



**HAL**  
open science

# Le contexte hydrogéologique de la Sainte Baume et de la plaine de Gémenos – Aubagne ; Signature de l'eau souterraine par les isotopes stables

Bruno Arfib

► **To cite this version:**

Bruno Arfib. Le contexte hydrogéologique de la Sainte Baume et de la plaine de Gémenos – Aubagne ; Signature de l'eau souterraine par les isotopes stables. 1ère réunion de la commission ressource en eau pour le PTGE “ Huveaune-Affluents-Aquifères liés ”, EPAGE HuCA, Dec 2023, Gémenos, France. hal-04328834

**HAL Id: hal-04328834**

**<https://hal.science/hal-04328834>**

Submitted on 7 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## *Portrait de territoire*

# **Le contexte hydrogéologique de la Sainte Baume et de la plaine de Gémenos – Aubagne**

*Signature de l'eau souterraine par les isotopes stables*

**Bruno ARFIB**

Maître de conférences

arfib@cerege.fr

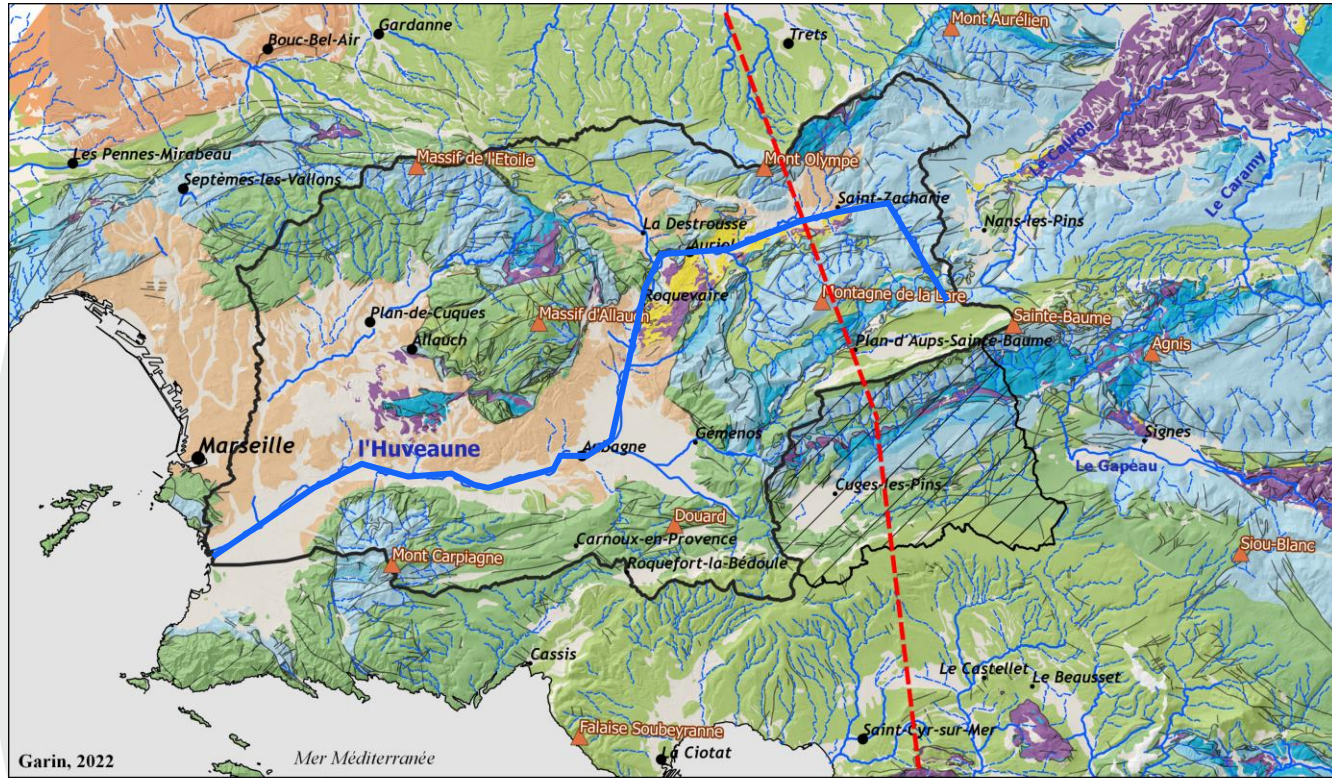
[www.karsteau.fr](http://www.karsteau.fr)

**Projet de Territoire pour la Gestion des ressources en Eau (PTGE)  
«Huveaune-Affluents-Aquifères liés»**

6 décembre 2023, Gémenos

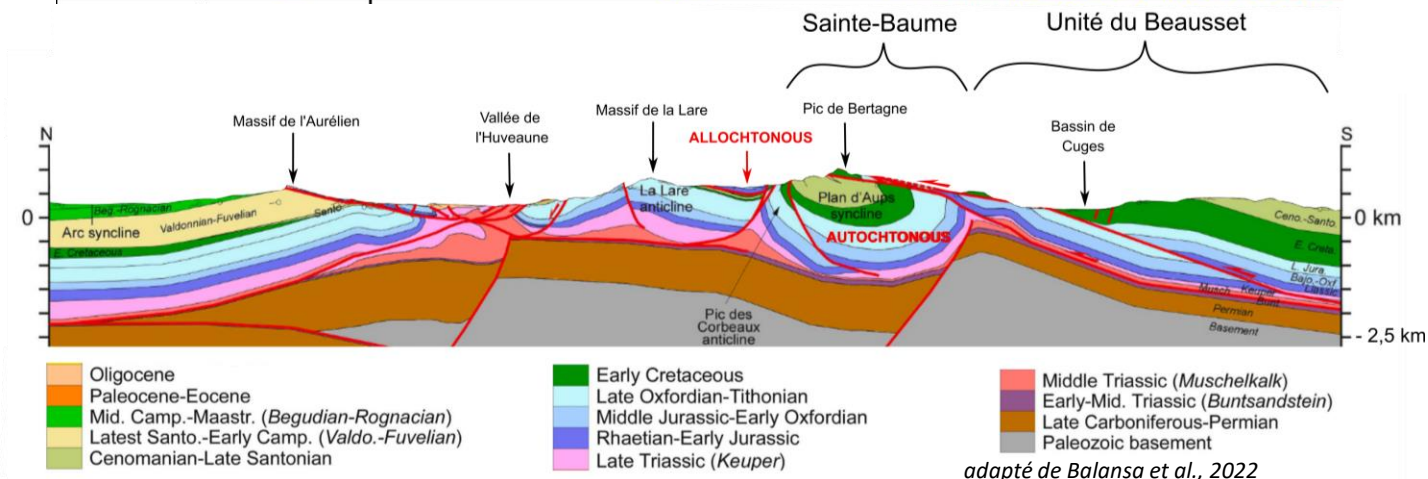


# Contexte géologique



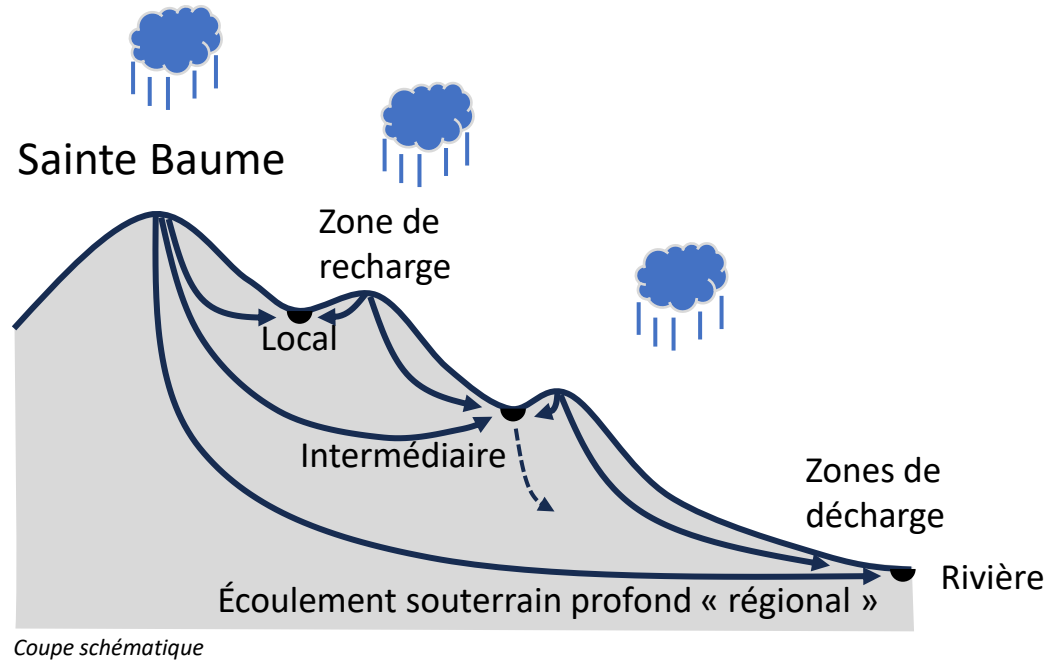
- Bassin versant topographique de l'Huveaune (>500 km<sup>2</sup>)
- Formations calcaires et dolomitiques du Crétacé et Jurassique → Karst
- Grandes structures de chevauchement d'orientation est-ouest (décollement sur le gypse du Trias)

