

SUJET DE THESE

Level Finder – Préviation des crues par Intelligence artificielle (réseaux de neurones) pour la mise en œuvre de plans d'intervention graduée et la gestion de crise à l'échelle (inter)communale

Etablissement : **IMT Mines Alès** (Ecole nationale supérieure des mines d'Alès)

Centre et équipe de recherche : LGEI, en collaboration avec l'UMR HSM

Localisation : Alès

Ecole doctorale : GAIA

Spécialité : Terre et eau

Directeur(trice) de thèse : pour IMT Mines Alès Anne Johannet et Sophie Sauvagnargues, pour HSM Séverin Pistre

Encadrement : pour IMT Mines Alès Guillaume Artigue et Pierre-Alain Ayrat

Financement : Région Occitanie

Début de la thèse : 1^{er} novembre 2020

Date limite de candidature : 15 juillet 2020

Langues : français

Contact : anne.johannet@mines-ales.fr et pierre-alain.ayrat@mines-ales.fr

Présentation de l'établissement et du centre d'accueil et de l'établissement partenaire

L'institut Mines-Télécom (IMT) est un grand établissement public dédié à l'enseignement supérieur et la recherche pour l'innovation ; c'est le premier groupe d'écoles d'ingénieurs en France. Acteur majeur du croisement entre les sciences et les technologies du numérique et de l'ingénieur, l'IMT met les compétences de ses écoles en perspective dans les grands champs des transformations numériques, industrielles, énergétiques et éducatives. L'IMT fédère 11 écoles d'ingénieur publiques réparties sur le territoire national, qui forment 13 500 ingénieurs et docteurs. L'IMT emploie 4500 femmes et hommes et dispose d'un budget annuel de la recherche partenariale de 400M€ au sein de 55 centres de recherche rattachés à ses écoles. Il produit chaque année plus de 2000 publications et 60 brevets.

IMT Mines Alès est une des écoles de l'IMT. Forte de 180 ans d'histoire au service de la science et des entreprises, l'école dispose d'une solide culture scientifique et technique qu'elle met au service de l'enseignement, de la recherche et du transfert technologique. L'école emploie 350 personnes et forme plus de 1100 élèves ingénieurs et chercheurs. Ses 3 centres de recherche développent une activité de haut niveau scientifique en partenariat avec les entreprises, dans les domaines de l'environnement, des risques, des matériaux, du génie civil, de l'intelligence artificielle et du génie industriel et numérique. Les valeurs promues à l'école sont l'audace, l'engagement, le partage et l'excellence.

Le centre de recherches et d'enseignement LGEI conduit des activités de recherches axées sur deux thématiques dans les domaines de l'environnement industriel et du risque. Chacune des thématiques est portée par 2 équipes de recherches :

- Eau Ressources et Territoires (équipe ERT)
- Etude des risques et de la qualité de l'air (EUREQUA)

L'équipe de recherche ERT travaille sur la gestion intégrée de l'eau à l'aide d'une large palette de compétences capitalisant sur des savoir-faire de recherche en biologie, chimie, mesure et développement de capteurs, écologie industrielle, géologie, géostatistique, statistique et modélisations hydro(géo)logique et statistique. Elle intégrera l'UMR HSM début 2021. Dans le cadre de cette thèse un partenariat est mis en place avec **l'équipe EUREQUA**, tout particulièrement sur le volet concernant la gestion de crise inondation.

Le Laboratoire HydroSciences Montpellier (HSM) est une Unité Mixte de Recherche de l'Université de Montpellier, de l'IRD et du CNRS qui consacre ses activités de recherche, d'enseignement et de formation à l'amélioration et à la transmission des connaissances en Sciences de l'Eau.

