

Caractérisation des échanges Rhône - nappe Rôle des berges dans l'épuration des eaux

Jérôme Texier¹, Jérôme Labille¹, Nicole Baran², Patrick Ollivier², Julio Gonçalves¹

Email: labille@cerege.fr

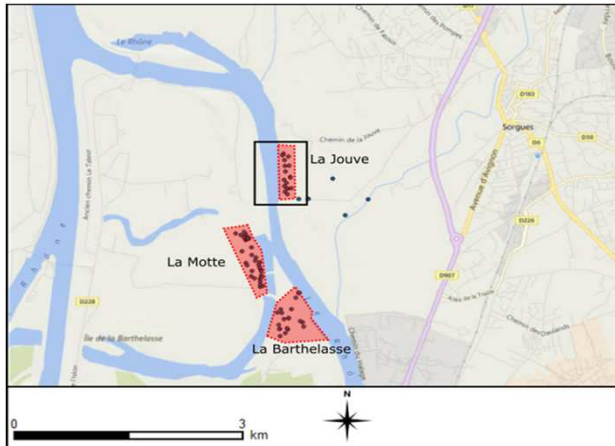
¹ Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRA, Coll France, CEREGE, Aix-en-Provence, France

² BRGM, UMR 7327, Orléans, France

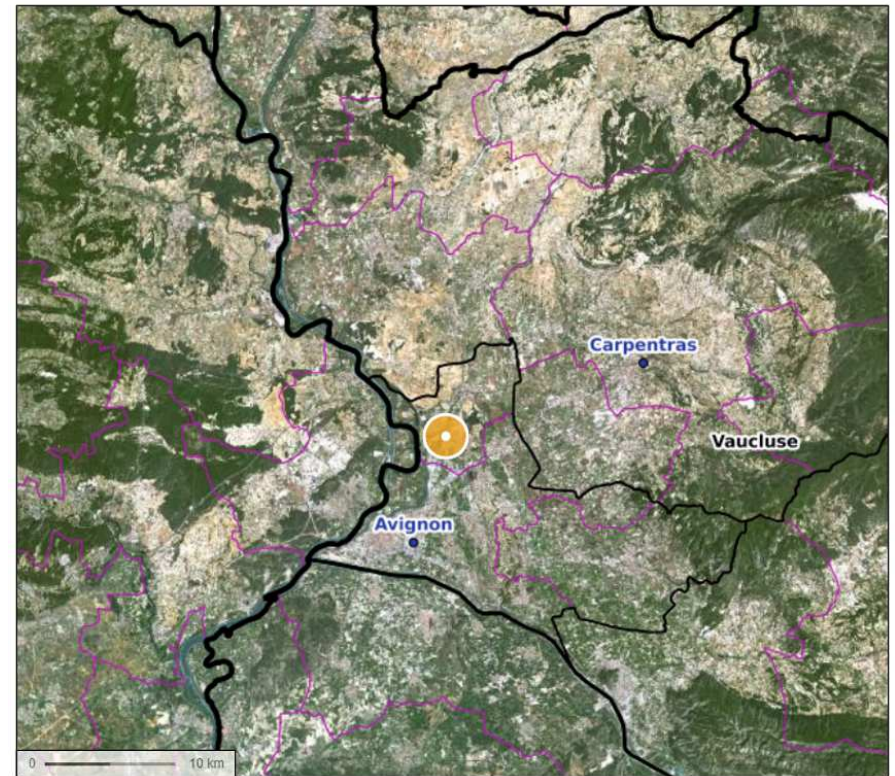


Site d'étude

- Site de la Jouve, situé au nord d'Avignon

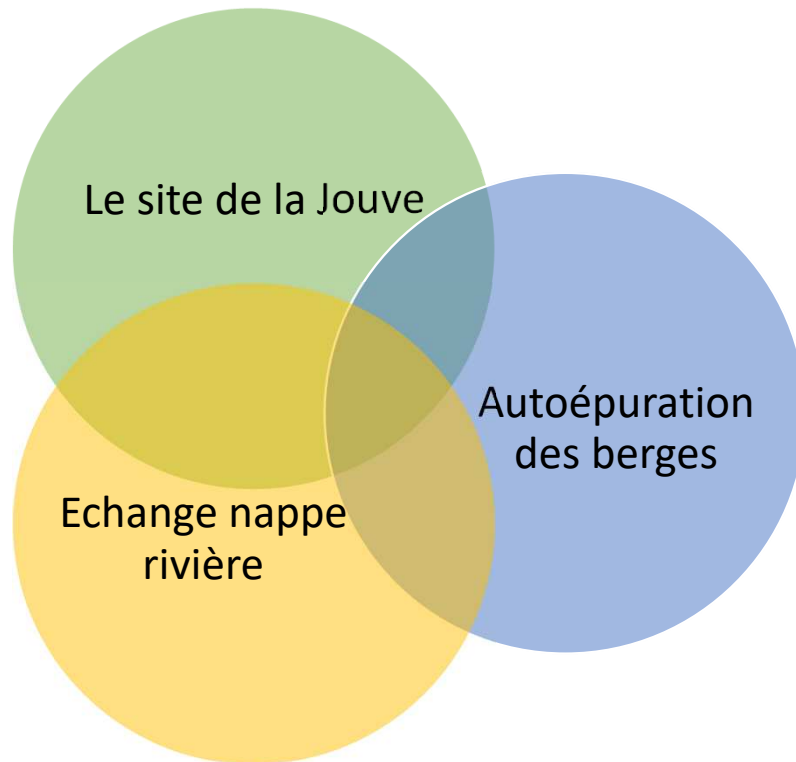


- rive gauche du **Rhône**, près de Sorgues (84)
- Alimente en eau potable 180 000 personnes
- 4 puits en fonctionnement
- **7 piézomètres** d'observation





