

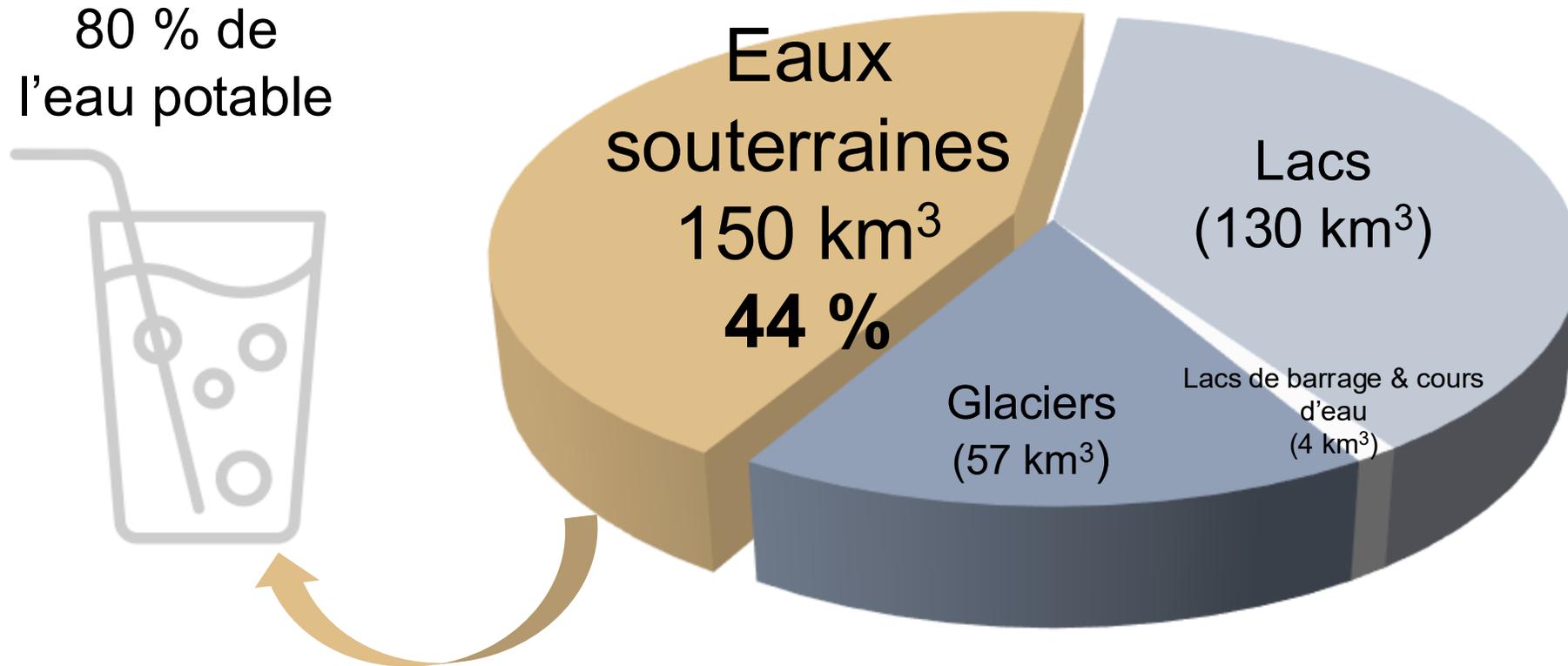
Biodiversité et services écosystémiques dans les eaux souterraines

