

Prédiction des crues extrêmes dans le bassin inférieur du Mékong : performances d'un modèle d'apprentissage profond et analyse explicative des variables contributives

06/Mars/2026

Yangzi Qiu¹; John Xiaogang SHI^{2,3}

1. LEESU, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Institut Polytechnique de Paris

2. Department of Civil Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, Canada

3. School of Social Environmental Sustainability, University of Glasgow, Dumfries DG1 4ZL, Royaume-Uni

Email: yangzi.qiu@enpc.fr

Plan

1

Introduction

- Contexte de la recherche
- Principaux enjeux et objectifs

2

Matériaux & méthodes

- Zone d'étude et collecte de données
- Cadre de modélisation

3

Résultats

- Résultats des prévisions des sous-bassins

4

Conclusion & Perspectives

- Conclusion
Perspectives

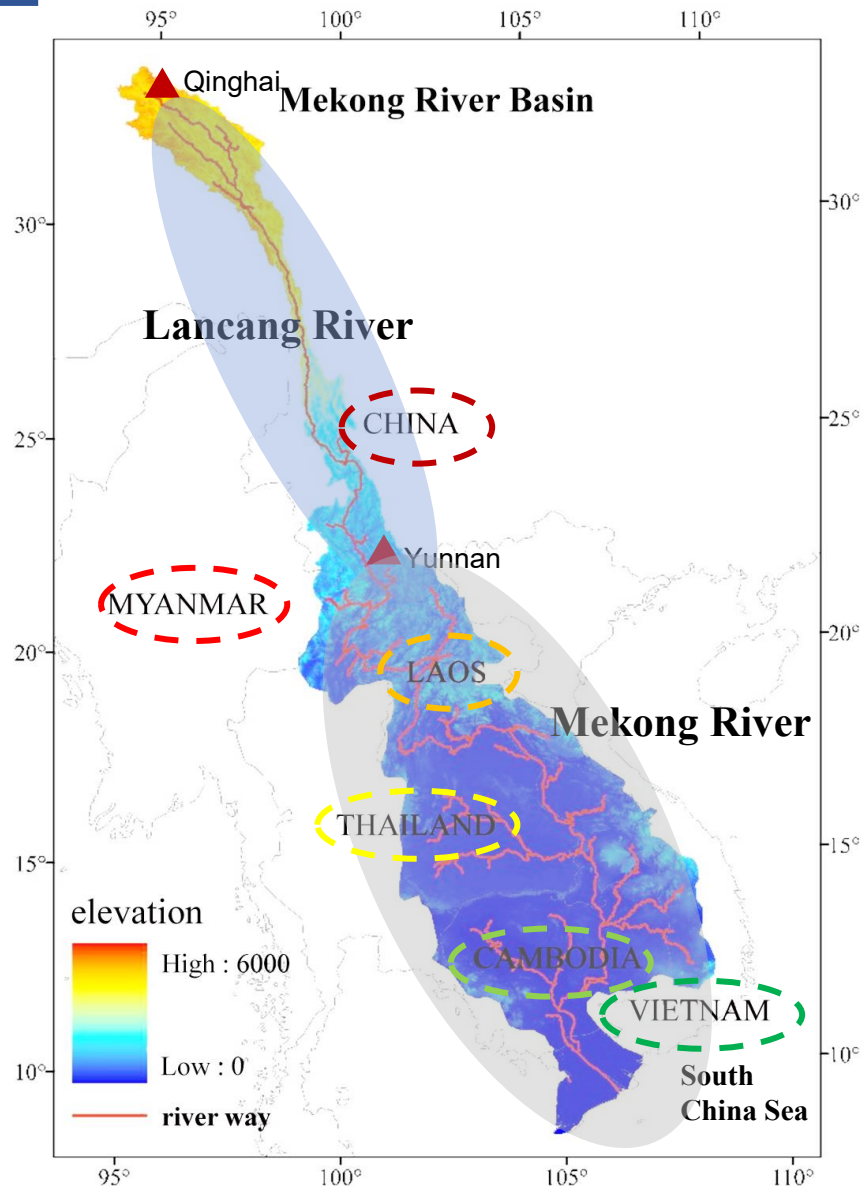


01

Introduction

- Contexte de la recherche
- Principaux enjeux et objectifs





Location of Mekong river basin

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152229.g001>

➤ Fleuve Lancang-Mékong (LMR)

Le fleuve **Lancang-Mékong** est un fleuve transfrontalier situé en Asie de l'Est et en Asie du Sud-Est.

- Le LMR prend sa source dans la province du Qinghai (Chine). Il est appelé Lancang en Chine et devient le Mékong après avoir quitté la Chine dans la province du Yunnan.

Le fleuve traverse six pays : la Chine, le Myanmar, le Laos, la Thaïlande, le Cambodge et le Vietnam, avant de se jeter dans la mer de Chine méridionale, à l'ouest de Ho Chi Minh-Ville (Vietnam).

- La longueur du Mékong est estimée à **4 880 km** et son bassin versant couvre environ **795 000 km²**, avec un volume annuel écoulé d'environ **475 km³** d'eau (MRC, 2010).
- Il s'agit de l'un des **sept** fleuves les plus importants d'Asie du Sud-Est et du dixième plus long fleuve du monde, avec le onzième plus grand débit annuel (MRC, 2016). Cependant, il est menacé par le développement rapide et les effets du changement climatique.

Pourquoi les **crues** restent-elles un défi majeur pour le Mékong ?

