

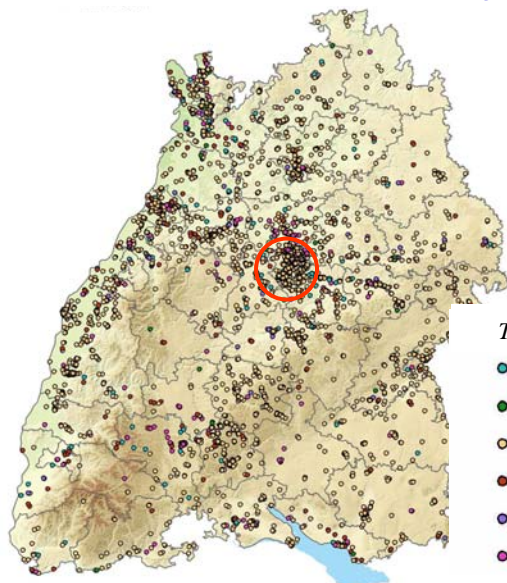
Expériences et stratégies d'évaluation d'une contamination des eaux souterraines par des HCC à Stuttgart

Wolfgang Ufrecht
Stadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz

29 septembre 2010

Troisième journée technique ChloroNet

Cadastre des sites contaminés de Bade-Wurtemberg (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz BW)



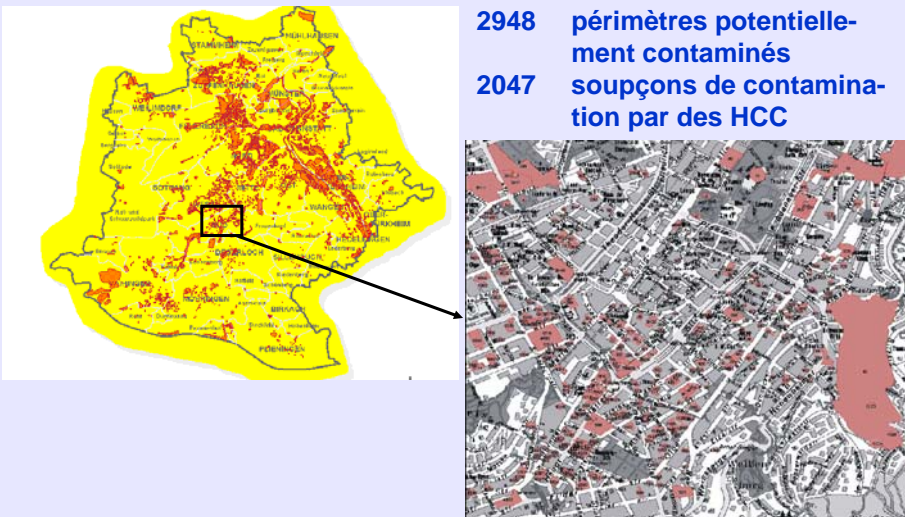
Travaux à effectuer

- surveillance (113)
- surveillance après assainissement (38)
- investigation exploratoire (3588)
- investigation de détail (254)
- investigation avant assainissement (59)
- assainissement (234)

STUTTGART
Amt für Umweltschutz

ChloroNet

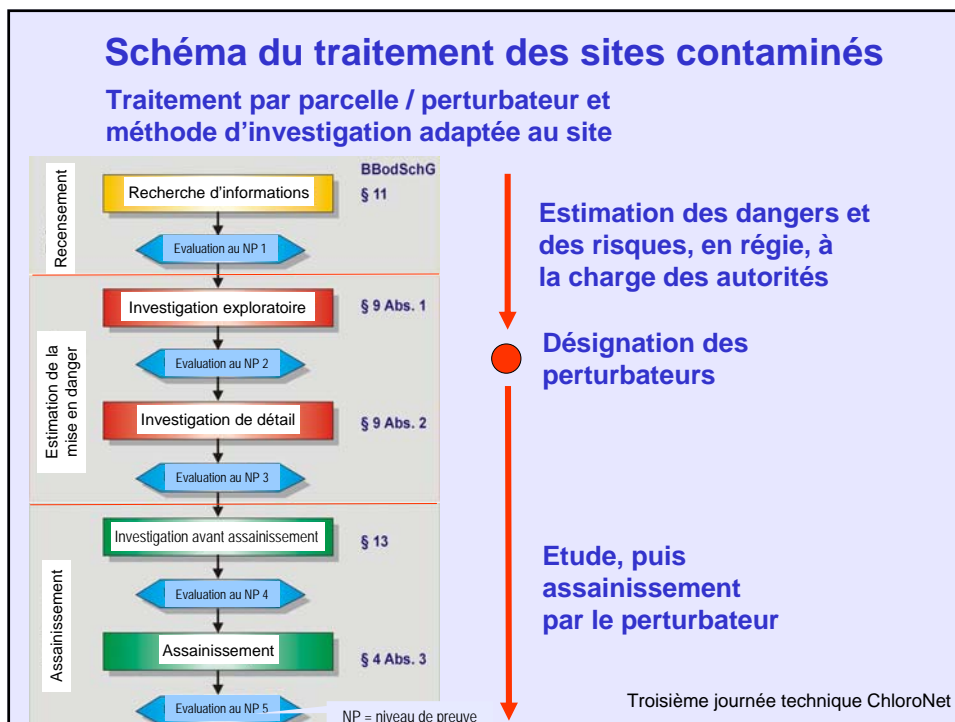
Sites contaminés en zone urbaine: situation

