

Auto-épuration des rejets urbains de temps de pluie par les bassins d'infiltration



■ Développements futurs

Plusieurs perspectives émergent des résultats de cette étude.

En matière de contrôle des effets de l'infiltration induite des eaux pluviales, la dynamique des concentrations en COD et en OD constitue un voyant témoin permettant d'apprécier si les pratiques d'infiltration vont au-delà des capacités d'assimilation de la nappe.

En matière de conception des ouvrages d'infiltration, les résultats incitent à moduler le rapport de la surface du bassin versant à la surface du bassin d'infiltration, et donc les flux de pollution concentrés, en fonction de l'épaisseur de la zone non saturée et de la nature des sols, afin de préserver la qualité physico-chimique de la nappe au cours du temps.

De nouvelles recherches sur les processus physico-chimiques et biologiques dans les horizons supérieurs des nappes sont toutefois nécessaires afin de définir quantitativement les flux d'infiltration d'eau pluviale admissibles en fonction des caractéristiques locales.

A terme, nous envisageons la possibilité de déterminer des règles de bonnes pratiques, voire de dimensionnement des bassins, sur un site. Par exemple, la mise au point d'une "règle de modulation" couplée à une cartographie de l'épaisseur de la ZNS à l'échelle de la nappe de l'Est lyonnais constituerait un outil de choix pour une gestion durable des ressources en eau souterraine de l'agglomération lyonnaise.

■ Documents publiés

- Datry T., Hervant F., Malard F., Vitry L., and Gibert J., 2003. Dynamics and adaptive responses of invertebrates to suboxia in contaminated sediments of a stormwater infiltration basin. *Archiv für Hydrobiologie* 156 (3), 339-359
- Datry T., Malard F. and Gibert J., 2004. Dynamics of solutes and dissolved oxygen in shallow urban groundwater below a stormwater infiltration basin. *Science of The Total Environment*, 329 (1-3), 212-229.
- Datry T., Malard F., Niedereitter R. and Gibert J., 2003. Video logging for examining biogenic structures in deep heterogeneous subsurface sediments. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, Biologie*, 326 (6), 589-597
- Datry T., Malard F., Vitry L., Hervant F., and Gibert J., 2003. Solute dynamics in the bed sediments of a stormwater infiltration basin. *Journal of Hydrology* 273, 217-233
- 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 Claude Bernard, 220 pp. Disponible à http://groundwater-ecology.univ-lyon1.fr/DATRY_HTML
- Malard F. and Datry T., 2004. The use of multilevel wells and multiparameters loggers for monitoring groundwater quality below stormwater infiltration basins, In GRAIE (Ed.), « Sustainable techniques and strategies in urban water management », Novatech 2001, Delta Imprimerie, Lyon, France.

Résumé

Les techniques d'assainissement pluvial par infiltration ont pour fonction initiale de contribuer à résoudre des problèmes hydrauliques, en restituant tout ou partie des volumes ruisselés au plus près de la zone de production. Ce type d'ouvrage permet aussi de réduire la pollution contenue dans les eaux infiltrées. Cette étude démontre que le sol non saturé est un milieu épurateur des matières biodégradables. Cependant, il est nécessaire que cette zone comprise entre le fond du bassin et le toit de la nappe soit suffisamment importante, compte tenu de la perméabilité du terrain.

■ Cadre Général et contexte

Les techniques d'assainissement par infiltration sont de plus en plus utilisées pour gérer les eaux de temps de pluie car elles présentent de multiples intérêts, tant sur le plan hydraulique qu'environnemental. Le dimensionnement est réalisé le plus souvent sur la base de critères hydrauliques. Il est admis que ces ouvrages permettent de recharger les nappes et de s'approcher des situations initiales avant aménagement en ce qui concerne les aspects liés à la circulation de l'eau. Toutefois, des interrogations subsistent au sujet du devenir des polluants apportés par les eaux de temps de pluie dans le bassin, puis diffusés dans la nappe après un transit imposé dans la zone non saturée comprise entre le fond du bassin et le niveau piézométrique. Les apports de polluants (métaux lourds et hydrocarbures) et de matières organiques dissoutes (COD) au toit d'une nappe sous un bassin d'infiltration dépendent des flux infiltrés et de la capacité de la zone non saturée (ZNS) à retenir ou dégrader ces flux. L'infiltration dans les sols donne lieu à plusieurs phénomènes contribuant à l'épuration, selon la nature des substances polluantes : filtration, adsorption, complexation (des métaux lourds), mais aussi biodégradation aérobie dans la zone non saturée.

