

ISCO

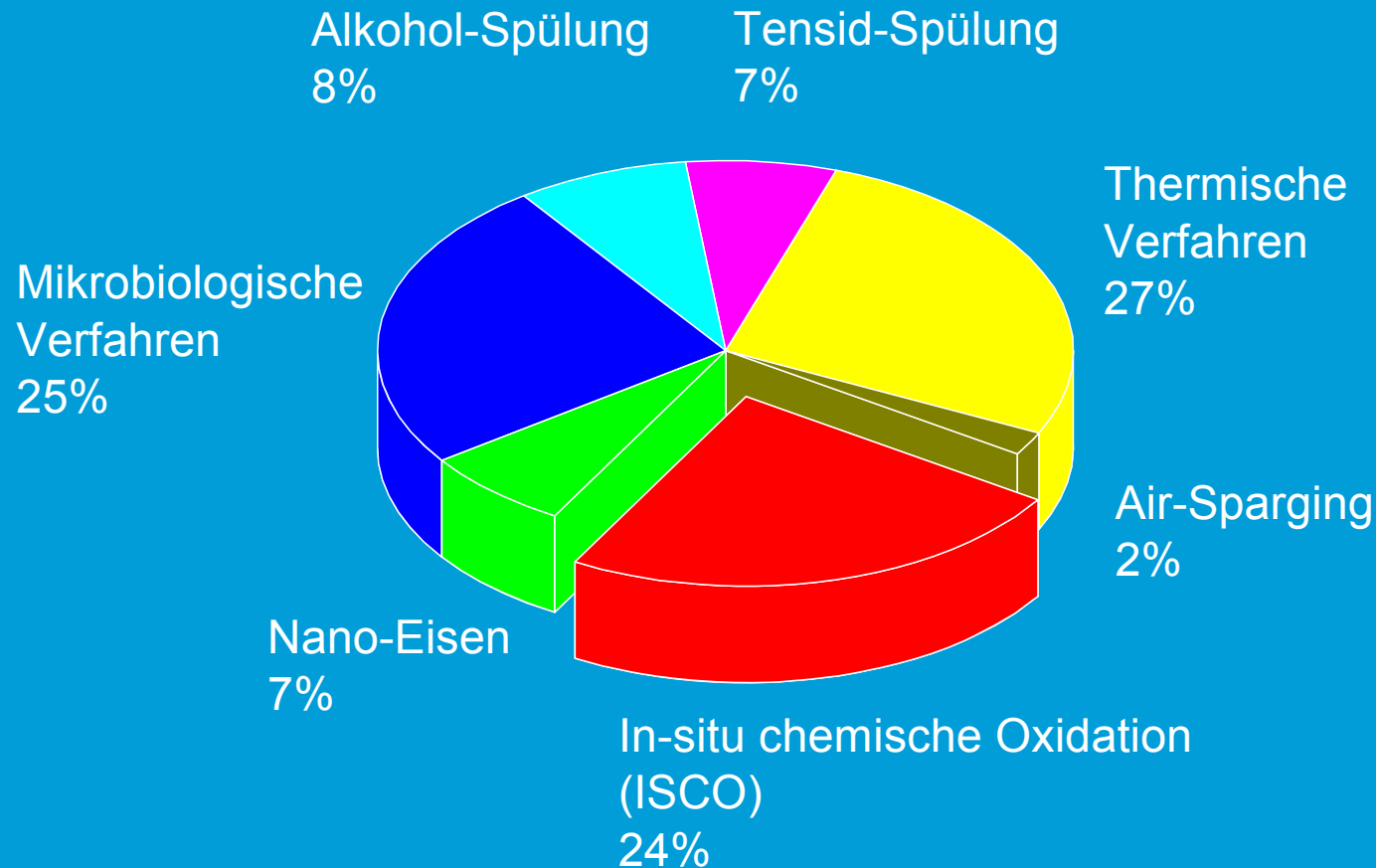
Oxydation chimique in situ

Possibilités d'utilisation et limites



Tauw

Procédés in situ documentés



Source: DSC (2008): évaluation de la littérature scientifique internationale relative aux applications in situ dans la zone saturée en ce qui concerne le traitement des sites contaminés.

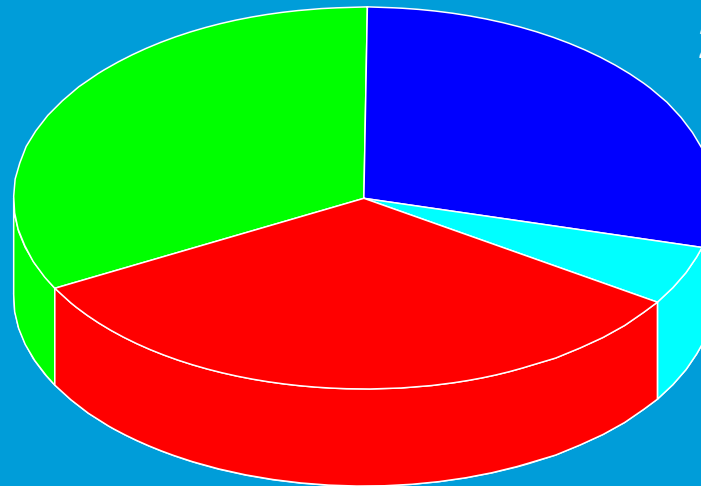


Tauw

Procédés ISCO documentés

Wasserstoffperoxid /
Fentons Reagenz
33%

Ozon
29%



Persulfat (aktiviert)
5%

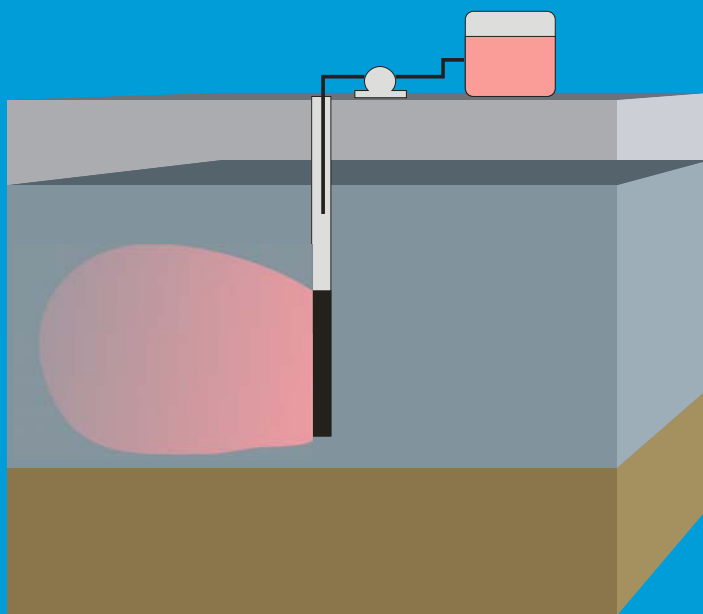
Permanganat
33%



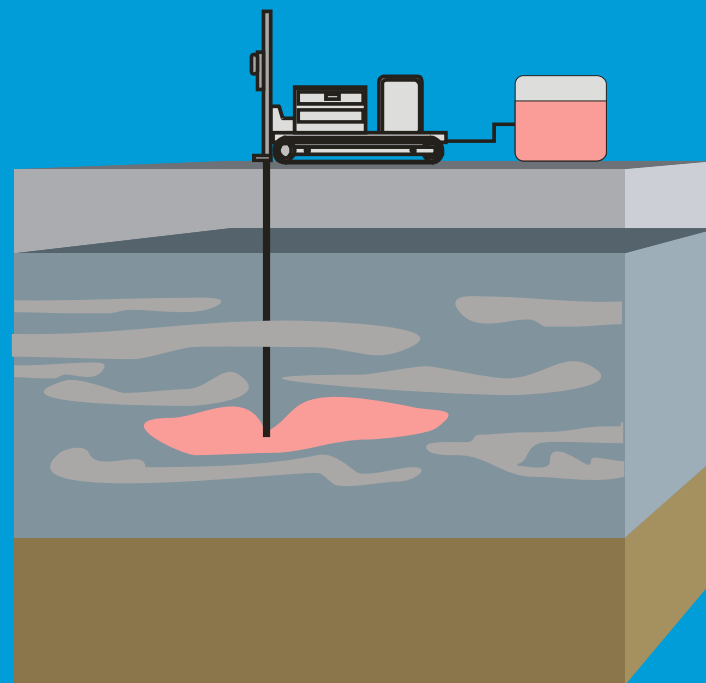
Tauw

Source: DSC (2008): évaluation de la littérature scientifique internationale relative aux applications in situ dans la zone saturée en ce qui concerne le traitement des sites contaminés.

