

# Colloque de restitution de la phase 5 du programme OPUR

Suivi et prévision de la qualité microbiologique  
des cours d'eau urbains :  
quel proxy et quelle modélisation ?

*Arthur Guillot - Le Goff & Brigitte Vinçon-Leite*

*11 mars 2026*

## **Contacts**

Brigitte Vinçon-Leite [b.vincon-leite@enpc.fr](mailto:b.vincon-leite@enpc.fr)

Arthur Guillot - Le Goff [arthur.guillot-legoff@enpc.fr](mailto:arthur.guillot-legoff@enpc.fr)



INSTITUT  
POLYTECHNIQUE  
DE PARIS



# Action R1.4

- 1.4.1- Impact des travaux d'assainissement pour les JOP 2024 sur la qualité microbienne des RUTP (Françoise Lucas)
- 1.4.2 Prédiction de la qualité microbiologique des eaux urbaines
  - Surveillance de la qualité sanitaire de la baignade
  - Impact des rejets de temps de pluie
  - Système de prédiction des contaminations
  - 3 sites d'étude : la Villette, la Marne et la Seine



# Participants

- **Support technique**

- Mohamed Saad
- Philippe Dubois
- Emilien Darcy

- **Doctorant(e)s**

- Natalia Angelotti (2020-2023)
- Arthur Guillot-Le Goff (2023 – 2025)
- Yoann Cartier (2024 – 2026)

- **Des chercheurs**

Rémi Carmigniani, Sébastien Boyaval,  
Brigitte Vinçon-Leite

- **De nombreux stagiaires**

- **Collaboration scientifique**

- LHSV (ENPC), MISTEA (Inrae),  
hydro&meteo

# Principal projet associé



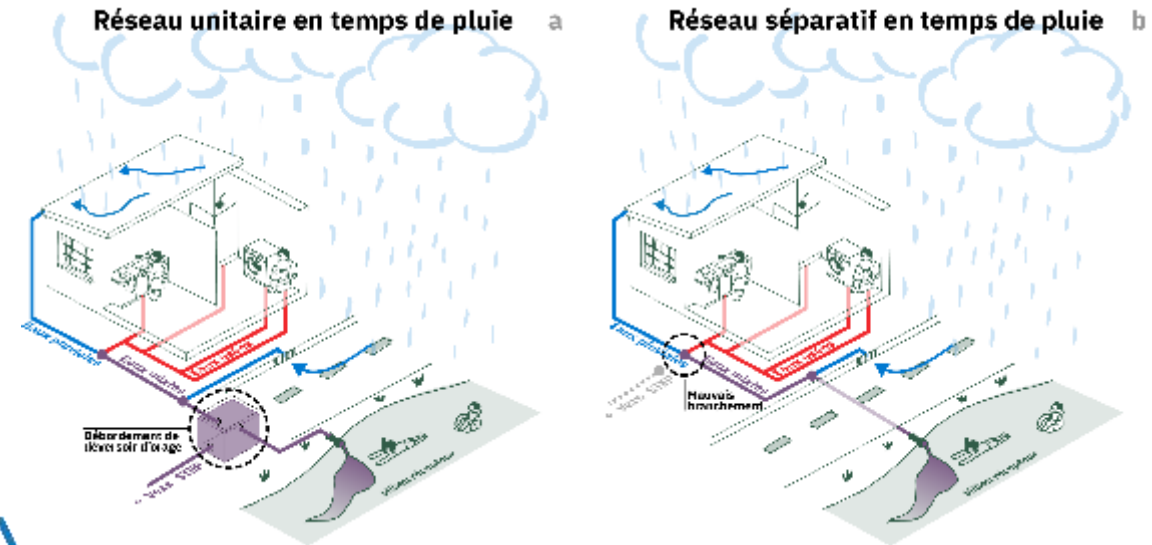
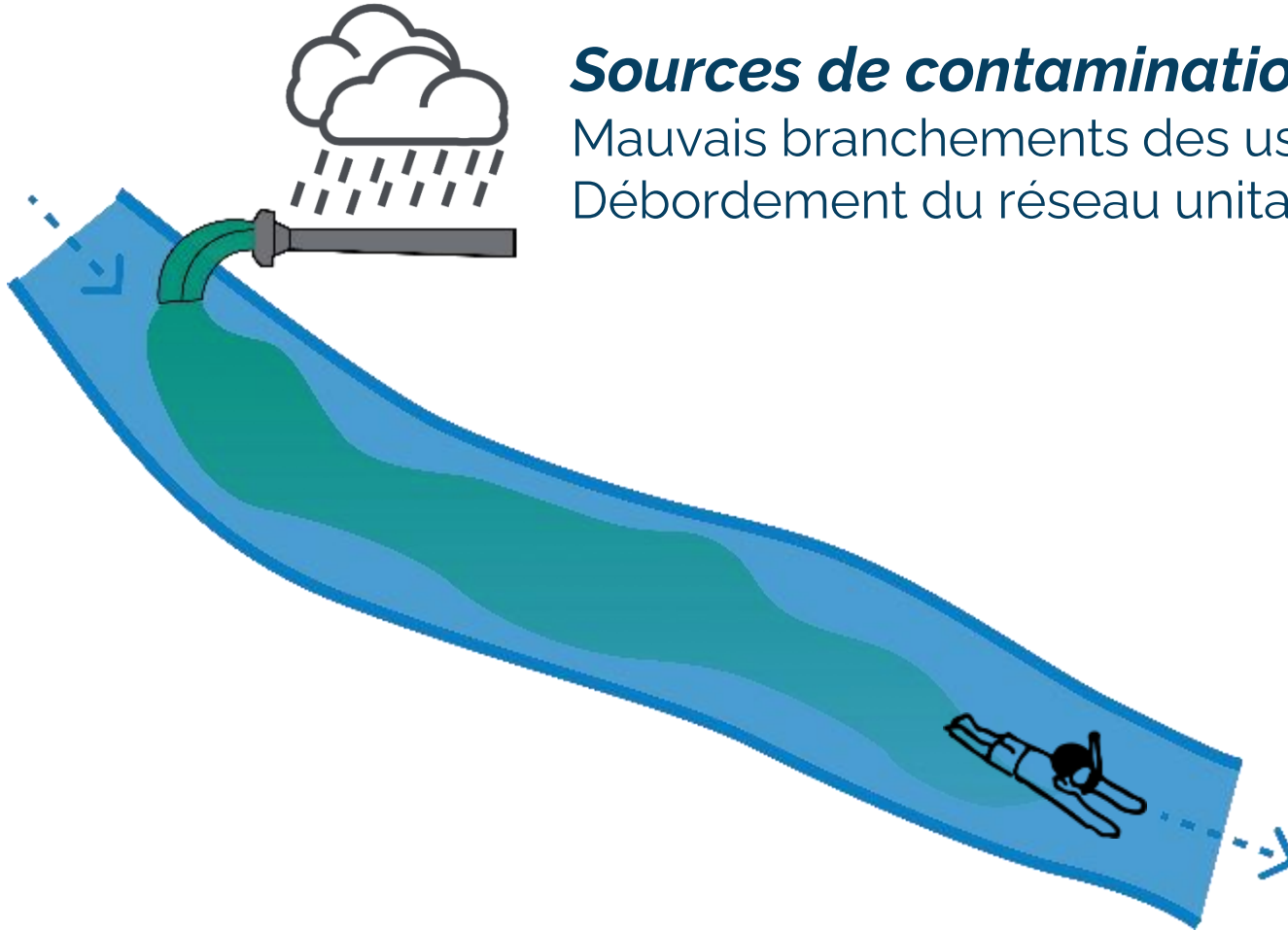
# Sites d'étude



# Les risques sanitaires

## Sources de contamination

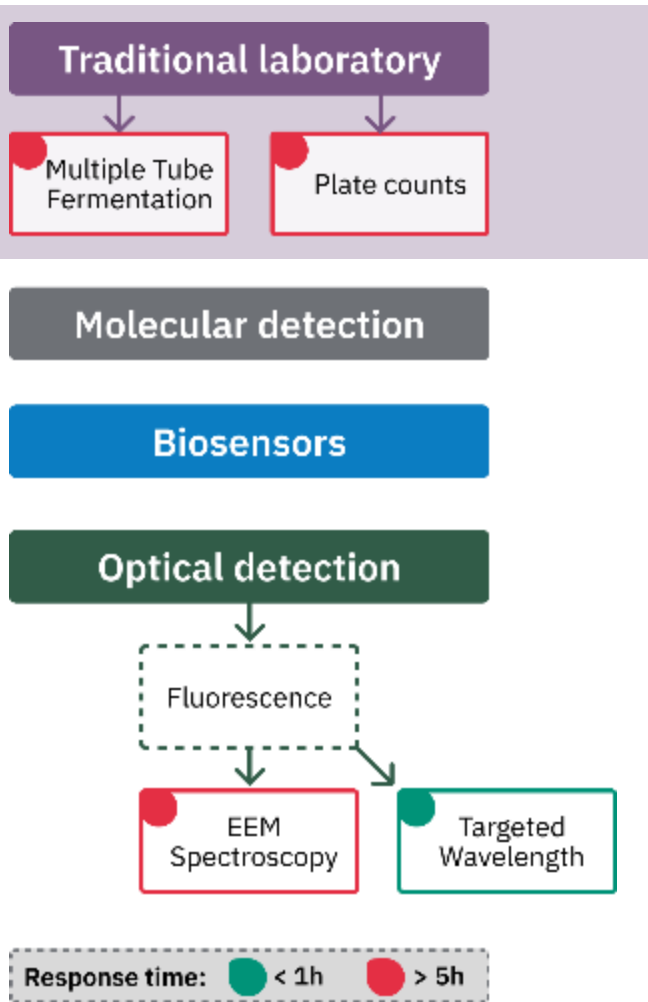
Mauvais branchements des usagers au réseau d'eaux pluviales  
Débordement du réseau unitaire



**Quand ?** Après des épisodes de pluie

**Quels indicateurs ?** Bactéries Indicatrices Fécales (Directive 2006/7/EC)

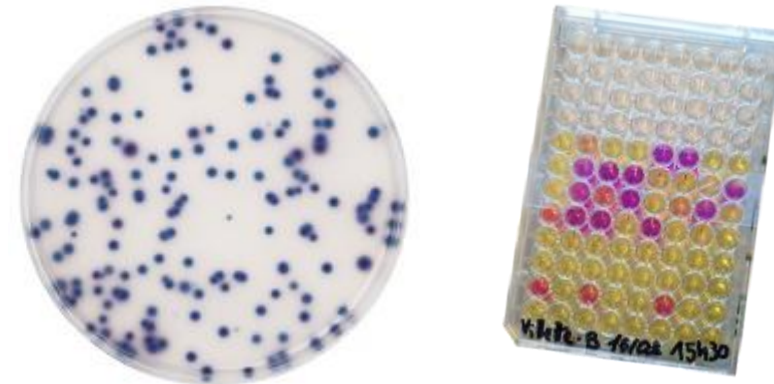
# Quels indicateurs d'une contamination microbiologique?



