



Kanton Zürich
Baudirektion



Groupe de projet ChloroNet
Essais de pompage intégraux (EPI)

**Introduction et résultats
de la phase de conception**

Bettina Flury
Office des déchets, de l'eau, de l'énergie
et de l'air (AWEL) du canton de Zurich

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 1



Sommaire

- 1. Introduction et résultats de la phase de conception**
 - Buts et démarche du groupe de projet **Bettina Flury**
 - Définition de critères de réalisation
- 2. Projet pilote d'EPI au stade de l'IP (ZH)**
 - Résultats de l'évaluation des sites **Walter Labhart**
 - Conclusions
- 3. Projet pilote d'EPI au stade de l'ID / PA / A (BE)**
 - Présentation de deux sites **Jürgen Abrecht**
(entreprise GZM à Lyss et arsenal de Lyss)
- 4. Conclusions et suite de la procédure** **Bettina Flury**

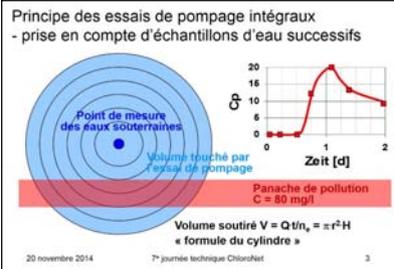
26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 2



Projet ChloroNet EPI

Suscité par l'exposé d'Uwe Hekel (HPC) lors de la journée technique ChloroNet de 2014

Principe des essais de pompage intégraux
- prise en compte d'échantillons d'eau successifs



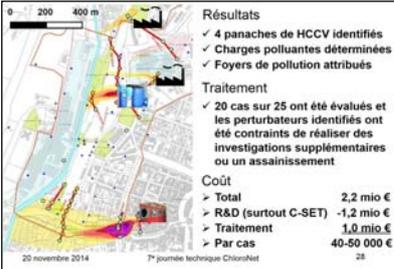
Point de mesure des eaux souterraines

Volume touché par l'essai de pompage

Panache de pollution
C = 80 mg/l

Volume soutiré $V = Q \cdot t/n_s = \pi r^2 H$
« formule du cylindre »

20 novembre 2014 7^e journée technique ChloroNet 3



Résultats

- ✓ 4 panaches de HCCV identifiés
- ✓ Charges polluantes déterminées
- ✓ Foyers de pollution attribués

Traitement

- ✓ 20 cas sur 25 ont été évalués et les perturbateurs identifiés ont été contraints de réaliser des investigations supplémentaires ou un assainissement

Coût

- Total 2,2 mio €
- R&D (surtout C-SET) -1,2 mio €
- Traitement 1,0 mio €
- Par cas 40-50 000 €

20 novembre 2014 7^e journée technique ChloroNet 28

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 3



Qu'est-ce qu'un essai de pompage intégral (EPI) ?

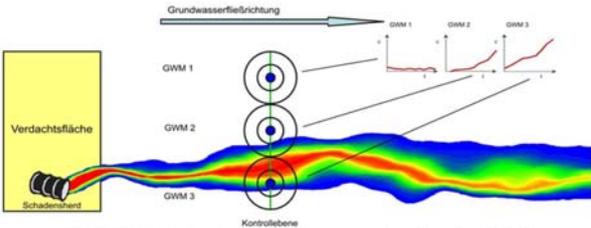


Abb. 2.2: Prinzip der instationären Immissionsmessung (nach Teutsch et al., 2000)

Buts

- Délimiter systématiquement les foyers de pollutions potentiels en tenant compte des conditions hydrauliques.
- Obtenir des informations sur la répartition des polluants dans les eaux souterraines.

→ Cartographie exhaustive des panaches de pollution (résolution spatiale)

