



# 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
- Hydrosciences, 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.

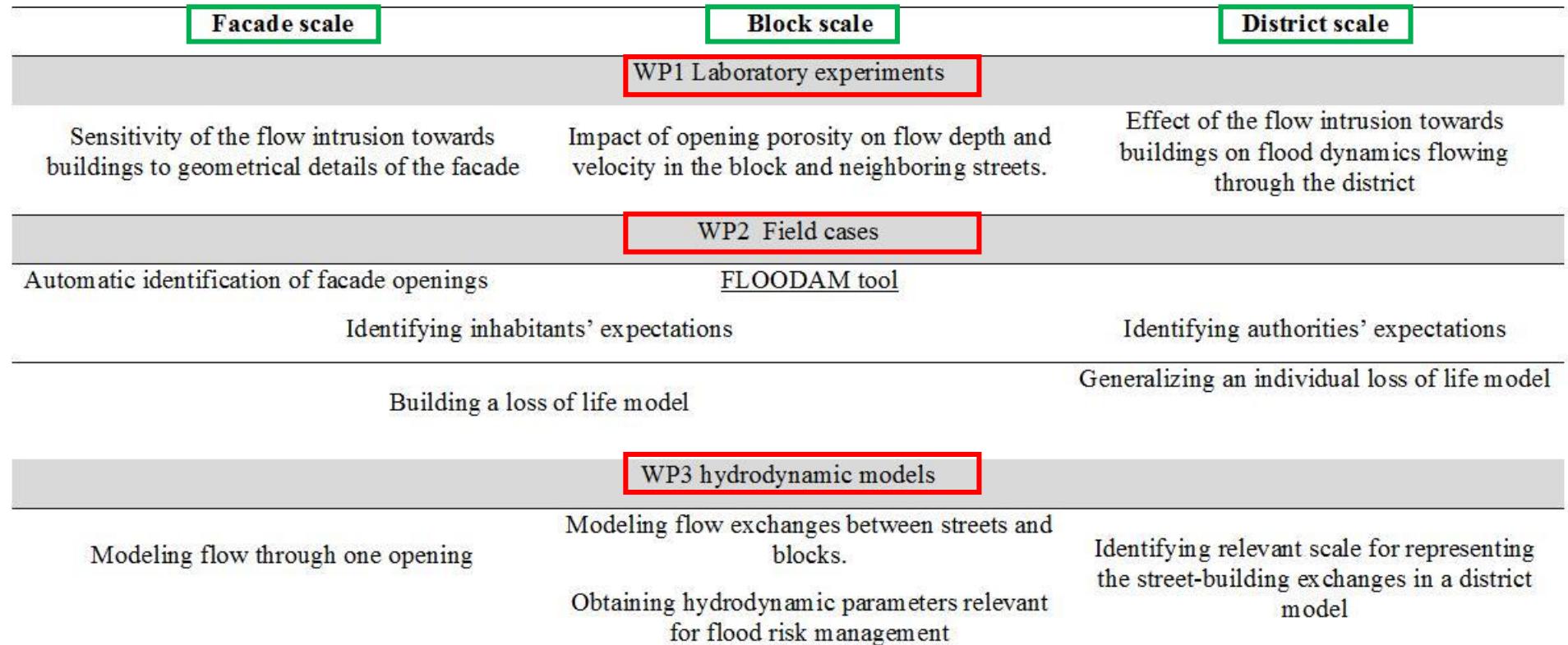
# Les trois échelles d'étude

- 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



