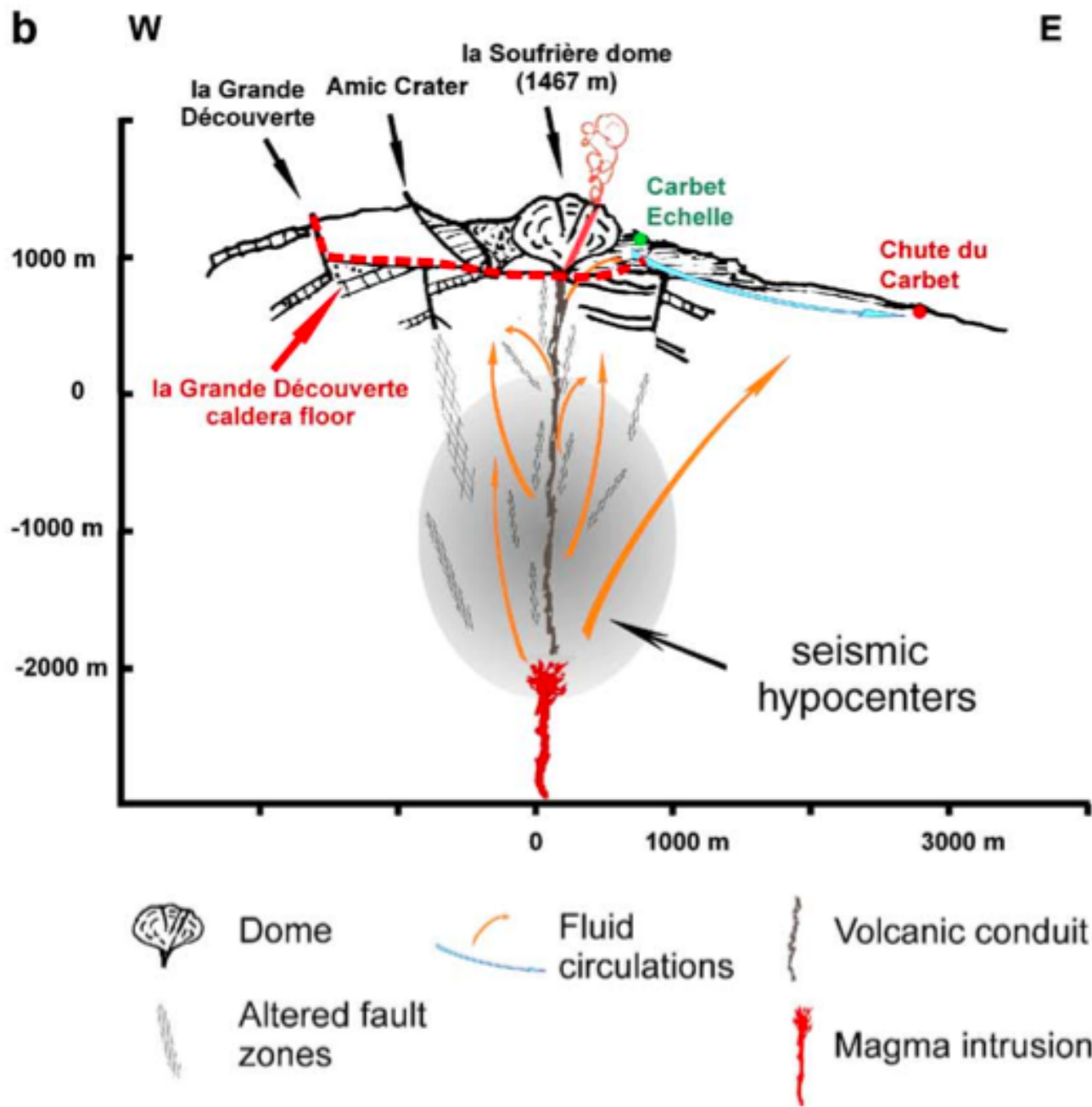
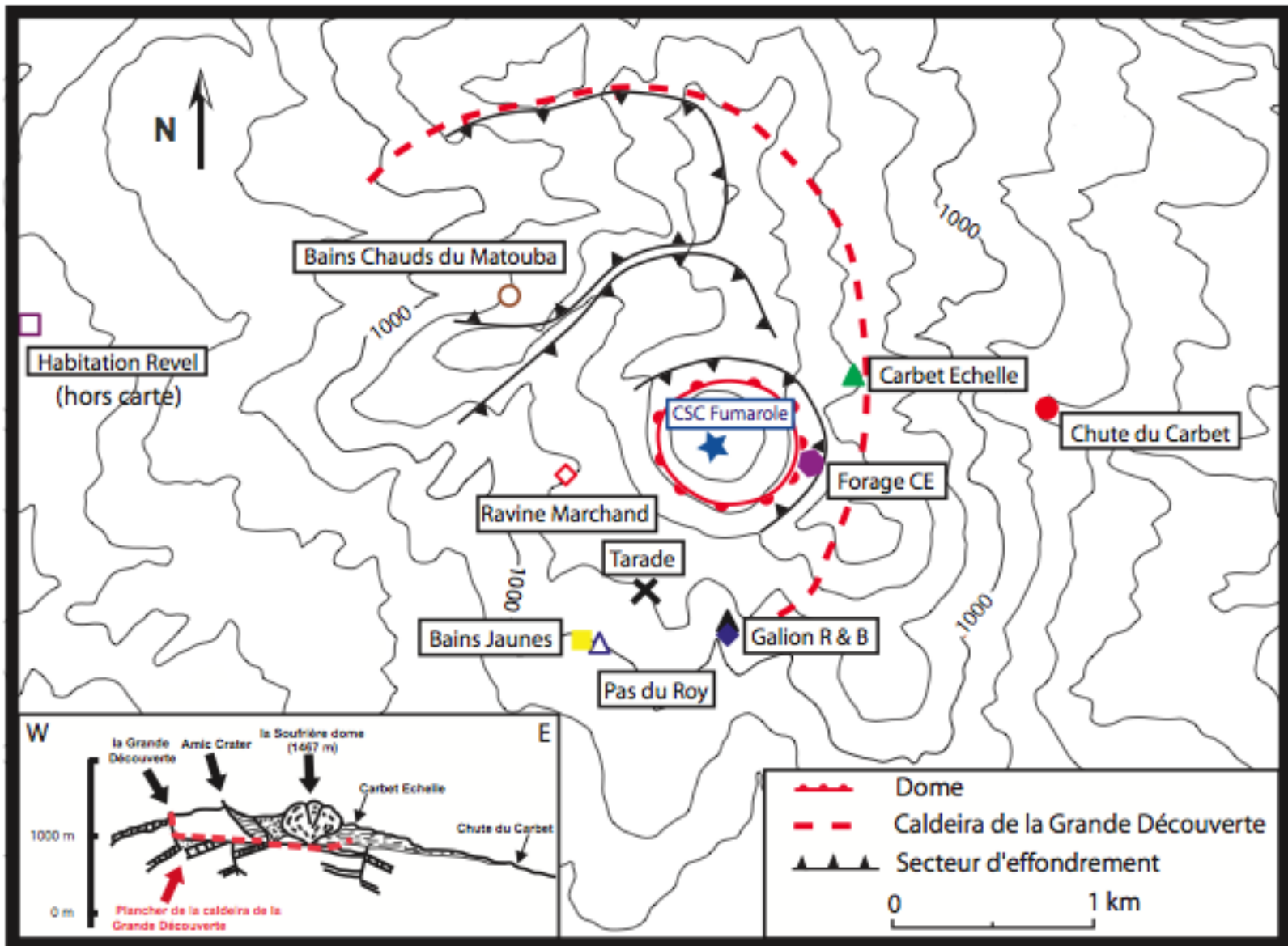
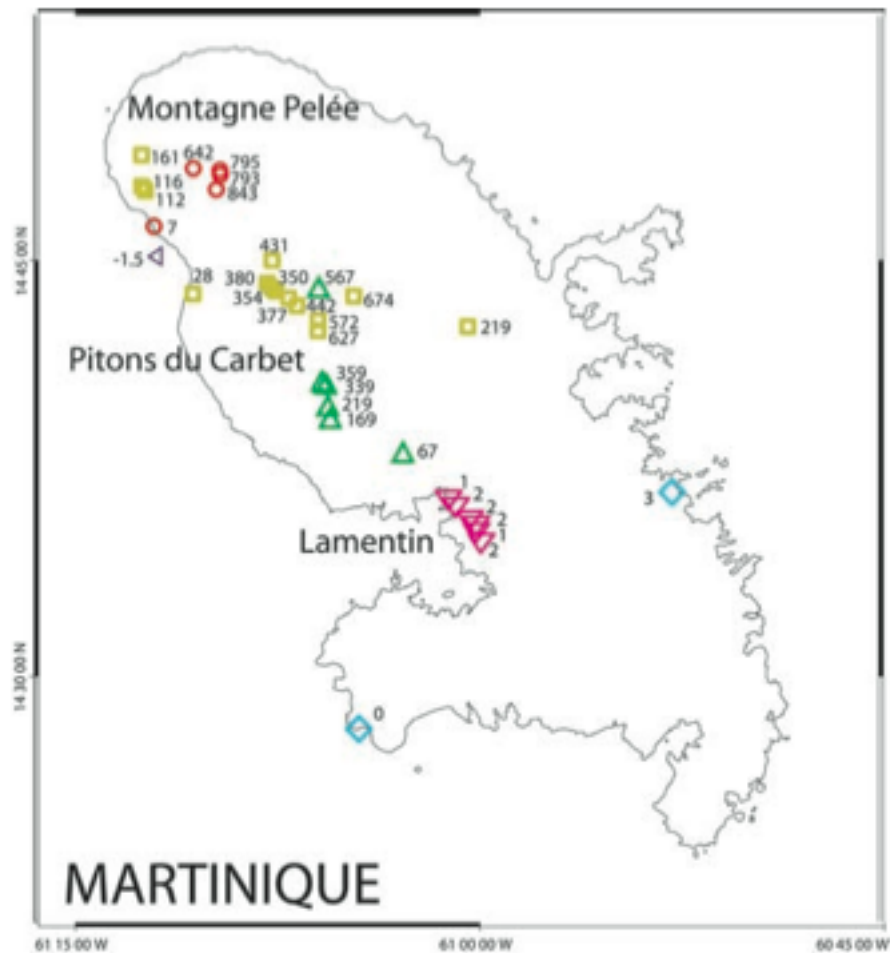


**Le système hydrothermal de la  
Soufrière de Guadeloupe et de la  
Montagne Pelée de Martinique**

- Gilbert Hammouya
- Olivier Crispi
- Michel Feuillard
- Jean-Christophe Komorowski
- Jean-Louis Cheminée
- Céline Dessert
- François Beauducel
- Thierry Kitou
- Christian Lambert
- Christian Antenor-Habazc
- Arnaud Lemarchand
- Michel Semet
- Gil Michard
- Cyril Aubaud
- Nathalie Jendrzewski
- Long Li
- Lorraine Ruzié
- Manuel Moreira
- Magali Bonifacie
- Carine Chaduteau
- Jean Paul Toutain
- Benoit Villemant
- Agnès Michel
- Georges Boudon