Techniques d'oxydation chimique in situ avec du permanganate



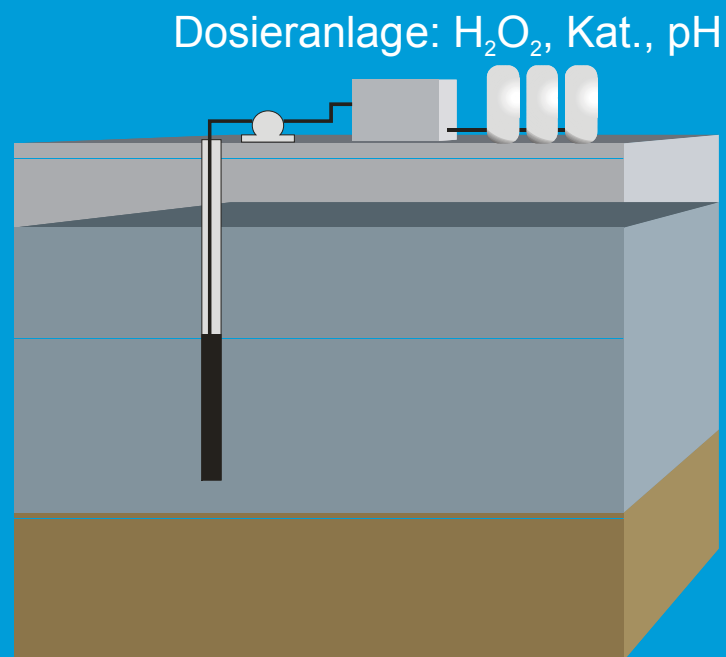
- Grande persistance de l'oxydant.
- Alimentation non entravée des matrices homogènes et bien perméables.



- Injection « direct-push » dans des matrices hétérogènes (éventuellement après une investigation DP, p.ex. MIP-Log ou injection-Log).
- Diffusion lente vers des interstices secondaires.



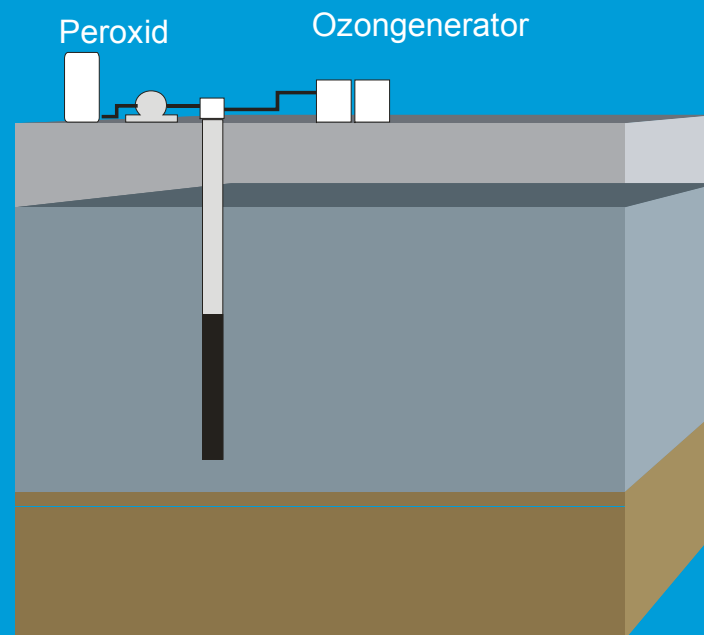
Techniques d'oxydation chimique in situ avec le réactif de Fenton



- Courte durée de vie de l'oxydant dans l'aquifère
- Installation technique et réglage plus exigeants
- Sécurité du travail



Techniques d'oxydation chimique in situ avec de l'ozone



Exemple du *Perozone*®: sparging de l'ozone et d'une solution H_2O_2 par un *Sparge-Point*® commun.



Tauw

Domaines d'application des procédés

	Réactif de Fenton	Ozone	Permanganate (K,Na)	Persulfate	Persulfate activé
Halogénoalcanes	✓				✓
Halogénoalcènes	✓	✓	✓	✓	✓
Benzène	✓	✓			✓
Toluène, Xylène, Ethylb.	✓	✓	✓	✓	✓
HCP (à chaîne courte)	✓			✓	✓
HCP (à chaîne longue)					
HAP (faible poids moléculaire)	✓	✓			✓
HAP (poids moléculaire plus élevé)					
PCB					



Limites des procédés ISCO

- Possibilités d'application très variées pour les sites contaminés, mais:
 - en règle générale, assainissement des panaches non économique, les besoins de la matrice en oxydant étant très élevés;
 - en règle générale, assainissement des produits en phase libre non économique, resp. peu judicieux du point de vue technique;
 - efficacité moindre dans des matrices peu perméables et/ou hétérogènes;
 - risque de libération de polluants comme produits secondaires ou par mobilisation.



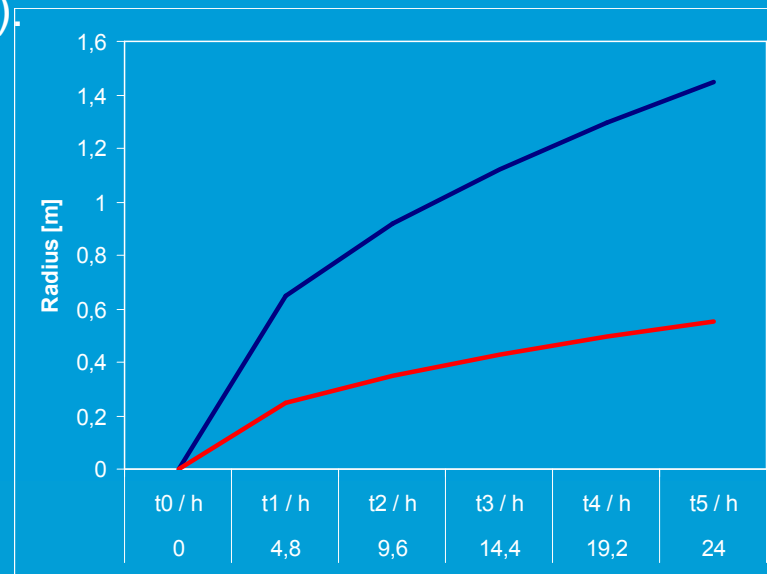
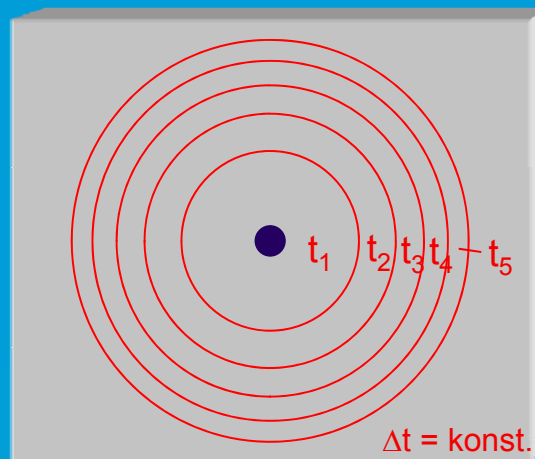
Matrices peu perméables / hétérogènes

- L'infiltration présente souvent des caractéristiques non homogènes même dans des systèmes apparemment homogènes.
 - Investigation approfondie des conditions lithostratigraphiques dans le cadre de la planification
 - Eventuellement filtre composé
 - Eventuellement procédé « direct-push »
 - Nombre élevé de cycles d'infiltration pour lutter contre l'effet rebond



Matrices peu perméables / hétérogènes

- Une faible perméabilité hydraulique nuit à la faisabilité technique.
 - Pression d'infiltration maximale, resp. sécurité géotechnique et « surfacing » (exemple 100 kPa).
 - La portée dans l'aquifère diminue au cours du temps; exemple: si $k_f : 1E-05 \rightarrow 1E-06$.
 - D'où nécessité d'utiliser des oxydants très stables (permanganate, persulfate).

