

Projections de débits du fleuve Rhône à l'horizon de 2100 dans le cadre du Changement Climatique

Rhone River water discharge forecast until 2100, under the pressure of climate change

Agnès Brenot¹, Joël Gailhard¹, Matthieu Le Lay¹, Cécile Martinet¹,
Amélie Joly², Lucie Meier², Paul-Antoine Michelangeli²

¹EDF-DTG, Département Surveillance, 21 avenue de l'Europe BP41 38 040
Grenoble France (corresponding author: agnes.brenot@edf.fr) ; ²EDF-R&D, 6
quai Wattier 78 400 CHATOU

RÉSUMÉ

Le changement climatique est aujourd'hui un élément de contexte fondamental à prendre en compte pour la gestion des ressources en eau à l'échelle des grands fleuves. Dans le cas du Rhône, la difficulté à prévoir l'évolution à venir des ressources en eau réside dans la multitude des régimes hydrologiques observés sur ses affluents (pluvial, nival et glaciaire) et la diversité des usages actuels de l'eau (irrigation, production d'énergie...). Notre travail propose de prévoir quels seront les débits du Rhône sur différents points d'intérêt de son bassin versant amont (jusqu'à Pont de Viviers, soit 70 % du bassin versant global du Rhône) entre 2015 et 2100. Pour répondre à cet objectif, des projections hydro-climatiques ont été menées à partir de modèles hydrologiques et sous contrainte de simulations climatiques issues de l'exercice CMIP5 (5th Coupled Model Intercomparison Project) auquel les travaux du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) se réfèrent. Pour mener ce travail, deux scénarios d'émissions de gaz à effet de serre ont été retenus : un scénario volontariste de réduction des émissions à horizon 2100 (scénario RCP4.5) et un scénario, le plus pessimiste, correspondant à une augmentation de ces émissions au-delà de 2100, appelé également « Business as usual » (scénario RCP8.5). Les résultats présentés proposent des trajectoires d'évolution des débits en réponse à ces 2 scénarios d'émissions des gaz à effet de serre et en prenant en compte 17 modèles climatiques globaux (GCM) partagés par la communauté scientifique.

ABSTRACT

In the context of global change, assessment of climate change incidence becomes a key parameter for today and future water resource management on the scale of large river basins. For the Rhone River basin, forecasting future behavior of water resources is particularly difficult, because of the hydrological regime diversity observed for its tributaries (rainfall, snow and ice melt) and the diversity of water uses (irrigation, energy...). Our work proposes water discharge forecasts for various locations on the upper part of the Rhone River flow (up to "Pont de Viviers" bridge, meaning 70% of the entire Rhone River basin) from 2015 to 2100. To achieve our purpose, hydro-climatic projections were carried out, including hydrological modeling (rainfall-runoff model) and climatic projections from CMIP5 (5th Coupled Model Intercomparison Project) experiments used by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Two scenarios for future specified concentrations/emissions of various atmospheric constituents (e.g., greenhouse gases and aerosols) have been selected: a medium mitigation scenario (RCP4.5) and a high emission scenario (RCP8.5), sometimes called "Business as usual". Results are presented here as water discharge trajectories taking into account 2 scenarios of greenhouse gas emission and 17 General Circulation Models (GCM), shared among the scientific community.

MOTS CLES

Changement climatique, glaciers, hydrologie, projections hydro-climatiques, Rhône

1 INTRODUCTION

L'objectif de notre travail est de prévoir quels seront les débits du Rhône sur différents points d'intérêt de son bassin versant amont (entre sa source et Pont de Viviers, soit 70 % du bassin versant global du Rhône) entre 2015 et 2100.

2 METHODE

2.1 Scénarios climatiques et Modèles Climatiques Globaux (GCM)

Notre travail s'est appuyé sur les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre issus de l'exercice CMIP5 (5th Coupled Model Intercomparison Project) auquel les travaux du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) se réfèrent. De manière pragmatique il est nécessaire de filtrer la masse d'expériences mises à disposition par le projet CMIP5. C'est dans ce but que la R&D d'EDF a mis en place un « service climatique » afin de proposer un unique point d'entrée à l'ensemble des études d'impact menées par EDF sur le sujet. Avec la volonté d'encadrer les possibles, les choix se sont portés sur les 2 scénarios suivants :

