

## **Rôle des hétérogénéités à l'interface nappe/rivière. Caractérisation géophysique, chimique et biologique**

The heterogeneities in the groundwater/river interface.  
Geophysics, chemical and biological characterization

Winiarski T.<sup>1</sup>, Mermillod-Blondin F.<sup>2</sup>, Marmonier P.<sup>2</sup>

(1) ENTPE, LEHNA-IPE UMR CNRS 5023

(2) Lyon 1, LEHNA-E3S UMR CNRS 5023

Zone Atelier Bassin du Rhône

### **RÉSUMÉ**

L'amélioration des connaissances des interfaces nappe/rivière est un enjeu essentiel concernant la qualité des eaux et la sécurité des captages. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence de l'hétérogénéité sédimentaire sur le fonctionnement de cette interface située sur les berges du fleuve Rhône dans le principal champ captant de la ville de Lyon (France). Une approche géophysique par radar géologique a permis de déterminer en profondeur (4 m), sur un banc de gravier, deux zones de lithofaciés différentes : une zone grossière (galets et graviers) et une zone de particules plus « fines » (graviers et sables). Nous avons couplés cette approche avec des mesures physico-chimique et biologique sur deux transects (1 transect par lithofaciés). Trois piézomètres par transect ont été installés à 10 cm sous le niveau de la nappe pour obtenir des mesures en continue (température et hauteur d'eau) ; des échantillons d'eau et de sédiment ont été recueillis (9 échantillons par transect) en fin d'expérimentation, afin d'évaluer l'influence des lithofaciés sur la qualité physicochimique de l'eau (pH, oxygène dissous, nitrate, azote, phosphate ; matière organique et azote totale sur les sédiments) et sur la biologie (respiration et activité hydrolitique des microorganismes, richesse et abondance des invertébrés). Nos résultats montrent clairement que les différentes structures sédimentaires entre les deux transects déterminent les écoulements entre la rivière et le banc de gravier, mais aussi le transport de la matière organique, l'activité des microorganismes et la diversité biologique. De plus, le radar géologique s'est avéré un bon outil de caractérisation des chemins préférentiels de l'eau entre la rivière et son aquifère.

### **ABSTRACT**

The interfaces between surface and ground waters play a key role in regulation of water quality. Such role is really crucial in zones of water catchment for human consumption. The aim of the present study was to evaluate the influence of sedimentary heterogeneity on the functioning of a surface-ground waters interface located on the Rhône River in the main water catchment area of the city of Lyon (France). A geophysical approach using a geological radar was developed to determine 2 zones of a gravel bar characterized by distinct lithofacies (depth 4 m): a zone with coarse particles (cobbles and gravel) and a zone with "fine" particles (gravel and sand). We coupled this approach with physico-chemical and biological measurements performed in the two zones of the gravel bar using two transects (1 transect per lithofacies). Three piezometers per transect were installed at 10 cm below the water table to obtain continuous measurements (water temperature, level of the water table) and samples of water and sediment were obtained (9 points per transect) at one date to evaluate the influence of lithofacies on water physico-chemistry (pH, dissolved oxygen, nitrate, ammonium, phosphate, organic carbon and total nitrogen on sediments) and biology (respiration and hydrolytic activity of microorganisms, richness and abundance of invertebrates). Our results clearly showed that differences in sediment structure between the two transects determine water transport from the river to the gravel bar but also transport of fresh organic matter, the activity of microorganisms and the assemblage of invertebrates. Therefore, the use of the geological radar appears as an elegant tool to evaluate the zones of preferential water transport between a river and its aquifer.

### **MOTS CLES**

Alluvions, biologie, eaux souterraines, GPR, hétérogénéités, physico-chimie.

## 1 INTRODUCTION

Les échanges de flux entre le Rhône et ses aquifères d'accompagnement sont le plus souvent évalués à une échelle égale ou supérieure au kilomètre. Cette échelle n'est pas suffisamment précise pour mieux connaître les mécanismes d'échanges sur le plan physique, chimique et biologique. Il devient nécessaire d'observer, de quantifier et de qualifier les transferts de masse à une échelle locale de quelques dizaines de mètres, correspondant à l'échelle des ouvrages (captage, bassin d'infiltration). Cet article présente une première approche de couplage hydrogéophysique et biophysicochimique où l'objectif est d'étudier les processus impliqués dans les échanges nappe/rivière en vue d'évaluer le rôle des hétérogénéités sédimentaires (inhérent aux aquifères alluvionnaires) sur l'« effet filtre » des berges d'un site particulièrement sensible (champs captant de Crépieux Charmy, Lyon, France). L'étude est basée sur une approche : 1/ hydrogéophysique par radar géologique (GPR) et estimation des paramètres physiques afin d'évaluer la structure et la texture du dépôt fluvial (Mumphy et al., 2007 ; Goutaland et al., 2008) et de qualifier les écoulements ; 2/ hydrobiologique afin d'évaluer le rôle de la structure et texture des matériaux en place sur les mécanismes biologiques de ce milieu souterrain.