Prof. Dr. Florian Altermatt

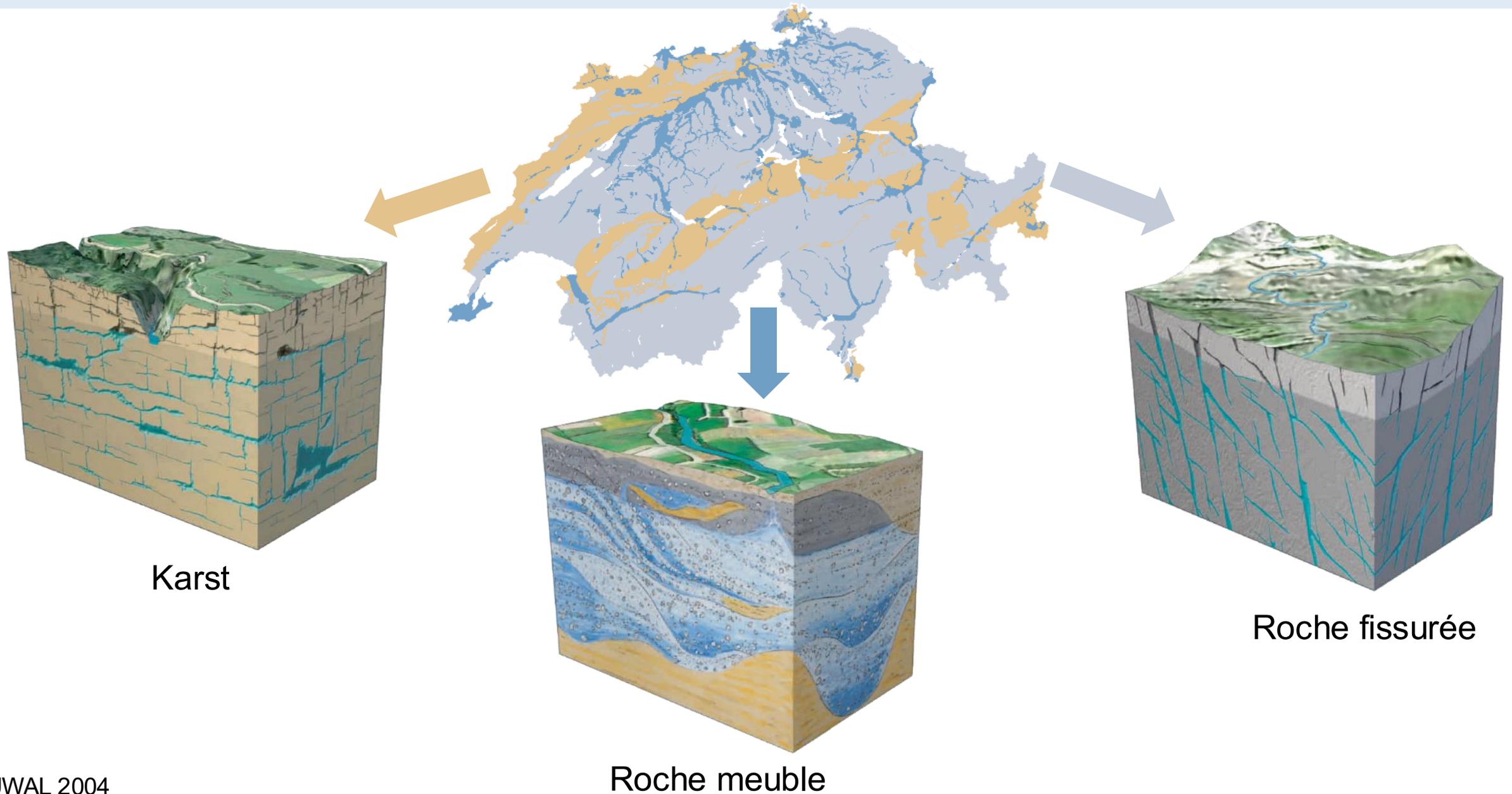


Importance des eaux souterraines

Réserves d'eau en Suisse



Importance des eaux souterraines



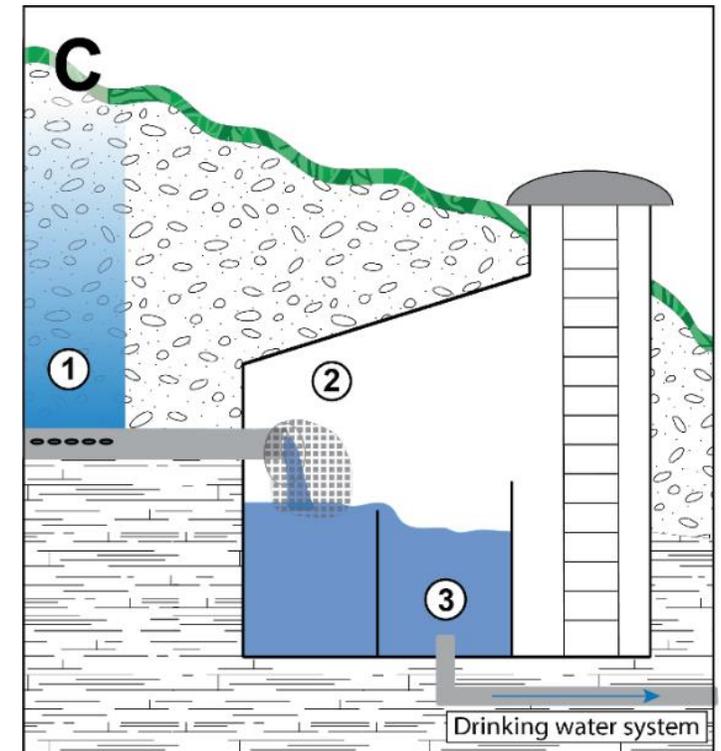
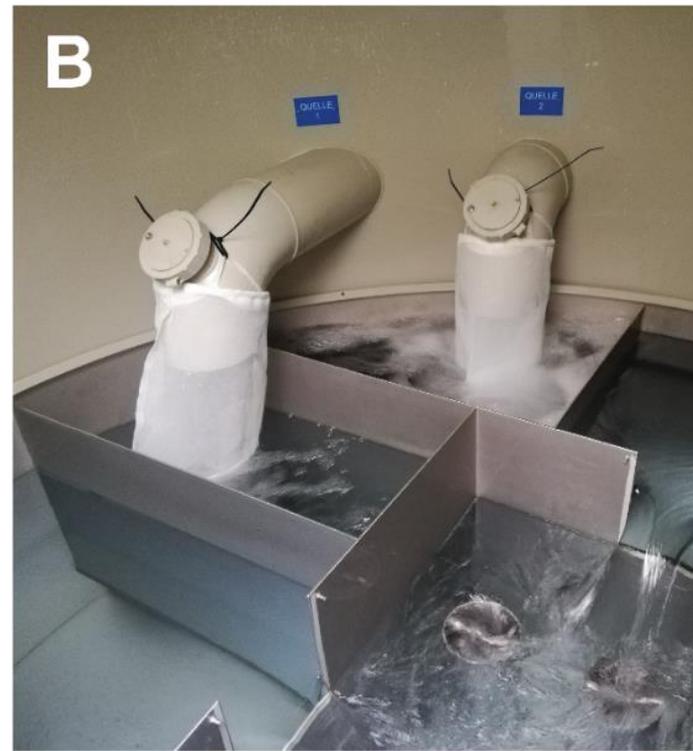
Karst

Roche fissurée

Roche meuble

Importance des eaux souterraines

Approvisionnement en eau potable en Suisse par de nombreuses compagnies des eaux décentralisées (généralement niveau communal).

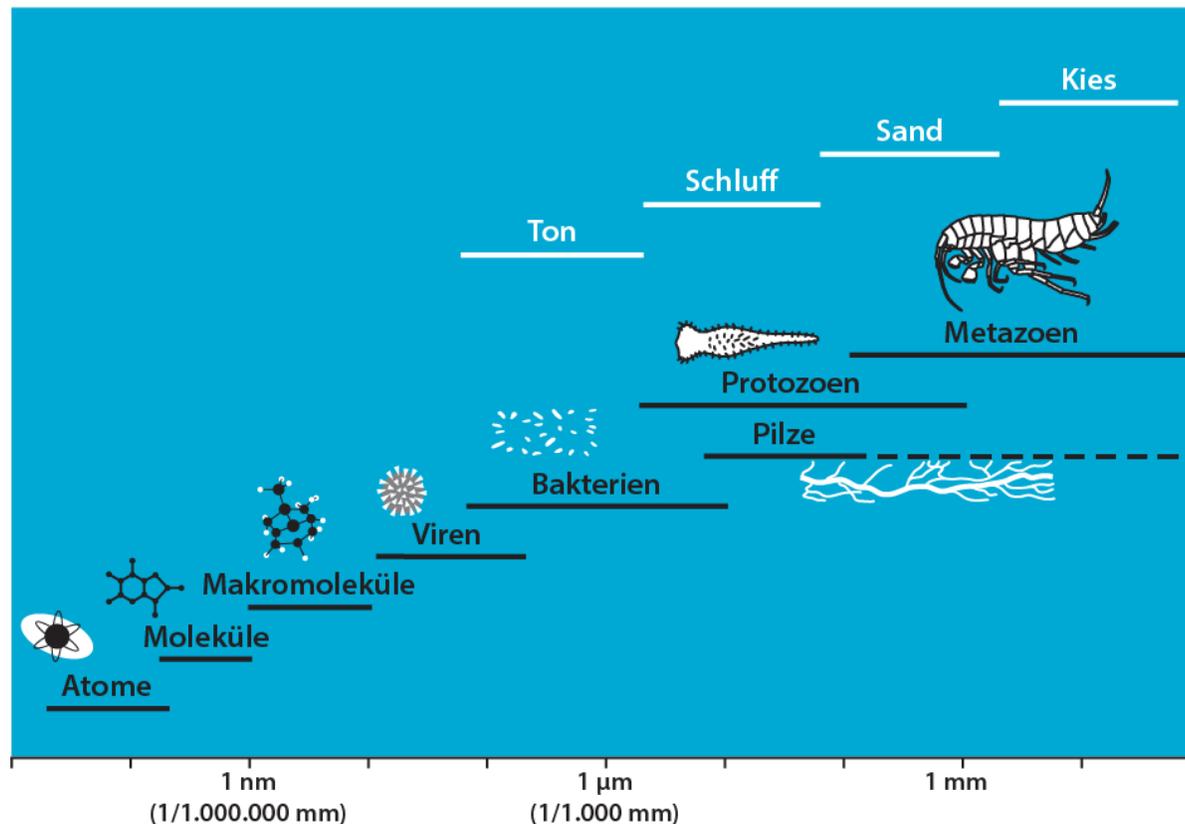


A) L'eau est collectée dans des captages, B) rassemblée et D) directement introduite dans le système d'eau potable, généralement aucun traitement préalable n'est nécessaire.

Service écosystémique

L'utilisation directe n'est possible/garantie que si les processus naturels d'épuration sont assurés par l'écosystème des eaux souterraines.

Nettoyage et « traitement » – le service écosystémique le plus important.



- Les communautés vivantes assurent et améliorent la **qualité de l'eau**
- Les **processus de nettoyage** naturels gagnent en importance (charge en substances nocives et exploitation croissantes).
- Les communautés vivantes sont encore peu connues et **pas surveillées**.

Bases légales et principe de précaution

Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux)

814.20

du 24 janvier 1991 (État le 1^{er} février 2023)

*L'Assemblée fédérale de la Confédération suisse,
vu l'art. 76, al. 2 et 3, de la Constitution^{1,2}
vu le message du Conseil fédéral du 29 avril 1987³,
arrête:*

Titre 1 Dispositions générales

Art. 1 But

La présente loi a pour but de protéger les eaux contre toute atteinte nuisible. Elle vise notamment à:

- a. préserver la santé des êtres humains, des animaux et des plantes;
- b. garantir l'approvisionnement en eau potable et en eau d'usage industriel et promouvoir un usage ménager de l'eau;
- c. sauvegarder les biotopes naturels abritant la faune et la flore indigènes;
- d. sauvegarder les eaux piscicoles;
- e. sauvegarder les eaux en tant qu'élément du paysage;
- f. assurer l'irrigation des terres agricoles;
- g. permettre l'utilisation des eaux pour les loisirs;
- h. assurer le fonctionnement naturel du régime hydrologique.

Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux)

814.201

du 28 octobre 1998 (État le 1^{er} janvier 2025)

Le Conseil fédéral suisse,

*vu les art. 9, 14, al. 7, 16, 19, al. 1, 27, al. 2, 36a, al. 2, 46, al. 2, 47, al. 1, et 57, al. 4,
de la loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux)^{1,2}*

arrête:

*Annexe 1
(art. 1)*

Objectifs écologiques pour les eaux

1 Eaux superficielles

...

2 Eaux souterraines

¹ Les biocénoses des eaux souterraines doivent:

- a. être d'aspect naturel et adaptées au milieu;
- b. être typiques d'une eau peu ou non polluée.

