

Evaluation de l'impact d'aménagements hydrauliques sur les nappes alluviales à partir d'une nouvelle approche d'estimation des échanges nappe / rivière – Cas de la Basse Durance (France)

Assessment of the impact of hydraulic works on alluvial aquifers using a new approach to estimating aquifer / river exchanges – case study on the lower Durance (France)

³L. Courtot, ³S. Pistre, ²P. Fénart, ¹B. Jacopin, ⁴S. Nofal, ¹E. Duverger, ¹F. Mercier, ¹V. Escande, ¹L. Moreau, ¹P. Picon

¹Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Basse Durance (SMAVD) – bertrand.jacopin@smavd.org

²HYDROFIS – pascal.fenart@hydrofis.com

³Université de Montpellier, Laboratoire HSM – severin.pistre@umontpellier.fr / courtot.leila@gmail.com

⁴Université de Lille 1, Laboratoire LGCgE, 59655 Villeneuve d'Ascq, France salah.nofal@univ-lille1.fr

RÉSUMÉ

Les efforts menés au cours des 20 dernières années dans le cadre de la DCE et des lois sur l'eau ont permis de reconquérir la qualité de nombreux cours d'eau. En raison d'ouvrages tels que des seuils, cette amélioration ne s'accompagne pas toujours d'une reconquête piscicole. La suppression ou l'abaissement de ces seuils peut avoir pour conséquence une modification des niveaux piézométriques des nappes alluviales souvent exploitées pour l'AEP. Cette modification peut être consécutive à la variation de la ligne d'eau dans la rivière et à l'évolution de la nature et de la géométrie des surfaces de contact, entre le cours d'eau et sa nappe alluviale. Dans le cas de la Basse Durance, une étude de l'impact de l'abaissement des seuils a été engagée à travers une modélisation hydrogéologique utilisant le logiciel Modflow. La méthode consiste à définir le long de la rivière, les coefficients d'échange avec la nappe, à partir des résultats de modélisations hydrauliques, de l'analyse de la morphologie du lit de la rivière, de données Lidar et de chroniques piézométriques. Ces coefficients sont fonction de la nature des matériaux qui composent l'interface ; ils sont donc distribués spatialement et varient en fonction du niveau d'eau et donc du débit de la rivière. La modélisation a été contrainte par une expérience de vidange temporaire d'un seuil avec l'enregistrement synchrone des variations de la ligne d'eau et des variations piézométriques dans la nappe.

ABSTRACT

Efforts over the last 20 years under the WFD and laws governing water have restored the quality of many rivers. The presence of structures such as weirs means that this improvement is not always accompanied by recovery of the fish population. The removal or lowering of these weirs may result in a change in the piezometric levels of alluvial aquifers often used for drinking water supply. This change may be a consequence of the variation of the water line in the river and changes in the nature and geometry of the contact surfaces between the river and its alluvial aquifer. In the case of the lower Durance, a study of the impact of possible developments was initiated through hydrogeological modelling using the Modflow program. The method consists of defining the exchange coefficients with the aquifer along the length of the river, from the results of hydraulic modeling and analysis of river bed morphology, Lidar data and piezometric records. These coefficients depend on the kind of materials that make up the interface; they are spatially distributed and vary according to the level and therefore the flow rate of the river. The modeling was constrained by an experiment involving temporary emptying of a weir with synchronous recording of the variations in the water line and piezometric variations in the aquifer.

MOTS CLES

Colmatage, continuité piscicole, Durance, échanges nappe / rivière, seuil

1 INTRODUCTION

1.1 Problématique et objectifs

En Europe, la variété des climats, des paysages et des cultures induit une grande biodiversité animale et végétale. Son maintien est un facteur clé du développement durable. Parmi ses actions, le Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance (SMAVD) souhaite assurer la continuité piscicole sur une portion de la Durance en aval de Mallemort, depuis Bonpas jusqu'à la confluence avec le Rhône. Or, au niveau de ce linéaire d'environ 15 km, trois seuils totalisant une hauteur de chute d'environ 10 m contraignent les migrations piscicoles. Afin de permettre aux espèces cibles de coloniser près de 40 km de la Basse Durance depuis le Rhône, le redimensionnement des seuils est donc envisagé. Toutefois, la suppression ou l'abaissement de ces ouvrages entraînera une possible baisse des niveaux piézométriques. Cette baisse peut avoir des conséquences importantes sur l'ensemble de la plaine alluviale représentant plus de 180 km² et notamment sur l'Alimentation en Eau Potable (AEP) pour plus de 100 000 personnes, sur l'exploitation agricole très importante dans le secteur ou encore sur les nombreux forages privés recensés sur la zone d'étude. C'est pourquoi, il a été jugé indispensable d'anticiper les éventuels impacts du redimensionnement des seuils sur le fonctionnement hydrodynamique de la nappe alluviale d'Avignon par un modèle numérique novateur.

