

## CHLOROKARST

### Stand der Arbeiten und erste Resultate zu Passivsammlern

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



Universität  
de Neuchâtel **unine**

**eOde**

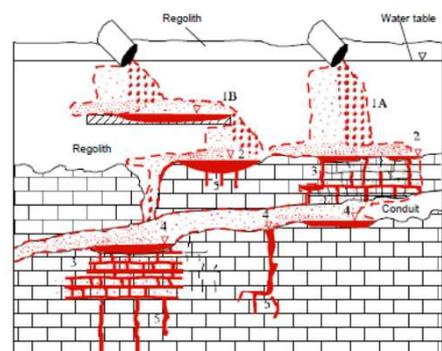


Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra  
**Office fédéral de l'environnement OFEV**

#### Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate

### Programm

1. Ausgangslage
2. Probleme
3. Projektziele und Arbeitsplanung
4. Gewählte Untersuchungsverfahren
5. Versuchsgelände
6. Stand der Arbeiten
7. Erste Resultate zu Passivsammlern
8. Laufende Arbeiten und nächste Schritte



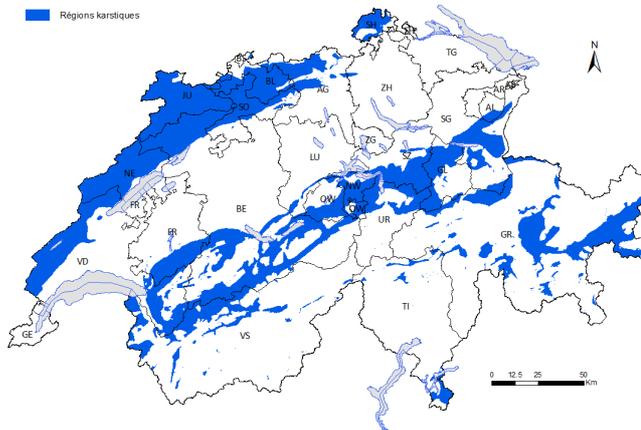
(Wolfe et al., 1997)

## Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate



## 1. Ausgangslage

Karst: 24,5 % der Fläche der Schweiz



26 502 mit CKW belastete Standorte in der Schweiz



4427 mit CKW belastete Standorte in Karstgebieten – 16,7 %

davon 3555 im Jura – 13,4 %

26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

3

## Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate



## 2. Probleme

- Spezifische Merkmale der Altlasten in Karstgebieten
  - Die Verschmutzungsherde in Karstmassiven sind schwierig zu charakterisieren.
  - Grosse Verdünnungsverhältnisse sowie sehr grosse und plötzliche Schwankungen der Abflüsse und Konzentrationen an den wichtigsten, «leicht» zugänglichen Beobachtungspunkten (**Karstquellen** der Einzugsgebiete (EG)).
  - Mehrere Standorte können zur Belastung einer einzigen Karstquelle beitragen.
  - Ein einziger Standort kann zur Belastung mehrerer Karstquellen beitragen (Verschmutzung auf Ebene der **Einzugsgebiete**).
- Schwierigkeiten bei der Anwendung der AltIV
  - Charakterisierung der Belastung beim **unmittelbaren Abstrom** eines Standorts (Art. 9) gestaltet sich schwierig (Bereich, wo die Stoffe noch «kaum» verdünnt sind).
  - Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit den Referenzwerten nach AltIV ist schwierig.
  - Die Bewertung der belasteten Standorte auf Ebene der Einzugsgebiete ist in der Verordnung nicht vorgesehen.
- **Nicht angepasste Untersuchungsverfahren**

26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

4

### 3. Projektziele

1. Einen Bewertungsprozess für belastete Standorte in Karstgebieten nach AltIV erarbeiten
2. Ein Vorgehen für die Untersuchung belasteter Standorte in Karstgebieten ausarbeiten
3. Eine Auswahl von Untersuchungsverfahren auf Versuchsgeländen testen und einführen

