



# Les défis de la ville en transition

Bilan & perspectives de recherche



## DEUFI

### DEtailing Urban Flood Impact

### 2019-2023

### Sébastien Proust, INRAE



# Session 8 : Eau en ville

## DEtailing Urban flood Impact (DEUFI)

Partenaires: 9 instituts publiques + 1 entreprise privée\*

- INRAE (RiverLy), Lyon
- Artelia\*, Grenoble
- Cerema, Compiègne
- G-Eau, Montpellier
- LAGAM, Montpellier
- Icube, Strasbourg
- LMFA-INSA , Lyon
- KICT, Séoul, Corée du sud
- Université de Liège, Belgique
- Hydrosiences, Montpellier

- **Durée** : 01/01/2019 → 15/08/2023
- **Coordination**: A. Paquier (→ June 22), S. Proust (→ August 23)
- **Financement** : 629 000 €
- **Coût global**: 2 200 000 €

- INRAE (RiverLy):
  - M. Mejia (**doctorant**); D. Sigaud (**technicien**)
- LAGAM, Univ. Montpellier 3:
  - C. Fribault (**ingénieur**)
  - C. Monteil (**post-doctorante**)
- Icube, ENGEES:
  - C. Choley (**doctorante**), R. Bouju (**ingénieur**)
- UMR G-EAU:
  - D. Martinez (**post-doctorant**)

# Focus et objectifs

- **Focus:** inondations en villes avec échanges d'eau entre rues et bâti



- **Objectifs:**

1. Mieux comprendre les processus hydrauliques et le niveau de risque associé à l'échelle d'un bâtiment et évaluer comment ces connaissances peuvent être utilisées pour réduire les dommages et les décès.
2. Développer ou adapter des outils de modélisation pour fournir les informations pertinentes (pour les risques et la vulnérabilité) à l'échelle d'une façade de bâtiment, d'un pâté de maisons et d'un quartier d'une ville.
3. Identifier les processus hydrodynamiques à petite échelle qui influencent les inondations à l'intérieur des zones bâties, y compris les bâtiments et les zones connectées, lors d'inondations soudaines ou de courte durée.

# Les trois échelles d'étude

- Hydrodynamique étudiée à l'échelle de:
  - La façade
    - Débit d'intrusion d'eau au travers d'une ouverture (fenêtre, porte...) est mesuré / calculé
  - Le bloc urbain
    - Différence d'aléa hydraulique (hauteur d'eau, vitesse, temps de submersion) à l'intérieur et à l'extérieur du bloc de bâti (important pour l'évaluation des dommages)
    - Effet de la porosité du bloc sur l'aléa hydraulique dans les rues
  - District
    - Propagation des inondations et incertitudes liées aux échanges d'eau entre bâtiments et rues, et à d'autres causes



# Structure du projet

- Trois 'workpackages' combinant hydraulique, économie, et sociologie
- Trois échelles

| Facade scale   | Block scale   | District scale  |
|--|---|---|
| WP1 Laboratory experiments   |   |   |
| Sensitivity of the flow intrusion towards buildings to geometrical details of the facade | Impact of opening porosity on flow depth and velocity in the block and neighboring streets.                                 | Effect of the flow intrusion towards buildings on flood dynamics flowing through the district |
| WP2 Field cases  |   |   |
| Automatic identification of facade openings  | FLOODAM tool  |   |
| Identifying inhabitants' expectations  |   | Identifying authorities' expectations   |
| Building a loss of life model  |   | Generalizing an individual loss of life model   |
| WP3 hydrodynamic models  |   |   |
| Modeling flow through one opening  | Modeling flow exchanges between streets and blocks.<br>Obtaining hydrodynamic parameters relevant for flood risk management | Identifying relevant scale for representing the street-building exchanges in a district model |

## WP2: Field cases

- Inondations à Nîmes



Richelieu district

- Inondations à Oullins



Yzeron River

Les dé

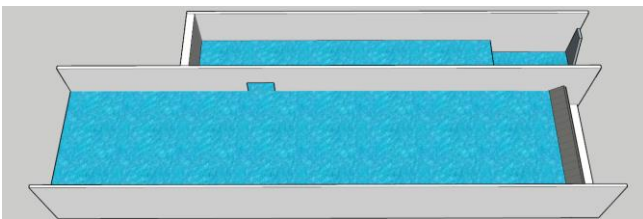
Bilan & perspectives de recherche

# Exemple de résultat: expériences à l'échelle du bloc

- WP1a – Echelle de la façade:
  - Effet de **différents types d'ouvertures** sur les débits d'intrusion dans les bâtiments et effet des **obstacles** sur ces débits
- WP1b – Echelle du bloc de bâti:
  - Effet de la **porosité** du bloc et de sa **distribution** sur les échanges de flux entre les rues et un îlot urbain
- WP1c – Echelle du quartier:
  - Étude de l'inondation urbaine à l'échelle du quartier y compris l'effet des **débits d'entrée** sur les **débits de sortie** en aval
  - Effet de l'**intensité des précipitations** et de la **forme du toit** sur le ruissellement de surface (combiné à une inondation de rivière)