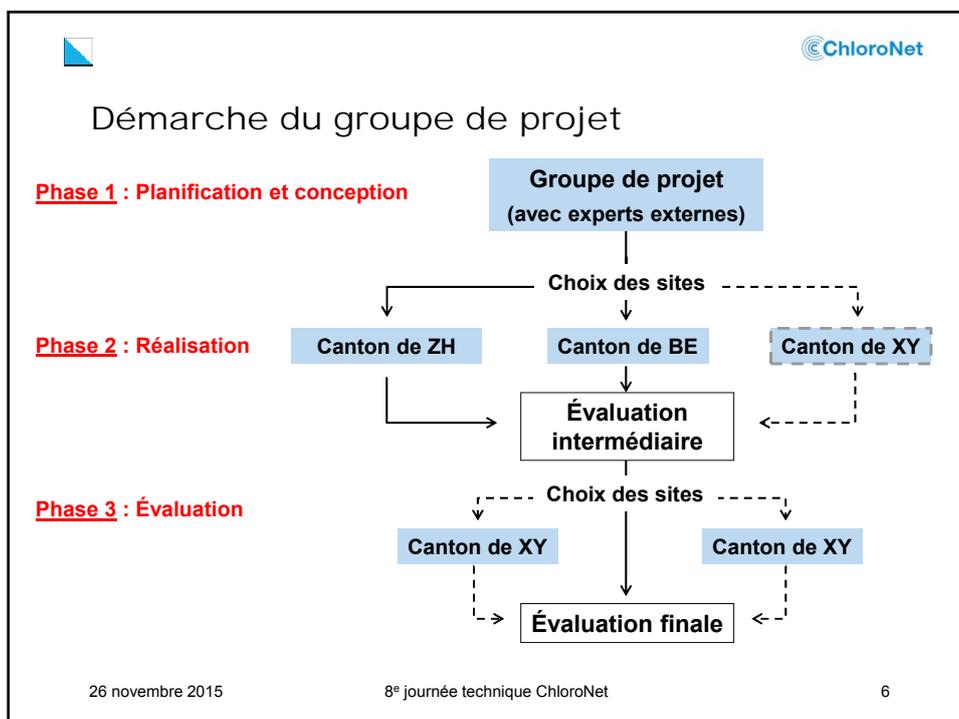
26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 4

ChloroNet

Buts du groupe de projet

- Vérifier, à tous les stades du traitement des sites pollués, si la méthode est applicable en Suisse
- Définir des conditions-cadre
 - Contexte hydrogéologique
 - Type de site
 - Modalités d'exécution des essais
- Réaliser des projets pilotes dans les cantons
- Évaluer les projets pilotes
- Élaborer un rapport d'experts

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 5



Critères de réalisation

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 7

Aquifère

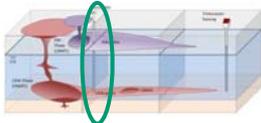
Critères principaux	Importance	Critère crucial
Homogénéité	Pas de grandes variations lithologiques	(Oui)
Composition de l'aquifère	Exigences minimales concernant la perméabilité (gravier ou sable grossier à moyen)	Oui
Épaisseur de l'aquifère	Connue, idéalement 2-10 m (projet pilote)	Non (peu pertinent, mais important pour le coût)
Niveau piézométrique	Idéalement pas trop profond	Non (mais important pour le coût)

Condition fondamentale : situation hydraulique connue

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 8



Points de mesure des eaux souterraines

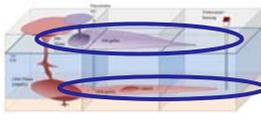


Critères principaux	Importance	Critère crucial
Puits complets	Crépine jusqu'au plancher imperméable, sur toute la hauteur de l'aquifère (cas idéal)	Non (peu pertinent)
Nombre et agencement des puits	Appréhension de tout le panache, section de contrôle perpendiculaire à la direction d'écoulement	Oui
Diamètre des puits	Au moins 4,5"	Non (peu pertinent)
Accès aux puits	Garanti (essai de pompage de longue durée)	Oui

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 9



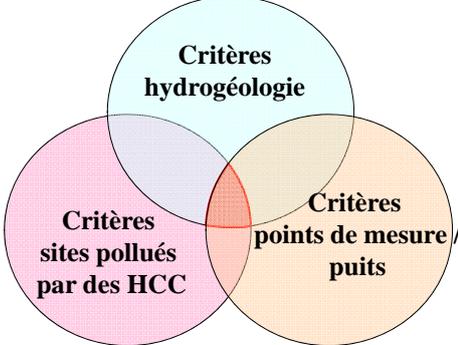
Polluants



Critères principaux	Importance	Critère crucial
Concentrations	Suffisamment élevées même en aval à distance	Oui
Polluants dissous	Aucun DNAPL dans l'aire d'alimentation des puits	Oui
Aucune source de pollution dans le volume touché par l'EPI	L'EPI ne s'applique qu'aux polluants dissous	Oui

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 10

Exigences (résumé)



The Venn diagram consists of three overlapping circles. The top circle is light blue and labeled 'Critères hydrogéologie'. The bottom-left circle is pink and labeled 'Critères sites pollués par des HCC'. The bottom-right circle is light orange and labeled 'Critères points de mesure / puits'. The intersections between two circles are shaded in lighter tones of the respective circles, and the central intersection of all three is a darker shade.