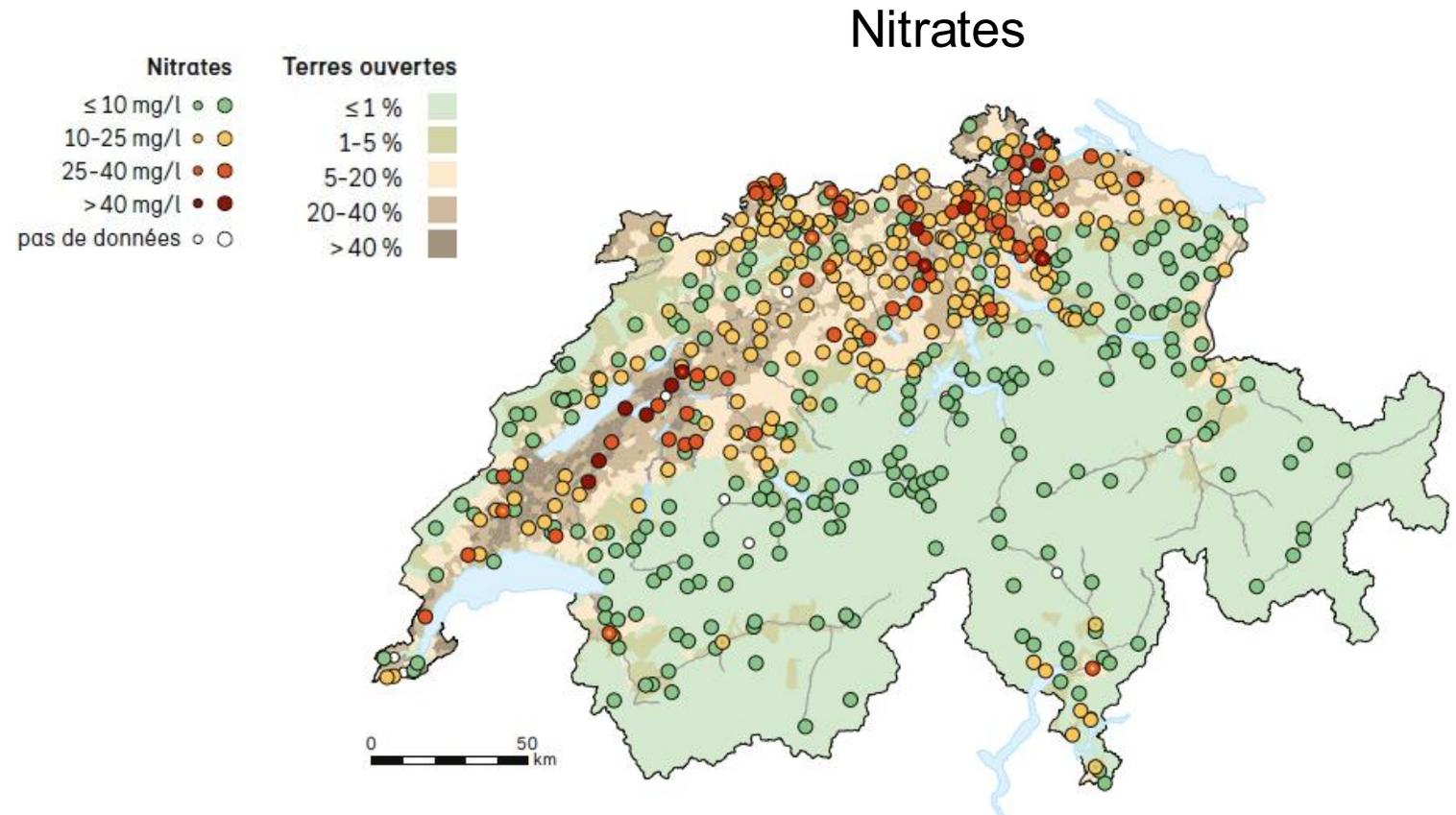
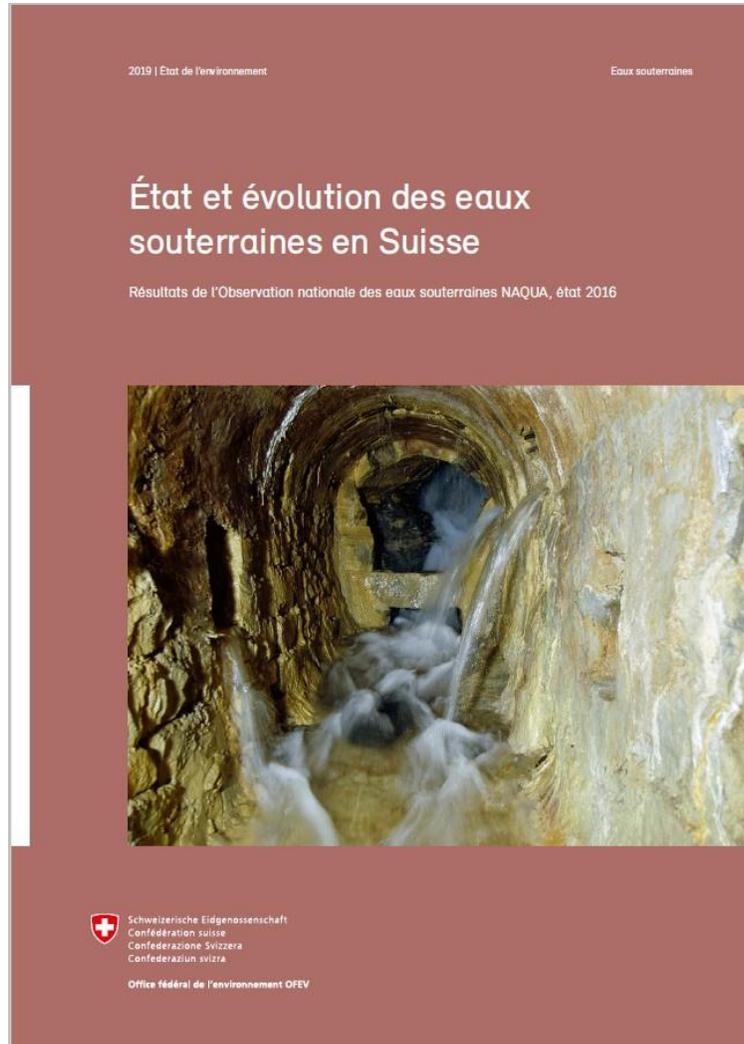
La **Loi sur la protection des eaux** (LEaux) vise, pour la protection des eaux souterraines à :

- Sauvegarder les biotopes naturels abritant la faune indigène
- Garantir l'approvisionnement en eau potable
- Préserver la santé des êtres humains

« **Stratégie sous-sol Suisse** » :

Demande explicitement une « Protection anticipée des valeurs » et « établir des inventaires nationaux et cantonaux »

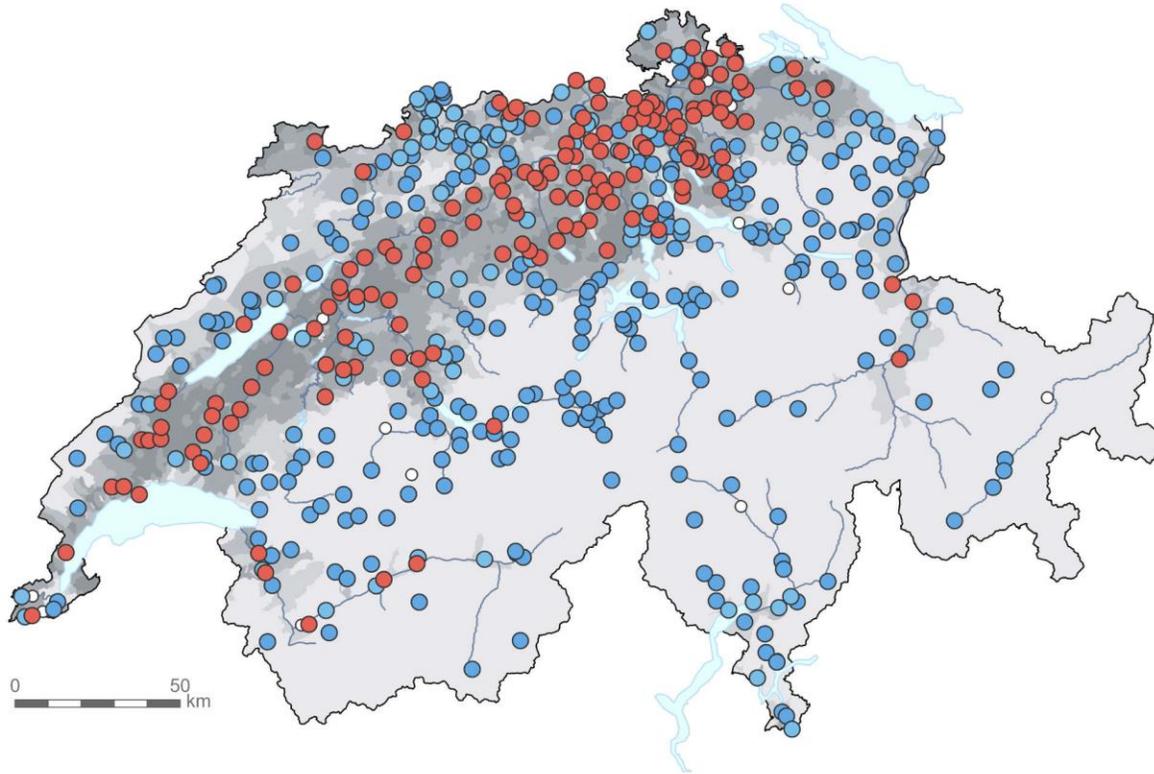
Pollution chimique des eaux souterraines



Délimitation d'une aire d'alimentation pour protéger les eaux souterraines utilisées pour l'eau potable contre les apports, surtout le cocktail de produits chimiques.

