

QUANTIFICATION DES IMPACTS DES OUVRAGES SOUTERRAINS SUR LES NAPPES URBAINES

Guillaume ATTARD, Laurent EISENLOHR (CEREMA)

Yvan ROSSIER (Université Grenoble Alpes)

Thierry WINIARSKI (Université Lyon, ENTPE)

Quantification des impacts des ouvrages souterrains sur les nappes urbaines

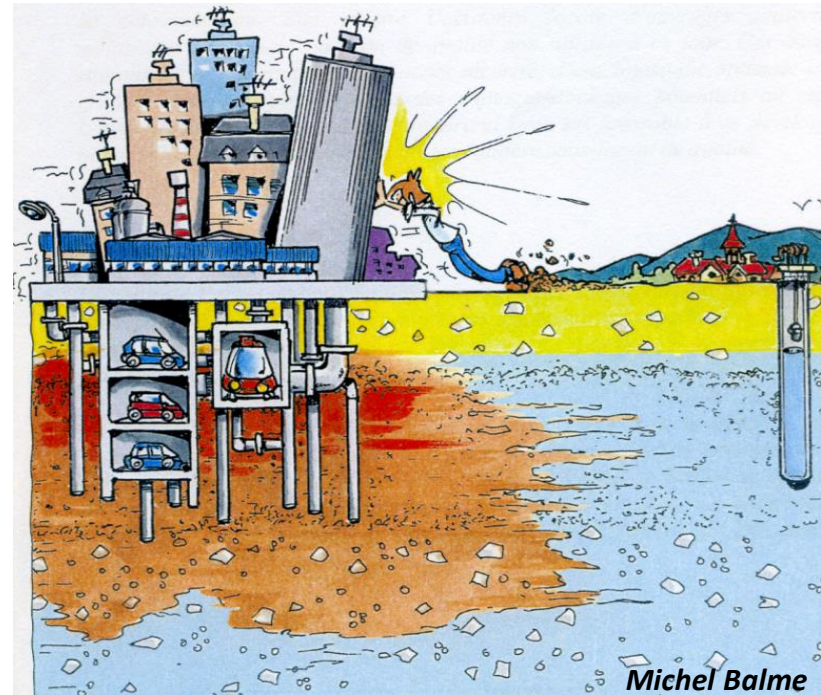
Guillaume Attard¹, Laurent Eisenlohr¹, Yvan Rossier³, Thierry Winiarski²

1. Cerema, Isle d'Abeau, France
2. Univ. Lyon, ENTPE, Vaulx-en-Velin, France
3. Univ. Grenoble Alpes, LTHE, Grenoble, France



L'eau souterraine confrontée au développement du souterrain urbain

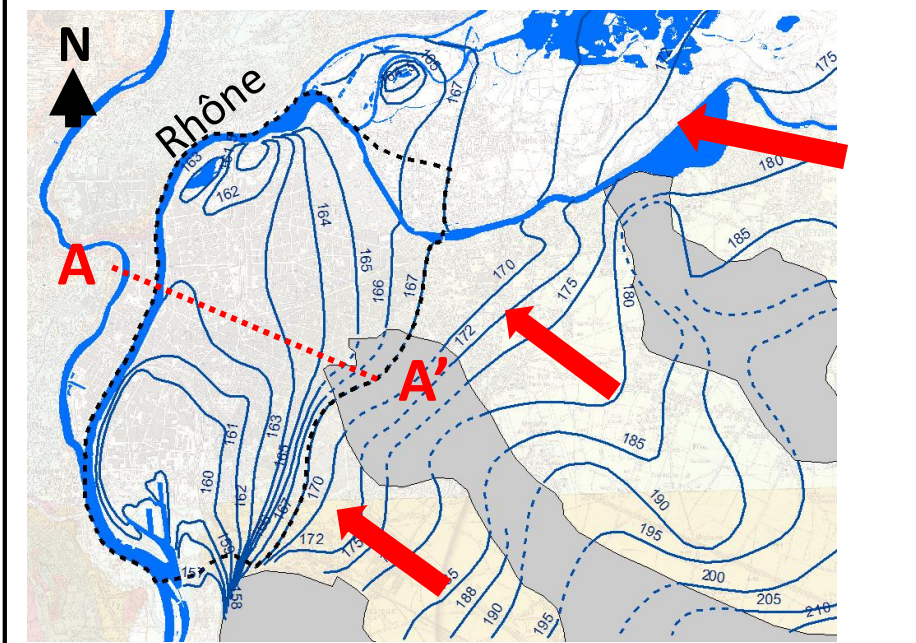
- En Europe, l'eau souterraine urbaine constitue 40% de l'eau distribuée dans les réseaux AEP ([Eiswirth et al., 2004](#)) et l'énergie géothermique est une ressource stratégique ([Commission Européenne, 2009](#)).
- **Interactions entre ouvrages souterrains et nappes qui génèrent des risques et nuisances :**
 - Tassements et inondations ([Yoo et al. 2012](#)).
 - Impact sur la qualité ([Chae et al. 2008](#)).
 - Impact sur la température ([Epting et al. 2013](#)).