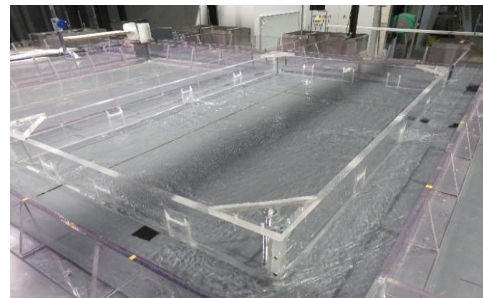


Façade scale



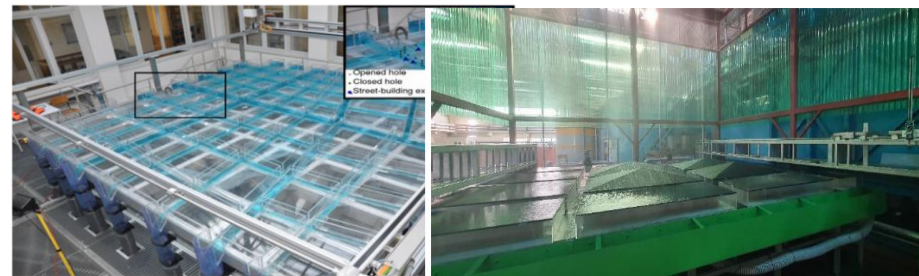
LMFA, Lyon

City block scale



Inrae, Lyon

