

En effet, les résultats montrent que certains piézomètres, non soumis à l'infiltration induite des eaux de ruissellement, sont pourtant contaminés par des hydrocarbures. En l'absence d'un piézomètre témoin situé à l'amont hydraulique immédiat du bassin, la seule mesure de concentrations élevées de polluants sous un bassin ne permet donc pas de juger de l'impact de ce dernier. En raison d'une forte hétérogénéité spatiale, l'utilisation de piézomètres témoins distants des bassins étudiés est toujours problématique. Dans un certain nombre de cas, la localisation du piézomètre et/ou la position des crépines ne permettent pas d'échantillonner la région de la nappe influencée par les infiltrations d'eau pluviale. L'infiltration des eaux de ruissellement n'affecte que les niveaux supérieurs des nappes (cf. Figures. 2 et 3) ; l'absence de fluctuations physico-chimiques sur certains piézomètres implantés sur les berges des bassins est simplement due à un positionnement trop en profondeur des crépines.

■ Cadre d'utilisation

Actuellement utilisé dans le cadre de l'OTHU, le dispositif de mesure en continu est transposable à toute autre étude visant à déterminer la dynamique des niveaux supérieurs d'une nappe en zone de recharge. Les chroniques obtenues sur les bassins d'infiltration du campus de la Doua à Villeurbanne et de Django Reinhardt (>1 an de données) sont en cours d'interprétation.

En 2004, le dispositif de mesure en continu (sondes multiparamétriques) a été transféré sur plusieurs bassins de la nappe de l'Est lyonnais équipés d'un piézomètre aval. Les résultats obtenus sont extrêmement encourageants, puisqu'ils permettent rapidement de juger du « bon » fonctionnement d'un bassin d'infiltration.

■ Développements futurs

Rédiger une procédure pour l'implantation de nouveaux piézomètres et la réalisation de prélèvements d'eau qui permettent de minimiser les biais méthodologiques lors de la mesure des impacts des bassins d'infiltration sur la qualité des nappes.

Étendre le dispositif de mesure en continu à de multiples bassins et utiliser les enregistrements en continu de conductivité et d'oxygène dissous comme un indicateur de performance des bassins d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial.

■ 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 Hydrobiol.* 156, 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 Tot. Environ.*, 329, 212-229.

Datry T., Malard F., Niedereitter R. and Gibert J., 2003. Video logging for examining biogenic structures in deep heterogeneous subsurface sediments. *C. R. Acad. Sc., Biol.*, 326, 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. *J. Hydrol.*, 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

Un dispositif de mesure en continu installé sur 2 bassins expérimentaux permet d'identifier les modifications dans le temps des gradients verticaux de conductivité, température, pH, oxygène dissous et potentiel d'oxydo-réduction engendrées par l'infiltration des eaux de ruissellement pluvial dans le toit de la nappe. En complément, des mesures ponctuelles sont effectuées sur un réseau de 28 piézomètres répartis sur l'ensemble de la nappe de l'Est lyonnais.

■ Cadre général et contexte

Les recherches visent à déterminer quelle est l'influence de l'infiltration des eaux de ruissellement pluvial sur la qualité physico-chimique des nappes et la composition des peuplements d'invertébrés souterrains aquatiques. Menées dans le cadre de l'observatoire de terrain en hydrologie urbaine (OTHU), ces recherches s'inscrivent dans une problématique plus générale qui vise à mesurer l'impact des eaux de ruissellement urbain sur la qualité du sol, de la zone non saturée et des nappes en fonction des caractéristiques physiques des bassins d'infiltration, de la nature des apports et des caractéristiques du milieu récepteur.

Un intérêt tout particulier est apporté à la dynamique de l'oxygène dissous qui est supposée traduire l'importance des apports de matières organiques dissoutes au toit des nappes. Ces apports étant en partie fonction du temps de transit des eaux d'infiltration dans la zone non saturée de l'aquifère, nous cherchons à déterminer l'épaisseur minimale de la zone non saturée en dessous de laquelle les pratiques d'infiltration risquent d'entraîner une désoxygénation prononcée des eaux souterraines.