L'étude du devenir des substances polluantes pourrait permettre à terme d'améliorer les critères de conception des bassins d'infiltration, en intégrant un aspect relatif à leur aptitude à traiter tout ou partie des flux de pollutions chroniques dus au ruissellement sur les surfaces imperméabilisées. En effet, on cherche à minimiser les flux polluants transférés vers les nappes d'eau souterraines ou superficielles, en piégeant les substances indésirables, si possible dans des zones proches de la surface et en optimisant la biodégradation de la matière organique dans la zone non saturée.

Par hypothèse, il est supposé que le temps de transit des eaux pluviales dans la zone non saturée est un facteur clé de contrôle des apports de polluants et de matières organiques à la nappe, et donc de contrôle des effets de l'infiltration des eaux pluviales. A perméabilité égale, l'épaisseur de la zone non saturée (ZNS) devrait donc être une variable prépondérante qui réduit les effets de l'infiltration des eaux pluviales sur la qualité de la nappe.

■ Contacts

DATRY Thibault, MALARD Florian, BOUGER Guillaume et GIBERT Janine
Université Claude Bernard Lyon I, Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, UMR-CNRS 5023
Bât. Forel (403), 43 Bd du 11 novembre 1918, F-69622, Villeurbanne Cedex
Tél : 04 72 43 15 61. Fax: 04 72 43 15 23. E-mail: malard@univ-lyon1.fr

L'objectif de cette étude est de déterminer quelle est l'influence de l'épaisseur de la zone non saturée sur les apports de polluants et de matière organique à la nappe de l'Est lyonnais à l'aplomb des bassins d'infiltration. La nappe phréatique est considérée comme un écosystème qui assimile la matière organique liée à l'infiltration des eaux pluviales. Cette assimilation par respiration microbienne entraîne une consommation d'oxygène. Le maintien de la qualité des eaux de nappe dépend en grande partie de la capacité du système sol - zone non saturée à assurer sa fonction de filtre naturel malgré une augmentation considérable des volumes infiltrés par unité de temps et de surface dans la zone active. L'étude de la dynamique de ce phénomène est réalisée à partir du suivi de l'évolution des concentrations de deux variables pertinentes, le carbone organique dissous (COD) et l'oxygène dissous (OD).

La concentration en COD traduit les apports de matières organiques dissoutes au toit de la nappe sous les bassins d'infiltration alors que la concentration en OD reflète les capacités d'assimilation de la nappe. Une disparition totale de l'oxygène dissous suggère que les capacités d'assimilation de la nappe sont dépassées. Par ailleurs, le développement de conditions réductrices n'est pas souhaitable car il favorise la présence de composés indésirables tels que ammonium, phosphates, fer et manganèse, voire H₂S et méthane.

L'étude est menée sur 24 sites, 13 bassins d'infiltration et 11 points de référence, tous situés sur la nappe de l'Est lyonnais. Quatre campagnes d'échantillonnage physico-chimique ont été réalisées sur chaque site. Les résultats sont soumis à une analyse de variance destinée à tester l'influence sur la qualité de la nappe des facteurs « type de site » (bassin d'infiltration ou point de référence), « catégorie d'épaisseur de ZNS » (on distingue < ou > 10m) et de leur possible interaction. Cette analyse est complétée par une analyse de covariance qui permet de déterminer quantitativement l'influence de l'épaisseur de la ZNS.

■ Objectifs spécifiques de l'étude

L'infiltration des eaux pluviales est une source de carbone organique dissous qui stimule probablement les respirations microbiennes dans la nappe et génère une baisse de la teneur en oxygène. L'enrichissement en carbone organique dissous est d'autant plus marqué que l'épaisseur de la zone saturée est faible et conduit dans certains cas à une disparition totale de l'oxygène. Ces résultats suggèrent que le rapport de la surface du bassin versant à la surface du bassin d'infiltration, c'est-à-dire le flux de pollution concentré sur une surface d'infiltration, devrait être modulé en fonction de l'épaisseur de la zone non saturée, afin de préserver la qualité physico-chimique de la nappe au cours du temps.

