

KarstMod, une plateforme dédiée à la modélisation pluie-niveau-débit des aquifères karstiques

Naomi Mazzilli, David Labat, Nicolas Massei, Hervé Jourde, N. Lecoq, Bruno Arfib

▶ **To cite this version:**

Naomi Mazzilli, David Labat, Nicolas Massei, Hervé Jourde, N. Lecoq, et al.. KarstMod, une plateforme dédiée à la modélisation pluie-niveau-débit des aquifères karstiques. Géologues, 2018, 195, pp.43-45. hal-01846311

HAL Id: hal-01846311
https://hal.science/hal-01846311

Submitted on 2 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

KarstMod, une plateforme dédiée à la modélisation pluie-niveau-débit des aquifères karstiques

Naomi Mazzilli[1], David Labat[2], Nicolas Massei[3], Hervé Jourde[4], Nicolas Lecoq[3], Bruno Arfib[5].

Introduction

Appréhender le fonctionnement des aquifères karstiques constitue un défi pour les hydrogéologues. Il est en effet, difficile, aujourd'hui, de prévoir de manière efficiente les débits de crues qui peuvent engendrer des dégâts considérables mais aussi les débits d'étiage qui constituent parfois l'unique ressource en eau d'un bassin. Pour toutes ces raisons, il a été décidé de développer au sein du SNO Karst un outil de modélisation dédié : KarstMod (Mazzilli *et al.*, 2017). KarstMod constitue ainsi la première plateforme de modélisation pluie-niveau-débit, dédiée aux aquifères karstiques, développée de manière collaborative dans le cadre du SNO KARST. Ce développement a été rendu possible par la mise en commun d'expériences, de compétences mais aussi de données sur différents systèmes karstiques localisés dans des contextes physiographiques, géologiques et climatiques différents. Cette plateforme propose un système de réservoirs non linéaires connectés 1D pluie-niveau-débit, via une interface utilisateur intuitive, afin d'appréhender plus rapidement et efficacement le fonctionnement d'un système karstique et *in fine,* de pouvoir prédire son comportement. KarstMod vise donc, à proposer à la fois aux bureaux d'études mais aussi aux étudiants de la licence au doctorat, un cadre de modélisation opérationnel et convivial dédié à ce type de système hydrogéologique complexe. La plateforme fournit aux utilisateurs un ensemble d'outils permettant d'apprécier et critiquer la structure choisie ainsi que le résultat de la modélisation. L'outil et son guide utilisateur sont en téléchargement libre sur le site du SNO. Un aperçu rapide et non exhaustif de ses fonctionnalités est présenté dans cet article. Une application à l'étude des crues et de la gestion de la ressource en eau d'un aquifère karstique vient par ailleurs d'être publiée par Baudement *et al.*, 2017 et constituera un éclairage supplémentaire au lecteur.

Méthodologie de modélisation

À partir de l'interface graphique (Fig. 1), l'utilisateur définit, en premier lieu, la structure du modèle ainsi que les flux pré-définis qu'il souhaite activer, parmi les réservoirs. La plateforme peut fonctionner suivant deux modes : simulation, ou calage automatique. En mode simulation, l'utilisateur spécifie les paramètres associés à chacune des lois de transfert. Il peut ainsi apprécier l'effet d'une modification manuelle de chacun de ces paramètres sur les résultats de simulation. En mode calage automatique, l'utilisateur spécifie une plage de valeurs admissibles pour les différents paramètres (par exemple : de 20 à 60 mm pour la réserve utile). Il spécifie également les périodes d'initialisation, calage et validation. La période d'initialisation permet de dissiper l'effet des conditions initiales de remplissage des réservoirs. Les paramètres du modèle sont optimisés pour reproduire au mieux la chronique observée sur la période dite de calage. La période de validation permet de tester la robustesse du calage : le modèle permet-il d'obtenir de bons résultats sur une période autre que la période d'essai ?

Le calage pose un premier problème de fond : comment apprécier la qualité de l'hydrogramme (ou chronique piézométrique) simulé ? Les mesures de distance entre chroniques simulée et observée sont appelées fonction objectif. L'ensemble des écarts entre simulation et observation est résumé en une seule valeur de la fonction objectif : exercice délicat ! Le critère de Nash (moindres carrés) par exemple, est bien connu pour accorder beaucoup de poids aux périodes de crue, mais être en contrepartie assez permissif sur la simulation des étiages. Dans KarstMod, nous avons donc pris le parti de proposer plusieurs fonctions objectifs, celles-ci pouvant être combinées de façon à réaliser l'optimisation sur la base d'une fonction composite mieux adaptée aux caractéristiques du signal que l'on souhaite reproduire.

