

Avec le soutien de :



COLLOQUE GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Du 15 au 17 février 2023
à l'ENSEGID - Bordeaux INP

L'approche par multi-traçage géochimique et isotopique pour
comprendre l'origine et le transfert des contaminants

Exemple d'application sur la nappe de la Vistrenque

A. Bonnière¹, S. Khaska¹, C. Le Gal La Salle¹, S. Ressouche², D. Villesseche², P. Verdoux¹

1 : Univ. Nîmes, EA 7352 CHROME, rue du Dr Georges Salan, 30021 Nîmes

2 : EPTB Vistre Vistrenque – Pôle Eaux souterraines, 2 bis rue entre vignes, 30470, Aimargues



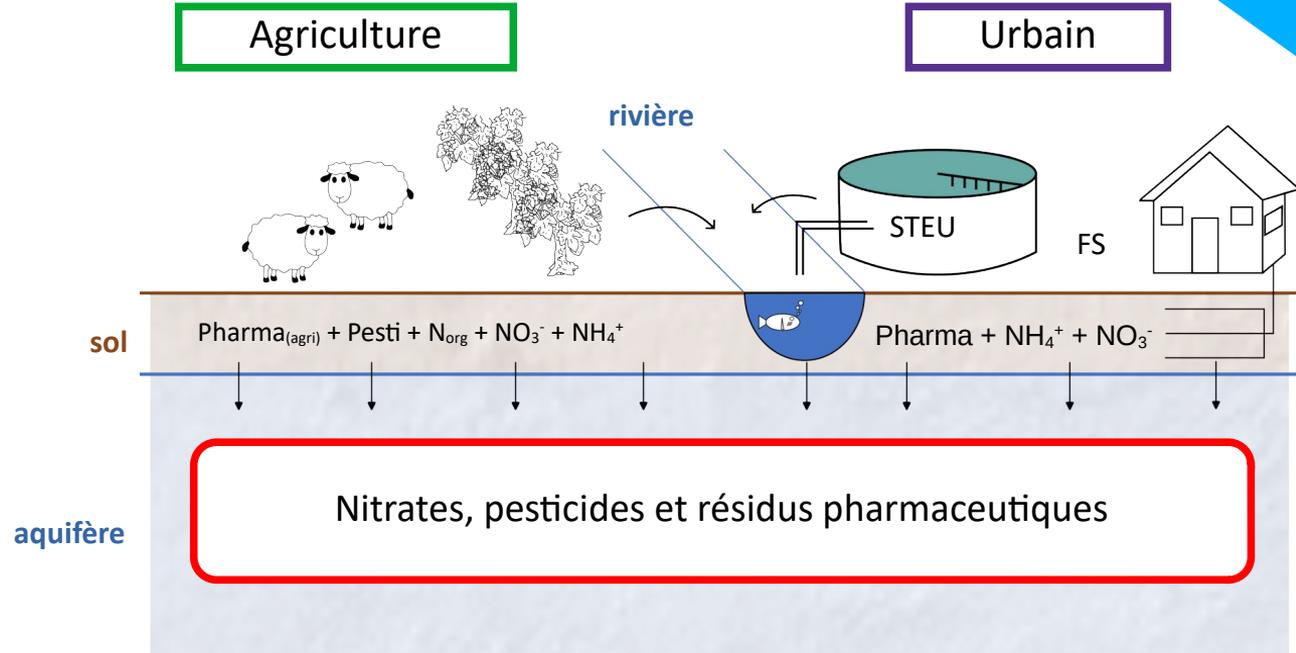
Les sources de contamination des aquifères

Les différentes sources de contamination

Sources de contaminations anthropiques des eaux souterraines : **agricoles, urbaines** et industrielles

- **Contaminants inorganiques**
 - ⇒ Nitrates
- **Pesticides, herbicides**
- **Contaminants émergents**
 - ⇒ Pharmaceutiques
 - ⇒ Produits d'entretien
 - ⇒ Terres rares et ETM
 - ⇒ Agents biologiques
 - ⇒ Substances industrielles
 - ⇒ etc.

Comment remonter à l'origine des contaminants ?