- ▶ Begleitgruppe
- ▶ Öffentliche Berichte zur Bekanntgabe der Resultate
- ▶ Präsentationen an Fachtagungen

26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

5

### 4. Gewählte Untersuchungsverfahren

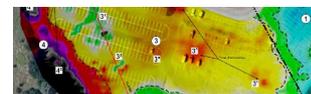
Das Vorhandensein von CKW in den Karstquellen oder anderen Beobachtungspunkten feststellen

- ▶ Automatische Probennehmer
- ▶ Integrative Passivsammler
- ▶ Laufende Messungen



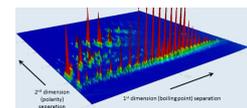
Einen Verschmutzungsherd im frakturierten Kalkmassiv lokalisieren

- ▶ Immissionspumpversuche (IPV) (hydraulische Versuche)
- ▶ Geophysikalische Messungen



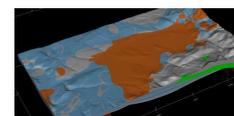
Unterscheidung der Beiträge mehrerer belasteter Standorte auf ein Einzugsgebiet

- ▶ Chemische Feinalysen 2xGC
- ▶ Isotopenanalysen
- ▶ Markerversuche an mehreren Standorten



Globales Verständnis, wie ein Einzugsgebiet funktioniert

- ▶ Geologische Modelle
- ▶ Reservoirmodelle



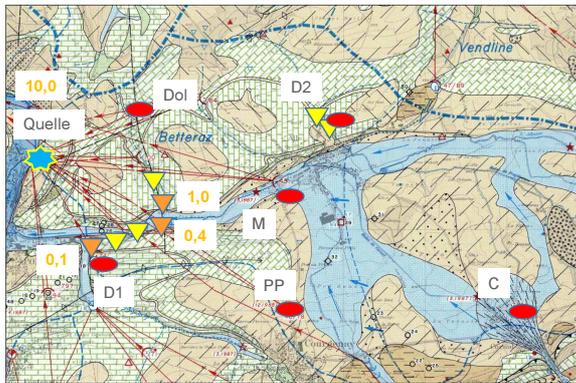
26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

6

## 5. Versuchsgelände

### Das Einzugsgebiet Le Betteraz



  Bohrungen 2014 ohne/mit Spuren von PER (µg/l)  
 Wichtigste potenzielle Verschmutzungsherde

### Verwendung in ChloroKarst

- Test und Einführung der Probevorrichtung
  - Passivsammler – physikalisch-chemische laufende Messungen – automatische Probenehmer
- Test der Methoden zur Unterscheidung der Einträge
  - 2xGC – Isotope – Markierversuche
- Modelle auf Ebene des Einzugsgebiets

Geologisches 3-D-Modell – Reservoirs

**Und Test der Vorgehensweisen!**

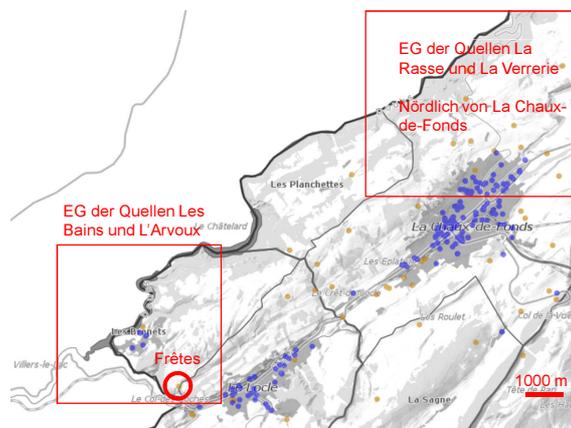
26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

7

## 5. Versuchsgelände

### Les Côtes du Doubs



### Verwendung in ChloroKarst

- Intallation der Probevorrichtung
  - Passivsammler für die Überwachung oder die Feststellung von Stoffen
- Test der Methoden zur Unterscheidung der Einträge
  - 2xGC – Isotope – Markierversuche