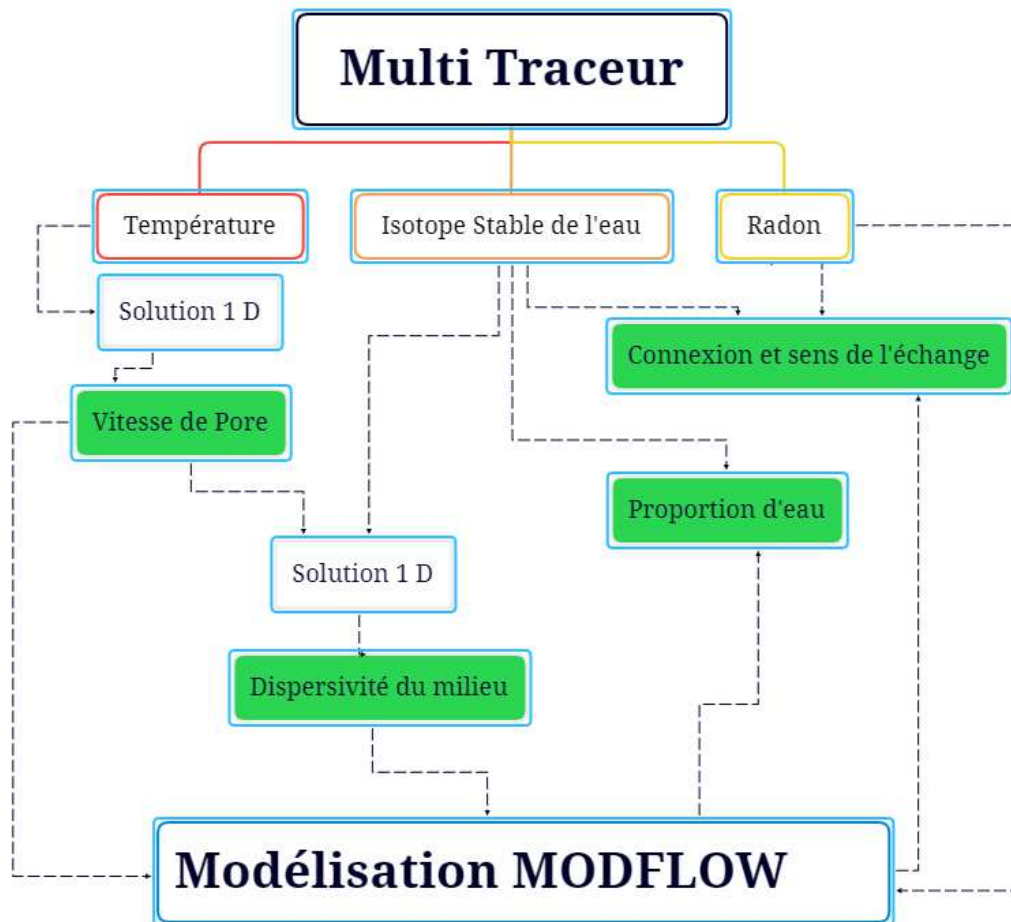
Objectifs du projet de Thèse



- Compréhension des **échanges hydronymiques** entre le Rhône et la nappe
 - Approche théorique des échanges nappe rivière
 - Approche de site par couplage multi traceur et modélisation
- Caractérisation au laboratoire de l'effet **autoépuration** des berges
 - Expérience de colonne de percolation
 - Isothermes d'adsorption
- Synthèse : **modélisation** couplée écoulement-transport réactif
 - Mettre en place un **plan d'alerte** pour différents types de pollution (accidentelle ou diffuse) :
 - Quel puits pourrait être utilisé durant un épisode de pollution ?
 - Quel puits est à arrêter en priorité ? Pour combien de temps ?