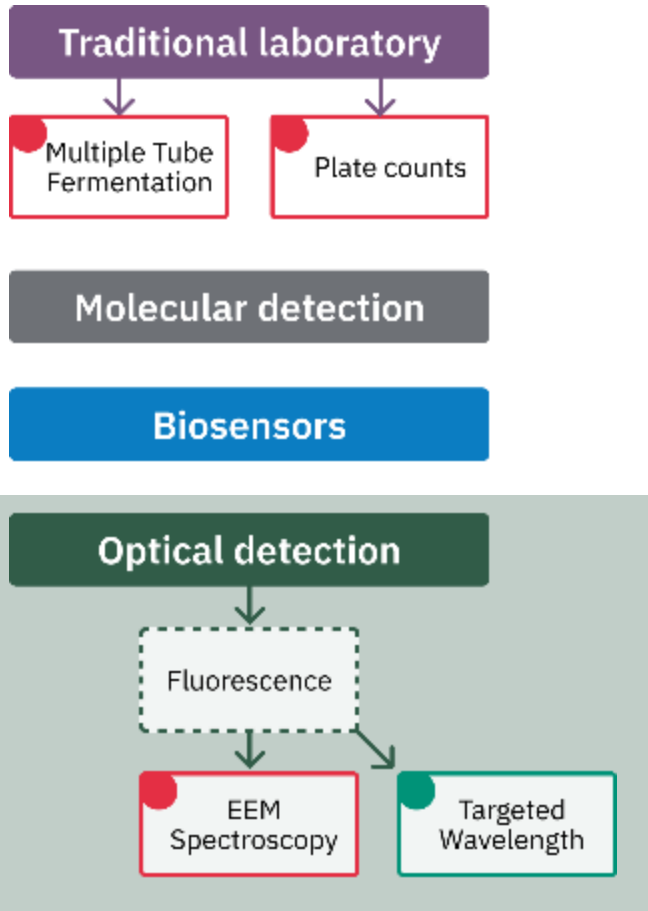
Adapted from (Gunter et al., 2023)

## Méthodes de référence

- Mesures en laboratoire des BIF
- Méthodes normées (ISO 9308, ISO 7899)
- **24h de délai**



# Quels indicateurs d'une contamination microbiologique?



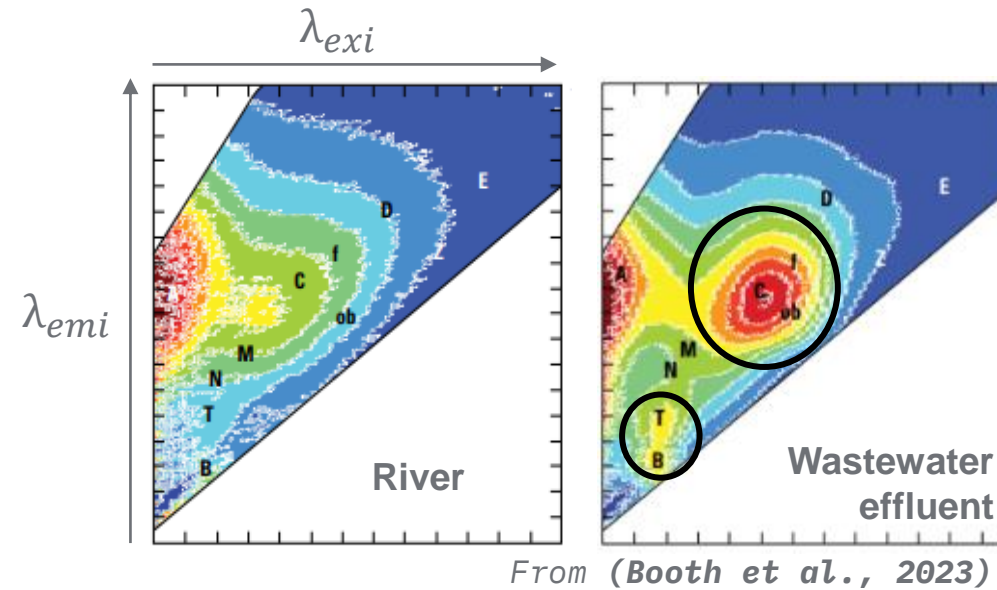
Response time: ● < 1h ● > 5h

Adapted from (Gunter et al., 2023)

## Détection optique

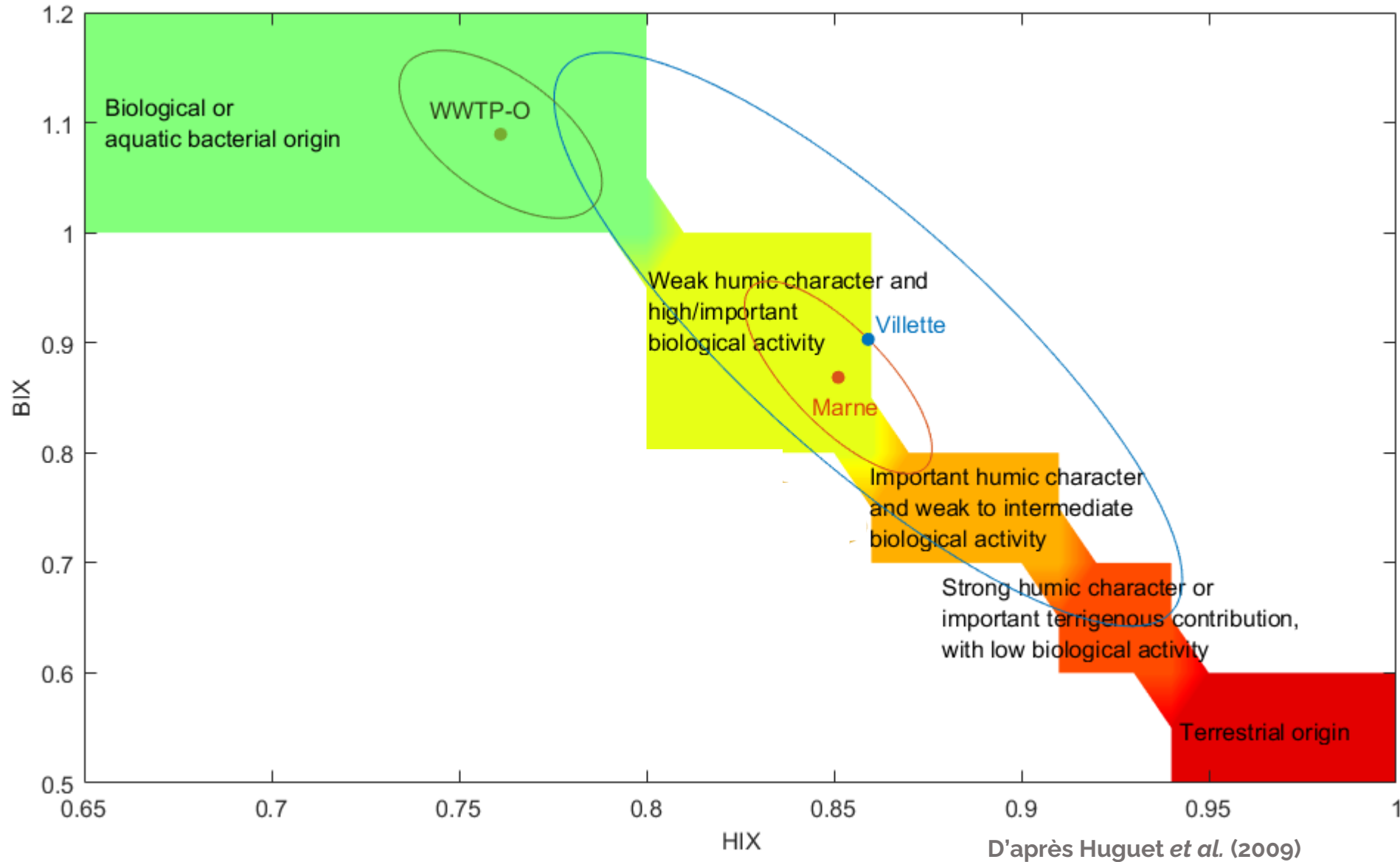
### Fluorescence de la matière organique dissoute