- Intersection = conditions idéales ; pas toujours réunies dans la pratique (cf. critères cruciaux, rapport coût / utilité, pertinence)
- Bases pour la réalisation de projets pilotes

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 11

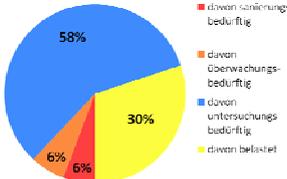
Buts des projets pilotes

Au stade de l'inv. préalable (réalisation dans le canton de Zurich)

- L'EPI en tant qu'outil d'évaluation sommaire de plusieurs sites (pour assigner un ordre de priorité aux inv. préalables)

Motivation

700 sites pollués par des HCC dans le canton de ZH, dont 400 (58 %) doivent encore faire l'objet d'investigations (voir l'exposé de Th. Barner, AWEL)



Catégorie	Pourcentage
déjà en sanierungsbedürftig	58%
davon überwachungsbedürftig	30%
davon untersuchungsbedürftig	6%
davon best practice	6%

Aux stades de l'inv. de détail / projet d'assainissement / assainissement (réalisation dans le canton de Berne)

- L'EPI en tant qu'outil d'identification d'un « hotspot »
- Vérification de la charge (comparaison de méthodes)

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 12

Groupe de projet ChloroNet Essais de pompage intégraux

Projet pilote dans le canton de Zurich

Walter Labhart
Dr. Heinrich Jäckli AG, Zürich

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 13

Buts et démarche du projet pilote zurichois

Question

- L'EPI est-il un outil approprié pour assigner un ordre de priorité à l'investigation préalable des sites pollués par des HCC ?

Démarche

- Réaliser un essai pilote pour examiner la pertinence de l'EPI dans un cas concret
- Estimer les perspectives offertes par l'EPI lors de l'investigation préalable des sites

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 14

jöckli
géologie

ChloroNet

Contexte du canton de **ZH**

● IP de site pollué par des HCC

- Encore environ 400 sites pollués par des HCC nécessitent des investigations
- Choix pour étudier l'application de l'EPI : 269 sites dans 5 districts

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 15

jöckli
géologie

ChloroNet

Exigences posées à l'essai pilote

- **Analyse SIG**
- **Étude de détail du cas particulier**

Inv. préalable de site pollué par des HCC :
critères généralement peu satisfaits ou incertains

- **Exigence posée à l'essai pilote**
en plus, site bien étudié présent dans la zone touchée par l'EPI

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 16

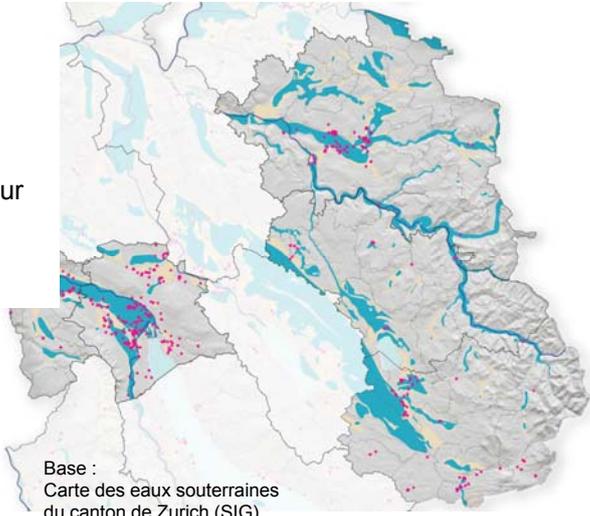
jöckli
géologie

ChloroNet

Critères « hydrogéologie »

Exigences

- Nappe d'épaisseur « idéale »
- Nappe à une profondeur « idéale »
- Connaissances suffisantes



Base :
Carte des eaux souterraines
du canton de Zurich (SIG)

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 17

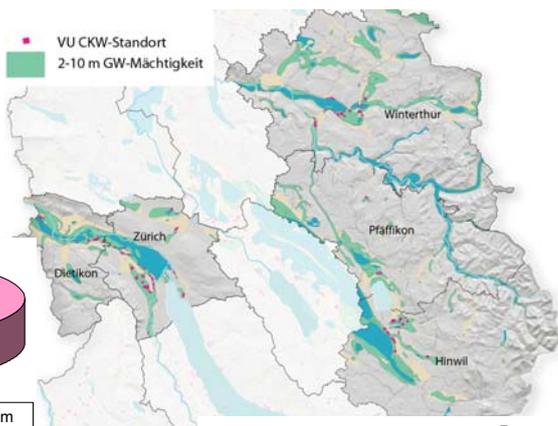
jöckli
géologie

ChloroNet

Critères « hydrogéologie »

