

Université Pierre-et-Marie-Curie, Paris VI
Sorbonne Université

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme
d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR)

Qualité et valeur des prévisions hydrologiques d'ensemble

par Maria-Helena RAMOS
Chargée de Recherche à Irstea

Soutenance le 6 avril 2018 à 13h30, Amphi Astier, Campus Jussieu, Paris
devant le jury composé de :

Sandrine Anquetin , Directrice de recherche, CNRS, IGE, Grenoble	Examinatrice
Christophe Cudennec , Professeur AGROCAMPUS OUEST, INRA, Rennes	Rapporteur
Luc Descroix , Directeur de Recherche, IRD, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris	Rapporteur
Agnès Ducharne , Directrice de recherche, CNRS, UPMC, UMR Metis, Paris	Examinatrice
Véronique Ducrocq , Ing. Général des Ponts, des Eaux et des Forêts, CNRM/Météo-France, Toulouse	Rapporteur
Eric Gaume , Ing. en Chef des Ponts, des Eaux et des Forêts, Ifsttar, Nantes	Examineur

*Préparé au sein de l'équipe Hydrologie des bassins versants de l'Unité de recherche HYCAR (Hydrosystèmes
Continentaux Anthropisés : Ressources, Risques, Restauration), Irstea (Centre d'Antony)*

Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

Résumé

Ce mémoire propose une synthèse des travaux de recherche que j'ai menés et dirigés en prévision hydrologique. Il s'agit majoritairement de travaux menés depuis mon arrivée au sein de l'équipe « Hydrologie de Bassins Versants » à Irstea, Centre d'Antony. Ils s'inscrivent pleinement dans le domaine des sciences hydrologiques et, plus particulièrement, dans la thématique de la prévision hydrologique pour l'anticipation des situations à risque (crues/inondations et étiages/sécheresses) et la gestion de la ressource en eau en avenir incertain.

De manière générale, la prévision hydrologique vise à traduire les observations et les prévisions météorologiques en estimations des débits futurs des rivières. Plusieurs techniques et modèles peuvent être employés afin de répondre à une variété d'objectifs d'un gestionnaire de l'eau ou d'un décideur sensible au risque d'un événement sévère, qu'il soit de crue ou d'étiage. Dans mes recherches, je me suis intéressée à la prévision hydrologique d'ensemble.

L'approche de prévision d'ensemble a été développée dans le but d'appréhender et quantifier l'incertitude inhérente à toute prévision. Elle ne cherche pas à fournir une unique prévision déterministe, mais un ensemble de scénarios représentatifs de l'incertitude liée à la prévision. Ces scénarios échantillonnent au mieux les différentes sources d'erreurs pouvant influencer la connaissance de l'évolution future des variables prévues. Ils représentent un système de prévision probabiliste, qui associe une probabilité (ou vraisemblance) à l'occurrence future d'un événement donné, lorsqu'ils sont statistiquement bien calibrés et sous l'hypothèse que le nombre de scénarios est suffisant pour bien représenter la distribution prédictive, c'est-à-dire, l'ensemble de probabilités d'occurrence de l'événement.

Dans ce mémoire, je me focalise sur deux aspects de la prévision hydrologique d'ensemble. Le premier concerne la qualité des prévisions, au vu des nombreux attributs qui qualifient une bonne prévision probabiliste. Le second aspect est la valeur (économique ou d'utilité sociale) des prévisions pour les utilisateurs et décideurs. J'ai cherché à mieux comprendre ces deux aspects afin de pouvoir apporter des éléments de compréhension dans l'usage des prévisions d'ensemble pour la prise de décision et dans la gestion de l'eau et des risques hydrologiques.

La qualité et la valeur d'une prévision hydrologique reposent sur au moins trois piliers essentiels d'une chaîne de prévision hydrométéorologique. Il s'agit (1) des données historiques, observées en temps réel ou prévues de forçage atmosphérique, (2) des modèles avec leurs capacités prédictives, et (3) des prévisionnistes avec leur perception du risque et des imperfections qui se cachent dans les données et les outils qu'ils manipulent. En s'appuyant sur ces trois piliers, la recherche du lien entre qualité et valeur des prévisions apparaît comme un fil conducteur au long de ce mémoire. L'idée est de faire dialoguer plusieurs points de vue qui définiront si une prévision est bonne et/ou utile pour ceux qui l'élaborent et pour ceux qui l'utilisent comme information de base pour prendre une décision.

Cet ensemble devrait nous fournir une approche intégrative de nos savoirs, nos ignorances et nos capacités à communiquer et agir lorsque nous sommes mobilisés par l'exercice de la prévision. Bien que le futur ne deviendra pas moins incertain, il sera, je l'espère, plus éclairé.

Abstract

This thesis presents a synthesis of the research work that I have conducted and directed in hydrological forecasting. Most of the work has been done since I joined the "Catchment Hydrology" team at Irstea, in Antony. It concerns the discipline of hydrological sciences and, in particular, the field of hydrological forecasting for the anticipation of risks (floods and droughts) and the management of water resources under uncertainty.

In general, hydrological forecasting aims to translate observations and weather forecasts into estimates of future river flows. Several techniques and models can be employed to meet a variety of objectives of a water manager or a decision maker concerned with the risk of a severe event, whether it is a flood or a drought. The research reported here focuses on hydrological ensemble forecasts.

The ensemble prediction approach has been developed to capture and quantify the uncertainty inherent in any forecast. It does not seek to provide a single deterministic forecast, but a set of scenarios representative of the uncertainty associated with forecasting. These scenarios would best sample the different sources of errors that may influence the knowledge of the future evolution of the predicted variables. They can represent a probabilistic forecasting system, which associates a probability (or likelihood) with the future occurrence of a given event, if they are statistically well calibrated and under the assumption that the number of scenarios is sufficient to represent the predictive distribution, i.e., the set of probabilities of occurrence of the event.

In this thesis, two aspects of ensemble hydrological forecasting are highlighted. These aspects are the quality of the forecasts, given the many attributes that are used to qualify a good probabilistic forecast, and the value (economic or societal utility) of the forecasts for users and decision-makers. They are issues I have sought to better understand in order to provide insights to the use of ensemble forecasts for decision making and in the management of water resources and hydrological risks.

These two aspects, forecast quality and value of hydrological forecasts, rely on at least three common and essential pillars of a hydrometeorological forecasting chain. These pillars are (1) the historical, the real-time and the atmospheric forcing data used in the forecasting process, (2) the models with their predictive capabilities, and (3) the forecasters with their perceptions of the risk and of the imperfections that hide in the data and the tools they handle. Building on these three pillars, the search for the links between forecast quality and forecast value appears as a common thread throughout this thesis. The idea is to address several viewpoints which define whether a forecast is good and/or useful as basic information to support a decision.

This ensemble should provide us with an integrative approach to our knowledge, our ignorance and our ability to communicate and act when engaged in the exercise of forecasting. Although the future will not become less uncertain, it will, I hope, be more enlightened.

