



HAL
open science

Amélioration du modèle CemaNeige par l'utilisation de données satellite

Guillaume Thirel, Philippe Riboust

► **To cite this version:**

Guillaume Thirel, Philippe Riboust. Amélioration du modèle CemaNeige par l'utilisation de données satellite. 4es Rencontres HydroGR, Dec 2021, Antony, France. hal-03495765

HAL Id: hal-03495765

<https://hal.inrae.fr/hal-03495765>

Submitted on 20 Dec 2021

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.



➤ Amélioration du modèle CemaNeige par l'utilisation de données satellite

Guillaume Thirel, Philippe Riboust (INRAE Antony, UR HYCAR)

INRAE

➤ **I CemaNeige : genèse et principes**

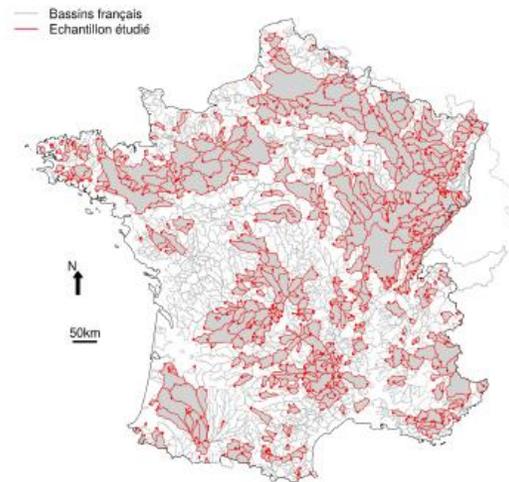


➤ Genèse de CemaNeige

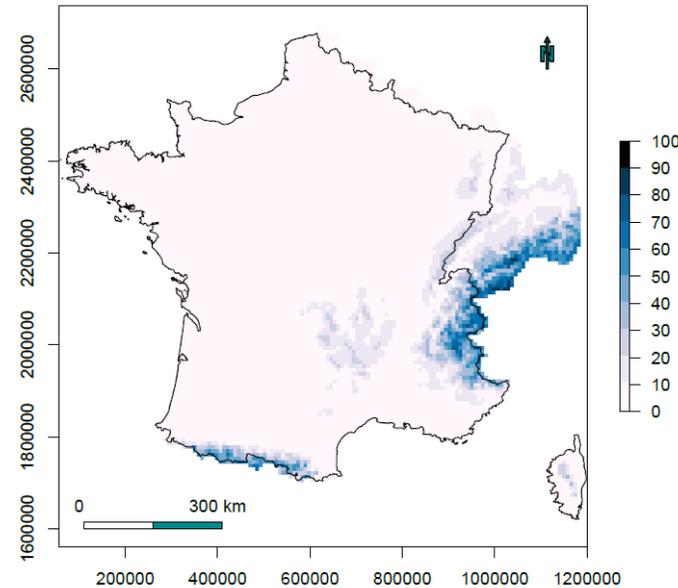
Thèse d'Audrey Valéry (2006-2010)

Modèles conceptuels GR développés à Irstea Antony depuis les années 80 :

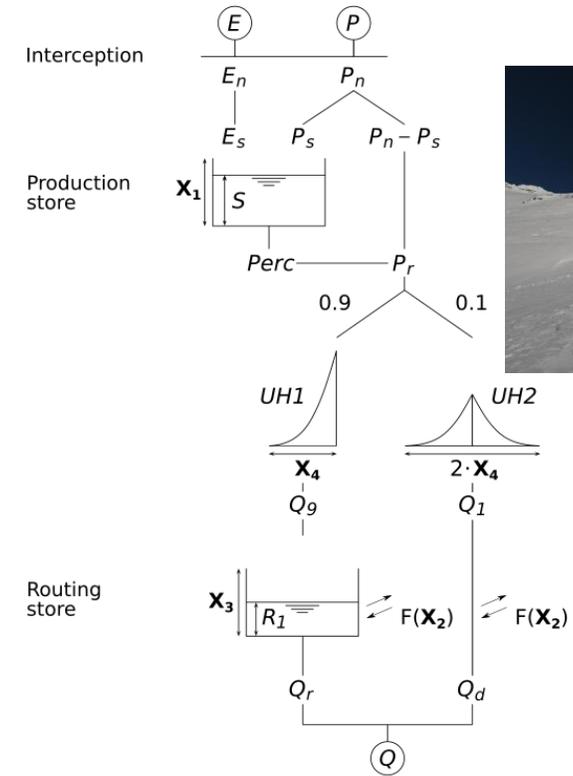
- appliqués sur de nombreux bassins versants



Exemple d'application de GR
(Poncelet, 2016)



Pourcentage de précipitation solide
(Thirel, 202X?)



GR4J (Perrin et al., 2003)



Source : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cb/Wind-formed_snowpack.jpg



Source : http://www.thody.net/photos/idaho_06/melt.html

➤ Nécessité de disposer d'un modèle d'accumulation et de fonte de la neige

➤ Genèse de CemaNeige

Thèse d'Audrey Valéry (2006-2010)

Dans la même philosophie que les modèles GR, développement d'un modèle de neige :

- simple
- parcimonieux
- efficace
- généralisable (testé en France, Suède, Canada, Suisse)

CemaNeige a été développé dans le but de prendre en compte

- les couverts neigeux saisonniers (régime nival)
- les couverts neigeux plus épisodiques (régime pluvio-nival)

CemaNeige a montré des performances comparables à d'autres modèles plus complexes



➤ Principes de CemaNeige

Thèse d'Audrey Valéry (2006-2010)

CemaNeige

Degré-jour

Appliqué par bandes d'altitude d'égale surface

Couplé aux modèles hydrologiques GR (mais peut aussi l'être à d'autres)

