# RÉSULTATS DU PARTENARIAT CEREG-LEMON SUR LES SIMULATIONS D'INONDATIONS URBAINES

## Journée de restitution des projets scientifiques du PEPS MATHéO

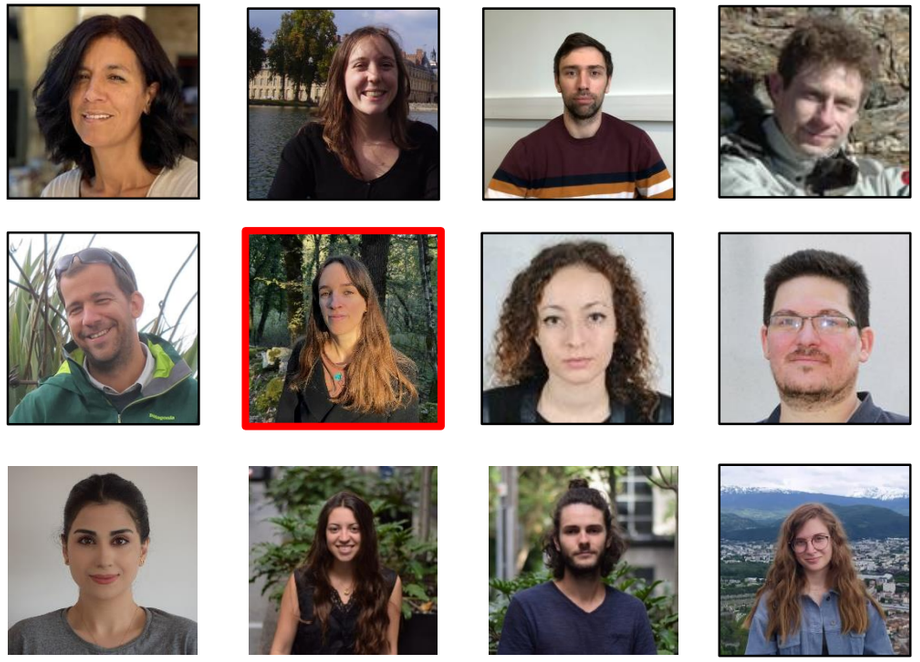
# 01
# Contexte du partenariat

# L’équipe-projet LEMON

## Littoral, Environnement, Modèles et Outils Numériques

**LEMON project-team**

- 5+1 staff
- 4 PhD students
- 1 post-doc
