



Polluants émergents et infiltration des eaux pluviales : Processus de transfert de nanoparticules en milieu poreux hétérogène

Thèse 2^{ème} année: Jérôme Raimbault

Laboratoire d'accueil : IFSTTAR de Nantes GERS-LEE

Direction : Dr Bechet GERS-LEE, Dr Lassabatere ENTPE-LEHNA,
Dr Courtier-Murias Denis Navier Lab, Dr Pierre-Emmanuel Peyneau GERS-LEE



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE



IFSTTAR

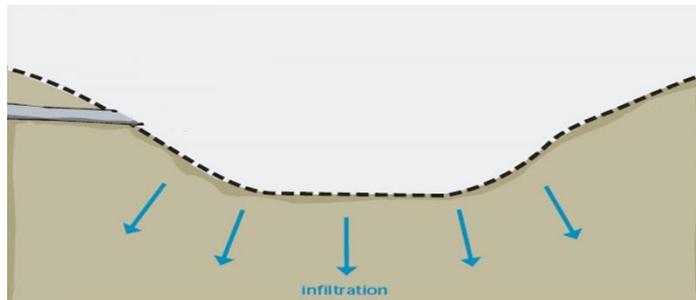


UNIVERSITÉ / ECOLOGIE
BRETAGNE / GEOSCIENCES
LOIRE / AGRONOMIE ALIMENTATION

Contexte scientifique

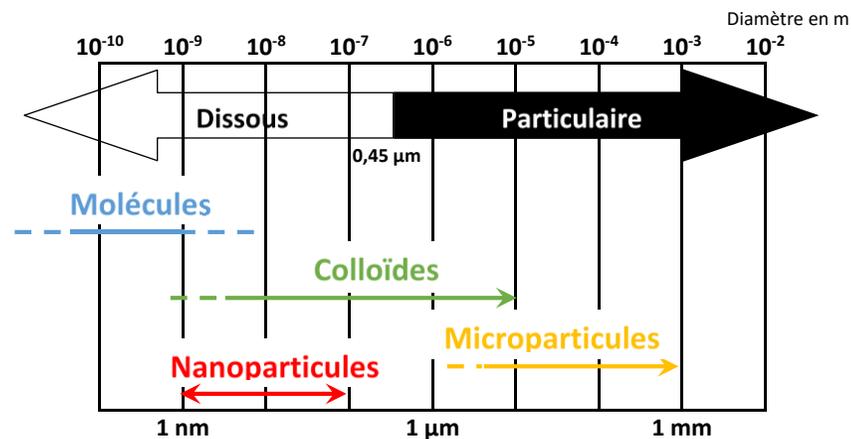
➤ Bassin d'infiltration :

- Performance des ouvrages de gestion des eaux pluviales
- Polluants métalliques



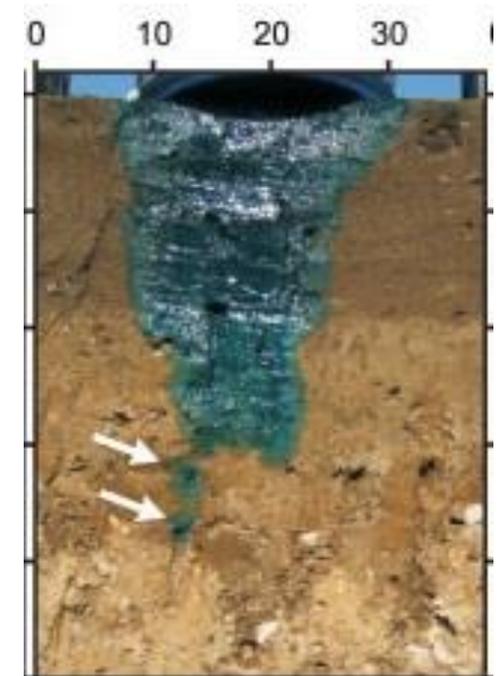
➤ Pollution métallique :