- Le régime hydrologique du Mékong a évolué, à la fois dans le cours principal et dans ses affluents, **en raison du changement climatique et de la variabilité hydroclimatique.**



Cela entraîne **des inondations fréquentes et étendues** dans de nombreuses communautés le long du Mékong.

➤ **Crues récurrentes du Mékong**

- Saison des crues : juin – octobre**

Impacts négatifs

Perturbation des activités économiques et humaines

Mise en danger des populations

Dommages aux infrastructures, aux habitations et aux services

Coût annuel moyen des inondations : 60–70 millions de dollars US



Photo obtained from google

En 2009, un événement extrême a enregistré plus de 500 mm de précipitations en trois jours dans la région centrale du Vietnam, entraînant **des inondations historiques et des crues soudaines.**

Conséquences :

163 morts

➤ Prédiction des crues

La prédiction des crues consiste à estimer les niveaux d'eau ou les débits futurs en un ou plusieurs points d'un système fluvial pour différents horizons temporels. Des prévisions précises et fiables sont essentielles pour l'alerte aux crues, la planification de la gestion des inondations et les actions de réhabilitation.

➤ Horizons de prédiction des crues

- ✓ Temps réel (**prédiction à un pas de temps**)
- ✓ Prédiction multi-pas (**1 – 24 h**)
- ✓ Prédiction à plusieurs jours (**3 – 10 jours**)

Des prévisions quotidiennes du niveau d'eau du Mékong sont émises avec un horizon de prédiction de 5 jours (**River Flood Forecasting System – Mekong River Commission**)

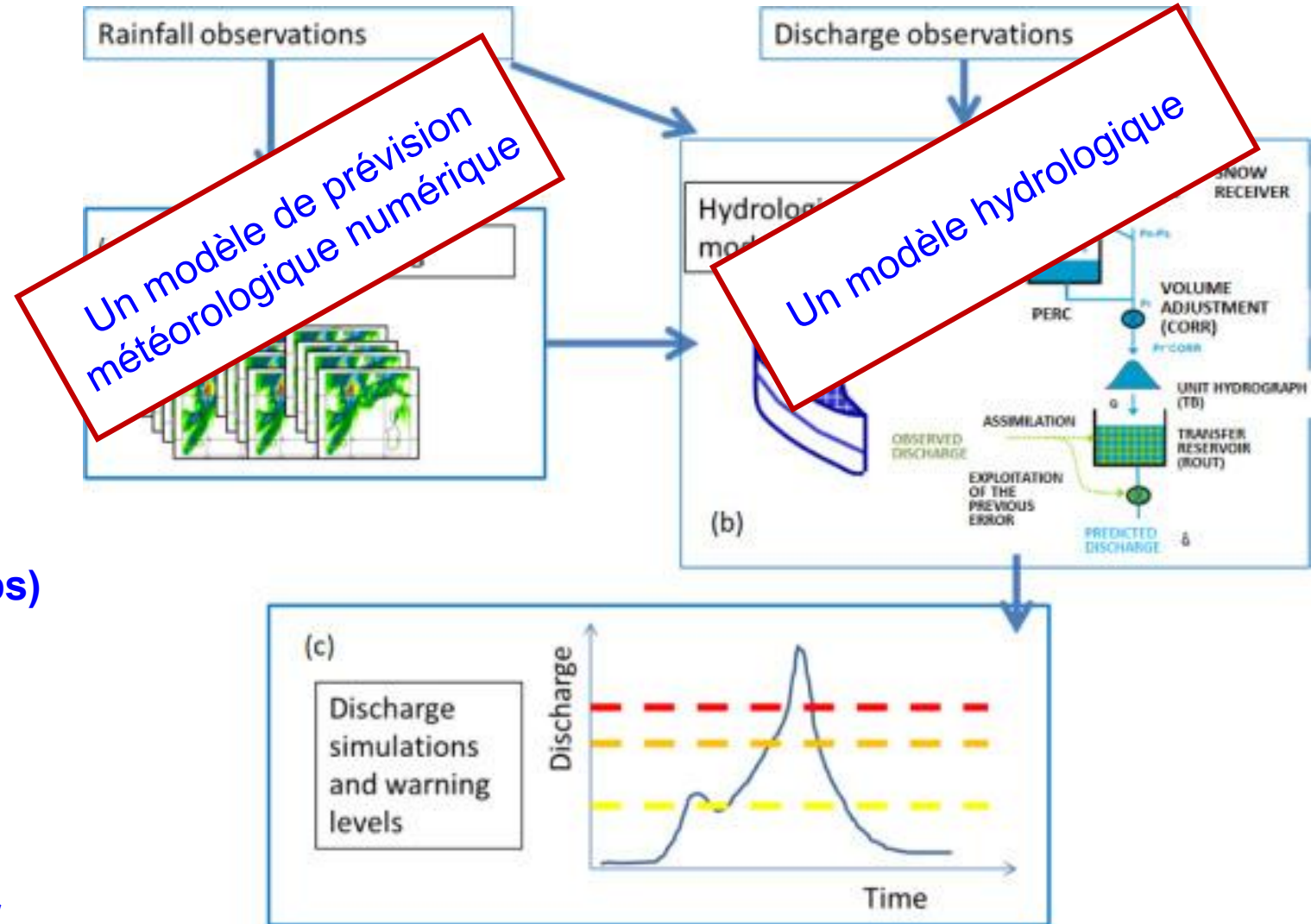
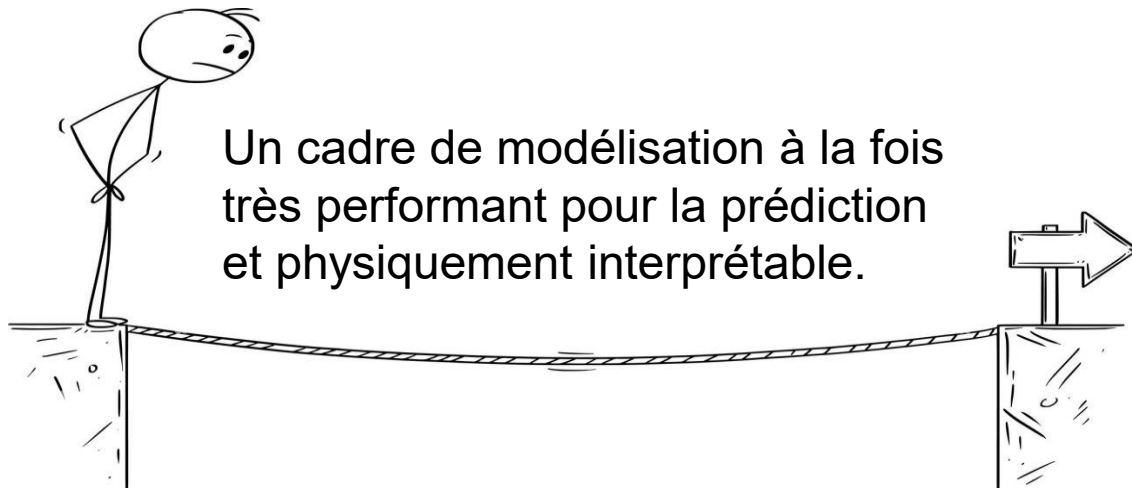