## 2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

La zone d'étude choisie, d'une surface d'environ 1500m<sup>2</sup>, correspond à une zone d'accumulation du vieux Rhône, correspondant à un banc de galets, de gravier et de sable. Ce site est positionné en amont d'une barre de chenal du Rhône à l'extrême Est du champ captant de Crepieux Charmy (Lyon, France). Des mesures de niveaux piézomètres montrent la continuité hydraulique entre le Rhône, le site étudié et le champ captant.

Un carroyage a été effectué de manière à obtenir 8 transects longitudinaux de direction Sud-Nord et 13 transects transversaux perpendiculaires aux précédents (Est-Ouest), l'espacement séparant chaque transect est de 5 m. Environ 300 points (longitude, latitude et altitude) ont été relevés au GPS différentiel (précision 0,02 m) afin d'obtenir la topographie du lieu et de positionner les profils radar ainsi que les piézomètres. Durant l'étude géophysique par GPR (GSSI, SIR 3000) tous les radargrammes ont été acquis avec une antenne de 200 Mhz (21 profils) et une antenne de 400 Mhz (21 profils). Le traitement a été effectué avec le logiciel Radan (GSSI), celui-ci a consisté en une normalisation en distance, un ajustement, une migration, un background removal et une correction topographique. Une transformation de Hilbert a permis de rendre plus visibles les différents réflecteurs. Une acquisition en mode CMP (Common MidPoint, point milieu commun) a permis d'évaluer la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques : 0,12m/ns dans la zone non saturée et 0,06 m/ns dans la zone saturée. Les résultats et l'interprétation de ces mesures géophysiques ont permis de positionner deux transects de la rive au centre du banc. Un premier transect, noté SF, de 3 piézomètres mobiles, situé dans des lithofaciés correspondant à un mélange sable et graviers. Un deuxième transect, noté SG, de 3 autres piézomètres mobiles, situé dans des lithofaciés correspondant à un mélange de graviers et de galets. Les premiers piézomètres de chaque série ont été positionnés par rapport à la rive à 1 m (SF1 et SG1), à 16 m (SF2 et SG2) et à 26 m (SF3 et SG3). Ces piézomètres ainsi que le Rhône ont été équipés de sondes automatiques à une profondeur de -0.10 m par rapport à la surface piézométrique. Ces sondes mesurent la hauteur d'eau ainsi que la température, au pas de temps 10 mn. Elles ont fonctionné du 20 mai 2011 au 9 juin 2011. Les longueurs des piézomètres ont été choisies en fonction de la profondeur de la nappe. En fin d'expérimentation, des prélèvements d'eau et de sédiment ont été effectués par pompage manuel sur les 6 points d'enregistrements en triplicats. Les mesures de pH et oxygène dissous ont été effectués à l'aide de sondes VWR. La caractérisation des échantillons d'eaux et de sédiments a consisté essentiellement à la mesure des paramètres de la chaîne azotée, des concentrations en phosphate et en carbone organique dissous. De plus, des analyses granulométriques, des comptages bactériens, des mesures d'activité hydrolytique (FDA) et des mesures de respiration ont été effectuées sur les sédiments fins collectés. Pour chaque prélèvement, une dizaine de litres d'eau ont été filtrés afin de quantifier l'abondance et la richesse des invertébrés présents dans la nappe.

## 3 RÉSULTATS

D'une manière générale, les résultats géophysiques ont permis de différencier deux structures correspondant à deux lithofaciés SG (galets et graviers) et SF (graviers et sables). Ceux-ci correspondent à ceux observés en surface. Les profils effectués avec l'antenne de 400 Mhz ont permis de bien caractériser ces deux lithofaciés ainsi que le toit de la nappe (figure 1). Une analyse en

3D a permis de reconstituer la structure du volume étudié et de positionner les piézomètres dans des matériaux différents afin de mieux connaître le rôle de ce type d'hétérogénéités sur le fonctionnement biophysicochimique de cette interface nappe/ rivière.