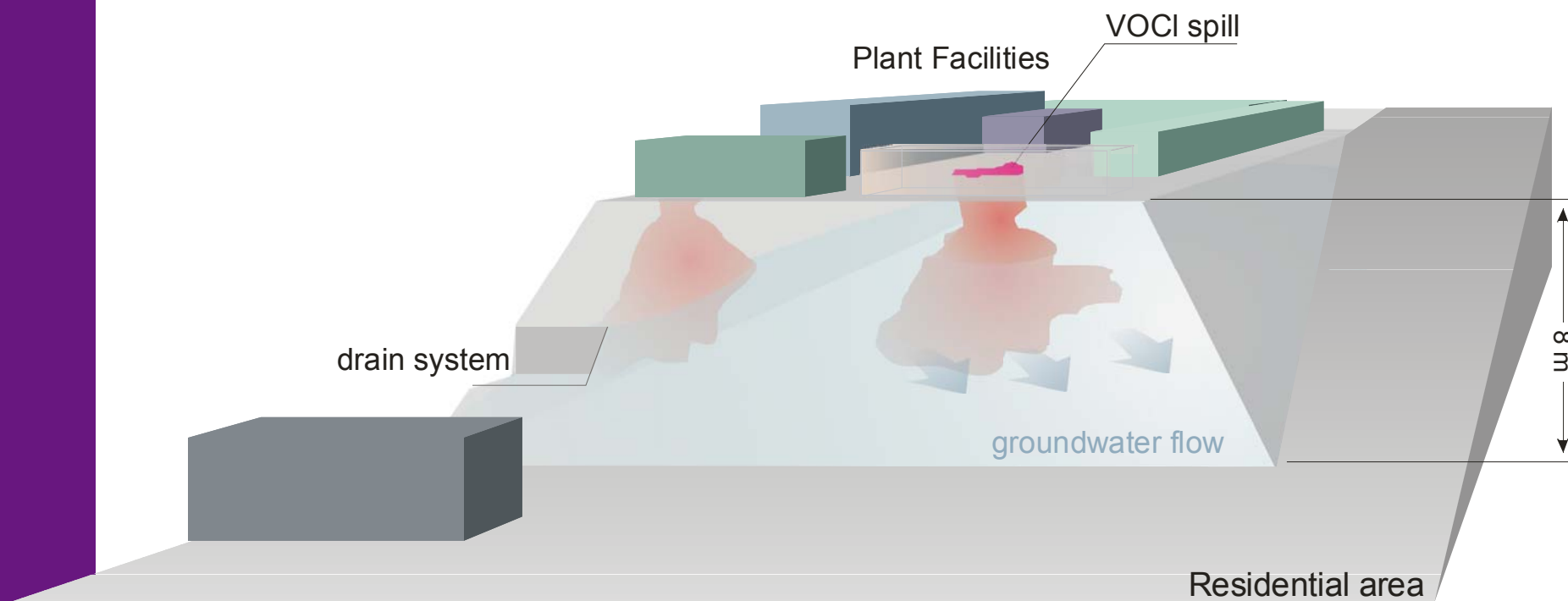


Matrices peu perméables / hétérogènes

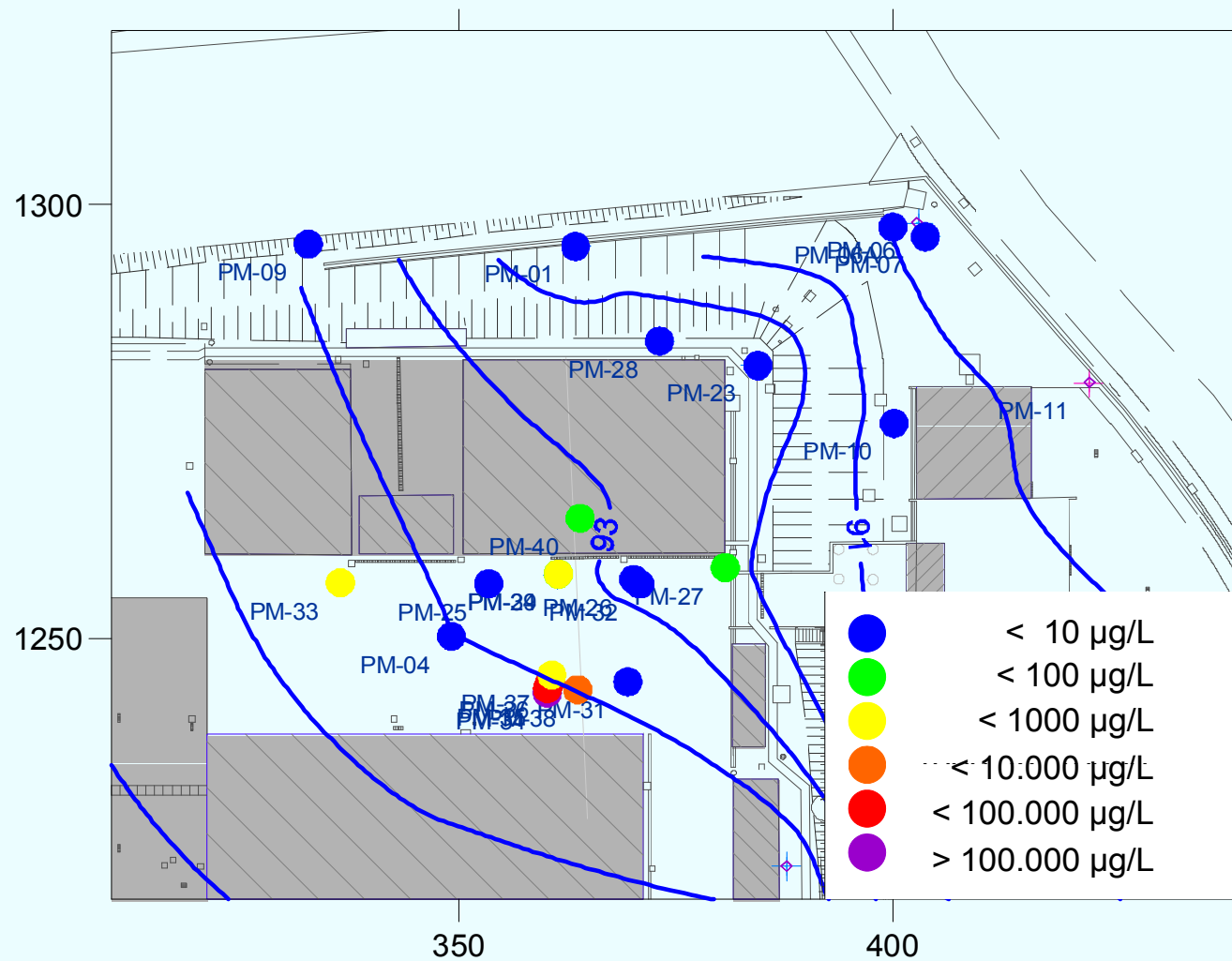
- Le dosage de l'oxydant stable dans le domaine visé est difficile lorsque le volume interstitiel est faible.
 - Pour un besoin de la matrice en $SOD = 25 \text{ g/kg MnO}_4$ et $n_e = 0,1$, le volume poreux doit être théoriquement rempli dix fois avec une solution à 4%.
 - Fortes à très fortes concentrations nécessaires!



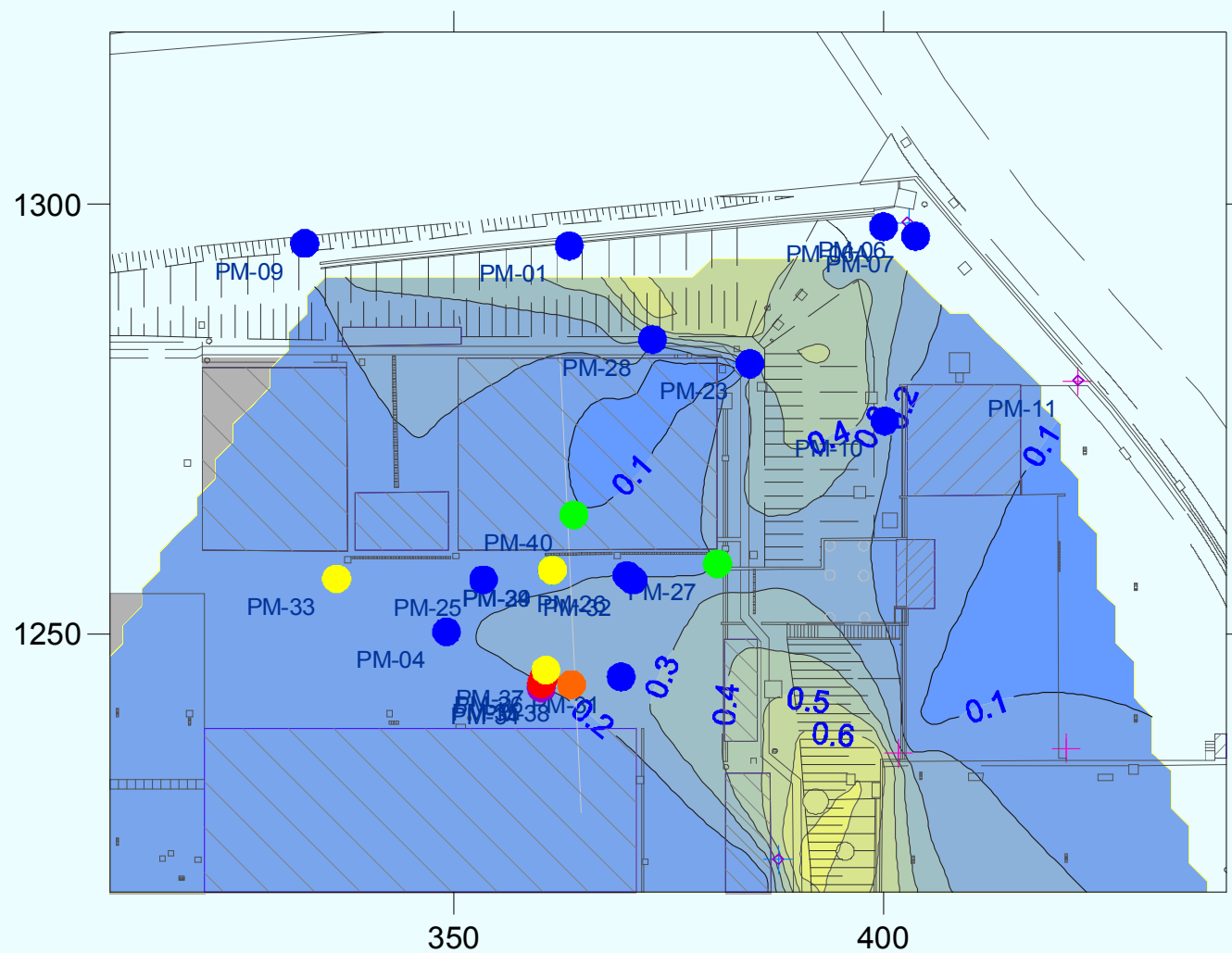
Exemple de cas – Site industriel d'Amérique du Sud