- 1 engineer

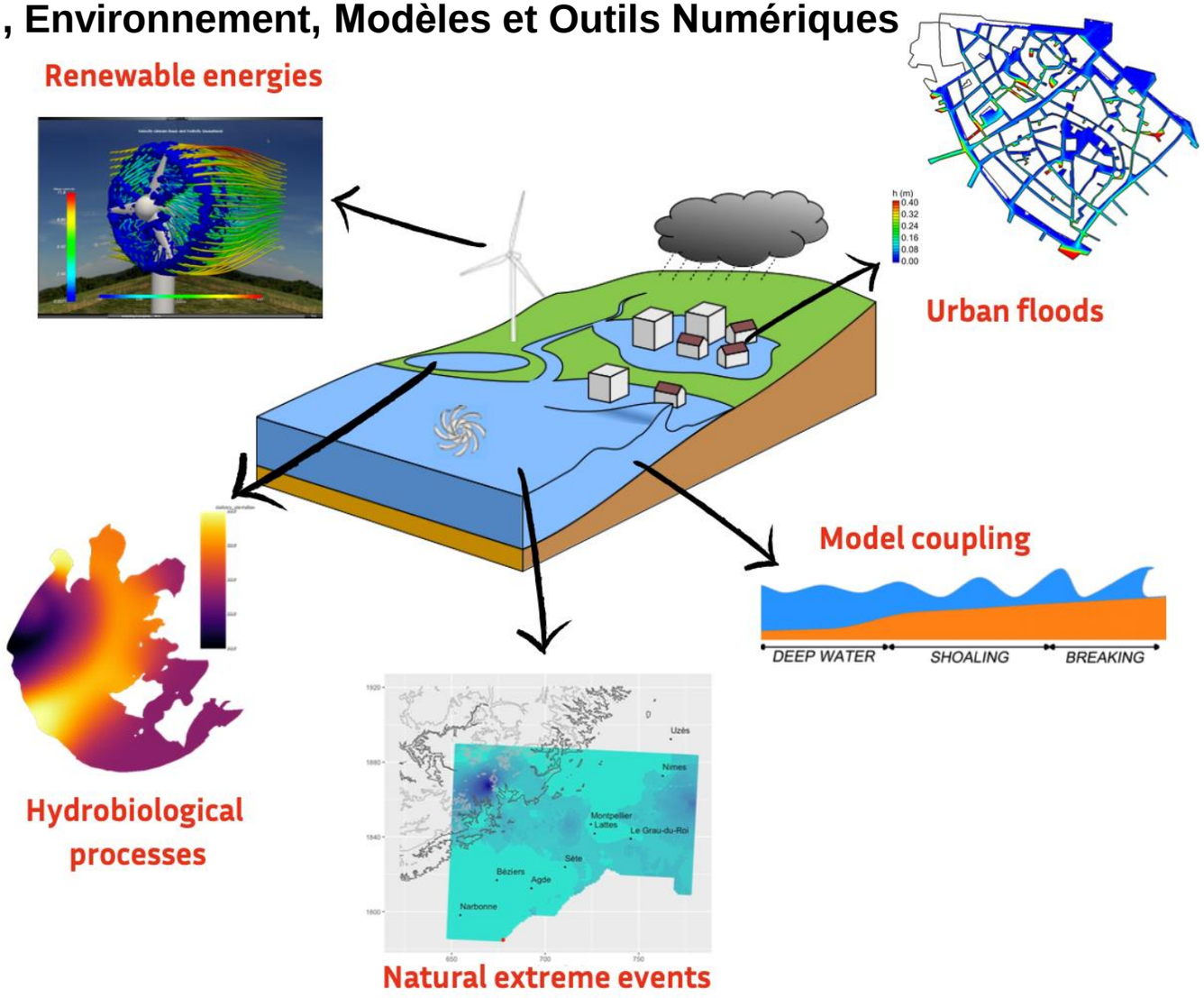


HydroSciences Montpellier

IMAG INSTITUT MONTPELLIERAIN ALEXANDER GROTHENDIECK

# L’équipe-projet LEMON

**Littoral, Environnement, Modèles et Outils Numériques**



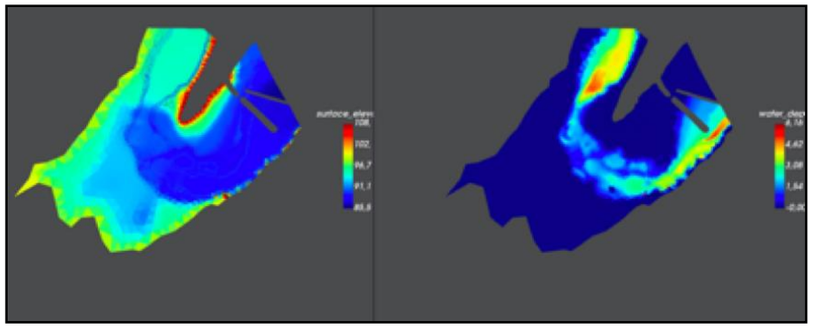

#Models
#PDEs
#Statistics
#Algorithms
#Coupling
#Multi-scale
#Multi-physics
#ExtremeEvents
#UrbanFloods

