

CHLOROKARST

Avancement des travaux et premiers résultats concernant les capteurs passifs

A. Bapst, H. Demougeot-Renard, P. Renard



Università
de Neuchâtel **unine**

eOde

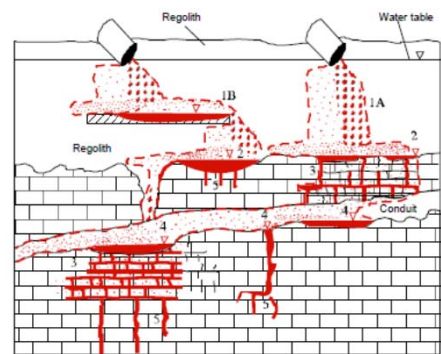


Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Office fédéral de l'environnement OFEV

Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats

Plan de l'exposé

1. Contexte
2. Problèmes posés
3. Objectifs du projet et programme de travail
4. Moyens d'investigation sélectionnés
5. Terrains d'essai
6. Etat d'avancement
7. Premiers résultats sur les capteurs passifs
8. Travaux en cours et prochaines échéances

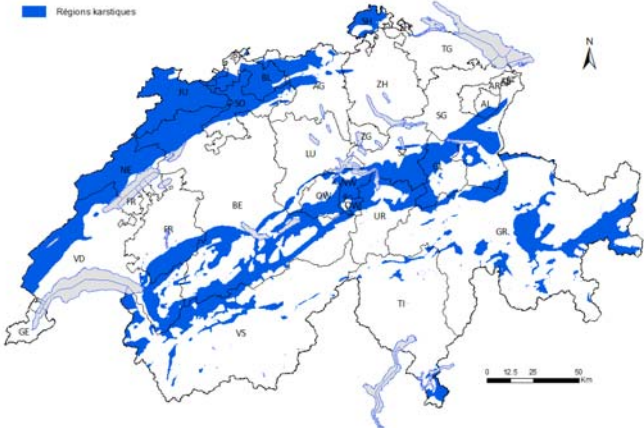


Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats

ChloroNet

1. Contexte

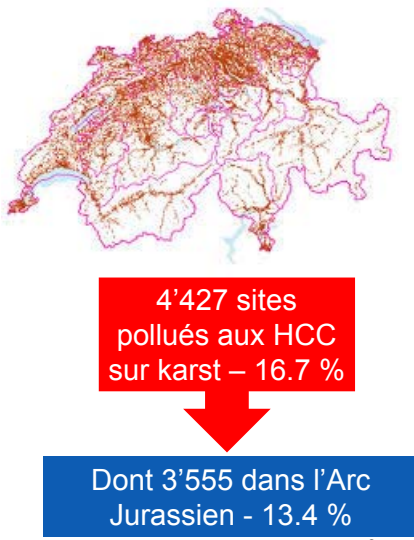
Le karst : 24.5% de la surface de la Suisse



26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

26'502 sites pollués aux HCC en Suisse



4'427 sites pollués aux HCC sur karst – 16.7 %

Dont 3'555 dans l'Arc Jurassien – 13.4 %

3

Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats

ChloroNet

2. Problèmes posés

- **Caractéristiques spécifiques des sites pollués sur karst**
 - Difficulté de caractériser les foyers de pollution dans les massifs karstiques.
 - Forts taux de dilution et très grandes et rapides fluctuations de débits et concentrations aux principaux points d'observation «faciles» d'accès (**exutoires** des bassins versants).
 - Contribution possible de plusieurs sites à la pollution d'un même exutoire
 - Contribution possible d'un même site à la pollution de plusieurs exutoires (contamination à l'échelle des **bassins versants**).
- **Difficulté d'application de l'OSites**
 - Difficulté de caractériser la pollution à l'**aval immédiat** d'un site (Art.9) (secteur où les substances sont encore «à peine» diluées).
 - Difficulté de comparer les concentrations en polluants aux valeurs de référence de l'OSites.
 - L'évaluation des sites pollués à l'échelle des bassins versants n'est pas prévue par la réglementation.
- **Moyens d'investigation pas adaptés**

26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

4

3. Objectifs du projet

1. Elaborer un processus d'évaluation OSites des sites pollués sur karst
2. Elaborer une démarche d'investigation des sites pollués sur karst
3. Tester et déployer une sélection de moyens d'investigation sur des terrains d'essai