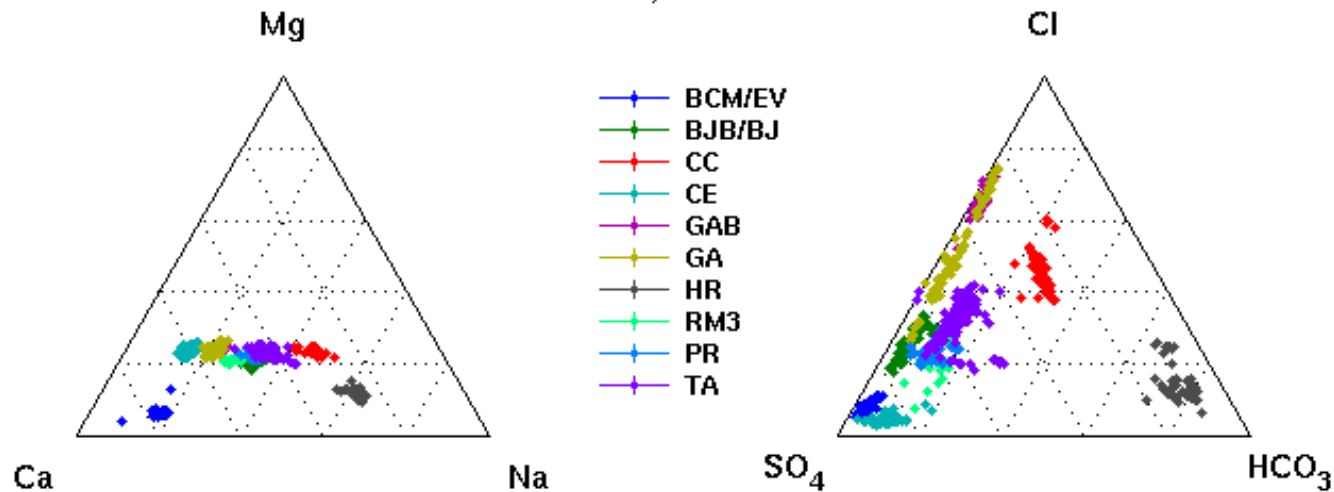




# Synthèse Réseau Analyse Sources Thermales (10 ans)

08-Mar-2012 11:37:12 -4 - État 089 % - Acquisition 101 % - M - 1 mois

WEBOBS © 2012, OVSG-IPGP

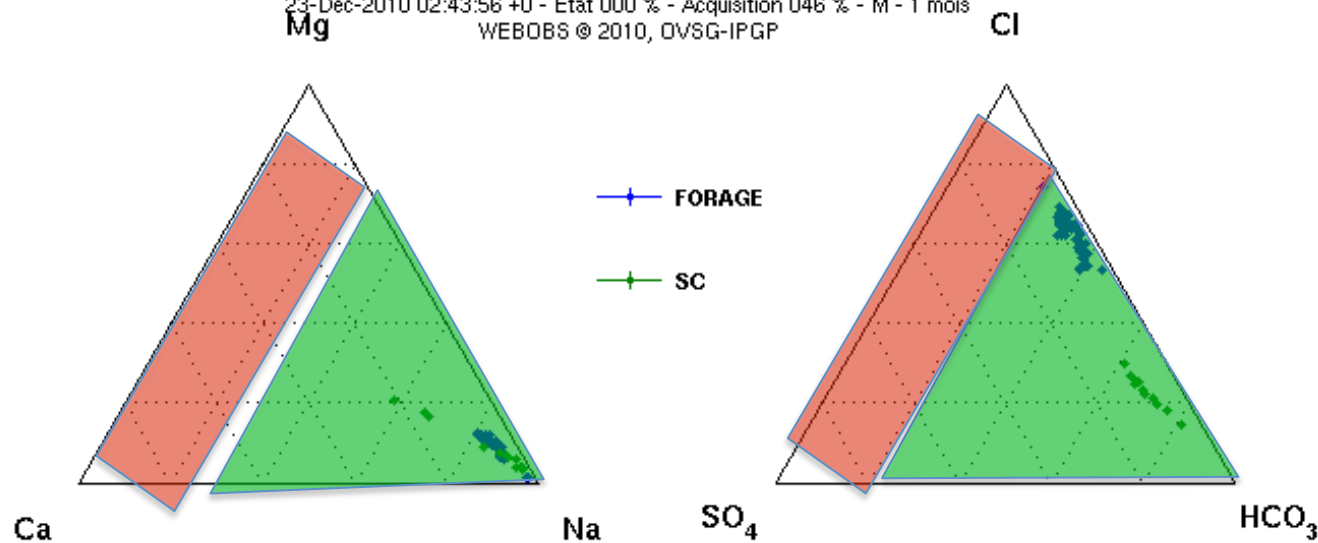


**Guadeloupe**

# Synthèse Réseau Sources Thermales (10 ans)

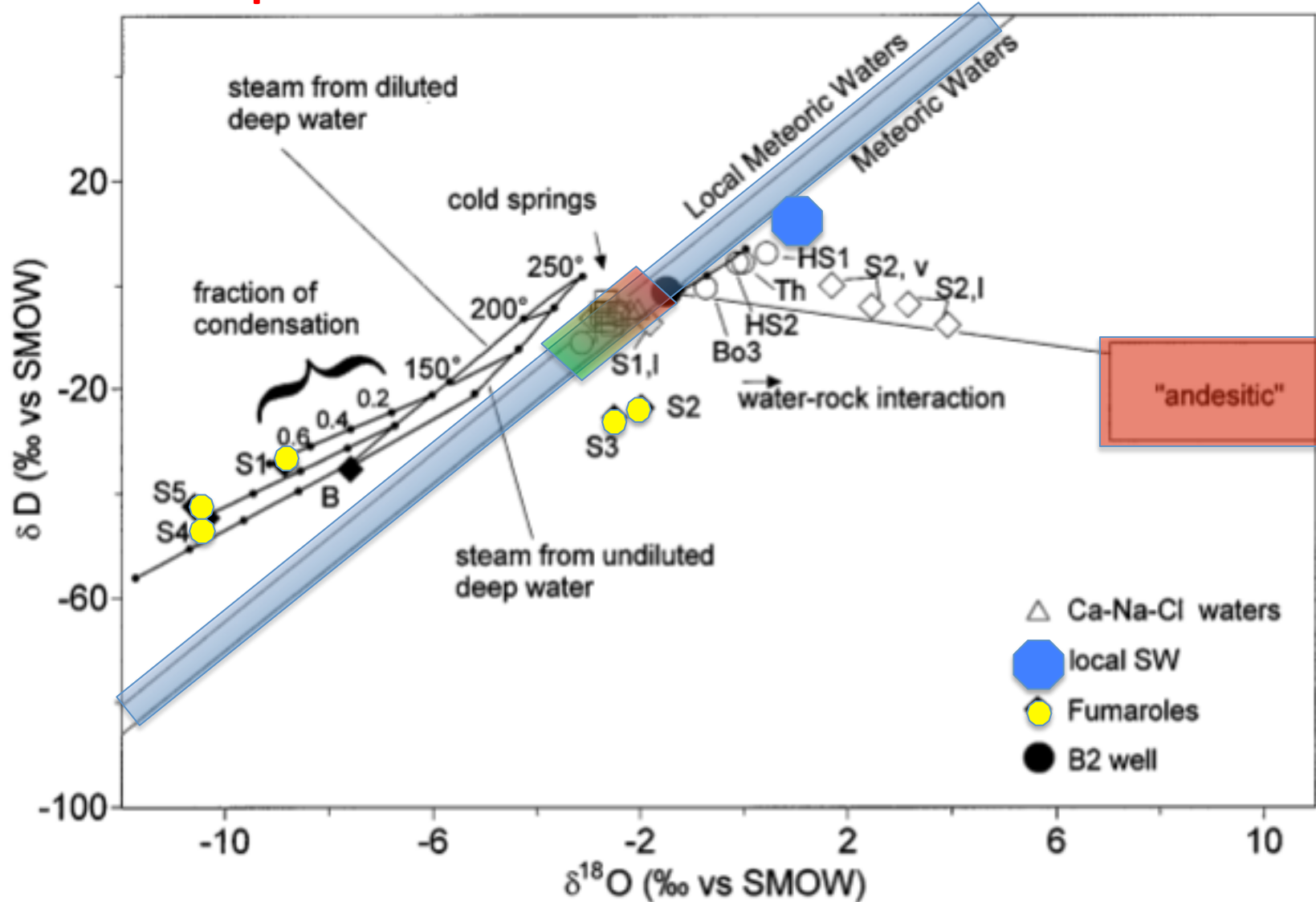
23-Dec-2010 02:43:56 +0 - État 000 % - Acquisition 046 % - M - 1 mois