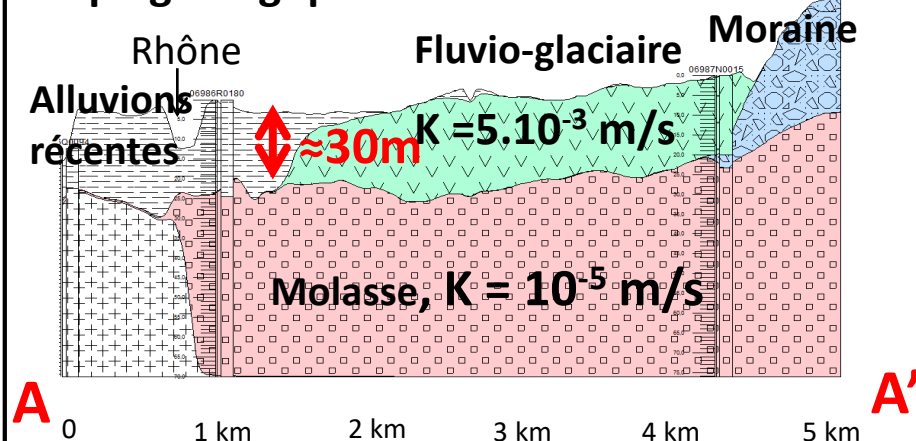
- **Objectifs des travaux :**
 - Améliorer la compréhension du rôle joué par les ouvrages souterrains sur les nappes urbaines,
 - Formuler des recommandations dédiées aux aménageurs.

Modélisation (FEFLOW ©) des impacts des ouvrages souterrains sur les écoulements de nappes (Lyon, France)

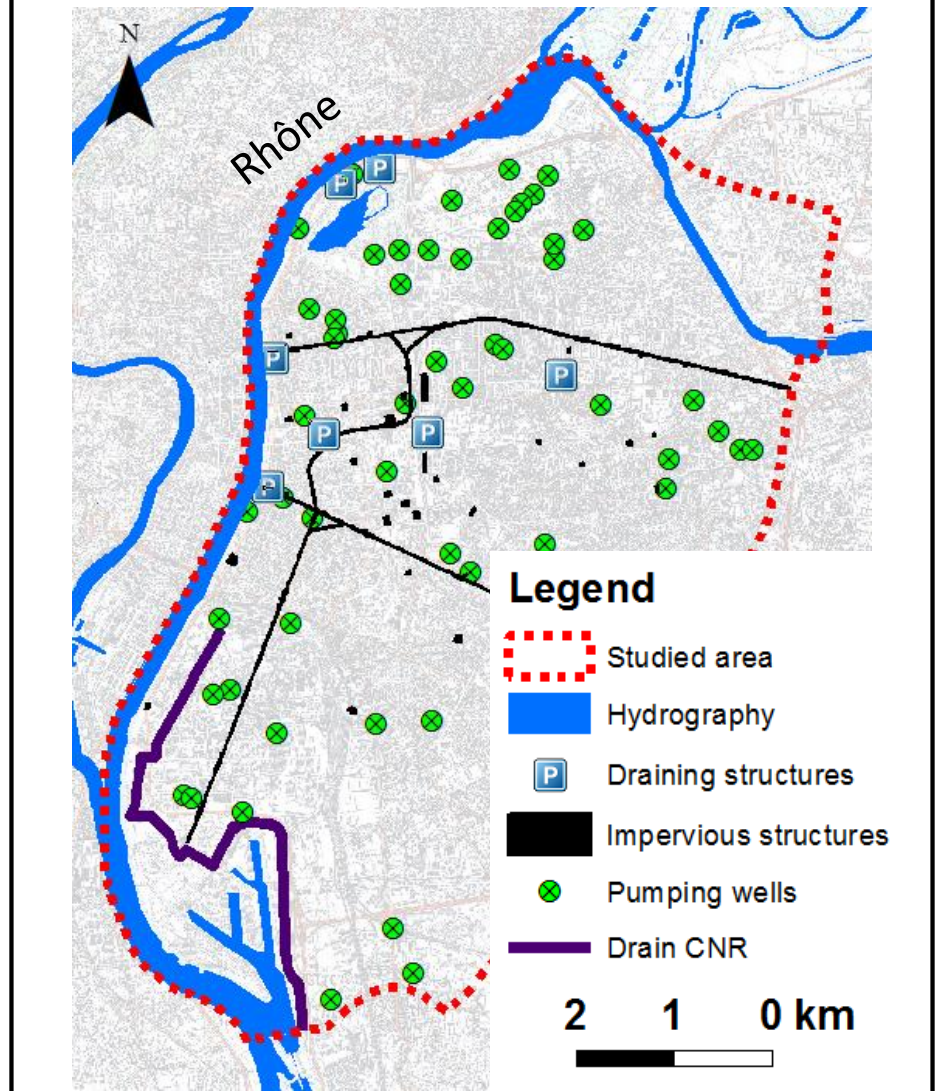
Carte piézométrique à Lyon (Gudefin 1974)



