

Cadre d'utilisation:

Les travaux réalisés dans le cadre de ce rapport ont abouti à la construction d'un modèle numérique permettant de quantifier l'influence de la taille du bassin versant d'un ouvrage d'infiltration et l'épaisseur de la zone non saturée sous cet ouvrage sur le régime thermique de la nappe.

Ce modèle développé et calé à partir de chroniques de données issues de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine (OTHU) permet de préconiser pour les nappes de l'agglomération lyonnaise les tailles de bassin versant et les épaisseurs de zone non saturée qu'il est souhaitable de retenir afin de ne pas modifier drastiquement le régime thermique des eaux souterraines à l'aplomb des ouvrages d'infiltration.

Ce modèle est toutefois transférable à d'autres nappes et ouvrages que ceux de l'agglomération lyonnaise. Il est également utilisable afin de tester un certain nombre de scénarios visant à évaluer les conséquences de potentiels changements climatiques - par exemple une modification de la répartition saisonnière des précipitations - sur la température moyenne des eaux souterraines à l'aplomb des ouvrages d'infiltration. Enfin, il devrait également permettre de comparer les perturbations thermiques engendrées par différentes sources ponctuelles de chaleur telles que des pompes à chaleur et des ouvrages d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial.

Références:

Charguéron C., Canaletta B., Boisson M., Jacques F. (2007) Utilisation énergétique d'une nappe – nécessité d'un recensement - exemple de la ville de Grenoble. In *Les Nappes d'Eau Souterraines en Contexte Urbain*, Chastagner P. Gouisset Y. (eds). Comité Français d'Hydrogéologie : Lyon, France; 155-166.

Chastanet J., Kaskassian S., Côme J.M., Malard F., Foulquier A. (2008) Transport de chaleur et température des nappes phréatiques à l'aplomb des bassins d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial. *Projet ANR-05-ECOT-006*.

Datry T. (2003) *Urbanisation et qualité des nappes phréatiques: réponses des écosystèmes aquatiques souterrains aux pratiques d'infiltration d'eau pluviale*. Thèse de doctorat. Université Lyon.

Foulquier A., Malard F., Gibert J. (2007) Régime thermique des nappes phréatiques à l'aplomb de bassins d'infiltration. In *Les Nappes d'Eau Souterraines en Contexte Urbain*, Chastagner P. Gouisset Y. (eds).

Foulquier A. (2009) *Ecologie fonctionnelle dans les nappes phréatiques : liens entre flux de matière organique, activité et diversité biologiques*. Thèse de doctorat, Université Lyon 1, Lyon, France.

Elaboration d'un outil opérationnel pour la maîtrise des impacts des ouvrages d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial sur le régime thermique des nappes phréatiques

Résumé :

L'essor des pratiques d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial à travers le monde nécessite l'établissement de règles de gestion notamment au regard des perturbations engendrées par les ouvrages d'infiltration sur le régime thermique des nappes phréatiques. Ce rapport apporte des éléments de réponse à travers une modélisation numérique du transport d'eau et de chaleur sous un ouvrage d'infiltration.

Contexte :

L'augmentation de la température des eaux souterraines sous les grandes agglomérations urbaines est un phénomène avéré dont l'ampleur est désormais de nature à modifier la diversité biologique, le fonctionnement biogéochimique et la qualité des eaux des aquifères couvrant les besoins en eau des populations. Les causes du réchauffement observé interviennent à différentes échelles spatiales : globale (réchauffement du climat), locale (l'îlot de chaleur urbain), et ponctuelle (pertes de chaleur par les habitations, pompes à chaleur, ouvrages d'infiltration). Leur contribution relative au réchauffement observé est difficilement quantifiable mais la multiplication des sources ponctuelles de chaleur est telle que leurs effets ajoutés ne peuvent plus être négligés. Pourtant, très peu de données permettent aujourd'hui de documenter et comprendre l'impact thermique de sources ponctuelles telles que des immeubles, des pompes à chaleur (Charguéron *et al.* 2007) ou des ouvrages d'infiltration (Foulquier *et al.* 2007).