Caractérisation hydrologique



- **Radon**

cours d'eau (100 bq.m^{-3}) < aquifère 12000 bq.m^{-3}
pompage $\Rightarrow$ valeur piézo $\searrow$ = dilution
= échange du Rhône $\Rightarrow$ nappe

- **Température**

déphasage saisonnier + analyse 1D
vitesse de pore = $1-3.10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$

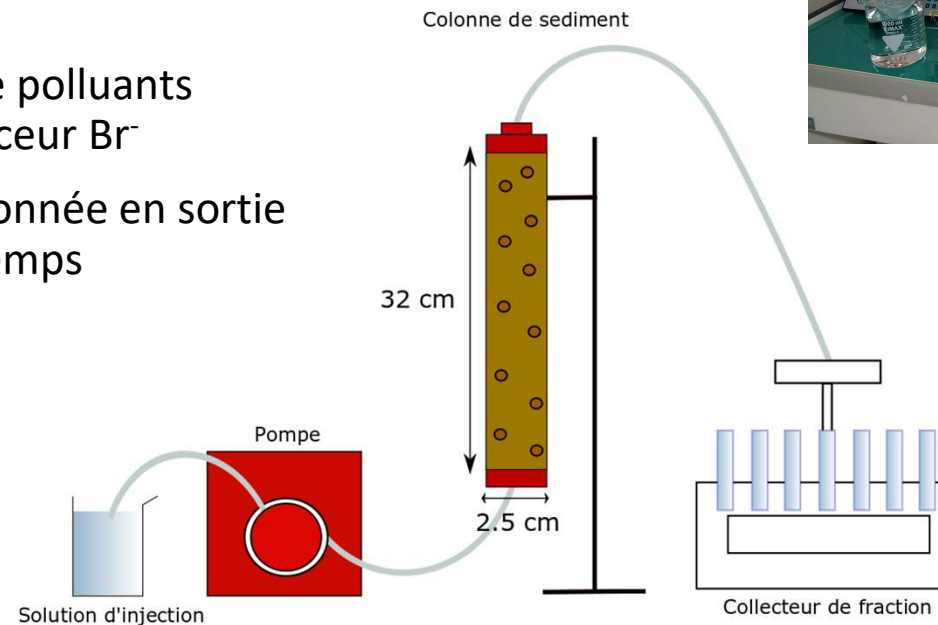
- **Estimation bilan d'eau :**

- 38% Rhône
- 56 % hors Rhône notamment l'Ouvèze
- 6% en provenant de la recharge



Expérimentations en colonne de percolation

- Vitesses d'écoulement similaires à terrain
- Milieu poreux :
 - sable
 - + sédiment du Rhône :
Quartz, Calcite, Albite, microcline, pyroxène,
muscovite, chlorite
COT = 4,8 w% +/- 0,1
- Injection d'un mélange de polluants
(PFAS ou pesticides) + traceur Br^-
- Chaque fraction échantillonnée en sortie
de colonne au cours du temps
= 1/5 de volume poral





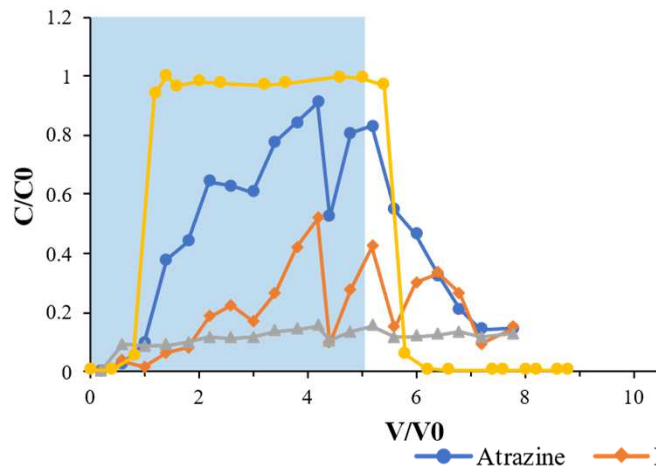
Résultats - Percées des micropolluants dans le milieu poreux

Dans le sédiment :