# L’équipe-projet LEMON : logiciel SW2D

## Littoral, Environnement, Modèles et Outils Numériques

SW2D LEMON

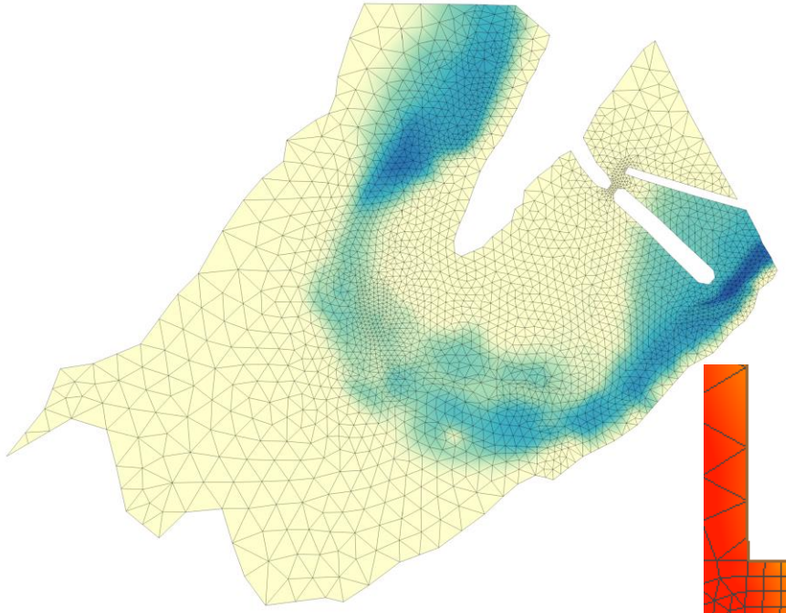
A Software for Shallow Water Flows

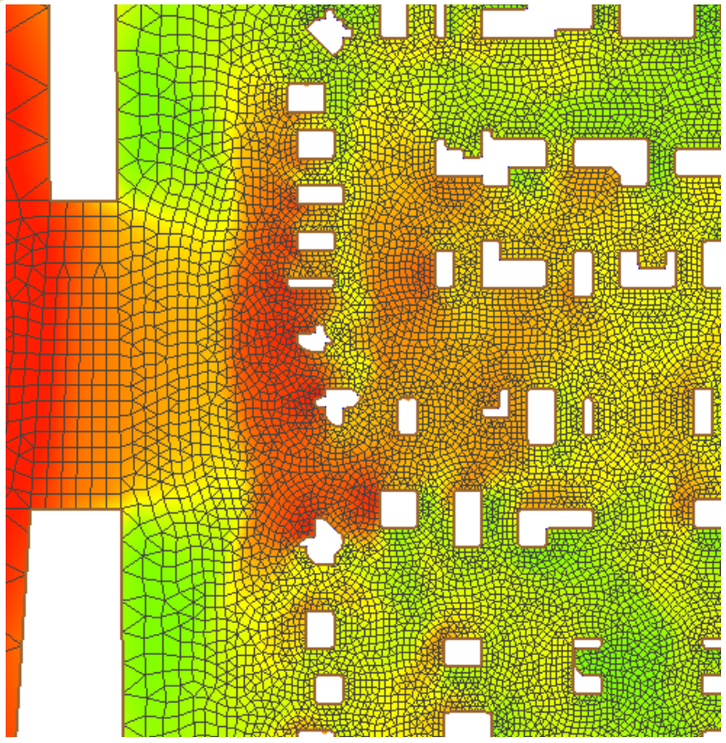


- **unique** (open source) software for shallow water flows including porosity models
- 7 years of software development, approx. 75.000 lines in C++
- **users**: >10 in other labs, 4 private partners, 1 engineering school
- several tens of **design studies**

More info: sw2d.inria.fr

# Le logiciel SW2D-LEMON





Code C++ développé par LEMON (Inria + UM)

- **Objectif :** simulation des équations “Shallow Water” (Saint-Venant) en dimension 2 (dimension physique 3) pour l’hydraulique à surface libre en général, et pour la simulation d’inondations urbaines en particulier.
- **Particularités :**
  - intégration de modèles à porosité.
  - Maillages non uniformes