**Und Test der Vorgehensweisen!**

26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

8

## 5. Versuchsgelände

### Belasteter Standort in Olten



### Verwendung in ChloroKarst

- Test der Methoden zur Lokalisierung von Verschmutzungsherden

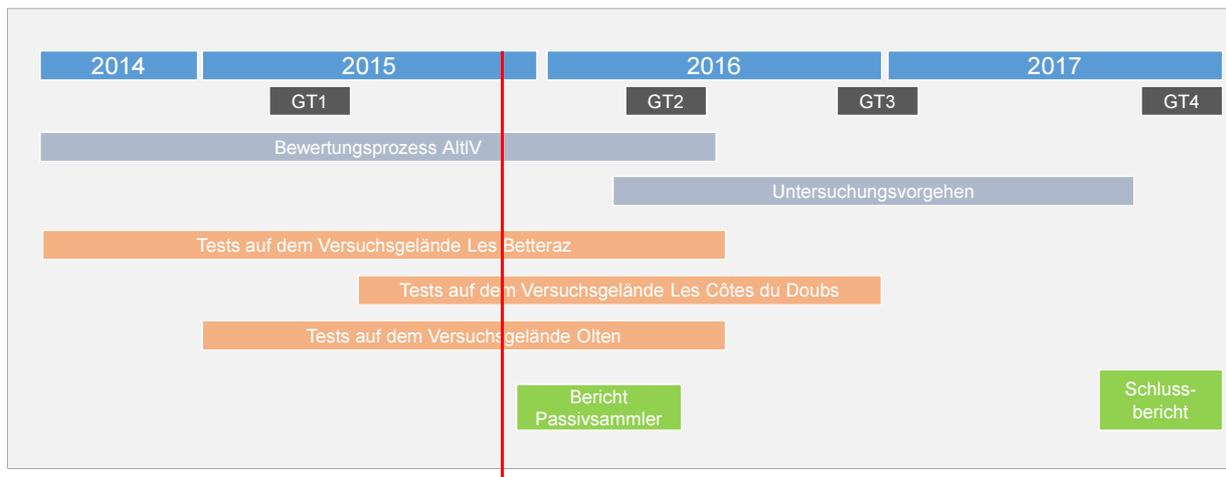
Immissionspumpversuche - geophysikalische Messungen

- Intallation der Probevorrichtung

Passivsammler als «Wachposten» ausserhalb des Standorts – bei Vorhandensein hoher Konzentrationen

**Und Test der Vorgehensweisen!**

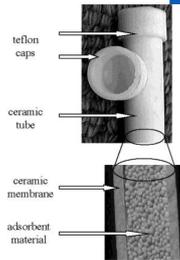
## 6. Stand der Arbeiten



## 7. Erste Resultate zu den integrativen Passivsammlern

### ▪ Auswahlkriterien

- Akkumulation von chlorierten Kohlenwasserstoffen prioritär
- Exposition über lange Perioden: 2 bis 3 Monate
- Feststellung schwacher und hoher Konzentrationen
- Ausrüstung von Quellen oder Piezometern
- Widerstandsfähigkeit gegenüber den Abflussbedingungen im Karst
- Bedienung
- Kompatibilität mit dem Anlagenbau (z.B. mit dem Piezometer)



Keramik-Dosimeter (IMW – DE)

26. November 2015



TIPS (AGI – USA)

8. Fachtagung ChloroNet



Sorbicells (Sorbisense – DK)

11

## 7. Erste Resultate zu den integrativen Passivsammlern

### ▪ Versuchsanordnung

- ▶ Tests an Quellen und Piezometern – mit schwachen und hohen Konzentrationen
- ▶ Gleichzeitige Tests von 3 Typen von Sammlern
- ▶ Laboranalysen als Referenz – Probenahmen täglich oder bei jedem Besuch
- ▶ Ständige Messungen verschiedener Parameter – T°C – Leitfähigkeit – statische Niveaus – Abflüsse
- ▶ Analysen der Sammler durch die Hersteller – IMW / Uni Tübingen – AGI – Sorbisense / Eurofins
- ▶ Analysen der Sammlerduplikate
- ▶ Sorbicells: Tests verschiedener «Strömungswiderstände» (VOC-101 und VOC-102) sowie von auf Quellen und Piezometer abgestimmten Geräten



