



**HAL**  
open science

# Méta-modélisation d'un modèle de prédiction des contaminations de ruissellements par les pesticides à l'exutoire d'une parcelle agricole

Guillaume Metayer, Cécile Dagès, Marc Voltz, Jean-Stéphane Bailly

► **To cite this version:**

Guillaume Metayer, Cécile Dagès, Marc Voltz, Jean-Stéphane Bailly. Méta-modélisation d'un modèle de prédiction des contaminations de ruissellements par les pesticides à l'exutoire d'une parcelle agricole. 52. congrès du Groupe Français de recherches sur les Pesticides, May 2024, Lyon, France. hal-04747901

**HAL Id: hal-04747901**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04747901v1>**

Submitted on 22 Oct 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.

# Méta-modélisation d'un modèle de prédiction des contaminations de ruissellements par les pesticides à l'exutoire d'une parcelle agricole

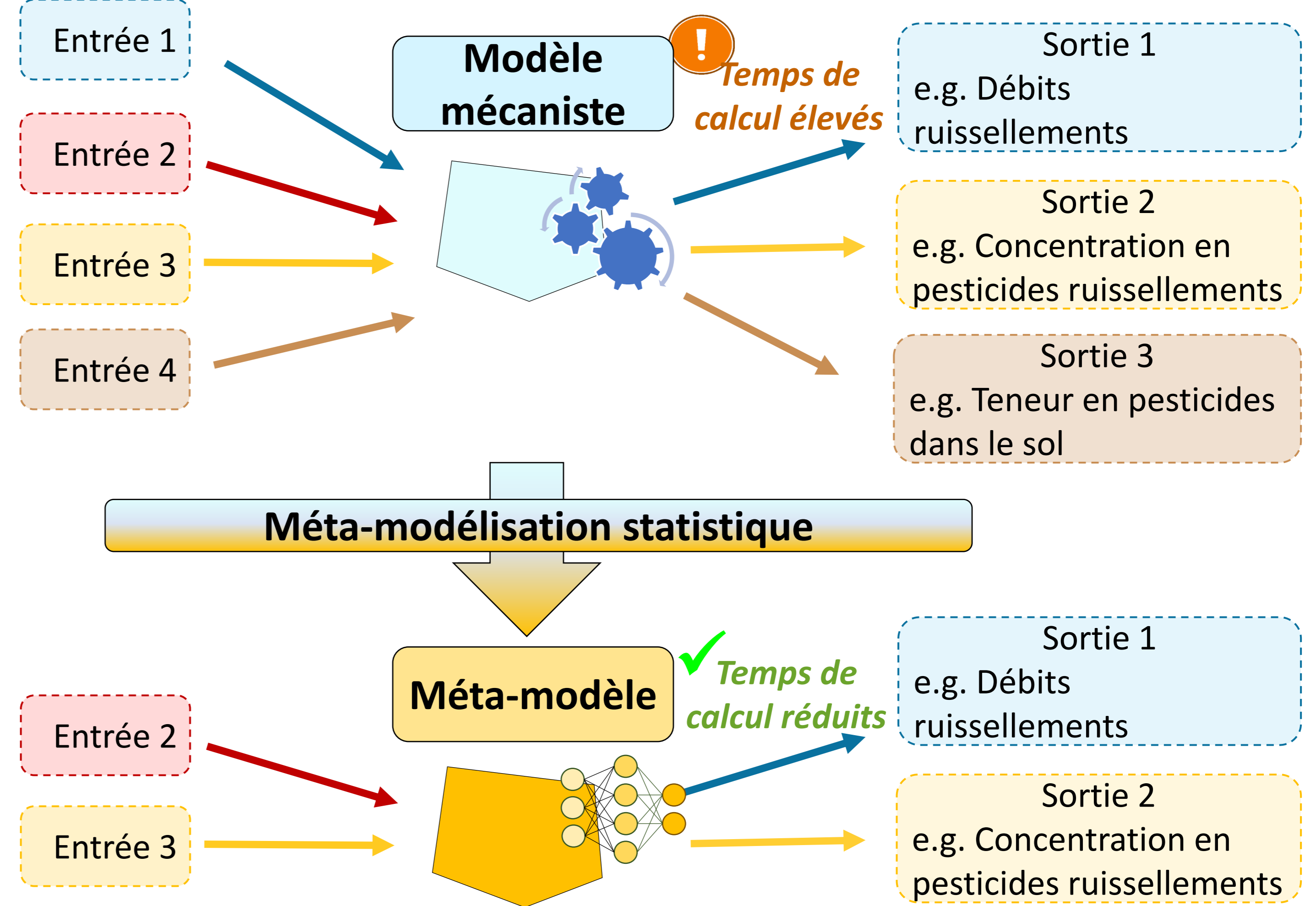
## CONTEXTE

Plusieurs modèles mécanistes sont capables de prédire l'export de pesticides des parcelles agricoles par ruissellement, qui constitue une voie majeure de transfert de pesticides vers les masses d'eau en aval. Leur déploiement sur de longues chroniques climatiques et une large diversité de contextes agro-pédo-climatiques peut toutefois se heurter à des temps de calcul élevés et à la difficulté d'accès aux données requises pour leur paramétrage.

La méta-modélisation est un levier pour réduire les temps de calcul d'un modèle initial, tout en conservant une capacité prédictive proche. Plusieurs approches existent, dont la méta-modélisation à base statistique qui vise à ajuster une fonction mathématique d'approximation sans signification physique explicite pour reproduire une ou plusieurs sorties d'intérêt du modèle initial (e.g. Kleijnen, 2009).

En hydrologie, la méthode d'apprentissage profond Long Short Term Memory (LSTM, Hochreiter and Schmidhuber, 1997) a été récemment reconnue comme particulièrement performante pour la simulation de la relation temporelle pluie - débit (Kratzert et al. (2018, 2019), Hu et al. (2018), Xiang et al. (2020), Arsenault et al. (2023)). Ces modèles LSTM ont principalement été mis en œuvre pour la simulation de débits de rivières à l'échelle d'un bassin versant.

