



HAL
open science

GR4 en représentation d'état : une version adaptée aux méthodes numériques

Léonard Santos, Guillaume Thirel, Charles Perrin

► To cite this version:

Léonard Santos, Guillaume Thirel, Charles Perrin. GR4 en représentation d'état : une version adaptée aux méthodes numériques. 4es Rencontres HydroGR, Dec 2021, Antony, France. hal-03537000

HAL Id: hal-03537000

<https://hal.inrae.fr/hal-03537000>

Submitted on 20 Jan 2022

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.

➤ GR4 en représentation d'état : une version adaptée aux méthodes numériques

4^{èmes} Rencontres HydroGR

08/12/2021

Léonard Santos, Guillaume Thirel et Charles Perrin

➤ Pourquoi réécrire un modèle en représentation d'états ?

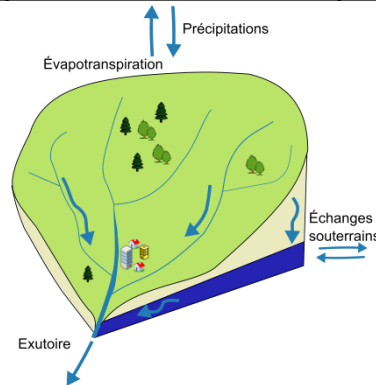
Les équations différentielles ne sont pas toujours disponibles pour les modèles hydrologiques

- Pouvoir ajuster l'intégration temporelle du modèle si besoin
- Faire des modifications de la formulation du modèle
- Implémenter certaines méthodes d'assimilations de données
- Faire du multi pas de temps en intégrant le temps dans la résolution des équations différentielles

➤ Les étapes de mise en place d'un modèle

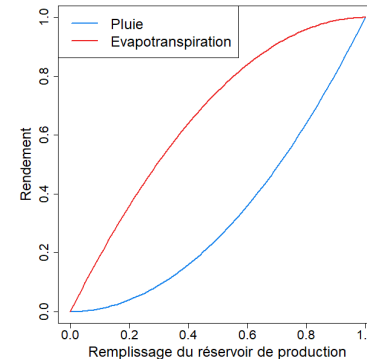
Selon Gupta et al. (2012)

1. Mettre en place une représentation conceptuelle du cycle hydrologique



2. Représenter cette conceptualisation dans un modèle mathématique

$$\frac{dS}{dt} = P_S - E_S$$



3. Créer un modèle informatique pour rendre le modèle utilisable avec des données existantes

➤ Représentation d'état : définition

Un exemple de modèle mathématique

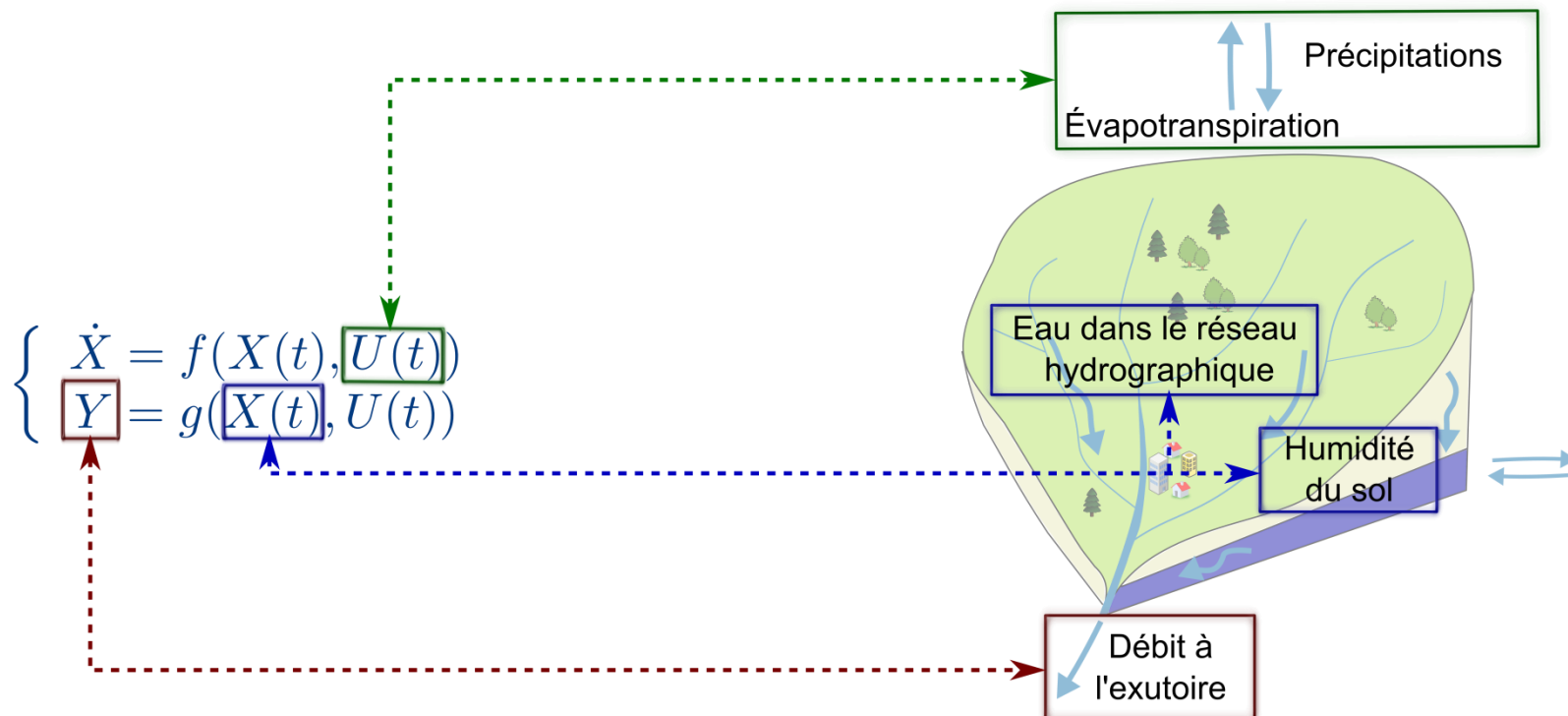
- Définition théorique : *une représentation d'état permet d'établir l'évolution temporelle de la sortie d'un système à partir de l'évolution temporelle de ses entrées et de variables d'états qui caractérisent ce système.*
- D'un point de vue mathématique, le modèle s'écrit sous la forme suivante :