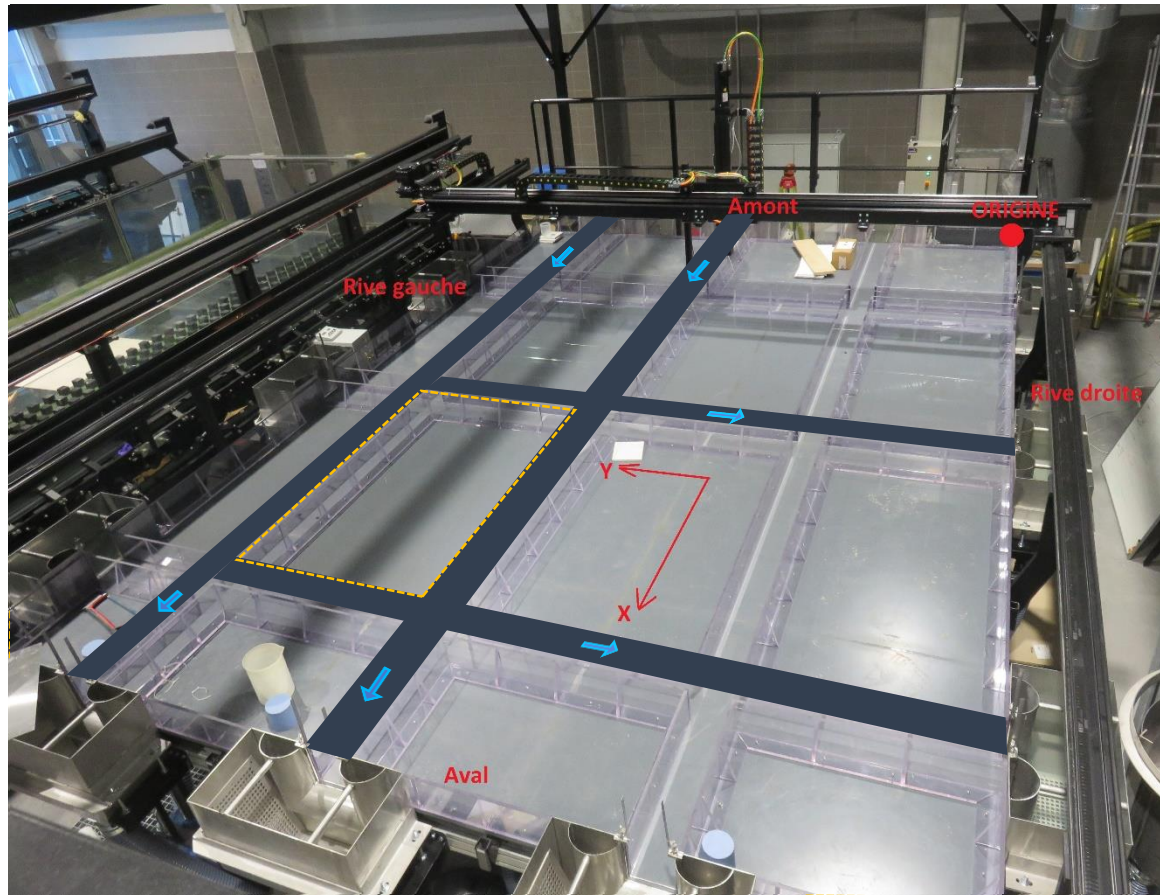
District scale



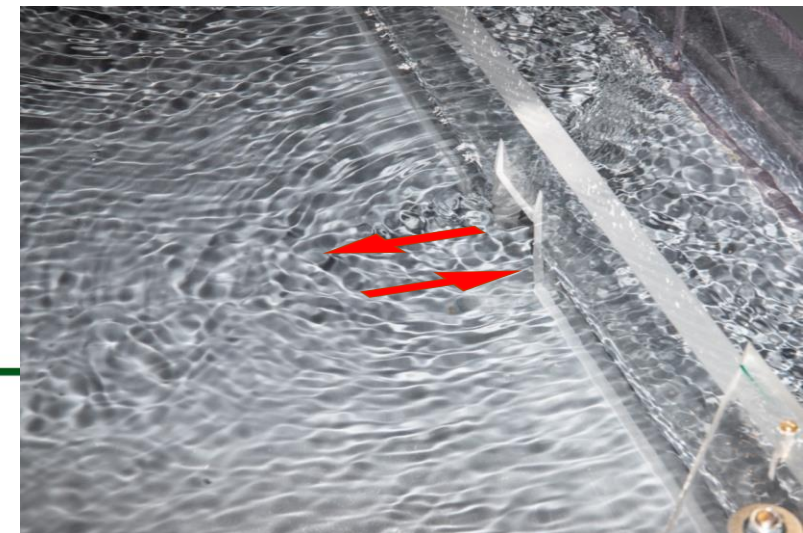
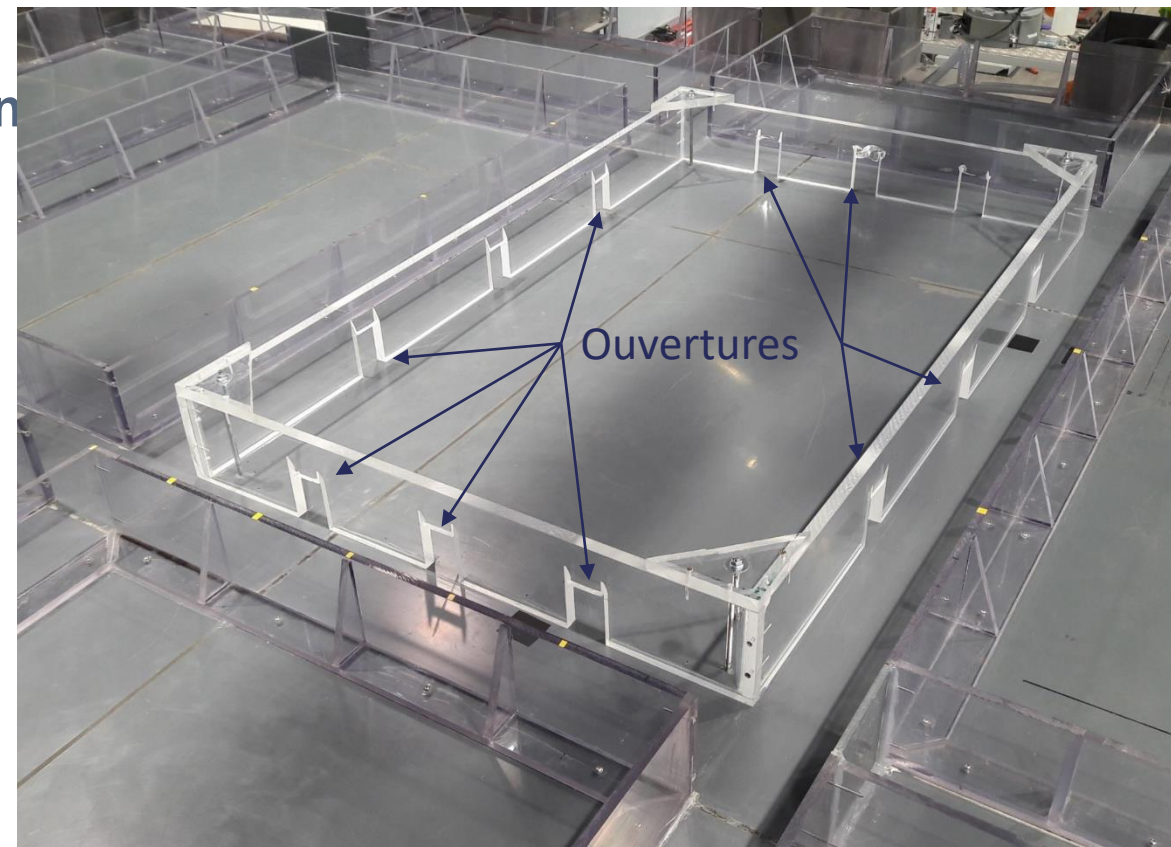
Icube, Strasbourg