- Méthodes indirectes → proxy
- Matrices EEM → signature d'un échantillon d'eau

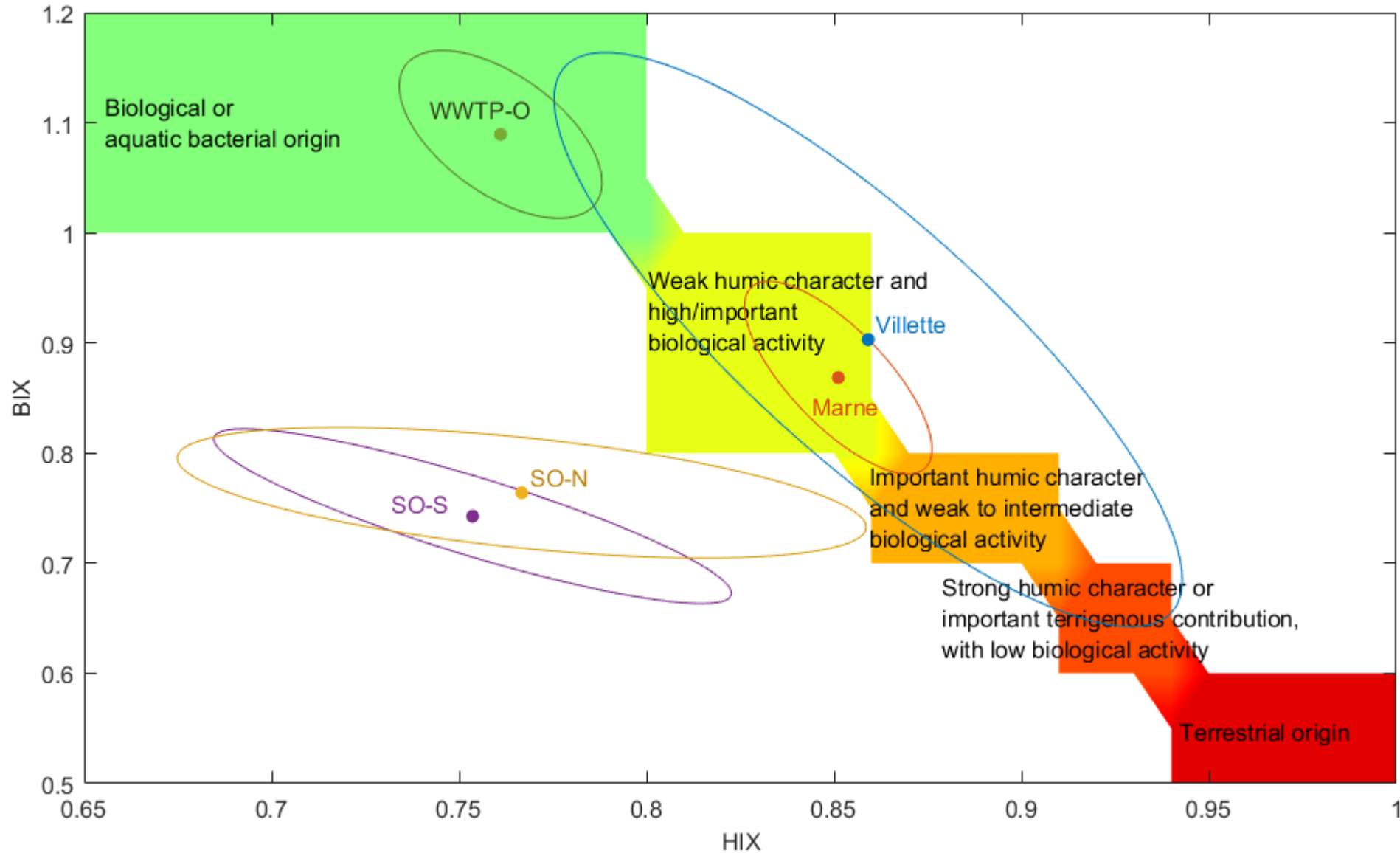


Thèse de  
Natalia Angelotti

# Fluorescence de la MOD dans les milieux aquatiques



# Fluorescence de la MOD dans les milieux aquatiques



« signature »  
Eau usée  
TLF et CDOM



Angelotti et al., 2024



# Campagnes de mesure

## Le bassin de La Villette été 2023

- LEESU & Ville de Paris

## La Marne oct 2023 → sep 2025

- LEESU & SMV

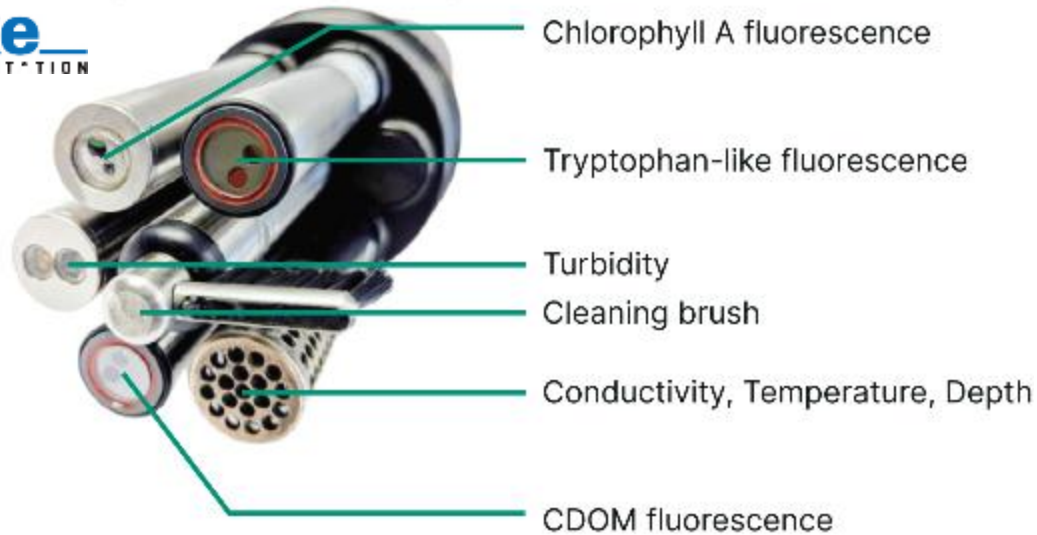
## La Seine septembre 2024

- LEESU & Ville de Paris



BacTrack probe

**nke**  
INST'UMENTATION

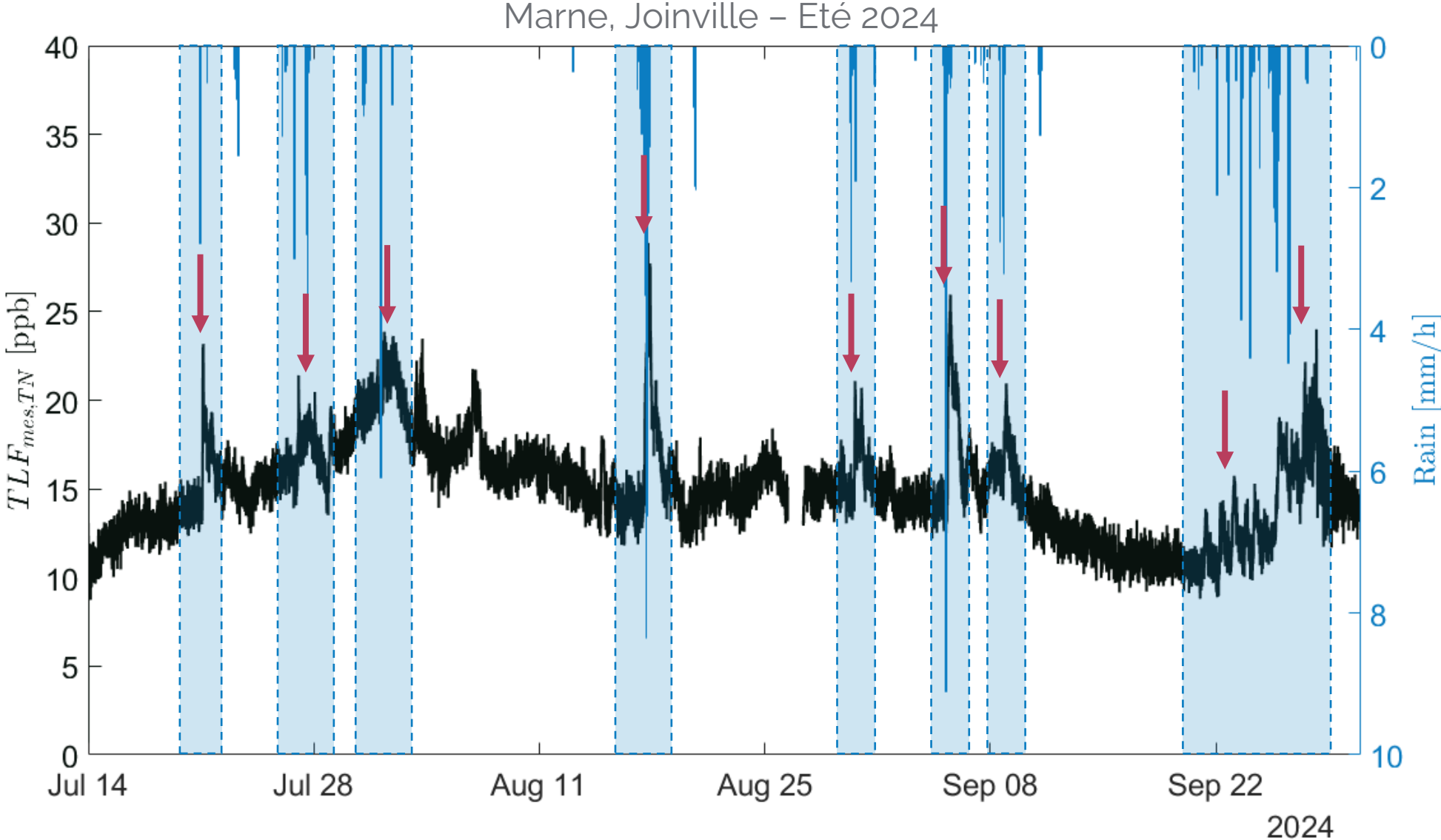


eurostars™

FORBATH

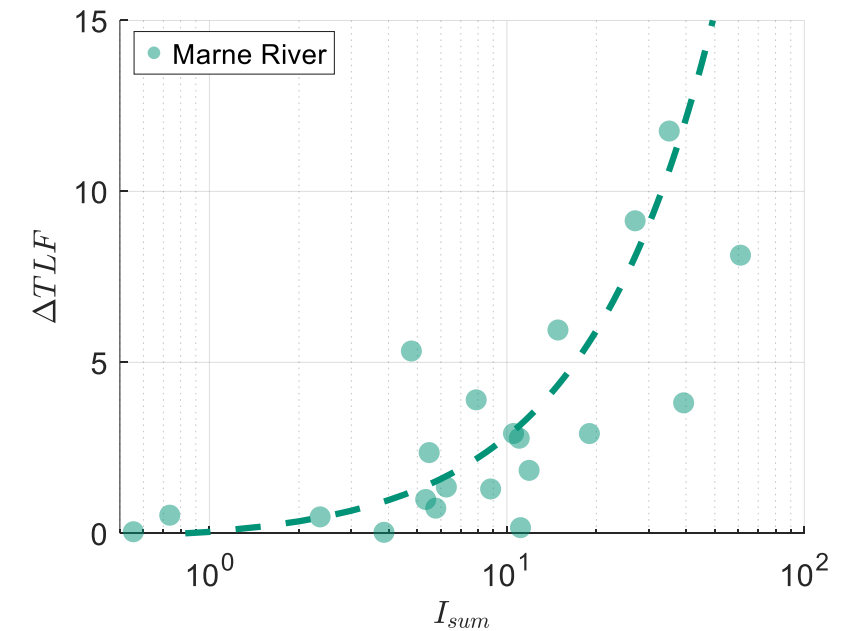
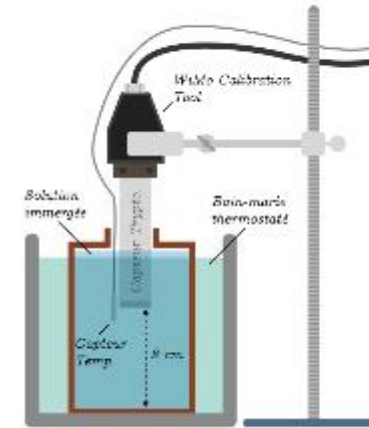
**nke**  
INST'UMENTATION

# Exemple de mesures en Marne



# Bilan des campagnes

- Capteurs TLF pour mesurer les BIF en temps réel : **configuration, étalonnage, correction**
- **Déploiement** de capteurs sur 3 sites d'étude et **comparaison** de l'échantillonnage réglementaire aux mesures de proxy
- Les mesures haute fréquence de proxy permettent d'**identifier** et d'**isoler** les événements de contamination avec une meilleure **résolution** temporelle → la modélisation

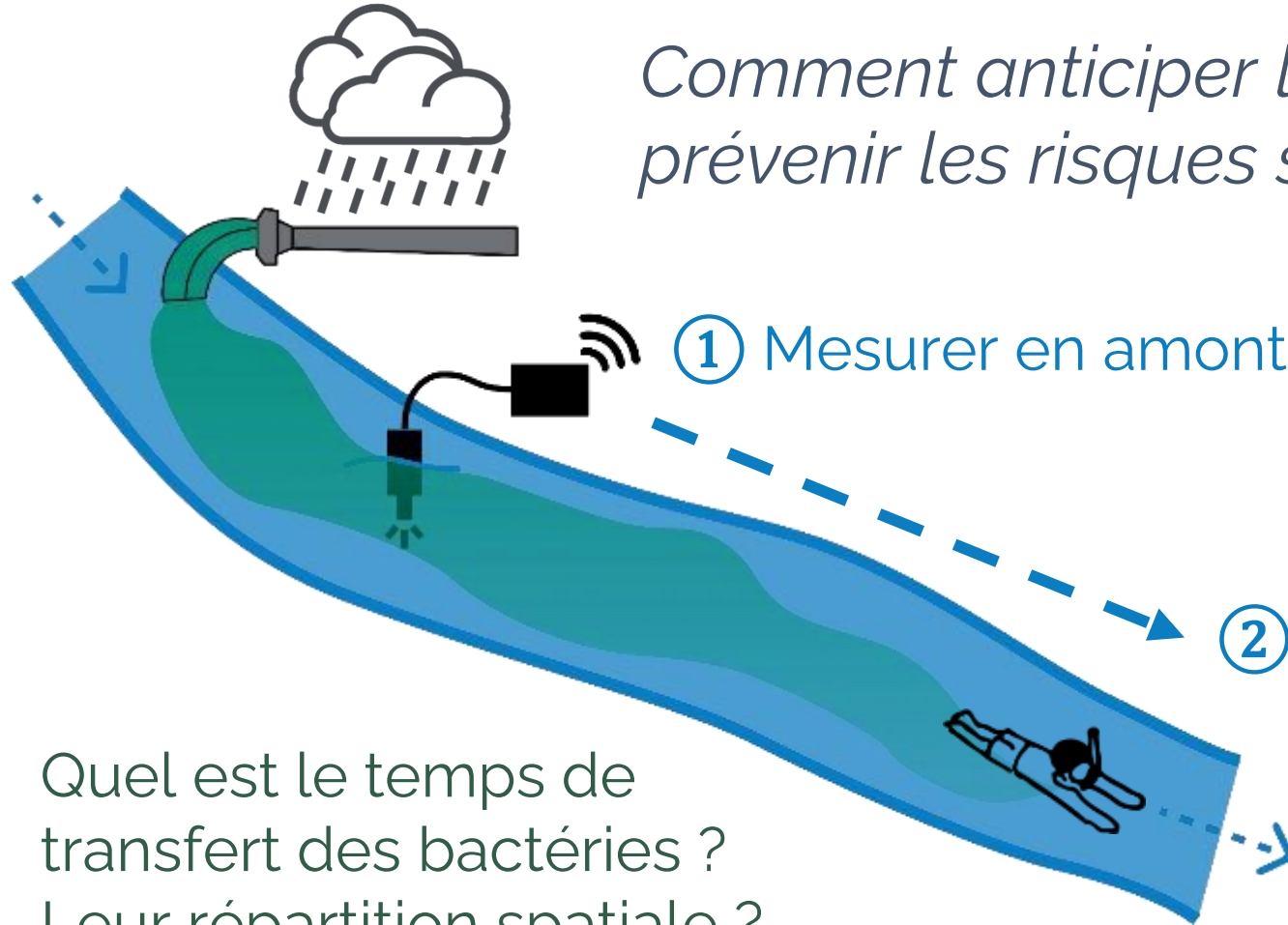


# Quels modèles ?

- Préviation à court terme d'un dépassement de seuil de baignabilité
- Système d'alerte
  - Distribution spatio-temporelle de la contamination
    - Modèle à base physique + proxy à fréquence élevée
    - Bassin de la Villette
  - Préviation basée sur les données hydro-météorologiques
    - Suivi historique des contaminations
    - Villette et Seine à Paris JOP 2024

# Concept

*Comment anticiper les pics de contamination et prévenir les risques sanitaires ?*



Quel est le temps de transfert des bactéries ?  
Leur répartition spatiale ?

② Transporter vers la baignade

Le seuil de baignabilité est-il franchi ? Pour quelle durée ?

