

# Impacts du changement climatique sur les crues méditerranéennes : Apport de la modélisation climatique régionale à convection profonde résolue.

Soutenance de thèse de Nils PONCET le **vendredi 26 avril à 9h30**, en Français.  
CNRM, Bâtiment Navier, salle Noilhan. 42 avenue Gaspard Coriolis 31100 TOULOUSE

Lien de connexion visio : <https://meteo.webex.com/meteo/j.php?MTID=m17c3bdcfdc516792dadf04bae36a1791>

Le jury sera composé de : **Maria Carmen LLASAT BOTIJA** professeure à l'université de Barcelone, **Agnès DUCHARNE DR** CNRS à l'IPSL (Paris), **Annie POULIN** professeure à l'École de technologie supérieure (Montréal), **Sabine SAUVAGE IR** CNRS au CRBE (Toulouse) ainsi que des encadrants **Philippe LUCAS-PICHER** professeur à l'UQAM (Montréal) et **Yves TRAMBLAY DR** IRD à Espace-Dev (Montpellier). **Guillaume THIREL**, CR à l'INRAE (Antony) sera également présent en tant qu'invité.

## Résumé

Les crues méditerranéennes, causées par des événements de précipitations extrêmes, représentent un aléa naturel majeur dans le sud de la France en raison des impacts qu'elles engendrent sur les populations et les infrastructures. Dans un contexte de réchauffement climatique, la zone méditerranéenne, qualifiée de "hotspot" du changement climatique, risque de connaître des extrêmes climatiques accentués aux conséquences hydrologiques potentiellement amplifiées. Pouvoir reproduire de manière réaliste les crues méditerranéennes et simuler leur évolution dans le futur est donc d'une importance capitale pour pouvoir prévoir les impacts probables du changement climatique et s'y préparer. Profitant de nouveaux modèles régionaux de climat à convection profonde résolue qui améliorent la simulation des pluies extrêmes, l'objectif principal de cette thèse consiste à vérifier l'apport potentiel de ces modèles pour la simulation des crues méditerranéennes. Dans cette thèse, des simulations climatiques à l'échelle horaire issues de modèles régionaux de climat permettant la convection profonde (CPM) sont utilisées pour simuler les crues pour des bassins versants méditerranéens en France à travers une chaîne de modélisation associant correction de biais des modèles de climat et modélisation hydrologique.

Dans un premier temps, la méthodologie est appliquée sur le bassin du Gardon d'Anduze avec un CPM (CNRM-AROME) et un modèle régional de climat (RCM) à résolutions spatiales plus grossières (CNRM-ALADIN). Les simulations des variables climatiques sont utilisées pour forcer deux modèles hydrologiques. Les résultats révèlent la valeur ajoutée du CPM par rapport au RCM pour la simulation des crues méditerranéennes. Les projections futures selon le scénario RCP 8.5 sont très similaires avec les deux modèles hydrologiques, mais montrent des différences notables entre les deux modèles de climat. De manière générale, une augmentation de l'intensité des crues les plus fortes est projetée sur ce bassin, avec une réactivité plus importante des débits en climat futur. Dans un second temps, les analyses des crues ont été étendues à un ensemble de 12 CPM sur 12 bassins versants méditerranéens, et les scénarios sur les crues ont été comparés avec ceux sur les événements de précipitation intenses (HPE). Sur tous les bassins, les résultats indiquent que les crues les plus fortes se renforcent en climat futur tandis que le signal est plus faible voire nul sur les crues les plus modérées. Par ailleurs, une intensification des HPE est projetée pour sur tous les bassins et ces signaux ne sont pas corrélés à ceux des crues, le signal de changement sur les pluies extrêmes ne permet donc pas seul d'expliquer les changements projetés sur les débits de crue. Le Languedoc-Roussillon est la région où les hausses projetées de l'intensité des crues et des extrêmes de précipitations sont les plus fortes.

Ainsi, cette thèse marque une nouvelle étape dans la modélisation des crues méditerranéennes avec des modèles de climat à haute résolution. Malgré des incertitudes liées à la méthodologie et aux données utilisées, les CPM se révèlent donc être des outils adaptés à la simulation des crues méditerranéennes et très prometteurs pour l'étude des impacts du changement climatique sur l'aléa hydrologique sur cette zone vulnérable. En effet, l'usage des CPM permet de bénéficier de simulations plus réalistes des pluies extrêmes, qui permettent également de mieux reproduire les crues méditerranéennes. Les résultats de cette thèse indiquent ainsi une augmentation probable des crues en fin de XXIème siècle sur l'arc méditerranéen français, ce qui ouvre des perspectives importantes visant à l'élaboration de stratégies locales d'adaptation au changement climatique.

## Abstract

Mediterranean floods caused by extreme precipitation events consist to a major natural hazard in the south of France due to their impact on people and infrastructures. In a global warming context, the Mediterranean area, described as a 'hotspot' of climate change, is facing the risk of more severe climatic extremes with potentially amplified hydrological consequences. Being able to reproduce realistic Mediterranean floods and to simulate its evolution in the future is therefore of crucial importance in predicting and preparing for the likely impacts of climate change. Taking advantage of the recent developments of convection permitting regional climate models (CPMs) improving the simulation of extreme precipitation events, the benefits of using these models to simulate past and future Mediterranean floods can be questioned. In this thesis, climate simulations from CPMs are used to simulate floods in French Mediterranean catchments, through a modelling chain completed with a statistical bias correction and an hydrological modelling.

First of all, the methodology was applied to the Gardon d'Anduze catchment using a CPM (CNRM-AROME) and a regional climate model (RCM) with coarser resolutions (CNRM-ALADIN). The climate simulations were used to force two hydrological models that rely on different concepts. The results reveal the added value of the CPM compared with the RCM for simulating Mediterranean floods. Future projections according to the RCP 8.5 scenario are consistent between hydrological models, but show substantial differences between the two types of climate models. Overall, an increase in the intensity of the strongest floods is projected for this catchment, with a flashier behaviour in a future warmer climate.

The analyses were then extended to a 12-CPM ensemble over 12 Mediterranean catchments, and the flood scenarios were compared with those for intense precipitation events (HPE). The strongest floods are expected to intensify for all catchments, while the signal is weaker for minor and moderate floods. Furthermore, an intensification of HPE is projected for all the catchments, and these signals are not correlated with those for floods. The climate change signal for extreme rainfall is therefore not sufficient by itself to explain the projected changes in flood flows. Languedoc-Roussillon is the region where the projected increase in flood intensity is the strongest, together with rainfall extremes. In addition, the expected increase in rainfall extremes cannot directly predict the amplitude of the predicted flood signals.

This thesis marks a new step in the modelling of Mediterranean floods using high-resolution climate models. Despite the uncertainties associated with the methodology and the data used, CPMs are proving to be suitable tools for simulating Mediterranean floods and are promising for studying the impact of climate change on the hydrological hazard in this vulnerable area. Indeed, the use of CPMs provides more realistic simulations of extreme rainfall, which enables Mediterranean floods to be better reproduced. The results of this thesis indicate a probable increase of extreme floods intensity at the end of the 21st century in the French Mediterranean, which is opening up major opportunities for developing local strategies for adapting to climate change.