

Comprendre le fonctionnement hydrologique de sa réserve : **observation** et **modélisation**

Clément Roques, University of Neuchâtel, Switzerland

Eliot Chatton, Ronan Abhervé, Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes, France

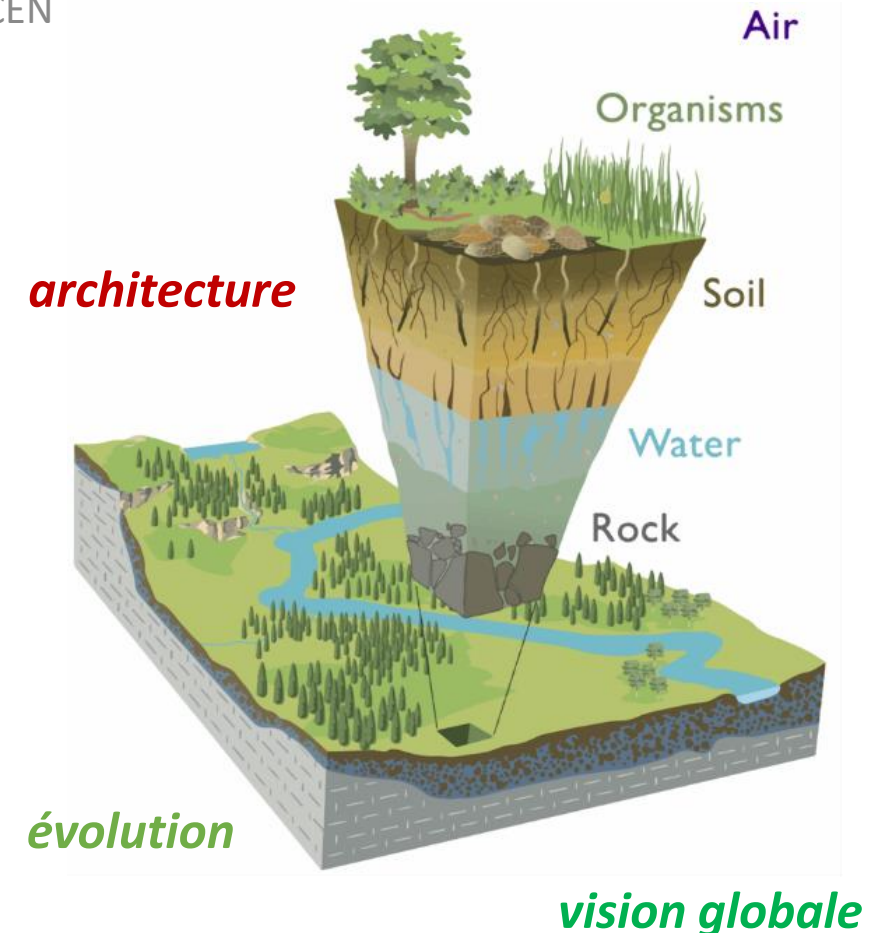
Laurent Servière et toute l'équipe de la Réserve Naturelle du St-Barthélémy, ANA-CEN

Gaël Chrétien, Alexandre Gouvain, Jean-Raynald de Dreuzy et Luc Aquilina

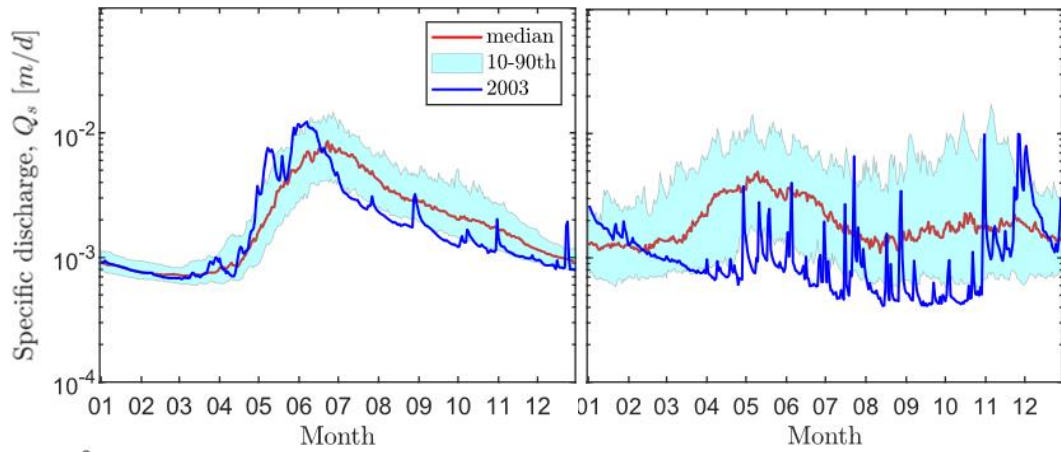
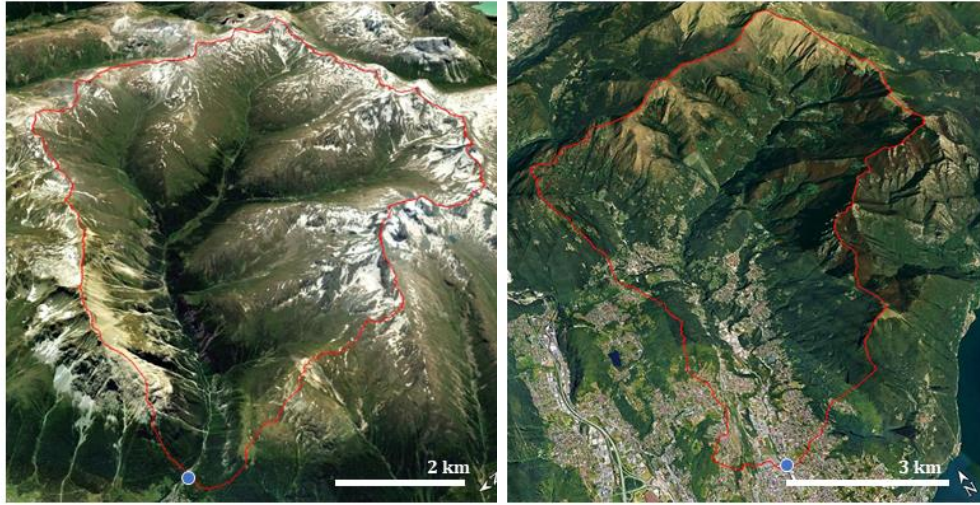
unine
Université de Neuchâtel

UNIVERSITÉ DE
RENNES 1

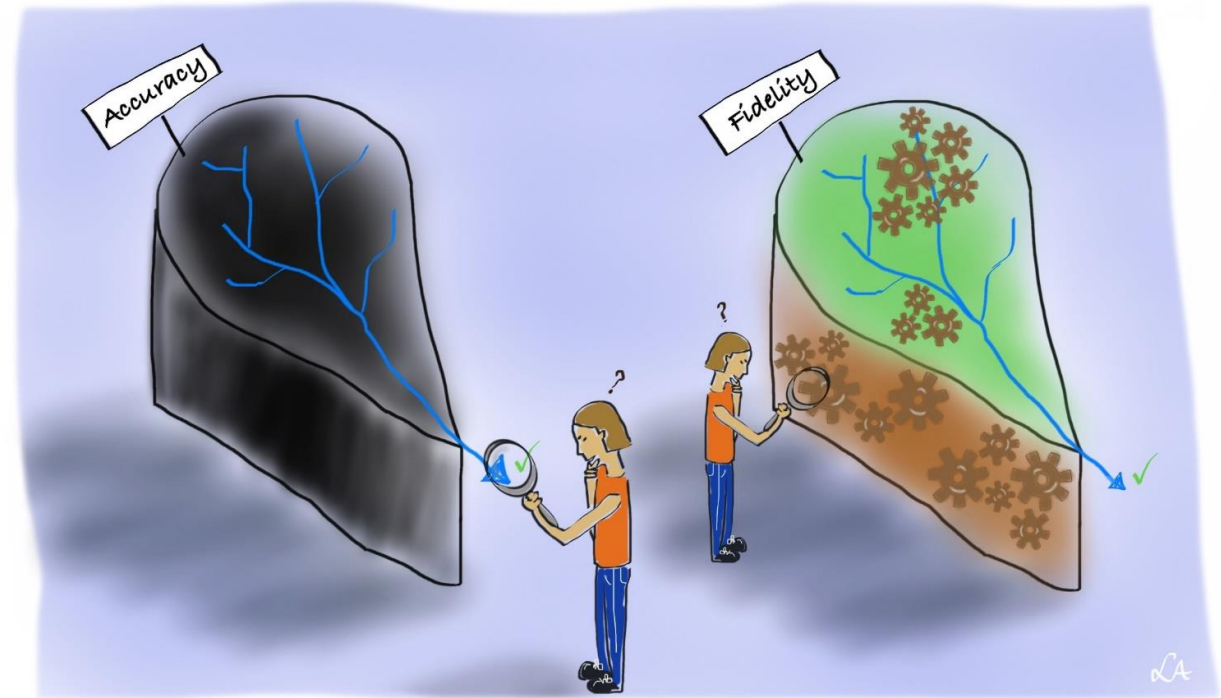
Ana
Conservatoire
d'espaces naturels
Ariège



Connaissances des milieux naturels



Modèles



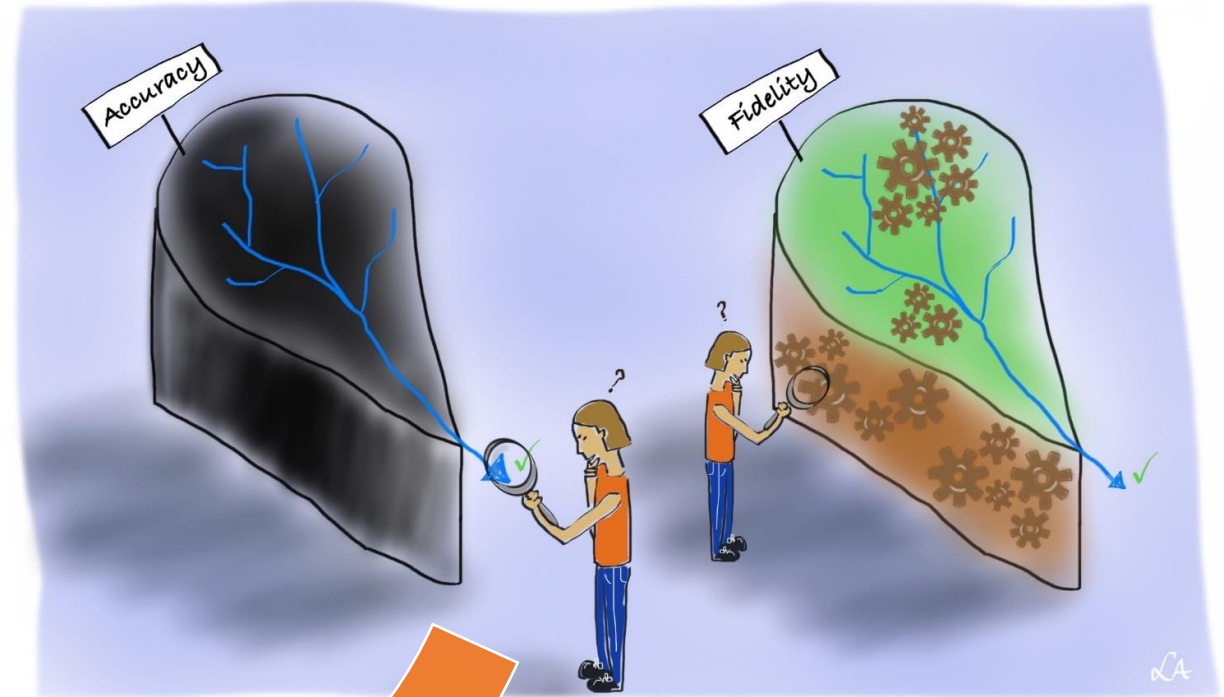
<https://uofs-comphyd.github.io/blog/fidelious>

