

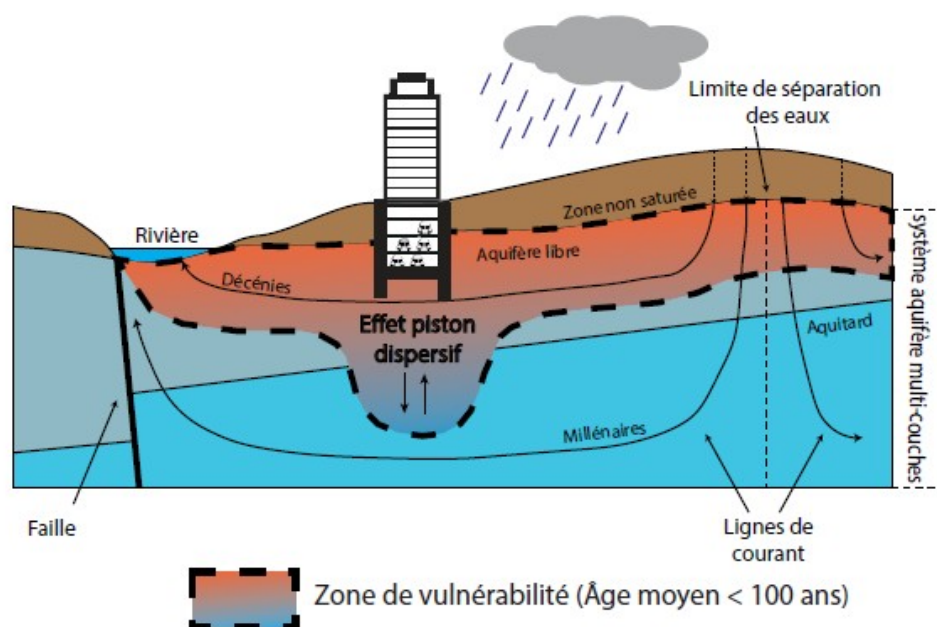
# Anticiper l'aggravation de la vulnérabilité des masses d'eau souterraine causée par la construction d'ouvrages souterrains

**Guillaume ATTARD**  
guillaume.attard@cerema.fr



# Contexte et enjeux

- Dans le cadre de travaux précédents (Attard *et al.*, 2017), mise en évidence d'un mélange entre l'eau souterraine de surface et l'eau souterraine profonde au droit des ouvrages, entraînant :



- une contamination favorisée des réservoirs stratégiques ou des ressources de substitution,
- un accroissement de la vulnérabilité des masses d'eau profondes.