WEBOBS © 2010, OVSG-IPGP



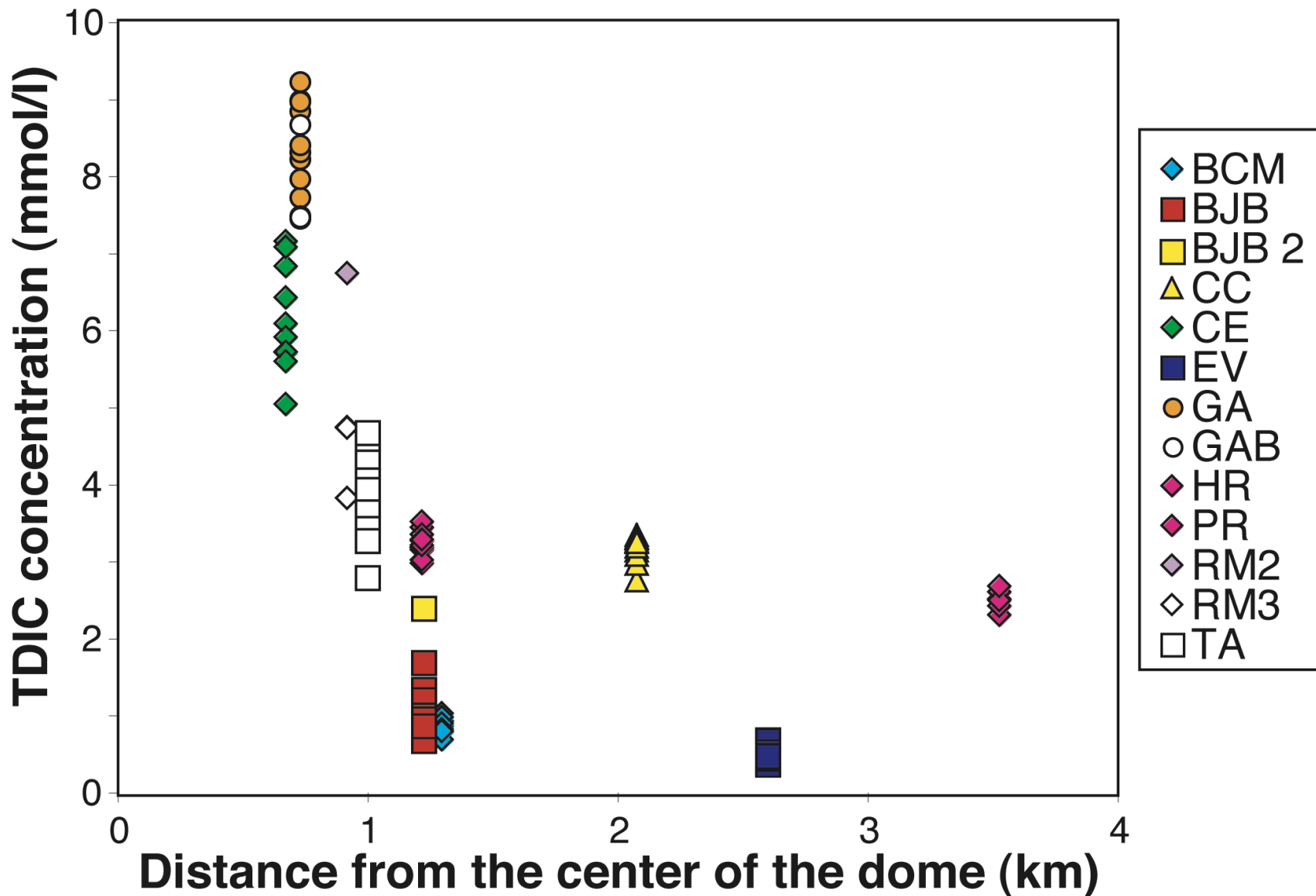
**Martinique**

# Composition isotopique de l'eau des sources et de la vapeur des fumeroles



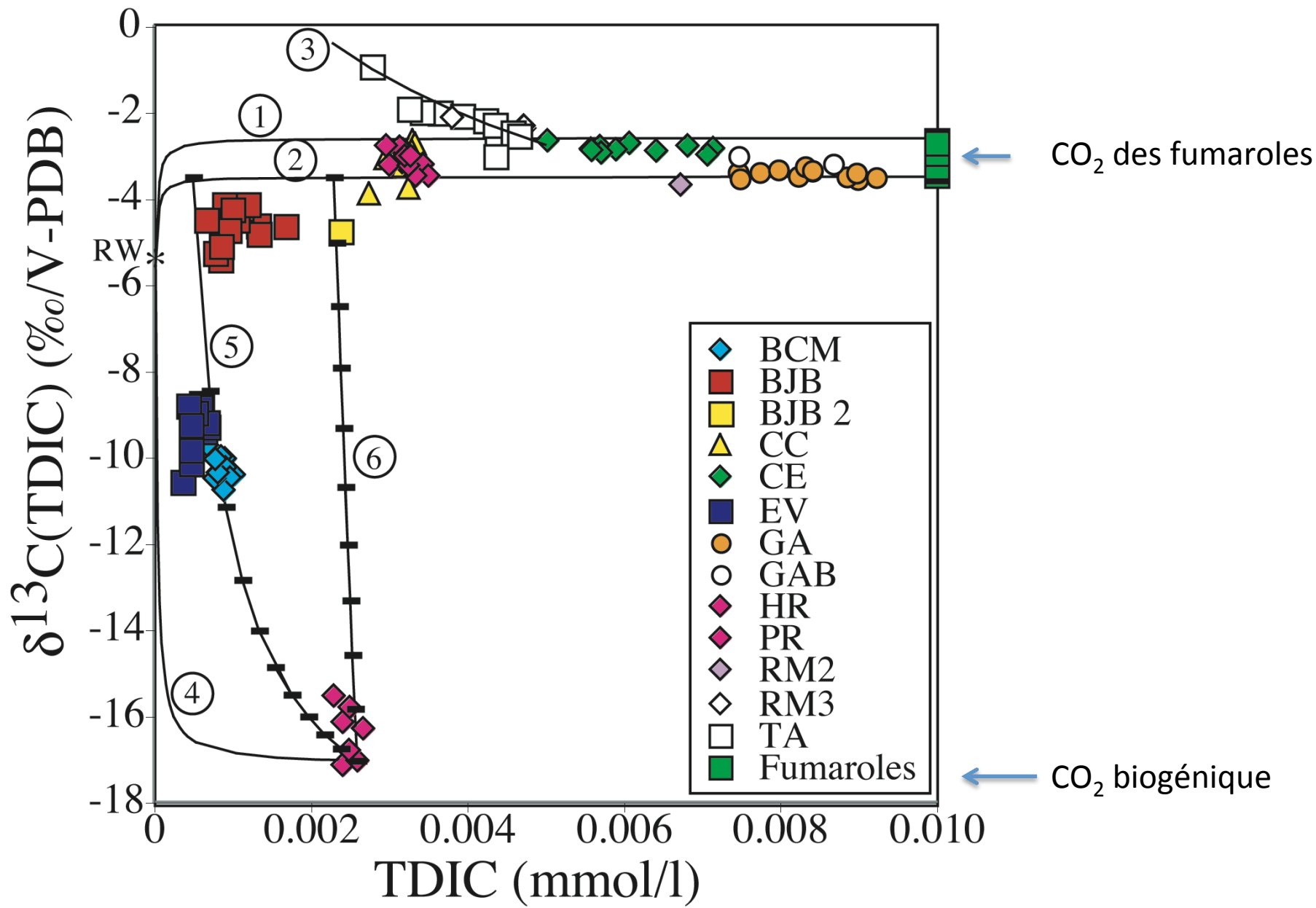


# CO<sub>2</sub> dissous dans les eaux de sources

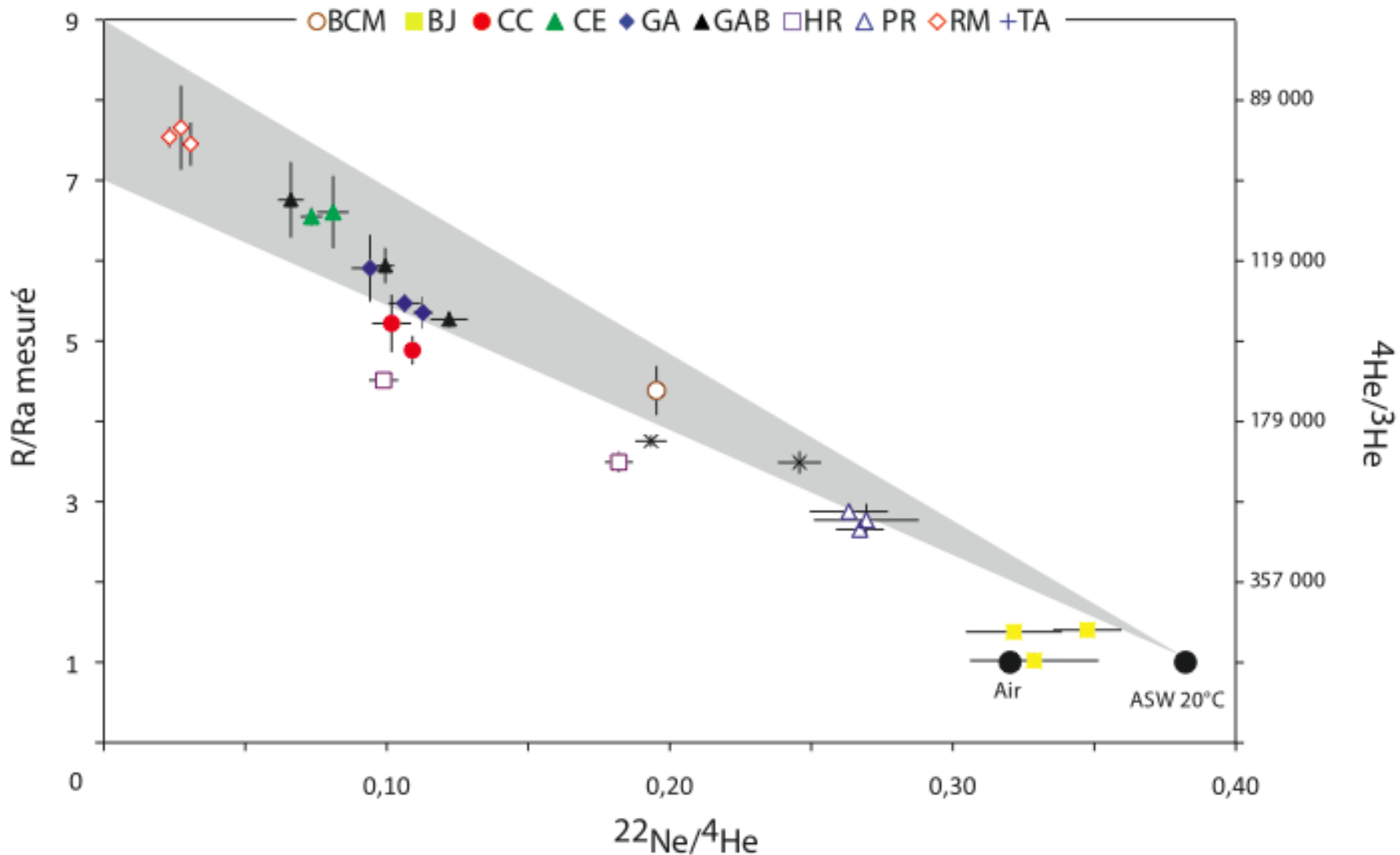


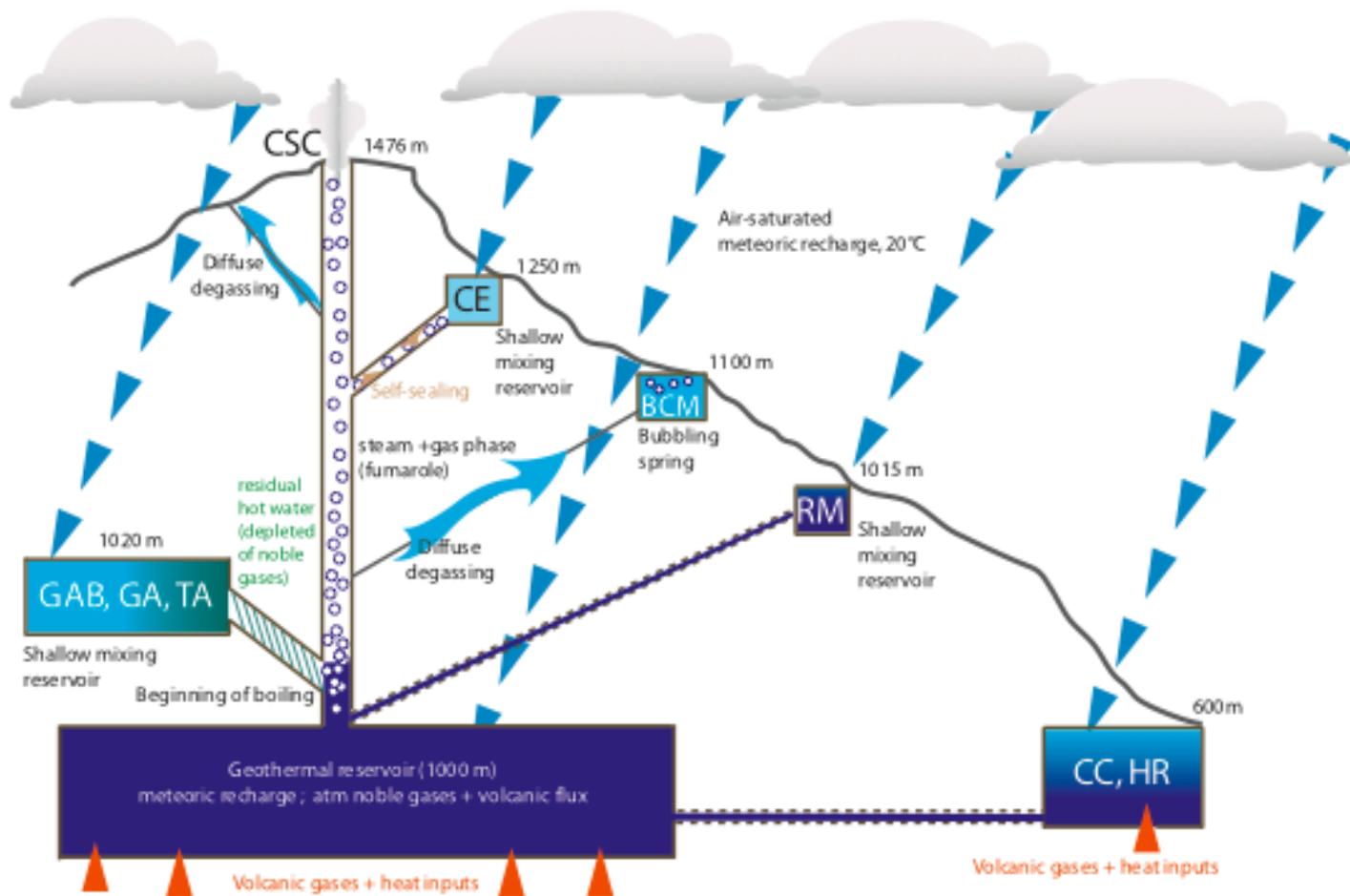


# D'où vient le CO<sub>2</sub> dissous dans l'eau des sources

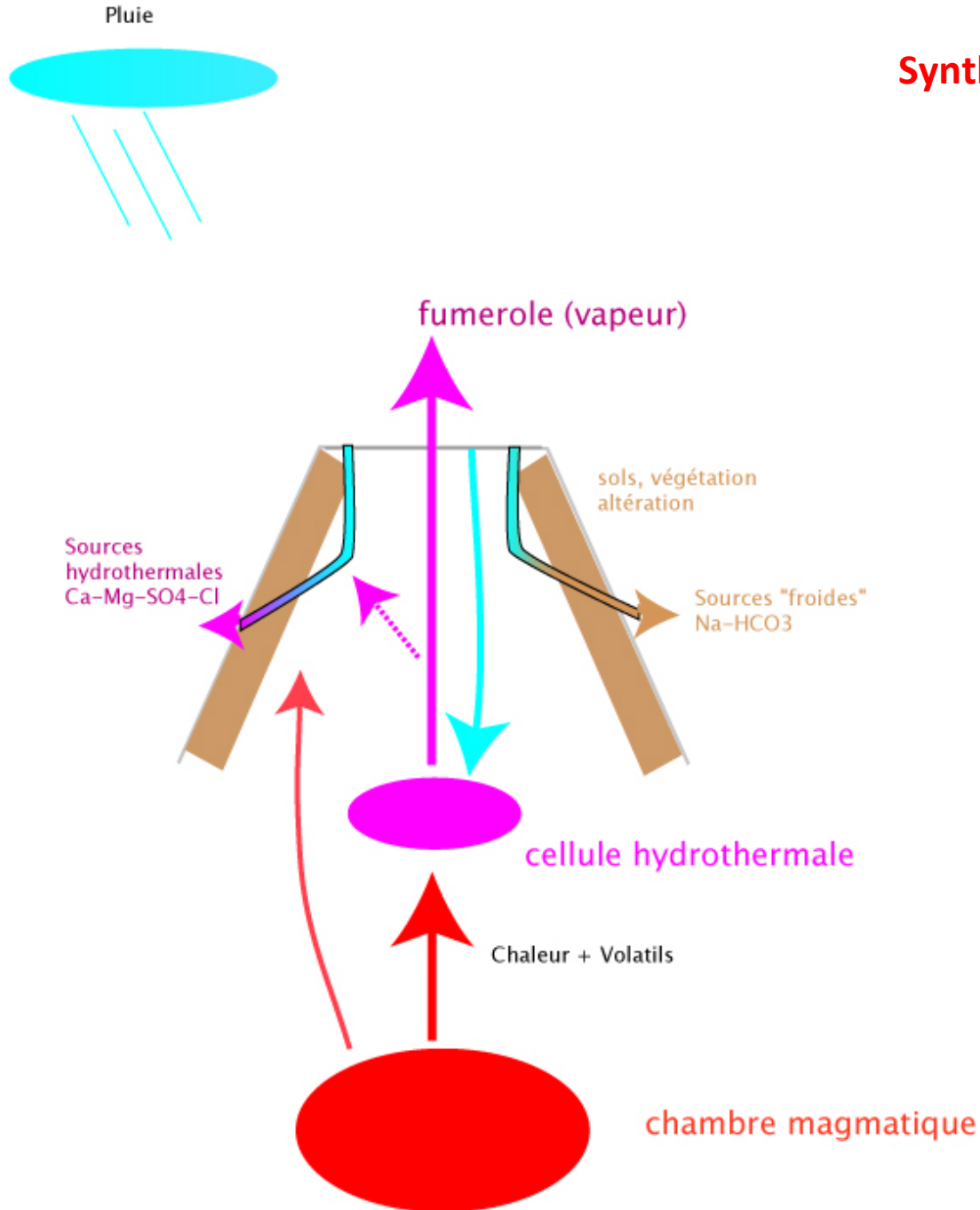


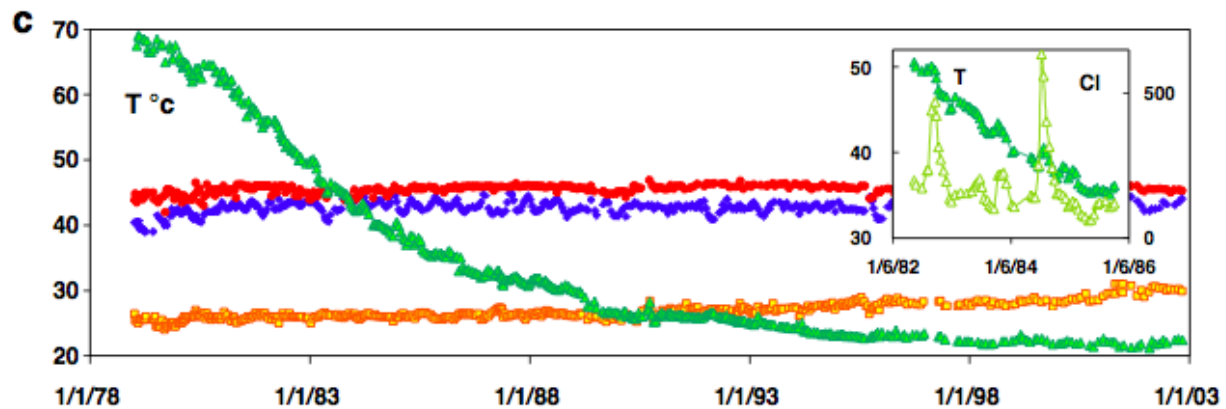
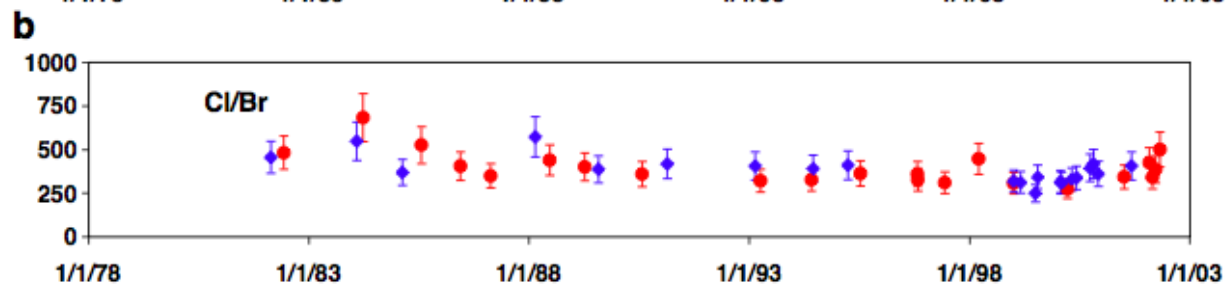
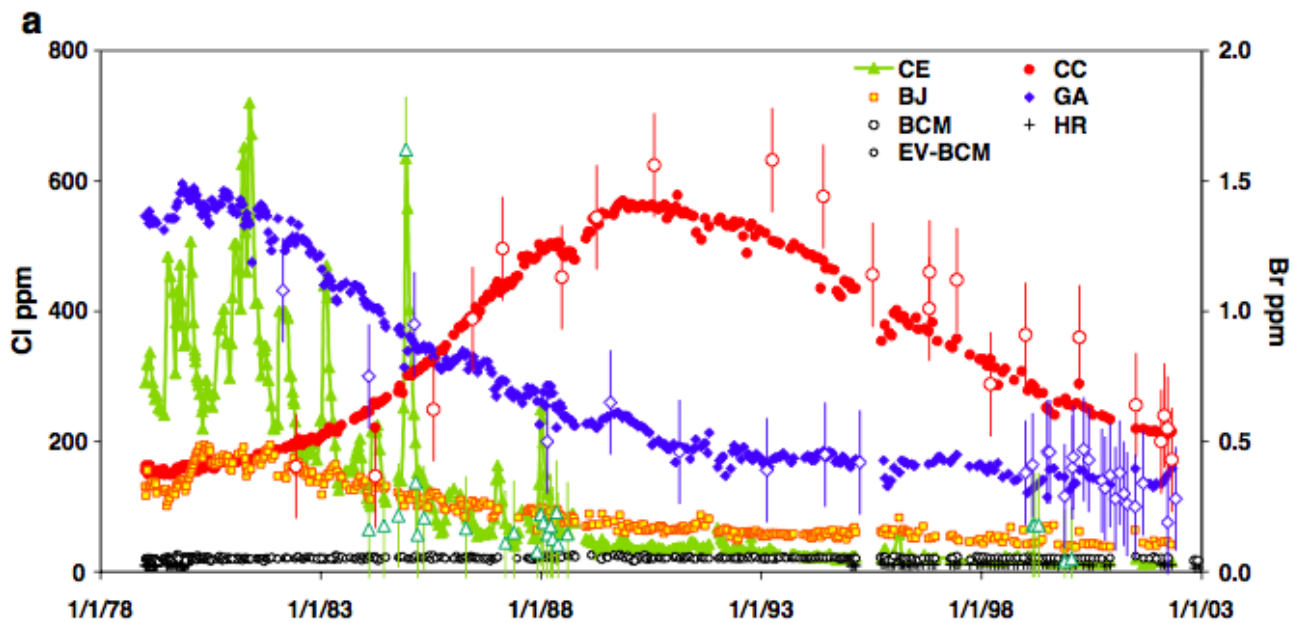
# Rapports isotopiques de l'Hélium des sources