2 LES ECHANGES NAPPE- RIVIERE

2.1 Les enjeux scientifiques

Le guide méthodologique intitulé : « Caractérisation des échanges nappe - rivière en milieu alluvionnaire » (Agence de l'Eau RMC, 2015) permet de mettre en avant les enjeux de cette étude. Plusieurs outils permettant de représenter les échanges nappe - rivière y sont abordés : analyses géomatiques, prélèvements faunistiques, relevés floristiques, prélèvements d'eau pour des analyses physico-chimiques et isotopiques etc. Cependant, le volet modélisation est quasiment inexistant. Généralement, les modèles de nappe considèrent les rivières comme des « canaux » à section géométriques uniformes (Figure 1- modèle usuel), sans prendre en considération la variabilité géométrique et les différents faciès présents (Figure 1 – vers la réalité). Or, ces méthodes basées sur une simple loi de Darcy, homogène au niveau de la rivière, sont insuffisantes pour représenter la complexité des phénomènes physiques agissant au niveau de l'interface rivière – nappe (surfaces d'échanges variables en fonction des niveaux d'eaux). La particularité de cette étude réside ainsi dans la définition d'un protocole permettant de représenter avec précision le coefficient d'échange entre la nappe et la rivière. A travers cette nouvelle approche de modélisation, la méthodologie proposée permet de représenter de manière plus fine, les réalités hydro-géomorphologiques, en tenant compte des variables tels que les débits, les hauteurs d'eaux et les surfaces d'échanges reliant la nappe et le cours d'eau. Les travaux de Cousquer (2017), à travers une revue bibliographique des méthodes d'étude des échanges nappe-rivière, ne mentionnent pas d'approche similaire.

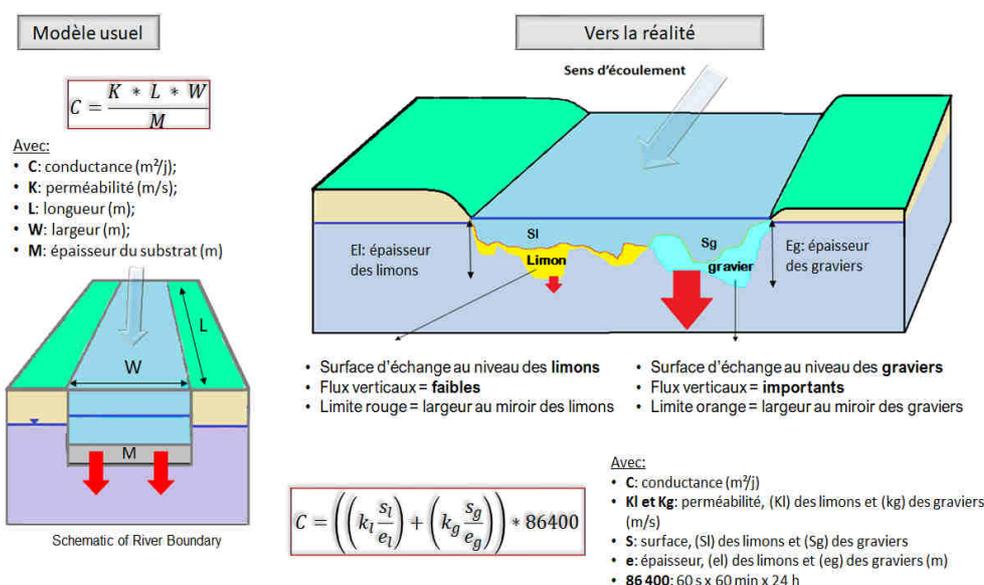


Figure 1: Représentation des échanges nappe – rivière

3 METHODE ET RESULTATS

3.1 La paramétrisation du modèle

La méthodologie s'appuie sur une modélisation numérique utilisant le logiciel Visual Modflow. Le domaine modélisé représente plus de 261 km². A partir d'une représentation maillée pertinente de la nappe alluviale, le logiciel résout l'équation de diffusivité entre chacune des mailles, selon les conditions aux limites et les paramètres hydrodynamiques imposés. Les conditions aux limites rivière correspondent au cœur de cette étude. Pour chaque "maille rivière", la méthode consiste à trouver une loi permettant de corréliser : les hauteurs d'eaux, les surfaces mouillées, les débits ainsi que les épaisseurs des substrats en contact afin d'en déduire un coefficient d'échange. Ces lois ont été précisées en fonction de données hydro-morphologiques (faciès et transport solide), hydrologiques (chroniques de débit), hydrauliques (modélisation Telemac 2D) et topographiques (profils en long et en travers et données Lidar). Par ailleurs, la démarche a consisté à corréliser les connaissances hydrogéologiques du réservoir (études géologiques, chroniques piézométriques) et une expérience de vidange des souilles (Nofal *et al.*, IS RIVERS 2018). Les étapes de conception du modèle numérique suivent le cheminement représenté (Figure 2).