Le calage est obtenu par exploration systématique de l'espace des paramètres : des simulations sont réalisées pour un grand nombre de jeux de paramètres, et on retient celui qui reproduit le mieux la chronique des observations. Mais le calage ne se réduit pas au choix d'un jeu de paramètres « optimal », car on peut considérer que l'ensemble des jeux de paramètres testés contient une information pertinente quant au comportement du modèle. En effet, il n'existe pas en général, une seule structure ou un seul jeu de paramètres pouvant reproduire au mieux la chronique d'observations, mais plusieurs structures ou jeux de paramètres pouvant être équivalents, ou reproduisant chacun, l'un ou l'autre des aspects de la réponse du système (équifinalité). Les simulations « non optimales »peuvent donc être utilisées pour (1) apprécier les liens entre paramètres et vérifier la présence d'un optimum bien

1. UAPV, UMR1114 EMMAH, F-84914 Avignon, France. Courriel : naomi.mazzilli@univ-avignon.fr
2. Géosciences Environnement Toulouse - Université de Toulouse, Toulouse, France. Courriel : david.labat@get.omp.eu
3. Normandie Univ, UNIROUEN, UNICAEN, CNRS, M2C, 76000 Rouen, France. Courriel : nicolas.massei@univ-rouen.fr, nicolas.lecoq@univ-rouen.fr
4. Université Montpellier, Laboratoire HydroSciences, Montpellier, France. Courriel : herve.jourde@umontpellier.fr
5. Aix-Marseille Univ, CNRS, IRD, Coll France, CEREGE, Aix-en-Provence, France. Courriel : arfib@cerege.fr