26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

12

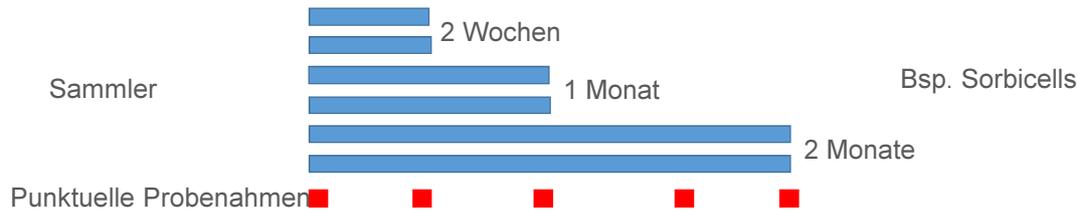
Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate



## 7. Erste Resultate zu den integrativen Passivsammlern

### ▪ Durchgeführte Auswertungen

- Die Sammler liefern zwei Arten von Resultaten:
  - Während der Expositionsdauer akkumulierte Masse des Stoffs
  - Durchschnittliche Stoffkonzentration während der Expositionsdauer
- Zwei Arten von Auswertungen:
  - Untersuchung des Verlaufs der Akkumulation des Stoffs je nach Expositionsdauer
  - Vergleich der Konzentration des Sammlers mit der durchschnittlichen Konzentration mehrerer klassisch entnommener Wasserproben während der Expositionsdauer (Laborreferenz)



26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

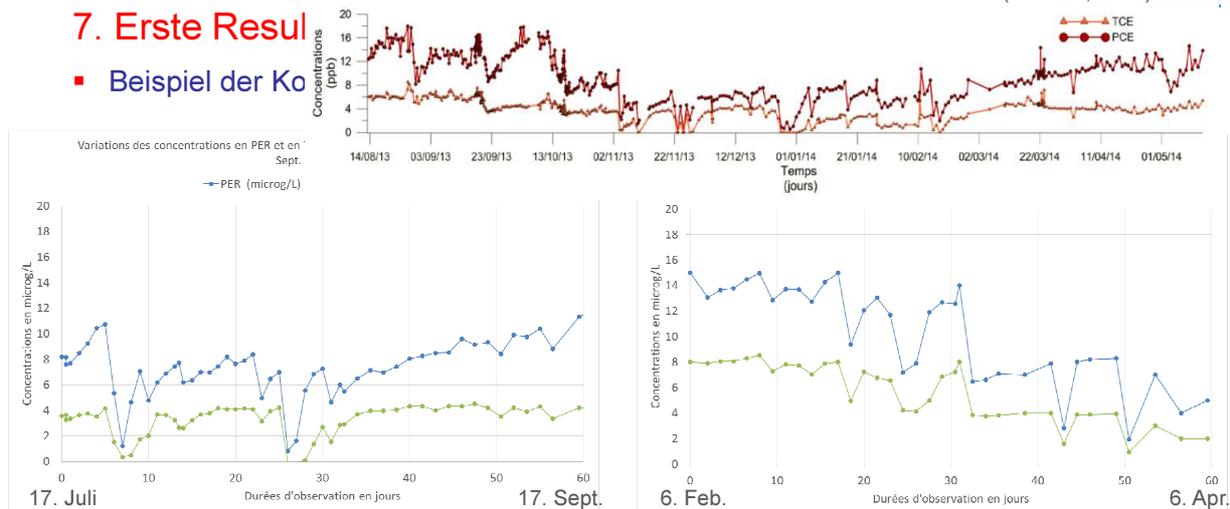
13

Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate

(P. Girod, 2014)

