



Les petits ruisseaux font les grandes rivières.. plus propres

Florent Barbecot, Karine Lefebvre, Marie Larocque, François Hardy



La question ?

NIVEAU QUANTITATIF :



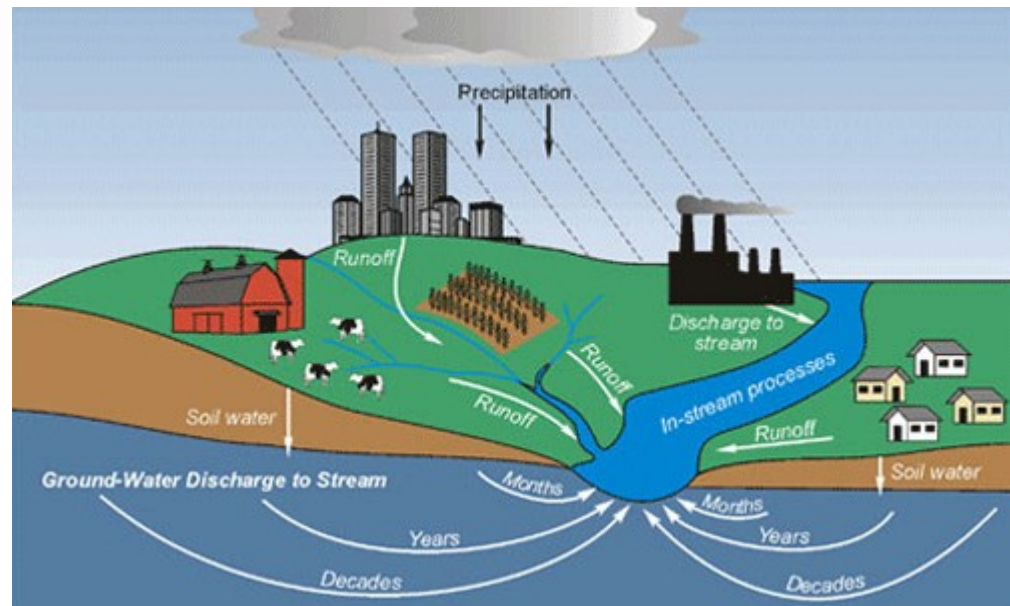
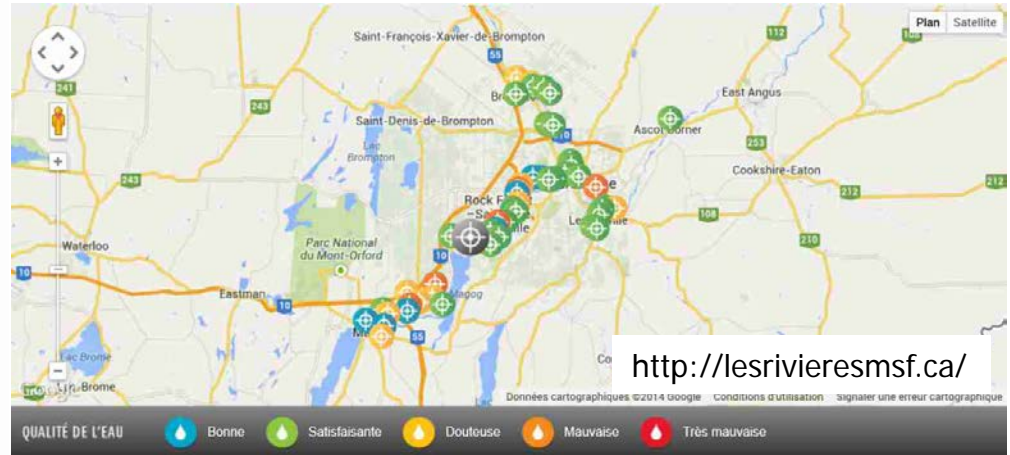
PAS DE PROBLÈME
LA CRUE CENTENNALE
AURA BIEN LIEU

NIVEAU QUALITATIF :

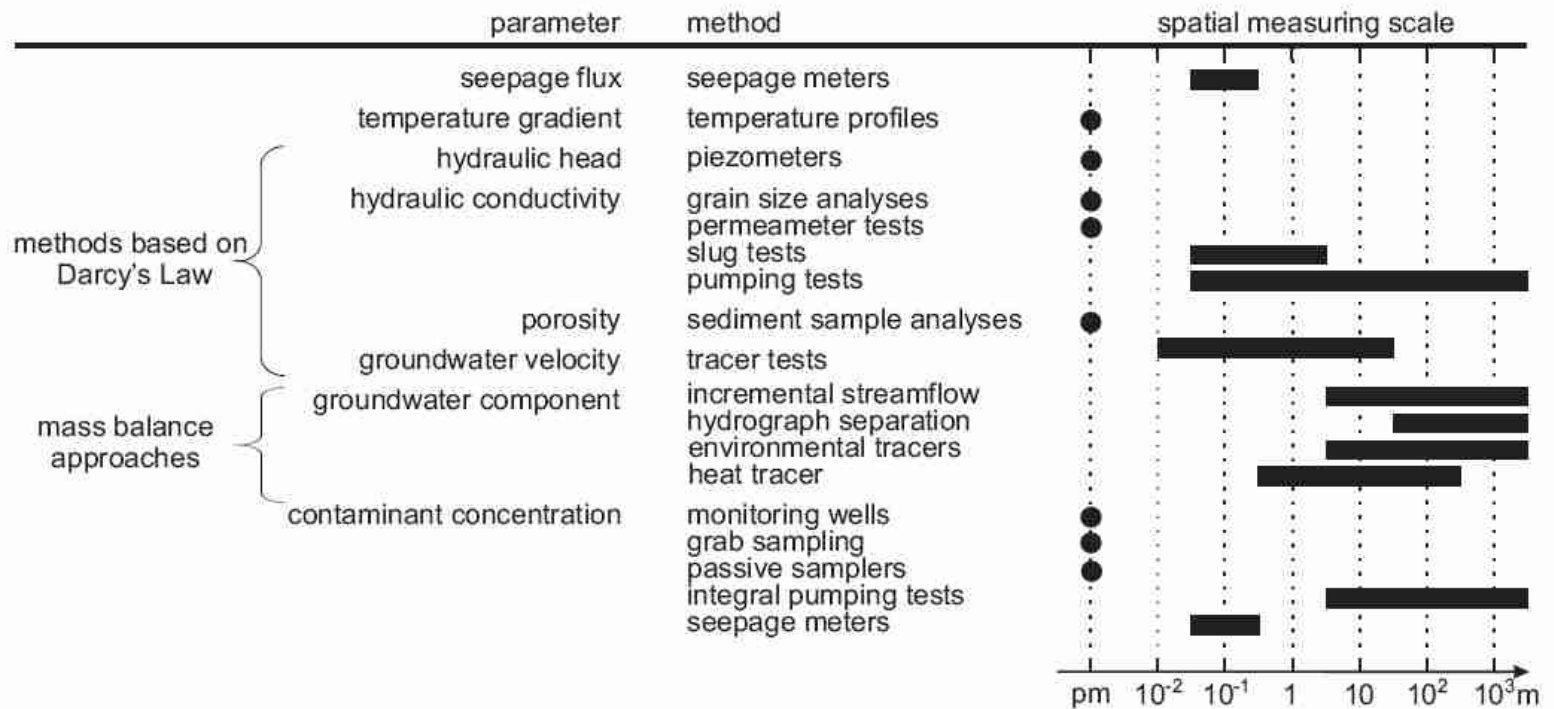
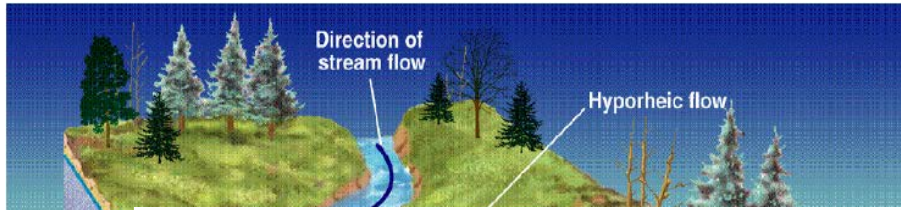


ET CEUX QUI EN
RÉCHAPPERONT, MOURONT
EMPOISONNÉS

GASSERPE.



La question ? et les outils quantitatifs



Kalbuss et al., 2006

Les traceurs environnementaux

- Les « naturels » :
 - Chimie des majeurs, Rn, He
- Les anthropiques :
 - CFCs, SF₆, ⁸⁵Kr...

