

Karst jurassien et vulnérabilité de la ressource en eau

Marc Steinmann (MC, géologue-géochimiste), Eric Lucot (MC, pédologue)
Laboratoire de Chrono-environnement

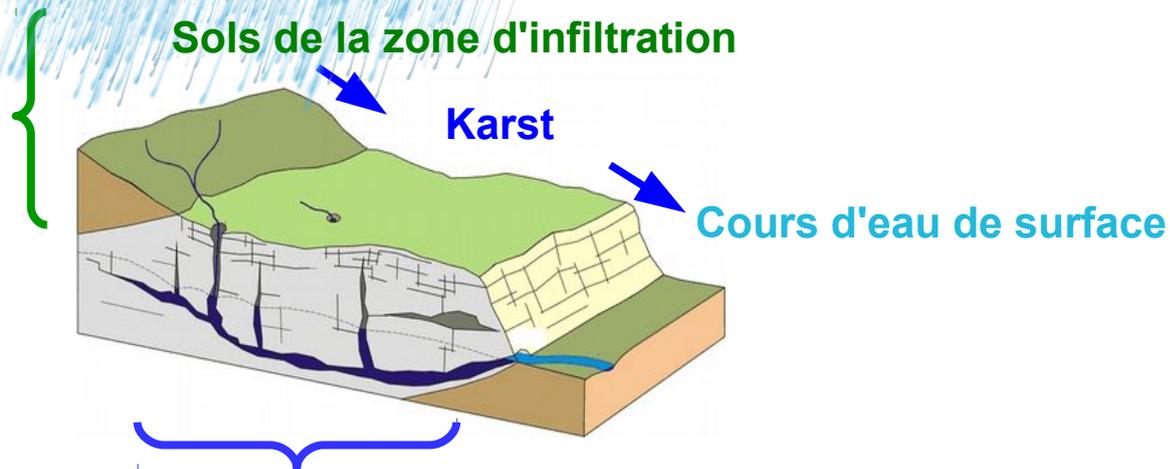


source du Lison

Cheminement de l'eau dans les régions karstiques

Partie 2 : Gestion des sols

Eric Lucot (pédologue)



Partie 1 : Hydrogéologie du karst

Marc Steinmann (géologue-géochimiste)

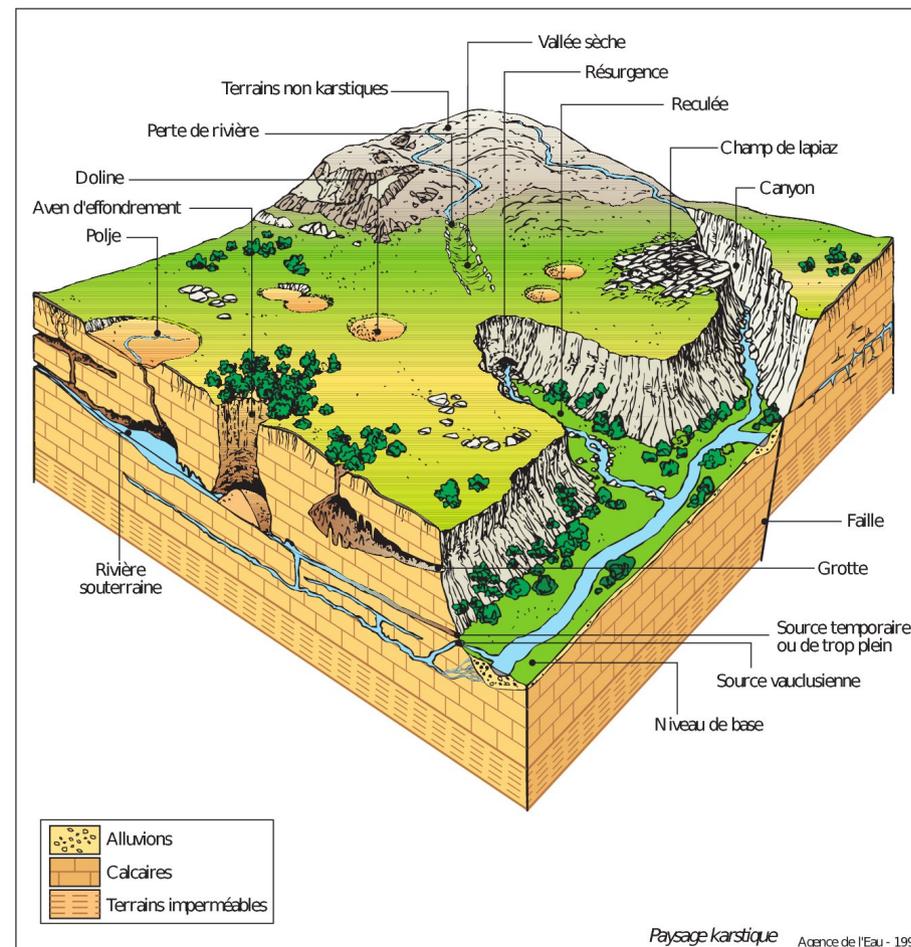
- 1) Le karst, qu'est-ce que c'est ?
- 2) Essais de traçage
- 3) L'observatoire "Jurassic Karst"
 - Méthodes de suivi
 - Vitesses de transfert
 - Modes de transfert des polluants

Le karst, qu'est-ce que c'est ?



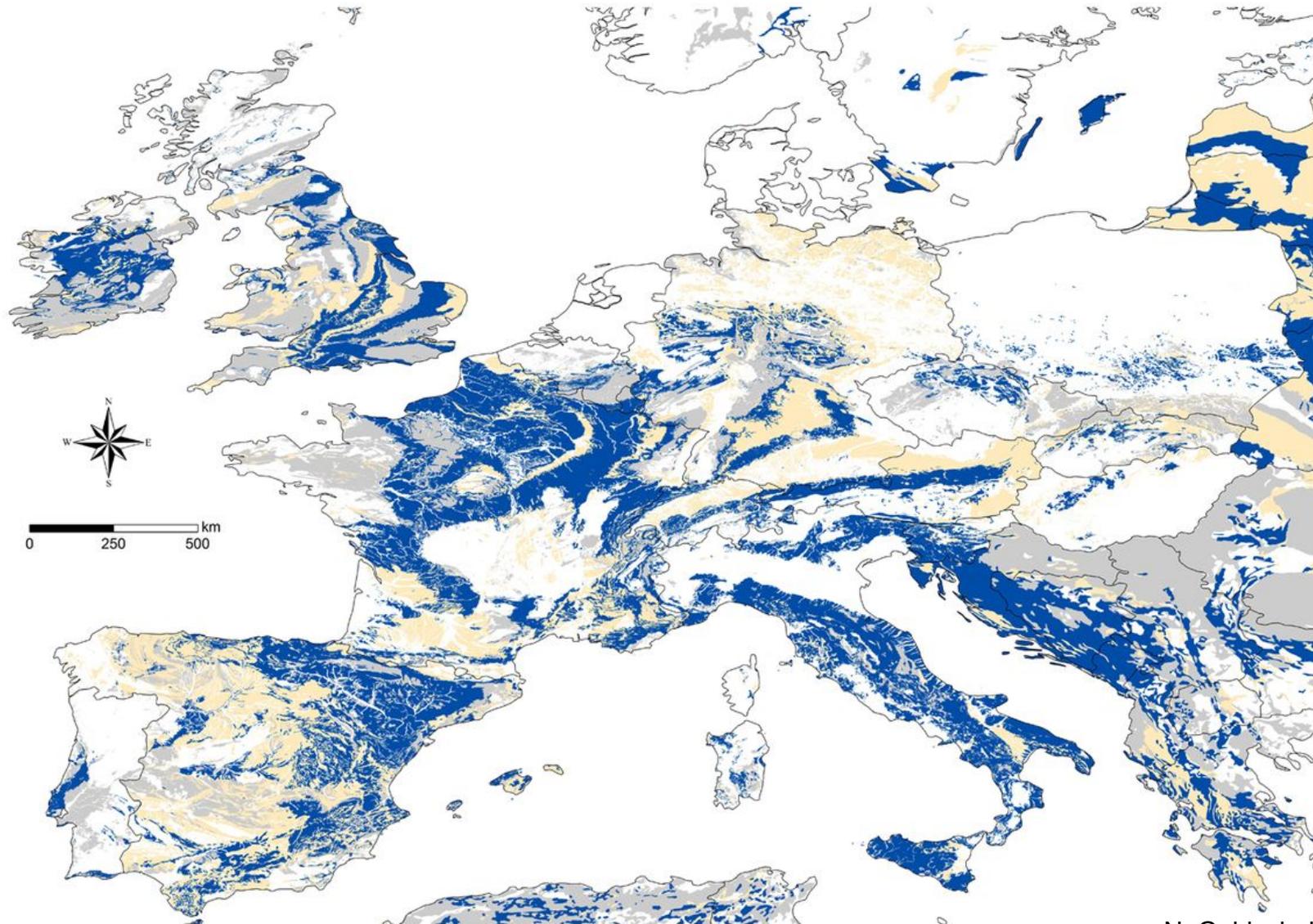
Le terme "**karst**" provient d'un haut plateau calcaire en Slovénie appelé "Kras", terme transformé au 19^{ème} siècle en "karst" par les géologues germanophones du service géologique de l'empire austro-hongrois.

Les plateaux de Kras sont comparables aux causses en France.



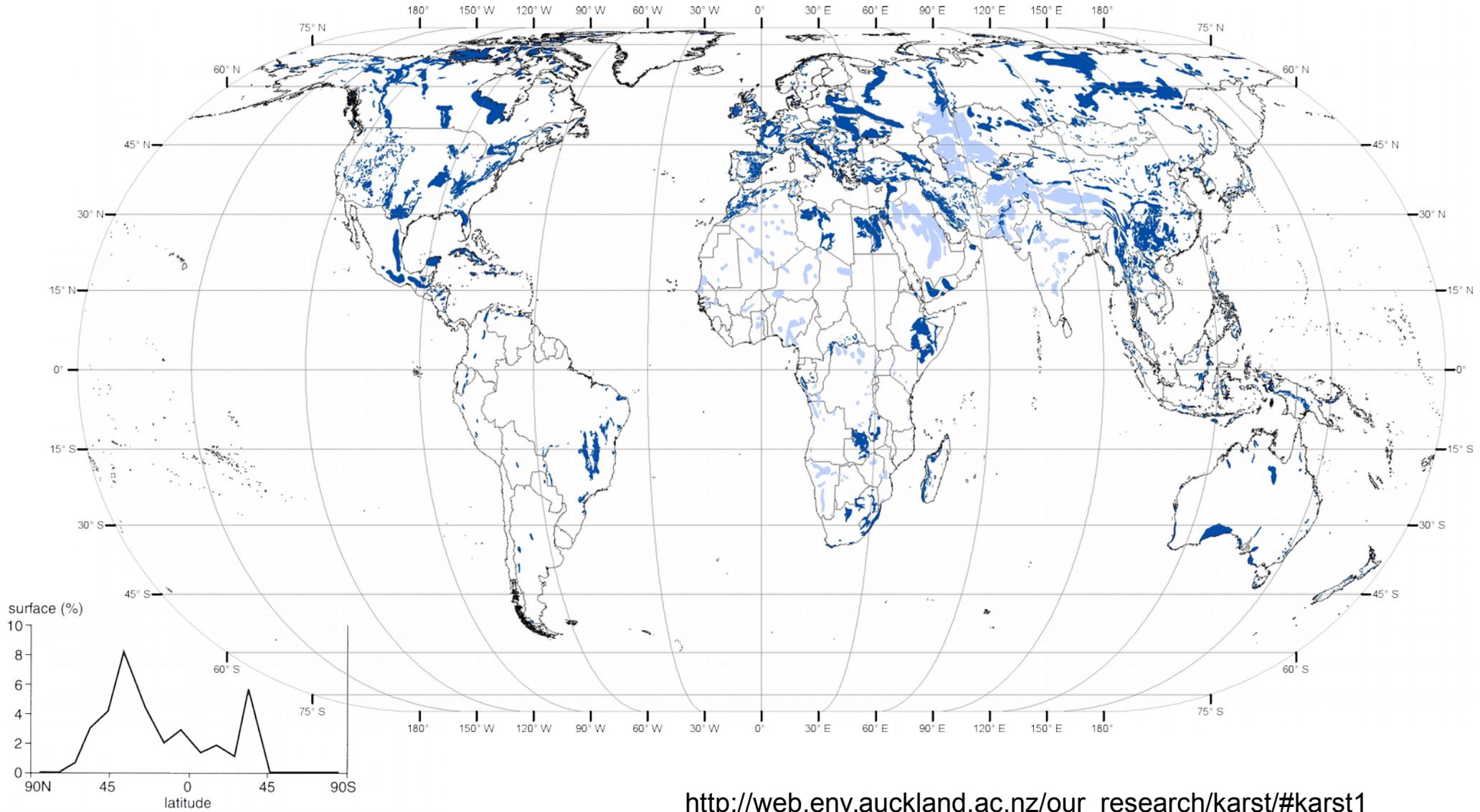
Le **karst** est une structure géomorphologique superficielle et sous-terrainne résultant de la **dissolution de formations calcaires**.

