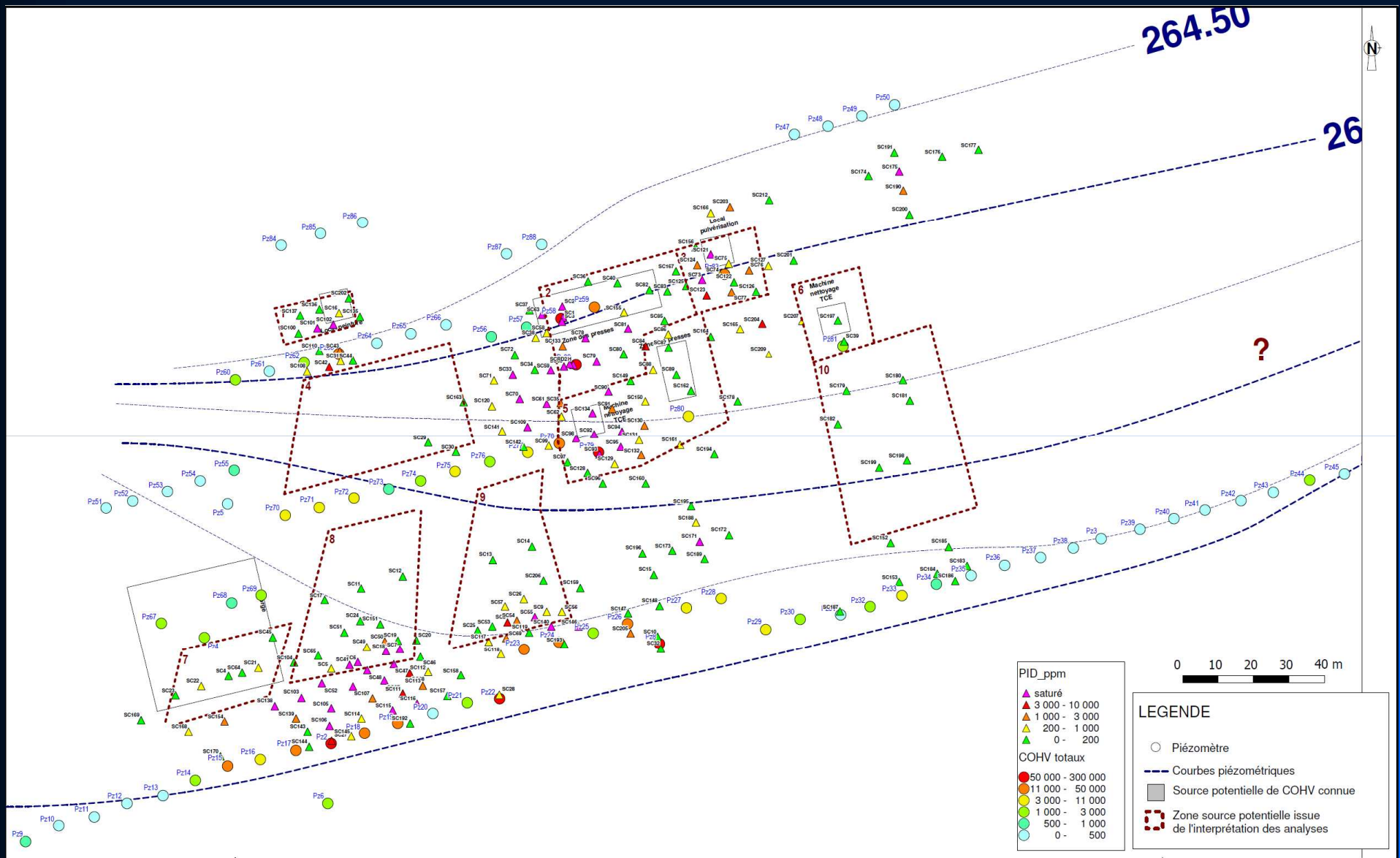
Sable moyen (porosité 40%)	Système	Saturation résiduelle %	Concentrations TCE PCE mg/kg MS	
TCE/PCE	ZNS	4	10 000	5 400
TCE/PCE	F.Cap.	9	21 500	12 000
TCE/PCE	ZS	11	26 000	14 500
TCE	ZNS	3.5	13 000	-
TCE	F.Cap.	5	18 000	-