- Le bon traceur :
 - Faible C(atm)
 - Fort C(Eau sout.)
 - Grand I/Kw : apport sur diffusion

- Le bon contexte
 - Nombre de sources
 - Homogénéité source
 - Mélange en rivière

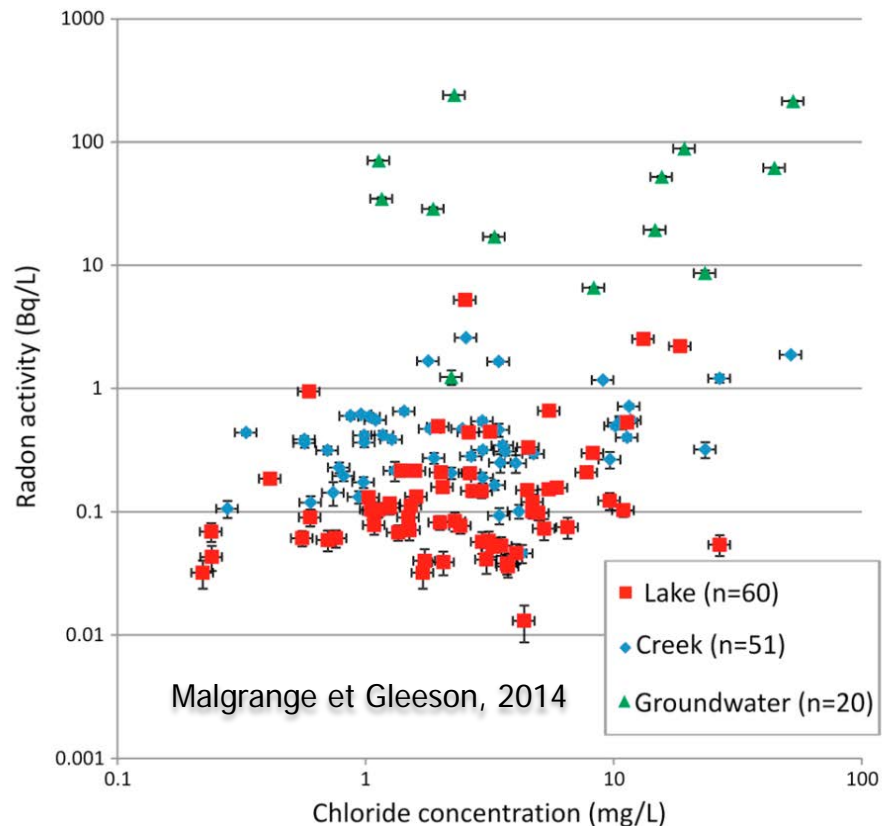
Voir Cook, 2012

$$Q_s \frac{dC}{dx} = q_{GW} * (C - C_{GW}) + \frac{D(C - C_{atm}) * L}{d} + C_{aff} * Q_{aff}$$

↙ ↓ ↘

Eaux souterraines Diffusion Affluents

Cook et al., 2003



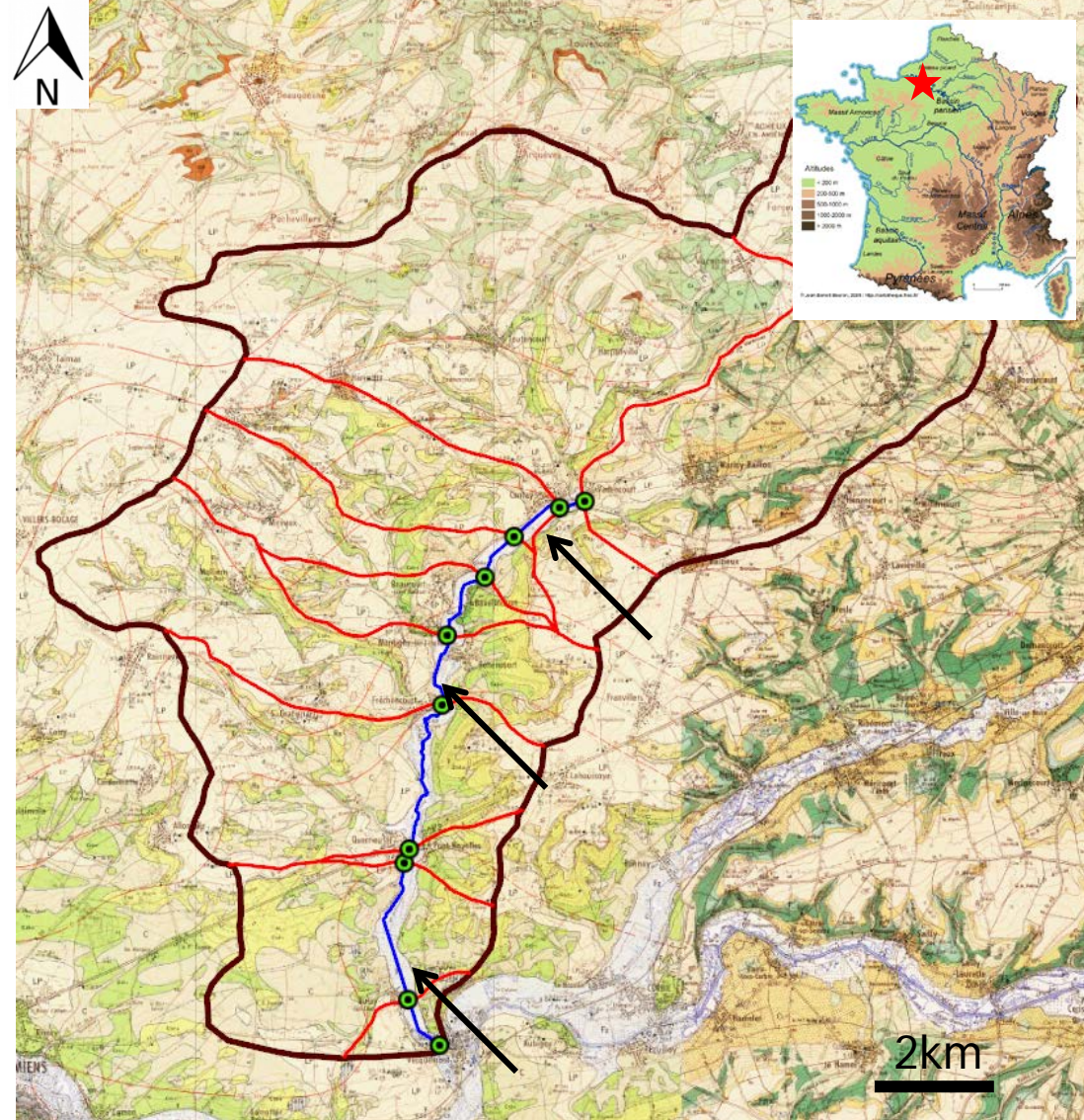
Exemple 1 : Milieu carbonaté fracturé

Calibrer la méthode

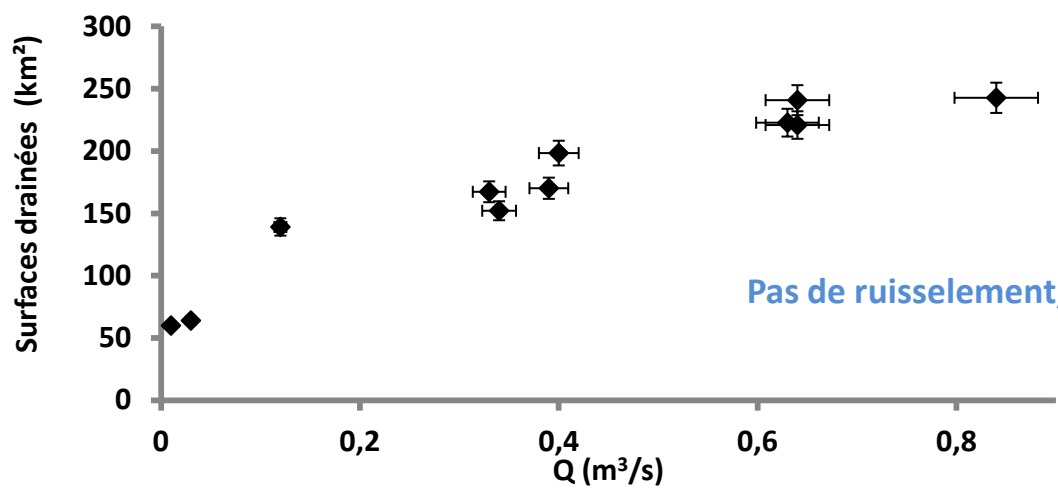
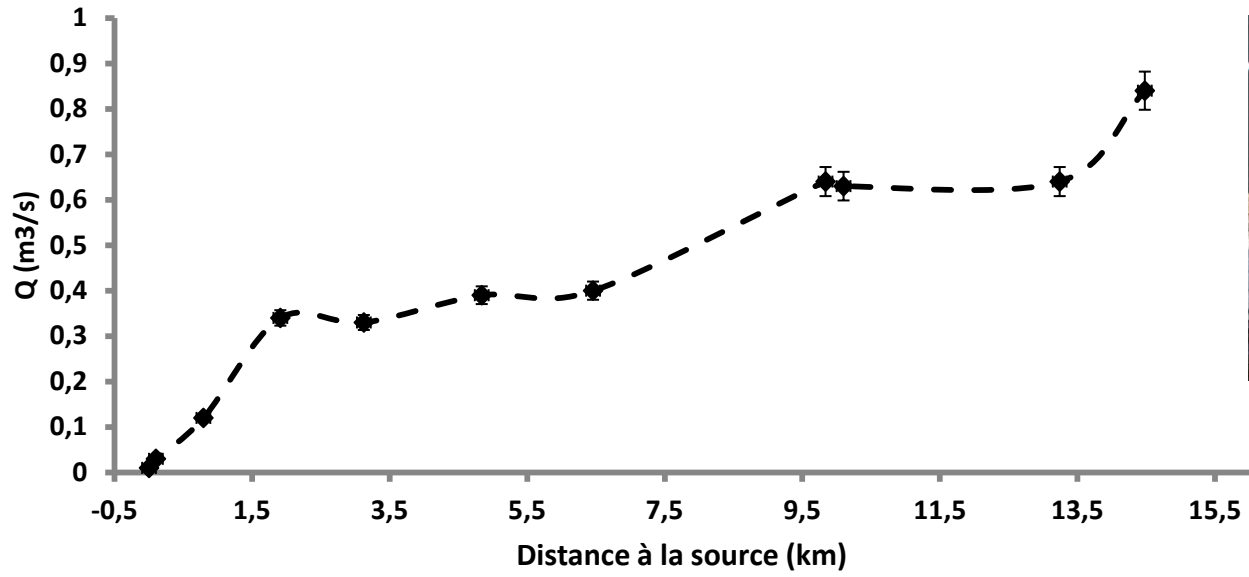
- *Hors période de pluie*
- *Traçage multiple*