# Le bassin de la Villette

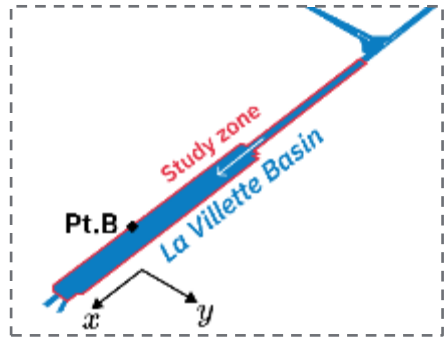
Suivi au Leesu **depuis 2019**

**2 doctorats**

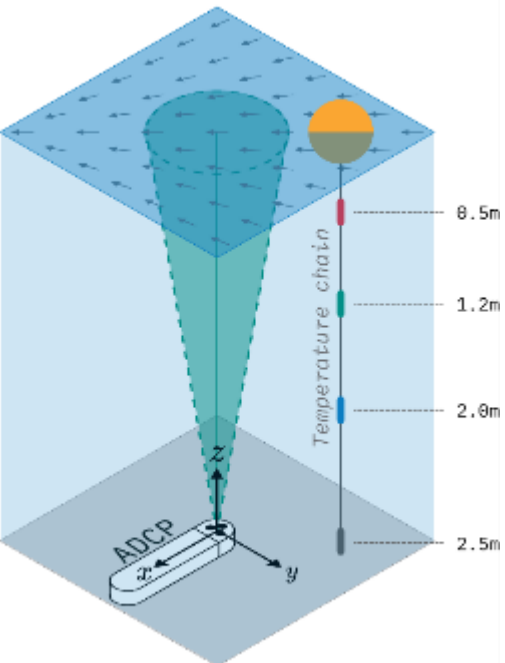
Natalia Angelotti & Arthur Guillot - Le Goff



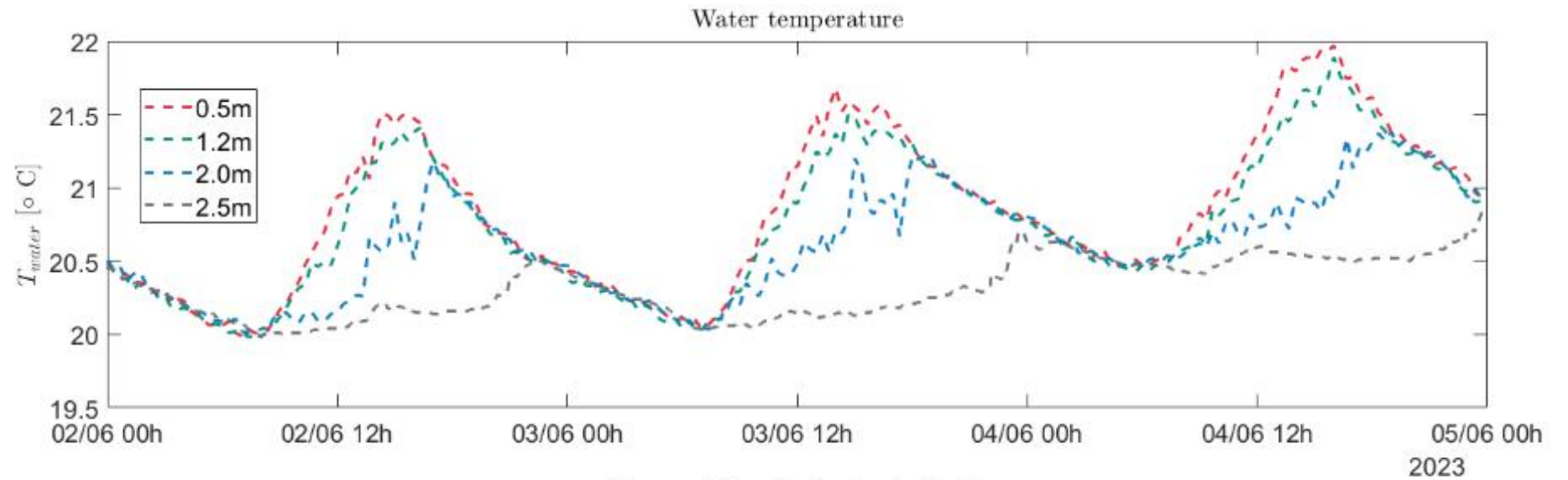
# Régime thermique et vitesses d'écoulement



Surface



River bed

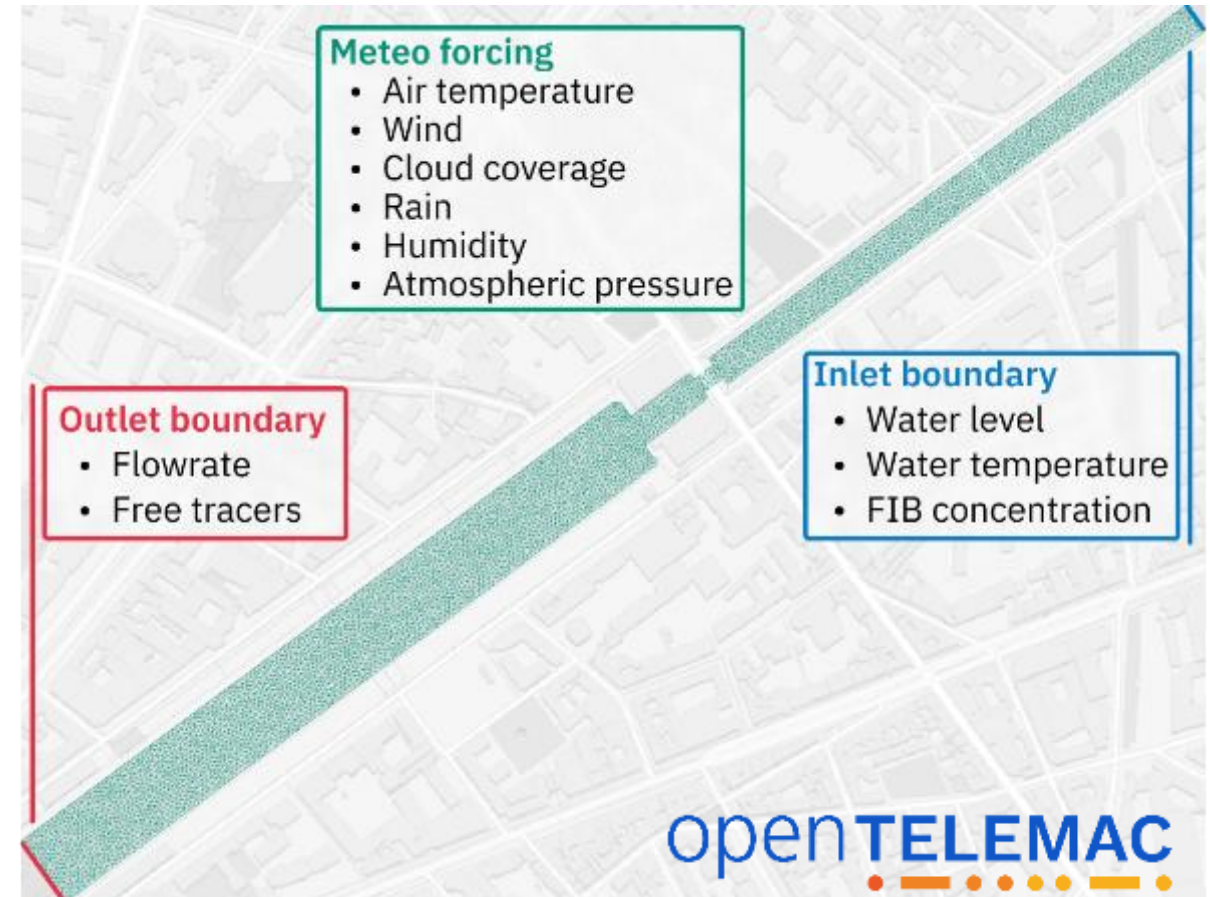


# Fonctionnement thermo-hydraulique du bassin de la Villette et impact sur le transport des BIF

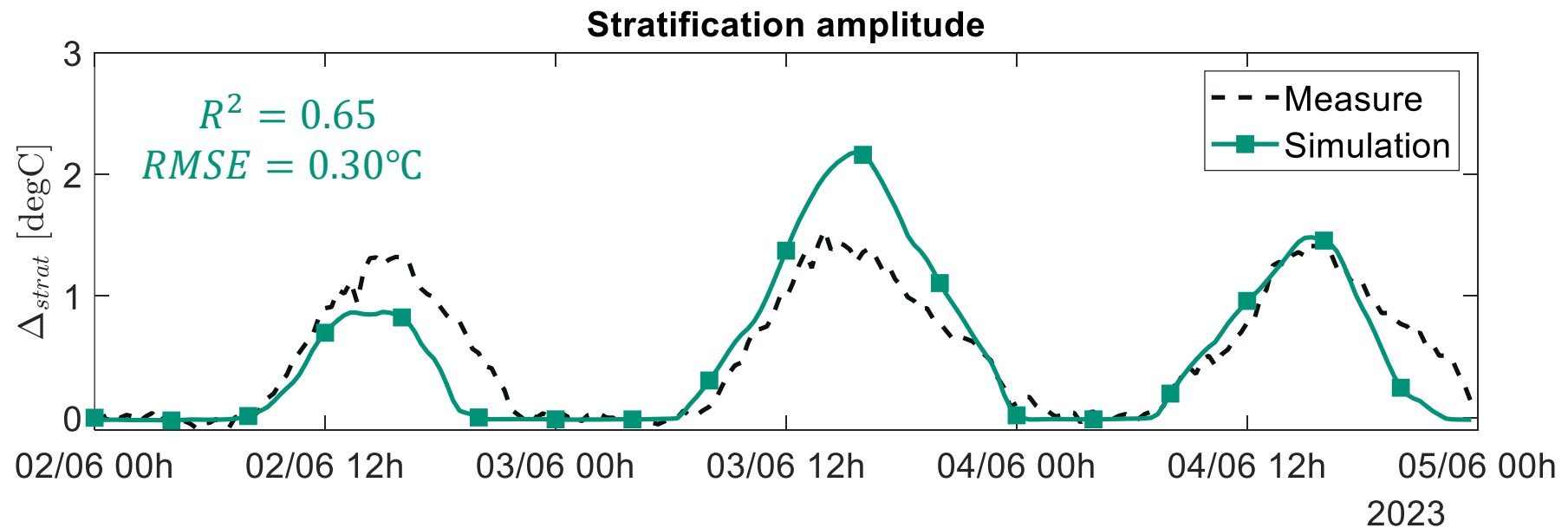
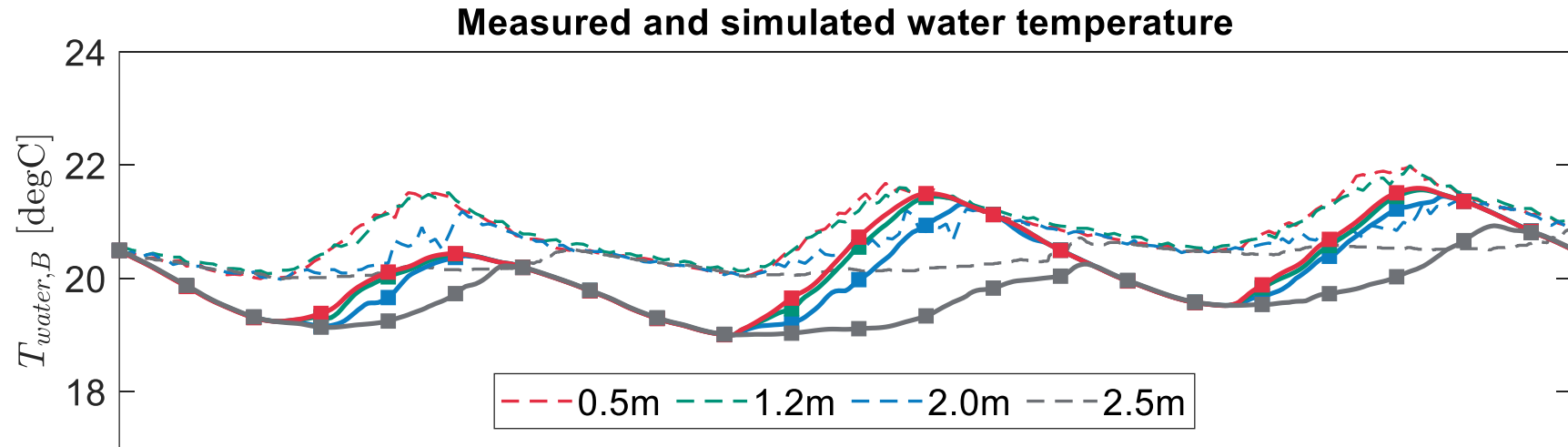
## Modèle thermo-hydraulique

openTELEMAC

- Suite logicielle openTELEMAC
- Modèle hydraulique 3D
- TELEMAC-3D
- Echange de chaleur avec l'atmosphère
- Stratification thermique
- Impact sur les vitesses et directions de l'écoulement