Pesti : Pesticides
Pharma : Pharmaceutiques
Pharma_(agri) : antibiotiques vétérinaires

NO_3^- : Nitrates
 NH_4^+ : Ammonium
 N_{org} : Azote organique

STEU : Station de Traitement des Eaux Usées
FS : Fosse Septique

L'approche multi-traceurs

Sources et transferts des contaminants dans l'environnement

Traceurs utilisés pour :

Origine des masses d'eau

Origine des contaminants

Identification des processus

Recharge et mélanges

- Éléments majeurs, mineurs, traces
- $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}-\text{H}_2\text{O}$
- $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

Source agricole

- $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}-\text{H}_2\text{O}$
- $[\text{NO}_3^-]$
- $\delta^{11}\text{B}$
- Pesticides
- $\delta^{15}\text{N}/\delta^{18}\text{O}-\text{NO}_3^-$

Agriculture

irrigation

élevage

intrants agricoles

Urbain

fosses septiques

STEU

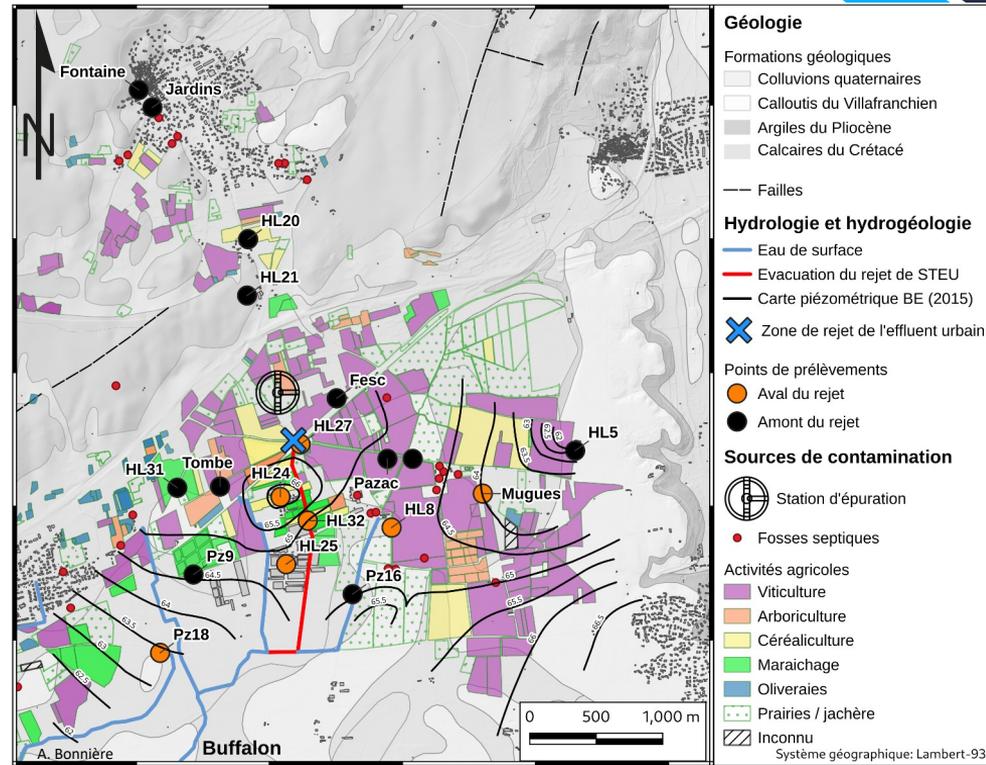
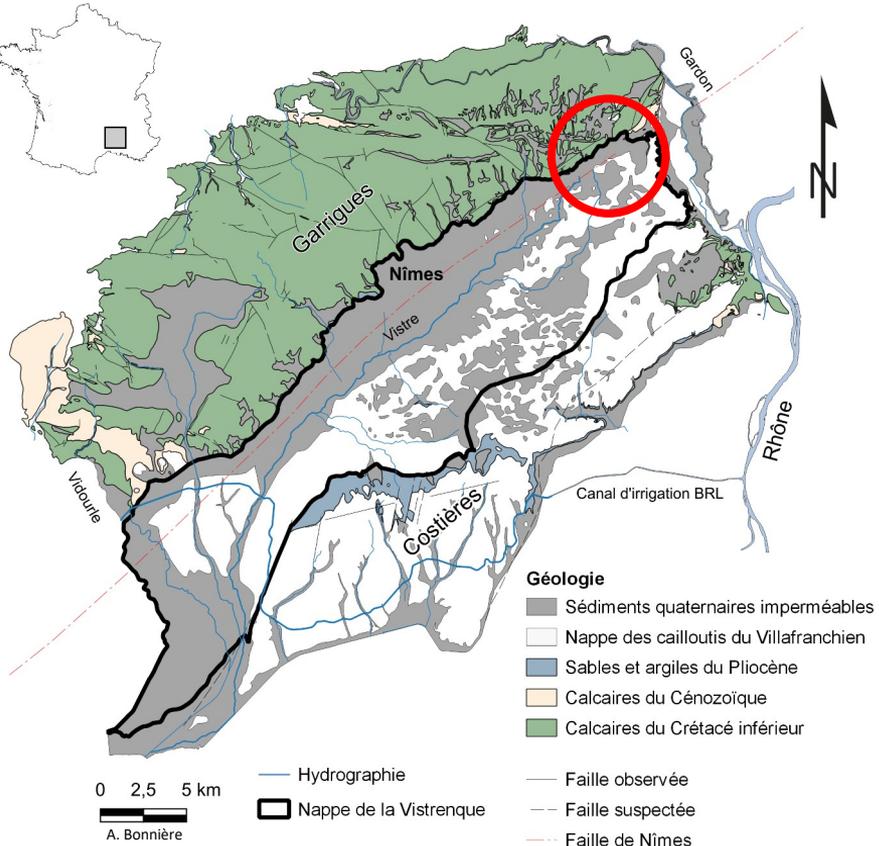
Source urbaine

