

Offre de thèse dans le cadre du PC Co-Chair du PEPR IRIMA

Apprentissage statistique causale en contexte multirisque

Avec application aux risques naturels et environnementaux

Laboratoire d'accueil : BioSP, INRAE Avignon, 228, route de l'aérodrome, 84000 Avignon
Directeurs de thèse : Denis Allard (DR INRAE) et Thomas Opitz (DR INRAE)
Profil recherché : Master ou grande école d'ingénieur avec formation en statistique ou mathématiques appliquées. Connaissances en probabilité, statistiques, graphes causaux, théorie des valeurs extrêmes appréciées. Programmation en R.

Salaire brut mensuel : 2300 €/mois

Autres avantages : télétravail (partiel) ; repas subventionnés ; avantages sociaux, culturels et sportifs

Démarrage du contrat de thèse : Le démarrage du contrat de thèse est possible après le 1^{er} septembre mais avant fin 2026.

Pour postuler ou si vous avez des questions, veuillez contacter Denis Allard (denis.allard@inrae.fr) et/ou Thomas Opitz (thomas.opitz@inrae.fr). Merci de nous envoyer une lettre de motivation, un CV, vos relevés de notes M2 ainsi que les noms et adresses électroniques de deux références académiques.

Contexte et enjeux

Les risques naturels (climatiques, hydrologiques, écologiques, agricoles...) résultent souvent de la combinaison de plusieurs facteurs qui interagissent dans le temps et l'espace. Par exemple, une sécheresse peut fragiliser un écosystème et amplifier l'impact d'une canicule ou de l'attaque d'un insecte ravageur, ou encore des sols saturés peuvent aggraver les conséquences de fortes pluies.

Ces situations dites de multirisque sont aujourd'hui au cœur des enjeux et souvent susceptibles d'être amplifiés par le changement du climat et des utilisations des sols. Pourtant, elles restent difficiles à analyser avec les approches classiques, qui considèrent souvent les aléas de manière isolée. Il devient essentiel de mieux comprendre les enchaînements et interactions de causes possibles et les effets en cascade, afin d'améliorer l'évaluation des risques et d'éclairer les décisions publiques.

Grâce à la disponibilité croissante de données et de modélisations physiques et biologiques des processus impliqués, il est possible de développer et utiliser des méthodes d'apprentissage statistique afin de mieux comprendre les liens de causalité et les possibles effets de confusion entre les différentes variables impliquées dans l'occurrence des risques dans des systèmes complexes.

Objectifs de la thèse

L'objectif de cette thèse est de développer une approche permettant d'attribuer les impacts à leurs différentes causes dans des systèmes multirisques en combinant des données de sources parfois fortement hétérogènes, issues de l'observation ou de la simulation de modèles, via des développements comme les suivants :

- Établir et confirmer les liens dans des chaînes causales impliquant climat, environnement, exposition et vulnérabilité, de façon explicite en espace et temps.
- Analyser et quantifier les confusions possibles entre différentes variables contribuant à un risque (par exemple, climat vs bioagresseur vs autres facteurs).
- Adapter l'attribution causale pour l'appliquer directement aux impacts du changement climatique (dommages) plutôt que seulement aux variables du climat.
- Mener des applications sur des systèmes réels étudiés à INRAE.
Exemples : en agriculture, étudier l'effet de l'occurrence conjointe de plusieurs événements climatiques sur les rendements (par exemple, concomitance de sécheresse et pic de température, ou sécheresse suivi d'un orage violent) ; en foresterie, analyser la mortalité des arbres et séparer les effets climatiques directs (stress thermique et hydrique) des effets indirects favorisant les épidémies de ravageurs comme les scolytes.

L'ambition est de dépasser une vision purement "corrélative" pour proposer des outils capables d'identifier des relations de cause à effet. Parmi les méthodes à étudier et étendre, on peut citer les graphes causaux et les réseaux bayésiens (statiques ou dynamiques), l'analyse causale, et les techniques d'attribution.

Références

1. Allard, D., Curt, C., Evin, G., & Opitz, T. (2021). Analyse multirisque : concepts, méthodes et verrous – un état de l'art prospectif. Rapport technique. <https://hal.science/hal-04185479/>.
2. Bastos, A., Sippel, S., Frank, D., Mahecha, M. D., Zaehle, S., Zscheischler, J., & Reichstein, M. (2023). A joint framework for studying compound ecoclimatic events. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4, 333–350. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00410-3>
3. Hannart, A., Pearl, J., Otto, F. E. L., Naveau, P. and Ghil, M. (2016) Causal counterfactual theory for the attribution of weather and climate-related events. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 97(1), 99-110. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00034.1>
4. Jézéquel, A., Bastos, A., Faranda, D., Kimutai, J., Le Grix, N., Wilson, A. M., Rufat, S., Shepherd, T. G., Stuart-Smith, R. F., Van Loon, A. F., Bevacqua, E., D'Andrea, F., Lehner, F., Lloyd, E. A., Moemken, J., Ramos, A. M., Sippel, S., & Zscheischler, J. (2024). Broadening the scope of anthropogenic influence in extreme event attribution. *Environmental Research: Climate*, 3(4), Article 042003. <https://doi.org/10.1088/2752-5295/ad7527> Perkins-Kirkpatrick SE, Alexander LV, King AD, Kew SF, Philip SY, Barnes C, Maraun D, Stuart-Smith RF, Jézéquel A, Bevacqua E, Burgess S, Fischer E, Hegerl GC, Kimutai J, Koren G, Lawal KA, Min S-K, New M, Odoulami RC, Patricola CM, Pinto I, Ribes A, Shaw TA, Thiery W, Trewin B, Vautard R, Wehner M and Zscheischler J (2024) *Frontiers in attributing climate extremes and associated impacts*. *Front. Clim.* 6:1455023. <https://doi.org/10.3389/fclim.2024.1455023>
5. Renard B., Barbero R., Goukouni I., Vidal J.-P., Mimeau L., Furusho-Percot C., García de Cortázar-Atauri I., Aubry M., Opitz T., and Allard D. (2026) A Joint Space-Time Probabilistic Model for Agricultural Droughts, Hydrological Droughts and Fire Weather in France. doi.org/10.5194/egusphere-2026-1406
6. Zscheischler, J., & Lehner, F. (2022). Attributing Compound Events to Anthropogenic Climate Change. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 103(3), E936-E953.