Régions karstiques en Europe



N. Goldscheider
(<https://www.agw.kit.edu/english/wokam.php>)

Régions karstiques dans le monde

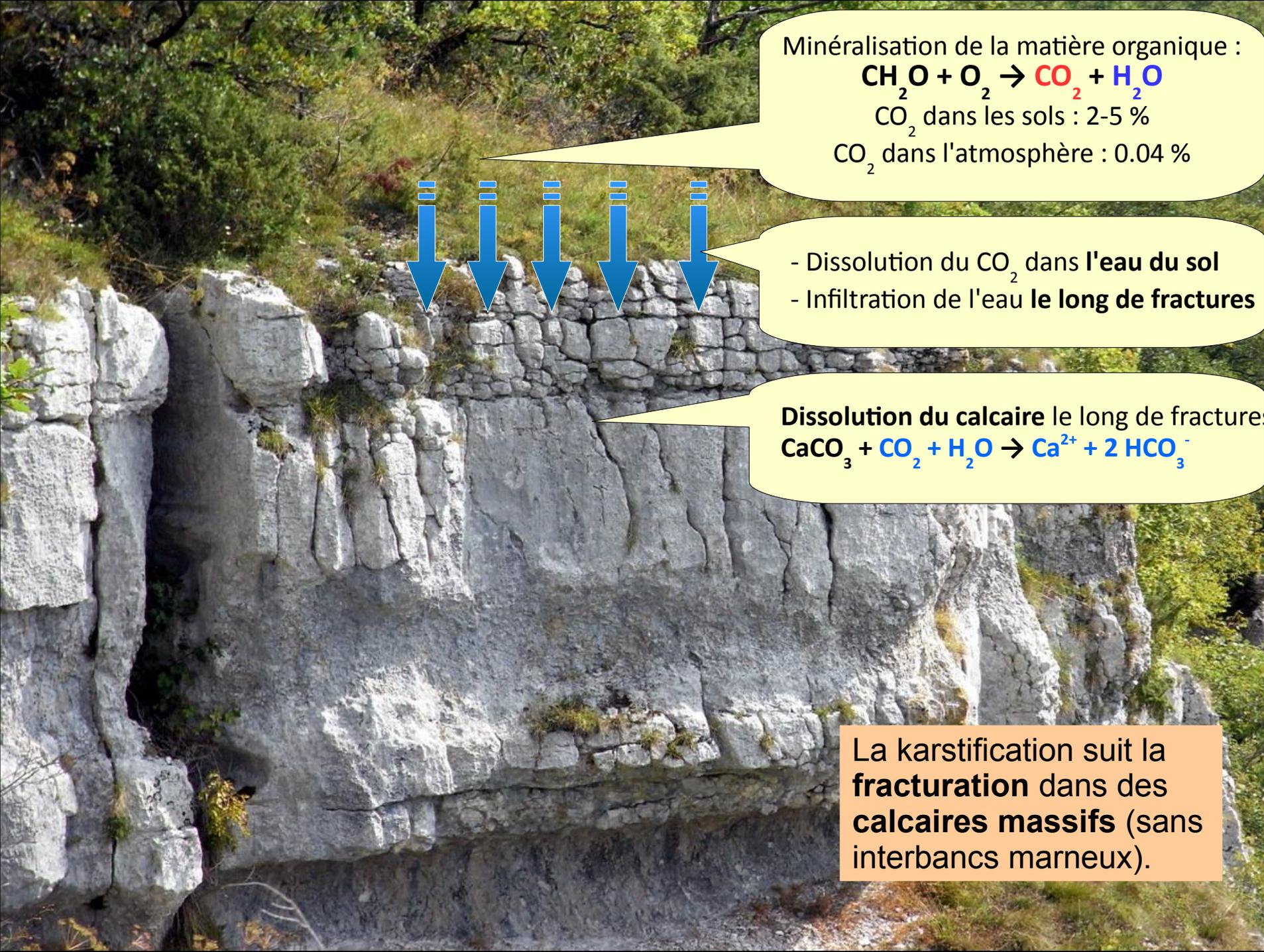


http://web.env.auckland.ac.nz/our_research/karst/#karst1

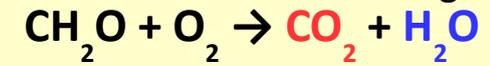
Distribution latitudinale des régions karstiques (d'après Balazs, 1977).



Calcaires massifs karstifiés ("Rauracien") au-dessus Ornans (Doubs)



Minéralisation de la matière organique :

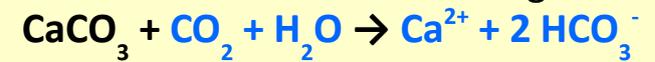


CO_2 dans les sols : 2-5 %

CO_2 dans l'atmosphère : 0.04 %

- Dissolution du CO_2 dans l'eau du sol
- Infiltration de l'eau le long de fractures

Dissolution du calcaire le long de fractures

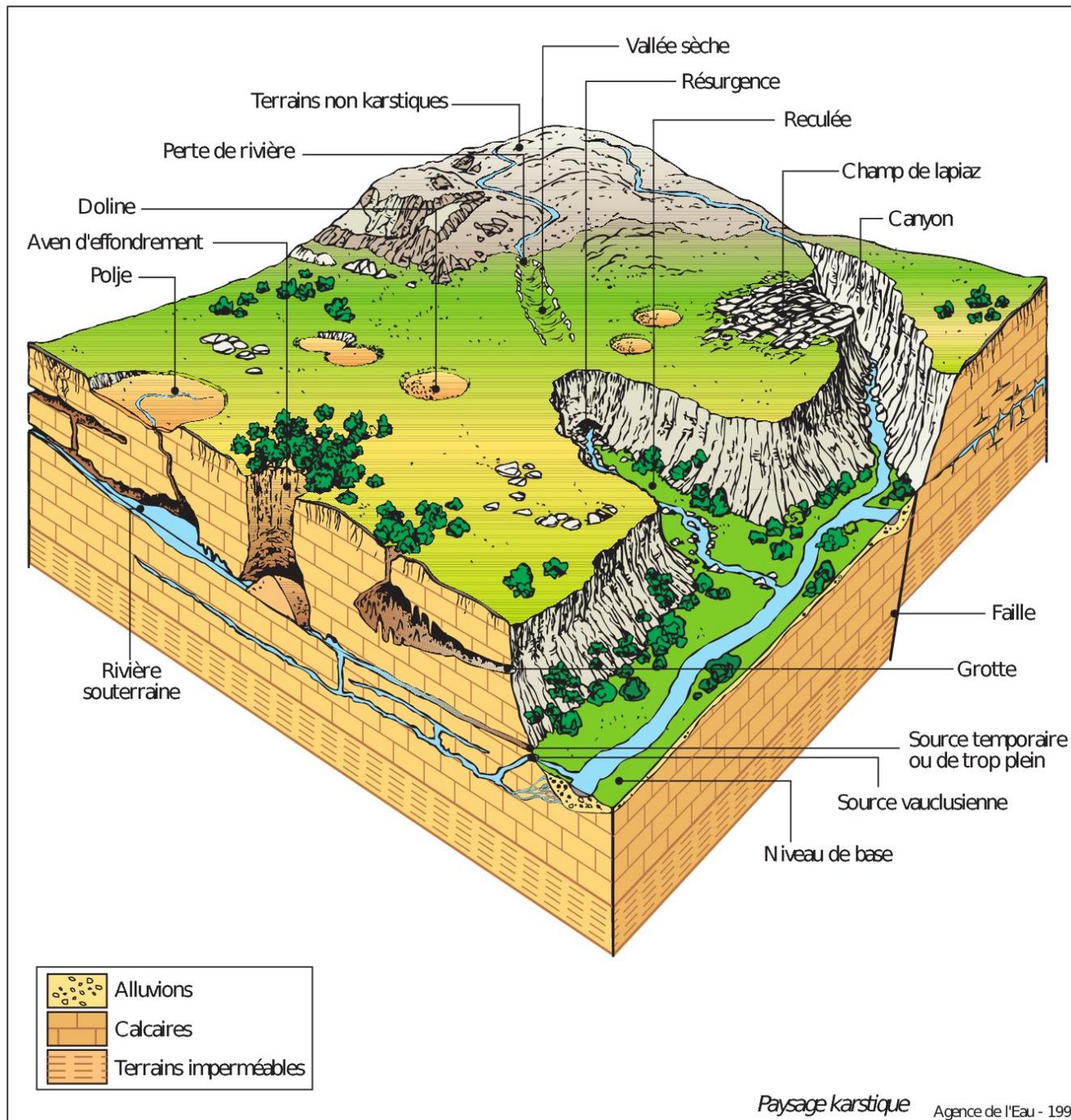


La karstification suit la **fracturation** dans des **calcaires massifs** (sans interbanes marneux).

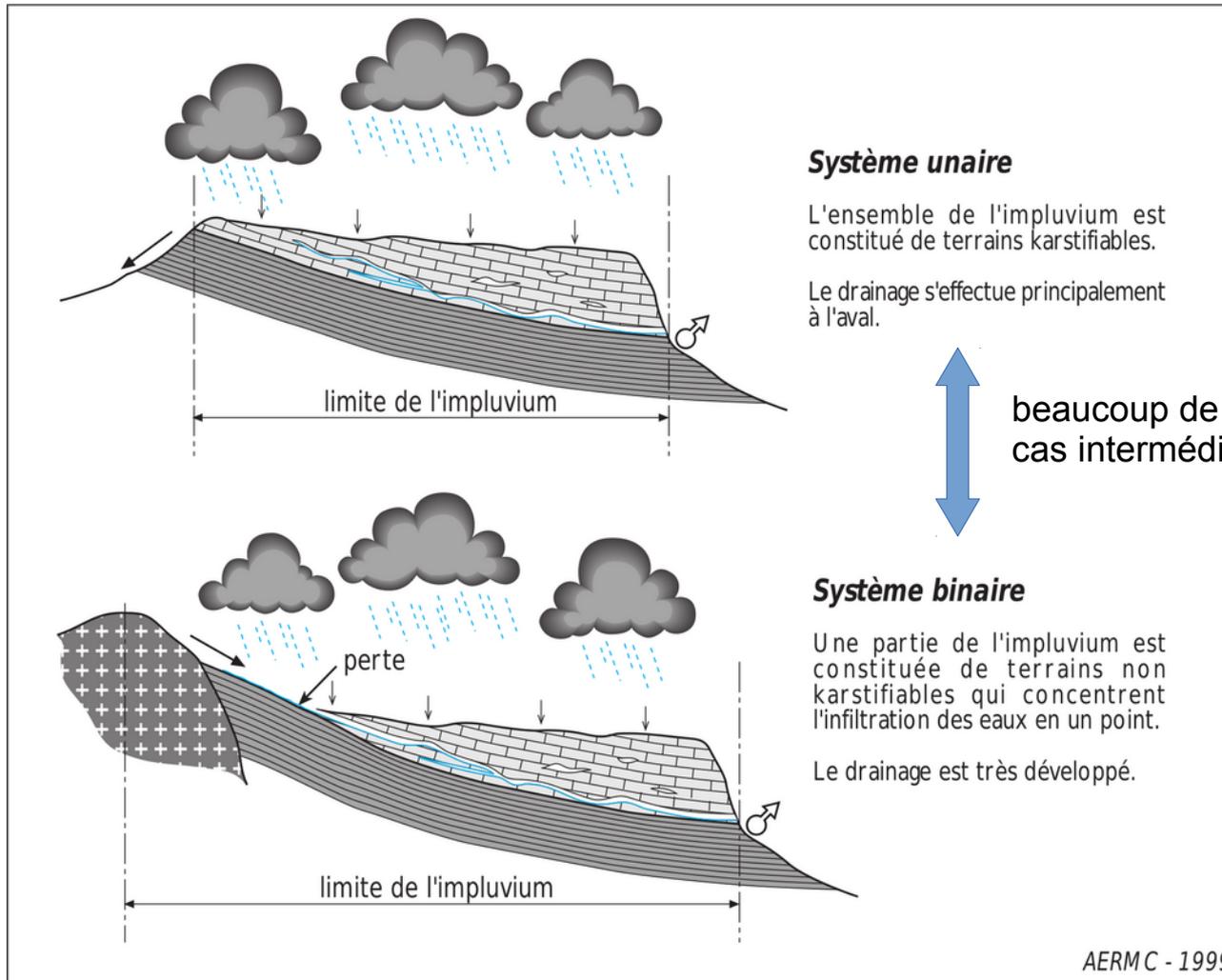
Début de karstification d'un calcaire massif fracturé ("Rauracien"), rocher du Tourbillon, vallée de la Brème (Doubs)



Surface de lapias, nappes helvétiques, Valais, Suisse



Karst unaire et karst binaire



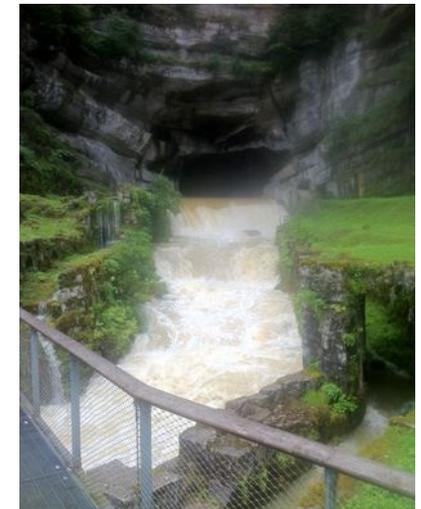
Bakalowicz, 1999

Exemple : Source du Doubs

- peu de MES (mat. en suspension)
- transfert de l'eau relativement "lent"