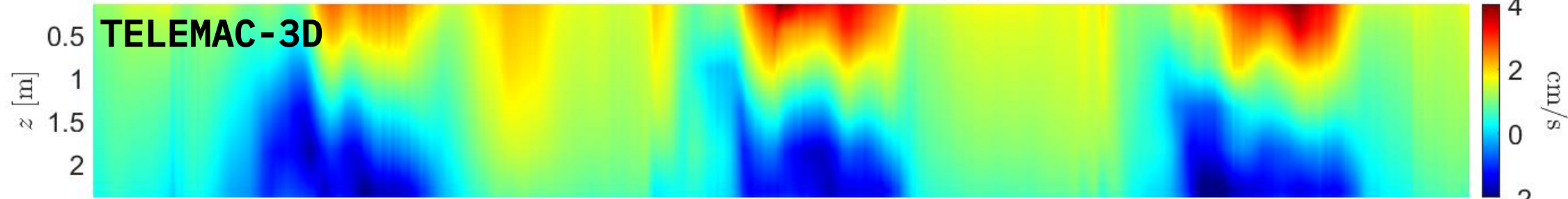


# Simulation thermo-hydraulique

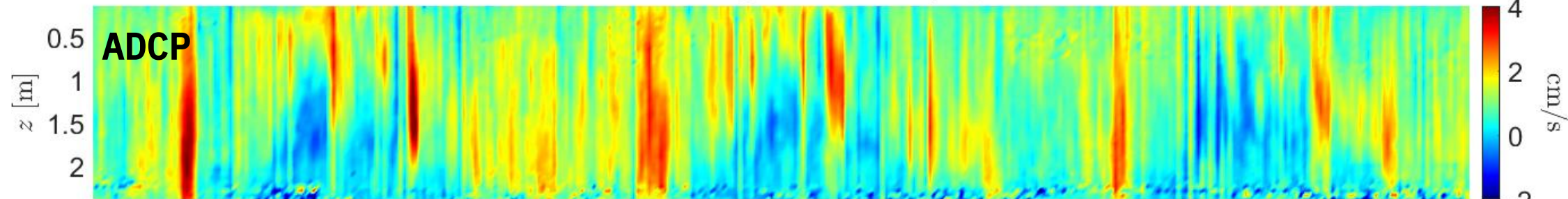


# Simulation thermo-hydraulique

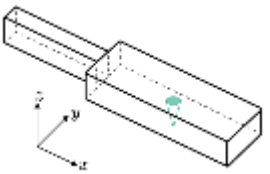
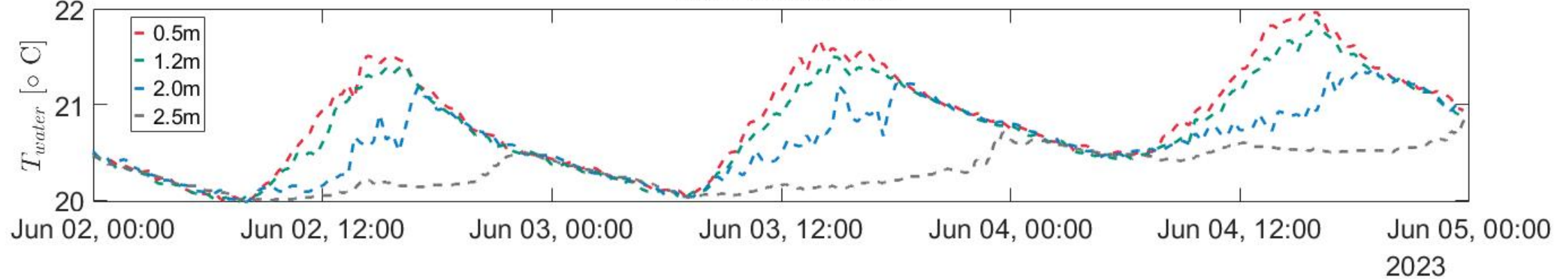
Simulated longitudinal velocity  $V_x$



Measured longitudinal velocity  $V_x$



Water temperature



# Cas test : été 2021

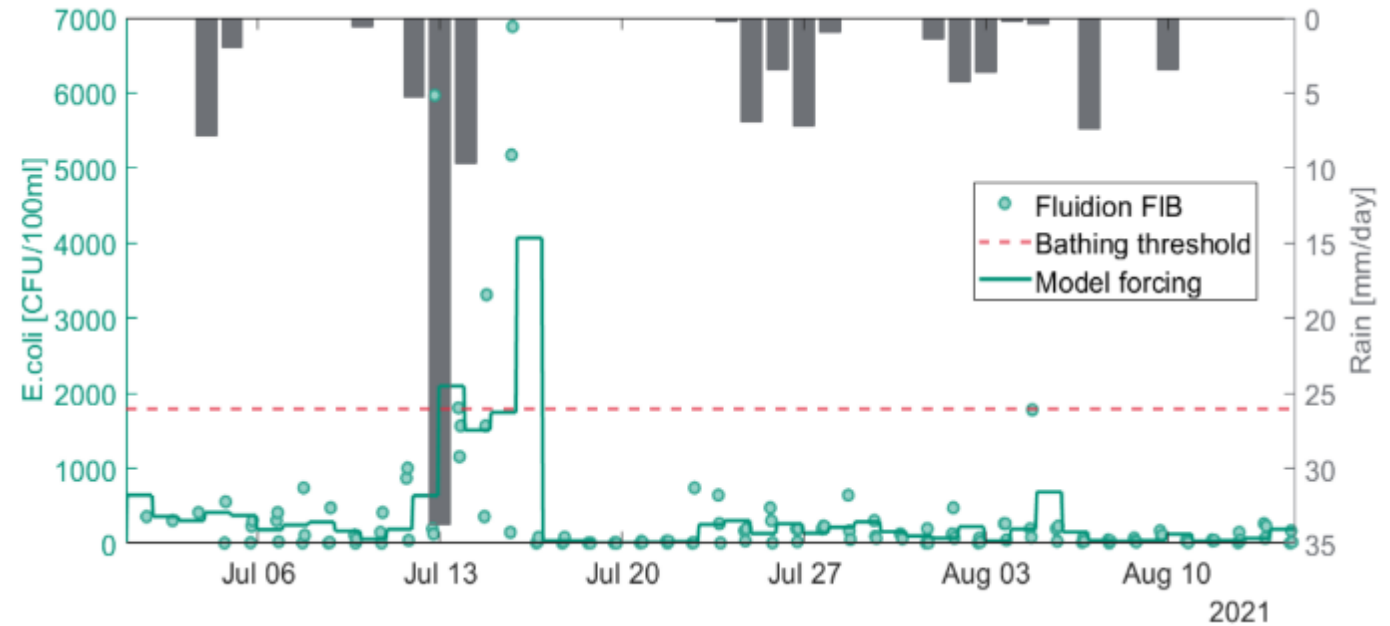
## Objectif

**Simulation rétrospective** de l'été 2021

Anticiper une éventuelle fermeture et la réouverture de la baignade

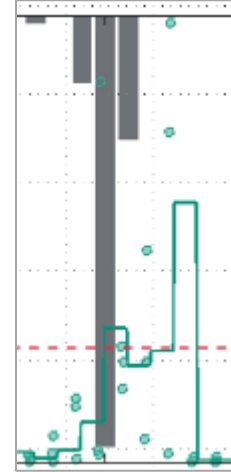
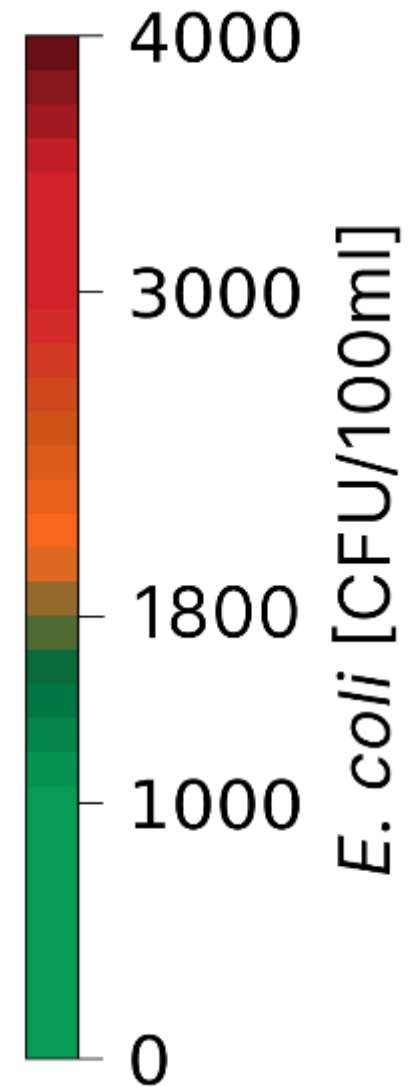
## Sources des données

- Station de suivi de la température et du niveau de l'eau
- Données météorologiques Météo-France
- Données journalières d'activité enzymatique des BIF (Fluidion, conversion en concentration par la Ville de Paris)

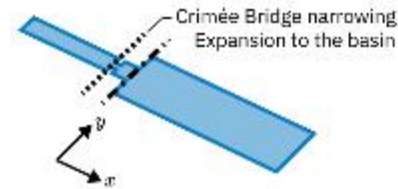
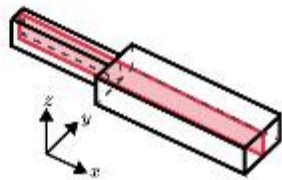
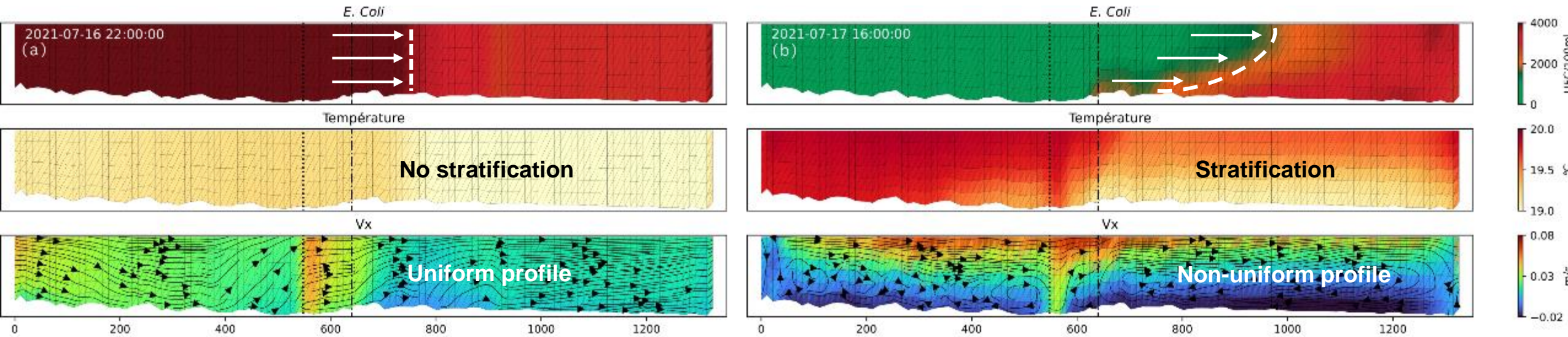


