

# LES PLUIES EXTREMES DE L'AUTOMNE 2014 EN CEVENNES ET L'INFLUENCE HUMAINE SUR LE CLIMAT

Robert Vautard

<sup>1</sup> *LSCE/IPSL Laboratoire CEA/CNRS/UVSQ*

## Résumé.

Le massif des Cévennes subit régulièrement des épisodes de pluies intenses. La question de l'évolution de ces pluies, particulièrement durant l'automne, sous l'effet des activités humaines est régulièrement posée. L'étude présentée ici montre que l'intensité des cumuls journaliers les plus forts en automne a fortement augmenté durant les dernières décennies. Le risque de précipitations d'intensité égale ou supérieure aux plus fortes pluies de l'automne 2014 dans les Cévennes pourrait en particulier avoir triplé en moyenne depuis 1950. Mais la question d'un lien entre cette augmentation et les activités humaines, notamment via les gaz à effet de serre, reste posée, car les outils actuels ne permettent pas encore d'y répondre.

**Mots-clés.** Inondations, précipitations intenses, événements extrêmes, attribution

**Abstract.** The Cévennes mountains regularly undergoes episodes of intense rainfall. The question of the evolution of these episodes, especially during the autumn, under the impact of human activities is regularly asked. The study presented here shows that the intensity of the strongest daily amounts has increased sharply in recent decades. The risk of equal intensity rainfall or greater than the heaviest rains of autumn 2014 in the Cévennes may have tripled on average since 1950, with large uncertainties. But the question of a link between this increase and human activities, especially via greenhouse gas, remains unanswered because the current tools do not allow yet to assess it.

**Keywords.** Floods, heavy precipitations, extreme events, attribution

## 1 Les pluies extrêmes dans les Cévennes

Le Massif des Cévennes est, au plan climatologique, une réelle singularité en France et en Europe. C'est la région où les pluies extrêmes sont les plus extrêmes en France. En automne, les masses d'air humides venant de Méditerranée se heurtent aux montagnes des Cévennes, formant une barrière au « vent marin » de Sud-Est. Lorsque l'instabilité de l'atmosphère est importante, notamment avec la présence d'air froid en altitude, les ascendances créent des orages violents pouvant être stationnaires ou former des « bandes » où les précipitations sont très abondantes pendant des heures. Cela occasionne des cumuls très impressionnants, pouvant dépasser les 500 mm par jour, et donc dépasser les cumuls annuels rencontrés dans les régions du nord de la France. Cela est illustré par la moyenne sur plusieurs décennies du maximum sur la saison d'automne (mois de Septembre à Novembre) des cumuls journaliers (Figure 1, tirée de Vautard et al., 2015 [1]). Cette figure est obtenue à partir des réanalyses SAFRAN de Météo-France [2]. Elle montre également la localisation des sites utilisés pour cette étude.

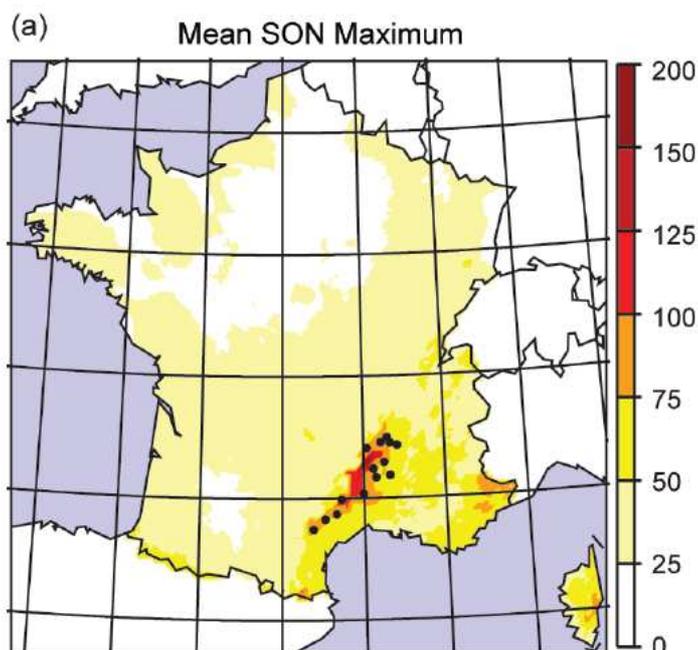


Figure 1 : Moyenne sur la période temporelle du jeu de données SAFRAN des maxima d'automne des cumuls journaliers de précipitation. D'après [1].