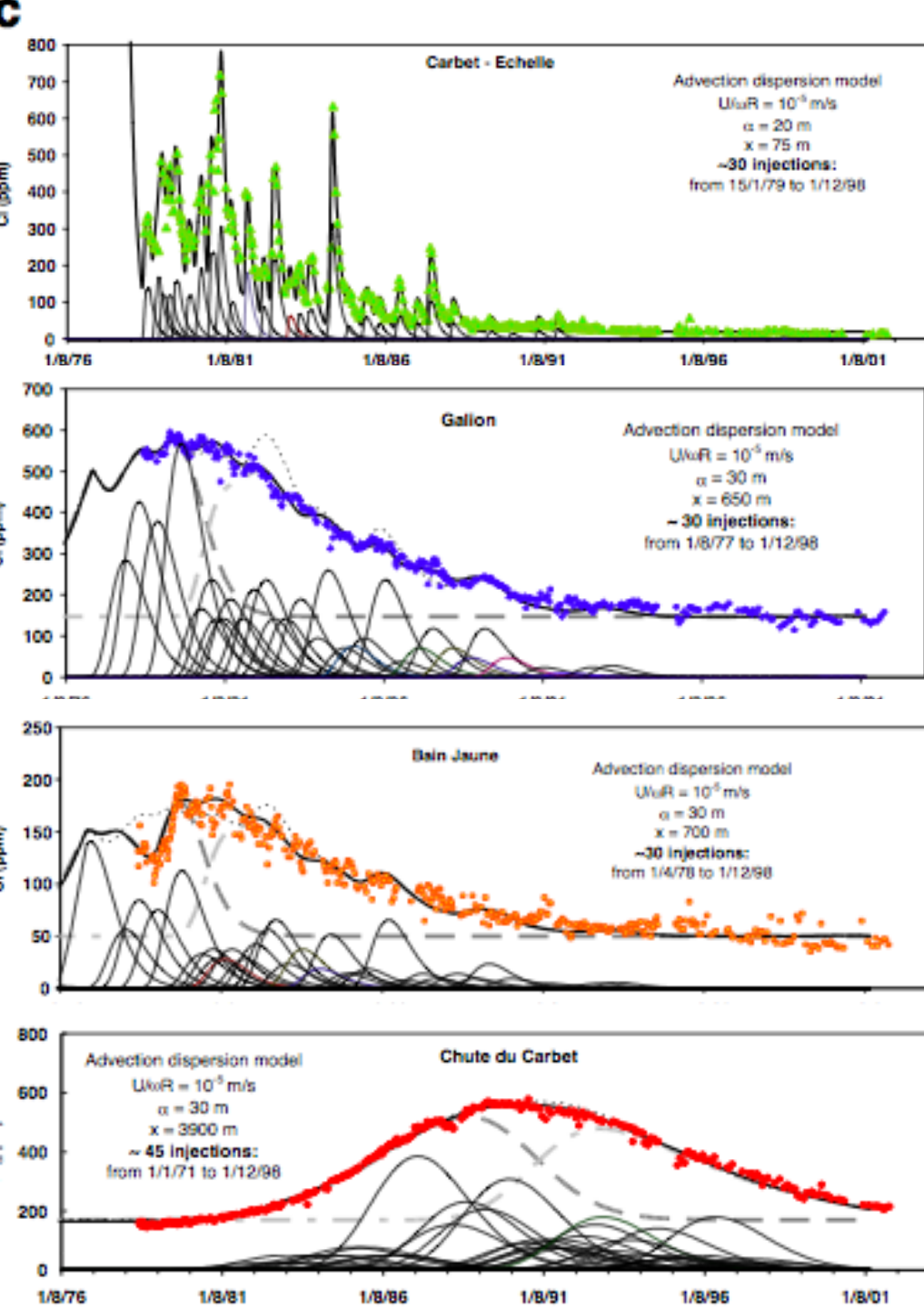




# Synthèse Hydrogéochimique







Propagation des Anomalies de chlorures

Distance augmente



# Isotopes du Chlore et du brome

$\text{Cl}^{35} \approx 75.7 \%$ ,  $\text{Cl}^{37} \approx 24.3 \%$

$\text{Br}^{79} \approx 50.7 \%$ ,  $\text{Br}^{81} \approx 49.3 \%$

## Notation

$R = \text{Cl}^{37}/\text{Cl}^{35} \approx 0.321$  SMOC

$\delta^{37}\text{Cl} = (\mathbf{R_{\text{sample}}/\text{SMOC} - 1}) * 1000 \text{ ‰}$

$R = \text{Br}^{81}/\text{Cl}^{79} \approx 0.97$  SMOB

$\delta^{81}\text{Br} = (\mathbf{R_{\text{sample}}/\text{SMOB} - 1}) * 1000 \text{ ‰}$

**facteur de fractionnement** =  $\alpha_{\text{A-B}} = \mathbf{R_{\text{A}}/R_{\text{B}}}$

## Paysage isotopique

Chlore: -8 ‰ (fluides de la CO) to 10 ‰ (HCl des gaz volcaniques)

Brome : ? Quelques ‰



# pourquoi ?

## Cl<sup>-</sup> and Br<sup>-</sup> : non reactifs

⇒  $\delta^{37}\text{Cl}$  et  $\delta^{81}\text{Br}$  : traceurs isotopiques des sources mélanges et des processus de transport (diffusion, advection, ...).

## Séquestration géologique du CO<sub>2</sub>

$\delta^{37}\text{Cl}$  et  $\delta^{81}\text{Br}$  pourraient détecter des modifications de

- perméabilité/porosité dans les aquifères
- Barrière de perméabilité

# Protocole analytique pour les isotopes du chlore

Goal : 20 micromoles of  $\text{CH}_3\text{Cl}$  : Kaufman, 1984; Eggenkamp, 1994

1. add  $\text{AgNO}_3$  and pH buffer =>  $\text{AgCl}$  precipitate
2. react  $\text{AgCl}$  with  $\text{CH}_3\text{I}$  in excess to get  $\text{CH}_3\text{Cl}$
3. purify  $\text{CH}_3\text{Cl}$  by gas chromatography
4. Dual inlet or He continuous flow mass spectrometry

ion mass 50 :  $\text{CH}_3\text{Cl}^{35}$

ion mass 52 :  $\text{CH}_3\text{Cl}^{37}$



$\delta^{37}\text{Cl}$

# Pour les isotopes du brome

Goal : 20 micromoles of  $\text{CH}_3\text{Br}$  : Eggenkamp, 2003

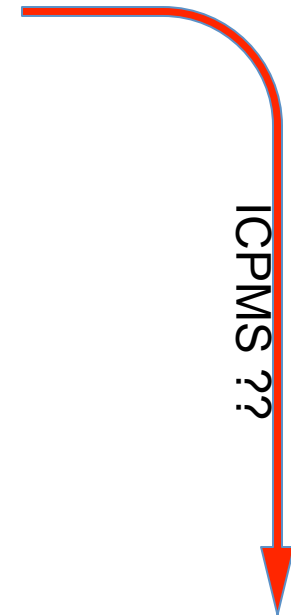
0. get Br/Cl ratio to  $\approx 1$  by oxidative distillation
1. add  $\text{AgNO}_3$  and pH buffer  $\Rightarrow$  AgBr precipitate
2. react AgBr with  $\text{CH}_3\text{I}$  in excess to get  $\text{CH}_3\text{Br}$
3. purify  $\text{CH}_3\text{Br}$  by gas chromatography
4. Dual inlet or He continuous flow mass spectrometry

ion mass 94 :  $\text{CH}_3\text{Br}^{79}$

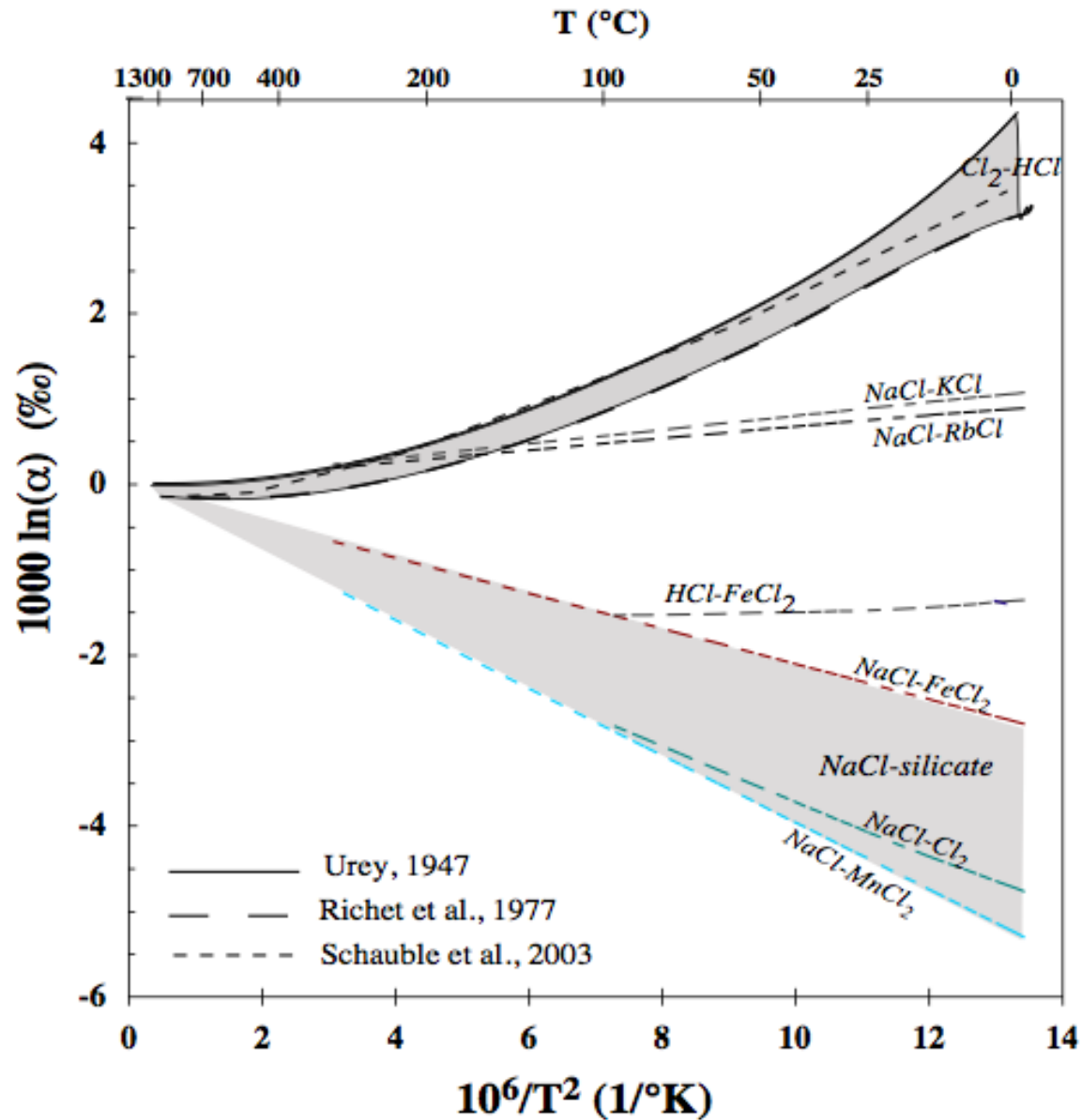
ion mass 96 :  $\text{CH}_3\text{Br}^{81}$