Exemple : Source de la Loue

- beaucoup de MES
- transfert de l'eau rapide



Aven du Creux des Chiens
(photo F. Favory)

Extrait de la "BaseKarst" du GIPEK

(Groupe pour l'Inventaire, la Protection et l'Etude du Karst du massif Jurassien ; Comité Départemental Spéléo 25)

Dernière fiche ouverte

Accueil Carte Re

Outils carte

- Vue Globale
- Navigation
- Zoom +
- Zoom -
- Zoom
- Distance
- Surface
- Profil
- Précédent
- Suivant
- Carte perso
- Cholx couche

Marc Steinmann BaseKarst V4.5

Informations

Liste des couches

- Fonds de Carte
- Cartes IGN
- Couches d'informations
- Cavités
- Banque du sous-sol
- Hydrographie
- Tracage
- Phénomène karstique
- Géologie harmonisée

Système projection : Lambert III Etendu

200 m

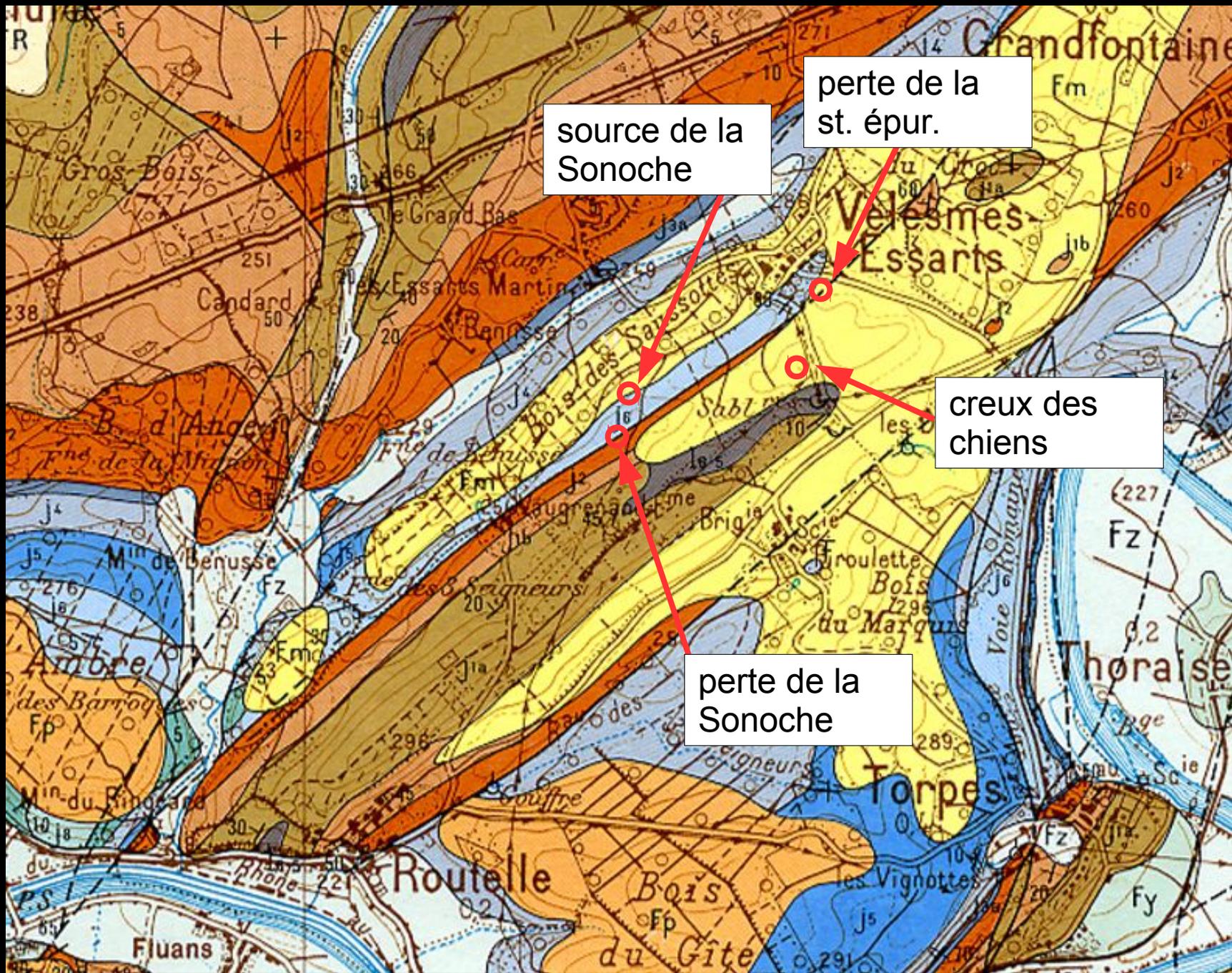
The map shows the area around Velesmes-Essarts, including locations like les Essarts Martin, Benusse, la Sonoche, and la Piroulette. Red arrows point from the map to three specific locations: the Creux des Chiens, the Aven du Creux des Chiens, and the doline above la Sonoche.



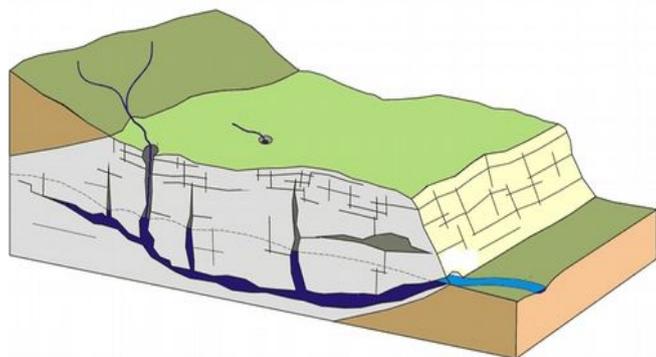
Doline au-dessus de la Sonoche (photo F. Favory)



Perte de la Sonoche (photo F. Favory)



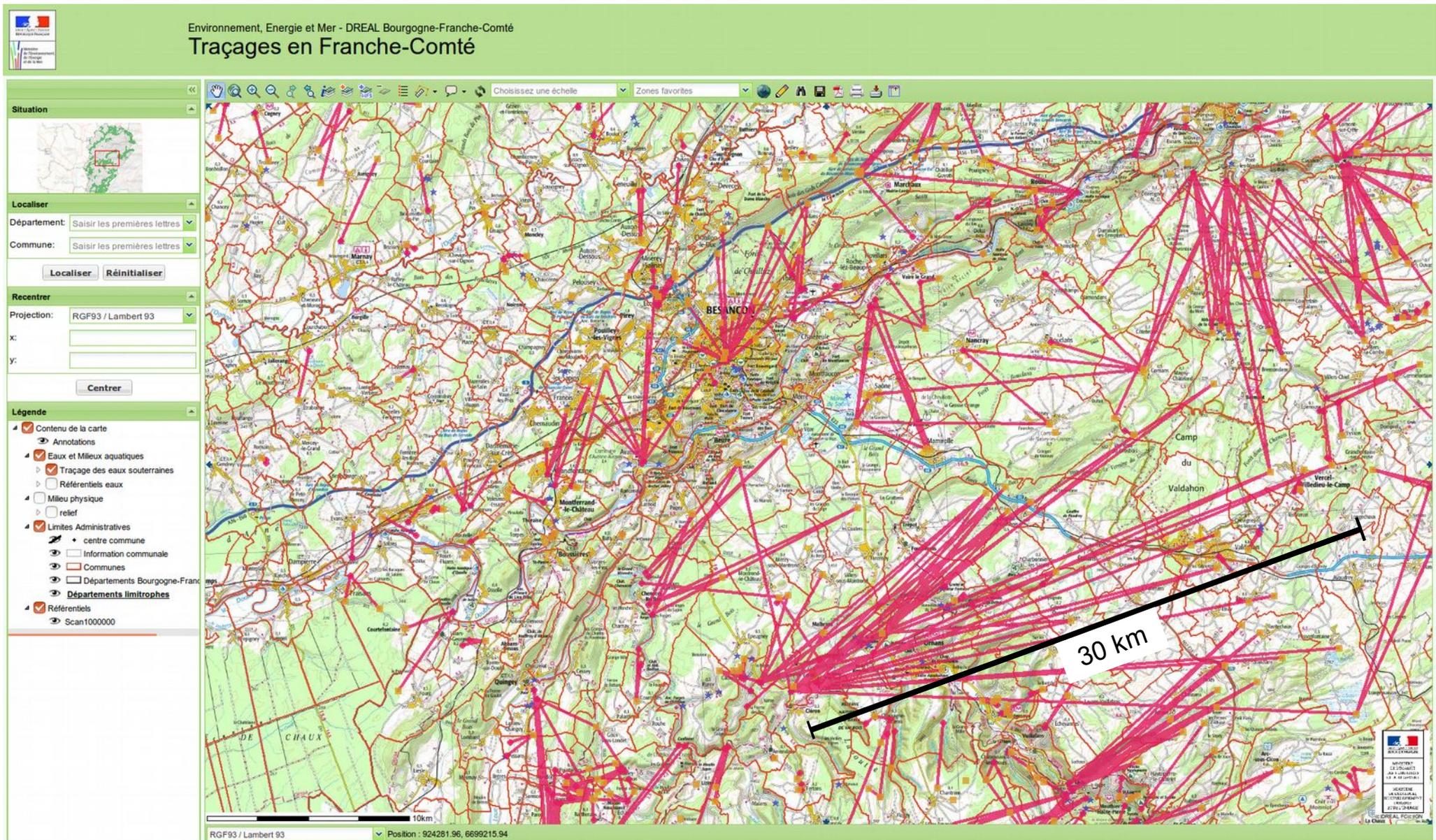
Essais de traçage pour relier les entrées et les sorties d'un système karstique

