

Titre de la thèse : « Modélisation de la période retour des pluies extrêmes surfaciques en Cévennes-Vivarais »

Directeur de thèse : Gilles MOLINIE (gilles.molinie@ujf-grenoble.fr)

Co-directeur de thèse : Juliette BLANCHET (juliette.blanchet@ujf-grenoble.fr)

Ce projet de thèse s'intéresse au risque pluviométrique dans la région Cévennes-Vivarais, une région méditerranéenne qui connaît régulièrement des crues rapides et très localisées, appelées crues éclairs. Une mesure statistique du risque est la fréquence d'occurrence ou de manière équivalente la période de retour. La pluie étant un événement hydrométéorologique qui s'accumule dans le temps, ces statistiques sont généralement estimées pour des intensités de pluies accumulées sur des durées allant de la résolution de la mesure (5 minutes, 1 heure) à la durée de l'évènement pluvieux (plusieurs dizaines d'heures à plusieurs jours) via un réseau de courbes appelé IDF (Intensité-Durée-Fréquence). Or le routage par les processus hydrologiques fait que l'accumulation de la pluie dans l'espace a la même importance que dans le temps. Pourtant, cette notion de risque surfacique est peu présente dans la littérature. Nous disposons au LTHE d'une expertise depuis de nombreuses années dans le domaine. C'est tout d'abord une approche empirique qui est développée au LTHE par *Ramos et al. (2005)*, puis un cadre théorique est proposé par *Ceresetti et al. (2012)* pour l'analyse multi-échelle (en temps et en espace) de la pluie. Ce cadre combine les propriétés statistiques des valeurs extrêmes et les propriétés physiques d'invariance d'échelle en temps et en espace de la pluie.

Néanmoins, en analysant plusieurs évènements pluvieux sur le piedmont et le relief cévenol, *Molinié (2013)* montre les limites de la méthodologie proposée par *Ceresetti et al. (2012)*. La première de ces limites est liée à la méconnaissance des lois de changement d'échelle spatiale qui n'ont pas pu être éprouvées sur les Cévennes-Vivarais par manque de données à petite échelle. La deuxième de ces limites est la difficulté à estimer de manière robuste la période retour d'évènements surfaciques observés ponctuellement. En effet les données de pluies ponctuelles les plus fortes sont très sensibles à l'échantillonnage : pour un même évènement pluvieux, les intensités enregistrées peuvent varier de manière significative à quelques km d'intervalle, et pour certains cas donner des périodes retour variant de plusieurs ordres de grandeur à quelques km du maximum. Ce manque de robustesse vient de l'approche locale de la démarche : l'évènement est certes spatialement variable mais la structure spatiale de cet évènement est certainement imprimé dans les stations voisines du maximum. La prise en compte de l'information de ces stations pour l'estimation de la période retour du maximum surfacique est susceptible de produire une statistique plus robuste que celle du maximum ponctuel.

Le défi du travail de thèse proposé ici est de lever ces points de blocage en adoptant une démarche statistique intégrée pour l'estimation du risque surfacique en Cévennes-Vivarais. Cette démarche se veut plus robuste que la démarche proposée par *Ceresetti et al. (2012)* et validée de la petite échelle (quelques km²) à l'échelle régionale (10000 km²). Dans une première partie, la thèse s'intéressera à vérifier le modèle d'invariance d'échelle spatiale pour les extrêmes sur la sous-région couverte par le réseau HPiconet, permettant de descendre à des échelles de quelques centaines de m². On sélectionnera de manière originale un modèle d'invariance par type de temps (coll. EDF). Dans une deuxième partie de la thèse, il s'agira de coupler ce modèle d'invariance spatiale à un modèle

d'invariance temporelle. En comparaison à *Ceresetti et al. (2012)*, nous innoverons en adoptant une approche spatio-temporelle intégrée basée sur un modèle bayésien régional Intensité-Durée-Aire-Fréquence (rIDAF). Ceci nous permettra d'améliorer à la fois la justesse et la robustesse du modèle. L'utilisation d'une classification en types de temps (coll. EDF) permettra en outre d'obtenir des rIDAF conditionnés aux types d'événements météorologiques pour une meilleure caractérisation multi-échelles des processus engendrant les pluies fortes.