## WP2: Field cases

- Inondations à Nîmes



Richelieu district

- Inondations à Oullins



Yzeron River

Les dé

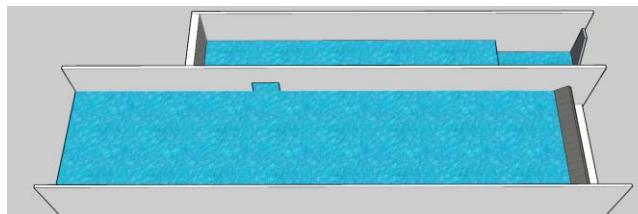
Bilan & perspectives de recherche

# 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)

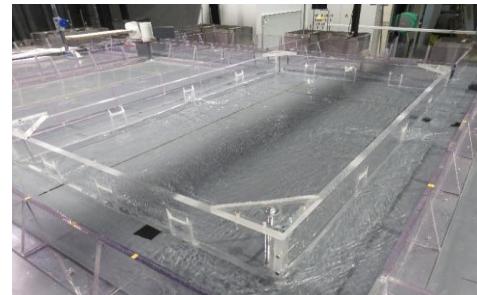


Façade scale



LMFA, Lyon

City block scale



Inrae, Lyon

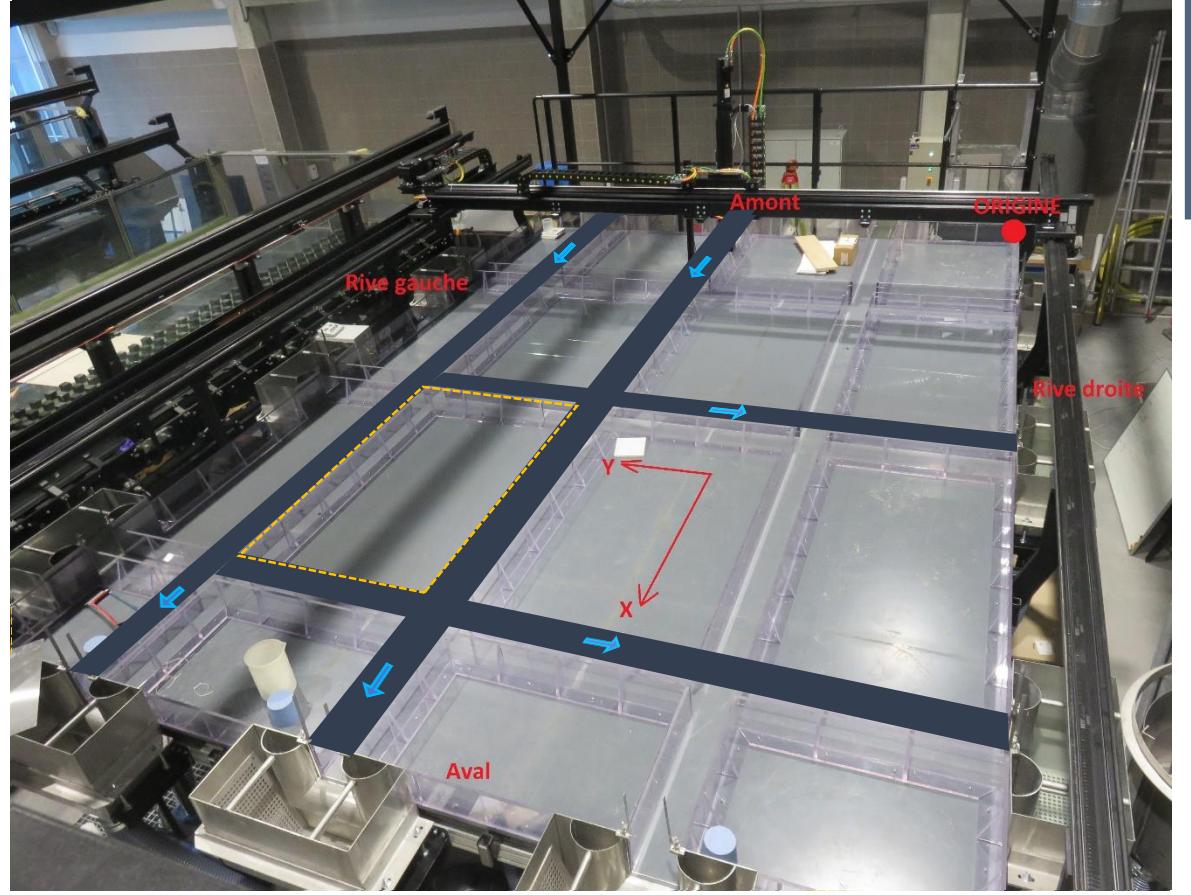
District scale



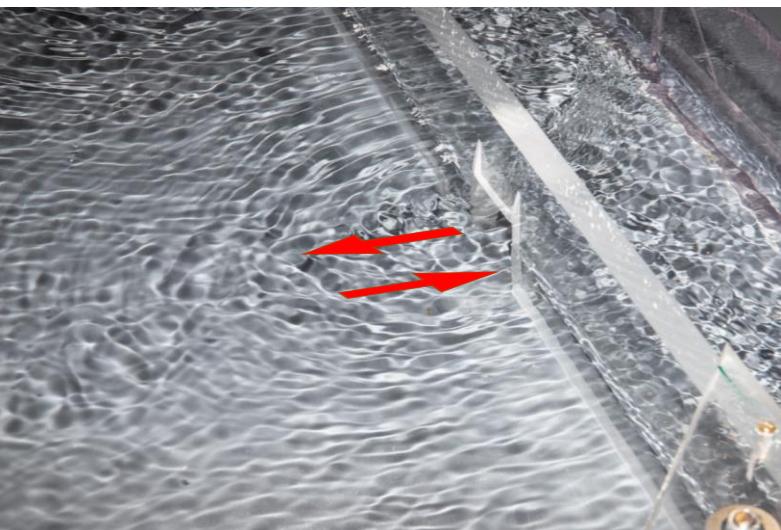
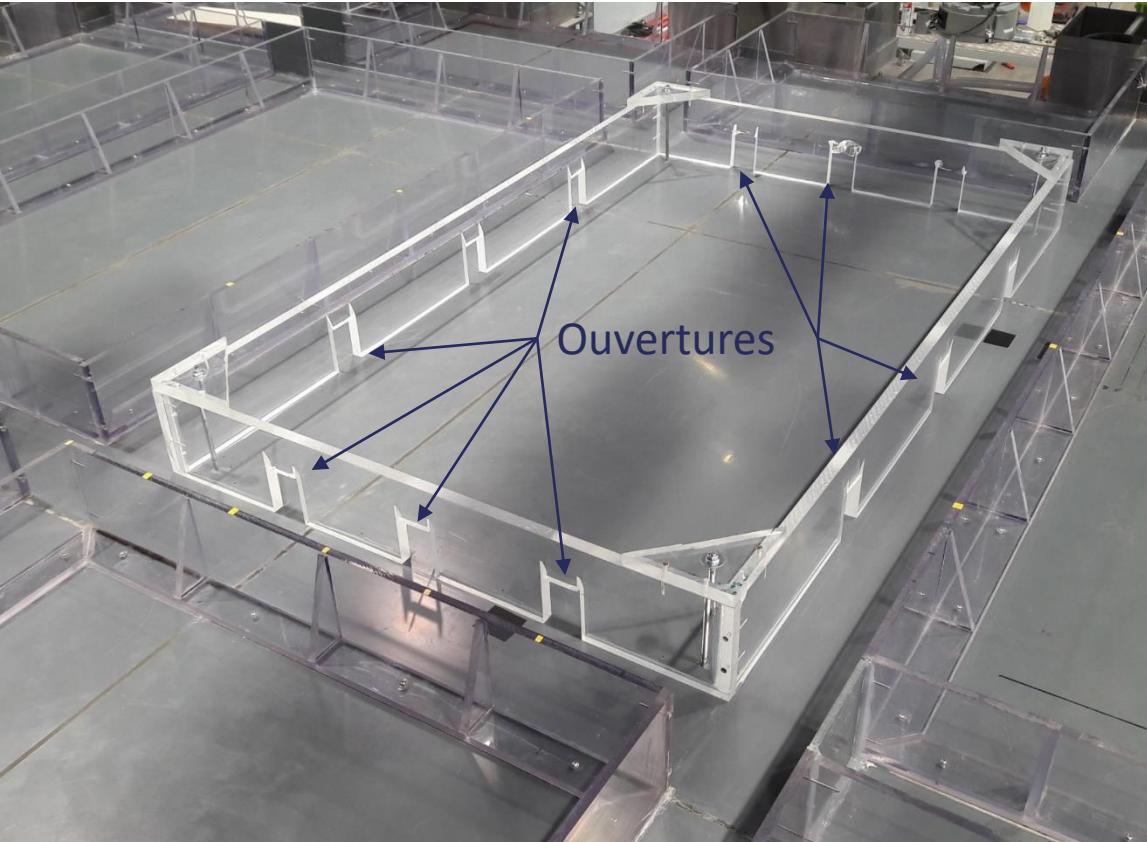
Icube, Strasbourg