- Particulaire vs dissoute
- Polluant émergents : nanoparticules



➤ Hétérogénéités :

- Structurales : macropore
- Ecoulement préférentiel



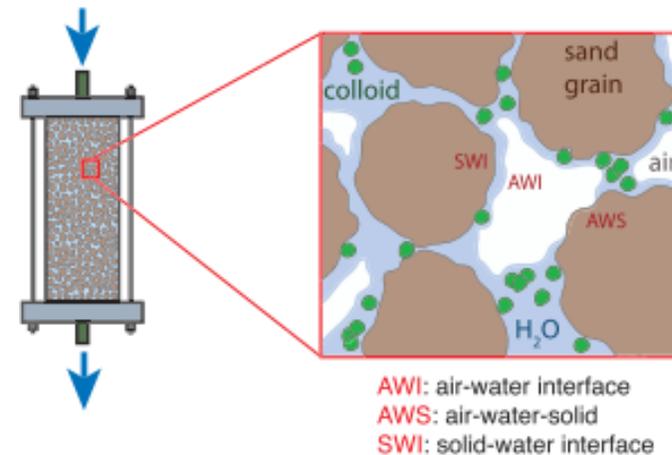
(b) t = 15 min

Axes de travail

- Quelle teneur en NPs dans les eaux de ruissellement ?
- Axe caractérisation



- Quelle est la répercussion des hétérogénéités structurales sur le transfert de NPs ?
- Axe transfert





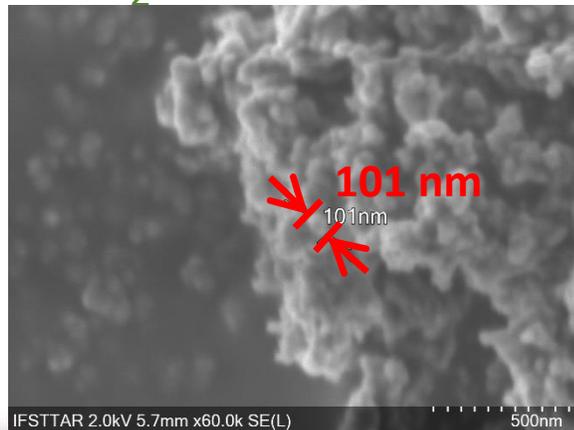
Axe « caractérisation »

Pollution en NPs : quelles teneurs dans les eaux ?

➤ 30 familles de NPs ciblées par la commission européenne dont :

NP métalliques	NP oxydes métalliques
Au	Oxydes d'aluminium
Fe	Oxydes de cérium
Ag	SiO ₂
	TiO ₂
	Oxydes de zinc

➤ Poudre de TiO₂ observée au MEB :



➤ Ordres de grandeurs et valeurs issus de la littérature :

Espèces	Concentrations
Ag-NPs	1 µg/L à 0,1 ng/L
CeO ₂ -NPs	≈ 10 ng/L
TiO ₂ -NPs	≈ 10 à 10 ⁻² µg/L
ZnO-NPs	≈ 100 à 0,1 ng/L

