



**HAL**  
open science

## Ville éponge – Et si on commençait par les toitures ?

Pierre-Antoine Versini, Arun Ramanathan, Daniel Schertzer, Lionel Sindt,  
Alicia Adrovic, Rémi Perrin

### ► To cite this version:

Pierre-Antoine Versini, Arun Ramanathan, Daniel Schertzer, Lionel Sindt, Alicia Adrovic, et al.. Ville éponge – Et si on commençait par les toitures ?. Novatech 2023 11e Conférence internationale sur l'eau dans la ville, Jul 2023, Lyon, France. hal-04167817

**HAL Id: hal-04167817**

**<https://hal.science/hal-04167817v1>**

Submitted on 21 Jul 2023

**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.

11<sup>e</sup> Conférence internationale

LYON 2023

— L'eau dans la ville | Urban water

Organisée par

graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

OTHU

MÉTROPOLE  
GRAND LYON

nôvateCH

L'eau dans la ville | Urban water

# Ville éponge - Et si on commençait par les toitures ?

## *Sponge city – If we started with the roofs?*

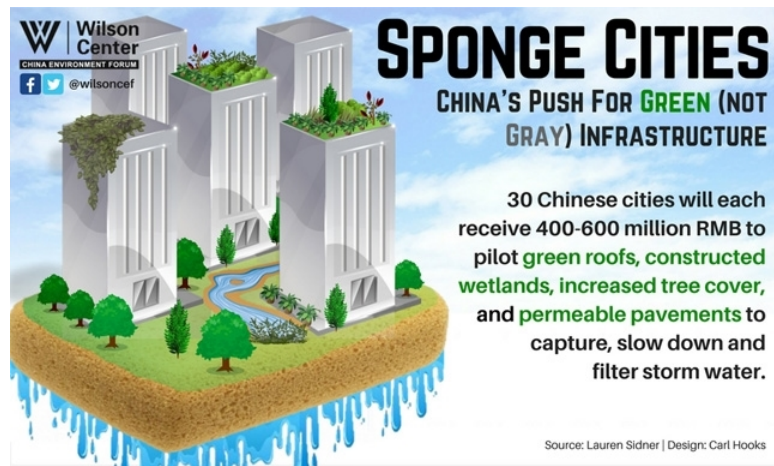
Versini Pierre-Antoine<sup>1</sup>, Ramanathan Arun<sup>1</sup>, Schertzer Daniel<sup>1</sup>,  
Sindt Lionel<sup>2</sup>, Adrovic Alicia<sup>2</sup>, Perrin Rémi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> HM&Co, Ecole des Ponts, Paris, France

corresponding author: pierre-antoine.versini@enpc.fr

<sup>2</sup> Soprema, Strasbourg, France

# « Ville éponge » et « zéro rejet »



- viser l'objectif de « zéro rejet d'eaux pluviales » vers les réseaux ou le milieu naturel *a minima* lors des pluies courantes, en favorisant les solutions fondées sur la nature, notamment la végétalisation de l'espace avec des végétaux adaptés ;



## Ville perméable : le projet ambitieux de la Métropole de Lyon

17 MAI 2022 À 17:04 - MIS À JOUR LE 18 MAI 2022 À 08:54 PAR SASHA BOUQUET 1 Commentaire



- La Région Île-de-France accorde des subventions pour les projets de gestion des eaux pluviales à la source afin de contribuer au Plan Climat et à l'amélioration du cadre de vie. Elle s'applique en rénovation urbaine comme en extension et est orientée vers le « zéro rejet » : [www.iledefrance.fr](http://www.iledefrance.fr)

