



Première journée technique ChloroNet
Assainissement des sites contaminés avec des solvants chlorés

Comment définir un programme d'investigation efficace ?

Antoine Indaco

Ingénieur en génie chimique et environnement (UNINE)

Responsable du segment "Déchets et dépollution" de CSD pour la zone francophone

Berne

14 mai 2008



page 1



Plan

- 1. Equilibre des phases**
- 2. Problématique des phases libres**
- 3. Techniques de prélèvements**
- 4. Cas pratiques**
- 5. Conclusion**



VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 2



Propriétés importantes

- Les solvants chlorés ont les propriétés suivantes dans l'environnement:
 - ⌘ Densité supérieure à l'eau
 - ⌘ Volatilité, constante de Henry élevée
 - ⌘ Solubilité dans l'eau moyenne
 - ⌘ Coefficient de partage octanol-eau moyen
- Pour les matériaux terreux les paramètres déterminants sont:
 - ⌘ Densité
 - ⌘ Porosité
 - ⌘ Teneur en eau
 - ⌘ Teneur en matière organique et argiles

VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 3

C'S'D'



Equilibre des phases

- Solvants chlorés : 4 phases potentielles
 - ⌘ Phase adsorbée
 - ⌘ Phase gazeuse
 - ⌘ Phase dissoute dans l'eau
 - ⌘ Phase libre
- Equilibre selon les propriétés du terrain et des composés
- Paramètres connus → Equilibre connu !

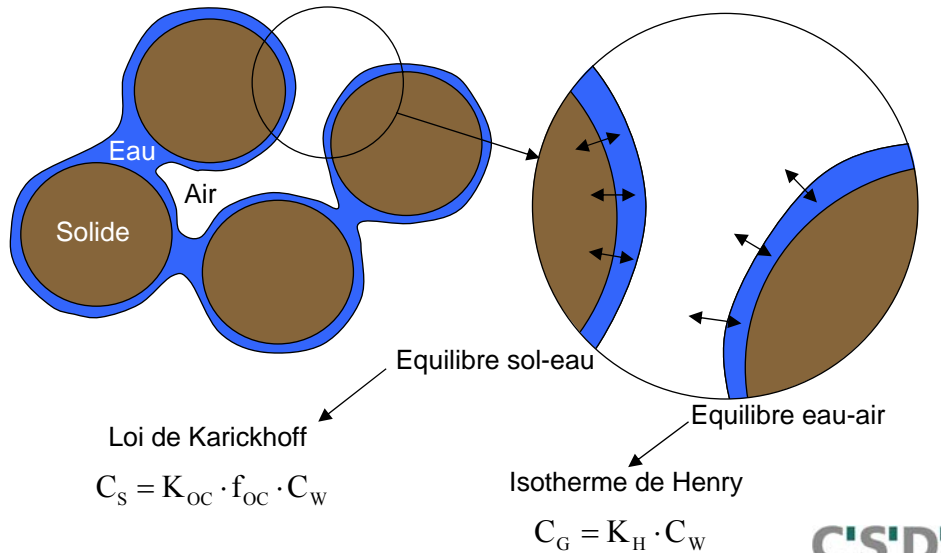
VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 4

C'S'D'



Cas général d'un remblais



Equation globale d'équilibre

Equation globale

$$C_T = C_S \cdot \rho + C_W \cdot \theta + C_G \cdot \varepsilon$$

Equilibre liquide-gaz

$$C_G = K_H \cdot C_W \longrightarrow C_W = \frac{C_G}{K_H}$$

Equilibre solide-liquide

$$C_S = K_{OC} \cdot f_{OC} \cdot C_W \longrightarrow C_S = K_{OC} \cdot f_{OC} \cdot \frac{C_G}{K_H}$$

Equation globale exprimée à partir de la concentration dans l'air interstitiel

$$C_T = \left(\frac{K_{OC} \cdot f_{OC} \cdot \rho}{K_H} + \frac{\theta}{K_H} + \varepsilon \right) \cdot C_G$$

C_T : Concentration totale [mg/L]

C_S : Concentration dans la phase solide [mg/mg MS]

C_W : Concentration dans la phase liquide [mg/L]

C_G : Concentration dans la phase gazeuse [mg/L]

ρ : Masse volumique apparente sèche du sol [mg MS/L]