## MÉTA-MODÉLISATION À BASE STATISTIQUE

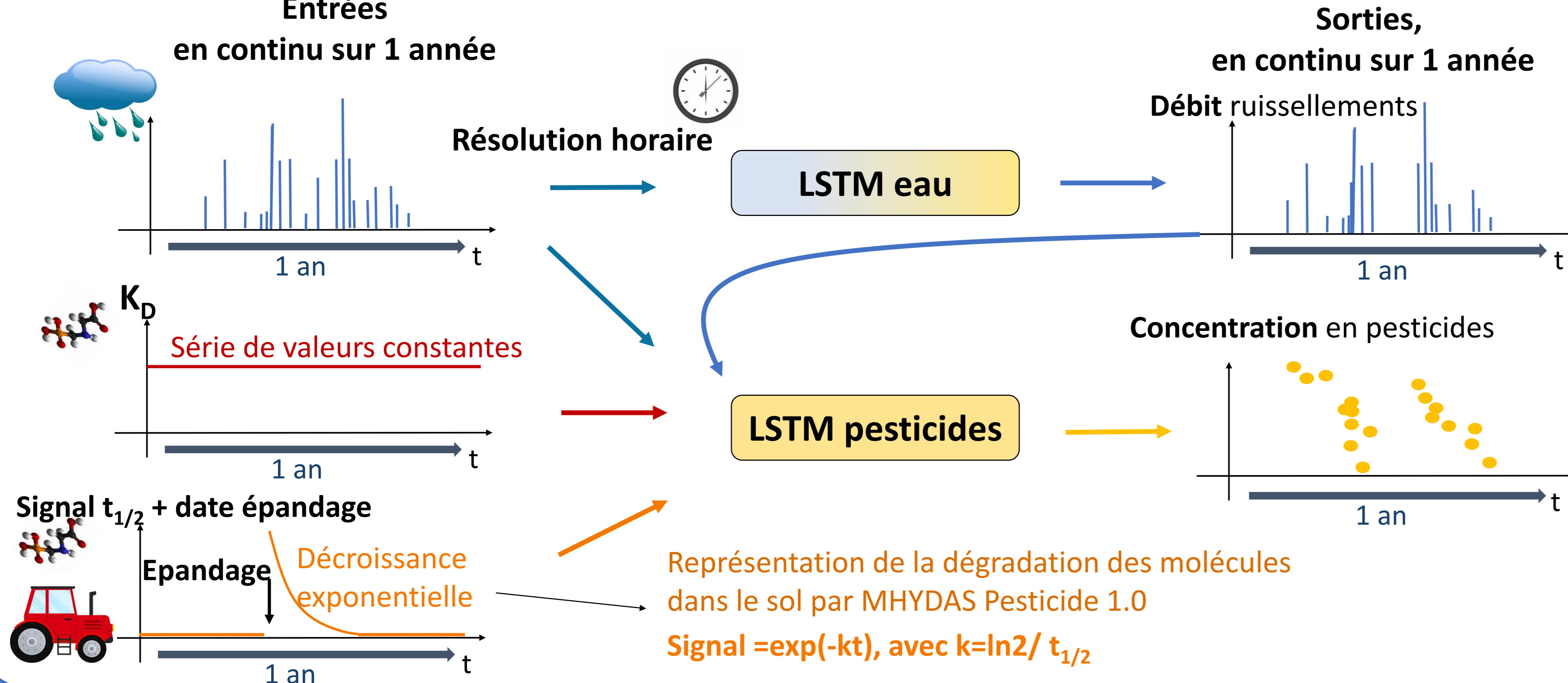


## OBJECTIF

Proposer une démarche de méta-modélisation par réseau LSTM d'un modèle mécaniste qui simule en continu les séries annuelles de débits horaires de ruissellement Hortonien et de concentrations en pesticides associées à l'exutoire d'une parcelle agricole.

