

Génération stochastique de données météorologiques à haute résolution temporelle, à l'aide de Generative Adversarial Networks, pour une meilleure évaluation des crues

Fanny Terrettaz, Emilie Neveu, François Mettra

06.03.2026

Flagship
supported by



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Swiss Confederation
Innosuisse – Swiss Innovation Agency

This project is supported by Innosuisse in the context of the flagship project STORE (grant agreement 108.230).

STORE

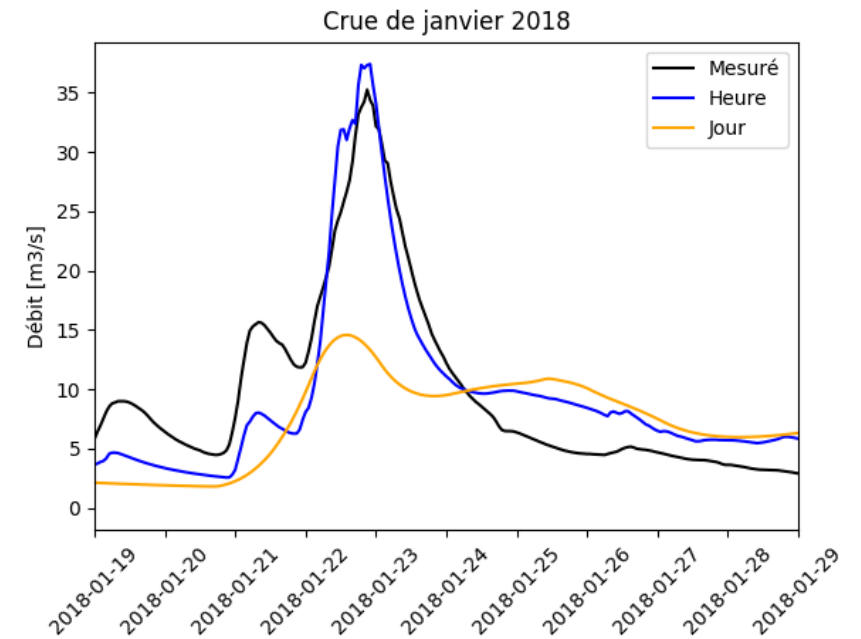
Objectifs

- Réduire l'échelle temporelle de données météorologiques tout en respectant:

- leurs valeurs journalières
- les corrélations entre les stations
- la distribution des extrêmes de précipitations

Pour permettre de préserver les bilans hydriques et les phénomènes sur le long terme

- Simuler le débit de l'Orbe
 - Analyser les crues de l'Orbe



Crue Orbe en janvier 2018 (source : M. Miéville)

Données disponibles



Données

- 4 stations météorologiques à proximité du lac de Joux : CHB, BIE, LON pour les précipitations et DOL pour la température
- Données à l'heure pour toutes les stations entre 01.10.2014-30.09.2025
- Débits en amont du lac de Joux au Sentier

Périodes

- Entrainement : 01.10.2014-30.06.2023
- Test : 01.07.2023-30.09.2025

STREAM

Méthodes

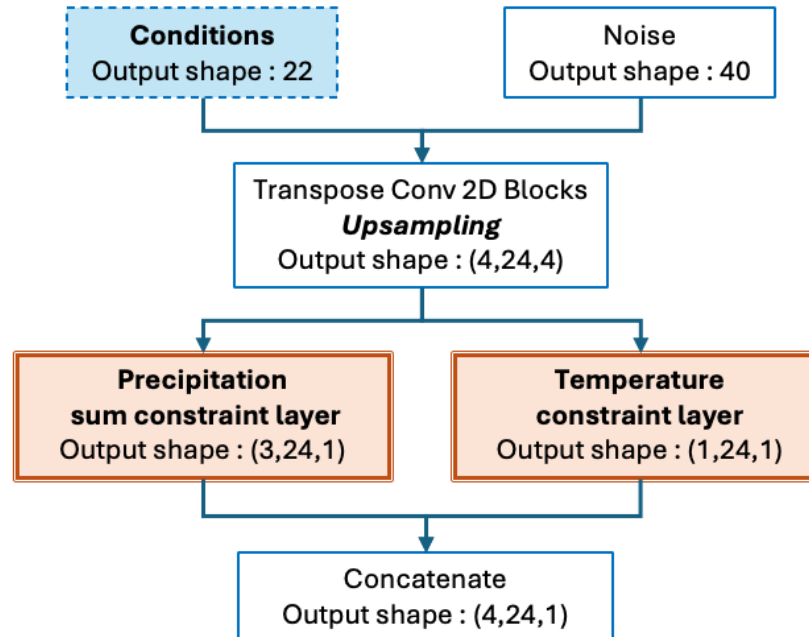
- Méthode REF : prend au hasard un jour dans la même saison et le force
- Generative adversarial networks (GAN)
 - GAN1 : Conditionné seulement
 - GAN2 : Forcé seulement
 - GAN3 : Conditionné et forcé