## 7. Erste Resultat

### ▪ Beispiel der Ko



(Chlorokarst, 2014)

PER- und TRI-Konzentrationen, gemessen am automatischen Sammler während der ersten 2 Haupt-Expositionsperioden der Sammler: 17. Juli–17. Sept. 2014 und 6. Feb.–6. April 2015

26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

14

## Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate



## 7. Erste Resultate zu den integrativen Passivsammlern

- Resultate der Keramik-Dosimeter – schwache Konzentrationen

Quelle Le Betteraz – 10 µg/l PER – 3 bis 4 µg/l TRI

Dauer Tage	Dauer Monate	Temperatur °C	Dosimeter-Analysen			Laborreferenzen	
			PER µg/l	TRI µg/l	12DCE µg/l	PER µg/l	TRI µg/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



➔ Die Dosimeter stellen die schwachen Konzentrationen an der Quelle Le Betteraz nicht fest, auch nicht nach über 4 Monaten Exposition

26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

15

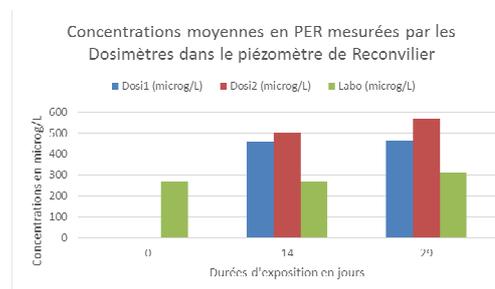
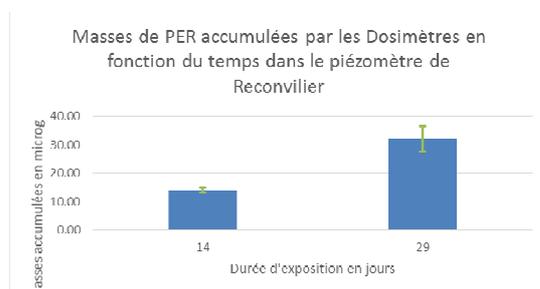
## Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate



## 7. Erste Resultate zu den integrativen Passivsammlern

- Resultate der Keramik-Dosimeter – hohe Konzentrationen

Piezometer in Reconvilier – 250 µg/l PER



➔ Die Dosimeter stellen die PER-Konzentrationen des Piezometers in Reconvilier fest, liefern jedoch zu hohe Werte.

26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

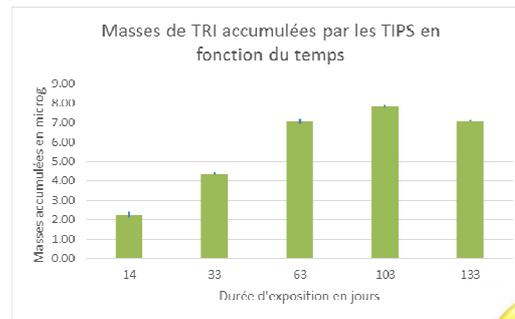
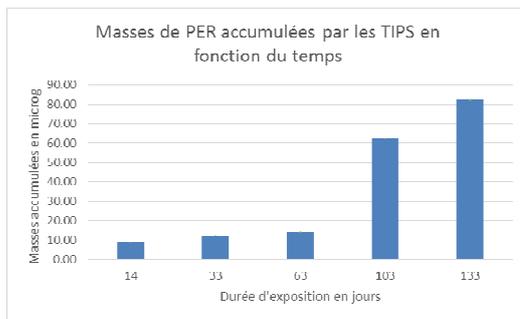
16

## Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate

## 7. Erste Resultate zu den integrativen Passivsammlern

- Resultate der TIPS – schwache Konzentrationen

Quelle Le Betteraz – 10 µg/l PER – 3 bis 4 µg/l TRI



Die TIPS akkumulieren die Chlorverbindungen während 3 Monaten ununterbrochen.