## DÉMARCHE

### 2 RÉSEAUX DE NEURONES LSTM CONSTRUITS EN CHAÎNE



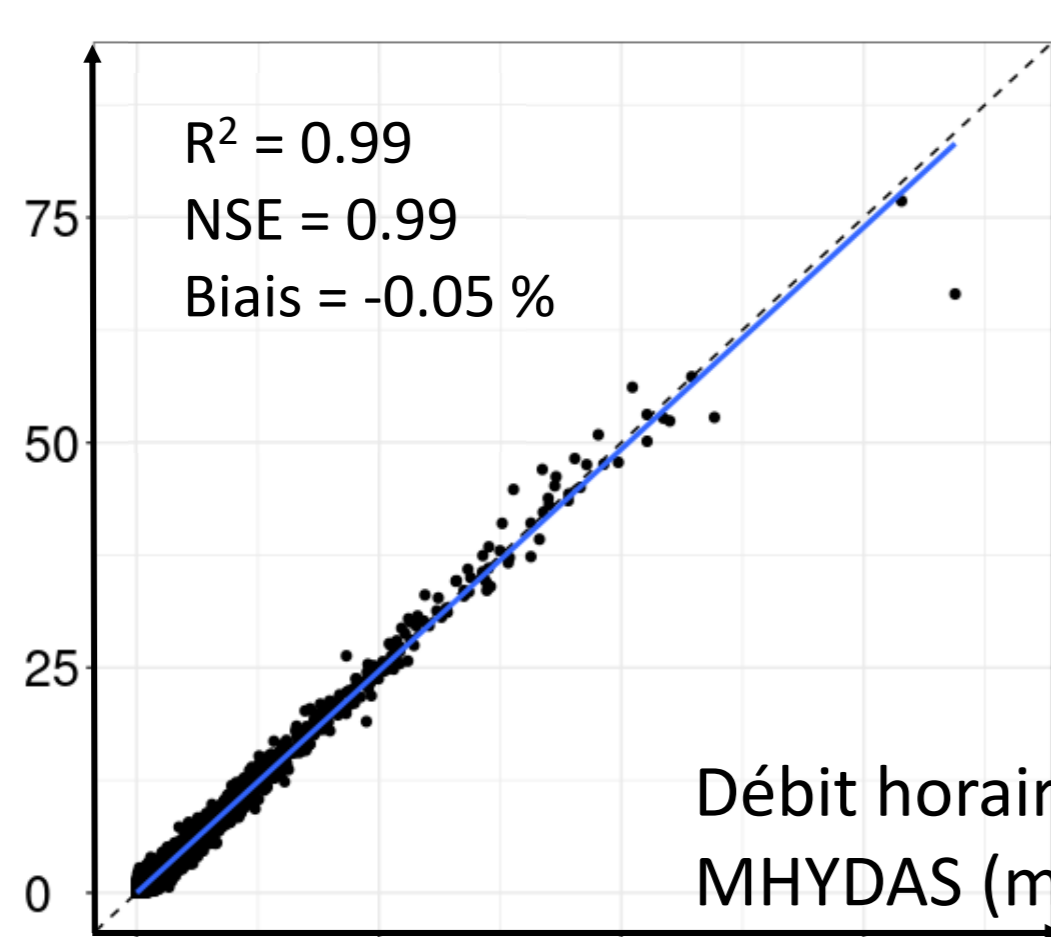
## BASE DE DONNÉES D'APPRENTISSAGE

- Modèle mécaniste initial = MHYDAS Pesticide 1.0 (Crevoisier et al., 2021) à l'échelle d'une parcelle agricole.
- ~ 550 000 simulations, qui résultent de la combinaison de :
  - ✓ 286 chroniques climatiques
  - ✓ 40 dates d'épandage par chronique climatique