θ : Fraction volumique de la phase liquide [-]

ε : Fraction volumique de la phase gazeuse [-]

K_H : Coefficient de Henry [-]

K_{OC} : Coefficient de partage octanol – eau [L/mg]

f_{OC} : Teneur en carbone organique de la phase solide [-]

VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 6



Une mesure pour trois phases

Lorsque les solvants chlorés sont à l'équilibre entre les phases

- On peut déduire les concentrations dans l'eau et les solides par l'analyses de l'air interstitiel et vice-versa

Possibilité d'une corrélation à des analyses complètes en laboratoire

- Economies importantes des analyses!
(on peut éviter des lixiviats OSites en colonne)

Monitoring de l'air interstitiel in situ par PID
(parfois par FID)



C'S'D'

VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 7



Dégradation anaérobie

- Caractériser le milieu plutôt que d'effectuer des analyses
- Condition pour une déchloration anaérobie
 - ⌘ Potentiel redox < 100 mV
 - ⌘ Oxygène dissout < 5 mg/L (optimal < 0.5 mg/L)

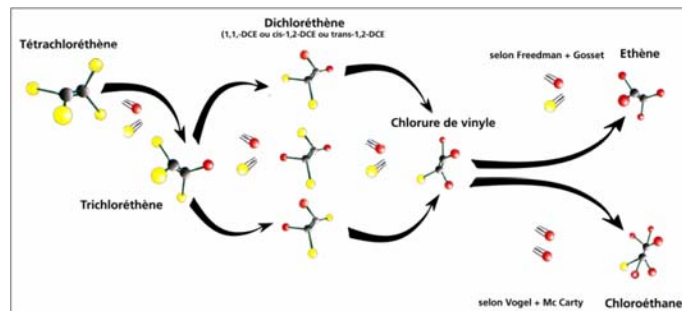


Schéma du processus de dégradation du tétrachloroéthène

C'S'D'

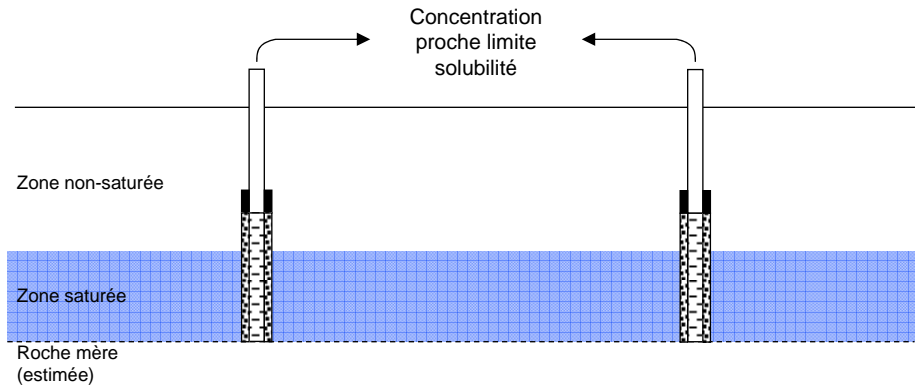
VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 8



Phase libre, écueils à éviter

Analyse de l'eau souterraine au droit d'un site pollué aux solvants chlorés



VDX4001.40/AI_Présentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 9

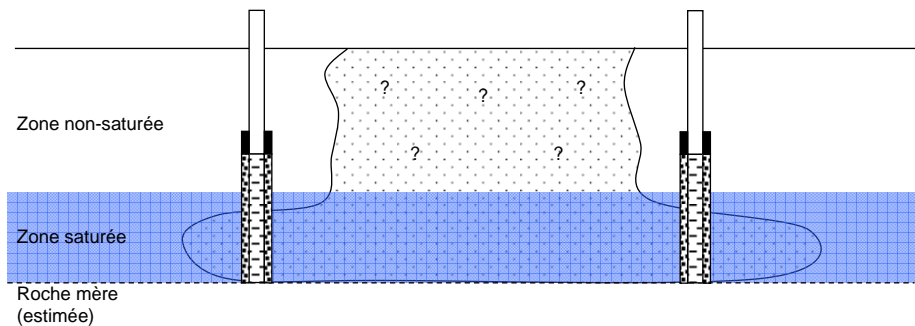
C'S'D'



Phase libre, écueils à éviter (2)