- ▶ Groupe de suivi du travail
- ▶ Rapports publics de restitution des résultats
- ▶ Présentations à l'occasion de rencontres professionnelles

26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

5

4. Moyens d'investigation sélectionnés

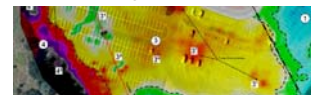
Détecter la présence d'HCC aux exutoires ou autres points d'observation

- ▶ Préleveurs automatiques d'échantillons
- ▶ Capteurs passifs intégratifs
- ▶ Mesures de paramètres en continu



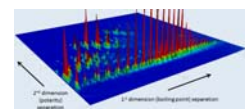
Localiser un foyer de pollution dans le massif calcaire fracturé

- ▶ Essais de pompages intégraux (essais hydrauliques)
- ▶ Mesures géophysiques



Différencier la contribution de sites pollués dans un même bassin versant

- ▶ Analyses chimiques fines 2xGC
- ▶ Analyses de ratios isotopiques
- ▶ Essais de traçage multi-sites



Compréhension globale du fonctionnement du bassin versant

- ▶ Modèles géologiques
- ▶ Modèles de réservoir



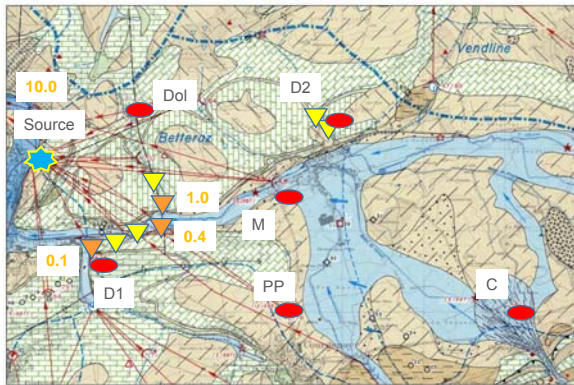
26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

6

5. Terrains d'essai

Le bassin versant du Betteraz



Forages 2014 sans / avec traces de PER (microg/L)
 Principaux foyers potentiels de pollution

Utilisation dans Chlorokarst

- Test et déploiement de dispositifs de prélèvement
Capteurs passifs - mesures physico-chimiques en continu - préleveurs automatiques
- Test des méthodes de différenciation des apports
2xGC – Isotopes - Essais de traçage
- Modèles à l'échelle du bassin versant
Géologique 3D - Réservoirs

Et test des démarches !

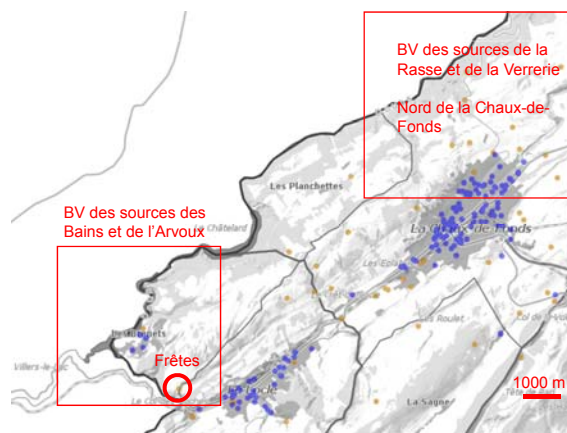
26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

7

5. Terrains d'essai

Les Côtes du Doubs



Utilisation dans Chlorokarst

- Déploiement des dispositifs de prélèvement
Capteurs passifs pour la surveillance ou la détection de substances
- Test des méthodes de différenciation des apports
2xGC – Isotopes - Essais de traçage

Et test des démarches !