  - ✓ 7 niveaux de valeurs de K<sub>p</sub> ∈ [0.05 ; 500 l/kg]
  - ✓ 7 niveaux de valeurs de t<sub>1/2</sub> ∈ [0.1 ; 400 j]
- Calculs avec un pas de temps maximal de 5 min.
- 70 % de la base de données pour calage du méta-modèle, 30 % pour validation.

## RÉSULTATS, EN VALIDATION

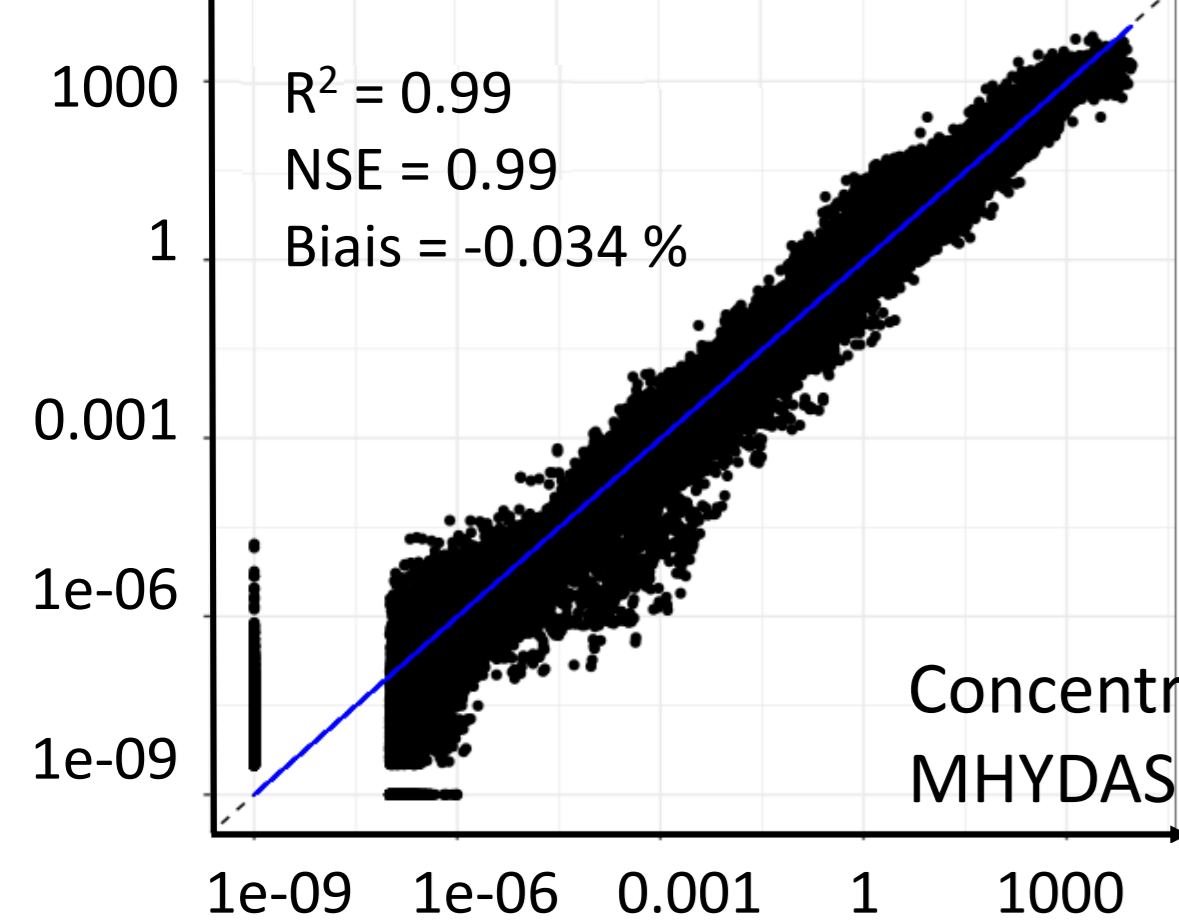
- Diminution significative du temps de calcul (-90%)