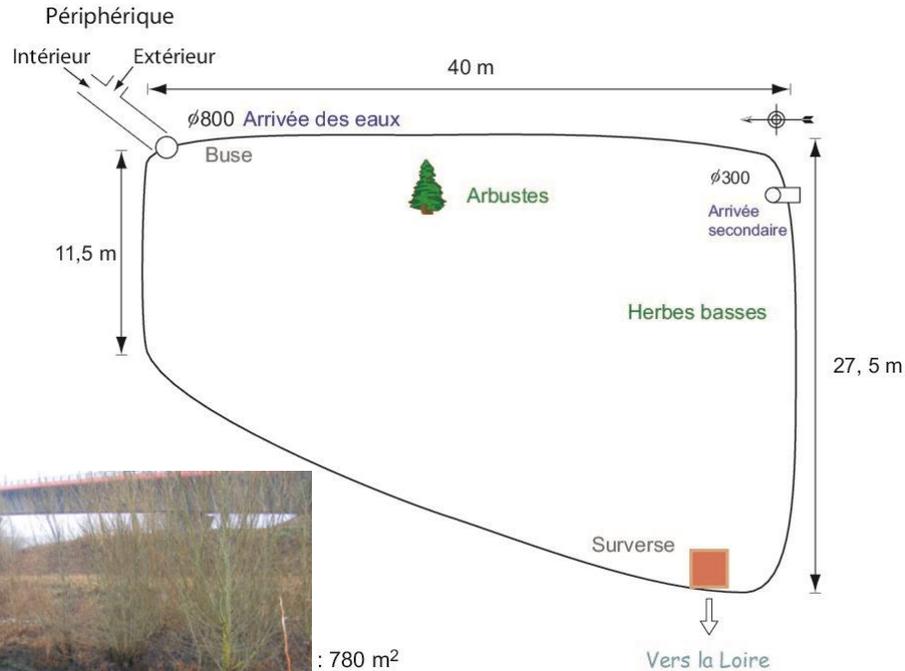
Etudes statistiques pour les eaux de surface (Gottschalk et al., 2013)

Etudes de terrain (Peters et al., 2018) (Stolpe et al., 2005)

Espèces	Matrices	Concentrations	rayon moyen
Ag-NPs	Rivières	0,3 à 2,5 ng/L	≈ 15 nm
CeO ₂ -NPs	Rivières	0,4 à 5,2 ng/L	≈ 19 nm
Ti-Colloïdal	Lac	0,37 µg/L	< 50 nm
TiO ₂ -NPs	Rivières	0,2 à 8,1 µg/L	≈ 300 nm
ZnO-NPs	Rivières	Moy 10,9 × 10 ⁷ Part./L	≈ 150 nm

1^{ère} campagne : évaluation de la teneur en NPs

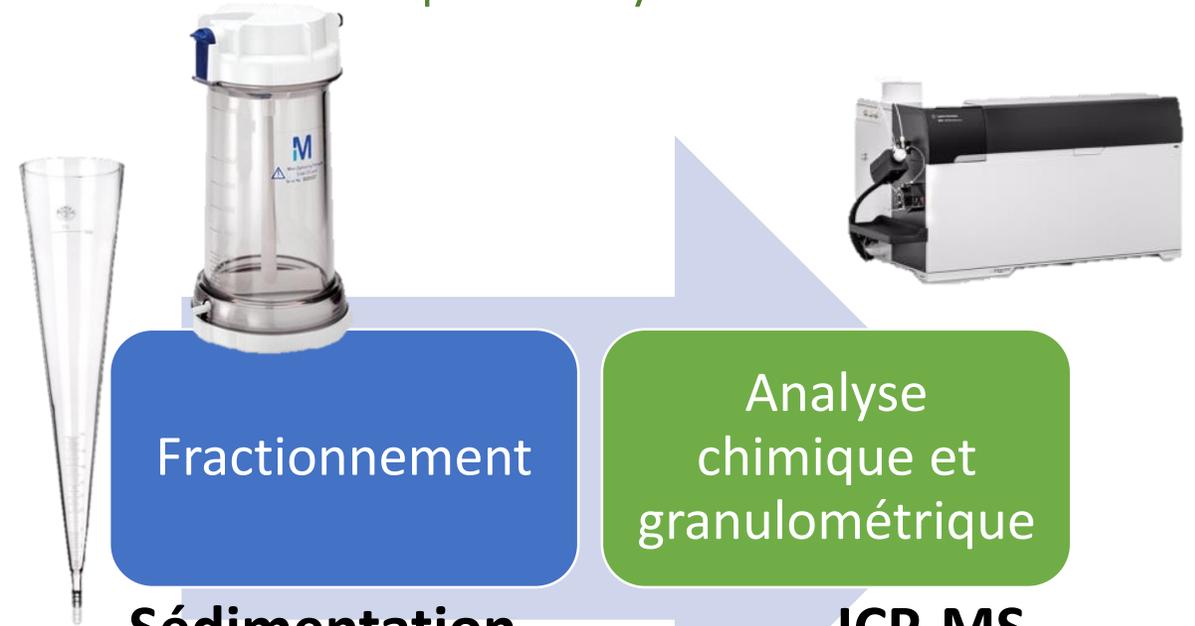
➤ Bassin d'infiltration sud du pont de Cheviré



