



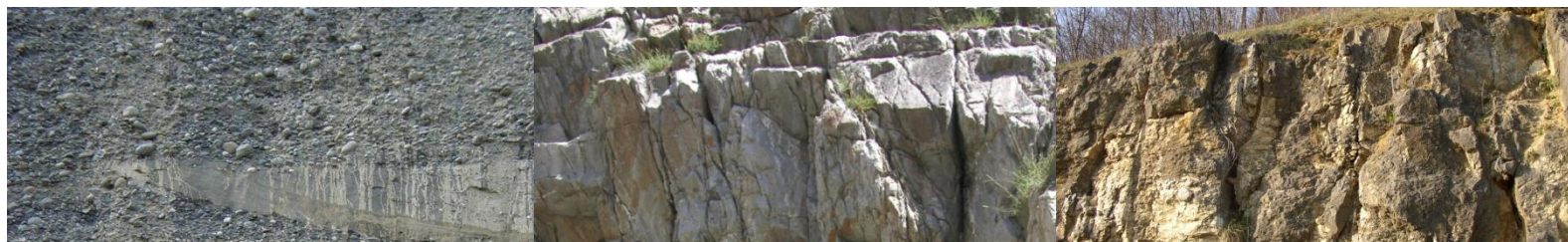
Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'Environnement,  
des Transports, de l'Energie et de la Communication DETEC

**Office Fédéral de l'Environnement OFEV**

Division Hydrologie, Section Bases hydrogéologiques

# Eaux souterraines en Suisse



**Ronald Kozel & Michael Sinreich**, Section Bases hydrogéologiques

(ronald.kozel@bafu.admin.ch)

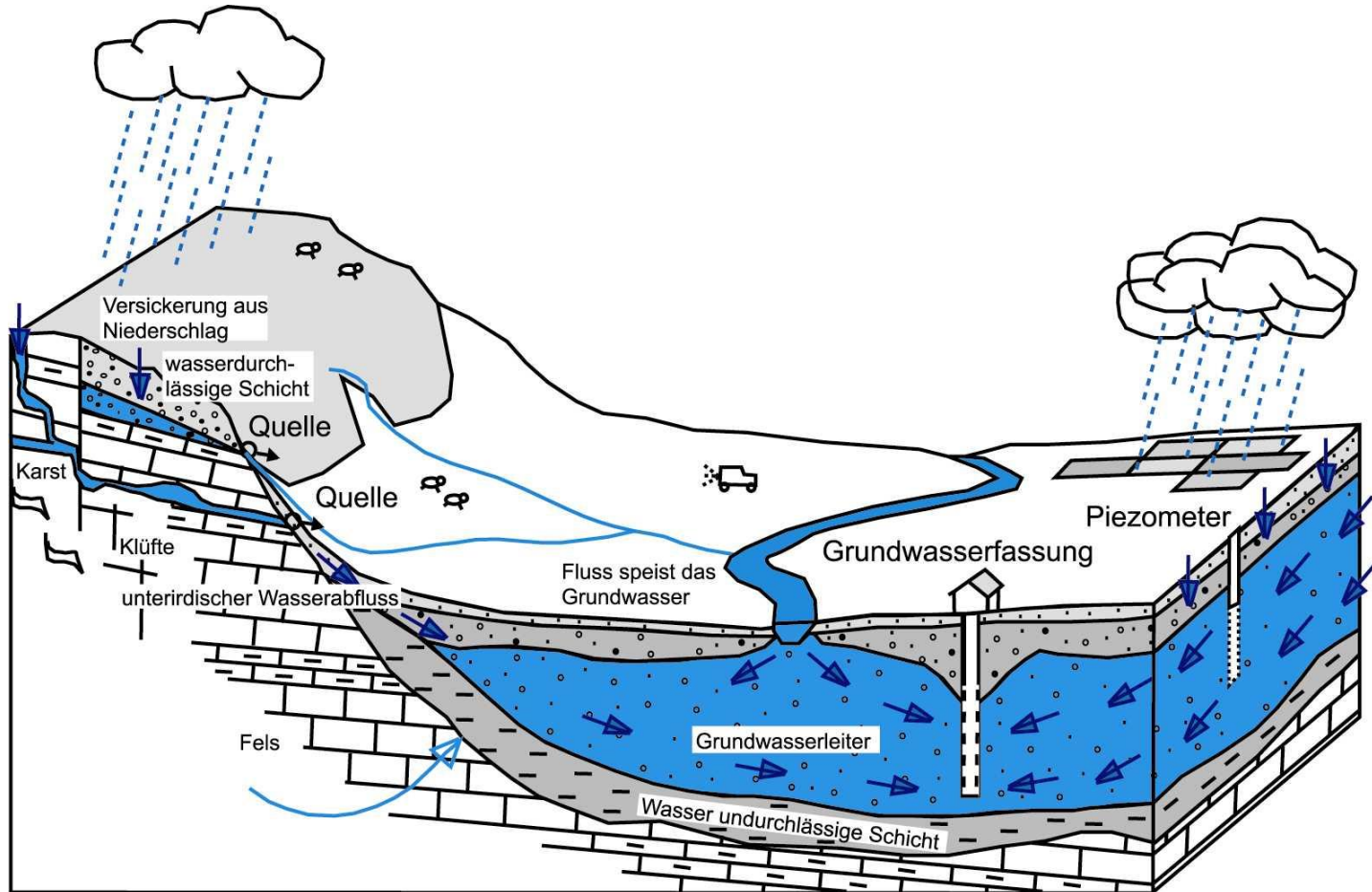
**Office Fédéral de l'Environnement OFEV**



**Association suisse des fontainiers – Cours de formation continue 2019**



# Systemes d'eaux souterraines





# Eaux souterraines – Mandat légal

## Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux)

- donne à la Confédération le mandat d'effectuer „**des relevés d'intérêt national sur les éléments du bilan hydrologique, ainsi que sur la qualité des eaux superficielles et des eaux souterraines**“ (art. 57 al. 1).
- De plus „elle met les données recueillies et leur interprétation à la disposition des intéressés“ (art. 57 al. 3 LEaux), et informe „le public sur la protection des eaux et sur l'état de celles-ci“ (art. 50 al. 1).

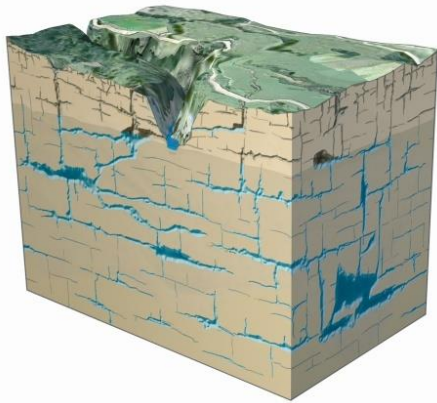
## Ordonnance sur la géologie nationale (OGN)

- défini comme tâches de la géologie nationale e.a. la mise à disposition d'informations géologiques en vue „d'une utilisation durable du sous-sol géologique“ (art. 3 al. 1a) et que „les services spécialisés en charge de la géologie nationale informent le public de leurs activités et des tâches qui leur incombent“ (art. 3, abs. 2).
- Les services spécialisés ont l'obligation de mettre à disposition les données et informations géologiques d'intérêt national e.a. dans les domaines suivants:
  - „**présence et la nature de réservoirs d'eaux souterraines**“ (art. 5 b).
  - **L'Office fédéral de l'environnement** est „le service spécialisé en charge des tâches hydrogéologiques relevant de la géologie nationale“ (art. 16 al. 2).



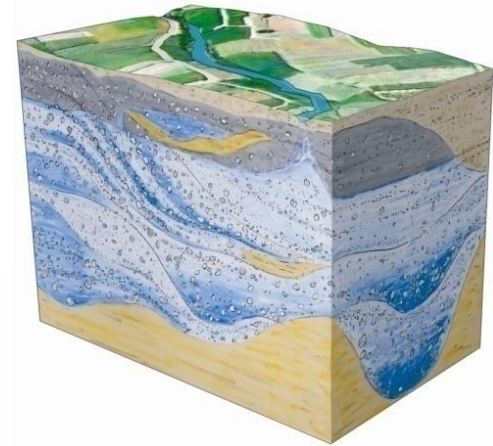
# Systemes d'eaux souterraines

## 3 Types d'aquifères

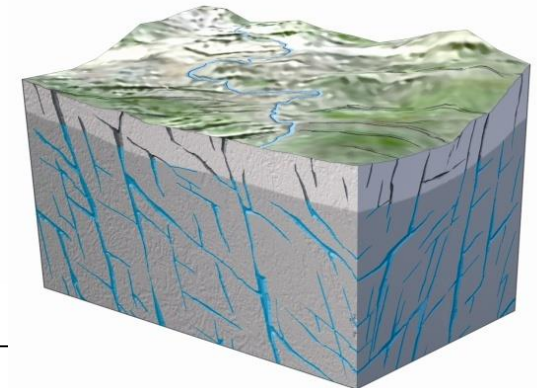


Aquifères karstiques

Aquifères en roche meuble



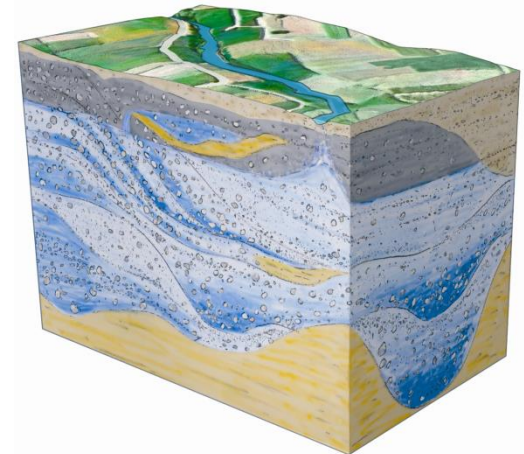
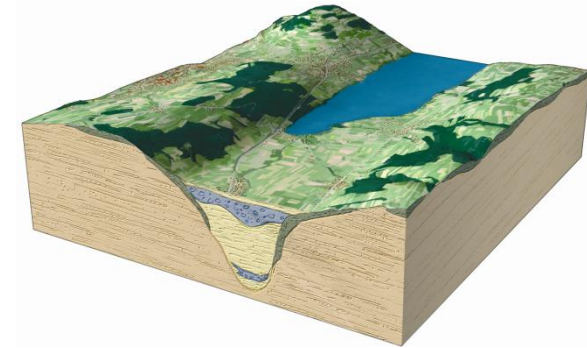
Aquifères fissurés





# Systemes d'eaux souterraines

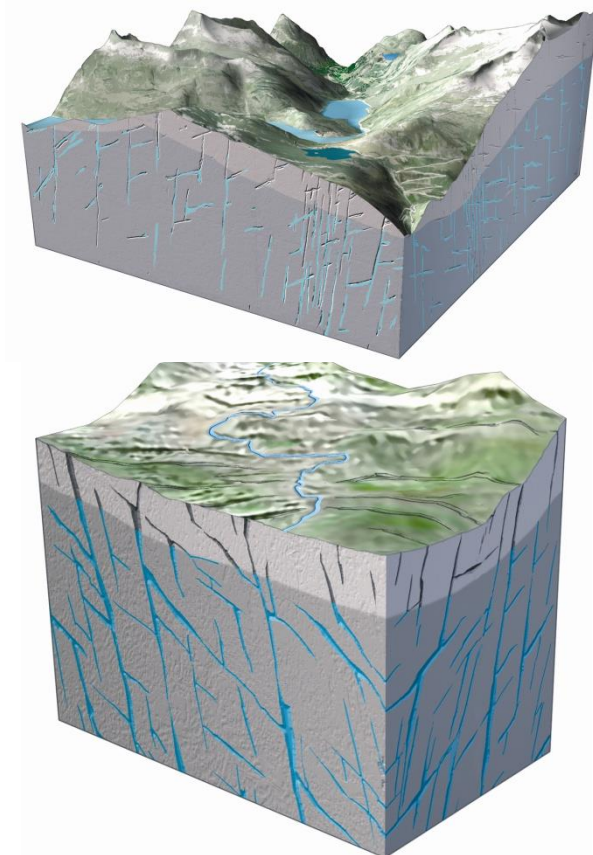
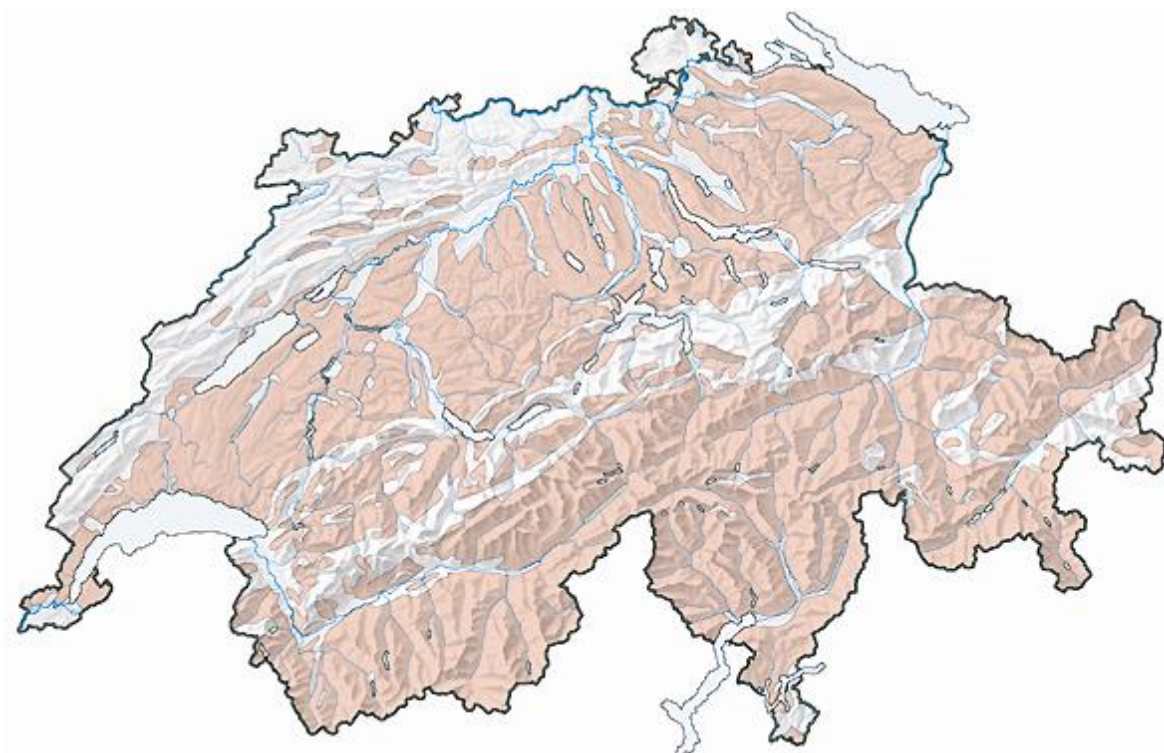
Aquifères en roche meuble





# Systemes d'eaux souterraines

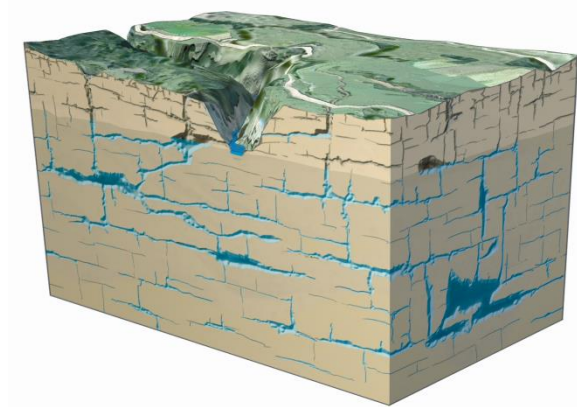
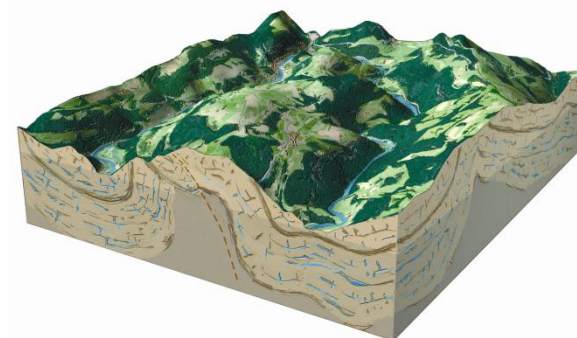
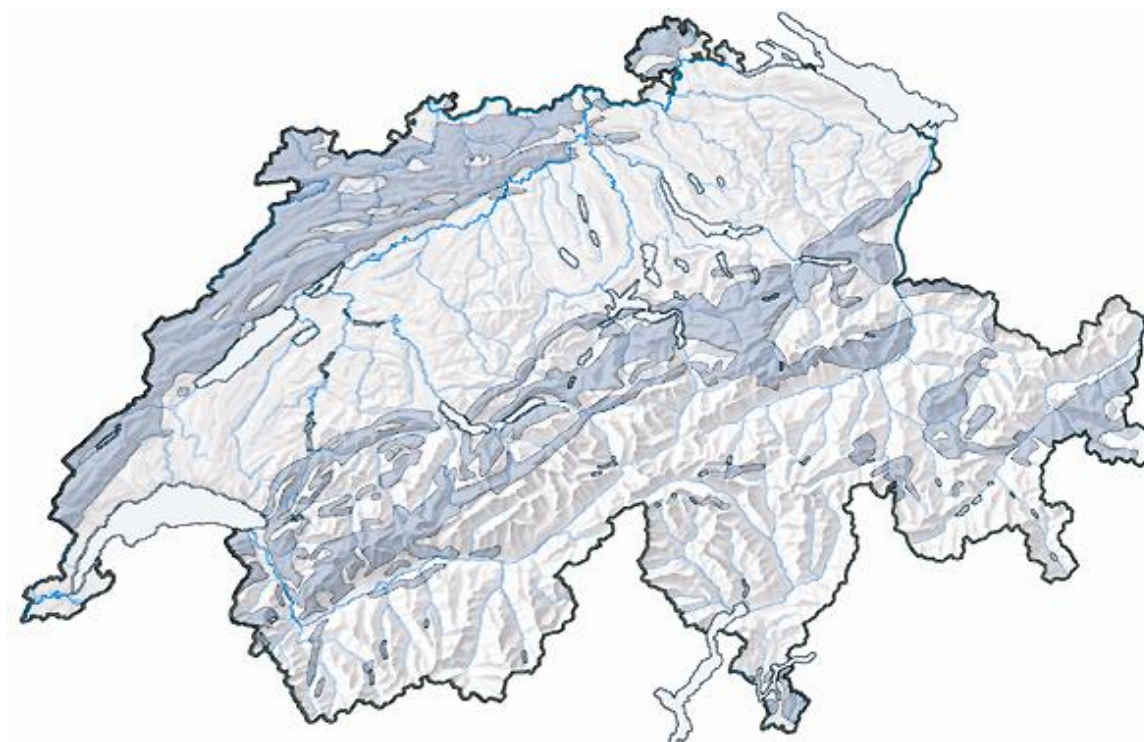
## Aquiferes fissurés