# Analyse de l'effet piston

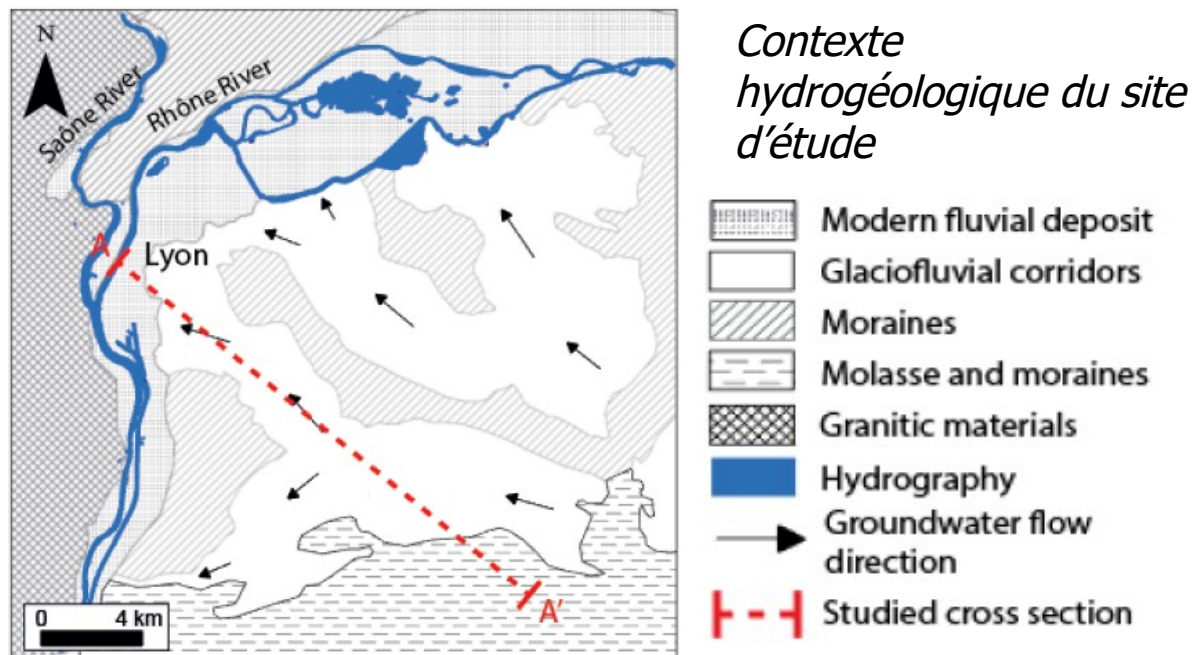
- Étude de la durée de mise en place du phénomène,
- Étudier la sensibilité de cet accroissement de vulnérabilité par rapport aux :
  - dimensions des aménagements et à leur densité (impacts cumulés),
  - caractéristiques physiques des aquifères (conductivité hydraulique, anisotropie, etc.).