Données *E. coli* Ville de Paris; Données de pluie Météo-France

# Transport du pic de contamination



# Influence de la stratification sur le transport des BIF

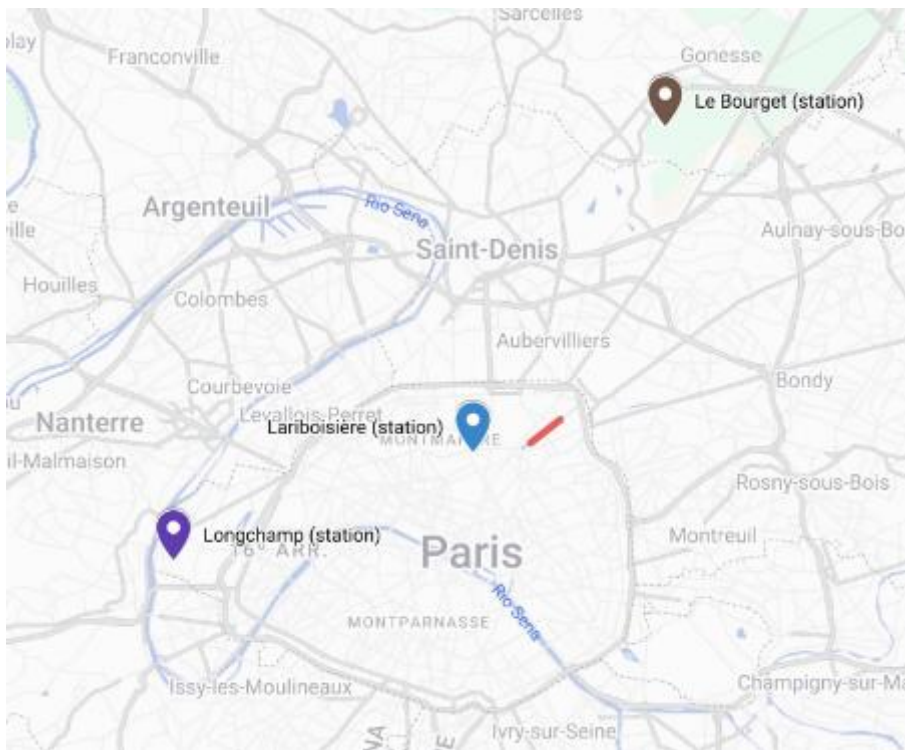


Guillot – Le Goff et al., 2024



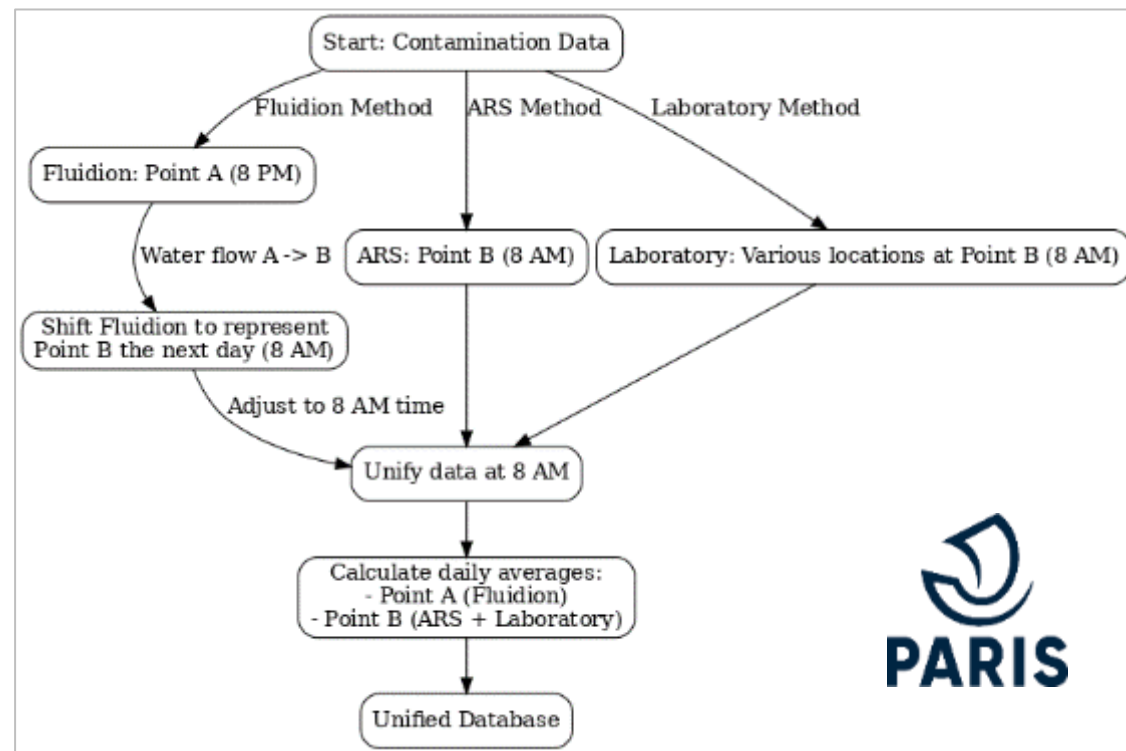
# Prévision de contamination basée sur les prévisions hydro-météorologiques

Stage de Hamilton Mussi Correa (2025)



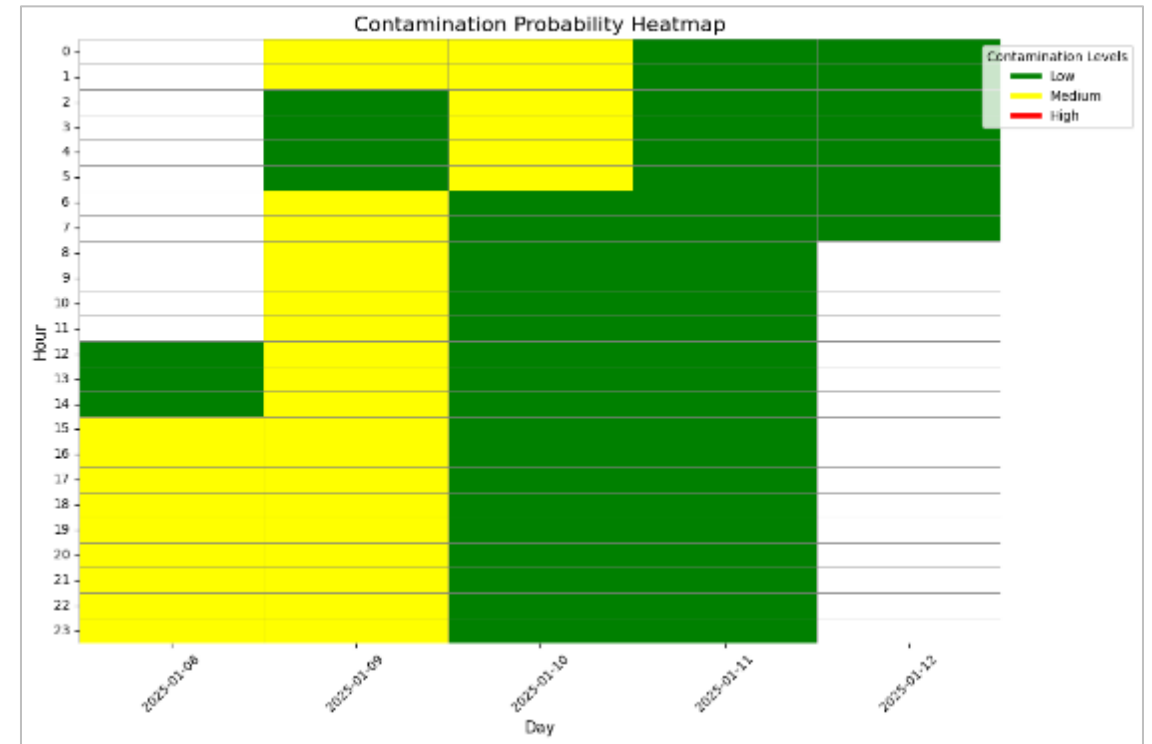
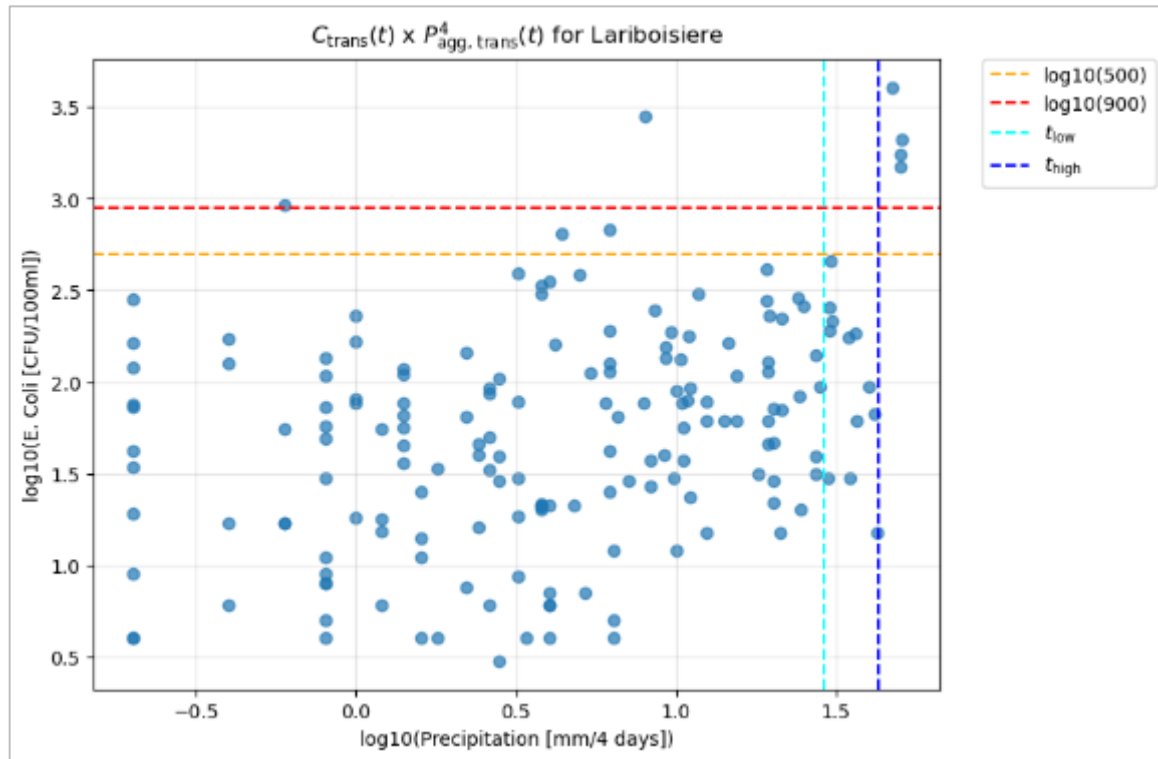
Chaine de traitement

→ base de données unifiée de concentrations en *E. coli*



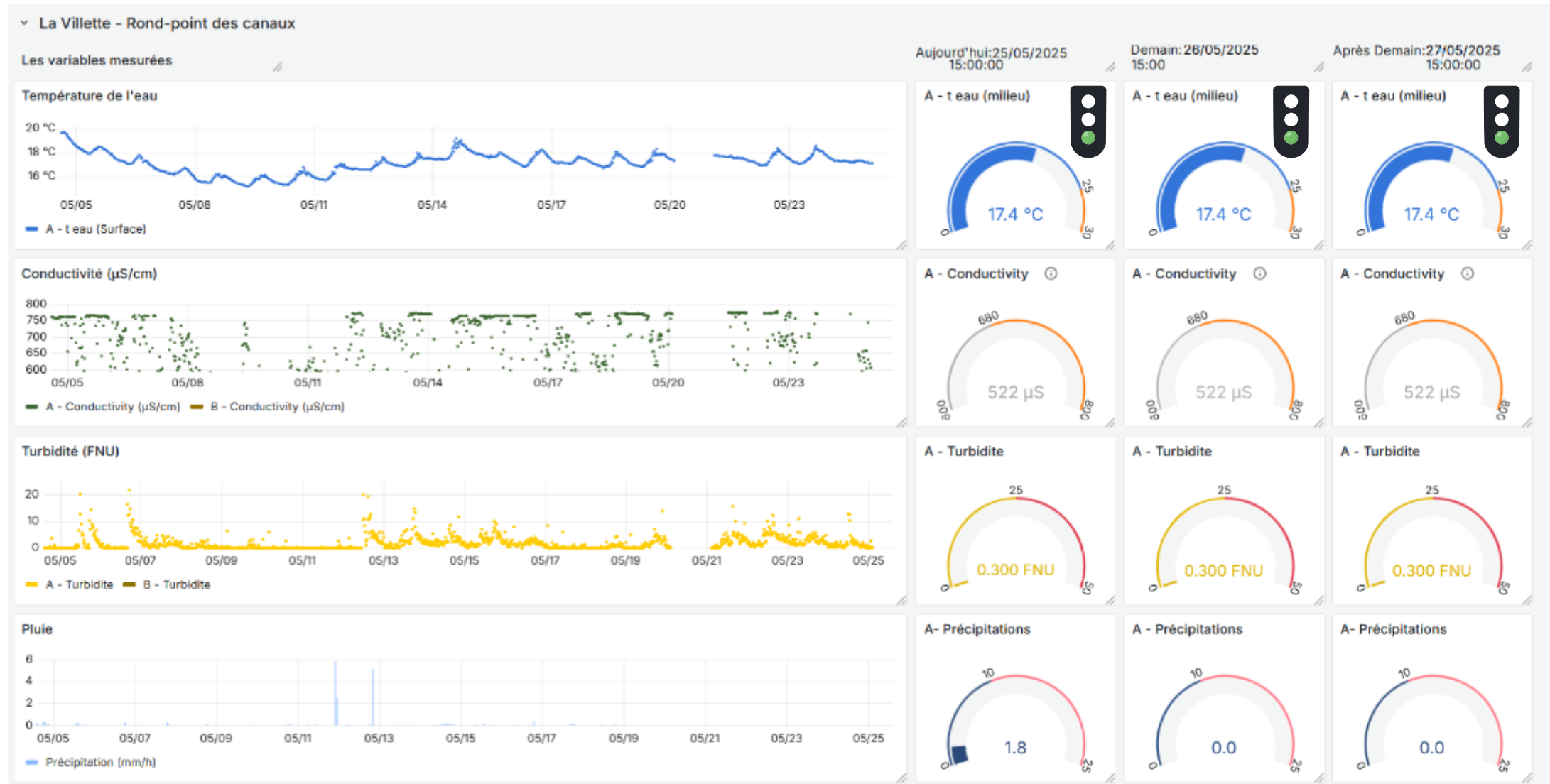
Données *E. coli* Ville de Paris; Données de pluie Météo-France