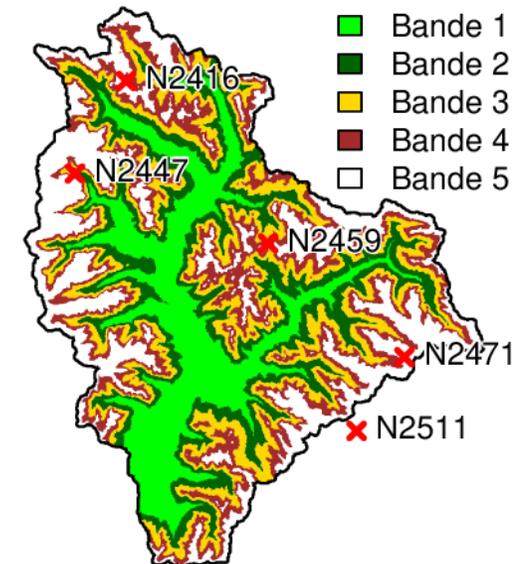
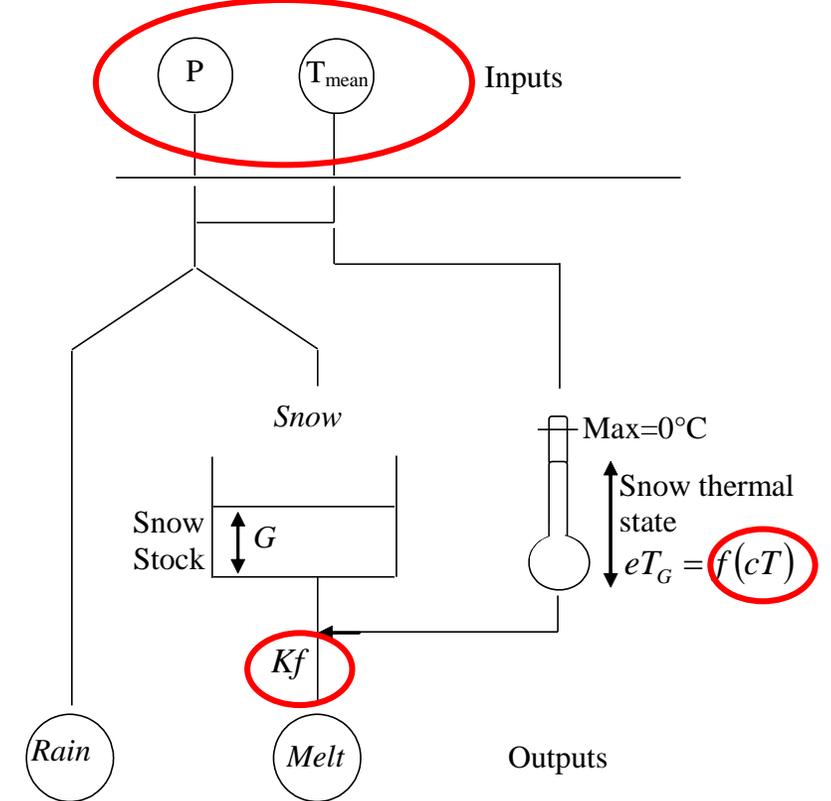
Variables de forçage

Température moyenne de l'air

Précipitations

Paramètres

2 paramètres à caler



➤ Principes de CemaNeige

Thèse d'Audrey Valéry (2006-2010)

Extrapolation des données d'entrée

1. Découpage du bassin en cinq bandes d'altitude de même superficie (utilisation de la courbe hypsométrique)
2. Extrapolation des données d'entrée de précipitation et température par bandes d'altitude en utilisant un gradient orographique :

$$T_m(t, bande) = T_{bassin}(t) + \Theta_T * (z_{bande} - z_{bassin})$$

$$P(t, bande) = P_{bassin}(t) \cdot \exp(\Theta_P \cdot (z_{bande} - z_{bassin}))$$

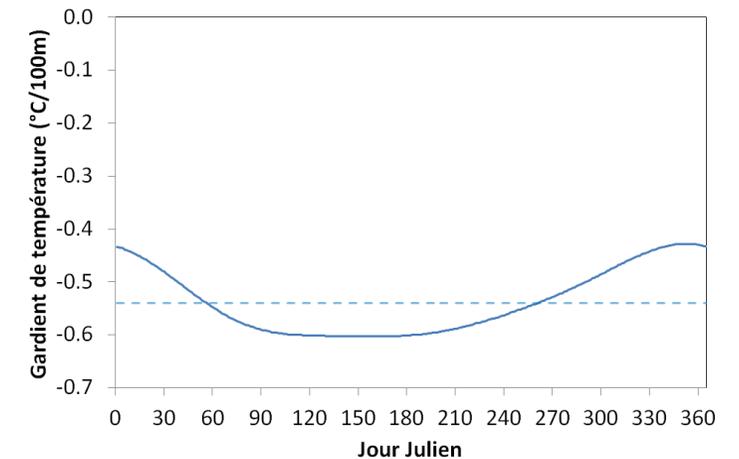
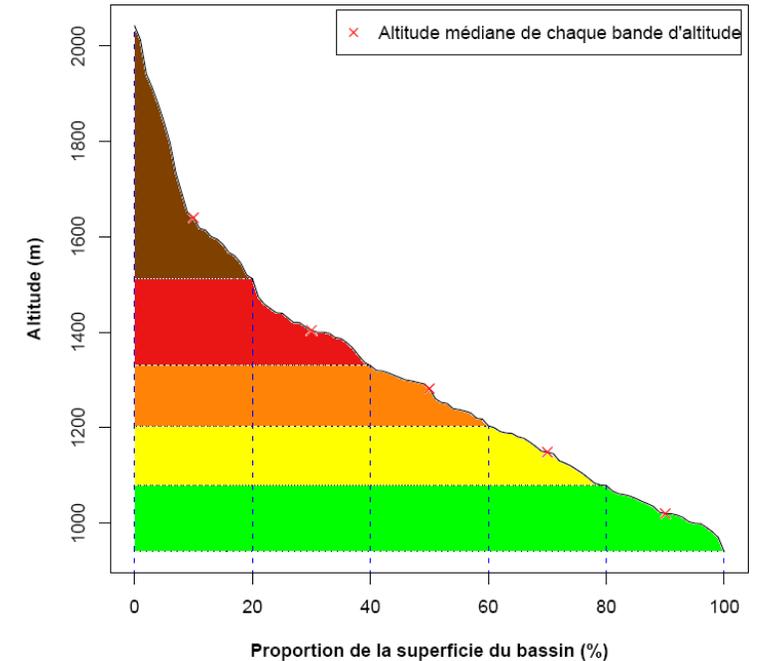
avec $T_m(t, bande)$, $P(t, bande)$: température, précipitation de la bande considérée au temps t

$T_{bassin}(t)$, $P_{bassin}(t)$: température, précipitation moyenne de bassin au temps t

Θ_T ($K m^{-1}$) : gradient de température (variable ou fixé)