## Objectif :

- Aide à la décision pour les aménageurs : permettre le calcul de la zone d'influence des aménagements.

# Mise en œuvre d'une étude de sensibilité

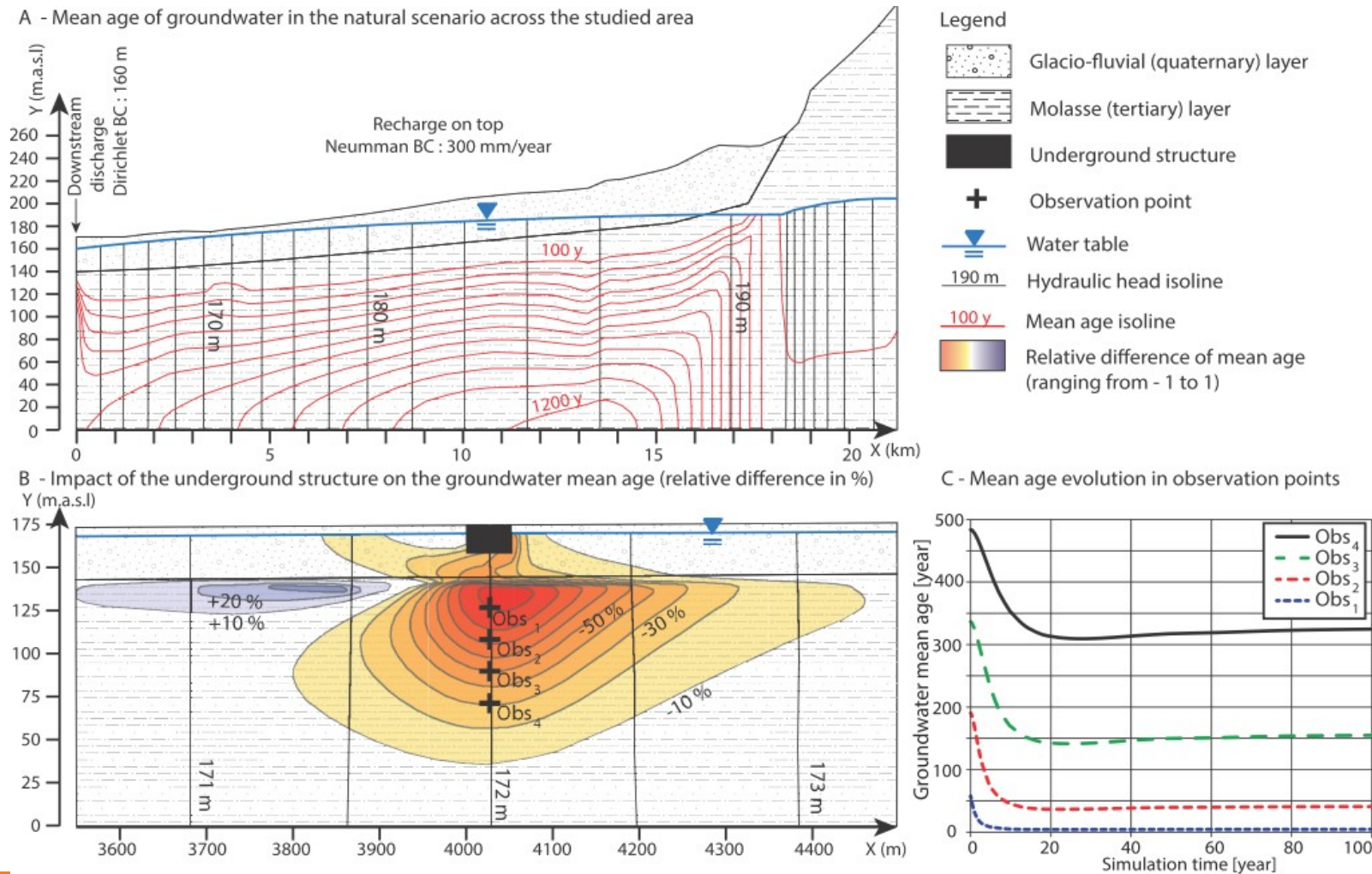
- Approche par modélisation déterministe en 2D permettant de simuler les mélanges entre différentes masses d'eau (équation d'advection-dispersion) causés par un ouvrage souterrain.



