

Spatio-temporal patterns of extreme snowfall and snow depth in the French Alps using max-stable processes

Gilles NICOLET

Laboratoire : Irstea / CEN

Directeur de thèse : Nicolas Eckert / Samuel Morin

Co-financeurs : Irstea (50 %)

École doctorale : TUE

Début / Soutenance : 1/10/2013 - 16/6/2017

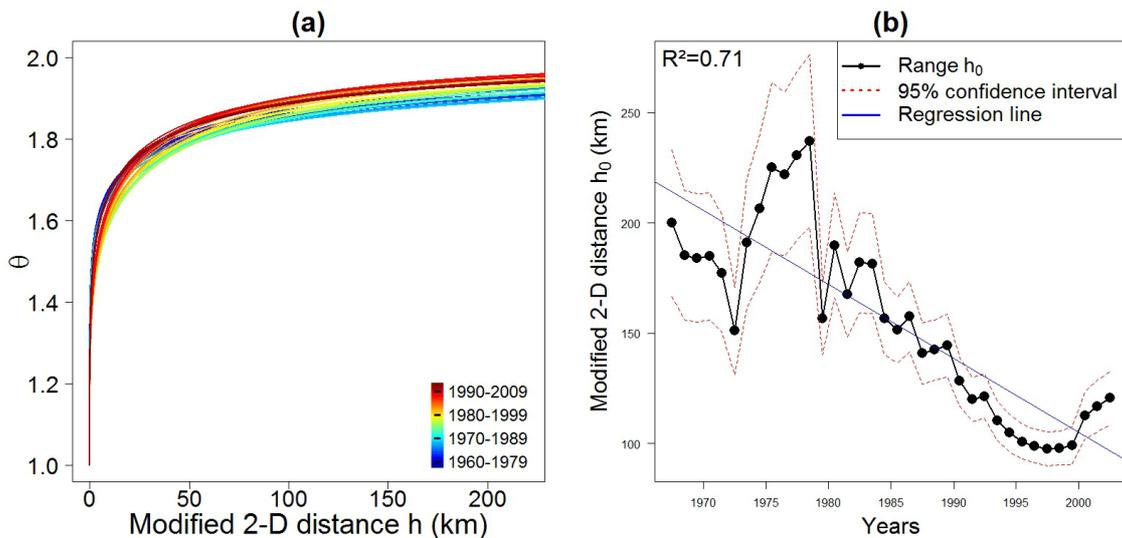
Formation : Master Statistique, Informatique et Techniques Numériques de l'Université Lyon 1

Poste actuel : Ingénieur de recherche à l'Institut des Géosciences de l'Environnement



Résultats majeurs et illustrations

- Introduction d'une procédure de validation croisée multicritères pour discriminer les processus max-stables en se focalisant sur leur capacité à capturer la structure de dépendance spatiale ;
- Premières preuves de tendances temporelles négatives significatives dans la dépendance spatiale des extrêmes neigeux (chutes et hauteurs de neige) dans les Alpes françaises durant les dernières décennies ;
- Mise en évidence de la relation entre ces tendances temporelles et le changement climatique : hausse de la température, baisse du ratio neige/pluie et baisse du cumul hivernal de chutes de neige.



(a) Evolution temporelle de la dépendance spatiale des chutes de neige extrêmes dans les Alpes françaises. L'axe des abscisses représente la distance entre deux positions et l'axe des ordonnées représente la dépendance des extrêmes ($\theta = 1$: dépendance complète, $\theta = 2$: indépendance). La couleur des courbes représente la période des fenêtres d'estimation. (b) Evolution temporelle de la portée de la dépendance extrême des chutes de neige extrêmes dans les Alpes françaises. (Nicolet et al., JGR 2016)

Résumé de la thèse

La gestion des risques dans les régions montagneuses nécessite une caractérisation des extrêmes neigeux. Nous utilisons le cadre des processus max-stables, qui relie statistique des valeurs extrêmes et géostatistique, pour étudier la dépendance spatiale des maxima hivernaux de cumuls de chutes de neige sur 3 jours et de hauteurs de neige dans les Alpes françaises. Deux questions sont abordées : la sélection de modèle et la non-stationnarité temporelle. Nous commençons par introduire une procédure de validation-croisée que nous utilisons pour évaluer les capacités de plusieurs processus max-stables à capturer la structure de dépendance spatiale des maxima de chutes de neige. Ensuite, nous mettons en évidence une baisse de la dépendance spatiale des chutes de neige extrêmes durant ces dernières décennies. Enfin, nous montrons comment modéliser des tendances temporelles dans une structure de dépendance spatiale des extrêmes à travers l'exemple des maxima de hauteurs de neige. Pour les extrêmes de chutes comme de hauteurs de neige, la dépendance spatiale est fortement impactée par le changement climatique, premièrement par l'effet de la hausse de la température sur la phase (neige ou pluie) de la précipitation, et ensuite par la baisse du cumul hivernal des chutes de neige.

Publications à comité de lecture

Nicolet, G., Eckert, N., Morin, S., Blanchet, J. Inférence et modélisation de la dépendance spatiale des extrêmes neigeux dans les Alpes françaises par processus max-stables. Soumis pour publication.

Nicolet, G., Eckert, N., Morin, S., Blanchet, J. Modeling the trend in the spatial dependence of extremes: application to climate change impacts on snow depth maxima in the French Alps. Soumis pour publication.

Nicolet, G., Eckert, N., Morin, S., Blanchet, J. (2017). A multi-criteria leave-two-out cross-validation procedure for max-stable process selection. *Spatial Statistics*, **22**:107-128.

Kneib, F., Faug, T., Nicolet, G., Eckert, N., Naaim, M., Dufour, F. (2017). Force fluctuations on a wall in interaction with a granular lid-driven cavity flow. *Physical Review E*, **96**, 042906.

Nicolet, G., Eckert, N., Morin, S., Blanchet, J. (2016). Decreasing spatial dependence in extreme snowfall in the French Alps since 1958 under climate change. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **121**(14):829-8310.

Nicolet, G., Eckert, N., Morin, S., Blanchet, J. (2015). Inferring Spatio-temporal Patterns in Extreme Snowfall in the French Alps Using Max-stable Processes. *Procedia Environmental Sciences*, **26**, 24–31.

Autres publications et présentations

Présentation orale : Modélisation spatio-temporelle de chutes de neige extrêmes et de hauteurs de neige extrêmes dans les Alpes françaises par processus max-stables. Journées SHF Glaciologie – Nivologie – Hydrologie de montagne. 23 mars 2017, Grenoble.

Présentation orale : Extrêmes spatio-temporels de l'enneigement dans les Alpes françaises. Rencontres R&D de Météo France. 15 juin 2016, Toulouse.

Présentation orale : Decreasing spatial dependence in extreme snowfall in the French Alps since 1958 under climate change. Séminaire du thème de recherche RIVAGE. 14 juin 2016, Aix-en-Provence.

Présentation orale : Spatio-temporal patterns of extreme snowfall in the French Alps using max-stable processes. *Spatial Statistics*. 11 juin 2015, Avignon.