Θ_p (m^{-1}) : facteur de correction de la pluie (fixé à $4 \cdot 10^{-4} m^{-1}$)

z_{bande} , z_{bassin} : altitudes médianes de la bande considérée et du bassin



➤ Principes de CemaNeige

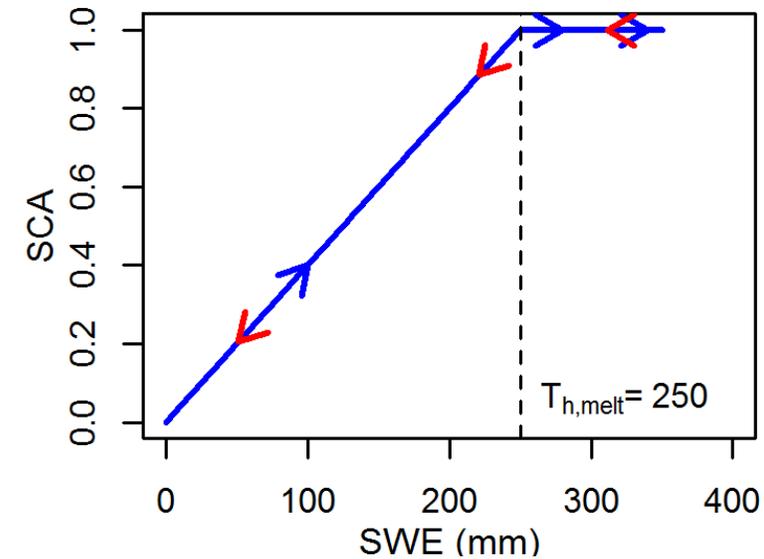
Thèse d'Audrey Valéry (2006-2010)

Formulation de la surface enneigée (SCA)

Calculée à partir de l'équivalent en eau de la neige (SWE)
Prise en compte de l'hétérogénéité spatiale de la fonte

$$Fonte_{potentielle} = Kf T_{mean}$$

$$Fonte = (0.9 SCA + 0.1) Fonte_{potentielle}$$



Hétérogénéité de l'enneigement lors de la fonte à Edelbodenalm, Autriche (Parajka et al., 2012)

INRAE

CemaNeige

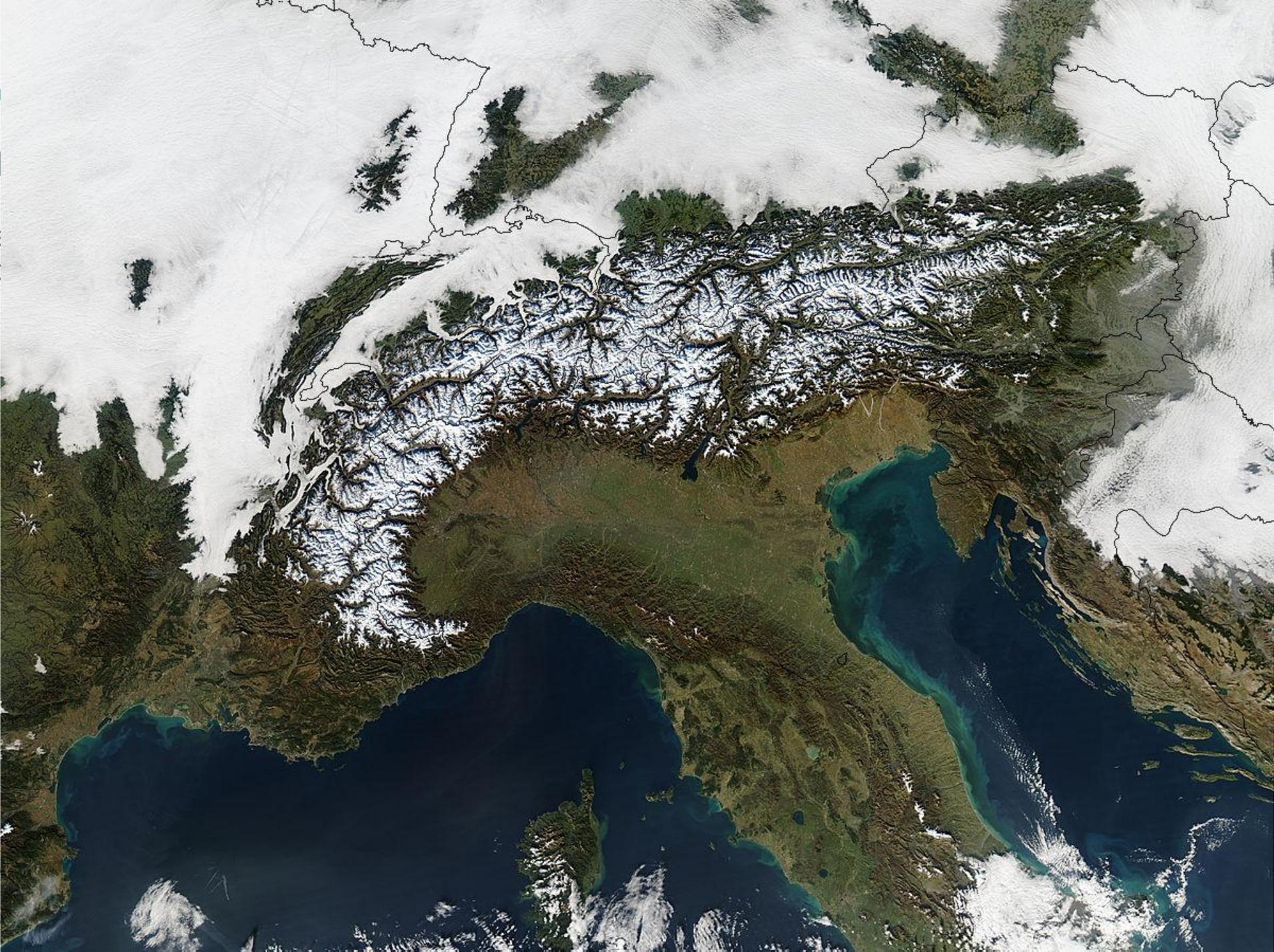
07/12/2021, G. Thirel, Rencontres HydroGR, Amélioration du modèle CemaNeige par l'utilisation de données satellite