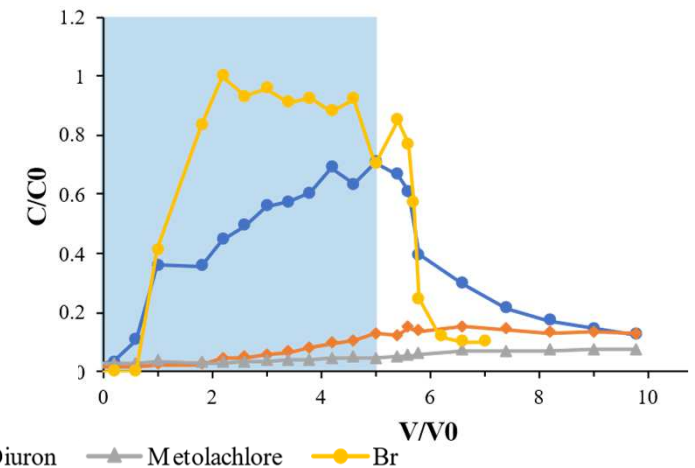
- mobilité pesticides =
métolachlore < diuron < atrazine
- mobilité totale des PFAS < C9
- rétention modérée pour PFNA

pesticides

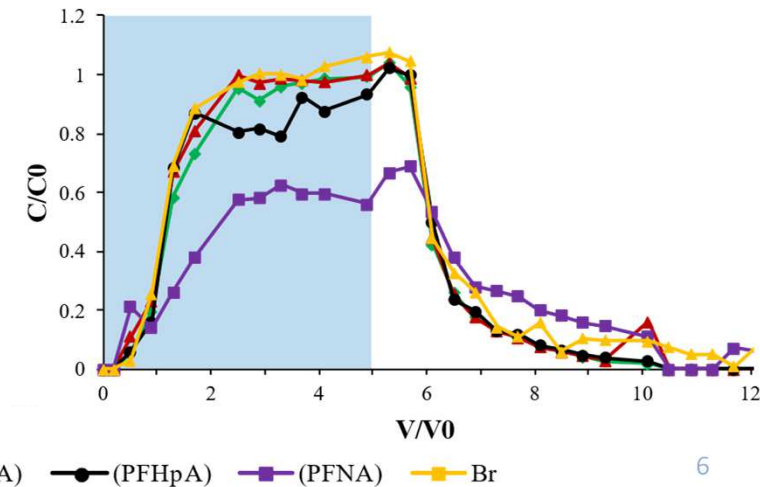
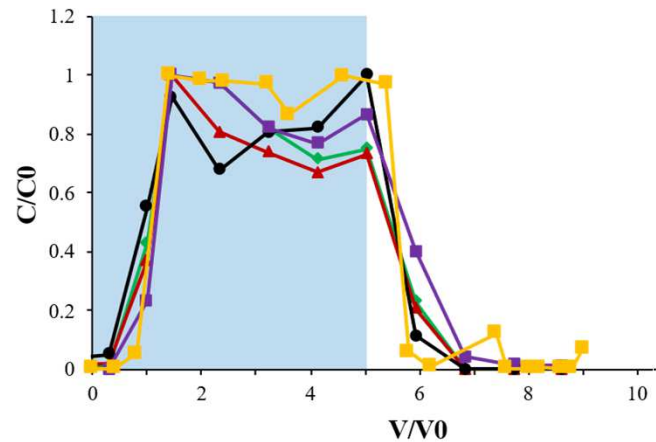
Sable seul



Sable + sédiment



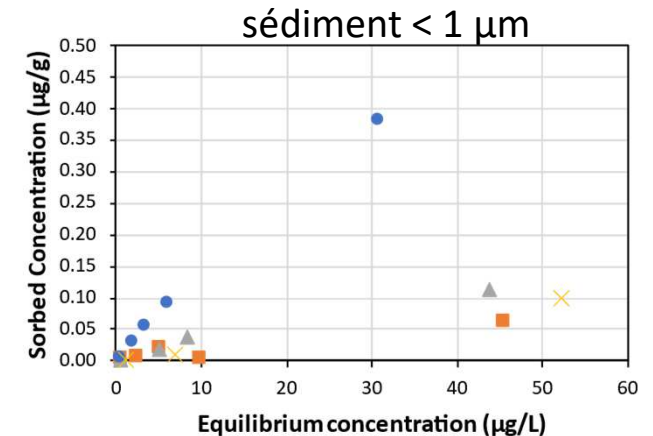
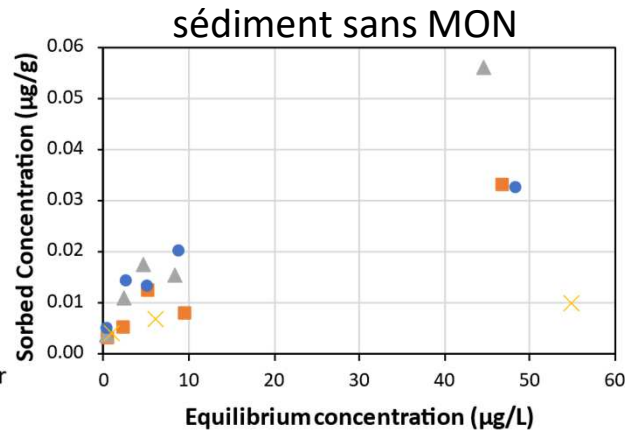
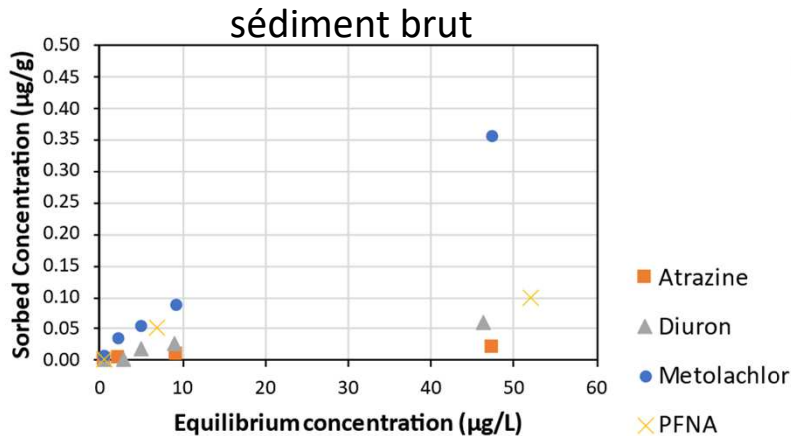
PFAS