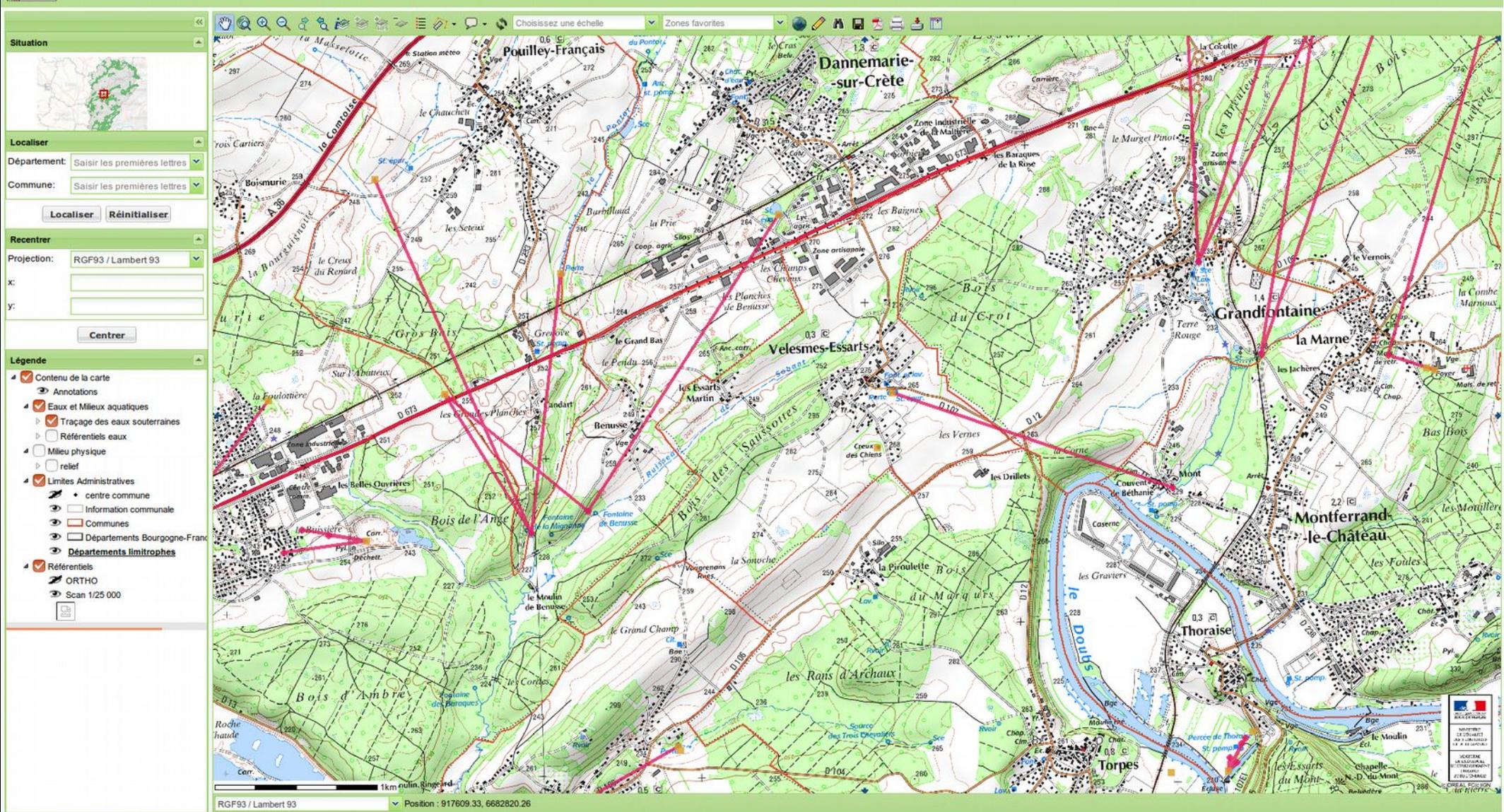


source de Fontenotte

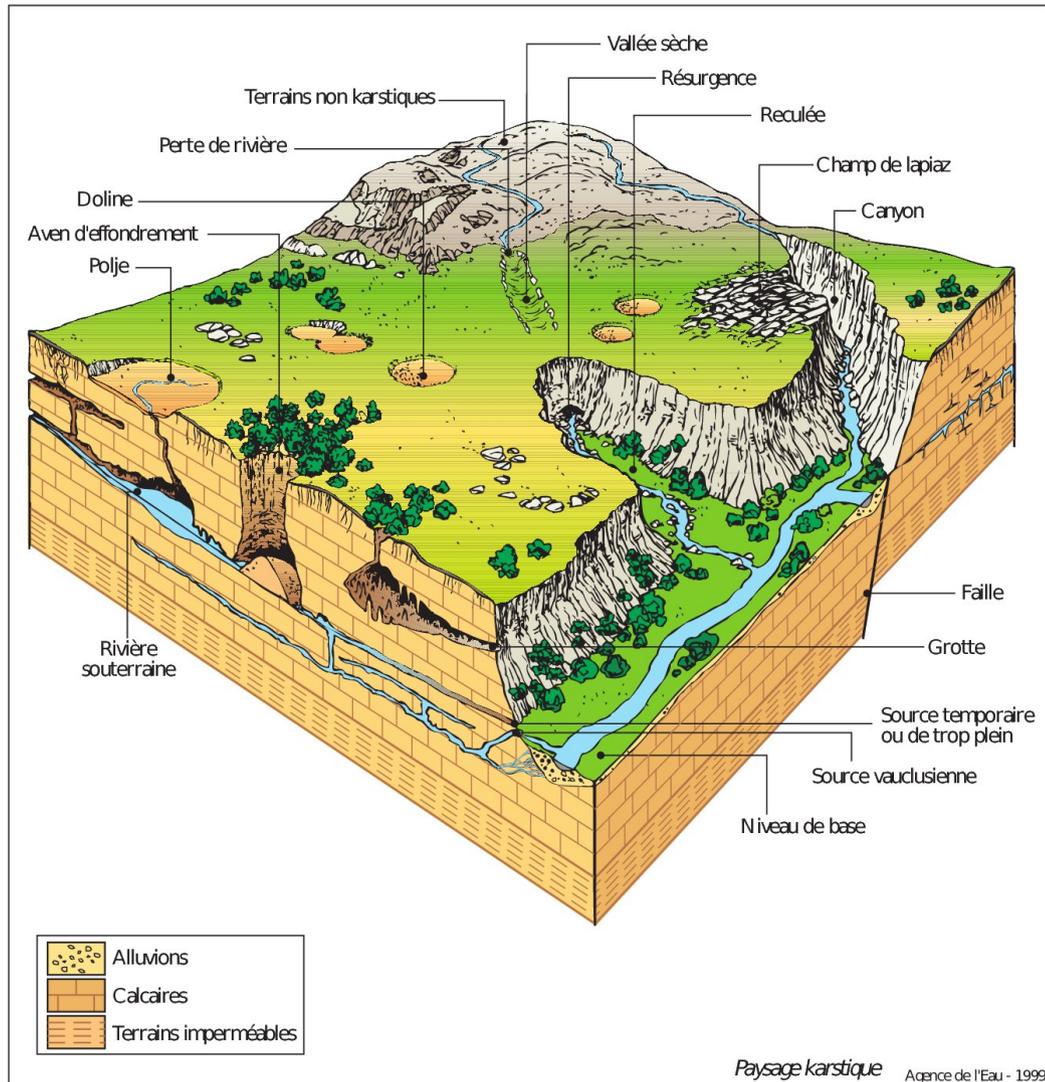


<http://carmen.application.developpement-durable.gouv.fr/14/Colorations.map>





Pourquoi un observatoire hydrogéologique du karst jurassien ?



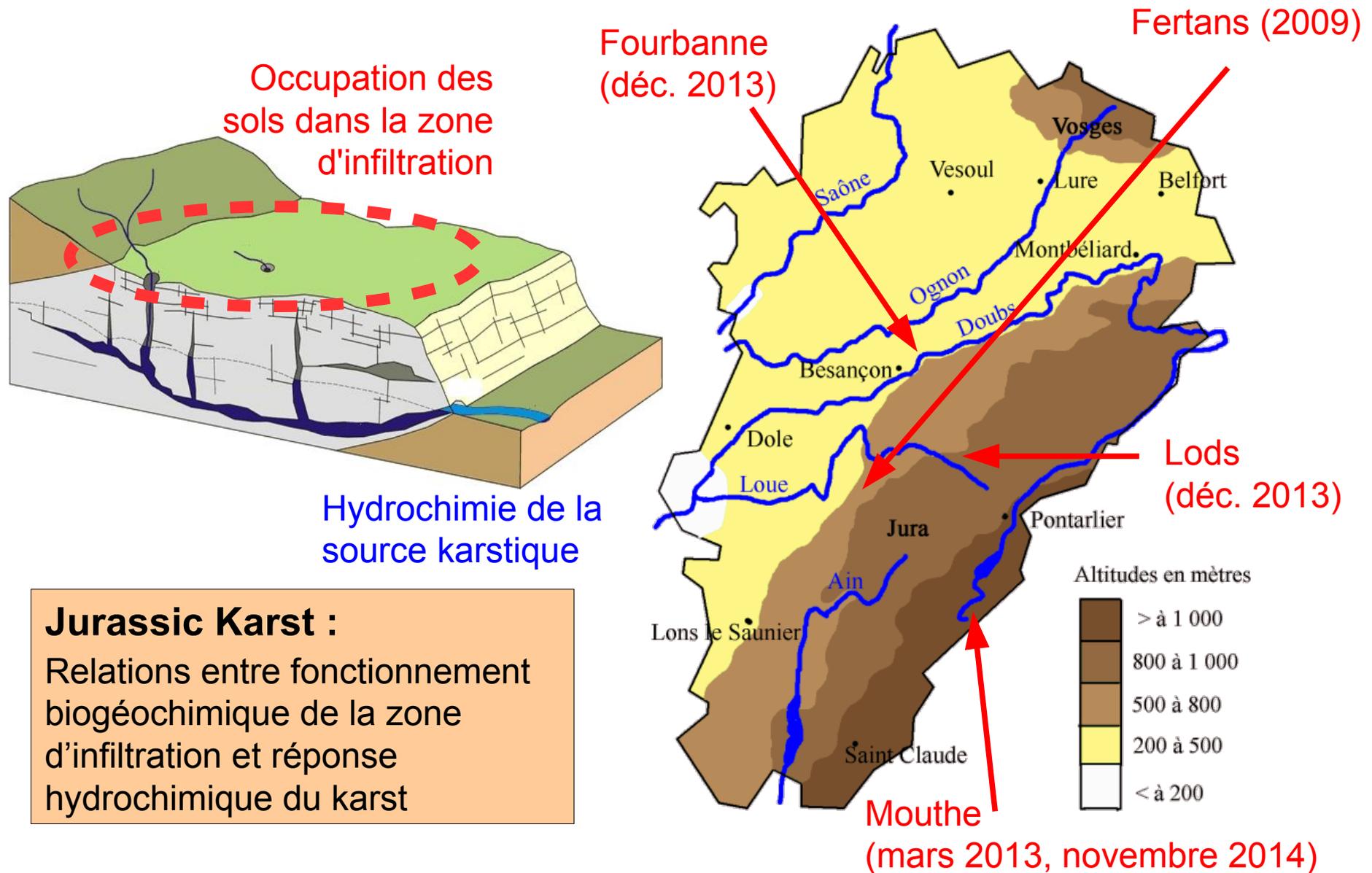
- Karst = principale ressource en eau en Franche-Comté.
- Dégradation de la qualité des eaux karstiques du massif du Jura (mortalités piscicoles 2010-11).



Photo : F. Degiorgi

- Manque de données de suivis systématiques.
- Dissolution du calcaire très sensible à la température (réchauffement climatique).

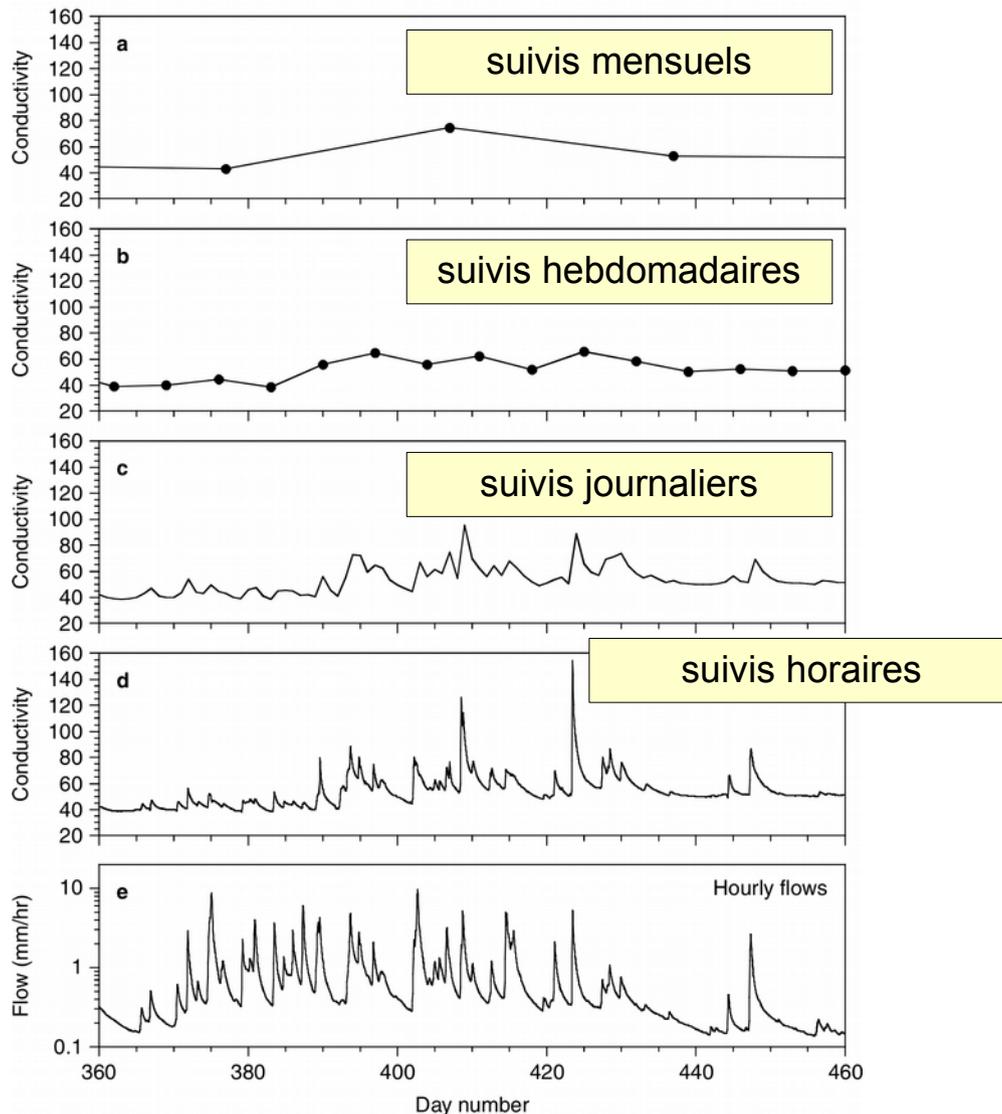
L'observatoire hydrogéologique "Jurassic Karst"



Suivis en continu et à haute fréquence



J. W. KIRCHNER ET AL.



Imagine trying to understand a Beethoven symphony if one could only hear one note every minute or two!

That is what we are trying to do when we infer the hydrochemical functioning of a catchment from weekly or monthly grab samples.

