



**HAL**  
open science

# Enhancing the internal hydrological consistency of a process-based solute-transport model through simultaneous calibration of streamflow and stream concentrations

Jordy Salmon-Monviola, Ophélie Fovet, Markus Hrachowitz

## ► To cite this version:

Jordy Salmon-Monviola, Ophélie Fovet, Markus Hrachowitz. Enhancing the internal hydrological consistency of a process-based solute-transport model through simultaneous calibration of streamflow and stream concentrations. 5èmes Journées de Modélisation des Surfaces Continentales, Jun 2024, Strasbourg, France. 2024. hal-04631861

**HAL Id: hal-04631861**

<https://hal.inrae.fr/hal-04631861v1>

Submitted on 2 Jul 2024

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NoDerivatives 4.0 International License

J. Salmon-Monviola<sup>a</sup>, O. Fovet<sup>a</sup>, M. Hrachowitz<sup>b</sup>

<sup>a</sup> UMR SAS, INRAE, Institut Agro, Rennes, France

<sup>b</sup> Department of Water Management, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, Stevinweg 1, 2628CN Delft, Netherlands

*Keywords: Hydrological models, Internal consistency, Multi-objective calibration*

## 1 Introduction

L'amélioration de la cohérence des modèles hydrologiques, c'est-à-dire leur capacité à reproduire la dynamique observée du système, est nécessaire pour accroître leur pouvoir prédictif. Etant donné que l'utilisation des données de débit pour la calibration est nécessaire mais pas suffisante pour contraindre les modèles et garantir leur cohérence, d'autres stratégies doivent être envisagées, en particulier l'utilisation de sources de données supplémentaires. L'objectif de cette étude est de tester si la calibration simultanée des concentrations, en carbone organique dissous (COD) et en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), avec le débit améliore la cohérence hydrologique d'un modèle parcimonieux de transport de solutés.

## 2 Matériel et méthodes

Une approche multi-objectifs et multi-variables a été utilisée pour évaluer le modèle dans un bassin versant agricole (Kervidy-Naizin, Ouest France).

### 2.1 Le site d'étude

Le bassin versant de Kervidy-Naizin est situé dans l'ouest de la France (Fig. 1a) et fait partie de l'Observatoire AgrHyS [1]. Il s'agit d'un bassin versant agricole de 4,82 km<sup>2</sup>, drainé par un cours d'eau intermittent du second ordre de Strahler. Kervidy-Naizin est représentatif des zones d'agriculture intensive qui présentent un excès d'azote réactif en raison de l'application d'effluents d'élevage et d'engrais inorganiques au-delà des besoins des cultures. Dans ce paysage, la majeure partie du COD et de  $\text{NO}_3^-$  s'accumulent dans les sols des zones ripariennes et dans les eaux souterraines, respectivement [2,3].

### 2.2 Le modèle hydrochimique

Un modèle parcimonieux de transport de soluté semi-distribué a été utilisé. Les processus sont représentés par des équations linéaires ou non linéaires qui relient les flux entre les réservoirs modélisés (Fig. 1b).

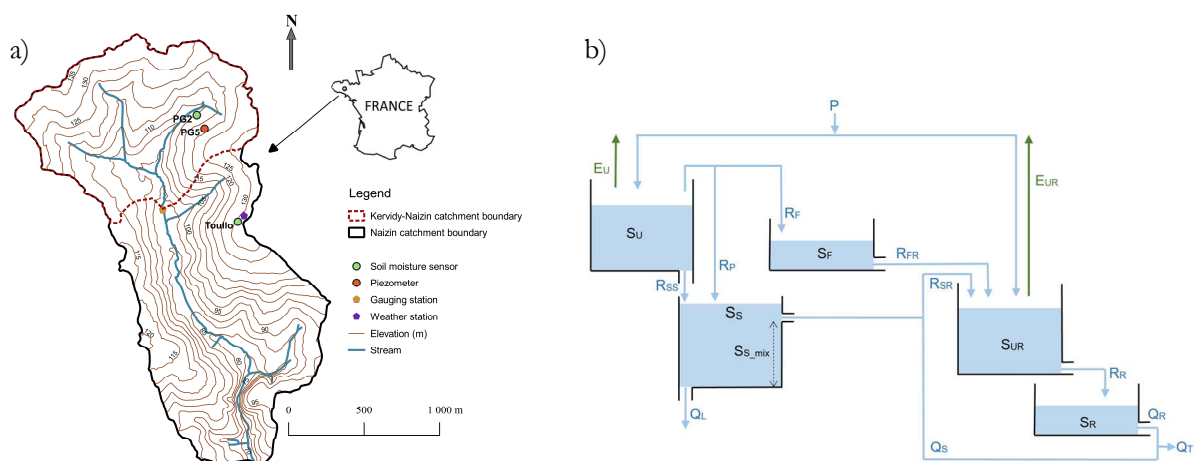


Figure 1 : a) Bassin versant de Kervidy-Naizin et b) Structure du modèle conceptuel

Les apports d'azote aux niveaux des réservoirs SU et SUR sont les excédents quotidiens d'azote ( $\text{kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{day}$ ). Les transformations biologiques de  $\text{NO}_3^-$ , soit par dénitrification dans la zone riparienne, soit par consommation dans le cours d'eau par les producteurs primaires, ont été simulés en considérant une quantité d'abattement constante de  $\text{NO}_3^-$  ( $\text{kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{day}$ ) dans le réservoir SR.