P

TI

Une
imp
Exe



(SCA

neigée



INR

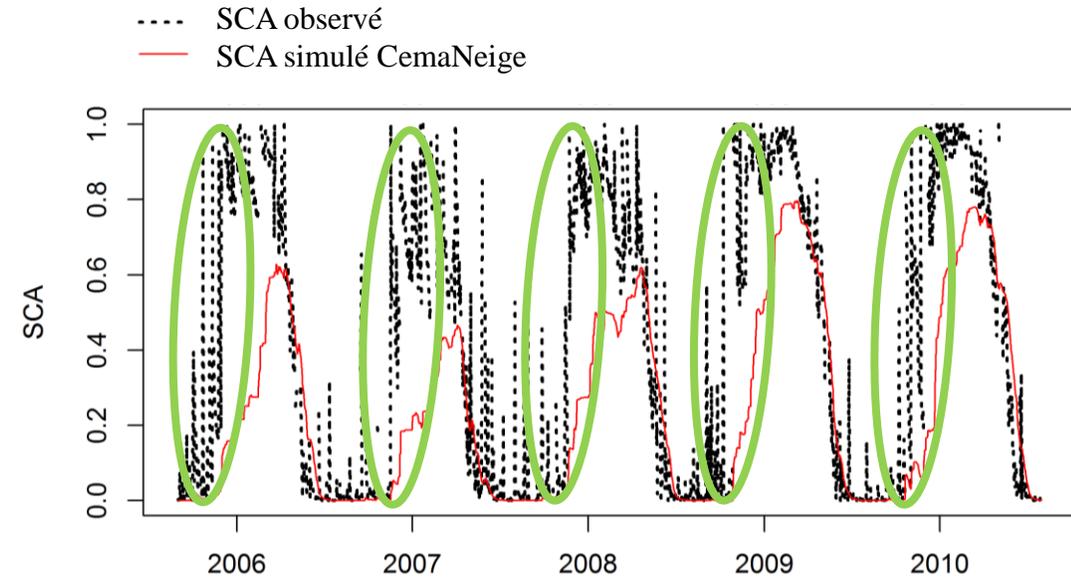
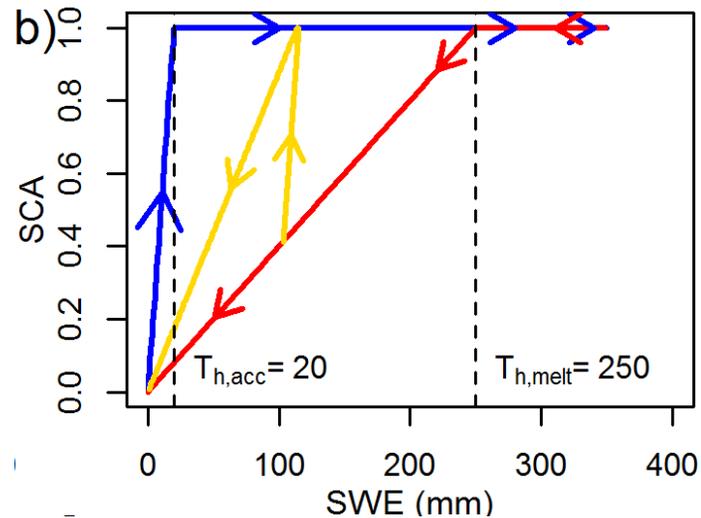
Cema
07/12

➤ Principes de CemaNeige

Thèse de Philippe Riboust (2014-2018)

Une simulation du manteau neigeux qui reste imparfaite

Exemple de la Durance à Embrun



- Relation d'hystérésis entre le SCA et le SWE (Luce and Tarboton, 2004; Magand et al., 2014)
 - **Augmentation rapide du SCA lors de l'accumulation**
 - **Diminution lente du SCA lors de la fonte**
- 2 paramètres supplémentaires à caler

INRAE

➤ **Il CemaNeige : performances**



➤ Performances de CemaNeige version Valéry et version Riboust

Base de données (thèse de Riboust, 2018)

277 bassins ont été sélectionnés

Peu influencés

Enneigement suffisant

Période

2000-2010

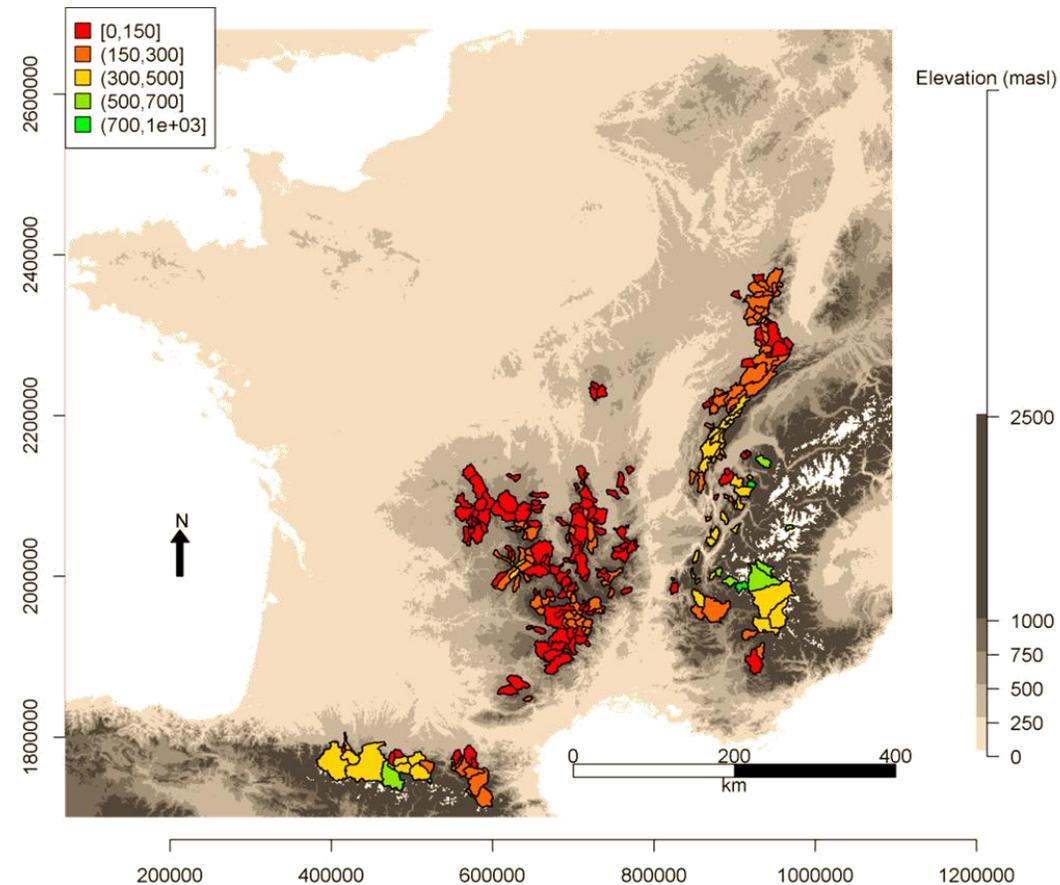
Observations

Données SAFRAN

Données MODIS

Données HYDRO2

Précipitations solides annuelles (mm)