→ Un contexte géologique favorable à la mise en place d'écoulements d'eau souterraine « locaux » (ou superficiels) et profonds (appelés aussi « régionaux » bien qu'ils soient limités à la zone entre la mer et la Sainte Baume)



# Les masses d'eau et les écoulements

## Schéma général

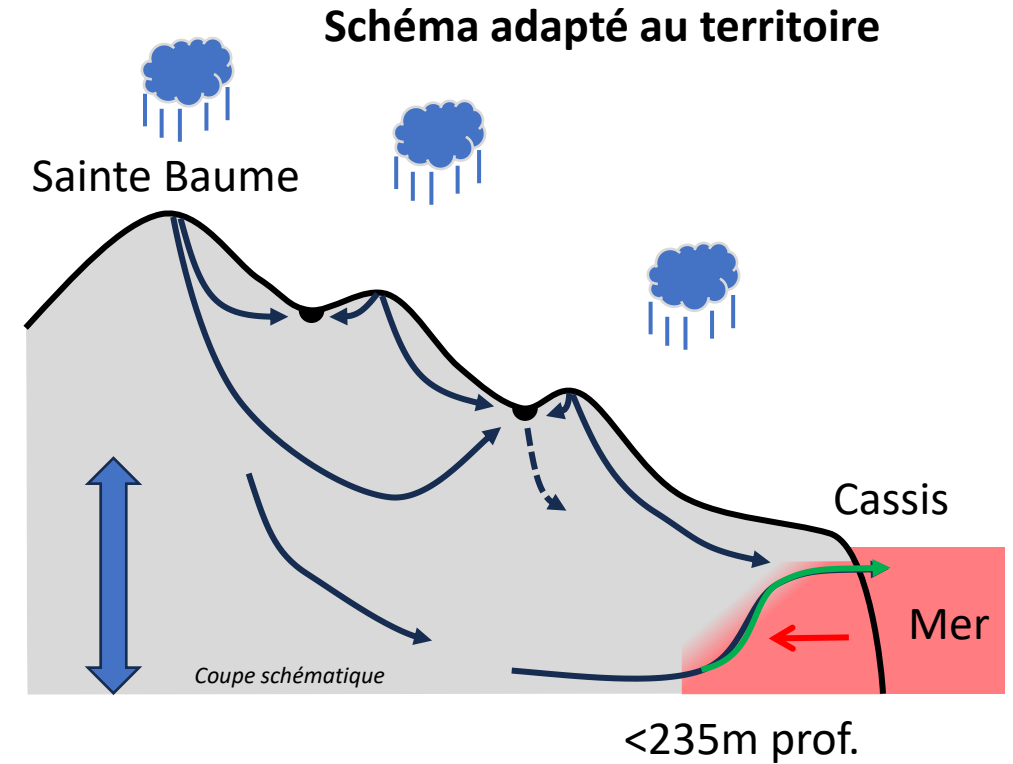
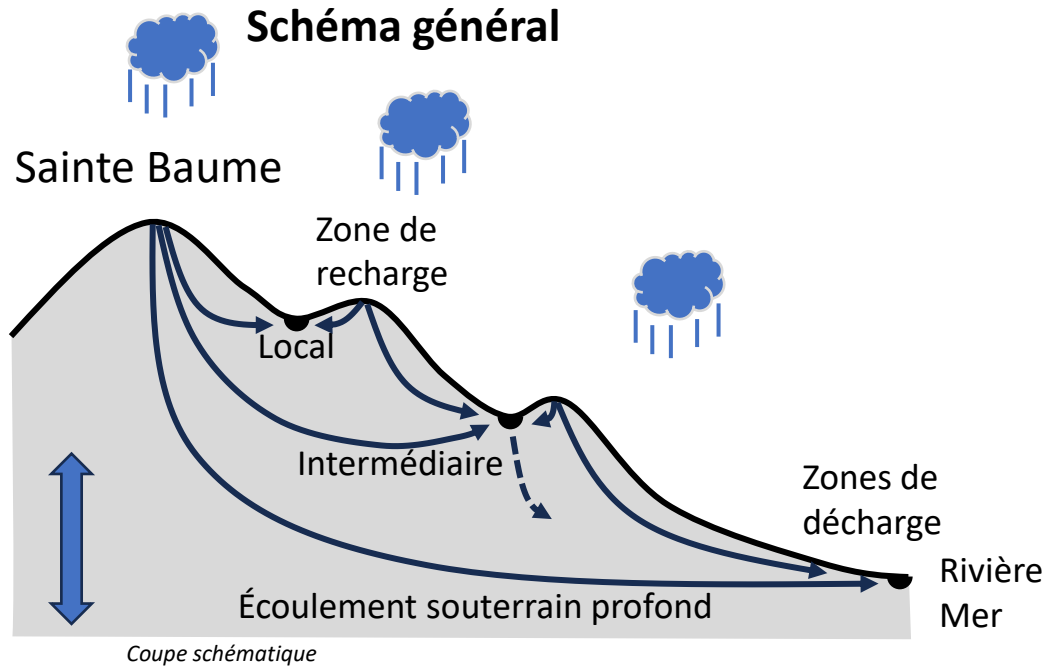


Écoulement local (ou superficiel) ↔ Écoulement profond (ou « régional »)

☹️ Moins d'eau dans les écoulements de surface locaux. Déficit d'un bassin versant (et excédent d'un autre).

😊 Une configuration qui permet de capter l'eau souterraine sur l'écoulement régional pour limiter l'impact sur les écoulements de surface locaux

# Les masses d'eau et les écoulements

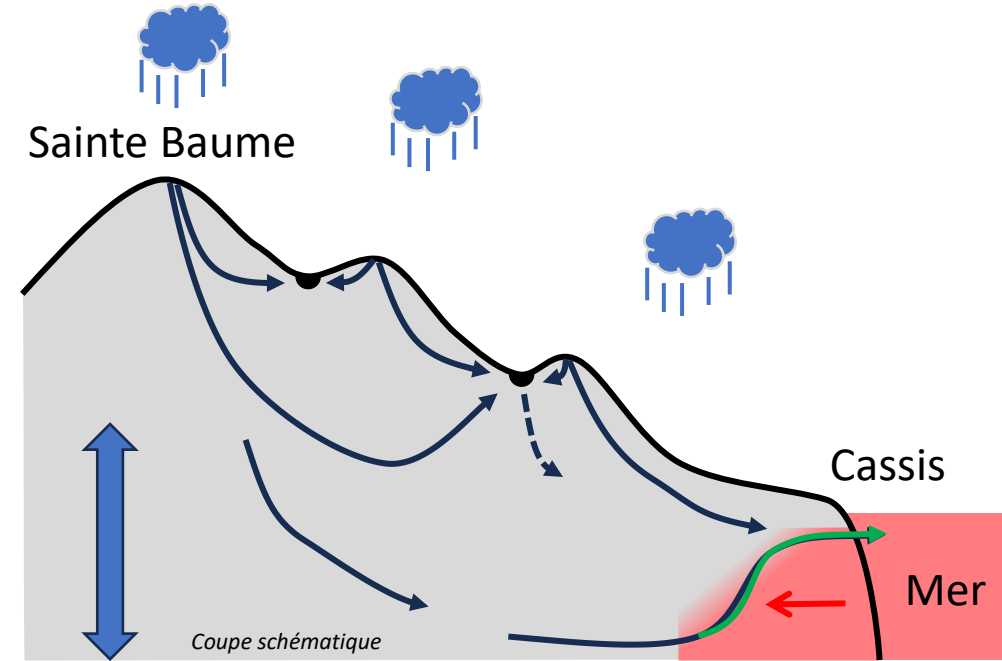
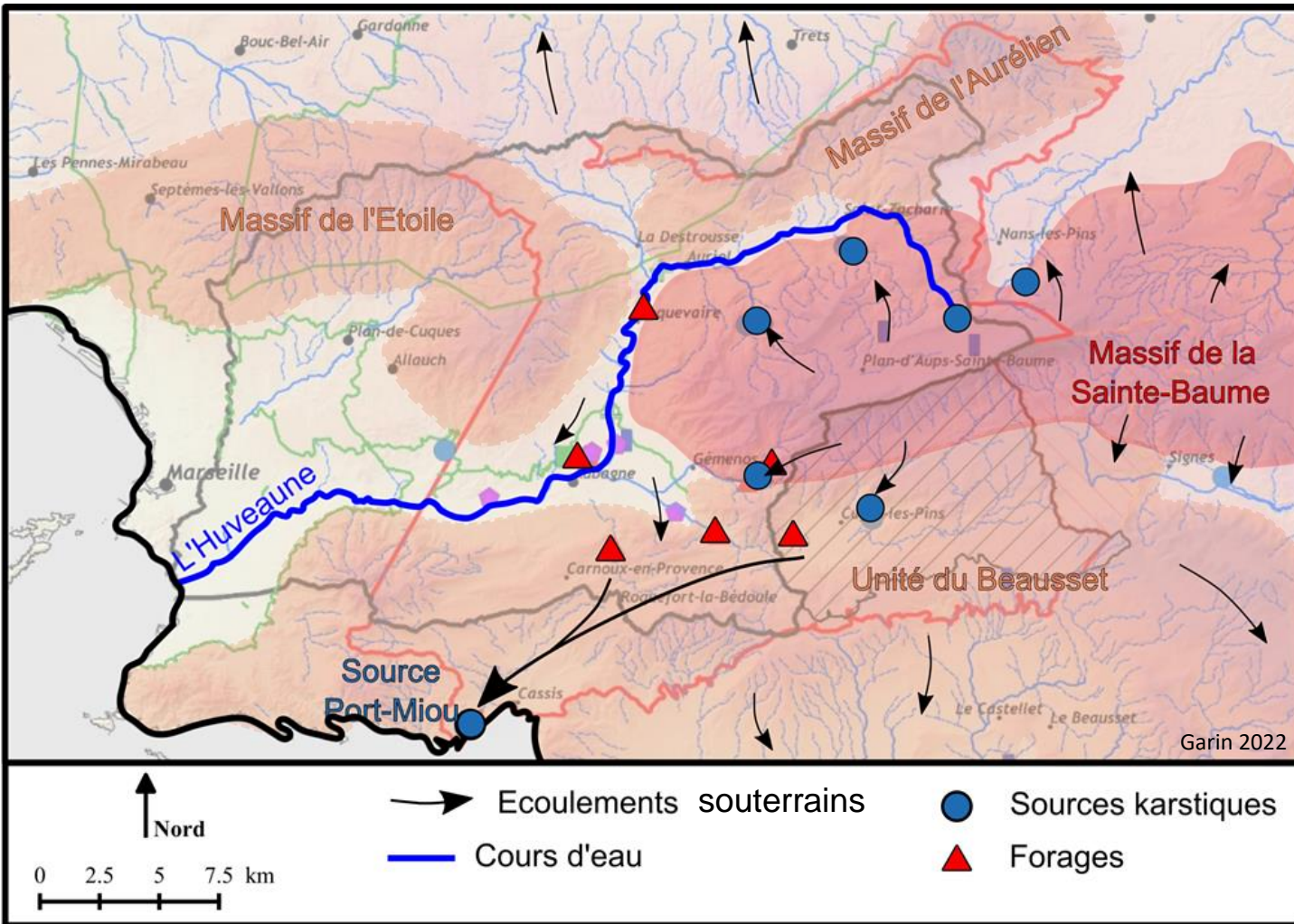