Épaisseur de la nappe

- Exigence : 2–10 m



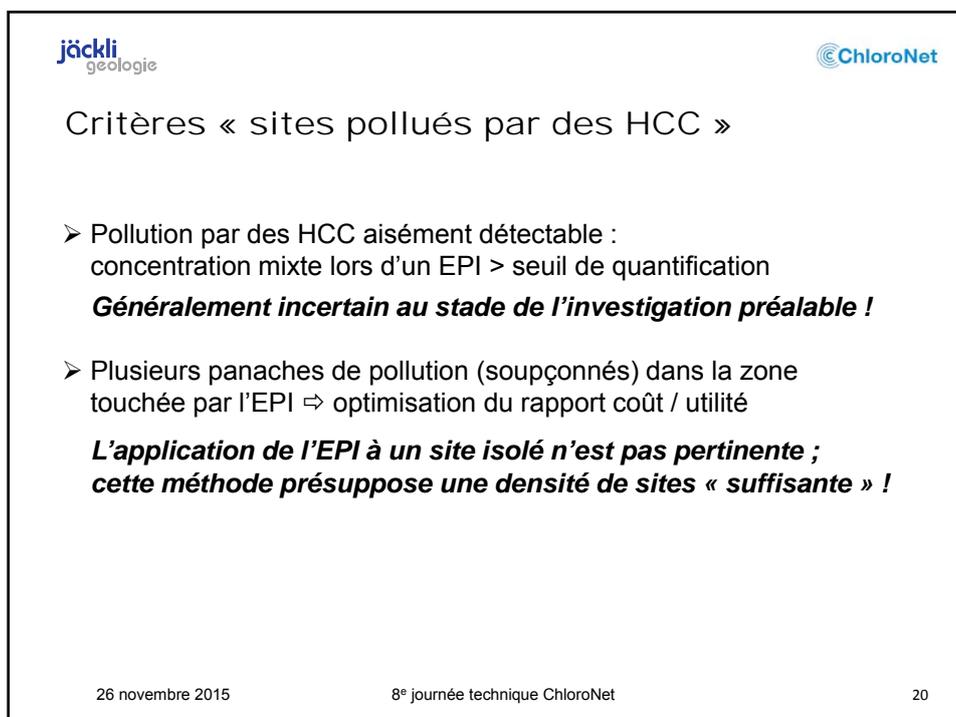
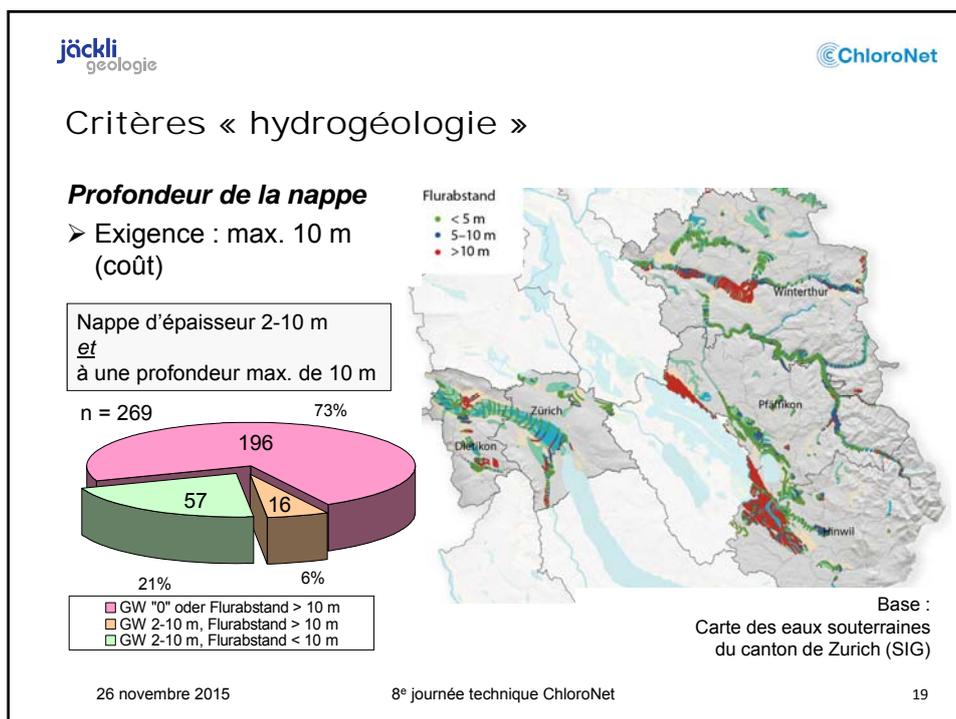
VU CKW-Standort
2-10 m GW-Mächtigkeit

n = 269

GW Type	Count	Percentage
GW "0" oder > 10 m	196	73%
GW 2-10 m	73	27%

Base :
Carte des eaux souterraines
du canton de Zurich (SIG)

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 18



jöckli
géologie

ChloroNet

Rapport coût / utilité – étude de cas

Exemple avec trois sites pollués par des HCC

- Caractéristiques de la nappe connues, notamment grâce à des essais de traçage
- Distance de plusieurs centaines de mètres entre les sources de pollution
- Absence de points de mesure appropriés
- Concentration des HCC à l'aval pas connue précisément