Résultats bruts Phases II+III



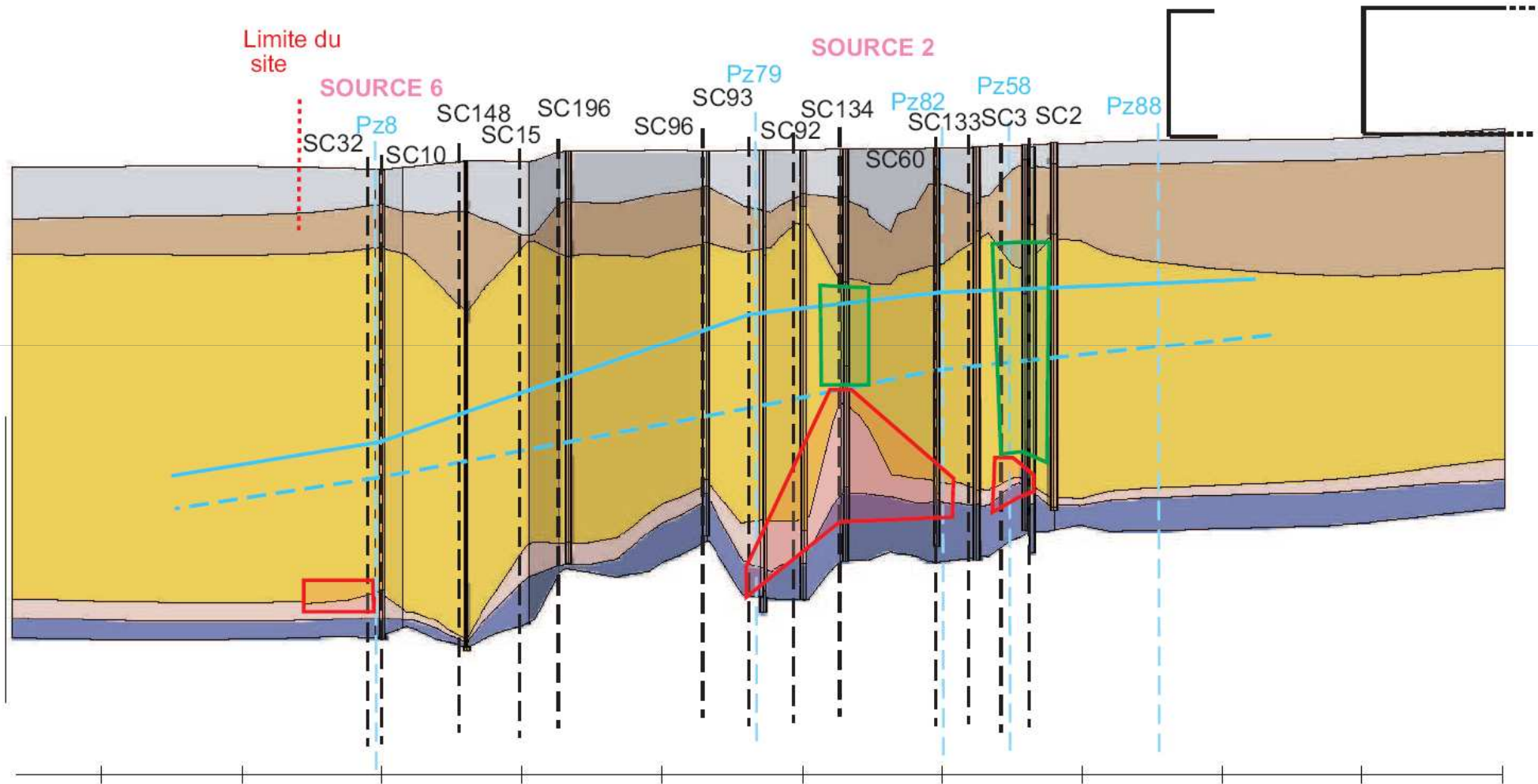
Cartographie des reconnaissances phases II+III



