

## **DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT**

**(Arrêté du 25 mai 2016)**

Date de la soutenance : **03 juin 2025**

Nom de famille et prénom de l'auteur. e : **Monsieur Etienne RAYNAL**

Titre de la thèse : Contributions à la gestion des risques climatiques en assurance

### **Résumé**



Dans le contexte de la crise climatique actuelle, les organismes d'assurance, et plus particulièrement ceux opérant sur le marché de l'assurance vie, se trouvent confrontés à des risques significatifs. Cette thèse a pour objectif de fournir une compréhension plus approfondie de certains de ces risques qui peuvent se matérialiser de manière complexe. Nous proposons dans cette thèse des outils qui contribuent à une meilleure évaluation de ces risques climatiques et également des méthodologies pour y faire face de manière plus résiliente. Le premier chapitre offre une vue d'ensemble sur les stress-tests climatiques, nouvel outil de gestion des risques. Les chapitres deux et trois analysent deux lacunes des stress-tests actuels : la projection sans volatilité des actifs financiers et la prise en compte limitée des risques physiques extrêmes. Le premier chapitre mobilise les outils de l'Enterprise Risk Management pour analyser de manière critique les exercices de stress tests climatiques basés sur des scénarios. En s'appuyant principalement sur l'exercice de stress test 2023 du régulateur français, nous mettons en évidence et tentons de quantifier les différentes incertitudes tout au long de la chaîne de modélisation des scénarios, que ce soit sur les modules climatiques, les modules macroéconomiques ou les modules financiers. Les points faibles identifiés dans cette analyse fournissent des pistes d'amélioration pour les exercices futurs, en vue d'une gestion plus globale du risque. Cela passe notamment par : l'élargissement des risques couverts par les stress tests, l'exploration d'une palette plus large de scénarios, l'appréhension du climat dans le cadre plus large des risques environnementaux, sociaux et de gouvernance. Le deuxième chapitre traite de l'utilisation de l'apprentissage par renforcement pour construire des stratégies d'allocation d'actifs robustes à long terme. La spécificité de cet article réside dans l'intégration dans l'espace d'état de l'agent d'une estimation d'un processus modélisé par une chaîne de Markov cachée (HMM, Hidden Markov Model) et d'indices climatiques. Les HMM se sont en effet montrés robustes pour la modélisation à long terme des séries financières, et le risque climatique a des impacts sur les dynamiques des actifs financiers. L'évaluation de la pertinence de l'algorithme s'effectue par le biais d'un test sur des données financières. L'objectif de ce travail est de mieux comprendre la modélisation des séries temporelles avec des HMM et de proposer un algorithme permettant d'investir de manière résiliente et performante dans des marchés qui seront soumis à des périodes

de crise dans un contexte de crise climatique. Le troisième chapitre porte sur l'analyse de l'impact des vagues de chaleur extrêmes sur la mortalité pour appréhender le risque physique dans une optique de stress test à court terme. Dans ce chapitre, une approche par apprentissage non supervisé est utilisée pour construire des zones géographiques qui partagent une vulnérabilité similaire aux vagues de chaleur. Des modèles d'actuariat sont utilisés pour calculer un nombre de décès théorique à une maille fine et un algorithme de machine learning, adapté à la modélisation de la loi de Poisson, est ensuite utilisé pour comprendre comment les facteurs climatiques affectent la mortalité observée et son écart à la mortalité théorique. Cet algorithme permet ainsi de construire une fonction de lien entre les facteurs environnementaux et la surmortalité mesurée. En s'appuyant sur la littérature climatique concernant les extrêmes de chaleur, il est possible d'extrapoler les résultats et de quantifier la déformation de la mortalité associée à ces extrêmes. Le choc de mortalité associé est comparé aux hypothèses du stress test de l'ACPR. L'article vise à proposer une méthodologie fondée sur des données en open source, afin que les organismes d'assurance puissent l'utiliser dans un exercice de stress test climatique à court terme.

**Mots-clés :** changement climatique, actuariat, apprentissage statistique, ERM, mortalité, allocation d'actifs