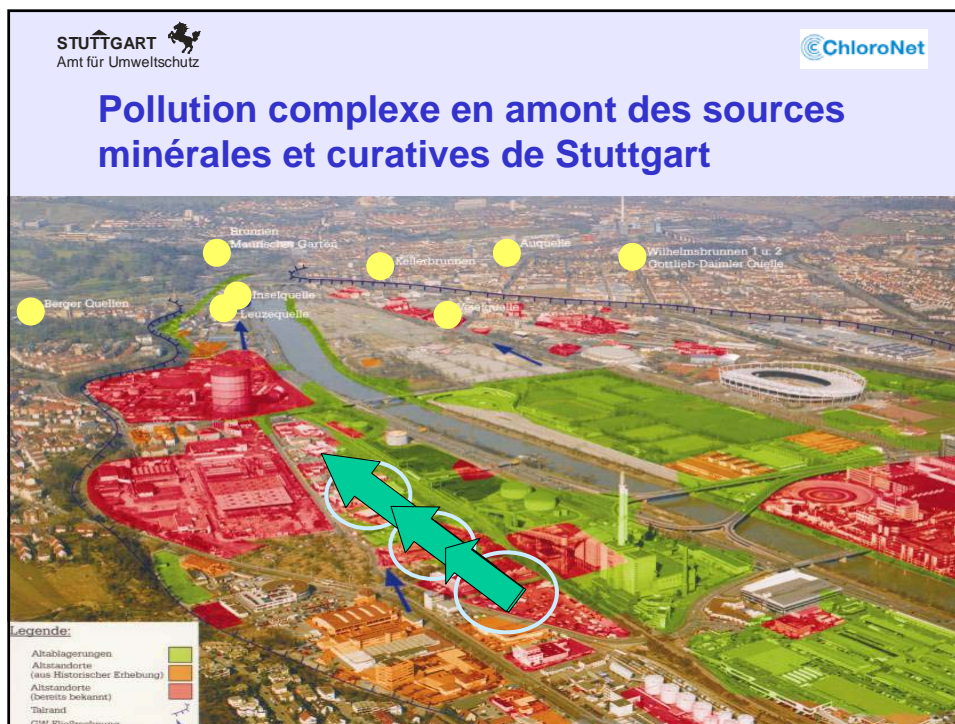
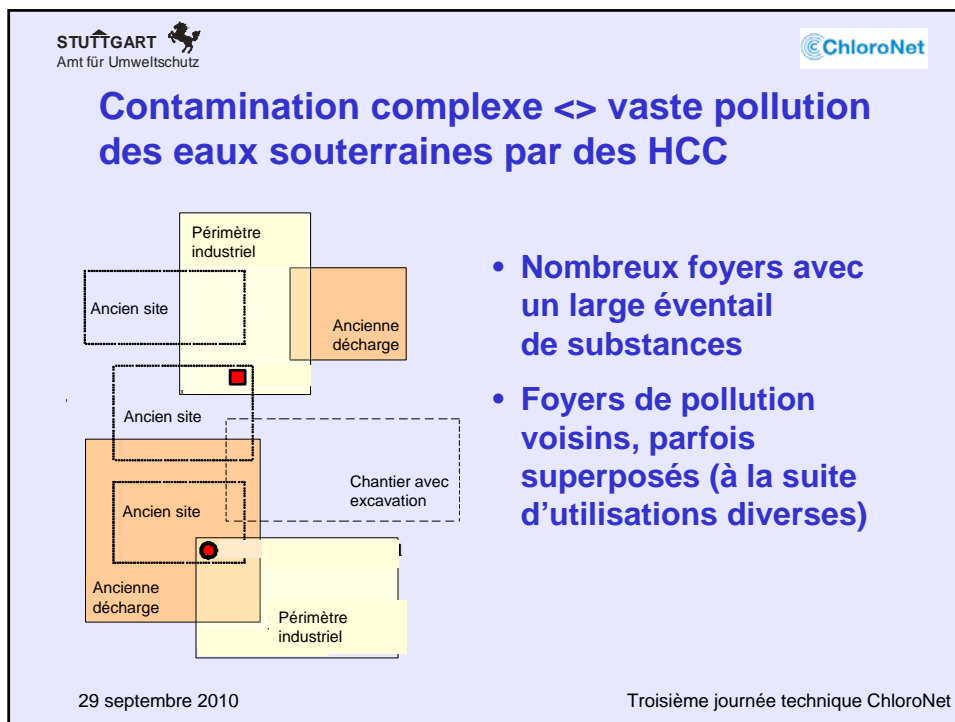