➤ Performances de CemaNeige version Valéry et version Riboust

Critère de performance utilisé

Critère de performance : KGE' (Kling et al., 2012)

Intervalle $]-\infty; 1]$

$$KGE' = 1 - \sqrt{(1 - r)^2 + (1 - \beta)^2 + (1 - \gamma)^2}$$

Prend en compte la corrélation

Le ratio des moyennes (biais relatif)

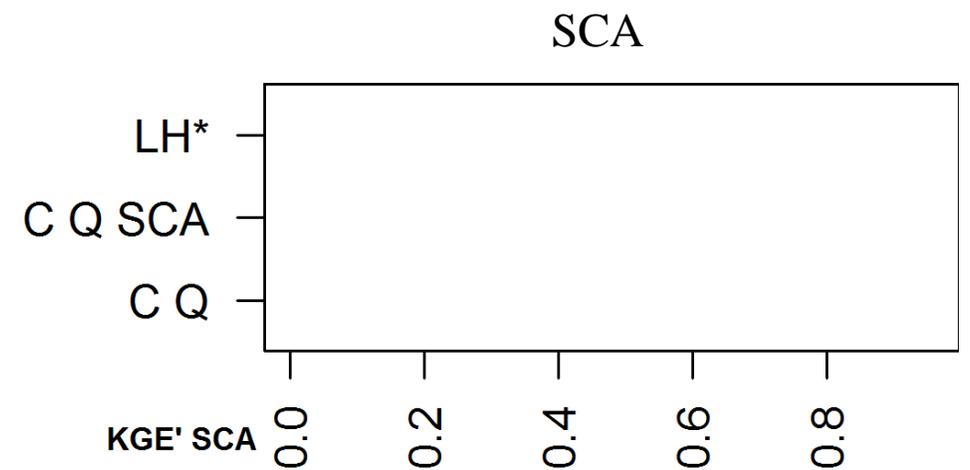
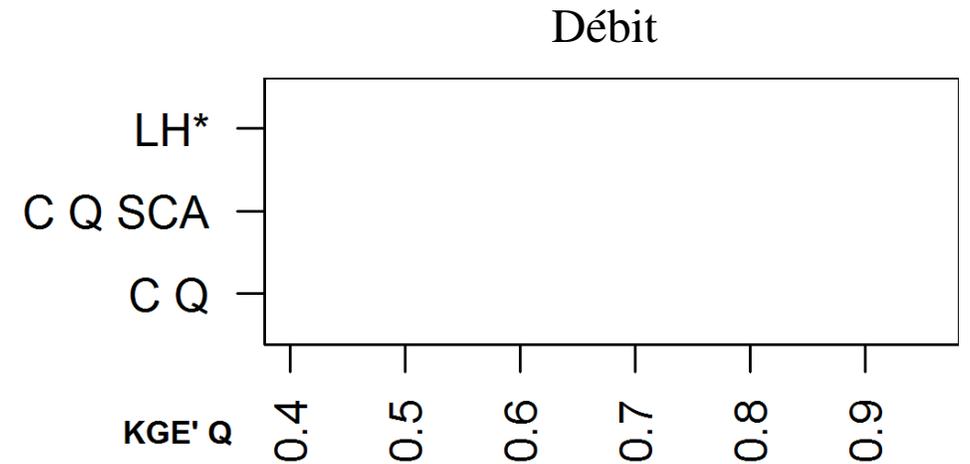
Le ratio des coefficients de variation

Méthode de calage/contrôle

Split-sample test

➤ Performances de CemaNeige version Valéry et version Riboust

Analyse des performances des modules neige



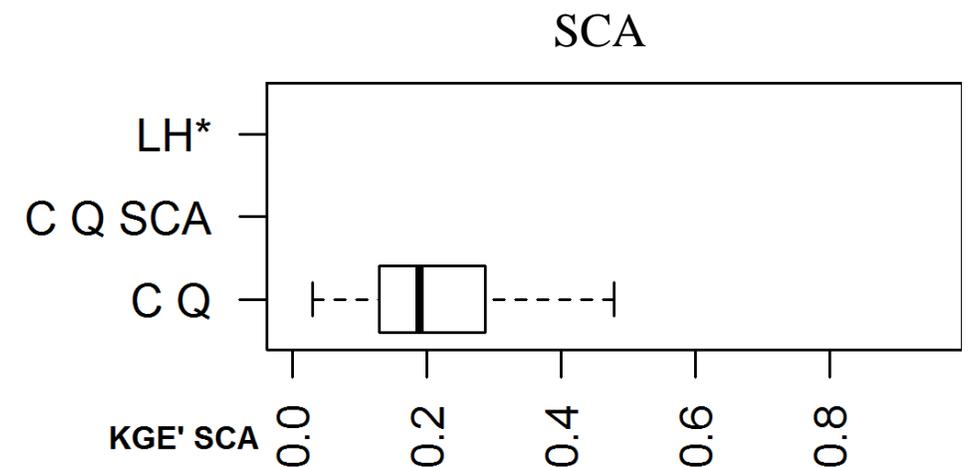
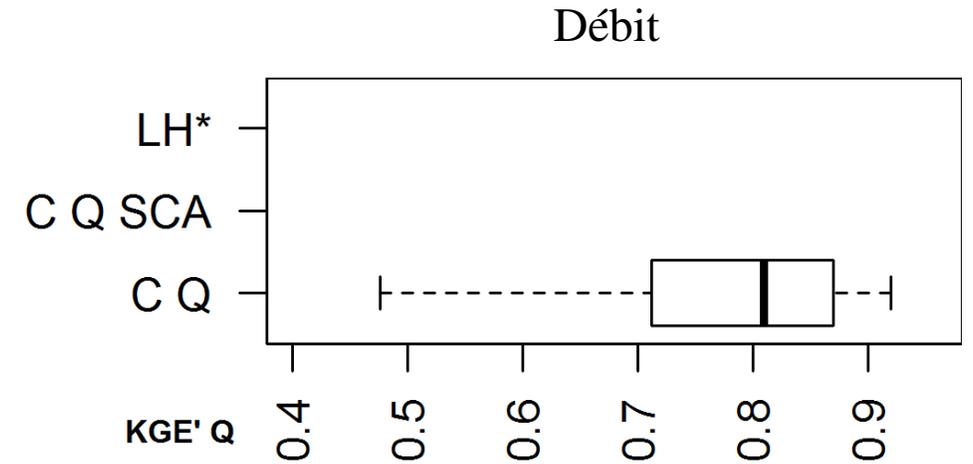
➤ Performances de CemaNeige version Valéry et version Riboust