Données

Connaissances des milieux naturels

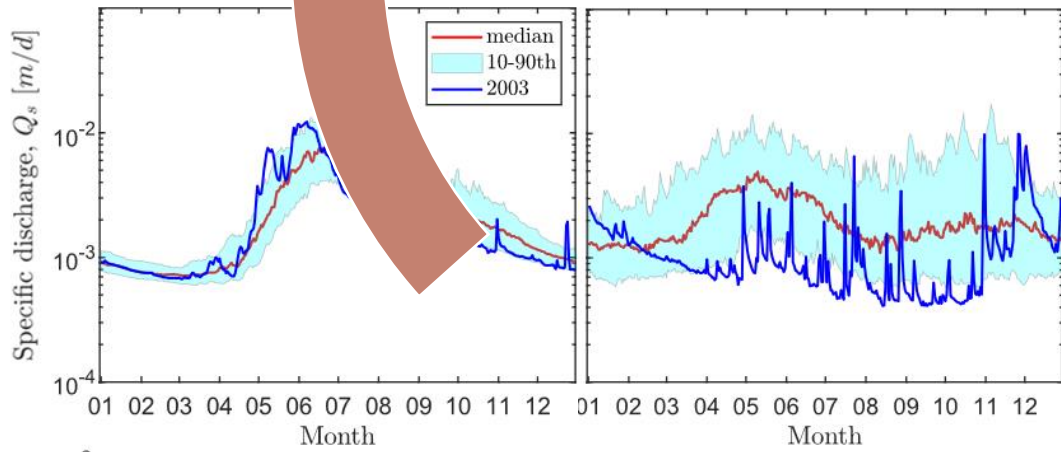
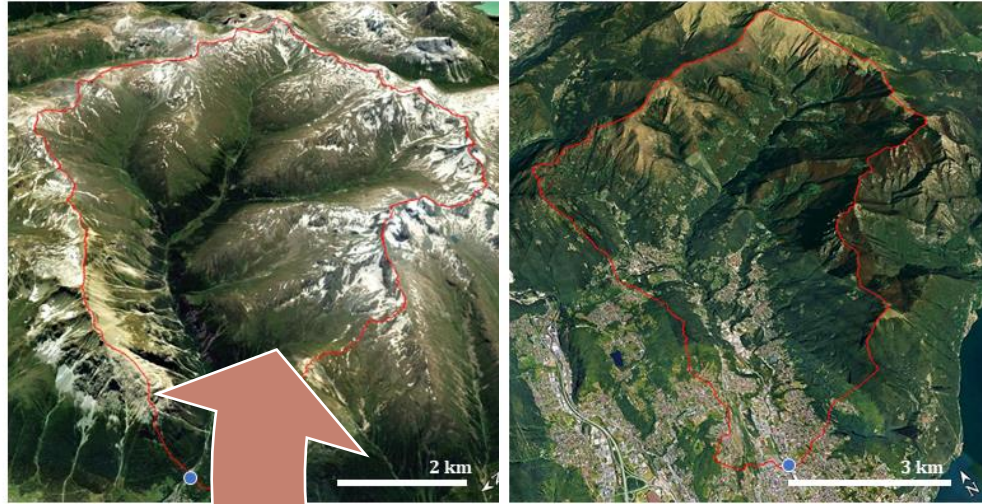


Modèles



<https://s-comphyd.github.io/blog/fidelious>

Données



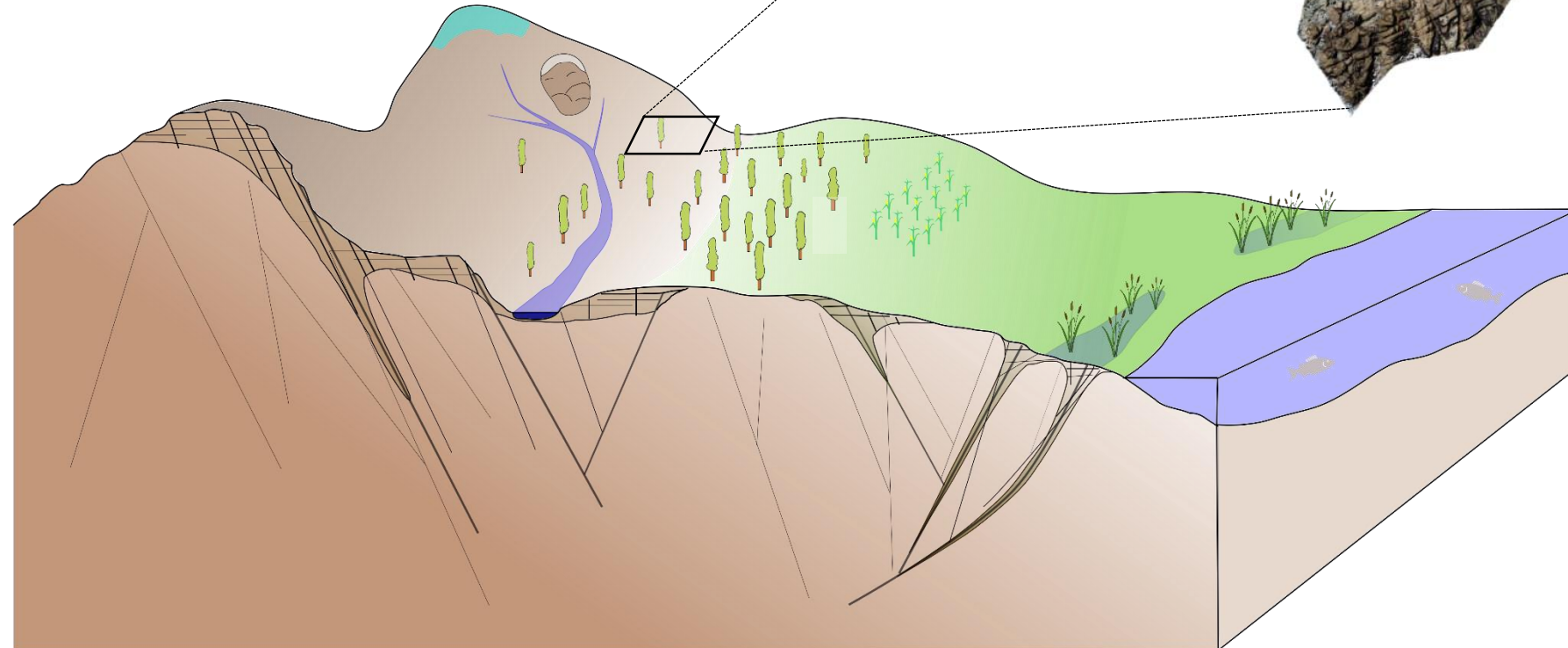
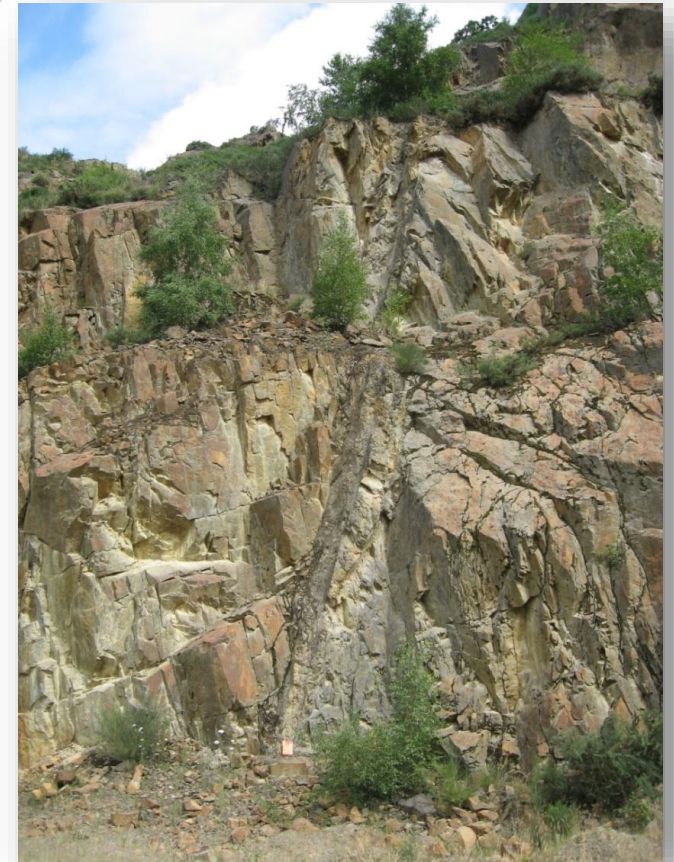
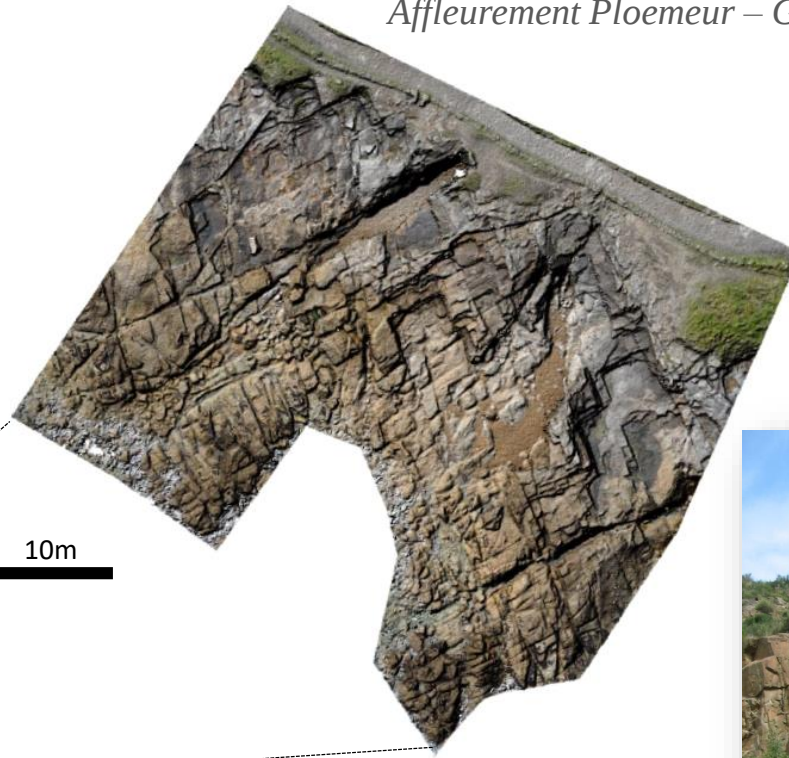
Les défis

Quel est le rôle de l'**architecture géologique** sur le partitionnement des écoulements ?

- Lithologie, fracturation, altération, sols, faille, discontinuités géologiques...
- propriétés hydrodynamiques du milieu
- Besoin de modèles d'inversion pour estimer les paramètres

Affleurement Ploemeur – Guidel (reseau d'observation H+)

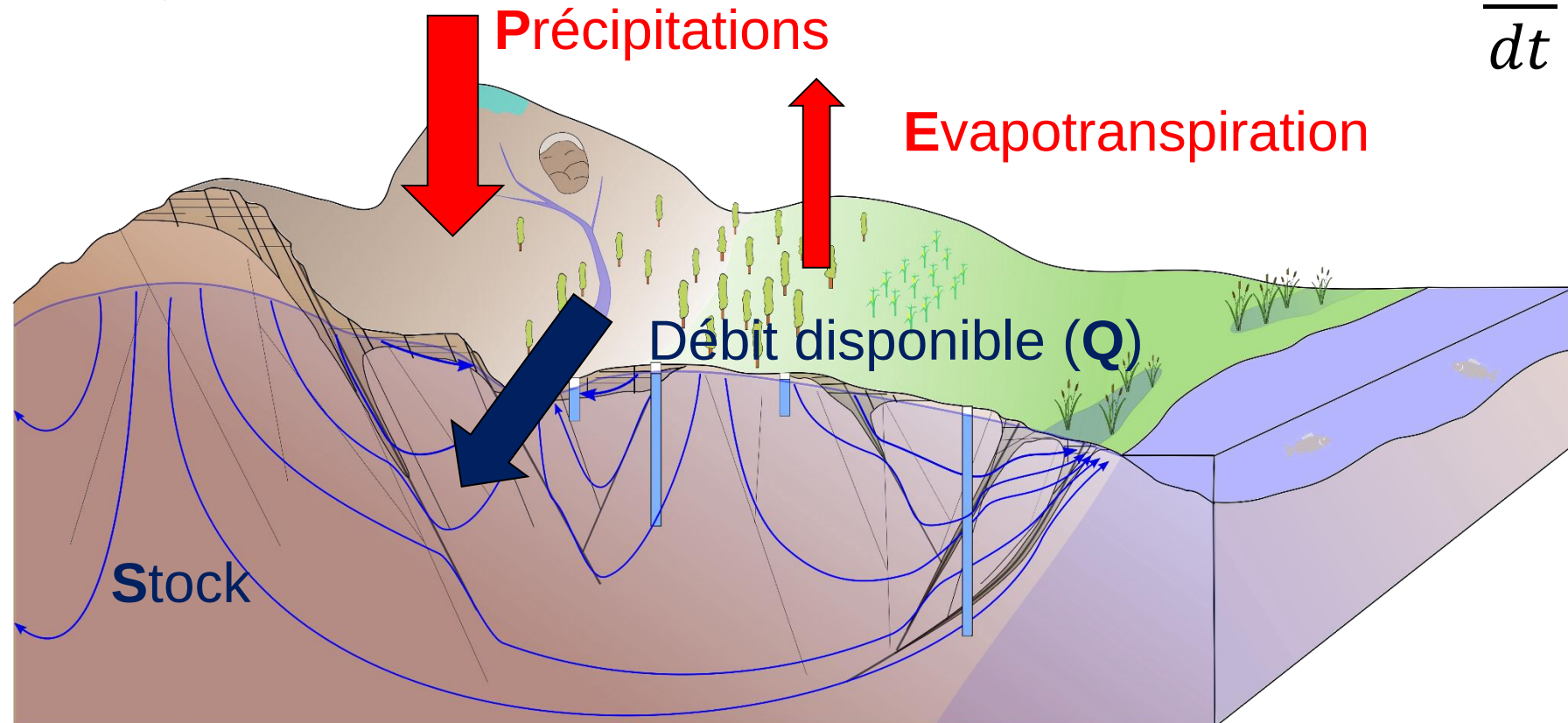
10m



Quel est le rôle de l'**architecture géologique** sur le partitionnement des écoulements ?