2948 périmètres potentiellement contaminés
2047 soupçons de contamination par des HCC

29 septembre 2010

Troisième journée technique ChloroNet





Traitement antérieur de la pollution: conclusions

- Démarche par étapes selon le principe du pollueur-payeur (parfois ordonnée), prend beaucoup de temps.
- Investigations à l'échelle locale axées sur les cas individuels; propagation de polluants à partir du périmètre pollué souvent non prise en compte.
- Niveaux profonds souvent non pris en compte.
- Limites du traitement au cas par cas lors de pollution complexe.

Etude d'une petite partie seulement des périmètres potentiellement contaminés et amélioration des connaissances au sujet des dangers potentiels.

Pas de considération générale sur les risques et les dangers.



Bien à protéger dans le cadre de l'économie des eaux

Bien culturel

Eau très minéralisée = sources curatives reconnues officiellement (cures de bains et d'eau minérale)



Elaborer de nouvelles stratégies pour les cas complexes!

STUTTGART
Amt für Umweltschutz

ChloroNet

Nouvelle approche: investigation intégrée

Investigations tenant compte de tous les aspects

But: appréhender la situation dans le périmètre du projet et élaborer un modèle de l'ensemble du système (comprendre le système et les processus)

Image spatio-temporelle exhaustive de la répartition des concentrations (toutes les données)

Panache

Remonter la piste

?? Source/foyer ??

29 septembre 2010

Troisième journée technique ChloroNet

STUTTGART
Amt für Umweltschutz

ChloroNet

Outils de l'investigation intégrée




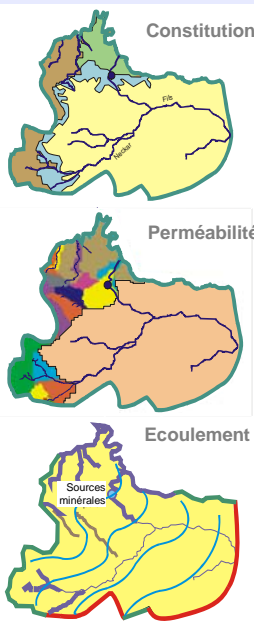
- **Modèle hydrogéologique**
- **Essai de pompage pour déterminer les immissions**
- **Investigation**
- **Modèle numérique de l'écoulement et du transport**

Comprendre le système et les processus!

29 septembre 2010

Troisième journée technique ChloroNet






Modèle hydrogéologique


Instrument décrivant l'ensemble des conditions hydrogéologiques dans le périmètre considéré (mécanismes d'action caractéristiques)

- Rassembler et traiter les données (existantes)
- Interpréter les relations à l'intérieur du système
- Définir les conditions aux limites
- Schématiser la complexité de la nature

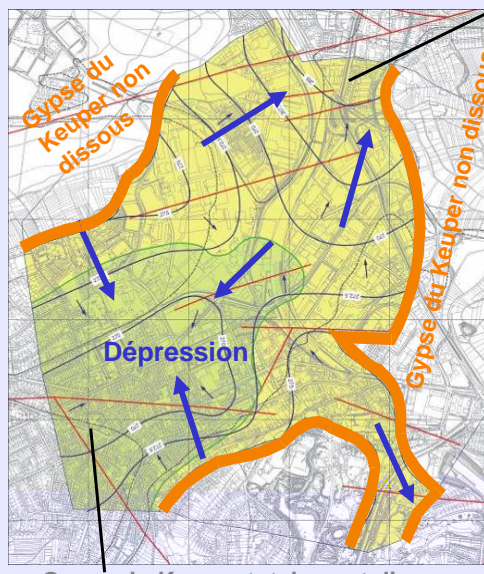
Elaborer une conception exhaustive du système et des processus, base d'un modèle numérique.