J.W. Kirchner et al. 2004

- **Haute fréquence :**

- Intégration des crues dans les bilans annuels
- Variabilité des paramètres
- "Zoom" temporel, informations sur les mécanismes

Les équipements de suivi



2 stations météo
Mesures horaires



- **5 sondes CTD** (cond, T, - hauteur eau)
- **4 fluorimètres** (traceurs, TOC, turbidité)
- **3 sondes multiparamètres** (cond, T, hauteur eau, pH, O₂, chlorures, turbidité)
→ Fourbanne, Lods, Mouthe
- **2 spectros UV** (nitrates, TOC, DOC)
→ Fourbanne, Lods

Intervalle de mesure : 30 min



2 préleveurs
automatiques
(éléments majeurs)
→ Fourbanne, Lods



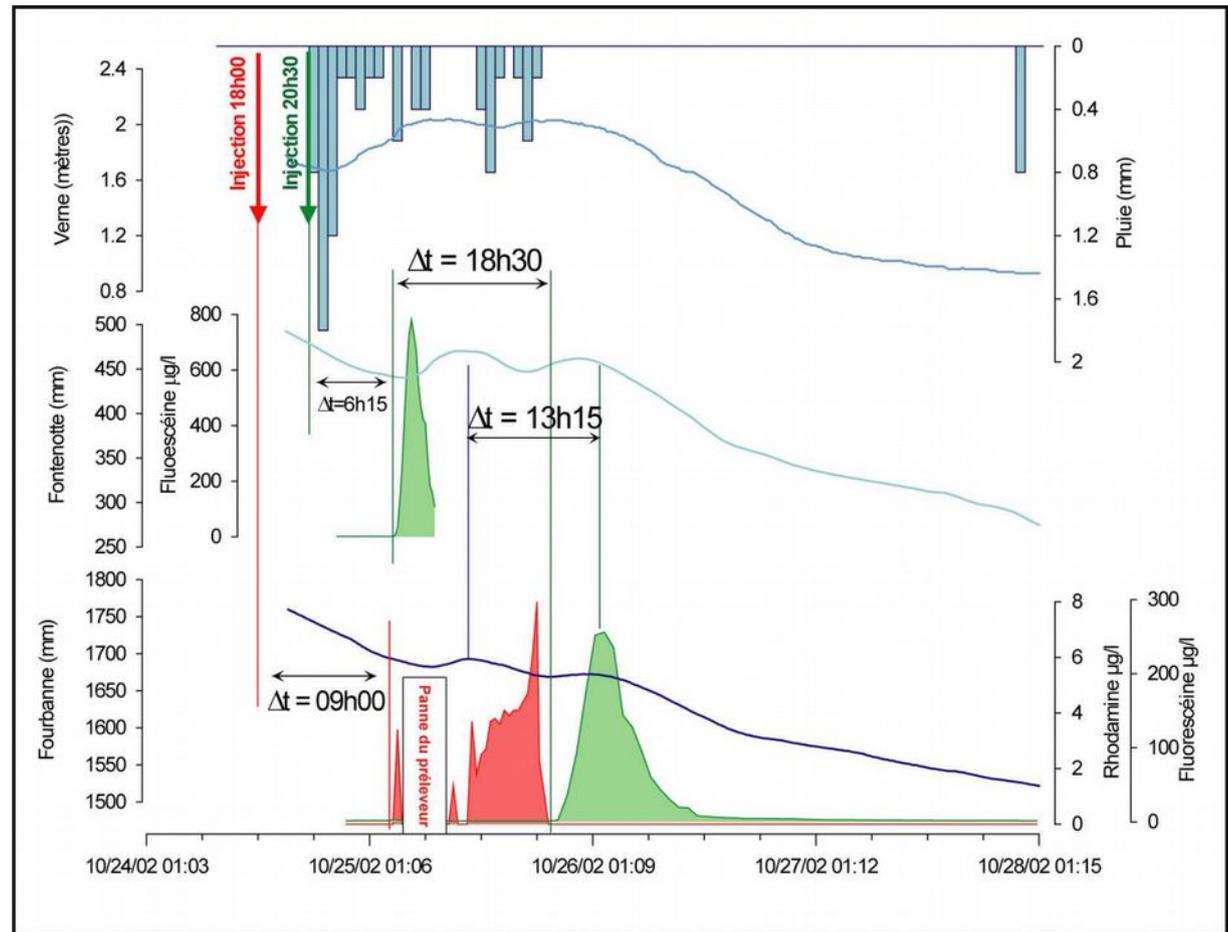
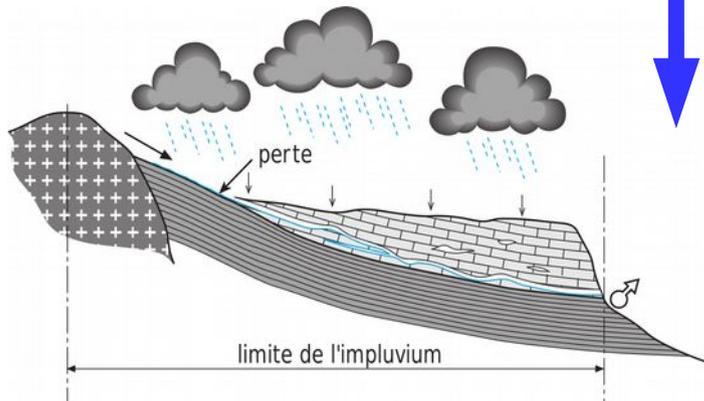
Intervalle : 4 jours

Les vitesses de transfert dans le karst : exemple 1



Source de Fourbanne, système binaire

environ 10 km



environ 24h

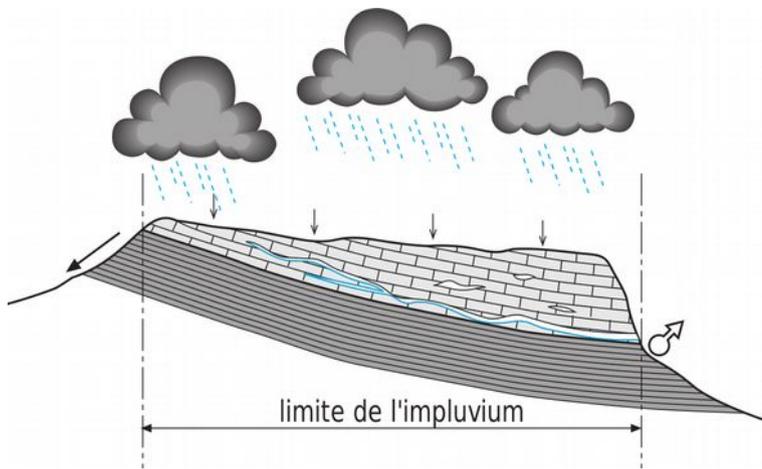
Charmoille, 2005

Les vitesses de transfert dans le karst : exemple 2

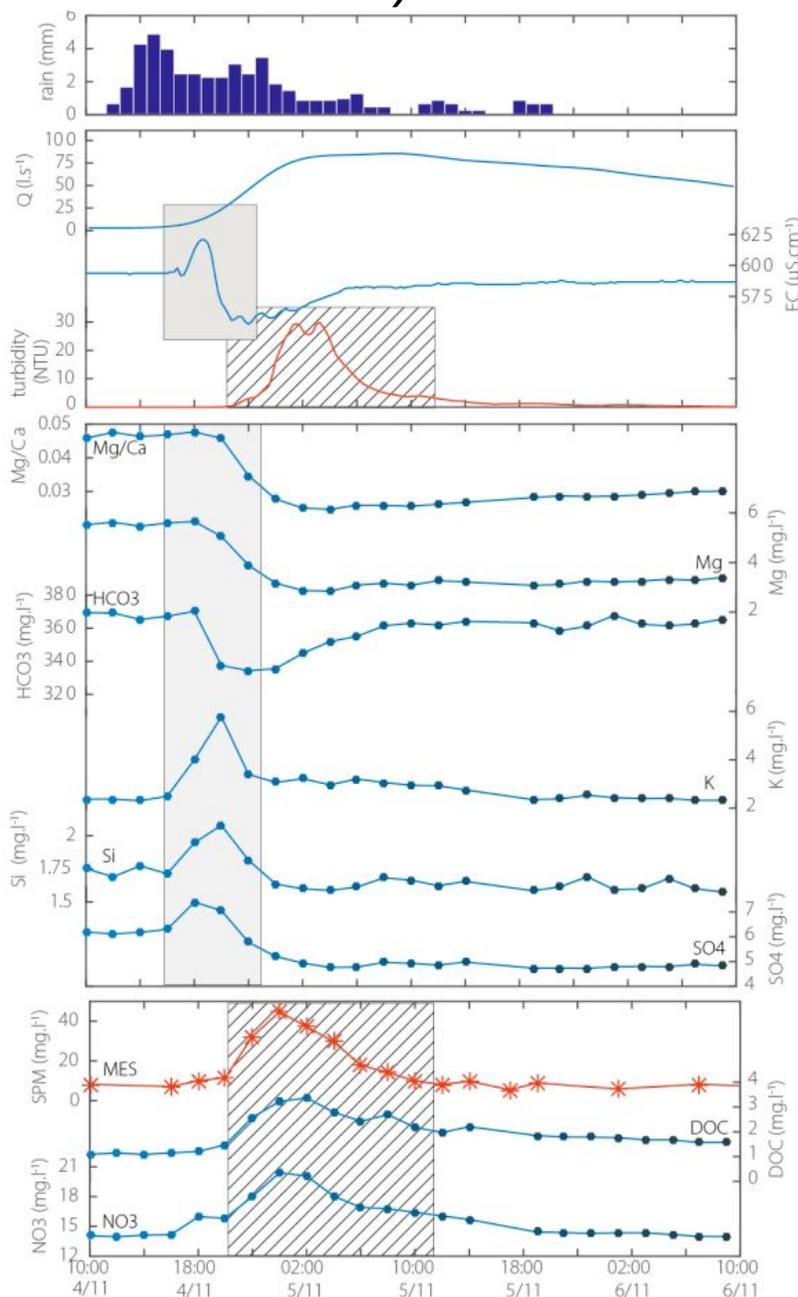


Captage d'eau du village d'Epenoy, système uniar

distance d'infiltration 0.1 - 0.5 km



3) L'observatoire Jurassic Karst

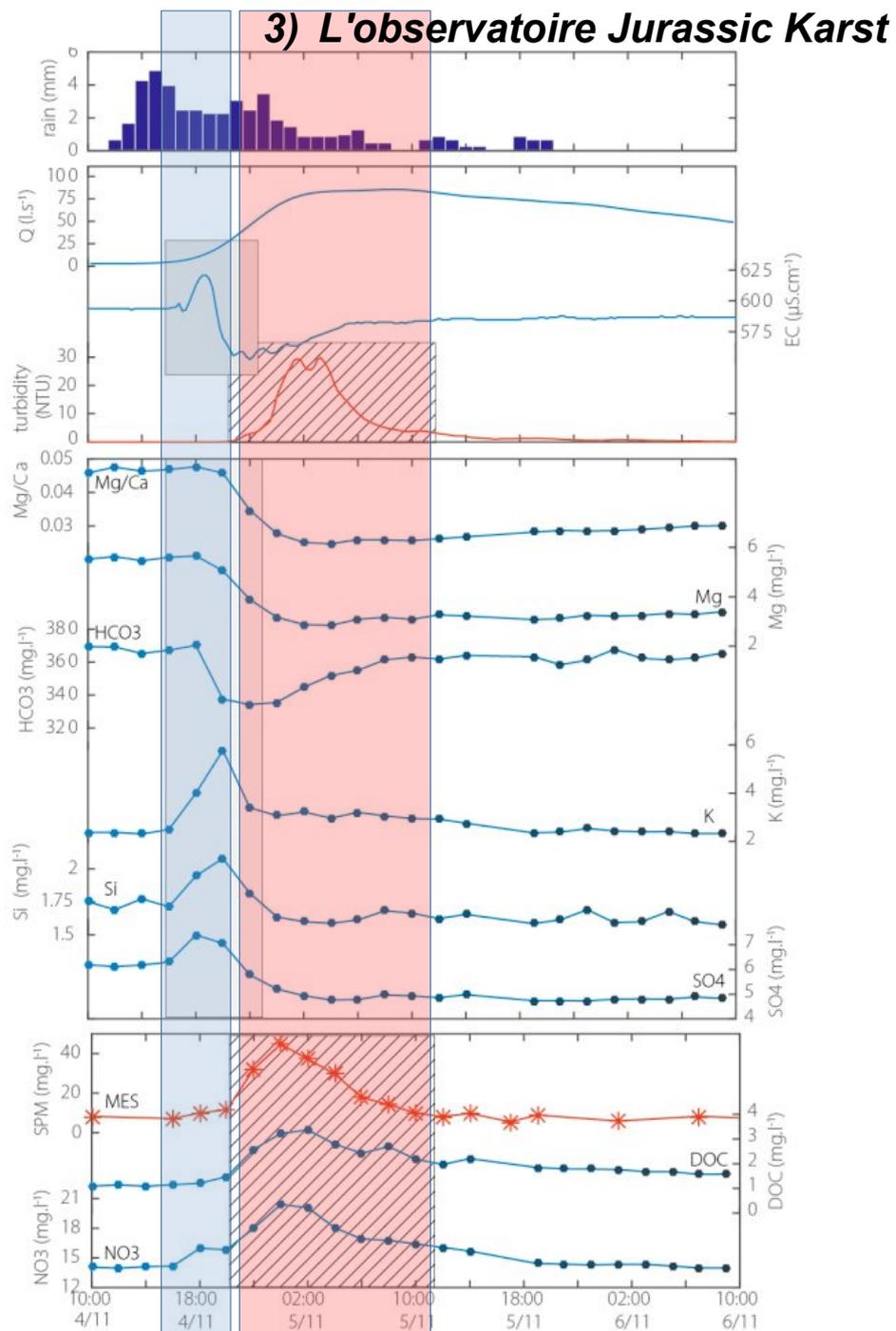
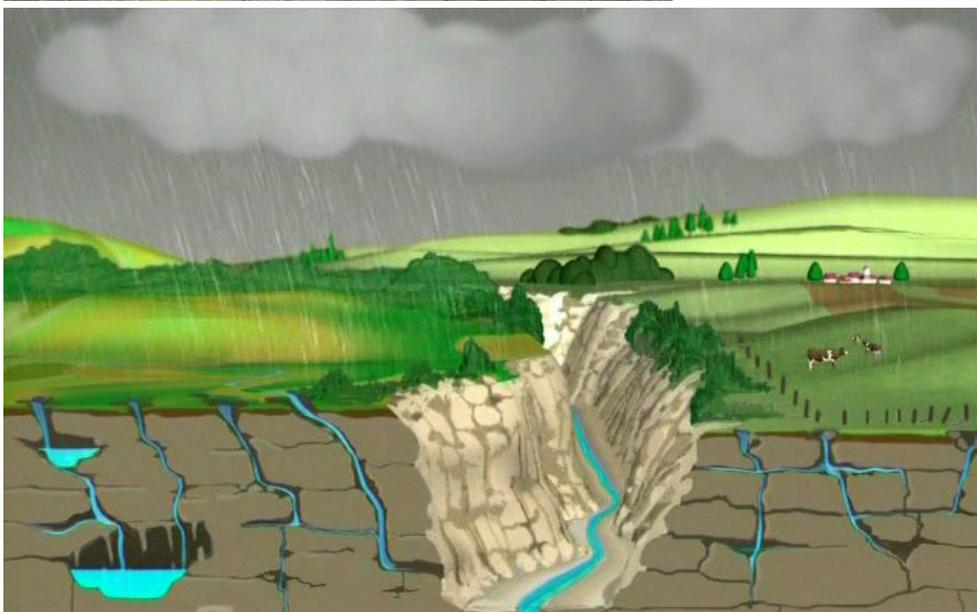


