



Thèse de doctorat: **Utilisation des données piézométriques pour améliorer la composante souterraine d'une modélisation hydrologique régionalisée en contexte d'étiage.**

Equipe d'accueil : l'unité RECOVER, équipe RHAX (Risque Hydrométéorologiques), IRSTEA Aix-en-Provence. Le doctorant sera inscrit à l'Aix Marseille Université ED251.

Contrat : Contrat de thèse de 3 ans à partir du 1^{er} octobre 2018, salaire mensuel brut: 1874 € (janvier 2018).

Localisation : Irstea Aix-En-Provence

Encadrement :

Sujet porté par Nathalie Folton, Ingénieur de Recherche, IRSTEA Aix-en-Provence

Directeur de thèse : Patrick Arnaud, HDR Ingénieur de Recherche, IRSTEA Aix-en-Provence

Un comité de thèse avec des chercheurs extérieurs à l'équipe sera constitué.

Résumé du projet de thèse :

Les situations récurrentes de manque d'eau et les incertitudes sur l'état futur des ressources, liées au changement climatique, font de la connaissance des étiages un enjeu majeur en France. Cet enjeu est porté par les politiques publiques européennes (Directive Cadre Européenne sur l'Eau) et nationale (Loi sur l'eau et les Milieux Aquatiques) qui visent une gestion durable de la ressource en eau, tant en qualité qu'en quantité, afin de garantir un équilibre entre la ressource et les usagers. L'étiage, phénomène naturel, saisonnier et susceptible de varier dans le temps et dans l'espace est caractérisé par différents indices statistiques de durée et de sévérité. Ces indices statistiques sont utilisés dans la gestion des usages de l'eau pour définir des seuils de vigilance à la crise renforcée, et instaurer différentes restrictions en fonction des stades de sécheresse observée. Cela suppose de pouvoir les estimer en tout point des cours d'eau. Ils peuvent aussi permettre d'évaluer les impacts possibles de changements climatiques ou anthropiques. La connaissance de ces indicateurs fait l'objet de nos travaux de recherche et l'approche développée (méthode LoiEau) s'appuie sur un modèle pluie-débit régionalisé (Garcia, 2016). Cette modélisation à grande échelle exploite une grande quantité de données hydrométéorologiques (pluies et débits) issues des bases nationales, mais aucune sur le suivi piézométrique des nappes. L'objectif est de tester la prise en compte des observations disponibles à l'échelle nationale sur la composante souterraine du cycle de l'eau, (banque de données ADES) dans la modélisation hydrologique régionalisée. Ce travail permettra d'élargir la typologie des bassins versants traités par une information sur la composante souterraine du cycle de l'eau, et d'améliorer la fiabilité de la modélisation régionalisée. Deux approches sont envisagées : affiner la structure du modèle hydrologique en caractérisant les échanges nappes/rivière et consolider la régionalisation des paramètres en permettant d'explorer l'explicabilité des paramètres à partir de signaux piézométriques.

Le modèle s'avère être perfectible dans la représentation des relations avec les formations souterraines. En effet eaux souterraines et eaux de surface sont deux états de la ressource en eau, deux phases du cycle de l'eau. Elles présentent des relations et une interdépendance hydrologique si étroite qu'en fait toutes deux constituent une ressource unique (Castany, 1965). La structure actuelle du modèle hydrologique a été conçue pour se rapprocher des processus hydrologiques, qui sous-tendent la génération de débits, avec comme contrôle unique les chroniques de débits observés. Une

vision complémentaire peut être envisagée et consiste à intégrer un forçage et/ou un contrôle supplémentaire issu de l'observation souterraine. La prise en compte des signatures de niveau de nappes disponibles à l'échelle nationale peut s'envisager comme un degré de liberté supplémentaire qui permettrait au modèle de fonctionner différemment selon les types de dynamique des aquifères (aquifère sédimentaire, aquifère alluvial, aquifère à forte perméabilité ou aquifère de socle). L'enjeu est donc de gagner en flexibilité par la prise en compte d'une autre donnée disponible de l'observation souterraine qui contribuerait à la l'augmentation de la performance du modèle. Et pour pouvoir exploiter cette richesse d'informations disponibles, le modèle sera rendu plus complexe, tout en conservant une structure parcimonieuse de paramètres libres. Une adaptation de la structure existante du modèle s'inspirera des modèles hydrogéologiques les moins complexes et les plus généraux, comme par exemple le modèle GARDENIA du BRGM (Thiéry, 2009) : modèle Global A Réservoirs pour la simulation des DEbits et des Niveaux Aquifères. Il est aussi primordial de bénéficier des connaissances acquises au sein de la plateforme AQUIFR et de ses récents développements, projet porté par F. Habets (2015). Des échanges seront donc menés avec afin d'enrichir le développement de la nouvelle structure du modèle et des nouveaux forçages.

En contraignant le modèle sur deux contrôles; reproduction des débits et reproduction des hauteurs piézométriques, on espère diminuer la plage de variation des paramètres acceptables et les rendent plus stables. La stabilité des paramètres du modèle est primordiale, elle participe à une meilleure explication des paramètres avec des descripteurs des bassins. Car plus un paramètre est stable et indépendant de la fonction objectif et indépendant de la période de calage, mieux on réussit à identifier son rôle fonctionnel. L'impact de l'amélioration du modèle sera analysé sur la régionalisation des paramètres.

Castany, G., 1965 Unicité des eaux de surface et des eaux souterraines, principe fondamental de la mise en valeur des ressources hydrologiques, *Hydrological Sciences Journal*, 10 :3, pp 22-30.

Garcia F., 2016 Amélioration d'une modélisation hydrologique régionalisée pour estimer les statistiques d'étiage. Thèse de doctorat. UPMC Paris 228p

Habets, F., Ackerer, P., Amraoui, N., Besson, F., Caballero, Y., J-R de Dreuz, P. Le Moigne, L., Longuevergne, E. Martin, T. Morel, F. Regimbeau, M. Rousseau, P. Rousseau-Gueutin, D. Thiéry, J.-M. Soubeyrou, J.-P. Vergnes et P. Viennot, (2015) Aquif-FR un système multimodèle hydrogéologique à l'échelle nationale. *Géologues*, (187), 105-109.

Thiéry, D. 2009 Modèles à réservoirs en hydrogéologie. In *Traité d'hydraulique environnementale - Volume 4 - Modèles mathématiques en hydraulique maritime et modèles de transport*. Tanguy J.M. (Ed.) -Éditions Hermès -Lavoisier. Chapitre 7 pp. 239-249.

Profil souhaité :

- Etre titulaire d'un diplôme d'ingénieur et/ou master en Sciences de l'Eau et de l'Environnement ;
- Disposer de compétences en statistiques, analyse de données, hydrogéologie, hydrologie et modélisation;
- Avoir un bon niveau en programmation (R, C++,...)
- Maîtrise de l'anglais scientifique oral et écrit ;
- Avoir une capacité rédactionnelle ;
- Intérêt pour la recherche appliquée dans un environnement interdisciplinaire.

Modalité de candidature :

Adresser CV et lettre de motivation à Nathalie Folton : nathalie.folton@irstea.fr

Une étude des candidatures sera faite le 30 juin 2018.