

Influence des ouvrages en travers sur les niveaux de nappes dans deux sites sur la Sarthe : de l'instrumentation à la modélisation

Influence of inline-structures on aquifer water table levels at two sites on the river Sarthe: from instrumentation to modeling

Mathieu Bonnefond¹, Jeannine Corbonnois², Jean-Michel Follin³,
Nathalie Thommeret³

¹ LTSER Zone Atelier Loire, EA 4630 Laboratoire Géomatique et Foncier.
Mathieu.bonnefond@lecnam.net

² Université du Mans, UMR Espace Société
Jeannine.Carbonnois@univ-lemans.fr

³ EA 4630 Laboratoire Géomatique et Foncier.
Jean-Michel.Follin@lecnam.net, Nathalie.Thommeret@lecnam.net

RÉSUMÉ

La communication porte sur la mise en évidence des processus de fonctionnement des zones humides d'un point de vue hydrologique et hydrogéologique en lien avec les ouvrages en travers (seuil, barrage, etc.). Les résultats présentés ici sont issus du projet CEZURES - Continuité Ecologique : Zones hUmides et Restauration Ecologique dans le bassin de la Sarthe amont financé par l'Agence de l'eau Loire Bretagne. Deux sites ont été instrumentés sur la Sarthe avec différents capteurs (piézomètres, limnimètres, station météo, etc.) dans l'objectif de suivre les variations des niveaux de la nappe en lien avec celle des niveaux dans la rivière. Les données issues des capteurs acquises toutes les heures, entre décembre 2014 et juin 2016 ont été stockées et organisées dans une base de données à composantes spatiale et temporelle conçue pour-permettre d'effectuer toutes les opérations voulues sur les données (modélisation du toit de la nappe phréatique, de ses évolutions au cours du temps, des échanges nappes-rivière, ...). Les résultats obtenus sont contrastés. Ils montrent ainsi le poids de la configuration des sites (largeur du fond de vallée, granulométrie des alluvions, pente longitudinale...) sur les niveaux de nappes à l'amont des seuils : réactivité variée aux apports climatiques d'eau et au changement du niveau de la Sarthe.

ABSTRACT

This paper analyses the hydrological and hydrogeological processes of wetlands in relation to inline-structures (weirs, dams, etc.). The results come from the CEZURES project - Ecological Continuity: Wetlands and Ecological Restoration in the Sarthe Catchment, financed by the Loire Bretagne Water Agency. Two sites on the Sarthe were equipped with instruments containing different sensors (piezometers, stage gauges, weather station, etc.) in order to monitor variations in water table levels with respect to river levels. Data from the sensors, acquired hourly from December 2014 to June 2016, were stored and organized in a database with both spatial and temporal components, to allow all the desired operations to be performed on the data (spatial modelling of water table levels, changes in those levels over time, aquifer-river exchanges, ...). The results obtained show a lot of contrast and depend on site characteristics: valley and river width, granulometry, slope, etc.).

MOTS CLES

Zone humide, échanges nappe-rivière, continuité écologique et sédimentaire, Sarthe

1 CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

La communication porte sur la mise en évidence des processus de fonctionnement des zones humides d'un point de vue hydrologique et hydrogéologique en lien avec les ouvrages en travers (seuil, barrage, etc.) et en lien avec la restauration de la continuité écologique. Les résultats présentés ici sont issus du projet CEZURES - Continuité Ecologique : Zones hUmides et Restauration Ecologique dans le bassin de la Sarthe amont financé par l'Agence de l'eau Loire Bretagne. Le secteur concerné par l'étude comprend une dizaine de barrages. Leur influence sur les conditions hydriques dans le lit majeur de la Sarthe est mal connue.

Les barrages installés au fil de l'eau ont contribué à faire remonter les niveaux piézométriques des nappes alluviales (Barnaud, Fustec 2007). Mais l'ampleur de cette incidence n'est connue que dans les grandes lignes. Des travaux conduits sur ce thème montrent que les situations sont très variables (Fustec et Lefevre 2002). Elles dépendent de multiples facteurs. Les matériaux du fond alluvial (alluvions et substratum géologique encaissant) jouent un rôle déterminant. Ils favorisent selon leurs caractéristiques (texture, stratification, épaisseur, perméabilité...) des drainages verticaux, de la surface vers la profondeur.

Dans le détail cette influence concerne des espaces de dimensions variées selon les microformes topographiques (largeur effective du lit majeur, présence de basses terrasses fluviales) mais également selon l'occupation du sol. Les zones humides sont bien visibles dans l'amont du bassin de la Sarthe où l'essentiel de l'occupation du sol en fond de vallée comprend des secteurs en herbe également en cohérence avec l'hydromorphie des sols.