Evaluation de la zone polluée

Proposition de traitement par Pump & Treat



VDX4001.40/AI_Présentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 10

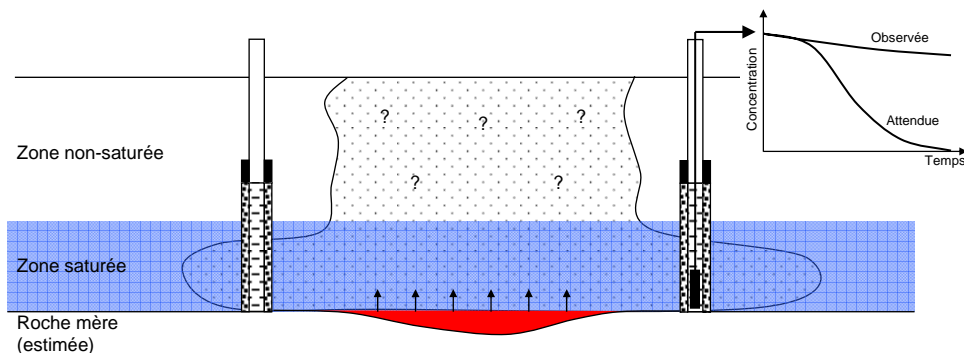
C'S'D'



Phase libre, écueils à éviter (3)

Traitement inefficace, la concentration ne baisse pas

Une phase libre alimente la nappe en solvants chlorés



VDX4001.40/AI_Présentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 11

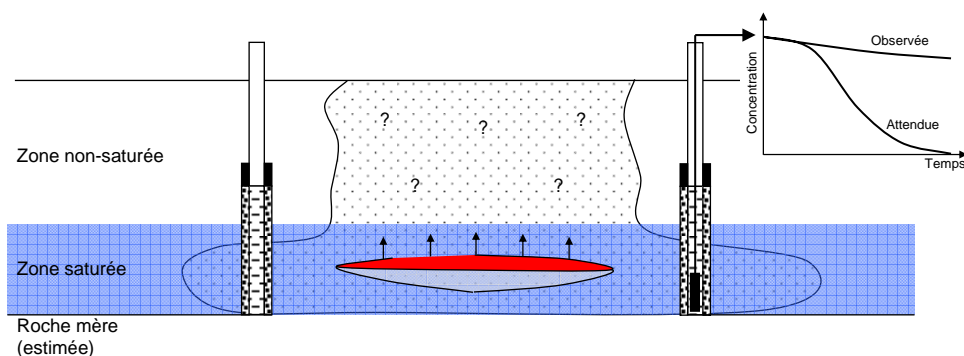
C'S'D'



Phase libre, écueils à éviter (4)

Traitement inefficace, la concentration ne baisse pas

Une phase libre perchée alimente la nappe en solvants chlorés



VDX4001.40/AI_Présentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 12

C'S'D'



Limites de solubilité

- Concentration dans l'eau du même ordre de grandeur que la limite de solubilité
- Indicateur de phases libres
- Fortement dépendant des conditions hydrogéologiques (dispersivité, flux)
- Dès 30% de la limite de solubilité, la présence d'une phase libre est quasi certaine
- Tetrachoroéthène
 - ⌘ Solubilité dans l'eau (20°C) : 0.15 g/L
- Trichloroéthène
 - ⌘ Solubilité dans l'eau (20°C) : 1.1 g/L
- Dichlorométhane
 - ⌘ Solubilité dans l'eau (20°C) : 20 g/L

VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 13

C'S'D'



Erreurs induites lors du prélèvement / stockage

- Dégradation des solvants chlorés dans les crépines en fer
- Toujours utiliser des matières plastique (crépines en PVC)
- Volatilisation des composés
- Technique de prélèvement et flacons adaptés
- Stocker au frais (glacière)
- Dégradation à la lumière
- Stockage adéquat (aluminium, dans glacière fermée ou frigo)



VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

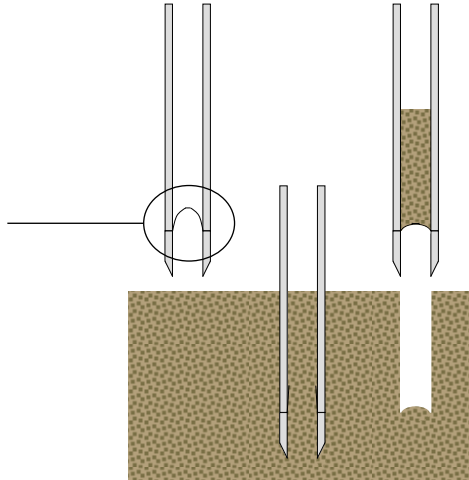
page 14

C'S'D'