Les pratiques d'infiltration artificielle d'eau de ruissellement pluvial se développent dans un certain nombre de villes à travers le monde puisqu'elles constituent un moyen efficace de limiter les volumes d'eau de ruissellement lors des épisodes pluvieux (minimisant ainsi les risques d'inondation) tout en rechargeant les aquifères urbains fortement sollicités par les prélèvements dédiés à la consommation en eau potable, l'irrigation ou l'industrie. Ces pratiques d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial qui consistent à infiltrer rapidement de grandes quantités d'eau sur des surfaces réduites augmentent considérablement le transport de chaleur par advection vers les eaux souterraines et modifient drastiquement le régime thermique des nappes à l'aplomb des ouvrages d'infiltration (Datry *et al.* 2003, Foulquier *et al.* 2007).

De précédents travaux ont permis d'identifier la taille du bassin versant et l'épaisseur de la zone non saturée comme de potentiels leviers opérationnels en termes de gestion des eaux de ruissellement pluvial (Chastanet *et al.* 2008, Foulquier 2009). Cependant, la possibilité d'établissement de règles de gestion fondées sur les relations empiriques issues de ces travaux est limitée par un certain nombre de verrous scientifiques liés à la compréhension des mécanismes mis en cause lors de l'infiltration artificielle d'eau pluviale et du transfert de chaleur associé vers les eaux souterraines. La levée de ces verrous nécessite une étape de modélisation des écoulements d'eau et du transport de chaleur sous un ouvrage d'infiltration.

Contacts :

Arnaud Foulquier, Florian Malard - UMR CNRS 5023 - Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux - Université Claude Bernard Lyon 1
André Baudoin - Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement, Université de Grenoble

Objectifs:

Un modèle numérique 2D a été construit afin de reproduire les caractéristiques du bassin d'infiltration Django Reinhardt (situé sur la commune de Chassieu (69)) lourdement instrumenté dans le cadre de l'OTHU. Sur la base des chroniques de données enregistrées en surface et en nappe phréatique, l'objectif était d'obtenir un calage satisfaisant des variations de température des eaux souterraines sous l'ouvrage aussi bien à une échelle événementielle que saisonnière. Sur la base de ce calage, l'objectif du présent rapport était d'évaluer l'influence de la taille du bassin versant et de l'épaisseur de zone non saturée sur la perturbation thermique engendrée par les pratiques d'infiltration artificielle d'eau de ruissellement pluvial à travers une simulation numérique du transport d'eau et de chaleur sous un bassin d'infiltration d'eau pluviale à l'échelle saisonnière.

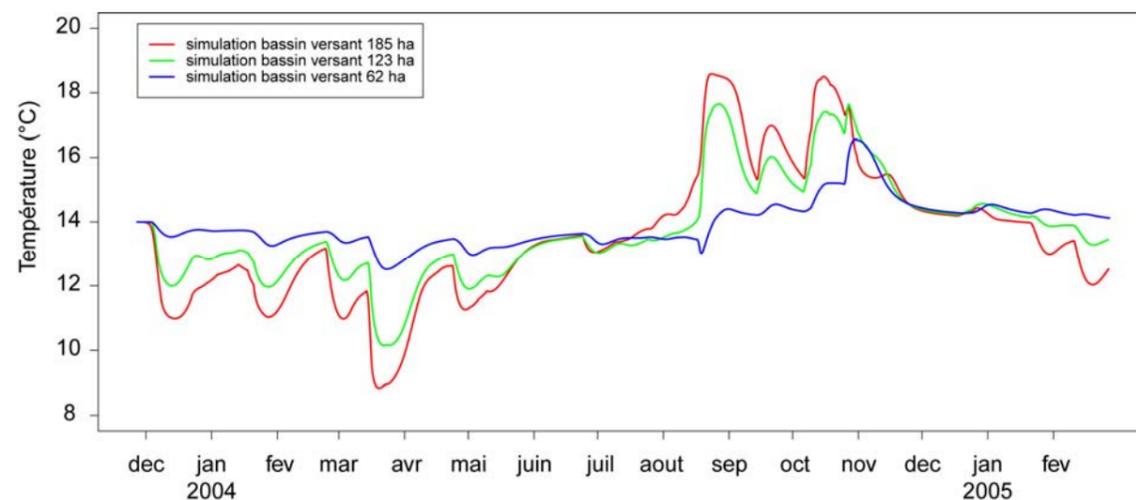
Intérêt opérationnel:

Cette modélisation doit permettre de préconiser des règles de gestion pour ces deux paramètres (taille du bassin versant et épaisseur de zone non saturée) afin de limiter l'augmentation de l'amplitude thermique saisonnière des nappes à l'aplomb des bassins d'infiltration. Il s'agit plus précisément de définir les tailles de bassin versant et les épaisseurs de zone non saturée souhaitables afin de ne pas dépasser des amplitudes thermiques annuelles dans la nappe de 2 et 4°C.