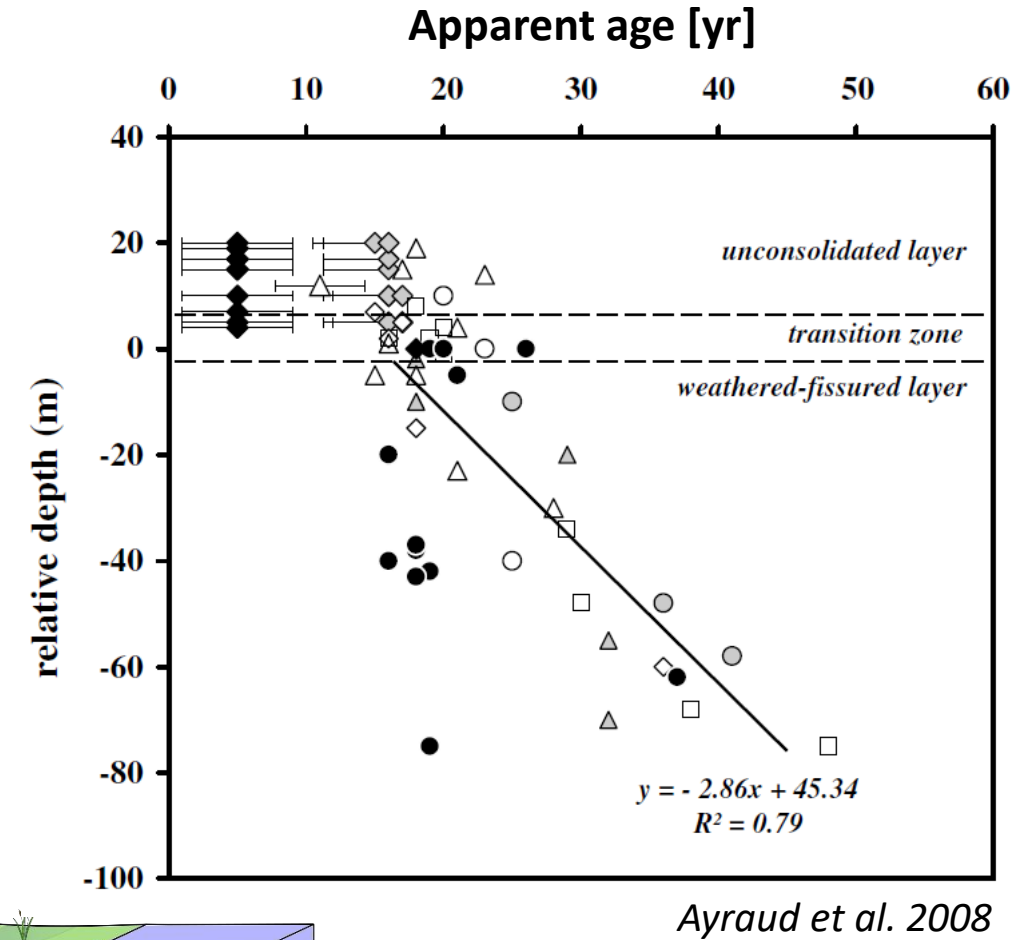
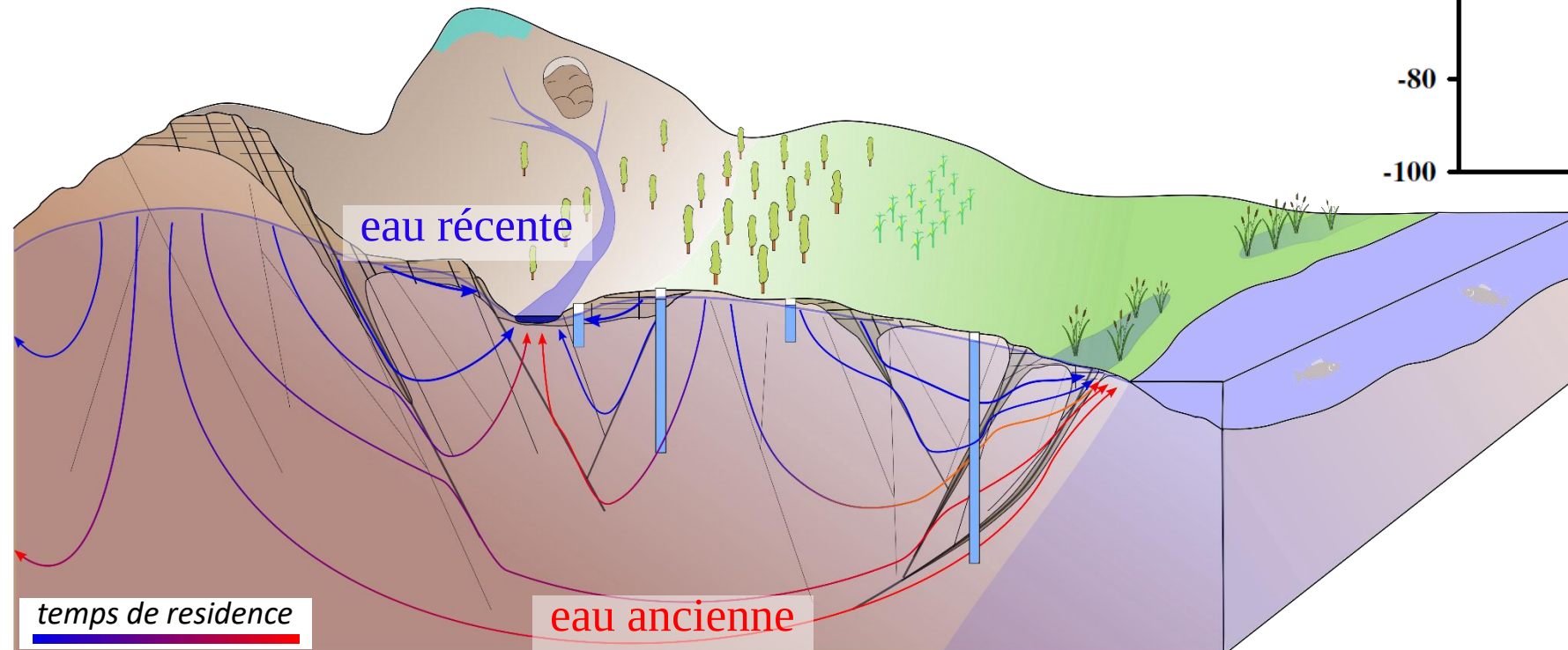
- Lithologie, fracturation, altération, sols, faille, discontinuités géologiques...
- propriétés hydrodynamiques du milieu
- Besoin de modèles d'inversion pour estimer les paramètres

$$\frac{dS}{dt} = P - E - Q$$



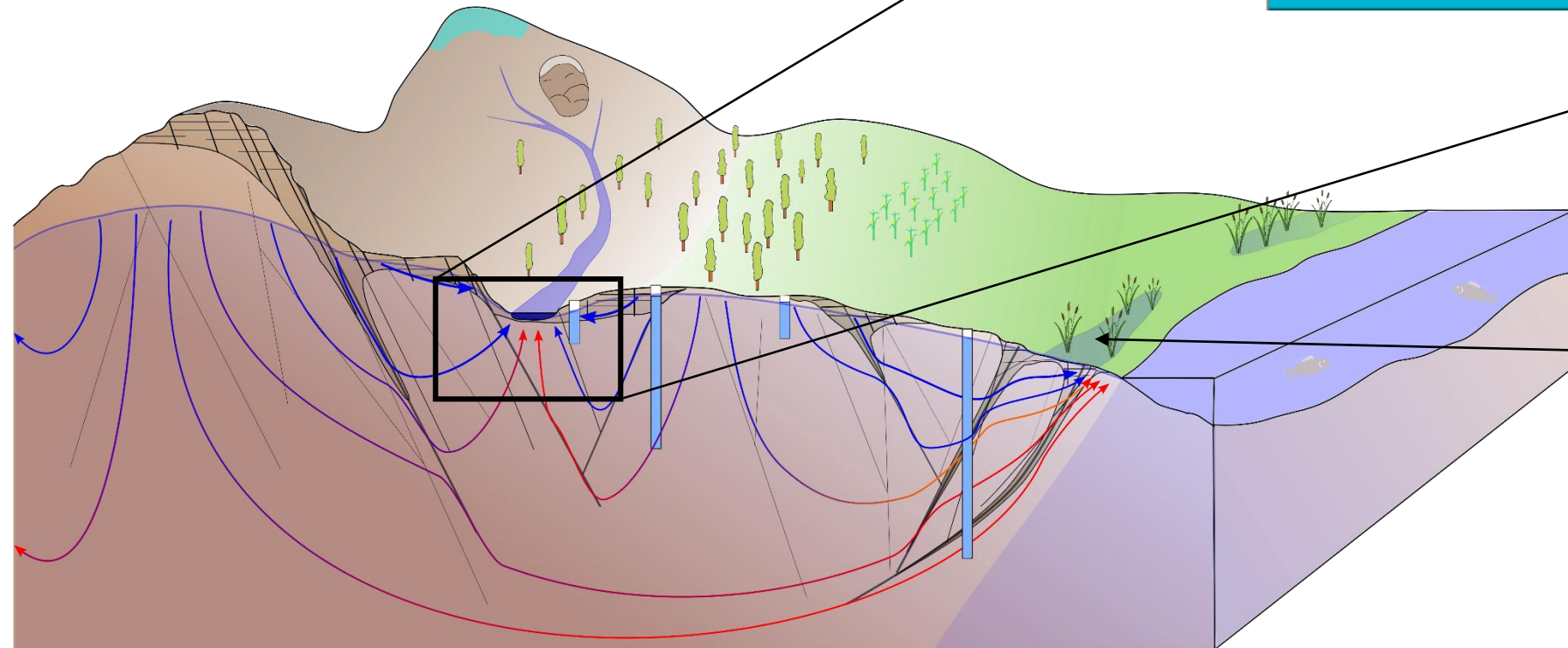
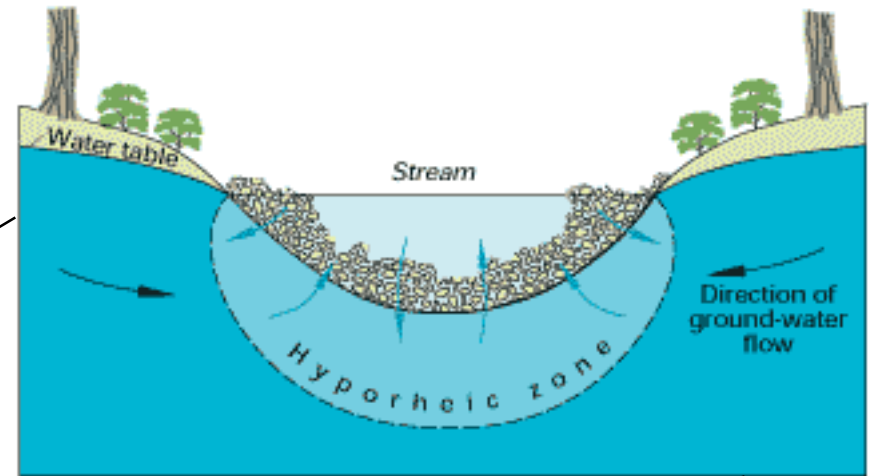
Quel est le **temps de résidence** – âge apparent - de l'eau dans le milieu ?