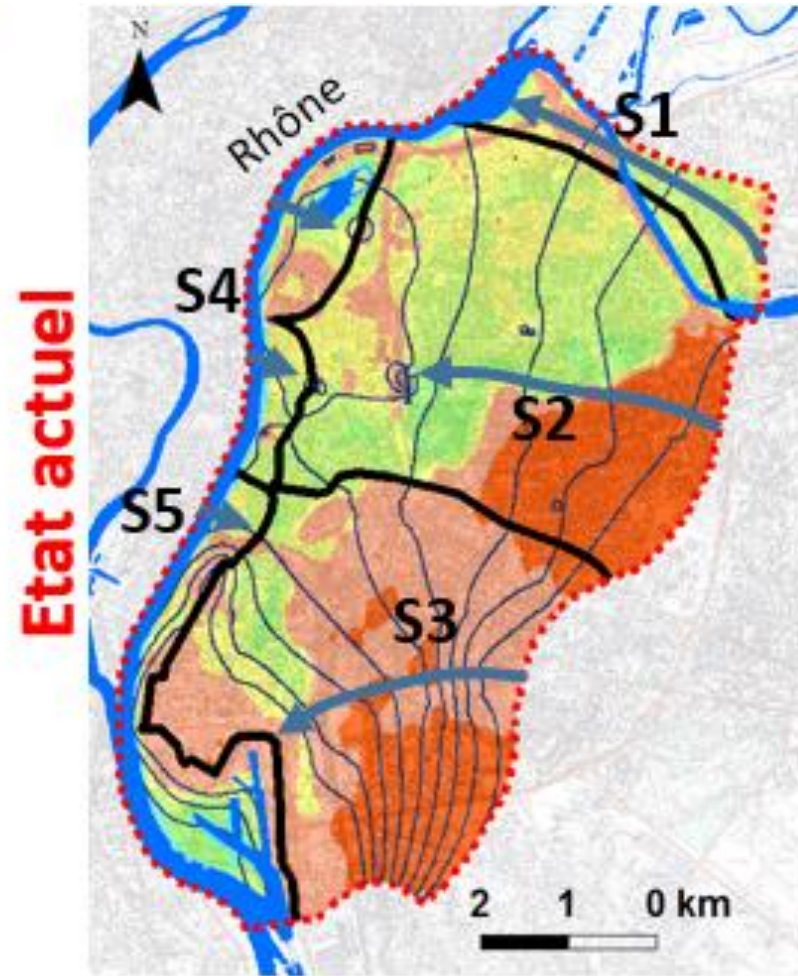
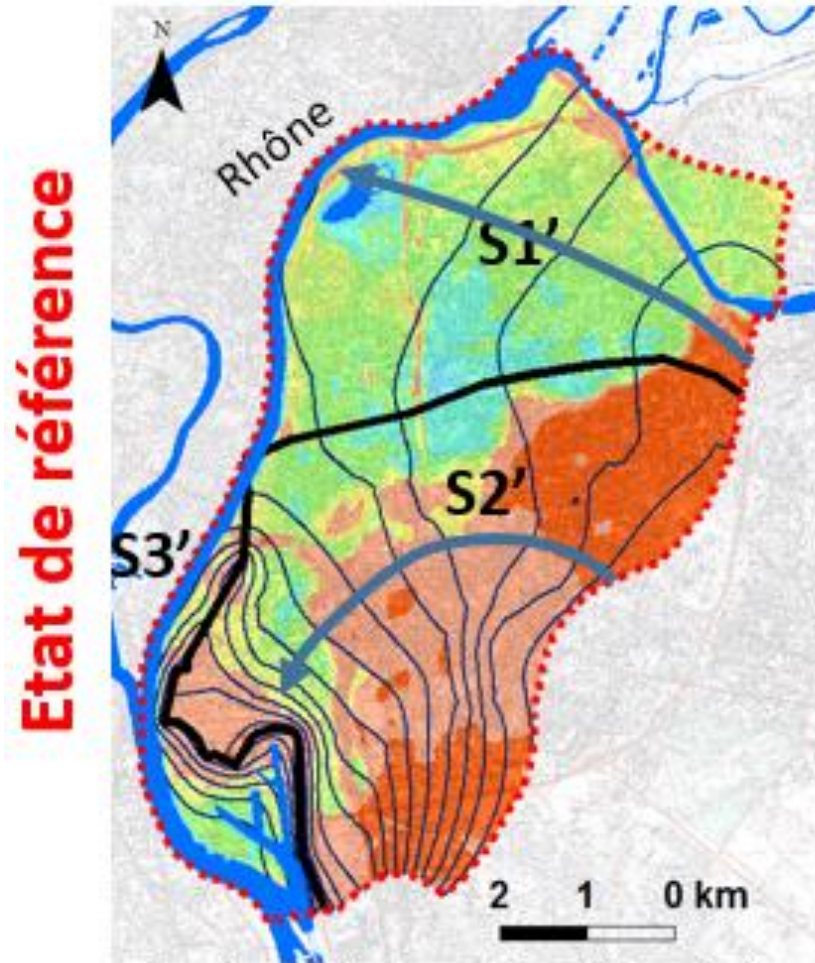
Coupe géologique