- un scénario dit « volontariste » de réduction des émissions à horizon 2100 (scénario RCP4.5, RCP pour « Representative Concentration Pathway » et 4.5 pour une perturbation radiative de $\sim +4.5W m^{-2}$ après 2100 par rapport à la période préindustrielle des années 1860). Ce scénario prévoit une augmentation de la moyenne globale des températures de l'air à la surface du globe de $+1,8^{\circ}C$ à la fin du 21^{ème} siècle par rapport à la période de référence 1986-2005 ;
- un scénario, le plus pessimiste, correspondant à une augmentation de ces émissions au-delà de 2100, appelé également « Business as usual » (scénario RCP8.5, RCP pour « Representative Concentration Pathway » et 8.5 pour une perturbation radiative de $\sim +8.5W m^{-2}$ après 2100 par rapport à la période préindustrielle des années 1860). Ce scénario prévoit une augmentation de la moyenne globale des températures de l'air à la surface du globe de $+3,7^{\circ}C$ à la fin du 21^{ème} siècle par rapport à la période de référence 1986-2005.

Les projections climatiques, menées sur la période 2006-2100, sont issues de 17 modèles climatiques globaux retenus par le « service climatique » (bcc-csm1-1, bcc-csm1-1-m, BNU-ESM, CanESM2, CMCC-CM, CMCC-CMS, CNRM-CM5, FGOALS-g2, GFDL-ESM2G, GFDL-ESM2M, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, IPSL-CM5B-LR, MIROC-ESM-CHEM, MPI-ESM-LR, MPI-ESM-MR, et NorESM1-M).

2.2 Descente d'échelle

Les modèles climatiques globaux (GCM) ne fournissent pas d'information directement utilisable dans un modèle hydrologique. Une étape intermédiaire est nécessaire pour passer de la « macro-échelle » représentée par les GCM (échelle dite synoptique) à l'échelle régionale utilisée par les modèles hydrologiques (dans notre cas précipitation et température d'air à l'échelle des bassins versants). Ce sont ces techniques d'adaptation des sorties des modèles climatiques que l'on regroupe sous le terme de « Modèles de Descente d'Échelle ». Ces méthodes se basent sur les relations d'échelle existant entre situation atmosphérique aux échelles synoptiques et variables météorologiques locales. Elles permettent de régionaliser les scénarios climatiques futurs, en produisant des scénarios météorologiques adaptés à l'échelle spatiale et temporelle de l'hydro-système étudié. Cette descente d'échelle a été opérée par le « service climatique » d'EDF et est basée sur la méthode des analogues.

2.3 Modélisation hydrologique

Pour simuler l'évolution des débits du Rhône, différents modèles hydrologiques (MORDOR développé par EDF) ont été au préalable calés, au pas de temps journalier, à partir de données observées de pluie, de température et de débit (Figure 1a). Lors de cette étape, une attention particulière a été portée à la prise en compte (1) des usages actuels des ressources en eau (notamment la production hydroélectrique et la gestion du lac Léman) et (2) de l'évolution future de la contribution de la fonte glaciaire au régime des débits des cours d'eau.