Diagram of the principle of a flood forecasting system (Braud et al., 2018)

Principaux enjeux et objectifs ▶▶▶

➤ Pourquoi utiliser l'intelligence artificielle (IA) pour la prévision des crues ?

Purely process-based models	Purely data-driven NNs
$y = f^{\theta}(u, x, A)$	$y = g^W(u, x, A)$
$\theta = \operatorname{argmin}(L(y, y^*))$	$W = \operatorname{argmin}(L(y, y^*))$
	
Paramétrisation complexe, coûts de calcul élevés et coûts importants de développement des modèles	Manque de contraintes physiques



Développer un cadre d'apprentissage profond interprétable permettant d'améliorer la prévision des crues tout en apportant des connaissances physiques sur les mécanismes de génération des crues

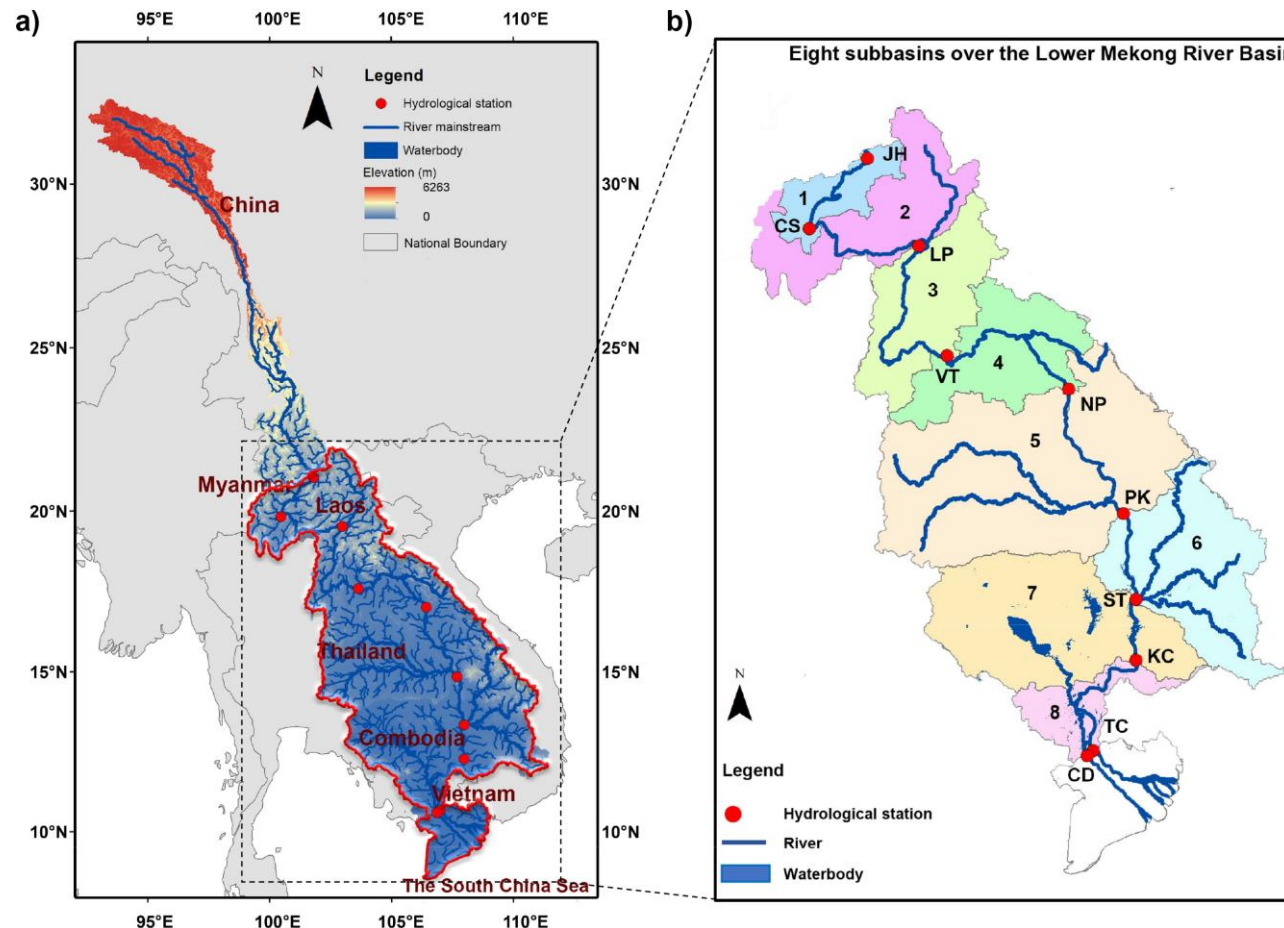
02

Matériels et méthodes

- Zone d'étude et collecte des données
- Cadre de modélisation



Le bassin inférieur du Mékong est composé des Hautes Terres du Nord, du plateau de Khorat, du bassin du Tonlé Sap et du delta du Mékong. Il s'étend sur la Thaïlande, le Laos, le Cambodge et le Vietnam (MRC).



10 stations hydrologiques :

- JH: Jinghong
- CS: Chiang Saen
- LP: Luang Prabang
- VT: Vient Tiane
- NP: Nakhon Phanom
- PK: Prek Kdam
- ST: Stung Treng
- KC: Kompong cham
- TC: Tan Chau
- CD: Chau Doc

Figure 1. a) The location of Mekong River Basin with the boundary of the Lower Mekong River Basin (LMB) that is highlighted in red line; b) The eight subbasins over the LMB with ten hydrological stations highlighted.



➤ Données

➤ Mekong River Commission

(Hydrological stations)