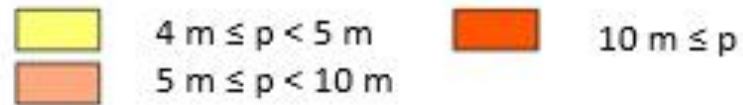
Les ouvrages souterrains à Lyon



Morcellement des systèmes d'écoulement de la nappe



Profondeur de la surface libre (p)



Impacts des ouvrages souterrains sur la qualité de l'eau souterraine

Quel est le rôle joué par les ouvrages souterrains sur la migration des contaminations urbaines?

- Modélisation déterministe 3D basée sur la théorie généralisée des réservoirs appliquée aux systèmes hydrodispersifs ([Cornaton and Perrochet, 2006a,b](#))

Matériels et Méthode

Modèle bi-couche (contexte lyonnais)
4 km², 150 m de profondeur

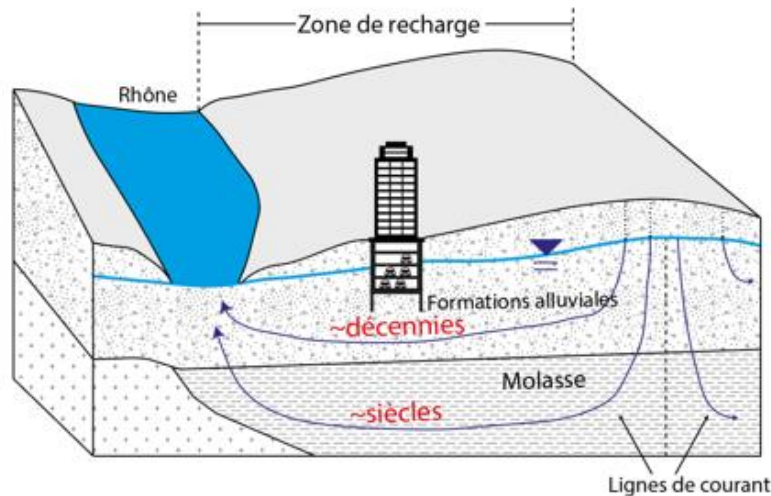
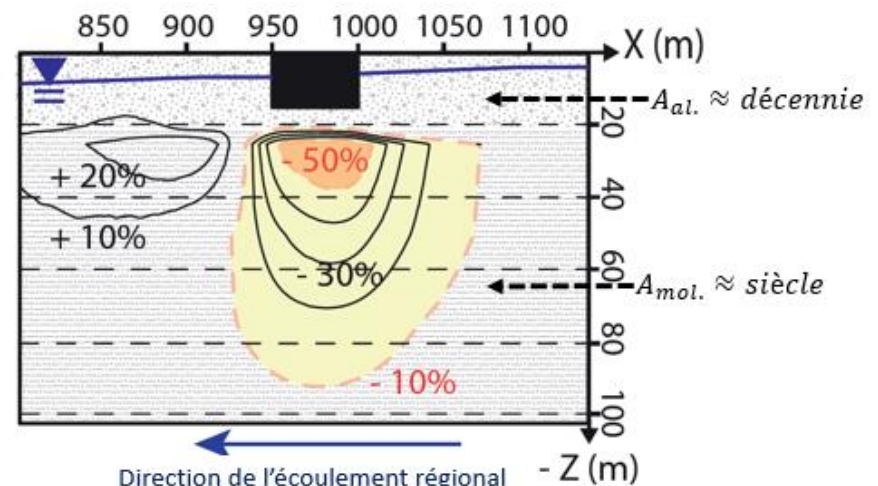