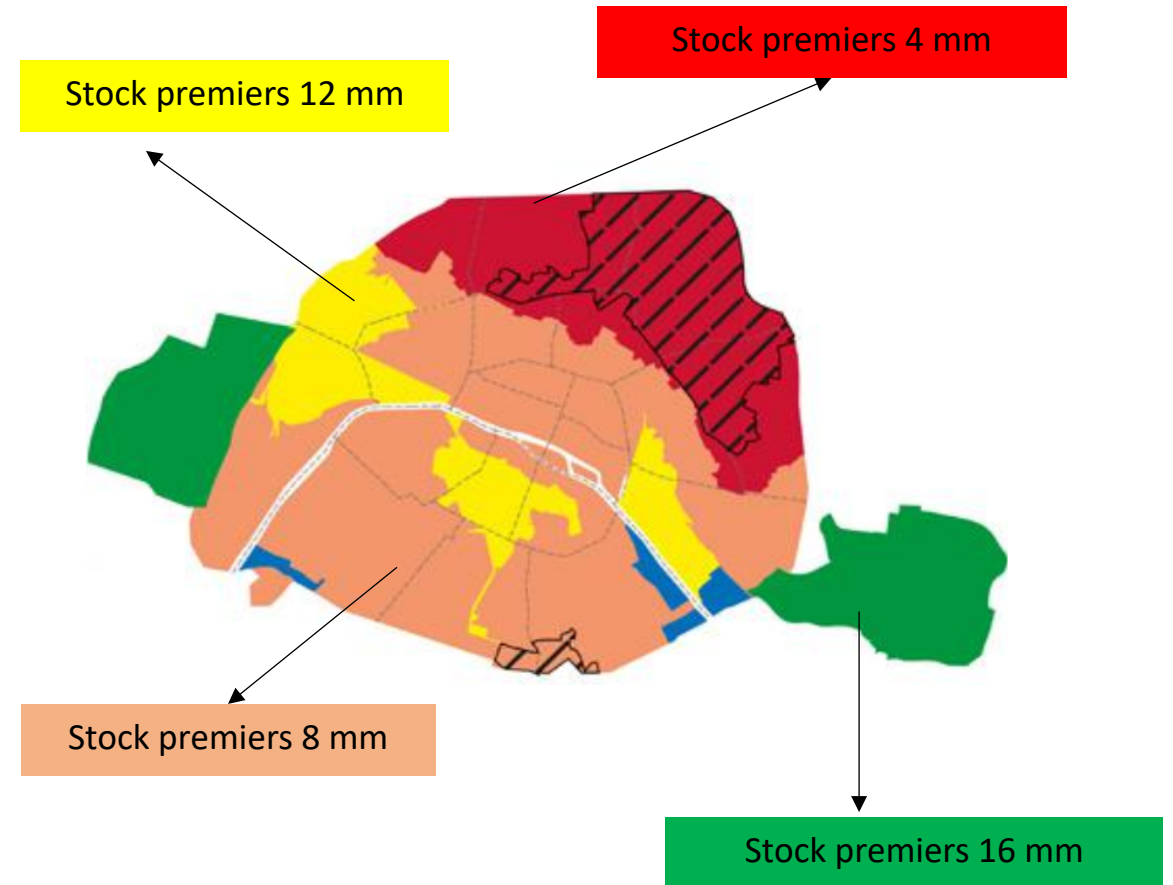
# Derrière les mots

## Un épisode pluvieux de référence :

- Précipitation ( $P$  en mm)
- Période de retour ( $T$  en année)
- Durée ( $D$  en heure)

## Une règle « zéro rejet » :

- Abattement ( $S$  en mm)
- Durée de rétention ( $\tau$  en heure)
- Débit de fuite ( $q_f$  en l/s/ha)