Pollution chimique des eaux souterraines

Chlorothalonil



Chlorothalonil R471811

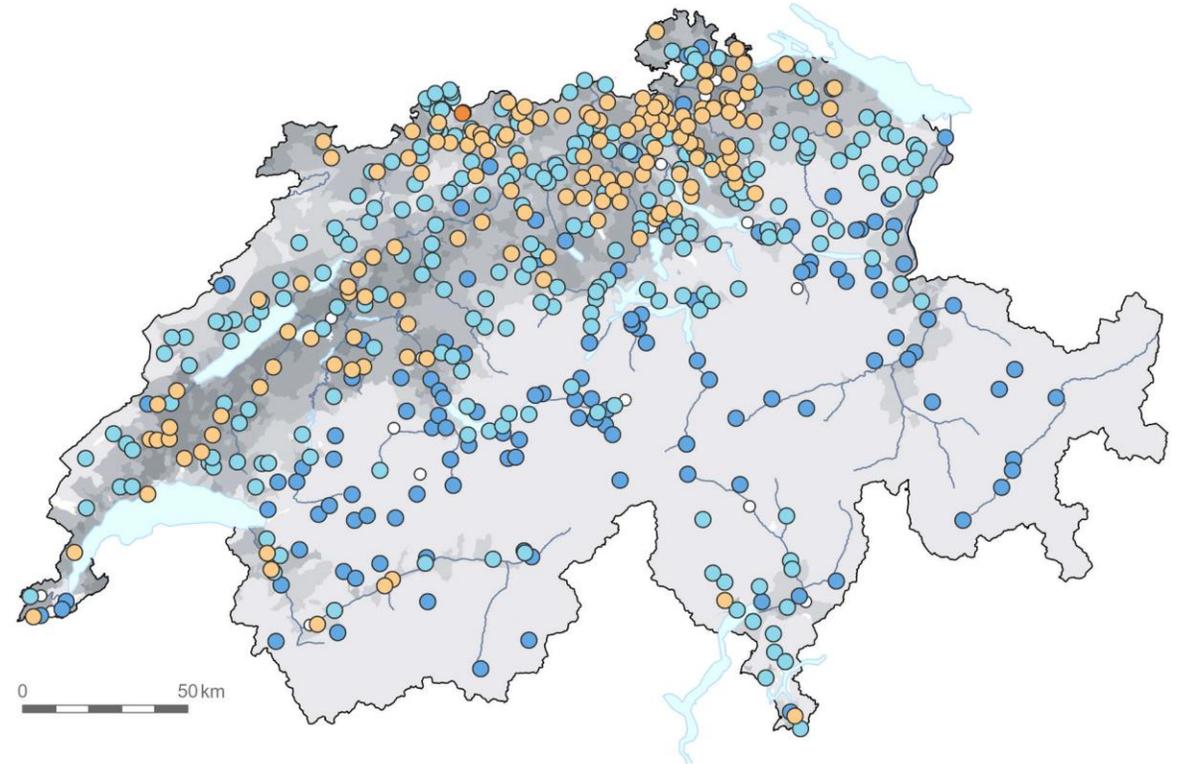
- ≤ 0.01 µg/l oder < BG
- 0.01 - 0.1 µg/l
- > 0.1 µg/l
- keine Daten

Numerische Anforderung GSchV: 0.1 µg/l

Getreide

- ≤ 1 %
- 1 - 5 %
- 5 - 10 %
- 10 - 20 %
- > 20 %

Acide trifluoroacétique (un PFAS)



TFA

- ≤ 0.5 µg/l oder < BG
- 0.5 - 1 µg/l
- 1 - 10 µg/l
- > 10 µg/l
- keine Daten

Offenes Ackerland

- ≤ 1 %
- 1 - 5 %
- 5 - 20 %
- 20 - 40 %
- > 40 %

Utilisation thermique et effets sur la biodiversité



Image: Wikimedia commons

Réchauffement :

- 1) Précipitation de minéraux à solubilité rétrograde tels que les carbonates. Croissance accélérée des bactéries thermophiles. **Modification du biofilm et des fonctions microbiennes de l'écosystème** (augmentation bactéries pathogènes, biofouling et corrosion (Dinkel et al., 2020).

=> Plus grande menace pour la santé humaine, si le même aquifère est utilisé pour l'approvisionnement en eau potable.

ARTS
Aquifer Reaction to Thermal Storage

Mais : effets sur la biodiversité incertains et non surveillés

2023 | Etat de l'environnement Biodiversité

Biodiversité en Suisse

Etat et évolution



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

Table des matières

Abstracts	6
Avant-propos	7
Résumé	9
1 Introduction	14
2 Milieux naturels alpins	22
3 Marais	30
4 Eaux	38
5 Forêt	50
6 Terres agricoles	58
7 Zones urbanisées	72
8 International et perspectives	80
Bibliographie	87
Crédits photographiques	98

Biodiversité dans les eaux souterraines :

- Insuffisamment documentée jusqu'à présent
- Pas encore partie intégrante de l'infrastructure écologique
- Suivi et valeurs de référence essentiels pour la garantie à long terme de ce service écosystémique
- « Système d'alerte précoce »



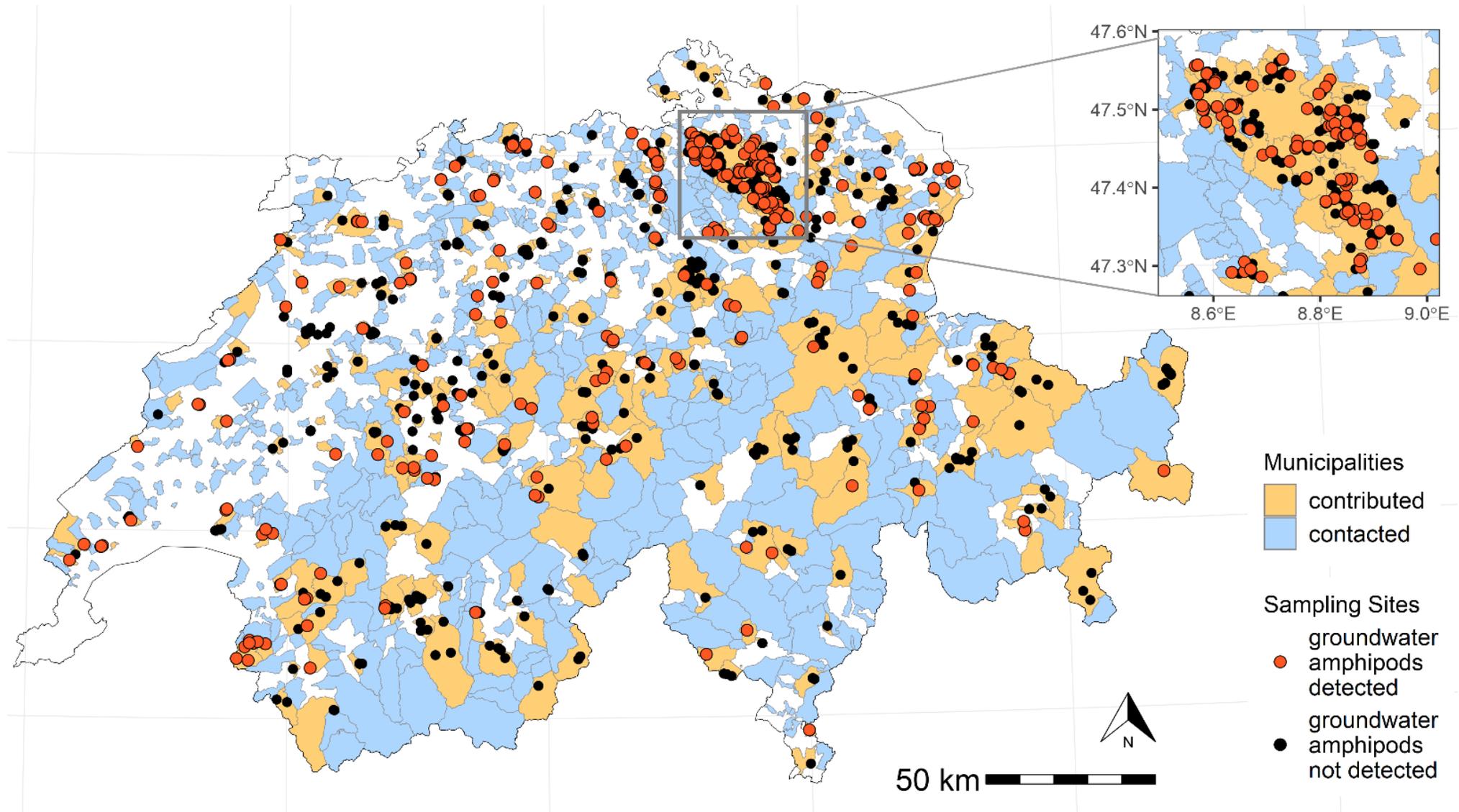
Projet national de science citoyenne



Collaboration avec >600 communes et responsables des eaux.