Troisième journée technique ChloroNet





Examen du système



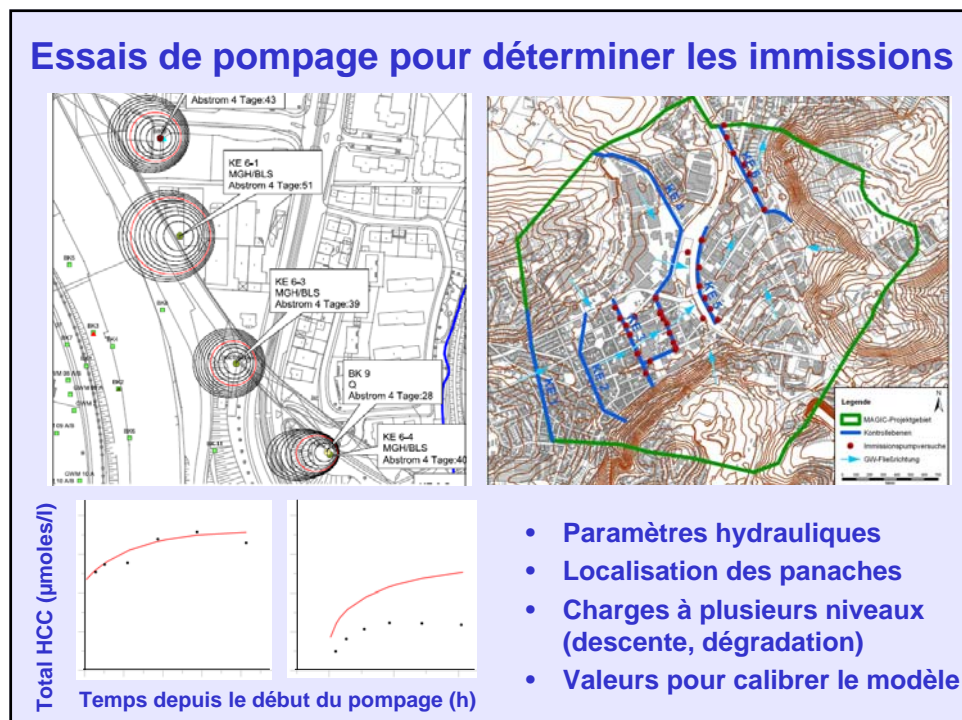
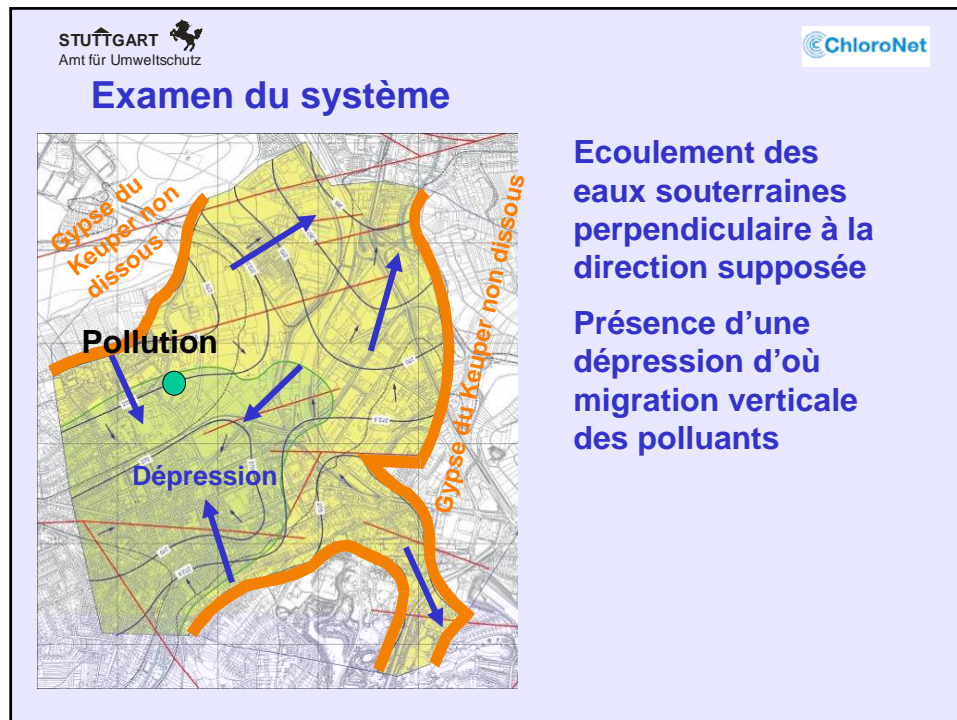
Ecoulement des eaux souterraines