Matériel de prélèvement

■ Sol



VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

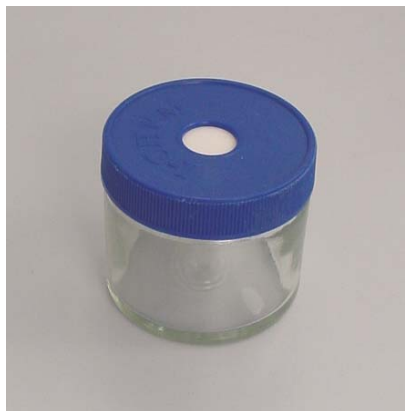
page 15

C'S'D'



Matériel de prélèvement (2)

■ Stockage des échantillons solides



VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

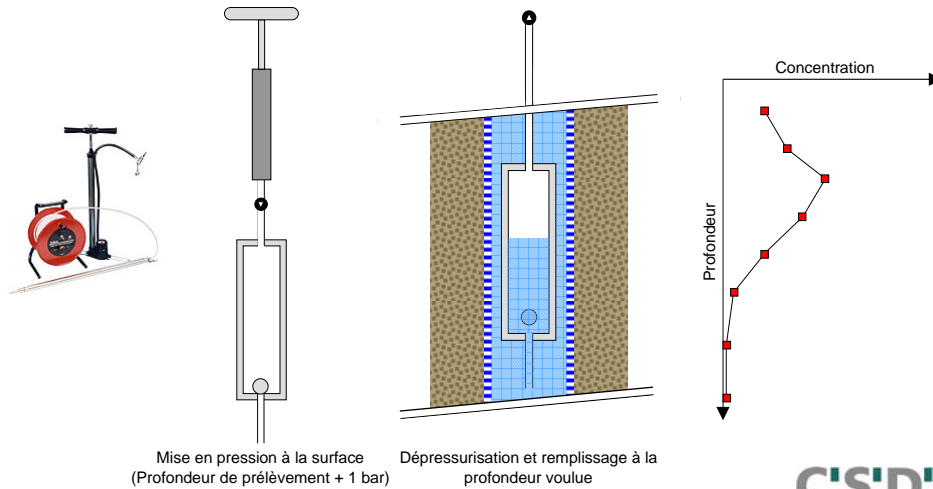
page 16

C'S'D'



Matériel de prélèvement (3)

■ Eau, Prélèvements à différentes profondeurs



VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 17

C'S'D'



Matériel de prélèvement (4)

■ Stockage des échantillons liquides



VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 18

C'S'D'

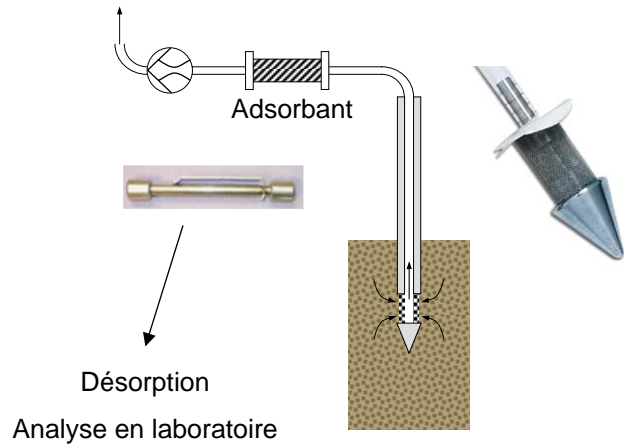


Matériel de prélèvement (3)

Air



USGS



VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 19

C'S'D'



Matériel de prélèvement (4)

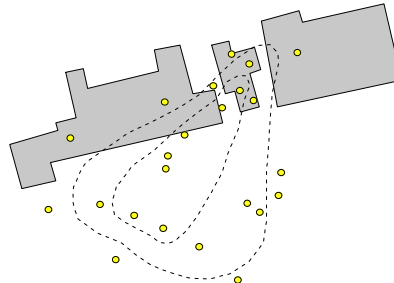
- Géoprobe, pour l'analyse sur site de l'air interstitiel par GC-MS, capture d'électrons, PID ou FID
- Permet de « cartographier » la pollution directement sur site