Phases II+III - Coupe géologie/pollution

SUD

NORD



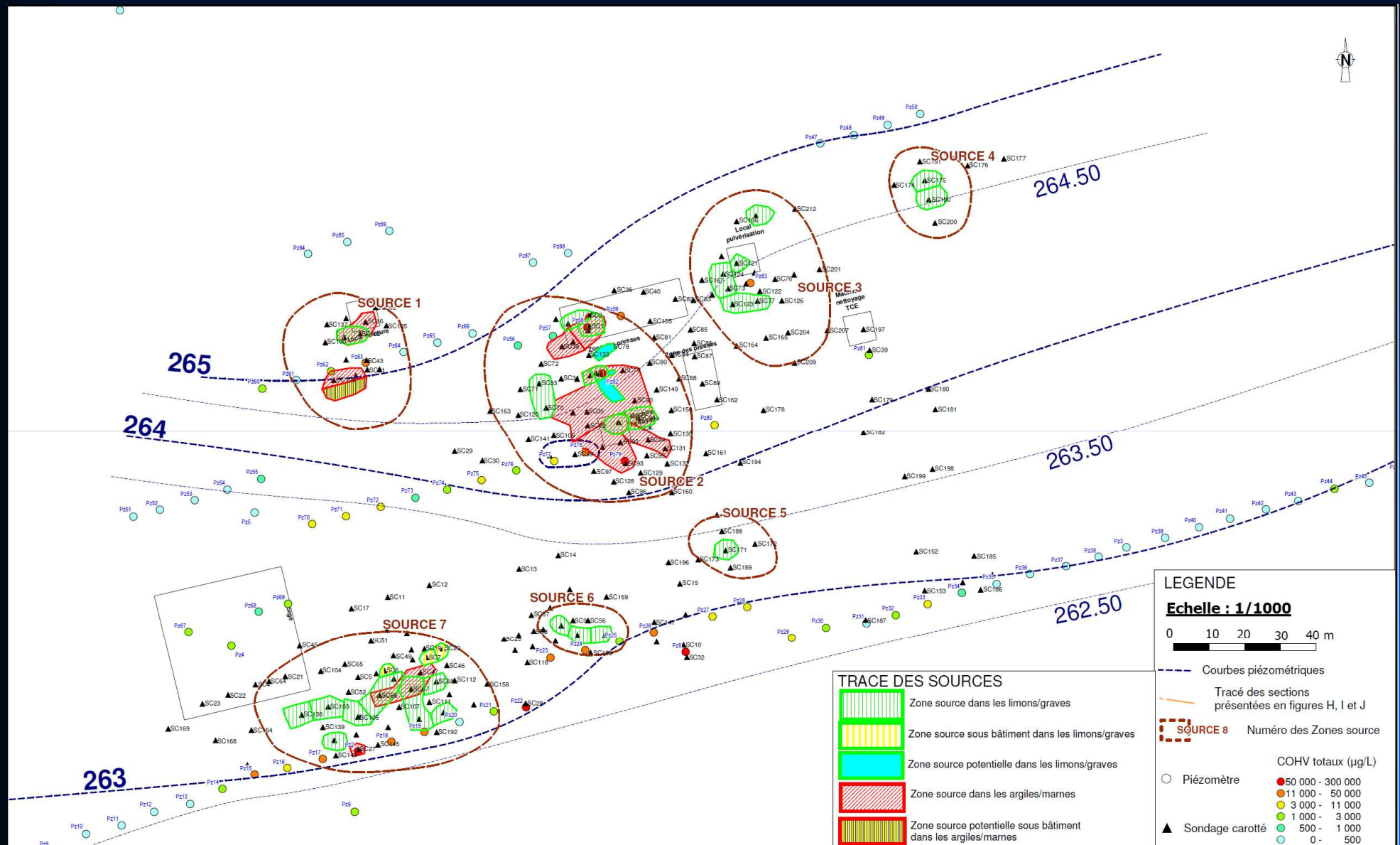
Définition des seuils caractéristiques des zones sources

- Etape 1 - Calcul des seuils théoriques (NAPLANAL – hypothèse EL)
 - Données d'entrée : C_{sol} , porosité, foc, S_w

		Matières sèches (moyenne*)	porosité totale	saturation en eau	teneur en carbone organique	concentration seuil théorique**
		%	%	%	%	mg/kg MS
Zone Non Saturée (ZNS)	limons ou graves	88%	0.4	10	0.5	858
			0.25	10	0.5	765
			0.4	10	0.1	336
			0.25	10	0.1	232
			0.4	80	0.5	823
			0.25	80	0.5	753
			0.4	80	0.1	383
			0.25	80	0.1	267
Zone Saturée (ZS)	limons ou graves	84%	0.4	100	0.5	850
			0.25	100	0.5	777
			0.4	100	0.1	401
			0.25	100	0.1	291
	argiles ou marnes	71%	0.6	100	1.5	2502
			0.3	100	1.5	2429
			0.6	100	1	1681
			0.4	100	1	1670

- Etape 2 – Définition des seuils effectifs pour le site

Définition des zones source



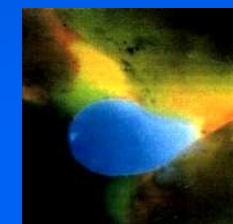
Valorisation des résultats pour les travaux de dépollution

- **Caractéristiques des zones sources**
 - 7 zones sources
 - Superficies & volumes

Lithologie	superficie zones sources (m ²)	volume zones sources (m ³)	masse phase organique (t)
limons & graves	1100	2200	22
argiles & marnes	1000	1200	10

- **Volumes de sols à terrasser : 11 000 m³**

- **Stratégies de dépollution**
 - Excavation + traitement sur site
 - Oxydation in situ
 - Biodégradation in situ



Rechercher et traiter la source d'une pollution et sa zone d'impact - Pourquoi et comment ?

Pourquoi caractériser de façon détaillée une source de pollution ?

- évaluer son impact
- sélectionner une technique de dépollution
- dimensionner les travaux de dépollution

Comment ?

- démarche progressive par étapes, à adapter à l'avancement
- nécessité d'une approche multi-niveaux en Z
- protocole d'échantillonnage/analyse sols
- outils techniques : ratio C_{mes}/C_{eq} , calcul S_0 , V zones sources, V phase organique

Bénéfices opérationnels recherchés

- optimisation & sécurisation études sites pollués
- sécurisation et réduction coûts travaux de dépollution
 - bilans coûts/avantages
 - coûts études augmentés MAIS demeurent << coûts travaux