Objectif : comparer les méthodes

Conditions :

- Précipitations de la veille, du jour et du lendemain
- Jour de l'année
- ...

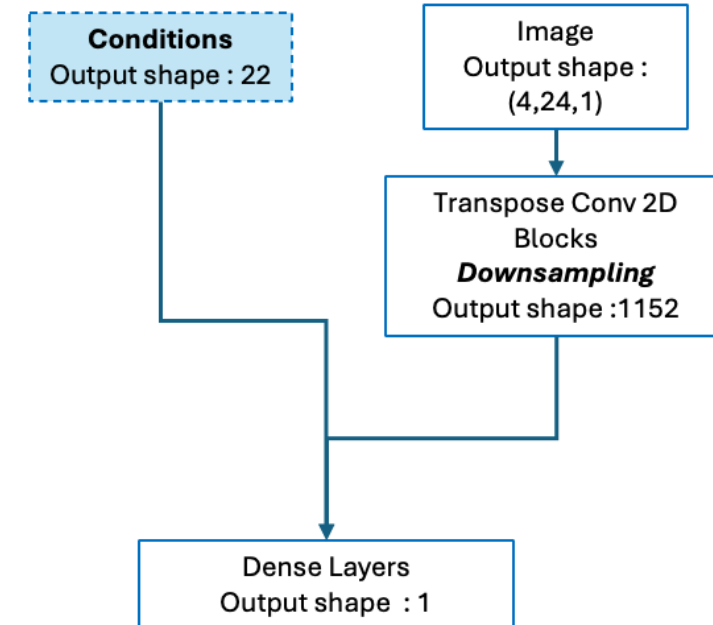
Generator



Forçage :

- Respect des précipitations journalières
- Respect des températures journalières min/max

Discriminator



Comparaison des méthodes

Moyenne sur 50 simulations

Métrique principale : distance de Wasserstein

Indique la différence entre deux distributions

Par station	Cond	Forcé	Précipitation	Température	Anderson
REF	Oui (saison)	Oui	0.049	0.077	Oui
GAN1	Oui	Non	0.014	0.163	Non
GAN2	Non	Oui	0.019	0.077	Oui
GAN3	Oui	Oui	0.013	0.105	Oui