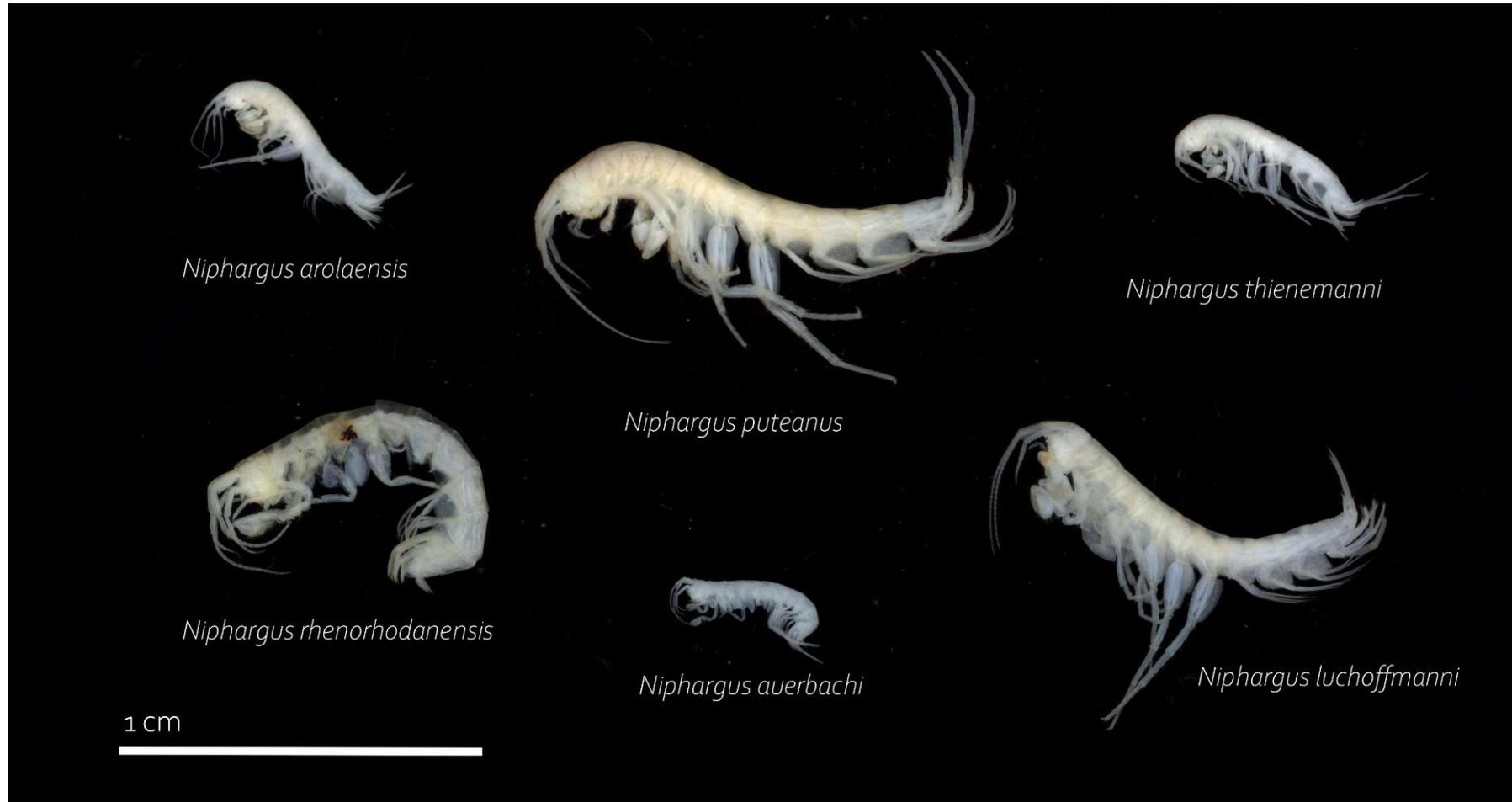
Contact étroit avec la « base » (c.-à-d. services des eaux) dans tout le pays.