26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

8

5. Terrains d'essai

Le site contaminé d'Olten



Utilisation dans Chlorokarst

- Test des méthodes de localisation des foyers de pollution

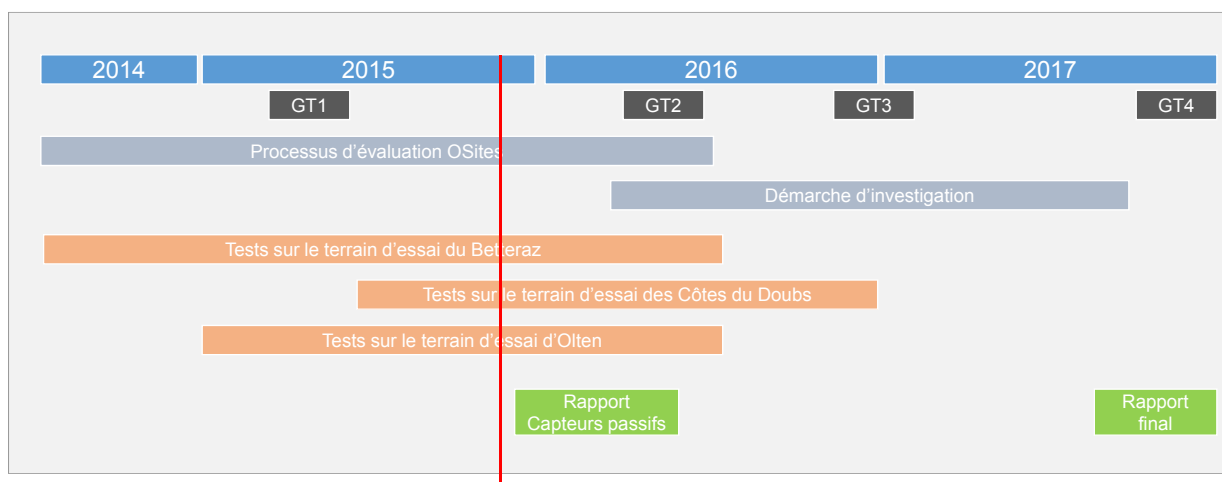
Essai de pompage intégral – Mesures géophysiques

- Déploiement des dispositifs de prélèvement

Capteurs passifs comme sentinelles en dehors du site – en présence de fortes concentrations

Et test des démarches !

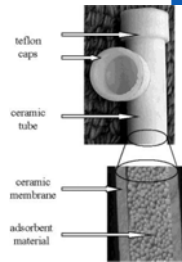
6. Etat d'avancement



7. Premiers résultats sur les capteurs passifs intégratifs

■ Critères de sélection

- Accumulation des hydrocarbures chlorés en priorité
- Exposition sur de longues périodes : 2 à 3 mois
- Détection de faibles et fortes concentrations
- Equipement de sources ou de forages piézométriques
- Résistance à l'écoulement des milieux karstiques
- Simplicité d'installation
- Disponibilité de matériel de nécessité de fabrication



Dosimètres céramique (IMW- D)

26. November 2015



TIPS (AGI - USA)

5. Fachtagung ChloroNet



Sorbicells (Sorbisense – DK)

11

7. Premiers résultats sur les capteurs passifs intégratifs

■ Protocole opératoire

- ▶ Tests dans des sources et des piézomètres – avec de faibles et fortes concentrations
- ▶ Test des 3 types de capteurs en même temps
- ▶ Analyses de laboratoire de référence – prélèvements journaliers ou à chaque visite
- ▶ Mesures en continu de divers paramètres - T°C - conductivité - niveaux statiques - débits
- ▶ Analyses des capteurs par les fournisseurs – IMW / Uni Tübingen – AGI – Sorbisense / Eurofins
- ▶ Analyses des capteurs en duplicats
- ▶ Sorbicells : tests de différentes «résistances» (VOC-101 et VOC-102), et de dispositifs adaptés aux sources et aux piézomètres



26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

12

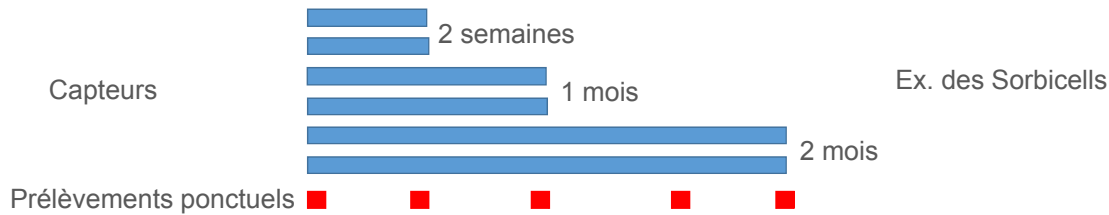
Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats



7. Premiers résultats sur les capteurs passifs intégratifs

■ Evaluation réalisées

- Deux types de résultats fournis par les capteurs :
 - Masse accumulée de substance durant la période d'exposition
 - Concentration moyenne en substance durant la période d'exposition
- Deux types d'évaluation :
 - Etude de la progression de l'accumulation de substance selon la durée d'exposition
 - Comparaison de la concentration du capteur à la concentration moyenne de plusieurs échantillons d'eau prélevés de manière classique sur la période d'exposition (référence laboratoire)



26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

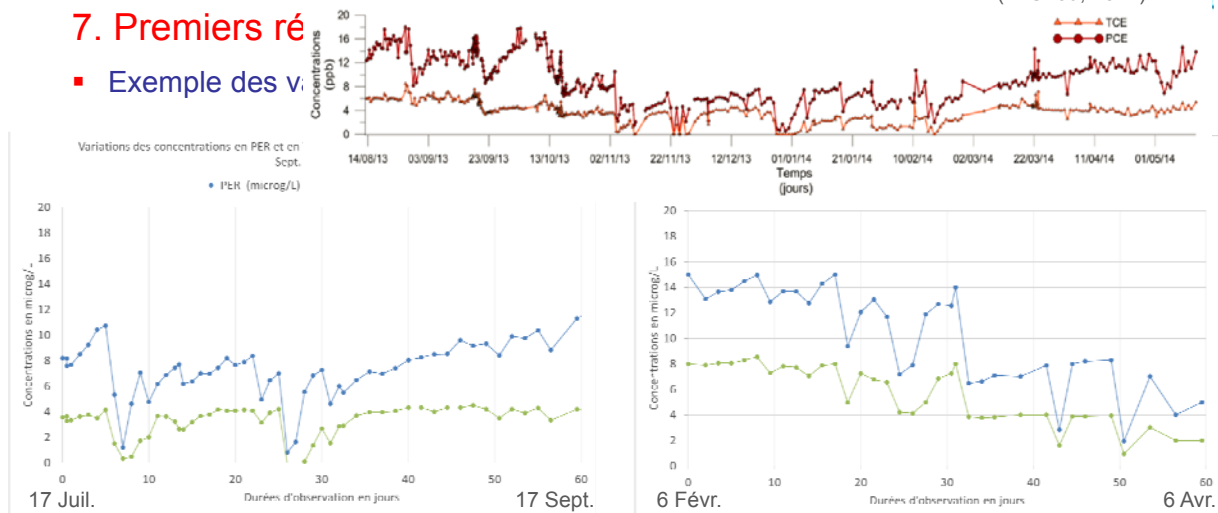
13

Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats

(P. Girod, 2014)

7. Premiers résultats

■ Exemple des variations



(Chlorokarst, 2014)

Concentrations en PER et TRI mesurées au préleveur automatique durant les 2 principales périodes d'exposition des capteurs : 17 juil.-17.sept. 2014 et 06 févr.-06. avril 2015

26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

14

Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats



7. Premiers résultats sur les capteurs passifs intégratifs

- Résultats obtenus avec les dosimètres céramique – faibles concentrations

Source du Betteraz – 10 microg/L PER – 3 à 4 microg/L TRI



Durée jours	Durée mois	Température °C	Analyses Dosimètres			Références Labo	
			PER microg/L	TRI microg/L	12DCE microg/L	PER microg/L	TRI microg/L
33	1	10.9-11.1	<40	<40	<30	6.61	2.83
63	2	10.9-11.1	<20	<20	<15	7.58	3.28
103	>3	11.1-11.3	<15	<15	<10	11.40	3.86
133	>4	11.0	<12	<12	<8	10.66	3.82



➔ Les dosimètres ne détectent pas les faibles concentrations de la source du Betteraz même après plus de 4 mois d'exposition.

26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

15

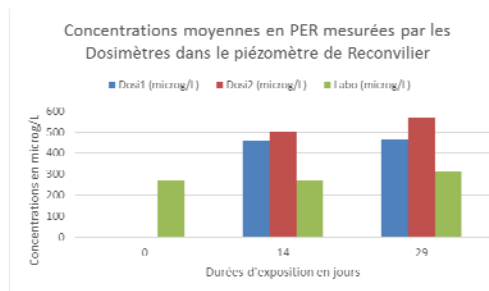
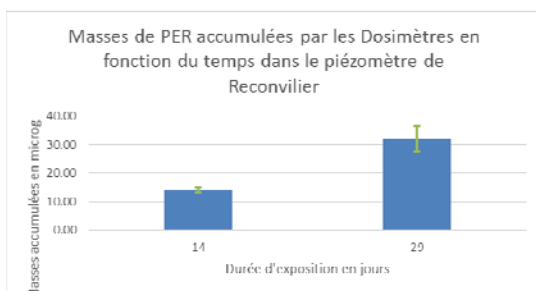
Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats



7. Premiers résultats sur les capteurs passifs intégratifs

- Résultats obtenus avec les dosimètres céramique – fortes concentrations

Piézomètre de Reconvilier – 250 microg/L de PER



➔ Les dosimètres détectent les concentrations en PER du piézomètre de Reconvilier, mais en les surestimant.