Intrusion saline en profondeur



Zone saturée épaisse formant une grande réserve en eau dans les terres

# 2 bassins versants superposés !

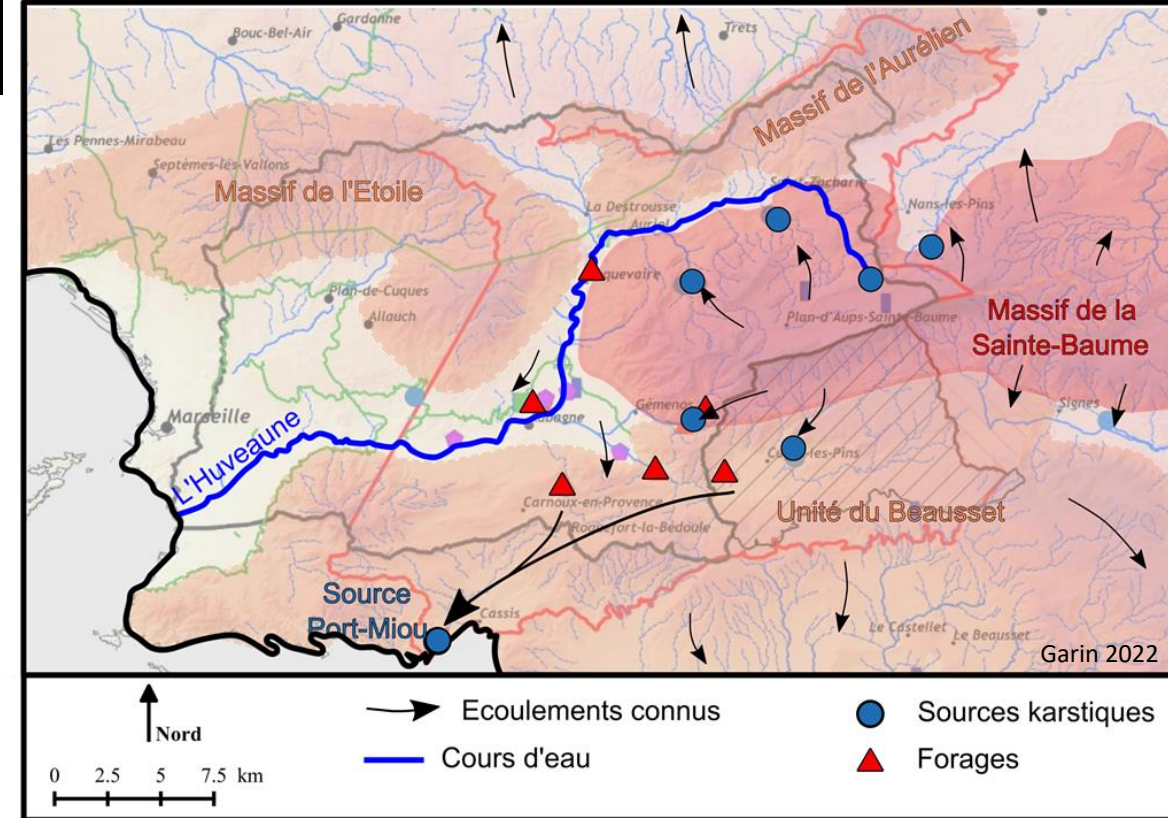
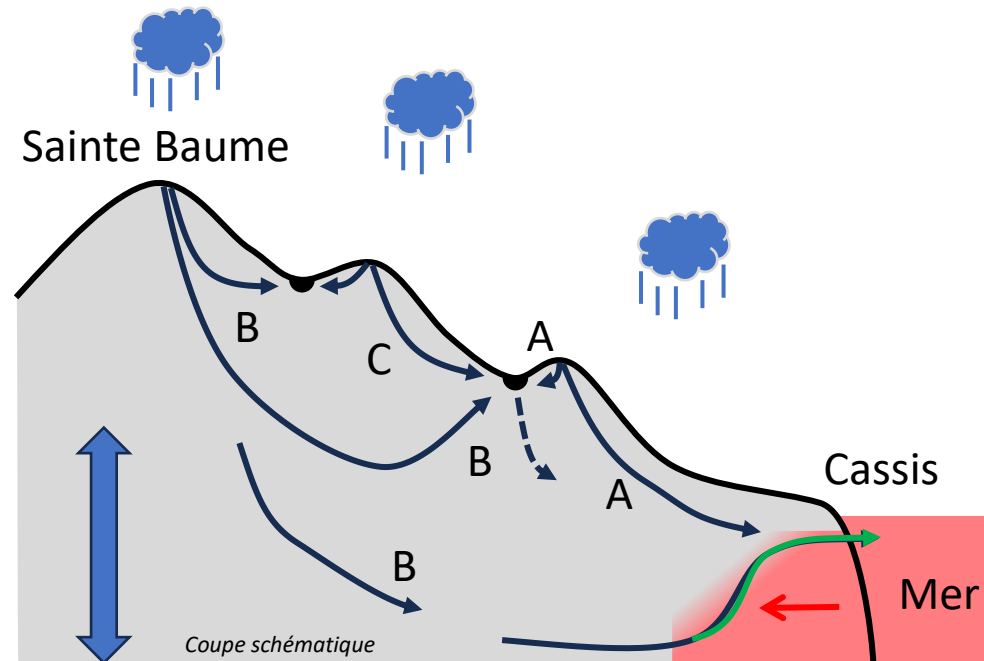


***Nous sommes à la fois dans le bassin versant de l'Huveaune et dans le bassin versant hydrogéologique des sources de Cassis!***

- Limites du bassin versant topographique de l'Huveaune
- Limites du bassin versant hydrogéologique de Port-Miou (sources de Cassis)

# Comment différencier les masses d'eau?

Suivi des masses d'eau dans les rivières, sources et forages



## 4 grands types d'eau

Écoulement local (superficiel)

Écoulement régional profond (Sainte Baume)