- Daily data
- Discharge (m^3/s)

➤ ERA5 (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), Muñoz-Sabater et al., 2021)

- Daily data (from 01/Jan/1979 to 30/December/2020)
- Spatial resolution: 30 km

➤ Digital Elevation Model (DEM)

Shuttle Radar Topography Mission 1 (SRTM1, Farr et al., 2007)

- Spatial resolution of 30 km

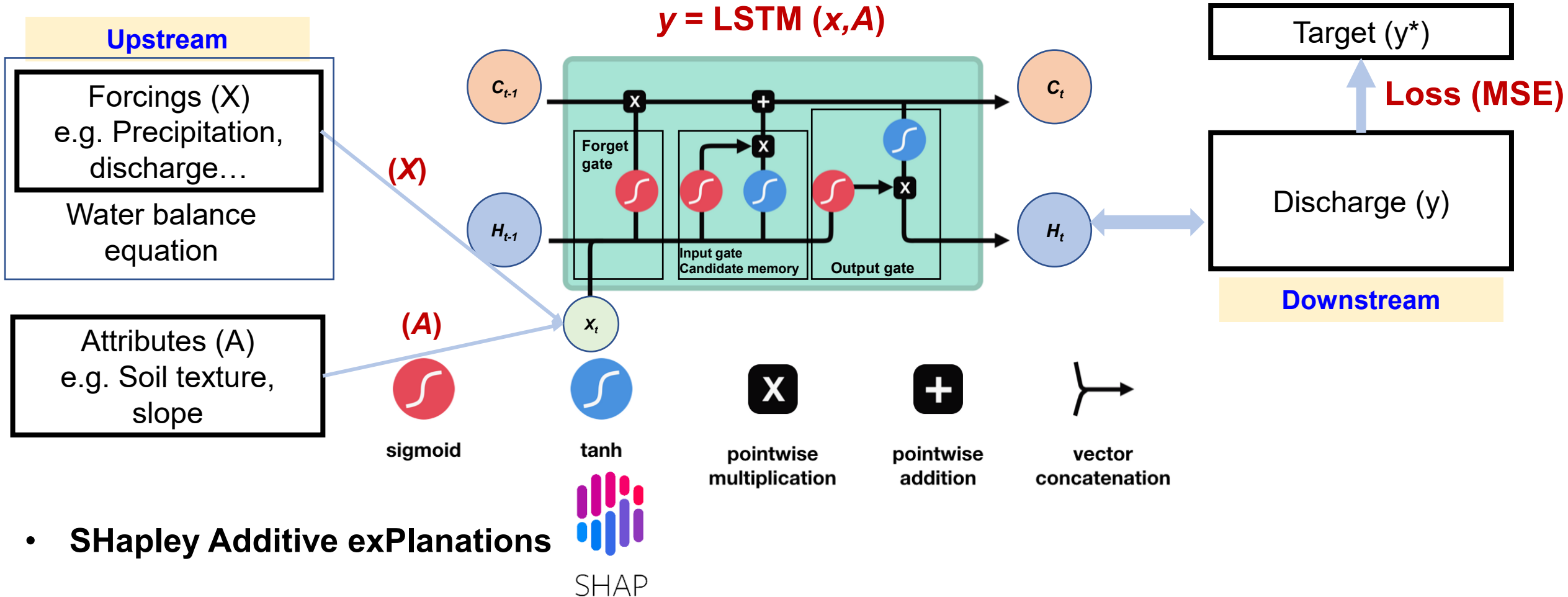
Abbreviation of variables	Full name of variables	unit
Tp	Total precipitation	m
Dis	Discharge	m^3/s
Cvh	high vegetation cover	Dimensionless
Cvl	low vegetation cover	Dimensionless
E	evaporation	m
Fal	forecast albedo	Dimensionless
Fsr	forecsae surface roughness	m
LAI_high	LAI_high vegetation	$\text{m}^2 \text{m}^{-2}$
LAI_low	LAI_low vegetation	$\text{m}^2 \text{m}^{-2}$
rh_1000h	relative humidity at 1000h	Dimensionless
runoff	runoff	$\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$
sh_1000h	specific humidity at 1000h	$\text{kg} \text{kg}^{-1}$
Slc	soil type	Dimensionless
Src	Skin reservoir content	m
Swvl1	soil moisture layer 1	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
Swvl2	soil moisture layer 2	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
Swvl3	soil moisture layer 3	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
Swvl4	soil moisture layer 4	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
T2m	Temperature 2 m	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
Tvh	high vegetation type	Dimensionless
Tvl	low vegetation type	Dimensionless
U10	u-wind at 10m	m s^{-1}
V10	v-wind at 10m	m s^{-1}