# Systemes d'eaux souterraines

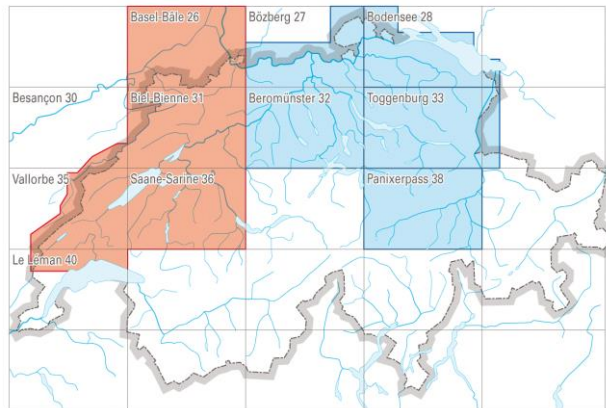
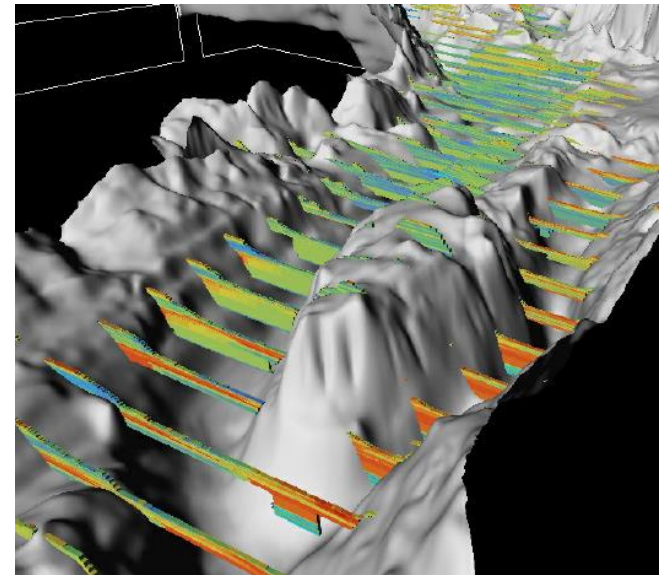
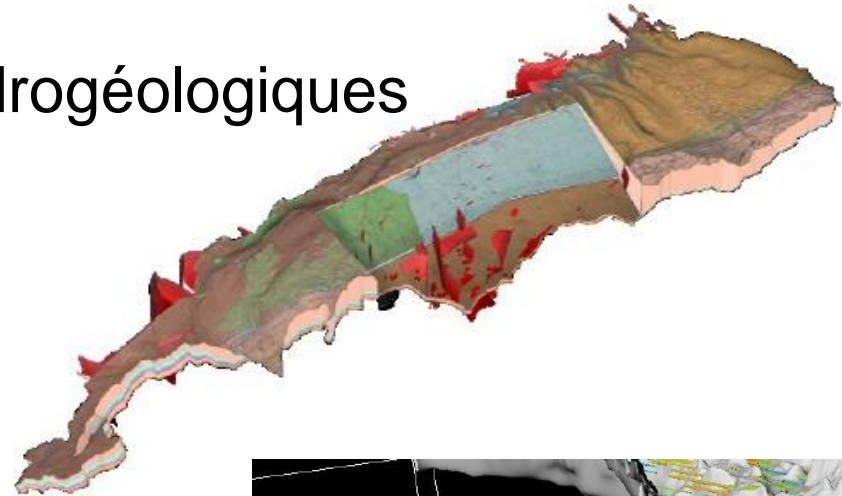
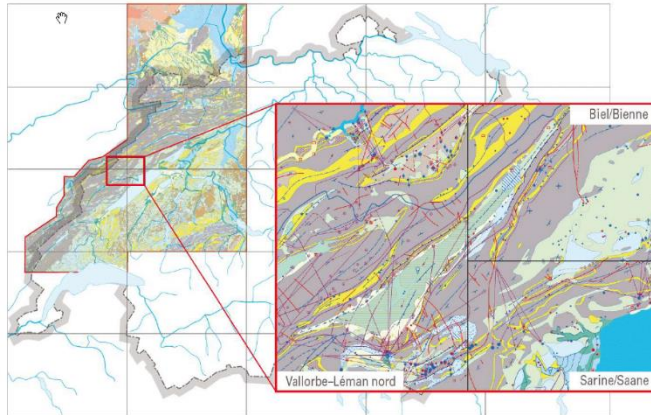
Aquifères karstiques





# Systemes d'eaux souterraines

## Données spatiales hydrogéologiques



Publizierte Kartenblätter

Blattschnittfreie Vektordaten NW-Schweiz (GIS)

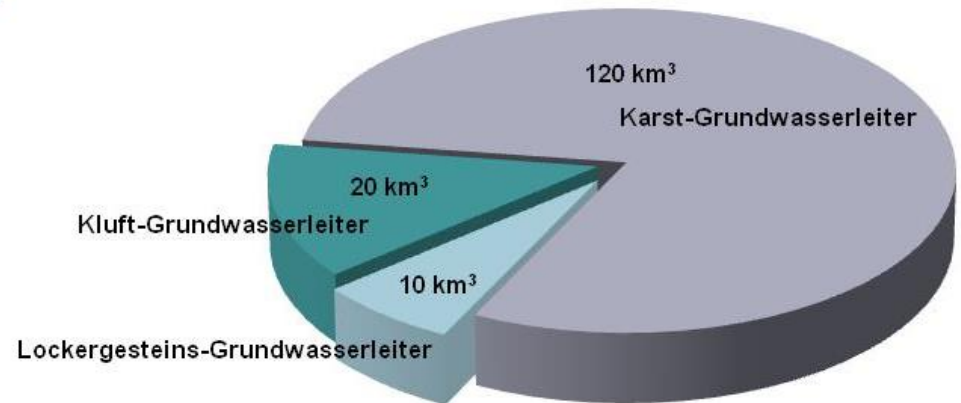
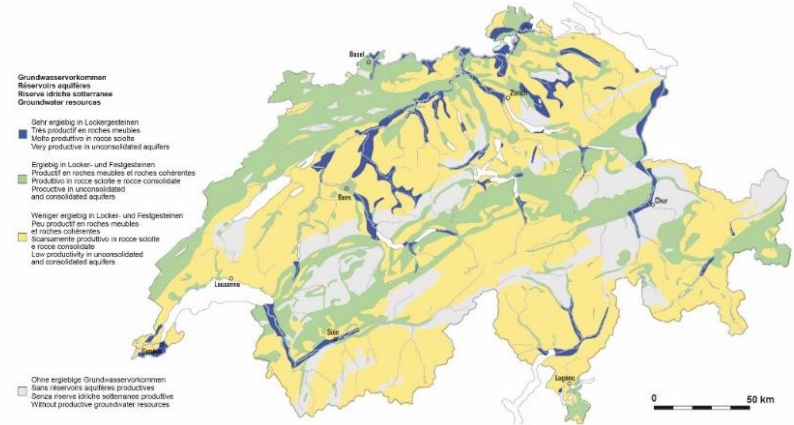
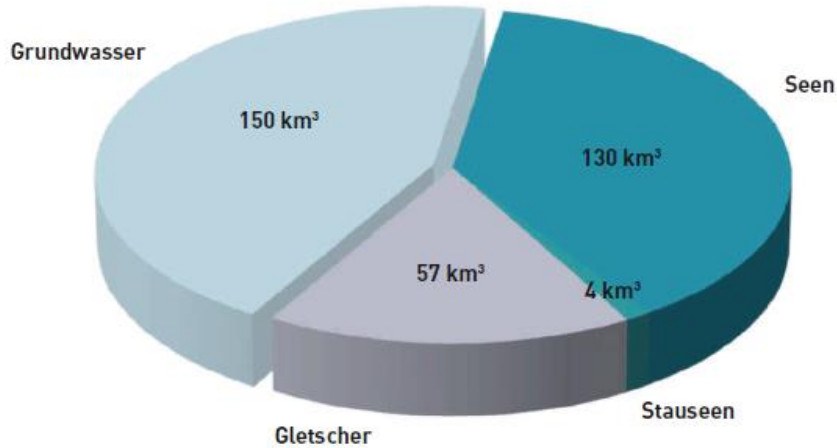






# Réservoirs d'eaux souterraines

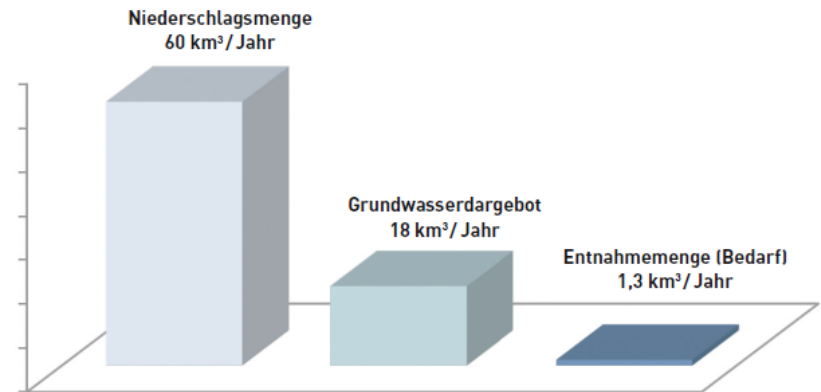
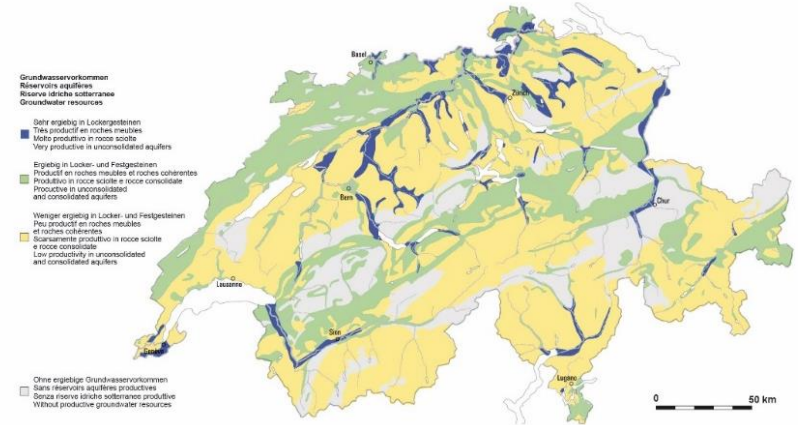
## Volumes d'eaux souterraines





# Réservoirs d'eaux souterraines

Quantité d'eaux souterraines utilisables de manière durable



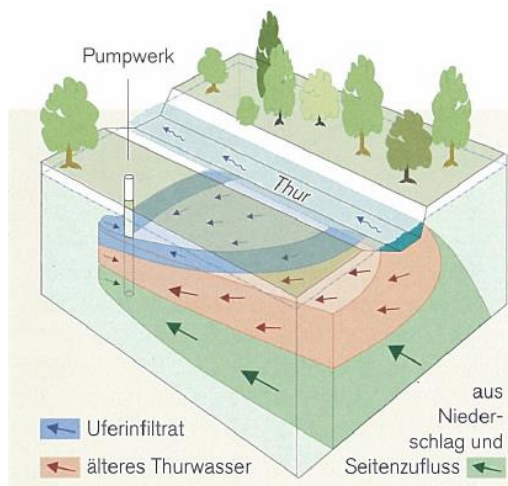
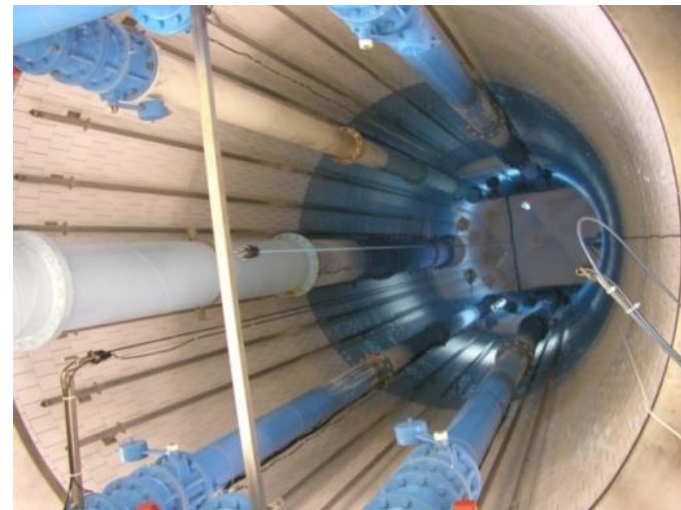


# Les eaux souterraines comme ressource d'eau potable

80% de l'eau potable vient des eaux souterraines

à moitié des puits de pompage  
à moitié des captages de source

env. 25% de l'infiltration de rivière

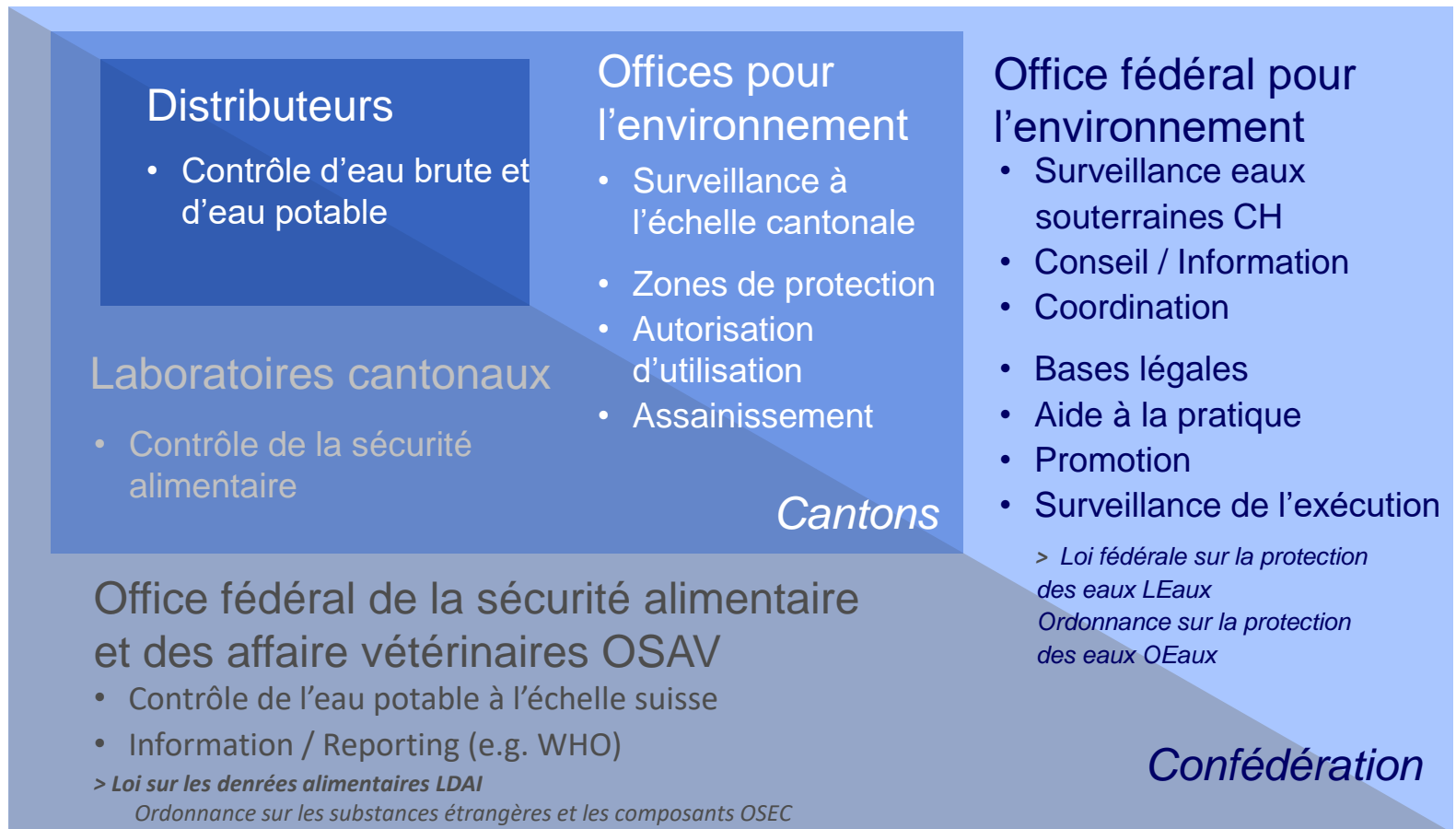




# Responsabilités eaux souterraines / eau potable

## Eaux souterraines

Eau potable

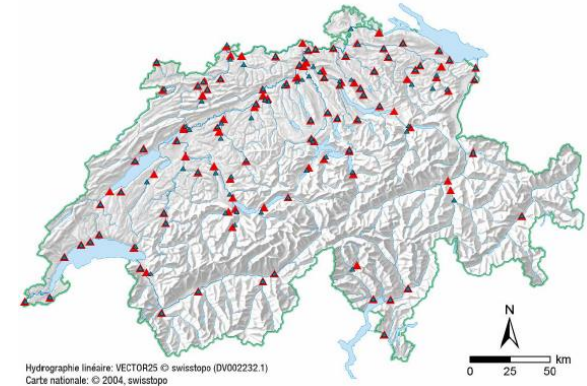
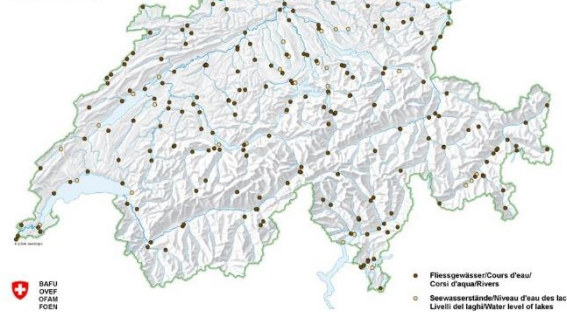