26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

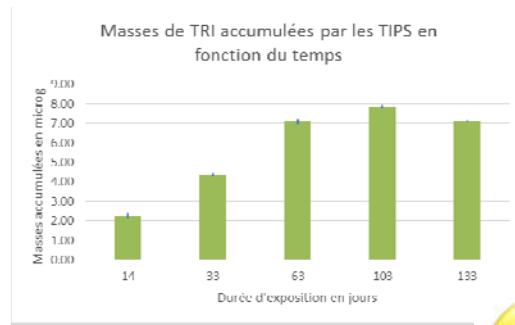
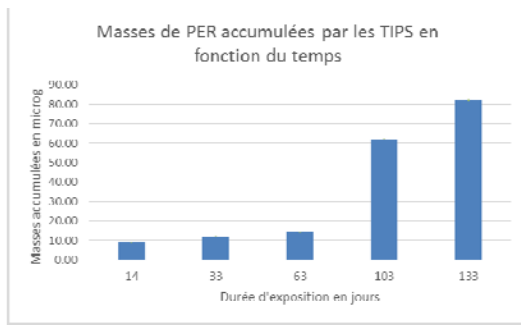
16

Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats

7. Premiers résultats sur les capteurs passifs intégratifs

- Résultats obtenus avec les TIPS – faibles concentrations

Source du Betteraz – 10 microg/L PER – 3 à 4 microg/L TRI



➔ Les TIPS accumulent progressivement les composés chlorés durant 3 mois.



26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

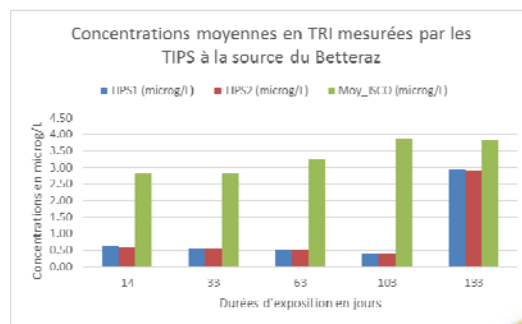
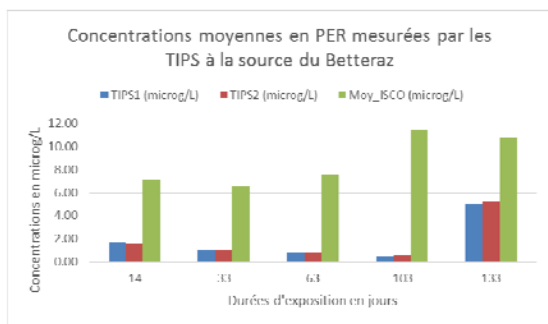
17

Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats

7. Premiers résultats sur les capteurs passifs intégratifs

- Résultats obtenus avec les TIPS – faibles concentrations

Source du Betteraz – 10 microg/L PER – 3 à 4 microg/L TRI



➔ Relation insatisfaisante établie par le fournisseur entre les concentrations dans les TIPS et les concentrations de référence (forte sous-estimation).



26. November 2015

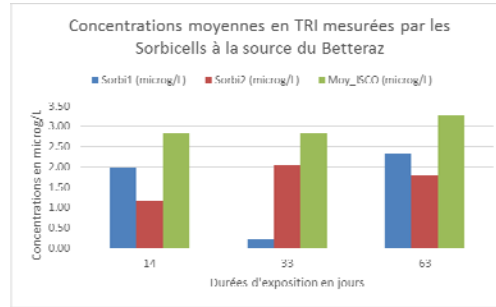
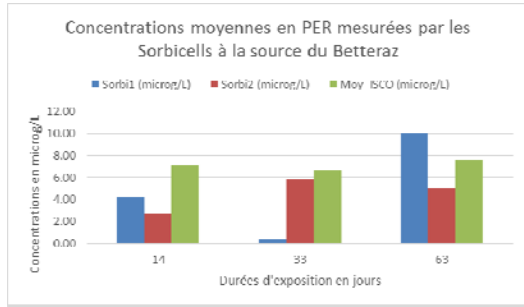
5. Fachtagung ChloroNet

Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats

7. Premiers résultats sur les capteurs passifs intégratifs

- Résultats obtenus avec les Sorbicells – faibles concentrations

Source du Betteraz – 10 microg/L PER – 3 à 4 microg/L TRI



➔ Les Sorbicells retrouvent les concentrations de référence en PER et en TRI.



26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

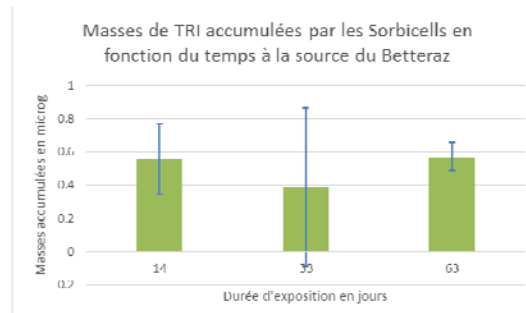
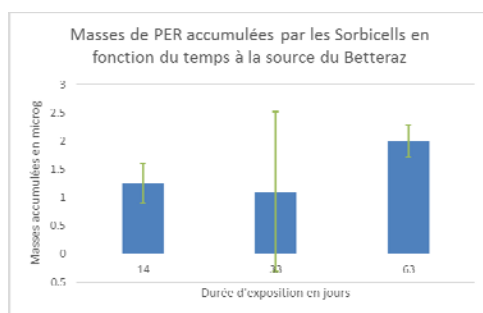
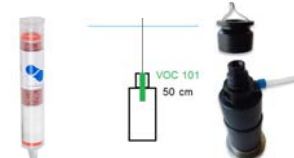
19

Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats

7. Premiers résultats sur les capteurs passifs

- Résultats obtenus avec les Sorbicells – faibles concentrations

Source du Betteraz – 10 microg/L PER – 3 à 4 microg/L TRI



357 ml 359 ml 354 ml

357 ml 359 ml 354 ml

➔ L'accumulation de substance s'est arrêtée dès les 15 premiers jours (réservoir plein).

26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

20

Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats

7. Premiers résultats sur les capteurs passifs intégratifs

- Sorbicells : test de différentes résistances au flux

Masses de PER accumulées du 17 Juin. au 17 Sept. 2014
Sorbicella 101 à 50 cm de profondeur

Faible résistance à 50 cm prof.
Réservoir rempli dès 2 semaines

26. November 2015

Masses de PER accumulées du 6 F04v. au 6 Avril 2015
Sorbicella 102 à 50 cm de profondeur

Haute résistance à 50 cm prof.
Remplissage ≤ 300 mL

5. Fachtagung ChloroNet

Masses de PER accumulées du 6 F04v. au 6 Avril 2015
Sorbicella 102 sous la surface de l'eau

Haute résistance en surface
Remplissage ≤ 100 mL

21

Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats

7. Premiers résultats sur les capteurs passifs intégratifs

- Résultats obtenus avec les Sorbicells – fortes concentrations

Source de Reconvilier – 30 µg/L PER - capteurs de faible résistance en surface

Masses de PER accumulées par les Sorbicells en fonction du temps à la source de Reconvilier

Masses de TRI accumulées par les Sorbicells en fonction du temps à la source de Reconvilier

185 ml
250 ml
330 ml
400 ml

185 ml
250 ml
330 ml
400 ml

➔

L'accumulation de substance s'est arrêtée au bout de 2/3 mois (réservoir plein)

