

# **Estimation statistique et réanalyse des précipitations en montagne Utilisation d'ébauches par types de temps et assimilation de données d'enneigement Application aux grands massifs montagneux français**

Frédéric GOTTARDI

Soutenance **le mardi 27 janvier à 14h** en Amphithéâtre Craya à l'ENSE3

En montagne, les phénomènes météorologiques, influencés par le relief et l'altitude, possèdent une grande variabilité spatiale et rendent l'hydrométéorologie des bassins versants de montagne particulièrement complexe. Au regard de cette hétérogénéité, les postes d'observations situés en altitude sont trop peu nombreux et leurs mesures, réalisées dans des conditions parfois difficiles (neige, vent), sont souvent entachées d'incertitudes. Ces incertitudes se répercutent sur l'estimation des champs de précipitations et des stocks de neige, primordiale pour la gestion du parc hydroélectrique d'EDF (Électricité De France). Cette thèse, menée au sein de l'équipe hydrologie d'EDF-DTG, avait pour objectif le développement d'un outil d'interpolation des précipitations en zones de montagne. Celui-ci doit permettre à terme une vision spatialisée et cartographiée de la pluie et de la neige mesurées sur les bassins versants faisant l'objet d'une prévision opérationnelle.

Pour développer cette méthodologie, une très vaste base de données a été constituée, regroupant des données françaises (EDF et Météo France) mais également suisses, italiennes et espagnoles, ainsi qu'un modèle numérique de terrain de maille 1km. Afin de prendre en compte les variations du gradient orographique de précipitation en fonction du type de circulation atmosphérique, une classification en types de temps est introduite. Au sein de chaque type de temps, l'orographie est représentée à travers une ébauche moyenne de précipitation sur le type de temps considéré. Celle-ci s'appuie sur les pluviomètres journaliers mais aussi, pour les zones d'altitude, sur les nivo-pluviomètres totalisateurs (NPT) disponibles sur la période 1957-73. Pour chaque pixel l'effet orographique est modélisé par une relation linéaire reliant les précipitations du type de temps considéré avec l'altitude. Cette relation s'appuie sur les points de mesure situés à proximité du pixel, dont le mode de sélection et de pondération a été optimisé. Ces ébauches sont ensuite appliquées jour par jour, selon le type de temps, et déformées en fonction des données disponibles pour obtenir le champ de ce jour donné.

L'utilisation de la validation croisée entre les stations permet d'abord d'évaluer le niveau de restitution du modèle aux altitudes proches du réseau d'observation. En haute montagne, la qualité des lames d'eau est évaluée par confrontation avec les mesures de l'équivalent en eau du manteau neigeux d'une part, et à travers le bilan hydrologique intégré sur des bassins versants instrumentés d'autre part.

Ces données nivologiques mensuelles ou saisonnières sont fiables, mais résultent à la fois de l'accumulation des précipitations solides et de l'ablation par la fonte. On peut donc les comparer au cumul des précipitations solides estimées, diminué de la fonte calculée jusqu'au jour de la mesure, grâce à un modèle de neige donnant la phase des précipitations et la fonte éventuelle en fonction de la température. Ces comparaisons ont montré un fort déficit de nos estimations en altitude, attribué surtout aux problèmes de captation de la neige, et donc d'abord aux NPT.

Nous avons donc itéré notre démarche en assimilant toutes les données nivologiques disponibles, et en corrigeant les précipitations solides par un facteur allant jusqu'à 1.6, ce qui a quasiment fait disparaître les biais. De même les bilans hydrologiques annuels, même s'ils nécessitent une évaluation de l'ETP, sont devenus plausibles et ont vu disparaître les biais les plus flagrants.

Appliqué sur les Alpes Françaises, les Pyrénées et le Massif Central, ce modèle présente des résultats très encourageants de par le caractère résolument régional du mode de reconstitution et l'assimilation d'information nivologique. Cela permet de proposer un catalogue des champs journaliers de précipitations pour la période 1957-2005 sur le domaine considéré.

Mots-clé : estimation des précipitations, type de temps, spatialisation, effet orographique, gradient altimétrique, zones de montagne, relief, neige, équivalent en eau du manteau neigeux, modélisation nivale, bilan hydrologique, validation croisée, correction des pluviomètres, phase des précipitations

Jury :

- **M. Pierre DUMOLARD**, Professeur honoraire à l'Université Joseph Fourier, Institut de Géographie Alpine, président,
- **M. Andràs BÀRDOSSY**, Professeur d'Université à STUTGART et Directeur de l'Institut für Wasserbau, rapporteur,
- **M. Pierre RIBSTEIN**, Professeur d'Université à l'Université Pierre et Marie-Curie (PARIS VI), Laboratoire SISYPHE, rapporteur,
- **M. Yves DURAND**, Ingénieur de la Météorologie, Directeur adjoint du Centre d'Etudes de la Neige de MétéoFrance, examinateur,
- **M. Emmanuel PAQUET**, Ingénieur Développement à Électricité de France - DTG, co-directeur de thèse (correspondant CIFRE),
- **M. Charles OBLED**, Professeur à l'INPG, Laboratoire LTHE, directeur de thèse.