



Optimisation du paramétrage d'un modèle hydrogéologique « pluie-niveau » semi-physique par inférences bayésiennes

DTN/SMTA/LMTE

Stage de Master 2 – Hydrogéologie & statistiques – 6 mois

Proposé par le CEA (Cadarache) et HydroSciences Montpellier (HSM) – Montpellier (34)

Le site du CEA de Cadarache est sujet aux inondations par remontée de nappe karstique. Tous les 10 ans, les Installations Nucléaires de Base (INB) implantées sur le site font l'objet d'un réexamen de sûreté au cours duquel est notamment réévalué le risque d'inondation par remontée de nappe phréatique. C'est dans ce cadre qu'a été mise au point la méthode MECK (Méthode d'Evaluation des Crues Karstiques), qui permet de calculer, par approche statistique, les niveaux de référence à prendre en considération dans le dimensionnement de chaque installation. MECK met en œuvre un modèle « pluie-niveau » semi-physique de type réservoir, qui s'appuie sur des données météorologiques afin de reconstituer les niveaux piézométriques passés. Le calage manuel des paramètres permet d'obtenir des niveaux piézométriques simulés proches des niveaux mesurés. Cependant, les paramètres retenus varient potentiellement selon l'opérateur, et il est difficile, en l'état, de savoir s'ils sont optimaux.

Dans ce contexte, l'objectif de ce stage est d'optimiser le calage des paramètres de ce modèle « pluie-niveau » et quantifier les incertitudes paramétriques associées. Pour une meilleure estimation des incertitudes, une approche Bayésienne sera développée pour estimer une distribution de paramètres et donc une enveloppe de simulations permettant une analyse statistique de l'ensemble des possibles. Cette approche doit aboutir à une calibration robuste du modèle MECK ainsi qu'une estimation des incertitudes prédictives (nécessaires à la prise de décision pour le dimensionnement des ouvrages du site).

A noter que ce stage s'inscrit dans le cadre d'une thèse co-encadrée par le CEA, HSM et l'IMT-Mines Alès, qui a débuté en novembre 2024.

Ce sujet de stage permettra d'aborder les questions scientifiques suivantes :

- Quelle est la sensibilité du modèle MECK

à la variabilité spatiale des données de forçage (pluie et évapotranspiration en particulier) et aux données de calibration (niveaux piézométriques) ?

- Comment construire un outil de prédiction robuste en maîtrisant les incertitudes associées aux différents maillons de la chaîne de modélisation hydrogéologique ?

- Comment contraindre l'incertitude paramétrique d'un modèle semi-physique dans un milieu hétérogène ?

Le stage s'articulera autour des missions suivantes :

- Appropriation du contexte hydrogéologique local,
- Prise en main du modèle MECK,
- Analyse de sensibilité des paramètres du modèle MECK,
- Etude de l'équifinalité paramétrique et identification des potentielles réductions de dimension du modèle MECK,
- Mise en place d'un outil d'estimation des distributions de paramètre par inférences bayésiennes.

Ce stage sera co-encadré par le CEA de Cadarache et par le laboratoire HydroSciences-Montpellier, et se déroulera à Montpellier.

Le stage se déroulera dans les locaux de HSM. Des déplacements ponctuels auront lieu sur le site CEA de Cadarache ainsi qu'à IMT Mines Alès.

Le travail impliquera également un reporting des actions réalisées sous forme de compte-rendu et des présentations visant à exposer les résultats obtenus auprès de l'ensemble de l'équipe tout au long du stage. Ces supports serviront également à la rédaction du mémoire de fin de stage.

- **Compétences techniques recherchées :**
 - Programmation (Python)
 - Statistiques
 - Des notions en hydrogéologie seraient appréciées

- **Autres qualités souhaitées**
 - Prise d'initiatives
 - Rigueur scientifique
 - Qualité rédactionnelle
 - Communication

- **Equipe encadrante :**
 - Vianney Sivelle,
 - Sayane Jouanneau-Couvret,
 - Sébastien Morilhat
 - Séverin Pistre
 - Anne Johannet

- **Formation souhaitée :**

Master 2 / 3ème année d'école d'ingénieur en hydro(géo)-logie ou maths appliquées, présentant une appétence pour la modélisation, l'hydrogéologie l'analyse de données et l'algorithmique

- **Durée du stage :**

6 mois (février-août 2026, ajustable)

- **Méthode/logiciel(s):**

Python, bureautique

- **Mots clés :**

Statistiques, inférences bayésiennes, hydrogéologie

- **Contact :**

vianney.sivelle@umontpellier.fr
sebastien.morilhat@cea.fr
sayane.jouanneau-couvret@cea.fr