Echantillonnage

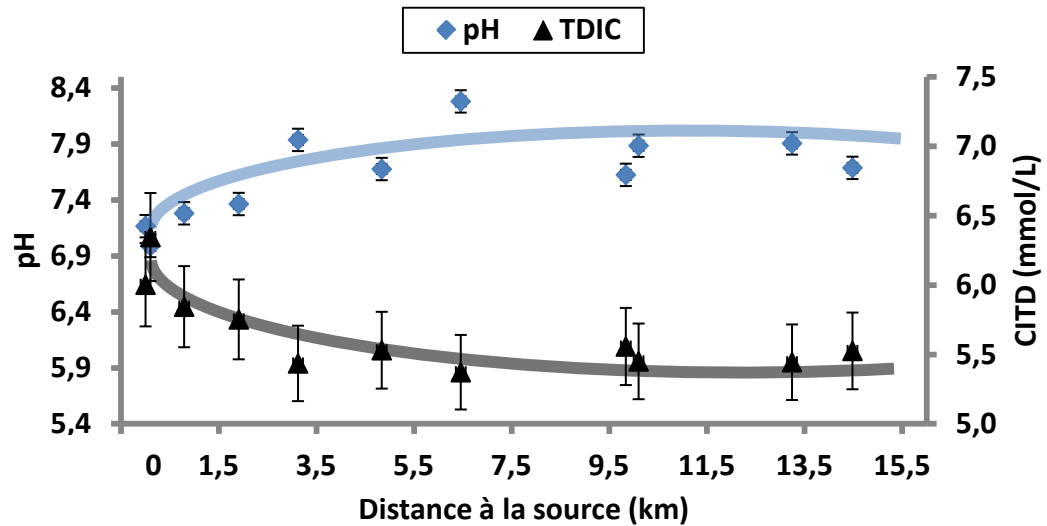
- Longueur ≈ 16 km.
- BV ≈ 200 km²
- 11 points de mesure
- Sur site : Q, pH, T°, CE, CITD
- En laboratoire : $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$, ^{222}Rn , $\delta^{13}\text{C}$



- Les flux d'eau dans la rivière



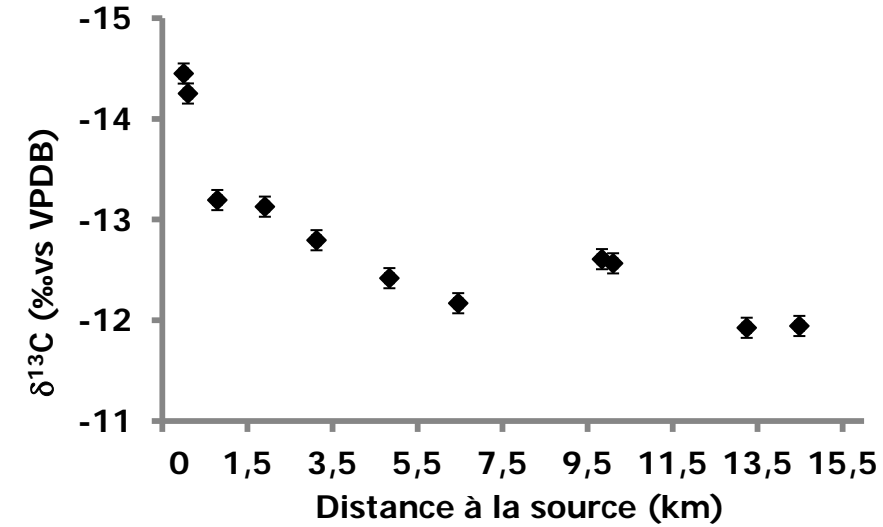
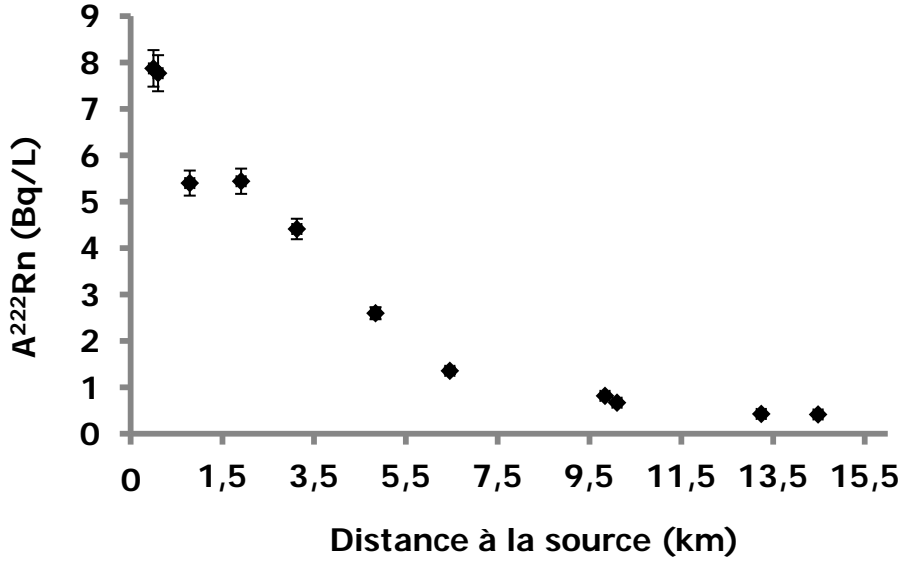
- Les traceurs simples: pH et CTD



$$Q_s \frac{dC}{dx} = q_{GW} * (C - C_{GW}) + \frac{D(C - C_{atm}) * L}{d} + C_{aff} * Q_{aff}$$

Eaux souterraines (indicated by a red arrow pointing to $q_{GW} * (C - C_{GW})$)
 Diffusion + équilibre calco-carbonique (indicated by a blue arrow pointing to $\frac{D(C - C_{atm}) * L}{d}$)
 Affluents (indicated by a green arrow pointing to $C_{aff} * Q_{aff}$)

- Les traceurs des eaux souterraines



LSC, GEOTOP-UQAM



ID multi carb, GEOTOP-UQAM

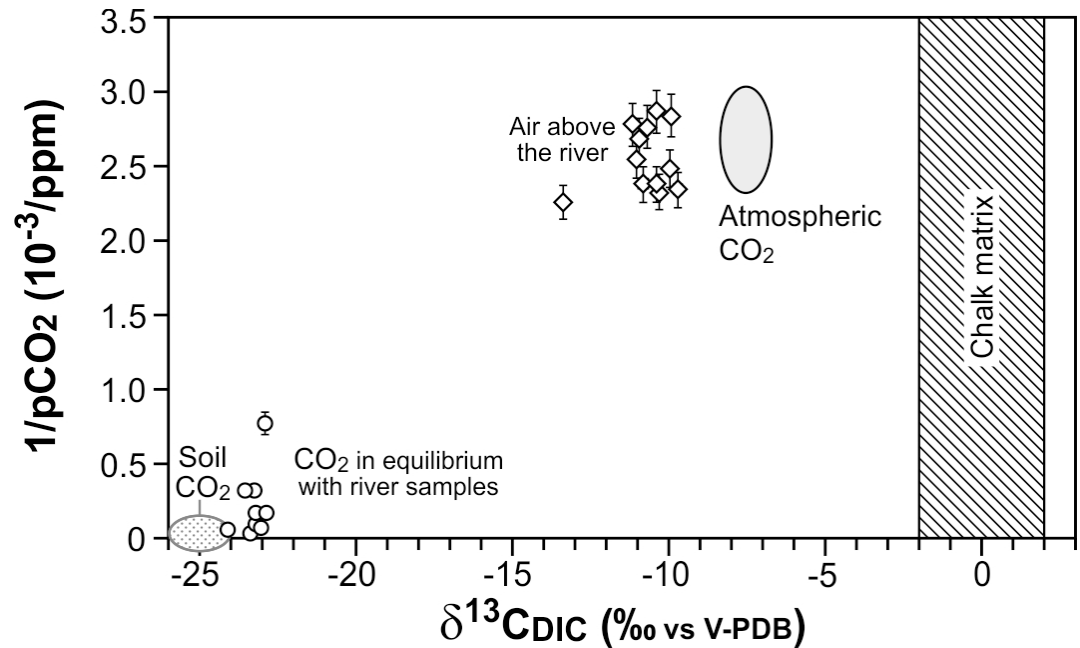
$$Q_s \frac{dC}{dx} = q_{GW} * (C - C_{GW}) + \frac{D(C - C_{atm}) * L}{d} + C_{aff} * Q_{aff}$$