Données ponctuelles

Combinaison géométrie de l'aquifère - hydraulique:

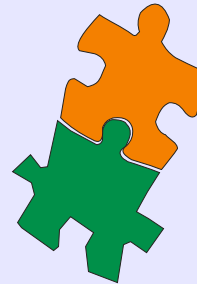
>> Conditions aux limites, limites naturelles du système

Une dépression (fenêtre hydraulique) provoque une migration verticale massive de polluants



Investigation

- Limiter les degrés de liberté (détection de traces, signatures isotopiques contre concentrations, types de HCC)
- Décrire et quantifier les processus de dégradation (fractionnement)
- Etablir les causes des baisses de concentration (dilution, mélange, dégradation)
- Polluants: produits techniques primaires ou résultant de dégradation (p. ex. Tri)



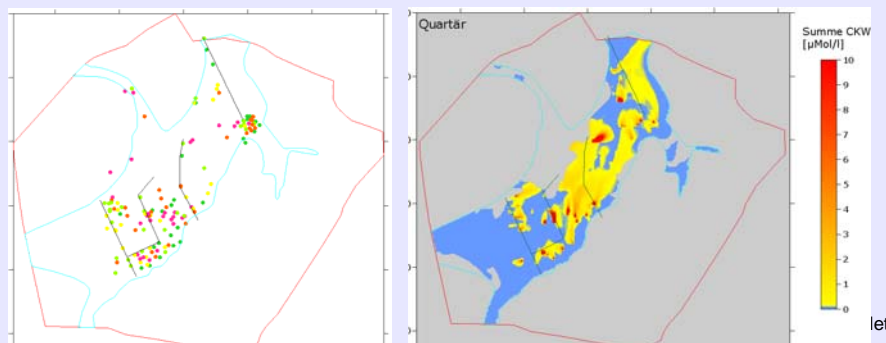
29 septembre 2010

Troisième journée technique ChloroNet

Modèle numérique des écoulements et des transports

Cohérence entre écoulements et transports

- Déterminer et reproduire les conditions actuelles d'écoulement et de transport à l'échelle régionale, à tous les niveaux importants
- Représenter la géométrie des panaches
- Identifier les foyers de pollution
- Quantifier les vitesses de rejet des polluants



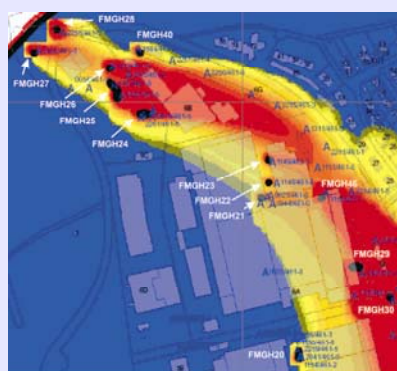
Calculs relatifs aux transports

- Déterminer les concentrations initiales
- Calibrer le modèle à l'aide de concentrations mesurées lors de relevés (p. ex. échantillonnages à jours fixes)
- Calibrer le modèle par essais successifs en adaptant la position et l'importance de la source de pollution
- Prendre en compte pour le transport la somme molaire des HCC: $\text{Per} + \text{Tri} + \text{Cis} + \text{CV} = \text{HCC}_{\text{tot}}$
- Insérer les foyers de pollution dans le modèle comme sources externes (masse / temps)
- Reproduire l'évolution des concentrations relevée lors des essais de pompage (calibrage)

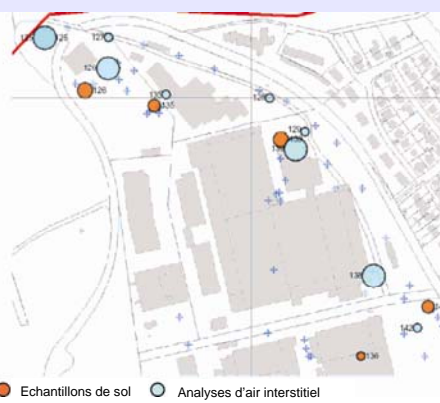
29 septembre 2010

Troisième journée technique ChloroNet

Identification des sources de pollution



● Foyers de pollution dans le modèle



● Echantillons de sol ● Analyses d'air interstitiel

Foyers de pollution d'après le modèle numérique

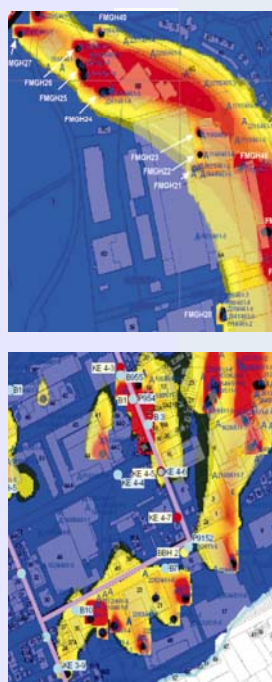
Foyers de pollution d'après les relevés sur place