- vision sur le stock disponible
- interactions avec les roches et transport de solutés et nutriments



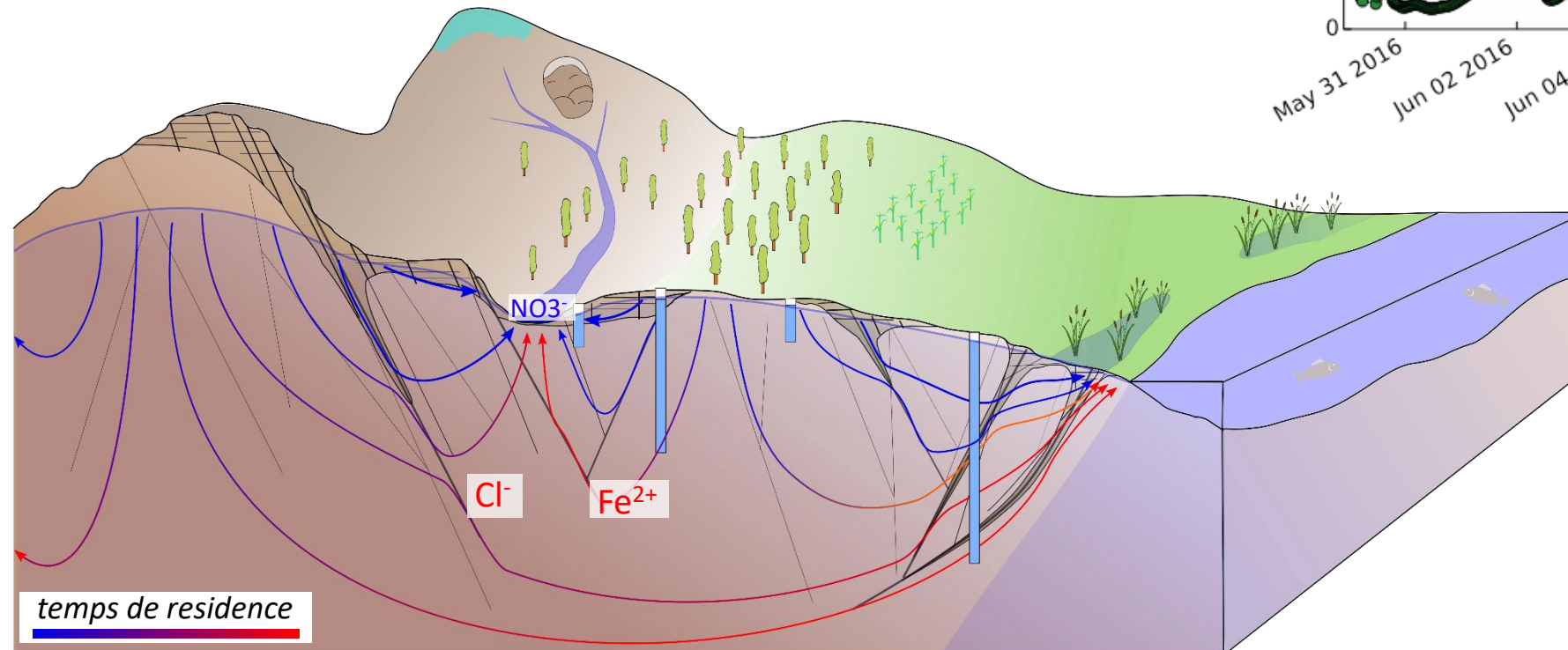
Quel est le rôle des **interfaces** dans l'émergence des '**hotspots**' ?

- hotspots biogéochimiques -> zones de convergence des écoulements
- facteur clé pour le fonctionnement des cycles biogéochimiques

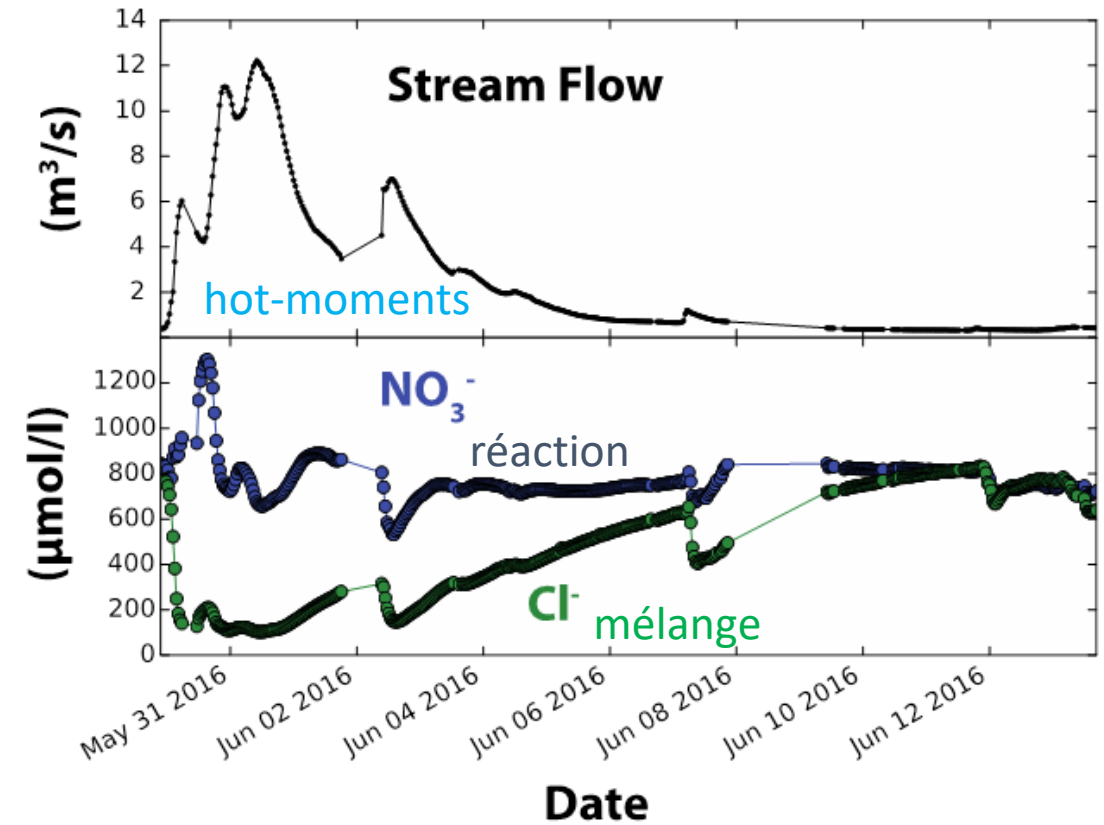


Quel est le rôle des **interfaces** dans l'émergence des '**hotspots**' ?

- hotspots biogéochimiques -> zones de convergence des écoulements
- facteur clé pour le fonctionnement des cycles biogéochimiques
- les nouveaux outils de mesure révèlent une dynamique insoupçonnée



River lab equipex CRITEX site OZCAR Orgeval



MIMs miniRuedi – gasometrix.com

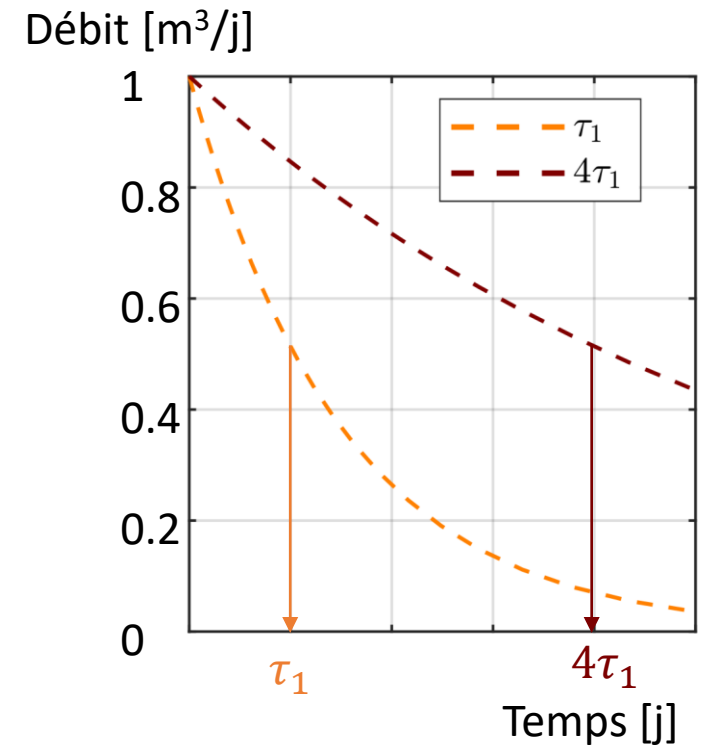
Quel impact du **changement climatique** sur cette interface ?

- Résilience: le système hydrologique à un effet mémoire qui dépend des propriétés hydrodynamiques des aquifères connectés
- Analyser le passé pour appréhender le futur (intérêt du suivi long terme)
- Besoin de modèles calibrés pour tester des hypothèses

contraction du réseau
hydrographique de surface ?

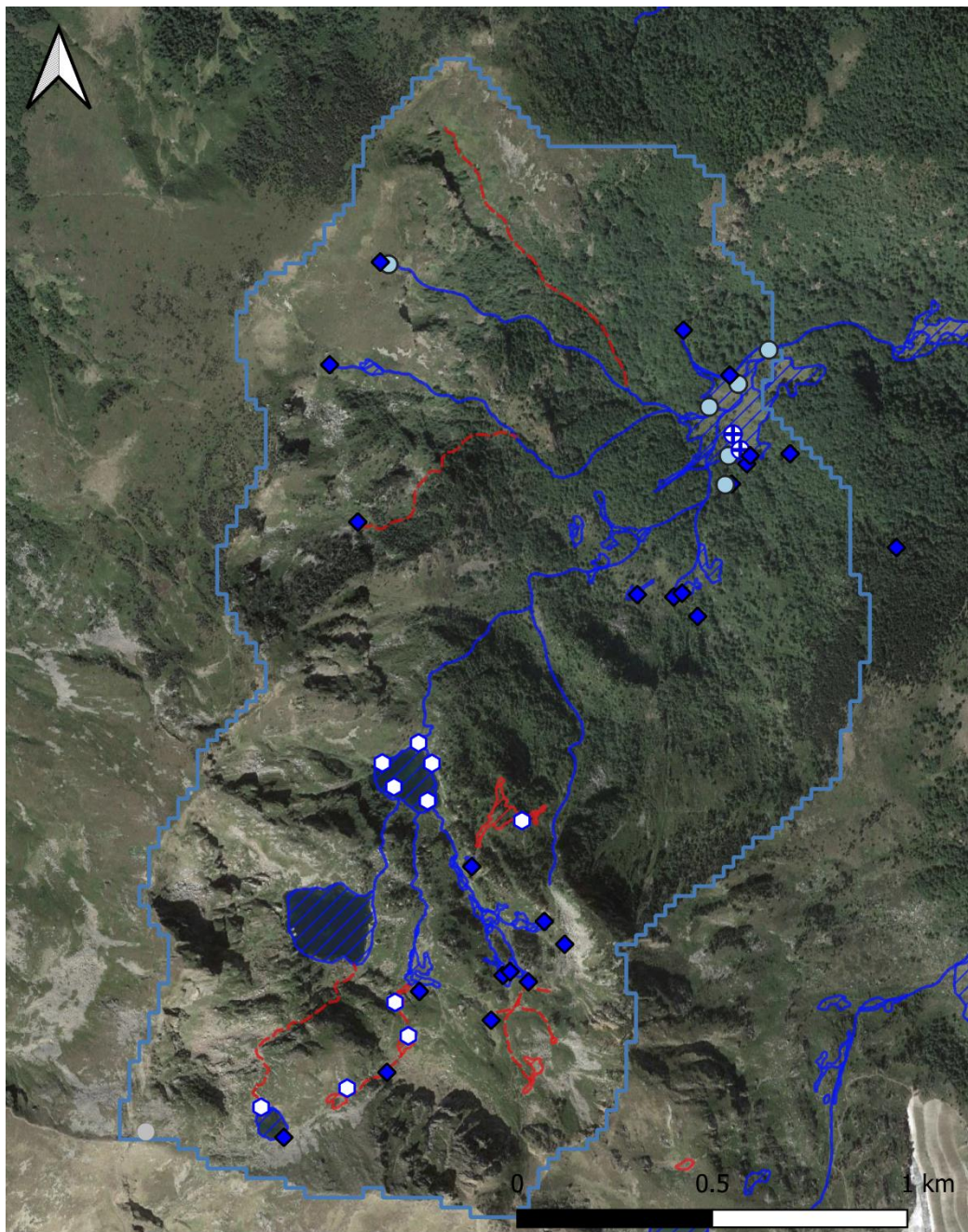
perte des écosystèmes ?

modification du
partitionnement
des écoulements ?