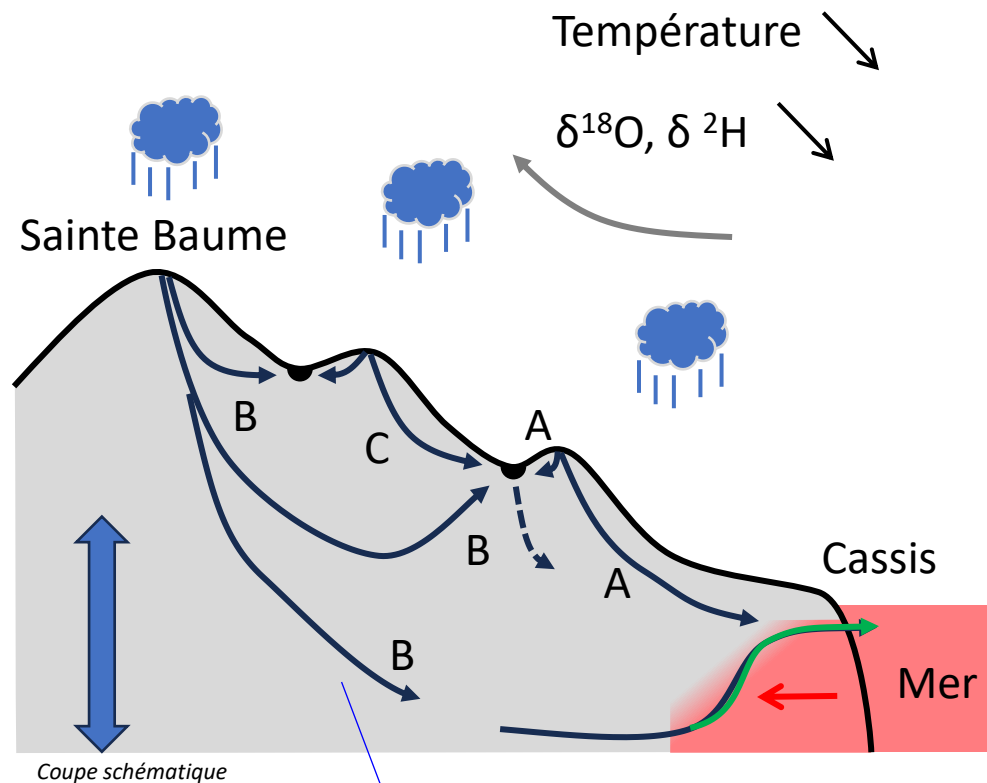
Canal de Marseille et de Provence

Eau de mer

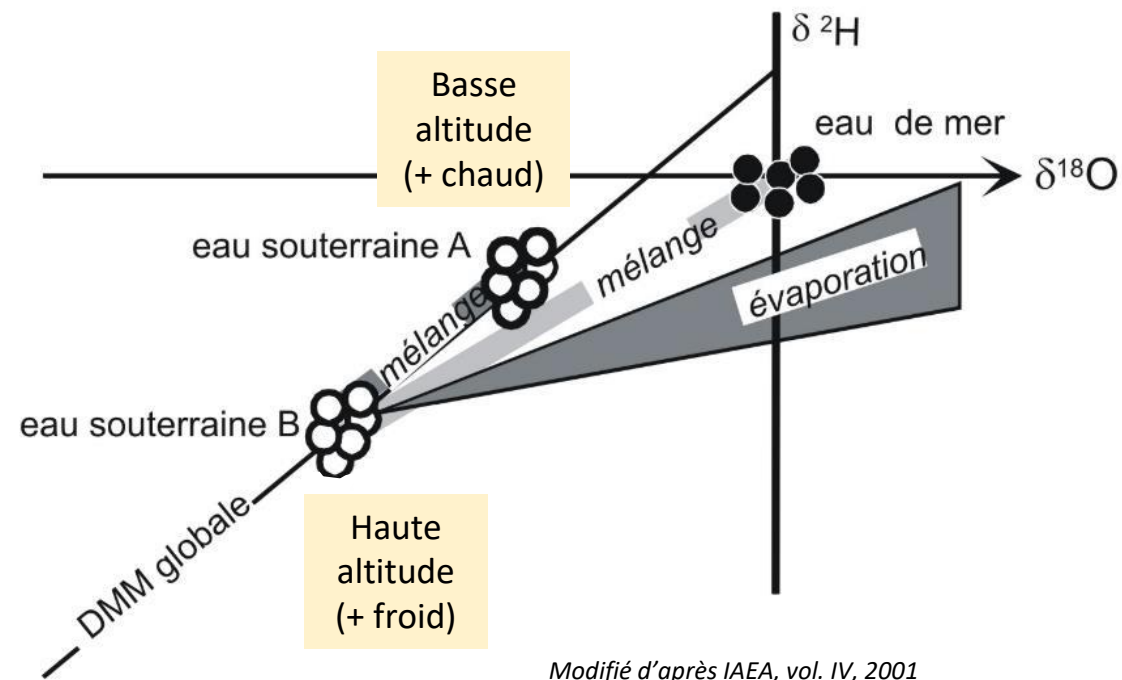
# Comment différencier les masses d'eau? Exemple de la signature géochimique

Méthode d'hydrochimie utilisant les isotopes stables de l'eau ( $H_2O$ )

Oxygène 18 :  $\delta^{18}O$   
Deutérium :  $\delta^2H$



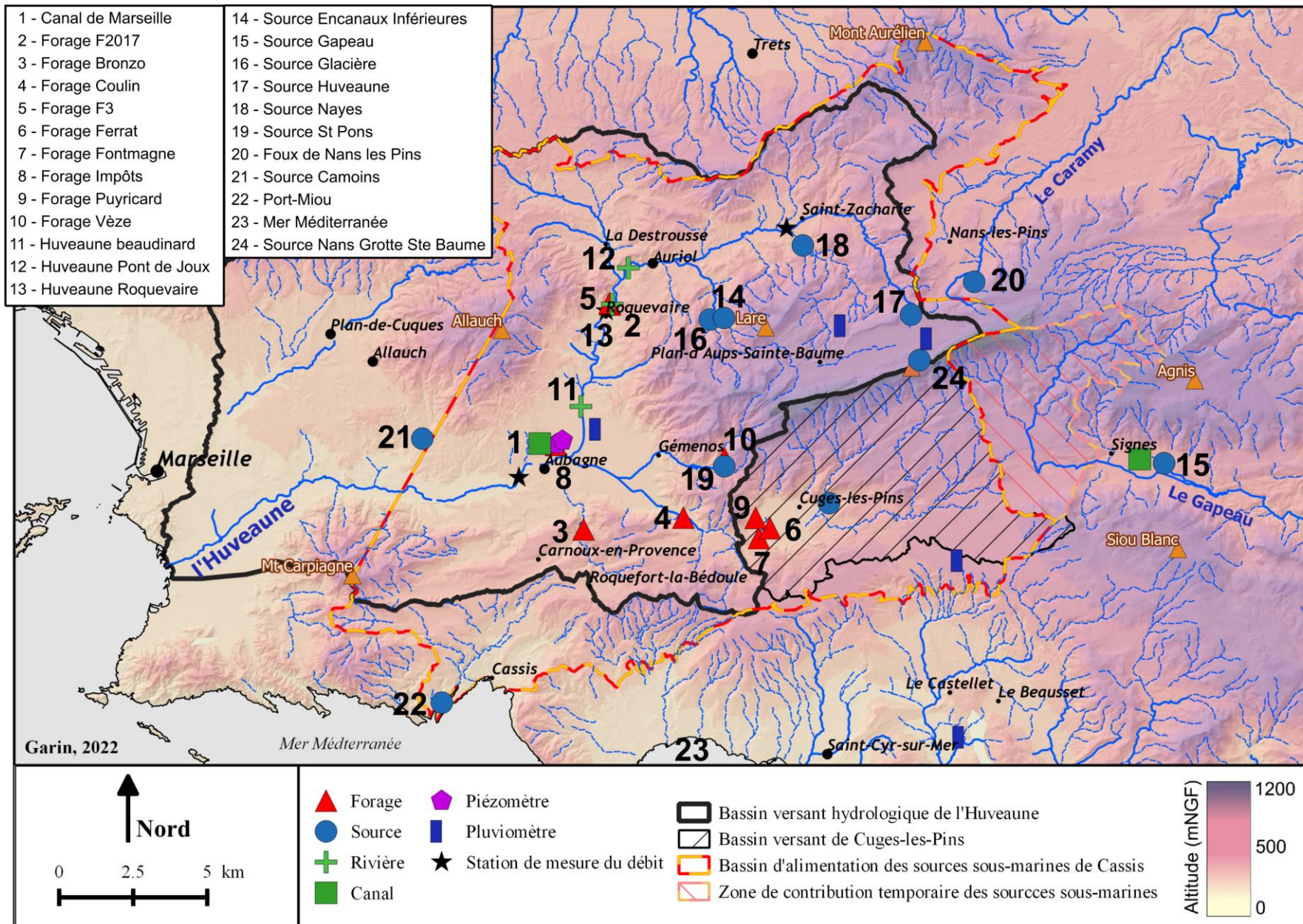
L'écoulement souterrain profond (=eau régionale, rechargée en altitude dans la Sainte-Baume) se distingue de l'eau rechargée à basse altitude