KICT, Seoul

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



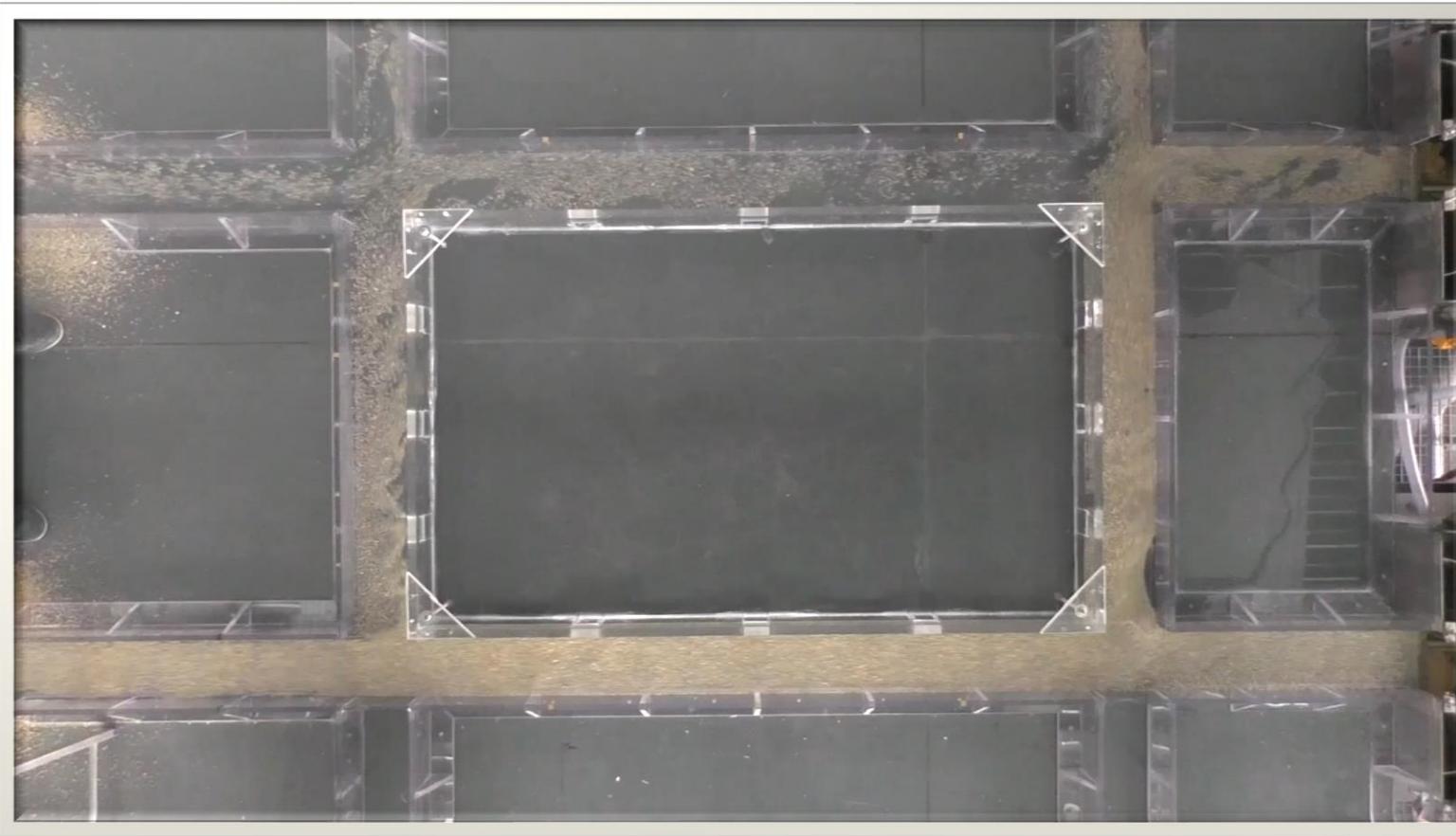
INRAE Lyon, France.