Résultats - Rôles des fractions fine ou organique

Isothermes d'adsorption en batch liquide sur les sédiments modifiés



Kd (propension à s'adsorber sur la phase solide) :

- métolachlore = diuron x 5
- diuron = atrazine x 2

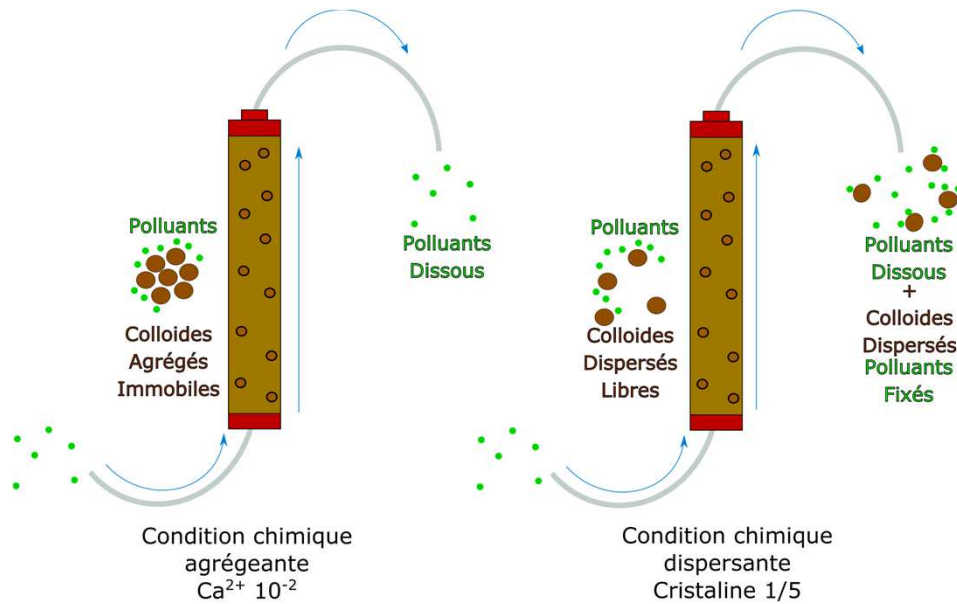
- métolachlore et PFNA :
Kd / 10
donc liés au sédiment via la MON
- atrazine et diuron :
Kd inchangé
non liés via la MON

- pesticides :
Kd x 1.8, mais Ssp x 60
Hyp: les particules sont poreuses. Cela augmente leur capacité d'adsorption.
- PFNA :
Kd inchangé