Modifié d'après IAEA, vol. IV, 2001



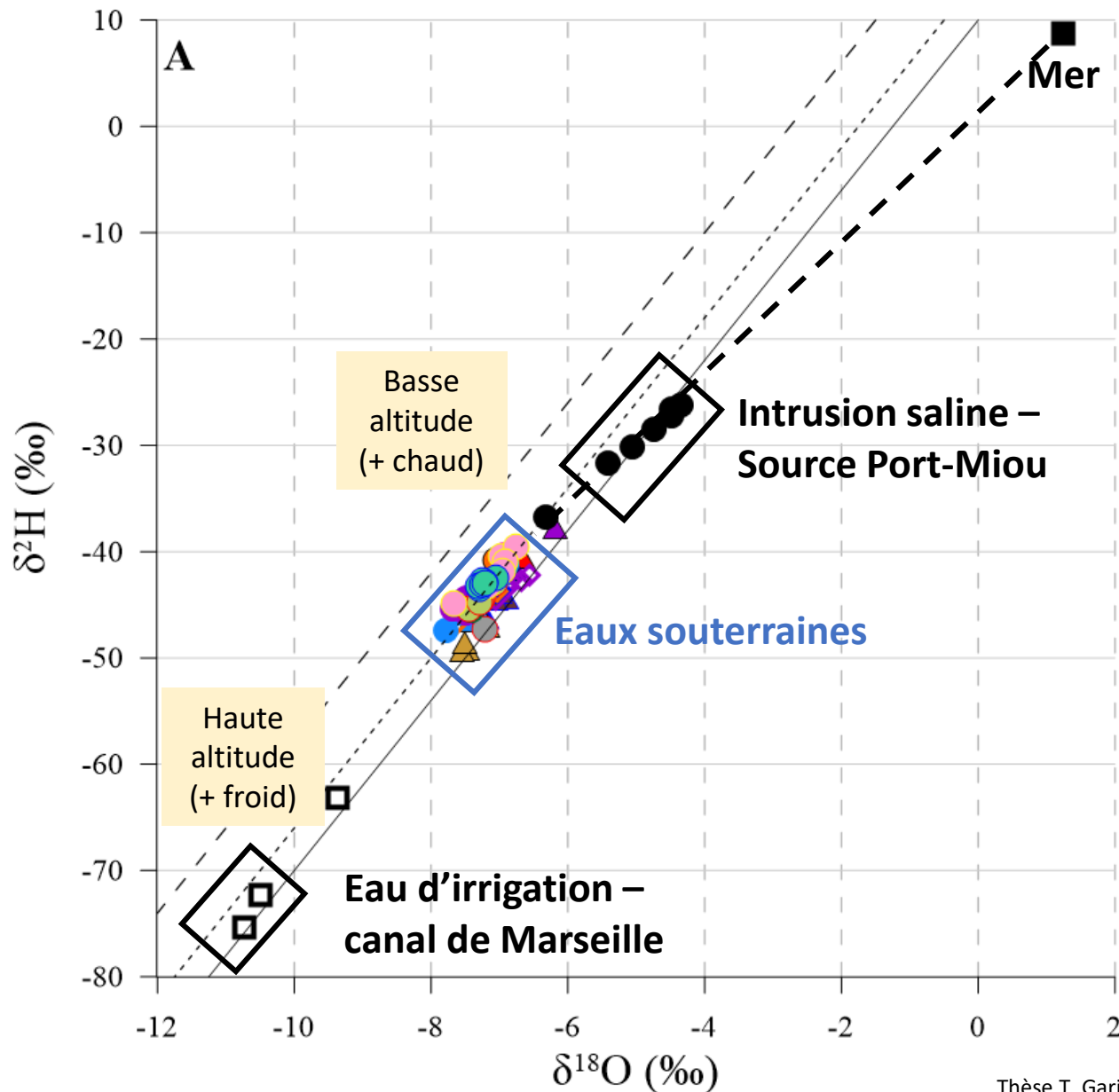
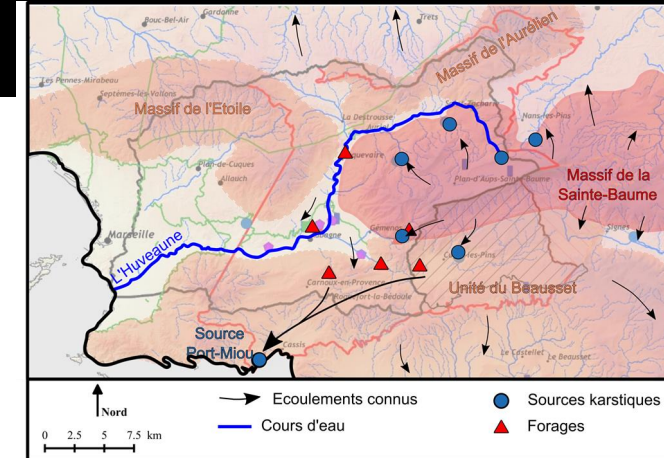
# Suivi spatio-temporel 2019-2021 (projet Karst-Huveaune 2018-2023)



## 24 points de prélèvements

- 10 sources
- 9 forages
- 3 points sur l'Huveaune
- 1 sur le canal de Marseille
- 1 Mer

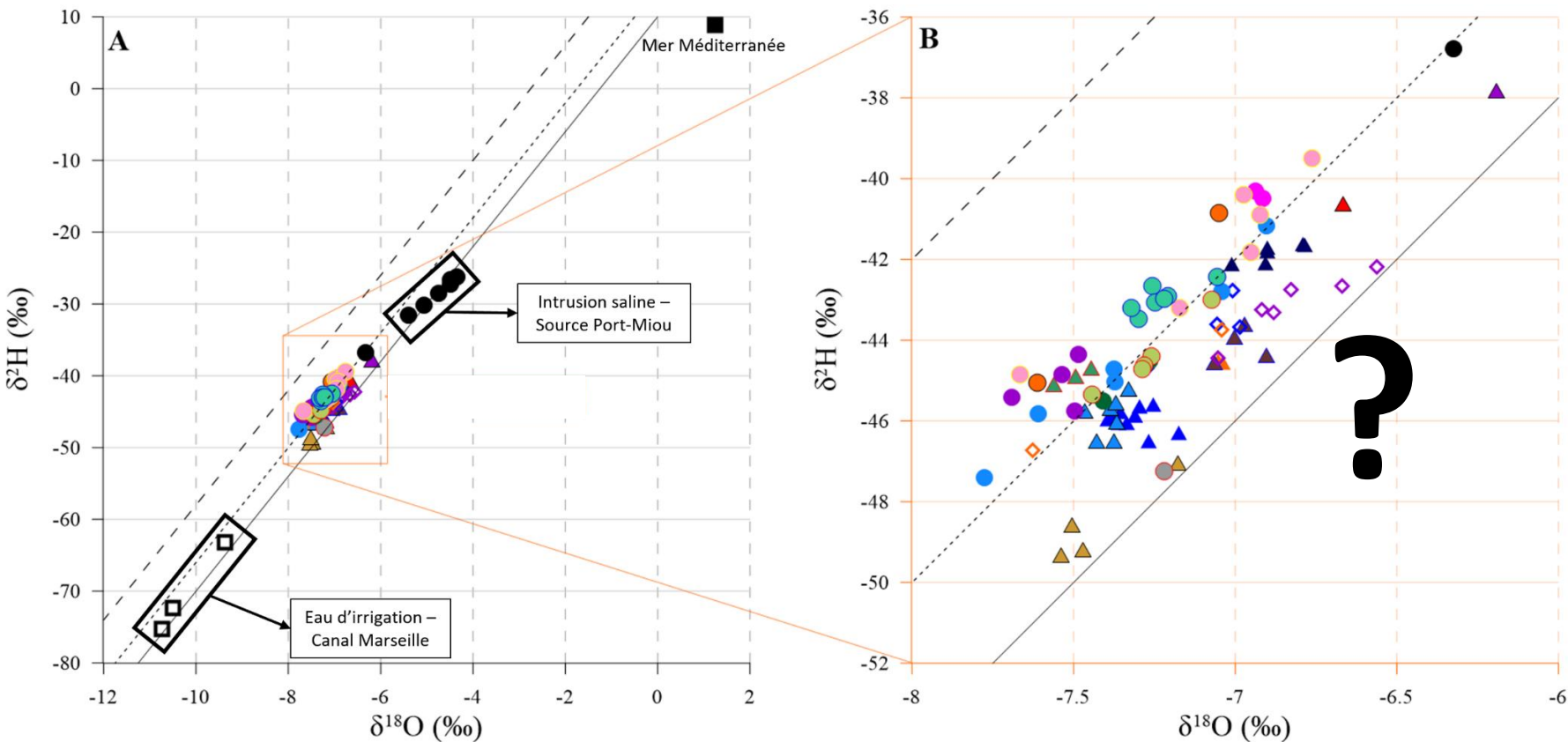
# Identification des masses d'eau par les isotopes stables de l'eau



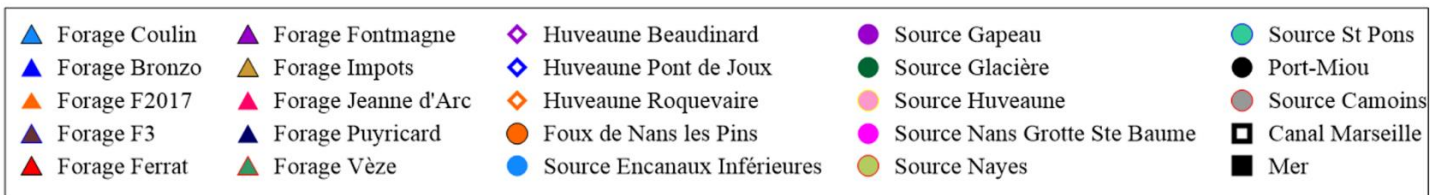
- Eau des Alpes (transport par les canaux)
- Intrusion saline (karst de Port-Miou)
- Variabilité dans les eaux souterraines = eau de pluie rechargée à des altitudes plus ou moins hautes, et à des saisons différentes.