Schéma conceptuel du contexte hydrogéologique lyonnais

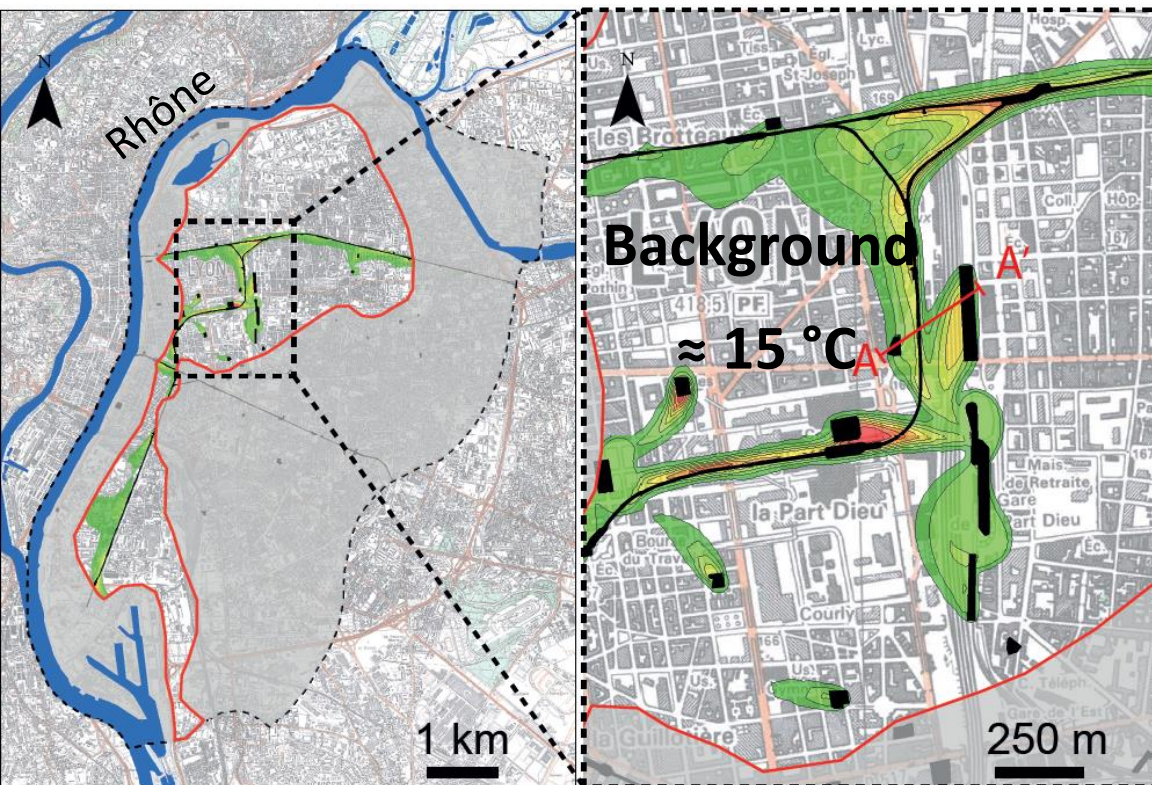
Résultats

Effet de mélange au droit de l'ouvrage!

Réduction relative de l'âge moyen de l'eau :



Impacts cumulés des ouvrages souterrains sur la température de l'eau souterraine

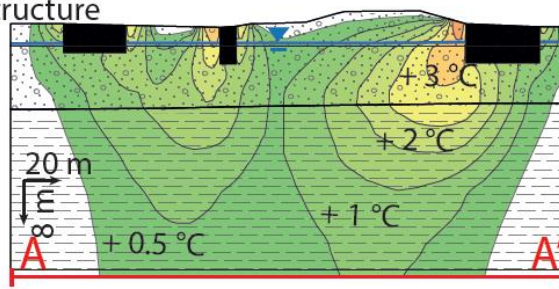


Legend

DOI
 River
 Underground structure
 Fluviatile alluv.
 Molasse

Temperature disturbance δ [°C]

$0.5 \leq \delta < 1$	$2 \leq \delta < 2.5$	$3.5 \leq \delta < 4$
$1 \leq \delta < 1.5$	$2.5 \leq \delta < 3$	$4 \leq \delta < 4.5$
$1.5 \leq \delta < 2$	$3 \leq \delta < 3.5$	$4.5 \leq \delta < 5$



- Ecoulement : Régime permanent
- Transport de chaleur : Régime transitoire
- Variation de T°C à l'intérieur des ouvrages
16 to 27 °C (Dirichlet BC)
- Enceinte des ouvrages:
1 m de béton
- Bilan de transfert thermique entre ouvrages et l'aquifère :

4.5 GW.h/an

En résumé...



- Les ouvrages drainant ont un impact considérable sur la structure des systèmes d'écoulement des nappes urbaines.
- Dans les conditions d'une nappe alluviale non confinée, les ouvrages imperméables ponctuels ont un impact marginal sur la position de la surface libre.
- Un effet de mélange se produit au droit des ouvrages souterrains, entre nappe d'eau superficielle et nappe d'eau profonde. Cet effet favorise la migration verticale des contaminations urbaines.



