

THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITE (1)

ECOLE DOCTORALE N° 602

Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes

Spécialité : « SIS – Génie Civil » (3)

Par

« Chengjun CAO » (4)

« Modeling of spatial variability and measurement uncertainties for optimizing the positioning of gauges and limiting the consequences of coastal flooding » (5)

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 26 mai 2026 (6)

Unité de recherche : Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (GeM) (7)

Rapporteurs avant soutenance :

Julien BAROTH Professeur (HDR) et Université Grenoble Alpes (8)

Théo VISCHÉL Professeur (HDR) et Université Grenoble Alpes (8)

Composition du Jury :

Attention, en cas d'absence d'un des membres du Jury le jour de la soutenance, la composition du jury doit être revue pour s'assurer qu'elle est conforme et devra être répercutée sur la couverture de thèse

Président :	Prénom Nom	Fonction et établissement d'exercice (8) (à préciser après la soutenance)
Examineurs :	Rui TEIXEIRA	Assistant Professor et Trinity College Dublin (8)
	Alan O'CONNOR	Professor et Trinity College Dublin (8)
	Mathilde CHEVREUIL PLESSIS	Maître de conférences des universités et Nantes Université (8)
Dir. de thèse :	Franck SCHOEFS	Professeur (HDR) et Nantes Université (8)

Titre : Modélisation de la variabilité spatiale et des incertitudes de mesure pour optimiser le positionnement des capteurs et limiter les conséquences des inondations côtières

Mots clés : Incertitude des précipitations ; Aide à la décision ; Réseau de pluviomètre

Résumé : L'incertitude des précipitations, Les résultats montrent qu'une augmentation de résultant d'une observation spatiale limitée, joue la densité d'observation réduit globalement un rôle déterminant dans la modélisation des l'incertitude, mais avec des rendements crues et la prise de décision. Cette étude décroissants. L'incertitude est amplifiée à propose un cadre intégré permettant de proximité du pic de crue et exerce l'impact le quantifier la propagation de l'incertitude des plus significatif sur les décisions lorsque les précipitations, depuis leur reconstruction conditions hydrauliques s'approchent de seuils spatiale à partir de pluviomètres jusqu'aux critiques. L'analyse des bandes de variation décisions d'évacuation en passant par la permet en outre d'identifier les niveaux de suivi réponse hydrologique. nécessaires pour atteindre une fiabilité

Les champs de précipitations sont reconstruits décisionnelle acceptable. Dans l'ensemble, cette étude met en évidence selon différentes configurations de réseaux de pluviomètres et utilisés pour générer des que l'incertitude ne constitue pas seulement un ensembles par simulation conditionnelle. Ces enjeu de modélisation, mais également un ensembles sont ensuite propagés à travers un facteur déterminant pour la prise de décision. Le modèle hydrodynamique bidimensionnel selon cadre proposé offre une base opérationnelle une approche de Monte Carlo. Un cadre pour relier la conception des réseaux de d'évaluation à deux niveaux est ensuite introduit pluviomètres à une gestion robuste du risque afin d'analyser à la fois la capacité de détection d'inondation en contexte incertain. des crues et la qualité des décisions, sur la base d'indicateurs probabilistes.

Title: Modeling of spatial variability and measurement uncertainties for optimizing the positioning of gauges and limiting the consequences of coastal flooding

Keywords: Rainfall uncertainty, Conditional simulation, Decision-making, Monitoring network design

Abstract: Rainfall uncertainty, arising from The results show that increasing observation limited spatial observations, plays a critical role density generally reduces uncertainty, but with in flood modelling and decision-making. This diminishing returns. Uncertainty is amplified study develops an integrated framework to near peak discharge and has the greatest quantify how rainfall uncertainty propagates impact on decisions when flow conditions from spatial reconstruction to hydrological approach critical thresholds. Limit band analysis response and ultimately to decision outcomes. further enables the identification of monitoring Rainfall fields are reconstructed under different levels required to achieve acceptable decision configurations of rain gauges networks and used reliability. Overall, the study demonstrates that uncertainty to generate ensembles through conditional simulation. These ensembles are propagated is not only a modelling issue but a decision- through a two-dimensional hydrodynamic model critical factor. The proposed framework provides using a Monte Carlo approach. A two-level a practical basis for linking rain gauge network evaluation framework is then introduced to design to robust flood risk management under assess both flood detection capability and uncertainty. decision quality based on probabilistic metrics.