

Caractérisation des échanges nappe-rivière : de l'approche scientifique à l'outil opérationnel

Characterization of the interaction between surface water
and groundwater: a scientific practical guidebook

Paran F.¹, Graillot D.¹, Arthaud F.², Augeard B.³, Bornette G.⁴,
Cadilhac L.⁵, Chatelier M.⁶, Clémens A.⁷, Flipo N.⁸, Habets F.⁸,
Lavastre V.⁹, Marmonier P.¹⁰, Maugis P.¹¹, Mouhri A.⁸, Piscart
C.¹², Roux-Michollet D.⁷, Tallec G.¹³, Vergnes JP.⁸

1. Université de Lyon, UMR CNRS 5600 EVS, Mines Saint-Étienne (frederic.paran@mines-stetienne.fr, didier.graillot@mines-stetienne.fr)
2. UMR 042 CARTEL (florent.arthaud@univ-savoie.fr)
3. ONEMA – DAST (benedicte.augeard@onema.fr)
4. UMR 6249 CHRONO-Environnement (gudrun.bornette@univ-fcomte.fr)
5. AE-RMC (laurent.cadilhac@eaurmc.fr)
6. BRGM Poitou-Charentes (m.chatelier@brgm.fr)
7. GRAIE-ZABR (anne.clemens@zabr.org, dad.roux@graie.org)
8. Mines ParisTech (Nicolas.Flipo@mines-paristech.fr,
florence.habets@upmc.fr, amer.mouhri@upmc.fr, jpvergnnes@gmail.com)
9. UMR 6524 LMV (veronique.lavastre@univ-st-etienne.fr)
10. UMR 5023 LENA (pierre.marmonier@univ-lyon1.fr)
11. UMR 8212 MOSAIC (pascal.maugis@lscce.ipsl.fr)
12. UMR 6553 ECOBIO (christophe.piscart@univ-rennes1.fr)
13. Irstea (gaelle.tallec@irstea.fr)

RÉSUMÉ

Cette communication présente le processus de construction de deux guides, sur la caractérisation des échanges entre les cours d'eau et les nappes en relation, s'appuyant sur des travaux scientifiques menés avec des commanditaires gestionnaires de l'eau : 1) la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR) et l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse (AERMC), 2) l'Office de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA). Ces travaux visaient à mettre au point et à perfectionner une méthodologie interdisciplinaire de caractérisation des échanges eaux souterraines/cours d'eau. Les méthodes mises en œuvre relèvent de l'hydrologie, de la géomatique, de la modélisation, de l'écologie et de la géochimie. Ces travaux vont s'achever avec la publication de deux guides co-construits avec l'aide d'un panel de futurs utilisateurs : 1) dans un premier temps un guide méthodologique faisant le point sur les connaissances et exposant de manière détaillée la démarche en milieu alluvionnaire, 2) dans un second temps un guide technique, plus concis mais couvrant plus de situations.

ABSTRACT

This paper presents the process of building operational tools in the field of water management: methodological and technical guidebooks for the characterization of groundwater/river interactions. The first part of the process was based on scientific work. The aim was to develop and refine an interdisciplinary methodology to assess synthetically groundwater/river exchanges. This methodology involved different approaches: hydrology, geomatic, mathematical modeling, ecology and geochemistry. The second part of the process was based on cooperative work, between scientists and technicians, managers or stakeholders to build methodological and technical guidebooks.

MOTS CLES

Echanges nappe-rivière, Guide méthodologique, Guide technique, Interdisciplinarité

La relation gestionnaires/chercheurs est de plus en plus fréquente et mise en avant dans le domaine de l'eau. Le processus décrit dans cette communication présente l'articulation entre objectifs scientifiques et objectifs opérationnels pour une finalité commune au binôme gestionnaires/chercheurs. D'une part, deux projets de recherche ont permis la mise au point (projet ZABR-AERMC Eau Sout' 2006-2015) et le perfectionnement (projet ONEMA Naprom 2011-2016) d'une méthodologie pluridisciplinaire de caractérisation des échanges nappe-rivière. D'autre part, le travail en commun avec les commanditaires et les acteurs de l'eau (ex : gestionnaires, techniciens, bureaux d'études...) a conduit à la co-construction d'un guide méthodologique et d'un guide technique sur la question des échanges nappe-rivière en milieux alluvionnaire et sédimentaire. Un tel processus de co-construction a été entamé dès l'amont (définition du projet, mise en œuvre des méthodes) et se poursuit jusqu'à la préparation du rendu final (rédaction des guides), permettant une meilleure appropriation des résultats de la recherche.