Eaux
souterraines

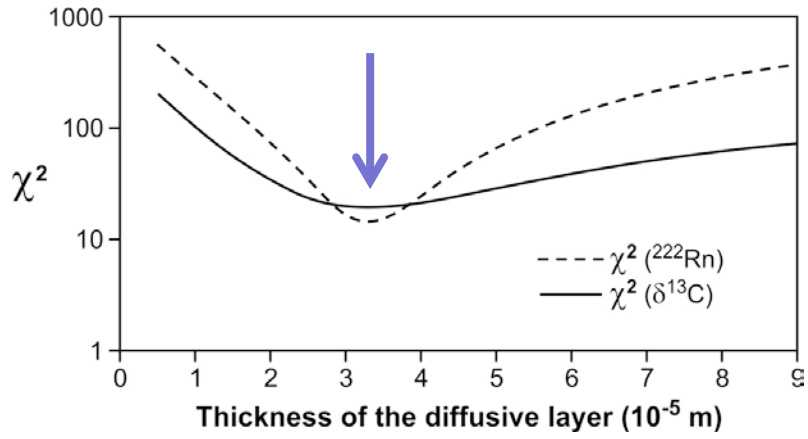
Diffusion
+ équilibre
calco-carbonique

Affluents

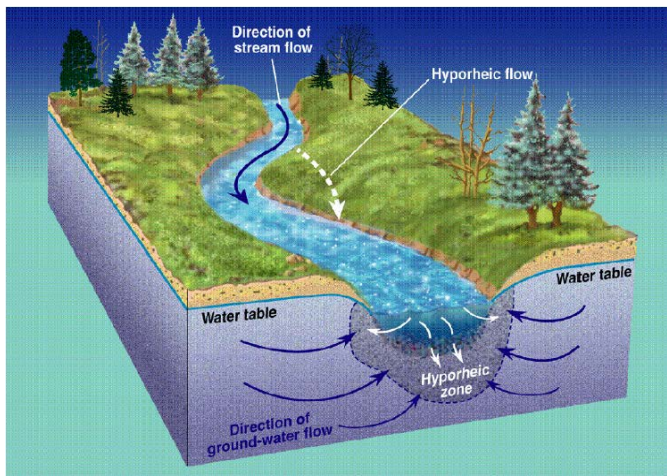
Chaque site a ses spécificités :
Nécessité de calibrer
en conditions optimales



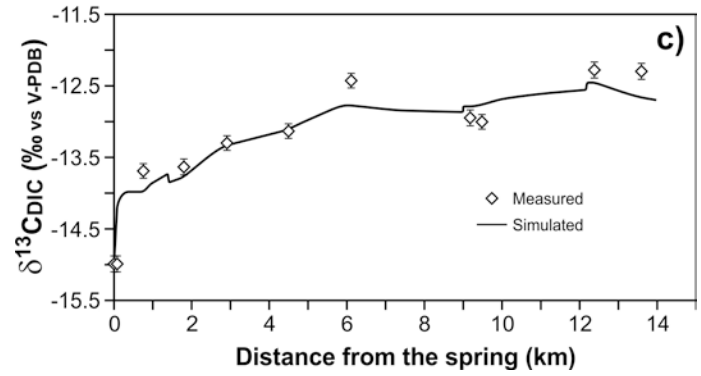
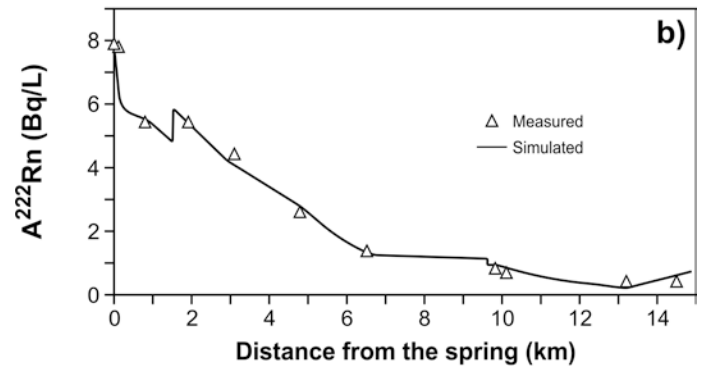
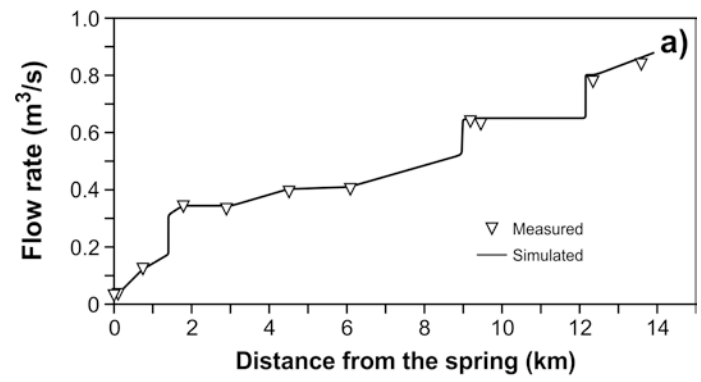
Minimiser une fonction d'erreur type χ^2