- On étudie l'étendue de la zone de mélange entre les deux masses d'eaux de 50 %.

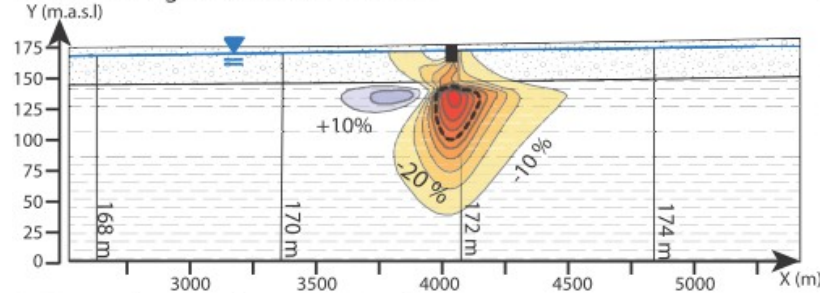


# Impact individuel d'un ouvrage souterrain sur la zone de mélange

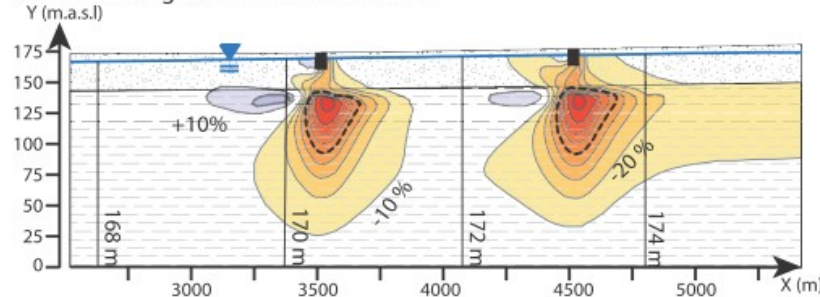


# Impacts cumulés des ouvrages souterrains sur la zone de mélange

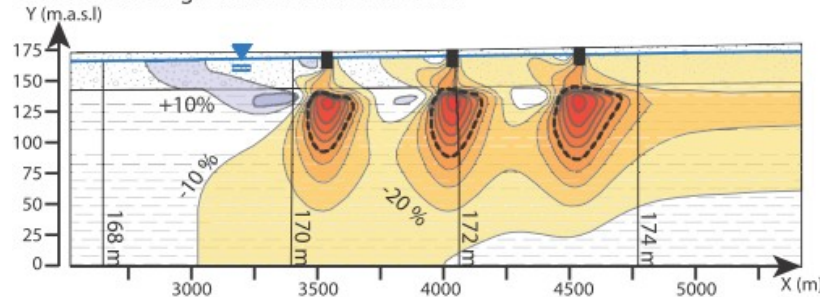
A - One underground structure in 2 km



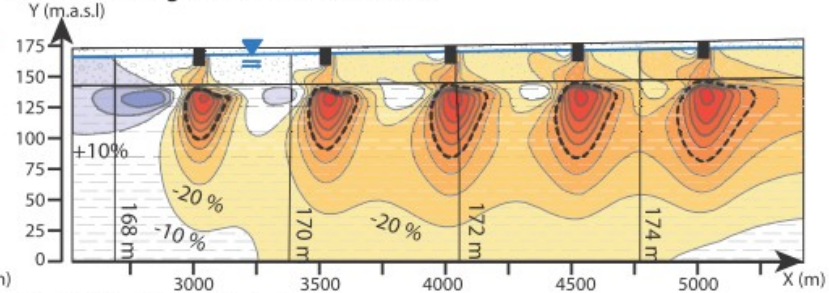
B - Two underground structures in 2 km



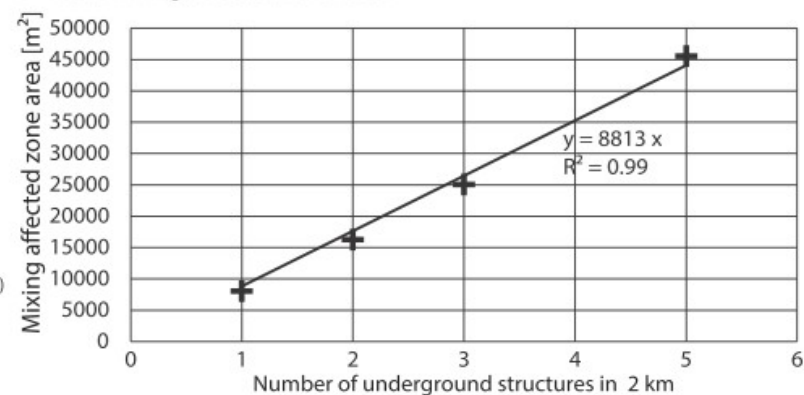
C - Three underground structures in 2 km