Projet national de science citoyenne

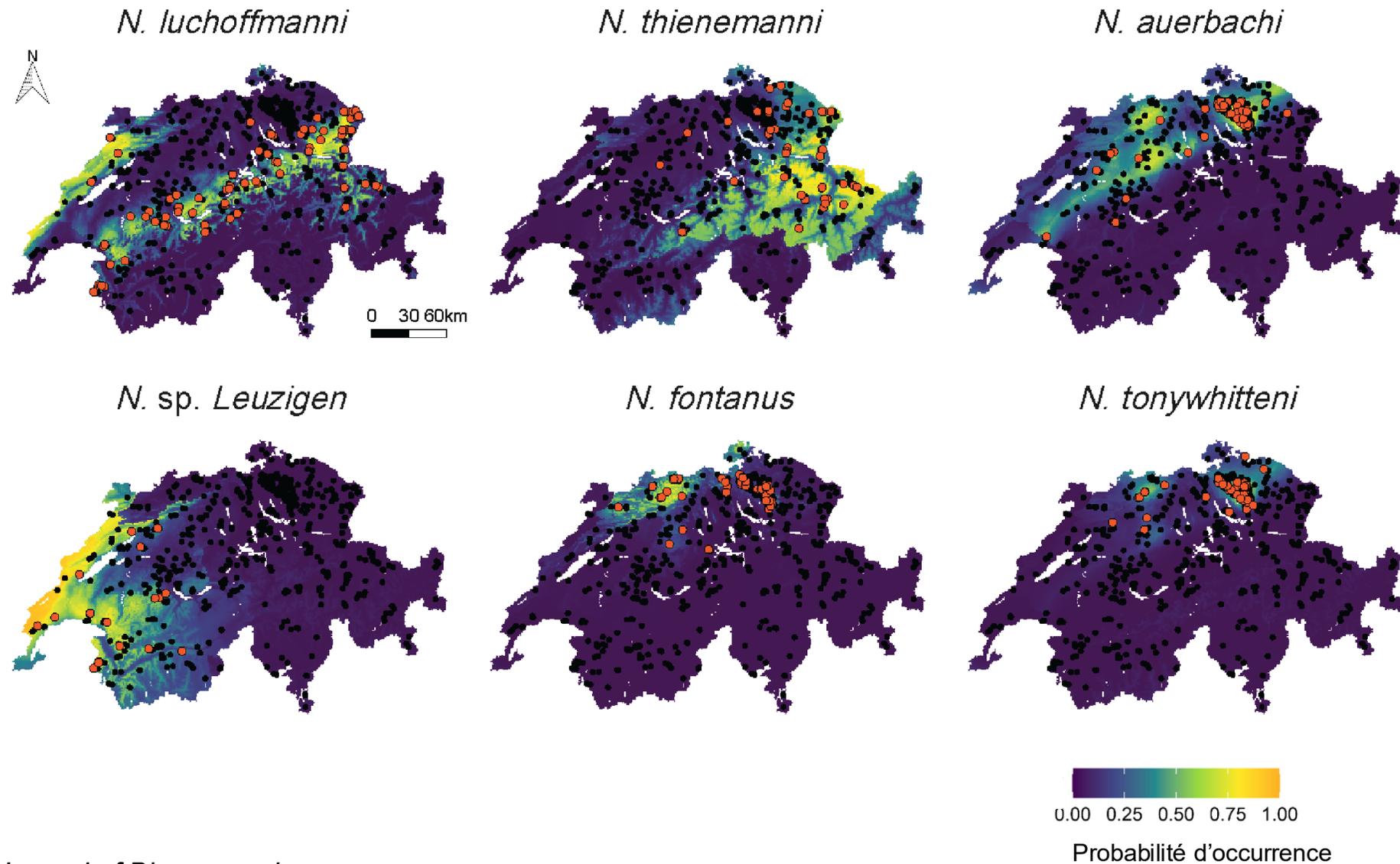


Que trouvons-nous ? Amphipodes — « Lions » des eaux souterraines

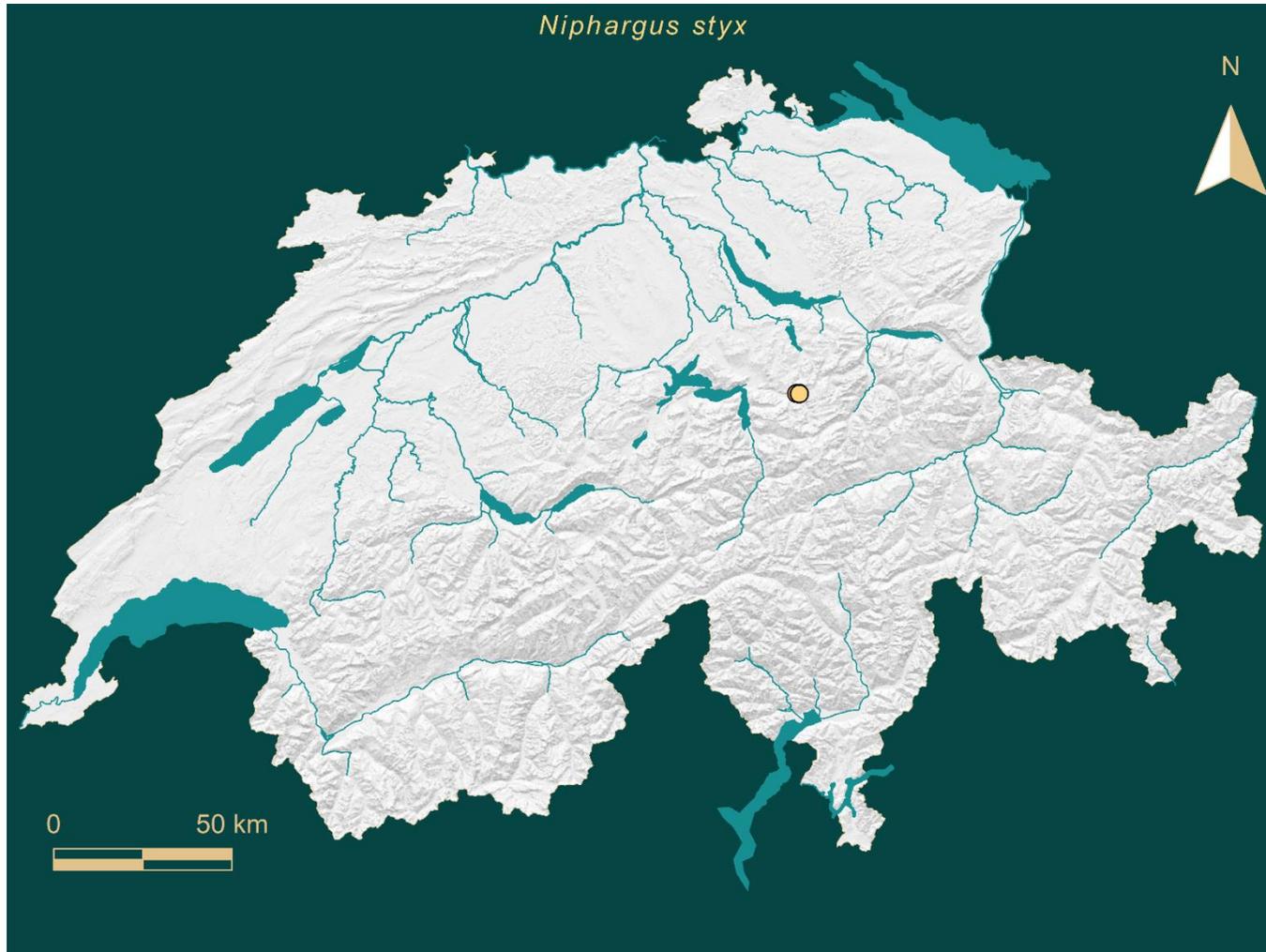
900 sites d'échantillonnage, ~4000 échantillons, 2300 individus, 27 espèces



Que trouvons-nous ? Amphipodes — « Lions » des eaux souterraines



Amphipodes : des Suisses primitifs



Au moins 6 espèces, **présentes uniquement en Suisse** et qui ont survécu aux périodes glaciaires.

Amphipodes : système d'alerte précoce



Les amphipodes conviennent à l'**évaluation de la qualité de l'eau** et comme organismes test en écotoxicologie.

Sensibles à un large spectre de substances chimiques.

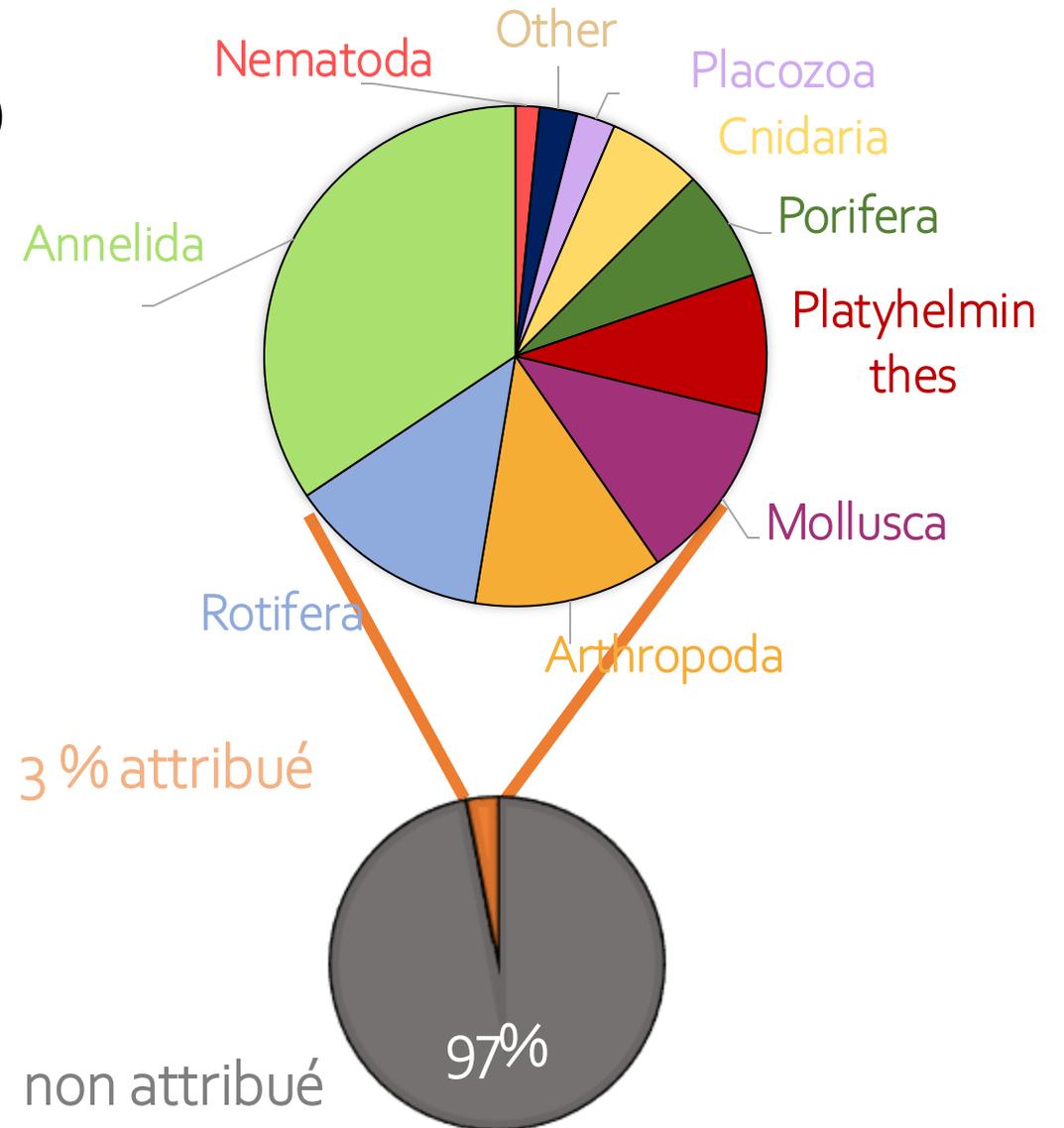
Intègrent les effets d'une exposition de courte durée, d'une exposition mixte et d'une exposition chronique.

Diversité et fonction des eaux souterraines menacées

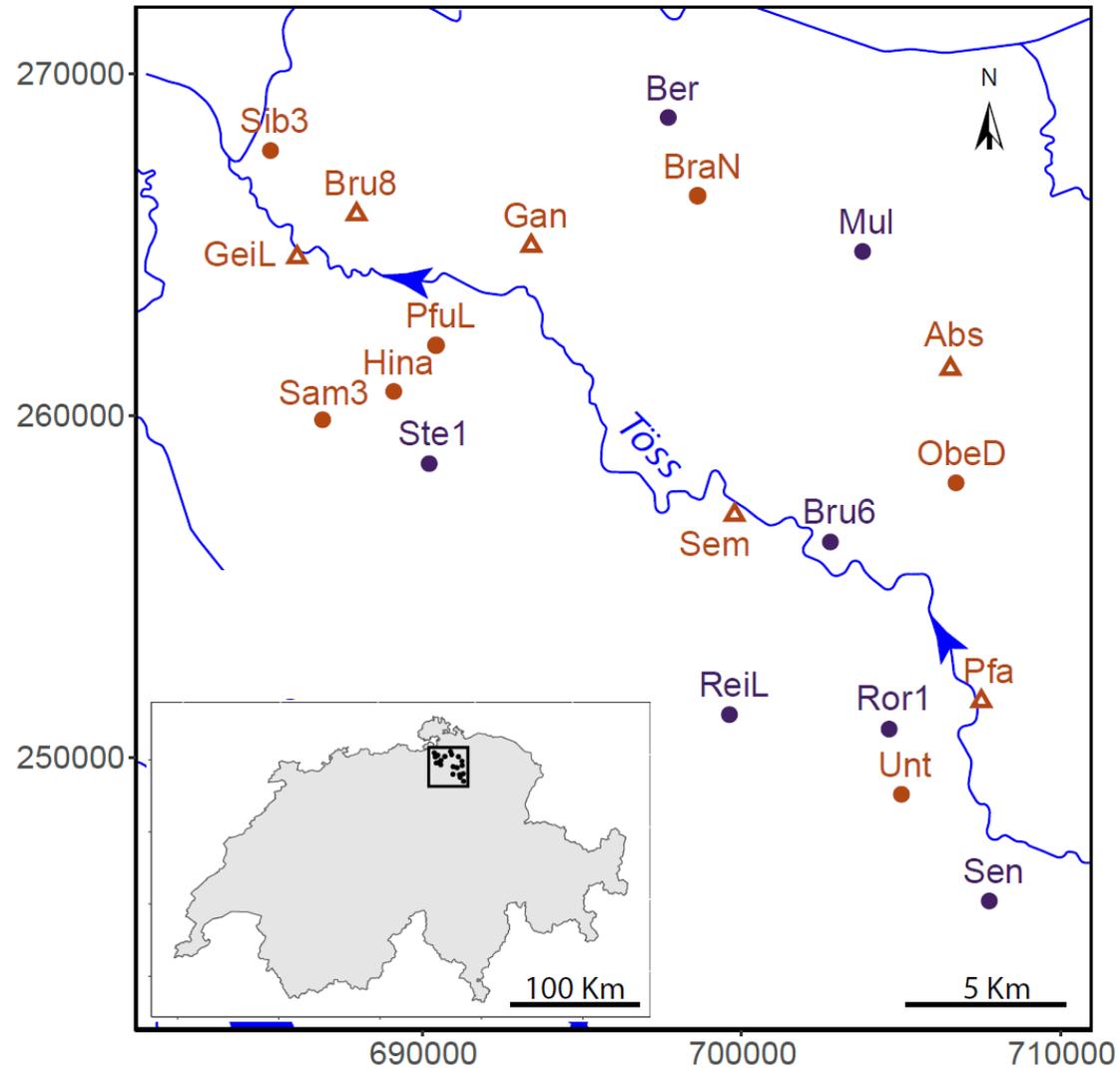
Analyse de l'ADN environnemental (eDNA)