Geoprobe ®



Direct Image ®



VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 20

C'S'D'



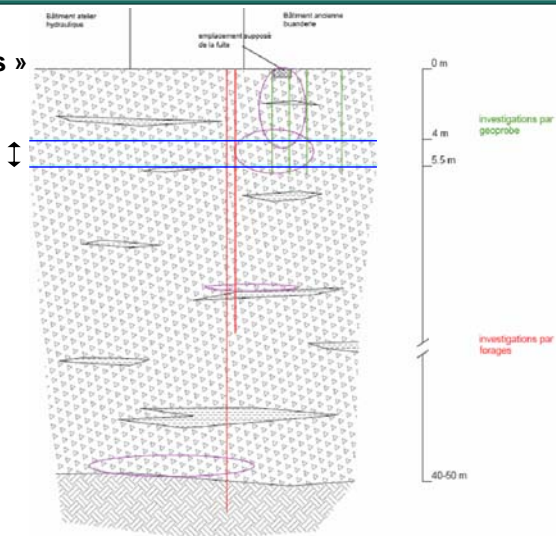
Cas pratique, Industrie métallurgique à Sierre

■ Pollution en « cascades »

Zone de battement de la nappe

Légende

- Graviers sableux
- Limons argileux
- Eboulement de Sierre
- Zone de pollution potentielle



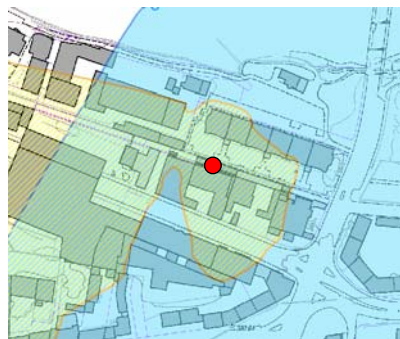
VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 21

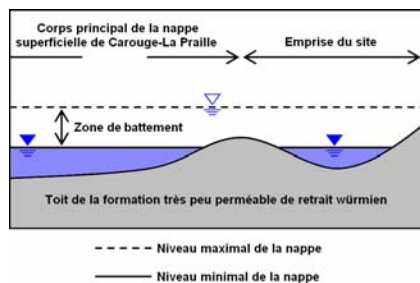
C'S'D'