- Br/Cl – F/Cl
- $\delta^{11}\text{B}$
- Pharmaceutiques
- Gadolinium
- $\delta^{15}\text{N}/\delta^{18}\text{O}-\text{NO}_3^-$

Nitrates, pesticides et pharmaceutiques

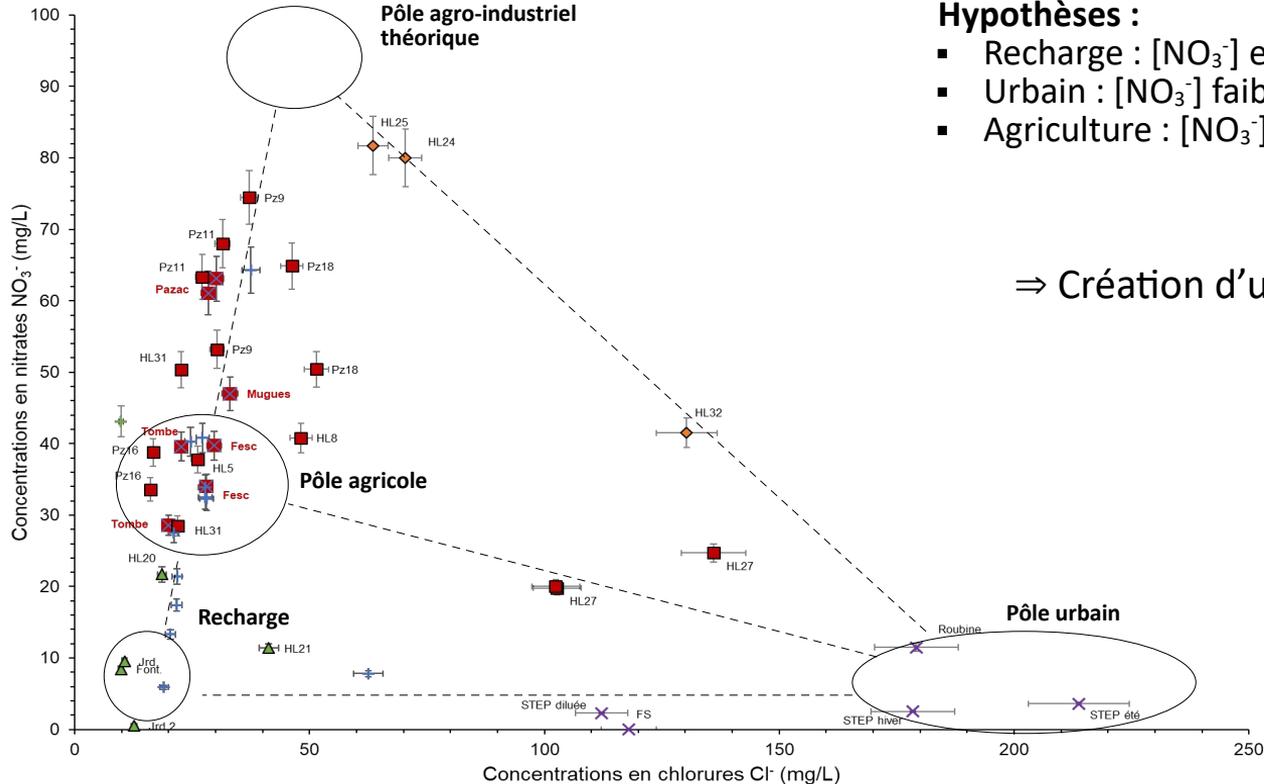
Exemple d'application

La nappe de la Vistrenque



Utilisation des traceurs géochimiques

Les chlorures, un traceur conservatif



Hypothèses :

- Recharge : [NO₃⁻] et [Cl⁻] faibles
- Urbain : [NO₃⁻] faible et [Cl⁻] forte
- Agriculture : [NO₃⁻] forte et [Cl⁻] intermédiaire

⇒ Création d'un modèle conceptuel

Eaux souterraines