■ Objectifs spécifiques de l'étude

Sur ce thème, il est nécessaire de concevoir une approche méthodologique, puis de concevoir et mettre en œuvre l'instrumentation nécessaire qui permettra d'évaluer l'impact de l'infiltration des eaux de ruissellement sur les nappes d'eau souterraine. Les recherches combinent une approche de type mécanistique sur 2 bassins expérimentaux (suivi en continu et instrumentation lourde) et une approche de type comparative conduite sur 16 bassins de la nappe de l'Est Lyonnais (mesures ponctuelles sur un nombre élevé de sites pour dégager des tendances significatives sur le plan statistique). Quelle que soit l'approche considérée, l'instrumentation est effectuée de manière à limiter les incertitudes liées à l'implantation des piézomètres et aux techniques de mesure et d'échantillonnage.

Les études comportent trois volets :

- 1) La mise en place d'un dispositif permettant de déterminer des gradients verticaux de concentrations au toit d'une nappe soumise à l'infiltration induite d'eau de ruissellement pluvial. Installé sur 2 bassins expérimentaux présentant une zone non saturée d'épaisseur très différente, ce dispositif de mesure en continu devait permettre d'observer les réponses de la nappe au pas de temps horaire lors des épisodes pluvieux.
- 2) La sélection d'un réseau de piézomètres de mesure et de référence, répartis sur les 3 couloirs fluvio-glaciaires de la nappe de l'Est lyonnais, afin d'examiner grâce à des prélèvements ponctuels les impacts physico-chimiques et biologiques d'un grand nombre de bassins (approche statistique). Pour mettre en évidence l'influence de l'épaisseur de la zone non saturée, 2 classes d'épaisseur de zone non saturée ont été définies (< et > 10 m).
- 3) L'évaluation de trois types de biais méthodologiques pouvant compromettre la représentativité des résultats obtenus:
 - i) la concordance entre les variations physico-chimiques fournies par le dispositif de mesure installé à l'intérieur des piézomètres et celles obtenues lors des prélèvements par pompage;
 - ii) l'absence d'un point de référence appelé site témoin, permettant de séparer les effets directement liés aux bassins de ceux induits par d'autres activités;
 - iii) les spécifications techniques du point de mesure (méthode de forage utilisée, localisation du piézomètre, position des crépines).

■ Contacts

Florian MALARD et Thibault DATRY
Université Claude Bernard Lyon 1 - Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, UMR CNRS 5023
Bat. 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

■ Les avancées de l'OTHU

1) Dispositif de mesure des gradients verticaux au toit des nappes

Le dispositif comprend une batterie de 5 piézomètres qui sont tous équipés d'une sonde multiparamétrique YSI 600 XLM permettant de mesurer le niveau de la nappe, la conductivité, la température, l'oxygène dissous, le pH et le potentiel d'oxydo-réduction (Figure 1).