environ 12h

Cholet et al, 2017

Effet piston et infiltration de surface

(site d'Epenoy)



effet piston infiltration de surface Cholet et al, 2017

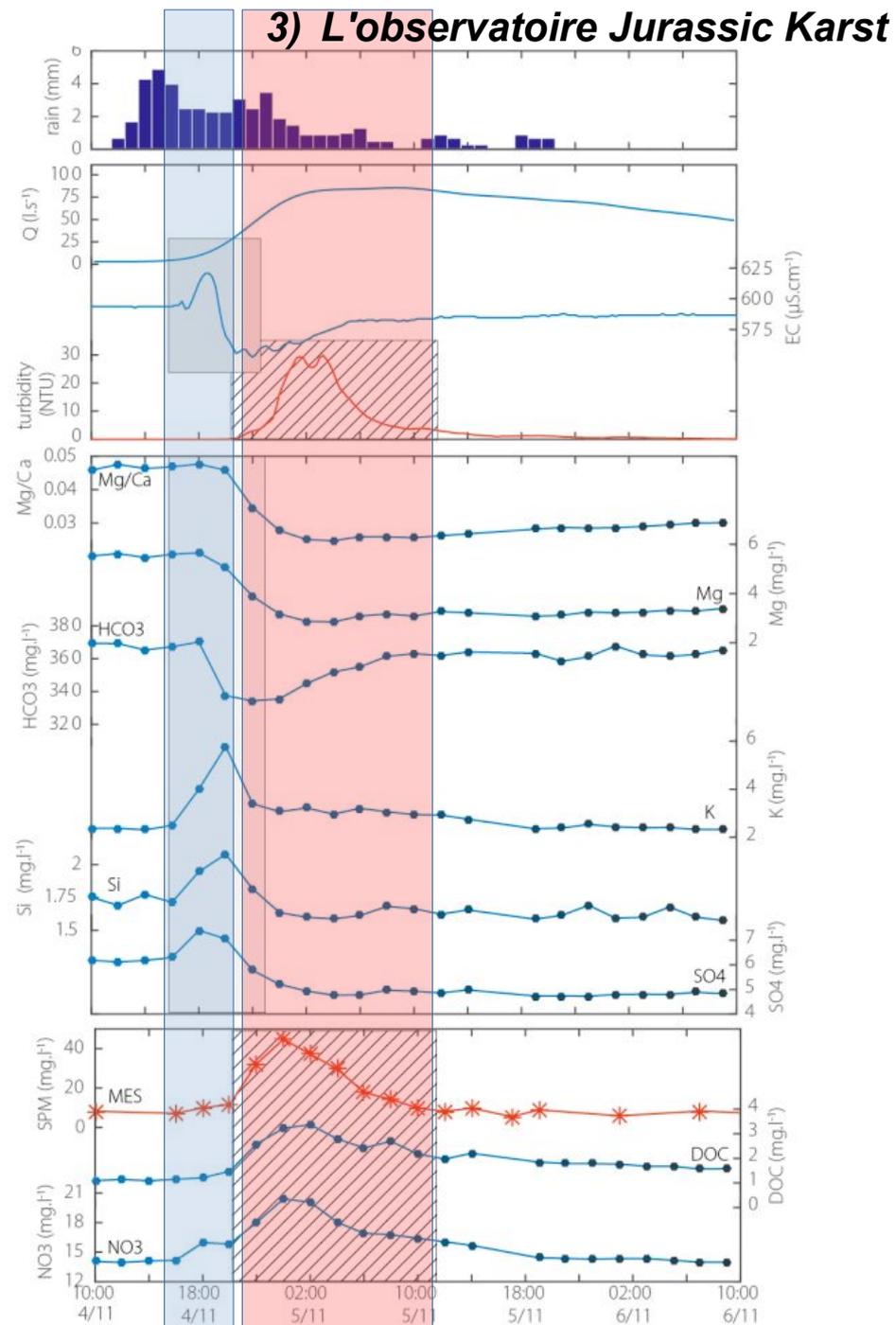
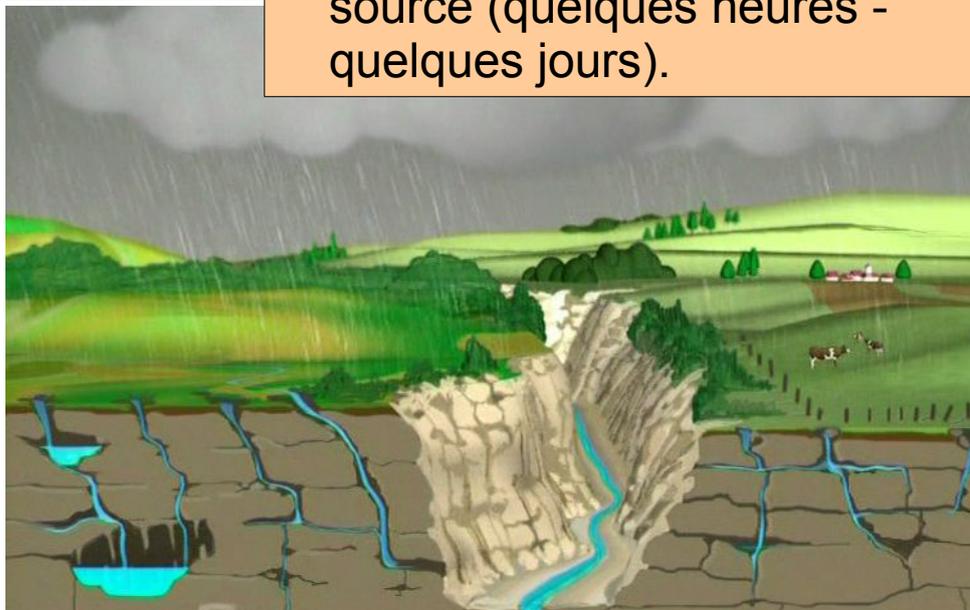
environ 12h

Effet piston et infiltration de surface

(site d'Epenoy)



- Purge de l'eau déjà présent dans le karst par l'effet piston.
- L'eau de pluie infiltrée en surface arrive rapidement à la source (quelques heures - quelques jours).



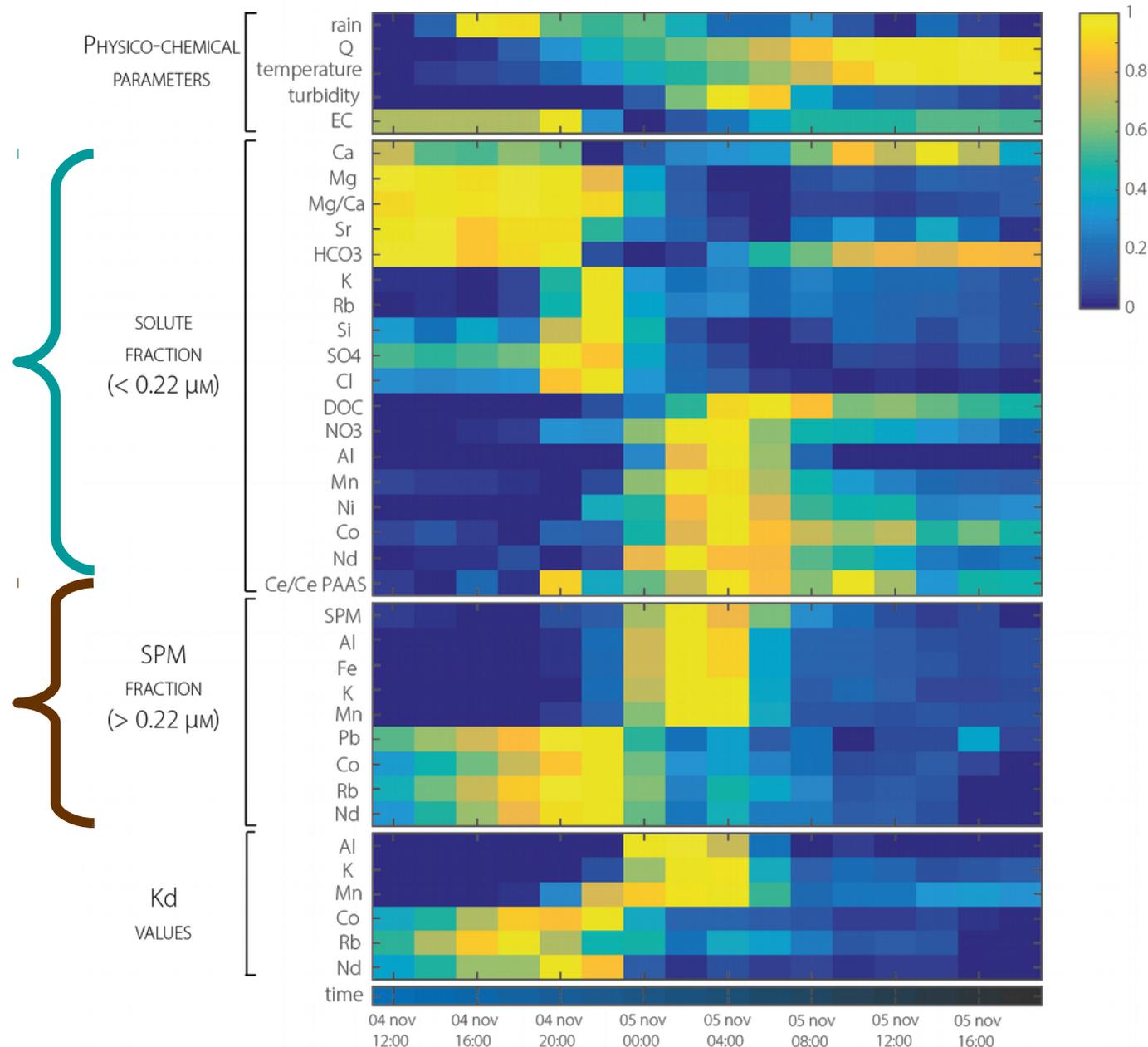
effet piston infiltration de surface Cholet et al, 2017
 ┌──────────┐
 environ 12h

Modes de transport des polluants

(site d'Epenoy)

transport dissous
(ex. nitrates)

transport particulaires
(ex. métaux traces, micro-polluants organiques, bactéries)