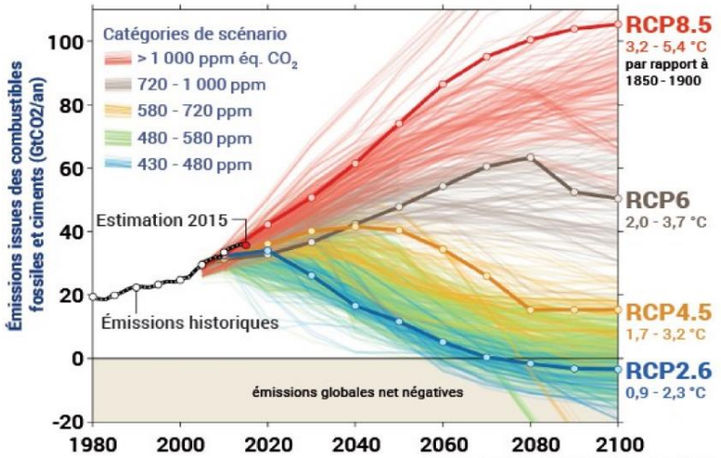
# Le bureau d’études CEREG

- ❑ **RISQUE INONDATION**
- ❑ **RESSOURCES EN EAUX**
- ❑ **MILIEUX AQUATIQUES**
- ❑ **OUVRAGES HYDRAULIQUES**

# Objectifs du partenariat

## Enjeux environnementaux

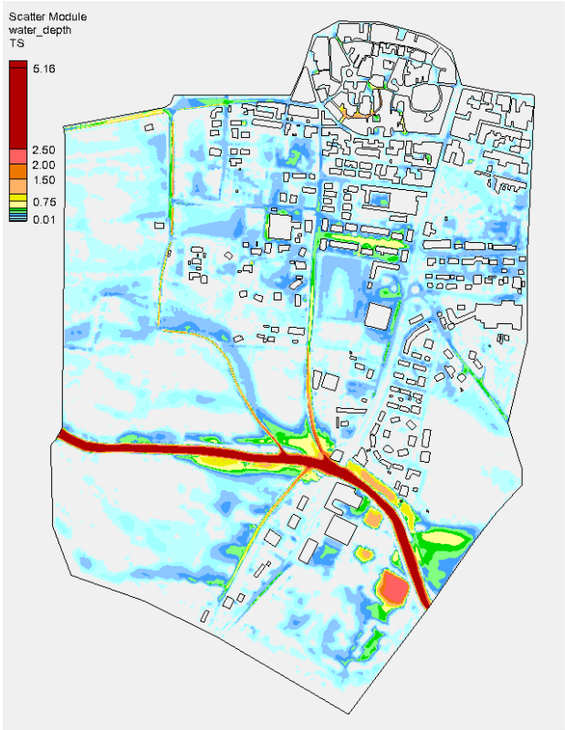
- **Impact du changement climatique :** La CCR prévoit une augmentation de 38 % du coût annuel des inondations d'ici 2050, soit +370 millions d'euros par an.
- **Zones littorales :** L'urbanisation croissante dans des régions comme Montpellier accentue un risque déjà élevé.



## Besoin

- Développer des outils de prévision fiables pour anticiper les risques et protéger les populations

# Objectifs du partenariat
## Retombées attendues



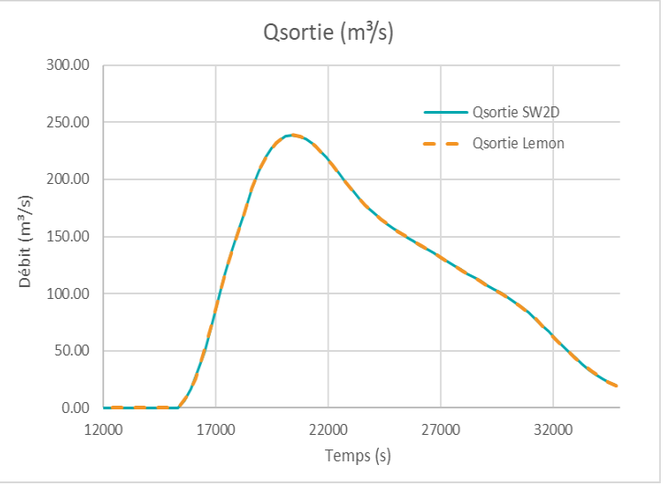

### ▶ Pour LEMON
- Amélioration du logiciel
- Amélioration de la documentation
- Développement d'une communauté d'utilisateurs (open source)
- Utilisation sur des données réelles
- Nouvelles questions de recherche