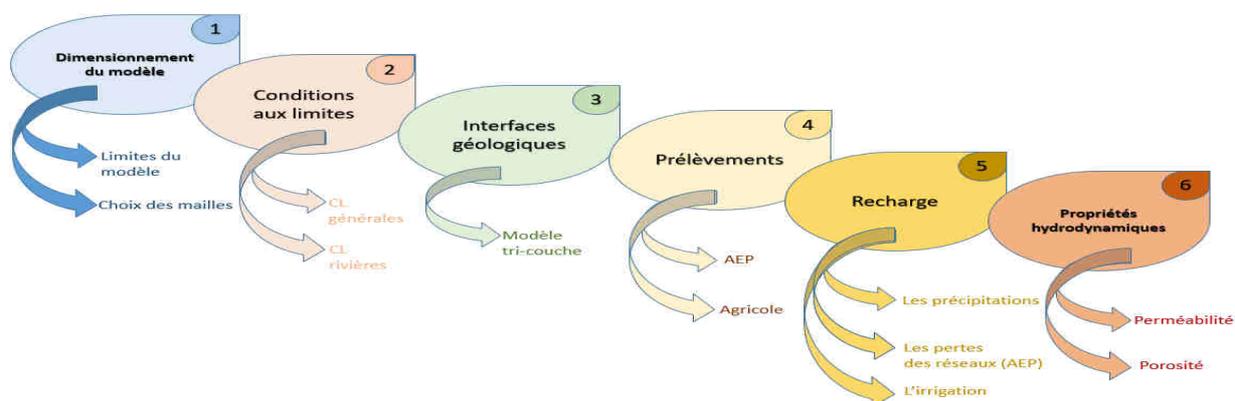


Figure 2: Cheminement et paramétrisation du modèle

3.2 Les résultats

Plus d'une trentaine de piézomètres sur 2 années, associées à un suivi journalier des lignes d'eau ont permis le calibrage du modèle. Il permet de reproduire l'effet de l'expérience de vidange des souilles sur la piézométrie à moins de 10 cm près. Les chroniques modélisées possèdent des écarts inférieurs à 50 cm entre la piézométrie simulée et mesurée. L'effet « barrage » au niveau des seuils, lié à l'accumulation des limons est perceptible sur la carte piézométrique générale obtenue. Cette nouvelle conception numérique a également permis de mettre en avant l'importance des restitutions (lâchers d'eau au niveau des barrages situés à l'amont) sur les échanges nappe rivière. L'analyse des bilans de flux montre enfin que la principale source de recharge de la nappe est liée aux échanges avec la Durance.

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'aspect novateur du projet se base sur la reconnaissance hydro-morphologique du lit de la rivière et son fonctionnement pour aboutir à une spatialisation du coefficient d'échange et une évolution temporelle selon le débit de la rivière. La phase suivante consistera à intégrer les scénarios d'abaissement des seuils envisagés par le SMAVD. Suite aux résultats obtenus, les impacts engendrés sur l'hydrodynamique de l'aquifère pourront être quantifiés. Au-delà du cas de l'aquifère alluvial de la Basse Durance, l'objectif est de proposer une méthodologie de modélisation des aquifères alluviaux considérant les relations nappe -rivière de manière plus précise. Cette méthode pourrait être transposée sur d'autres sites présentant des relations nappe - rivière complexes.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse (2015). Caractérisation des échanges nappe/ rivière en milieu alluvionnaire : *guide méthodologique Eau et Connaissance*, 180p ;
 Cousquer, Y (2017) Modélisation des échanges nappes-rivière à l'échelle intermédiaire, conceptualisation, calibration et simulation – Thèse de l'Université de Bordeaux Montaigne, 210p ;
 Nofal, S. et al. (2018). Aquifer-river's relationship in the alluvial plaine of Avignon (South-East of France): Prospection based on hydraulic measurement –3e Conférence Internationale IS-Rivers, 4-8 June, Lyon, France.