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = f(X(t), U(t)) \\ Y = g(X(t), U(t)) \end{cases}$$

avec $X(t)$, $U(t)$ et $Y(t)$ les vecteurs respectivement des variables d'états, des entrées et des sorties du modèle au temps t , f et g sont des fonctions vectorielles qui représentent le modèle

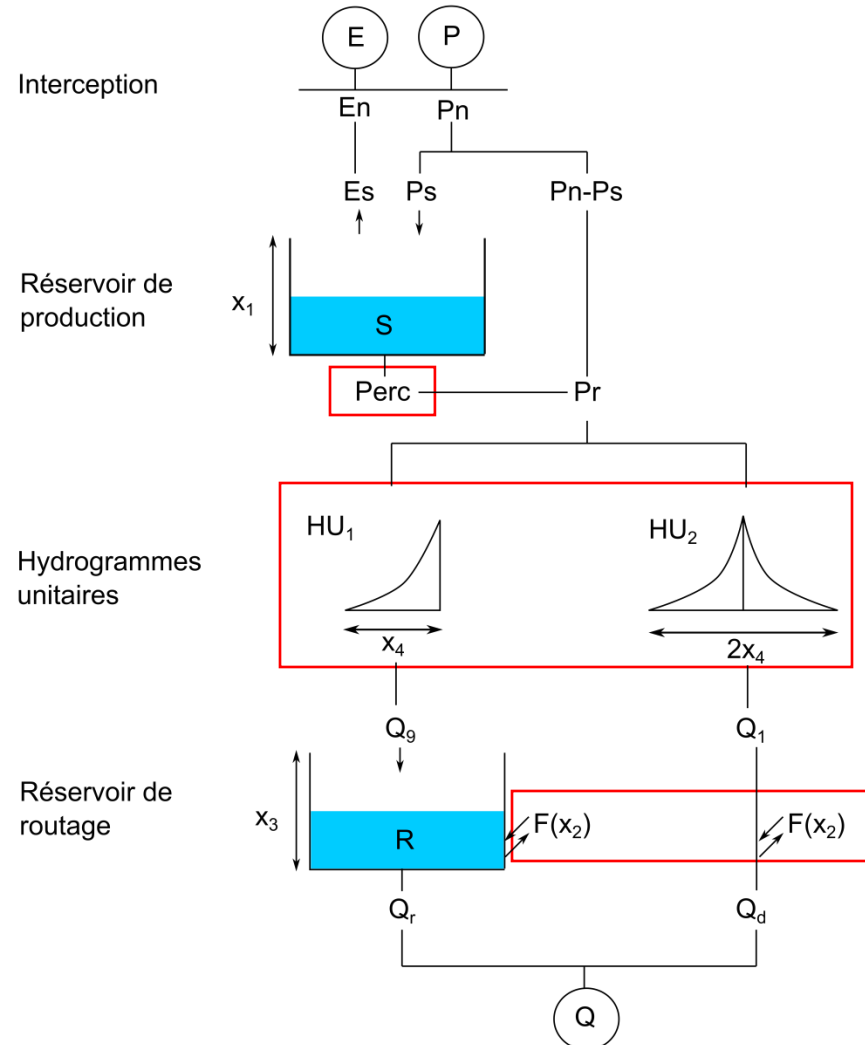
➤ L'exemple du bassin versant

- Entrées en vert
- Variables d'état en bleu
- Sorties en rouge



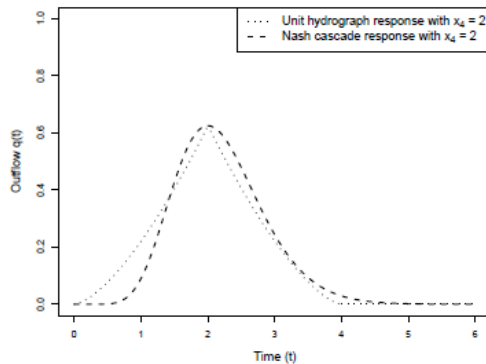
➤ Le modèle GR4

- En soi le modèle mathématique de GR4 est proche d'une représentation d'état (états = niveaux des réservoirs)