τ , temps caractéristique de récession ou la demi-vie du débit -> indicateur de la résilience du système

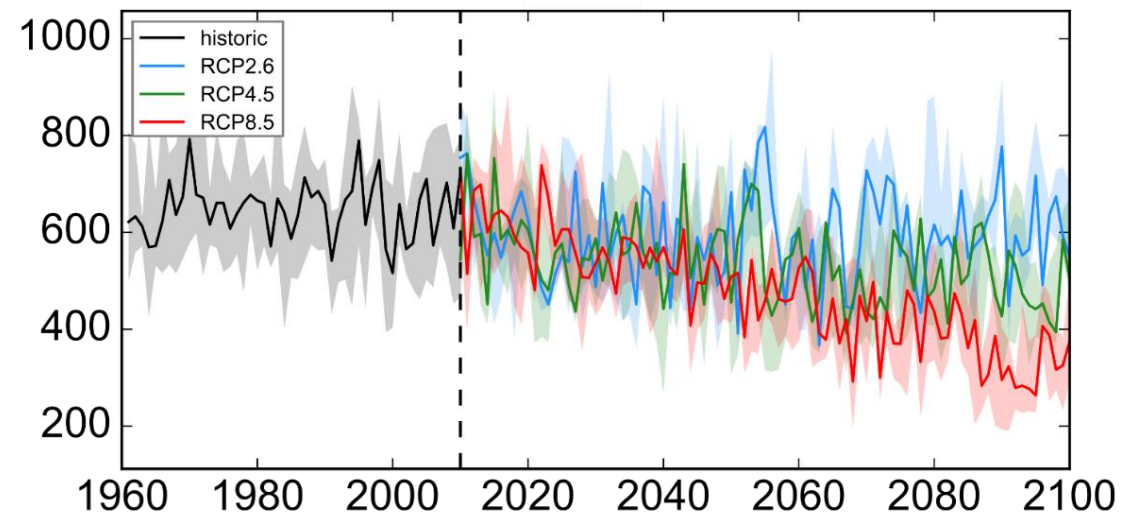
**Projet avec la Réserve Naturelle du St-Barthélémy
(Ariège) - Contrôles géomorphologiques et géologiques
sur la dynamique échanges nappe-surface**



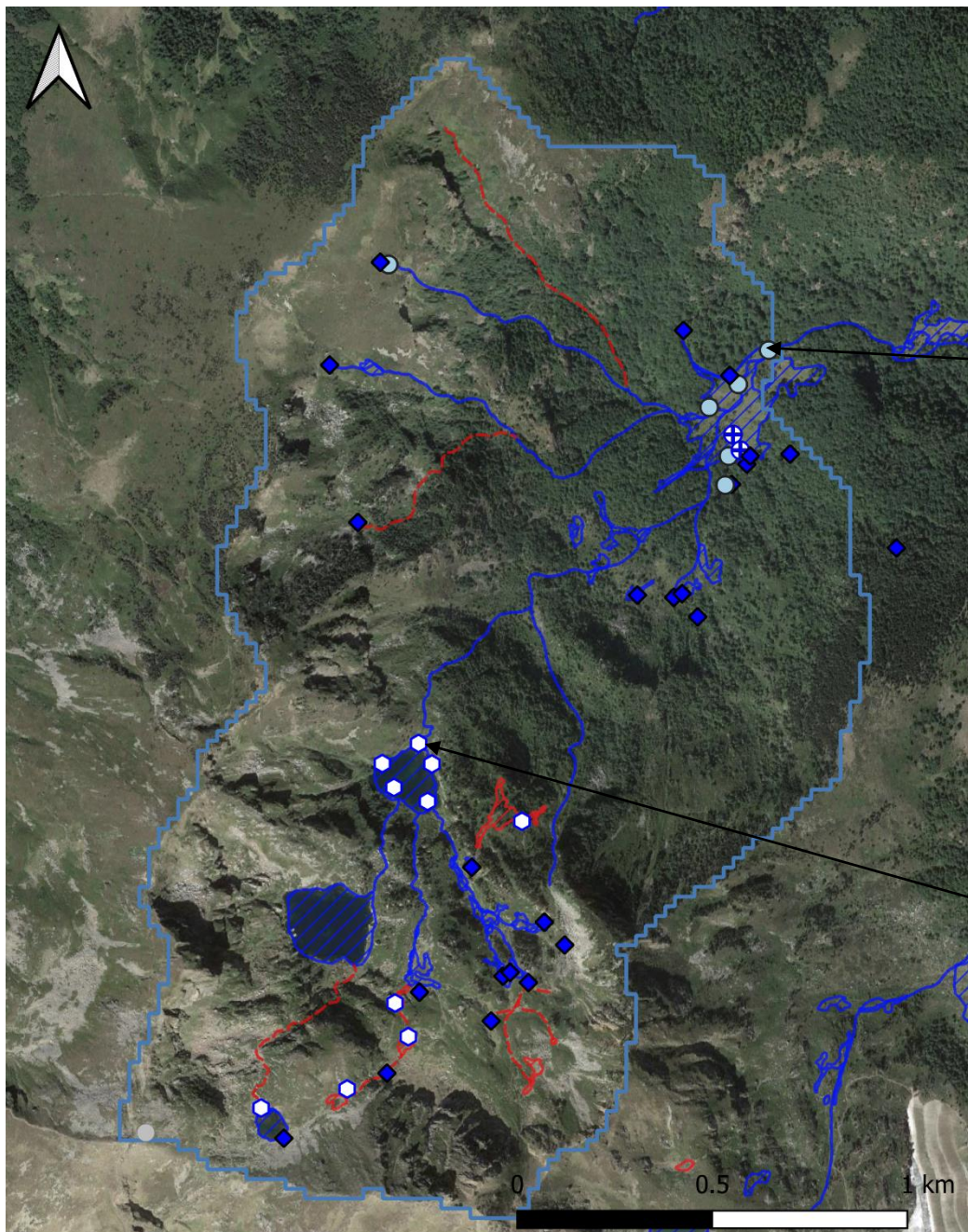
Les défis:

- Peu de données disponibles (chroniques de débit, niveaux piézométriques)
- Quantifier les flux souterrains aux écosystèmes de surface (distribution spatiale et temporelle)
- Développer des modèles mécanistes qui décrivent les interactions souterrain-surface (calibration)

Précipitation efficace [mm/an]



Perennial and intermittent streams and wetlands

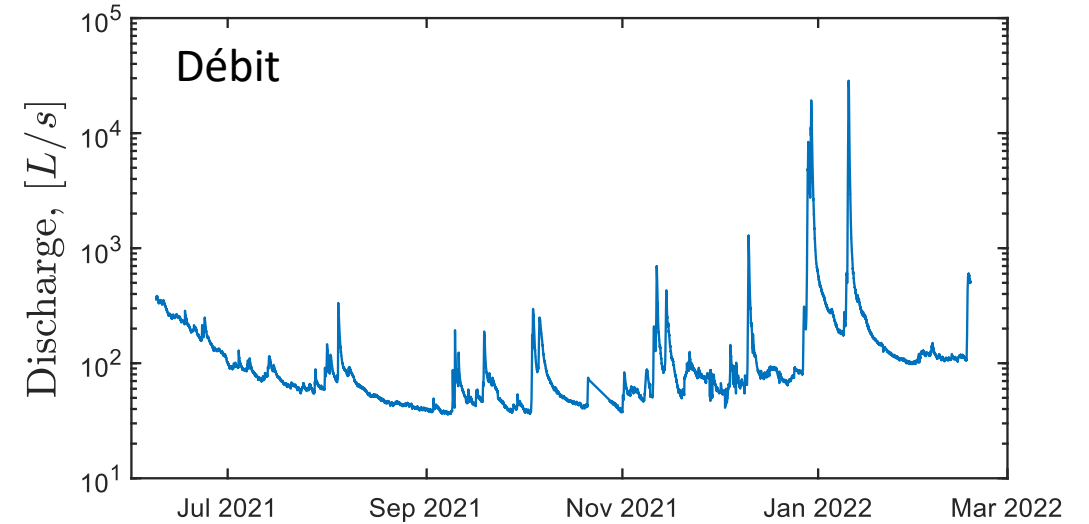
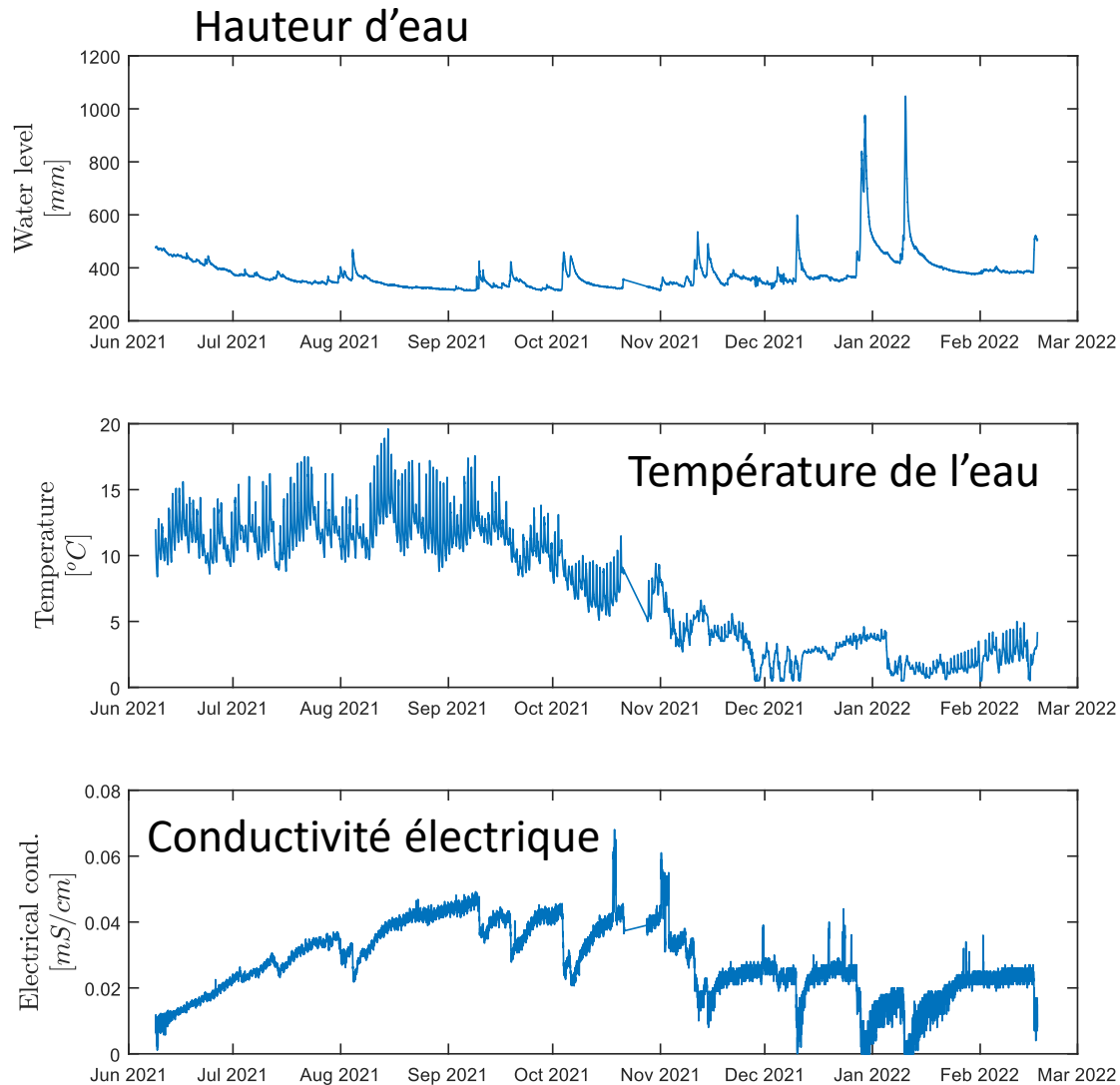


Déploiement d'un **système d'observation** pour du suivi long terme

- Cartographie du réseau hydrologique
- Débit, température, conductivité électrique de l'eau, saturation des sols
- Campagnes de prélèvements pour analyses géochimiques



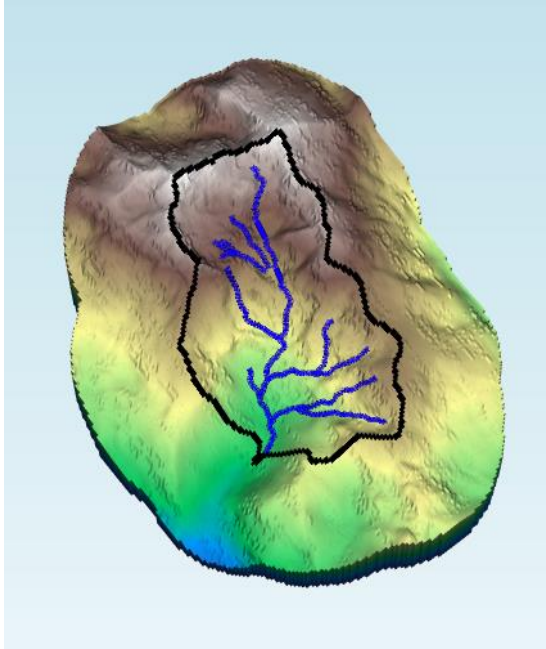
Exemple de données sur la station située à l'exutoire du bassin versant (tourbière du Lasset)