29 septembre 2010

Troisième journée technique ChloroNet

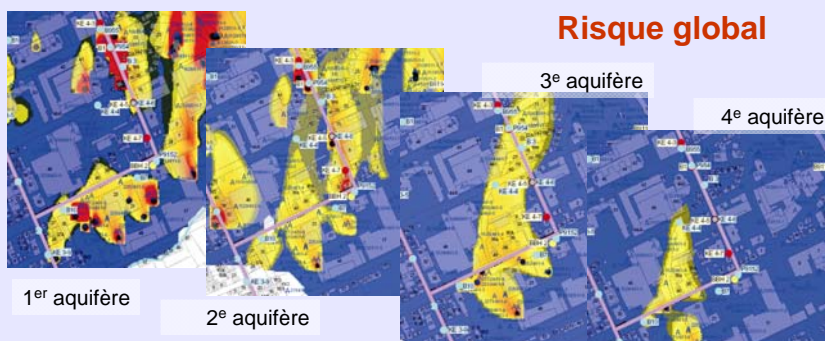
Propagation des polluants

- Localiser et décrire tous les panaches de pollution importants à plusieurs niveaux aquifères (géométrie)
- Quantifier les charges polluantes (différenciées selon le niveau aquifère)
- Remonter les pollutions jusqu'à la source potentielle (relations foyer-panache)
- Quantifier les vitesses de rejet aux foyers de pollution
- Identifier et quantifier les processus de dégradation (diminution contre dilution)



Evaluation des risques et des dangers

- Classer les pollutions en fonction des risques (importance des sources, longueur concrète des panaches, transferts entre niveaux)
- Classer les paires foyer-panache par ordre de priorité = ordre dans lequel elles devront être étudiées pour dresser l'état des lieux et pour juguler la menace qu'elles représentent
- Mettre l'accent sur les sources d'émissions principales, qui contribuent le plus à la pollution à grande échelle par des HCC
- Eventuellement laisser les périmètres potentiellement contaminés dépourvus de panache sans les traiter plus en détail



Evaluation des risques

$\mu\text{g/l}$



Concentration (jusqu'en 1993):

$\mu\text{g/l}$



Concentration et charge
(à partir de 1993):

Combinaison avec les données
hydrauliques principales
Une concentration élevée n'implique
plus automatiquement un risque élevé

Evaluation des risques

$$R = E \cdot L \quad [(\text{kg/d}) \cdot \text{m}]$$

R: Risque global

E: Emission / charge

L: Longueur du panache

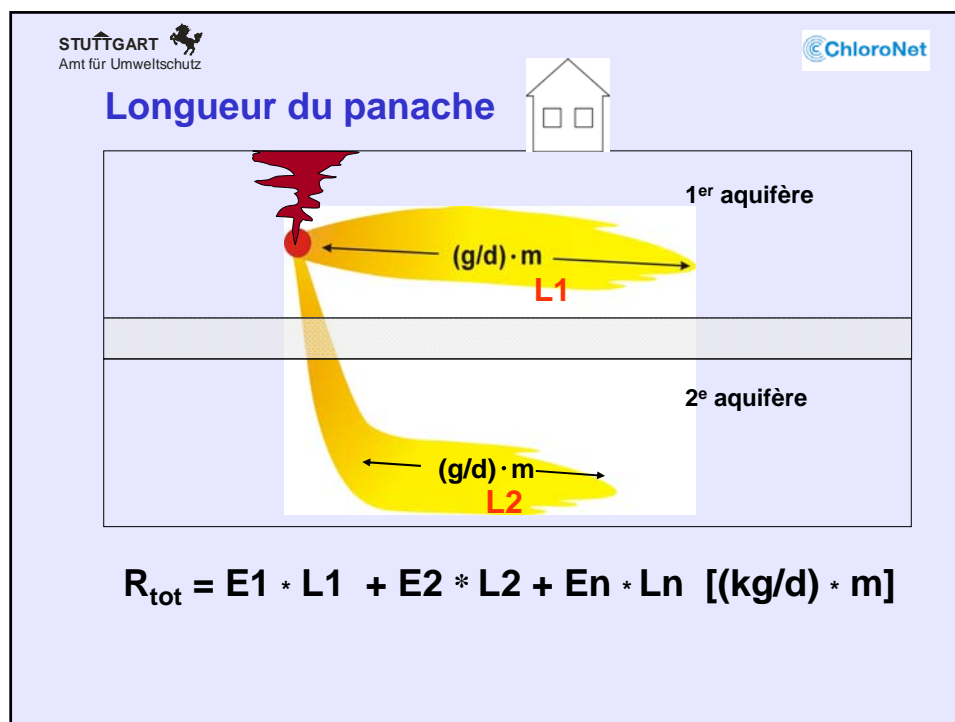
$\mu\text{g/l}$



Charge et longueur du panache
(à l'avenir?)