Description du profil recherché

Etant donné le cadre mathématique relativement élaboré qui sera utilisé, nous recherchons un candidat disposant de fortes compétences en statistique et en programmation scientifique (R/matlab). Un attrait pour les applications hydrométéorologiques est indispensable et une bonne culture générale en sciences de la terre serait souhaitable. La maîtrise de l'anglais est requise.

Cadre scientifique dans lequel est présenté le sujet

Ce projet de thèse s'intéresse au risque pluviométrique dans la région Cévennes-Vivarais, une région méditerranéenne qui connaît régulièrement des crues rapides et très localisées, appelées crues éclairs. Dans l'équipe Hydro-Météorologie Climat et Impact (HMCI) du LTHE, nous étudions ces crues du point de vue de l'intensité de la pluie mais aussi du point de vue de sa capacité à provoquer une inondation et du comportement des personnes lors d'événements de crise. Nous proposerons dans cette thèse une modélisation statistique des pluies extrêmes surfaciques en Cévennes-Vivarais couvrant une large gamme d'échelles allant de la petite échelle à l'échelle régionale. Nous disposons au LTHE des ressources nécessaires pour traiter ce problème, à la fois en terme de données pluviographiques disponibles et de compétences scientifiques complémentaires des co-encadrants, Gilles Molinié (DHDR) et Juliette Blanchet. Grâce à l'Observatoire Hydro-Météorologique Cévennes-Vivarais (OHMCV) d'une part, et le réseau HPicoNet d'autre part, nous disposons de données pluviométrique couvrant la gamme d'échelle spatiale du km² à l'échelle régionale (10000 km²). D'autre part, les co-encadrants de cette thèse ont une double expertise en statistique, et notamment dans l'étude des valeurs extrêmes et leurs statistiques spatiales, et dans la théorie fractale et multifractale de la pluie. Juliette Blanchet a travaillé sur la spatialisation des hauteurs de neige extrêmes. Gilles Molinié a étudié les pluies extrêmes et notamment leur évolution par agrégation temporelle (Thèse de Davide Ceresetti). Il est aussi à l'origine de la mise en œuvre du réseau HPicoNet.

Motivation des encadrants

Juliette Blanchet a été recrutée CR2 CNRS, rattachée au LTHE, au 1er février 2013. Cette thèse lui permettra de mener à bien son projet de recherche CNRS et d'ancrer pérennément sa thématique de recherche au sein du LTHE. L'association pour la co-direction de la thèse avec Gilles Molinié, récent HDR (novembre 2013), nous paraît évidente puisque Gilles est spécialiste de la structure de la pluie et des processus qui la gouvernent. Il a co-encadré la thèse de Davide Ceresetti au LTHE à laquelle cette thèse fait suite.

PhD title : «Return period modelling of extreme surface rainfall in the Cévennes-Vivarais region »

PhD supervisor : Gilles MOLINIE (gilles.molinie@ujf-grenoble.fr)

Co-supervisor : Juliette BLANCHET (juliette.blanchet@ujf-grenoble.fr)

This thesis focuses on the rainfall risk in the Cévennes-Vivarais region, a Mediterranean region which regularly undergoes rapid and localized floods, called flash floods. A statistical measure of risk is the frequency of occurrence or equivalently the return period. Since rain events accumulate over time, these statistics are usually estimated for rainfall intensities aggregated over periods ranging from the resolution of the measurement (5 minutes, 1 hour) to the duration of the rainfall event (several tens of hours to several days) via a set of curves called IDF (Intensity-Duration-Frequency) curves. However hydrologic routing induces that the areal accumulation of rain weights actually as much as its temporal accumulation. Yet this notion of surface is little present in the literature of risk analysis. At the LTHE we have expertise for many years in this field. First an empirical approach is developed at the LTHE by *Ramos et al. (2005)*. Then a theoretical framework is proposed by *Ceresetti et al. (2012)* for the multi-scale analysis of rain in space and time. This framework combines the statistical properties of extreme values and the scale invariance properties of rainfall in space and time.