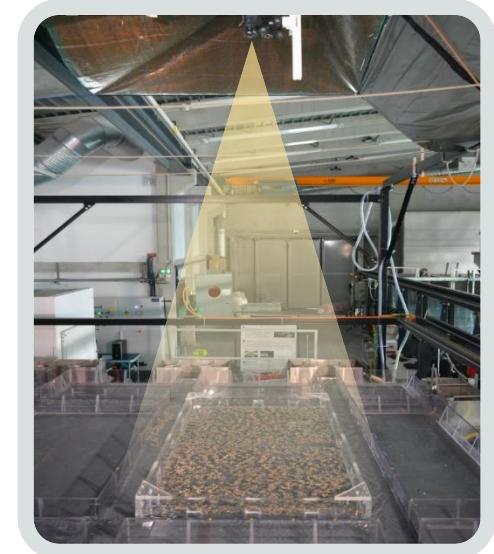
Les défis de la ville en transition

Bilan & perspectives de recherche

# Mesures des vitesses en surface

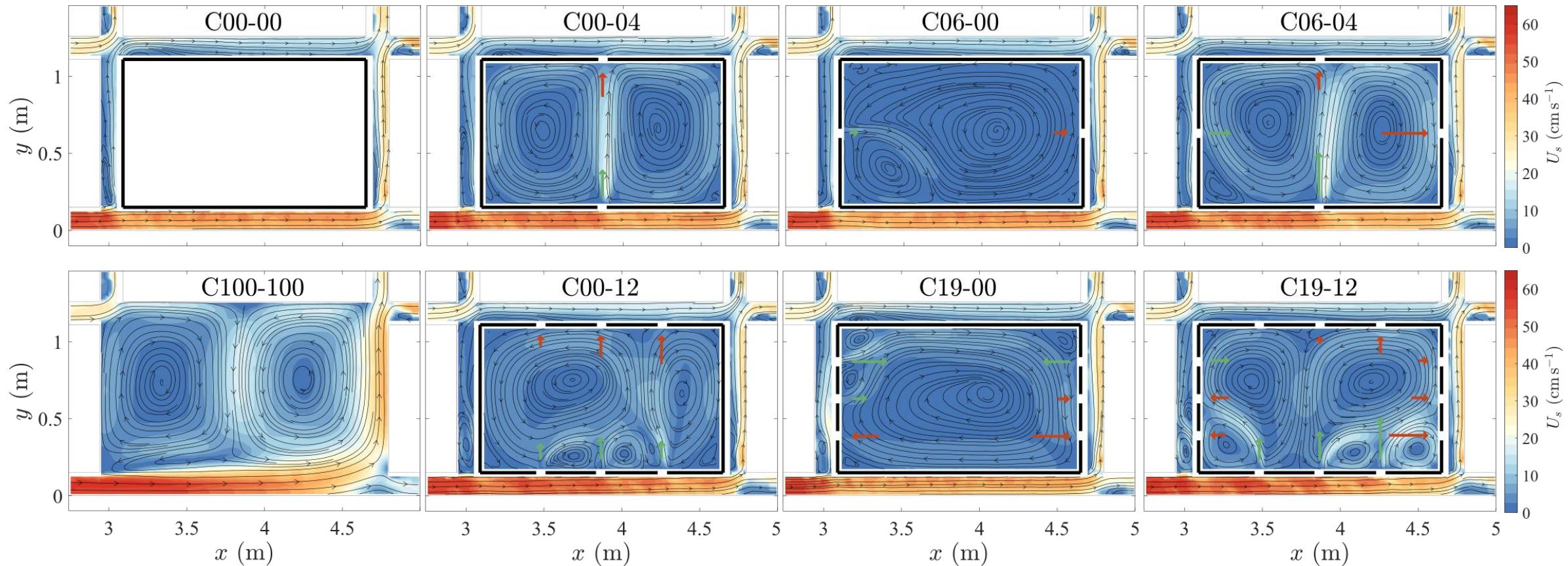


Vitesse de la video X 8

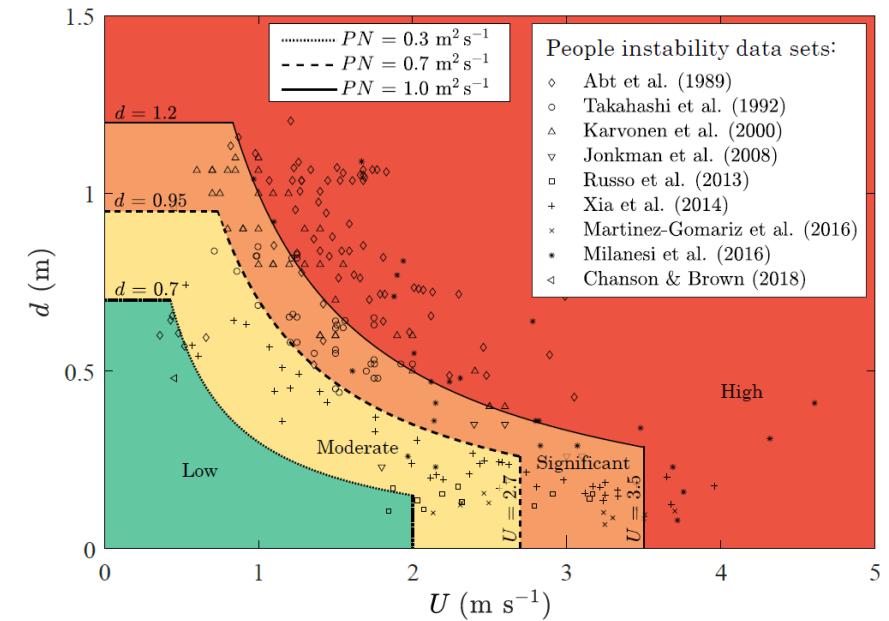


Large Scale Particle Image  
Velocimetry (LSPIV)