KICT, Seoul

# Modèle Urbain pour l'étude du Risque d'Inondation



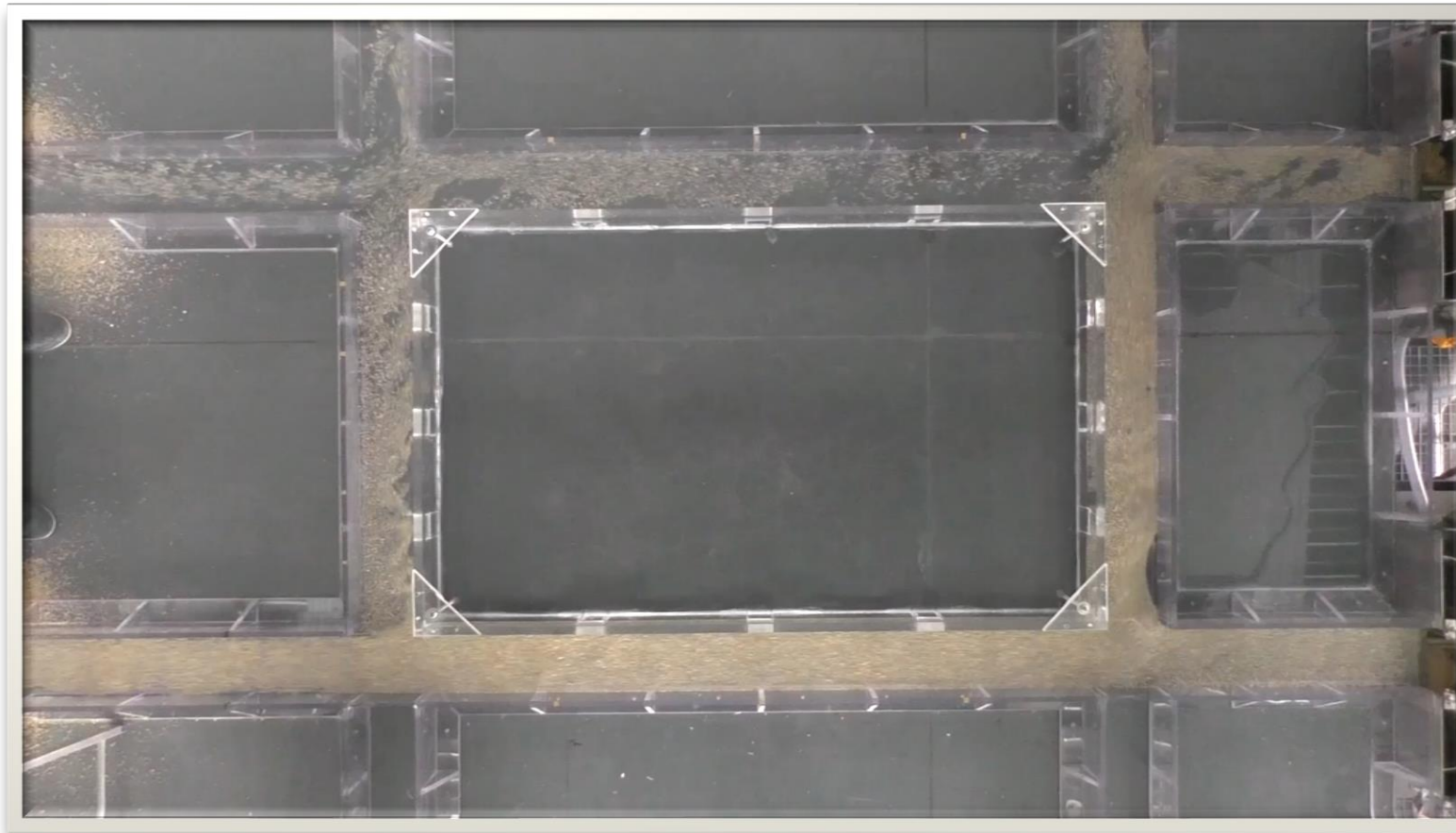
INRAE Lyon, France.