Erreur de corrélation entre les stations mesurant les précipitations

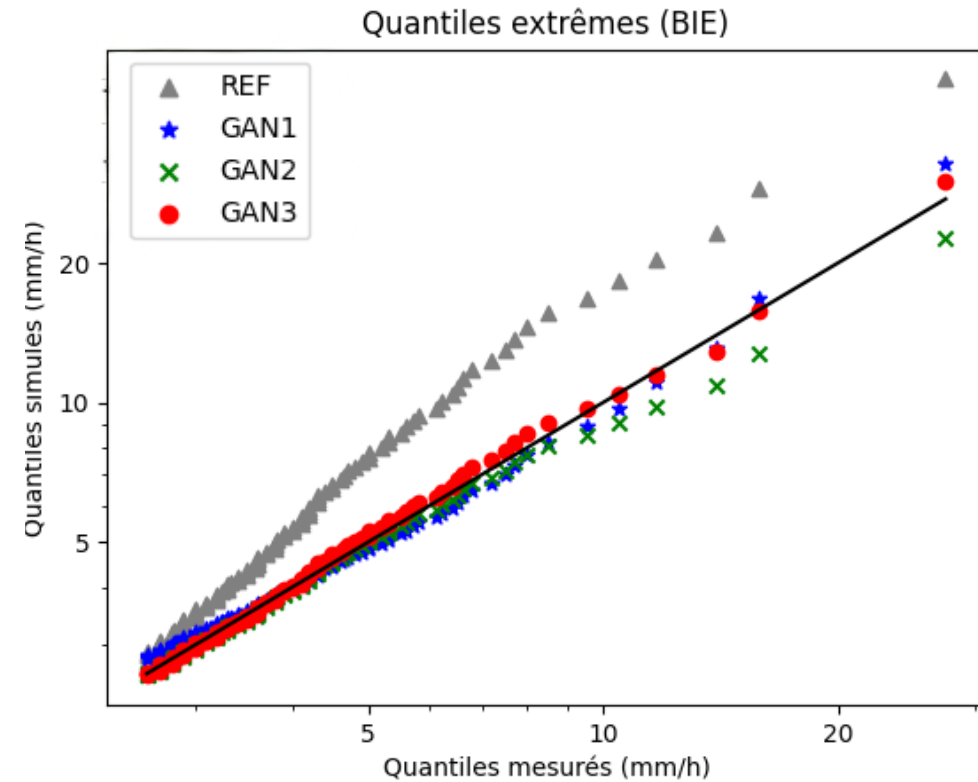
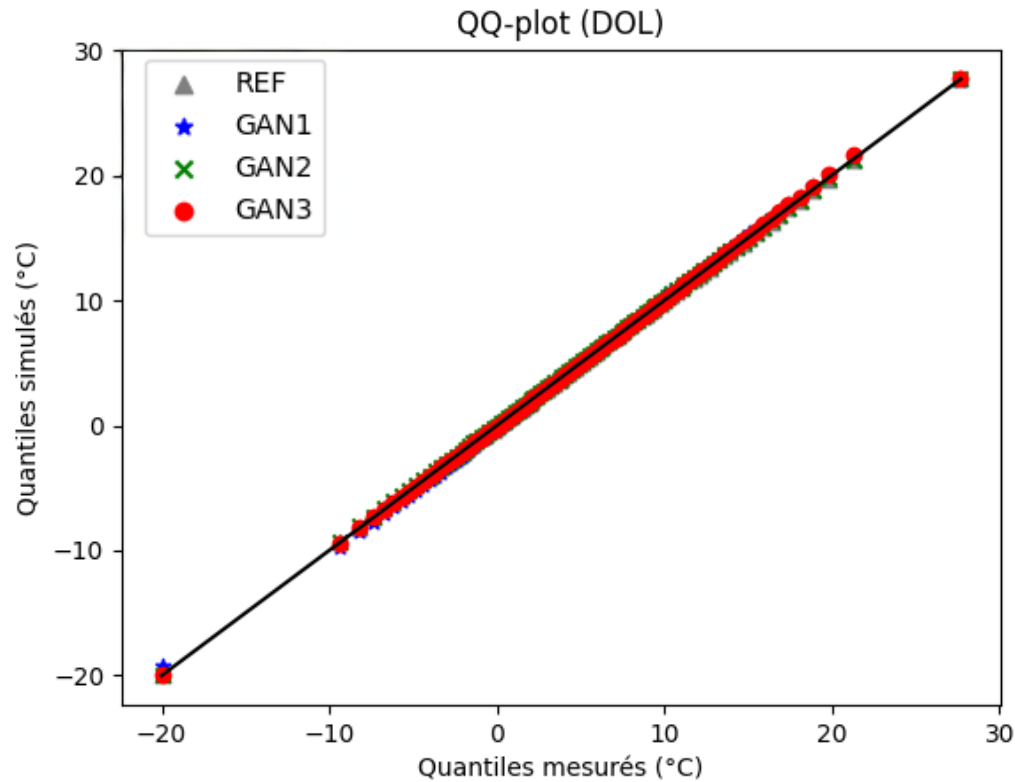
	Cond	Forcé	Précipitation
REF	Oui (saison)	Oui	0.123
GAN1	Oui	Non	0.039
GAN2	Non	Oui	0.041
GAN3	Oui	Oui	0.049

Les GANs forcés sont les méthodes à privilégier.