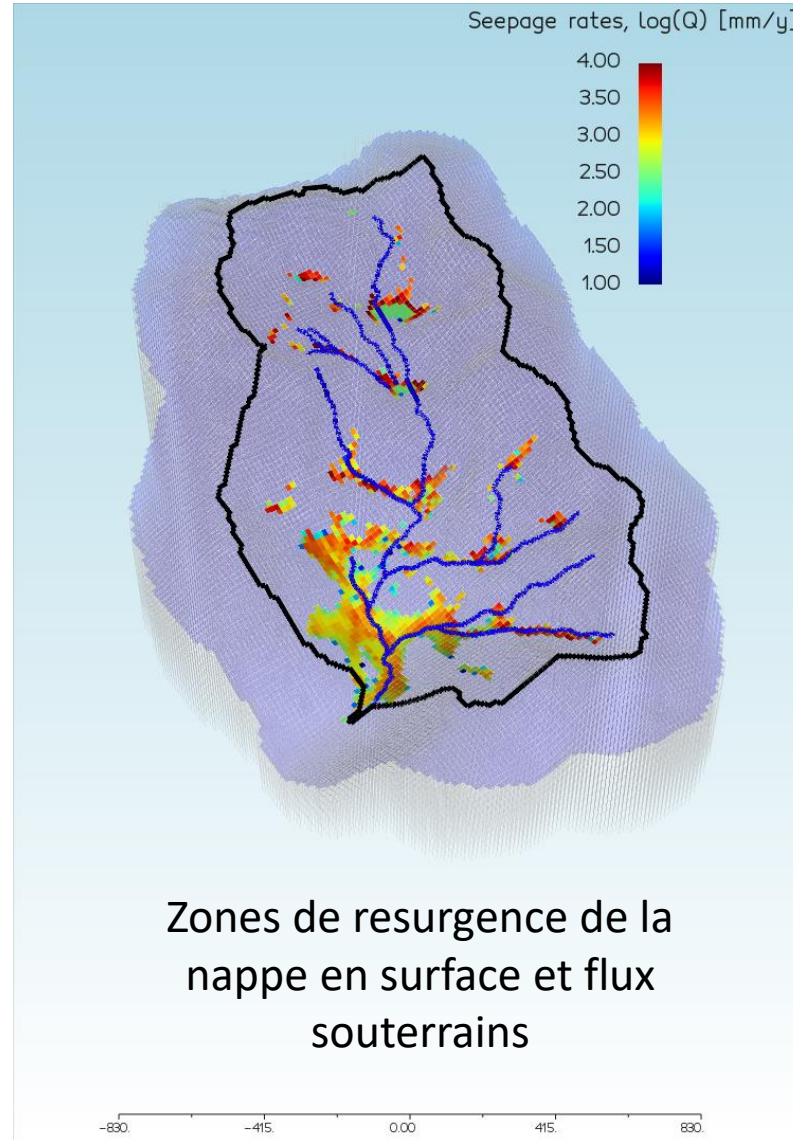
- Système résilient, avec débit de base soutenu par un aquifère capacitif
- Temps caractéristique de récession > 40 jours

Processus de mélange

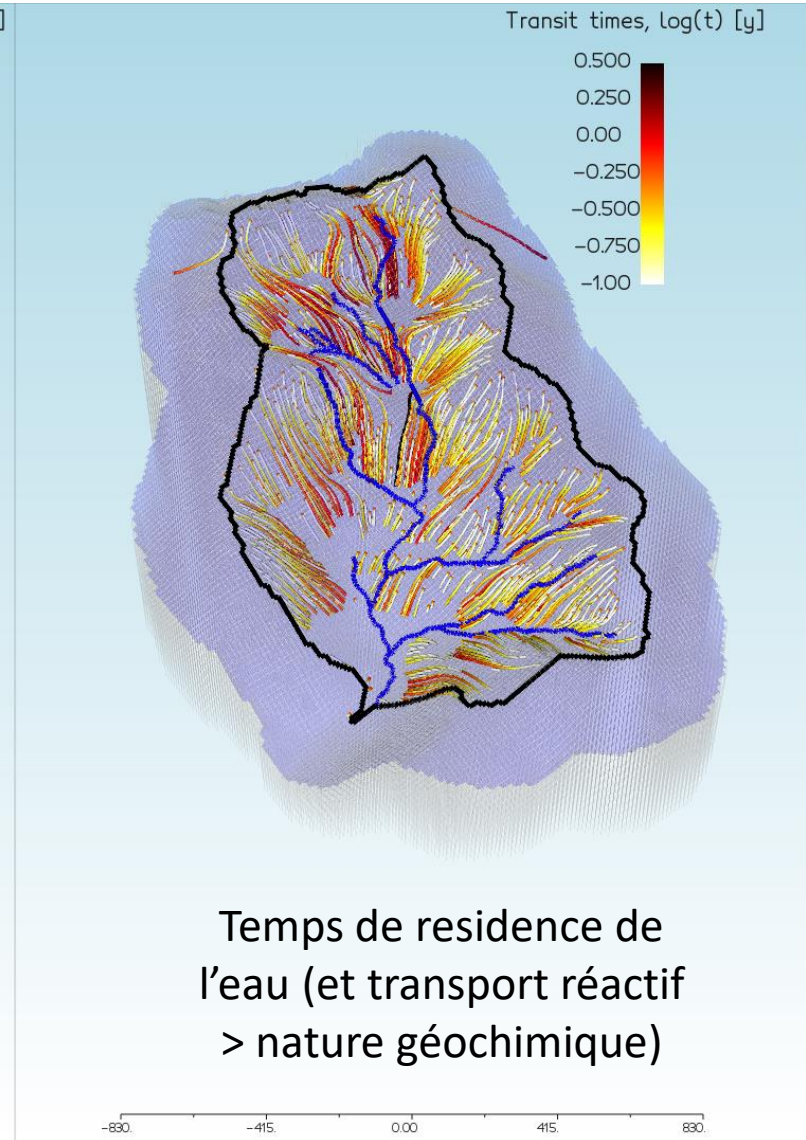
Développement de modèles numériques pour quantifier les interactions surface – subsurface (HydroModPy – bientôt en ligne et libre d'accès !)



MNT + données spatiales
(géologie) et temporelles
(recharge, débit,
piézométrie...)

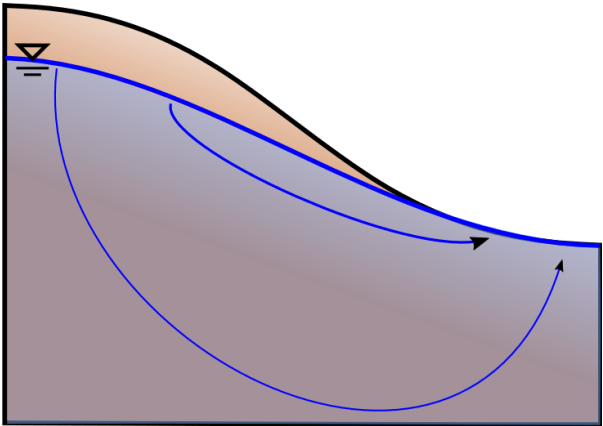
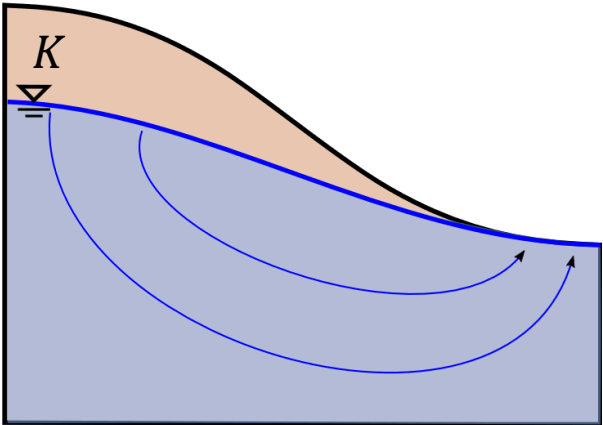
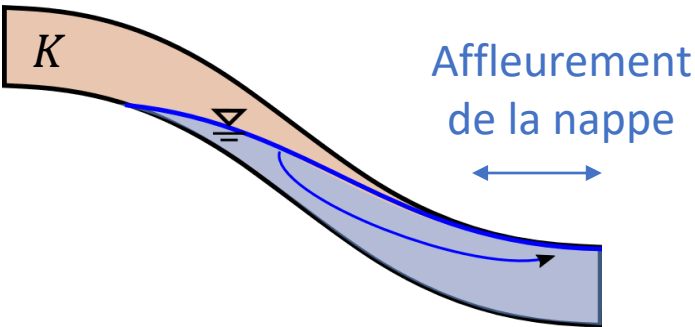
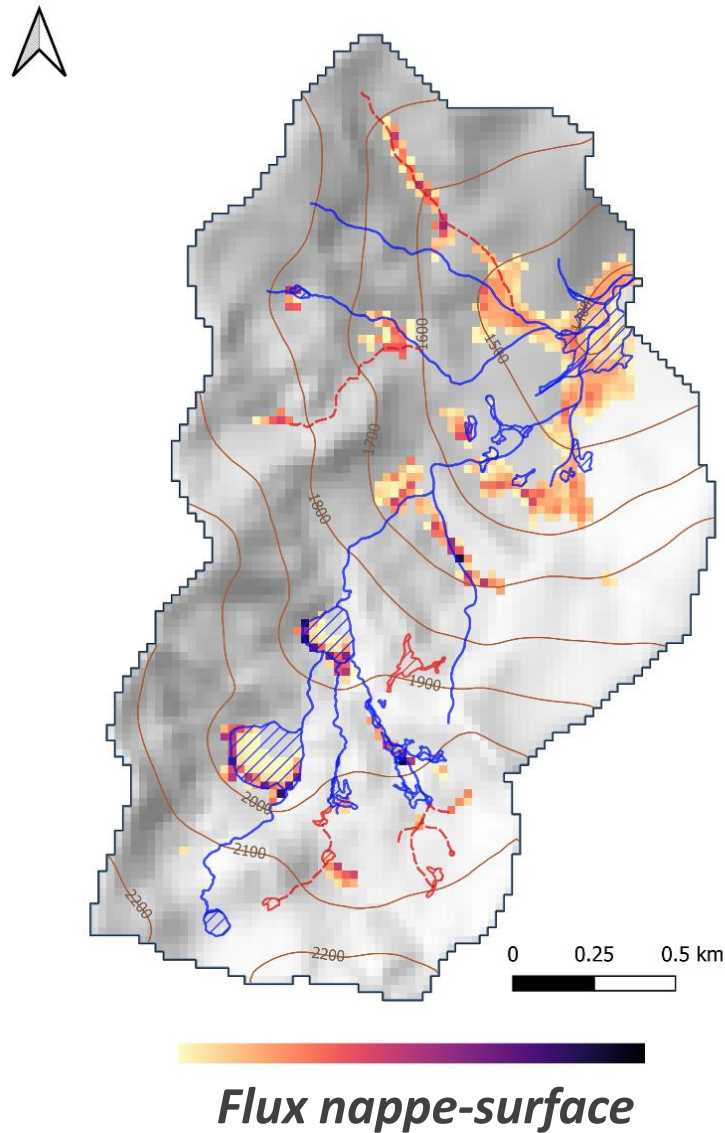


Zones de resurgence de la
nappe en surface et flux
souterrains



Temps de residence de
l'eau (et transport réactif
> nature géochimique)

Approche par ensemble pour tester des modèles géologiques pour quantifier les flux à l'interface