La conceptualisation des processus biogéochimiques utilisés pour simuler la dynamique du COD, similaire à celle de Birkel [4], est basée sur un bilan de masse production-perte et sur le transport vers le cours d'eau. La production journalière de COD, dans les réservoirs  $S_U$  et  $S_{UR}$ , augmente en fonction de la température et de la teneur en eau du sol.

### 2.3 Calibration et évaluation du modèle

Quatre scénarios de calibration multi-objectifs, basés sur des algorithmes évolutionnaires, ont été mis en œuvre : 1) seules les données sur le débit sont utilisées pour la calibration ; 2) les données sur le débit et la concentration de COD dans la rivière sont utilisées simultanément pour la calibration ; 3) les données sur le débit et la concentration de  $NO_3^-$  dans la rivière sont utilisées pour la calibration ; 4) les données sur le débit et les concentrations (COD et  $NO_3^-$ ) dans la rivière sont utilisées pour calibration. Dans l'étape d'évaluation, pour chaque scénario, les mesures observées de la teneur en eau du sol et du niveau de la nappe ont été utilisées comme données indépendantes pour vérifier la cohérence interne du modèle calibré.

## 3 Résultats

Nos résultats ont montré que l'utilisation des concentrations journalières de COD et de  $NO_3^-$  dans la rivière avec les données de débit pendant la calibration n'a pas amélioré la capacité du modèle à prédire le débit pour les périodes de calibration ou d'évaluation (Fig. 2). Cependant, la cohérence interne du modèle a été améliorée pour la simulation des faibles débits, le niveau de la nappe et l'humidité des sols en amont du bassin versant, mais pas pour la simulation de l'humidité des sols dans la zone riparienne. L'incertitude des paramètres diminue lorsque le modèle est calibré à l'aide des concentrations de solutés, sauf pour le paramètre de vidange du réservoir représentant la nappe [5].

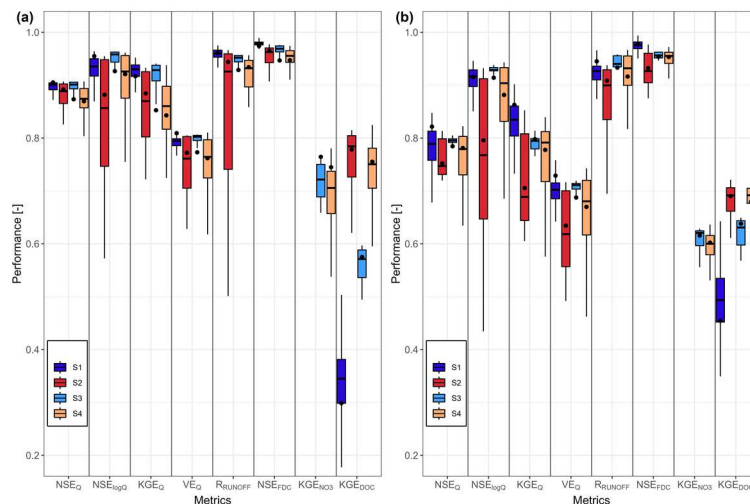


Figure 2 : Boxplot des signatures hydrologiques, du COD et  $NO_3^-$  selon quatre scénarios : S1 (Hydro seulement), S2 (Hydro + COD), S3 (Hydro +  $NO_3^-$ ) et S4 (Hydro + COD +  $NO_3^-$ ) pour a) la période de calibration et b) la période d'évaluation.

## 4 Conclusion

Cette étude montre l'intérêt d'utiliser des sources de données multiples en plus des débits pour la calibration, en particulier les concentrations de COD et de  $NO_3^-$ , afin de contraindre les modèles hydrologiques à mieux représenter les quantités et les flux d'eau dans le bassin versant. Avec la disponibilité croissante de données sur les solutés provenant de la surveillance des bassins versants, cette approche apporte un moyen d'améliorer la cohérence interne des modèles hydrologiques, ce qui permet ensuite de les utiliser de manière plus fiable lors de l'évaluation de scénarios.

## 5 Références

- [1] Fovet, O., Humbert, G., Dupas, R., Gascuel-Oudoux et al.: Seasonal variability of stream water quality response to storm events captured using high-frequency and multi-parameter data, *Journal of Hydrology*, 559, 282–293, 2018.
- [2] Aubert, A. H., Gascuel-Oudoux, C., Gruau, et al.: Solute transport dynamics in small, shallow groundwater-dominated agricultural catchments: insights from a high-frequency, multisolute 10 yr long monitoring study, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 1379–1391, 2013.
- [3] Strohmenger, L., Fovet, O., Hrachowitz, M., Salmon-Monviola, J., and Gascuel-Oudoux, C.: Is a simple model based on two mixing reservoirs able to reproduce the intra-annual dynamics of DOC and  $NO_3^-$  stream concentrations in an agricultural headwater catchment?, *Science of The Total Environment*, 794, 148715, 2021.
- [4] Birkel, C., Soulsby, C., and Tetzlaff, D.: Integrating parsimonious models of hydrological connectivity and soil biogeochemistry to simulate stream DOC dynamics, *J. Geophys. Res. Biogeosci.*, 119, 1030–1047, 2014.
- [5] Salmon-Monviola, J., Fovet, O., and Hrachowitz, M.: Improving the internal hydrological consistency of a process-based solute-transport model by simultaneous calibration of streamflow and stream concentrations, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* [preprint], <https://doi.org/10.5194/hess-2023-292>, in review, 2024.