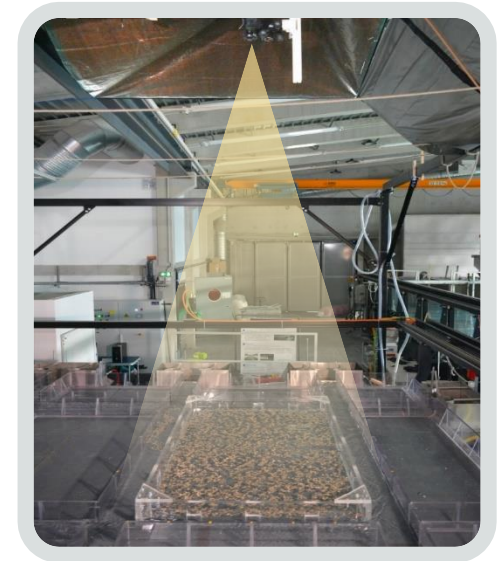
**Les défis de la ville en transition**

Bilan & perspectives de recherche

# Mesures des vitesses en surface

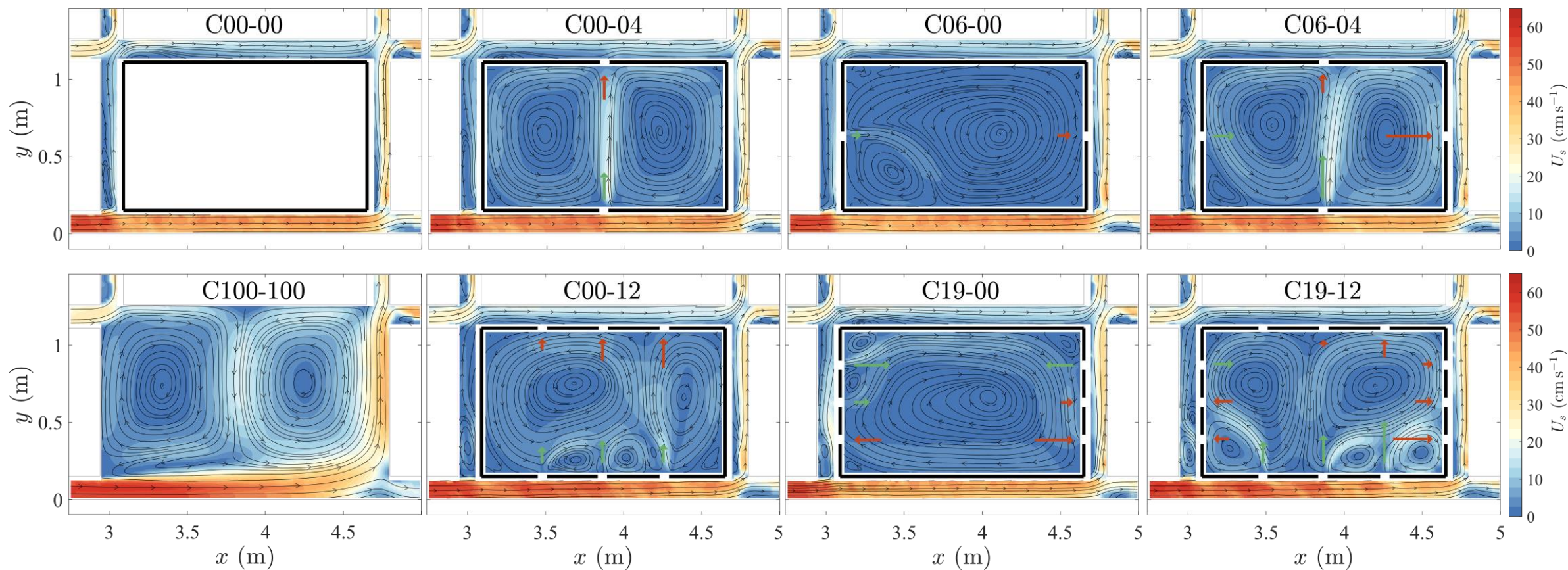


Vitesse de la video X 8

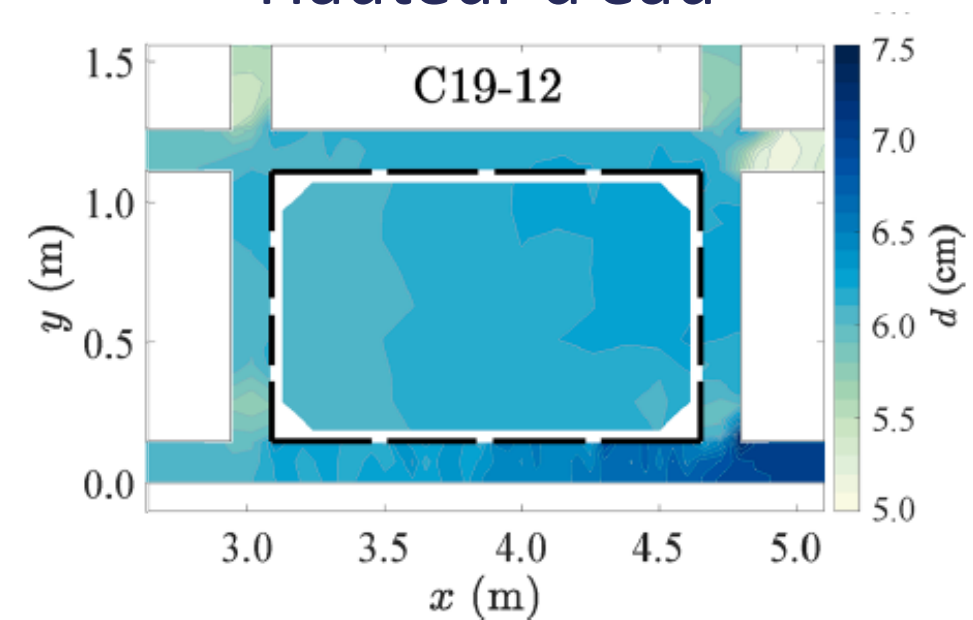


Large Scale Particle Image Velocimetry (LSPIV)