# Vitesses de surface

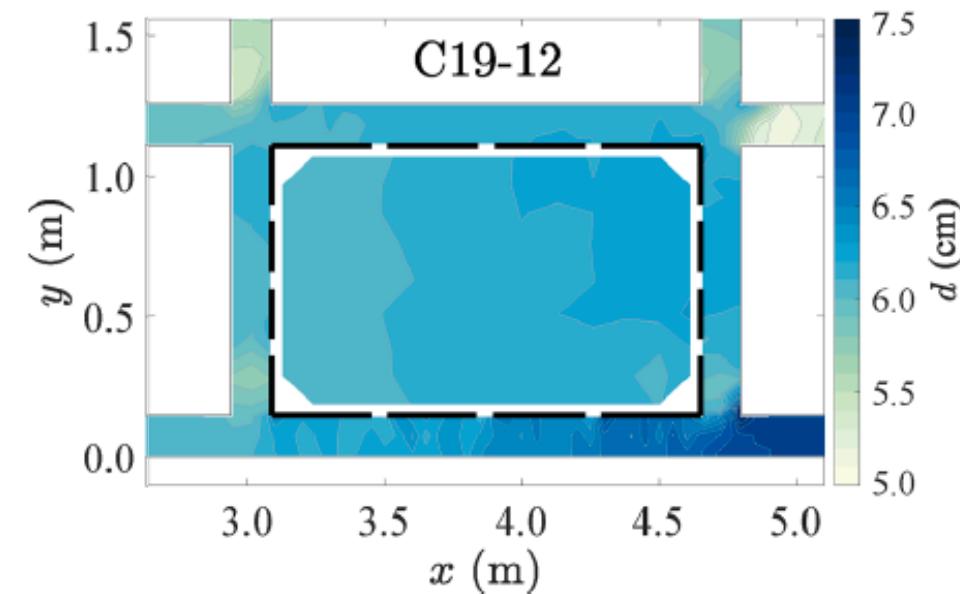


## Risque pour les piétons

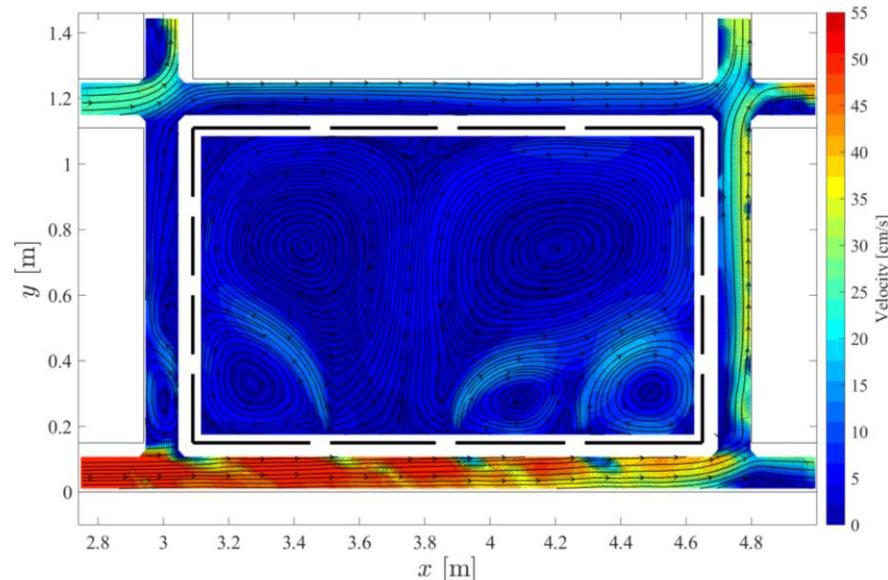


Carte de risque pour les piétons

## Hauteur d'eau

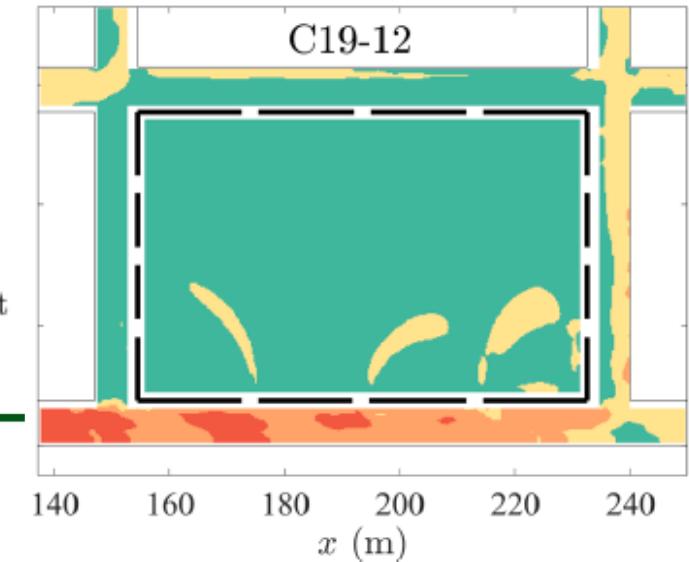


## Vitesse



Flood risk