$\delta^{81}\text{Br}$



# Fractionnements isotopiques à l'équilibre thermodynamique

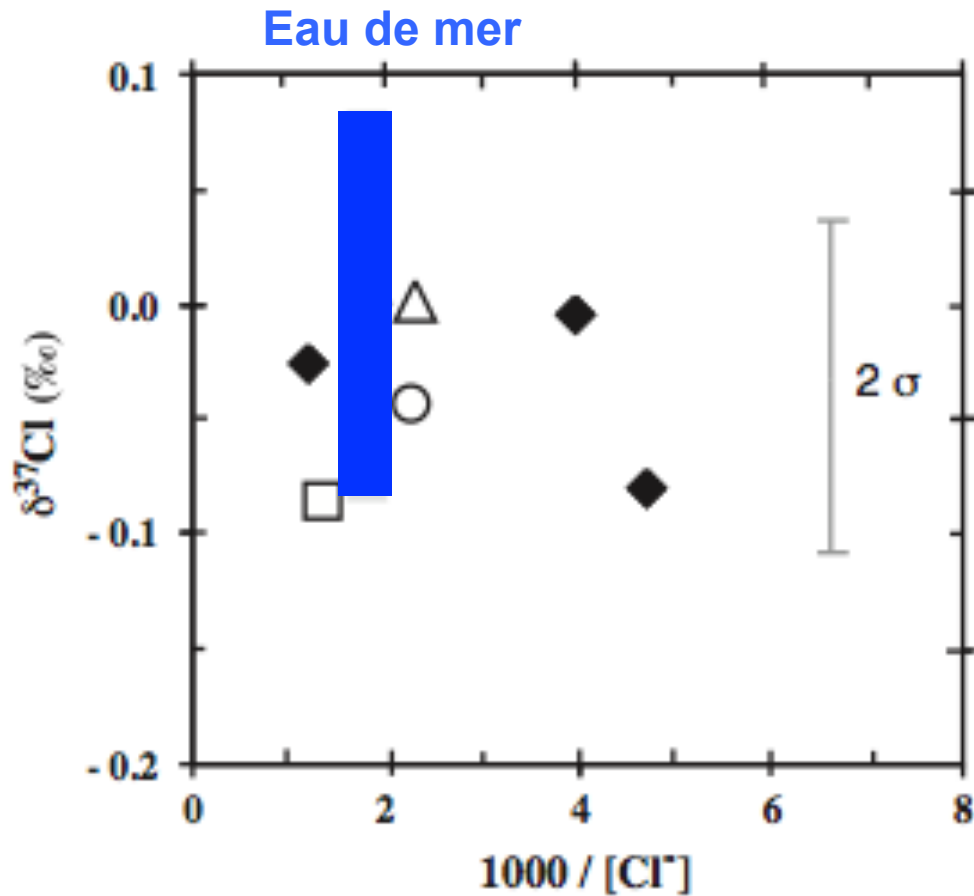


# Fluides hydrothermaux des rides océaniques

$T > 200^{\circ}\text{C}$

eau de mer  $[\text{Cl}^-] = 546 \text{ mM}$   
range for HT Fluids :

251 to 821 mM

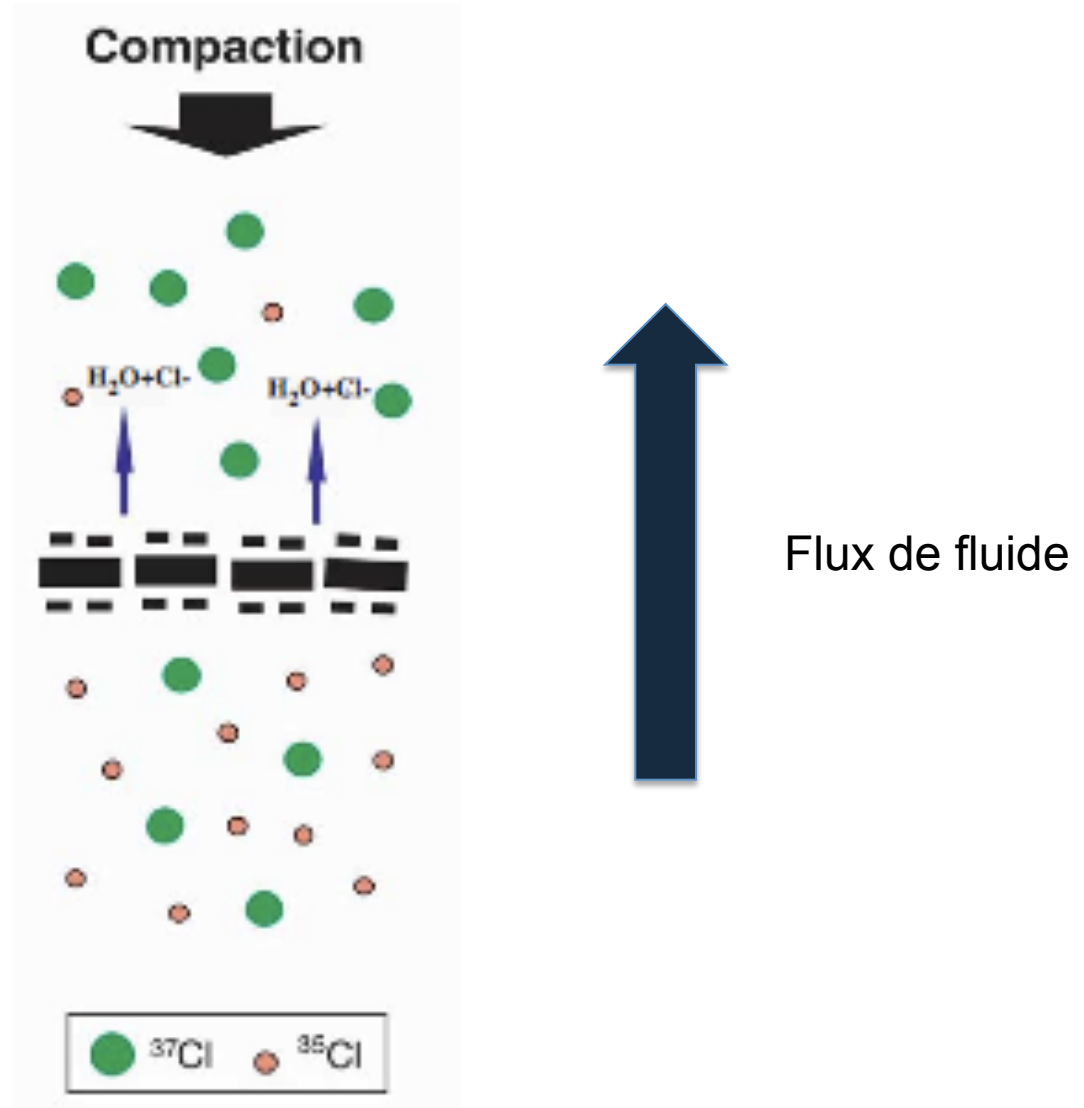


# Théorie : la filtration ionique de Phillips et Bentley 1987

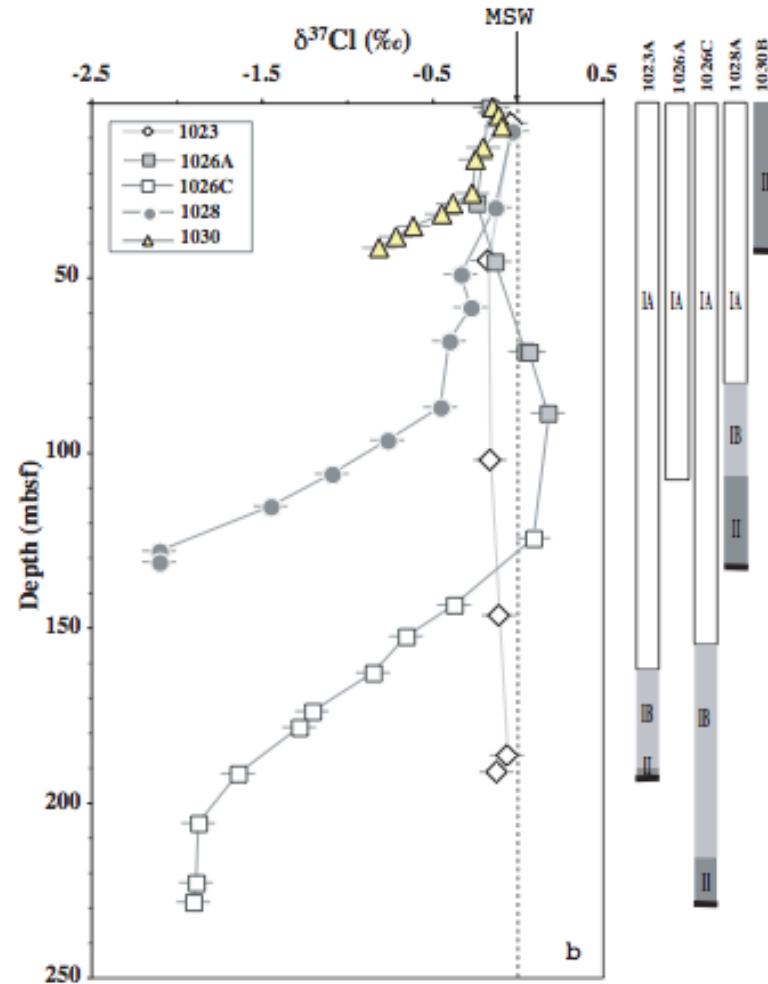
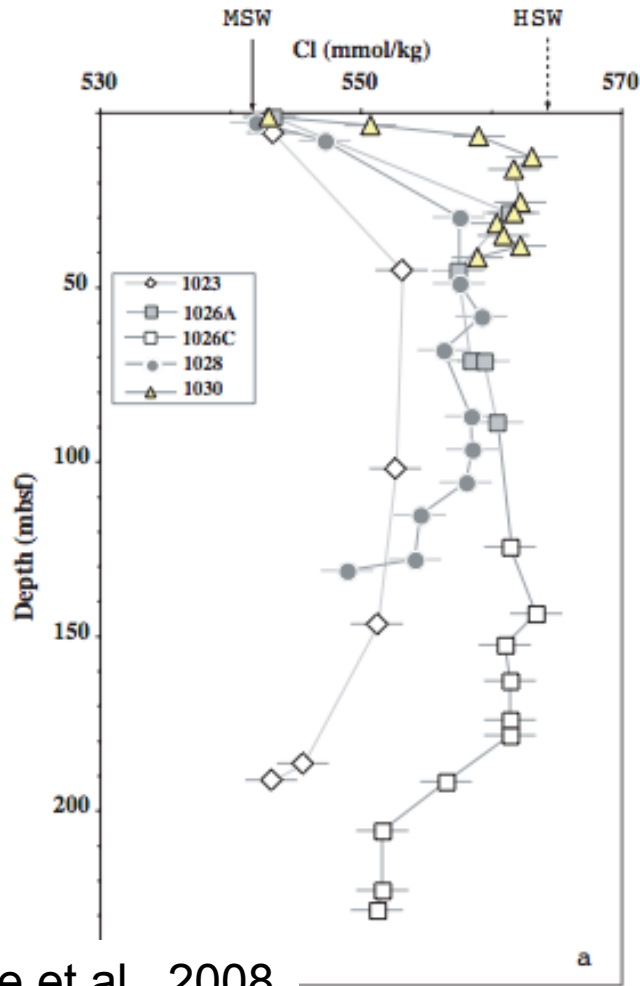
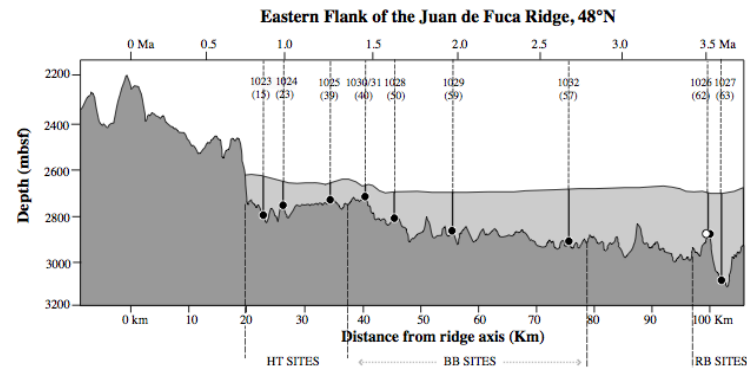
$\delta^{37}\text{Cl}$  augmente  
[Cl] décroît