Transect 600 m
H = 10 m
i = 0,0015
K = 0,001 m/s
n = 0,12

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 21

jöckli
géologie

ChloroNet

Rapport coût / utilité – étude de cas

Section de contrôle et planification de l'EPI

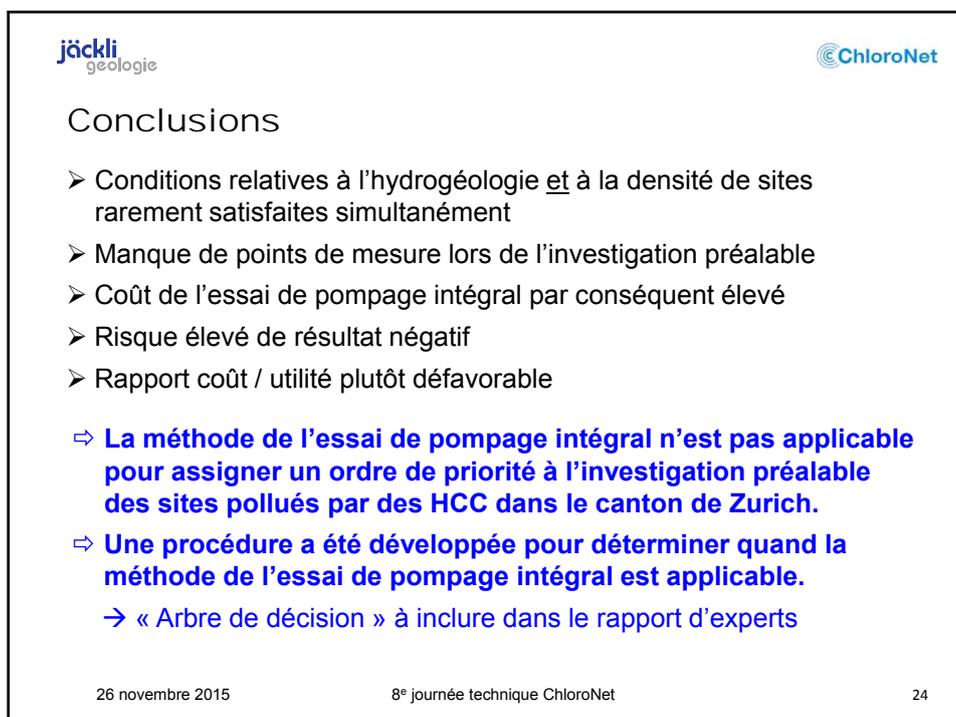
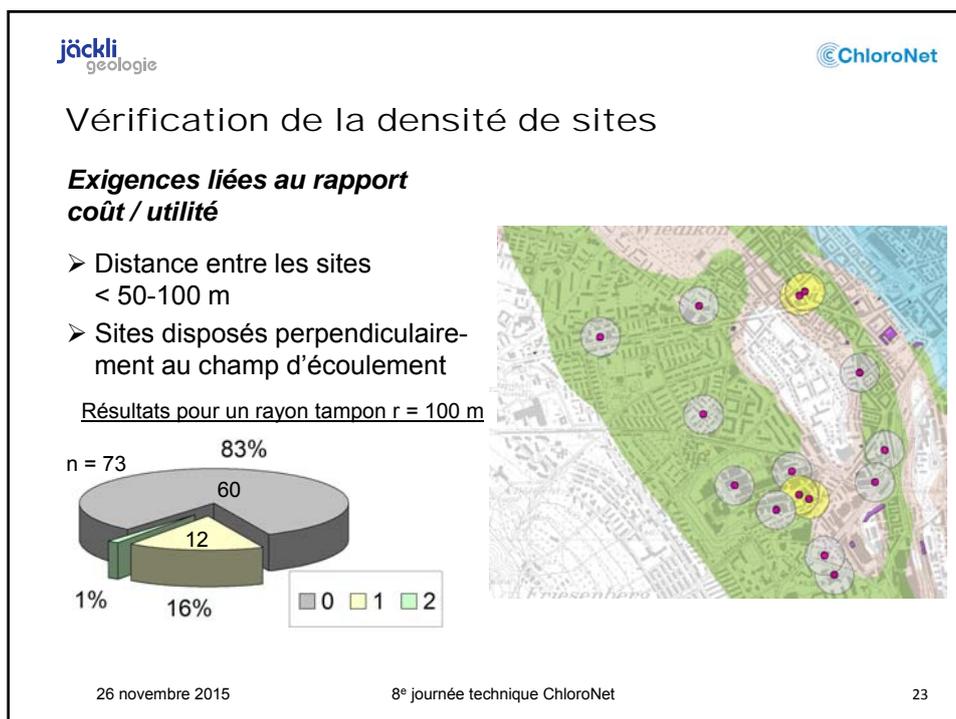
- Transect d'environ 600 m de longueur
- Environ 10-12 puits nécessaires
- Pompage d'une semaine par puits

Coût approximatif d'un EPI

➤ Construction des puits	80 000 Fr.
➤ Réalisation d'un EPI	100 000 Fr.
➤ Analyses chimiques	20 000 Fr.
➤ Planification, suivi, interprétation	50 000 Fr.
TOTAL approximatif	250 000 Fr.