La communication présentera une analyse à l'échelle du fond de vallée de la Sarthe amont de Moulins-le-Carbonnel et à l'échelle de deux sites d'études équipés d'instrument de mesures (piézomètres, station météo, etc.) et un modèle spatio-temporel pour les données issues de capteurs. Les résultats de l'analyse des deux sites seront présentés dans cette communication.

2 DISPOSITIF DE MESURES SUR LES SITES

Les sites du Moulin de Hauterive et du Moulin du Désert (Commune de Moulins-le-Carbonnel) qui se trouvent sur la rivière Sarthe à la limite des départements de la Sarthe et de l'Orne ont été choisis car ils appartiennent aux secteurs de fond de vallée, remplis de 2 à 5m d'alluvions argilo-sableuses à passées graveleuses et accueillent des zones humides sous influence de seuils. Les deux sites ont été équipés d'une station météo et de capteurs piézométriques pour réaliser un suivi de niveau d'eau de la nappe et de la rivière (Figure 1).

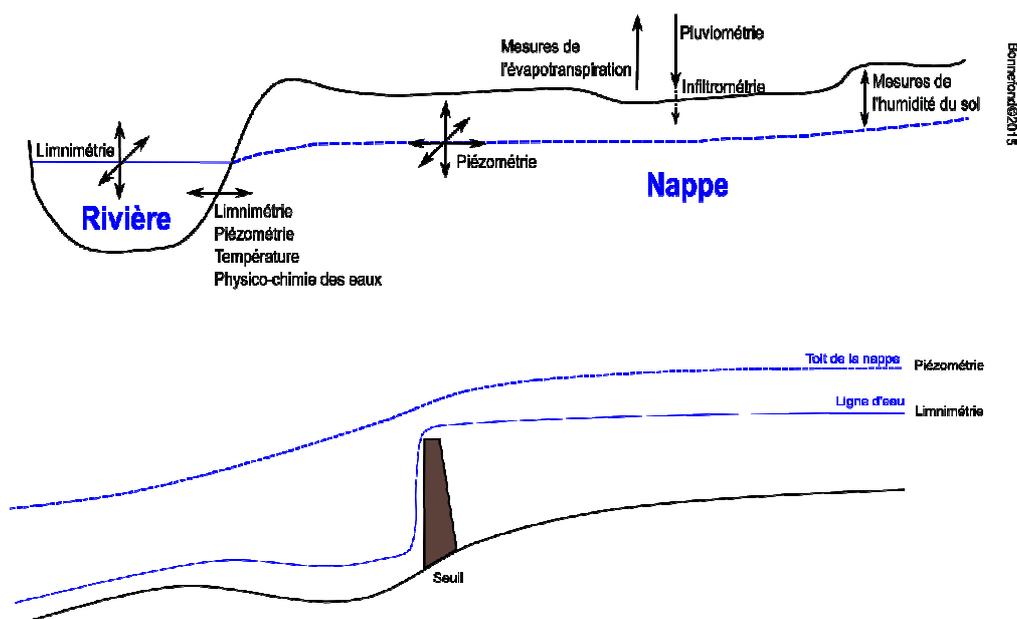


Figure 1 : Schéma de principe du dispositif de mesures sur les sites d'étude

Les mesures de niveaux d'eau effectuées dans les deux sites de Hauterive et de Moulin du Désert donnent des résultats contrastés. Ils montrent ainsi le poids de la configuration des sites (largeur du fond de vallée, granulométrie des alluvions, pente longitudinale...) sur le fonctionnement des zones humides situées à l'amont des seuils : réactivité variée aux apports climatiques d'eau et au changement du niveau de la Sarthe.

3 MODELISATION SPATIALE DES NIVEAUX DE NAPPES

Les réseaux de capteurs, qui sont de plus en plus fréquemment utilisés pour des applications telles que la surveillance de phénomènes environnementaux ou urbains, entraînent la production de volumes importants de données localisées et datées. Le déploiement de tels systèmes soulève notamment des problèmes de modélisation pour prendre en compte les spécificités des capteurs, d'intégration pour utiliser des données provenant de sources différentes ou encore d'interpolation pour passer de données ponctuelles dans l'espace à des surfaces continues (Servigné et al. 2009).

Dans le cadre du projet, les données issues des capteurs ont été acquises toutes les heures, entre décembre 2014 et juin 2016. Il est donc apparu nécessaire de les stocker et organiser de manière à assurer leur cohérence et à faciliter et optimiser leur accès. Une base de données à composantes spatiale et temporelle a ainsi été conçue afin de pouvoir effectuer toutes les opérations voulues sur les données (modélisation du toit de la nappe phréatique, de ses évolutions au cours du temps, des échanges nappes-rivière, ...)

Le modèle physique de la base de données, telle qu'il a été implémenté avec le Système de Gestion de Base de Données (SGBD) PostgreSQL, est présenté dans la Figure 2. Il dissocie les données liées aux mesures brutes de celles liées aux caractéristiques des capteurs.