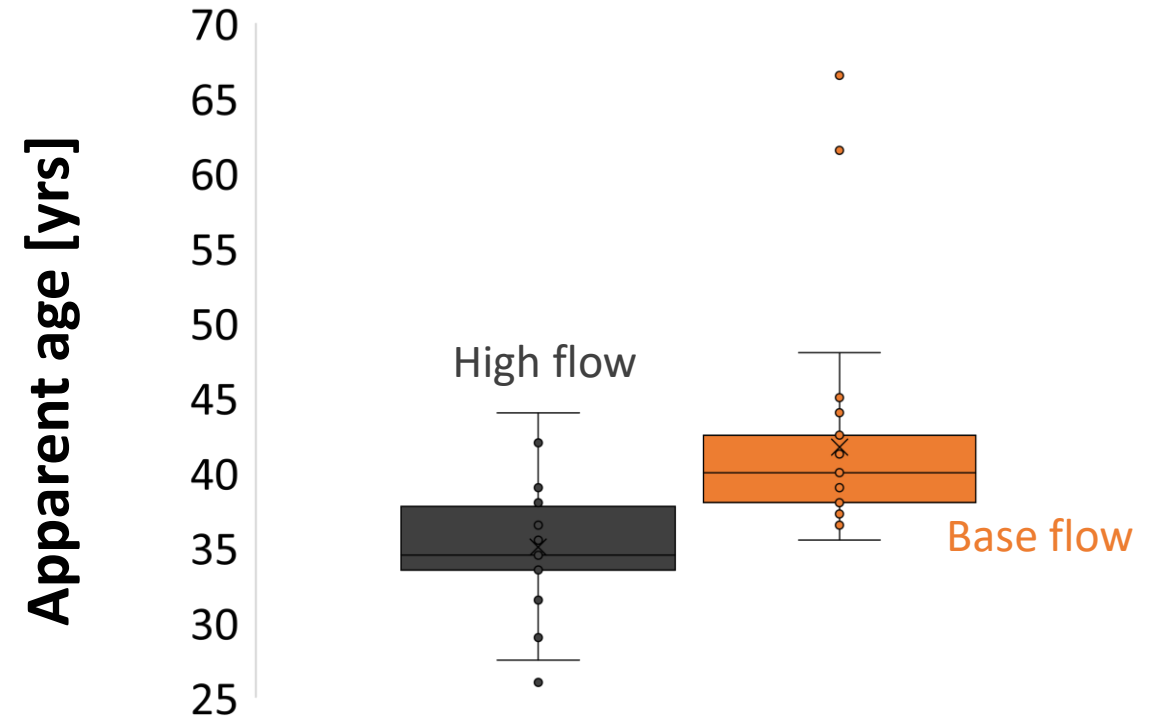
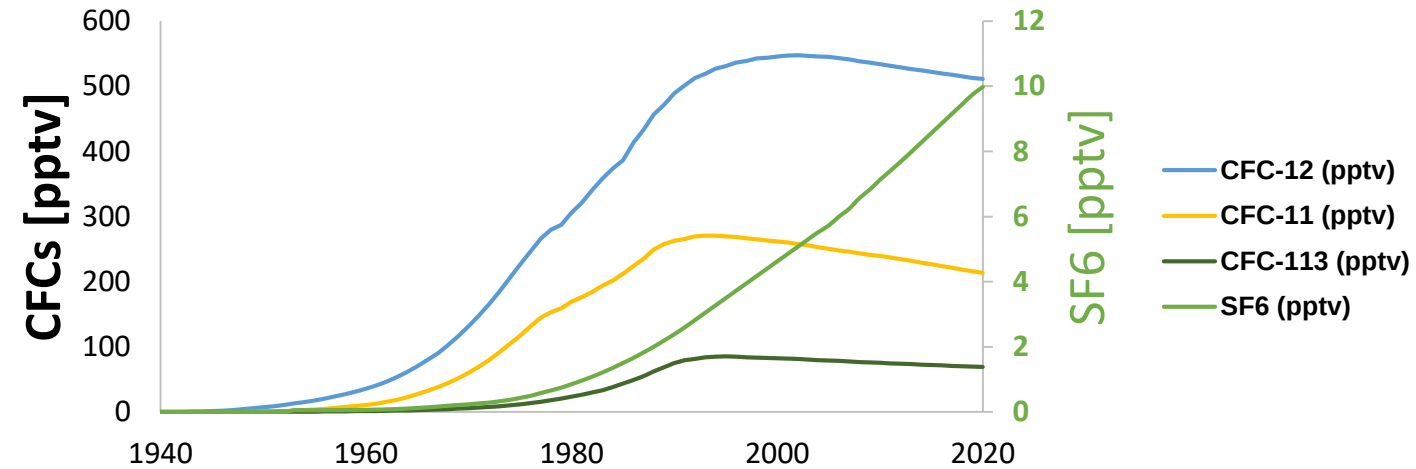
$$K_{(x,y,z)} = K_0 e^{z(x,y)/d}$$

Evaluer la distribution spatiale des temps de résidence : méthode des gaz dissous

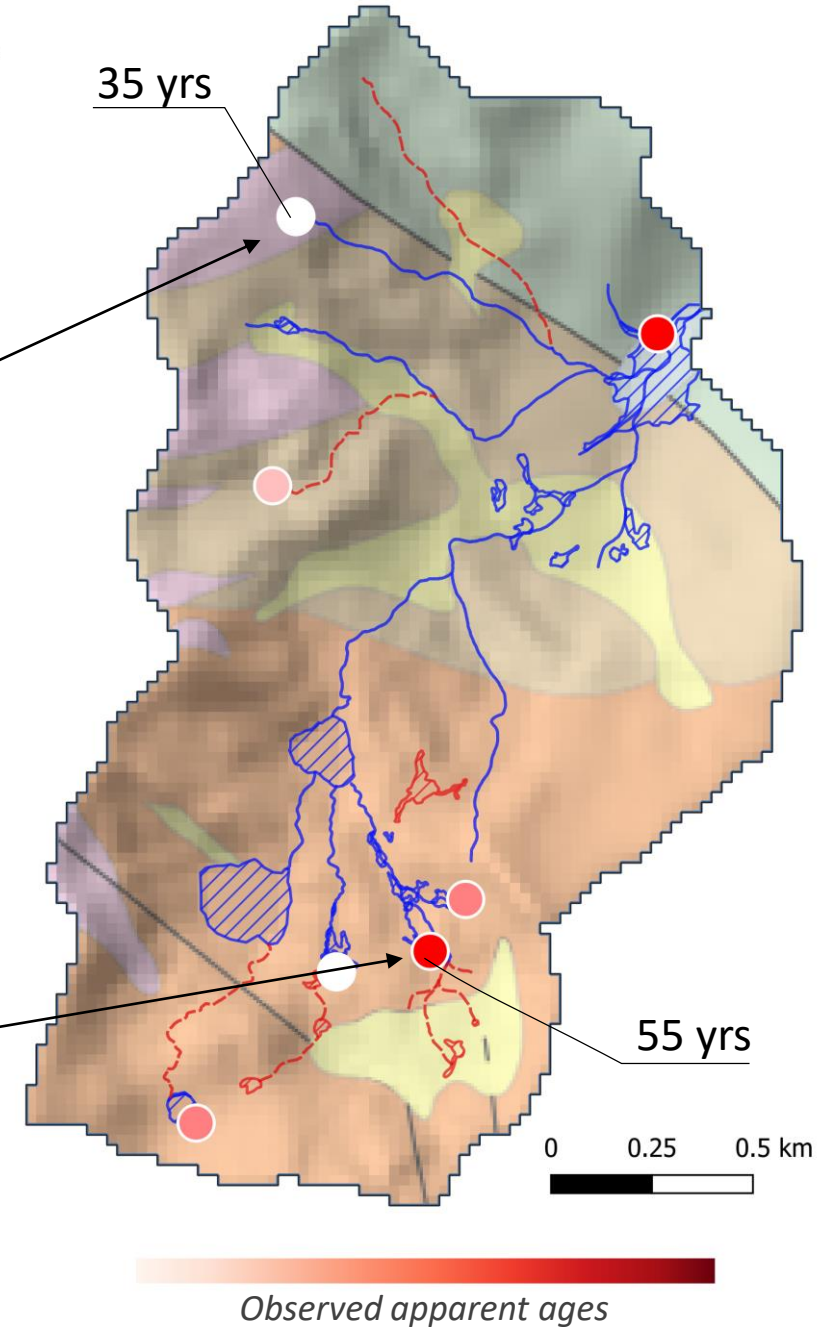


2 campagnes (printemps et automne 2021) avec 10 sources échantillonnées pour les CFCs, SF6, gaz nobles, chimie, isotopes stables, isotopes du carbone

Evolution des concentrations dans l'atmosphère :

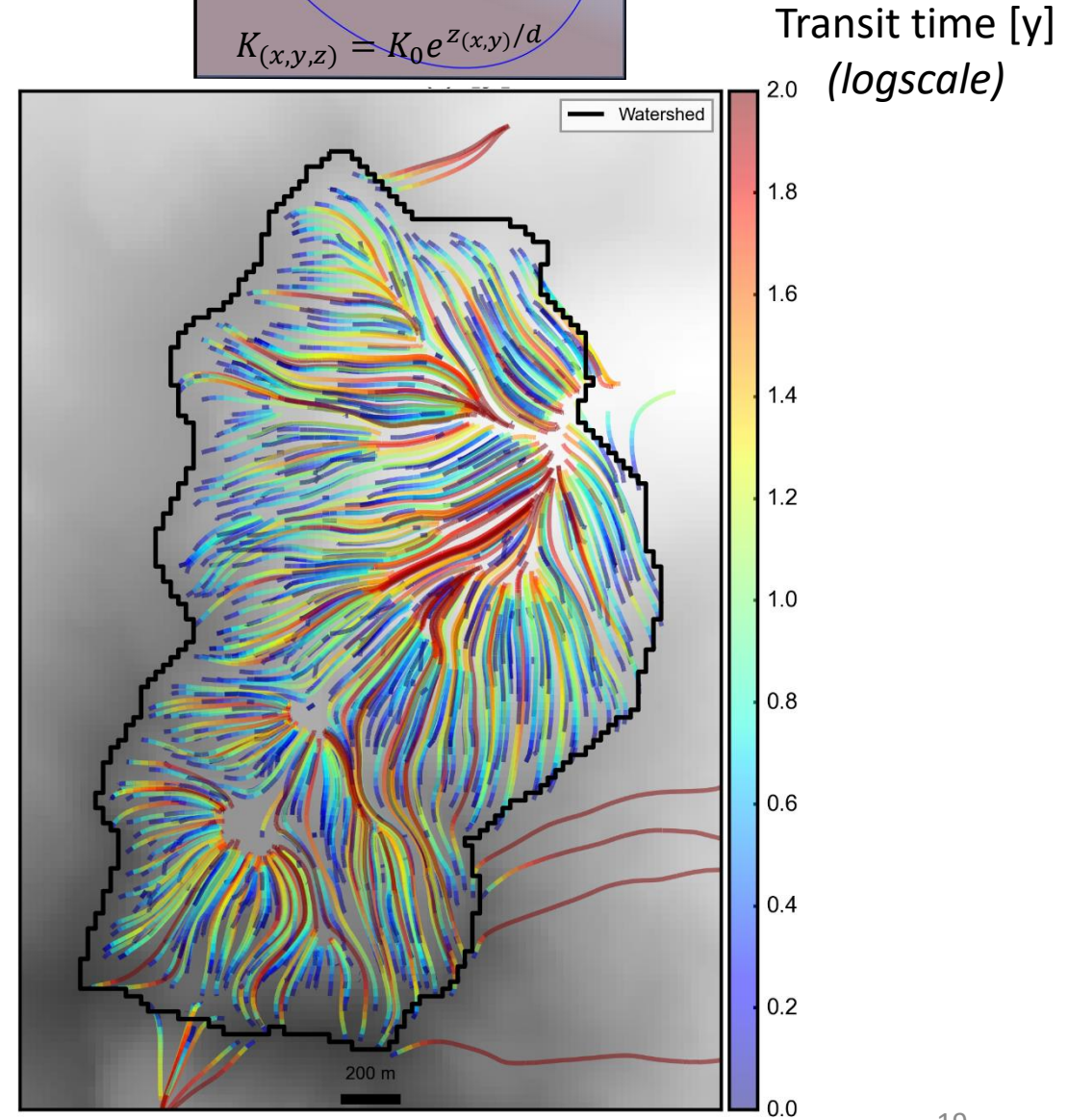
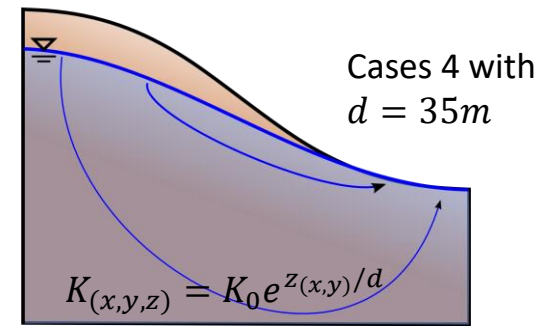
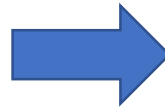
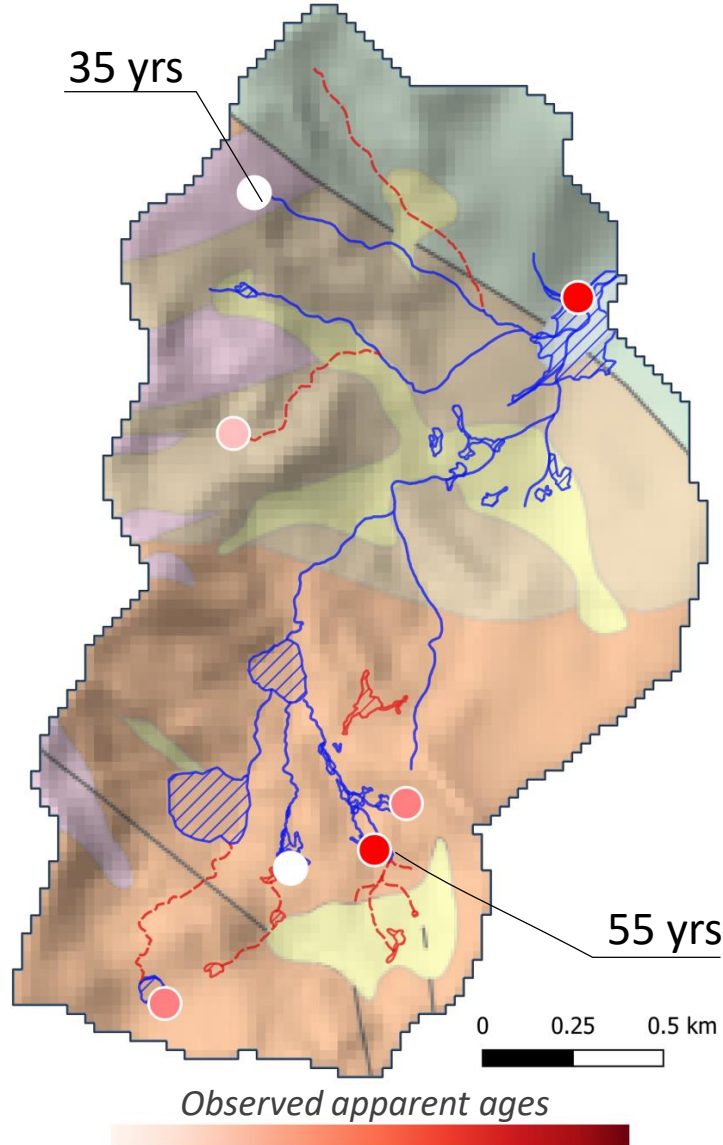