- Certaines équations différentielles manquent
- Les hydrogrammes unitaires ne sont pas directement considérés comme des états

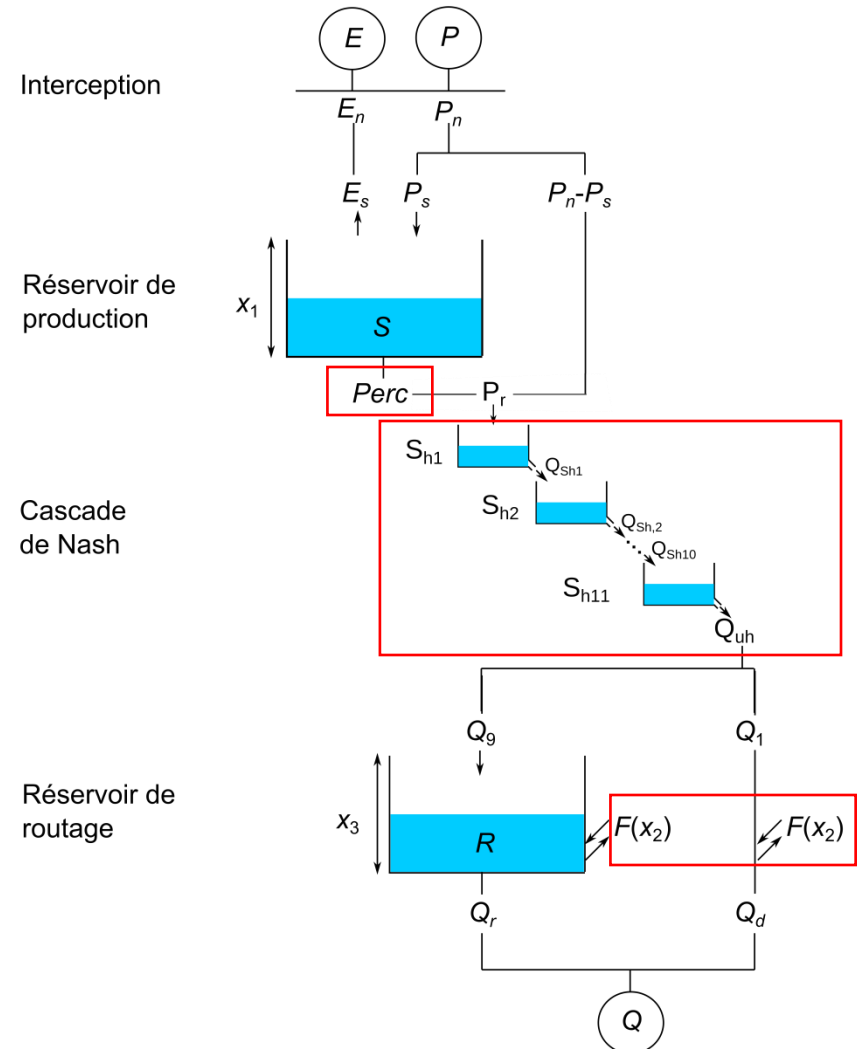


➤ Une version en représentation d'états de GR4

- Deux équations différentielles sont affectées à la percolation et aux échanges
- Les hydrogrammes unitaires sont remplacés par une cascade de Nash (série de réservoirs provoquant un résultat similaire)
- La cascade de Nash a 11 réservoirs pour que le coefficient de vidange corresponde au paramètre x_4 de la version initiale