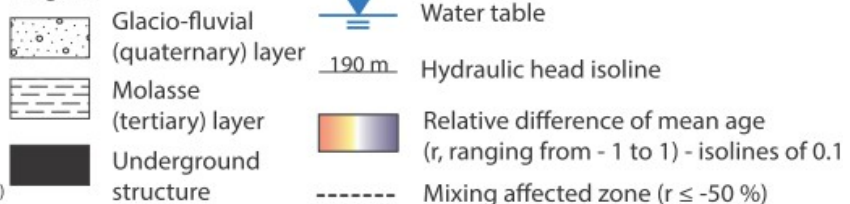
D - Five underground structures in 2 km



E - Total mixing affected zone area



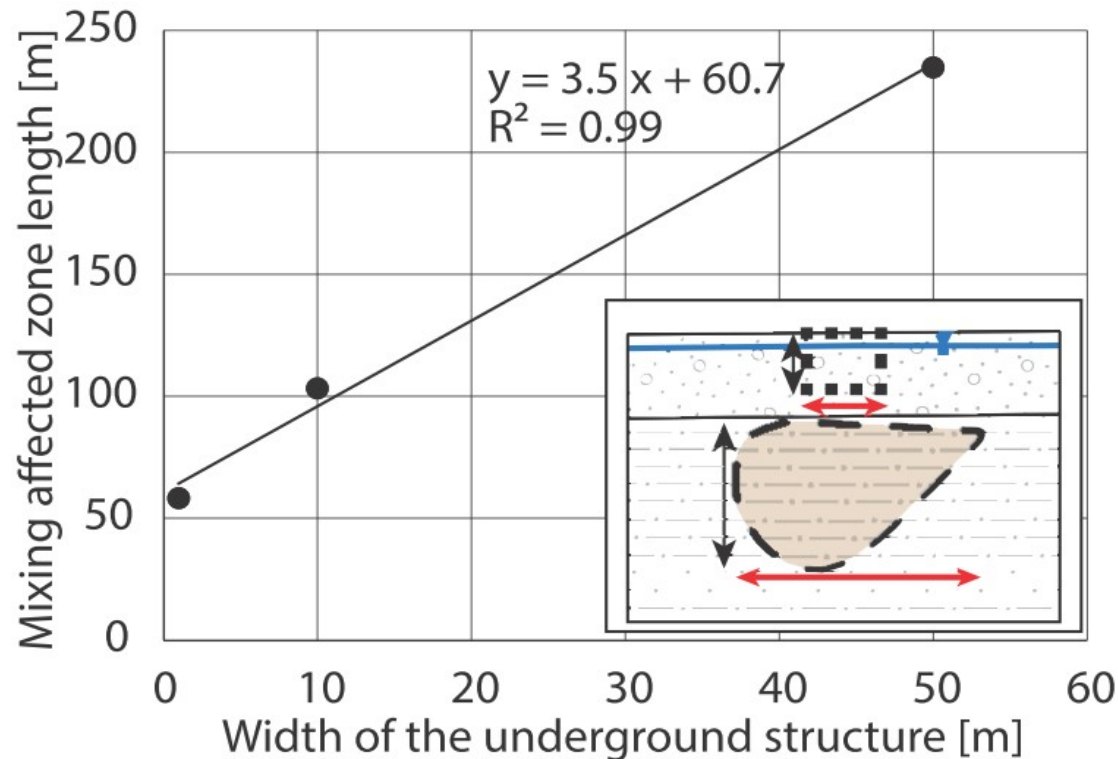
Legend



# Développement d'une loi empirique pour évaluer la zone de mélange causée par un aménagement

- 1- Détermination d'une zone de mélange standard dans un contexte standard.
- 2- On fait varier chaque paramètre indépendant pour étudier l'impact sur la zone de mélange (quelques simulations par paramètre) :
  - Profondeur et largeur de l'aménagement,
  - Contraste de perméabilité,
  - Anisotropie,
  - Porosité,
  - Dispersivité longitudinale et transversale,
  - Gradient hydraulique.
- 3- On construit une loi basée sur le produit de ces fonctions de pondération.

# Exemple : influence de la largeur de l'aménagement sur la largeur de la zone de mélange



*Evolution de la largeur de la zone de mélange en fonction de la largeur de l'aménagement*



# Construction de la loi empirique

- Largeur de la zone d'influence :

$$L_{MAZ}^e = L_{MAZ}^{ref} \times \phi_1 \times \phi_2 \times \underbrace{\phi_3 \times \phi_4 \times \phi_5 \times \phi_6 \times \phi_7}_{\text{Fonctions de pondération « contexte hydrogéologique »}}$$

↑  
Largeur de la zone de mélange de référence

Fonctions de pondération « aménagement »

- Les paramètres empiriques des fonctions de pondération ont été tabulées (Attard et al., 2017).