HSM, laboratoire pluridisciplinaire, couvre un large spectre de thématiques en Hydrologie :

- Cycle de l'eau et interactions aux différentes échelles dans le complexe atmosphère - végétation - sol - aquifère – rivière
- Interface surface/souterrain en milieux complexes. Implication des karsts dans les crues rapides
- Evolution des ressources en eau et changements globaux, scénarios prospectifs complexes
- Dynamique des contaminants métalliques et émergents et risques sanitaires
- Mécanismes d'adaptation des bactéries pathogènes hydriques

Ces thématiques de recherche s'appuient sur un parc analytique, d'expérimentation et de mesure important (géochimie, isotopie, biochimie), sur des observatoires nationaux (Services Nationaux d'Observations Karst, Amma-Catch, RBV, OHM Littoral Méditerranéen) ainsi que des Laboratoires Mixtes Internationaux (Maroc, Tunisie, Cameroun) et des terrains d'étude des chercheurs de l'IRD, principalement dans les régions méditerranéennes et tropicales.

HydroSciences Montpellier comprend parmi ses personnels, près de 120 permanents et une cinquantaine de doctorants et post-doctorants, localisés sur trois sites de l'Université de

Montpellier (Maison des Sciences de l'Eau – campus Triolet et Faculté de Pharmacie) et au sein de certaines implantations IRD dans les pays du Sud (Etranger et ROM-COM). L'UMR accueille également une centaine de stagiaires par an.

Mots clés

Réseaux de neurones, crues éclair, gestion de crise, plans d'intervention gradué, simulation

Description du sujet de thèse

Résumé : Le bassin alésien est fréquemment soumis à des épisodes pluvieux très intenses qui conduisent à des crues dévastatrices. Pour prévoir ces évènements, IMT Mines Alès développe depuis plus de 25 ans des modèles fondés sur l'intelligence artificielle (réseaux de neurones). Grâce à leurs propriétés d'apprentissage, ces modèles se dispensent d'une modélisation physique du bassin versant. Cependant les résultats sont généralement prévus sous forme de courbes de hauteur d'eau ou de débit. Or il existe de nombreux acteurs opérationnels pour qui l'interprétation de ces résultats et leur traduction dans le processus de gestion de crise est difficile. L'objet de cette thèse est donc de définir une méthodologie permettant : (i) d'utiliser les niveaux de vigilances issus des Plans Communaux de Sauvegarde, et (ii) de prévoir directement ces niveaux de vigilance par apprentissage statistique.

Contexte de l'étude : Le bassin alésien est fréquemment soumis à des épisodes pluvieux très intenses qui conduisent à des crues rapides et dévastatrices. Ces épisodes pluvieux sont difficilement prévisibles aux échelles de temps (quelques heures) et d'espace (quelques kilomètres carrés) nécessaires. De surcroît, la compréhension des phénomènes impliqués dans la réponse hydrologique reste partielle, limitant la capacité des modèles à base physique à proposer des simulations robustes. Dans ce contexte, depuis plusieurs décennies, l'IMT Mines Alès (Laboratoire du Génie de l'Environnement Industriel, LGEI), développe un paradigme alternatif avec l'utilisation des réseaux de neurones. Ces modèles ont prouvé leur efficacité sur les crues éclair méditerranéennes dans les Cévennes (Gardons, Cèze, Ardèche, Baume, Chassezac) [1, 2, 3, 4], mais aussi à Montpellier (Lez notamment) [4, 5, 6]. Ils peuvent se dispenser d'une compréhension extensive du système hydrologique. En revanche, comme tous les modèles hydrologiques prédictifs, ils dispensent des résultats sous forme de courbes de hauteur d'eau ou de débit. Il existe de nombreux acteurs pour qui l'interprétation de ces résultats et leur traduction dans le processus de gestion de crise (plans communaux et intercommunaux de sauvegarde) est difficile. La nécessité de **développer des outils prédictifs qui tiennent compte des plans d'intervention graduée** des acteurs locaux [7] - et donc du risque en sus de l'aléa – est en phase avec les dernières recommandations de la communauté scientifique [8].

Il s'agira donc d'intégrer le modèle et la traduction de ces résultats dans la planification communale de gestion de crise sans en faire un maillon faible. Pour ce faire ; les résultats du modèle seront testés par les acteurs au travers de simulations de gestion de crise réalisées « *in-situ* » ou au simulateur de gestion de crise d'IMT Mines Alès en approfondissant les travaux déjà engagés sur ce thème mais en contexte cyclonique [9] et [10].

