

# La problématique des sites pollués par des hydrocarbures chlorés en milieu karstique

## Etat de la situation en Suisse

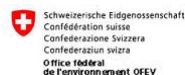
A. Bapst, C. Chollet, H. Demougeot-Renard, F. Flury, P. Renard



Université de Neuchâtel

unine

eOde



1<sup>ères</sup> journées d'échanges franco-suisses sur la gestion des sites et sols pollués - 14 et 15 juin 2012 - Genève

1

## Hydrocarbures chlorés et karsts en Suisse

### Plan de l'exposé

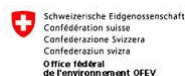
1. Présentation de la problématique (HDR)
2. Objectif de l'étude et travail réalisé (AB)
3. Nombre de sites concernés en Suisse (AB)
4. Besoin en moyens d'investigation spécifiques et état des lieux (HDR)
5. Conclusions et perspectives (HDR)



Université de Neuchâtel

unine

eOde

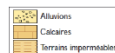
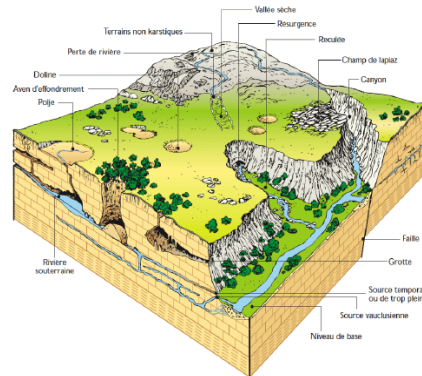


2

## 1. Présentation de la problématique

### Le karst, un système hydrogéologique très spécifique

- **Très grande vulnérabilité** face aux événements et activités de surface.
- **Très forts contrastes** de perméabilité / porosité avec des répercussions directes et intenses sur les écoulements souterrains.



eOde

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

3

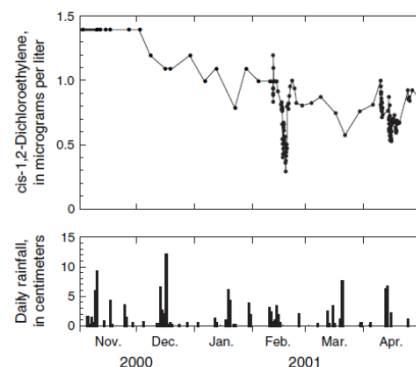


Université  
de Neuchâtel **unine**

## 1. Présentation de la problématique

### Le karst, un système hydrogéologique très spécifique

- **Réactions très rapides** aux précipitations, transports très rapides sur de grandes distances, fluctuations quasi-instantanées.
- Présence d'**échanges air/eau** conditionnés par l'importance du volume des vides et des conditions physico-chimiques qui y règnent.



Source Cascade  
(S. D. Williams et al., 2006)

eOde

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

4

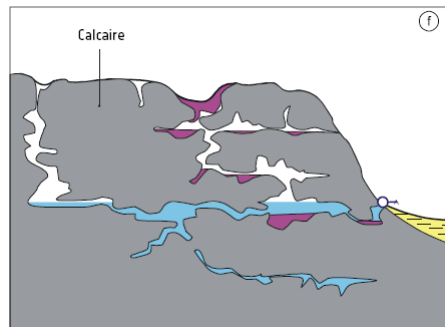


Université  
de Neuchâtel **unine**

## 1. Présentation de la problématique

Les hydrocarbures chlorés, faciles à se disperser,  
difficiles à localiser

- **Plus denses** que l'eau (la plupart)  
▶ DNAPL
- **Solubilité dans l'eau** ↘ alors que  
le nombre de Chlore ↗ augmente
- Liquides **volatils** (3 composés sont  
gazeux à température ambiante)
- Faible capacité à s'adsorber sur  
la matrice solide




(Rapport Chloronet 15.09.2009)



Université  
de Neuchâtel **unine**

eOde

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

5

## 1. Présentation de la problématique


Les difficultés d'application de l'OSites

- Difficulté de définir l'**aval immédiat** d'un site (art.9).
- Contribution de plusieurs sites à la pollution d'un même point d'eau (source).
- Contribution d'un site à la pollution de plusieurs points d'eau éloignés.
- Difficulté de comparer les teneurs en polluants aux valeurs de référence de l'OSites, du fait des taux de dilution et des distances parcourues.
- Très grandes et rapides fluctuations de débits et concentrations aux exutoires.