Principaux résultats:

Influence de la taille du bassin versant

Les simulations réalisées pour une zone non saturée de 13 m et des tailles de bassin versant de 62, 123 et 185 ha indiquent qu'une réduction de la taille du bassin versant et donc des quantités d'eaux infiltrées lors des événements pluvieux se traduit par une atténuation de la perturbation thermique des eaux souterraines aussi bien à une échelle événementielle que saisonnière. Les températures minimale et maximale à l'échelle événementielle atteignent respectivement 8.8 et 18.6 °C pour un bassin versant de 185 ha. Elles sont seulement de 12.5 et 16.5 °C pour un bassin versant de 62 ha. D'un point de vue saisonnier, l'amplitude thermique des eaux souterraines à 1 m sous la surface libre de la nappe diminue avec la taille du bassin versant: cette amplitude n'est plus que de 2.7 °C pour un bassin versant de 62 ha.

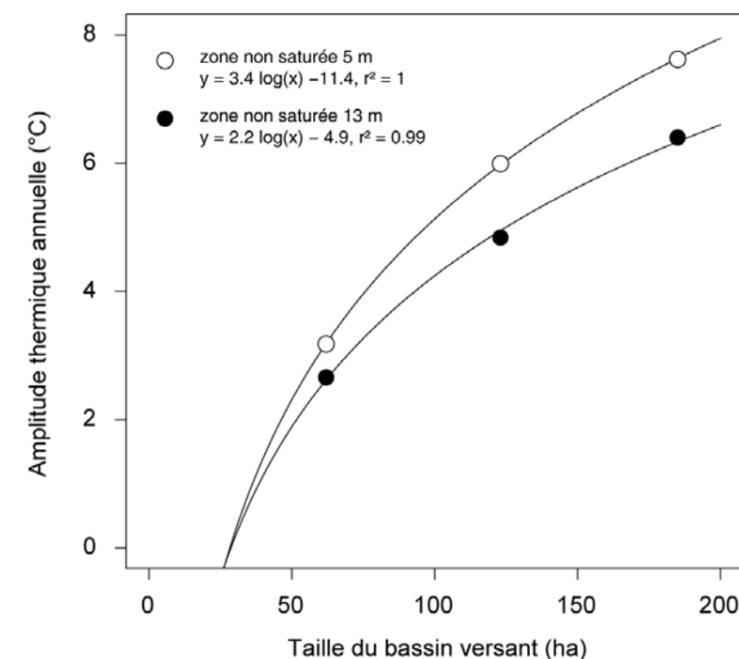


Influence de la taille du bassin versant sur la perturbation thermique des eaux souterraines : cas d'une épaisseur de zone non saturée de 13 m.

En réduisant les volumes d'eaux infiltrés, une diminution de la taille du bassin versant connecté à l'ouvrage limite le transport de chaleur par advection vers les eaux souterraines et réduit ainsi la perturbation thermique engendrée par l'infiltration artificielle d'eau pluviale. **Dans des formations fluviales et/ou fluvioglaciaires perméables de l'agglomération lyonnaise, les tailles de bassin versant souhaitables afin de ne pas dépasser une amplitude thermique annuelle dans la nappe de 2 et 4°C sont respectivement de 50 et 100 hectares.**

Influence de l'épaisseur de zone non saturée

Les simulations réalisées ont permis de mettre en évidence que la température des eaux d'infiltration était modifiée au cours de leur passage à travers la zone non saturée et que cette modification avait lieu tout au long de leur transit de la surface vers les eaux souterraines. Les simulations réalisées ont également montré qu'à taille de bassin versant égale, une épaisseur de zone non saturée importante permettrait de limiter l'impact des ouvrages sur l'amplitude thermique annuelle des eaux souterraines, notamment pour les tailles de bassin versant les plus élevées.



Influence de la taille du bassin versant et de l'épaisseur de zone non saturée sur l'amplitude thermique annuelle des eaux souterraines.

Une épaisseur de zone non saturée importante permet de limiter le transport de chaleur de la surface vers les eaux souterraines sous les ouvrages d'infiltration artificielle d'eau pluviale et limite ainsi la perturbation thermique de la nappe. **Dès lors que la taille du bassin versant dépasse 100 hectares, il est préférable de maintenir une épaisseur de zone non saturée d'une dizaine de mètres.**