Des milliers d'organismes
(surtout microbes) détectés.



Diversité et fonction des eaux souterraines menacées



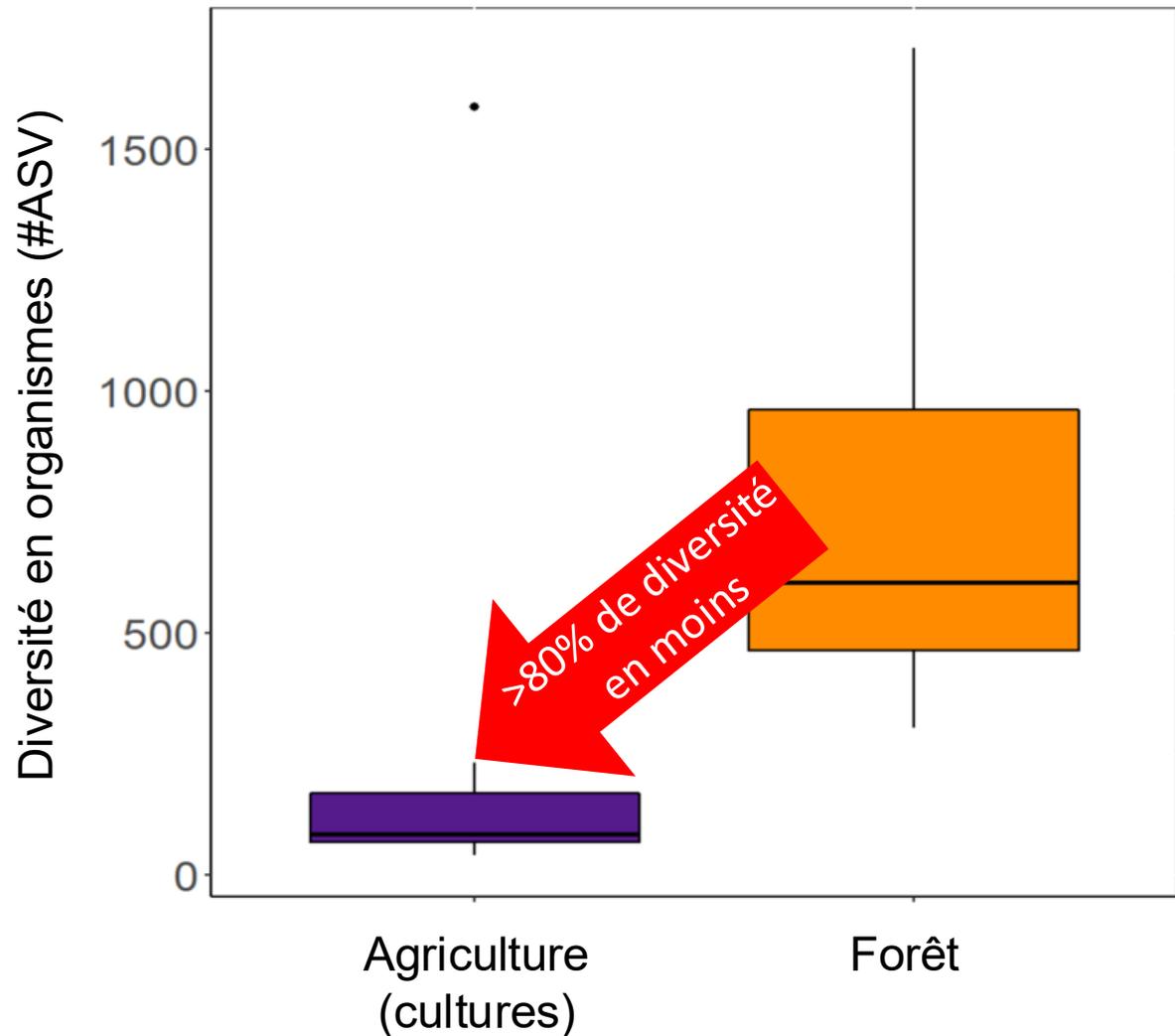
Exploitation des terres :

-  Agriculture (cultures)
-  Forêt

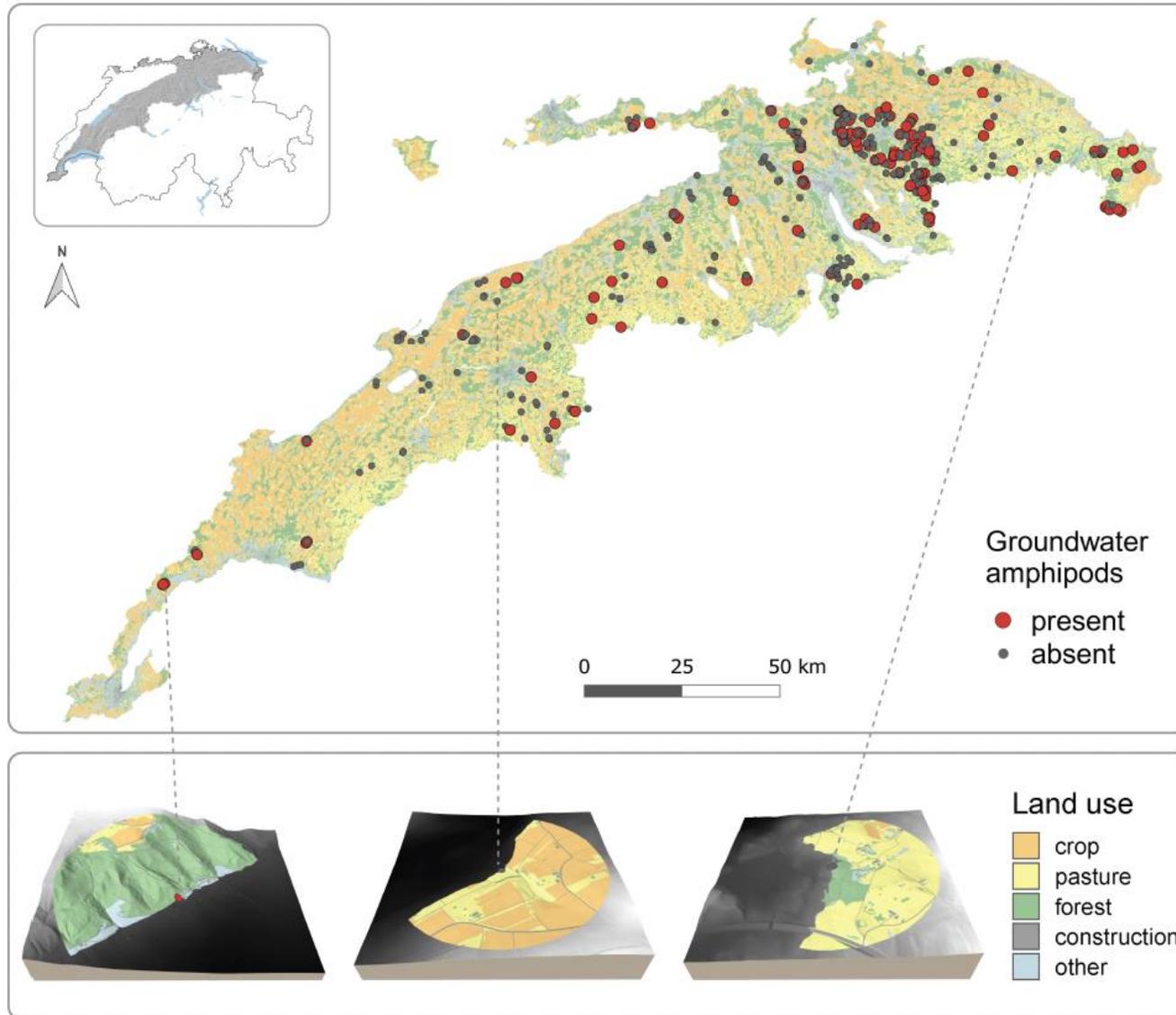
Aquifère :

-  Roche fissurée
-  Roche meuble

Diversité et fonction des eaux souterraines menacées



Impact de l'exploitation des sols dans les environs



484 sites d'échantillonnage sur le Plateau suisse.