Membrane  
Semi permeable  
Chargée négativement

$\delta^{37}\text{Cl}$  diminue  
[Cl] augmente



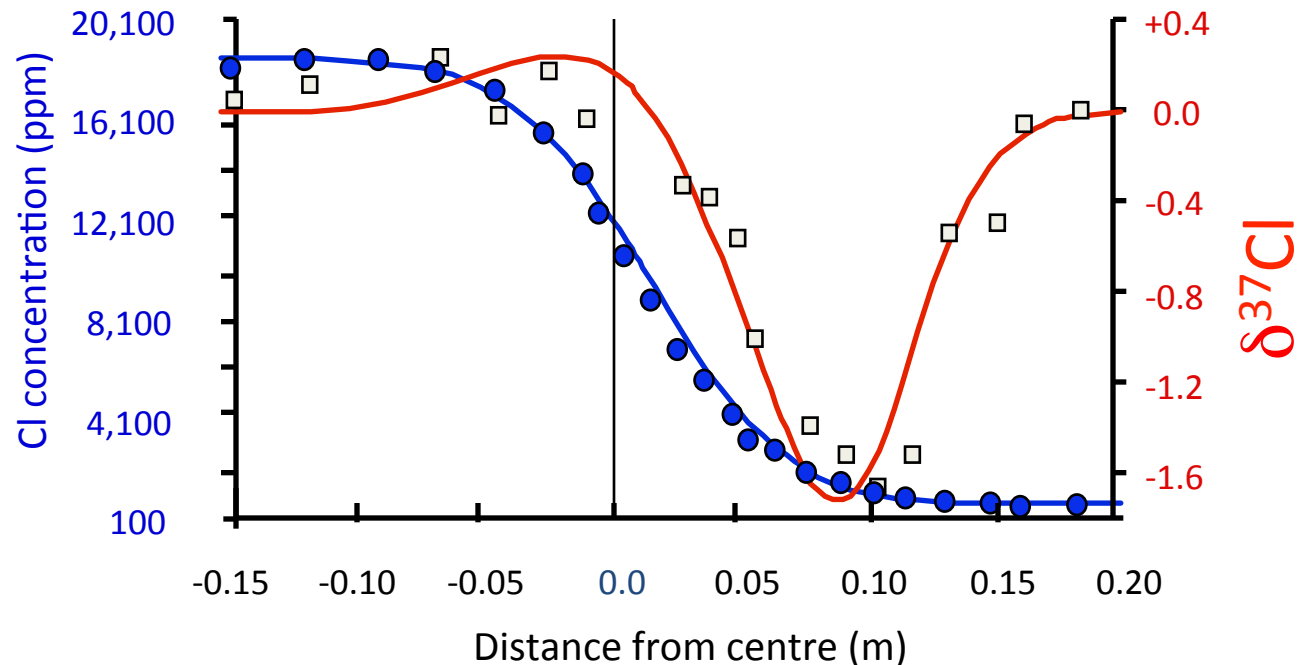
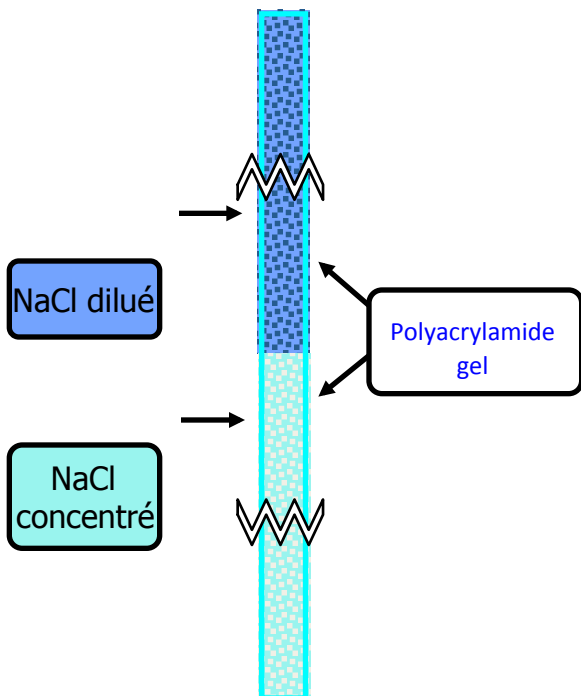
# Fluides des sédiments Du flanc de la dorsale Juan de Fuca Ridge



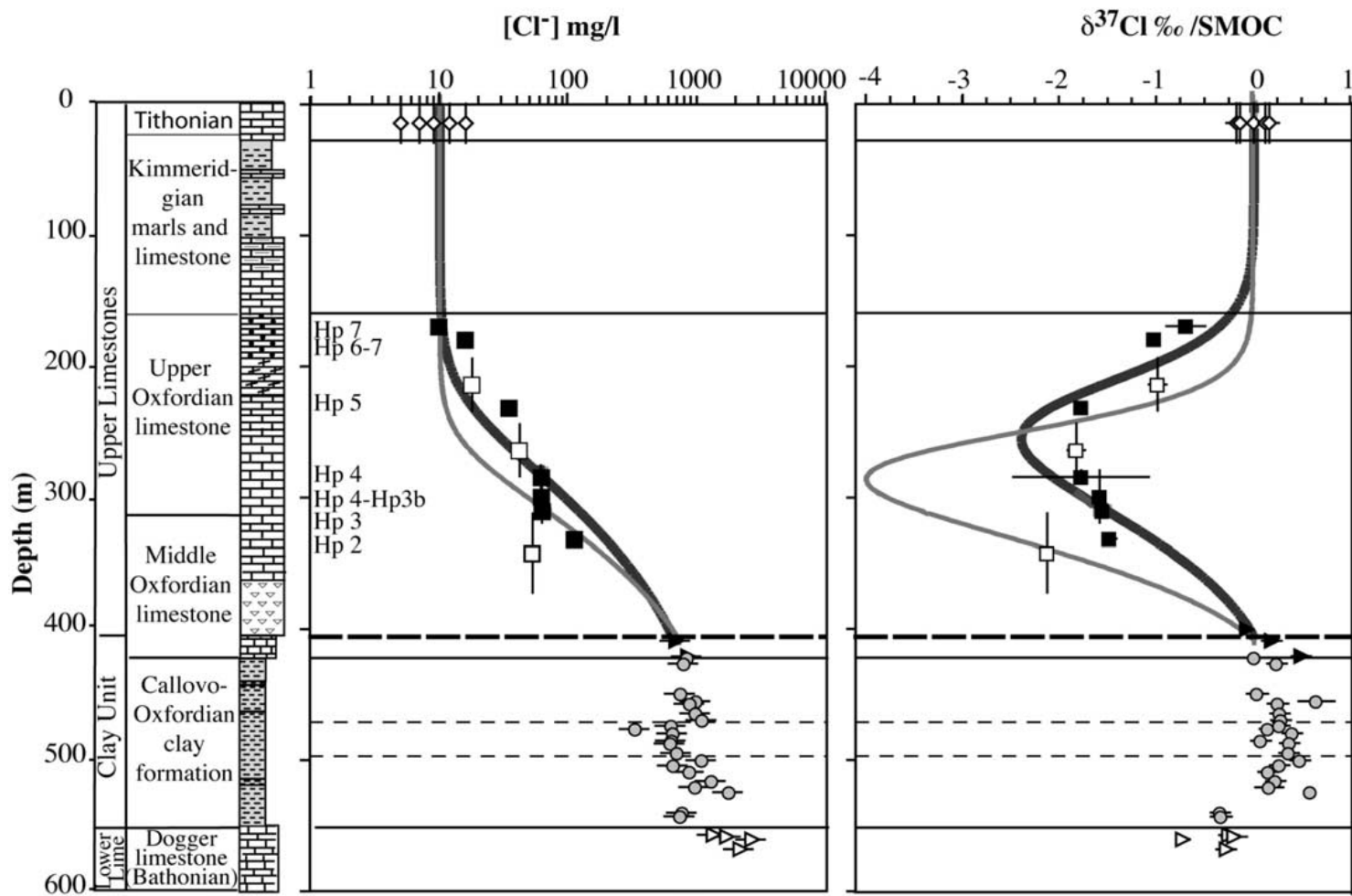


# Fractionnement des isotopes du chlore par la diffusion

- Diffusion de  $\text{Cl}^-$  et  $\text{Br}^-$  dans un gel de Polyacrylamide
  - $D_{^{35}\text{Cl}}/D_{^{37}\text{Cl}}$  (21°C) : 1.00166
  - $D_{^{79}\text{Br}}/D_{^{81}\text{Br}}$  (21°C) : 1.00064



# Fuite des chlorures dans le bassin de Paris



Upper Limestones water samples :  $\diamond$ Tithonian     $\blacksquare$  Oxfordian-underground laboratory area     $\square$  Oxfordian- EST 311 site

Clay Unit and Lower Limestone rock samples (HTM 102) :  $\blacktriangleright$  basal 20m Middle Oxfordian     $\circ$  Callovo-Oxfordian     $\blacktriangleright$  Dogger limestone

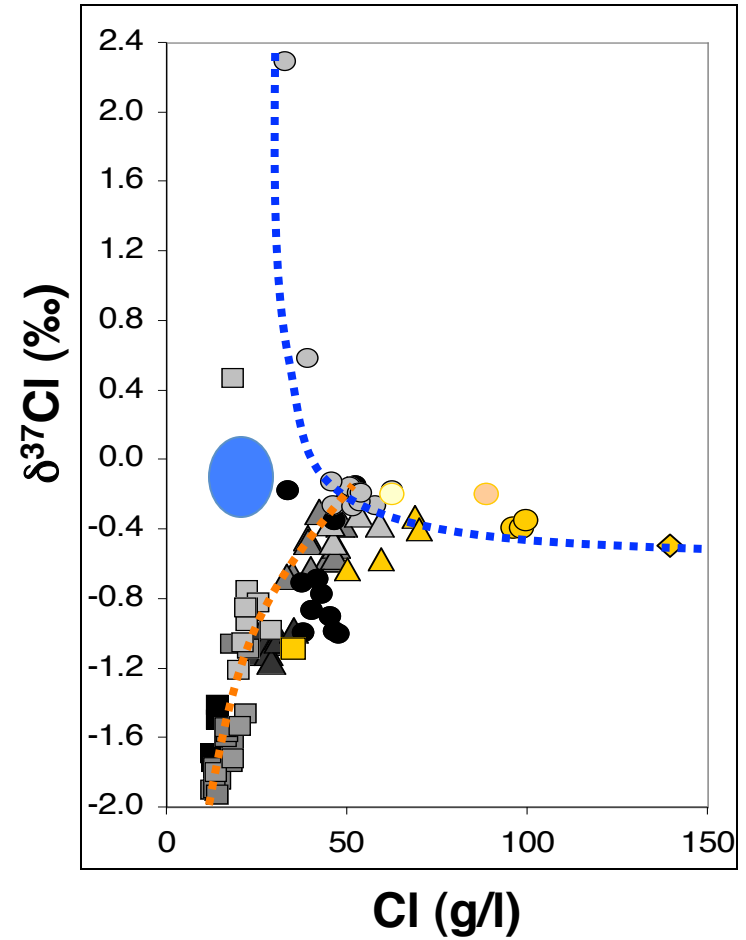
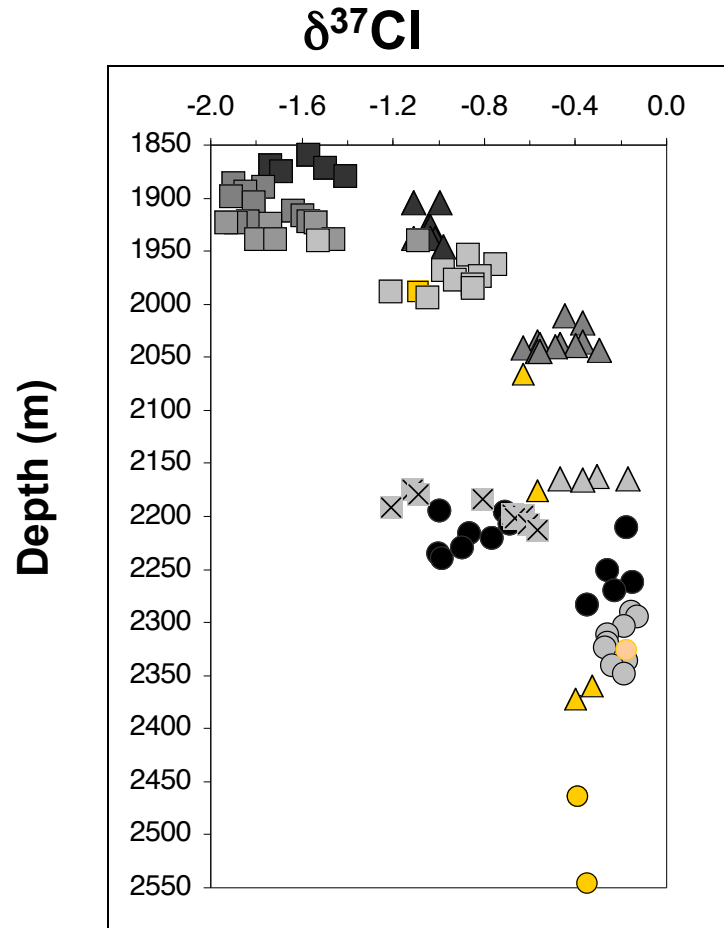
— lithological limit    - - - - limit of the central part of the Callovo-Oxfordian clay    - - - - diffusion boundary

$\blacksquare$  Chlorine transport model for URL site ( $\diamond$ ,  $\blacksquare$ )

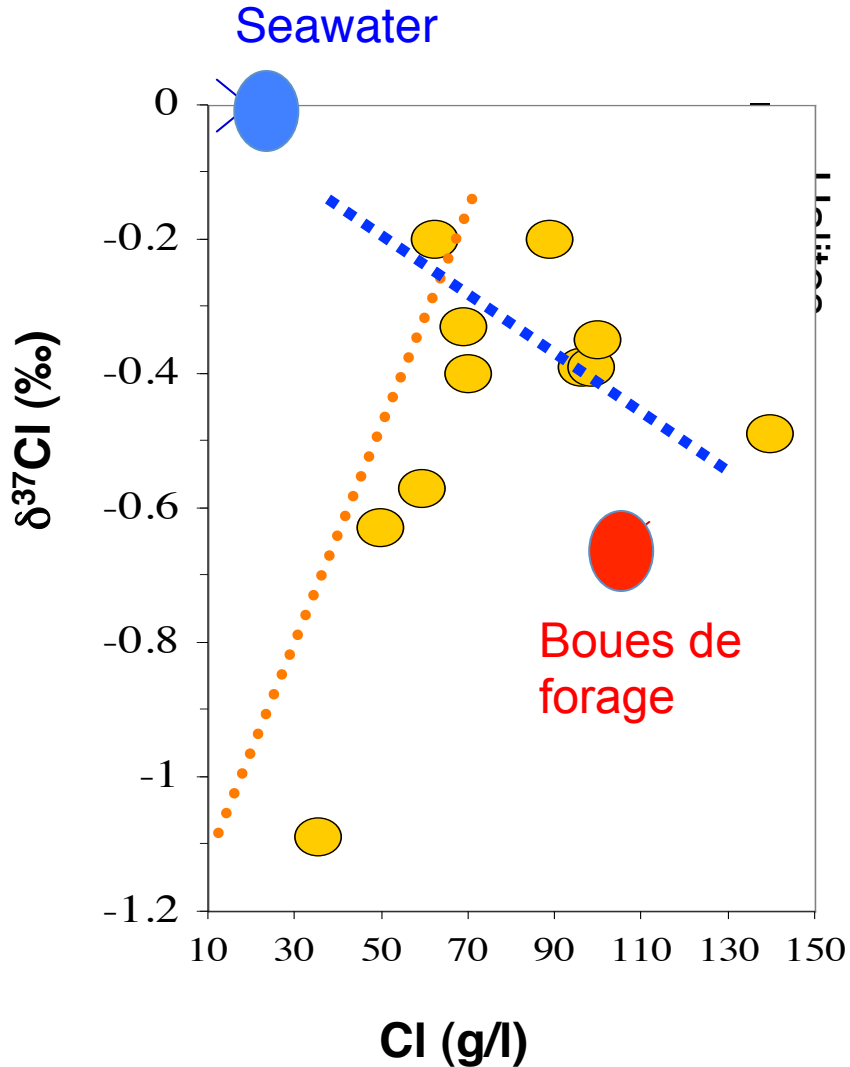
— Chlorine transport model for EST311 site ( $\diamond$ ,  $\square$ )