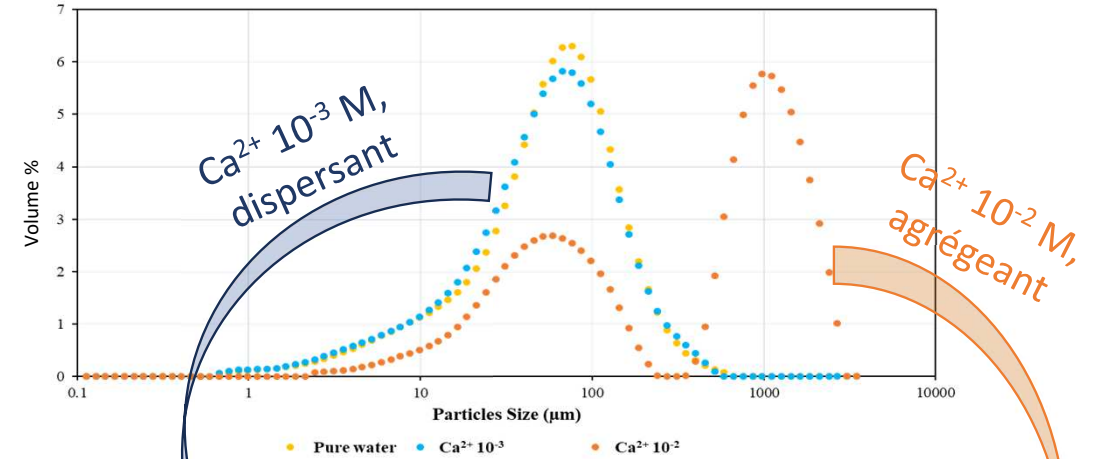


Recherche d'une vectorisation colloïdale

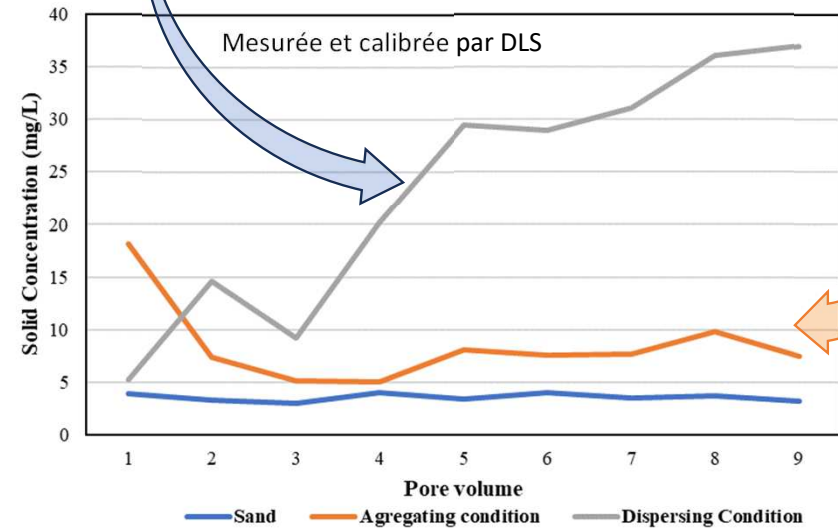
Hypothèse testée



Distribution de tailles du sédiment en fonction de l'électrolyte dispersant



MES en sortie de colonne, en fonction de l'électrolyte percolant





Recherche d'une vectorisation colloïdale

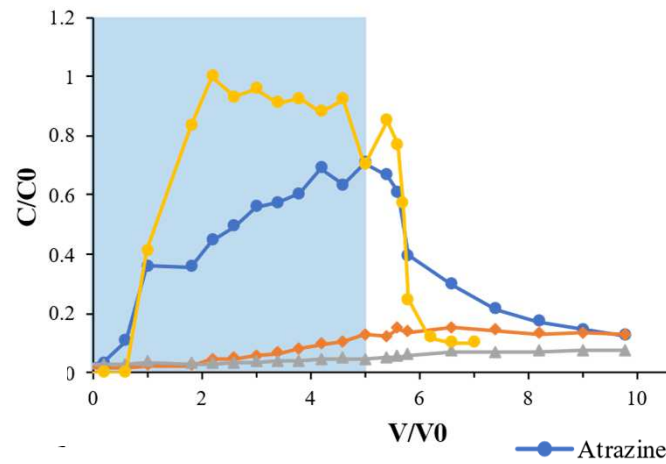
Pesticides :