Objectifs et résultats attendus

Afin de prévoir directement un niveau de vigilance ou de plan d'intervention il faudra :

- Choisir des sites d'étude sur le territoire d'Alès Agglomération, sur la base de leur intérêt pour la gestion de crise et collecter des données, si besoin installer des stations complémentaires
- Synthétiser la bibliographie pour effectuer la fonction de classification
- Mettre en œuvre de modèles prédictifs des niveaux du plan d'intervention graduée
- Tester le modèle en condition simulée (simulateur de gestion de crise d'IMT Mines Alès) ou opérationnelle

Précision sur l'encadrement

Directrice(teur)s de thèse :

Anne Johannet (LGEI, IMT Mines Alès), Directrice de thèse, est spécialiste en modélisation par réseaux de neurones appliquée aux crues et au karst. anne.johannet@mines-ales.fr

Sophie Sauvagnargues (LGEI, IMT Mines Alès), co-Directrice de thèse est spécialiste en gestion de crise. sophie.sauvagnargues@mines-ales.fr

Séverin Pistre (UMR-HSM), co-Directeur de thèse est hydrogéologue, spécialisé sur l'étude des systèmes karstiques. severin.pistre@umontpellier.fr

Encadrants de thèse :

Guillaume Artigue (LGEI, IMT Mines Alès) est spécialiste en hydrologie et en modélisation par réseaux de neurones appliquée aux crues et au karst. guillaume.artigue@mines-ales.fr

Pierre-Alain Ayral (LGEI, IMT Mines Alès) est spécialiste en hydrologie et en gestion de crise appliquées aux extrêmes hydrologiques. pierre-alain.ayral@mines-ales.fr

Profil du candidat

Un candidat titulaire d'un Diplôme National de Master ou d'un diplôme d'ingénieur dans les domaines de la physique, de l'hydrologie, de la géologie ou de l'apprentissage statistique serait le bienvenu. Une forte curiosité et appétence pour apprendre les autres disciplines est attendue.

Références bibliographiques

Thèses écrites ou dirigées par l'équipe encadrante

- [1] Toukourou, M. Application de l'apprentissage artificiel à la prévision des crues éclair. (2009).
- [2] Artigue, G. Prévision des crues éclair par réseaux de neurones : généralisation aux bassins non jaugés. (2012).
- [3] Bornancin, A. Conception de modèles de prévision des crues éclair par apprentissage artificiel. (2013).
- [4] Darras, T. Prévision des crues rapides par apprentissage statistique. (2015)
- [5] Kong-a-Siou, L. Modélisation des crues de bassins karstiques par réseaux de neurones. Cas du bassin du Lez (France). (2011).
- [6] Taver, V. Caractérisation et modélisation hydrodynamique des karsts par réseaux de neurones. Application à l'hydrosystème du Lez. (2014).

Articles

- [7] Ayrat P.-A., et al, (2015), Plan Communal de Sauvegarde Multirisques de la ville d'Alès : Retours d'expérience, in Plans Communaux de Sauvegarde et outils de gestion de crise, Leone F. et Vinet F. (Dir.), PUM, 14p.
- [8] Blöschl, G. et al. Twenty-three unsolved problems in hydrology (UPH) – a community perspective. Hydrological Sciences Journal. 2019, VOL. 64, NO. 10, 1141–1158. (2019).
- [9] Sauvagnargues S., et al (2017). Impact des Evènements Météorologiques Dangereux sur la gestion de crise des communes : application aux PCS des communes de l'île de la Réunion. Geo-Eco-Trop, Tome 3, pp. 437-454.
- [10] Sauvagnargues S., et al, (2019). Méthodologie d'appui aux communes pour la gestion de crise des inondations fluviales et côtières: évaluation objective des plans communaux de sauvegarde (PCS) et organisation d'exercices de gestion de crise. La Houille Blanche. 3-4. Pp.49-56.

Processus de candidature

Début de la thèse : 1^{er} novembre 2020

Date limite de candidature : 5 juillet 2020

Validation et choix du candidat.e : 15 juillet 2020

Un entretien en visioconférence sera éventuellement proposé aux candidats après sélection des dossiers durant la semaine du 7 au 10 juillet.