La forte variabilité spatiale des âges apparents nous révèle la complexité des écoulements souterrains

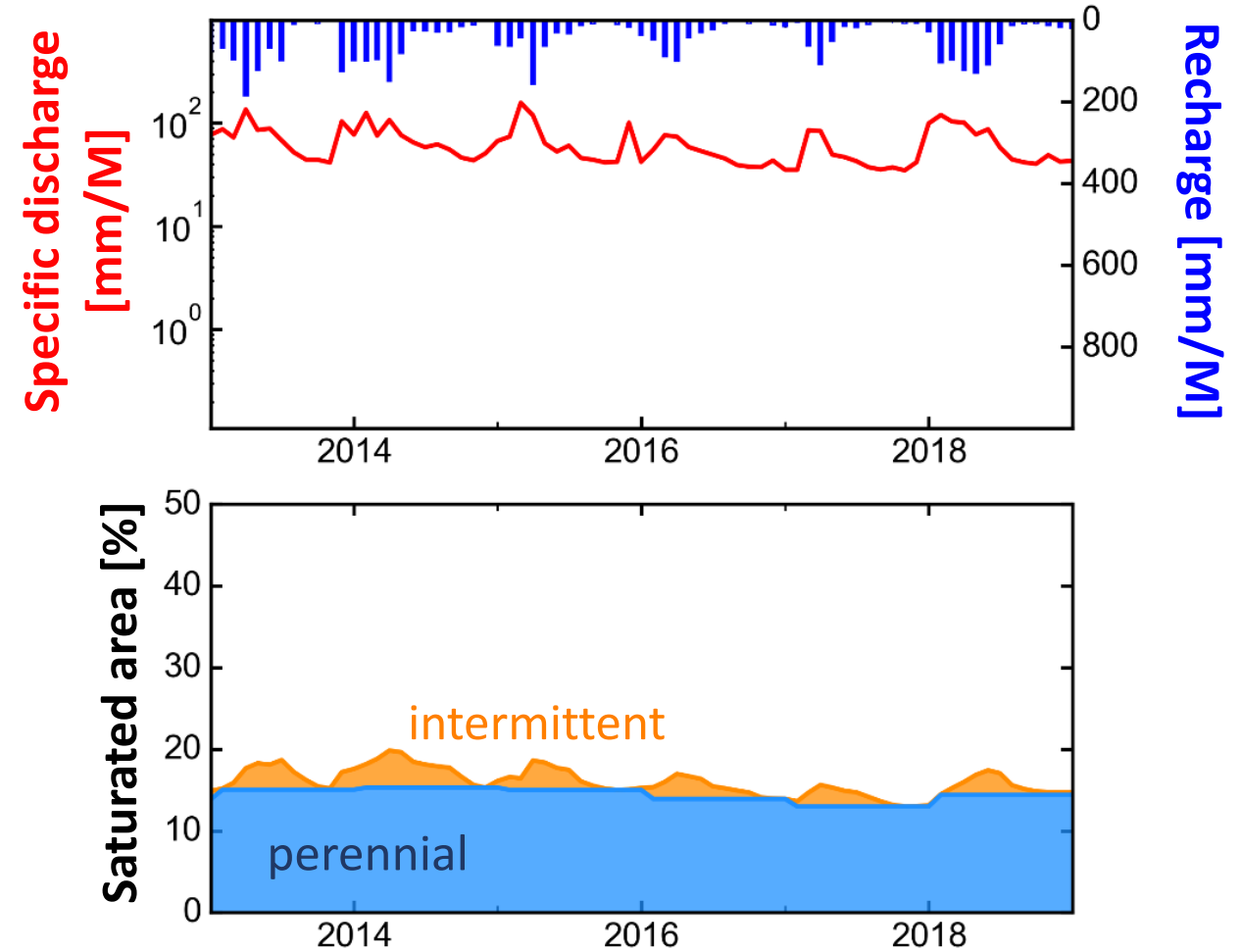
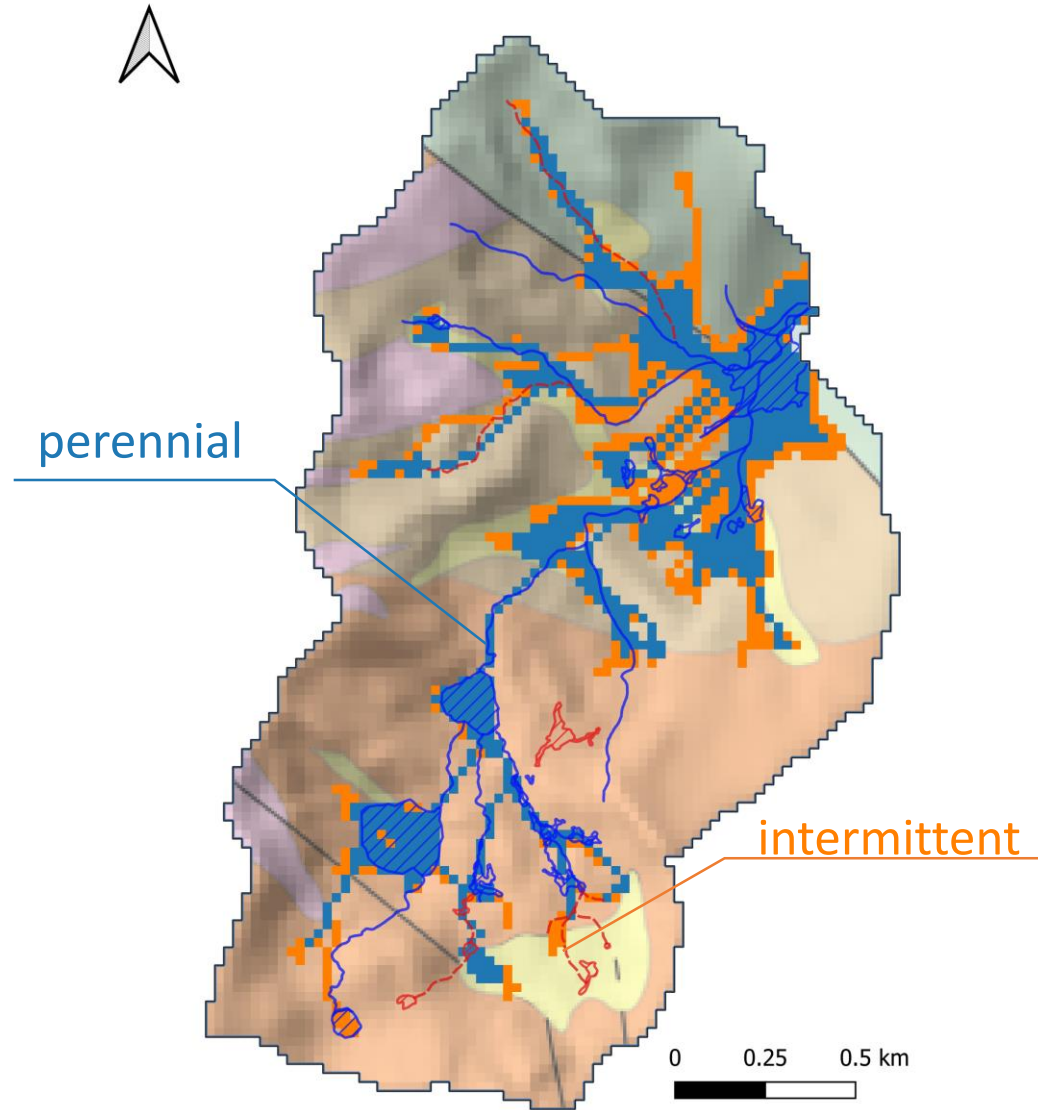


Intégration des données d'âge pour calibrer les modèles

Vision sur la capacité de stockage du milieu souterrain et résilience du système hydrologique

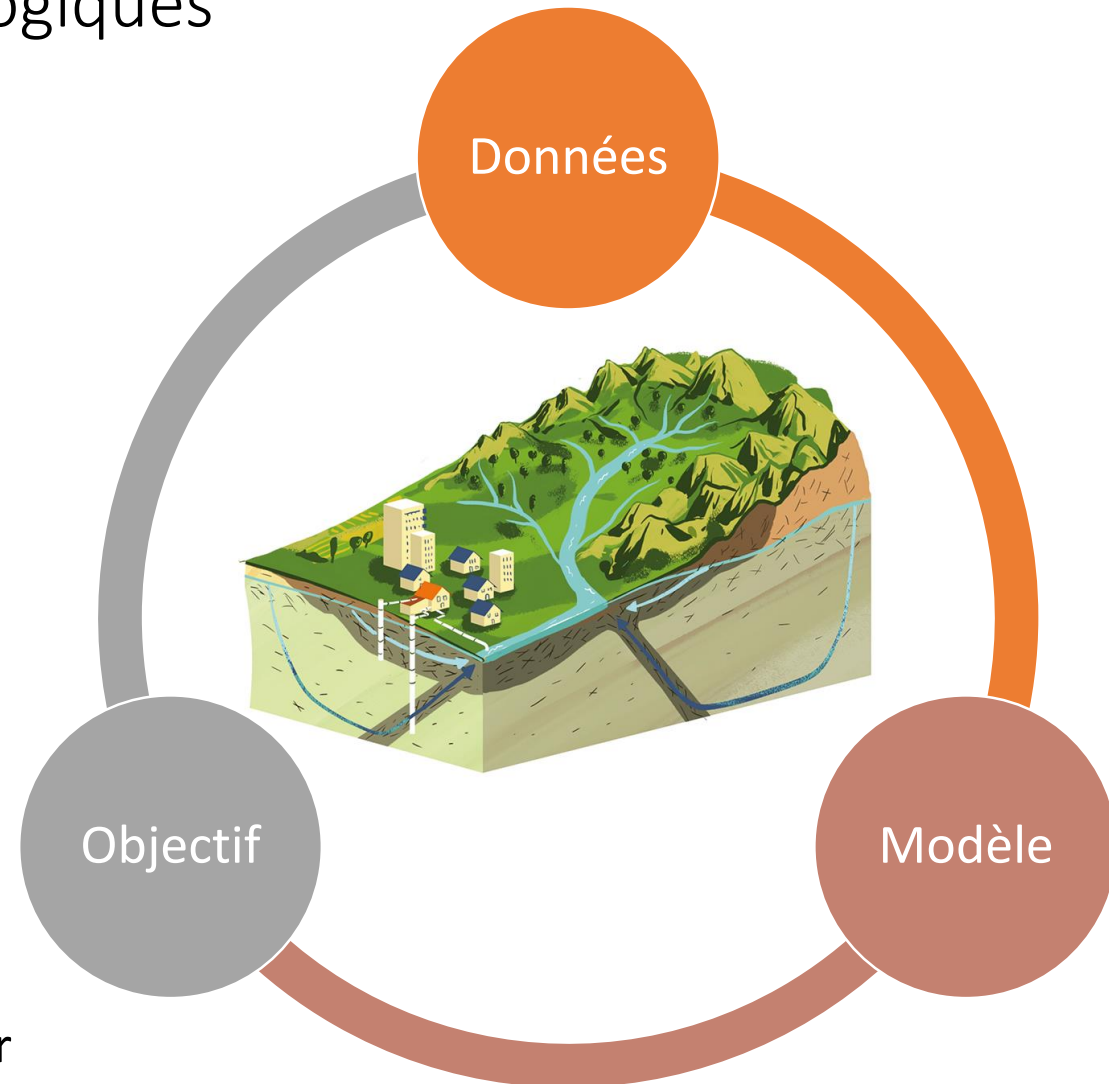


Le modèle calibré sur les observations permet de tester les hypothèses sur la dynamique des interfaces (et son évolution future)



La place de l'observation et de la modélisation dans la compréhension des comportements hydrologiques

- La diversité des écoulements de l'eau dans les couches géologiques hétérogènes est un **agent critique qui façonne les écosystèmes**
- **Besoin d'observations long terme** pour contraindre les modèles: **nouvelles opportunités** par les développements technologiques de mesure low cost, haute fréquence et distribuée, par satellites
- **Cohérence données – modèles – objectifs** : Rôle de la modélisation pour structurer les données et les interprétations (standardisation, outils intégrés et transposables)
- **Construction commune des démarches** : L'eau est un vecteur d'interdisciplinarité !



Clément Roques, University of Neuchâtel, Switzerland

Email: clement.roques@unine.ch

Web: <http://www.clementroques.com>

 @GW_roques

unine[®]
Université de Neuchâtel

Ana
Conservatoire
d'espaces naturels
Ariège

UNIVERSITÉ DE
RENNES 1