- courbes identiques en présence de colloïde

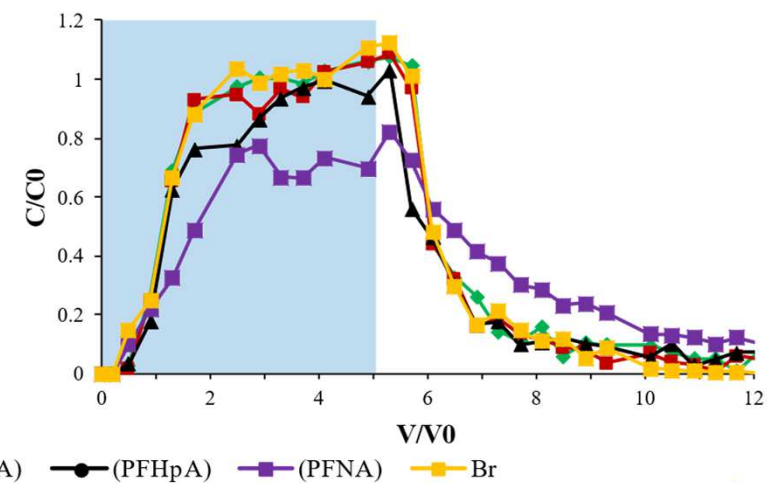
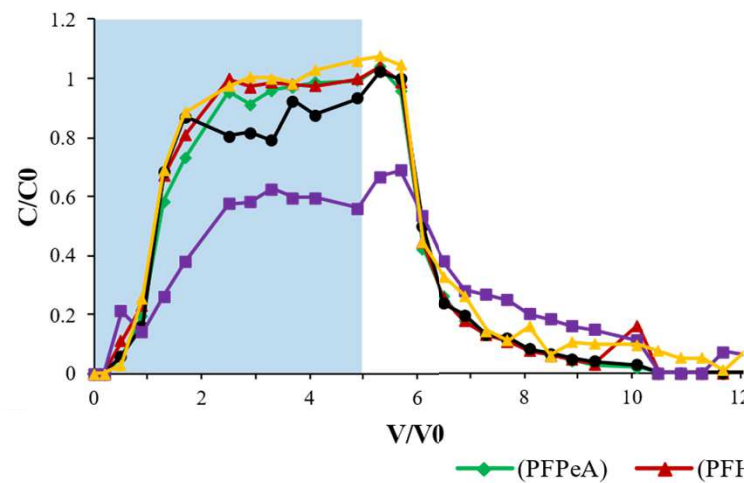
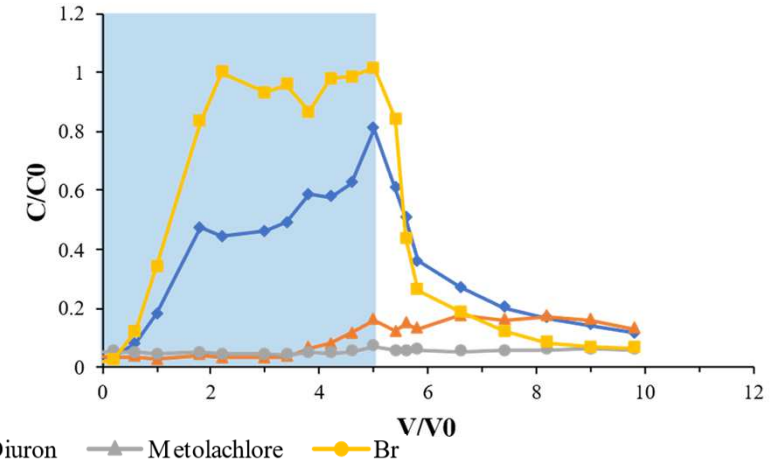
PFAS

- $< C_9$: pas d'effet possible
- PFNA : mobilité faiblement accrue = $C/C_0 + 0,1$