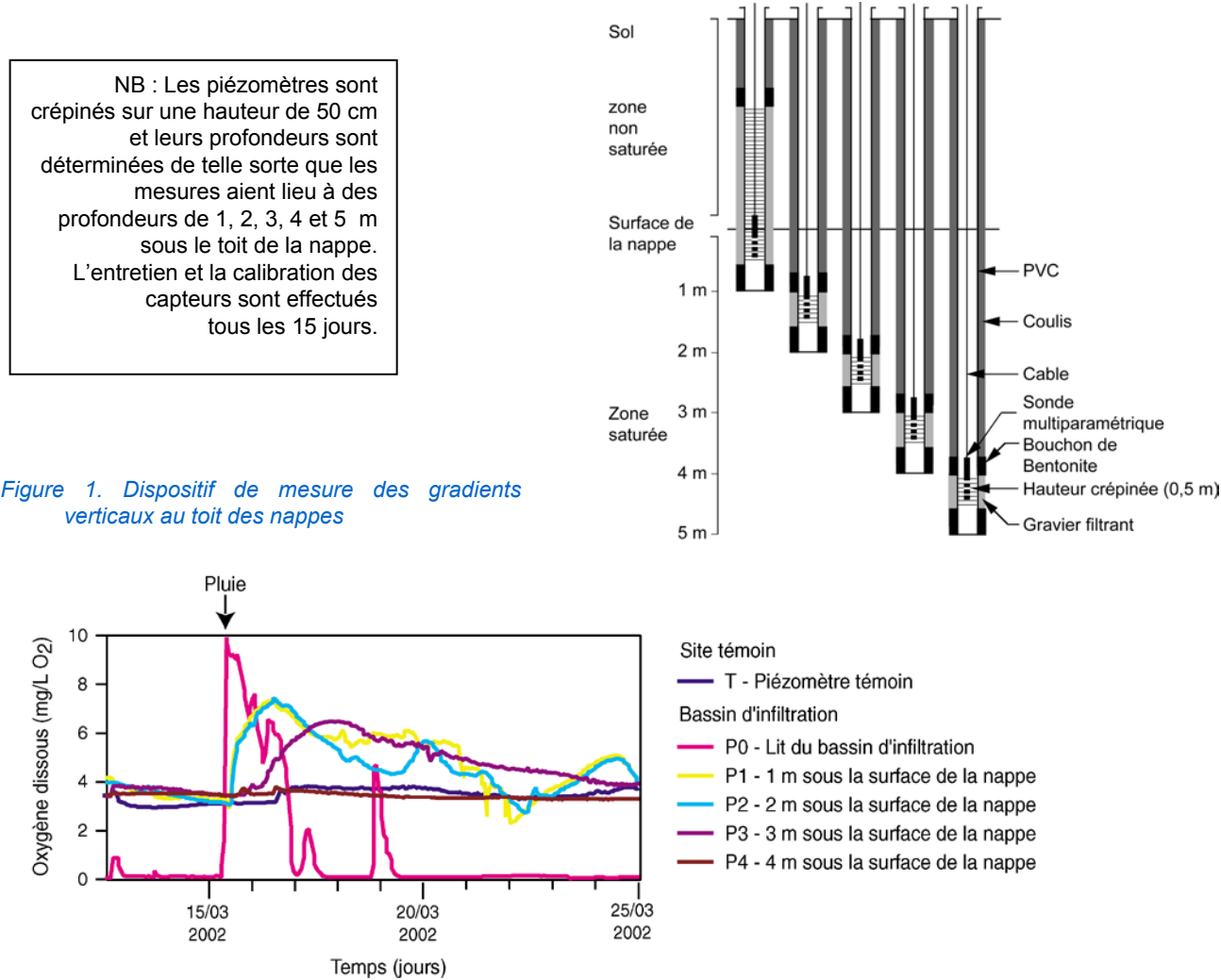


Figure 2. Variations de la concentration en oxygène dissous des eaux souterraines sous le bassin d'infiltration du campus de la Doua, Villeurbanne, lors de l'épisode pluvieux du 15 mars 2002 (nappe à 3 m sous le sol).

Ce dispositif est installé à l'amont et à l'aval hydraulique des bassins expérimentaux de Django Reinhardt, Chassieu (épaisseur de la zone non saturée : 14 m) et du campus de la Doua, Villeurbanne (épaisseur de la zone non saturée < 2 m). Il permet de rendre compte des modifications des gradients verticaux engendrées par l'infiltration des eaux de ruissellement pluvial (Figure 2). Sur le bassin du campus de la Doua, l'infiltration des eaux de ruissellement lors de l'épisode pluvieux du 15 mars 2002 provoque une oxygénation temporaire des eaux souterraines dans les niveaux supérieurs de la nappe (3 premiers mètres : courbes jaune, bleu et violette). Aucune variation n'est observée sur le piézomètre témoin (une seule profondeur est représentée ici).

2) Réseau de piézomètres sur la nappe de l'Est lyonnais

Le dispositif de mesure comprend 28 piézomètres permettant d'effectuer des prélèvements d'eau souterraine pour analyse sous 16 bassins d'infiltration répartis sur les 3 couloirs fluvio-glaciaires de la nappe de l'Est lyonnais.

Une part importante de l'étude a été consacrée au recensement des bassins et des piézomètres existants. Par ailleurs, plusieurs diagraphies (mesures de conductivité et oxygène dissous à différentes profondeurs) ont été réalisées afin de déterminer la position des zones crépinées sur les piézomètres déjà installés. Les campagnes de prélèvements physico-chimiques (ions majeurs, métaux et hydrocarbures totaux) et biologiques (invertébrés) sont effectuées en étiage et lors des épisodes pluvieux.

Le dispositif de mesure est utilisé afin de tester statistiquement l'influence de l'épaisseur de la zone non saturée. Nous disposons de plusieurs piézomètres témoins et de mesure, pour 2 classes d'épaisseur de la zone non saturée (< et > 10 m). L'étude consiste à déterminer pour chacune de ces classes les différences sur les concentrations moyennes en polluants et ions majeurs et sur la composition des peuplements d'invertébrés entre les piézomètres témoins et les piézomètres influencés. Les résultats relatifs aux concentrations de carbone organique dissous et oxygène dissous sont présentés dans la fiche technique n°10 « Auto-épuration des rejets urbains de temps de pluie par les bassins d'infiltration ».