# Monitoring intégral des eaux souterraines en Suisse

## Eaux de surface

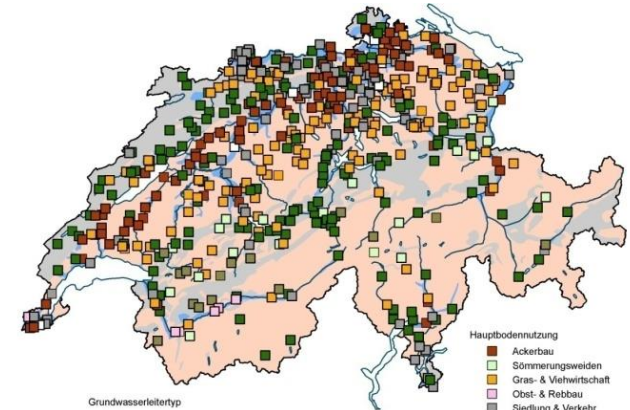
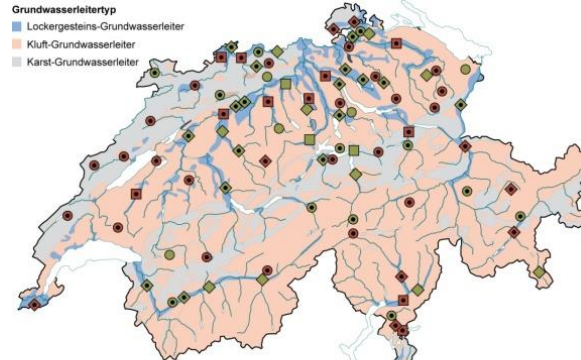
Abfluss und Wasserstände  
Débit et niveaux d'eau  
Portata e livelli d'acqua  
Discharge and waterlevel  
← zurück/retour/indeiro/back



## Eaux souterraines

Grundwasserleitertyp

- Lockergesteins-Grundwasserleiter
- Kluft-Grundwasserleiter
- Karst-Grundwasserleiter

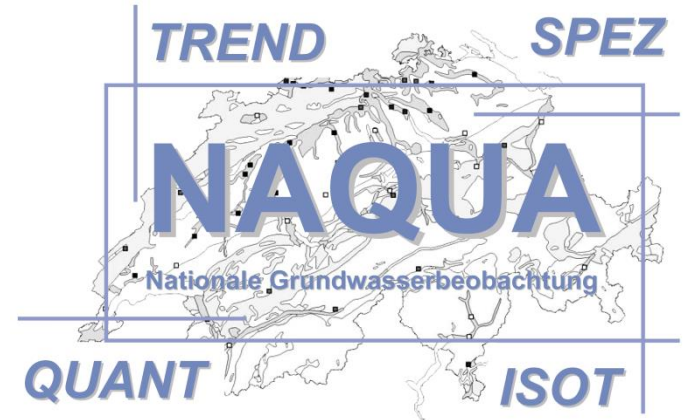


## Quantité

## Qualité



# Observation nationale des eaux souterraines NAQUA



## Objectif:

L'observation nationale des eaux souterraines fournit une image représentative de l'état des eaux souterraines suisses et leur évolution, sur le plan tant qualitatif que quantitatif

- **Documentation** de l'état et de l'évolution de la qualité et de la quantité des eaux souterraines suisses
- **Détection** des substances problématiques et des évolutions non souhaitées
- **Contrôle d'efficacité** des mesures de protection des eaux souterraines
- **Caractérisation** et classification des aquifères suisses les plus importants



# Observation nationale des eaux souterraines NAQUA

<b>Mandat</b>	<b>LEaux</b> , Art. 57 (Tâches de la confédération)
<b>Objectifs</b>	<b>Documentation</b> de l'état et de l'évolution de la qualité et de la quantité des eaux souterraines à l'échelle du pays <b>Diagnostic</b> précoce de substances problématiques et d'évolutions indésirables <b>Contrôle d'efficacité</b> des mesures prises pour la protection des eaux souterraines
<b>Organisation</b>	<b>Modules thématiques</b> , en partie réseaux fédéraux seuls (modules TREND, ISOT), en partie en étroite collaboration avec les services cantonaux (modules SPEZ, QUANT)
<b>Output</b>	Données online, livraison de données, statistiques, analyses, rapports sur l'environnement et les eaux, indicateurs de l'environnement, reporting EEA, GCOS, IAEA, IGRAC, etc.

**NAQUA**  
Thématique  
Module

**QUANT**  
Übersicht  
GW-Quantität  
(91 Stationen)

**TREND**  
Übersicht  
GW-Qualität  
(50 Stationen)

**SPEZ**  
Statistik GW  
Kontaminanten  
(500 Stationen)

**ISOT**  
Referenzdaten  
Stabile Isotope  
(22 Stationen)





# Observation des eaux souterraines



## NAQUA QUANT (Quantité des eaux souterraines)

- **Objectif**

détermine la quantité des eaux souterraines suisses (situations de crues et d'étiage, changement climatique)

- **Stations de mesure**

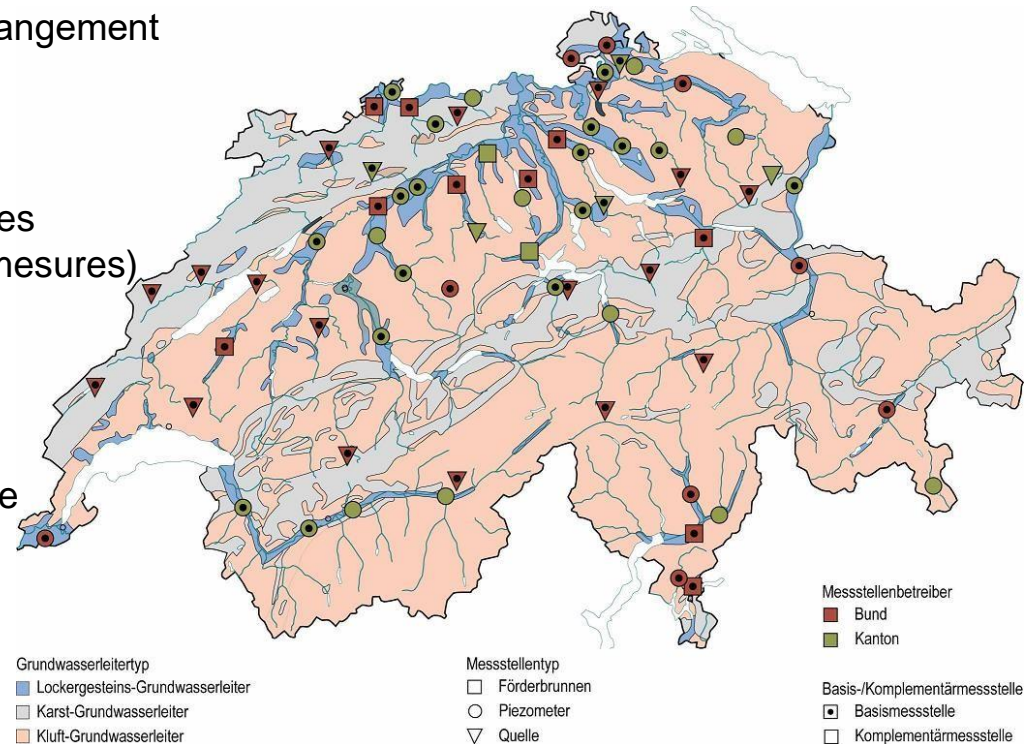
actuellement 91 stations de mesures (extension finale: 100 stations de mesures)

- **Paramètres**

niveau des eaux souterraines / débit des sources, température, conductivité électrique et parfois la turbidité (en continu)

- **Output**

Données en ligne  
Bulletin des eaux souterraines  
Annuaire hydrologique  
Indicateurs environnementaux



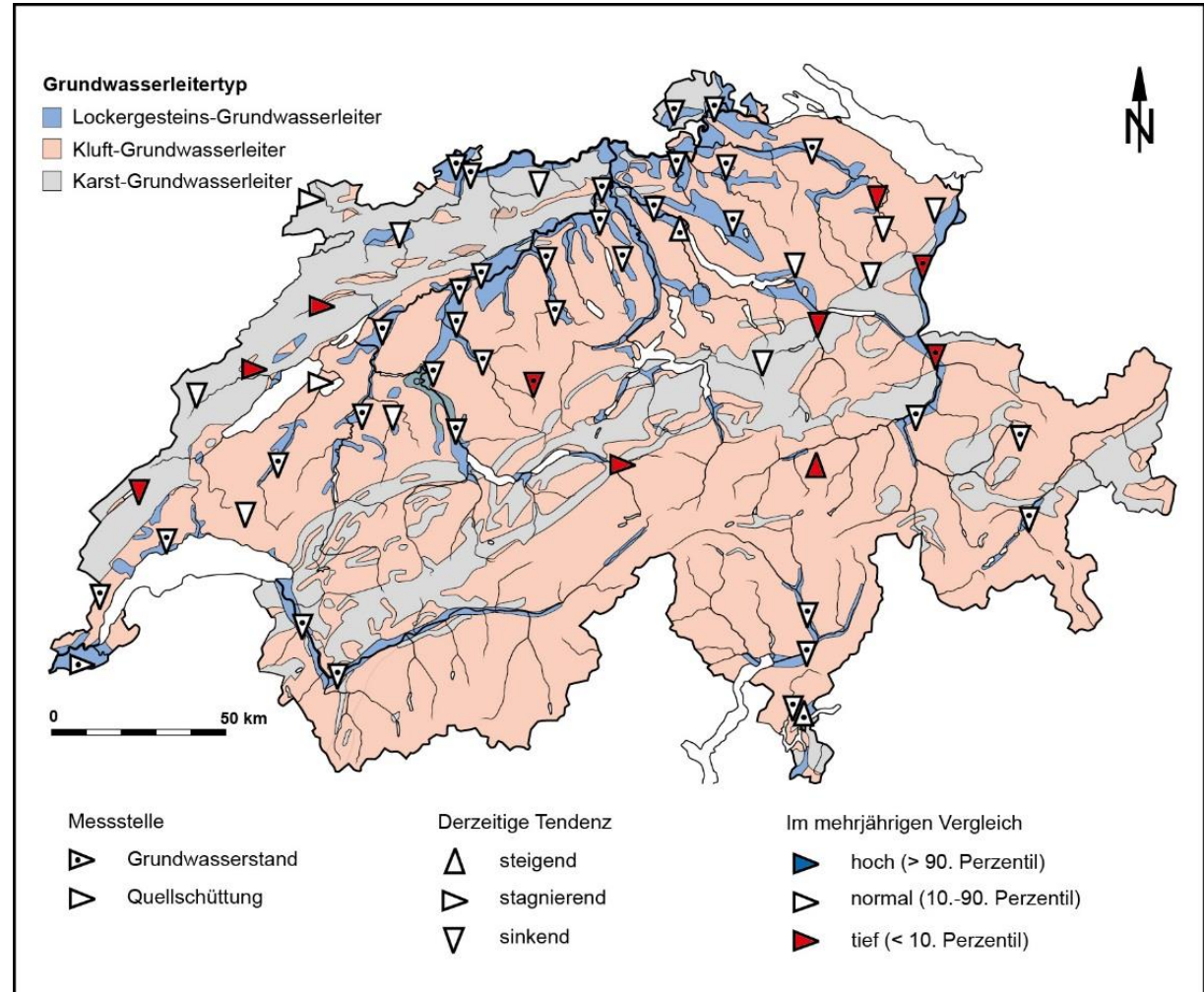


# Quantité des eaux souterraines

État

Bulletin des eaux  
souterraines

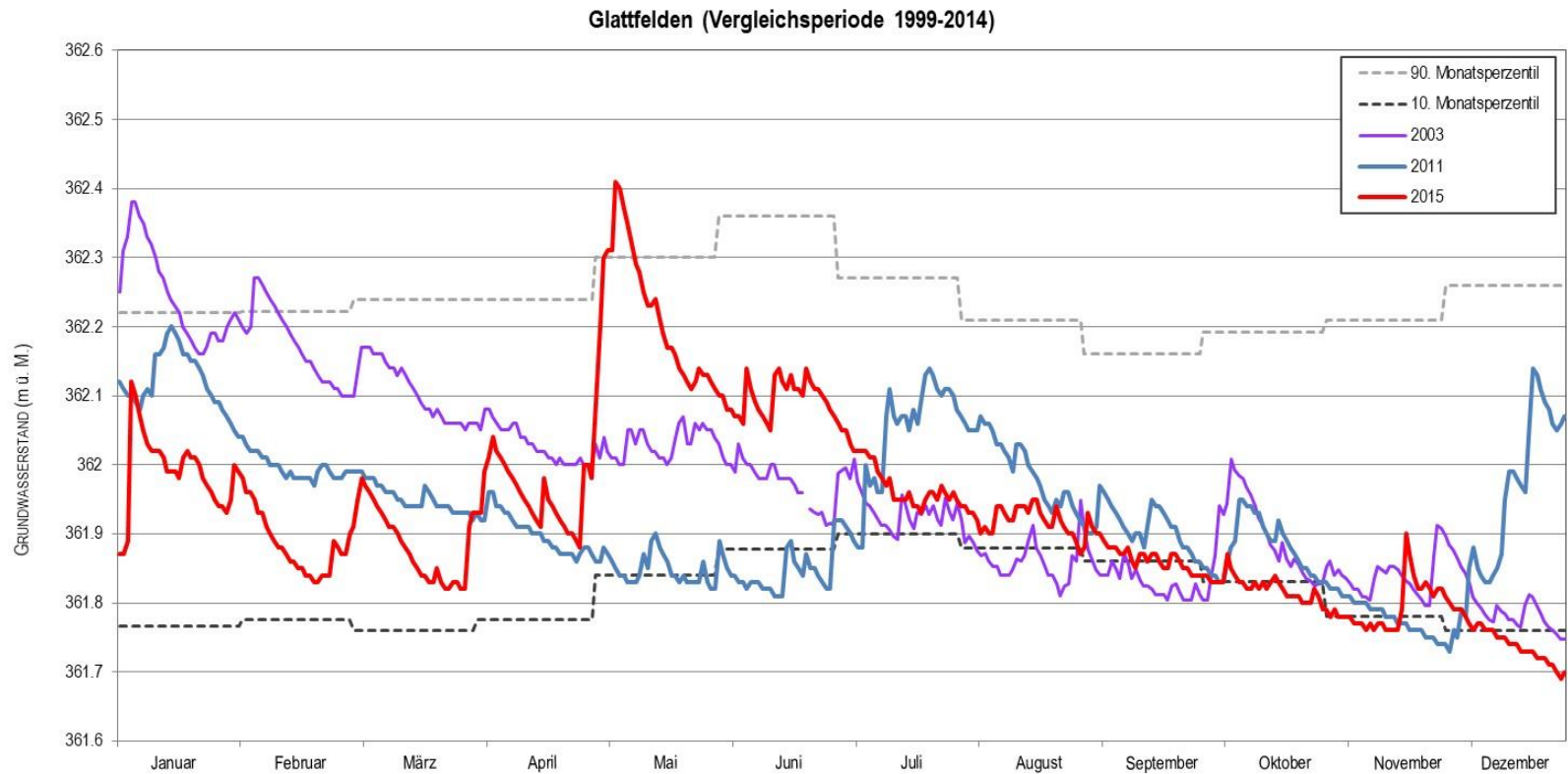
[www.bafu.admin.ch/grundwasser](http://www.bafu.admin.ch/grundwasser)