conditions agrégeantes, sans colloïdes



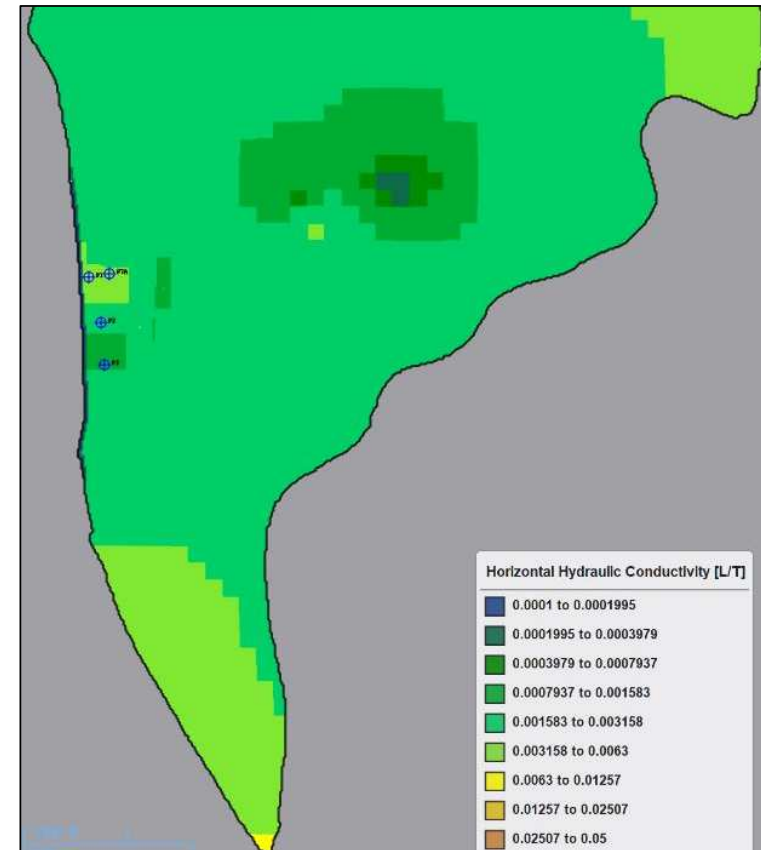
conditions dispersantes avec colloïdes





Synthèse : Modélisation couplée

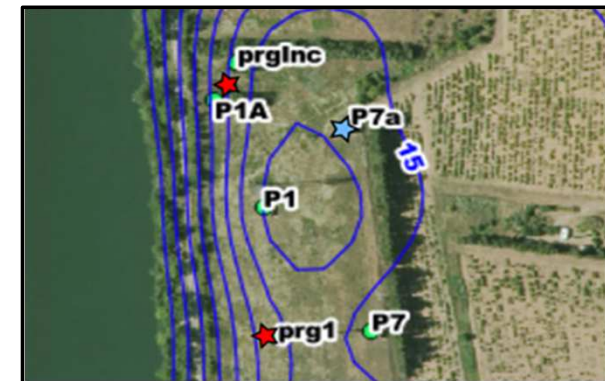
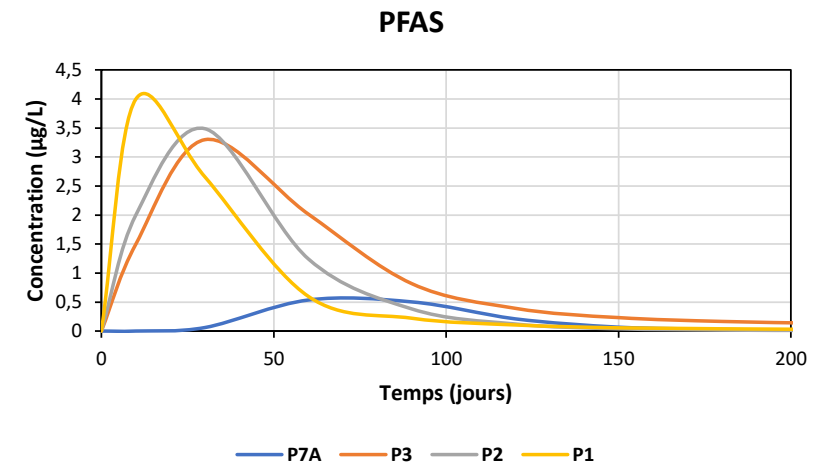
- Simulation de pollution sur le Rhône et étude de vulnérabilité
- Utilisation des informations des colonnes (K_d) et de l'étude traceur et modélisation radon (vitesses et dispersion)
- Simulation couplant écoulement et transport réactif des différents contaminants
- Scénarios avec différents polluants (PFAS, atrazine, métolachlore, diuron)
 - Pollution diffuse: polluants présents sur le Rhône en permanence
 - Pollution ponctuelle: polluants temporaires sur le Rhône





Scénario de pollution accidentelle

- Contamination à 5 µg/L pendant 10 jours
- Pour les PFAS: pics de contamination des puits:
 - P1 après 30 jours
 - P2-P3 après 40 jours
 - P7A après 60 jours
- P7A puits le plus éloigné le moins vulnérable:
 - Moindre apport du Rhône
 - P1 sur sa trajectoire
- Réel risque de contamination des puits par les PFAS
 - Dilution des eaux du Rhône par l'Ouvèze





Conclusions

- Compréhension des échanges Rhône nappes
 - Limitation du bassin d'alimentation du site de la Jouve entre le Rhône et l'Ouvèze
 - Connexion **des deux cours d'eau avec la nappe**
 - Vitesse de circulation de l'ordre de $1.10^{-5} \text{m.s}^{-1}$
 - Dispersivité du milieu de l'ordre de 10^{-15}m
 - Apport d'eau du Rhône de l'ordre de 40% et de 60% pour l'Ouvèze
- Autoépuration
 - Rétention forte : diuron, métolachlore
 - Rétention modérée : PFNA, Atrazine
 - **Rétention inexistante : PFHxA, PFPeA, PFHpA**
- Modélisation synthétique
 - Forte vulnérabilité des puits via les PFAS
 - Seule potentielle dilution par les eaux de l'Ouvèze





Perspectives

- Traitement de l'eau post-pompage pour élimination PFAS
- Valorisation des piezo sur berge
 - approche multi-traceur
 - traçage artificiel
- Vectorisation colloïdale des contaminants
 - En milieu poreux (berge, recharge de nappe)
 - En réinjection sédimentaire (plan de redynamisation des berges)
- Effet cocktail