- Les ouvrages souterrains sont responsables de la formation d'îlots de chaleur au sein de l'aquifère urbain.
- Le bilan de transfert thermique devrait être intégré à l'évaluation du potentiel géothermiques des aquifères urbains.

Merci pour votre attention

Cette présentation est basée sur les travaux suivants :



Review: Impact of underground structures on the flow of urban groundwater

G. Attard, T. Winiarski, Y. Rossier, L. Eisenlohr
(2016) **Hydrogeology Journal**, 24 (1), 5-19



Deterministic modelling of the cumulative impacts of underground structures on urban groundwater flow and the definition of a potential state of urban groundwater flow: example of Lyon, France

G. Attard, Y. Rossier, T. Winiarski, L. Cuvillier, L. Eisenlohr
(2016) **Hydrogeology Journal**, 24 (5), 1213-1229



Urban groundwater age modeling under unconfined condition—Impact of underground structures on groundwater age: Evidence of a piston effect

G. Attard, Y. Rossier, L. Eisenlohr
(2016) **Journal of Hydrology** 535, 652-661



Deterministic modeling of the impact of underground structures on urban groundwater temperature

G. Attard, Y. Rossier, T. Winiarski, L. Eisenlohr
(2016) **Science of The Total Environment** 572, 986-994

Contact: guillaume.attard@cerema.fr