1 MISE AU POINT METHODOLOGIQUE : PROJET EAU SOUT'

Le projet Eau Sout' a permis la mise au point d'une méthodologie interdisciplinaire de caractérisation des interactions nappe alluviale/rivière fondée sur un diagnostic synthétique obtenu par croisement des différentes méthodes utilisées : 1) Modélisation simplifiée (SIG), analyse géomatique pour l'évaluation des gradients d'échange nappe-rivière (sens et débit), 2) Invertébrés souterrains (Stygobies), indicateurs biologiques des origines superficielles ou souterraines de l'eau, 3) Végétation aquatique (Macrophytes), indicateurs biologiques semi-quantitatifs des apports de nappe, 4) Géochimie (ions dissous et isotopes), déterminant les signatures chimiques des eaux pour discriminer leurs origines et quantifier les mélanges. Le diagnostic synthétique croisé s'appuie sur une typologie des échanges nappe-rivière établie selon différentes configurations (ex : nappe libre, nappe captive ou semi-captive...). Cette méthodologie a été testée sur plusieurs secteurs du fleuve Rhône caractérisés par la présence d'aquifères libres à semi-captifs et des aménagements hydrauliques lourds (Brégnier-Cordon, Péage-de-Roussillon, Beauchastel, Donzère-Mondragon). Elle est cependant transposable à d'autres secteurs alluviaux, comme c'est le cas sur la basse vallée de la Drôme actuellement, ou sur d'autres fleuves et rivières comme dans le projet NAPROM.

2 PERFECTIONNEMENT METHODOLOGIQUE : PROJET NAPROM

Le projet NAPROM, à vocation plus nationale, a permis de compléter et de perfectionner la méthodologie mise en œuvre dans le projet Eau Sout' selon plusieurs modalités :

- dans un premier temps en considérant non seulement les milieux alluviaux avec l'exemple du Rhône mais aussi le domaine sédimentaire avec l'intégration de quatre bassins versants supplémentaires : 1) le fleuve Loire dans la plaine alluviale du Forez caractérisé par le phénomène d'incision et des aquifères libres peu épais, 2) la plaine alluviale de l'Ille affluent du Rhin avec ses aquifères très épais, 3) l'Orgeval sous-bassin de la Seine avec ses petits cours d'eau et ses aquifères multi-couches, 4) la Sèvre-Niortaise petit fleuve côtier présentant de nombreux aménagements (seuils, biefs), un important champ captant et des aquifères multi-couches ;
- dans un deuxième temps en complétant la liste des méthodes de diagnostic des échanges disponibles, avec notamment des méthodes permettant une quantification des échanges : 1) modélisation distribuée à base physique (Eau-Dyssée, Marthe), 2) modélisation distribuée à base physique et hydrothermique (Metis), 3) dispositif MOLONARI (Monitoring local des échanges nappe-rivière), 4) Images thermiques infrarouges (IRT). Si toutes les méthodes ne sont pas mises en œuvre sur tous les sites, l'objectif est ici d'enrichir les bases méthodologiques établies dans le projet Eau Sout' en jouant sur la diversité des cas et des situations plutôt que sur l'exhaustivité ;
- dans un troisième temps, en apportant des mises à jour et des compléments méthodologiques, typologiques et documentaires par rapport au projet Eau Sout' avec notamment une grille de caractérisation multicritère pour aider les gestionnaires à mieux choisir les méthodes de caractérisations des échanges nappe-rivière en fonction de leurs besoins et enjeux.

3 DU GUIDE METHODOLOGIQUE AU GUIDE TECHNIQUE : RESULTATS OPERATIONNELS ET PERSPECTIVES

Suite au développement et au perfectionnement méthodologique répondant aux objectifs scientifiques des deux projets de recherche, l'objectif opérationnel visait à produire un guide méthodologique et un guide technique. Ces deux documents visent à mettre à disposition des acteurs et techniciens de l'eau

les connaissances nécessaires pour répondre aux enjeux de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) qui réaffirme le besoin de gestion coordonnée des eaux souterraines et des eaux de surface.