Débit horaire méta-modèle (mm/h)



- Très bonne performance globale pour simuler les débits ...

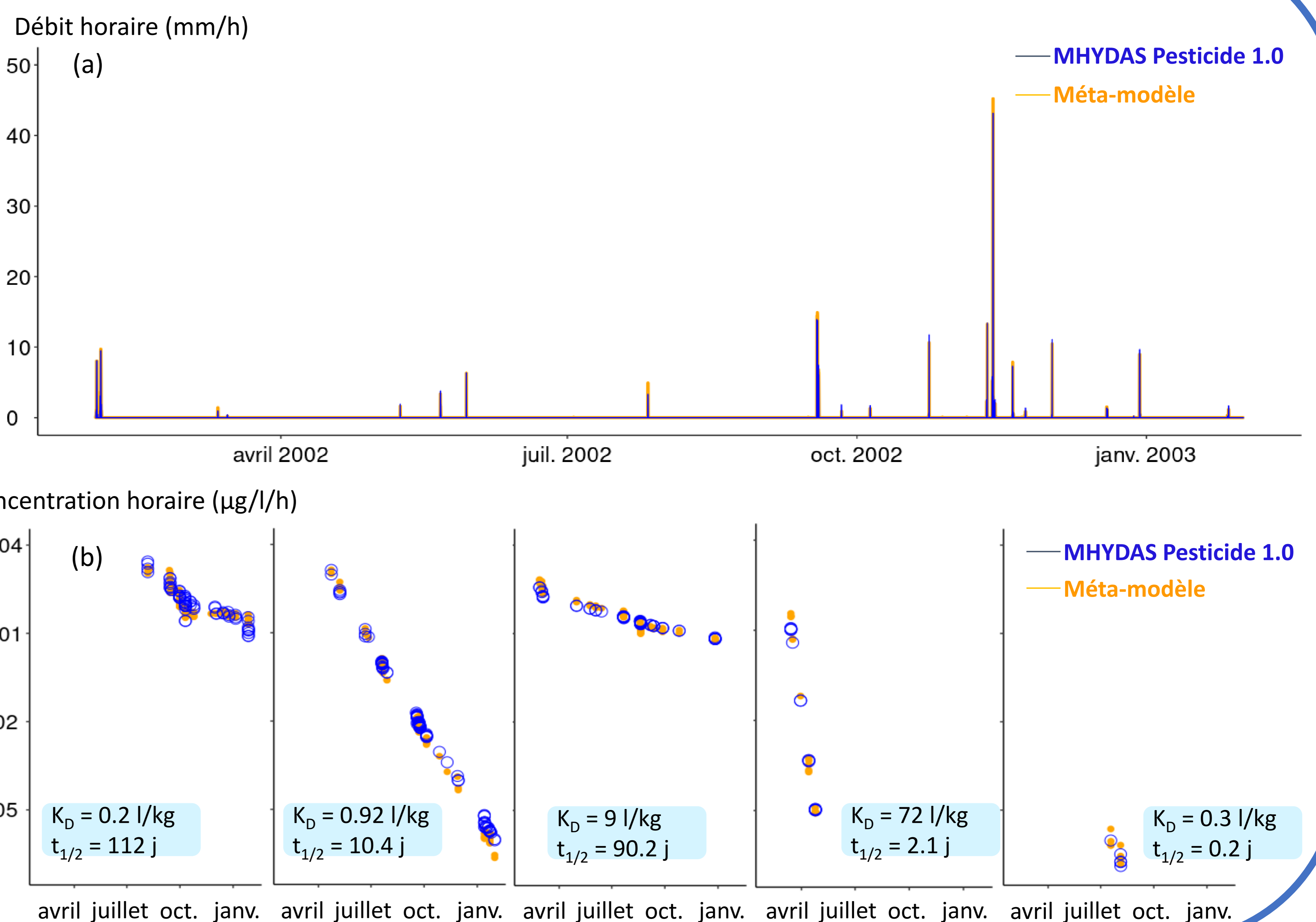
Concentration horaire méta-modèle (µg/l/h)