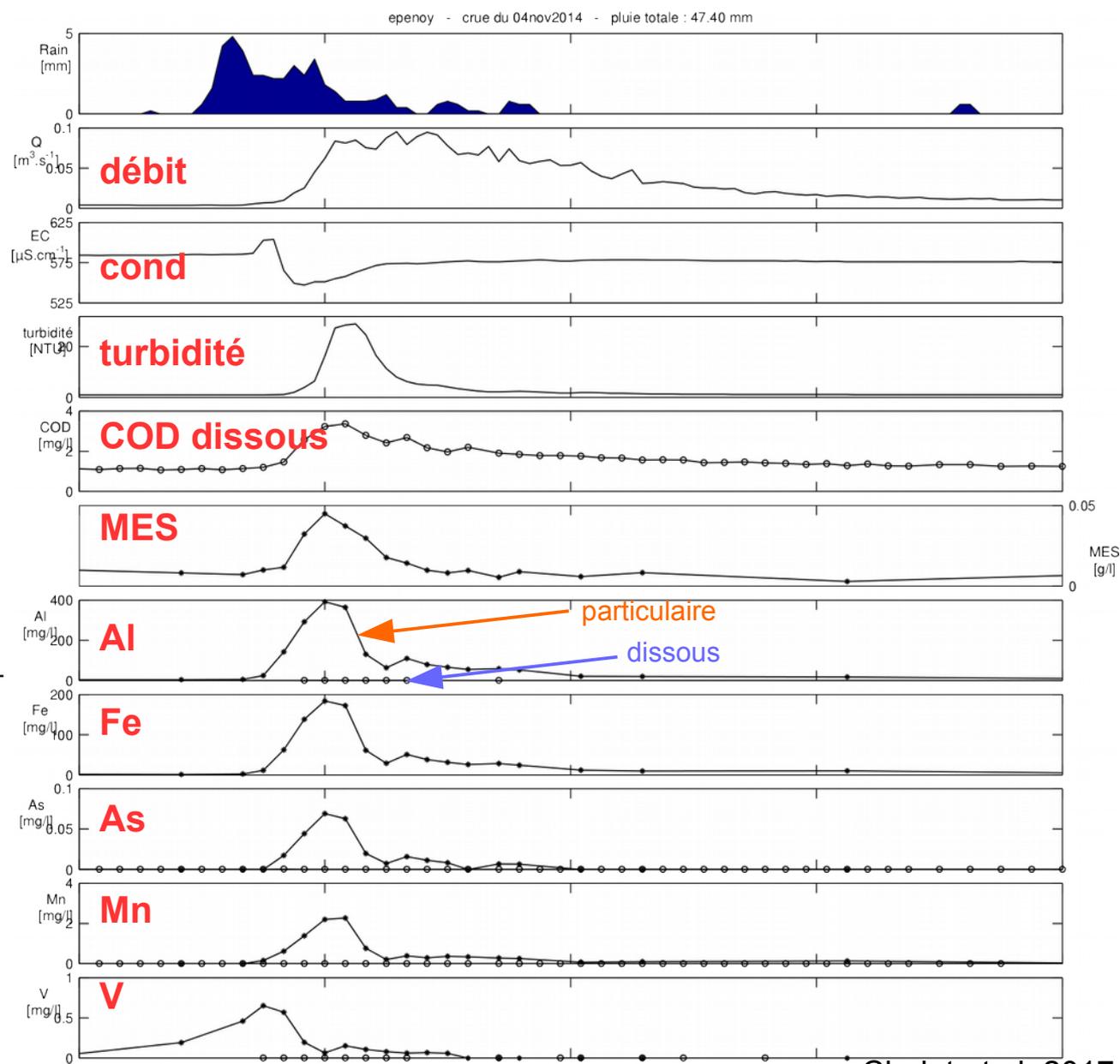


Cholet et al, 2017
 effet piston infiltration de surface

Modes de transport des polluants

(site d'Epenoy)

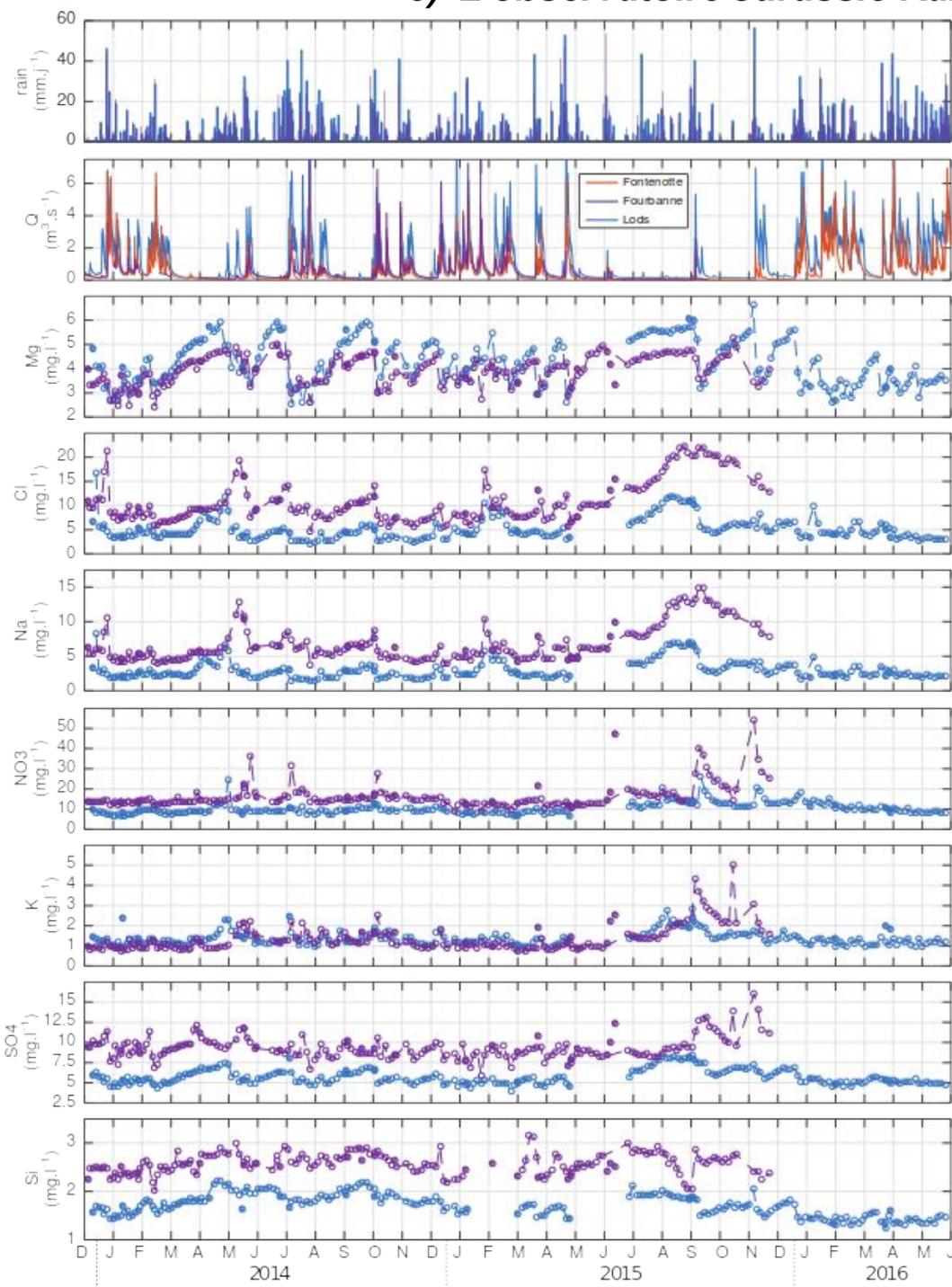
- Transport en fraction dissoute ou particulaire en fonction de la solubilité du polluant.
- Fraction particulaire provient en grande partie du ruissellement des sols.
- **Attention : les suivis chimiques "classiques" ne prennent pas en compte la fraction particulaire.**



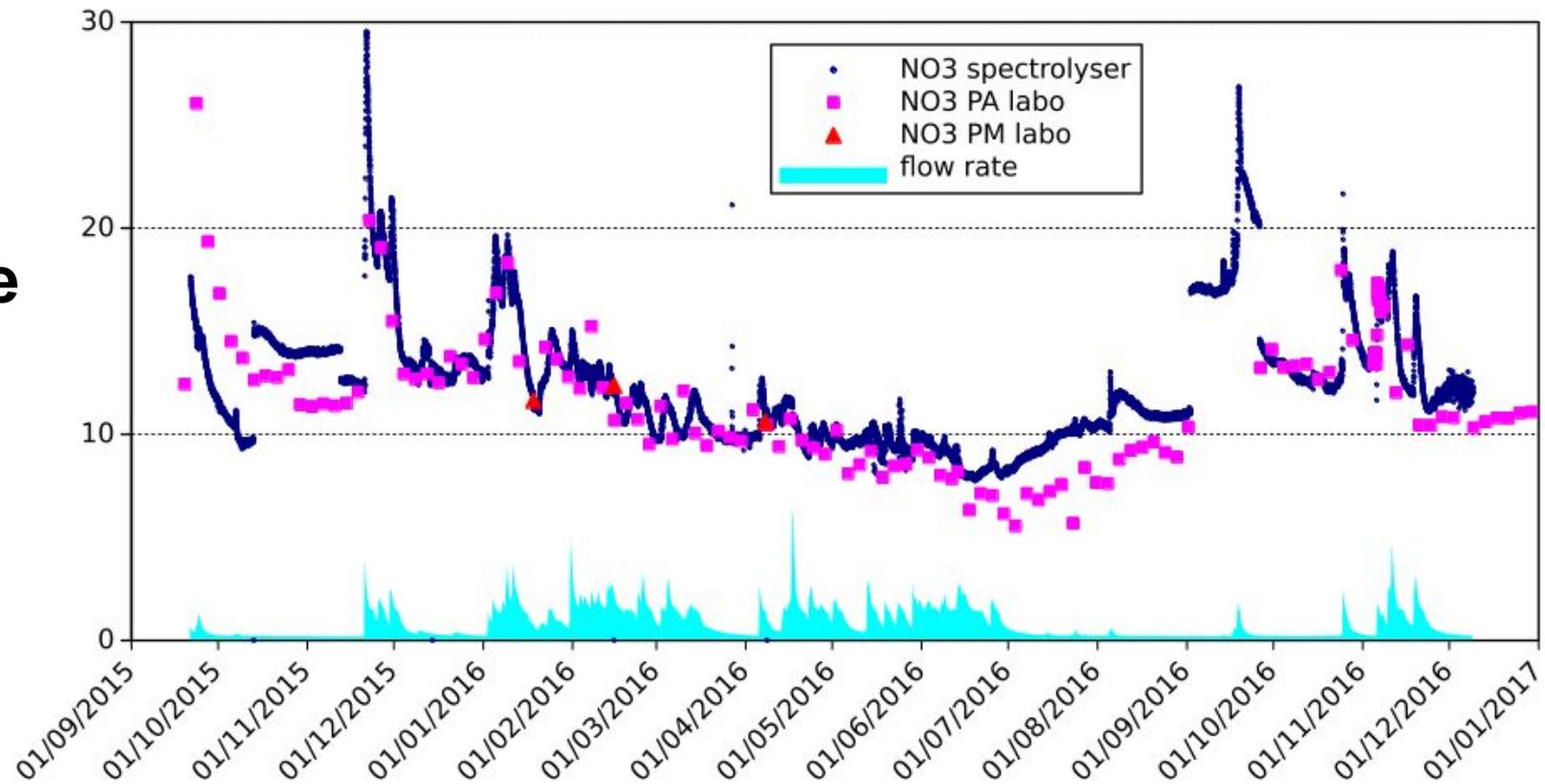
Cholet et al, 2017



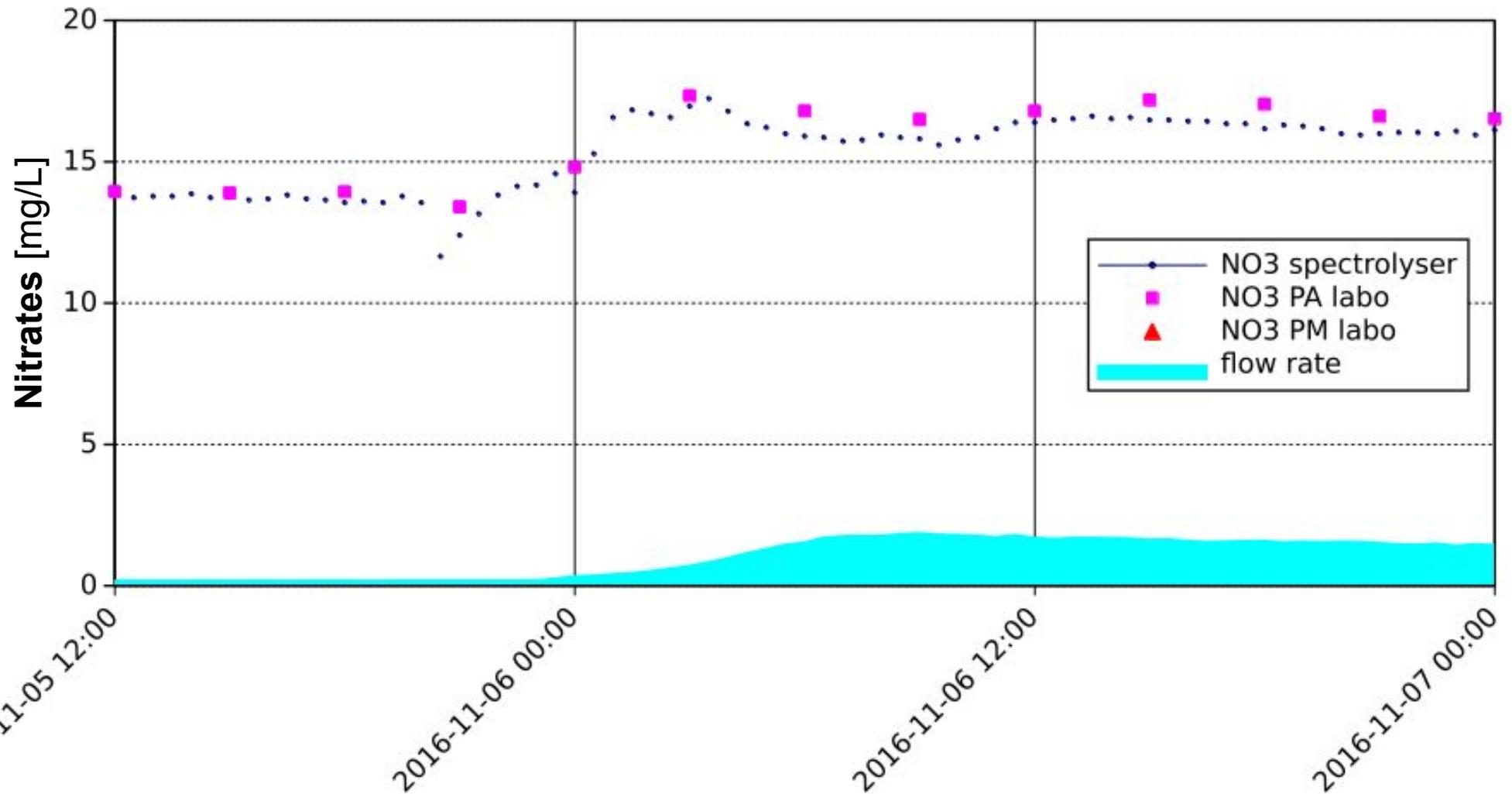
Suivis des éléments majeurs avec préleveurs automatiques (1 échantillon/4 jour)