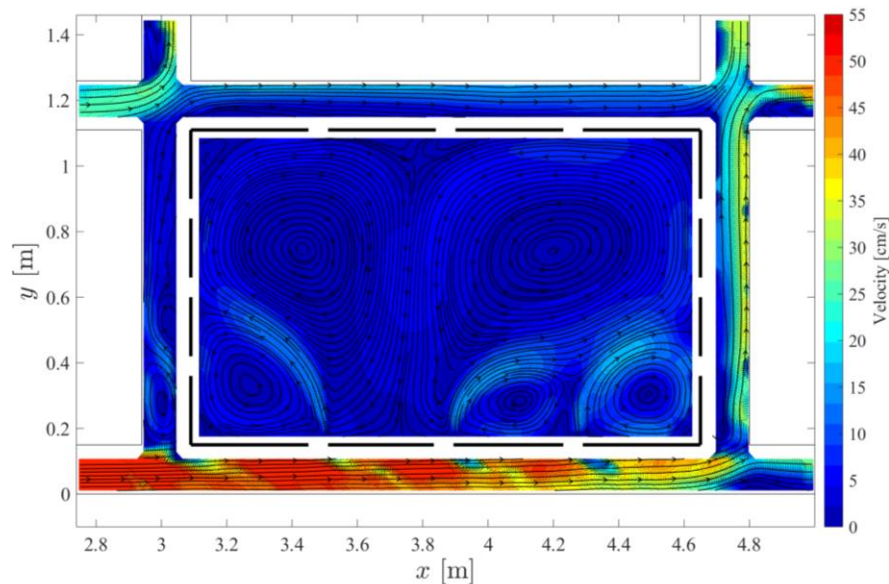
# Vitesses de surface



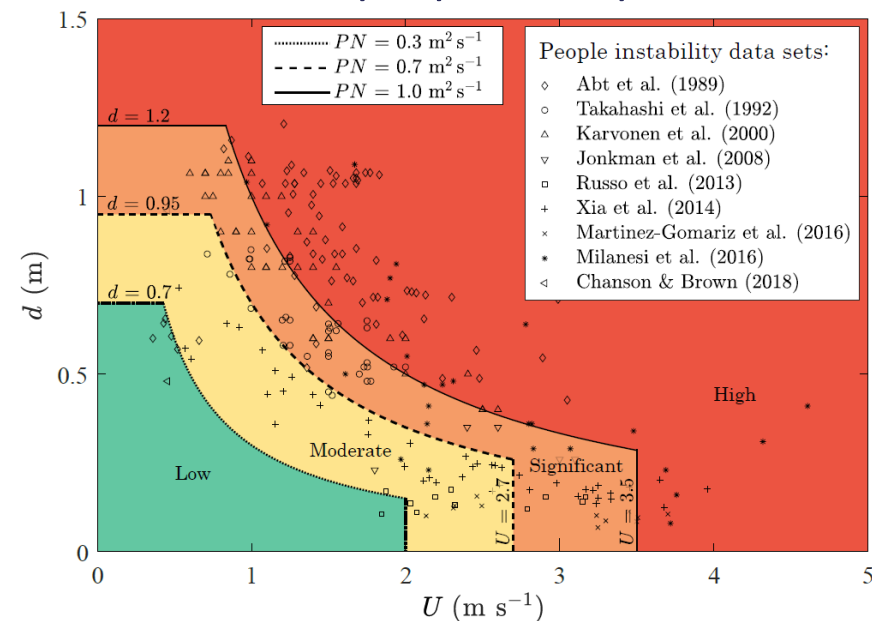
## Hauteur d'eau



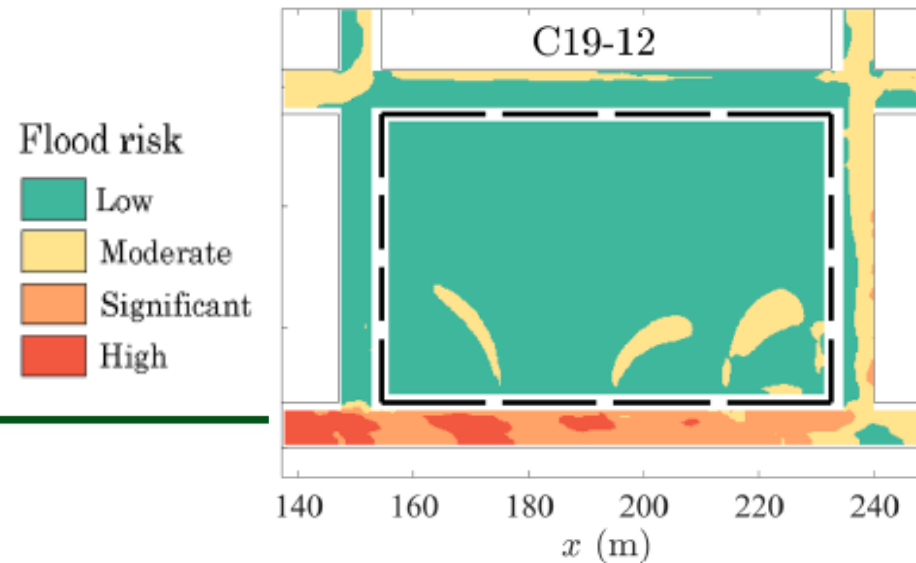
## Vitesse



## Risque pour les piétons



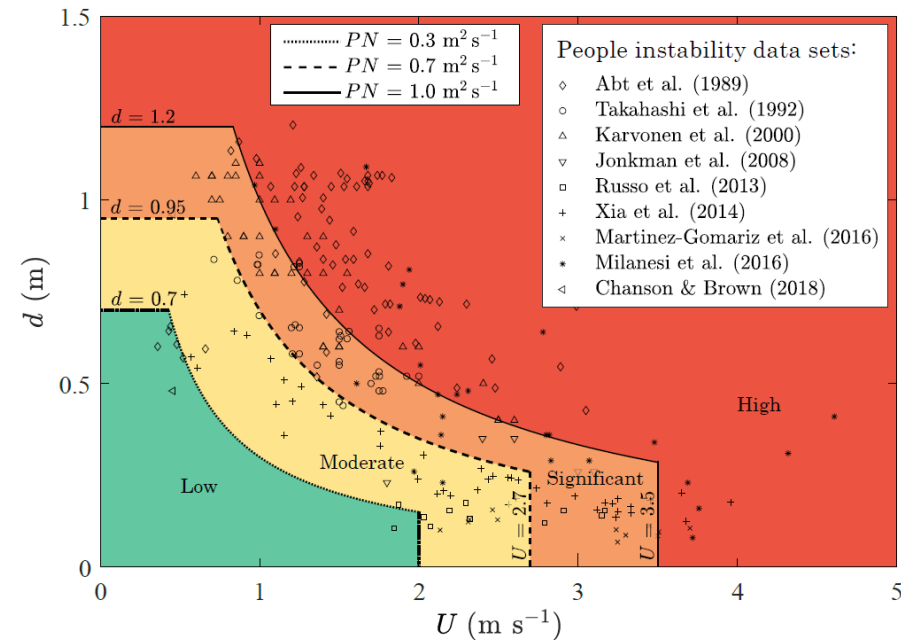
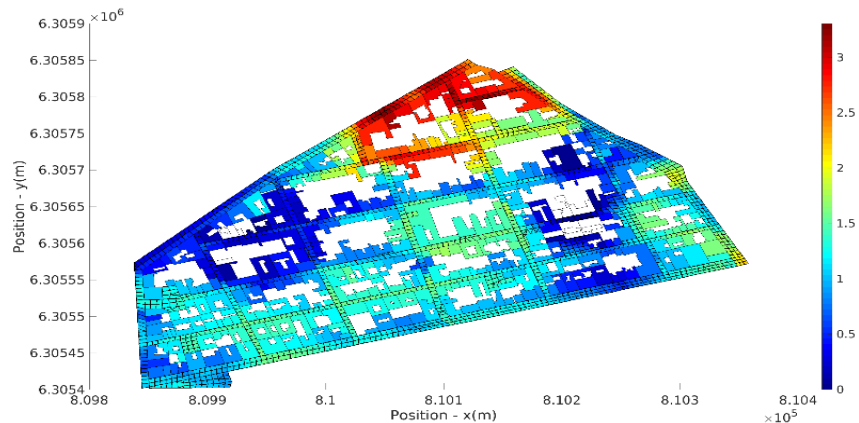
## Carte de risque pour les piétons



# Effet de la porosité (des ouvertures) du bâti sur hauteur d et vitesse U ?

- $\sim \pm 10\%$  sur les hauteurs d'eau d
- $\sim \pm 70\%$  sur les vitesses U
- Fort impact sur le produit  $d \times U$  qui contrôle la stabilité des personnes dans l'eau