: 780 m²

➤ Schéma d'analyse :

- Préparation des échantillons
- Technique d'analyse



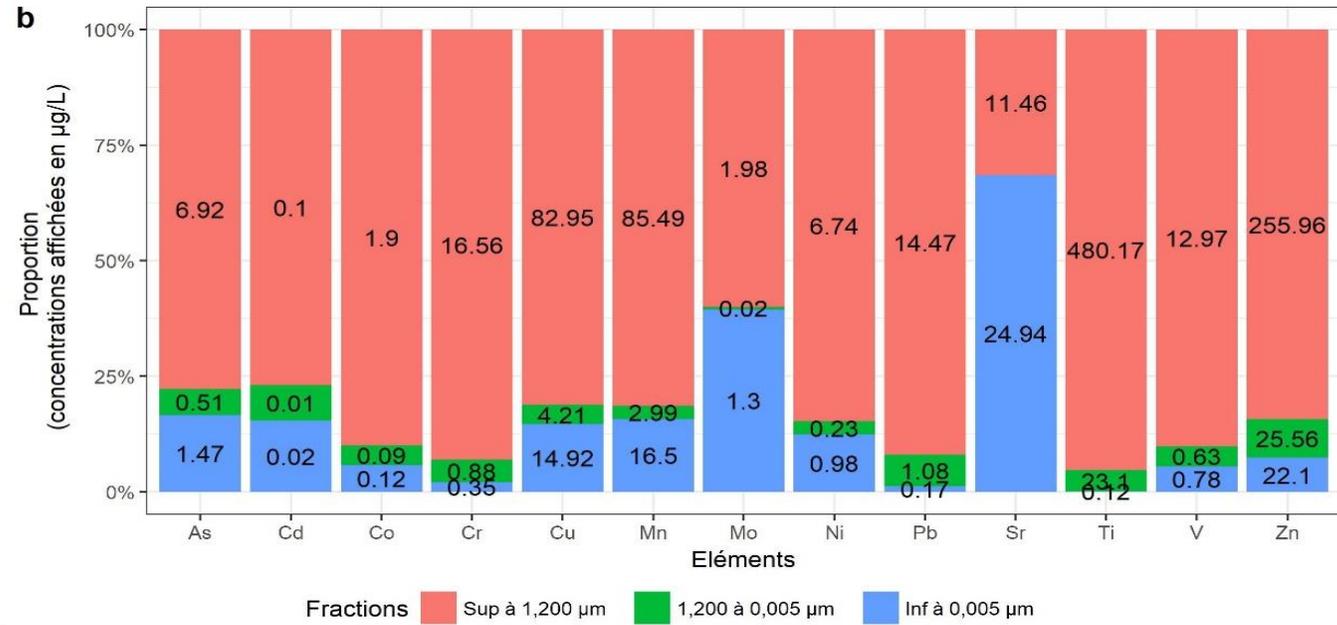
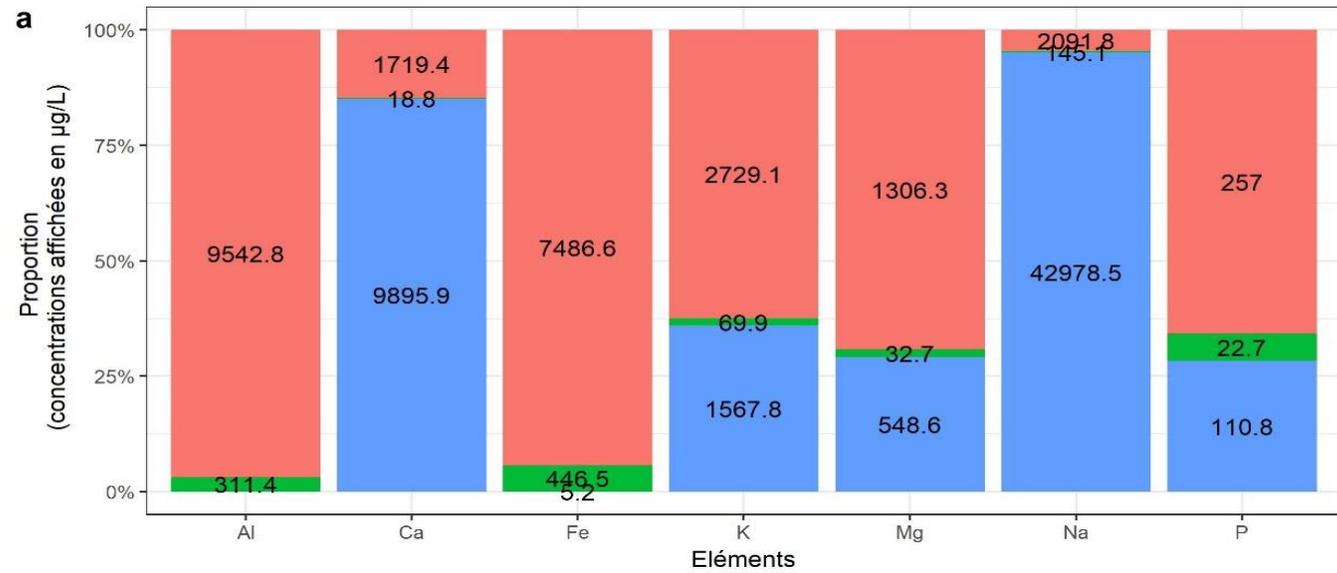
Fractionnement