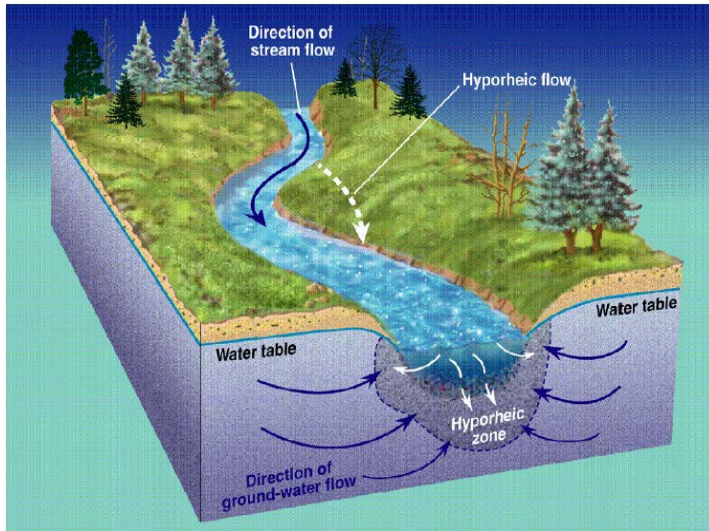


Utilisation conjointe de deux traceurs

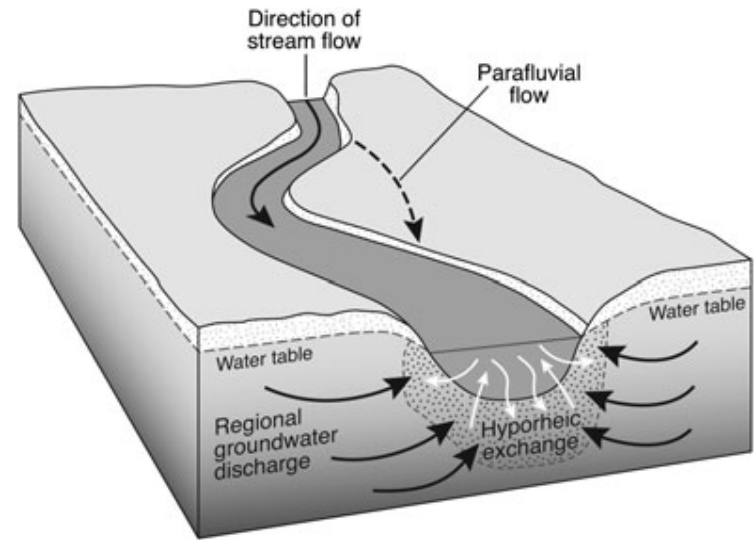


Buss et al., 2009





Buss et al., 2009

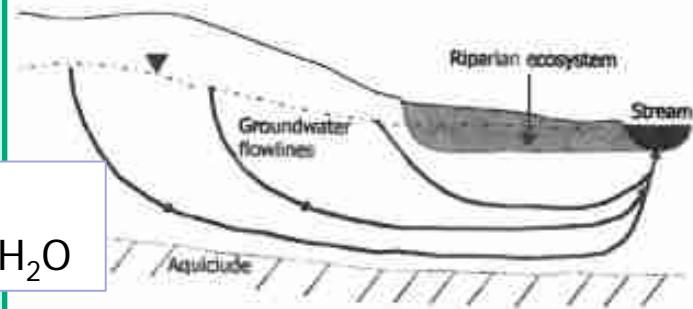


Cook, 2013

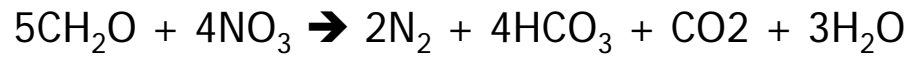
A. Shallow Subsurface Groundwater



B. Deep Groundwater Bypass Flow



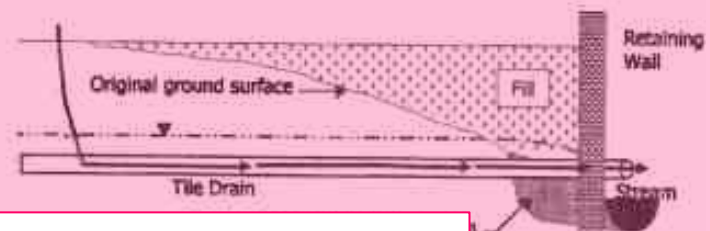
Consommation de Nitrate



C. Groundwater Seep



D. Shoreline Alteration and Artificial Drainage



Dégazage des solutions



Macalady, 2010

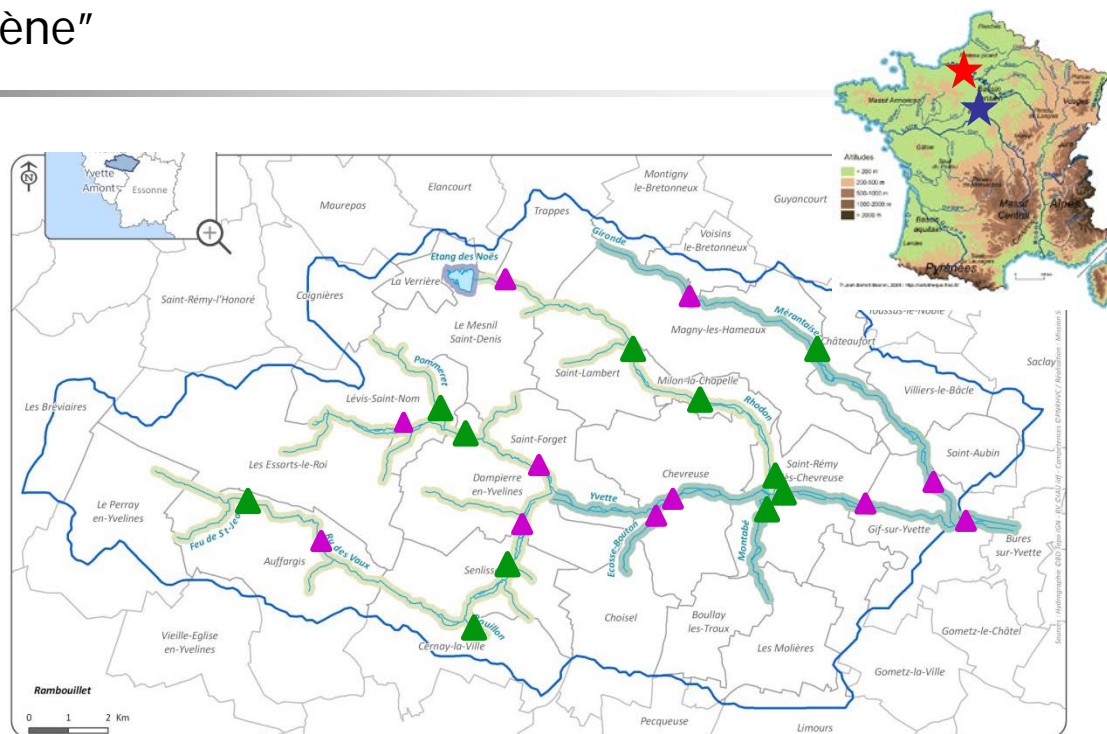
Exemple 2 : Milieu poreux "homogène"

Calibrer la méthode

- Hors période de pluie
- Flux de N hors normes

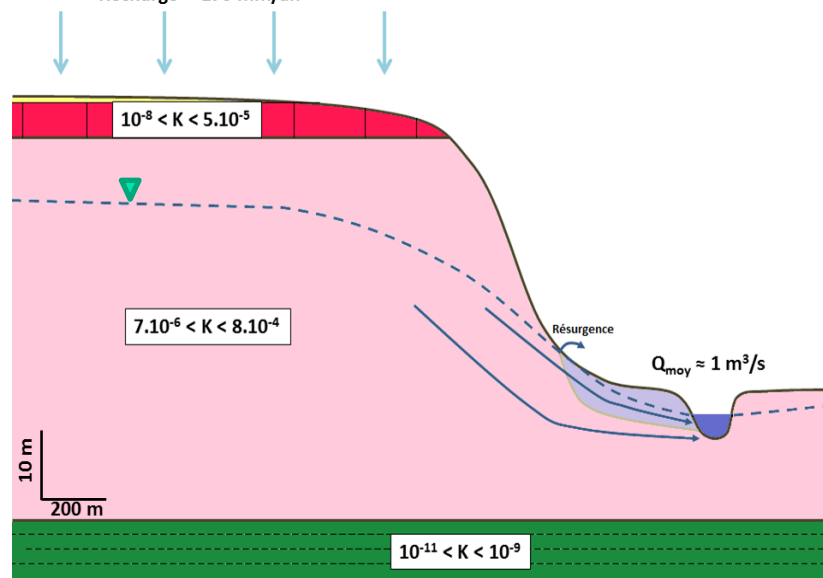
Echantillonnage

- Longueur $\approx 22 / 10$ km.
- BV ≈ 200 km²
- 11 points de mesure
- Sur site : Q, pH, T°, CE, CITD
- En laboratoire : $\delta^{18}O$ - δ^2H , ^{222}Rn , $\delta^{13}C$