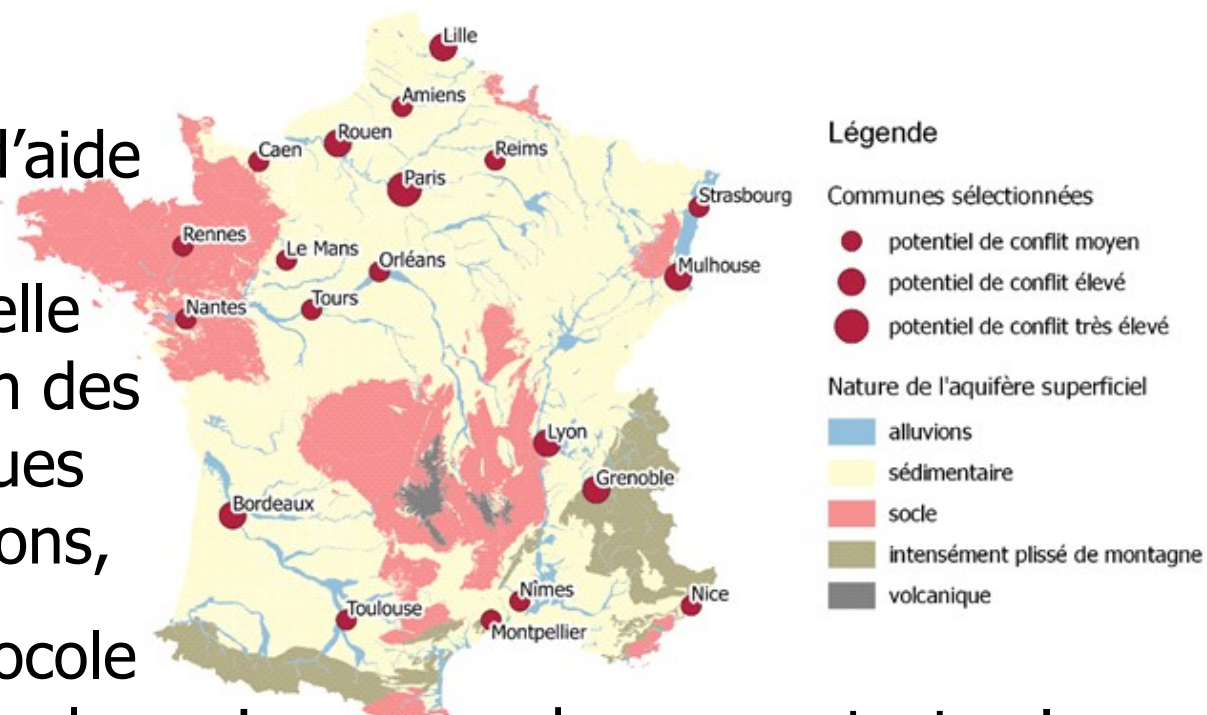
On peut ainsi relier simplement les dimensions de l'aménagement à la zone de mélange.

# Conclusions

- Mise en place de la zone de mélange :
  - De l'ordre de 1 an, directement sous l'ouvrage,
  - Environ 20 ans, environ 100 m sous l'ouvrage.
- Rôle des dimensions :
  - La zone de mélange apparaît même pour une faible obstruction.
  - L'obstruction de la couche superficielle a un rôle prépondérant sur l'extension de la zone de mélange.
- Rôle des caractéristiques physiques :
  - Les facteurs prépondérants : le contraste de perméabilité, l'anisotropie, et la porosité.

# Perspectives pour 2018...

- Généralisation de l'outil d'aide à la décision :  
conceptualisation à l'échelle du territoire métropolitain des contextes hydrogéologiques des grandes agglomérations,
- Mise en œuvre d'un protocole permettant de hiérarchiser les enjeux pour chaque contexte vis-à-vis de la qualité des eaux souterraines,
- *In fine*, améliorer l'aide à la décision pour la construction de nouveaux ouvrages pour réduire l'impact sur les masses d'eau souterraine stratégiques.





# Merci de votre participation

Contact : [guillaume.attard@cerema.fr](mailto:guillaume.attard@cerema.fr)

**Cerema Centre-Est**

Intersol'2018 – Paris, 27-29 mars 2018