3) Biais méthodologiques et représentativité des résultats

L'utilisation d'un dispositif de mesure en continu nécessite de vérifier que les caractéristiques physico-chimiques de l'eau à l'intérieur des piézomètres sont similaires à celles des eaux circulant dans la nappe. Il est donc indispensable de s'assurer que les enregistrements et les prélèvements donnent une même image du gradient vertical. Des prélèvements réalisés lors de plusieurs épisodes pluvieux permettent de tester chaque dispositif de mesure en continu.

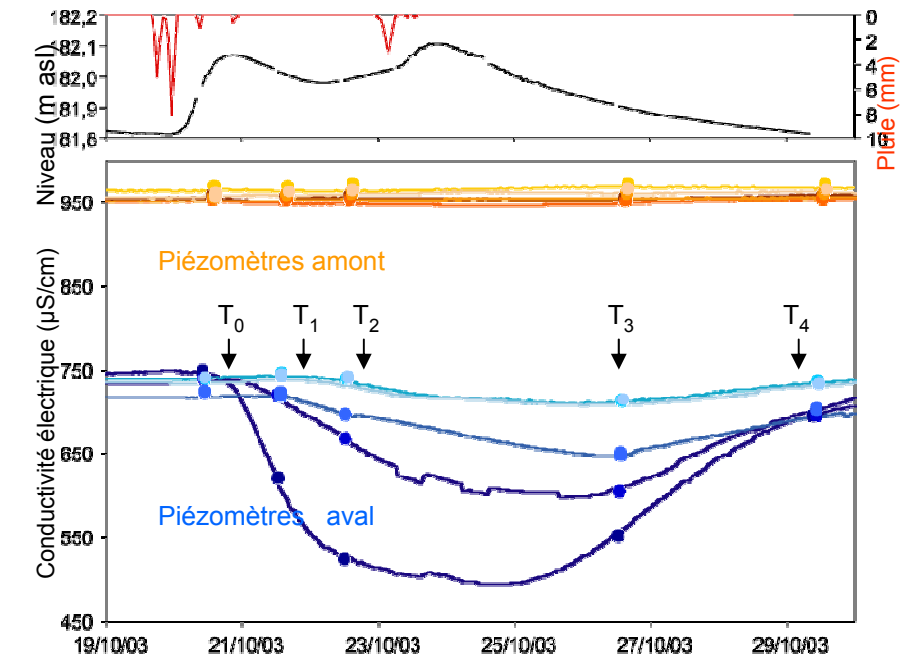


Figure 3. Variations de la conductivité électrique des eaux souterraines sous le bassin d'infiltration de Django Reinhardt, Chassieu, lors de l'épisode pluvieux du 21 Octobre 2003 (nappe à 14 m sous le bassin). La couleur est d'autant plus foncée que la profondeur augmente (1, 2, 3, 4 et 5 m). Les 5 points correspondent aux valeurs mesurées sur des prélèvements obtenus par pompage dans les piézomètres.

L'épisode pluvieux du 21 Octobre 2003 génère dans la nappe, sous le bassin d'infiltration de Django Reinhardt, un panache d'eau pluviale faiblement minéralisée qui disparaît au bout de 8 jours. Les valeurs de conductivité mesurées lors des prélèvements et celles enregistrées par les sondes sont identiques. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau mesurées à l'intérieur des piézomètres sont donc bien similaires à celles des eaux circulant dans la nappe.

L'examen des biais méthodologiques rencontrés dans le cadre de l'étude multi-bassins menée à l'échelle de la nappe de l'Est lyonnais indique que la représentativité des résultats est affectée essentiellement par le manque de piézomètres témoins à l'amont hydraulique immédiat des bassins et par les spécifications techniques d'un certain nombre de piézomètres. Face à ces deux préoccupations majeures, les incertitudes liées aux techniques de mesure et de prélèvement apparaissent négligeables. En zone urbanisée, de multiples rejets polluants (fuites du réseau d'égout, rejets intentionnels non contrôlés) peuvent concourir à la dégradation des nappes, particulièrement lorsque la nappe est proche du sol.