# Quantité des eaux souterraines

## Évolution



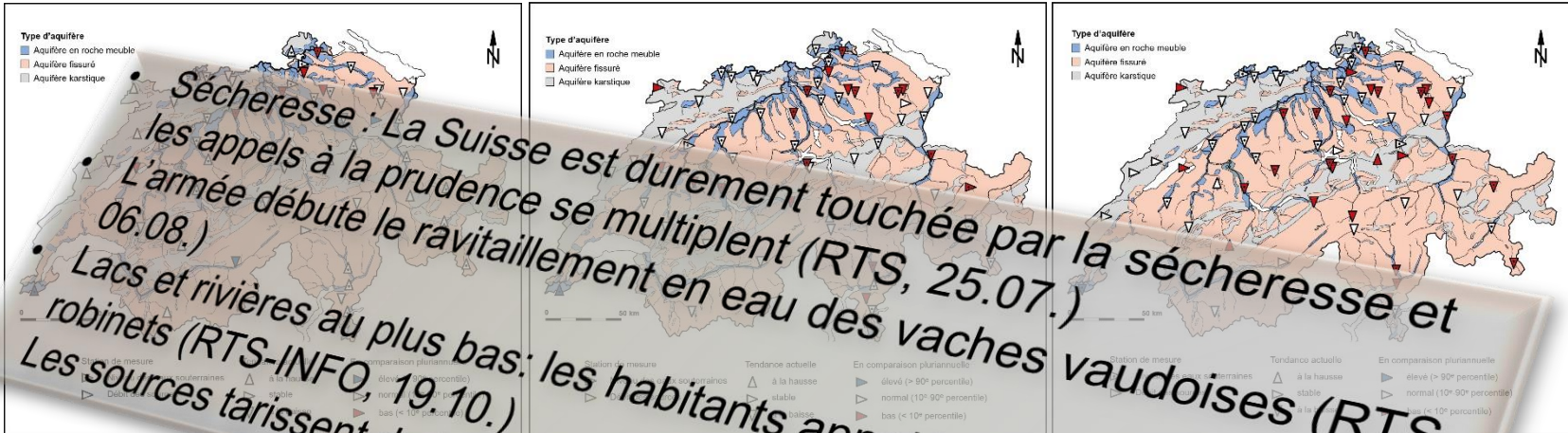


# Quantité des eaux souterraines – Étiage 2018

30.05.2018

03.07.2018

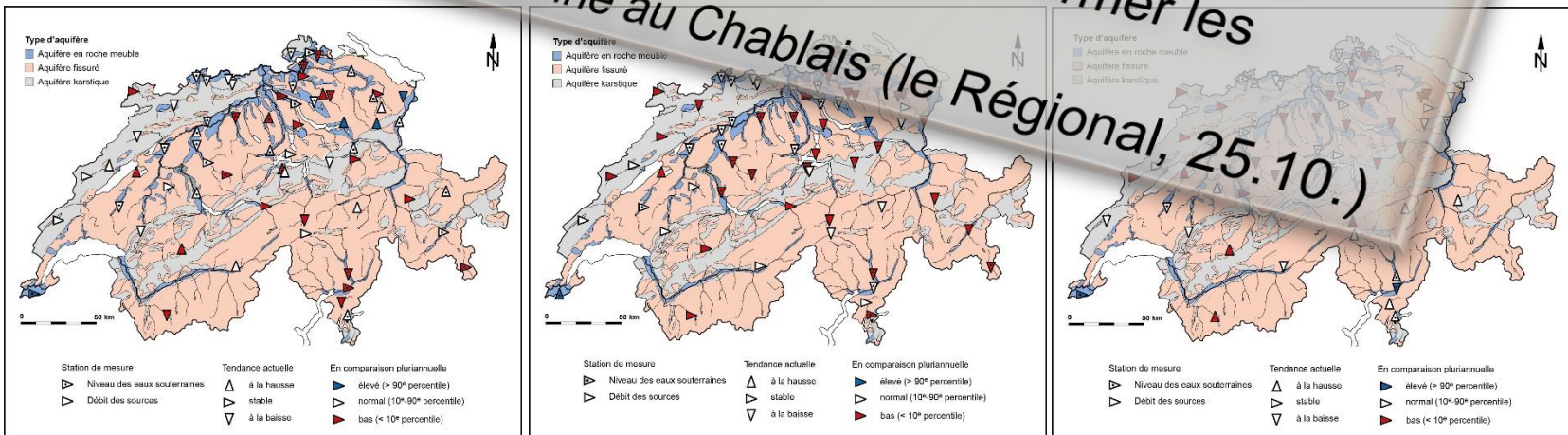
07.08.2018



03.09.2018

15.10.2018

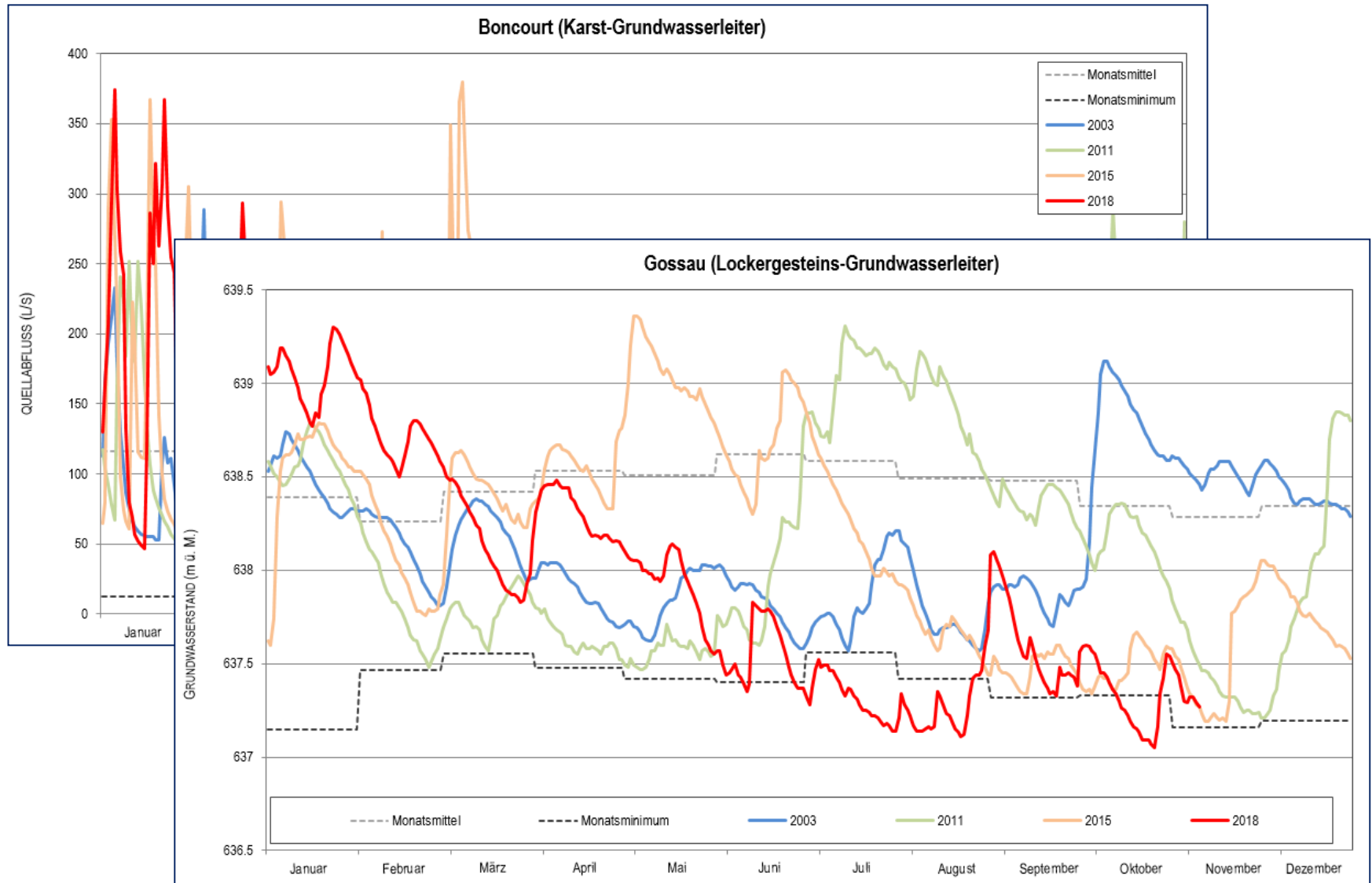
05.11.2018



<https://www.hydrodaten.admin.ch/fr/bulletin-des-eaux-souterraines.html>



# Quantité des eaux souterraines – Étiage 2018

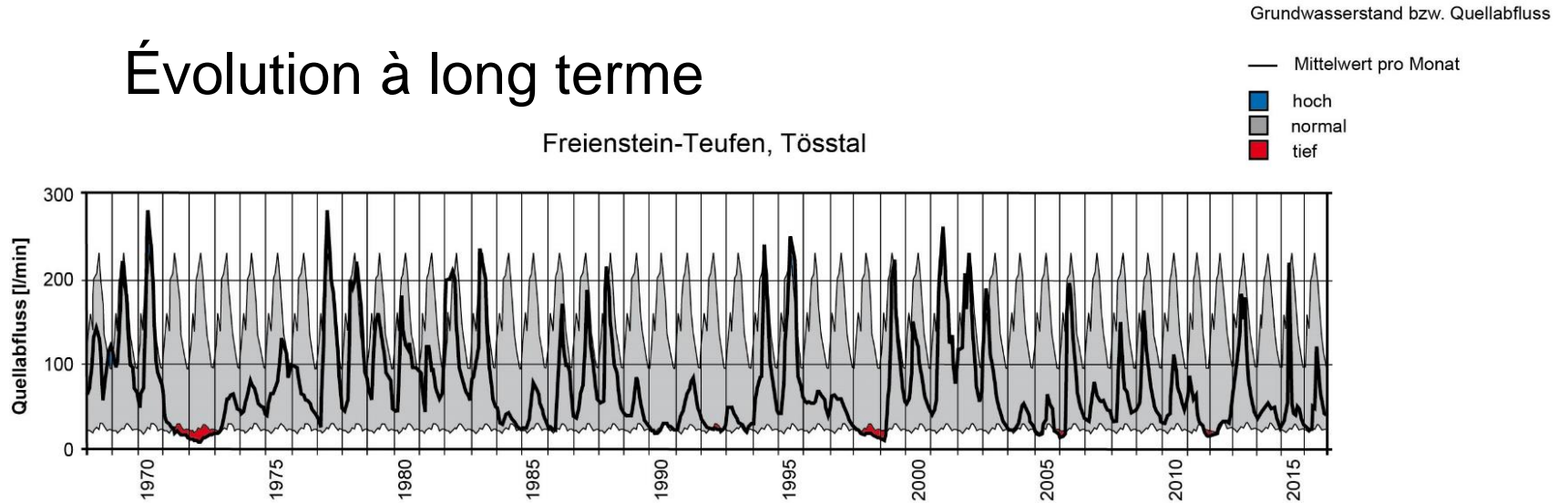




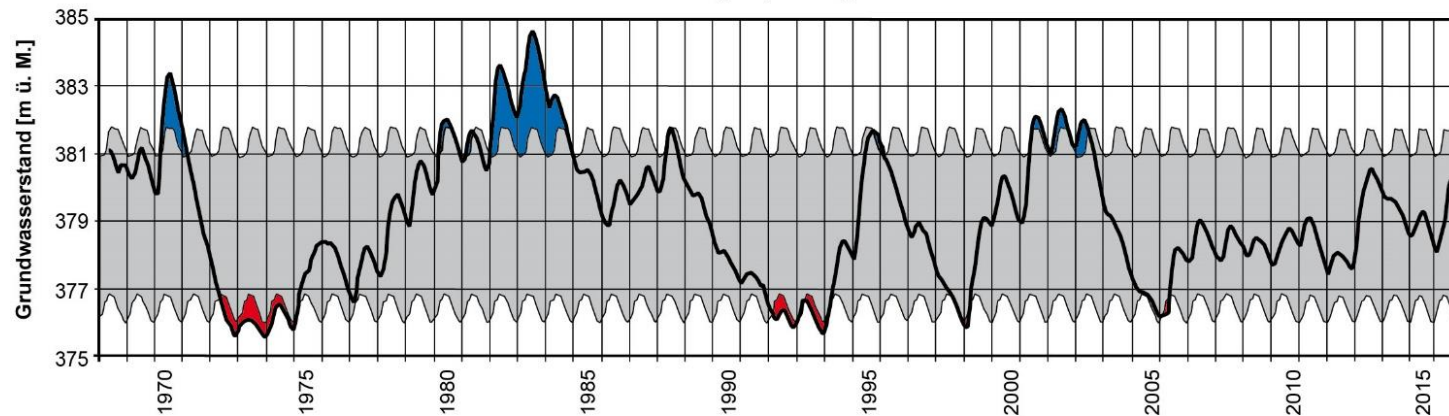
# Quantité des eaux souterraines

## Évolution à long terme

Freienstein-Teufen, Tösstal



Wilchingen, Klettgau





# Monitoring des eaux souterraines

## NAQUA TREND (Qualité des eaux souterraines, sites typiques de la Suisse)



- **Objectifs**

Comportements des eaux souterraines à une sélection de stations de mesures typiques de la Suisse (compréhension du système)

- **Stations de mesure**

50 stations de mesure fédérales

- **Paramètres**

niveau des eaux souterraines / débit des sources, température, conductivité électrique et parfois la turbidité

→ *en continu*

(Transmission de données)

hydrochimie

→ *annuel à trimestriel*





# Monitoring des eaux souterraines



## NAQUA SPEZ (Qualité des eaux souterraines, à l'échelle de la Suisse)

- **Objectifs**

Polluants dans le contexte de l'agriculture  
(à l'échelle suisse, statistiquement résistant)

- **Stations de mesure**

500 stations de mesure  
(en collaboration avec les cantons)

- **Paramètres**

polluants

→ *annuel à trimestriel*

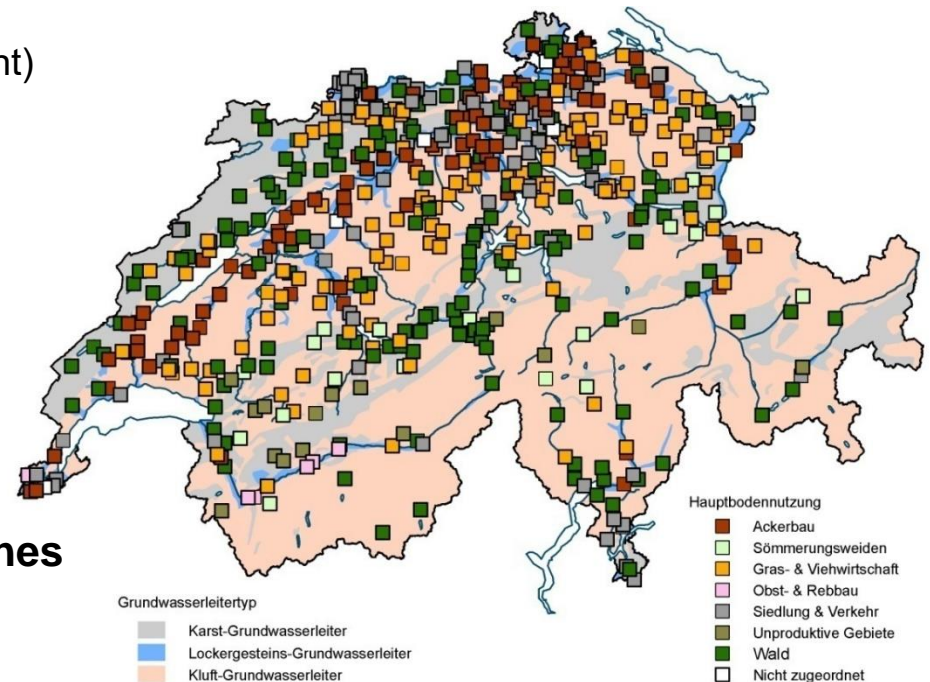
- **Output Qualité des eaux souterraines**

Livraison de données

Rapport NAQUA

Internet

Indicateurs environnementaux







# Qualité des eaux souterraines - résultats

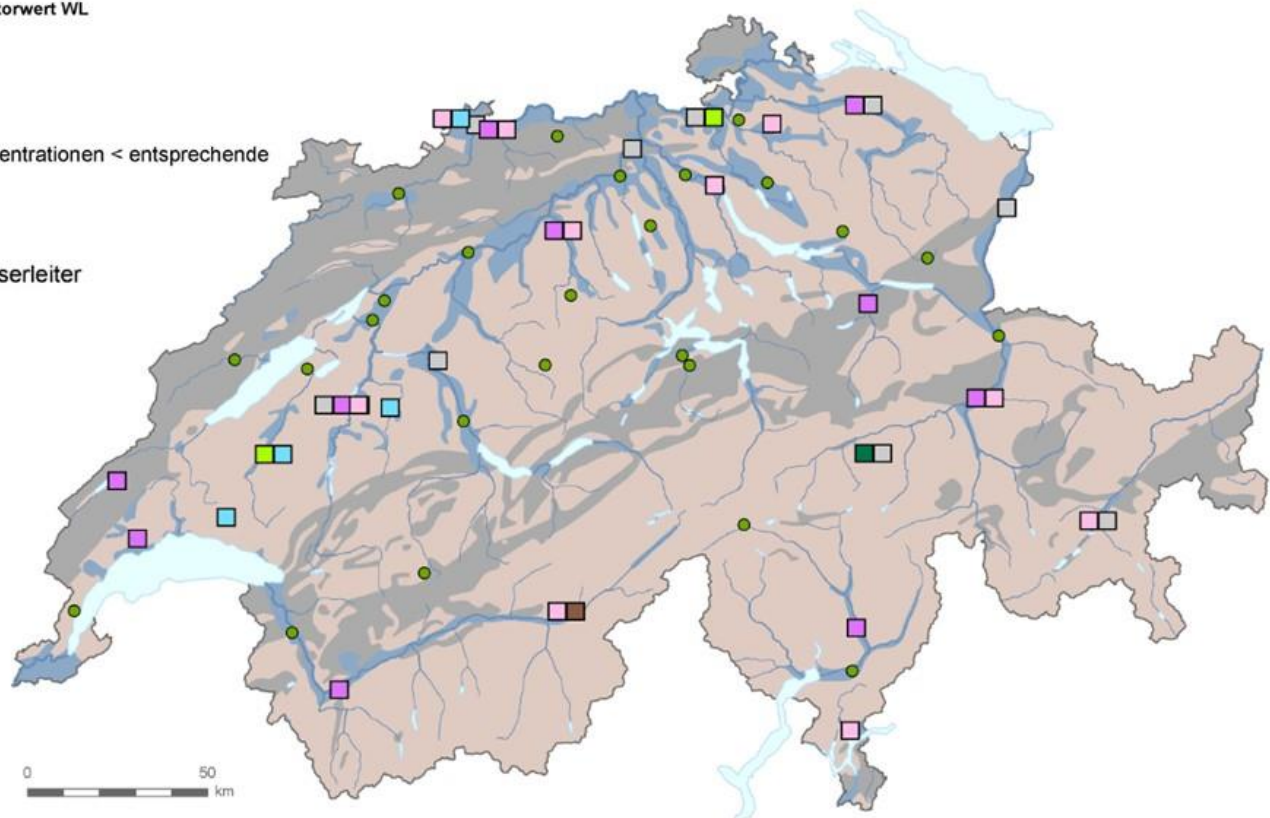
## Éléments traces inorganiques

Spurenelemente: Konzentrationen 2006 - 2008 und 2012

	Chrom	> 2 µg/l	} Indikatorwert WL
	Kupfer	> 2 µg/l	
	Zink	> 5 µg/l	
	Cadmium	> 0.05 µg/l	
	Arsen	> 5 µg/l	
	Antimon	> 0.1 µg/l	
	Uran	> 10 µg/l	
	Beprobte, nachgewiesene Konzentrationen < entsprechende Konzentrationen oben		

Grundwasserleiter

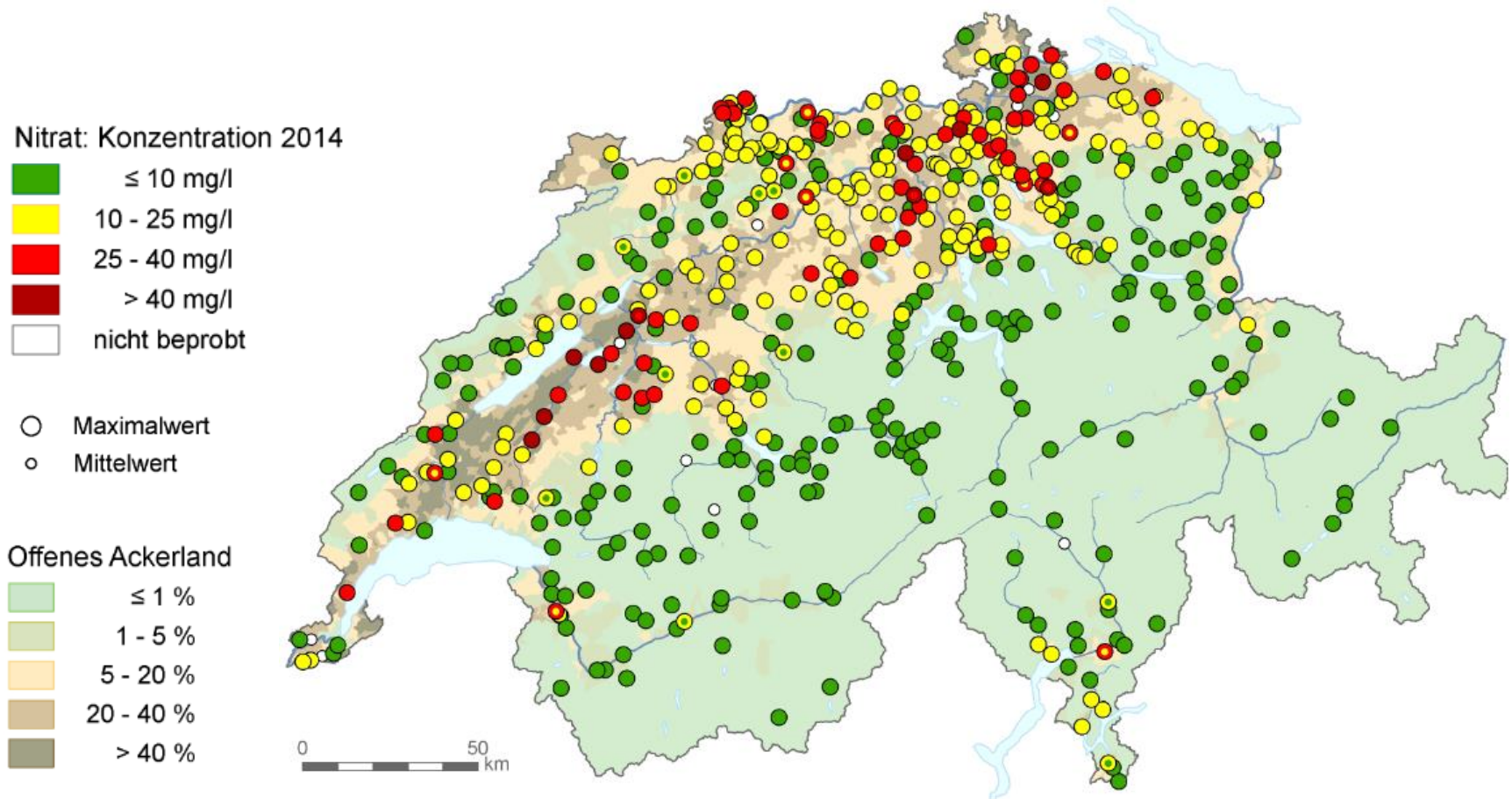
	Lockergesteins-Grundwasserleiter
	Kluft-Grundwasserleiter
	Karst-Grundwasserleiter