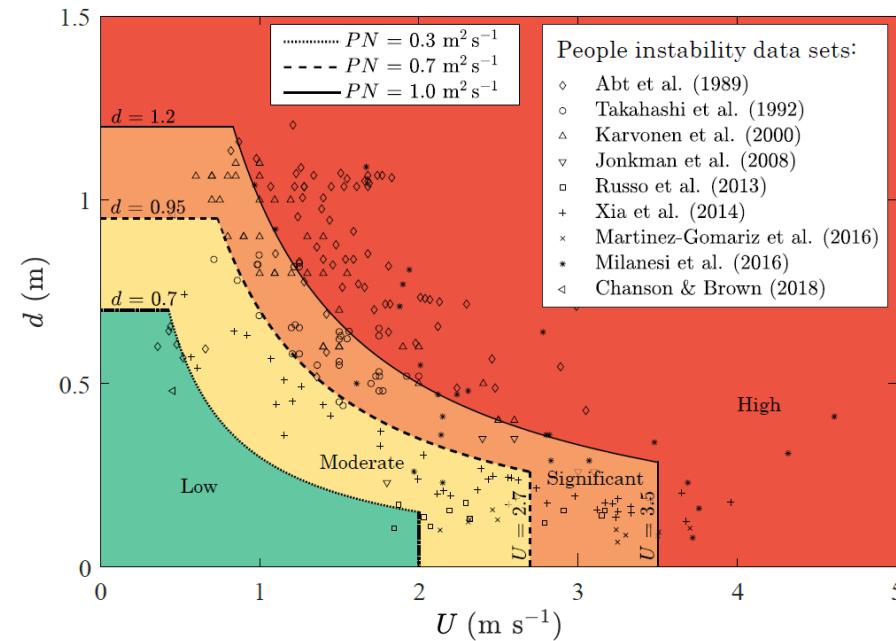
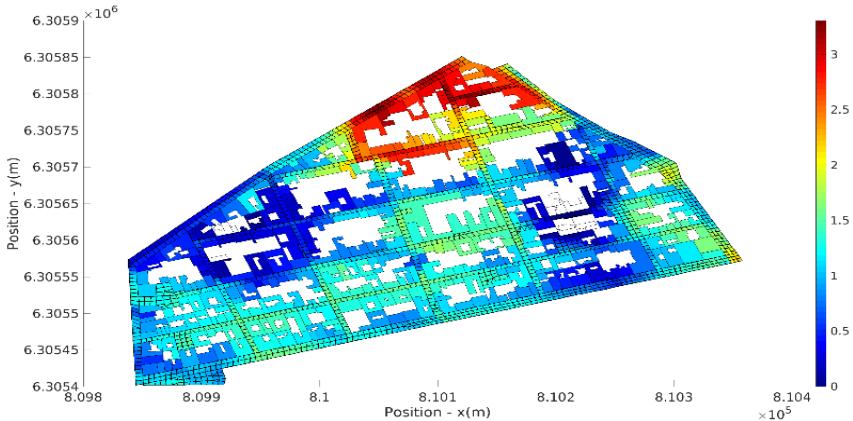
- Low
- Moderate
- Significant
- High



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

- ~ +10% sur les hauteurs d'eau d
- ~ +- 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