### ▶ Pour CEREG
- Pérennisation de l'utilisation du logiciel
- Intégration de fonctionnalités spécifiques
- Amélioration des temps de calcul

Temps de calcul -30%

| Modèle | Nombre de mailles | Durée de l'hydrogramme (s) | Pas de temps hydrogramme (s) | Durée de calcul SW2D | Durée de calcul Lemon Avr2025 |
|---|---|---|---|---|---|
| Rodez | 9 000 | 100 000 | 1000 | 4h40 | 3h30 |
| Olonzac | 87 525 | 23 600 | 300 | 27h | 13h |

Temps de calcul ÷2

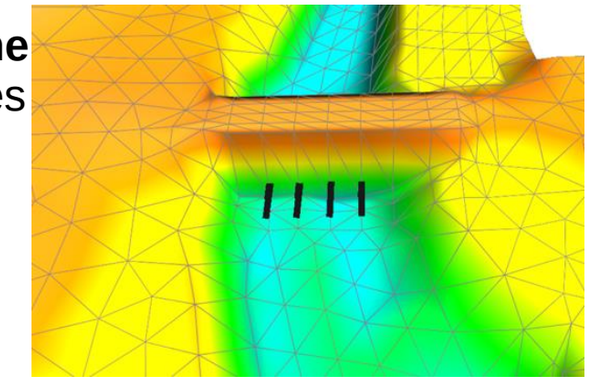


# 02
# Résultats

# Nouvelles fonctionnalités

## Débits linéiques

- Calculer le **débit à travers une section** (ensemble d'interfaces du maillage) au cours d'une simulation.

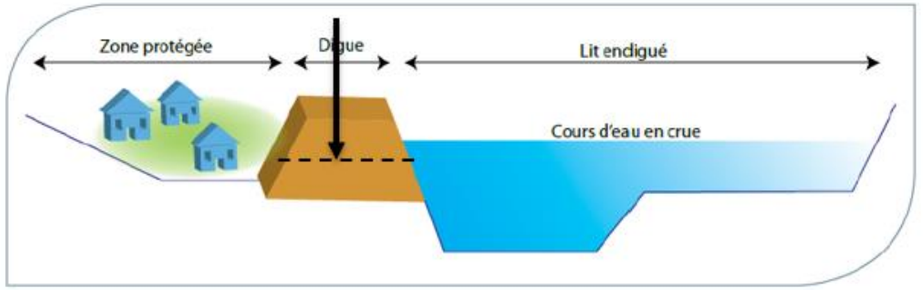


## Temps de calcul

- Objectif :
  En optimisant le code grâce à un profiling avancer, **diviser par 4 le temps de calcul**

## Rupture de digue

- Objectif :
  Pouvoir modéliser une **variation de la topographie en cours de simulation** afin de représenter, par exemple, les ruptures de digue.




## Nouveaux termes sources

- Objectif :
  Pouvoir modéliser l'effet spatialisé du vent et de la pluie, prendre en compte diverses formes d'ouvrages.