Analyse des performances des modules neige

Modèle original calé sur le débit

Bonnes performances en débit

Mauvaises performances en SCA



➤ Performances de CemaNeige version Valéry et version Riboust

Analyse des performances des modules neige

Modèle original calé sur le débit

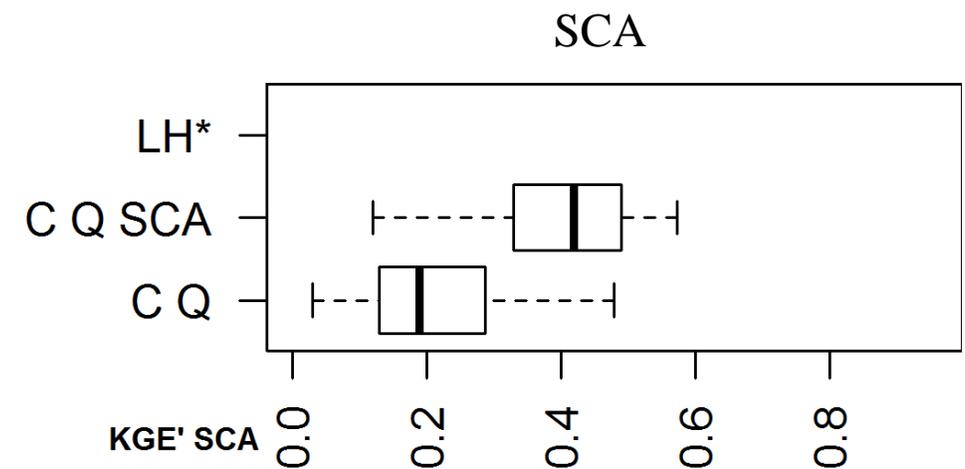
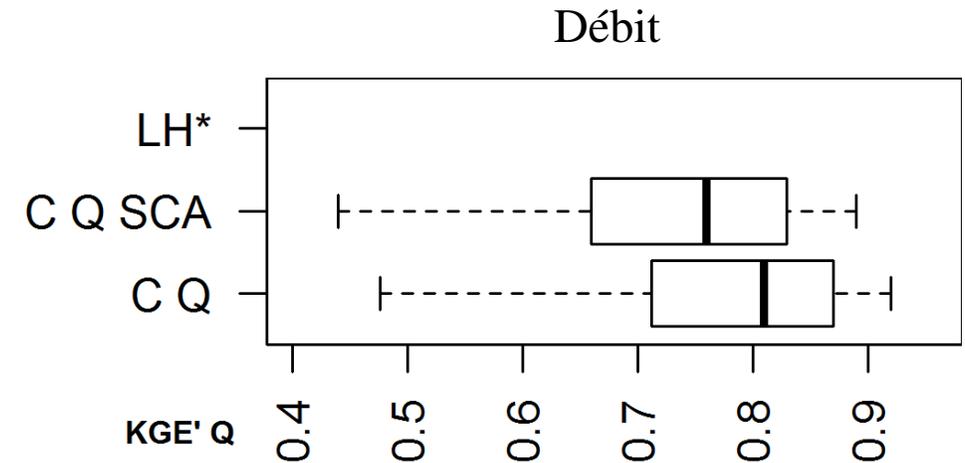
Bonnes performances en débit

Mauvaises performances en SCA

Modèle original calé sur le débit (75%) et le SCA (5*5%)

Dégradation des performances en débit

Faible amélioration en SCA



➤ Performances de CemaNeige version Valéry et version Riboust

Analyse des performances des modules neige

Modèle original calé sur le débit

Bonnes performances en débit

Mauvaises performances en SCA

Modèle original calé sur le débit (75%) et le SCA (5*5%)

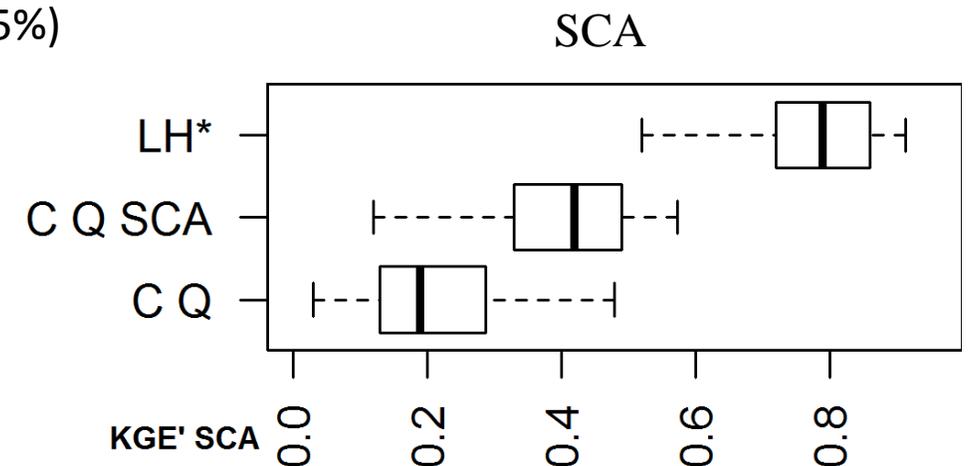
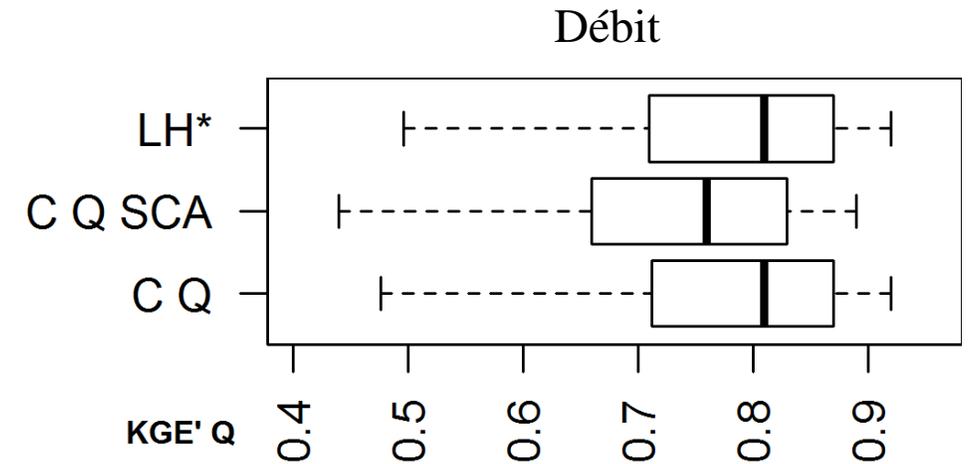
Dégradation des performances en débit

