

Résumé :

Les recommandations actuelles concernant le dimensionnement et la gestion des ouvrages d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial sont principalement basées sur des critères hydrauliques. Jusqu'à présent, peu de données étaient disponibles au regard de l'intensité des perturbations engendrées sur le fonctionnement des aquifères sous-jacents. Les résultats présentés permettent d'appréhender l'influence de paramètres tels que l'épaisseur de zone non saturée, la surface du bassin versant ou la durée de fonctionnement de l'ouvrage.

■ **Cadre Général :**

L'essor des pratiques d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial à travers le monde entraîne de la part des gestionnaires une demande croissante de règles permettant l'ajustement de ces pratiques du point de vue du dimensionnement et de la gestion des ouvrages.

Actuellement, ce dimensionnement est réalisé sur la base de critères hydrauliques prenant en compte la perméabilité des sols, qui influence les temps de vidange, et les caractéristiques du bassin versant dont la surface et le coefficient de ruissellement définissent les volumes d'eau qui seront stockés dans l'ouvrage lors des événements pluvieux. Le dimensionnement et l'entretien des ouvrages (curage des couches de sédiment colmatées) doivent ainsi permettre d'éviter le débordement et les risques d'inondations associés aux événements pluvieux exceptionnels.

Afin d'assurer des temps de rétention et de dégradation suffisants des polluants au niveau du sol et de la zone non saturée, les recommandations existantes déconseillent la conception d'ouvrages d'infiltration pour des sols présentant une conductivité hydraulique supérieure à 10-2 m.s-1 mais également pour des conditions de nappes peu profondes situées à moins d'un mètre de la surface. La majorité des métaux et des hydrocarbures contenus dans les eaux de ruissellement pluvial étant retenus dans les 50 premiers centimètres du sol, les nappes situées au-delà d'un mètre sous la surface du sol semblent effectivement protégées vis-à-vis de ces polluants.

Il existe cependant peu de règles de dimensionnement et de gestion des ouvrages d'infiltration au regard du risque potentiel de dysfonctionnement biogéochimique lié à une augmentation des flux de matière organique vers les aquifères et à la stimulation des respirations microbiennes qui y est associée.

La matière organique constitue un élément indésirable dans les eaux destinées à la production d'eau potable puisque, lors du traitement, l'oxydation par le chlore forme des sous-produits présentant une toxicité élevée. De plus, l'accumulation de matière organique dans les réseaux de distribution d'eau potable pouvant favoriser le développement de biofilms microbiens potentiellement pathogènes, le dimensionnement des ouvrages doit permettre de retenir et dégrader ces flux de matière organique avant leur arrivée au toit des nappes. Enfin, les écosystèmes souterrains présentent une grande stabilité du point de vue de la température et peu de données permettent d'évaluer l'intensité de la perturbation thermique des aquifères engendrée par l'infiltration artificielle d'eau pluviale.

Les recherches menées dans le cadre de l'OTHU avaient pour objectif d'évaluer l'impact de l'infiltration artificielle d'eau pluviale sur la dynamique du carbone organique dissous et de l'oxygène et le régime thermique des nappes phréatiques. Les travaux réalisés sur des sites de recharge artificielle en eau pluviale et des sites de référence non soumis à l'infiltration artificielle ont permis de déterminer l'influence de paramètres tels que l'épaisseur de zone non saturée, la surface du bassin versant connecté à l'ouvrage ou la durée de fonctionnement de l'ouvrage.

■ **Contacts :**

Arnaud FOULQUIER, Florian MALARD, Florian MERMILLOD-BLONDIN, Pierre MARMONIER
UMR CNRS 5023 - Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux – Equipe d'Hydrobiologie et Ecologie Souterraines.
Université Claude Bernard Lyon 1, Bâtiment Forel, 43 Boulevard du 11 novembre 1918, 69622
Villeurbanne Cedex.

E-mail : arnaud.foulquier@gmail.com, malard@univ-lyon1.fr, mermillod@recherche.univ-lyon1.fr,
pierre.marmonier@univ-lyon1.fr

Les avancées de l'OTHU : Principaux résultats

La zone non saturée est-elle un filtre efficace ?

L'infiltration artificielle des eaux de ruissellement pluvial induit une augmentation considérable des flux de COD transférés vers les aquifères. Les valeurs atteintes sous certains ouvrages sont en effet jusqu'à 1700 fois plus élevées que pour des zones de référence non soumises à l'infiltration artificielle. L'impact de cette augmentation sur les concentrations en COD mesurées au toit des nappes sous 11 ouvrages d'infiltration de l'agglomération lyonnaise reste cependant modéré, malgré une augmentation significative située aux alentours de 0.3 mg/l en comparaison aux zones de référence (Figure 1).