$16 \text{ mm} \leq P_{\text{référence}} \leq 48 \text{ mm}$  pendant 4 hrs

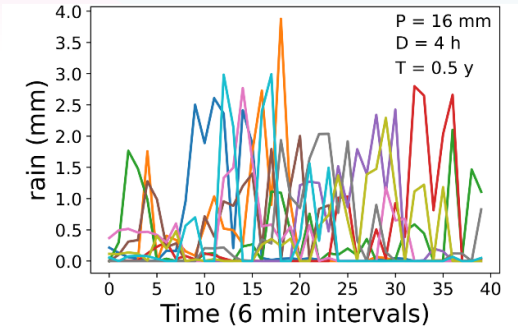
# Vers un outil d'aide à la décision

**Objectif :** Proposer une solution optimale de « 0 rejet » en toiture

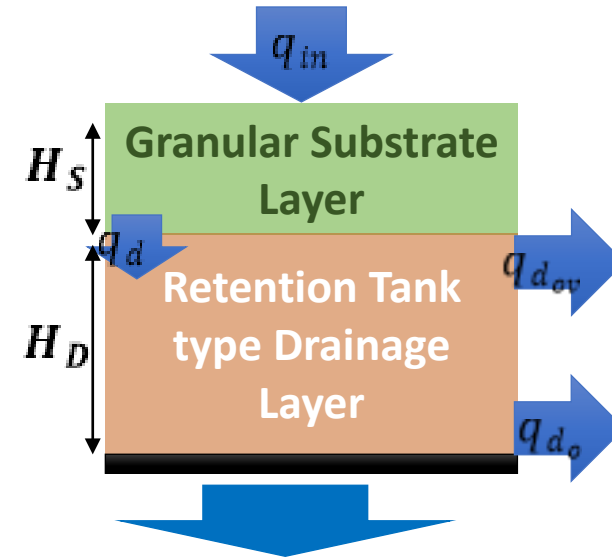
## Méthodologie :

- Déterminer un **ensemble d'événement pluvieux de référence** à même de représenter la grande variabilité temporelle des précipitations
- **Simuler les processus** d'infiltration, d'écoulement, d'évapotranspiration et de stockage dans les différentes couches d'une toiture végétalisée
- Proposer un **indicateur de performance** pour d'évaluer les sorties du modèle en regard d'une réglementation « 0 rejet » et de permettre le choix d'une solution pertinente