Dynamic
variables

Static
attributes

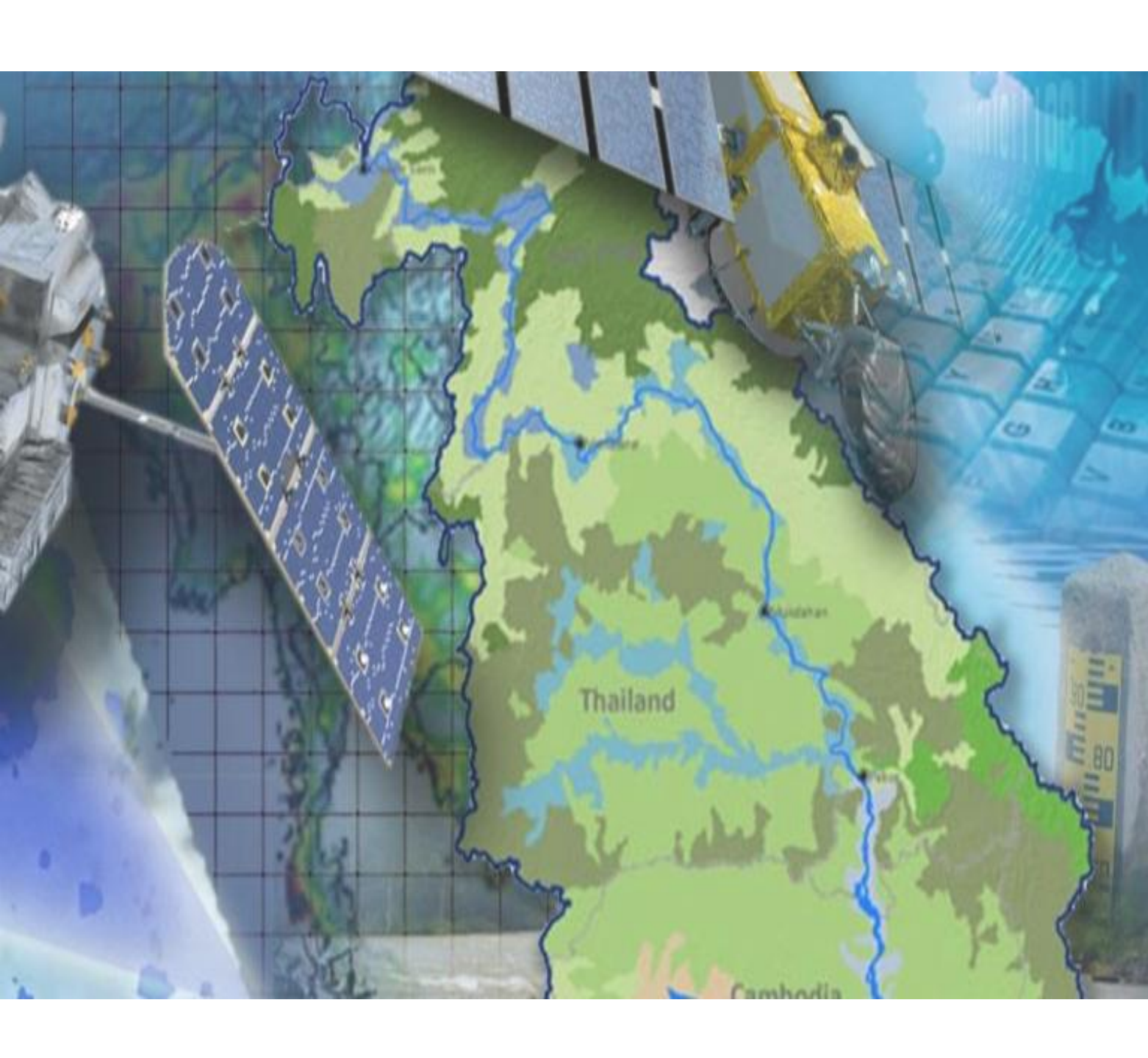
➤ Long Short-Term Memory (LSTM)

- Apprentissage profond pour les séries temporelles
- Indépendant d'hypothèses structurelles pré-définies