Ainsi les tables `station_limni`, `station_piezo` et `station_meteo` représentent respectivement les stations limnimétriques, piézométriques et météorologiques. Nous noterons que certains limnimètres s'étant retrouvés hors d'eau suite à l'abaissement du niveau du cours d'eau, il a fallu les déplacer et donc pouvoir leur associer plusieurs géométries. Cette modélisation en tant que capteur agile (c'est-à-dire caractérisé par une mobilité restreinte au cours du temps) est permise par la table `geometrie_limni`.

Les tables `mesures_limni`, `mesures_piezo` et `mesures_meteo` représentent respectivement les données limnimétriques, piézométriques et météorologiques, plusieurs mesures étant évidemment associées aux stations au cours du temps.

Les différentes tables contiennent les données nécessaires pour le calcul, par le biais de fonctions, des informations qui nous intéressent. Ainsi le calcul de l'altitude de la nappe phréatique à un instant T_i est par exemple possible à partir des caractéristiques d'un piézomètre (`alti_terrain` pour l'altitude du terrain naturel et `profondeur_diver` pour la longueur du câble du Diver) d'une part et d'une donnée de mesure piézométrique à un instant T_i (charge pour la charge hydraulique) d'autre part.

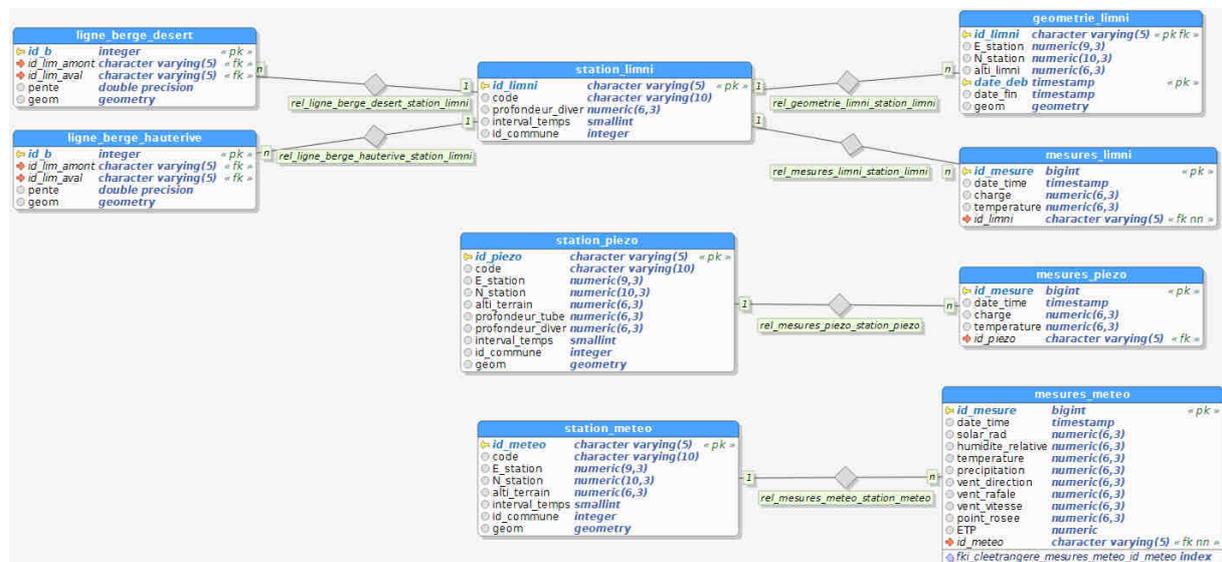


Figure 2 : Modèle physique de la base de données

Le socle de données ainsi formé pourra être complété par des informations (comme la géologie, la perméabilité du sol au niveau de la zone non saturée) pour enrichir et affiner la modélisation.

Cette organisation des données rend possible l'analyse des niveaux de la nappe au cours du temps et avec une résolution temporelle fine. L'exploitation de ces informations, notamment par des méthodes géomatiques (Paran et Augeard, 2017), nous permettra d'obtenir une représentation spatialisée des échanges nappe/rivière sur ces secteurs et ainsi de mieux caractériser leur fonctionnement.

BIBLIOGRAPHIE

Barnaud G., Fusec E. (2007) *Conserver les zones humides, pourquoi comment ?* Ed. Educagri , 267p.;

Paran F., Augeard B. (2017). *Guide technique Interactions nappe/rivière : des outils pour comprendre et mesurer les échanges*. Agence française pour la biodiversité, collection Guides et protocoles, 102 pages

Servigne, S., Devogele, T., Bouju, A., Bertrand, F., Gutierrez, C., Laucius, S., Noel, G. & Ray, C. (2009). Gestion de masses de données au sein de bases de données capteurs. *Revue internationale de Géomatique*, 19(2), pp-133-150.