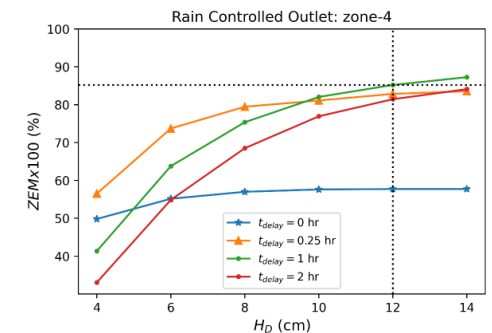
Modélisation  
de la pluie



Modélisation  
hydrologique

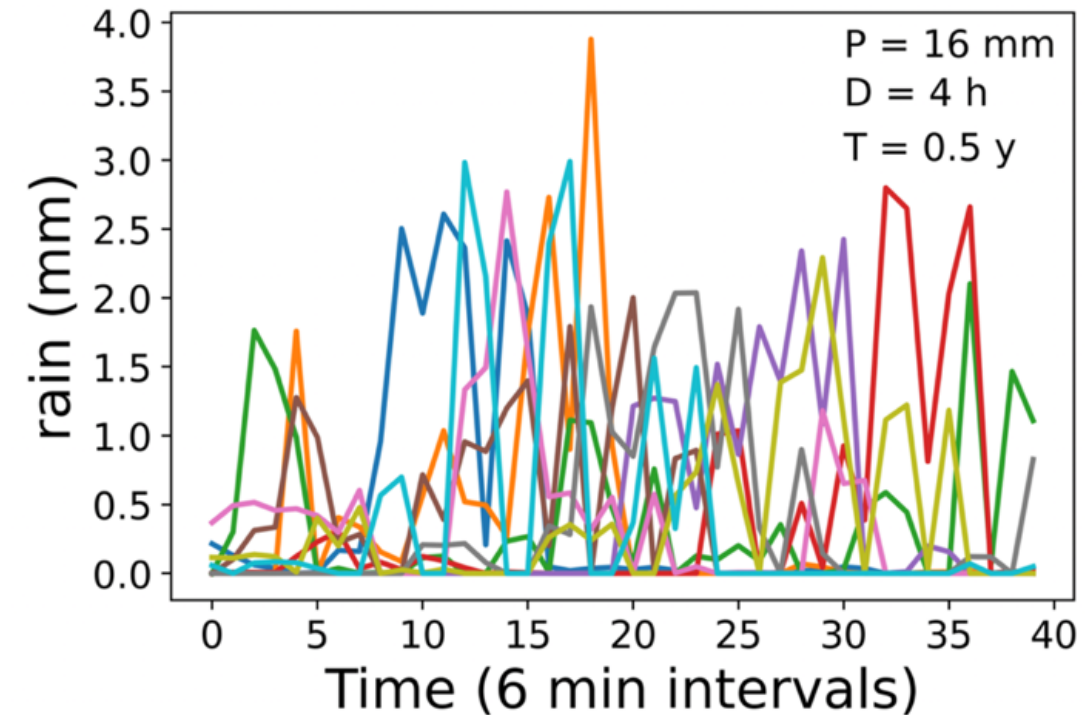


Optimisation  
d'une solution



# Détermination d'une pluie de référence

- Simulation stochastique d'événements pluvieux caractérisés par  $P$ ,  $D$ ,  $T$  et tenant compte de la variabilité temporelle
- Analyse des données historiques (Météo-France) à travers les échelles
- Utilisation des Multifractales Universelles



Hydrol. Earth Syst. Sci., 26, 6477–6491, 2022  
<https://doi.org/10.5194/hess-26-6477-2022>  
© Author(s) 2022. This work is distributed under  
the Creative Commons Attribution 4.0 License.



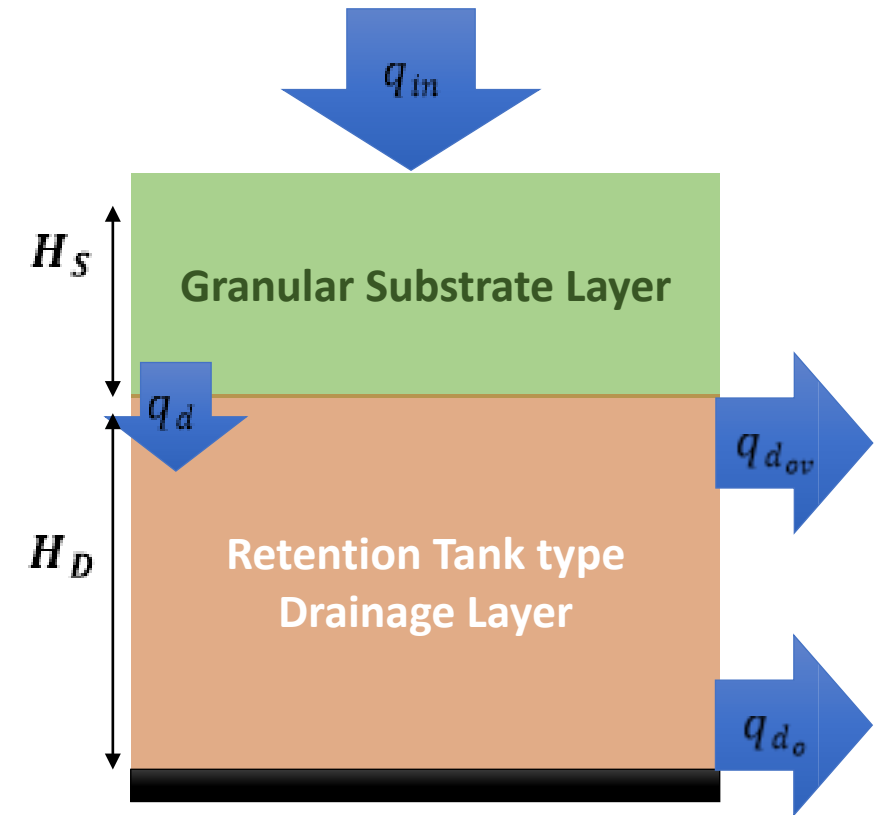
Hydrology and  
Earth System  
Sciences 

**Stochastic simulation of reference rainfall scenarios for hydrological applications using a universal multi-fractal approach**

Arun Ramanathan<sup>1</sup>, Pierre-Antoine Versini<sup>1</sup>, Daniel Schertzer<sup>1</sup>, Remi Perrin<sup>2</sup>, Lionel Sindt<sup>2</sup>, and Ioulia Tchiguirinskaia<sup>1</sup>

# Modélisation hydrologique

- Simulation des processus d'infiltration et d'écoulement
- Prise en compte de la granulométrie, des épaisseurs des couches de substrat et drainage, et régulation des débits
- Utilisation d'un modèle fractal pour tenir compte de la porosité du substrat et de sa teneur en eau