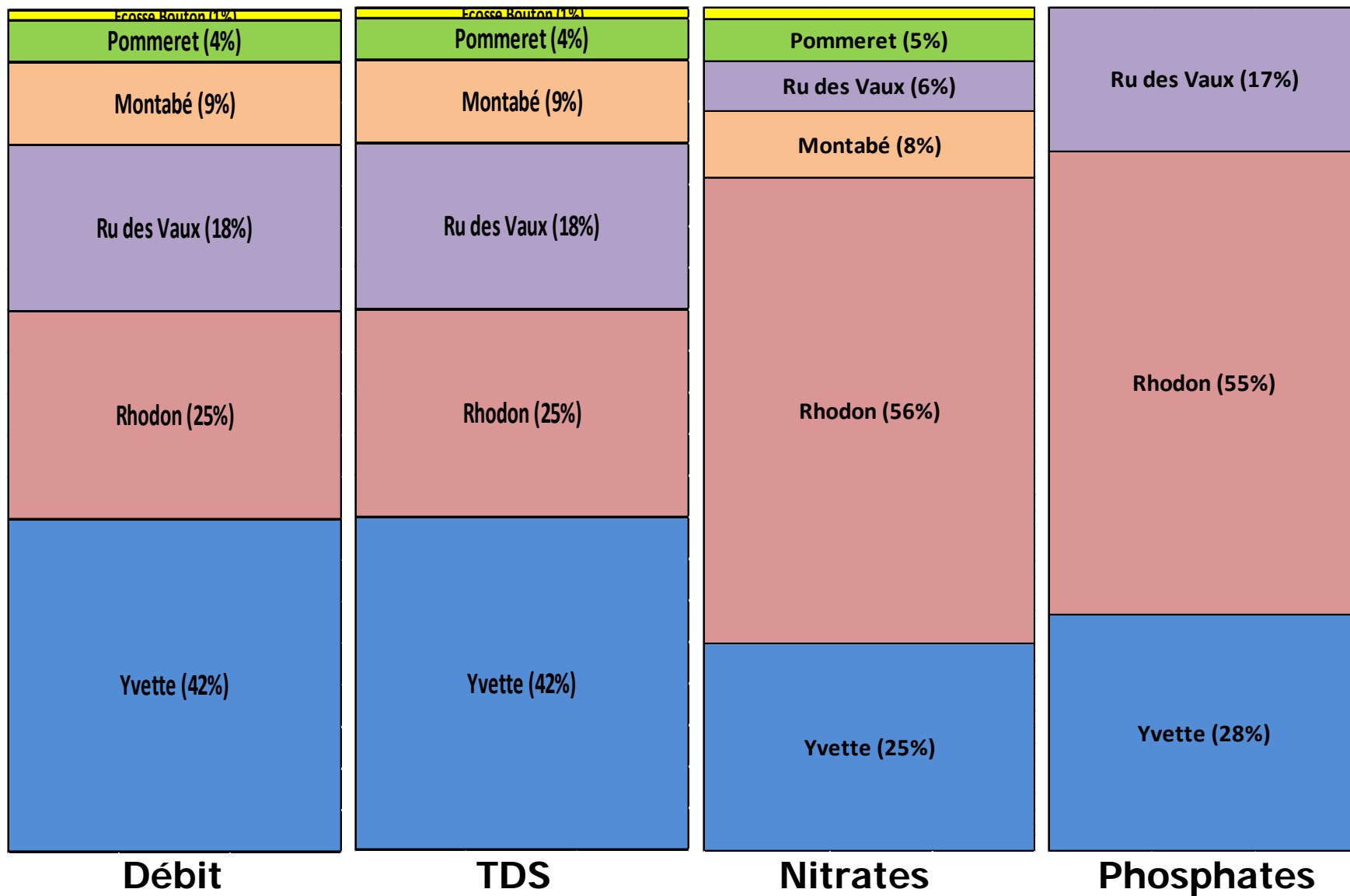
Recharge ≈ 170 mm/an

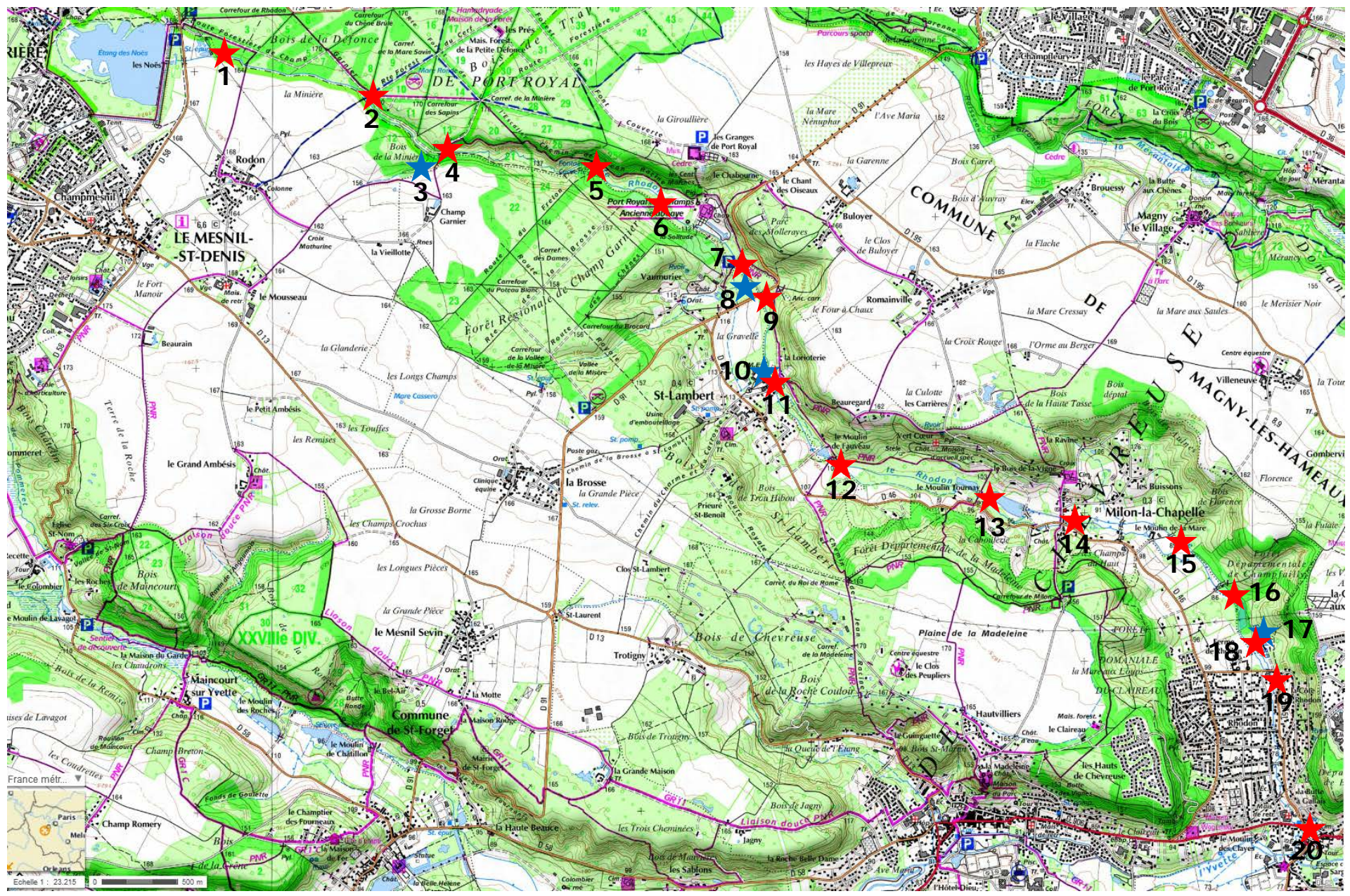
- Limons des plateaux
- Argiles à Meulières
- Sables de Fontainebleau
- Marnes vertes supragypseuses
- Colluvions/alluvions



(Corcho et al, 2009)