Les pluies engendrent alors des « crues éclair », faisant monter le niveau des cours d'eau de façon brutale et occasionnant des inondations. Aujourd'hui ces phénomènes sont compris et se produisent régulièrement. La saison de l'automne 2014, avec un grand nombre d'événements, a posé la question du lien entre ces phénomènes et le réchauffement climatique.

Il s'agit donc d'une question d'attribution [3], qui peut être formulée de la façon suivante : la fréquence des pluies extrêmes d'automne a-t-elle augmenté par l'influence des activités humaines ? On sait en effet que le réchauffement permet à l'atmosphère de contenir plus de vapeur d'eau, et d'occasionner des cumuls de précipitation plus importants. Pourtant la question n'est pas si simple à résoudre de façon un peu rigoureuse, car d'autres phénomènes peuvent intervenir : variabilité interne naturelle du climat occasionnant des tendances multi-décennales, changement de fréquence des situations météo favorables aux épisodes de pluie intenses modifiant les tendances de probabilités, ...

Afin de répondre à la question d'attribution, plusieurs étapes sont nécessaires :

- 1) Caractériser de façon précise la classe d'événements que l'on cherche à étudier, par un ou plusieurs indicateurs,
- 2) Etudier si une tendance est détectable dans ces indicateurs, dans les observations ou à défaut des jeux de simulations
- 3) Simuler le climat sans et avec facteurs anthropiques et examiner les différences en termes de probabilités

Pour les pluies extrêmes dans les Cévennes, seules les deux premières étapes sont accessibles, car les modèles de climat actuel ne simulent pas explicitement les phénomènes convectifs ou restent trop peu précis sur les valeurs des cumuls extrêmes.

Dans cette étude nous définissons, comme indicateur, le maximum d'automne du cumul journalier et nous n'étudions que les observations provenant de pluviomètres, données fournies par Météo-France. Le lecteur souhaitant en savoir plus est renvoyé à la référence [1]. Nous expliquons comment les études d'attribution peuvent ensuite être menées, comme cela a été fait pour le cas de

l'hiver 2013-2014.

## 2 Tendances des pluies extrêmes dans les Cévennes

La figure 2 montre l'évolution de l'indicateur depuis le milieu du 20<sup>ème</sup> siècle. Le signal est très variable car l'intensité des pluies varie fortement selon le lieu, à courte distance. La figure montre néanmoins une tendance, obtenue par régression en utilisant toutes les stations indépendamment, comme des réalisations différentes du même processus. L'étude examine ensuite la signification statistique de la tendance obtenue (augmentation de 30% en 6 décennies). Cela est fait en prenant en compte la corrélation entre les séries sur les différentes stations. Nous trouvons que ce chiffre est significatif à 90%. Il s'agit d'un signal émergent car cette signification se dégrade et disparaît si les ~10 dernières années sont enlevées des séries. L'étude montre aussi que le risque de précipitations d'intensité égale ou supérieure aux plus fortes pluies de l'automne 2014 dans les Cévennes pourrait avoir triplé en moyenne depuis 1950. Cela est obtenu par une analyse par la théorie des valeurs extrêmes avec une co-variable, ici la température globale. Ces chiffres comportent également une grande marge d'incertitude.

Même si une tendance est avérée, ces nouveaux résultats ne sont pas suffisants pour permettre de conclure que le réchauffement climatique dû aux gaz à effet de serre est responsable, même en partie, de ces évolutions. En outre, d'autres causes sont possibles, comme les changements de dynamique atmosphérique (non liés au réchauffement). Pour y arriver, il faudrait simuler le climat préindustriel et le climat actuel, et examiner les différences de probabilités. Nous avons néanmoins corrélé l'intensité des précipitations aux températures régionales et montré que plus les températures sont élevées plus les pluies sont intenses. Cela montre que le réchauffement régional, que l'on sait en partie lié aux activités humaines, pourrait être une des causes de la tendance que nous avons détectée.