26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

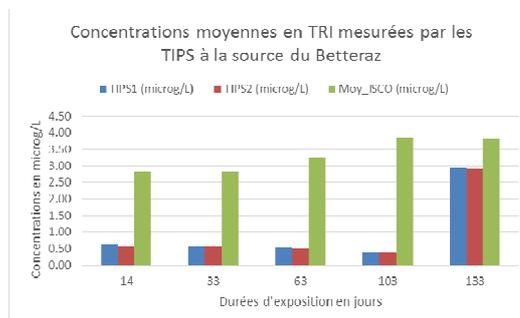
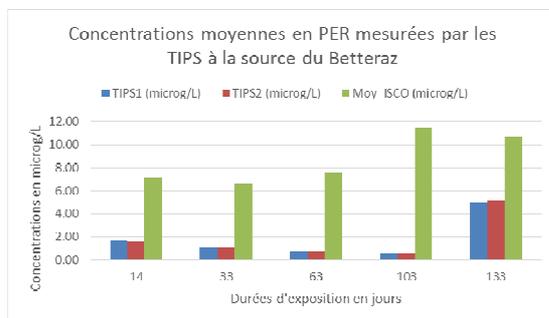
17

## Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate

## 7. Erste Resultate zu den integrativen Passivsammlern

- Resultate der TIPS – schwache Konzentrationen

Quelle Le Betteraz – 10 µg/l PER – 3 bis 4 µg/l TRI



Ungenügender Bezug zwischen den Konzentrationen in den TIPS und den Referenzkonzentrationen (starke Unterschätzung).



26. November 2015

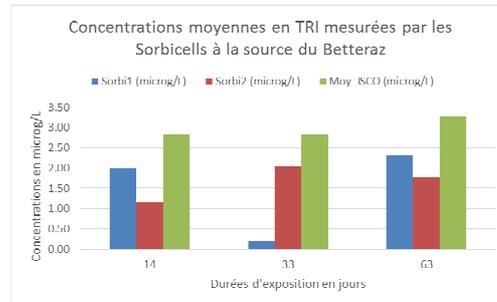
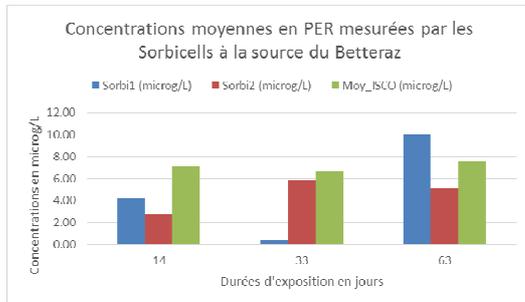
8. Fachtagung ChloroNet

Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate

7. Erste Resultate zu den integrativen Passivsammlern

- Resultate der Sorbicells – schwache Konzentrationen

Quelle Le Betteraz – 10 µg/l PER – 3 bis 4 µg/l TRI



➔ Die Sorbicells stellen die Referenzkonzentrationen an PER und TRI fest.



26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

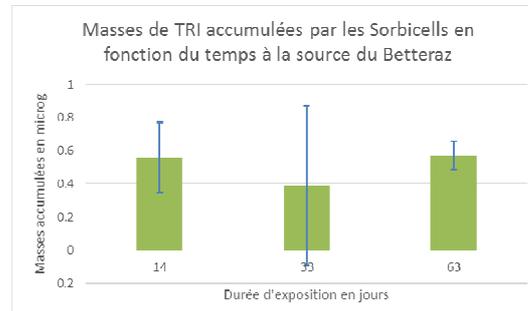
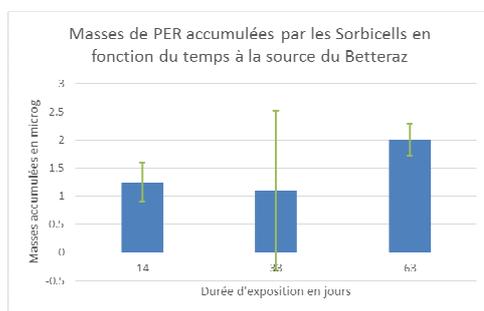
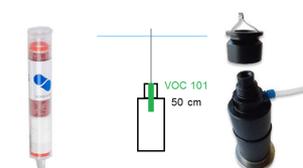
19

Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate

7. Erste Resultate zu Passivsammlern

- Resultate der Sorbicells – schwache Konzentrationen

Quelle Le Betteraz – 10 µg/l PER – 3 bis 4 µg/l TRI



357 ml    359 ml    354 ml

357 ml    359 ml    354 ml

➔ Die Akkumulation des Stoffs hat nach den ersten 15 Tagen aufgehört (Behälter voll).

26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

20

Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate ChloroNet

## 7. Erste Resultate zu den integrativen Passivsammlern

- Sorbicells: Test verschiedener Strömungswiderstände Quelle Le Betteraz



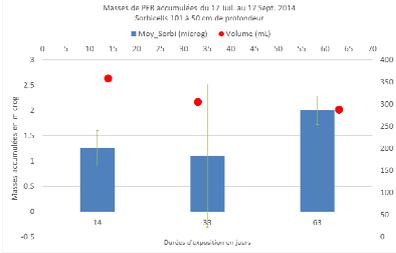
VOC 101  
50 cm



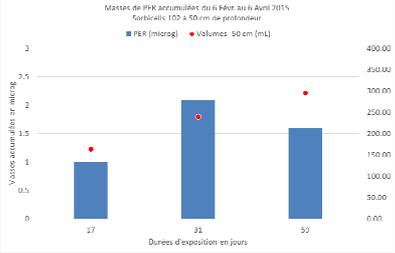
VOC 102  
50 cm



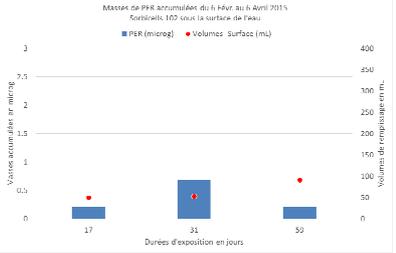
VOC 102  
Surface



Masses de PER accumulées du 17 Juin au 17 Juin 2014  
Sorbicell: 101 à 50 cm de profondeur



Masses de PER accumulées du 6 Fév. au 6 Avril 2015  
Sorbicell: 102 à 50 cm de profondeur



Masses de PER accumulées du 6 Fév. au 6 Avril 2015  
Sorbicell: 102 sous la surface de l'eau

Schwacher Strömungswiderstand auf  
50 cm Tiefe  
Behälter nach 2 Wochen voll  
26. November 2015

Hoher Strömungswiderstand auf  
50 cm Tiefe  
Befüllung < 300 ml  
8. Fachtagung ChloroNet

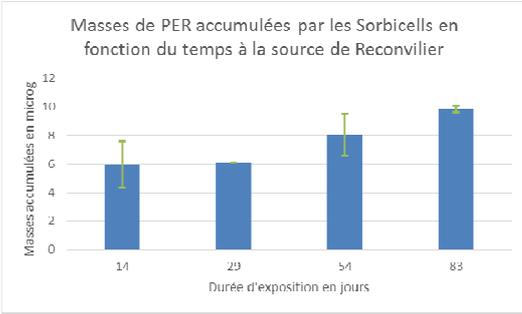
Hoher Strömungswiderstand an  
der Oberfläche  
Befüllung ≤ 100 ml  
21

Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate ChloroNet

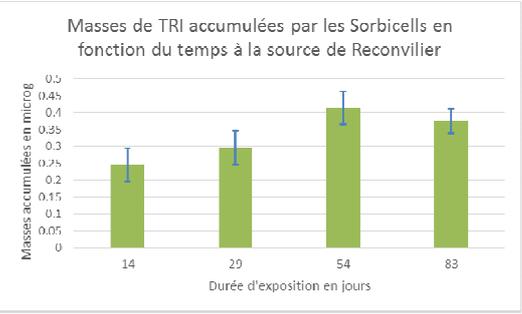
## 7. Erste Resultate zu den integrativen Passivsammlern