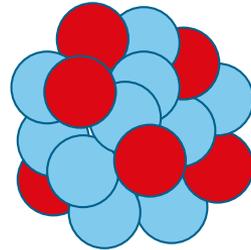
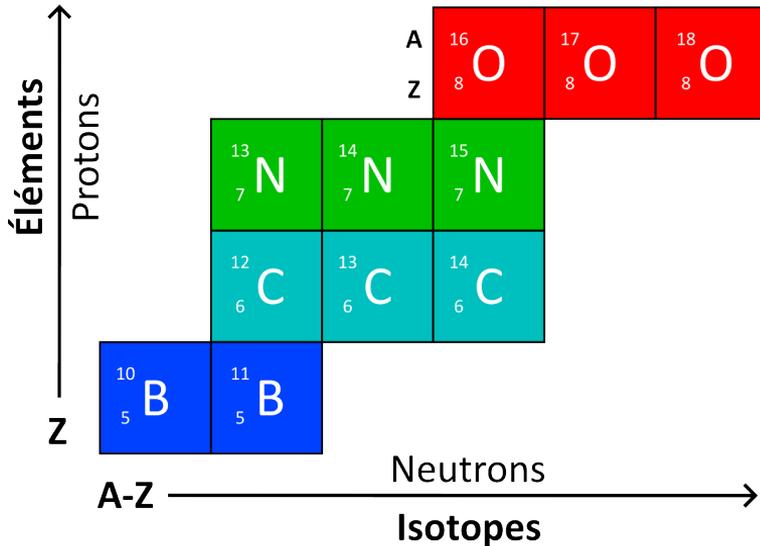
- Cailloutis du Villafranchien (AEP)
- Cailloutis du Villafranchien (forages agricoles ou privés)
- ◆ Cailloutis du Villafranchien (site agro-industriel)
- ▲ Calcaires des Garrigues

Eaux de surface

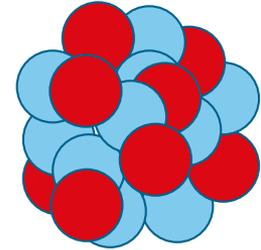
- × Rejets urbains (STEU & ANC)
- + Eau de surface (Buffalon)
- + Eau de surface (Etang de Clausonne)

Les traceurs isotopiques

Les isotopes de l'azote, du bore, etc.



Carbone-12
(C^{12})



Carbone-14
(C^{14})