$(\text{g/d}) \cdot \text{m}$

Evaluation des risques: longueur du panache



STUTTGART
Amt für Umweltschutz

ChloroNet

Evaluation des risques: classification des cas par priorité

Base: charge

Rang	Taux d'émission [g PER/d]	Longueur du panache [m]	Risque global [g PER/d]*m
1	43.0	10	430
2	35.9	230	8247
3	34.4	10	344
4	34.4	1000	34422
5	25.8	400	10327
6	22.9	10	229
7	21.5	590	12693
8	20.1	970	19477
9	17.2	10	172
10	16.5	1450	23916
11	16.1	470	7555
12	15.1	500	7530
13	14.3	290	4159
14	14.3	460	6598
15	12.9	10	129
16	12.9	540	6970
17	11.5	10	115
18	11.5	650	7458
19	8.7	320	2800
20	7.2	40	287

Base: charge et longueur du panache

Rang	Taux d'émission [g PER/d]	Longueur du panache [m]	Risque global [g PER/d]*m
4	34.4	1000	34422
10	16.5	1450	23916
8	20.1	970	19477
7	21.5	590	12693
5	25.8	400	10327
2	35.9	230	8247
11	16.1	470	7555
12	15.1	500	7530
18	11.5	650	7458
16	12.9	540	6970
14	14.3	460	6598
13	14.3	290	4159
19	8.7	320	2800
1	43.0	10	430
3	34.4	10	344
20	7.2	40	287
6	22.9	10	229
9	17.2	10	172
15	12.9	10	129
17	11.5	10	115

29 septembre 2010

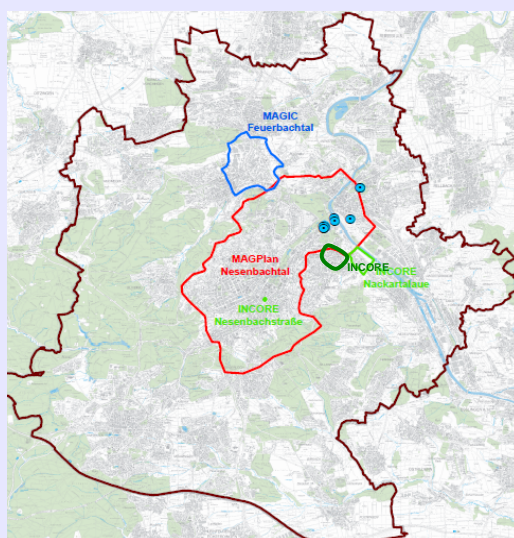
Troisième journée technique ChloroNet

La compréhension du système et des processus est à la base de la stratégie d'assainissement, car il faut

- évaluer l'ampleur des pollutions en les différenciant spatialement
- évaluer les risques et établir un ordre de priorité («top ten»)

Mise en œuvre de mesures concrètes par les autorités / les perturbateurs

Projets internationaux



INCORE*:
Bidimensionnel (46 ha)
Essais de pompage pour déterminer les immissions

MAGIC**
Modèle numérique 3d des écoulements et des transports (316 ha); transport: statique; somme des HCC

MAGPlan***
Modèle numérique 3d des écoulements et des transports (2660 ha); transport: réactif; HCC par substance individuelle

* Integrated concept for groundwater remediation

** Management of groundwater at industrially contaminated areas

*** Management plan to prevent threats from point sources on the good chemical status of groundwater in urban areas.

STUTTGART
Amt für Umweltschutz

ChloroNet

29 septembre 2010

Troisième journée technique ChloroNet

STUTTGART
Amt für Umweltschutz

ChloroNet

Stuttgart: mélanges complexes ainsi que régime de propagation complexe imputable à la situation géologique et hydrogéologique

200
240
230
220
210
200
m O.N.N.