Lavastre et al., 2005

# $\delta^{37}\text{Cl}$ des saumures des réservoirs pétroliers



# Interpretation



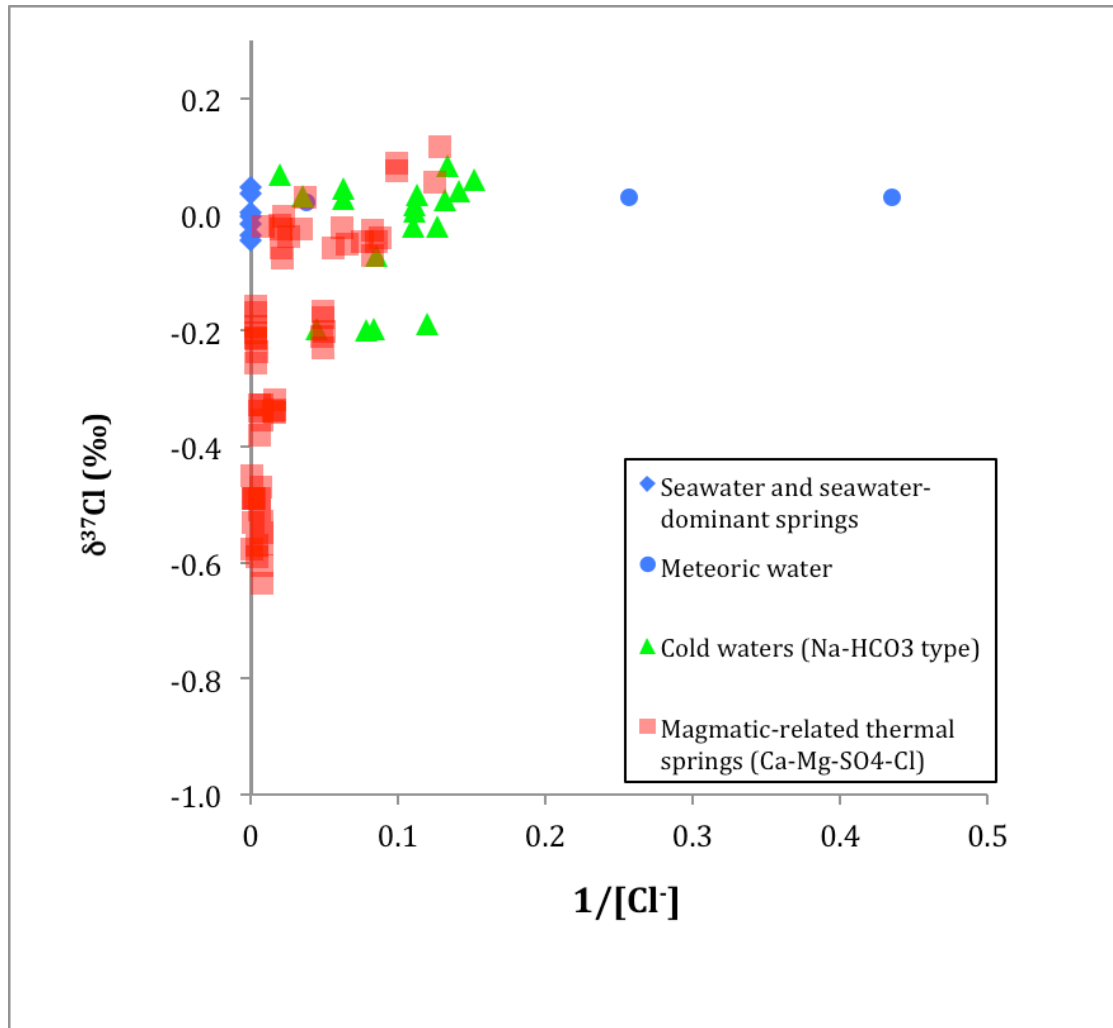
Filtration ionique  
mélange

+

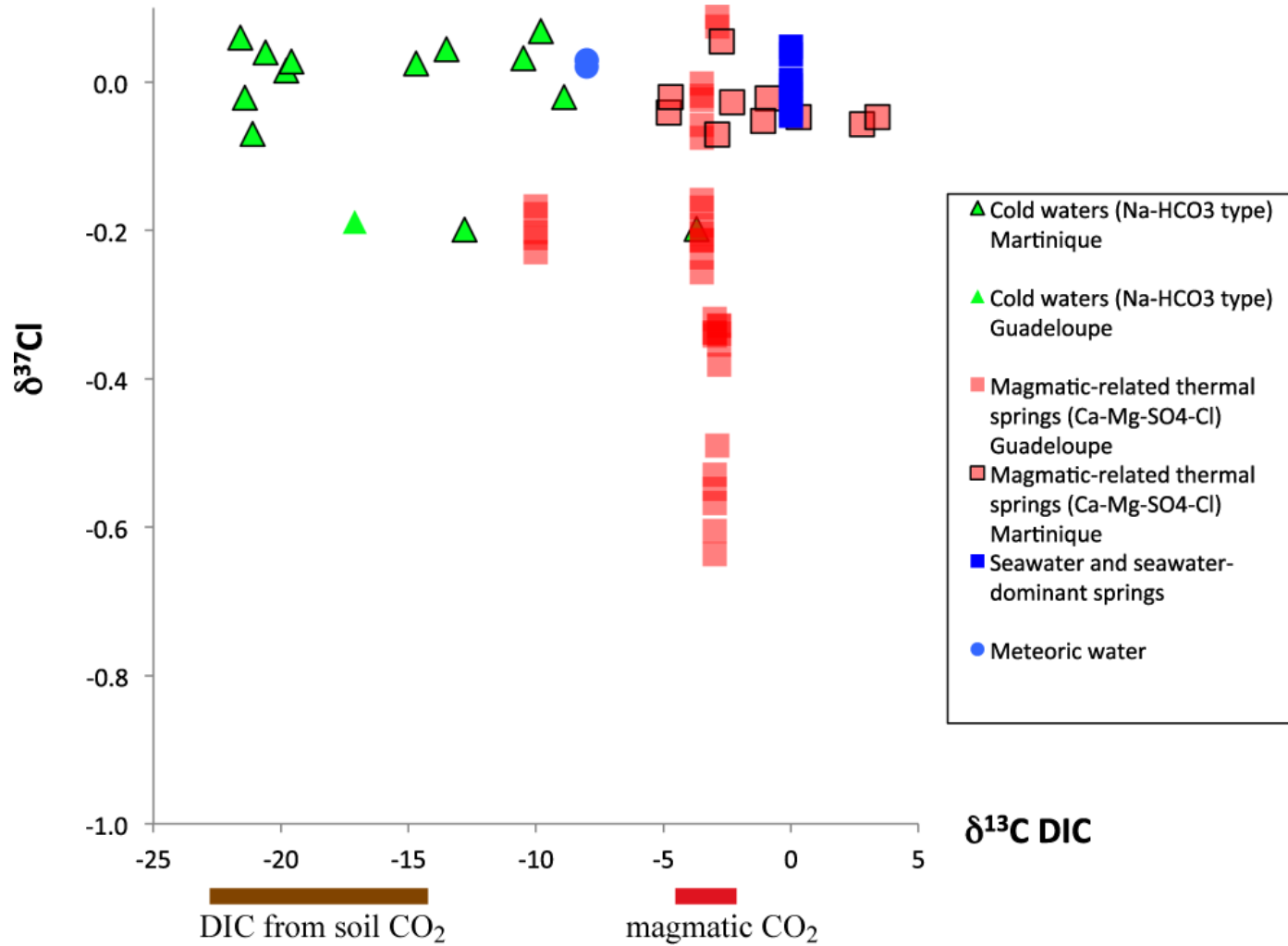
Pas de contribution  
des évaporites,  
Ni des boues de forages