# Qualité des eaux souterraines - résultats

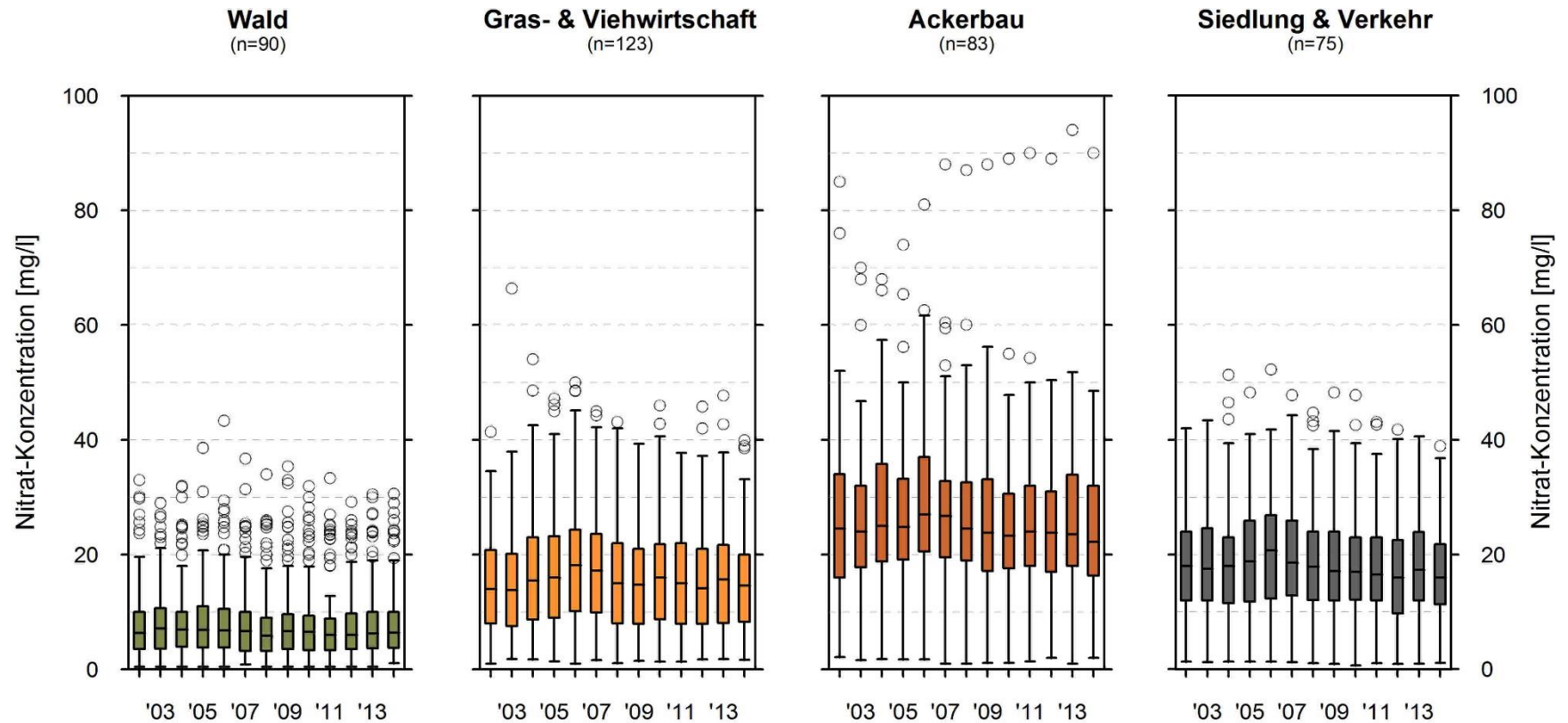
## Nitrates – Distribution spatiale





# Qualité des eaux souterraines - résultats

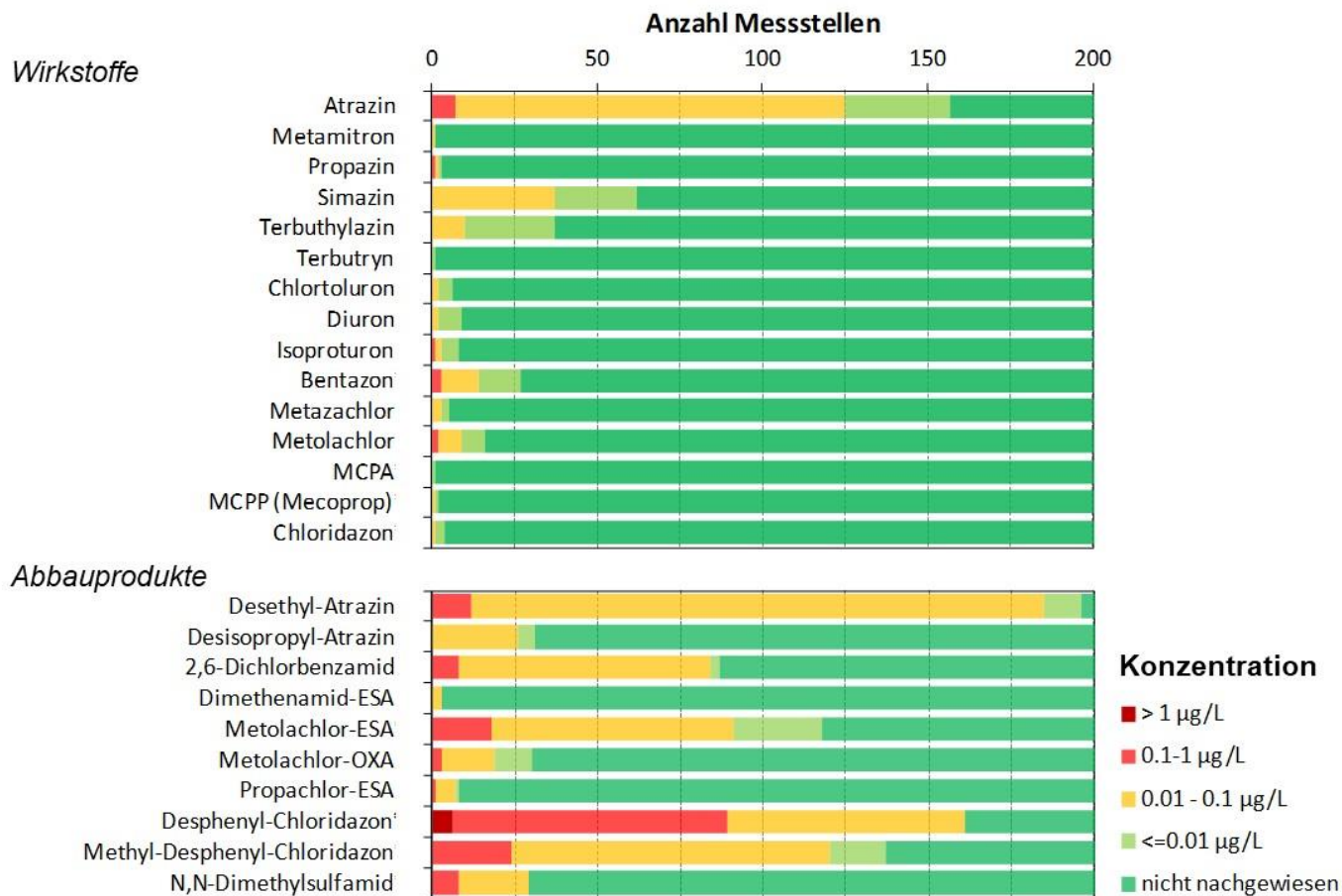
## Nitrates – Évolution temporelle





# Qualité des eaux souterraines - résultats

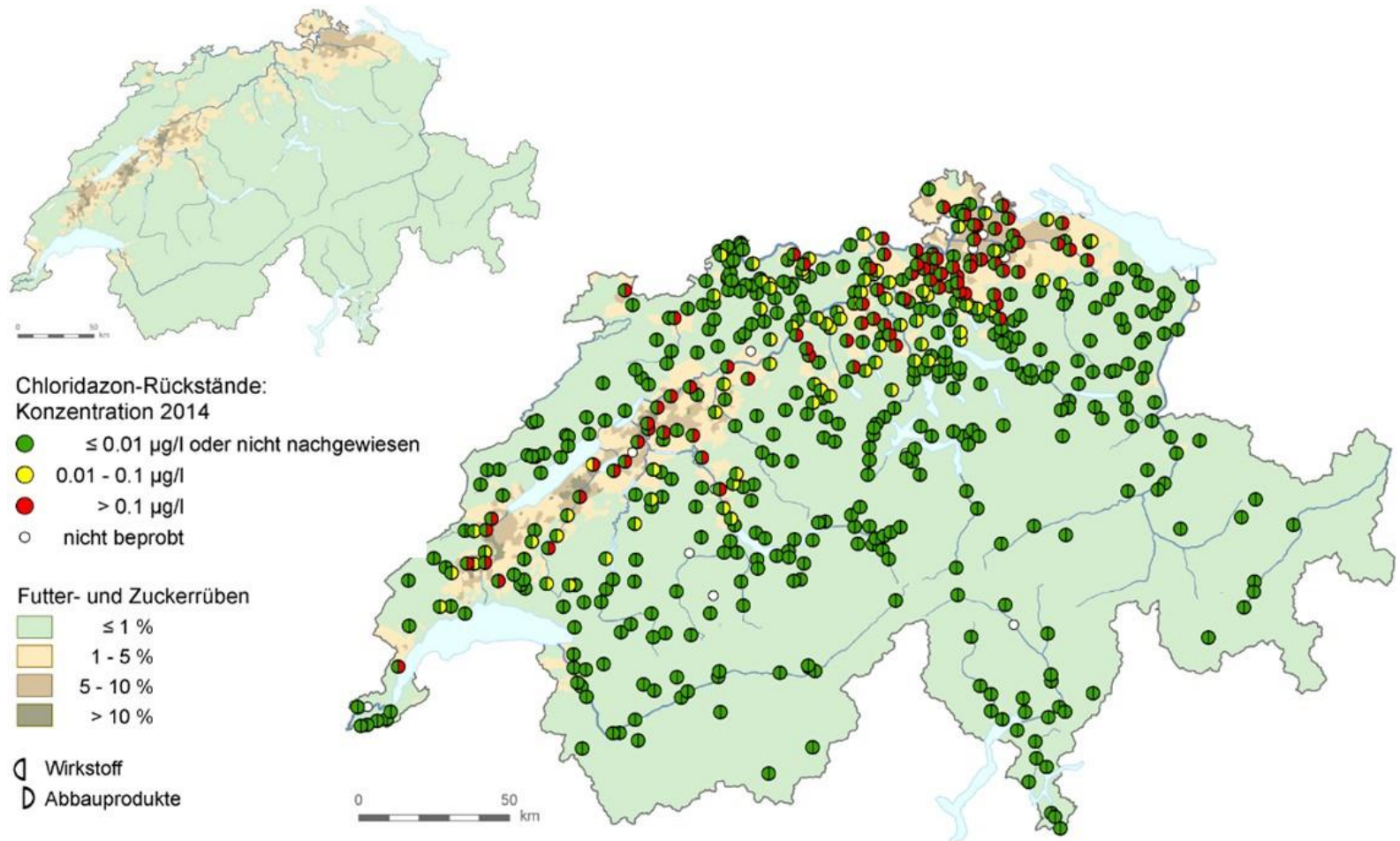
## Résidus de produits phytosanitaires (PSM)





# Qualité des eaux souterraines - résultats

## Résidus de chloridazone





# Qualité des eaux souterraines - résultats

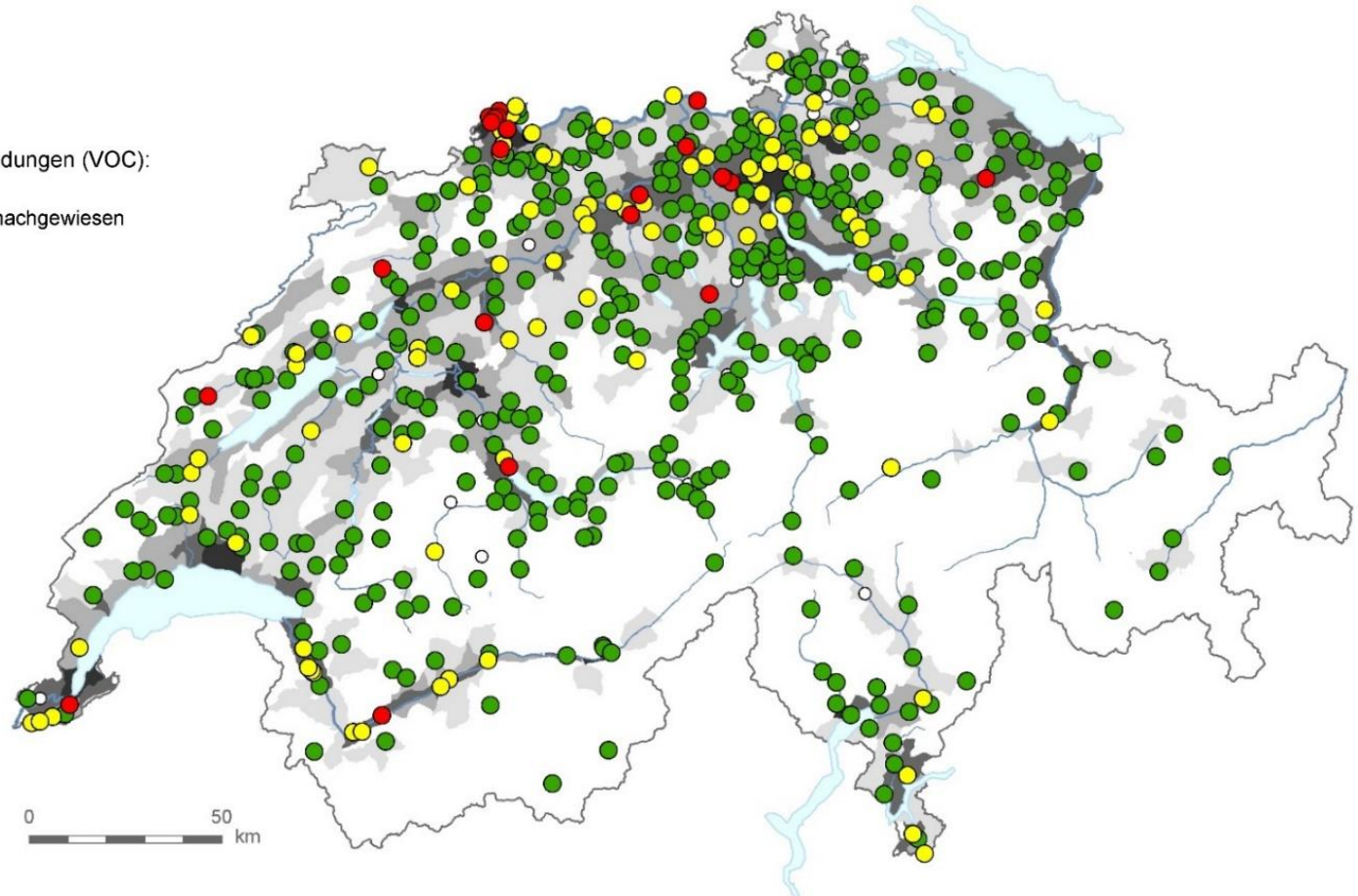
## Composés organiques volatils (COV)

Flüchtige organische Verbindungen (VOC):  
Konzentration 2014

- $\leq 0.1 \mu\text{g/l}$  oder nicht nachgewiesen
- $0.1 - 1 \mu\text{g/l}$
- $> 1 \mu\text{g/l}$
- nicht beprobt