- SHapley Additive exPlanations





03

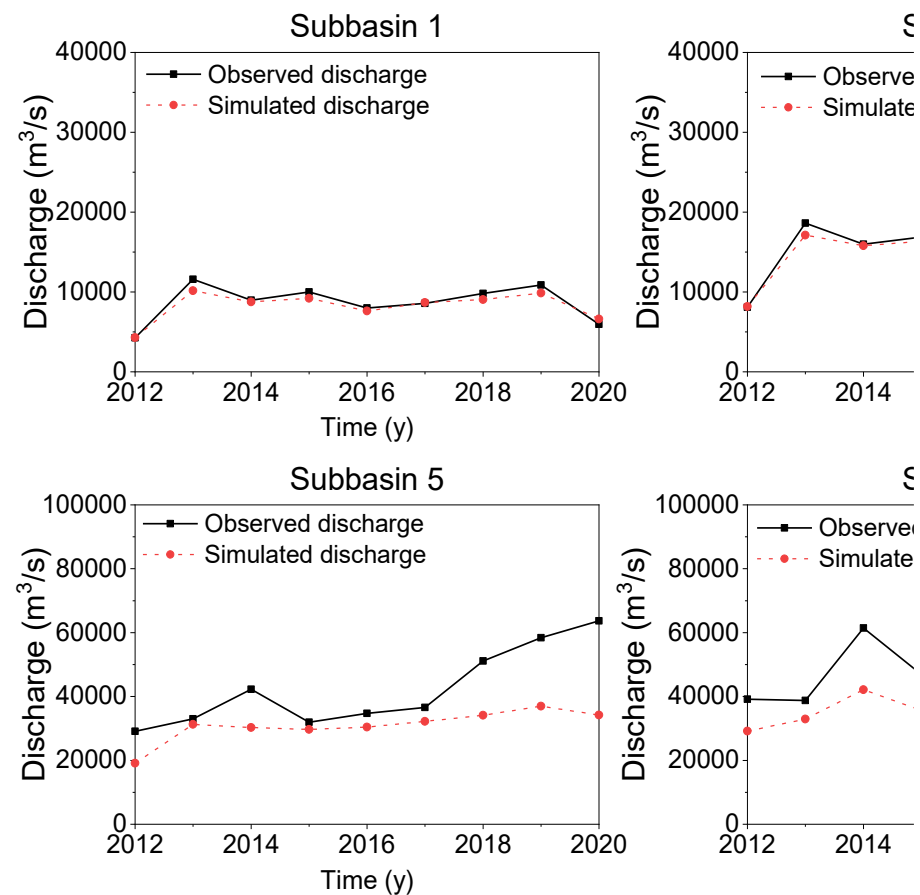
Résultats

- Résultats de prévision des sous-bassins

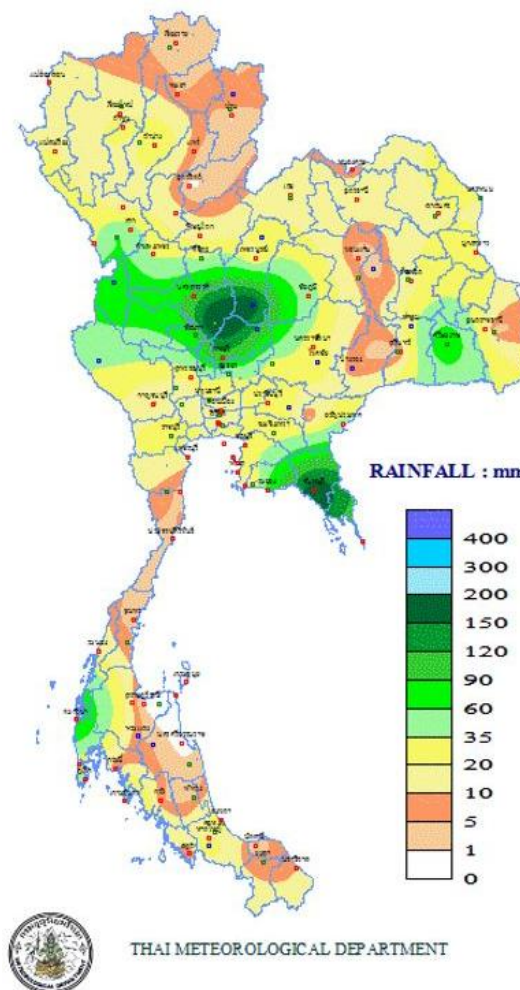




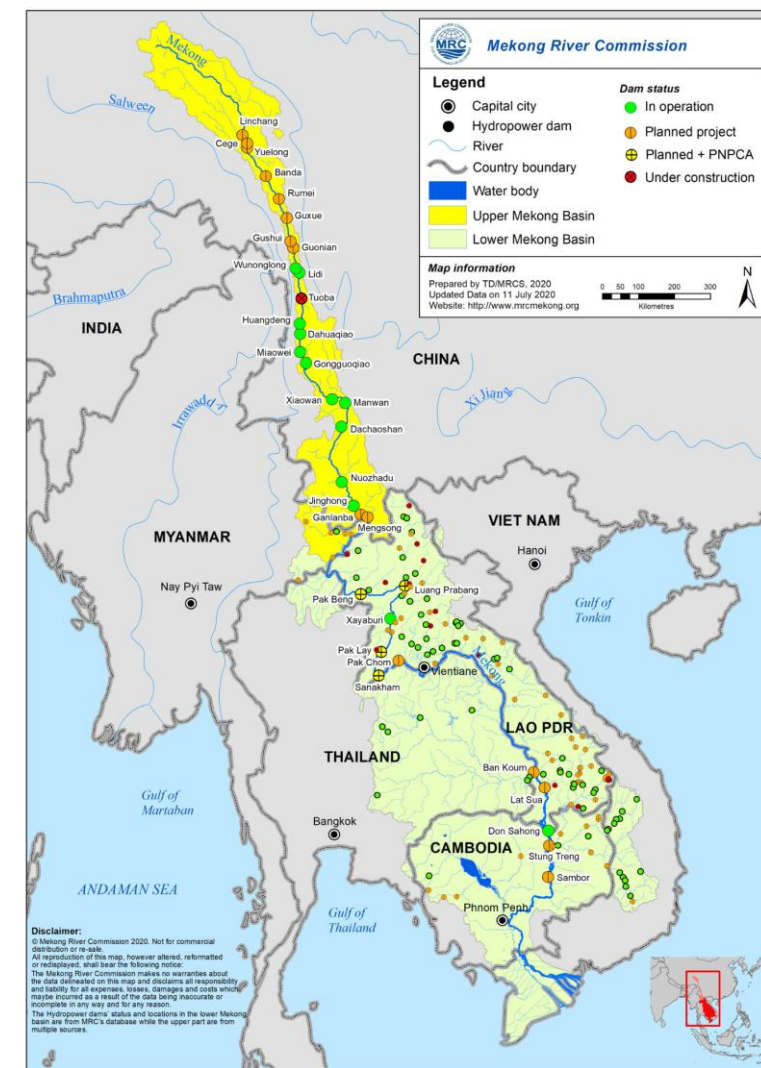
Annual maximum peak discharge at the eight