Woulé Ebongué

## D'où viennent les chlorures des sources hydrothermales ?

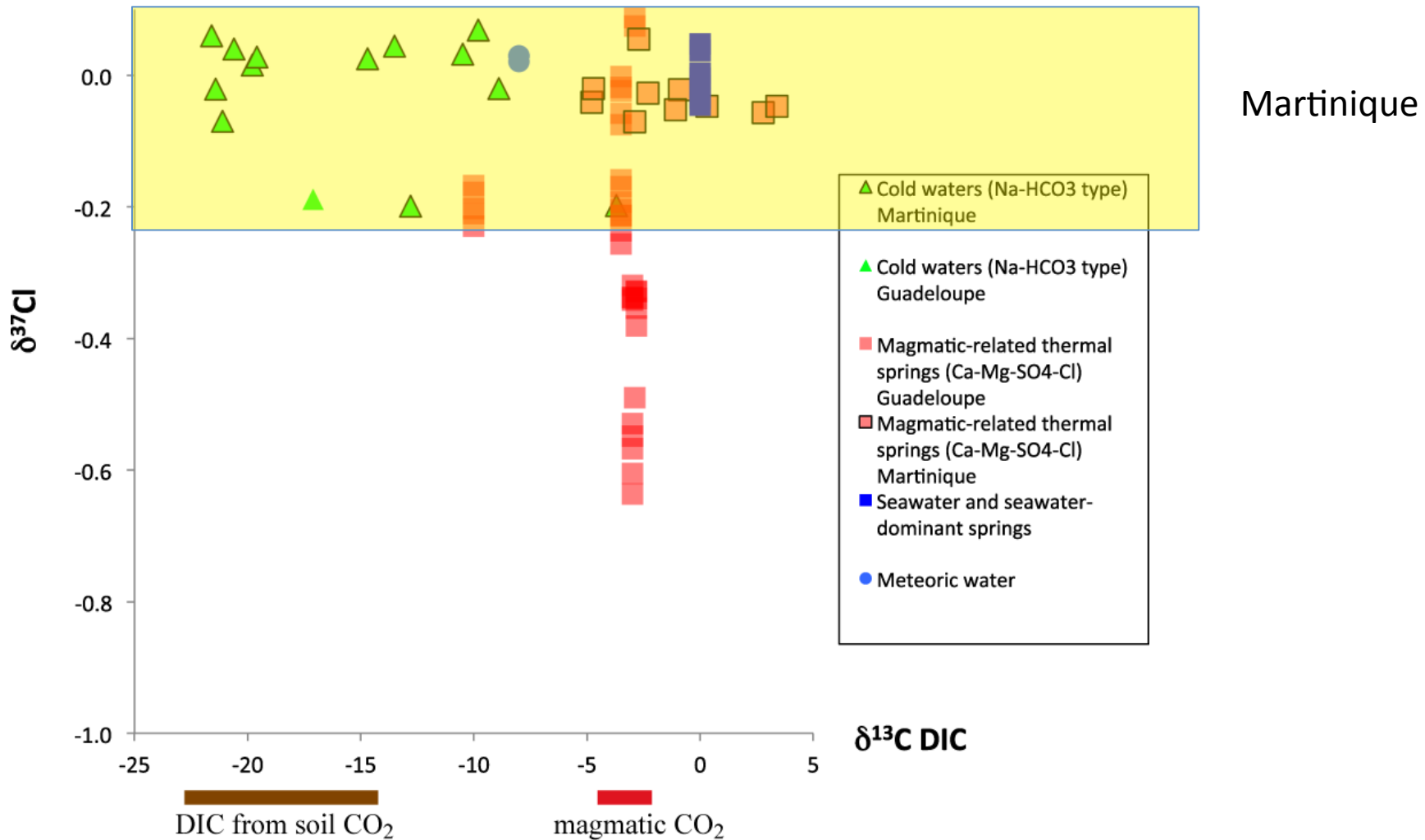


Martinique  
Et  
Guadeloupe



Chlore magmatique :  $\delta^{37}\text{Cl} < -0.2 \text{ ‰}$

Chlore de « surface » :  $\delta^{37}\text{Cl} \geq -0.2 \text{ ‰}$

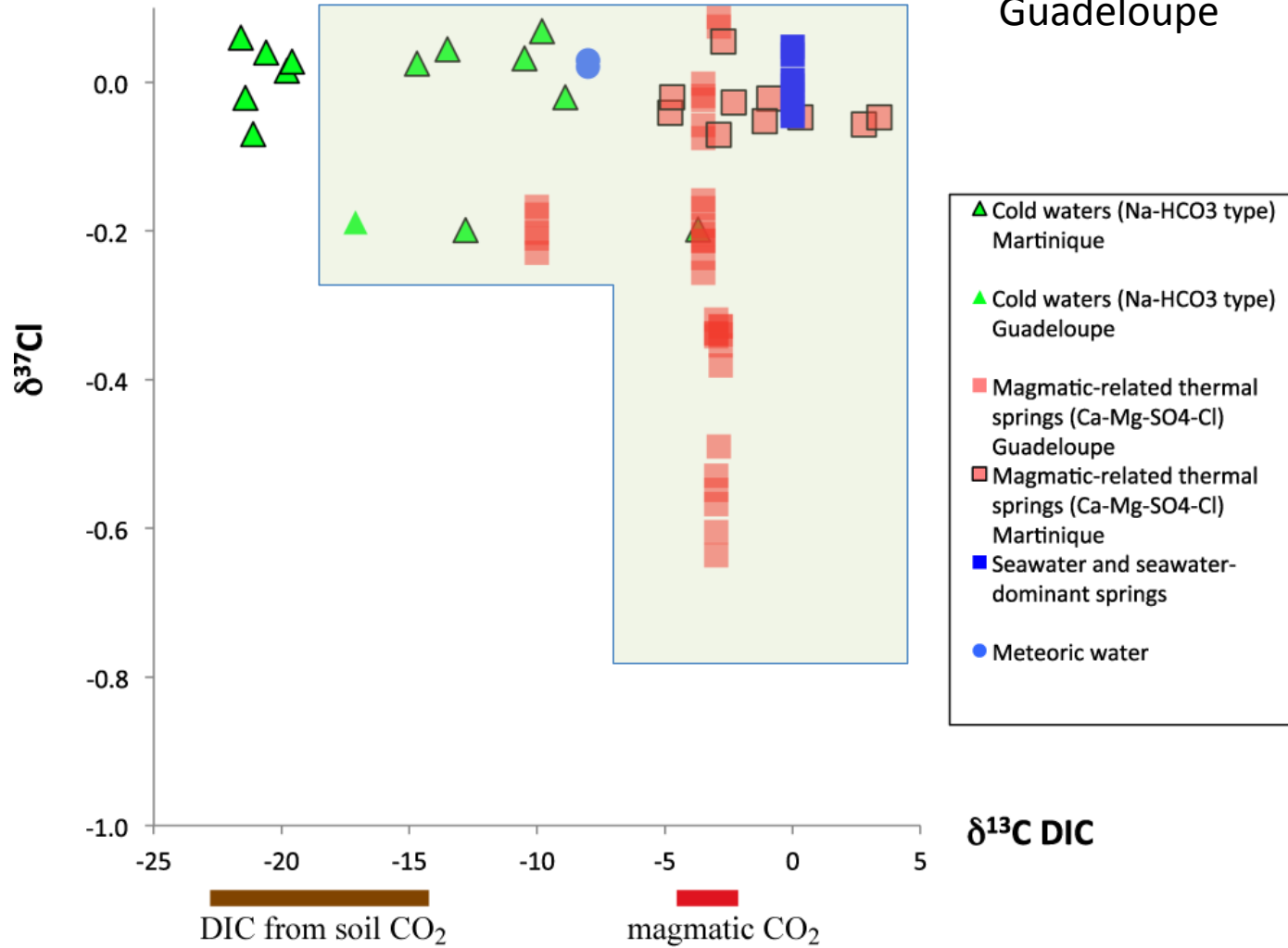


Chlore magmatique :  $\delta^{37}\text{Cl} < -0.2 \text{ ‰}$

Chlore de « surface » :  $\delta^{37}\text{Cl} \geq -0.2 \text{ ‰}$

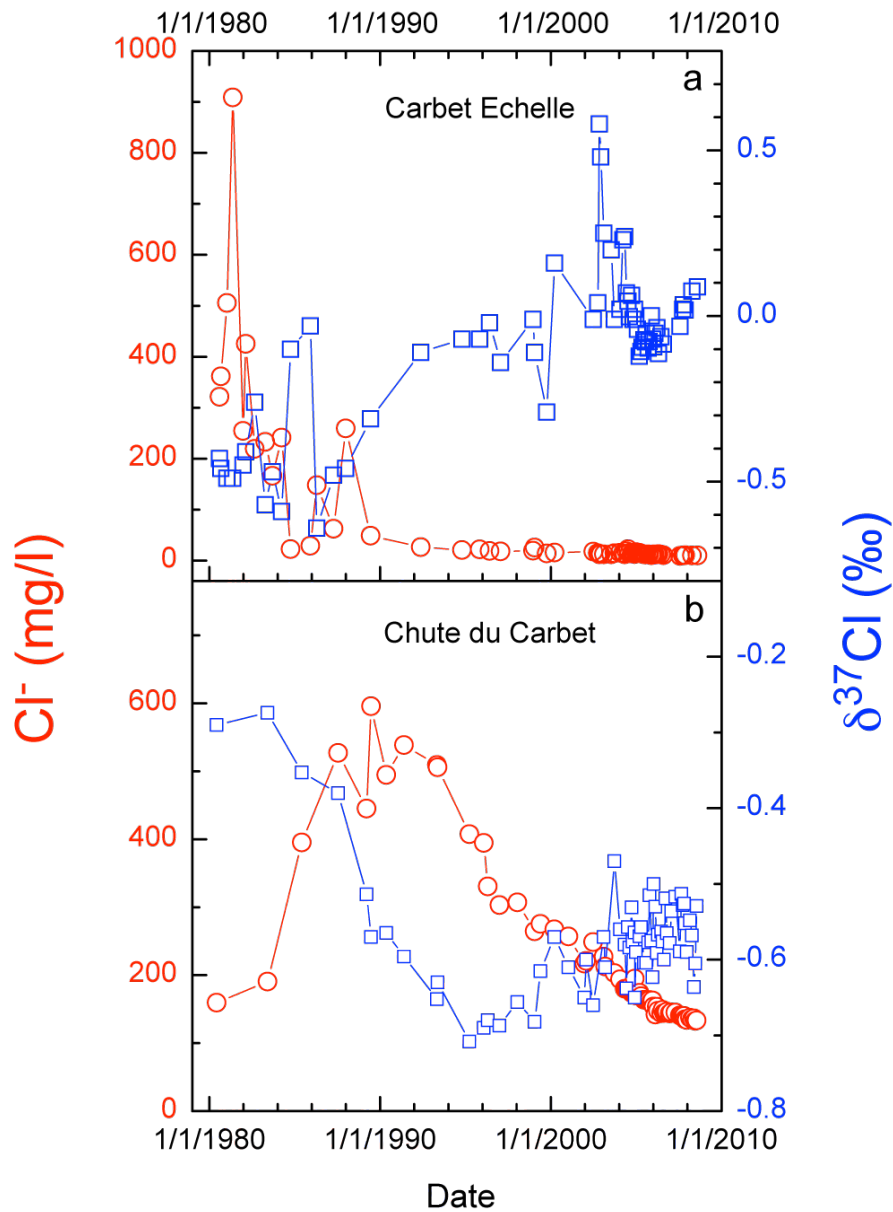


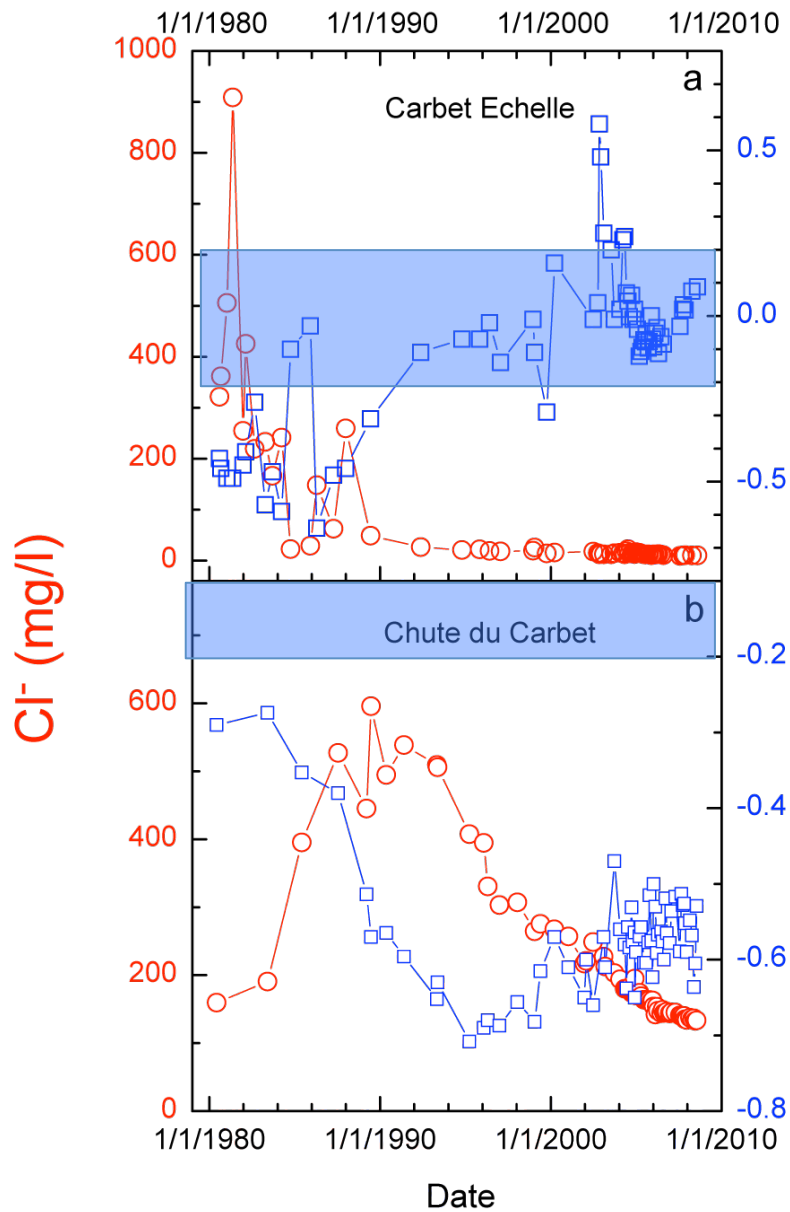
# Guadeloupe



Chlore magmatique :  $\delta^{37}\text{Cl} < -0.2$  ‰

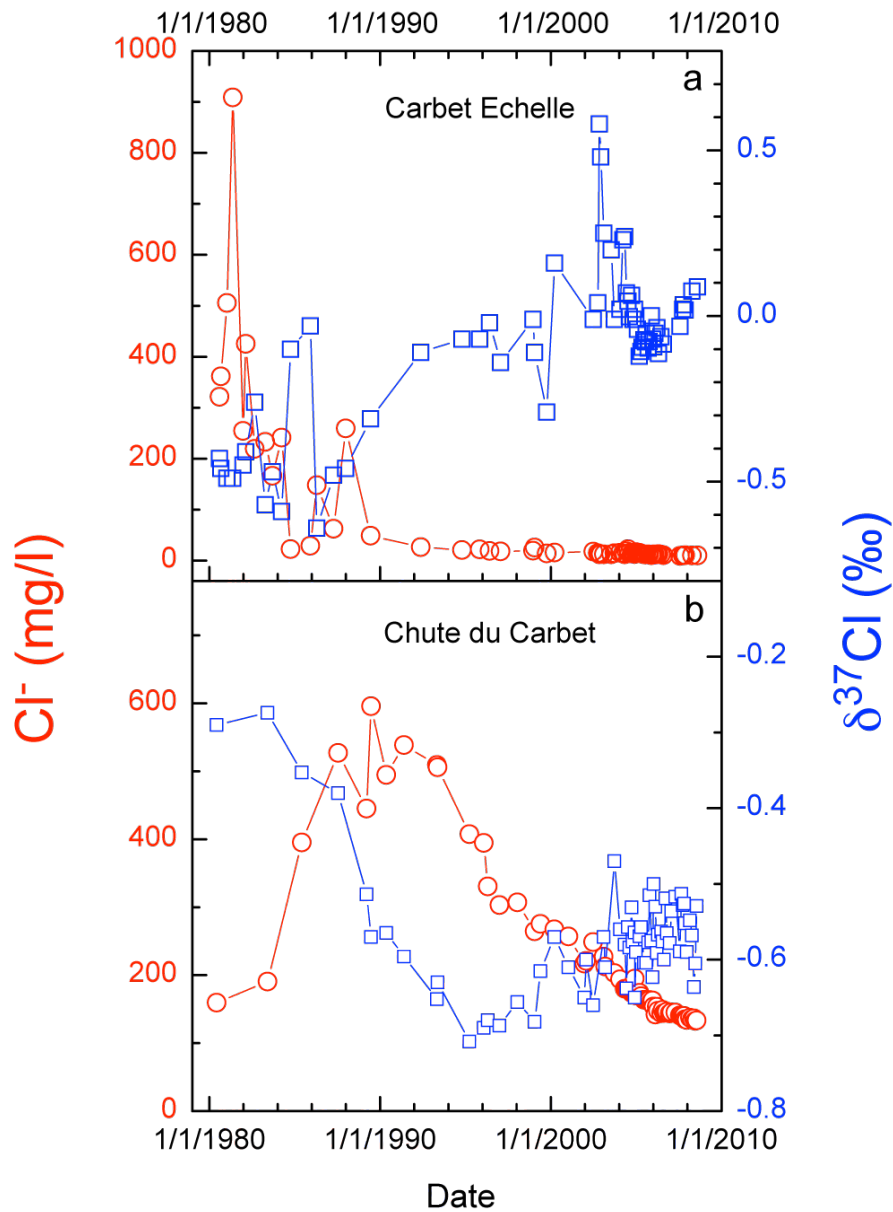
Chlore de « surface » :  $\delta^{37}\text{Cl} \geq -0.2$  ‰





CE : plus de Cl magmatique

CC : toujours du chlore magmatique



- Montagne Pelée :  $\delta^{37}\text{Cl} \geq -0.2 \text{ ‰}$
- Soufrière :  $\delta^{37}\text{Cl} < -0.2 \text{ ‰}$

Temps de résidence du chlore court

- 80 ans plus de Cl magmatique
- 35 ans tjrs du Cl magmatique