Geschlossene Siedlung

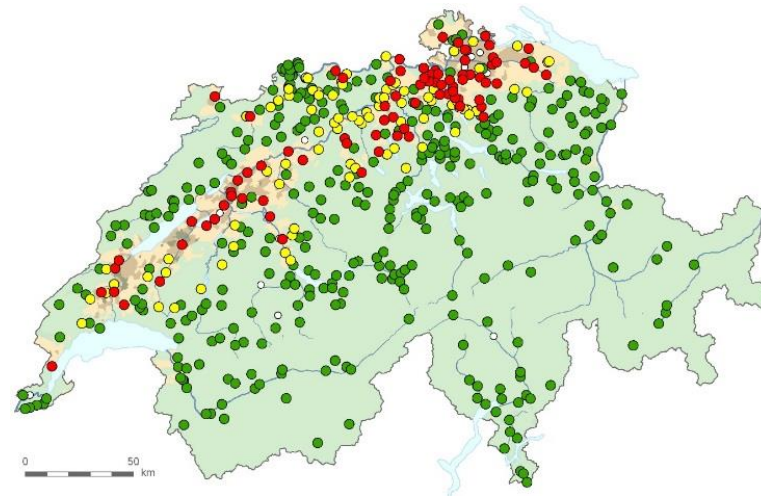
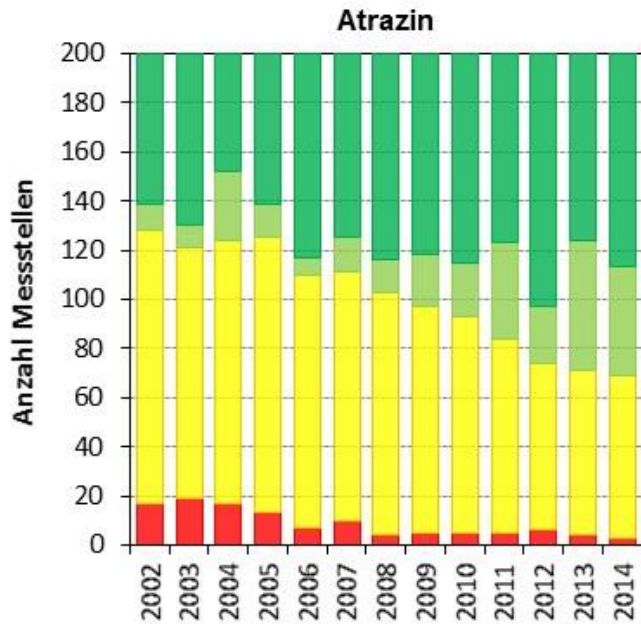
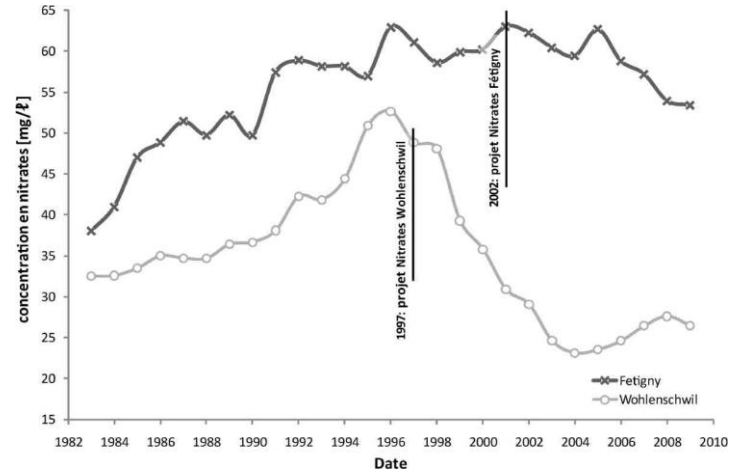
- $\leq 5 \%$
- 5 - 10 %
- 10 - 20 %
- 20 - 40 %
- $> 40 \%$





# Qualité des eaux souterraines

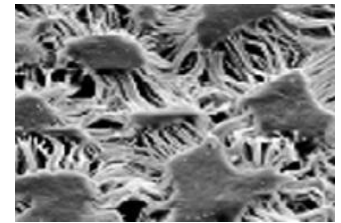
## Effet à long terme





# Qualité des eaux souterraines: Études pilotes

- Arzneimittel 2004 – 2006
- Radionuklide (3H, 222Rn, 226Ra, 234U+238U) 2005
- Natürliche transiente Tracer (3He/3H) 2005 – 2007
- Isotope (18O, 2H, 3H) 2006 – 2009
- Antimon 2006 – 2007
- Spurenelemente 2007 – 2008
- Perfluorierte Chemikalien PFC 2007 - 2008
- Screening auf Mikroverunreinigungen 2007 – 2009
- Mikrobiologie 2009 – 2010
- Dynamik Pflanzenschutzmittel 2010 – 2011
- Radioisotope 2012
- Grundwasserbiozönose 2012 – 2013
- Bacterial source tracking 2012 – 2013
- Grundwasserfauna 2013 – 2014
- 1,4-Dioxan 2014 – 2016
- Glyphosat 2016
- Screening auf Mikroverunreinigungen 2017 ff
- Passiv-Sampling 2017 ff
- Spurenelement und Hauptinhaltsstoffe 2018
- Perchlorat 2018

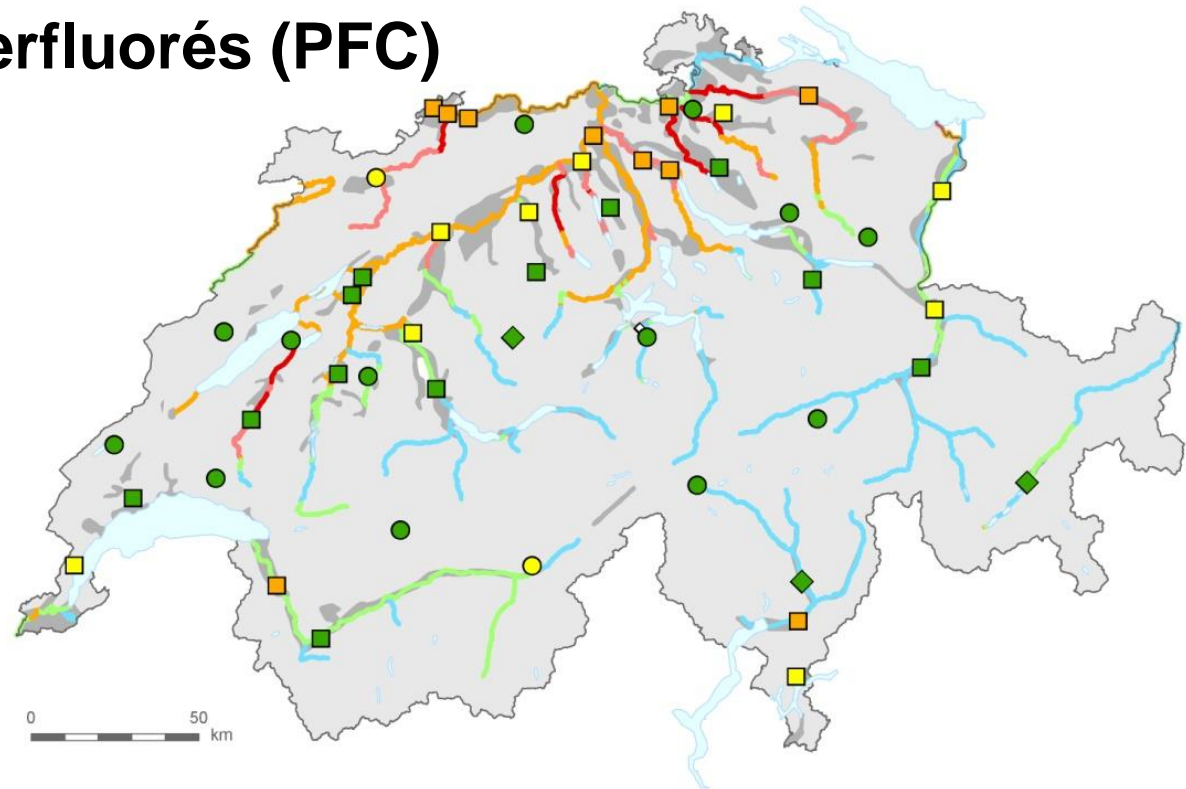






# Qualité des eaux souterraines: Études pilotes

## Composés perfluorés (PFC)



Perfluorierte Chemikalien (PFC):  
Konzentration 2007/ 2008

- nicht nachgewiesen
- ≤ 10 ng/l
- > 10 ng/l
- nicht beprobt

Messstelle

- Förderbrunnen
- ◇ Piezometer
- Quelle

Grundwasserleiter

- Lockergesteins-Grundwasserleiter
- Kluft-/ Karst-Grundwasserleiter

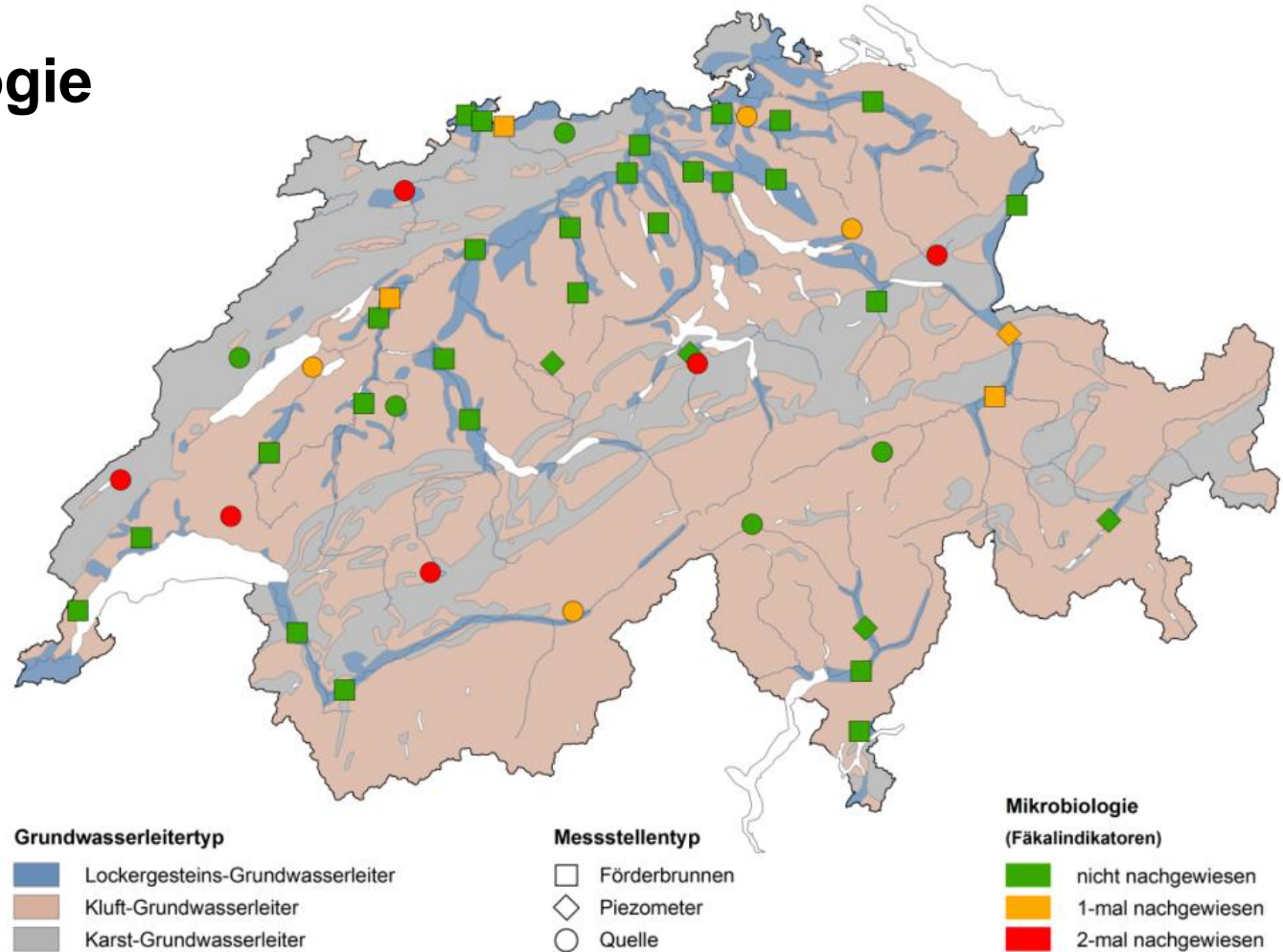
Abwasseranteil  
im Fließgewässer

- ≤ 2 %
- 2 - 5 %
- 5 - 10 %
- 10 - 20 %
- > 20 %



# Qualité des eaux souterraines: Études pilotes

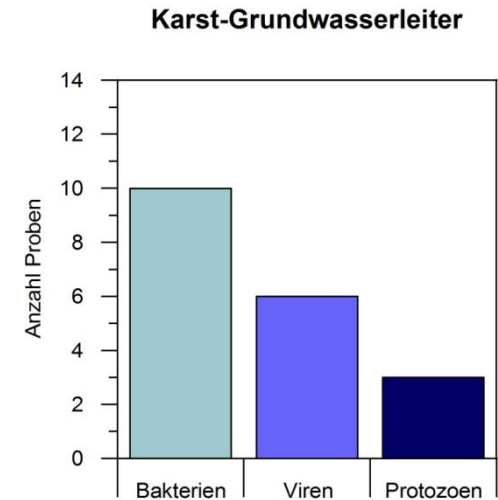
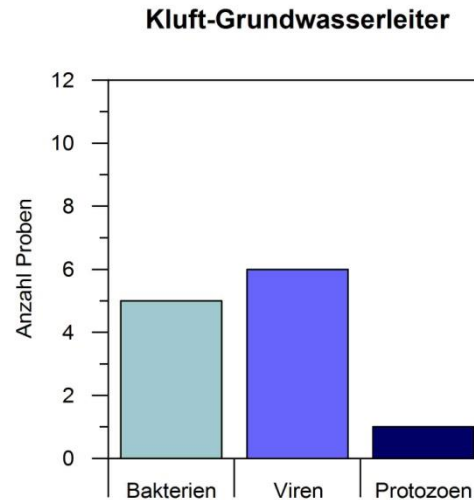
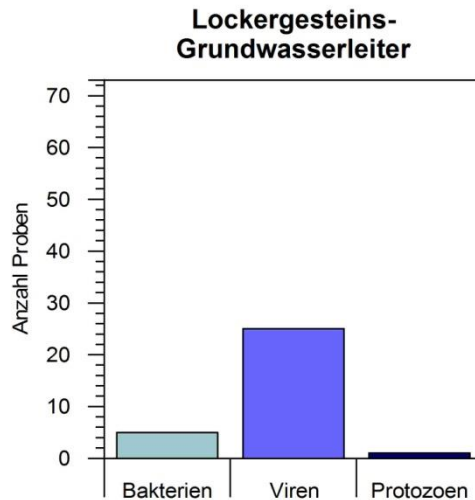
## Microbiologie





