

Résumé

Les systèmes karstiques ont longtemps été étudiés par des analyses statistiques issues du traitement du signal. Plus récemment, des tentatives de modélisation hydrologique ont été réalisées sur ces systèmes, avec des succès mitigés. Cette thèse allie deux domaines de recherche, l'hydrologie et l'hydrogéologie karstique. Dans ce mémoire, nous utilisons les analyses du signal dans le but d'améliorer les performances et le réalisme des modèles pluie-débit calés sur ces systèmes karstiques. Pour cela nous nous appuyons sur un échantillon de quatorze systèmes karstiques et un ensemble de quatre modèles hydrologiques à réservoirs.

La première étape nous a permis de dresser un bilan de l'état de la modélisation pluie-débit appliquée aux systèmes karstiques dans un contexte d'évaluation des performances classiques s'appuyant sur le schéma standard des moindres carrés des erreurs. Globalement les quatre modèles pluie-débit parviennent à modéliser correctement la majorité des systèmes karstiques étudiés.

Dans une deuxième étape, nous avons développé une méthodologie originale prenant en compte les caractéristiques hydrodynamiques de ces systèmes déduites d'analyses statistiques classique en hydrogéologie karstique. En effet, notre objectif n'est pas seulement d'avoir de bonnes performances sur le schéma standard des moindres carrés des erreurs, mais aussi de respecter les caractéristiques hydrodynamiques particulières de ces systèmes. Pour cela, nous avons développé des outils afin de prendre en compte les caractéristiques spécifiques à ces systèmes selon deux axes :

- Contraindre la structure des modèles à partir d'informations issues de l'analyse du fonctionnement du système. Pour cela, nous avons utilisé le coefficient de tarissement issu de l'analyse des récessions. Le résultat est un schéma d'optimisation semi automatique des paramètres dans lequel un des paramètres est prescrit par l'analyse préliminaire et les autres sont calés automatiquement. Cette démarche confère au modèle résultant une représentation du fonctionnement hydrodynamique des systèmes karstiques plus en accord avec la connaissance a priori que l'on a de ces systèmes.
- Contraindre les paramètres des modèles et leur capacité à représenter le fonctionnement des systèmes karstiques. Pour cela, nous avons développé une méthodologie de calage multi-objectif afin d'évaluer les performances des modèles à reproduire d'une part le débit observé mais aussi les propriétés hydrodynamiques. La démarche de comparaison de différentes stratégies de calage a ainsi permis d'améliorer la qualité de l'ajustement entre les fonctions d'autocorrélation des débits simulés et observés, tout en conservant des valeurs raisonnables selon le schéma standard des moindres carrés des erreurs. Cette approche permet en outre de réduire les incertitudes sur les paramètres par rapport aux stratégies de calage mono-objectif.

Enfin, nous avons tenté de rendre compte de la diversité de structure et de comportement des systèmes sur la base des paramètres issus du calage des modèles pluie-débit. Ces paramètres ont été comparés d'une part à ceux couramment employés en hydrogéologie karstique (Classification de Mangin) et d'autre part aux paramètres des modèles représentatifs de bassins non karstiques.