# Indicateur de performance

$$ZEM = \sum_i \frac{N_{i,0}}{N_i}$$

$N_i$  = Nombre d'événement pluvieux de référence

$N_{i,0}$  = Nombre d'événement pluvieux de référence respectant la contrainte

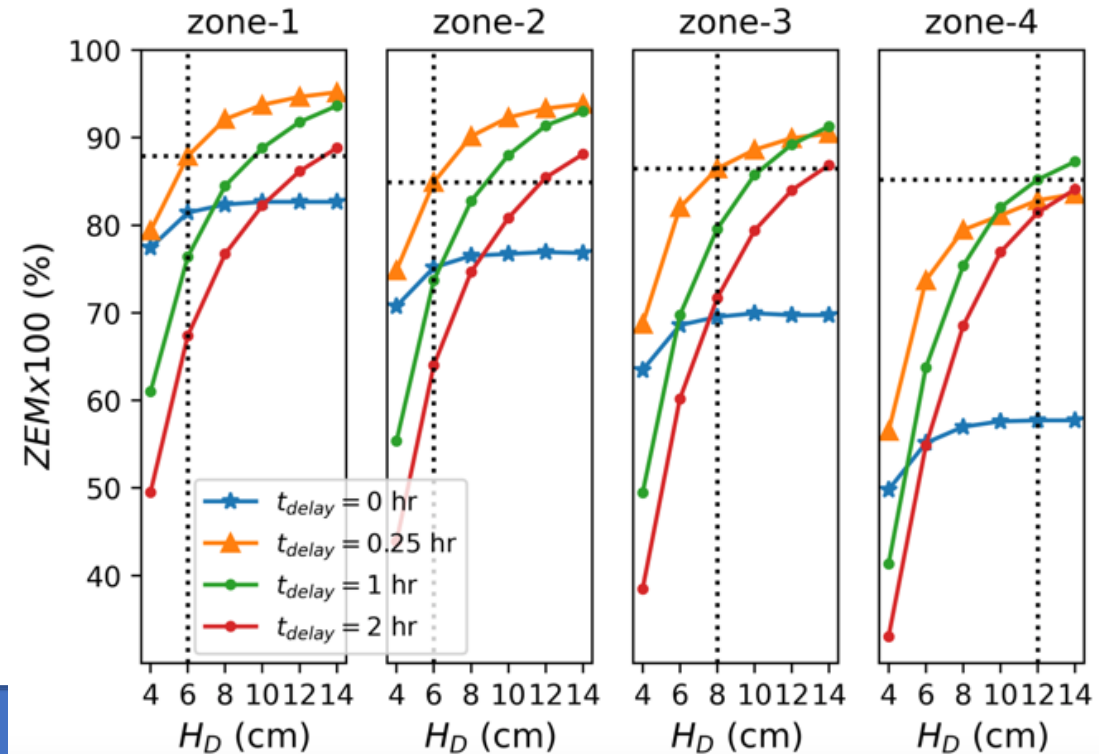
= Nombre d'événement où  $S$  mm est stocké pendant au moins  $\tau$  heures après l'épisode ET un débit de fuite nul pendant que les  $S$  mm sont accumulés ET débit de fuite inférieur à  $q_f$

$$ZEM = \frac{n(A \cap B \cap C)}{n(I_R)}$$

$$A = \left\{ t \left| \sum_j q \left( j + \left\lfloor \frac{D}{\delta} \right\rfloor (t-1) \right) = 0; \forall j = 1, \dots, k; m = k+1, k+2, \dots, \left\lfloor \frac{D}{\delta} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{D}{\delta} \right\rfloor \times \left\lceil \frac{\tau}{D} \right\rceil; \forall t \in I_R; \forall k \in I_s \right\}$$

$$B = \left\{ t \left| \sum_j q \left( j + \left\lfloor \frac{D}{\delta} \right\rfloor (t-1) \right) \leq \sum_j r \left( j + \left\lfloor \frac{D}{\delta} \right\rfloor (t-1) \right); \forall j = k+1, \dots, m; m = k+1, k+2, \dots, \left\lfloor \frac{D}{\delta} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{D}{\delta} \right\rfloor \times \left\lceil \frac{\tau}{D} \right\rceil; \forall t \in I_R; \forall k \in I_s \right\}$$