Belastungssituation PCE



Grundwasserströmung (m/a)



Conditons-cadre

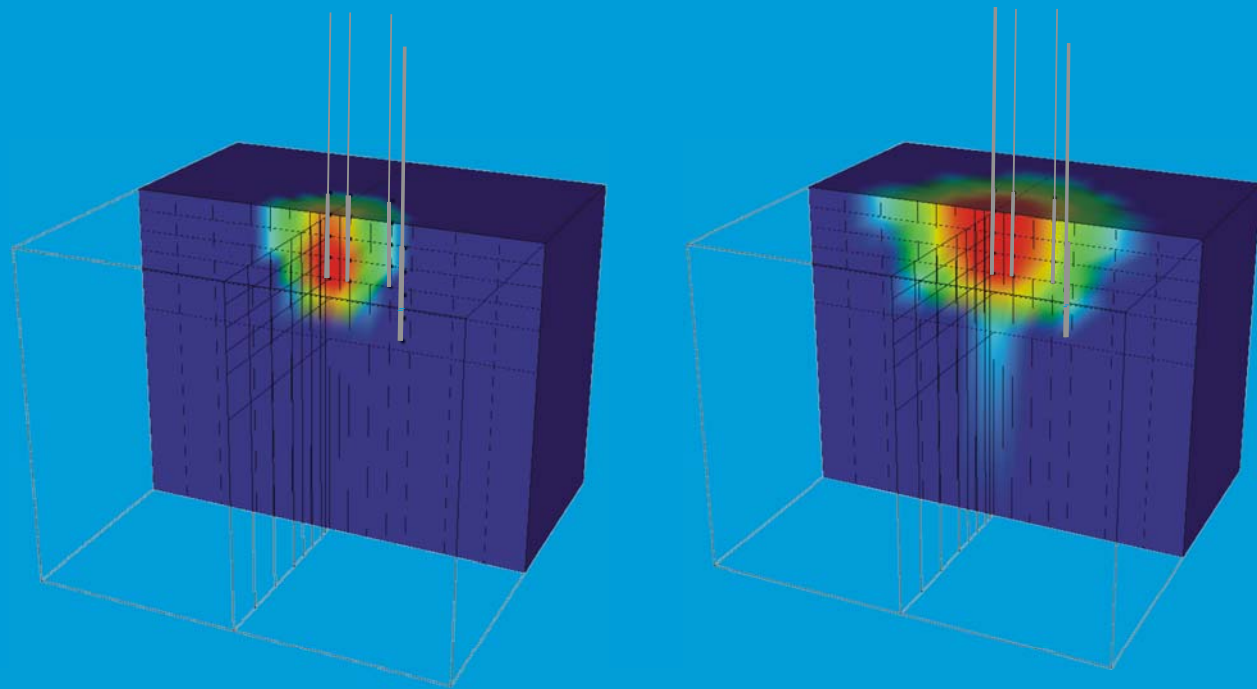
- Foyer de pollution de petit volume
 - $A = 70 \text{ m}^2$
 - $h = 3 - 8 \text{ m}$ sous le niveau du terrain
- Sous-sol = gneiss fortement érodé, de perméabilité faible et hétérogène
 - $k_f \leq 5 \text{ E-06 m s}^{-1}$
 - $n_e \approx 0,1$
- Nécessité d'une solution in situ!



Dimensionnement de l'injection de permanganate

Simulation numérique (PHAST) de l'injection de permanganate fondée sur des données issues d'expériences de laboratoire et d'expériences pilote.

→ La concentration de permanganate doit être $\geq 15\%$.

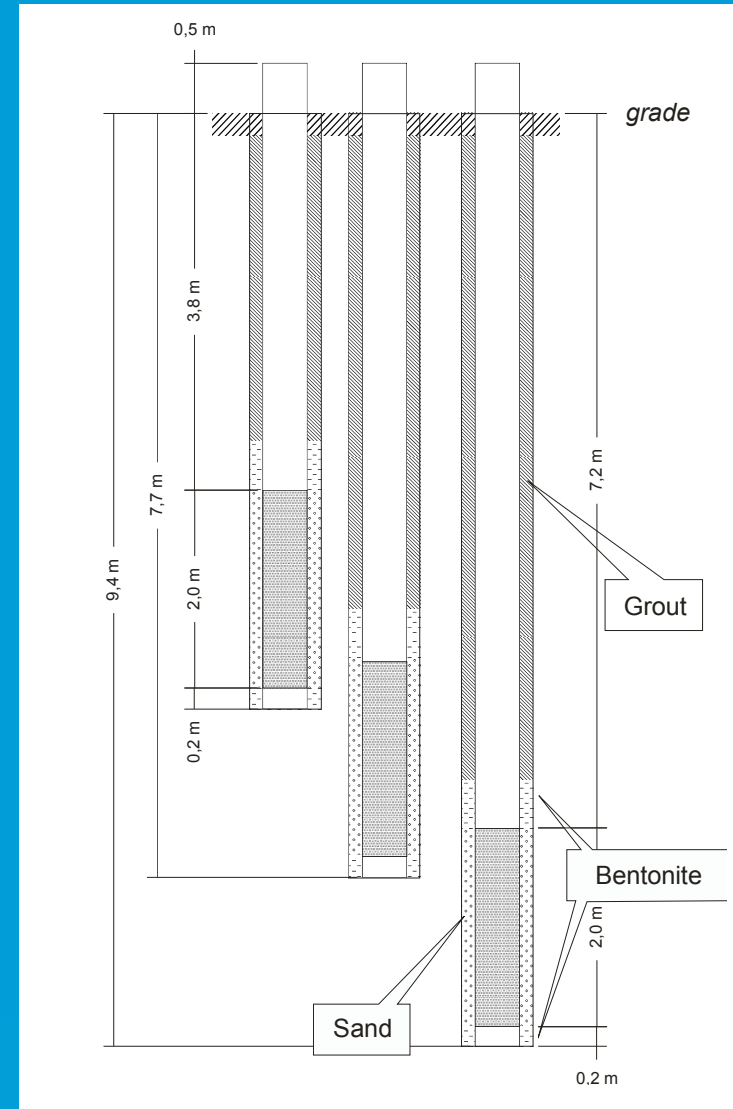


Tauw

ISCO avec le permanganate de sodium

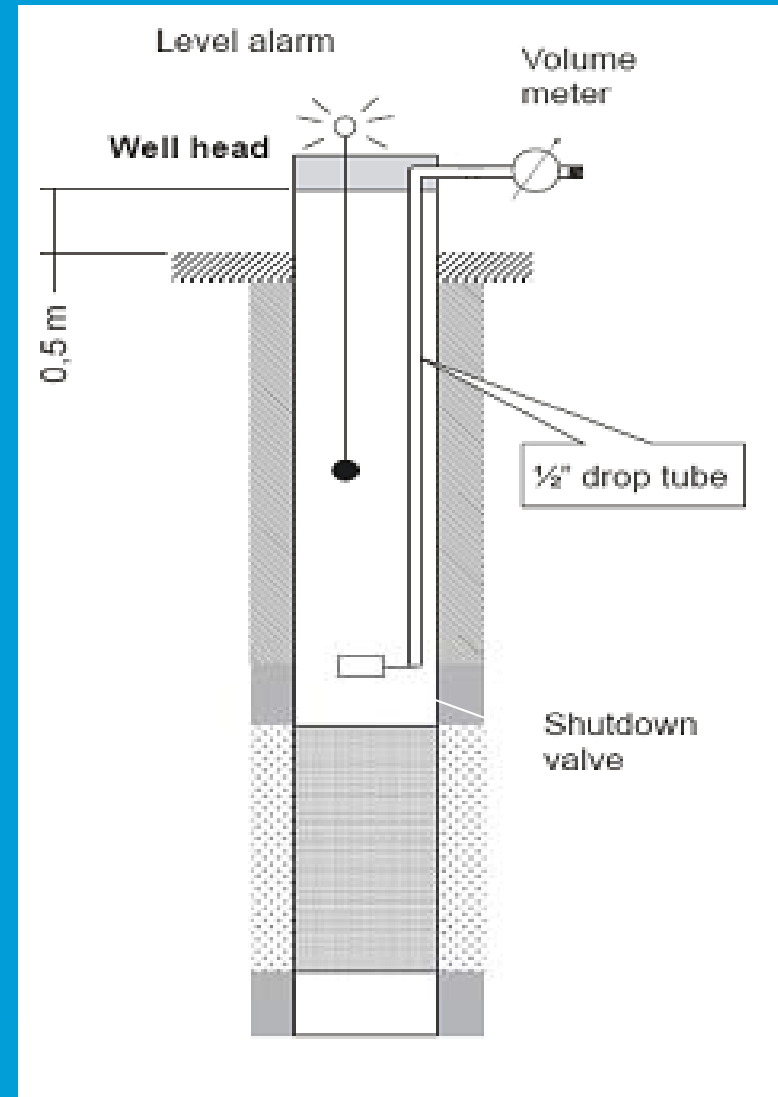


- 12 groupes de puits munis de 3 filtres chacun
- Pression d'infiltration: colonne d'eau de 3 m
- Débit d'infiltration: 50 L/h par filtre
- 10 campagnes d'infiltration d'une semaine sur environ une année