Transect 600 m
Distance entre les puits :
x = 50-60 m
Durée du pompage :
une semaine par puits !

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 22



GEOTEST ASSAINISSEMENT / INVESTIGATION / RECHERCHE / MANIFESTATION ChloroNet

Projet pilote d'essai de pompage intégral au stade de l'investigation de détail / du projet d'assainissement / de l'assainissement (canton de Berne)

Jürgen Abrecht, GEOTEST AG

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 25

GEOTEST ASSAINISSEMENT / INVESTIGATION / RECHERCHE / MANIFESTATION ChloroNet

Canton de Berne : deux sites

- Situation hydrogéologique similaire dans les deux sites
- 1^{er} site : résultats de nombreuses investigations disponibles → bien connu. Assainissement en cours → possibilité de comparer des méthodes.
- 2^e site : résultats de nombreuses investigations disponibles → assez bien connu. Assainissement requis. Étude de questions encore ouvertes : source(s) de pollution, panache(s) de pollution, charge.

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 26

GEOTEST ANALYSE | CONSULTING | ENVIRONNEMENT

ChloroNet

Évaluation des sites

Critères principaux	Site 1	Site 2
Homogénéité	✓	(✓)
Composition de l'aquifère	✓	✓
Épaisseur de l'aquifère	✓	✓
Niveau piézométrique	✓	✓
Puits complets	✓	✓
Nombre et agencement des puits	✓	(✓)
Diamètre des puits	✓	✓
Accès aux puits	✓	✓
Concentrations	✓	✓
Polluants dissous	✓	✓
Aucune source de pollution dans le volume touché par l'EPI	✓	✓

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 27

GEOTEST ANALYSE | CONSULTING | ENVIRONNEMENT

ChloroNet

Site 1 : emplacement

- Secteur A_u de protection des eaux
- Deux captages d'eau potable en aval à distance (alimentation de secours)
- En bordure de zones de protection
- Panache de pollution ≥ 600 m
- DNAPL dans le secteur du foyer

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 28

GEOTEST ANALYTIKUM / LABORATORIUM f. UMWELTMESSUNGEN / WASSERPROBEN / BODENPROBEN

ChloroNet

Site 1 : eaux souterraines et points de mesure (PMES)

- Section de contrôle avec 4 PMES environ 80 m en aval du site
- Profondeur de la nappe : 2,5 m
- Profondeur du plancher : 5-8 m
- Épaisseur de la nappe : 3-6 m
- $k_f \sim 4 \times 10^{-3}$ m/s
- $v_A \sim 3 - 8$ m/j



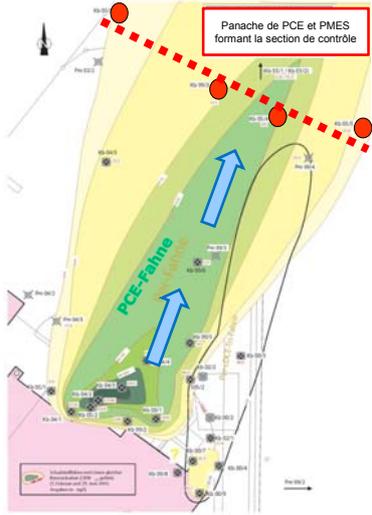
26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 29