Sédimentation,
filtration,
ultrafiltration...

Analyse
chimique et
granulométrique

ICP-MS

Contribution de la fraction nanométrique



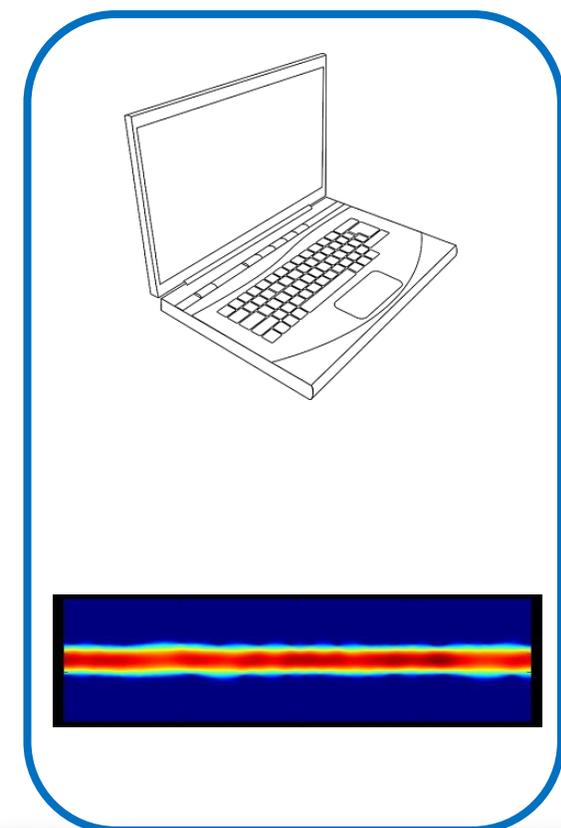
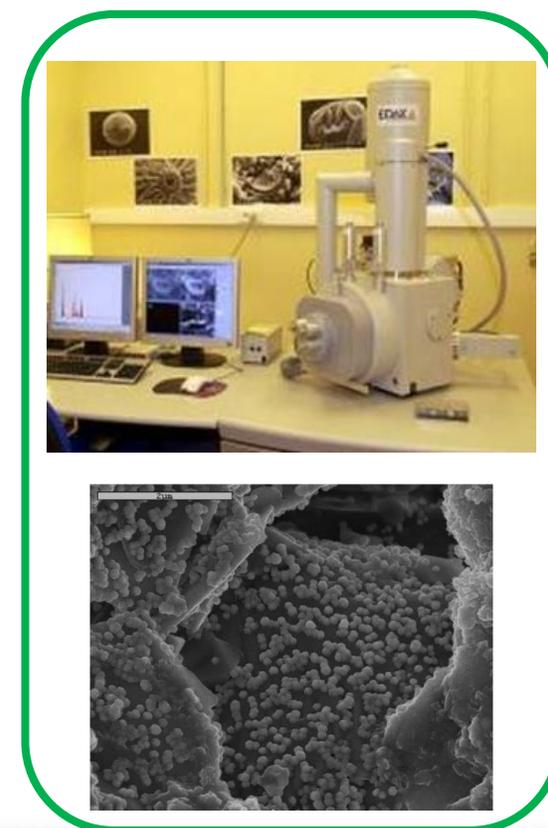
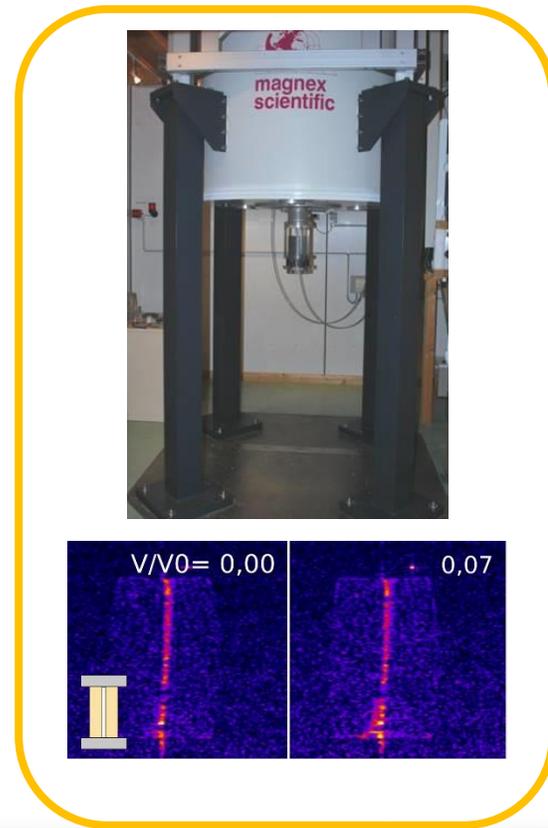
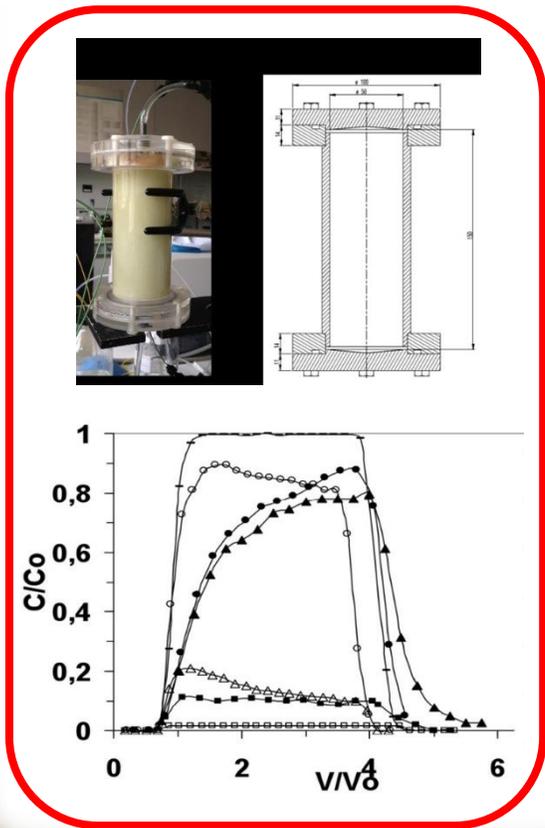