Même effet sur le quartier Richelieu à Nîmes

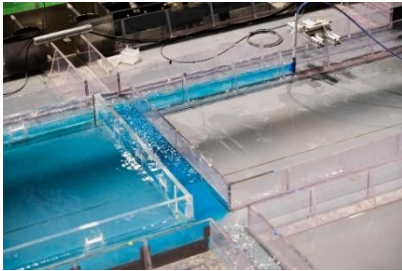


1. Mejía-Morales, Mignot et al. (2021). " J. Hydrol. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126715>
2. Mejía-Morales, Mignot, Paquier & Proust (2023). Water Resour. Res. <https://doi.org/10.1029/2022WR032984>
3. Dewals, Kitsikoudis, Mejía-Morales, et al. (2023). J. Hydrol. 619(129231) <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129231>.

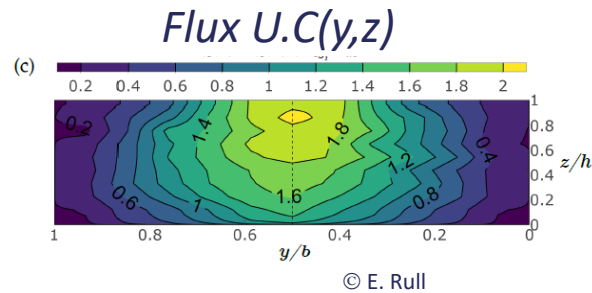
# Suites du projet DEUFI

## Inondations urbaines et pollutions associées

© E. Rull

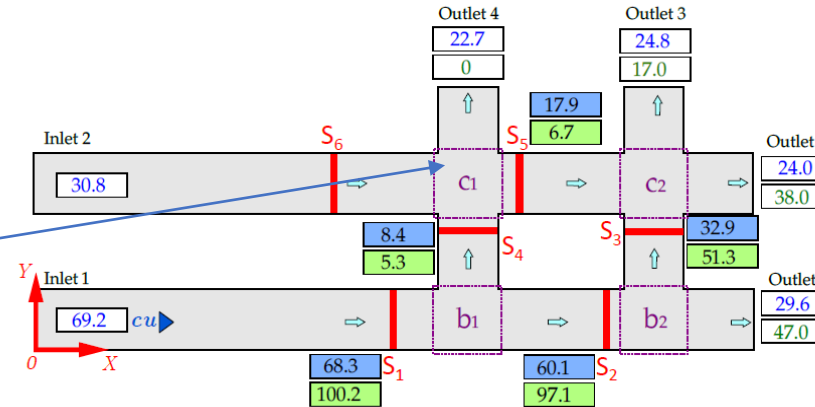


Section en travers de rue

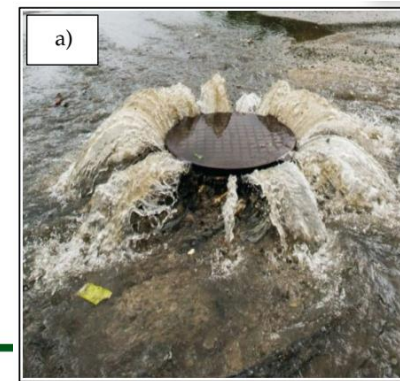


Fagour, C., S. Proust and E. Mignot (2024). "A laboratory experiment on the pollutant transport in a flooded street network." J. Hydrology 640: 131603.

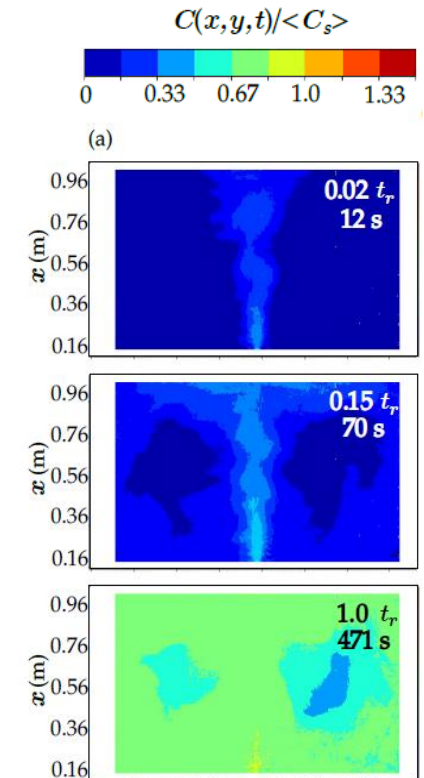
© E. Rull



## Echanges verticaux entre rues et réseau d'eau usée



Concentration  $(x,y,t)$   
dans le bloc de bâti



Les défis de la ville en transition

Bilan & perspectives de recherche

# Merci de votre attention !

- Des questions ?