Bâtiments, drainages longitudinaux
Puits connectant différents niveaux aquifères
Failles
Affaissements

Projet MAGPlan

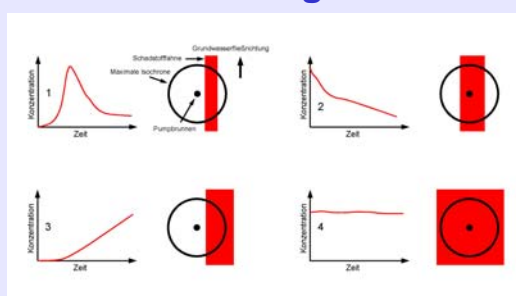
Management plan to prevent threats from point sources on the good chemical status of groundwater in urban areas.

Périmètre:	Cuvette de Stuttgart, en amont des sources minérales et curatives
Budget:	3'445'250 €, part UE de 50 %
Durée:	5 ans
Partenaires:	Ville de Stuttgart (Amt für Umweltschutz) Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz BW

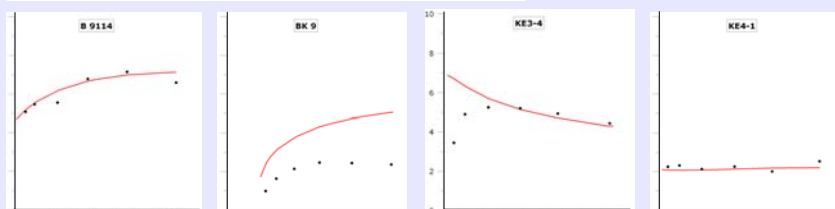
29 septembre 2010

Troisième journée technique ChloroNet

Essais de pompage pour déterminer les immissions >> valeurs de calibrage



Somme des HCC
($\mu\text{mol/l}$)



Temps depuis le début du pompage (h)

29 septembre 2010

Troisième journée technique ChloroNet

STUTTGART
Amt für Umweltschutz

Investigations >> comprendre les processus

- Identification des panaches
- Déchiffrement des zones de chevauchement
- Corrélations foyers-panaches

29 septembre 2010

STUTTGART
Amt für Umweltschutz

ChloroNet

Evaluation des risques - Appréciation

µg/l

Concentration (jusqu'en 1993):

Appréciation basée sur des valeurs indicatives
(Ministère de l'environnement BW, 1989)

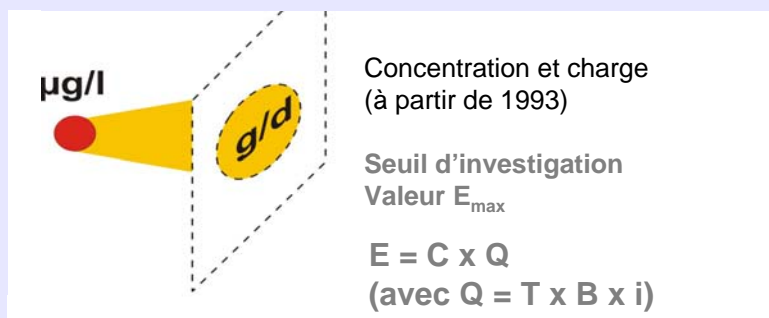
Stuttgart: mise en œuvre de mesures dans le secteur public
Niveaux aquifères subsuperficiels > 100 µg/l
Niveaux aquifères profonds > 25 µg/l

**Informations ponctuelles, mesures si
dépassement des valeurs limites**

29 septembre 2010

Troisième journée technique ChloroNet

Evaluation des risques - Appréciation



Foyer de pollution et direction d'écoulement connus

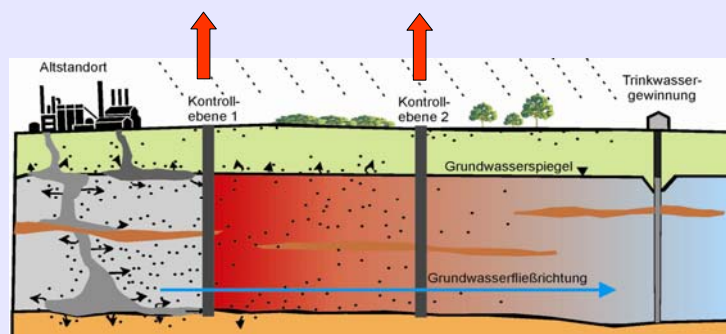
29 septembre 2010

Troisième journée technique ChloroNet

STUTTGART
Amt für Umweltschutz

ChloroNet

Pollution complexe Superposition de foyers (A, B) Signaux cumulés (A+B)



Charge? Plusieurs niveaux aquifères touchés,
modifications des HCC (dégradation),
géométrie des panaches (3d),
pollution complexe (corrélations)