Axe « transfert »

combinaison d'approches expérimentales et numériques

Quelle est la méthodologie prévue ?

➤ Approche couplée de trois méthodes expérimentales et modélisation numérique



Essais en colonne homogène et hétérogène

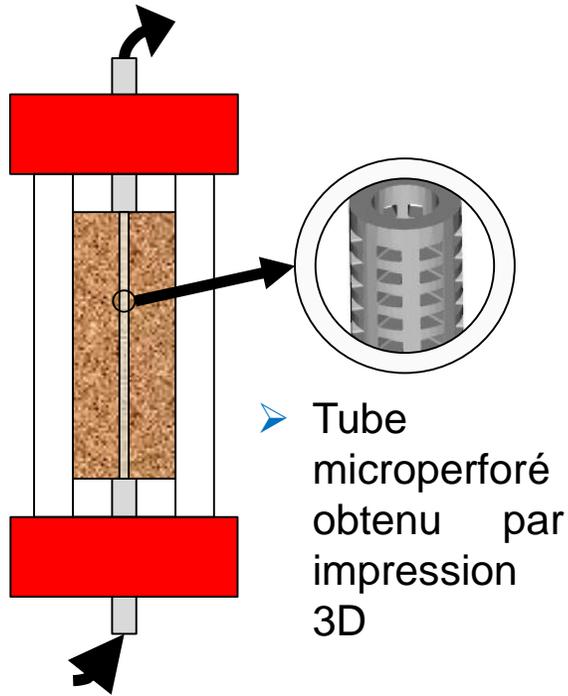


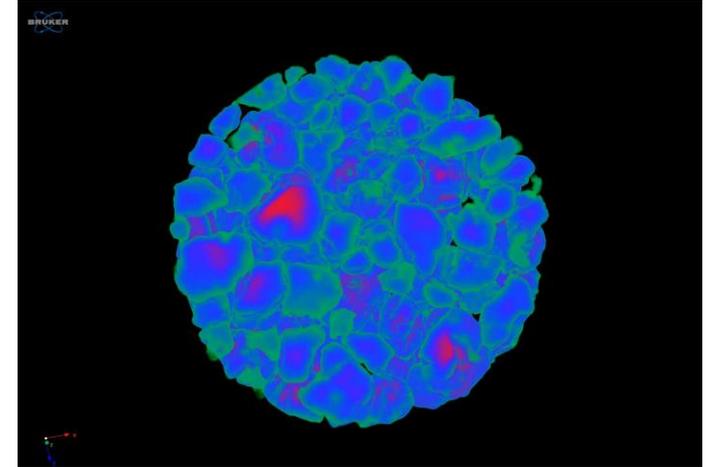
Schéma de la colonne hétérogène

➤ Matériel

- Sable d'Hostun ($D_{50} = 1 \text{ mm}$)
- Suspension de Ag-NPs (4 mg/L), stabilisée au citrate de sodium

