

Prix Scor 2014 des jeunes docteurs



DR

Erwan KochPrix Scor des jeunes
docteurs 2014

Outils et modèles pour l'étude de quelques risques spatiaux et en réseaux : application aux extrêmes climatiques et à la contagion en finance

Erwan Koch, membre associé de l'Institut des actuaires, a été doctorant au laboratoire de sciences actuarielles et financières de l'ISFA. Il est actuellement en postdoctorat à l'École polytechnique de Zürich. Il travaille sur la modélisation des phénomènes environnementaux extrêmes et leurs impacts sur les compagnies d'assurances et de réassurance, ainsi que sur les marchés financiers.

Dans un contexte de changement climatique, il est probable que la fréquence, l'intensité ainsi que l'étendue spatiale et temporelle de la plupart des phénomènes météorologiques extrêmes s'amplifient dans le futur. Les dommages économiques et assurés associés devraient donc également croître. En conséquence, leurs prévisions constituent un défi majeur de ce siècle.

Afin de quantifier l'impact des catastrophes naturelles, la première étape consiste en la modélisation du comportement statistique des événements environnementaux extrêmes. Par nature, les phénomènes météorologiques, et plus généralement environnementaux, sont spatiaux et il est crucial de prendre cette caractéristique en compte. Par exemple, de fortes pluies auront des conséquences bien plus importantes si elles sont spatialement étendues que si elles n'affectent qu'une seule localité. L'aspect spatial est omniprésent dans cette thèse. Les chapitres 2 et 3 peuvent être utiles dans la perspective de cette première étape.

Le premier chapitre consiste en une introduction générale, contenant l'état de l'art, au sein duquel s'inscrivent les différents travaux, ainsi que les principaux résultats obtenus.

Le chapitre 2 (issu d'un article en collaboration avec Dr P. Naveau) propose un nouveau générateur de précipitations multisite. Il s'agit d'un modèle statistique permettant de simuler des séries temporelles

de précipitations statistiquement réalistes. Les sorties de ces générateurs sont très utilisées comme entrées dans les modèles d'inondation, de ruissellement ou encore de production agricole. Alors que les modèles précédemment introduits dans la littérature concernent essentiellement les précipitations journalières, nous développons un modèle horaire. Il n'implique qu'une seule équation et introduit ainsi de la dépendance entre occurrence et intensité, processus souvent considérés à tort comme indépendants dans la littérature.

Une alternative de modélisation des comportements

Notre modèle comporte un facteur commun (intervenant dans la variabilité des précipitations) prenant en compte les conditions atmosphériques à grande échelle (pression atmosphérique, température et humidité moyennées sur la région considérée) et un terme de contagion auto-régressif multivarié, représentant la propagation locale des pluies. La présence de ces conditions à grande échelle nous permettra dans de futurs travaux d'étudier l'évolution des précipitations dans un contexte de changement climatique. Malgré sa relative simplicité, ce modèle reproduit très bien les intensités, les durées de sécheresse, les probabilités de transition sec-pluvieux et pluvieux-pluvieux, la dynamique temporelle ainsi que la dépendance spatiale dans

le cas de la Bretagne Nord, notre région d'étude. Dans le chapitre 3, nous proposons une méthode d'estimation des processus max-stables, fondée sur des techniques de vraisemblance simulée. Par définition, la loi d'un processus max-stable est stable par l'opérateur maximum. Le champ aléatoire obtenu en considérant les maxima sur un grand nombre d'observations temporelles en chaque point de l'espace est nécessairement max-stable. À l'intersection de la statistique des événements extrêmes et de la géostatistique, les processus max-stables sont ainsi très adaptés à la modélisation statistique des extrêmes spatiaux et permettent de prendre en compte la dépendance spatiale dans les extrêmes. Néanmoins, leur estimation est délicate. En effet, la densité multivariée n'a pas de forme explicite et les méthodes d'estimation classiques liées à la vraisemblance ne peuvent donc pas être appliquées. Sous des hypothèses adéquates, notre estimateur est efficace quand le nombre d'observations temporelles et le nombre de simulations tendent vers l'infini. Cette approche par simulation peut être utilisée

pour de nombreuses classes de processus max-stables et peut fournir de meilleurs résultats que les méthodes actuelles utilisant la vraisemblance composite (obtenue en sommant les contributions des densités bivariées et trivariées), en particulier dans les cas où seules quelques observations temporelles sont disponibles et où la dépendance spatiale est importante.

Quantification de l'impact des catastrophes naturelles

La seconde étape de la quantification de l'impact des catastrophes naturelles consiste en la transformation des variables environnementales (par exemple la vitesse du vent, la quantité de précipitations, la température, etc.) en un coût économique ou assuré. Ceci est fait dans le chapitre 4, via l'utilisation de fonctions de vulnérabilité et la prise en compte de l'exposition au risque en chaque point de la région d'intérêt. Ce chapitre s'intéresse aux mesures de risque dans un cadre spatial, afin d'introduire dans la mesure du risque les caractéristiques spatiales des dommages %.