- Resultate der Sorbicells – hohe Konzentrationen Quelle Reconvilier

Quelle Reconvilier – 30 µg/l PER – Sammler mit schwachem Widerstand an der Oberfläche



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

➔ Die Akkumulation des Stoffs hat nach 2-3 Monaten aufgehört (Behälter voll).



26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

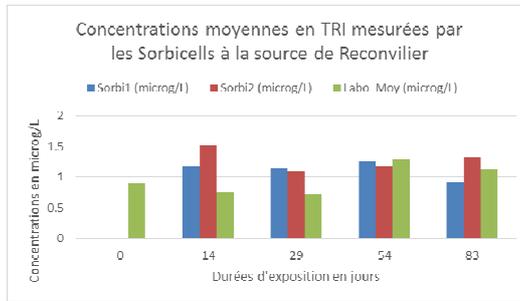
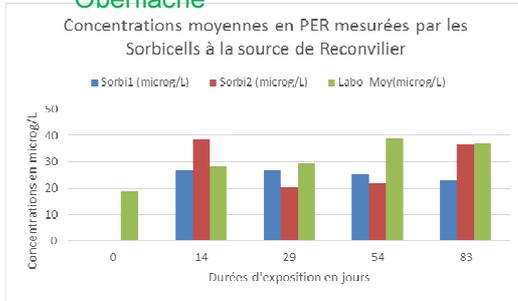
22

Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate

7. Erste Resultate zu den integrativen Passivsammlern

Resultate der Sorbicells

Quelle Reconvilier – 30 µg/l PER – Sammler mit schwachem Widerstand an der Oberfläche



Die Sorbicells reproduzieren die Referenzkonzentrationen korrekt.



26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

23

Projekt CHLOROKARST – Stand der Arbeiten und erste Resultate



7. Erste Resultate zu den integrativen Passivsammlern

Bilanz der ersten Tests

Keramik-Dosimeter



TIPS



«Wachposten»  
Nachweis einer Verschmutzung  
Akkumulierte CKW-Masse

Sorbicells



Gut auf die Quellen abgestimmte Geräte  
Akkumulierte CKW-Masse  
Durchschn. Konzentration während  
der Periode

26. November 2015

8. Fachtagung ChloroNet

24

## 8. Laufende Arbeiten und nächste Schritte

Bewertungsprozess für belastete Standorte in Karstgebieten nach AltIV

- ▶ Erster Entwurf erarbeitet
- ▶ Wird momentan im BAFU diskutiert (Altlasten, Grundwasser, Rechtsdienst) sowie in einer kleinen Arbeitsgruppe

Untersuchungsvorgehen

- ▶ Kommt nach der Validierung des AltIV-Bewertungsprozesses

Testen und Einführung der Untersuchungsverfahren

- ▶ Sorbicells in Piezometern getestet (Labor und Gelände)
- ▶ Sorbicells auf Ebene der Einzugsgebiete eingeführt – Les Côtes du Doubs und Le Betteraz
- ▶ 2xGC- und Isotopenanalysen in punktuellen Proben und Passivsammlern – Le Betteraz
- ▶ Statistische Analyse der Zeitreihen – Le Betteraz
- ▶ Geologisches Modell – Le Betteraz
- ▶ Reservoirmodell – Le Betteraz
- ▶ Interpretation der hydraulischen Versuche – Olten

## 8. Laufende Arbeiten und nächste Schritte

Berichte

Passivsammler – 2016

Vorträge

CHYN – Universität Neuenburg  
5. bis 9. September 2016  
[www.eurokarst.org](http://www.eurokarst.org)



## Vielen Dank an:

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