STREAM

Quantiles

Rem : Période d'entraînement et de test



**Toutes les méthodes simulent bien les extrêmes de températures.
GAN3 (conditionné et forcé) simule le mieux les extrêmes de précipitations.**

Résultats pour les débits

Débits mesurés au Sentier (01.10.2014 et 28.03.2025)

Le débit de la rivière est simulé grâce à RS Minerve (Nash 0.72).

<https://www.crealp.ch/rs-minerve/>

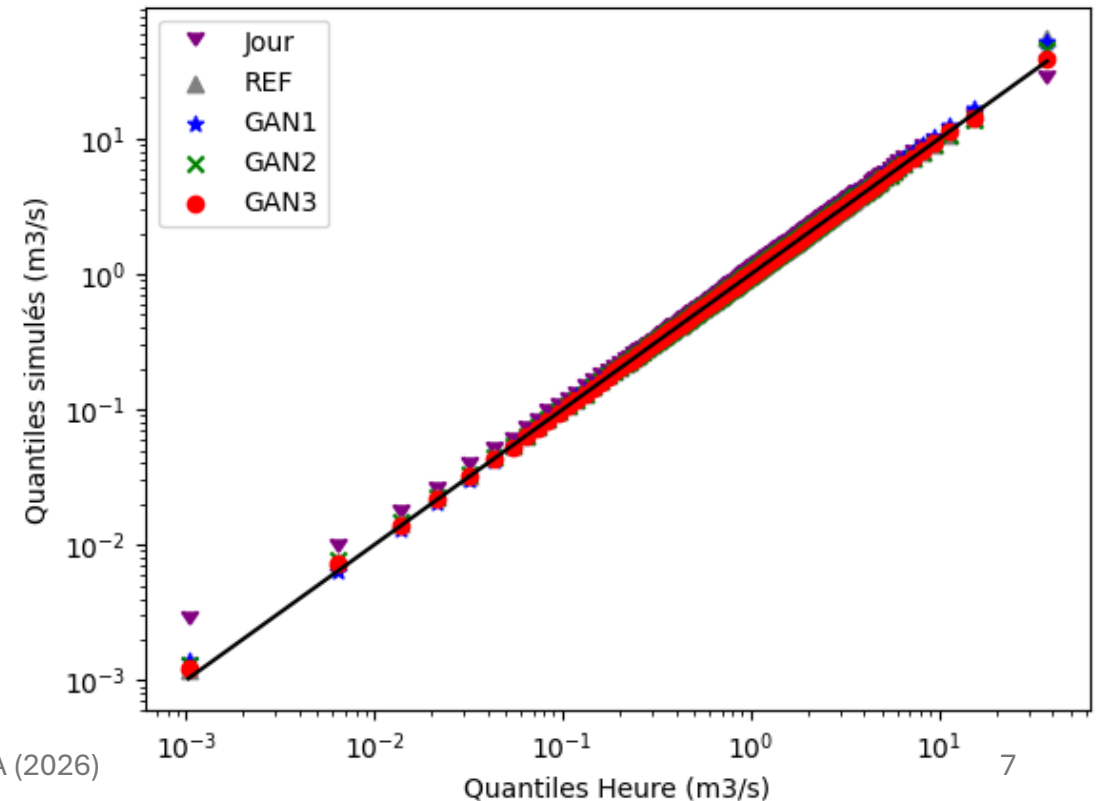


	Heure	Jour	REF	GAN1	GAN2	GAN3
Wasserstein	X	0.056	0.028	0.128	0.036	0.020

- Heure : précipitations horaires mesurées
- Jour : précipitations journalières mesurées (interpolation linéaire)

GAN3 (conditionné et forcé) et REF estiment bien les débits moyens.