# Classification des pluies et des risques de contamination



# La Villette - Dashboard de suivi et de prévision

Philippe Dubois



# Prévoir les contaminations microbiologiques à partir des prévisions hydro-météorologiques

## La Seine

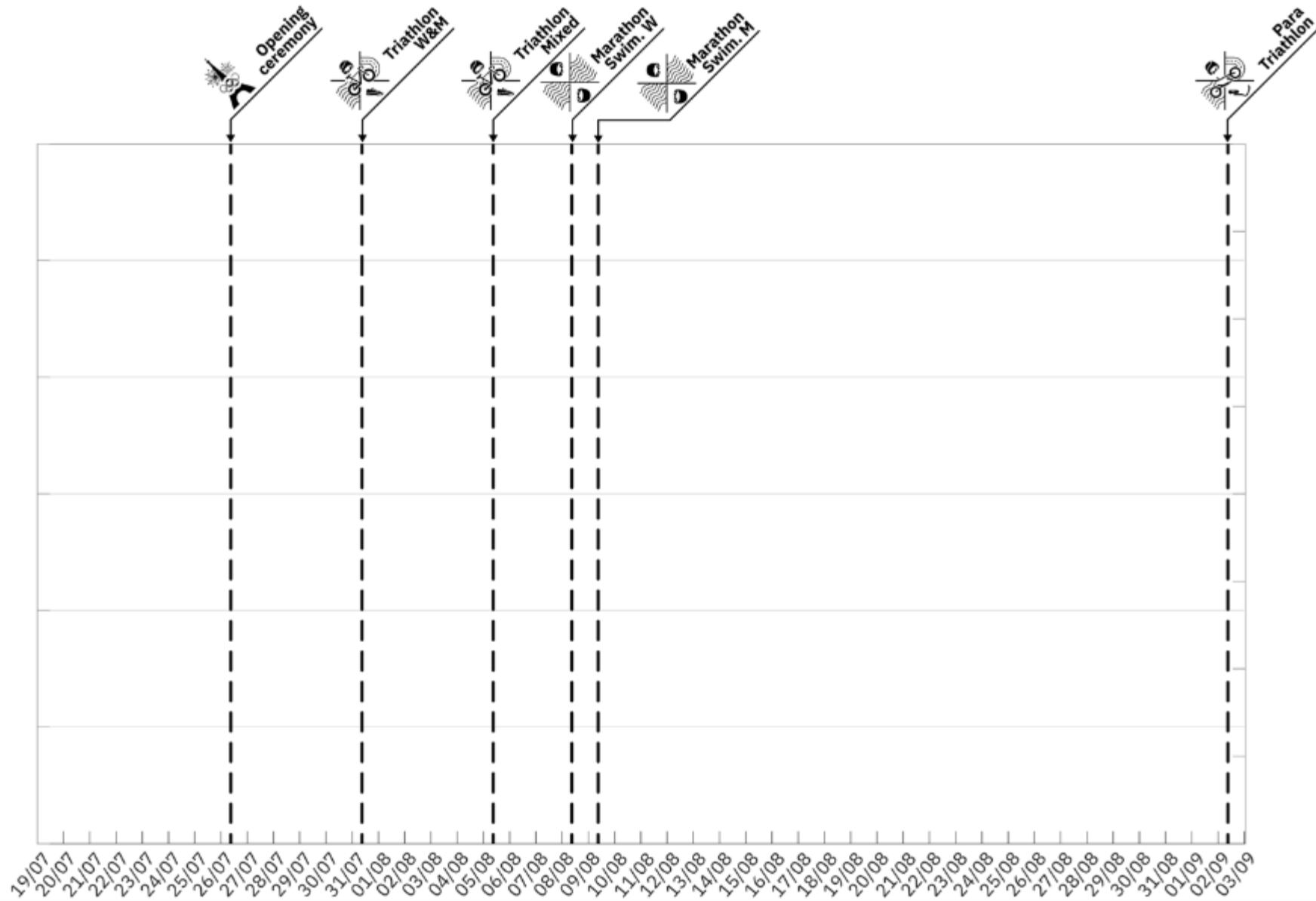


## Projet Eau Libre



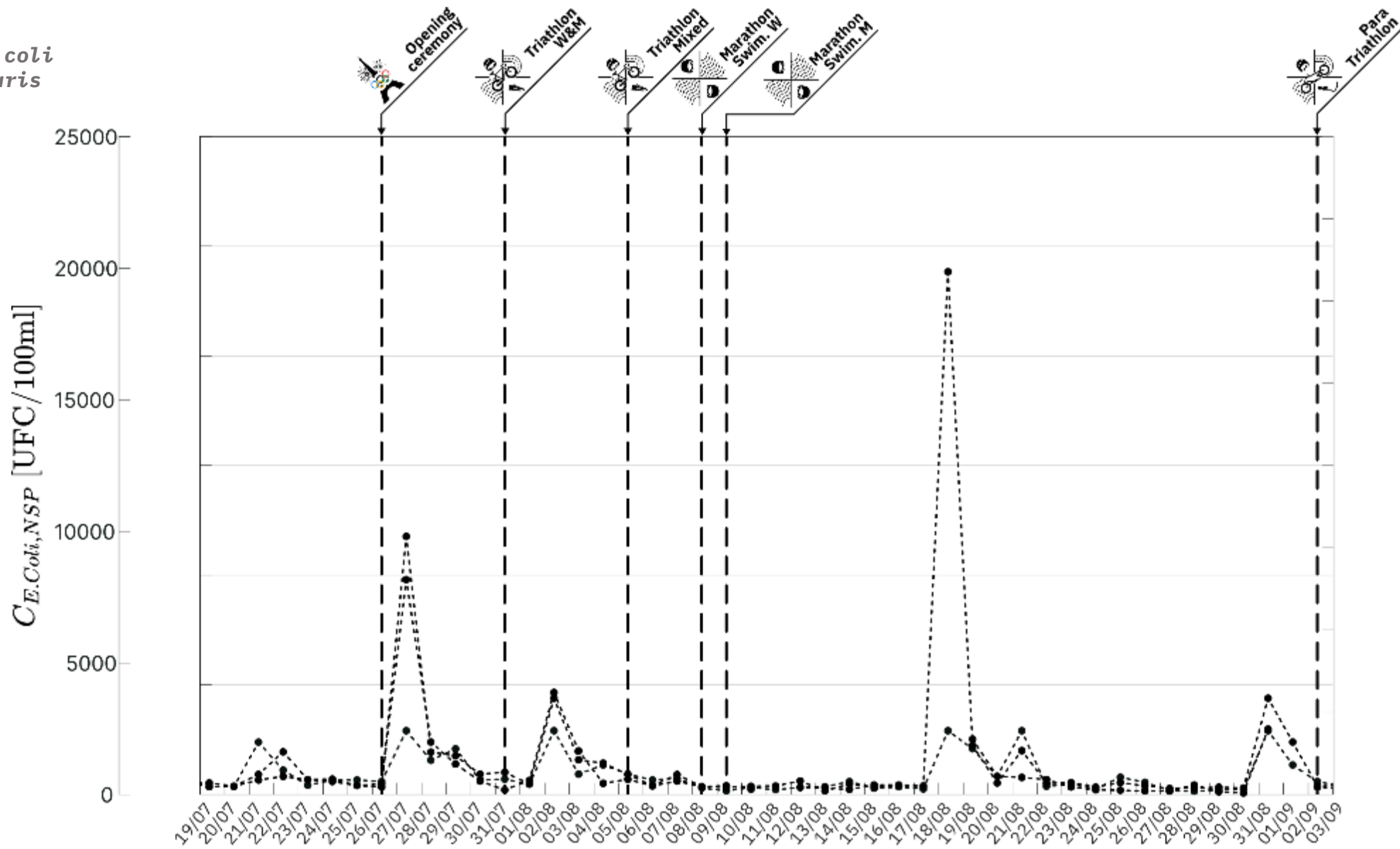
(Guillot-Le Goff *et al.*, 2025)