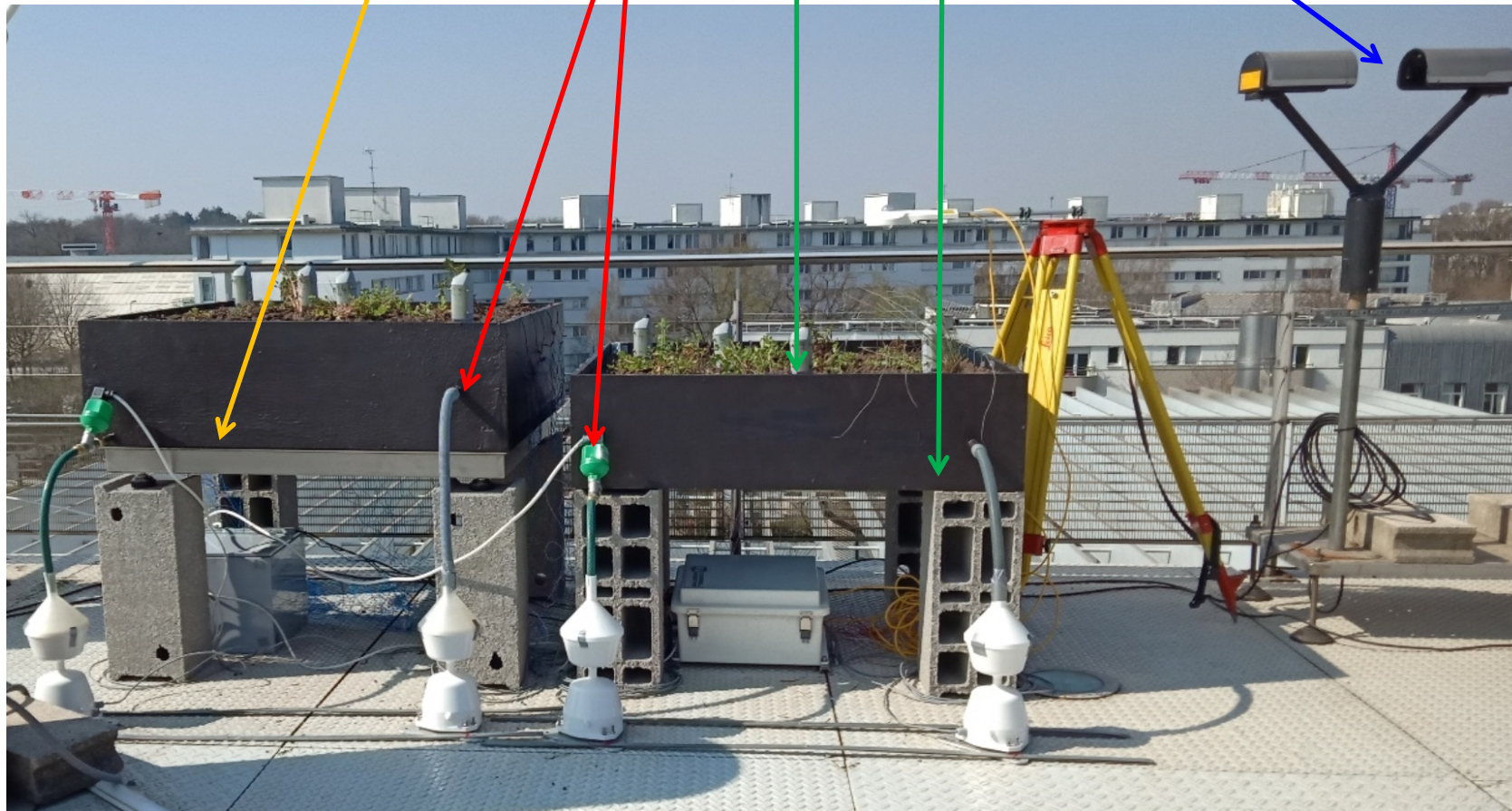
$$C = \left\{ t \left| \sum_j q \left( j + \left\lfloor \frac{D}{\delta} \right\rfloor (t-1) \right) \leq 3600 \times \delta \sum_j q_{cr}; \forall j = 1, \dots, m; m = k+1, k+2, \dots, \left\lfloor \frac{D}{\delta} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{D}{\delta} \right\rfloor \times \left\lceil \frac{\tau}{D} \right\rceil; \forall t \in I_R; \forall k \in I_s \right\}$$