▲ Forage Coulin	▲ Forage Fontmagne	◇ Huveaune Beaudinard	● Source Gapeau	● Source St Pons
▲ Forage Bronzo	▲ Forage Impots	◇ Huveaune Pont de Joux	● Source Glacière	● Port-Miou
▲ Forage F2017	▲ Forage Jeanne d'Arc	◇ Huveaune Roquevaire	● Source Huveaune	● Source Camoins
▲ Forage F3	▲ Forage Puyricard	● Foux de Nans les Pins	● Source Nans Grotte Ste Baume	■ Canal Marseille
▲ Forage Ferrat	▲ Forage Vèze	● Source Encanaux Inférieures	● Source Nayes	■ Mer

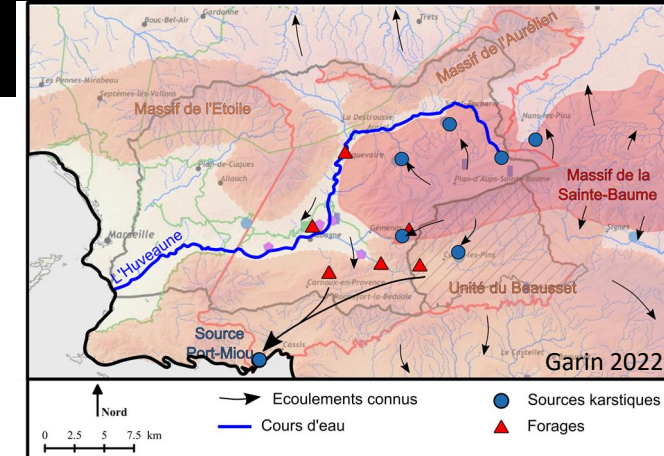
# Identification des masses d'eau par les isotopes stables de l'eau



Thèse T. Garin 2022



— Droite météorique mondiale (GMWL)  $\delta^2\text{H} = 8 * \delta^{18}\text{O} + 10$     - - - Droite météorique de la Méditerranée Occidentale  $\delta^2\text{H} = 8 * \delta^{18}\text{O} + 14$     - - - Droite météorique de la Méditerranée Orientale  $\delta^2\text{H} = 8 * \delta^{18}\text{O} + 22$

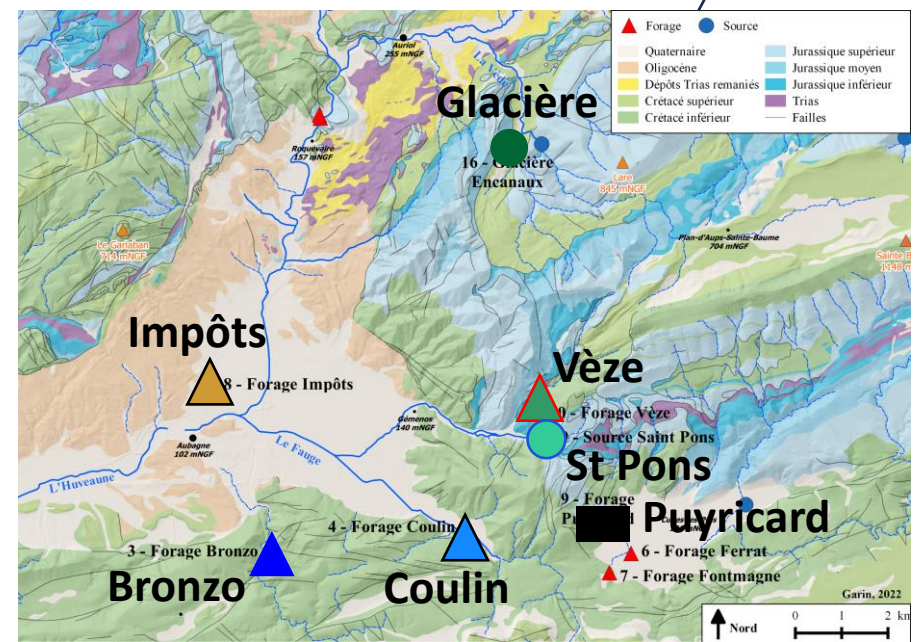
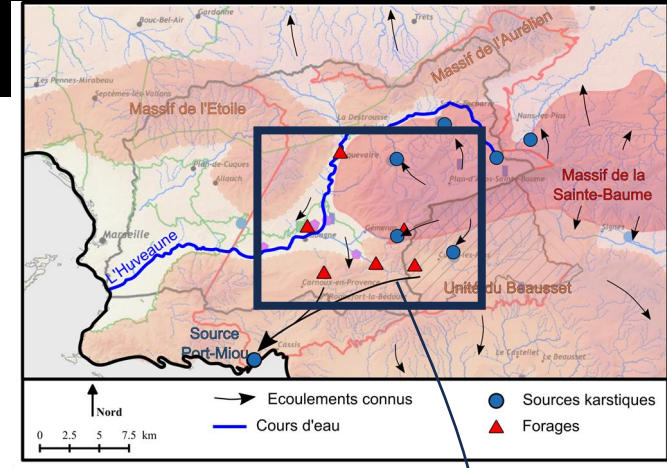
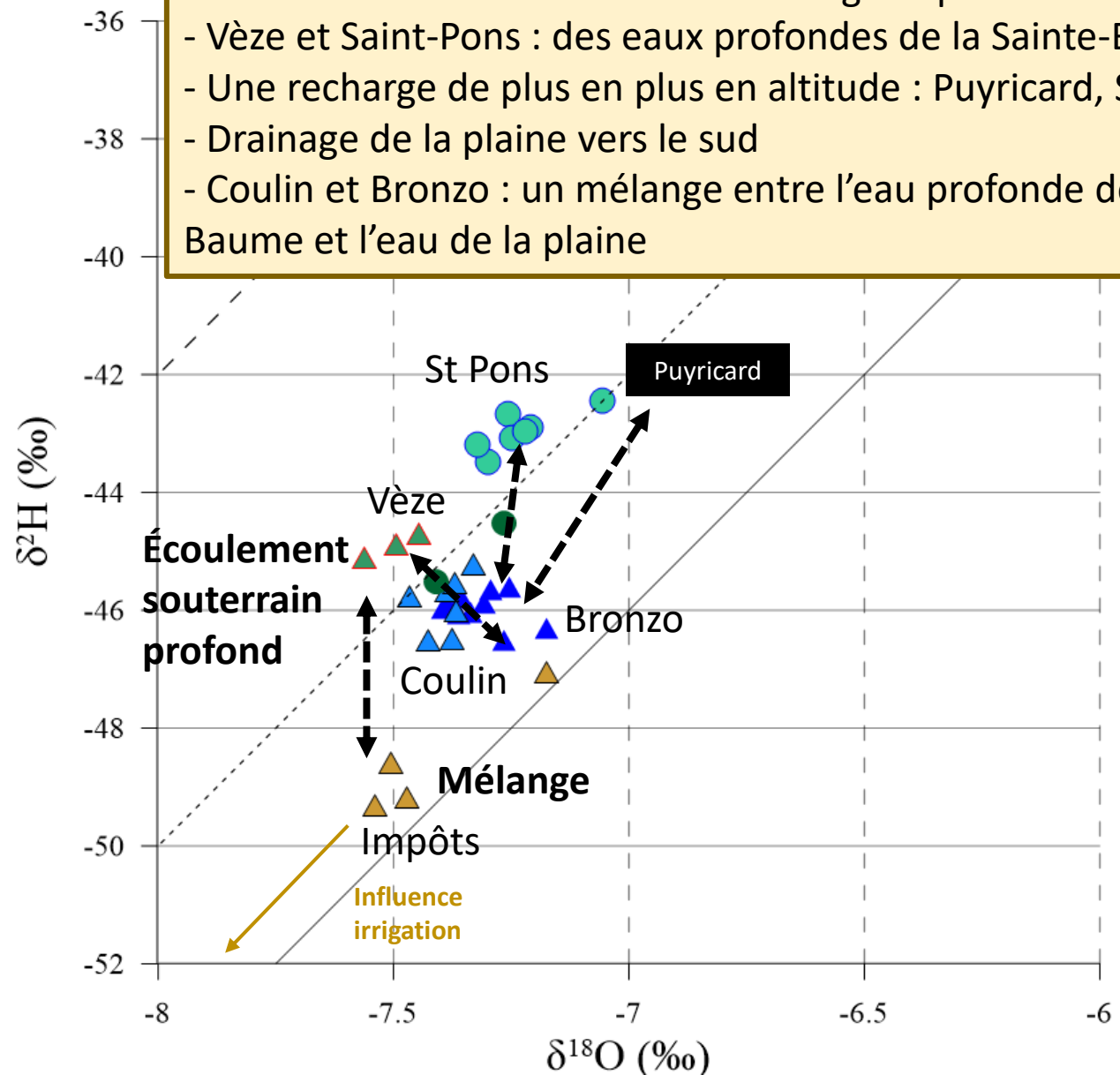


- Influence de l'eau des canaux?