Flux d'eau et de nutriments





1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

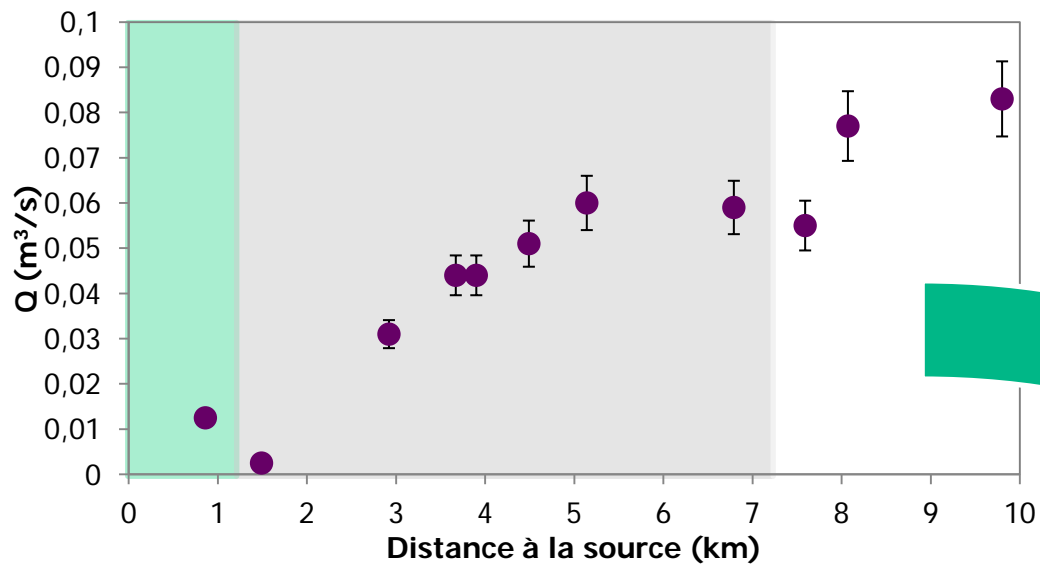
17

18

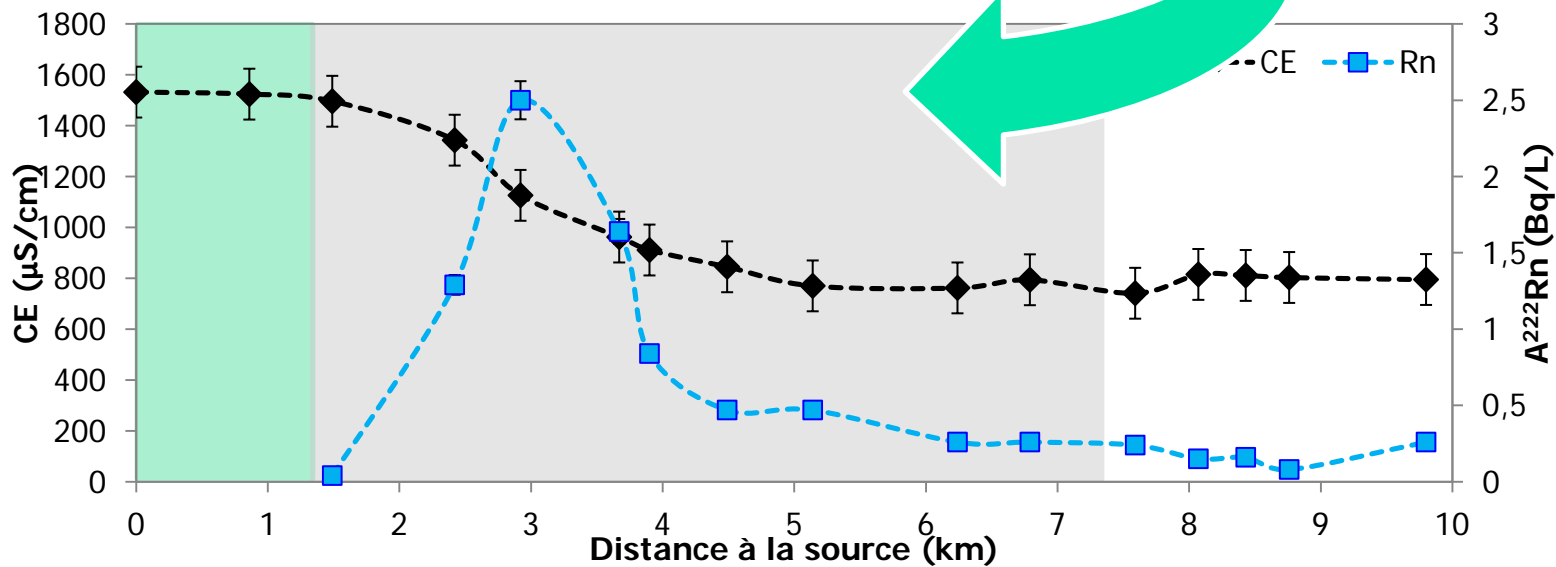
19

20

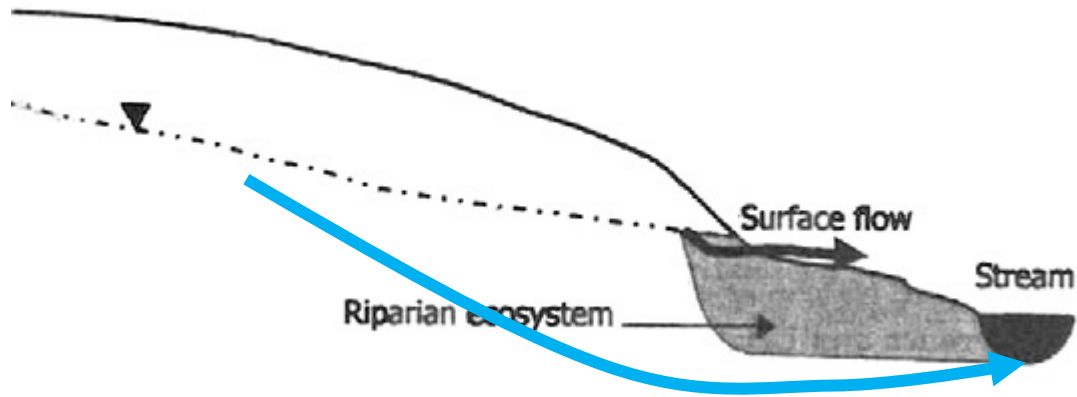
Echelle 1 : 23 215 0 500 m



Probleme d'adéquation
Débit-Rn

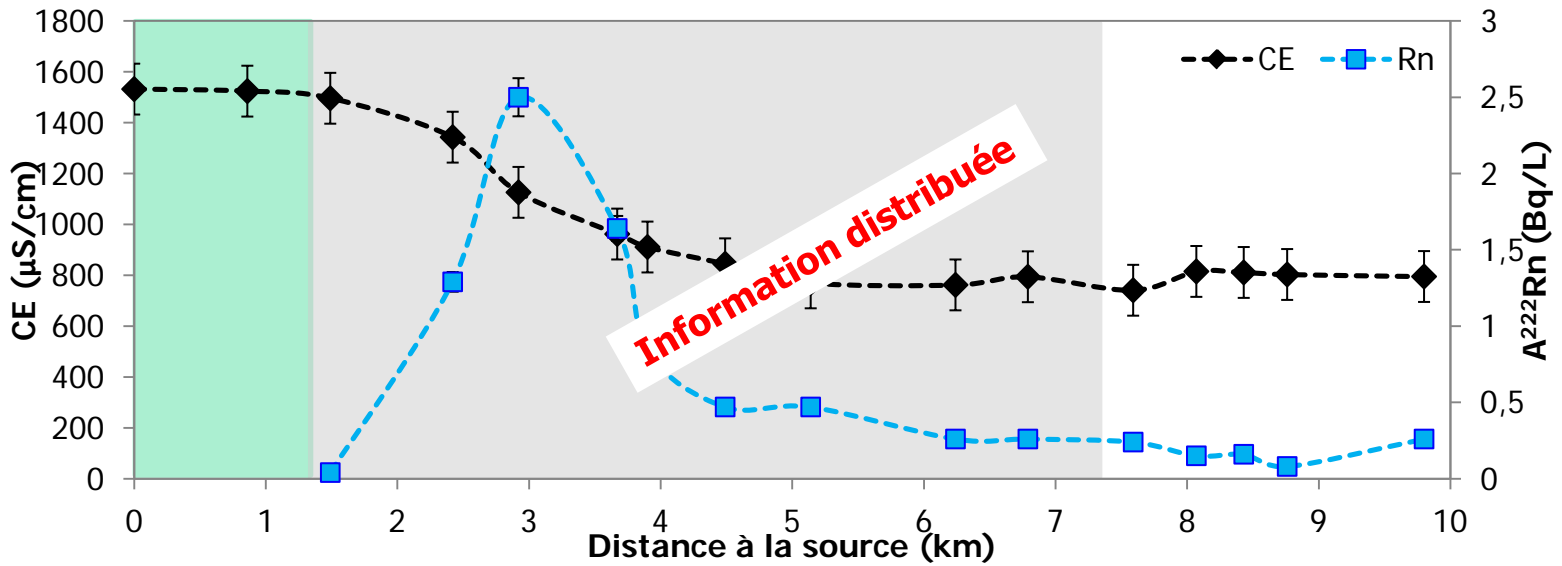


Bilan à l'exutoire

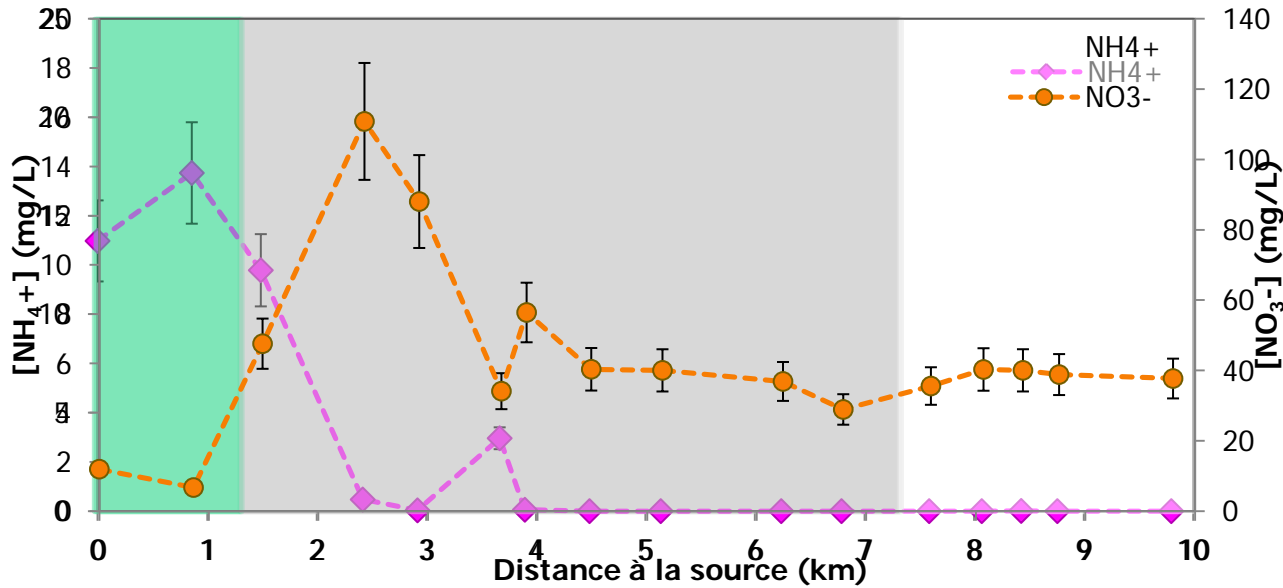


STEP (3%)
Affluents (15%)
Flux souterrains (18%)
Débordements de nappe (64%)

Sans ²²²Rn !!!!!



Eaux de STEP



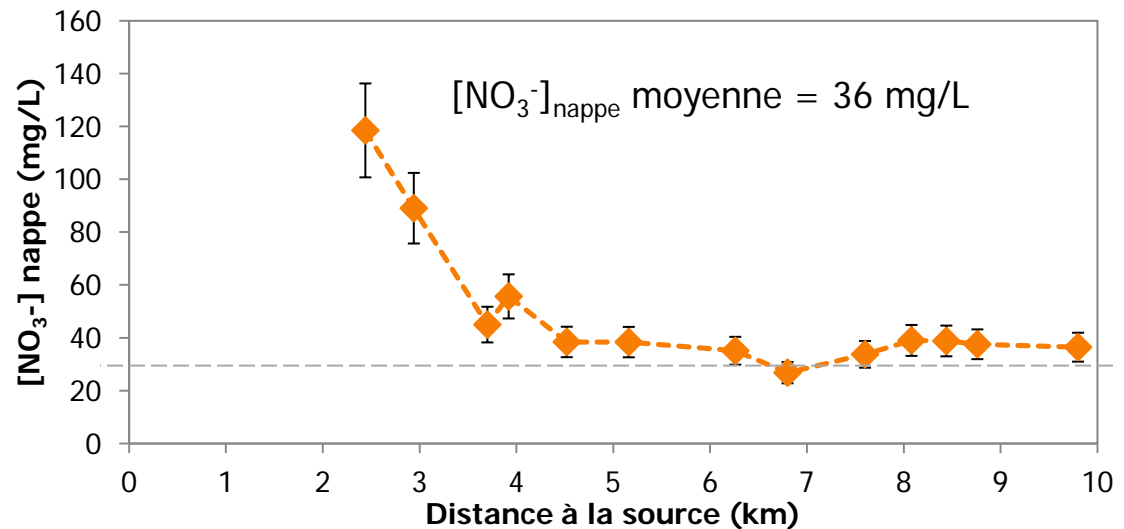
Oxydation de l'azote ammoniacal au début du cours d'eau

Apports d'eau souterraine :

Diminution de la teneur des apports due à la dénitrification dans les zones humides

Information distribuée :

Efficacité du processus d'épuration en lien avec la densité de ZHR



Pour conclure

- Illusoire de déterminer (quantifier) les contributions souterraines sans calibrer le modèle sur un site donné
- Calibration du «mode d'écoulement» au sein du BV et des traceurs associés de préférence en basses eaux
- Si calibration atteinte = outil unique pour caractériser
 - les/les modes de soutien du réseau hydrographique et leur distribution
 - les processus en lien avec le transfert et l'assimilation des nutriments/polluants au sein du BV