Tauw

ISCO avec le permanganate de sodium



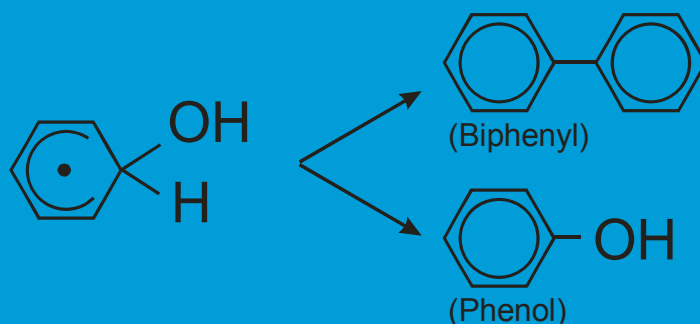
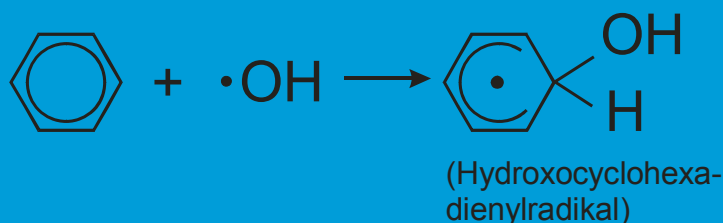
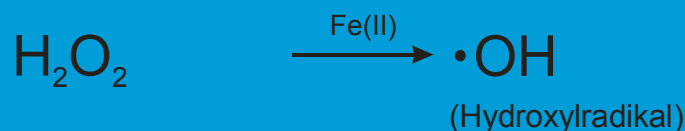
Tauw

Libération / mobilisation de substances non souhaitées

- Formation de produits secondaires organiques non souhaités
- Augmentation de la concentration DOC en raison de la décomposition incomplète des substances organiques dans la nappe phréatique et la matrice
 - Effet de solubilisation par des substances organiques naturelles dissoutes ?
 - Toxicité ?
- Libération de métaux par la matrice aquifère



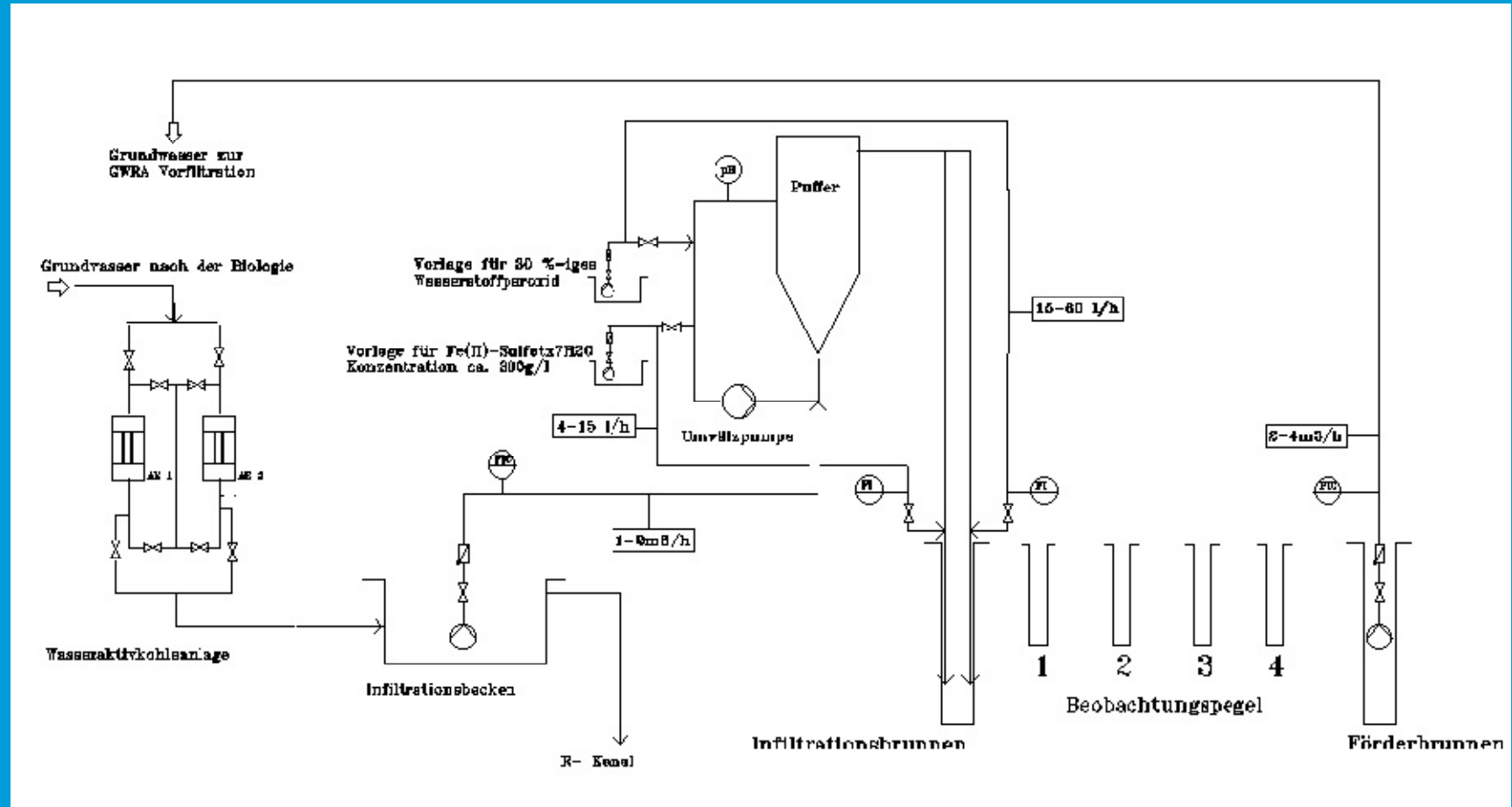
Hydroxylation de composés aromatiques par des radicaux hydroxyles



