



Université
de Toulouse

AVIS DE SOUTENANCE

HIND OUBANAS

Surfaces et interfaces continentales, Hydrologie

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulée

Variational assimilation of satellite data into a full Saint-Venant based hydraulic model in the context of ungauged basins

Assimilation variationnelle de données satellitaires dans un modèle hydraulique Saint-Venant complet dans le contexte de bassins non instrumentés.

Dirigée par :

Pierre-Olivier MALATERRE, Igor GEJADZE et Franck MERCIER

Soutenance prévue le *mercredi 31 janvier 2018* à 14h00

Lieu : Collecte Localisation Satellite
Amphithéâtre

Composition du jury proposé

Dr. Pierre-Olivier MALATERRE

IRSTEA Montpellier, UMR G-EAU, Directeur de thèse.

Dr. Igor GEJADZE

IRSTEA Montpellier, UMR G-EAU, Co-directeur de thèse.

Dr. Franck MERCIER

CLS Toulouse, Co-directeur de thèse.

Prof. Emérite François Xavier LE DIMET

Université Grenoble Alpes, Grenoble, Rapporteur.

Dr. Nicole GOUTAL

EDF R&D Chatou, Rapporteur.

Dr. Sophie RICCI

CERFACS Toulouse, Examinatrice.

Dr. Sylvain BIANCAMARIA

LEGOS Toulouse, Examineur

Prof. Pieter VAN BEEK

LEGOS/UPS Toulouse, Examineur

Abstract:

The present thesis investigates the potential of variational data assimilation (DA) in discharge estimation from the future Surface Water and Ocean Topography (SWOT) satellite mission, using a 1.5D full Saint-Venant hydraulic model in the context of fully ungauged basins. Two distinct approaches for treating the model error are being investigated; the extended control vector approach and a novel approach based on a modified covariance matrix. Adjoint sensitivity analysis was first performed to assess the local influence of the hydraulic model inputs, on the model response, defined using an objective function of the model state. The latter is highly sensitive to the upstream boundary condition on discharge as well as the river bed elevation and roughness coefficient. Sensitivities indicate the control sections of the river that have major influence on the flow hydraulics, which emphasizes the need of accurate measurements and/or at these locations. Second, the estimation of river discharge from simulated SWOT observations using a variant of the conventional variational DA method '4D-Var' has been investigated. The variational DA scheme involves an extended control vector and is developed to apply the method to fully ungauged basins. The method was tested using two experimental set-ups: (i) Observing System Simulation Experiments over the Garonne River and a more realistic and general framework using (ii) the SWOT hydrology simulator, which simulates the radar system on-board the satellite, over the Po and Sacramento Rivers. Water surface elevation was assimilated leading to local improvements on bathymetry and roughness which allowed successful estimation of discharge. Nevertheless, the estimates of the space distributed variables are subjected to the equifinality issue which may prevent their use for subsequent applications. Moreover, results emphasize that successful estimation of discharge over the whole study period requires an observation frequency comparable to the characteristic time of the hydraulic system. Finally, a novel method for the treatment of the model error using the variational approach is proposed. Based on the 'nuisance parameter' idea, it allows implicit treatment of the model error by using a modified observation covariance matrix. The equivalency theorem substantiating the method has been proved. A case of the biased model error is also considered. Numerical experiments involving the 1D generalized Burger's equation and the 1.5D full Saint-Venant equations illustrate the presented theory.

Keywords: Data assimilation, variational approach, uncertainty, sensitivity, model error, river hydraulics, Saint-Venant equations, Burger's equation, modeling, remote sensing, satellite data, ungauged basins, SWOT.

Résumé :

Ce sujet de thèse s'inscrit dans le cadre général de la mission satellitaire Surface Water and Ocean Topography (SWOT) et a pour objectif d'évaluer l'apport de l'assimilation de données (AD) variationnelle en utilisant un modèle hydraulique 1.5D basé sur le système d'équations Saint-Venant complet. De plus, la méthode proposée est conçue pour une application dans le contexte général de bassins non instrumentés. Une première analyse de sensibilité avec la méthode de l'adjoint a été effectuée pour évaluer l'influence locale des variables et paramètres d'entrée du modèle sur ses sorties. La réponse du modèle est définie à partir d'une fonction objective des variables d'état. Celle-ci s'avère significativement sensible à la condition limite en débit amont, ainsi qu'aux variables de géomorphologie fluviale; le niveau du lit du fleuve et ses coefficients de frottements. Les sensibilités calculées renseignent sur les sections de contrôle qui ont une influence majeure sur l'hydraulique du fleuve et qui requièrent des relevés ou un calage plus précis. L'estimation du débit des fleuves à partir de données SWOT, a été ensuite étudiée, en utilisant une variante de la méthode conventionnelle '4D-Var'. Celle-ci permet d'estimer simultanément le débit, ainsi que la bathymétrie et les frottements dans le contexte de bassins non instrumentés, observés uniquement depuis l'espace. Deux configurations ont été analysées: (i) les expériences jumelles dans le cadre du fleuve Garonne, puis un cadre plus représentatif des données SWOT, en utilisant (ii) le simulateur SWOT d'hydrologie, sur les fleuves Po et Sacramento. En assimilant des données de hauteur d'eau, la bathymétrie et les frottements sont corrigés localement, permettant une meilleure estimation du débit. Toutefois, les variables estimées (bathymétrie et frottements) sont sujettes au problème d'équifinalité, et ne peuvent être exploitées pour des applications ultérieures. De plus, les résultats obtenus renseignent sur la fréquence temporelle des observations permettant une bonne estimation du débit et qui se doit d'être au moins équivalente au temps caractéristique du fleuve étudié. Pour finir, une nouvelle approche pour le traitement de l'erreur modèle en utilisant l'AD variationnelle a été proposée. Elle implique un traitement implicite basé sur une matrice de covariance des erreurs d'observations modifiée. Le théorème proposé est démontré et illustré par une application à l'équation 1D de Burger généralisée, ainsi qu'au cadre hydraulique en utilisant le modèle 1.5D saint-Venant complet.

Keywords: Assimilation de données, approche variationnelle, incertitude, analyse de sensibilité, erreur modèle, hydraulique fluviale, équations Saint-Venant, équation de Burger, modélisation, télédétection spatiale, données satellitaires, bassins non instrumentés, SWOT.

Infos Pratiques

Collecte Localisation Satellite, 11 Rue Hermès, Ramonville Saint-Agne



Pièce d'identité obligatoire.

Accès en transports en commun

Depuis la gare SNCF Toulouse Matabiau (Durée 50 min)

- Prenez le métro, **ligne A**, à destination de Basso Cambo.
- Correspondance à l'arrêt Jean Jaurès
- Prenez le métro, **ligne B**, à destination de RAMONVILLE-SAINT-AGNE.
- Correspondance à l'arrêt Ramonville.
- Prenez le bus **numéro 111**, à destination de RAMONVILLE-SAINT-AGNE.
- Descendez à l'arrêt Hermès.

Plus d'informations : [Tisseo plan interactif](#)