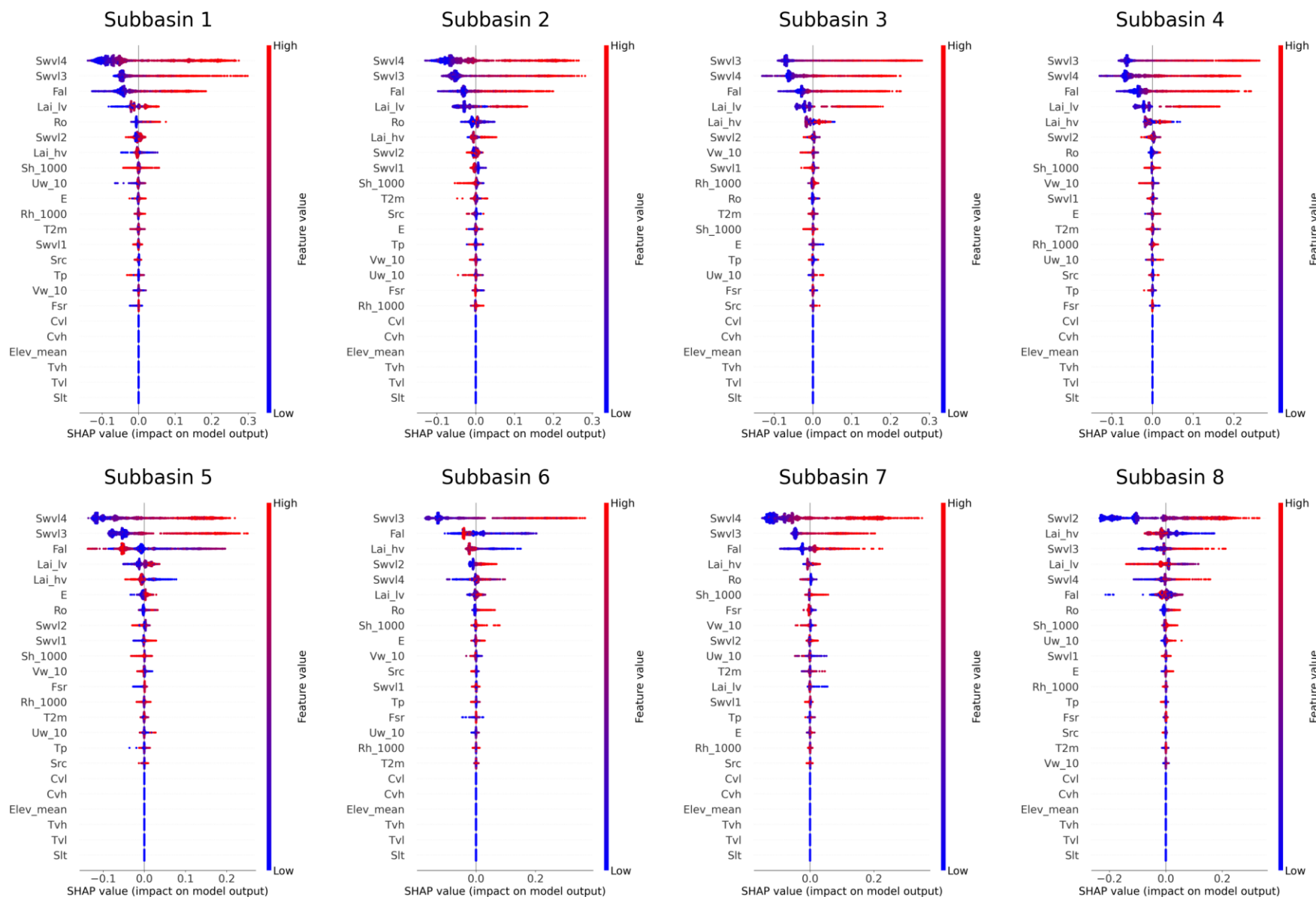
Tropical Storm PODUL and Tropical Depression KAJIKI 2019



Impacts of tributary dams over the Mekong river



Résultats de prévision des sous-bassins



Quels facteurs contrôlent le débit ?