La Réassurance est au Coeur
de la Gestion des Risques.

Nos clients bénéficient d'une vision avertie du risque et d'un engagement à long terme, dans un contexte qui nécessite une réelle stratégie de gestion des risques et du capital.

Pourquoi Gen Re ?

- > Une sécurité financière (notation AA+) et une expérience reconnue.*
- > Un accès direct à des bases techniques et des outils développés au service de votre rentabilité.
- > Des équipes dédiées à la création de valeur par des produits et des processus adaptés à vos clients.

* Dans la dernière enquête Flaspöhrer en 2012, vous nous avez élus, pour la 4^{ème} fois consécutive, Meilleur Réassureur Vie en France, réalisée sur la combinaison de neuf critères d'évaluation qualitative.



A Berkshire Hathaway Company

... liés à des phénomènes environnementaux. Nous développons le concept de mesure de risque spatiale, fondé sur la perte (économique ou assurée) agrégée spatialement, et réfléchissons à une axiomatique adaptée. Contrairement à l'approche

L'analyse du risque ne doit pas rester cantonnée à une entité mais doit également **s'intéresser au système « banque-assurance »**

classique, les axiomes introduits concernent la sensibilité de la mesure du risque par rapport à l'espace. Ils sont liés à la fois à la notion de diversification spatiale et à la sensibilité de la mesure du risque vis-à-vis de certaines caractéristiques de l'espace. Ces deux notions sont cruciales tant

pour les pouvoirs publics que pour les compagnies d'assurances et de réassurance. Nous construisons et étudions ensuite deux exemples de mesures de risque spatiales, respectivement adaptées aux cas de températures extrêmes et de vents violents. Ainsi, la variable environnementale est modélisée par différents types de processus max-stables et deux fonctions de vulnérabilité sont considérées.

Phénomènes de contagion

Le chapitre 4 propose des outils adaptés à l'étude du risque spécifique à une institution financière. Néanmoins, l'analyse du risque ne doit pas rester cantonnée à une entité mais doit également s'intéresser au système « banque-assurance » dans son ensemble, *via* notamment l'étude de la contagion. Le chapitre 4 ne traite pas du lien entre compagnies d'assurances. De ce fait, les outils correspondants ne permettent pas de quantifier la contagion de manière naturelle.

Le chapitre 5 (issu d'un article en collaboration avec J.C. Héam) traite justement des liens entre institutions financières. Il possède quelques similarités avec le chapitre 2 : l'approche spatiale adoptée est de type « réseau » et non « géostatistique » (comme dans les chapitres 3 et 4) et, comme dans le chapitre 2, un choc exogène initial s'accompagne de conséquences endogènes *via* des phénomènes de contagion. Ainsi, dans le chapitre 5, nous proposons un modèle expliquant les interconnexions entre institutions financières, supposées endogènes. De tels modèles d'interconnexions endogènes sont très utiles pour évaluer l'impact systémique de chocs (notamment économiques) ou encore les conséquences potentielles d'un changement de régulation. Notre modèle s'appuie sur l'idée que les interconnexions entre institutions financières proviennent d'un choix de diversification. Le bilan des différentes institutions est totalement endogène et découle de la maximisation de leur utilité espérée. Nous comparons le réseau obtenu avec un réseau stylisé et montrons que la diversification apparaît effectivement comme un motif plausible d'interconnexion. Enfin, à l'aide de ce modèle, nous analysons l'impact de changements réglementaires sur la structure du réseau. Notons qu'un épisode systémique pour le réseau bancaire est le plus souvent engendré par une crise économique et non une catastrophe naturelle. Néanmoins, l'étude des conséquences systémiques potentielles d'une catastrophe naturelle constitue un travail en cours et est évoquée en conclusion générale de cette thèse. ■

Erwan Koch

**Penser à tous,
c'est avoir des idées
qui s'adaptent à chacun
de vous.**

**90%* DE NOS
CLIENTS NOUS
RECOMMANDENT**



**CONTACTEZ-NOUS
AU 01 40 22 37 01**

REUNICA - Groupe d'Intérêt Économique, légal par les articles L.251-1 à L.251-23 du Code de Commerce, ayant son siège social au 154, rue Anaballe France - 92699 Levallois-Perret Cedex et assurant la mise en commun de moyens pour le compte d'institutions de retraites complémentaires ARICO-AGIRC, d'institutions de prévoyance et de Mutualités. Ville du profit d'immatriculation : Nanterre. Inscrit au Registre du Commerce et des Sociétés sous le numéro 394 816 508 - Tél. : 01 41 05 25 25 - CONCEPTION & CREATION : MAC SAATCHI CORPORATE - EXECUTION : COTE AGENCE - PHOTO : AGLAE BORY