GEOTEST ANALYTIKUM / LABORATORIUM f. UMWELTMESSUNGEN / WASSERPROBEN / BODENPROBEN

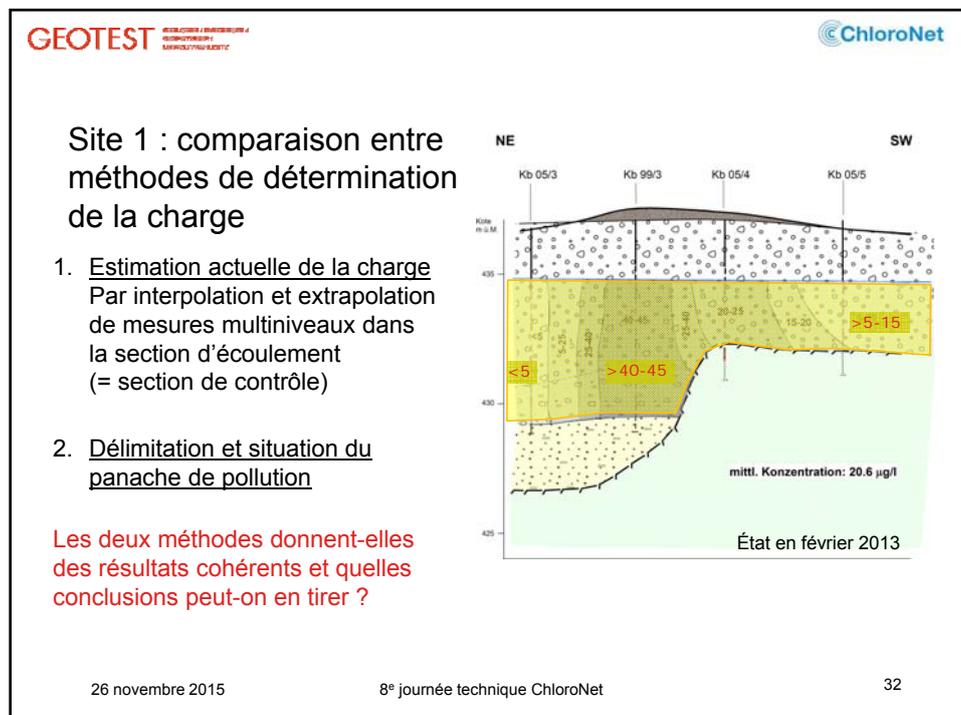
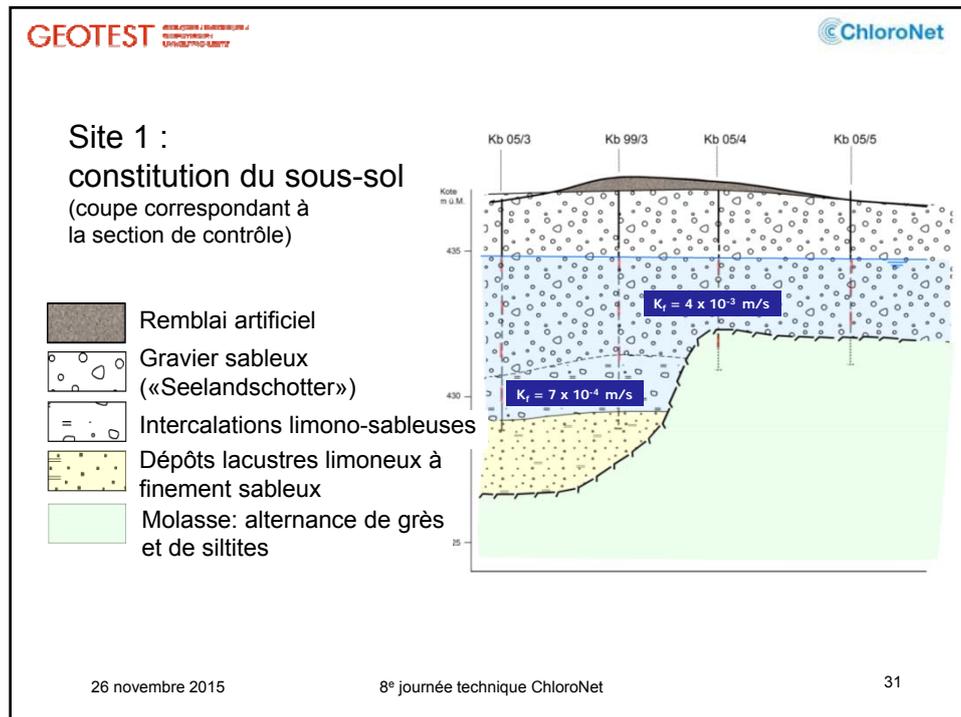
ChloroNet

Site 1 : section de contrôle

- Section de contrôle : 4 PMES
- Des diagrammes de concentration de HCC existent depuis 1999 et 2005, respectivement.
- Des mesures multiniveaux servant à calculer la charge permettent de comparer des méthodes depuis 2011.



26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 30

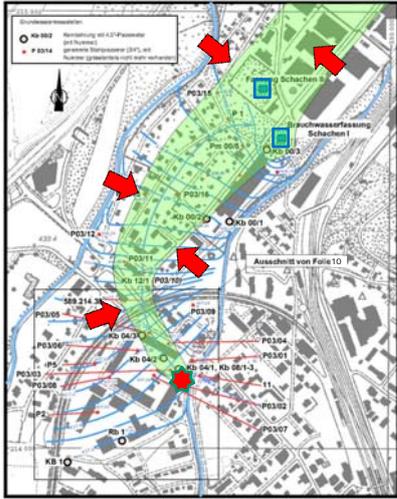


GEOTEST ANALYTIKUM | LABORATORIUM |
UMWELT | WASSER |
GEOTECHNIK |
MANAGEMENT |

ChloroNet

Site 2 : emplacement

- Secteur A_u de protection des eaux
- En bordure d'une importante ressource en eau souterraine
- Deux anciens captages d'eau potable en aval à distance (actuellement : eau industrielle)
- Panache de pollution ≥ 1000 m : zone résidentielle et industrielle (conflits entre utilisations du sol)
- Pollution par des CFC provenant d'un ancien atelier de nettoyage chimique : PCE, cis-DCE, CV, R113