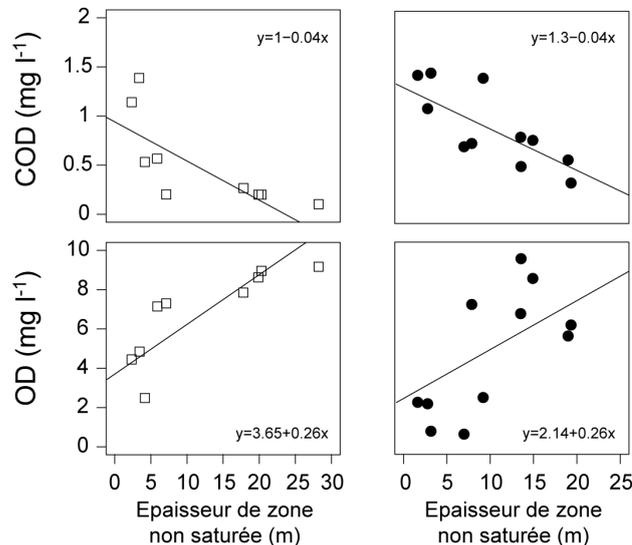


Figure 1 : Évolution des concentrations en Carbone Organique Dissous (COD) et en Oxygène Dissous (OD) dans les eaux souterraines en fonction de l'épaisseur de zone non saturée pour des sites de référence (colonne de gauche) et de recharge artificielle en eau pluviale (colonne de droite).

Cependant, l'augmentation des flux de COD sous les ouvrages n'entraîne pas une stimulation excessive des respirations microbiennes au toit des nappes puisque des conditions proches de l'anoxie ne sont observées que sous 2 des 11 bassins d'infiltration considérés. Lors des épisodes d'infiltration, l'utilisation d'un modèle de mélange eaux pluviales-eaux de nappe a permis de mettre en évidence que seule une proportion de COD faiblement biodégradable atteignait le toit de nappes. Ainsi, les concentrations en oxygène dissous plus faibles sous les ouvrages d'infiltration ne sont pas liées à une consommation de COD au toit des nappes par les respirations microbiennes mais reflètent une recharge par des eaux appauvries en oxygène lors de leur passage à travers le lit d'infiltration et la zone non saturée.

Les résultats obtenus indiquent qu'au-delà d'une épaisseur de 3 mètres, la zone non saturée constitue un filtre efficace pour dégrader la majorité du COD facilement biodégradable contenu dans les eaux de ruissellement pluvial avant leur arrivée au toit des nappes. Par ailleurs, une épaisseur de zone non saturée importante permet de maintenir une oxygénation convenable des eaux souterraines.

Faut-il fixer une limite maximale à la surface du bassin versant ?

Jusqu'à présent, peu de données permettaient d'évaluer l'influence de la surface du bassin versant connecté à l'ouvrage sur l'intensité des perturbations engendrées par les pratiques d'infiltration artificielle des eaux de ruissellement pluvial. En l'absence d'infiltration artificielle, les eaux souterraines présentent une grande stabilité du point de vue de la température avec une valeur moyenne située aux alentours de 13°C et une amplitude thermique annuelle généralement inférieure à 1.5°C au sein de l'agglomération lyonnaise. En revanche, l'augmentation considérable des flux d'eau infiltrés favorise les transferts de chaleur par advection et induit une forte perturbation du régime thermique des nappes phréatiques par les pratiques d'infiltration artificielle. Cette perturbation augmente avec la surface du bassin versant connecté à l'ouvrage et donc avec les quantités d'eaux infiltrées (Figure 2A). Si lors des épisodes de recharge les variations de température au toit des nappes dépassent rarement 3°C, l'amplitude thermique annuelle est en moyenne 9 fois supérieure à celle observée aux sites de référence. Pour certains sites, cette augmentation d'amplitude induit un maintien de la température des eaux souterraines à des valeurs supérieures à 20°C pour des périodes s'étalant jusqu'à 3 mois consécutifs. La relation établie entre la taille du bassin versant et l'amplitude thermique annuelle permet d'observer que le passage d'une surface efficace de bassin versant de 5 à 20 ha entraîne le passage d'une amplitude thermique annuelle de 2.2 à 3.8°C (Figure 2A).

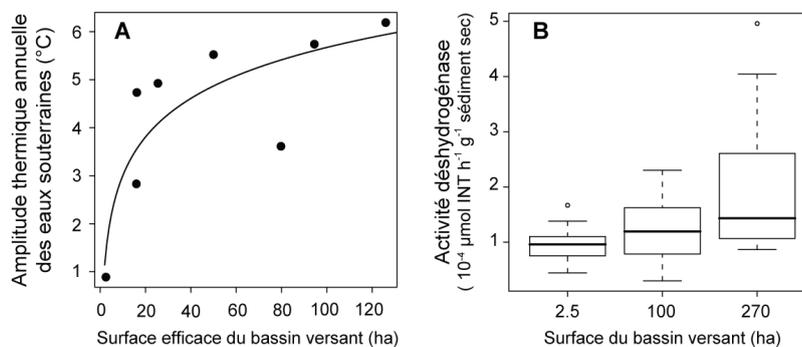


Figure 2 : Evolution de l'amplitude thermique annuelle des eaux souterraines (A) et de l'activité déshydrogénase des bactéries attachées aux sédiments (B) en fonction de la surface du bassin versant connecté à l'ouvrage.