Université  
de Neuchâtel **unine**

eOde

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

6

## 2. Objectif de l'étude et travail réalisé

### Objectif général

Dresser un état des lieux, identifier les problèmes à résoudre et établir les bases permettant, à terme, de proposer :

- ▶ Des moyens techniques adaptés
- ▶ Une démarche spécifique

Pour caractériser le statut des sites pollués sur karsts dans le cadre réglementaire actuel (OSites).



Université  
de Neuchâtel **unine**

eOde

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

7

## 2. Objectifs de l'étude et travail réalisé

### Quelle est l'importance du problème en Suisse ?

- ▶ Les sites pollués aux HCC sur karsts sont-ils nombreux en Suisse ?
- ▶ Sites directement sur karsts ou indirectement par l'intermédiaire d'une couche de terrains tertiaires ou quaternaires ?

### Quels outils d'investigation sont à disposition ?

- ▶ Identification des besoins en outils d'investigation spécifiques
- ▶ Recherche et évaluation des outils existants, en développement ou à développer, qui pourraient être utiles aux investigations ?

### Quelles perspectives pour une démarche spécifique ?

- ▶ Choix de sites de référence et programme de travail pour l'établissement d'une démarche et d'une instrumentation adaptées



Université  
de Neuchâtel **unine**

eOde

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

8

## 2. Objectifs de l'étude et travail réalisé

### Quelle est l'importance du problème en Suisse?

- Synthèse sur la base des cadastres cantonaux (état en décembre 2010) et des cartes hydrogéologiques de la Suisse

### Quels outils d'investigation sont à disposition?

- Publications scientifiques, actes de conférence, internet, enquête auprès de praticiens
- Recherche à l'international, avec un intérêt plus particulier porté aux outils commercialisés et développés en Suisse

### Quelles perspectives pour une démarche spécifique ?

- Réflexion, présentation de bassins hydrogéologiques et exutoires connus des partenaires du projet



Université  
de Neuchâtel **unine**

eOde

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

9

## 3. Nombre de sites concernés en Suisse

### Aires d'exploitation sélectionnées (guide Chloronet)

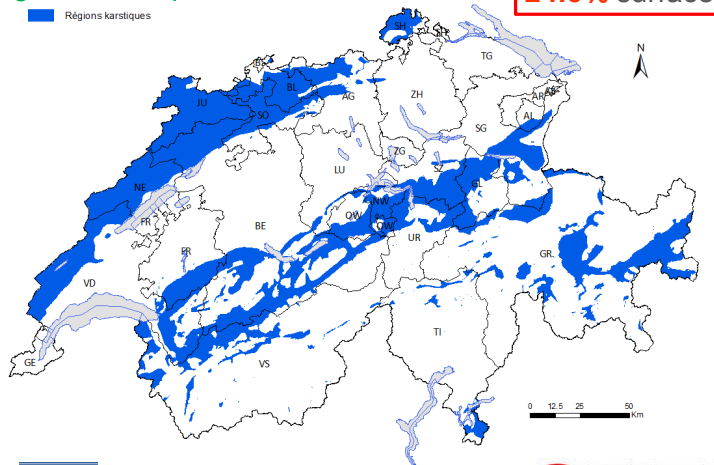
N° Catégorie	Catégories branches (ChloroNet)	N° Branche	Nombres de sites recensés
1	Branche automobile	5241, 5242, 5243, 5244, 5245, 5591, 582, 7684	3774
2	Commerce de détail de carburants et combustibles liquides, station-service	5571, 5572	1603
3	Commerce de gros de produits pétroliers	5192, 5193	297
4	Industrie du pétrole	3149(*), 122, 624	9
5	Production de textiles, vêtements et lavage	24, 25	246
6	Blanchisserie, nettoyage à sec	761	751
7	Industrie du bois	26	514
.....			
12	Production et transformation de métaux non ferreux, fonderie	34	2320
.....			
21	Atelier de composition et de reproduction graphique, imprimerie, reliure	281, 282, 283	272
22	Galvanoplastie	344(*)	—
23	Industrie chimique, production de matières synthétiques et d'articles en caoutchouc	31, 32, 518(*)	554
Total des sites potentiellement pollués en HCC :			<b>12'569</b>