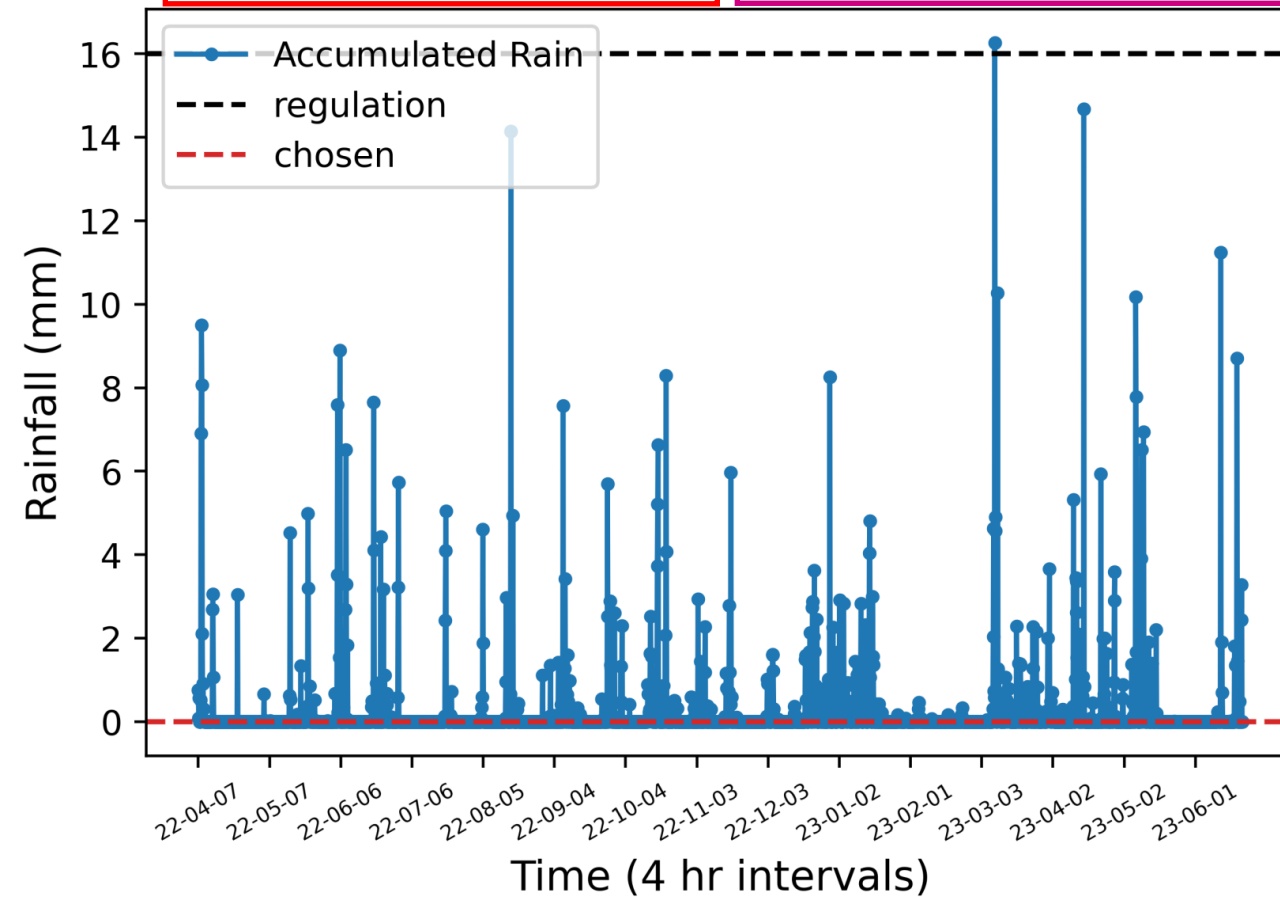
# Validation expérimentale

$$ETP(t) + Q(t) + R(t) + S(t) = P(t)$$

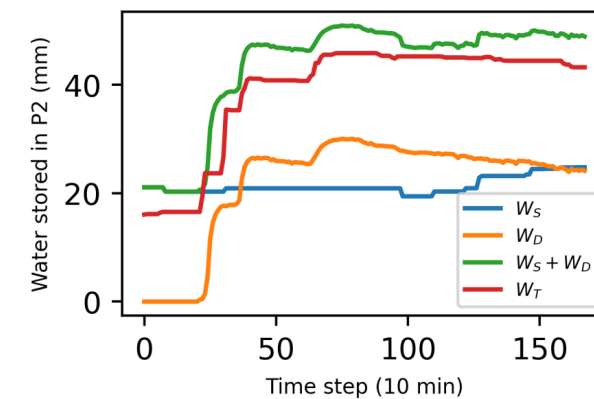
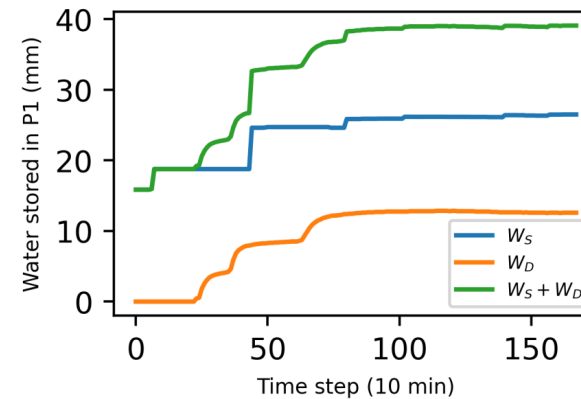
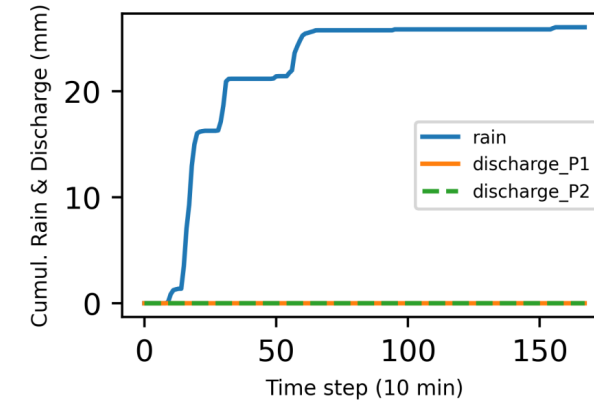
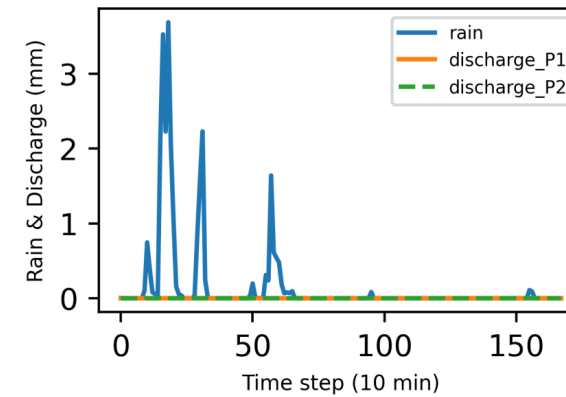


# Validation expérimentale

$RZEM_{P1}=1.0; RZEM_{P2}=1.0; ZEM_{P1}=0.92; ZEM_{P2}=0.87$



Reference event on 2023-03-08 12:00:00



# Conclusions et perspectives

- Déclinaison de la méthode pour d'autres localités/réglementations
- Poursuite du suivi expérimental
- Amélioration du modèle d'évapotranspiration et influence de la croissance des plantes
- Prise en compte du changement climatique (P et T)
- Partage de cette approche avec les communautés scientifique et réglementaire