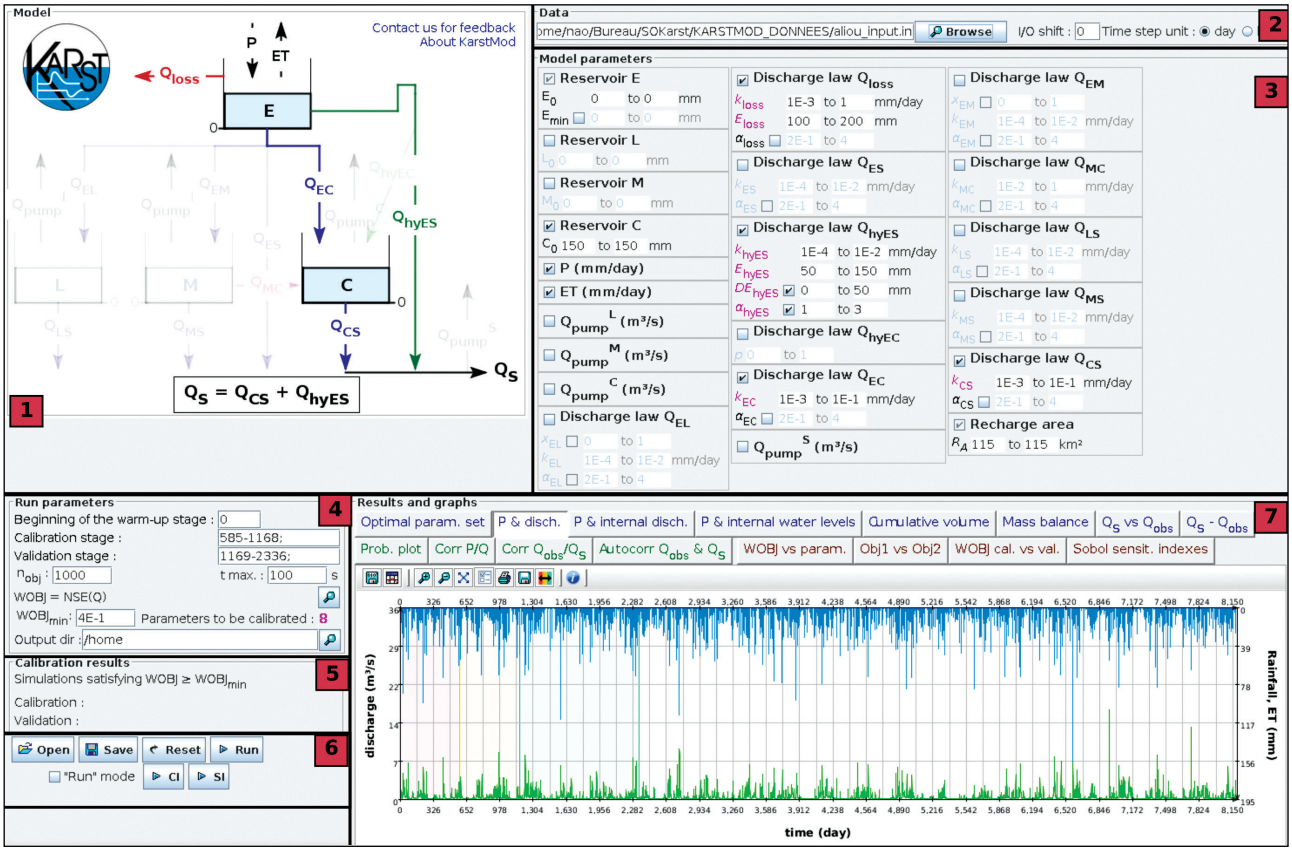


Figure 1. Vue générale de l'interface utilisateur. 1/ Structure du modèle, 2/ Données d'entrée, 3/ Paramètres du modèle, 4/ Paramètres du calage, 5/ Résultats du calage, 6/ Barre de commandes, 7/ Graphiques. Source : travail personnel des auteurs.

défini, mais aussi pour (2) estimer l'incertitude de simulation et améliorer encore la prédiction du modèle.

Dans KarstMod, les liens entre paramètres et la présence d'une valeur optimale sont appréciés par un ensemble de graphes complétés par les indices de sensibilité de 1er ordre et totaux. La démarche de modélisation est donc itérative : ces éléments permettent de critiquer la première structure de modèle testée, et suivant les cas, de la simplifier (paramètres insensibles) ou de la complexifier (suivant les aspects de la réponse dont la simulation laisse à désirer).

L'incertitude de simulation est appréciée suivant une méthodologie proche de celle proposée par la GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation, voir par exemple Beven 2006). Parmi l'ensemble des simulations réalisées pour le calage, toutes celles qui paraissent « acceptables » sont retenues. En effet, si la simulation optimale amène un coefficient de Nash de 0.75 (sur la période de calage), peut-on affirmer qu'une simulation ayant une performance de 0.73 est plus mauvaise ? Probablement pas. L'ensemble des simulations « acceptables » permet ainsi de proposer pour chaque pas de temps et en plus de la valeur prédite par le jeu de paramètres optimal : 1/ des bornes min et max des valeurs prédites pour cet ensemble de simulations, qui permettent d'apprécier l'incertitude de la prédiction, et 2/ la valeur prédite la plus probable si l'on considère l'ensemble des simulations. Cette valeur est différente de la valeur simulée par le jeu de paramètres optimal, et dans nombre de cas, la prédiction réalisée est ainsi améliorée.

En complément, KarstMod permet de calculer et de tracer les fonctions classiques du traitement du signal en hydrologie karstique : courbe de probabilité des débits classés, corrélogrammes simples et croisés.

Conclusion

Proposer un outil pour la modélisation pluie-niveau-débit, dédié aux aquifères karstiques ; faciliter la prise en main par une interface intuitive ; promouvoir des pratiques de modélisation éclairées ; fournir les outils permettant d'apprécier sensibilité et équifinalité : le cahier des charges pour la réalisation de KarstMod était plutôt imposant. Les dernières fonctionnalités seront proposées avec la version 3, au printemps 2018. La suite des développements se concentrera sur le volet qualité.

Bibliographie

- Mazzilli N., Guinot V., Jourde H., Lecoq N., Labat D., Arfib B., Baudement C., Danquigny C., Dal Soglio L. et Bertin D., 2017. KarstMod: A modelling platform for rainfall - discharge analysis and modelling dedicated to karst systems. Environmental Modelling and Software.
- Baudement C., Arfib B., Mazzilli N., Jouves J., Lamarque T. et Guglielmi Y., 2017. Groundwater management of a highly dynamic karst by assessing baseflow and quickflow with a rainfall-discharge model (Dardennes springs, SE France). BSGF Earth Sciences Bulletin.
- Beven K., 2006. A manifesto for the equifinality thesis. Journal of Hydrology 320, 18-36.