- Modeling TDIC evolution

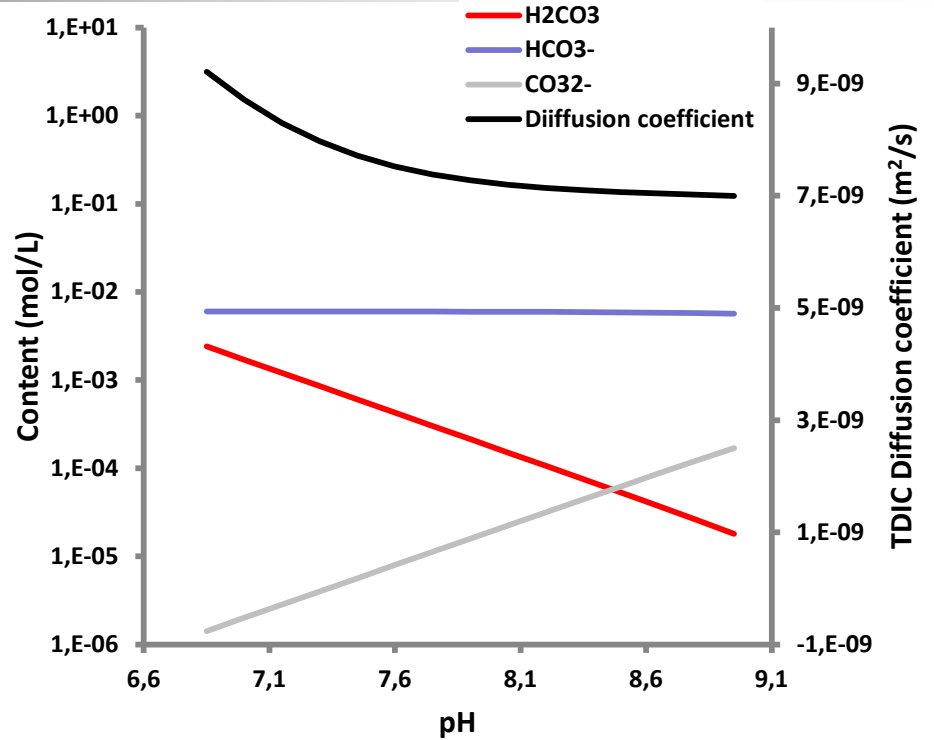
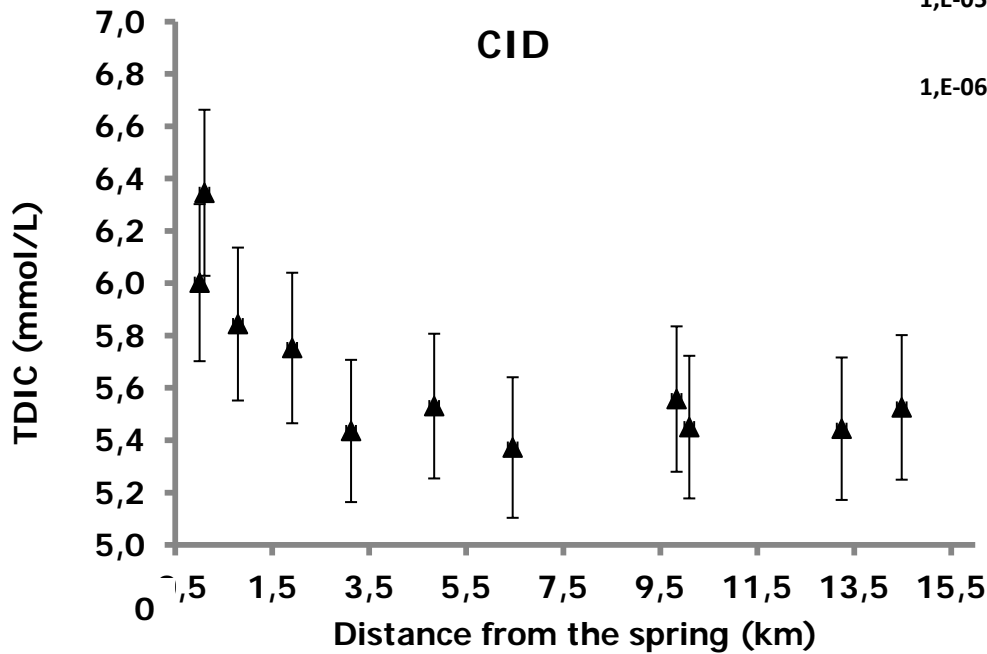
Diffusion coefficients ($10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$) :

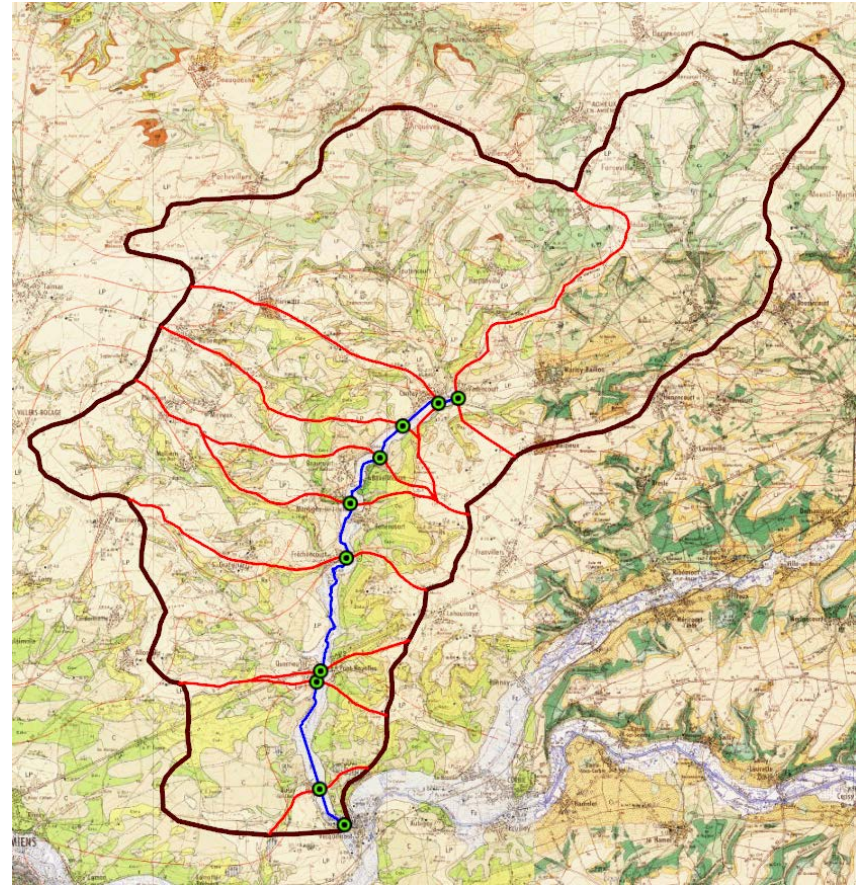
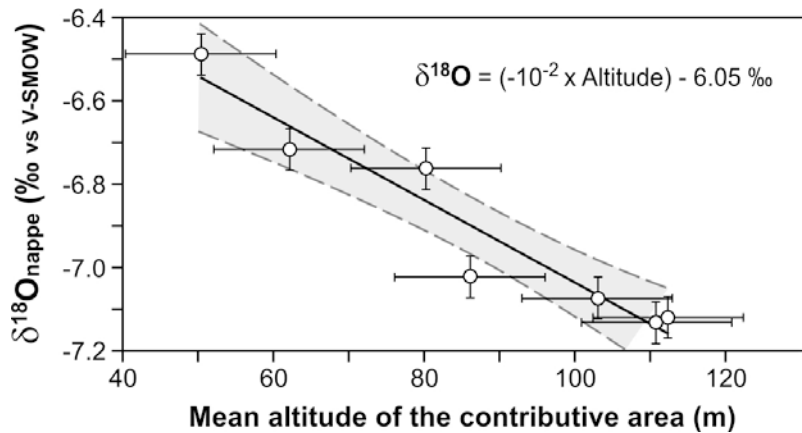
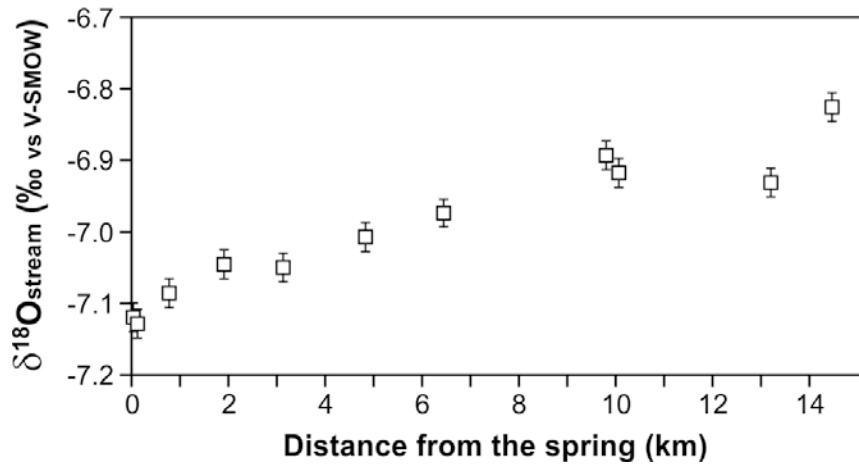
D of $\text{H}_2\text{CO}_3 = 14.7$

D of $\text{HCO}_3^- = 7.0$

D of $\text{CO}_3^{2-} = 5.4$

Zeebe, 2011





➔ Recharge condition information