Faible amélioration en SCA

Modèle avec hystérésis calé sur le débit (75%) et le SCA (5*5%)

Performances en débit similaire au modèle d'origine

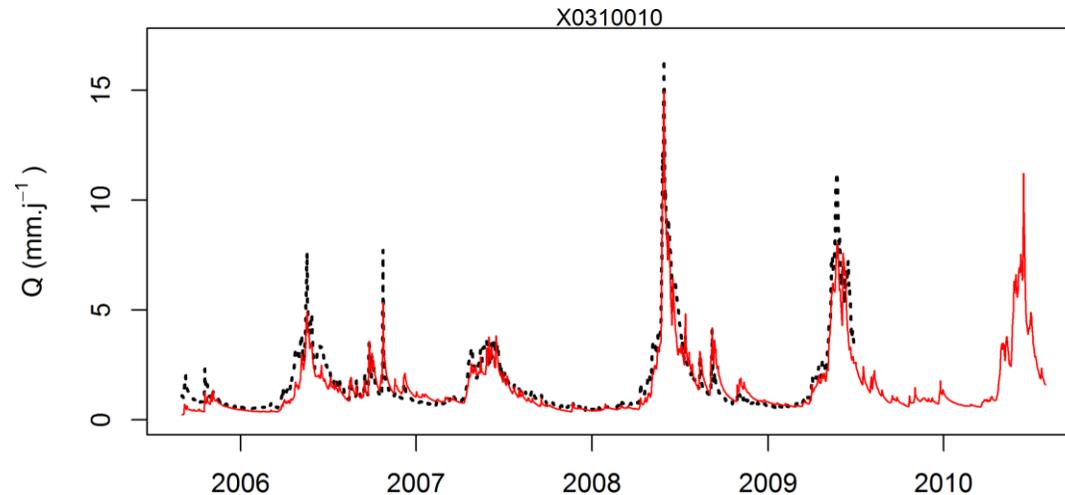
Nette amélioration des performances en SCA



➤ Performances de CemaNeige version Valéry et version Riboust

Exemple de la Durance à Embrun

- Débit observé
- Débit simulé CemaNeige-GR4J

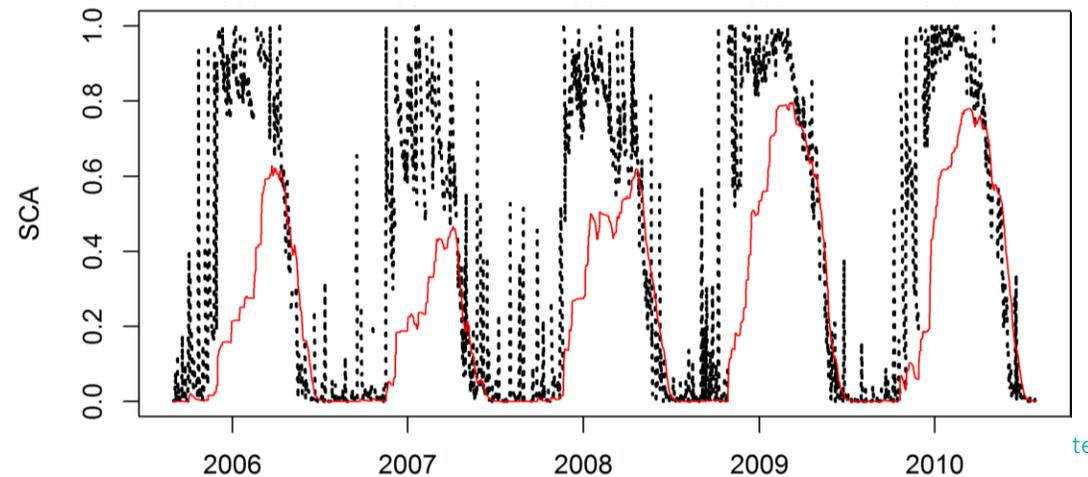


Performances CemaNeige en contrôle

KGE' Q = 0.86

KGE' SCA = 0.53

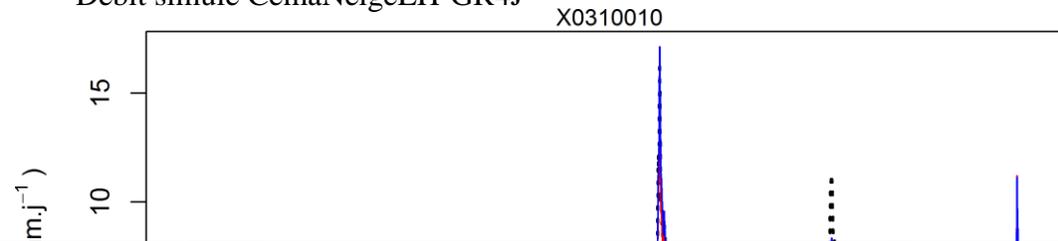
- SCA observé MODIS
- SCA simulé CemaNeige