De plus, malgré une faible proportion de COD biodégradable apporté au toit des nappes lors des événements pluvieux, la multiplication de ces faibles quantités par les flux d'eau infiltrés permet une stimulation du compartiment microbien dans le premier mètre sous le toit des nappes qui augmente avec la taille du bassin versant (Figure 2B).

Dès lors qu'une épaisseur de zone non saturée suffisante (i.e. >3m) est respectée, assurant ainsi une rétention efficace de la majorité du COD facilement biodégradable, il n'apparaît pas pertinent de recommander une taille de bassin versant particulièrement notamment du point de vue de la perturbation thermique. Cette perturbation étant engendrée même pour de faibles tailles de bassin versant, une réelle atténuation des amplitudes thermiques nécessiterait de privilégier les systèmes d'infiltration à la source.

Les résultats obtenus indiquent qu'au-delà d'une épaisseur de 3 mètres, la zone non saturée constitue un filtre efficace pour dégrader la majorité du COD facilement biodégradable contenu dans les eaux de ruissellement pluvial avant leur arrivée au toit des nappes. Par ailleurs, une épaisseur de zone non saturée importante permet de maintenir une oxygénation convenable des eaux souterraines.

Quelle est la durée de vie des ouvrages ?

L'analyse de chroniques d'oxygène dissous pour 12 sites a permis d'établir une relation entre la durée de fonctionnement des ouvrages d'infiltration et les concentrations moyennes en oxygène des nappes sous-jacentes (Figure 3). Cette relation suggère que la matière organique accumulée au sein du lit d'infiltration et de la zone non saturée entraîne une désoxygénation des eaux d'infiltration d'autant plus importante que la durée de fonctionnement de l'ouvrage est élevée.

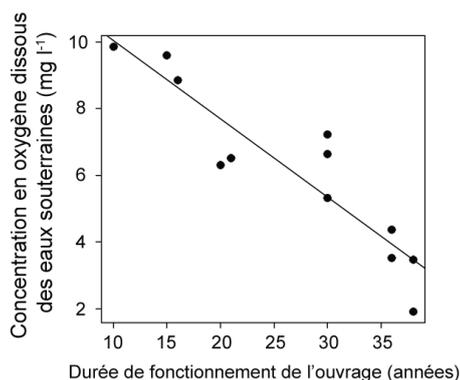


Figure 3 : Évolution des concentrations moyennes en oxygène dissous des eaux souterraines en fonction de la durée de fonctionnement de l'ouvrage.

La désoxygénation des eaux souterraines sous les ouvrages les plus anciens confirme l'intérêt des pratiques destinées à maintenir la capacité hydraulique des ouvrages en favorisant la rétention des matières en suspension à l'amont des ouvrages et le curage des couches superficielles. Cependant, il apparaît primordial de considérer l'idée que la "durée de vie écologique" des ouvrages (i.e. capacité à ne pas modifier la qualité des eaux souterraines) puisse être inférieure à leur "durée de vie hydraulique" (i.e. capacité à infiltrer efficacement les eaux de surface).

■ **Cadre d'utilisation et développement futur**

Les travaux et résultats présentés ici concernent principalement l'impact local de l'infiltration artificielle sur le fonctionnement des nappes phréatiques. Il existe actuellement peu de données permettant d'évaluer l'étendue spatiale des perturbations engendrées à des distances élevées à l'aval hydraulique de l'ouvrage. Les recherches futures devraient permettre de caractériser plus précisément l'étendue du panache de pollution tout en permettant de définir l'influence des caractéristiques des ouvrages sur l'étendue de ce panache.

De la même manière, les résultats présentés concernent l'impact d'ouvrages d'infiltration isolés et il est actuellement impossible de déterminer l'influence globale de l'infiltration artificielle à l'échelle de la nappe. Les travaux futurs devraient permettre de déterminer les effets cumulés des différents ouvrages d'infiltration d'eau pluviale sur le fonctionnement des aquifères et la qualité des eaux de nappe.

■ **Remerciements**

Ces recherches ont été réalisées dans le cadre de l'OTHU avec le soutien de l'ANR (programme ECOPLUIES) et du cluster Environnement de la région Rhône-Alpes.

■ **Quelques documents publiés sur le thème**

Barraud et al. (2009) L'infiltration en questions : Recommandations pour la faisabilité, la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration d'eaux pluviales en milieu urbain. Guides et fiches techniques OTHU, Programme ECOPLUIES. <http://www.graie.org/othu>

Foulquier A., Malard F., Mermillod-Blondin F., Datry T., Simon L., Montuelle B., Gibert J. (2010) Vertical change in dissolved organic carbon and oxygen at the water table region of an aquifer recharged with stormwater : biological uptake or mixing ? *Biogeochemistry*, 99 : 31-47.

Foulquier A., Malard F., Barraud S., Gibert J. (2009) – Thermal influence of urban groundwater recharge from stormwater infiltration basins. *Hydrological Processes*, 23 : 1701-1713.