# 2024 JOP validation de la méthode



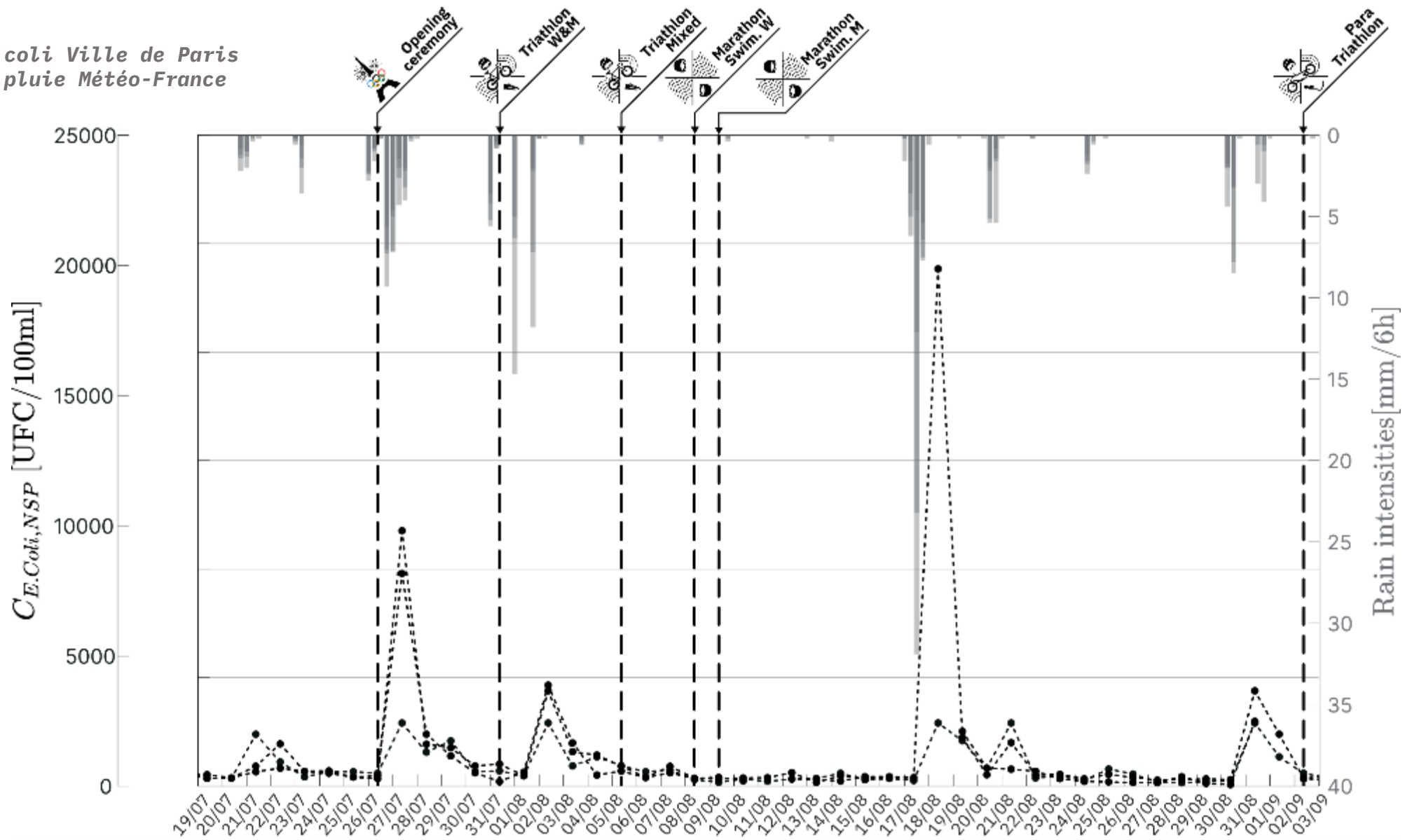
# 2024 JOP validation de la méthode

Données *E. coli*  
Ville de Paris



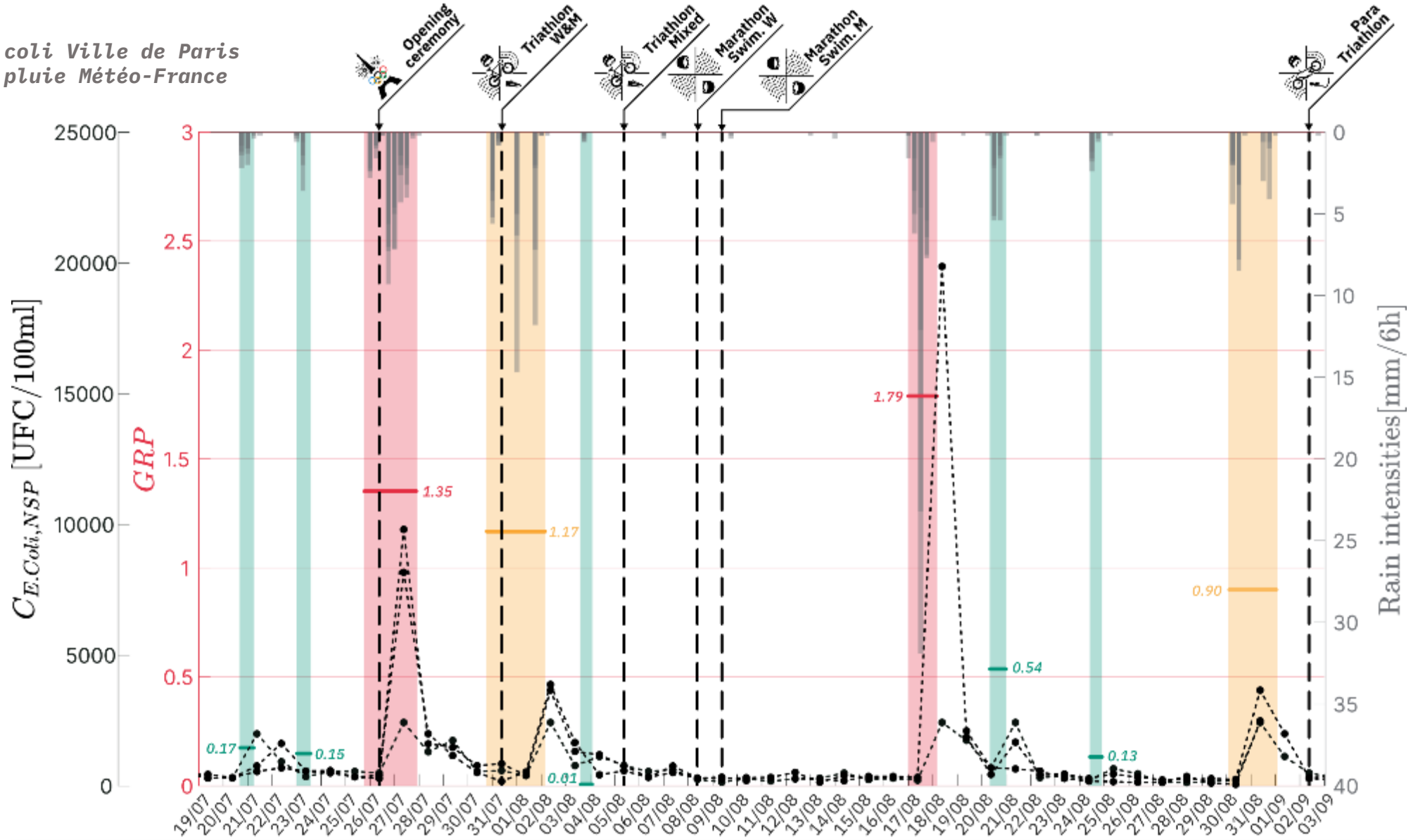
# 2024 JOP validation de la méthode

Données *E. coli* Ville de Paris  
Données de pluie Météo-France



# 2024 JOP validation de la méthode

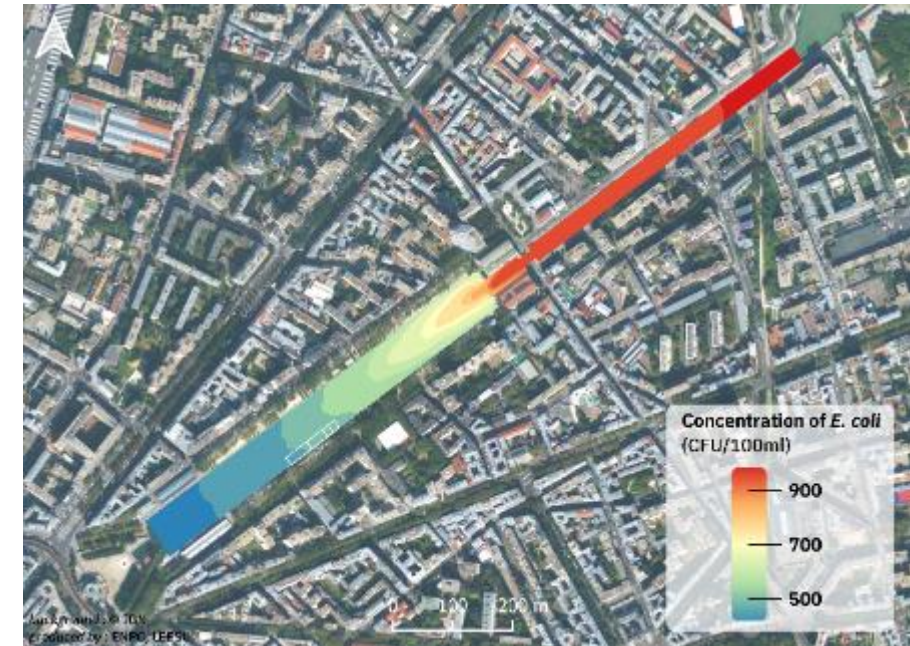
Données *E. coli* Ville de Paris  
Données de pluie Météo-France



# Principaux résultats

1. **Fluorescence** de la matière organique dissoute comme **proxy** pour un suivi en temps réel de la **contamination microbiologique**
2. **Fonctionnement hydraulique et thermique** du bassin de la Villette (débit, vitesses d'écoulement, stratification thermique) et de son **impact sur le transport des contaminants**
3. **Modèle hydrodynamique 3D** du système Villette et du bief de Marne Joinville-Champigny
4. **Modèles de prévision statistiques** (non supervisé, IA) à partir de données hydro-météo
5. **Jeu de données à fréquence élevée**: TLF, CDOM, température de l'eau, conductivité, turbidité ...
6. **Dashboard** pour le suivi et la prévision des niveaux de *E. coli*
7. **Articles**
8. **3 doctorats**
9. **Vidéo** sur la baignade au bassin de la Villette <https://bit.ly/3xAzbwm>

La Villette



La Marne



# Publications & communications

## 1. Doctorats

- Natalia Angelotti de Ponte Rodrigues (2023) Open water swimming : Monitoring and hydrodynamic modelling for sanitary conditions assessment <https://pastel.hal.science/tel-04579413v1>
- Arthur Guillot – Le Goff (2025) Modélisation hydrodynamique et microbiologique des milieux aquatiques urbains pour la prévention des risques sanitaires de baignade en eau libre <https://theses.fr/s347265>

## 2. Articles

- Angelotti de Ponte Rodrigues, N., Carmigniani, R., Guillot-Le Goff, A., ... & Vinçon-Leite, B. (2024). Fluorescence spectroscopy for tracking microbiological contamination in urban waterbodies. *Frontiers in Water* <https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1358483>
- Guillot - Le Goff, A., Rodrigues Angelotti, N. A., Carmigniani, R., & Vinçon-Leite, B. (2025). Comment surveiller et prévoir la qualité microbiologique des sites de baignade dans les cours d'eau urbains ? Le site d'étude du bassin de la Villette (Paris). *TSM. Techniques Sciences Méthodes* <https://doi.org/10.36904/tsm/202412219>
- Guillot - Le Goff, A., Carmigniani, R., & Vinçon Leite, B. (2025). Capteurs en ligne et modèles prédictifs : Des plateformes numériques pour surveiller la qualité microbiologique des milieux aquatiques urbains. *Transitions*. <https://hal.science/hal-05477690v1> ,
- Carmigniani, R., Guillot - Le Goff, A., & Vinçon Leite, B. (2025). Usages récréatifs des cours d'eau : Activités sportives en eau libre. *Transitions*. <https://hal.science/hal-05477661v1>

## 3. Communications en congrès

- Angelotti, N., Araujo, L., Arthur Guillot-Le Goff, Dubois, P., ..., & Vinçon-Leite, B. (2023). Fluorescence spectroscopy of dissolved organic matter for water quality monitoring in urban waterbodies. *Novatech 2023 - Urban water*, Lyon, France.
- Vinçon-Leite, B., Angelotti de Ponte Rodrigues, N., Guillot - Le Goff, A., Carmigniani, R., Silva, R. L. D., Dubois, P., Saad, M., Lucas, F., Naloufi, M., & Therial, C. (2023). 3D hydrodynamic modelling for the assessment of water quality in urban waterbodies – application to Bassin de La Villette (Paris, France), Modélisation hydrodynamique 3D pour l'évaluation de la qualité de l'eau en milieu urbain – application au Bassin de La Villette (Paris, France). *Novatech 2023*. <https://hal.science/hal-04185039>
- Angelotti, N., Guillot - Le Goff, A., Carmigniani, R., & Brigitte, V.-L. (2022). Open water swimming in urban areas E. coli distribution with TELEMAC-3D. XXVIIIth TELEMAC User Conference. <https://hal.science/hal-03927483>
- Angelotti, N., Vinçon-Leite, B., & Carmigniani, R. (2021). Hydrodynamic modelling for early warning of sanitary risks in open swimming waters. 2020 TELEMAC-MASCARET User Conference, 2020 TELEMAC-MASCARET User Conference proceedings. <https://hal.science/hal-03722844>
- Guillot - Le Goff, A., Angelotti, N., Carmigniani, R., Souza, G. C., Saad, M., Dubois, P., & Vinçon-Leite, B. (2023). Prédiction de la qualité microbiologique des milieux aquatiques : Modélisation hydrodynamique pour anticiper des épisodes de contamination microbiologique sur des sites de baignade urbaine. *Novatech 2023*. <https://hal.science/hal-04176992>
- Vinçon-Leite, B., Angelotti, N., Arthur Guillot-Le Goff, Carmigniani, R., Lacerda, R., Dubois, P., Saad, M., Lucas, F., Naloufi, M., & Therial, C. (2023). 3D hydrodynamic modelling for the assessment of water quality in urban waterbodies – application to Bassin de La Villette (Paris, France). *Novatech 2023*, Lyon, France.
- Vinçon-Leite, B., de Moura Contente, H., Angelotti Rodrigues, N., Clercin, N., Bezerra, F., Piccioni, F., Lemaire, B., Lucas, F., Paz, I., & Carmigniani, R. (2022). Forecasting sanitary risks for open-water swimming in urban areas. *IWA World Water Congress*. <https://enpc.hal.science/hal-04216169>
- Vinçon-Leite, B., Moura, H., Angelotti, N., Clercin, N., Bezerra, F., Piccioni, F., Lemaire, B., Lucas, F. S., Paz, I., & Carmigniani, R. (2021). Forecasting sanitary risks for open-water swimming in urban areas. *IWA Digital World Water Congress*, Copenhagen, Denmark.

## 4. Vidéo sur la baignade au bassin de la Villette <https://bit.ly/3xAzbwm>





Merci !