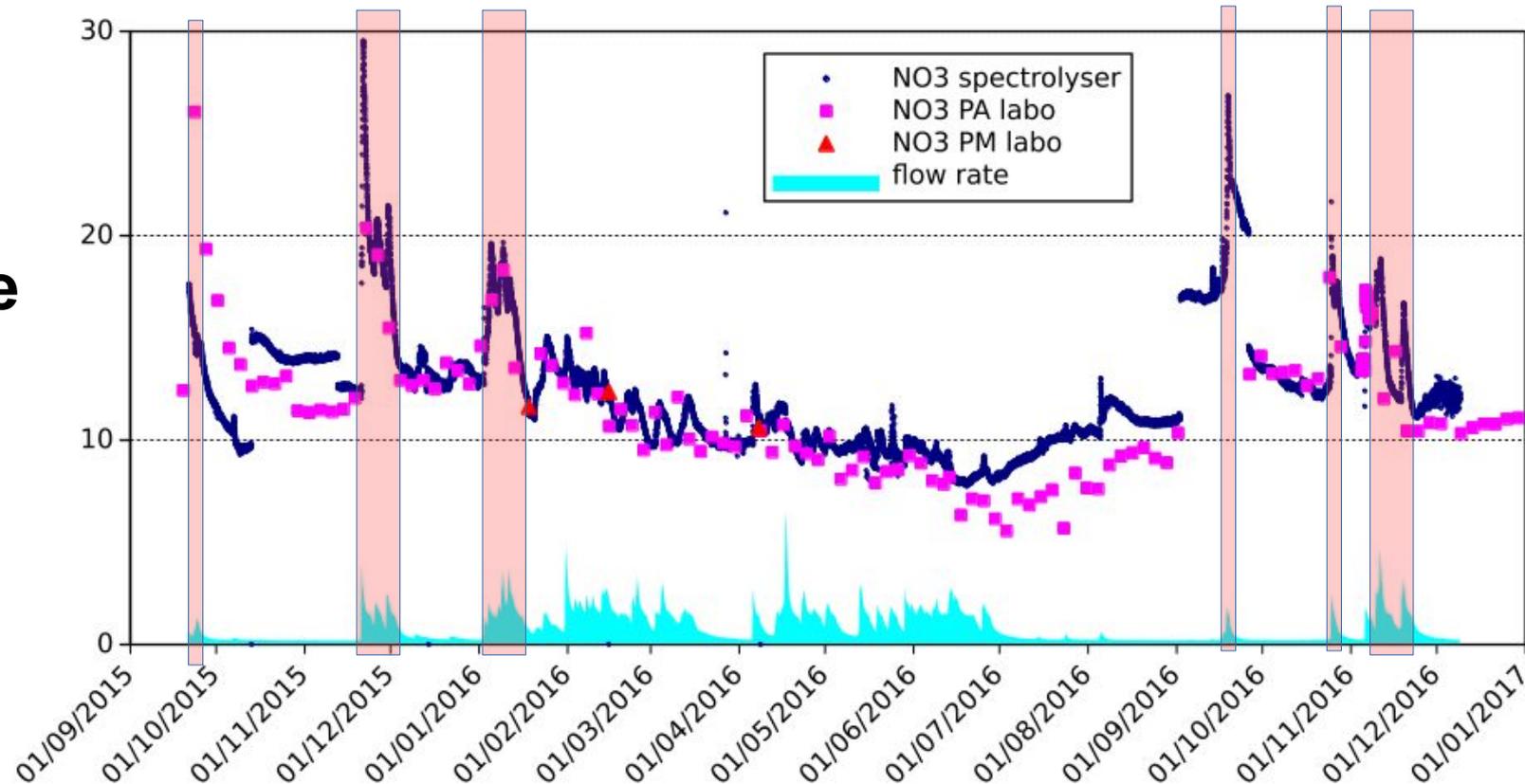
Suivis des nitrates avec sonde automatique (1 mesure/30 min)



Détail nitrates mini-cruie novembre 2016



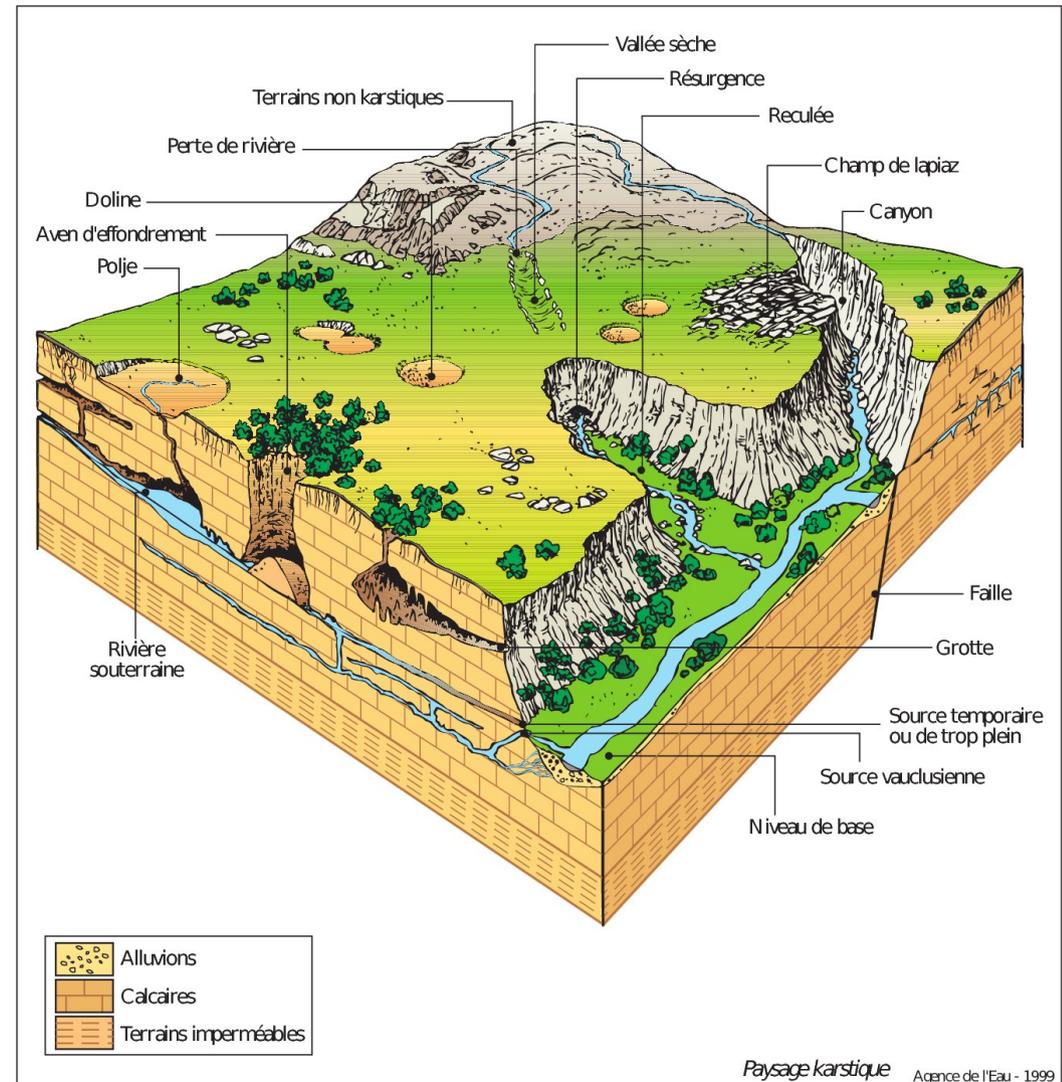
Suivis des nitrates avec sonde automatique (1 mesure/30 min)



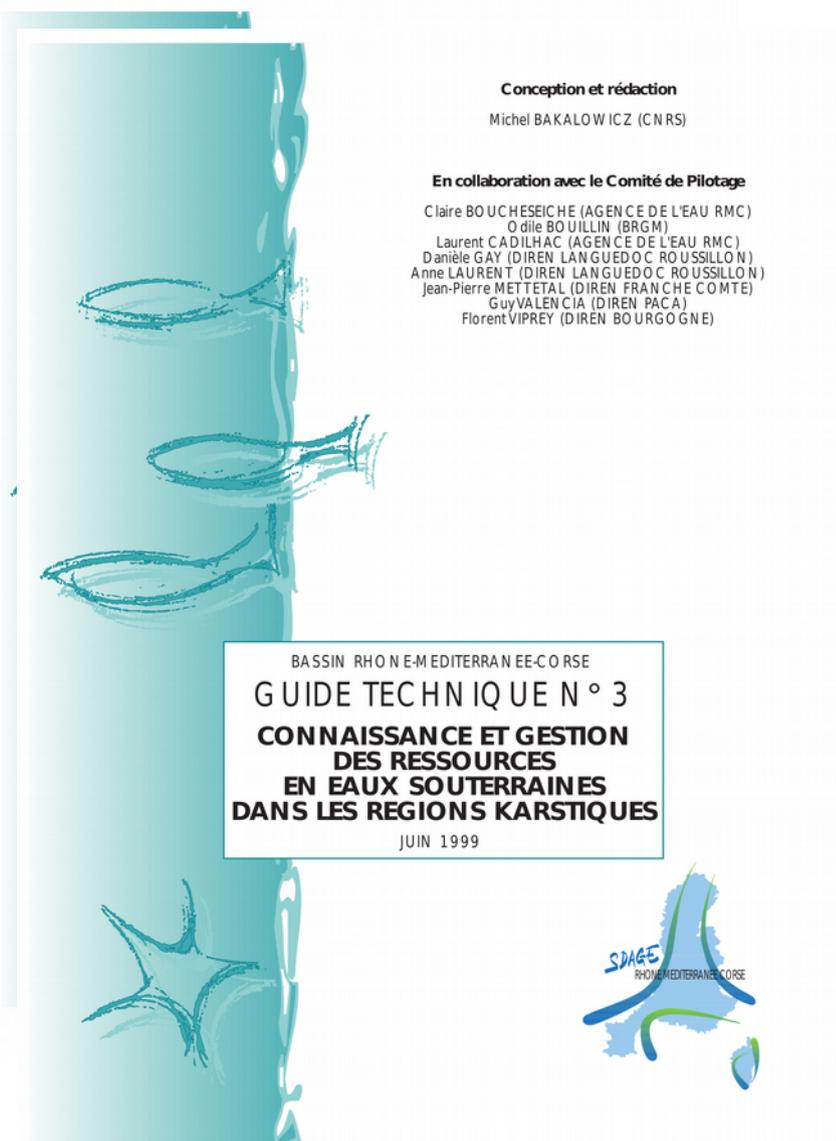
- "Purge" des nitrates pendant les événements de crue après une période d'étiage.
- **teneurs crue = 2-3x teneurs étiage**
→ **Seulement identifiable avec des suivis à haute fréquence !**

Conclusions

- Transfert de l'eau entre zone d'infiltration et source karstique en quelques heures à quelques jours en fonction de la taille et du type du karst.
- La pollution des sources karstiques provient en grande partie de la zone d'infiltration (pertes, dolines, sols ...).
- Transfert de la pollution surtout pendant les crues en phase dissoute (ex. nitrates) et en phase particulaire (métaux lourds, micro-polluants organiques, bactéries).
- **Protection de l'eau karstique = protection de la zone d'infiltration.**



Pour aller plus loin :



gratuit sur le site de l'agence de l'eau



Karstologie

Karsts, grottes et sources



Licence 3
Master
Capes
Agrégation

DUNOD

29.50 €