- Zones de recharge → écoulement local ou régional?

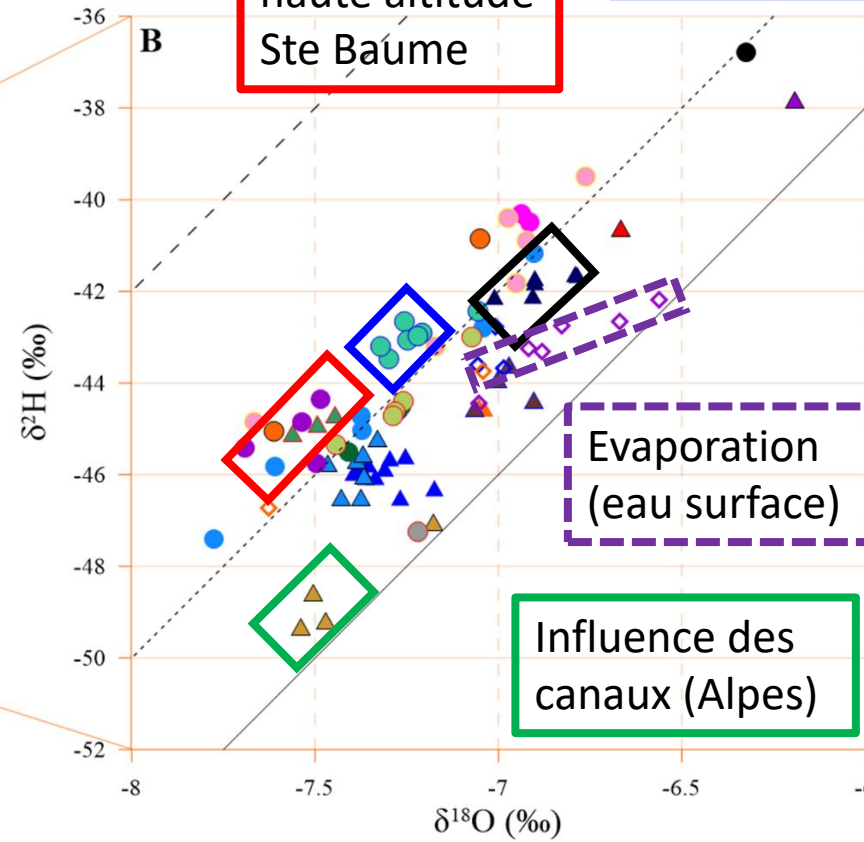
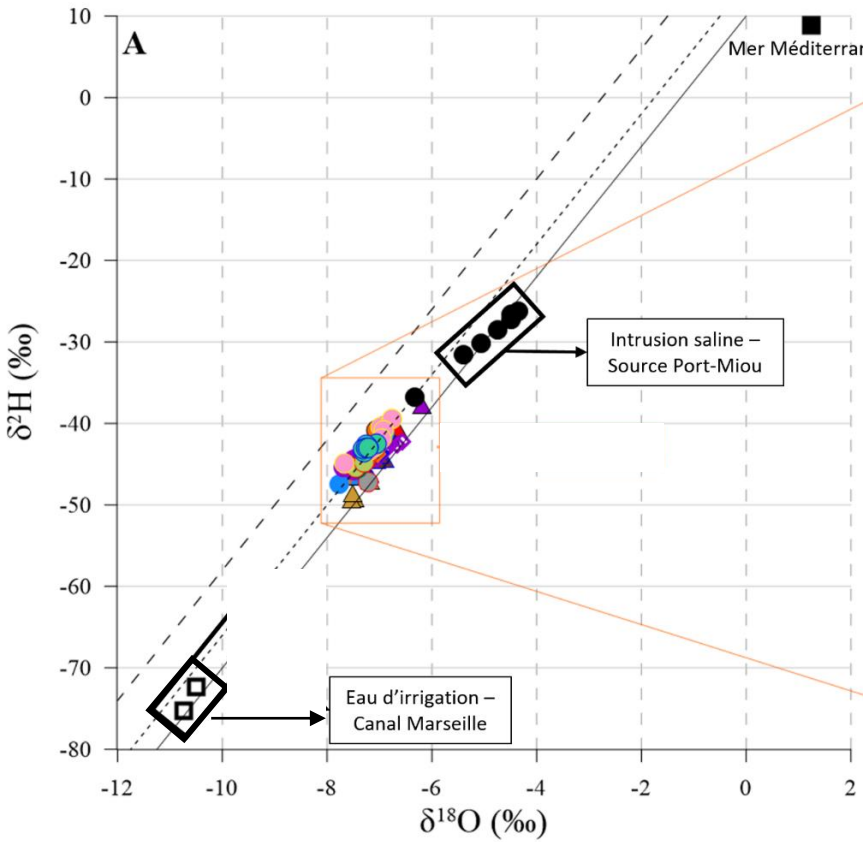
# Identification des masses d'eau par les isotopes stables de l'eau

- Influence de l'eau des canaux au forage Impôts
- Vèze et Saint-Pons : des eaux profondes de la Sainte-Baume
- Une recharge de plus en plus en altitude : Puyricard, St Pons, Vèze
- Drainage de la plaine vers le sud
- Coulin et Bronzo : un mélange entre l'eau profonde de la Sainte Baume et l'eau de la plaine

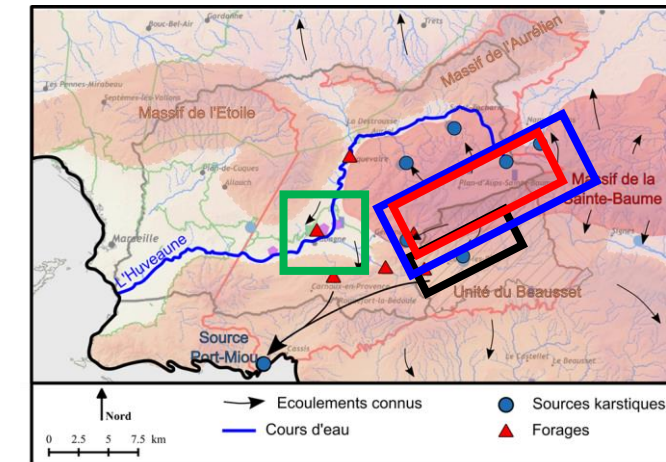


# Outil de classification régionale des masses d'eau douce par les isotopes stables de l'eau

## Un nouvel outil pour le territoire



+ points à signal variable :  
transfert rapide de la pluie



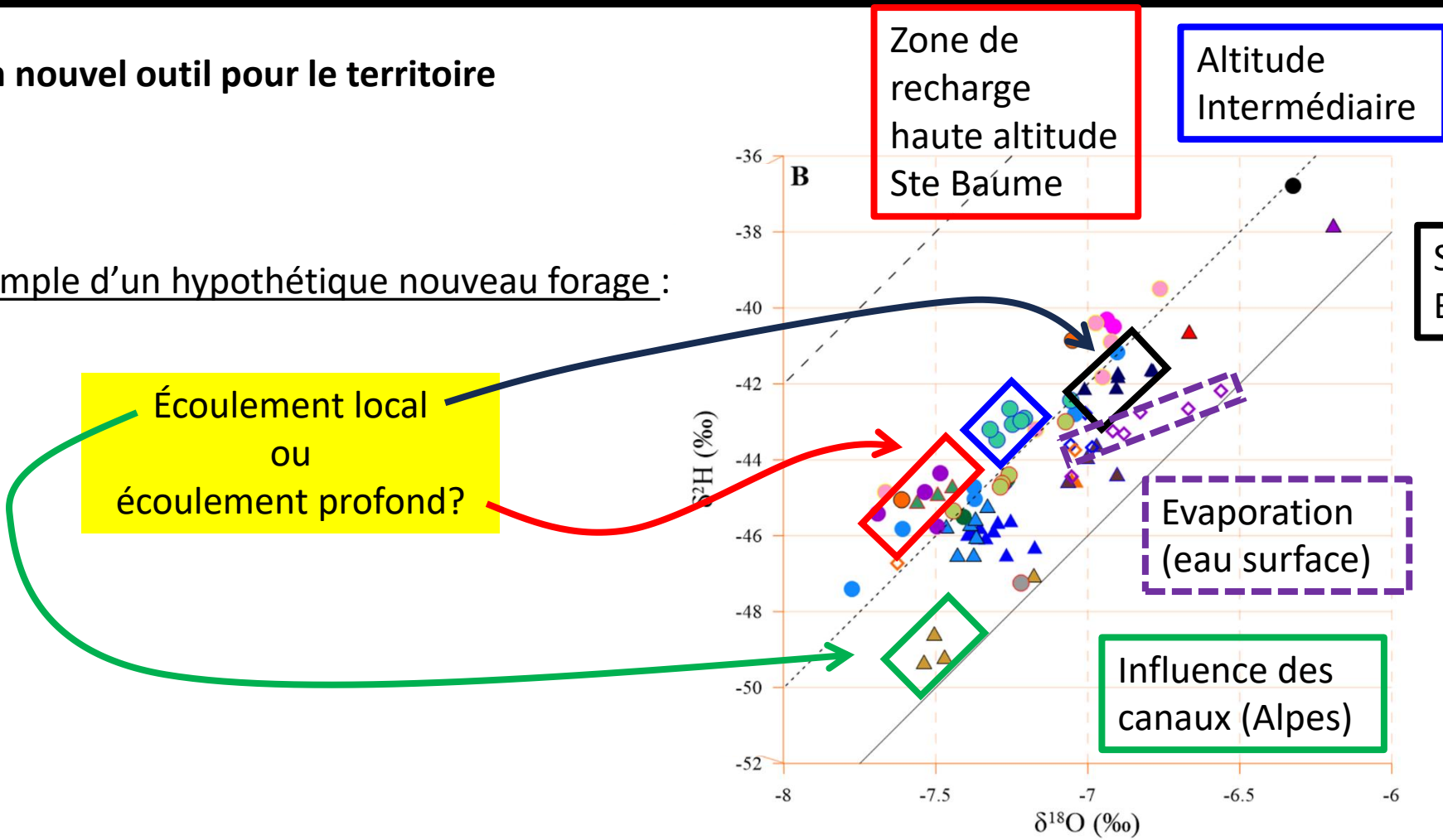
- |                 |                       |                               |                                |                   |
|-----------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| ▲ Forage Coulin | ▲ Forage Fontmagne    | ◇ Huveaune Beaudinard         | ● Source Gapeau                | ● Source St Pons  |
| ▲ Forage Bronzo | ▲ Forage Impots       | ◇ Huveaune Pont de Joux       | ● Source Glacière              | ● Port-Miou       |
| ▲ Forage F2017  | ▲ Forage Jeanne d'Arc | ◇ Huveaune Roquevaire         | ● Source Huveaune              | ● Source Camoins  |
| ▲ Forage F3     | ▲ Forage Puyricard    | ● Foux de Nans les Pins       | ● Source Nans Grotte Ste Baume | ■ Canal Marseille |
| ▲ Forage Ferrat | ▲ Forage Vèze         | ● Source Encanaux Inférieures | ● Source Naves                 | ■ Mer             |