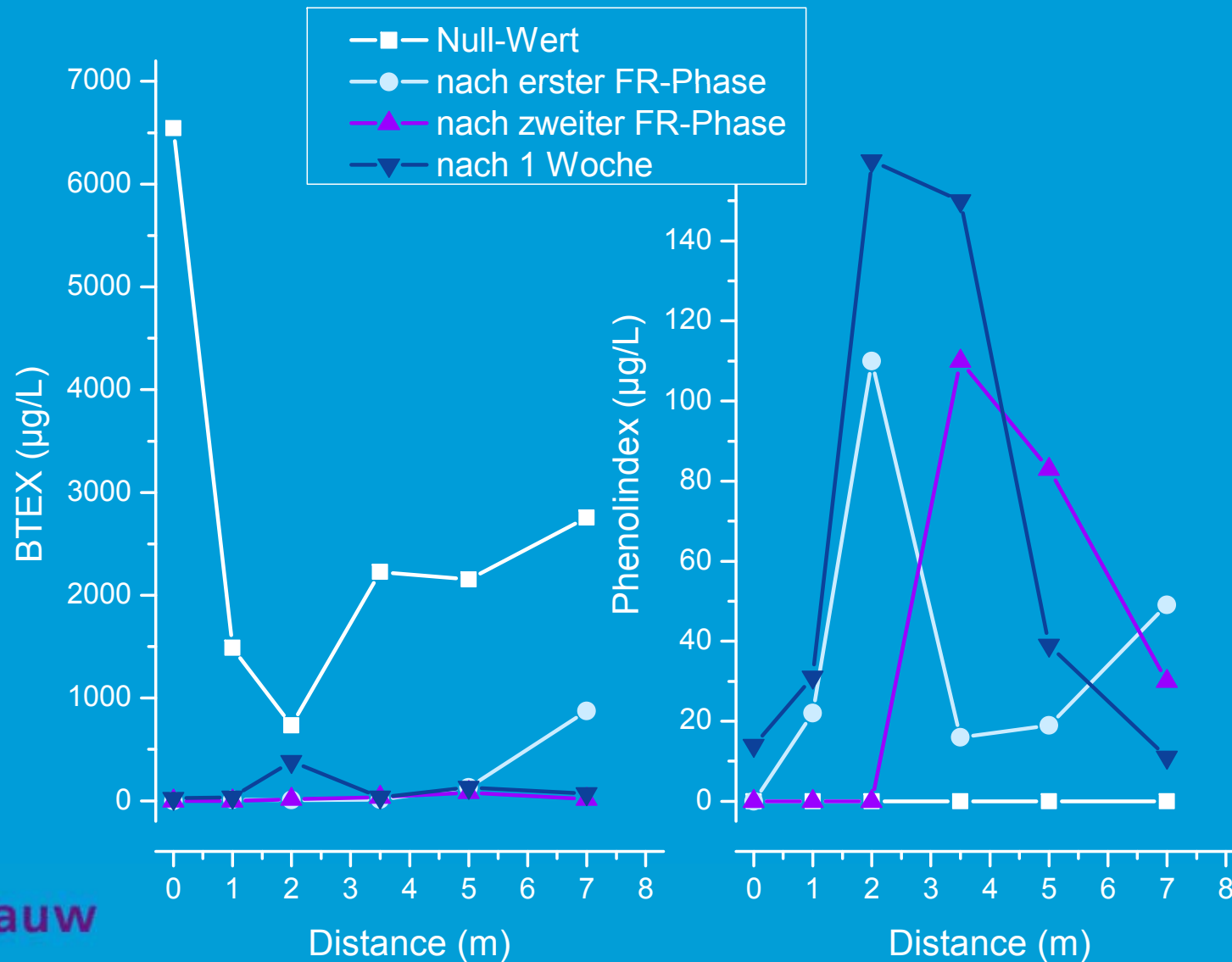
- Hydroxylation de composés aromatiques et aromatiques chlorés intervenant éventuellement lors de l'utilisation du réactif de Fenton ou de persulfate activé
- Mobilité accrue des produits secondaires
- Processus relativement complexes impliquant des radicaux hydroxyles
- Système guère contrôlable dans l'aquifère
- Quantités de produits secondaires difficiles à prévoir en général
- Enrichissement possible si l'oxydation est incomplète.



Exemple : Hydroxylation du benzène par le réactif de Fenton



Exemple : Hydroxylation du benzène par le réactif de Fenton

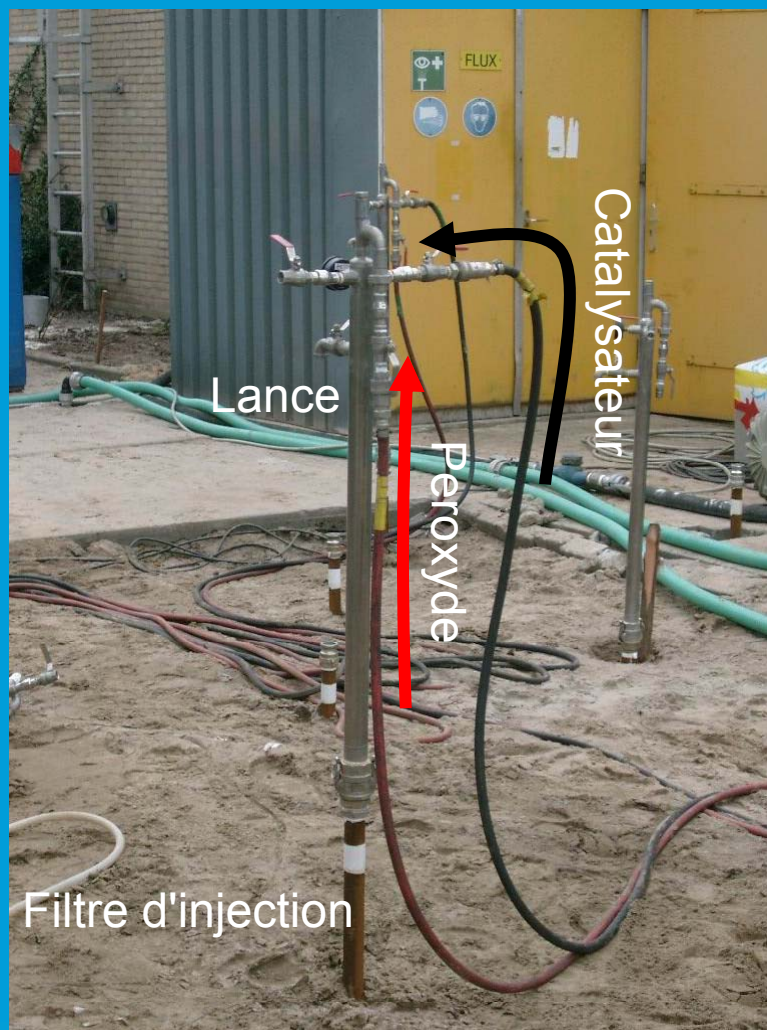


Augmentation de la concentration DOC et effet de solubilisation

- Injection de réactif de Fenton / permanganate
 - augmentation de la concentration DOC d'un facteur 1 à 2 à proximité immédiate des points d'injection
 - en partie augmentation de la concentration des (a) métaux lourds resp. des (b) polluants organiques (p.ex. DCE à proximité d'un foyer de PCE).
- La libération des polluants organiques au moins est due selon toute probabilité à des propriétés dissolvantes des paramètres DOC.



Augmentation de la concentration DOC et effet de solubilisation

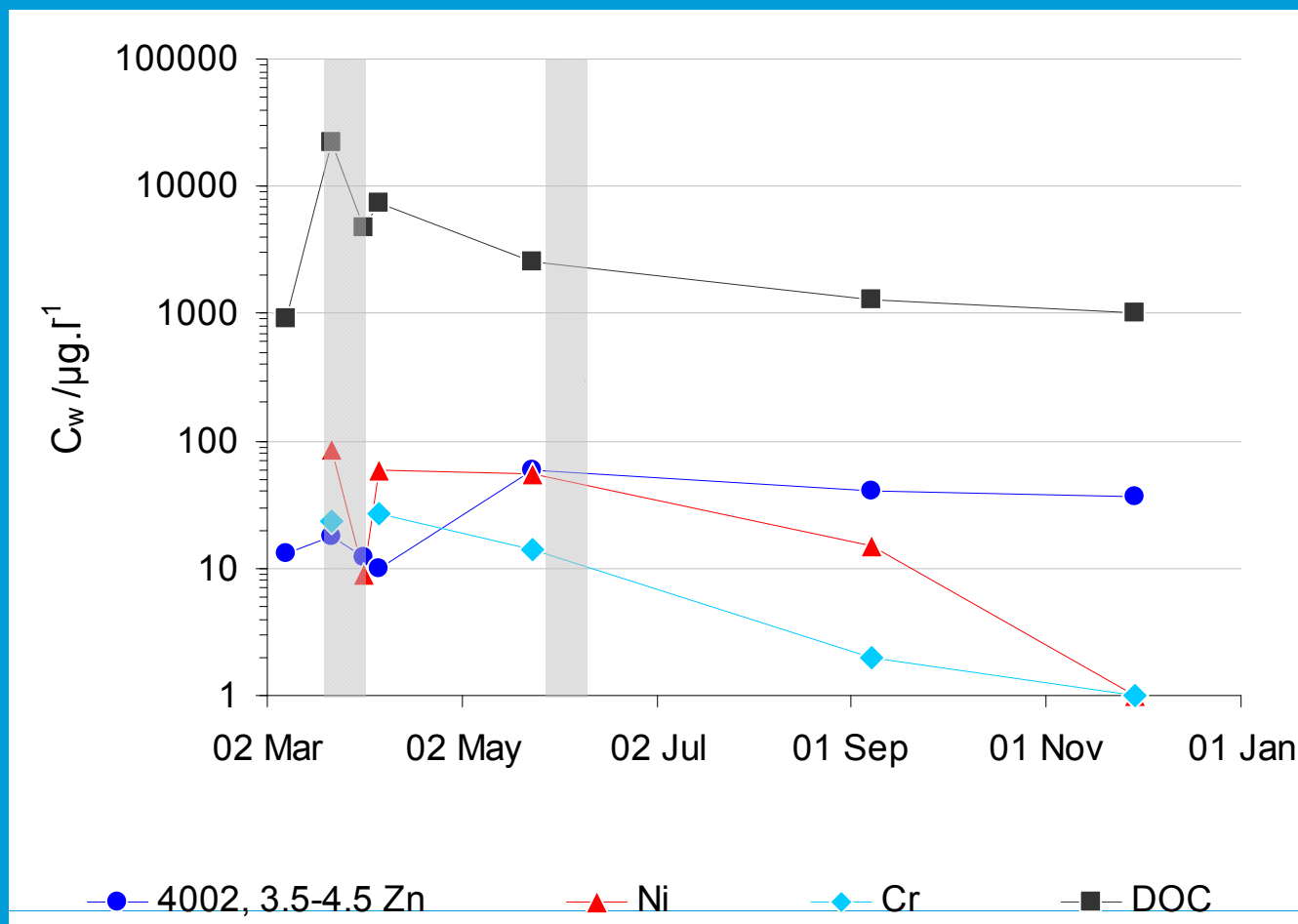


- Projet pilote ISCO, Pays-Bas
- 2 injections de réactif de Fenton
- Forte augmentation transitoire de DOC et mobilisation de métaux lourds
- Superposition à l'effet pH