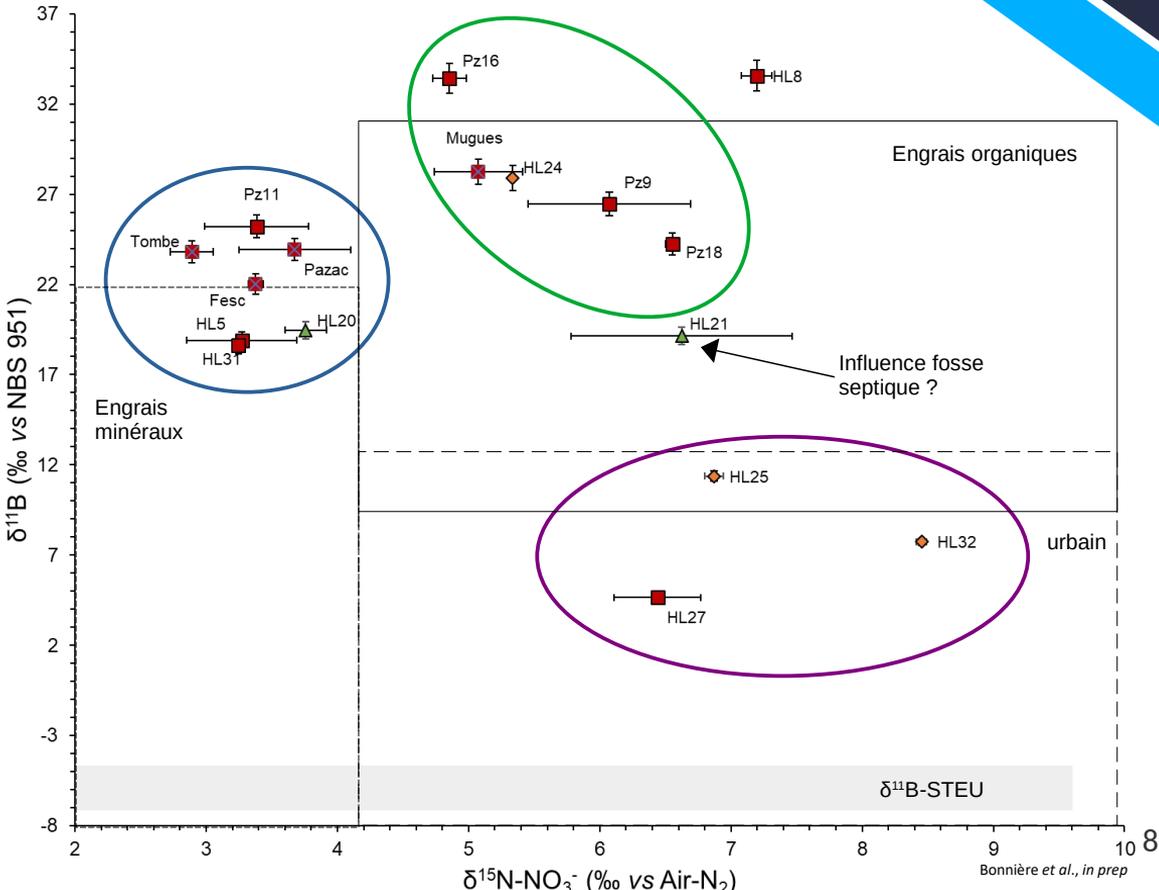
Utilisation des traceurs isotopiques

Les isotopes stables de l'azote et du bore : $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ et $\delta^{11}\text{B}$

$\delta^{15}\text{N}$ \Rightarrow permet de distinguer la signature de l'azote des nitrates (nitrates produits par nitrification de NH_4^+ engrais, M.O des sols, eaux usées, engrais organiques, etc.)

$\delta^{11}\text{B}$ \Rightarrow permet de mettre en avant l'impact des effluents urbains

Les traceurs isotopiques semblent indiquer une signature d'**origine agricole** pour les nitrates des captages AEP