➤ Méthode

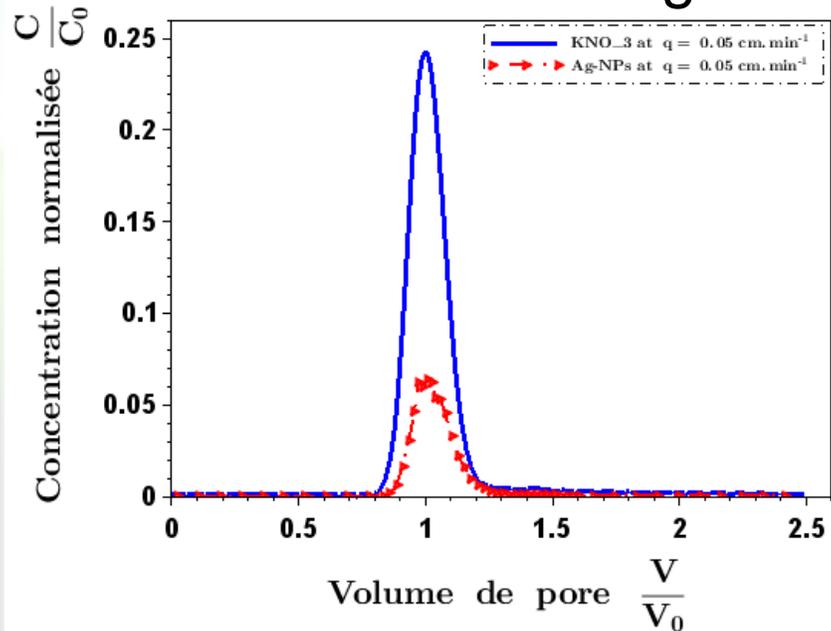
- Injection de 5 mL de KNO_3 à 10^{-2} M pour tracer les écoulements (transport non réactif) à $Q = 1 \text{ mL/min}$
- Injection de 5 mL de la suspension de Ag-NPs



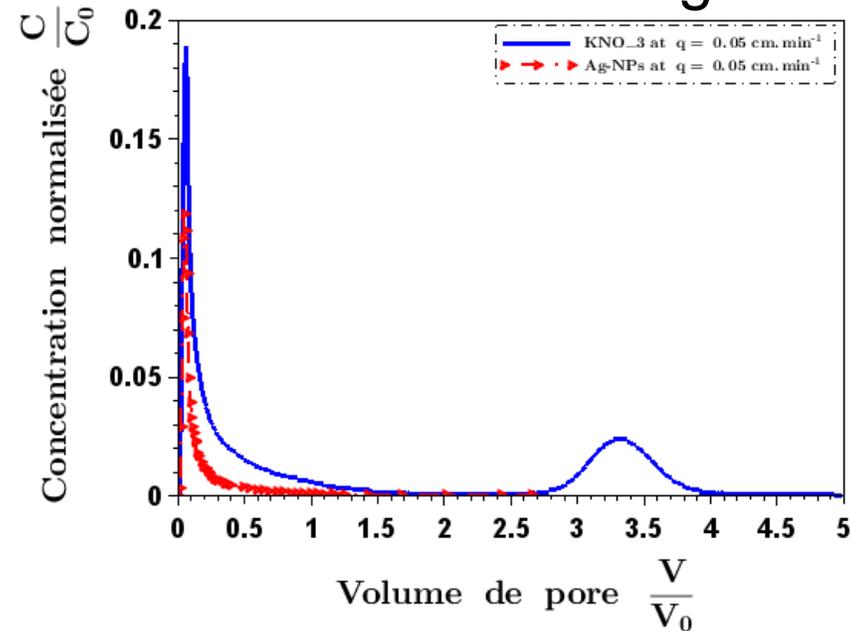
Exploration d'un échantillon de sable d'Hostun par μCT (BRUCKER)

Résultats : courbes de percée

Colonne homogène



Colonne hétérogène



Bilan de masse	Colonne homogène	Colonne hétérogène	
		1 ^{er} pic	2 nd pic
KNO ₃	102%	71%	36%
Ag-NPs	30%	30%	NA



Conclusion



➤ Travaux à venir

- Axe caractérisation : mise en place d'analyse granulométrique par la méthode de l'ICP-MS en mode SP

- Axe transport : mesures IRM et MEB



Merci de votre attention