Dans un premier temps, les questions de départ qui ont motivé la création du guide méthodologique sont les suivantes : *Quels sont les outils les plus adaptés sur les milieux alluvionnaires pour caractériser les échanges nappe-rivière ? Comment procéder et quelle est la marche à suivre pour caractériser ces échanges ?* Le guide propose de répondre à ces questions grâce à un cheminement qui, au fil du document, permet à l'utilisateur de sélectionner la ou les méthodes les mieux adaptées selon les caractéristiques de la zone d'étude, les enjeux locaux, l'échelle de travail et la disponibilité de données suffisantes. Le guide fournit aussi une assistance pour la mise en œuvre de chacune des méthodes, croiser, interpréter, synthétiser les résultats et finalement cartographier les échanges nappe-rivière en milieu alluvionnaire. Suite à la phase co-construction dans une relation chercheurs/commanditaires le contenu dense a été soumis à l'avis d'un panel de relecteurs (ex : animateur de SAGE, techniciens rivières, acteurs relais dans le domaine l'eau, bureaux d'étude, ...). Le contenu et la forme du guide sont en cours d'ajustement à partir des retours et expérience de ces relecteurs. L'édition du document est prévue début 2015.

Dans un deuxième temps, une version remaniée, plus pratique, plus technique, comme le souhaitent les relecteurs du précédent guide, est prévue pour 2016 sous forme de fiches. Un tel guide technique intégrera les acquis et perfectionnements issus du projet Naprom. Il sera plus concis dans les descriptifs mais couvrira plus de méthodes et de situations d'échanges que le guide méthodologique qui ne s'intéresse qu'aux échanges cours d'eau/nappe alluviale.

Ces deux guides sont conçus et élaborés pour être évolutifs. Il est prévu à terme d'intégrer d'autres méthodes de caractérisation des échanges nappe-rivière (ex : fibre optique, drone et topographie...), ainsi que les retours d'expérience des utilisateurs. En parallèle, des séances de formations seront proposées pour les acteurs de l'eau qui souhaitent apprendre ou approfondir les outils et méthodes proposées dans les guides. L'ensemble de ces contenus (guide méthodologique, guide technique, formations, retours d'expériences...) pourra au final être proposé sous forme interactive dans une plate-forme ou un site web dédié.



Les sources du Ried Brunnen dans la plaine alluviale de l'Ill (bassin versant du fleuve Rhin)
Exfiltration d'eau souterraine soulevant le sédiment fin

BIBLIOGRAPHIE

- Graillot, D., Paran, F., Bornette, G., Marmonier, P., Piscart, C. and Cadilhac L. (2014) Coupling groundwater modeling and biological indicators for identifying river/aquifer exchanges. *SpringerPlus*.2014, 3:68. DOI: 10.1186/10.1186/2193-1801-3-68.
- Paran, F., Graillot, D., Lalot, E., Marmonier, P., Bornette, G., Piscart, C., Arthaud, F., Novel, M., Flipo N., Mouhri, A., Habets, F., Thierion, C., Rejiba, F., Bodet, L., Guérin, R., Tallec, G., Chatelier, M., Douez, O., Maugis, P. and Augeard B. (2014) *Caractérisation des échanges nappes/rivières à l'échelle du tronçon ou du linéaire par métrique expérimentale ou par modélisation jusqu'à l'échelle régionale. NAPROM (NAPpes-Rivières : Observation et Modélisation)*. ONEMA, Rapport final, 225p.
- Paran, F., Graillot, D., Arthaud, F., Baillet, H., Bornette, G., Déchomets, R., Ferreira, D., Germain, A., Gibert, J., Jezequel, C., Lafont, M., Lalot, E., Marmonier, P., Novel, M., Piscart, C., Puijalon, S., Rodriguez, C., Simon, L. and Travi, Y. (2007, 2008, 2010 et 2012) *Evaluation des échanges nappes/rivière et de la part des apports souterrains dans l'alimentation des eaux de surface. Application au fleuve Rhône et à ses aquifères superficiels*. ZABR-AERMC, Rapports finaux phases 1, 2, 3 et 4.