# Qualité des eaux souterraines: Études pilotes

## Microbiologie



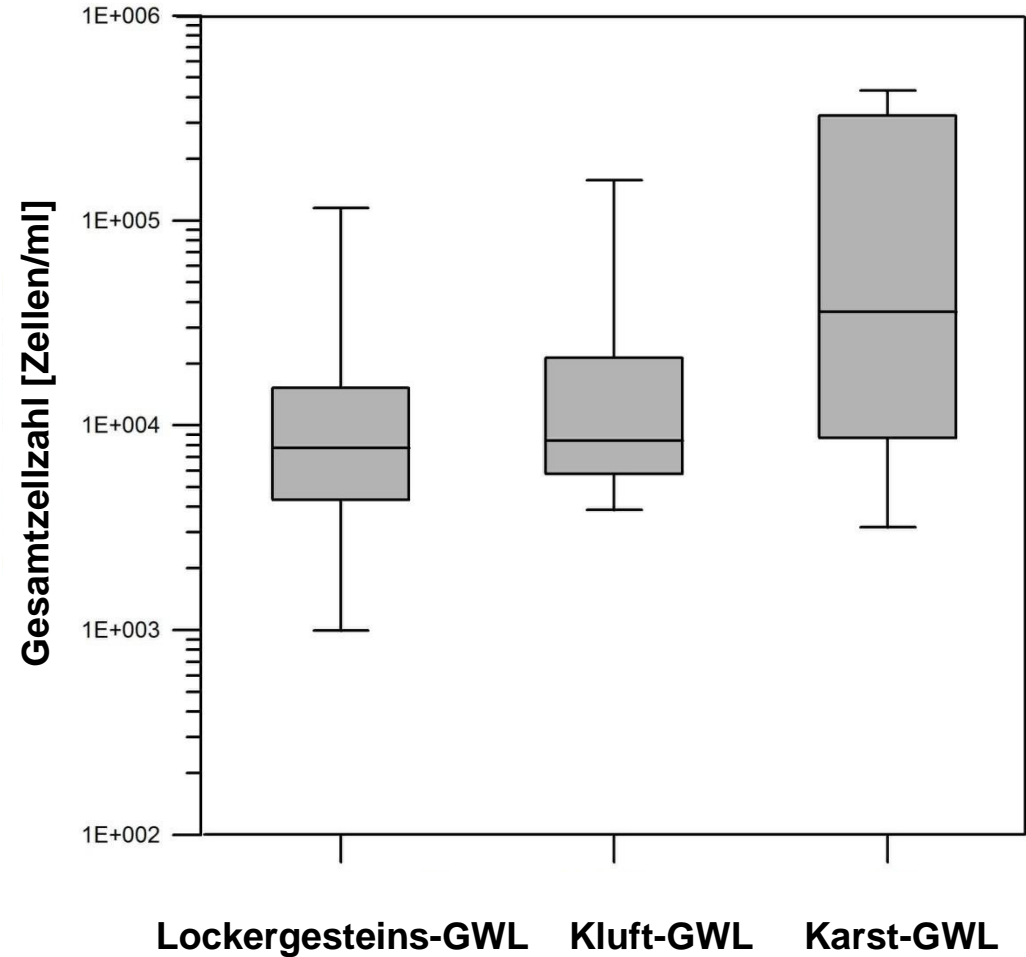
Effet filtrant

Vitesses d'écoulement



# Qualité des eaux souterraines: Études pilotes

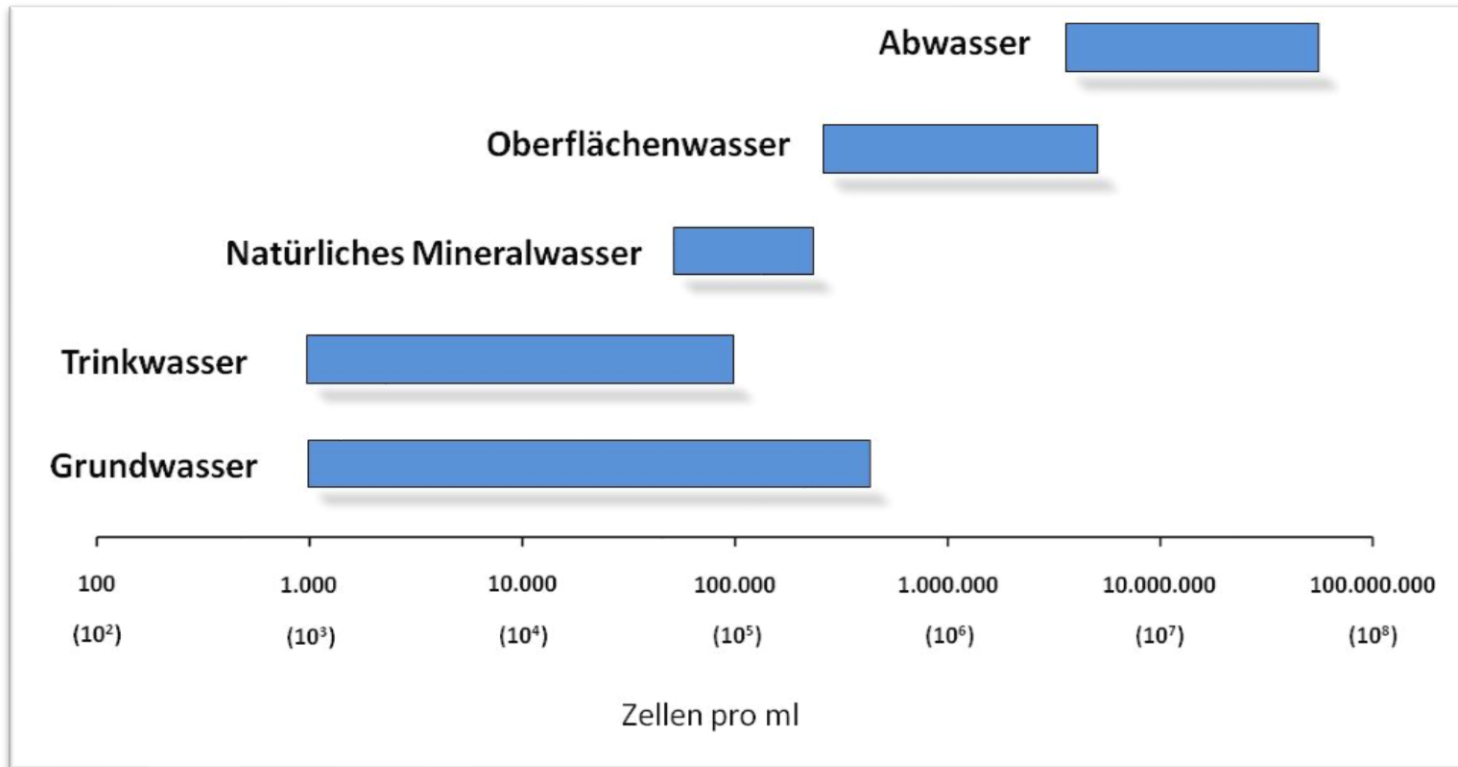
## Microbiologie





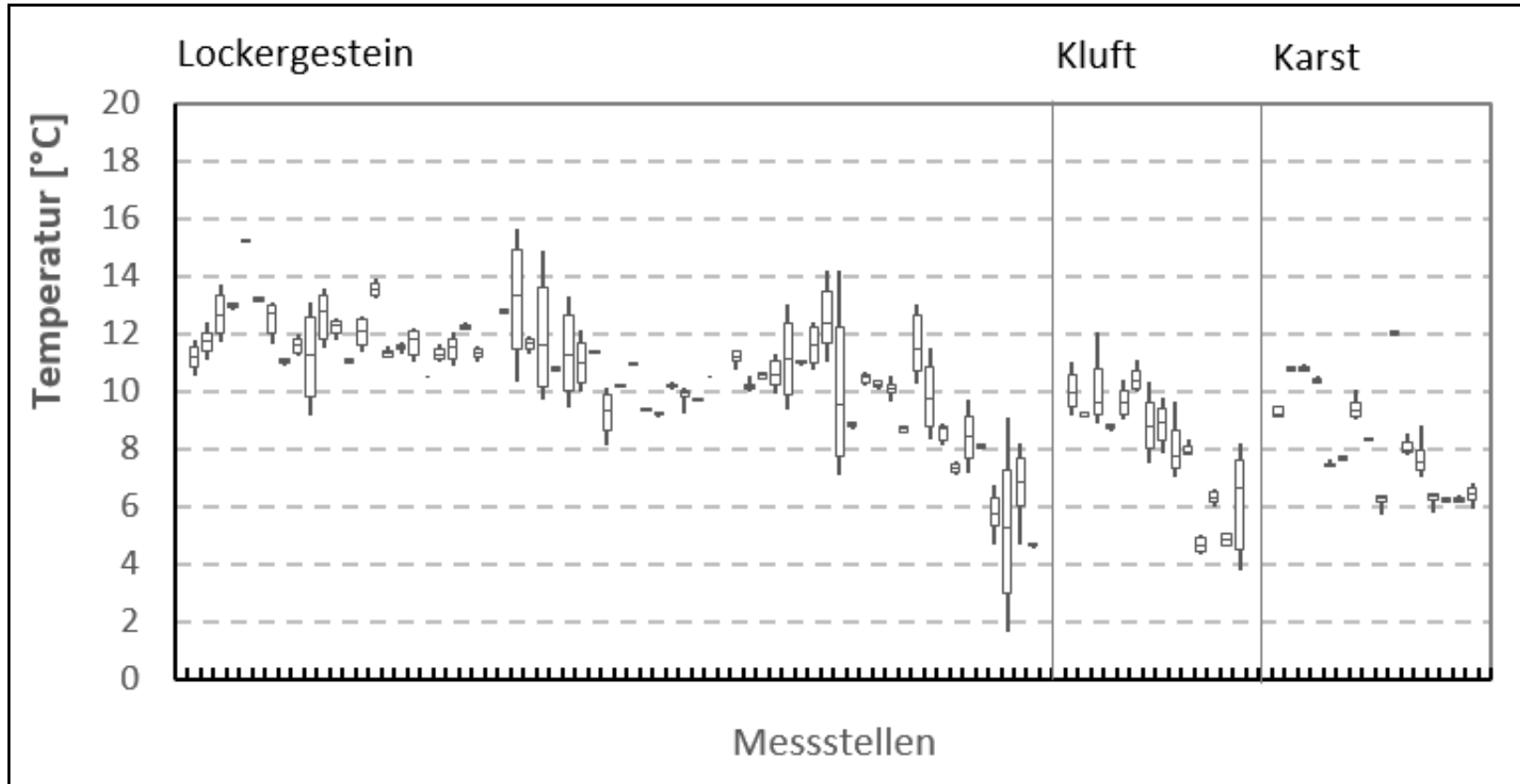
# Qualité des eaux souterraines: Études pilotes

## Microbiologie



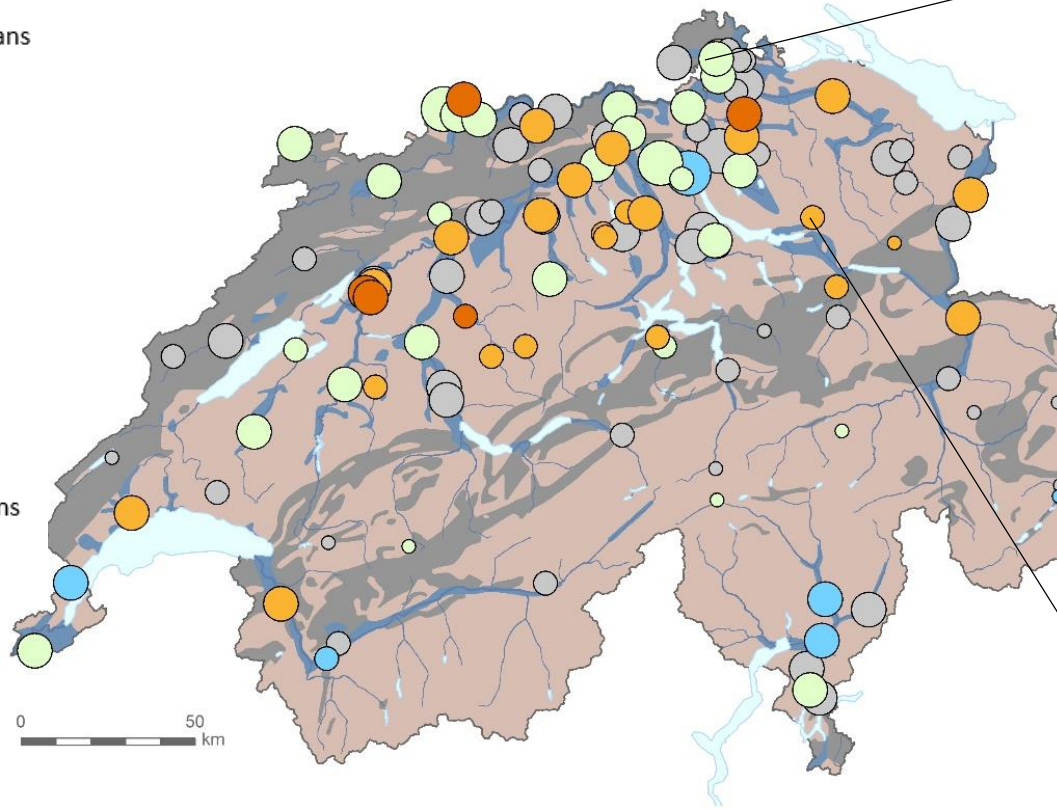
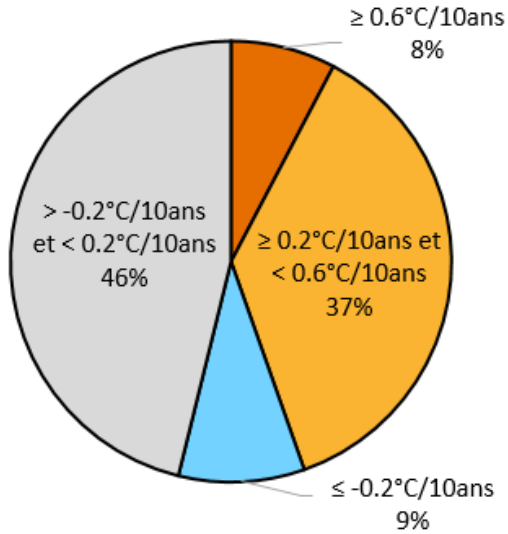


# Température des eaux souterraines





# Température des eaux souterraines



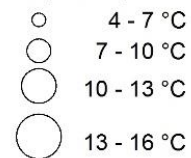
Station de mesure autonome - piézomètre Schaffhausen

Station de mesure alimentée en électricité - source Goldingen



## Température des eaux souterraines

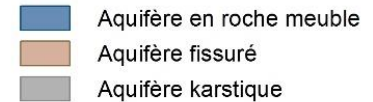
Moyenne pluriannuelle



Tendance



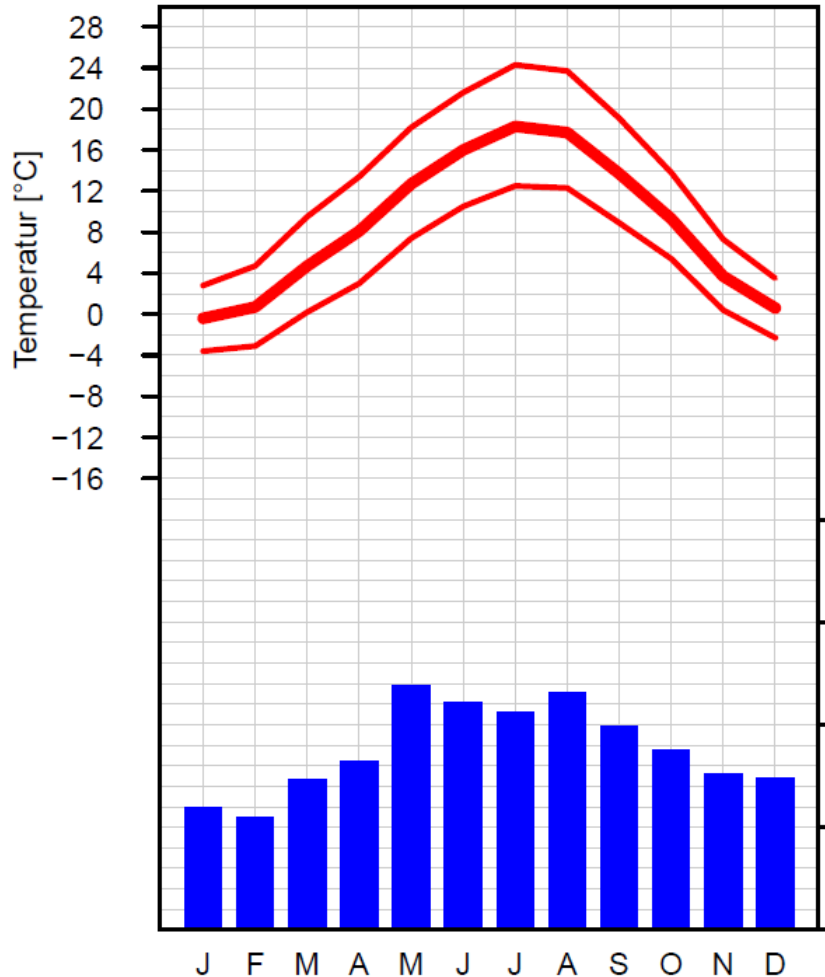
## Type d'aquifère



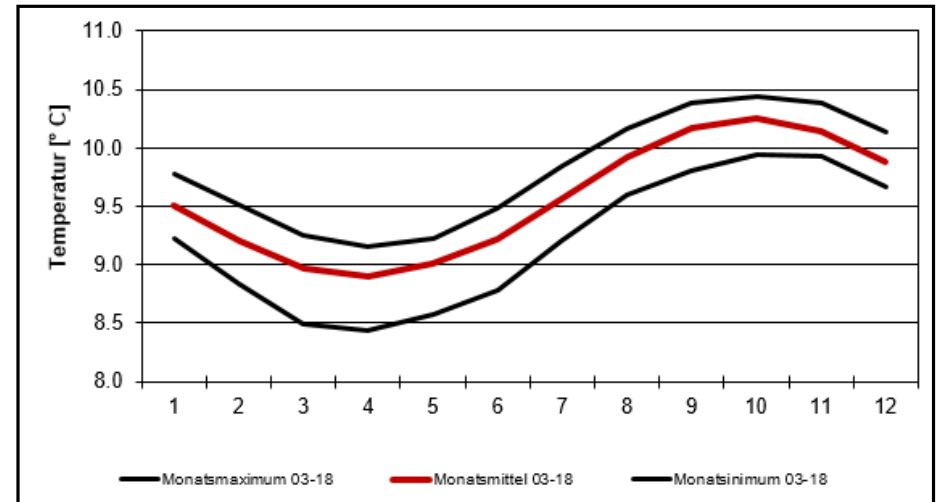


# Température des eaux souterraines

Température de l'air à Bern/Zollikofen  
Norme 1981-2010



Température des eaux souterraines à Heitenried  
Norme 2003-2018

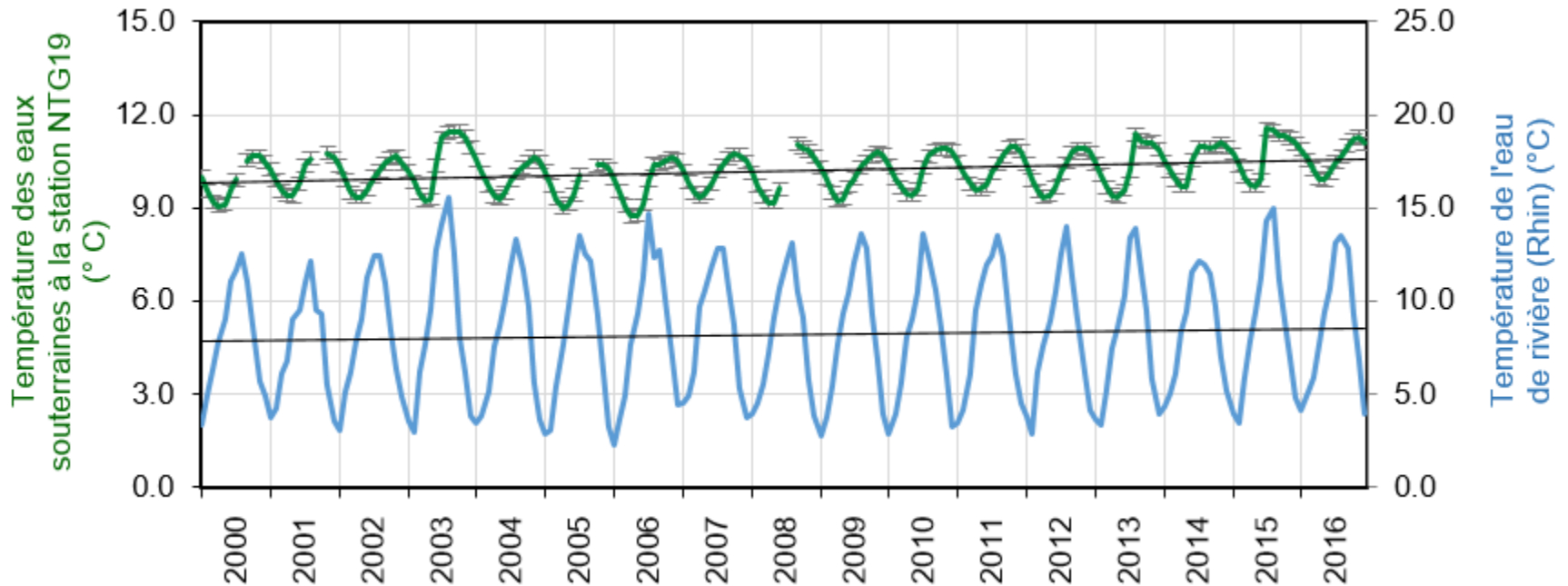


- Pour les aquifères superficiels sans influence des eaux de surface typiques pour la Suisse
- Recharge uniquement par les précipitations
- Décalage des signaux de température d'environ 3 mois (souvent)