10

### 3. Nombre de sites concernés en Suisse

#### Régions karstiques en Suisse

24.5% surface totale



unine

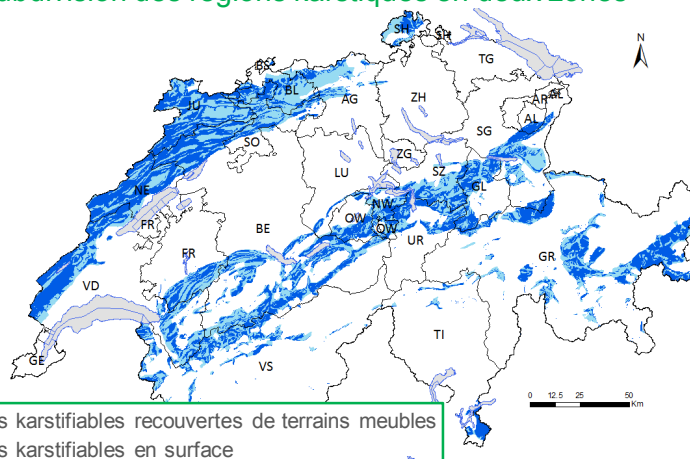
eOde

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

11

### 3. Nombre de sites concernés en Suisse

#### Subdivision des régions karstiques en deux zones



— Roches karstifiables recouvertes de terrains meubles  
— Roches karstifiables en surface



unine

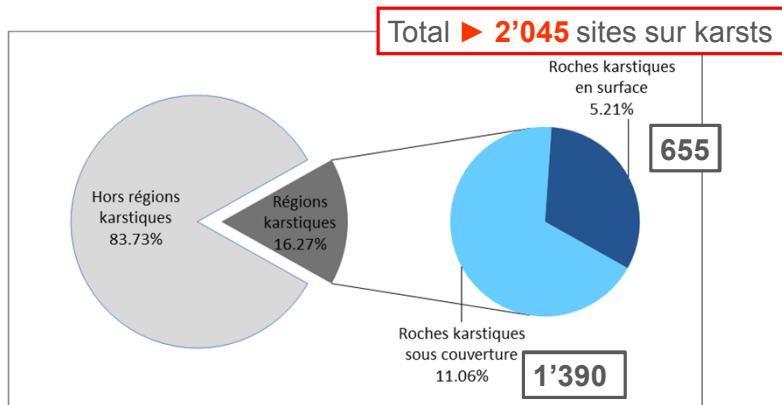
eOde

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

12

### 3. Nombre de sites concernés en Suisse

**Aires d'exploitation** potentiellement polluées aux HCC, en fonction du soubassement géologique



Université de Neuchâtel **unine**

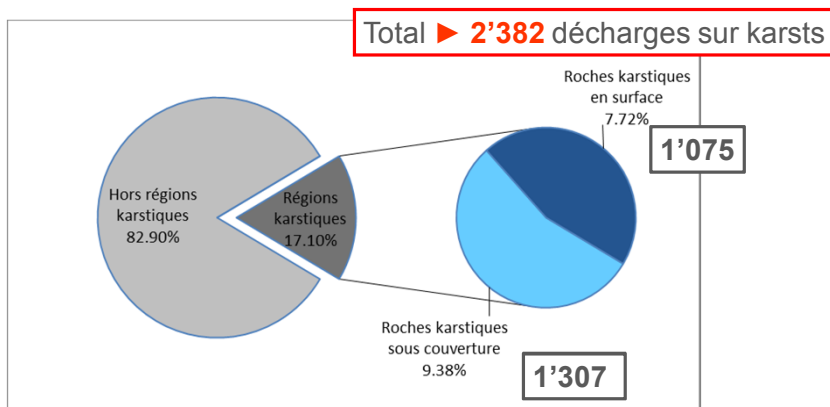
eOde

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

13

### 3. Nombre de sites concernés en Suisse

**Décharges** potentiellement polluées aux HCC, en fonction du soubassement géologique



Université de Neuchâtel **unine**

eOde

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

14

### 3. Nombre de sites concernés en Suisse

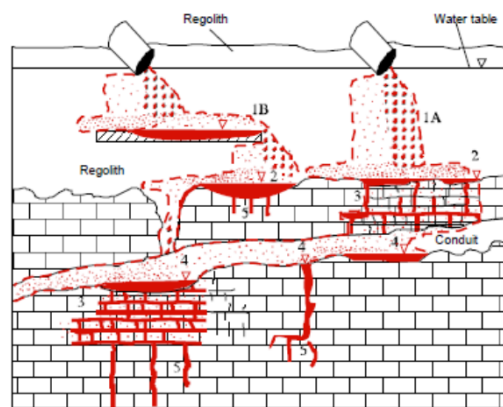
#### Bilan et cas particulier du massif jurassien