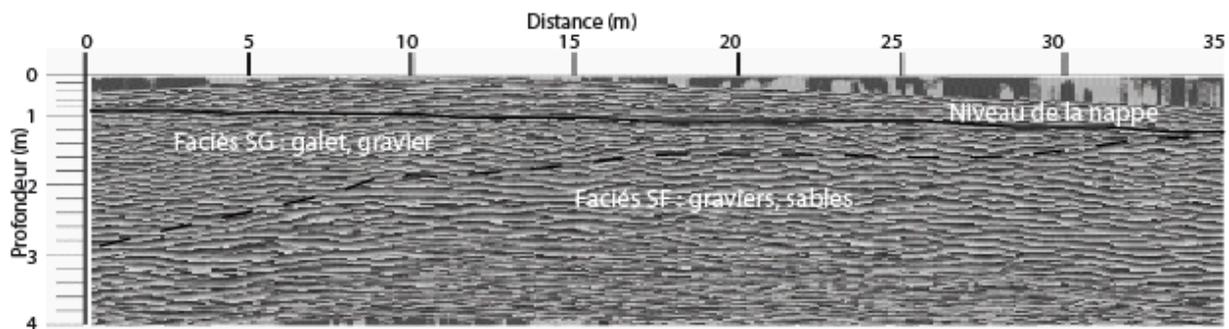


Figure 1 exemple d'un radargramme traité et acquis avec avec une antenne de 400 Mhz.

La totalité des paramètres mesurés ont permis de montrer une différence très significative entre les deux transects. En effet, les piézomètres situés dans le lithofaciès grossier (SG : galets et graviers) montrent une fluctuation thermique journalière observée dans le Rhône qui se propage sur l'ensemble du transect ; tandis qu'une forte atténuation de cette fluctuation est observée dans le Rhône sur le transect SF (figure 2a et 2b). La texture des faciès détermine aussi l'apport de matière organique fraîche ainsi on observe une forte proportion de carbone organique et d'azote dans les sédiments collectés au niveau du transect SG. L'activité microbienne suit la quantité de matière organique sur les sédiments. Les résultats faunistiques montrent aussi que les sédiments grossiers (SG) constituent des milieux plus favorables pour la faune (interstices plus larges et apport de matière organique fraîche) que les sédiments plus fins (SF, figure 2c)

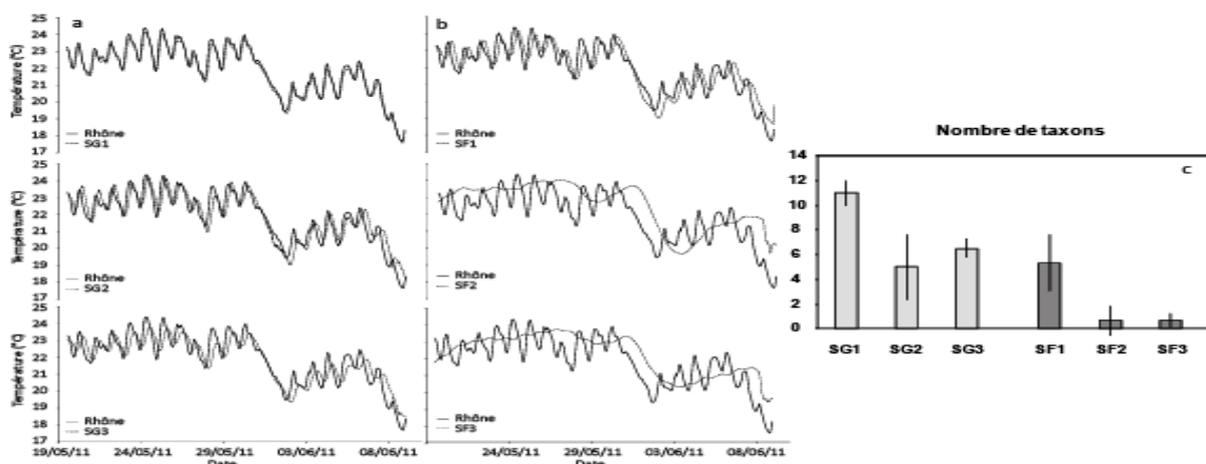


Figure 2 : a/ et b/ variation de la température ; c/ distribution des taxons.

## 4 CONCLUSION

Le radar géologique est un outil précieux dans ce type d'environnement car il permet de positionner d'une manière non aléatoire des prélèvements souterrains. D'une manière générale, les données collectées permettent de montrer que des zones proches mais de lithofaciès différents peuvent présenter des fonctionnements biologiques contrastés, il existe donc un bon lien entre structure physique et fonctionnement écologique au niveau des berges. Cette approche permettra à terme de proposer aux gestionnaires des précautions à prendre vis-à-vis des hétérogénéités rencontrées.

## BIBLIOGRAPHIE

- Mumpy, A.J., Jol, H.M., Kean W.F., Isbell J.L., (2007). *Architecture and sedimentology of an active braid bar in the Wisconsin River base on 3-D ground penetrating radar*. In Baker, G.S., and Jol, H.M. (Ed.), *Stratigraphic Analyses Using GPR: Geological Society of America Special*, 111-131.
- Goutaland D., Winiarski T., Dubé J.-S., Bièvre G., Buoncristiani J.-F., Chouteau M., Giroux B. (2008) *Hydrostratigraphic characterization of the vadose zone of a glaciofluvial deposit underlying an infiltration basin using Ground Penetrating Radar*. *Vadose Zone Journal*. J 7:194-207.