Tauw

Augmentation de la concentration DOC et effet de solubilisation



Conclusions

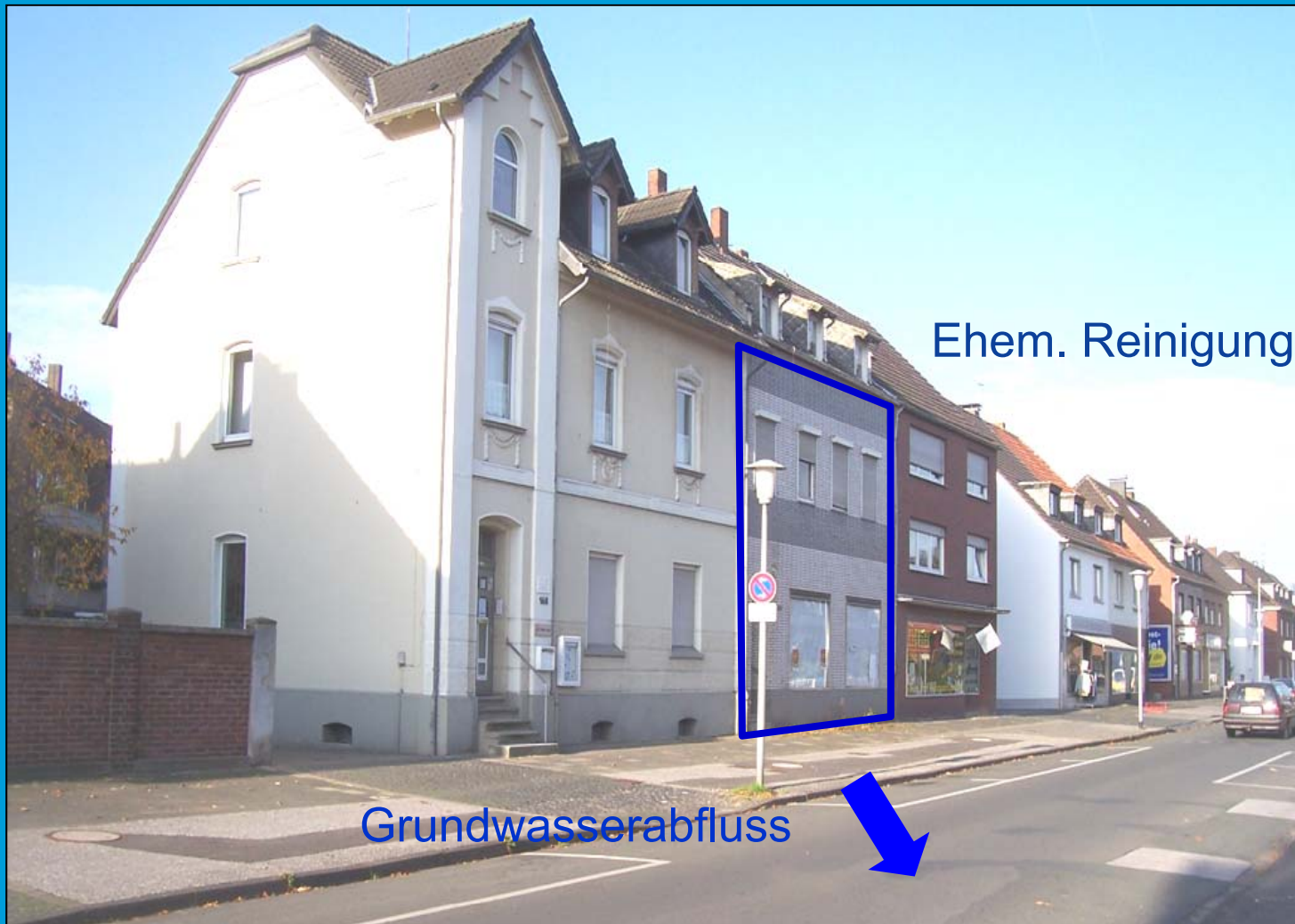
- ISCO = option d'assainissement in situ reconnue avec des domaines et un potentiel d'application relativement larges.

Exigences élevées posées aux tests préliminaires, à la planification et au suivi:

- Nécessité d'investiguer précisément les conditions-cadre géohydrauliques
→ possibilité éventuelle de s'adapter à des conditions géohydrauliques défavorables par le biais de la nature et de la concentration de l'oxydant.
- Les processus chimiques faisant suite à l'injection sont complexes et guère contrôlables.
→ nécessité d'une évaluation approfondie des processus non souhaités et de procéder à des expériences de laboratoire / pilote en rapport.



Fallbeispiel Kamp-Lintford, Deutschland



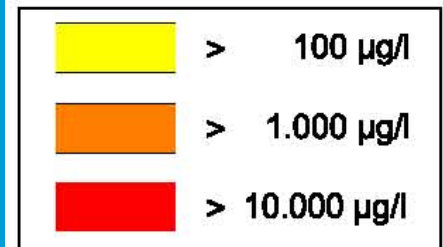
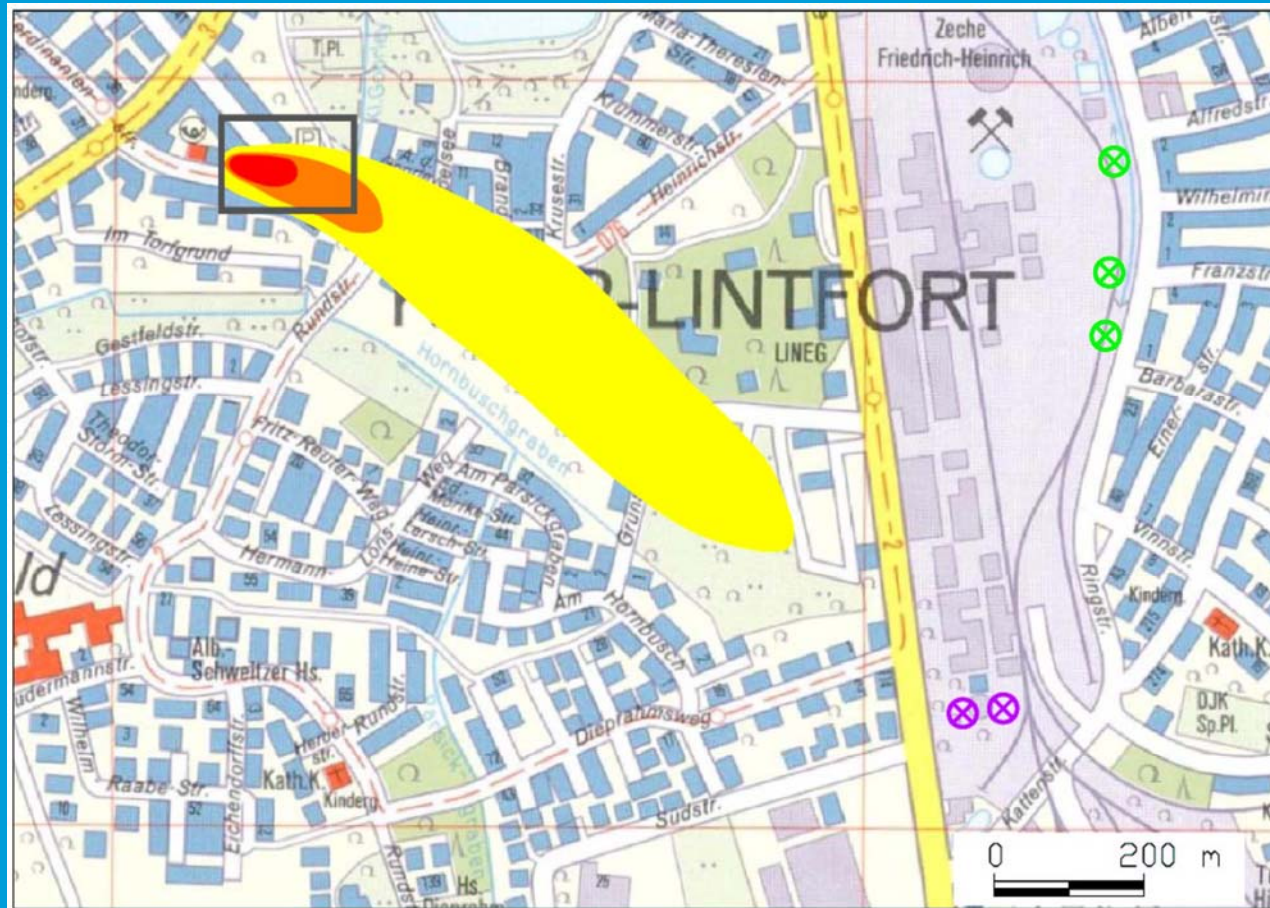
Tauw