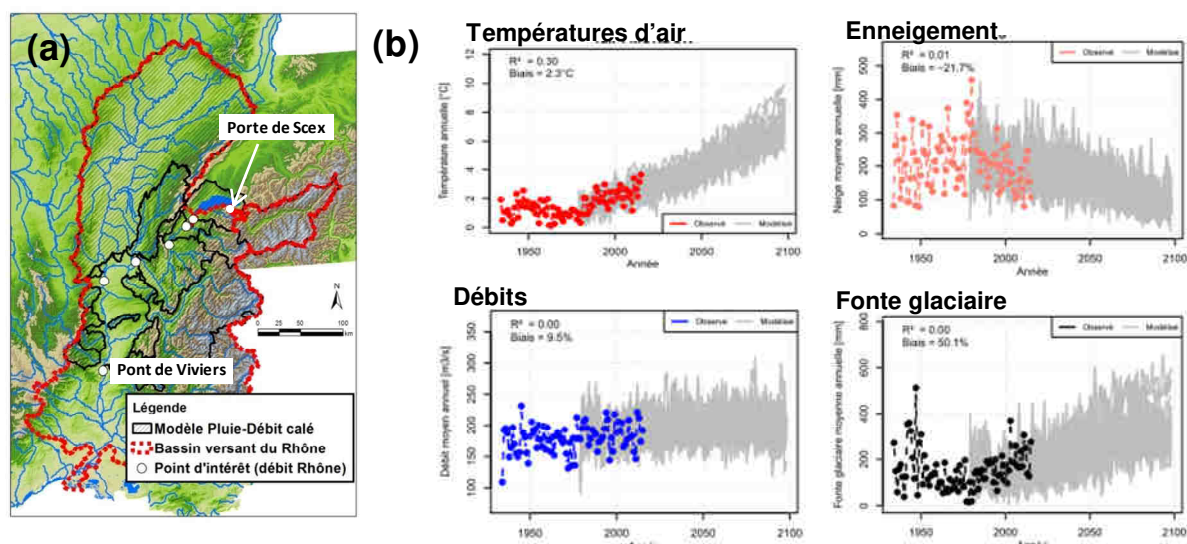


Figure 1 : Bassins versants des modèles hydrologiques calés (a). Trajectoires d'évolution en fonction du temps : des températures, des débits moyens, de l'enneigement et de la fonte glaciaire pour le bassin versant du Rhône à Porte de Scex et en tenant compte de 17 GCM et du scénario d'émission RCP4.5 (b).

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Les projections de débit ont été menées au pas de temps journalier pour 7 points d'intérêt sur le fleuve Rhône (Porte de Scex, Genève, Pougny, Bognes, Lagnieu, Ternay et Pont de Viviers) à partir des modèles hydrologiques calés, pour 17 GCM et pour 2 scénarios d'émission de gaz à effet de serre (RCP4.5 et RCP8.5). Un exemple de représentation graphique de ces résultats est reporté en Figure 1b. Le bassin versant du Rhône à Porte de Scex est singulier en raison d'une contribution importante de la fonte glaciaire au régime d'écoulement du Rhône et à l'influence des retenues hydroélectrique suisses sur ce régime. Ce contexte nous a amené à faire des choix pour le calage de notre modèle hydrologique, à savoir (1) le calage du modèle sur 2 sous périodes (période 1920-1957 : période peu influencée par les aménagements hydroélectriques ; période 1958-2011 : période influencée par les aménagements hydroélectriques) afin de corriger ou « naturaliser » les débits du Rhône et de disposer à la fois d'un modèle des débits « naturels » et « influencés » entrant dans le lac Léman et (2) de prendre en compte l'influence de la fonte/accumulation glaciaire sur ce bassin. Le calage spécifique des paramètres du module « glace » de notre modèle hydrologique, nous amené à considérer le glacier d'Aletsch comme un proxy de l'ensemble des glaciers présents sur le bassin versant du Rhône à Porte de Scex. A l'étape de calage du modèle, nous avons pris en compte les données de bilan de masse du glacier d'Aletsch disponibles sur la période 1930-2010, puis pour l'étape de projections hydro-climatiques, nous avons tenu compte des hypothèses formulés sur l'évolution de la surface des glaciers présents sur le bassin versant : 14% (2000) à 7% (Horizon 2100). L'ensemble des simulations de ces modèles converge vers une augmentation des températures et de l'évapotranspiration et une baisse, plus ou moins marquée, des débits. Mais au-delà de ces résultats, ils nous informent sur les trajectoires d'évolution de l'enneigement et de la fonte glaciaire qui contribuent au régime d'écoulement du Rhône comme le montre la Figure 1b à partir de l'exemple du Rhône à Porte de Scex.

4 CONCLUSION

La mise à disposition de projections de débit du Rhône au pas de temps journalier sur la période 2015-2100 ouvre des perspectives multiples. La mise à disposition de ces informations sur près de 70% du bassin versant du Rhône (soit 70140 km²), permet d'alimenter, dès à présent, les discussions autour de la gestion future des ressources en eau dans le cadre du changement climatique. Pour EDF, s'emparer de ce sujet complexe sur le Rhône est fondamental afin de pouvoir porter un regard éclairé et critique sur des projections hydrologiques réalisées par ailleurs (projet Explore 2070, services climatiques européen en cours de construction tel Copernicus, etc.). Au-delà d'EDF, les travaux menés peuvent intéresser des groupes de travail sur la gestion concertée des ressources en eau, tel celui sur la gestion transfrontalière du lac Léman.