Les traceurs organiques

Les résidus pharmaceutiques et contaminants émergents



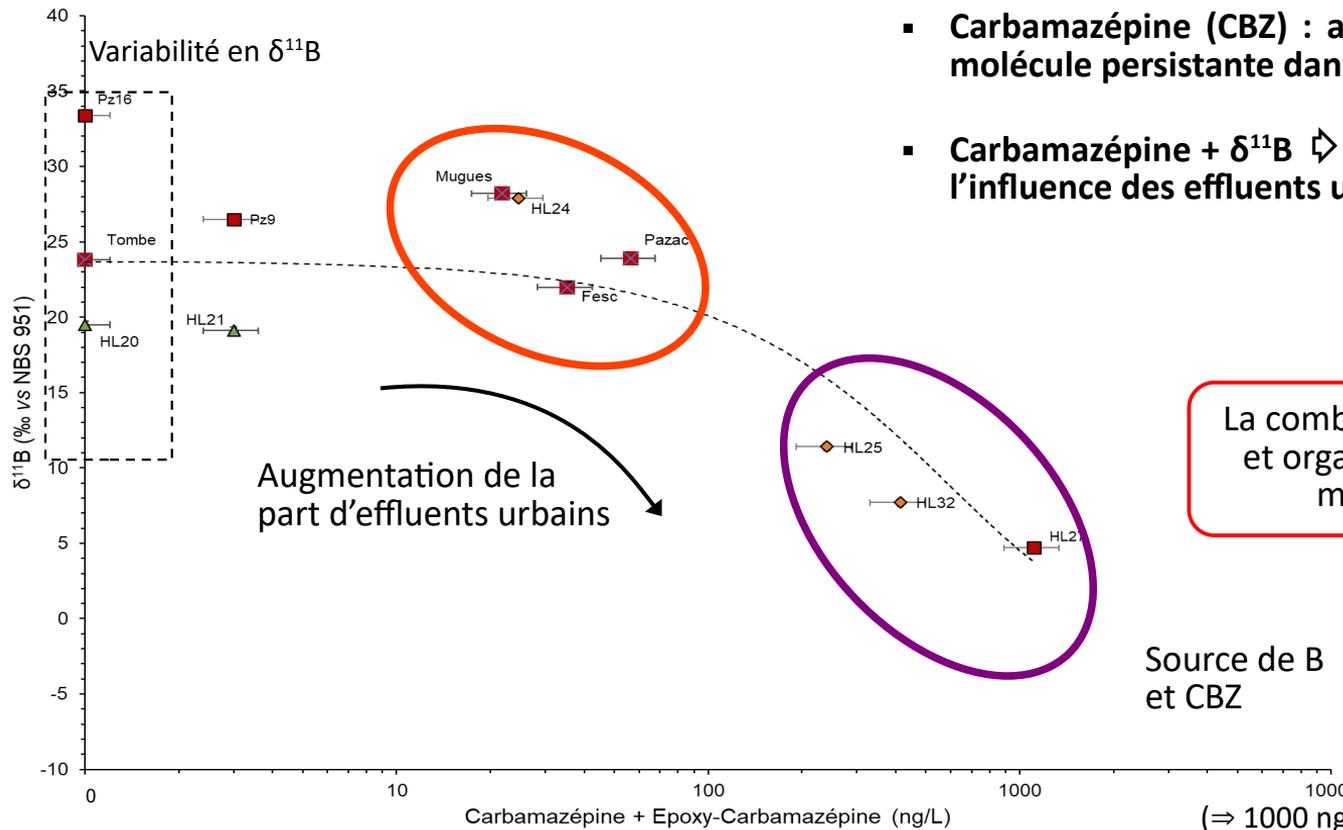
By A.Savin - Own work, FAL, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=73217836>



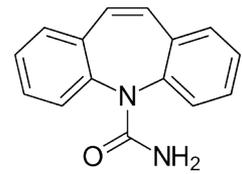
By A. Bonnière

Utilisation des traceurs organiques

La carbamazépine, molécule organique persistante



- Carbamazépine (CBZ) : anti-épileptique et molécule persistante dans l'environnement
- Carbamazépine + $\delta^{11}\text{B}$ \Rightarrow deux traceurs de l'influence des effluents urbains



La combinaison des traceurs isotopiques et organiques montrent une influence marquée d'effluents urbains

- Eaux souterraines**
- Cailloutis du Villafranchien (AEP)
 - Cailloutis du Villafranchien (forages agricoles ou privés)
 - ◆ Cailloutis du Villafranchien (site agro-industriel)
 - ▲ Calcaires des Garrigues

Synthèse sur l'approche multi-traçeurs

Comparaison des différentes approches pour tracer l'origine agricole ou urbaine

Type	Traceurs	Principaux objectifs
Géochimiques	Paramètres physico-chimiques	Identifier les différents pôles géochimiques Sélectionner les bons traceurs isotopiques
	Éléments majeurs	
	Éléments mineurs	
	Rapport Br/Cl	
Isotopiques	$\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}-\text{H}_2\text{O}$	Contraindre l'origine des contaminants Calculer des parts de mélanges
	$\delta^{15}\text{N}/\delta^{18}\text{O}-\text{NO}_3^-$	
	$\delta^{11}\text{B}$	
Organiques	Résidus pharmaceutiques et pesticides	Quantifier les transferts depuis la surface

Avec le soutien de :



COLLOQUE GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Du 15 au 17 février 2023
à l'ENSEGID - Bordeaux INP

Merci pour votre attention