QQ-plot (2014-2025)



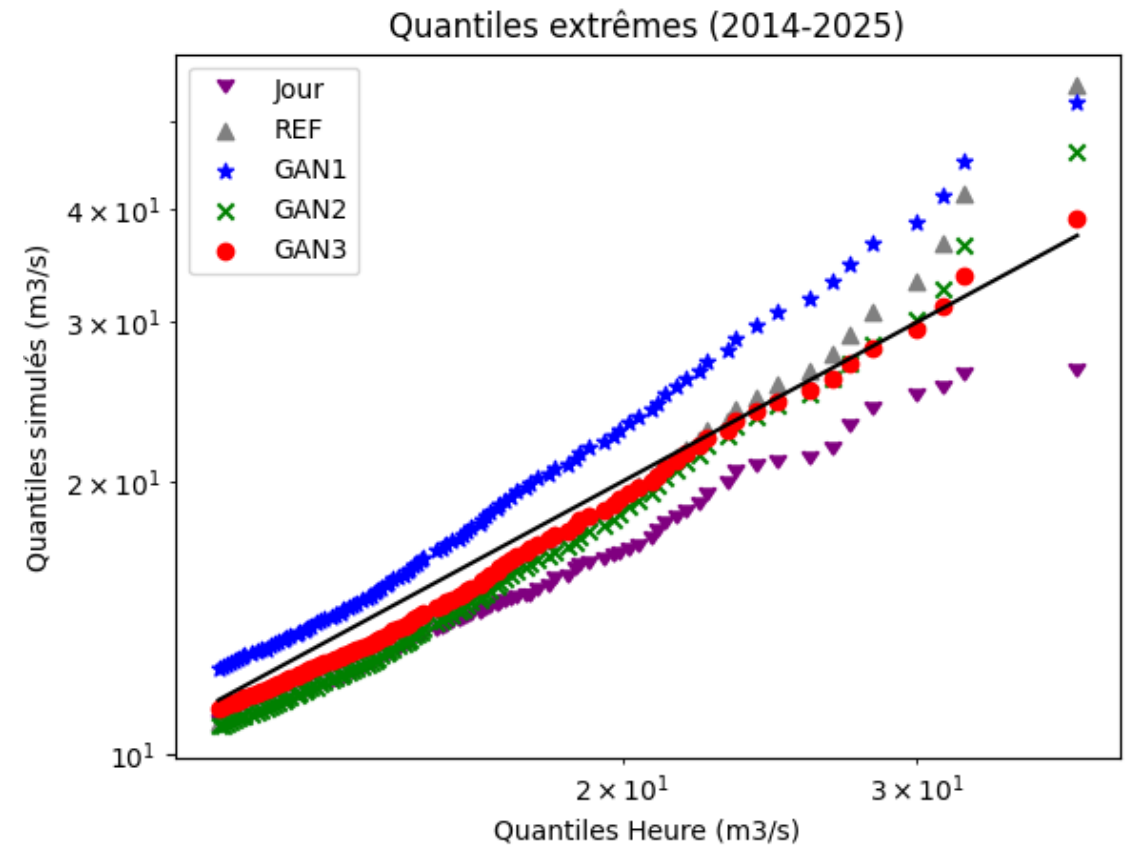
Crues de l'Orbe

	Mesuré
Nb de crues (>20m3/s)	11

Débits générés par RS Minerve à partir de données de précipitations et températures

	Heure	Jour	REF	GAN1	GAN2	GAN3
Nb de crues (>20m3/s)	15	3	15.82	16.9	13.02	11.72

GAN3 (conditionné et forcé) estime le mieux les débits extrêmes.



Conclusion

Les méthodes GANs ont un intérêt pour la réduction d'échelle temporelle en conservant le bilan hydrique.

GAN3 (conditionné et forcé) est la meilleure méthode pour simuler :

- les précipitations
- les précipitations extrêmes
- les débits
- les débits extrêmes

Pour aller plus loin :

- Application à un autre cas test car la période de test est trop courte
- Utilisation des données CH2025