Nombre de sites sélectionnés	Aires exploitation	Décharges	TOTAUX
En Suisse (en totalité)	12'569	13'933	26'502
<b>Suisse</b>			
1. En régions karstiques	<b>2'045</b> (16.0 %)	<b>2'382</b> (17.0 %)	<b>4'427</b> (16.7 %)
2. En zones avec roches karstifiables en surface	<b>655</b> (5.2 %)	<b>1'075</b> (7.7 %)	<b>1'730</b> (6.5 %)
<b>Massif jurassien</b>			
1. En régions karstiques	<b>1'792</b> (14.25 %)	<b>1'763</b> (12.6 %)	<b>3'555</b> (13.4 %)
2. En zones avec roches karstifiables en surface	<b>605</b> (4.8 %)	<b>840</b> (6.0 %)	<b>1'445</b> (5.45 %)

de l'environnement OFEV

### 4. Besoins en moyens d'investigation spécifiques

#### Evaluer le terme source et ses panaches



(Wolfe et al., 1997)

«Capter» la répartition spatiale complexe des HCC :

- La partie solubilisée suit le cheminement des eaux souterraines dans les pores de la roche, ses fractures et ses cavités.
- La phase pure, plus dense que l'eau, suit la topographie de la surface des terrains imperméables.



unine  
Université de Neuchâtel

eOde

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

16



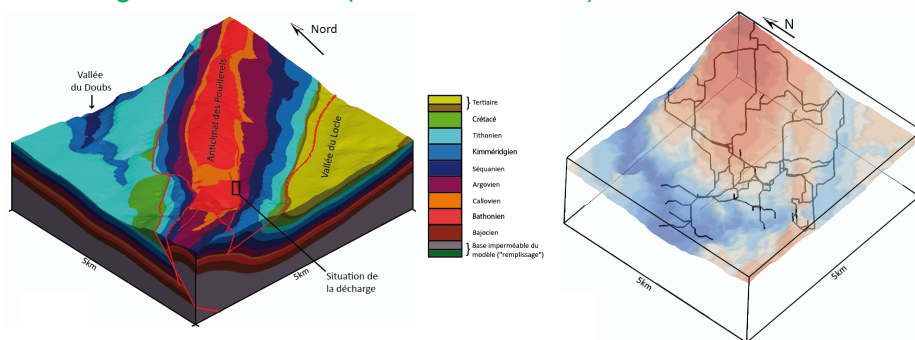
## 4. Inventaire des moyens d'investigation

### Evaluer le terme source et ses panaches

Objectifs	Outils	Op.	Test	R&D
<b>Terme source dans les terrains superficiels</b>				
Localiser et définir sa répartition spatiale, évaluer si le karst est atteint, évaluer le stock de polluant	Investigation classiques			
<b>Terme source dans le massif karstique</b>				
Définir la géométrie des couches géologiques	Relevés de terrain et cartes de la géologie			
	Géomodeleurs 3D			
Définir le réseau de fractures et les interconnexions	Relevés de terrain et cartes de la fracturation			
	Essais de traçage			
	Mesures géophysiques			
	Robots de géolocalisation			
	Modélisation des réseaux de fractures et cavités			

## 4. Exemple de moyens d'investigation spécifiques

### Modélisation de la géologie et du réseau de fractures de la région des Brenets (Jura neuchâtelois)



(Chollet et al, 2011)



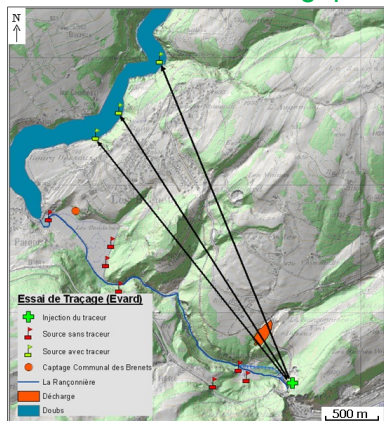
Université de Neuchâtel **unine**

eOde

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

#### 4. Besoins en moyens d'investigation spécifiques

Evaluer l'impact sur les biens environnementaux et les risques sanitaires - écotoxicologiques associés