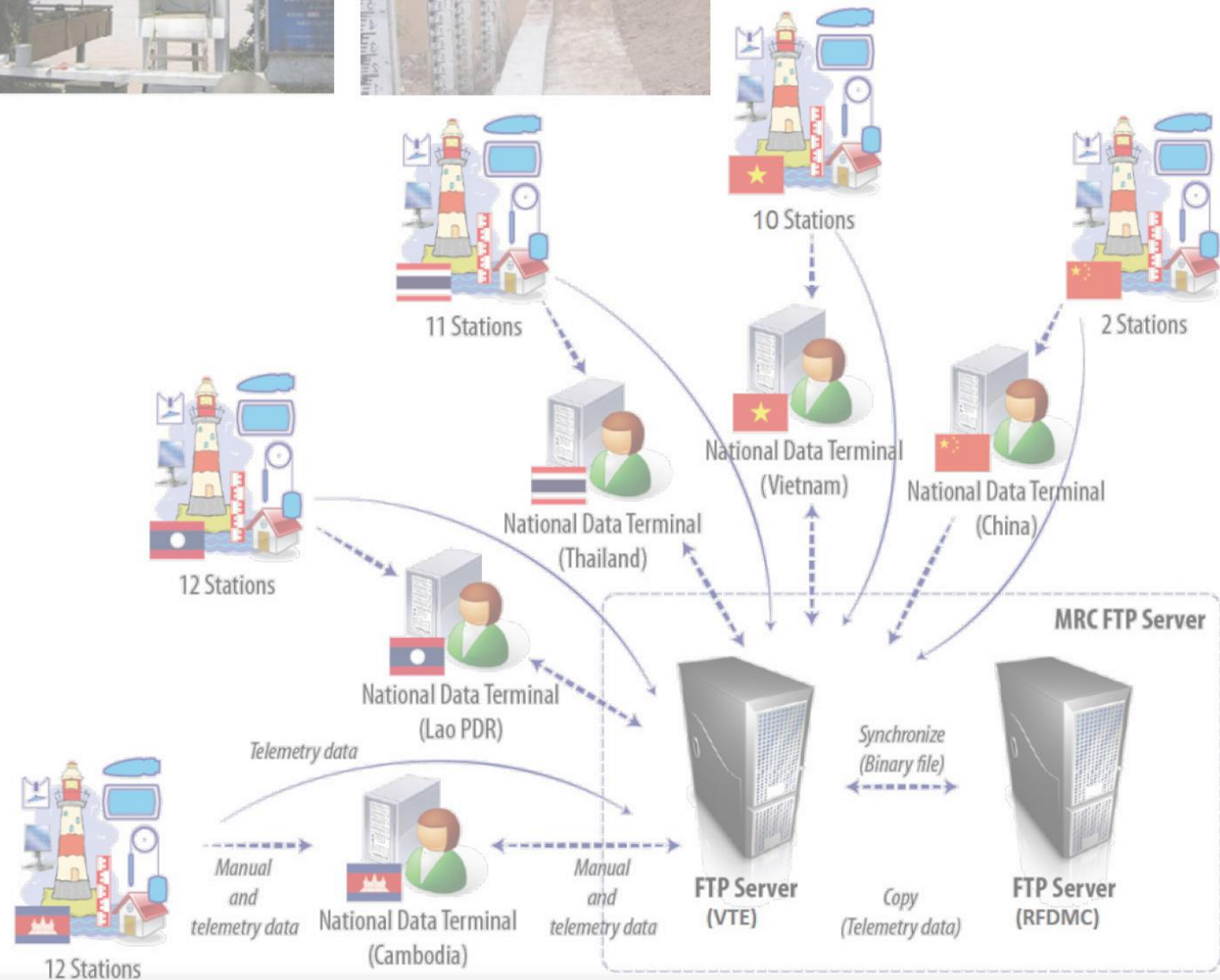
Variables liées au sol (Swvl3, Swvl4)

Ruissellement (Ro)

Précipitations (Tp)

Résultat clé :

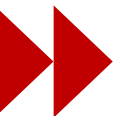
L'humidité du sol profond joue un rôle déterminant.



04

Résultats principaux et perspectives

- Résultats principaux
- Perspectives





• Conclusion

- ✓ Le modèle est capable d'apprendre les relations du bilan hydrologique et présente globalement de bonnes performances pour la prévision des crues dans le bassin inférieur du Mékong (LMB).
- ✓ Concernant la prévision des débits de pointe, le modèle tend à sous-estimer les crues les plus importantes dans certains sous-bassins, en particulier ceux ayant connu des événements extrêmes ou présentant une forte concentration de barrages hydroélectriques.
- ✓ La génération des crues est fortement liée à l'humidité antécédente du sol, qui interagit étroitement avec les précipitations et le ruissellement.

• Perspectives

- ✓ Intégrer les données d'exploitation des réservoirs et des barrages
- ✓ Explorer la prévision des crues à différents horizons temporels
- ✓ Comparer avec d'autres architectures d'apprentissage profond (par ex. GRU, Transformer)

Merci !



Environmental Impact Assessment Review

Volume 116, January 2026, 108130



Enhancing flood prediction in the Lower Mekong River Basin by a scale-independent interpretable deep learning model

Yangzi Qiu^{a b}  , Xiaogang Shi^a  , Xiaogang He^c

Show more 

 Add to Mendeley  Share  Cite

<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2025.108130> 

[Get rights and content](#) 

Under a Creative Commons [license](#) 

 Open access

Funded by