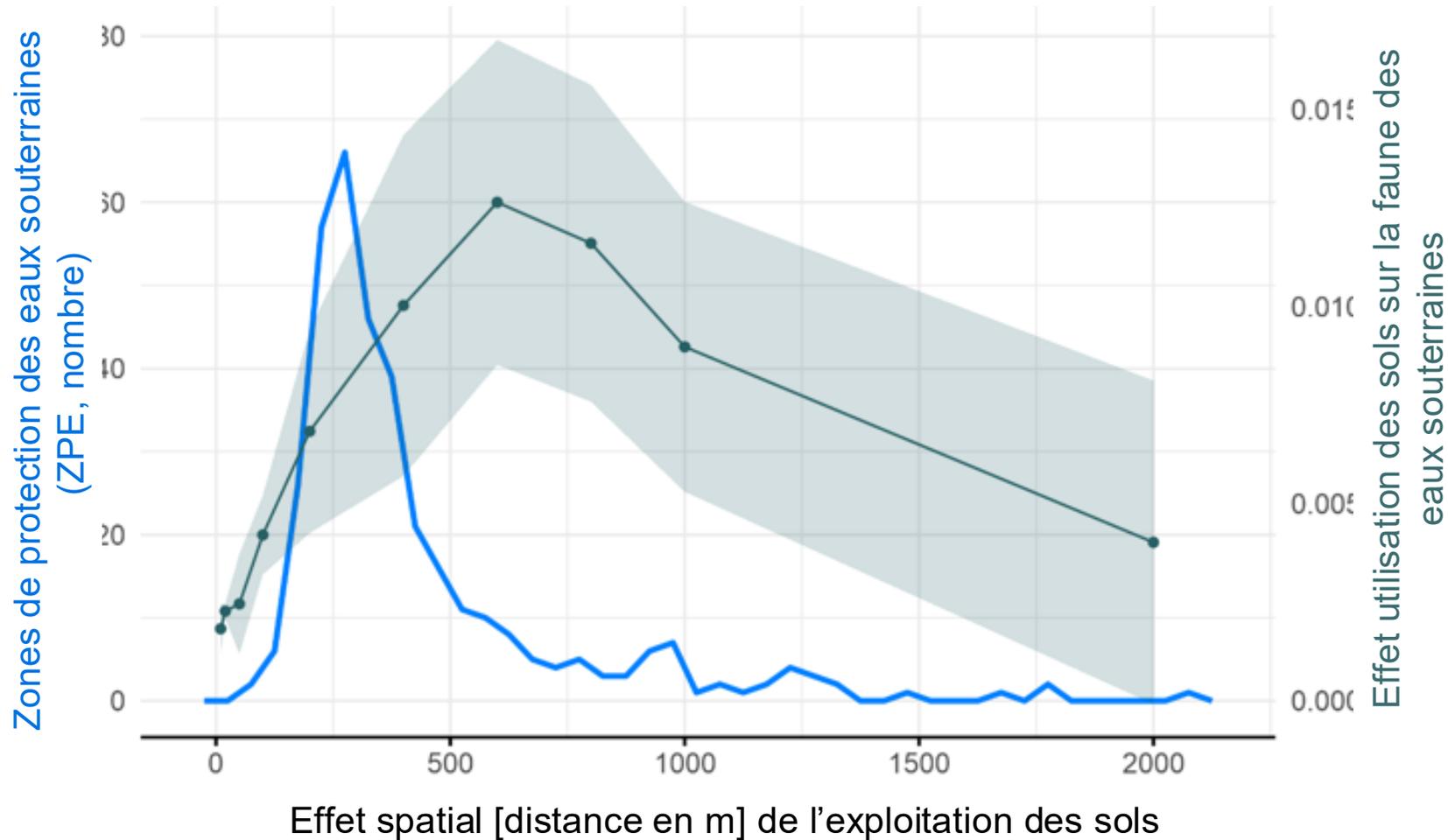
Amphipodes trouvés ou non.

Analyse de l'exploitation des sols dans les environs (rayon 10–5000 m).



Significativement moins d'amphipodes dans les régions à exploitation agricole intensive (cultures dans les environs immédiats).

Impact de l'exploitation des sols dans les environs



Des effets négatifs de l'exploitation intensive peuvent être trouvés dans un rayon de 1 à 1.5 km.

ZPE

Effet négatifs exploitation des sols

Définition et délimitation d'aires d'alimentation et adaptation de l'exploitation des sols nécessaires

Conclusions

- **Grande biodiversité** dans les eaux souterraines, en grande partie encore inconnue
- Essentiel pour les services écosystémiques, surtout **nettoyage/garantie de l'eau potable**
- **L'exploitation des sols** (surtout agriculture intensive) **impacte la biodiversité des eaux souterraines**
- Zone d'influence de l'exploitation des sols dans **l'aire d'alimentation** jusqu'à >1 km de distance ; importance de la délimitation d'aires d'alimentation pour la protection des eaux souterraines/de l'eau potable
- **Aménagement du territoire en 3D** : penser aux eaux souterraines et les surveiller

Prochaines étapes du point de vue scientifique

2024 | Artikel

«Die einzigartige Biodiversität des Grundwassers braucht mehr Beachtung»

Carte blanche für Florian Altermatt und Roman Alther, Eawag und Universität Zürich

12.12.2024 – Das Grundwasser ist die wichtigste Trinkwasserquelle der Schweiz. Seine Unversehrtheit ist von hohem gesellschaftlichem und wirtschaftlichem Interesse. Es beherbergt eine einzigartige Vielfalt an hochspezialisierten Organismen, von denen viele nur in der Schweiz vorkommen. Die Biodiversität des Grundwassers ist jedoch grösstenteils unerforscht und erscheint kaum im Monitoring und in Berichten zur Biodiversität. Aus unserer Sicht wäre eine angemessene Berücksichtigung der biologischen Vielfalt des Grundwassers dringend notwendig. Erste wichtige Schritte wären Rote Listen für Grundwasserorganismen und die systematische Überwachung der biologischen Vielfalt.



Der Beitrag gibt die persönliche Meinung der Autoren wieder und muss nicht mit der Haltung der SCNAT übereinstimmen.

Die Schweiz beherbergt eine einzigartige Biodiversität mit über 56'000 bekannten und geschätzt insgesamt 85'000 Arten.  Diese Artenvielfalt ist an Land sowie in Seen und Bächen relativ gut dokumentiert. Über die

Biodiversität im Grundwasser, das mehr als 40 Prozent aller Süsswasserreserven der Schweiz enthält, ist jedoch nur sehr wenig bekannt. Dies ist erstaunlich, werden aus dem Grundwasser

2 aspects sont importants :

- Suivi de la biologie des eaux souterraines par eDNA. Parallèlement aux programmes existants et à la surveillance chimico-physique.
- Listes rouges comme moyen légal efficace, pour assurer la protection. Les LR sont un instrument établi et seraient adaptées à une protection effective de la biologie des eaux souterraines.



Littérature

Alther, R., N. Bogni, Š. Borko, C. Fišer, and F. Altermatt (2020) Reiche Grundwasser-Fauna: Pilotstudie fördert Artenvielfalt zutage. *Aqua & Gas* 100: 36-42.

Couton, M., S. Hürlemann, A. Studer, R. Alther, and F. Altermatt (2023) Groundwater environmental DNA metabarcoding reveals hidden diversity and reflects land-use and geology. *Molecular Ecology* 32: 3497–3512.

Di Lorenzo, T., E. Lunghi, C. Aanei, F. Altermatt, R. Alther, et al. (2024) EU needs groundwater ecosystems guidelines. *Science* 386: 1103-1103.

Knüsel, M., R. Alther, and F. Altermatt (2024) Terrestrial land use signals on groundwater fauna beyond current protection buffers. *Ecological Applications* 34: e3040.

Knüsel, M., R. Alther, N. Locher, A. Ozgul, C. Fišer, and F. Altermatt (2024) Systematic and highly resolved modelling of biodiversity in inherently rare groundwater amphipods. *Journal of Biogeography* 51: 2094-2108.

Bericht Echo der Zeit
(3.2.2025):



Bericht 10vor10
(3.2.2025):



Bericht BAFU Magazin



Bericht Nano (3Sat)



Merci !



www.altermattlab.ch



[@florianaltermatt.bsky.social](https://bsky.app/profile/florianaltermatt.bsky.social)



Contact :

Florian.Altermatt@eawag.ch

Contributions scientifiques de :

Dr. Roman Alther, Dr. Mara Knüsel, Dr. Marjorie Couton