(Evard, 1982)

«Déceler» un apport d'HCC :

- A grande distance du terme source (kms).
- Soumis à de grandes variations temporelles.
- A l'échelle d'un bassin versant (plusieurs sites pollués, plusieurs sources).



unine

eOde

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

19

#### 4. Inventaire des moyens d'investigation

Evaluer l'impact sur l'environnement et les risques associés

Objectifs	Outils	Op.	Test	R&D
Evaluer les apports en HCC dans les eaux souterraines				
Enregistrer les variations temporelles	Mesures en continu in situ (on line) d'HCC			
	Mesures rapides sur site (ex. GC portables)			
	Préleveurs automatiques d'échantillons			
Quantité cumulée d'HCC sur une période	Capteurs passifs intégratifs			
Mesurer des paramètres indirects	Mesures en continu de conductivité, MES, oxygène			
Interpréter les données	Analyse de séries temporelles			



unine

eOde

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

20

## 4. Inventaire des moyens d'investigation

Evaluer l'impact sur l'environnement et les risques (suite et fin)

Objectifs	Outils	Op.	Test	R&D
<b>Distinguer les apports de divers sites pollués dans un bassin versant</b>				
Différencier les apports	Analyses isotopiques			
Interpréter les données	Modéliser l'écoulement et le transport			
<b>Evaluer les risques sanitaires et écotoxicologiques</b>				
Evaluer l'effet de «pics» de pollution	Bioindicateurs			
Effet de l'absorption cumulée d'HCC sur une longue période	Capteurs passifs intégratifs dans les milieux récepteurs			
	Evaluation quantitative des risques			
<b>Niveau de développement des outils recensés</b>		<b>8</b>	<b>4</b>	<b>7</b>



Université de Neuchâtel **unine**

eOde

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

21

## 5. Conclusions

- Le nombre de sites potentiellement pollués aux HCC situés sur un soubassement karstique est d'importance en Suisse  
► **4'427** soit **16.7%** des sites potentiellement pollués aux HCC
- La caractérisation de ces sites dans le cadre réglementaire actuel de l'OSites nécessite le développement d'une **démarche spécifique** s'appuyant sur des **instruments de mesure** et des **modèles** souvent différents de ceux qui peuvent être employés en milieu poreux.
- Les outils de mesure et modèles requis n'ont **pas encore atteint le même niveau** de développement et de tests que ceux adaptés aux milieux poreux.



Université de Neuchâtel **unine**

eOde

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

22

## 5. Perspectives

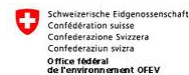
### Programme de travail proposé pour aboutir à une telle démarche

- Tester sur des sites réels, représentatifs des situations typiques rencontrées en Suisse
- Se concerter avec les acteurs du domaine
- Un programme de travail en trois étapes :
  - **Etape 1** : choix de sites d'essai, première ébauche de démarche, identification des besoins prioritaires en outils
  - **Etape 2** : tests et validation d'outils déjà opérationnels, r&d sur outils prioritaires, instrumentation des sites d'essai selon démarche
  - **Etape 3** : analyse des données collectées et modélisations, test-validation-finalisation de la démarche, rédaction d'un guide méthodologique destiné aux professionnels



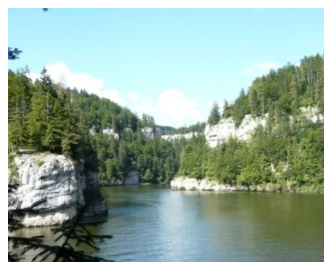
Université  
de Neuchâtel **unine**

eOde



23

Merci de votre attention....



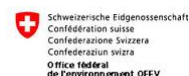
(Chollet, 2011)

...Avec nos plus chaleureux remerciements à  
**Christiane Wermeille**, mais aussi à : Olivier Bour,  
Xanthippe Boutsiadou, Pascale Ducommun, Daniel  
Hunkeler, Pierre-Yves Jeannin, Alain Pochon, Michel  
Pronk et Pierre Schnegg.



Université  
de Neuchâtel **unine**

eOde



24