However, by analyzing several rainfall events on the piedmont and the mountains of the Cévennes region, *Molinié (2013)* shows the limits of the methodology proposed by *Ceresetti et al. (2012)*. The first of these limits is due to the lack of knowledge on the laws of spatial scale change, which could not be tested in the Cévennes-Vivarais region due to the absence of small scale data. The second of these limits is the difficulty to estimate robustly the return period of spatial events observed locally. Indeed extreme rainfall observations are very sensitive to sampling effects: for a given rainfall event, intensities may vary significantly just a few miles apart. In some cases this can give return periods diverging by several orders of magnitude a few mile apart the location of the maximum. This lack of robustness results from the local approach of the method: the event is indeed spatially variable in the neighborhood of the location of the maximum but this spatial structure is probably contained in the stations close-by. Estimating surface rainfall return periods by including information contained in these neighboring stations is likely to produce more robust estimates than point statistics.

The challenge of the proposed thesis is to overcome these limits by adopting an integrated statistical approach for estimating surface risk in Cévennes-Vivarais. This approach aims at being more robust than the one proposed by *Ceresetti et al. (2012)* and should be validated at the small scale (a few km²) up to the regional scale (10000 km²). In the first part, the thesis will focus on checking the validity of the spatial scale invariance model for extremes on the sub-region covered by Hpiconet. We will use in an original way a weather type classification (coll. EDF) conditioning the invariance model. In a second part of the thesis, we will combine this model of spatial invariance to a model of temporal invariance. Compared to *Ceresetti et al. (2012)*, we will innovate in adopting an integrated spatio-temporal approach based on a Bayesian modeling of regional Intensity-Duration-Area-Frequency (rIDAF) curves, with the aim of improving both the accuracy and robustness of the current model. In addition, the rIDAF curves will be conditioned on weather event

types (coll. EDF), in order to better understand the multi-scale processes producing heavy rainfalls.

Required skills:

Given the relatively sophisticated mathematical framework to be used, we are seeking a candidate with strong skills in statistics and scientific programming (R/matlab). An interest for hydrometeorological applications is essential and a good general knowledge of earth sciences is desirable. Fluency in English is required.

Scientific framework

This thesis deals with rainfall risk in the Cévennes-Vivarais region, a Mediterranean region which regularly undergoes rapid and localized floods, called flash floods. In the team Hydro- Meteorology, Climate and Impact (HMCI) of LTHE, we study these floods with respect to the rain intensity but also with respect to its ability to cause flooding and to social behaviors under such events. We propose in this thesis a statistical modeling of extreme surface rainfall in the Cévennes -Vivarais, covering scales ranging from the small scale to the regional scale. We have at LTHE the resources to deal with this problem, both in terms of rainfall data and in terms of complementary scientific expertise of the co-supervisors, Gilles Molinié (DHDR) and Juliette Blanchet. Thanks to the Hydro-Meteorological Observatory Cévennes-Vivarais (OHMCV) on the one hand, and to the HPicoNet network on the other hand, we have rainfall data covering the spatial scales ranging from a few km² to the regional scale (10000 km²). Besides, the co-supervisors of this thesis have expertise in statistics, and in particular in the study of spatial extreme statistics, and in rainfall fractal and multifractal theory. Juliette Blanchet worked on spatial modeling of extreme snowfall. Gilles Molinié studied extreme rainfall and especially its evolution by temporal aggregation (Thesis of Davide Ceresetti). He is also responsible for the implementation of the small scale network HPicoNet.

References:

- Ceresetti, D., S. Anquetin, G. Molinié, E. Leblois, J.-D. Creutin, 2012: Multiscale Evaluation of Extreme Rainfall Event Predictions Using Severity Diagrams. *Weather and Forecasting*, 27, 174–188.
- Molinié, G., 2013 : L'électrification des orages ; La structure spatio-temporelle de la pluie à l'échelle aérologique. *Thèse d'habilitation à diriger les recherches, Université Joseph Fourier, Grenoble*.
- Ramos, M.-H., J. D. Creutin, and E. Leblois, 2005: Visualization of storm severity. *Journal of Hydrology*, 315, 295–307.