Cas pratique, Dégraissage et stockage à Genève



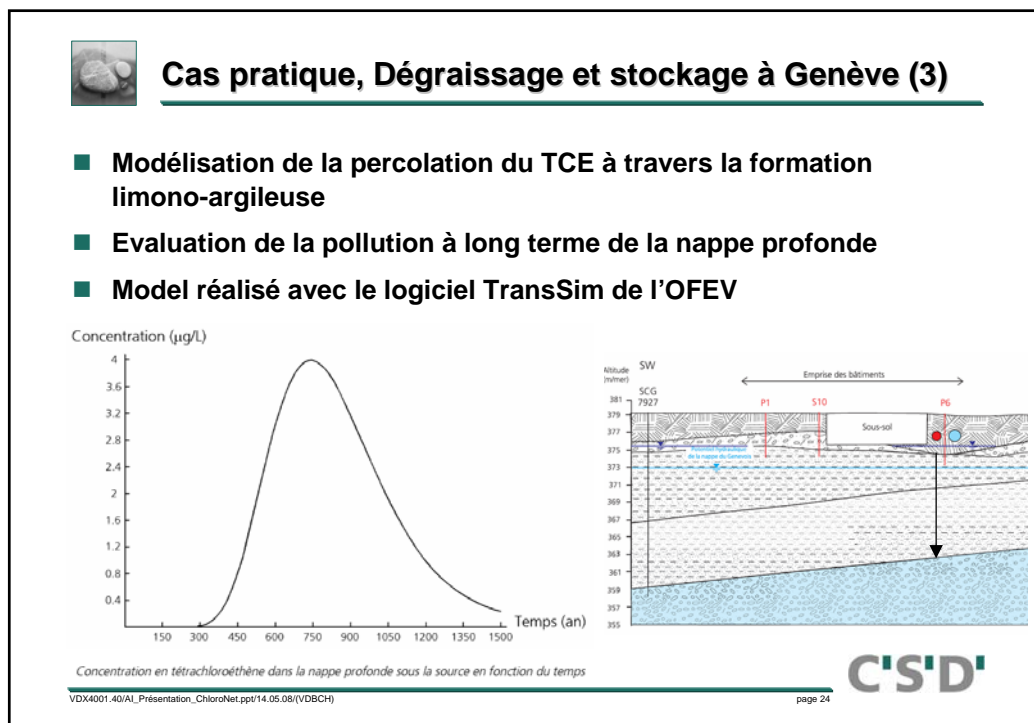
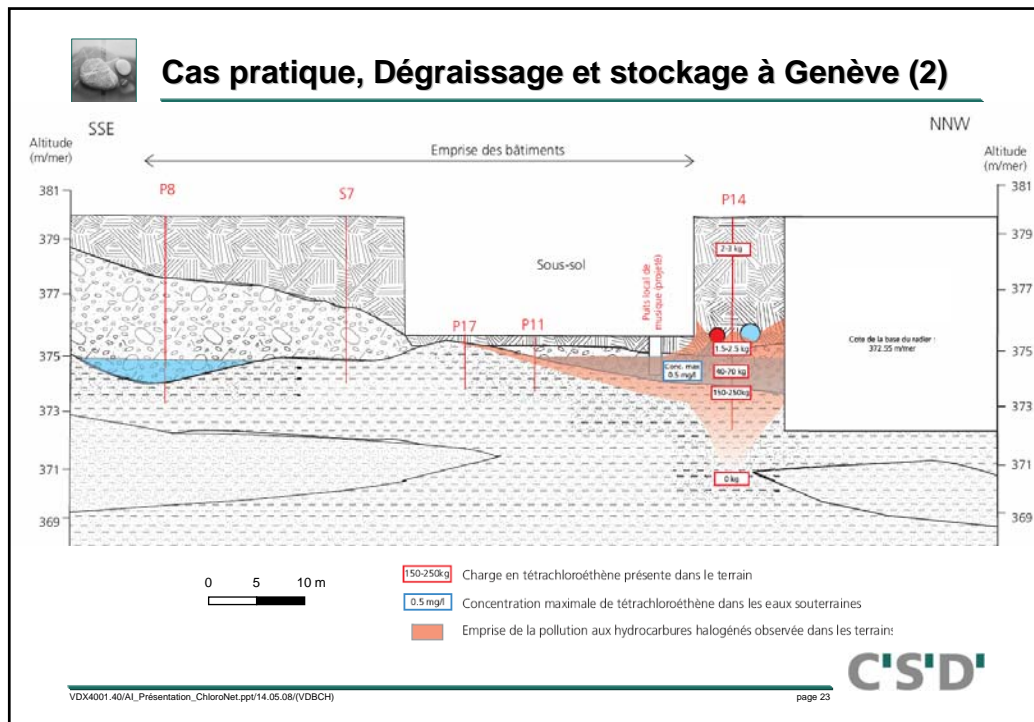
- Nappe profonde du Genevois
- Nappe superficielle de Carouge-La Praille
- Praille
- Déversement de PCE



VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 22

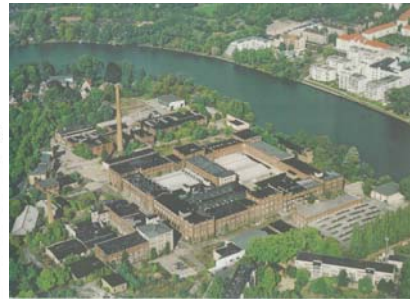
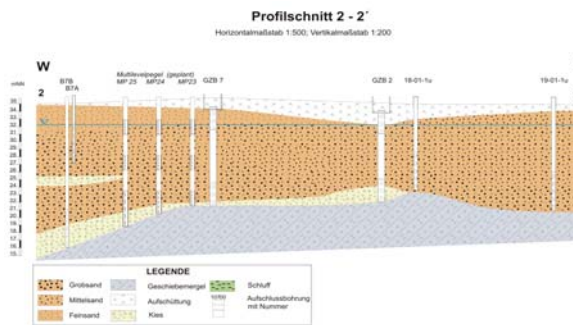
C'S'D'





