

Etude des interactions nappes-rivière à l'échelle régionale de la région d'Angkor (Cambodge).

Contexte

La société setec hydratec est la société du groupe setec spécialisée dans le domaine de l'ingénierie de l'eau et des milieux aquatiques. Elle compte 170 collaborateurs regroupés dans une dizaine de domaines de compétence, dont l'hydraulique fluviale, l'hydrogéologie et l'hydro informatique. Parmi les logiciels développés figure HYDRA qui modélise l'ensemble des domaines d'écoulement à surface libre dans un environnement de développement open source.

Hydratec a élaboré en 2016 un schéma d'aménagement hydraulique visant à réduire l'impact des inondations de mousson sur le site archéologique d'Angkor au Cambodge. Ce projet a été réalisé pour le compte d'APSARA qui est l'autorité cambodgienne de gestion des temples d'Angkor et de développement de tout ce secteur. La cité d'Angkor est baptisée « cité hydraulique » en raison de l'importance jouée par l'eau dans le rayonnement historique de cette région et des enjeux actuels de développement liés à l'eau.

Description du projet de thèse

Le parc d'Angkor est occupé par les temples millénaires datant de la période de l'empire Khmer (9^{ème} au 14^{ème} siècle, il est classé au patrimoine mondial de l'UNESCO. Il est confronté à un problème majeur de gestion de la ressource en eau en raison du développement touristique et des multiples usages : alimentation en eau potable, irrigation, stabilité des temples, intégrité archéologique du site ... La diminution de la recharge des nappes ainsi que leur exploitation rendent difficile l'approvisionnement en eau pour les locaux et le tourisme. La diminution de la hauteur d'eau des nappes a également pour conséquences la subsidence, ou l'affaissement des sols, qui pourrait provoquer des dommages aux temples. Afin d'améliorer la gestion des ressources en eaux, les défis suivants doivent être relevés :

- Recharger les nappes pour sécuriser la ressource en eau et garantir la stabilité des temples d'Angkor ;
- Maîtriser le risque inondation ;
- Améliorer l'accès à l'eau potable pour les populations locales.
- Gérer la demande face aux pressions grandissantes liées au développement du tourisme et des activités agricoles.

Les interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface sont complexes et jouent un rôle prépondérant dans le fonctionnement des ressources en eaux. La compréhension de l'évolution de ces interactions dans les régions semi-arides ou dans le cas de pompages à proximité de la rivière est rendue plus complexe par l'influence des processus physiques intervenant dans la zone non saturée. Les interactions nappe-rivière passent d'un état connecté dans lequel le débit d'infiltration est directement dépendant de la différence de charge entre la rivière et l'aquifère à un état déconnecté où le débit devient constant quelque soient les perturbations en passant par un état de transition (Rivière et al., 2014).

L'objectif de ce travail de thèse est de conceptualiser les lois d'échange nappe-rivière en transitoire à l'échelle régionale. De nombreux travaux ont été réalisés à ce jour pour analyser et reproduire par le calcul les mécanismes d'échange entre des plans d'eau ou des cours d'eau et la nappe sous-jacente via la zone non saturée. Ces investigations ont été pour la plupart menées à une échelle fine de modélisation grâce à des modèles bi-dimensionnels dans le plan x-z saturée (Brunner et al., 2009; Rivière et al., 2014). Des modélisations en 2D seront réalisées à l'échelle macroscopique en prenant en compte les hétérogénéités sédimentaires afin de conceptualiser l'évolution des débits d'infiltration en fonction des perturbations hydrodynamiques. Les lois déduites de ces cas

synthétiques seront utilisées pour conceptualiser les débits d'échanges nappe-rivière dans un modèle régional (maille de quelques dizaines de mètres). L'objectif final est d'élaborer un outil de modélisation décrivant les interactions nappes-rivières à l'échelle régionale et les mécanismes de connexion-déconnexion en régime transitoire.

Ce travail de recherche sera appliqué à la problématique de la gestion de la ressource en eau dans la région d'Angkor (Cambodge).

Programme de recherche

L'étudiant(e) participera à des missions de terrain sur site.

Ce travail s'étalera sur une durée de trois ans. Il comprendra les étapes suivantes :

1. Analyse bibliographique et établissement de l'état des connaissances sur le sujet des interactions nappes rivières dans un contexte de déconnexion,
2. Cas synthétiques de modèles locaux 3D et 2D multi couche,
3. Transposition des lois locales d'interaction en lois d'échange équivalentes à l'échelle régionale,
4. Application des lois avec les données réelles
5. Construction du modèle hydrogéologique de la région d'Angkor,
6. Couplage avec le modèle hydraulique mis en œuvre par hydratec en 2016 : Application de la conceptualisation de déconnexion nappe rivière,
7. Calibration du modèle.

Contacts : thierry.lepelletier@setec.com, frederic.maurel@setec.com, agnes.riviere@mines-paristech.fr, nicolas.flipo@mines-paristech.fr

Début de la thèse le 1 octobre 2019 au 1 janvier 2020 en fonction des retours de l'ANRT

Salaire : approx. 2000 euros par mois

Localisation : HYDRATEC, Immeuble Central Seine, 42-52 quai de la râpée, 75583 Paris Cedex 12 et

MINES ParisTech, PSL Research University, Centre de Géosciences, équipe SHR, 35 rue Saint-Honoré, 77305 Fontainebleau Cedex

Documents à fournir à la candidature :

- CV
- Une lettre de motivation
- Diplômes et relevés de notes
- Deux lettres de recommandation
- Rapport de stage

Date limite de candidature : 31 juillet 2019

Références :

Brunner, P., Simmons, C.T., Cook, P.G., 2009. Spatial and temporal aspects of the transition from connection to disconnection between rivers, lakes and groundwater. *J. Hydrol.* 376, 159-169. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.07.023>

Rivière, A., Gonçalves, J., Jost, A., Font, M., 2014. Experimental and numerical assessment of transient stream-aquifer

exchange during disconnection. J. Hydrol. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.05.040>