➤ Performances de CemaNeige version Valéry et version Riboust

Exemple de la Durance à Embrun

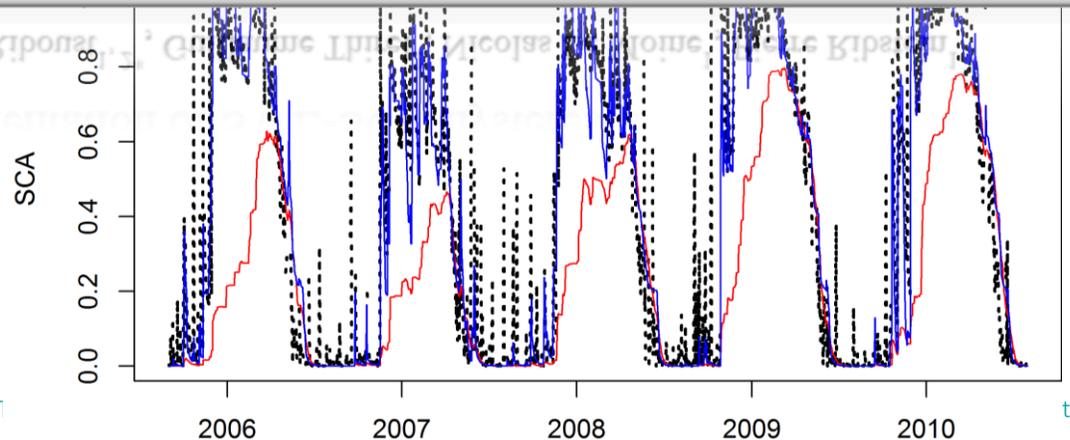
- Débit observé
- Débit simulé CemaNeige-GR4J
- Débit simulé CemaNeigeLH-GR4J



J. Hydrol. Hydromech., 67, 2019, 1, 70–81
DOI: 10.2478/johh-2018-0004

Revisiting a simple degree-day model for integrating satellite data:
implementation of SWE-SCA hysterese

Philippe Riboust^{1, 2*}, Guillaume Thirel², Nicolas Le Moine¹, Pierre Ribstein¹



Performances CemaNeige en contrôle

KGE' Q = 0.86

KGE' SCA = 0.53



Performances CemaNeige
Hystérésis en contrôle

KGE' Q = 0.92

KGE' SCA = 0.97

INRAE

➤ **III CemaNeige : mise à disposition dans airGR et GRP**



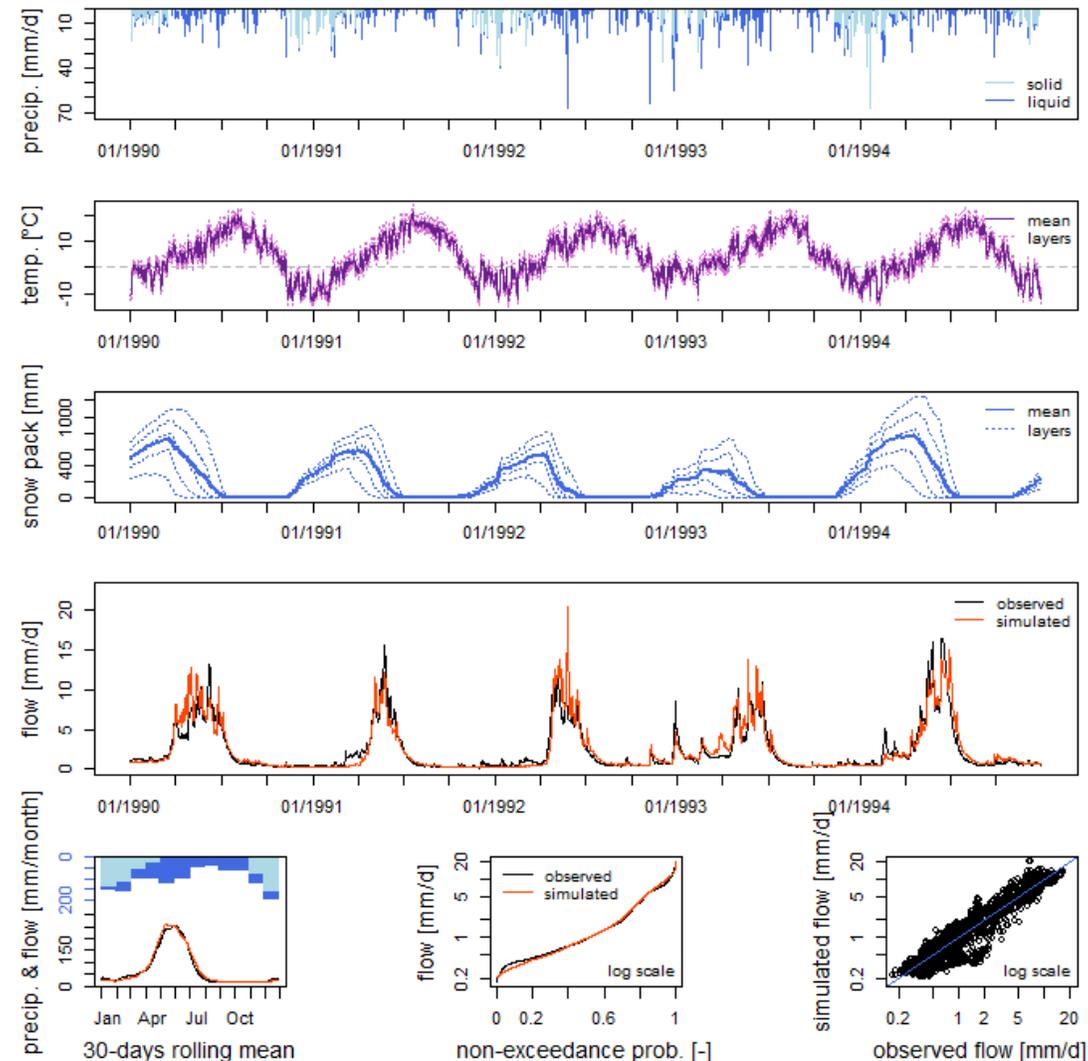
➤ Disponibilité en accès libre dans airGR



airGR : suite des modèles GR programmés sous R : <https://hydrogr.github.io/airGR/>

Versions disponibles :

- Version A. Valéry
- Version P. Riboust
- Pas de temps journalier
- Pas de temps horaire
- Couplé ou non avec un modèle GR



INRAE

CemaNeige