



Felipe Alberto MENDEZ-RIOS (2025-2028)

Projet de thèse : Estimer les paramètres et les incertitudes d'un modèle hydraulique en utilisant des données d'origine variée: stations hydrométriques, altimétrie par satellite et mesures sporadiques

Encadrants : J. Le Coz, T. Terraz (RiverLy, Eq. Hydraulique des rivières), B. Renard & P.A. Garambois (RECOVER, RHAX, Aix-en-Provence)

Financement : AQUA et CNES

Les modèles hydrauliques constituent un outil important pour la gestion de l'eau et des risques associés. Ces modèles dynamiques sont utilisés par exemple pour la représentation des propagations de crues sur les réseaux hydrographiques, la gestion des inondations (prévision, prévention, protection), la reconstitution du débit de crues à partir de hauteurs d'eau ou de zones inondées, la modélisation du transport sédimentaire, etc. Les modèles hydrauliques 1-D (unidimensionnels), en particulier, sont très largement utilisés en pratique car ils présentent de nombreux avantages, sans compromettre la base physique des équations sous-jacentes : adéquation avec de nombreux objectifs opérationnels, lien direct avec les données de terrain, calcul rapide. Ils constitueront l'objet d'étude principal de ma thèse.

La mise en œuvre d'un modèle hydraulique réclame des informations sur la topographie de la zone d'étude et notamment la bathymétrie du cours d'eau, de la plaine d'inondation et des ouvrages, la friction basale, des conditions limites amont et latérales (hydrogramme(s) typiquement) et aval (limnigramme ou marégramme par exemple). Toutes ces informations ne sont pas systématiquement mesurées, ni même réellement mesurables (cas des coefficients de friction, qui dans les faits compensent d'autres erreurs de modélisation), de sorte qu'une étape de calage du modèle est généralement effectuée.

Ce calage reste fréquemment manuel dans la pratique opérationnelle, ce qui rend ce travail difficilement reproductible. De plus, l'expertise mobilisée lors d'un calage manuel n'est pas explicitement formalisée, ce qui est un frein à sa transmission et à sa critique.

Des cadres méthodologiques très généraux pour le calage de modèles existent pourtant bel et bien (assimilation de données, estimation Bayésienne et autres). Néanmoins, leur déclinaison aux situations complexes rencontrées en pratique réclame des spécifications qui ne sont pas triviales: caractérisation des incertitudes dans les données et le modèle, spatialisation des paramètres, etc.

La disponibilité de données telles que les mesures altimétriques du satellite SWOT ou les mesures réalisées ponctuellement lors des crues (survol de drones, ou laisses de crues) est une opportunité importante pour améliorer l'estimation des paramètres des modèles hydrauliques et leur déploiement « partout ». L'utilisation de données multi-sources pose néanmoins des questions méthodologiques sur la pondération de données hétérogènes qui peuvent différer très fortement en volume, résolution spatio-temporelle, sparsité, qualité et même en nature.

La quantification de l'incertitude prédictive affectant les simulations du modèle (hauteurs, vitesses et débits), ainsi que sa décomposition en différentes origines (données, modèle, paramètres estimés), reste encore largement du domaine de la recherche. Il s'agit pourtant d'une étape indispensable à une prise de décision éclairée.

L'objectif de cette thèse sera de progresser vers un outil générique pour estimer les paramètres et les incertitudes d'un modèle hydraulique sur la base de données d'origine variée. On cherchera notamment à proposer des simplifications ou paramétrisations compatibles avec une application opérationnelle mais suffisamment génériques pour n'être spécifique à aucun site ou code de calcul.