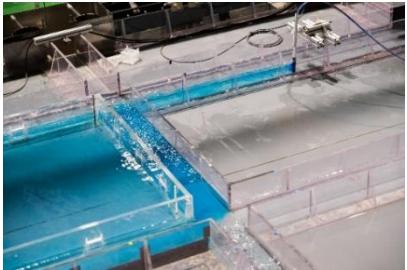


1. Mejía-Morales, Mignot et al. (2021). "J. Hydrol." <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126715>
2. Mejía-Morales, Mignot, Paquier & Proust (2023). "Water Resour. Res." <https://doi.org/10.1029/2022WR032984>
3. Dewals, Kitsikoudis, Mejía-Morales, et al. (2023). "J. Hydrol." 619(129231) <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129231>.

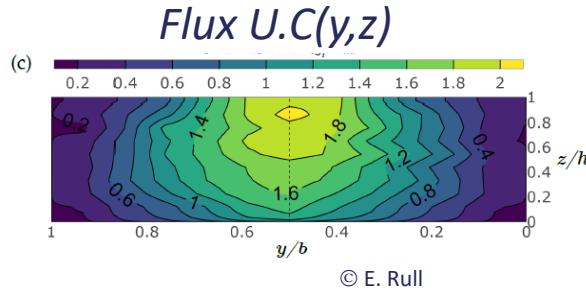
# Suites du projet DEUFI

## Inondations urbaines et pollutions associées

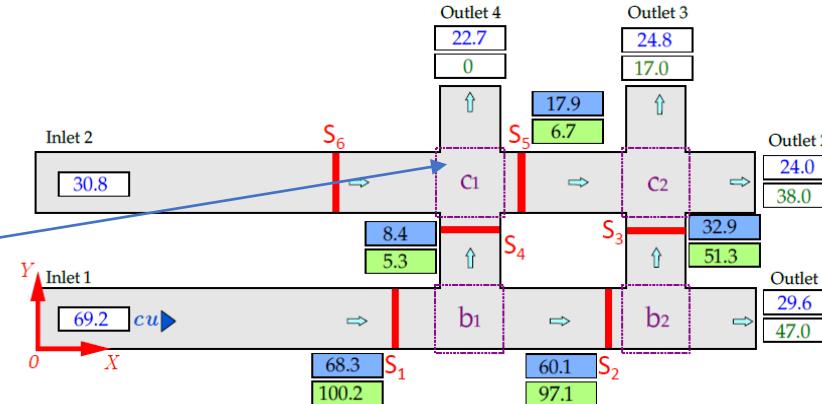
© E. Rull



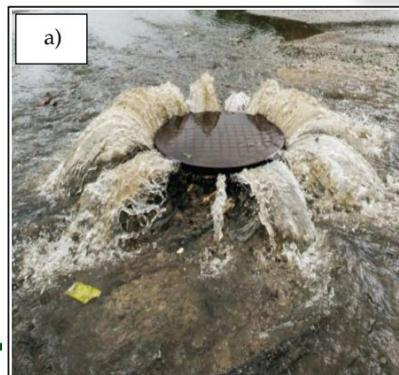
Section en travers de rue



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

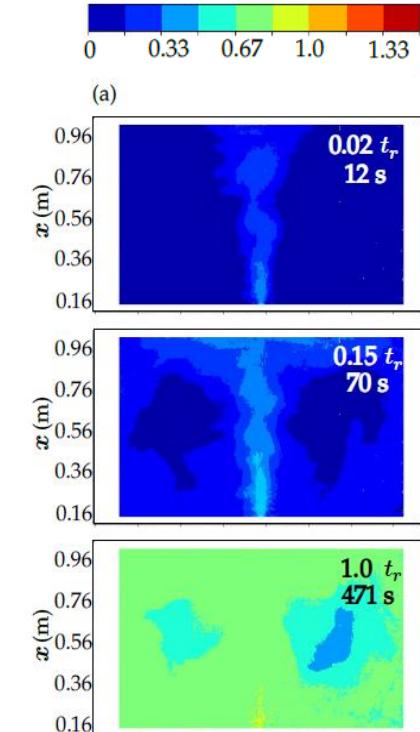


## Echanges verticaux entre rues et réseau d'eau usée



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

$$C(x,y,t)/\langle C_s \rangle$$



## Les défis de la ville en transition

Bilan & perspectives de recherche

# Merci de votre attention !

- Des questions ?