

# RÉSUMÉ

## **Simulation fine des précipitations et des crues extrêmes. Application aux petits bassins versants alpins non-glaciaires**

Les crues et les risques de débordement des barrages, notamment des digues en terre, en cas de fortes précipitations, préoccupent depuis longtemps les autorités et la population. Les études réalisées dans les dernières années ont montré que le réchauffement global du climat s'est accompagné d'une augmentation de la fréquence des fortes précipitations et des crues en Suisse et dans de nombreuses régions du globe durant le 20<sup>ème</sup> siècle. Les modèles climatiques globaux et régionaux prévoient que la fréquence des fortes précipitations devrait continuer à croître durant le 21<sup>ème</sup> siècle en Suisse et dans le monde. Cela rend les recherches actuelles sur la modélisation des pluies et des crues à une échelle fine encore plus importantes.

En Suisse, pour assurer une bonne protection sur le plan humain et économique, des cartes de précipitations maximales probables (PMP) ont été réalisées. Les PMP ont été confrontées avec les précipitations extrêmes mesurées dans les différentes régions du pays. Ces PMP sont ensuite utilisées par les modèles hydrologiques pour calculer des crues maximales probables (PMF).

Cette la méthode PMP–PMF nécessite toutefois un certain nombre de précautions. Si elle est appliquée d'une manière incorrecte ou sur la base de données insuffisantes, elle peut entraîner une surestimation des débits de crue, notamment pour les grands bassins et pour les régions montagneuses entraînant des surcoûts importants. Ces problèmes résultent notamment du fait que la plupart des modèles hydrologiques répartissent les précipitations extrêmes (PMP) de manière uniforme dans le temps sur l'ensemble du bassin versant. Pour remédier ce problème, cette thèse a comme objectif principal de développer un modèle hydrologique distribué appelé MPF (Modeling Precipitation Flood) capable d'estimer la PMF de manière réaliste à partir de la PMP distribuée de manière spatio-temporelle à l'aide des nuages.

Le modèle développé MPF comprend trois parties importantes. Dans la première partie, les précipitations extrêmes calculées par un modèle météorologique à une méso-échelle avec une résolution horizontale de 2 km, sont réparties à une échelle locale (25 ou 50 m) de manière non-uniforme dans l'espace et dans le temps. La deuxième partie concerne la modélisation de l'écoulement de l'eau en surface et en subsurface en incluant l'infiltration et l'exfiltration. Et la troisième partie inclut la modélisation de la fonte des neiges, basée sur un calcul de transfert de chaleur. Le modèle MPF a été calibré sur des bassins versants alpins où les données de précipitations et du débit sont disponibles pour une période considérablement longue, qui inclut plusieurs épisodes de fortes pluies avec des débits élevés. À partir de ces épisodes, les paramètres d'entrée du modèle tel que la rugosité du sol et la largeur moyenne des cours d'eau dans le cas d'écoulement de surface ont pu être estimés. Suivant la même procédure, les paramètres utilisés

dans la simulation des écoulements en subsurface sont également estimés indirectement, puisque des mesures directes de l'écoulement en subsurface et de l'exfiltration sont difficiles à obtenir.

Le modèle de distribution spatio-temporelle de la pluie a aussi été validé en utilisant les images radar avec la structure de la pluie provoquée par un nuage supercellulaire. Les hyétogrammes obtenus sur plusieurs points du terrain sont très proches de ceux enregistrées avec les images radar.

Les résultats de la validation du modèle sur les épisodes de fortes crues présentent une bonne synchronisation entre le débit simulé et le débit observé. Cette corrélation a été mesurée avec trois critères d'efficacité, qui ont tous donné des valeurs satisfaisantes. Cela montre que le modèle développé est valide et il peut être utilisé pour des épisodes extrêmes tels que la PMP.

Des simulations ont été faites sur plusieurs bassins ayant comme données d'entrée la pluie de type PMP. Des conditions variées ont été utilisées, comme la situation du sol saturé, ou non-saturé, ou la présence d'une couche de neige sur le terrain au moment de la PMP, ce qui conduit à une estimation de PMF pour des scénarios catastrophiques.

Enfin, les résultats obtenus montrent comment mieux estimer la valeur de la crue de sécurité des barrages, à partir d'une pluie extrême dix-millennale avec une période de retour de 10'000 ans.

**Mots-clés :** Précipitations Maximales Probables (PMP), Crue maximale probable (PMF), modèle hydrologique distribué, exutoire, bassin versant alpin, MPF (Modeling Precipitation Flood).