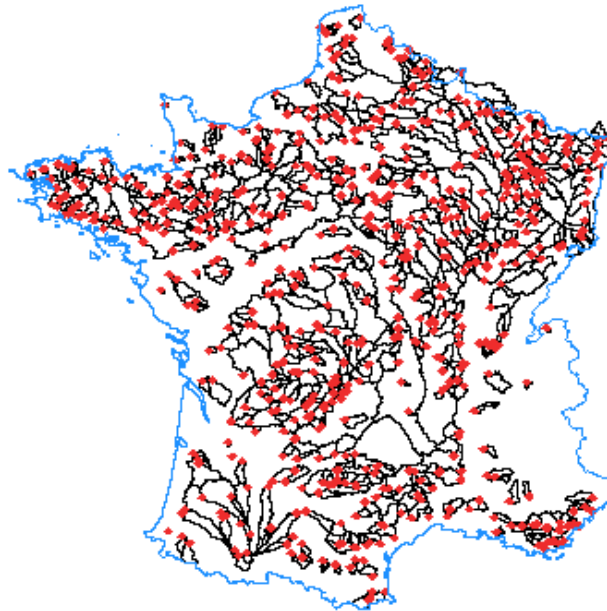


Source : Santos et al. (2018)



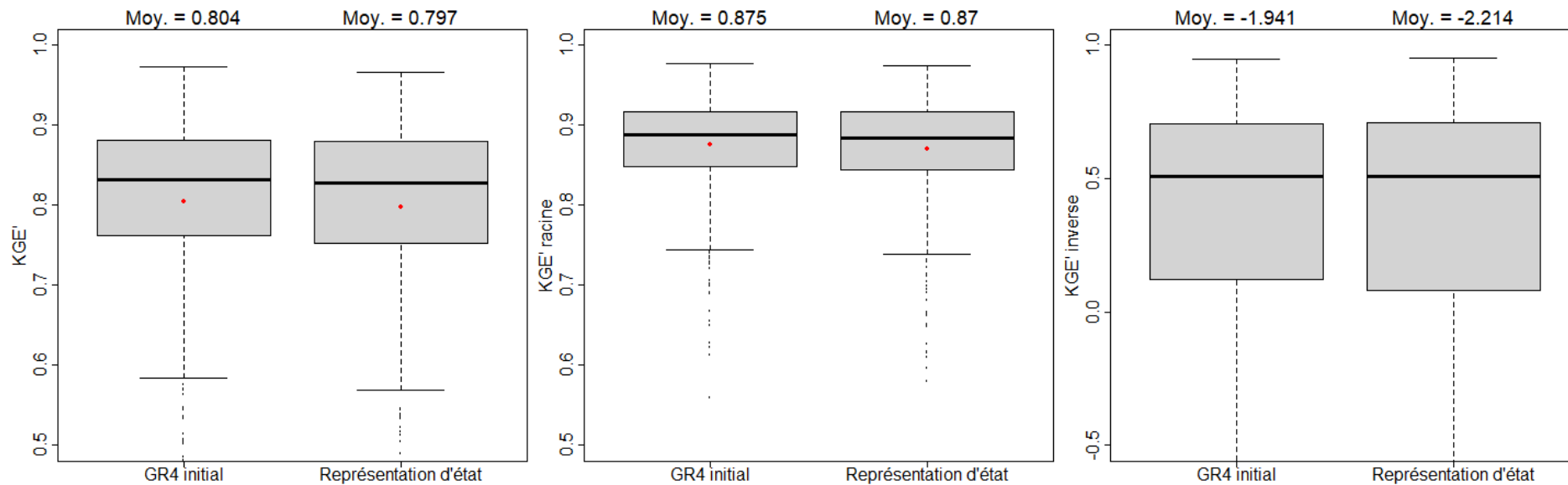
➤ Test de comparaison au GR4 initial

- Echantillon de 650 bassins en France (plus de 20 ans de données)
- Split sample test (calage sur la première moitié de la chronique et validation sur la seconde)
- Calage en utilisant le KGE' calculé à partir de la racine des débits
- Evaluation sur le KGE' calculé à partir des débits non transformé, la racine et l'inverse des débits