# Température des eaux souterraines

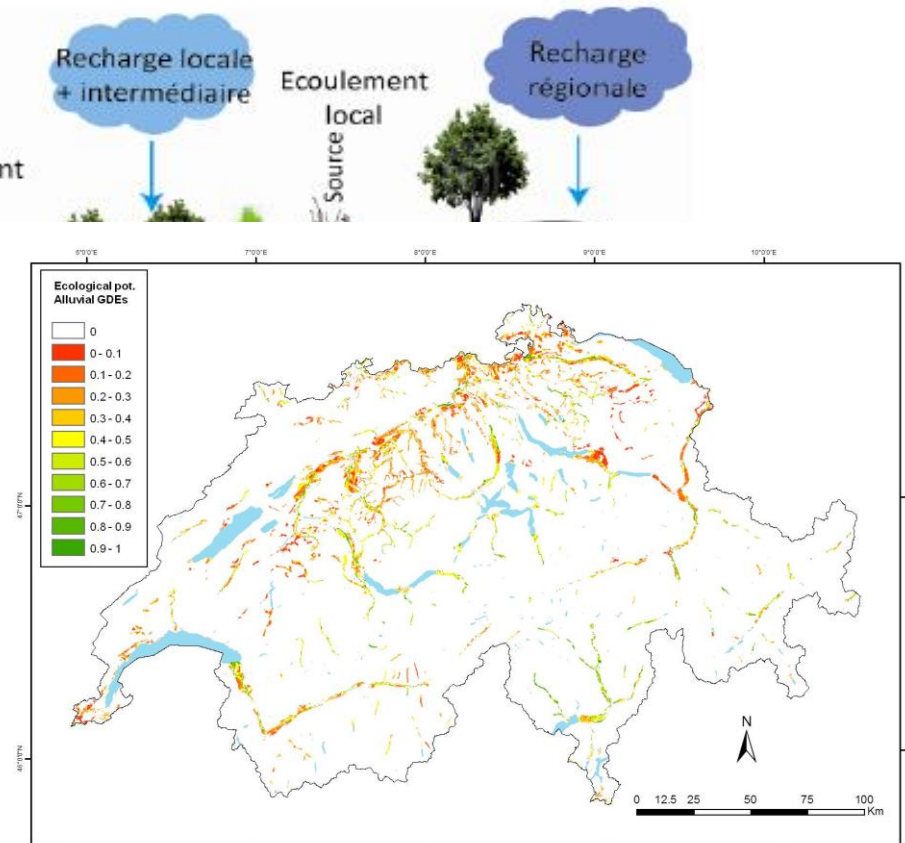
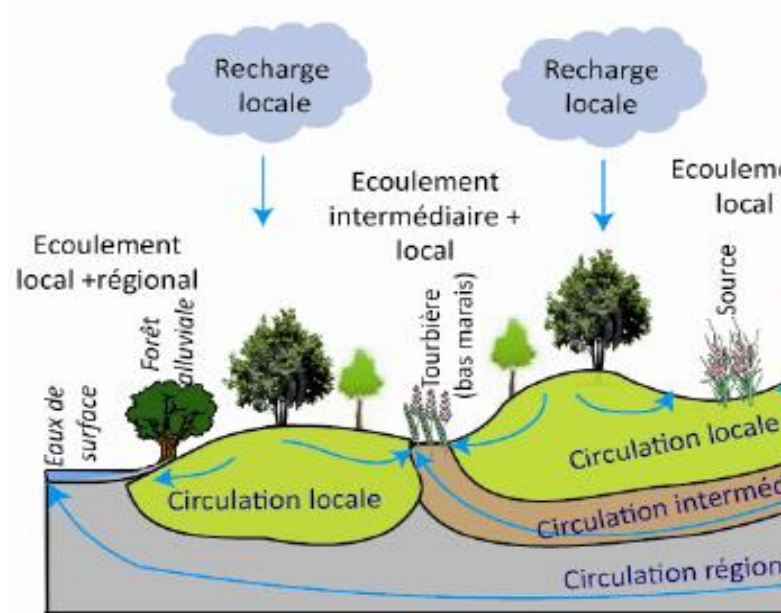


- Pour les aquifères superficiels avec influence des eaux de surface typiques pour la Suisse
- Recharge également par les rivières (Rhin)
- Décalage des signaux de température d'environ 3 mois



# Écosystèmes dépendants des eaux souterraines

Sources, zones alluviales, tourbières, zone hyporhéique



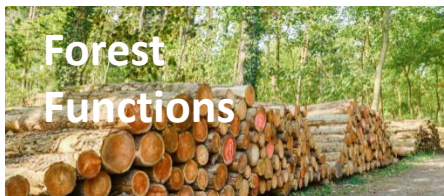
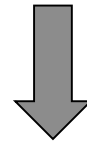


# Influence du climat sur les ressources en eau

Observations,  
Scenarios, Forecasts,  
Research,  
Monitoring



Diverse (potential)  
users of climate  
services





# Influence du climat sur les ressources en eau

NCCS Hydro CH-2018 / Focus area 3: Water cycle and extreme events

«Water  
balance and  
droughts»  
*ETHZ*

«AgriAdapt»  
*Agroscope, Uni Bern,  
Uni Neuchâtel*

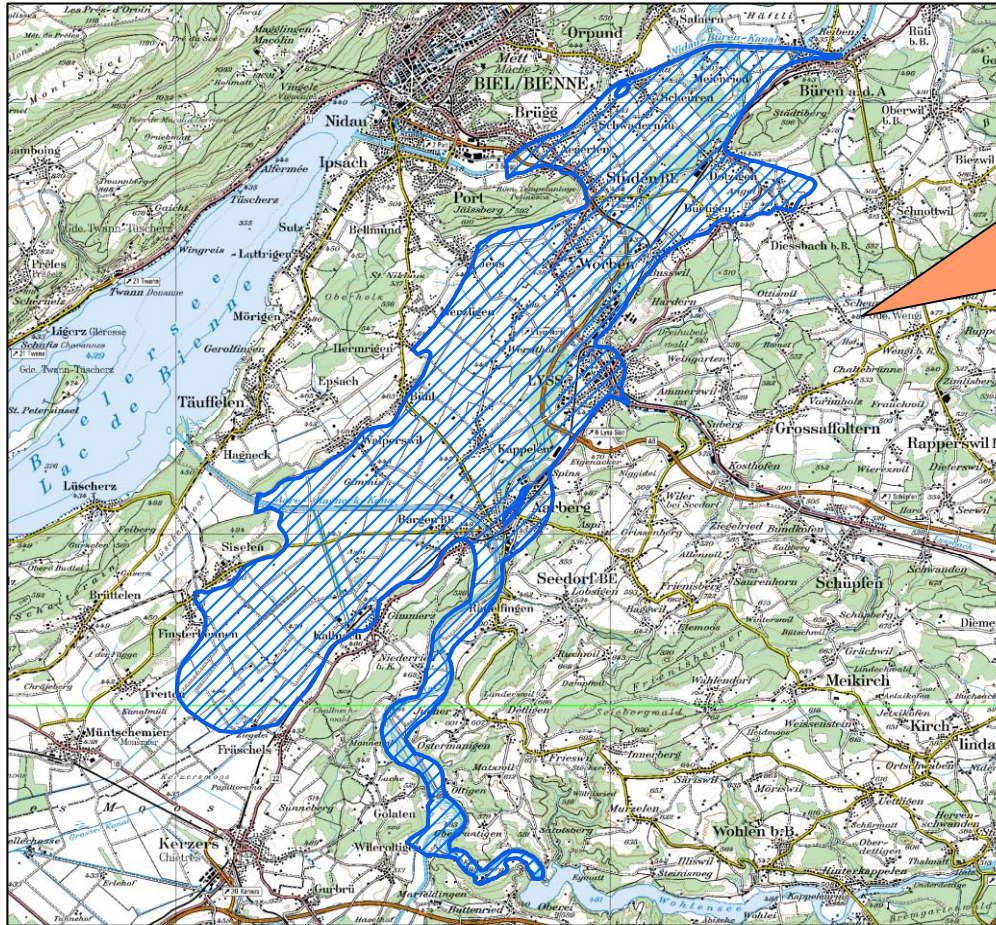


«Snow and  
groundwater»  
*Uni Neuchâtel,  
Uni Lausanne*

«FORHYCS-  
ICE-2018»  
*WSL*



# Influence du climat sur les ressources en eau



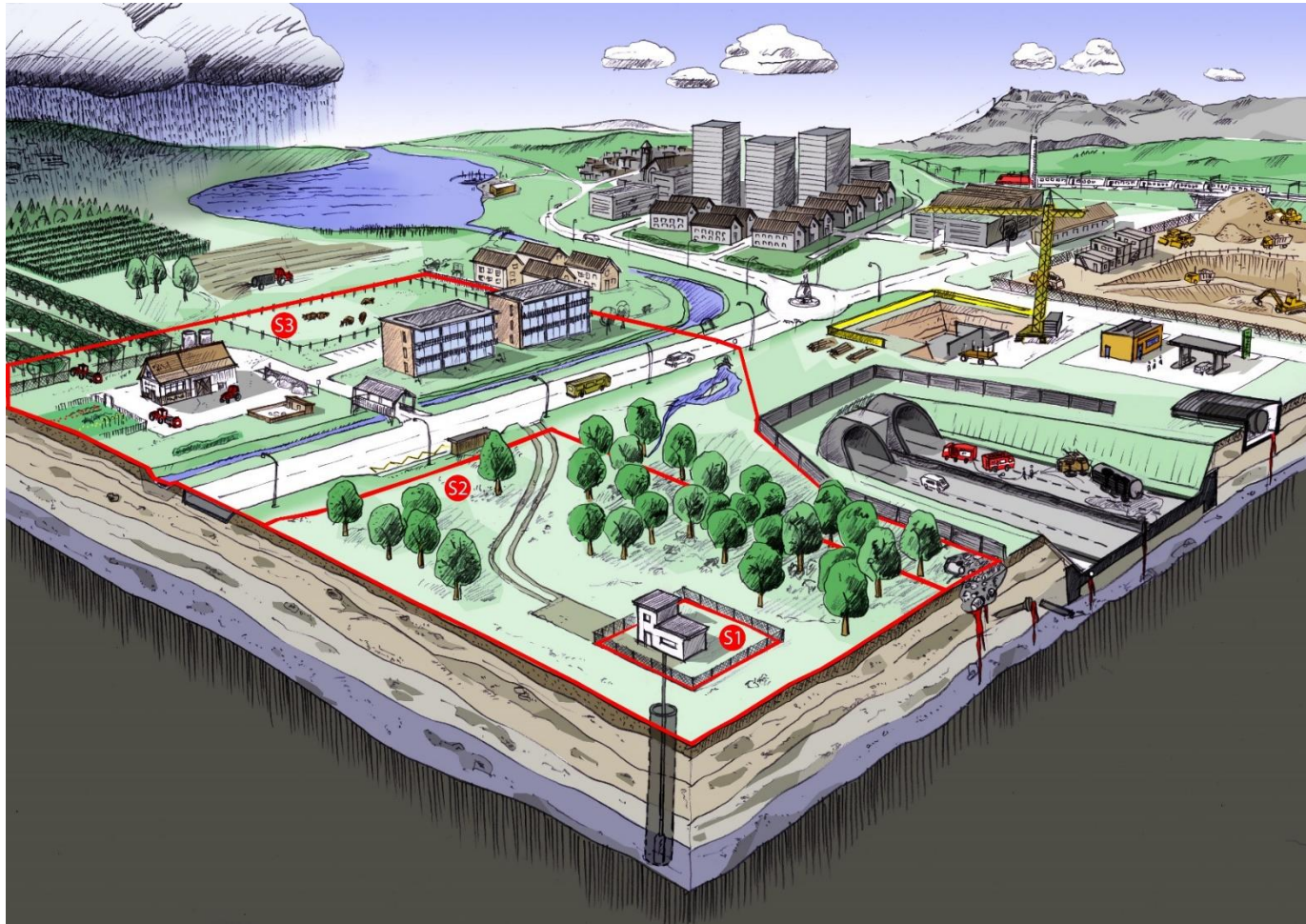
Quelle: Agroscope

«AgriAdapt»  
Agroscope, Uni Bern,  
Uni Neuchâtel

**Projet de  
recherche:**  
Agricultural  
adaptation to  
climate change and  
its impact on  
groundwater  
resources



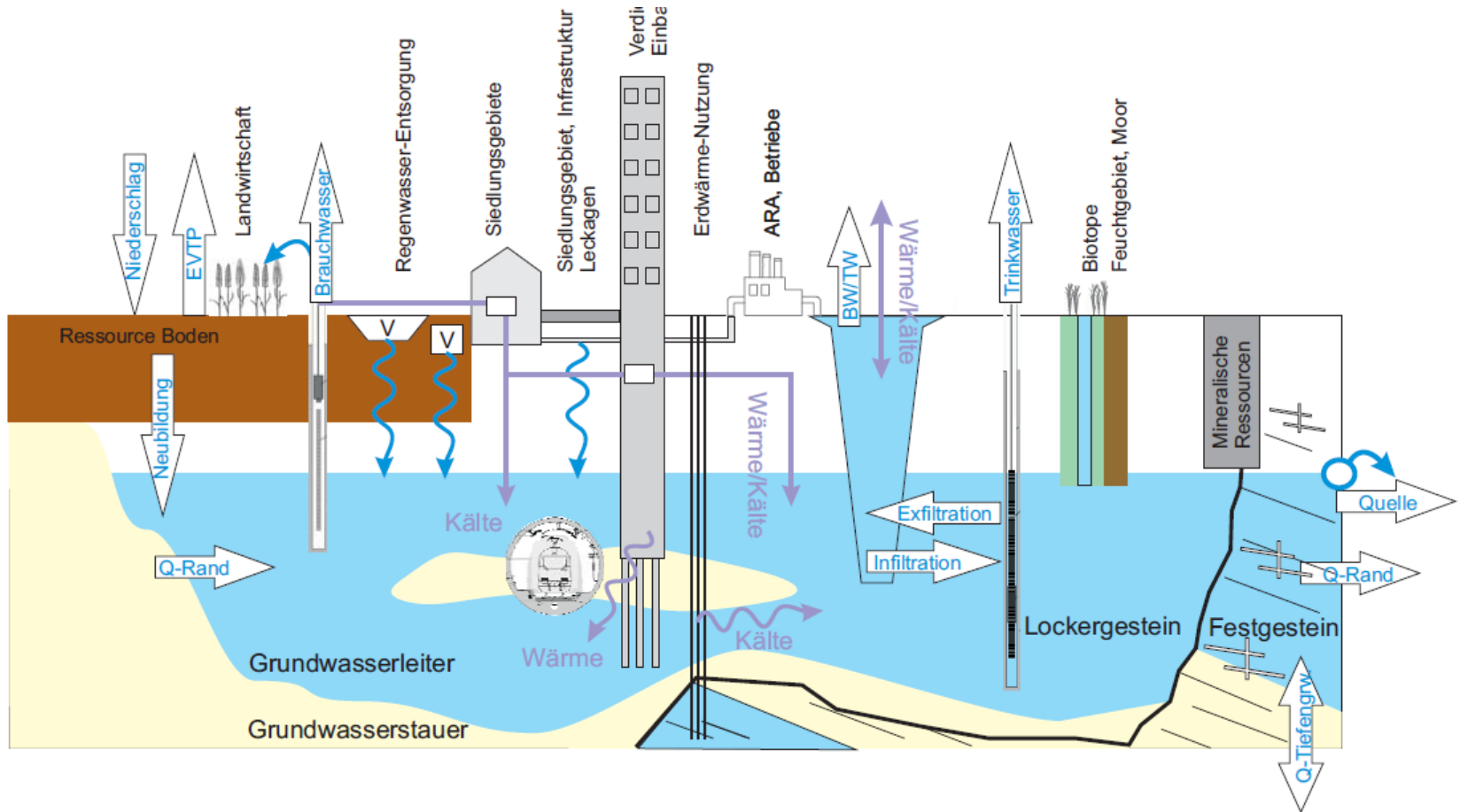
# Mise en danger des eaux souterraines





# Gestion des eaux souterraines

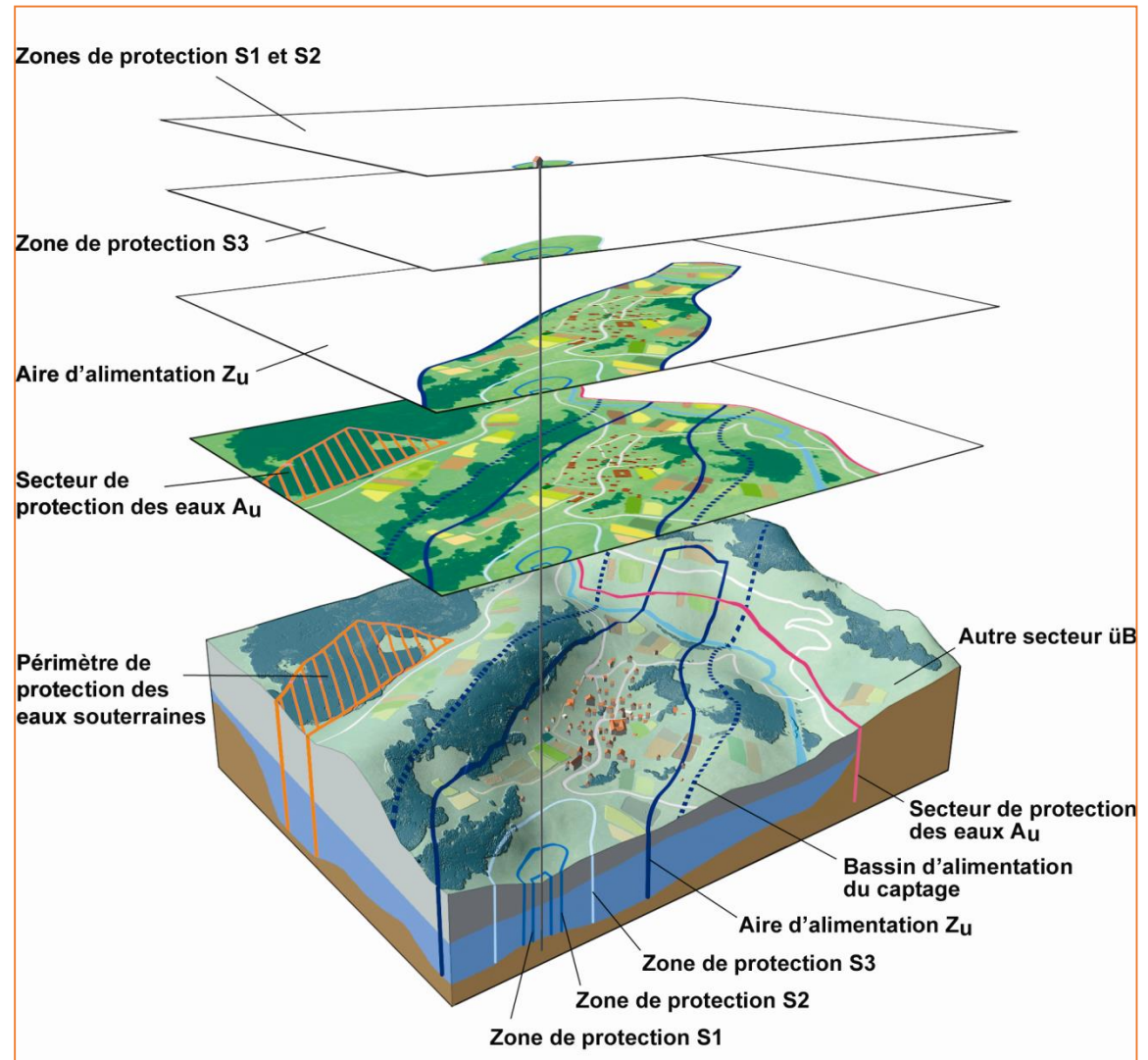
## Gestion intégrale des ressources en eau





# Gestion des eaux souterraines

## Protection des eaux souterraines







# Questions?



[www.bafu.admin.ch/grundwasser](http://www.bafu.admin.ch/grundwasser)