■ Les avancées de l'OTHU

Quelle que soit l'épaisseur de la zone non saturée (2 à 20 m), métaux lourds et hydrocarbures ne sont presque jamais détectés dans les eaux souterraines à l'aplomb des bassins d'infiltration. Par contre, l'infiltration des eaux pluviales enrichit la nappe en COD et diminue les concentrations en OD (ANOVA, $p < 0.001$) (Figure 1). Ces résultats obtenus sur plusieurs bassins de l'Est lyonnais confirment de manière statistique les conclusions d'une précédente étude menée sur un petit bassin d'infiltration situé sur le campus de la Doua (Datry 2003).

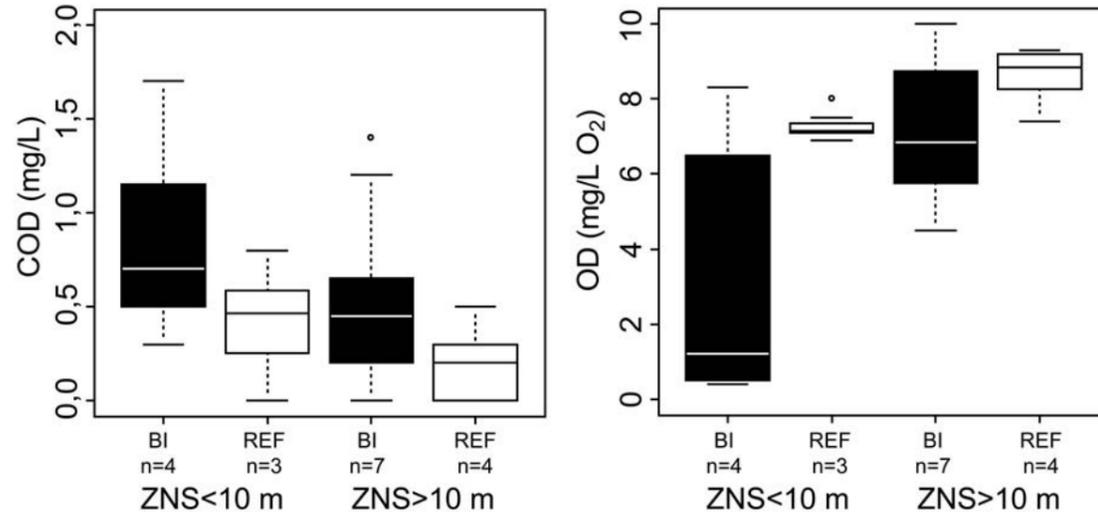


Figure 1. Différences de concentration en carbone organique dissous (COD) et oxygène dissous (OD) dans la nappe entre les bassins d'infiltration (BI) et les sites de références (REF) pour 2 catégories d'épaisseur de zone non saturée (ZNS).

Les traits blancs correspondent à la médiane (50 % des observations) et les points noirs aux valeurs extrêmes (<5 % d'observations). Les barres représentent les valeurs minimum et maximum de la distribution hors extrêmes et les rectangles délimitent 25 et 75% des observations. n = nombre de sites; chaque site est échantillonné à 4 reprises.

Importance de l'épaisseur de la zone non saturée

L'enrichissement en COD et la baisse de l'OD sont liés à l'épaisseur de la ZNS.

Lorsque celle-ci est supérieure à 10 m (Figure 1), il n'y a plus d'effet statistiquement significatif observable compte tenu de l'écart type associé aux moyennes. En fait, la concentration en COD au toit de la nappe sous les bassins d'infiltration décroît linéairement avec l'épaisseur de la ZNS alors que la concentration en OD croît linéairement avec l'épaisseur de la ZNS (Figure 2).

Pour ces deux variables, la pente de la droite de régression pour les bassins est significativement différente de celle des sites de référence. L'enrichissement en COD et l'appauvrissement en OD sont donc d'autant plus marqués que l'épaisseur de la ZNS est faible. Les capacités d'assimilation de la nappe sont rarement dépassées puisque des conditions réductrices permanentes n'ont été observées que sur un seul bassin parmi les 11 sélectionnés lors de cette étude.