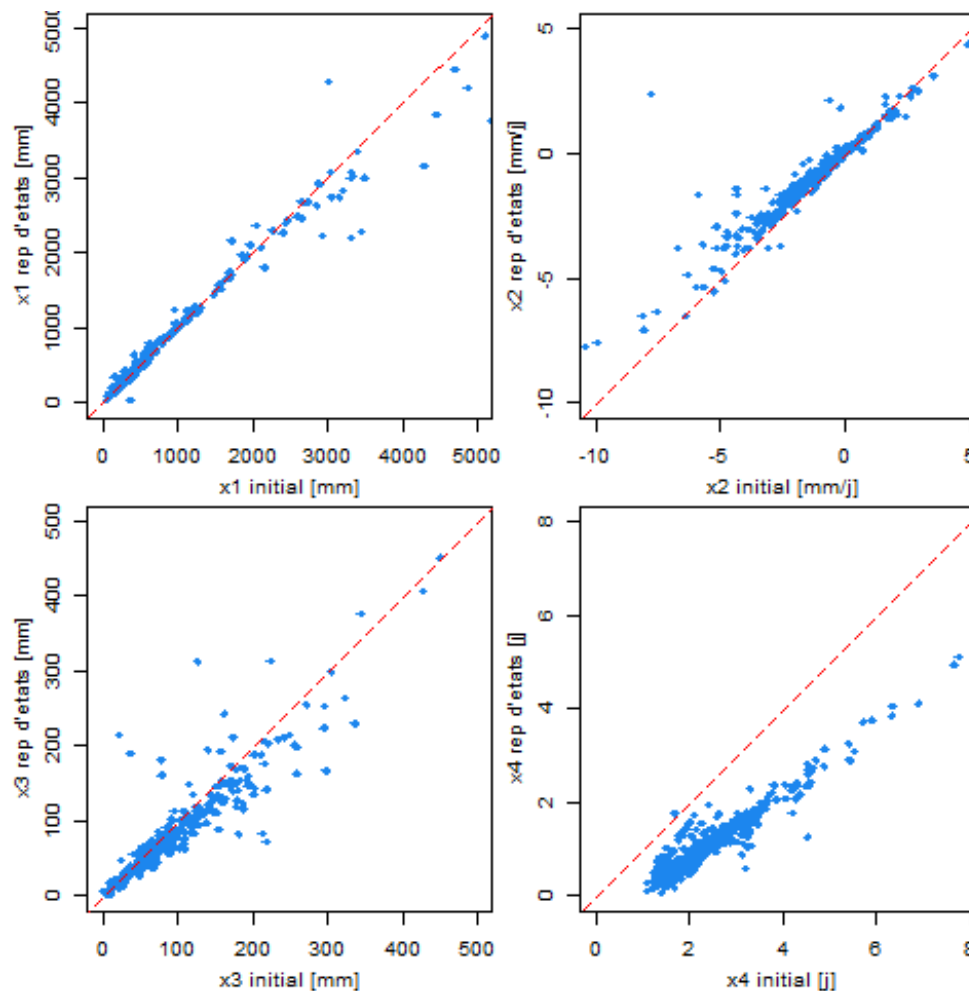
➤ Résultats à l'échelle de l'échantillon

Des performances légèrement inférieures à celle de la version initiale



➤ Similarité entre paramètres

Paramètres relativement similaire (x_4 mis à part)



➤ Bilan

- Un peu moins performant que la version initiale et plus lent (du fait de la résolution numérique)
- Mais utile dans certains cas, plusieurs utilisations recensées dans la littérature :
 - Pour implémenter une méthode multi-modèle basée sur les équation différentielles (Santos, 2018)
 - Intégrée à une bibliothèque de modèles pour pouvoir le comparer à d'autres structures (Knoben et al., 2018)
 - Pour tester différentes résolutions numériques (Santos, 2018 ; La Folette et al., 2021)
 - Pour tester différentes puissances dans le réservoir de production (Royer-Gaspard, 2021)
 - Intégré à une chaîne de modélisation hydrologique / hydraulique utilisant de l'assimilation de données (Pujol et al., 2021)
 - Quelques résultats intéressants en multi-pas de temps (Santos et al., 2018), mais voir plutôt les travaux d'Andrea plus adaptés à ces problématiques
- Disponible au lien suivant : <https://zenodo.org/record/1118183#Ya8erkFCeM8>

➤ Perspectives d'amélioration

- Optimiser la résolution des équations différentielles pour rendre les calculs moins lents
- Rendre la version plus facilement utilisable (package R par exemple)
- Permettre une plus grande flexibilité dans le choix des méthodes d'intégration ou dans la paramétrisation
- Intégrer d'autres modèles (GR5 et GR6, HYMOD...)

➤ **Merci de votre attention**