— Droite météorique mondiale (GMWL)  $\delta^2\text{H} = 8 * \delta^{18}\text{O} + 10$     - - - Droite météorique de la Méditerranée Occidentale  $\delta^2\text{H} = 8 * \delta^{18}\text{O} + 14$     ····· Droite météorique de la Méditerranée Orientale  $\delta^2\text{H} = 8 * \delta^{18}\text{O} + 22$

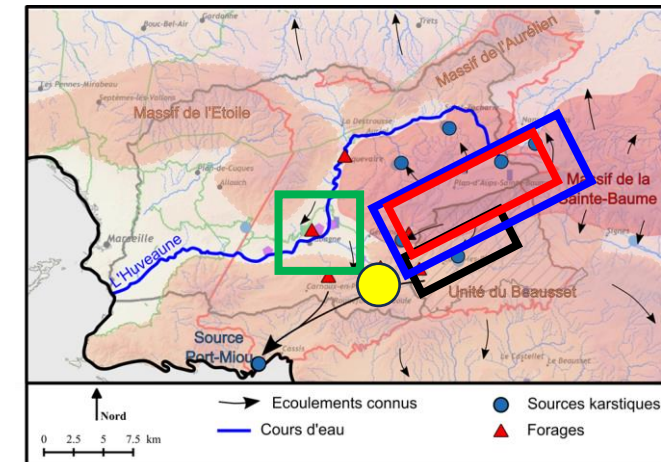
# Outil de classification régionale des masses d'eau douce par les isotopes stables de l'eau

Un nouvel outil pour le territoire

Exemple d'un hypothétique nouveau forage :



+ points à signal variable :  
transfert rapide de la pluie

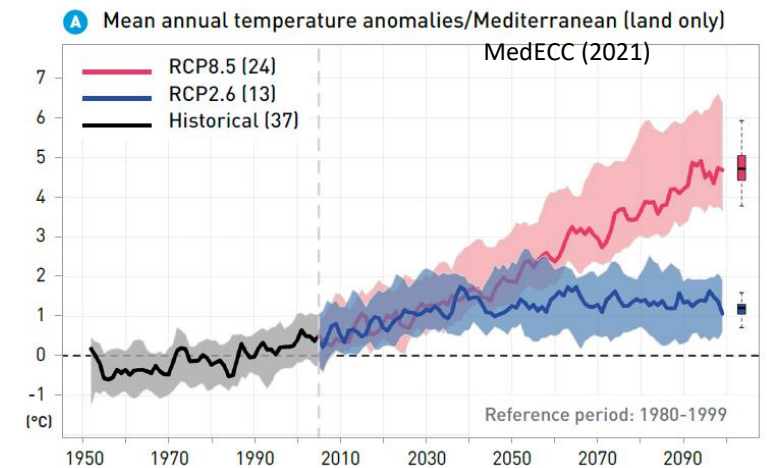
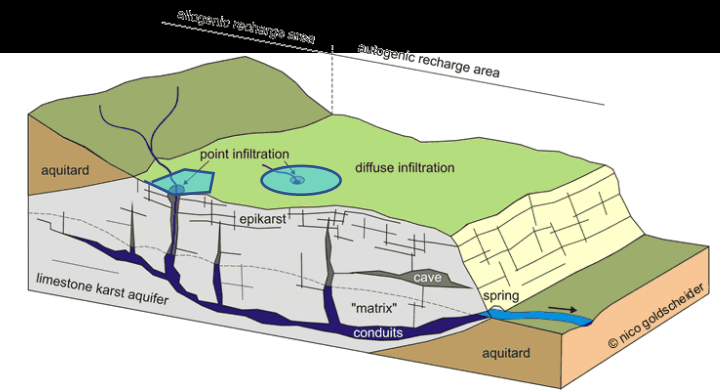


- |                 |                       |                               |                                |                   |
|-----------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| ▲ Forage Coulin | ▲ Forage Fontmagne    | ◇ Huveaune Beaudinard         | ● Source Gapeau                | ● Source St Pons  |
| ▲ Forage Bronzo | ▲ Forage Impots       | ◇ Huveaune Pont de Joux       | ● Source Glacière              | ● Port-Miou       |
| ▲ Forage F2017  | ▲ Forage Jeanne d'Arc | ◇ Huveaune Roquevaire         | ● Source Huveaune              | ● Source Camoins  |
| ▲ Forage F3     | ▲ Forage Puyricard    | ● Foux de Nans les Pins       | ● Source Nans Grotte Ste Baume | ■ Canal Marseille |
| ▲ Forage Ferrat | ▲ Forage Vèze         | ● Source Encanaux Inférieures | ● Source Naves                 | ■ Mer             |

— Droite météorique mondiale (GMWL)  $\delta^2\text{H} = 8 * \delta^{18}\text{O} + 10$     - - - Droite météorique de la Méditerranée Occidentale  $\delta^2\text{H} = 8 * \delta^{18}\text{O} + 14$     - - - Droite météorique de la Méditerranée Orientale  $\delta^2\text{H} = 8 * \delta^{18}\text{O} + 22$

# Conclusion et perspectives

- L'eau de surface et l'eau souterraine sont en interaction
- Besoin de suivis quantitatifs et qualitatifs in situ (« observatoires »)
- L'effet du changement climatique doit être anticipé dans les choix de gestion (réduction des stocks de glace et neige dans les Alpes, augmentation de l'intensité des événements pluvieux extrêmes, augmentation des températures et de l'évapotranspiration)



- Les précipitations intenses s'infiltrent plus facilement en domaine karstique qu'en milieu poreux

# Remerciements

Les doctorants : T. Cavalera, A. Fournillon, A. Tassy, C. Baudement, J. Jouves, T. Garin

## Thèse de doctorat et rapport de projet [Karst-Huveaune](#) :

**Thibaut Garin (2022)** Contraindre la recharge, les modalités et les structures d'écoulement en contexte carbonaté karstique par une approche pluridisciplinaire - Application aux ressources en eau des bassins versants de l'Huveaune et de Port-Miou (SE France). Thèse de doctorat de l'université Aix-Marseille. Co-direction : B. Arfib, J. Goncalves, B. Ladouche, B. Dewandel. 368 pages. tel-04078228v1

Mémoire (368 pages) : [http://www.karsteau.fr/telechargement/These\\_Thibaut\\_Garin\\_2022\\_KarstHuveaune.pdf](http://www.karsteau.fr/telechargement/These_Thibaut_Garin_2022_KarstHuveaune.pdf)

Ou : <https://theses.hal.science/tel-04078228v1>

Présentation de soutenance de thèse : [http://www.karsteau.fr/telechargement/Soutenance\\_ThibautGarin\\_KarstHuveaune\\_151222web.pdf](http://www.karsteau.fr/telechargement/Soutenance_ThibautGarin_KarstHuveaune_151222web.pdf)