Eintragstelle, Hinterhof

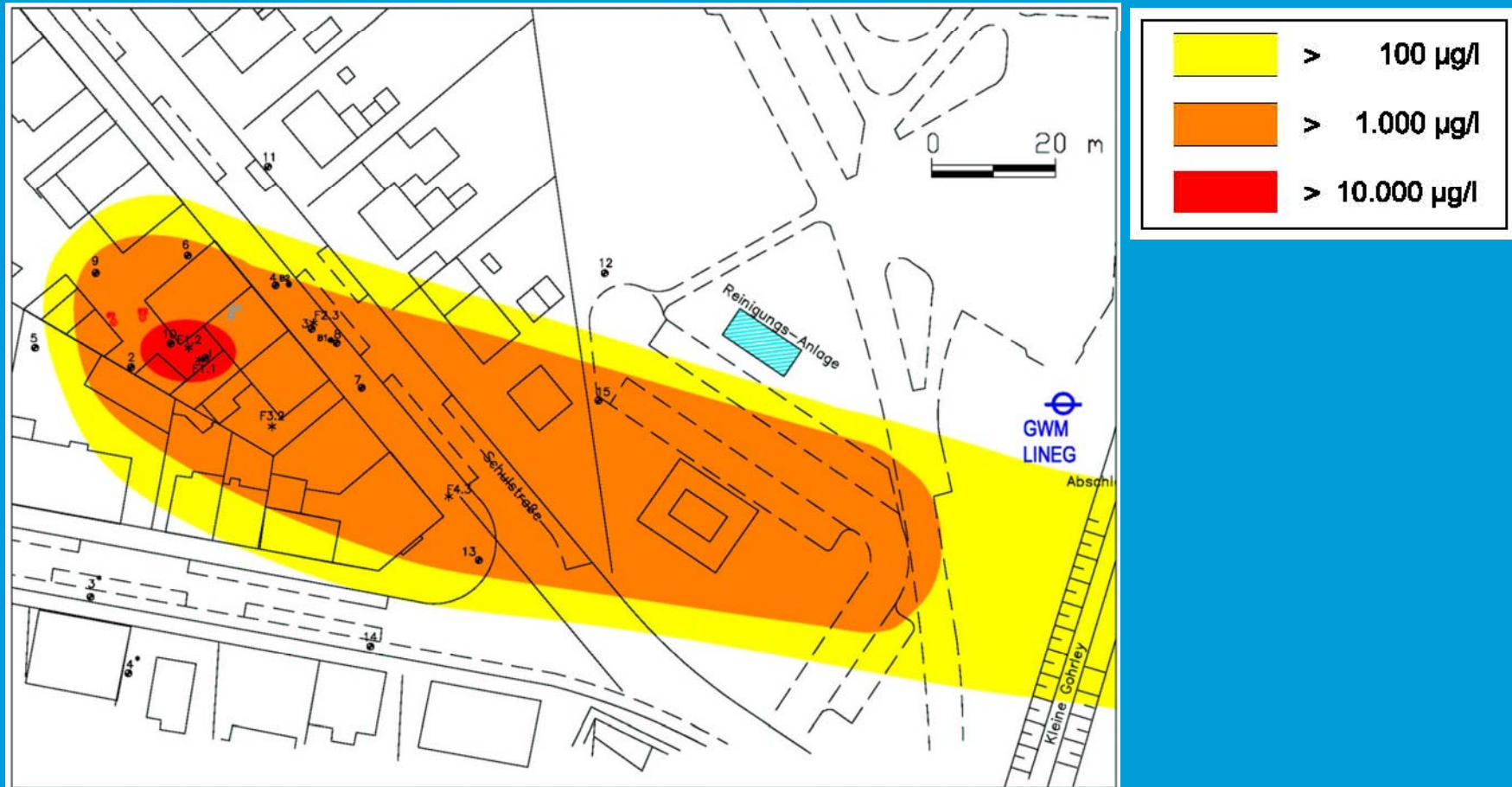


Tauw

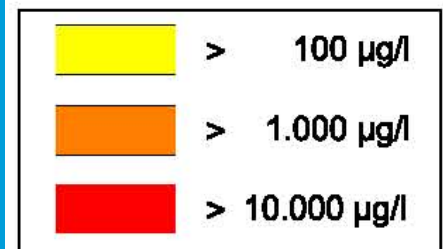
Darstellung LCKW-Fahne 1990 (1. Untersuchungen)



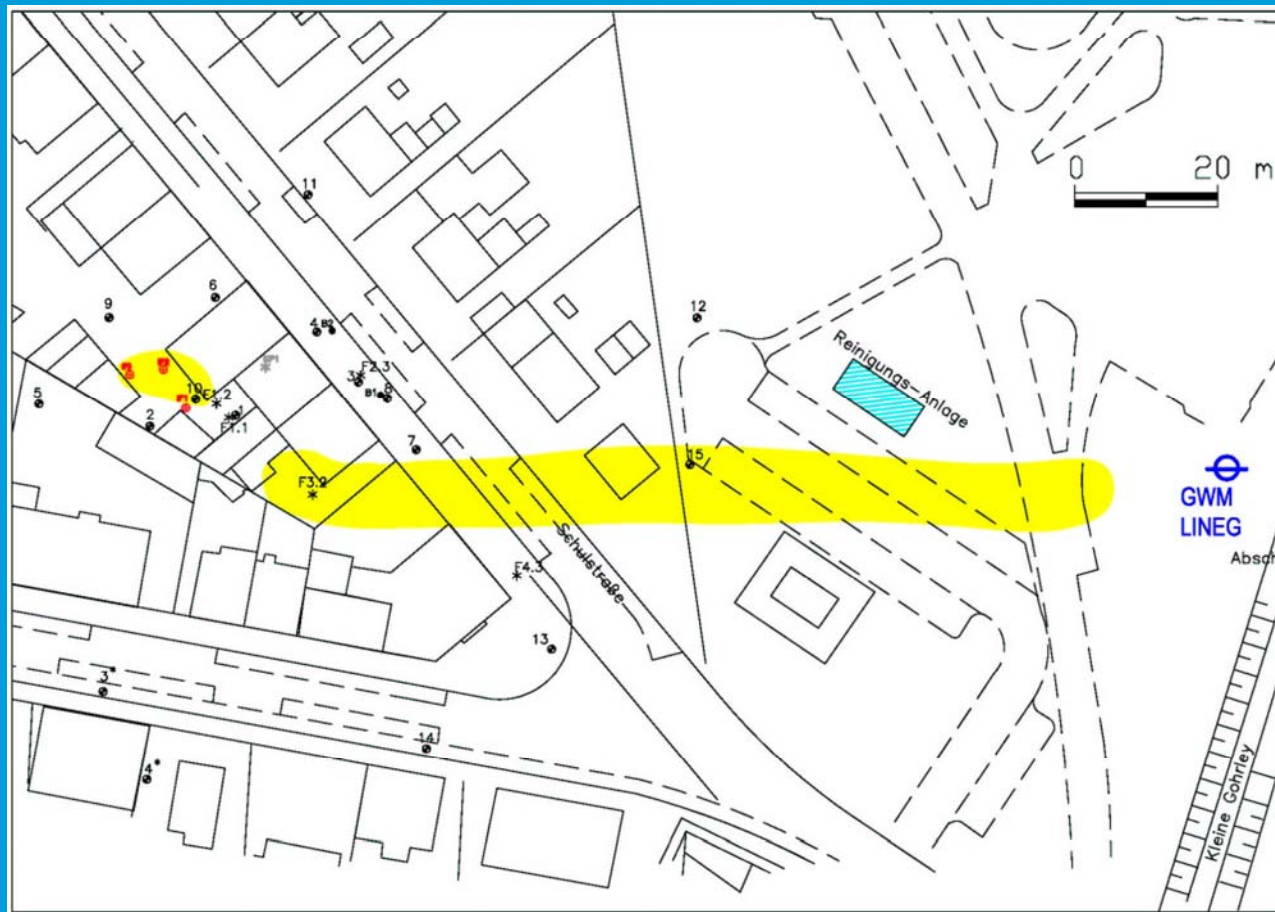
Darstellung LCKW-Fahne 1997 (Start p & t)



Darstellung LCKW-Fahne 2004 (Ende p & t)



Darstellung LCKW-Fahne 2007 (1 Jahr nach ISCO)



Darstellung LCKW-Fahne 2010 (3,5 Jahre nach ISCO)