26. November 2015

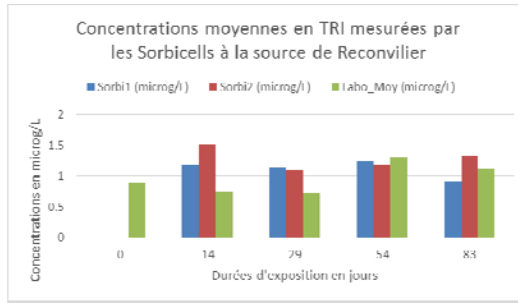
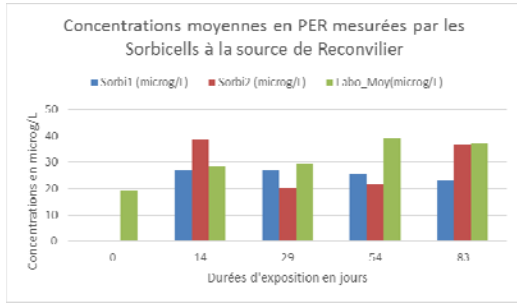
5. Fachtagung ChloroNet

Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats

7. Premiers résultats sur les capteurs passifs intégratifs

- Résultats obtenus avec les Sorbicells

Source de Reconvilier – 30 µg/L PER - capteurs de faible résistance en surface



➔ Les Sorbicells reproduisent correctement les concentrations de référence.



26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

23

Projet CHLOROKARST – Avancement et premiers résultats



7. Premiers résultats sur les capteurs passifs intégratifs

- Bilan des premiers tests

Dosimètres céramique



TIPS



Des sentinelles !
Mise en évidence d'une pollution
Masse accumulée d'HCC

Sorbicells



Equipement bien adapté aux sources
Masse accumulée d'HCC
Concentration moyenne sur la période

26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

24

8. Travaux en cours et prochaines échéances

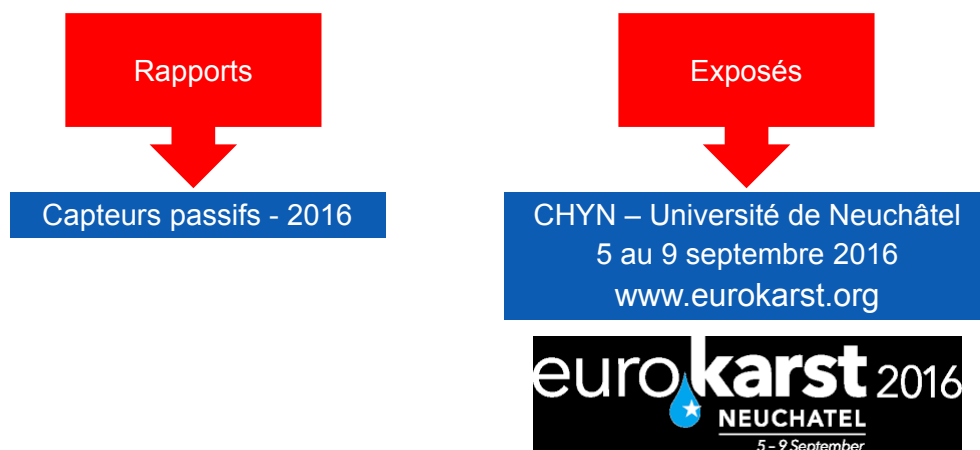
Processus d'évaluation OSites des sites pollués sur karst	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Premier projet élaboré ▶ En cours de discussion au sein de l'OFEV (sites pollués, eaux souterraines, service juridique) et avec un groupe de travail restreint
Démarche d'investigation	<ul style="list-style-type: none"> ▶ A venir après validation du processus d'évaluation OSites
Test et déploiement de moyens d'investigation	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sorbicells testés dans des piézomètres (labo et terrain) ▶ Sorbicells déployés à l'échelle des bassins versants – Côtes du Doubs et Betteraz ▶ Analyses 2xGC et isotopiques dans des échantillons ponctuels et des capteurs passifs - Betteraz ▶ Analyse statistique des séries temporelles - Betteraz ▶ Modèle géologique - Betteraz ▶ Modèle de réservoir - Betteraz ▶ Interprétation des essais hydrauliques – Olten

26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

25

8. Travaux en cours et prochaines échéances



26. November 2015

5. Fachtagung ChloroNet

26

Tous nos remerciements à :

- **OFEV** : Christiane Wermeille, Reto Tietz
- **Groupe de travail** : Christophe Badertscher, Isabelle Butty, Jean-Pierre Clément, Jean Fernex, François Gainon, André Kissling, Olivier Kissling, Ronald Kozel, Karl Stransky, Edgar Stutz
- **Equipe de projet** : Laurence Fischer, Pascale Girod, Didier Lambert, Oliver Tomson, Célia Trunz