... et les concentrations

- Mais difficultés pour simuler événements horaires non ruisselants

## DYNAMIQUE TEMPORELLE DES DÉBITS (a) ET CONCENTRATIONS (b) SIMULÉS PAR LE MÉTA-MODÈLE



## RÉFÉRENCES

Arsenault, R., Martel, J.-L., Brunet, F., Brisson, F., and Mai, J. 2023. Continuous streamflow prediction in ungauged basins: long short-term memory neural networks clearly outperform traditional hydrological models. *Hydro. Earth Syst. Sci.*, 27, 139–157. <https://doi.org/10.5194/hess-27-139-2023>.  
 Crevoisier, D., Dagès, C., Fabre, J.-C., Roman-Vilafane, S., and Voltz, M. 2021. MHYDAS-Pesticides 1.0 : Modélisation Hydrologique Distribuée des AgroSystèmes - Eau et Pesticides. Rapport dans le cadre du projet collaboratif Pollidiff Captage 2018-2021 (AAP ReadyNov FEDER-FSE-Occitanie), INRAE Montpellier, UMR LISAH.  
 Hu, C., Wu, Q., Li, H., Jian, S., Li, N., and Lou, Z. 2018. Deep learning with a long short-term memory networks approach for rainfall-runoff simulation. *Water*, 10(11), 1543. <https://doi.org/10.3390/w10111543>  
 Kleijnen, J.P.C. 2009. Kriging metamodeling in simulation: A review. *European Journal of Operational Research*, Volume 192, Issue 3, Pages 707-716. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.10.013>.  
 Kratzert, F., Klotz, D., Brenner, C., Schulz, K., and Herrnegger, M. 2018. Rainfall-runoff modelling using Long Short-Term Memory (LSTM) networks. *Hydro. Earth Syst. Sci.*, 22, 6005–6022. <https://doi.org/10.5194/hess-22-6005-2018>  
 Kratzert, F., Klotz, D., Shalev, G., Klambauer, G., Hochreiter, S., and Nearing, G. 2019. Towards learning universal, regional, and local hydrological behaviors via machine learning applied to large-sample datasets. *Hydro. Earth Syst. Sci.*, 23, 5089–5110. <https://doi.org/10.5194/hess-23-5089-2019>  
 Xiang, Z., Yan, J., and Demir, I. 2020. A rainfall-runoff model with LSTM-based sequence-to-sequence learning. *Water Resources Research*, 56, e2019WR025326. <https://doi.org/10.1029/2019WR025326>

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la thèse de Guillaume Métayer, financée par le département AgroEcoSystem d'INRAE et la région Occitanie