26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 33

GEOTEST ANALYTIKUM | LABORATORIUM |
UMWELT | WASSER |
GEOTECHNIK |
MANAGEMENT |

ChloroNet

Site 2 : emplacement

- Site utilisé
- 7 petits puits filtrants en aval (PMES de 4,5")
- Section de contrôle formée de 4 PMES à environ 10 m en aval
- Pas de DNAPL
- Profondeur de la nappe : 2,0 m
- Profondeur du plancher : 8-12 m
- Épaisseur de la nappe : 5-6 m
- $k_f \sim 7 \times 10^{-4}$ m/s



26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 34

GEOTEST ANWALDUNG | LABORDIENSTE | BERATUNGSDIENSTE | VERMESSUNGSDIENSTE

ChloroNet

Site 2 : situation hydrogéologique (coupe longitudinale)

Aquifère

- En haut (2 m) : sédiments peu perméables avec $k_f \sim 10^{-5}$ m/s (?)
- En bas (6 m) : graviers perméables avec $k_f \sim 7 \times 10^{-4}$ m/s

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 35

GEOTEST ANWALDUNG | LABORDIENSTE | BERATUNGSDIENSTE | VERMESSUNGSDIENSTE

ChloroNet

Site 2 : section de contrôle

Aquifère

- Sédiments peu perméables : très fortement pollués (jusqu'à $> 3000 \mu\text{g/l}$), milieu anaérobie
- Graviers perméables au-dessous : pollution moindre (jusqu'à $200 \mu\text{g/l}$), milieu aérobie

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 36

GEOTEST ASSOCIATION / INSTITUTION / UNIVERSITÄT / ANFORDERUNG / VERGLEICHUNG / VERGLEICHUNG / VERGLEICHUNG

ChloroNet

Site 2 : objectif = recherche de foyer(s) et de panache(s)

Insuffisamment connu
 Source de pollution
 Panache de pollution
 Charge

L'EPI donne-t-il des réponses pertinentes aux questions posées ?
 Délimitation et emplacement du panache (surtout du côté S)
 Deux panaches distincts ? (PCE et R113 → deux sources ?)
 Délimitation du secteur en aval à proximité du site
 Charge

... comme bases pour un concept d'assainissement

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 37

GEOTEST ASSOCIATION / INSTITUTION / UNIVERSITÄT / ANFORDERUNG / VERGLEICHUNG / VERGLEICHUNG / VERGLEICHUNG

ChloroNet

Remarques finales

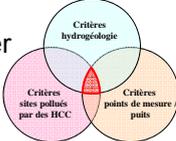
- ❖ Coût de 20 000 à 30 000 francs si une infrastructure est présente
- ❖ À prendre en compte (également) dans la planification :
 - Réalisation des essais (où, durée, nombre d'échantillons, essais de traçage ?)
 - Autorisations
 - Accès, perturbation d'entreprises actives, trafic
 - Alimentation en électricité
 - Élimination de l'eau pompée (acheminement, infiltration)
→ facteur coût !
 -

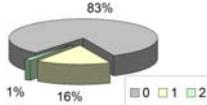
26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 38



Conclusions concernant l'EPI au stade de l'IP

- L'EPI est généralement peu approprié pour assigner un ordre de priorité aux investigations préalables
 - Critères rarement satisfaits à ce stade
 - Incertitudes importantes
 - Bien peser l'utilité en regard du coût
- Peu de perspectives pour l'EPI au stade de l'IP dans le canton de Zurich
 - **Vérifier de cas en cas si les conditions sont satisfaites**
- Enseignements importants pour déterminer généralement si un site se prête à la méthode de l'EPI (→ rapport d'experts)





26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 39



Conclusions concernant l'EPI au stade de l'ID / PA / A

- L'EPI a des perspectives au stade de l'ID / PA / A (meilleures connaissances, rapport coût / utilité meilleur)
- Sites pour réaliser des projets pilotes dans le canton de Berne (comparaisons entre méthodes, recherche et délimitation de foyers et de panaches de pollution)
- Question subsidiaire : étude de pollutions résiduelles (voir l'exposé de Bernhold Hahn, AWEL)
 - Réalisation d'un projet pilote dans le canton de Zurich

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 40



Suite de la procédure

Réalisation de projets pilotes dans les cantons

Stade de l'ID / PA / A

- Comparaisons entre méthodes de calcul de la charge
- Recherche et délimitation de foyers et de panaches
- Étude de pollutions résiduelles

} Réalisation à BE
sites déjà définis

} Réalisation à ZH
évaluation de sites en cours

Projets pilotes dans d'autres cantons / autres problématiques

Évaluation / élaboration d'un rapport d'experts

... présentation des résultats lors de la journée technique ChloroNet de 2016 / 2017 ...

26 novembre 2015 8^e journée technique ChloroNet 41