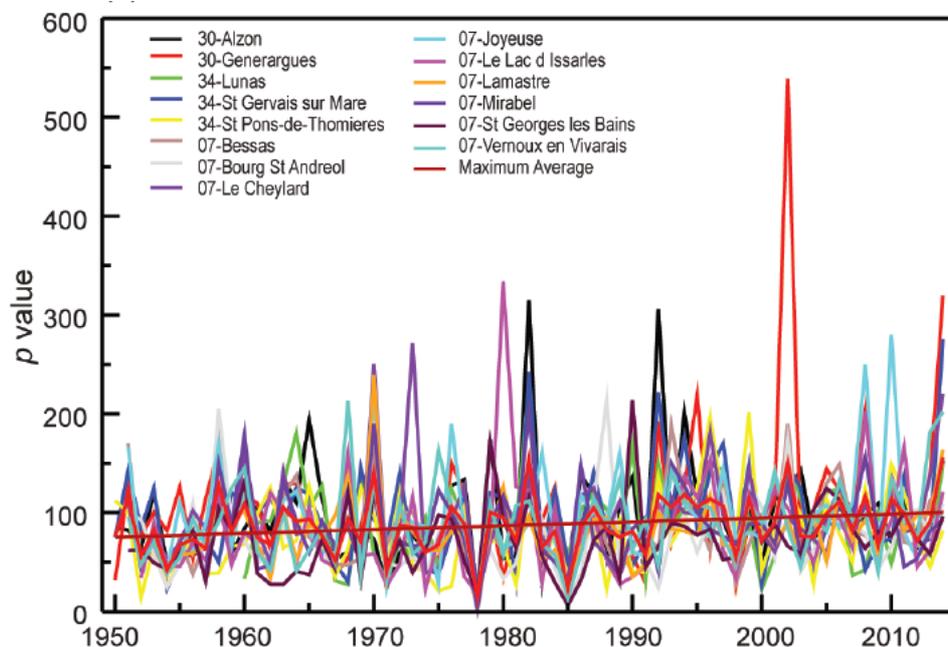


Figure 2: Evolution of fall maxima of daily amounts in 14 sites in the Cévennes area and regression line. D'après [1].

## 3 Discussion et autres exemples

Il est encore impossible avec les outils de modélisation et les observations actuels de démontrer un

lien entre la tendance à l'augmentation des pluies cévenoles extrêmes et les activités humaines. Pour cela nous devons développer des modèles résolvant de façon plus précise les phénomènes convectifs. Néanmoins, nous pouvons aujourd'hui établir ces liens pour d'autres types de précipitations, moins liées à la convection de petite échelle. Cet exercice a été réalisé notamment dans le cadre du projet EUCLEIA, où les équipes de l'Université d'Oxford ont simulé des milliers de saisons hivernales avec et sans influence humaine, et examiné les pluies du sud de l'Angleterre du Sud à la suite des inondations du mois de Janvier 2014. Les auteurs montrent que la probabilité de cumuls mensuels de précipitation a augmenté de 30-40% à cause de l'influence humaine. Dans ce cadre, nous avons examiné comment les changements de circulation ont évolué sous cette influence et leur contribution aux changements des cumuls forts.

L'étude a bénéficié du soutien du MEDDE (projet EXTREMOSCOPE du Plan national d'adaptation au changement climatique) et du projet européen FP7 EUCLEIA Grant # 607085.

## **Bibliographie**

- [1] Vautard, R., G.-J. van Oldenborgh, S. Thao, B. Dubuisson, G. Lenderink, A. Ribes, S. Planton, J.-M. Soubeyroux, P. Yiou (2015), Extreme fall precipitations in the Cévennes mountains. *Bull. Am. Meteorol. Soc. Suppl.* On "explaining extreme events of 2014 from a climate perspective", 96, S56-S60.
- [2] Quintana-Seguí, P. et al. (2008), Analysis of Near-Surface Atmospheric Variables: Validation of the SAFRAN Analysis over France. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 47:92.
- [3] Stott, P., N. Christidis, F. Otto, Y. Sun, J.-P. Vanderlinden, G. J. van Oldenborgh, R. Vautard, H. von Storch, P. Walton; P. Yiou, F. Zwiers, 2016, Attribution of extreme events. *WIRES Climate Change*, 2016, 7:23–41. doi: 10.1002/wcc.380.
- [4] Schaller, N., A. L. Kay, R. Lamb, N. R. Massey, G.-J. van Oldenborgh, F. E. L. Otto, S. N. Sparrow, R. Vautard, P. Yiou, A. Bowery, S. M. Crooks, C. Huntingford, W. Ingram, R. Jones, T. Legg, J. Miller, J. Skeggs, D. Wallom, S. Wilson & M. R. Allen (2015), Human influence on climate in the 2014 Southern England winter floods and their impacts. *Nature climate change*, in press.