

THESE DE DOCTORAT

Dépôt de thèse
le 24 octobre 2024

La Scolarité Humanités

NANTES UNIVERSITE
FACULTE DES SCIENCES AIN CHOCK, UNIVERSITE
HASSAN II DE CASABLANCA

ECOLE DOCTORALE N° 604
Sociétés, Temps, Territoires
Spécialité : *Géographie et Géomatique*

Par

Ayyoub FRIFRA

Assessing and Predicting Extreme Events in Western France

Thèse présentée et soutenue à Casablanca le 28 décembre 2024

Unité de recherche : Littoral Environnement Télédétection Géomatique (LETG), UMR 6554 CNRS

Rapporteurs avant soutenance :

Rafika HAJJI Professeure, Institut Agronomique et Vétérinaire HASSAN II (IAV)
Sanaa NAKHLI Professeure, Institut National d'Aménagement et d'Urbanisme (INAU)

Composition du Jury :

Président : Aude ZINGRAFF-HAMED l'environnement de Strasbourg (ENGEES)	Maître de conférences, HDR, École nationale du génie de l'eau et de
Examineurs : Mouncef SEDRATI Mehdi MAANAN	Maître de conférences, Université Bretagne Sud
Dir. de thèse : Mohamed MAANAN	Professeur, Université Hassan II de Casablanca
Co-dir. de thèse : Hassan RHINANE	Maître de conférences, HDR, Nantes Université
	Professeur, Université Hassan II de Casablanca

Titre : Évaluation et Prédiction des Événements Extrêmes dans l'Ouest de la France

Mots clés : Risques côtiers ; prédiction des tempêtes ; apprentissage automatique ; modélisation de la croissance urbaine ; submersion marine

Résumé : Les régions côtières sont de plus en plus exposées à des événements extrêmes en raison des impacts combinés du changement climatique et de l'urbanisation. Cette thèse examine les risques côtiers le long de la côte ouest de la France, en mettant l'accent sur la prévision des tempêtes et la simulation de la vulnérabilité future aux inondations côtières.

Des approches d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond ont été utilisées pour améliorer la prédiction des aléas et évaluer les risques futurs. Une nouvelle méthodologie combinant Long Short-Term Memory (LSTM) et Extreme Gradient Boosting (XGBoost) est proposée pour prévoir les caractéristiques et l'occurrence des tempêtes le long de la côte ouest de la France. Parallèlement, un système de modélisation du développement urbain a été

appliqué pour prédire les scénarios d'expansion future en Vendée, en analysant la susceptibilité aux inondations. Un réseau de neurones artificiels combiné à une chaîne de Markov a permis de simuler trois scénarios de croissance urbaine : statu quo, protection de l'environnement et planification urbaine stratégique. Les zones inondables à haut risque et les estimations de l'élévation future du niveau de la mer ont ensuite été utilisées pour évaluer les risques d'inondation futurs dans le cadre de chaque scénario de croissance. Les résultats montrent l'efficacité des modèles LSTM et XGBoost pour la prévision des caractéristiques et de l'occurrence des tempêtes. L'approche de modélisation de la croissance urbaine révèle les zones vulnérables aux inondations dans chaque scénario. Cette thèse fournit des outils pour renforcer la résilience et la durabilité dans les zones côtières.

Title : Assessing and Predicting Extreme Events in Western France

Keywords : Coastal hazards ; storm prediction ; machine learning ; urban growth modeling ; coastal flooding ; climate change

Abstract : Coastal regions are increasingly exposed to extreme events due to the combined impacts of climate change and urbanization. This thesis examines coastal hazards along France's western coast, emphasizing storm prediction and the simulation of future vulnerability to coastal urban flooding.

The research employs machine learning (ML) and deep learning (DL) approaches to improve hazard prediction and assess potential future risks. It introduces a novel methodology that combines Long Short-Term Memory (LSTM) and Extreme Gradient Boosting (XGBoost) to forecast storm features and occurrences along the western coast of France. Additionally, an urban development modeling system was applied to

predict future expansion scenarios in the Vendée region, analyzing potential flood susceptibility under each scenario. An Artificial Neural Network combined with a Markov Chain was utilized to simulate three future urban growth scenarios: business-as-usual, environmental protection, and strategic urban planning. High-risk flood zones and future sea level rise estimates were then used to assess future flood risk under each growth scenario. The research findings demonstrate the efficiency of LSTM and XGBoost in

predicting storm characteristics and occurrences. Moreover, the urban growth modeling approach forecasts future development sites and specific urban areas vulnerable to flooding, allowing for the evaluation of the impact of various development trajectories on future flood risk. This thesis contributes to coastal hazard prediction, urban planning, and risk management, providing useful tools for improving resilience and sustainability in coastal zones.