Cas pratique, Blanchisserie à Berlin

- Ancien site industriel de 110'000 m²
- Quantité de solvants chlorés (PCE, TCE et DCE) estimée à 100 tonnes



VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

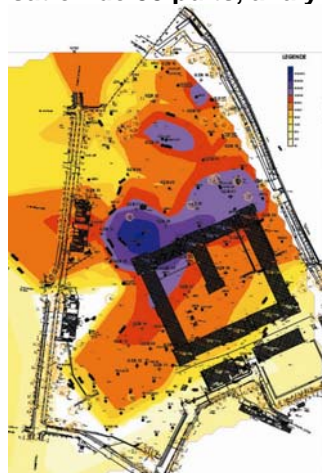
page 25

C'S'D'

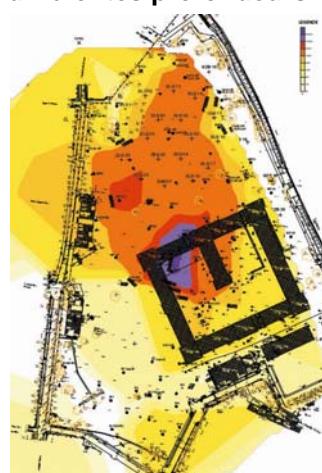


Cas pratique, Blanchisserie à Berlin (2)

- Réalisation de 33 puits, analyses à différentes profondeurs



En profondeur



En surface

VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

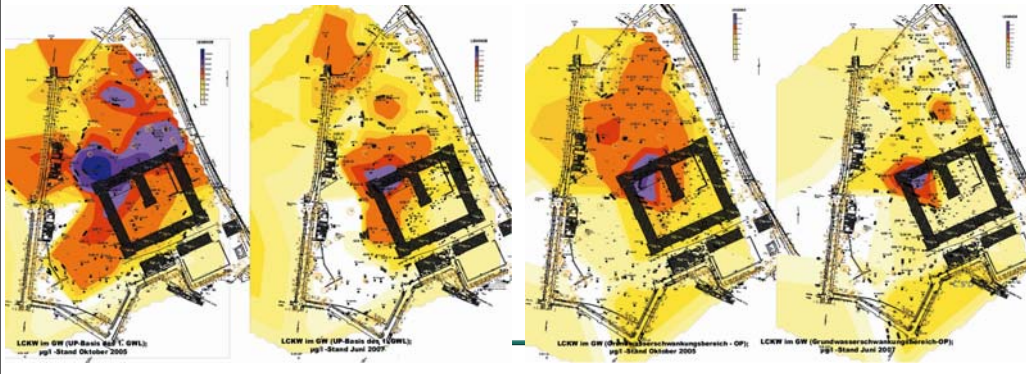
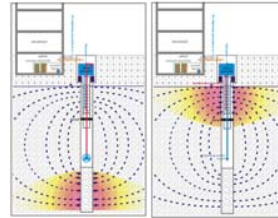
page 26

C'S'D'



Cas pratique, Blanchisserie à Berlin (3)

- Suivi de l'assainissement
- 2005 – 2007
- 75% de la pollution déjà éliminée



Conclusion

- ✓ Méthodes analytiques fiables
- ✓ Techniques de prélèvement éprouvées
- ✓ Equilibres chimiques quantifiables



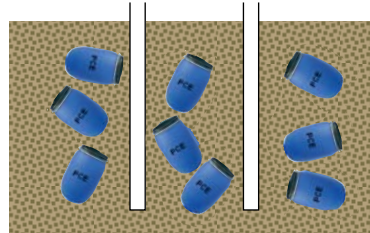
$$C_T = \left(\frac{K_{OC} \cdot f_{OC} \cdot \rho}{K_H} + \frac{\theta}{K_H} + \varepsilon \right) \cdot C_G$$

C'S'D'



Conclusion

- ! **Nombreuses sources d'erreurs**
- ! **Interprétation difficile**
- ! **Les sondages restent des sondages, donc avec aléatoires**



- **Même menées avec un maximum de diligence et des techniques de pointe, les investigations peuvent réserver de mauvaises surprises**

C'S'D'

VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 29



Merci de votre attention

C'S'D'

VDX4001.40/AI_Presentation_ChloroNet.ppt/14.05.08/(VDBCH)

page 30