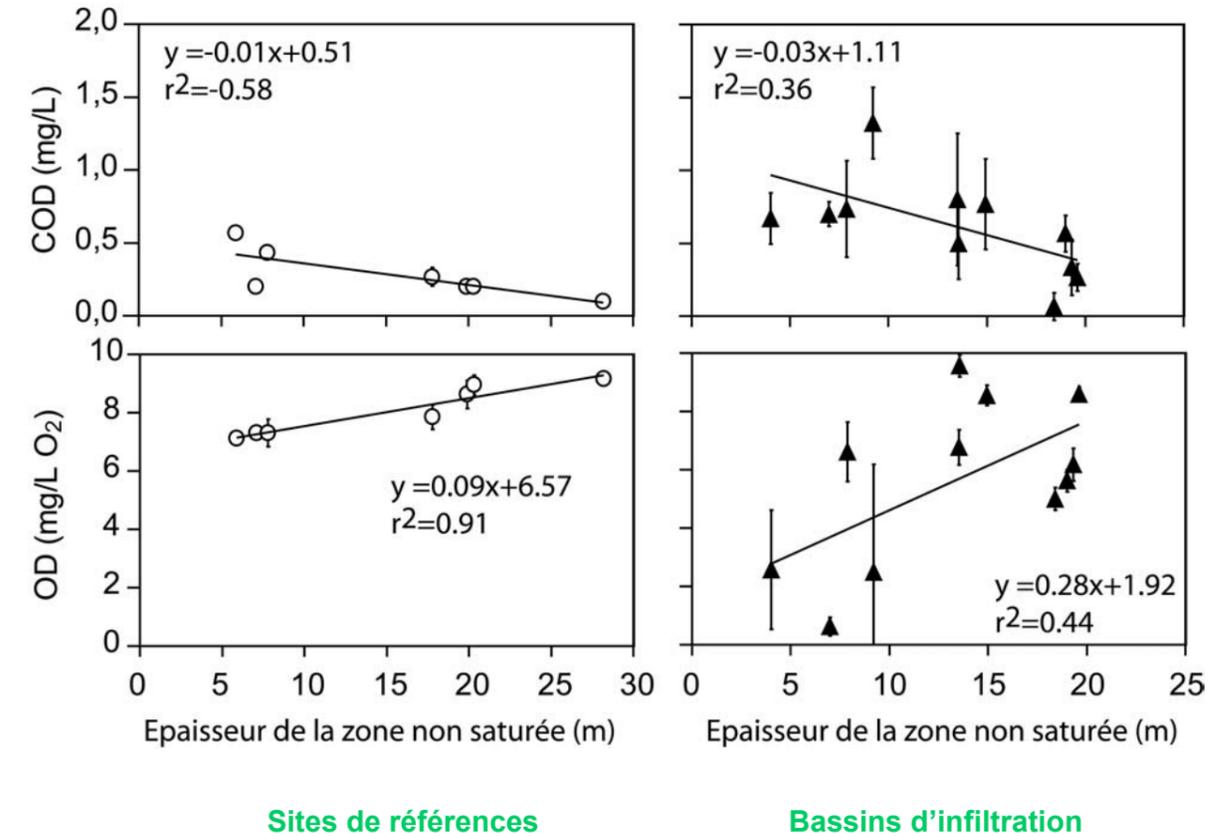


Figure 2. Relations entre les concentrations en carbone organique dissous (COD) et en oxygène dissous (OD) dans les eaux souterraines et l'épaisseur de la zone non saturée à l'aplomb des sites de référence (panneaux de gauche) et des bassins d'infiltration (panneaux de droite).

■ Cadre d'utilisation

Les relations entre l'épaisseur de la ZNS et l'effet des bassins sur les concentrations en COD et OD des eaux souterraines sont valables pour les couloirs fluvio-glaciaires de la nappe de l'Est lyonnais dont les sédiments présentent une forte perméabilité ($7 \cdot 10^{-3}$ à $1 \cdot 10^{-2}$ m/s, soit une vitesse verticale de l'eau dans la zone non saturée sous les bassins de l'ordre de 3m/h). La méthodologie utilisée pour établir cette relation est transposable à tout autre aquifère présentant des perméabilités et des épaisseurs de ZNS différentes.