# Nouvelles fonctionnalités

## Sorties au format binaire

- Objectif :
  Avoir un format de sortie NetCDF, qui permette de visualiser puis traiter les résultats dans QGIS

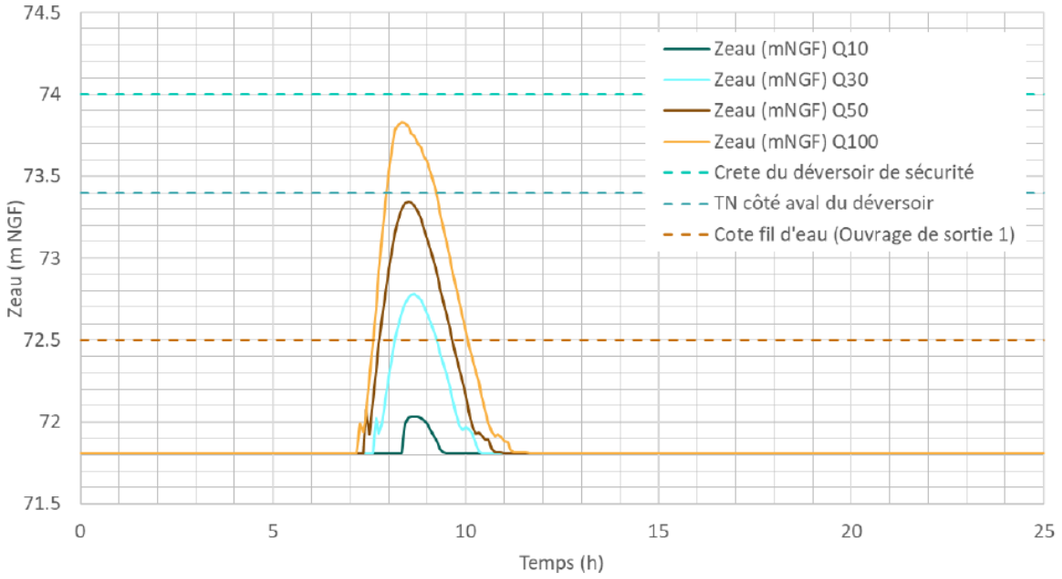
QGIS

netCDF

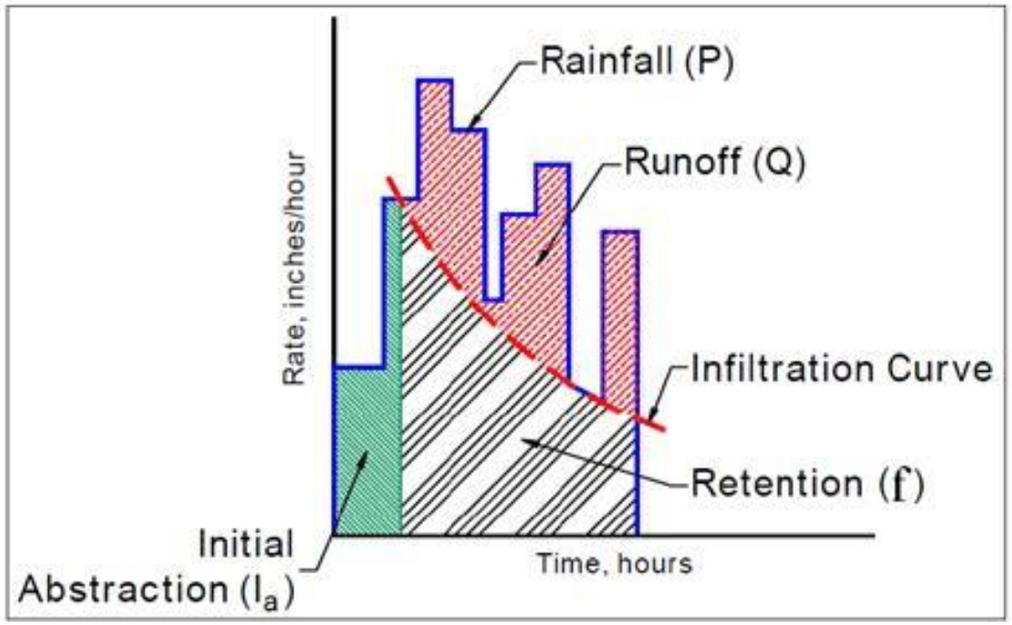
Format de fichier interopérable pour la science ouverte

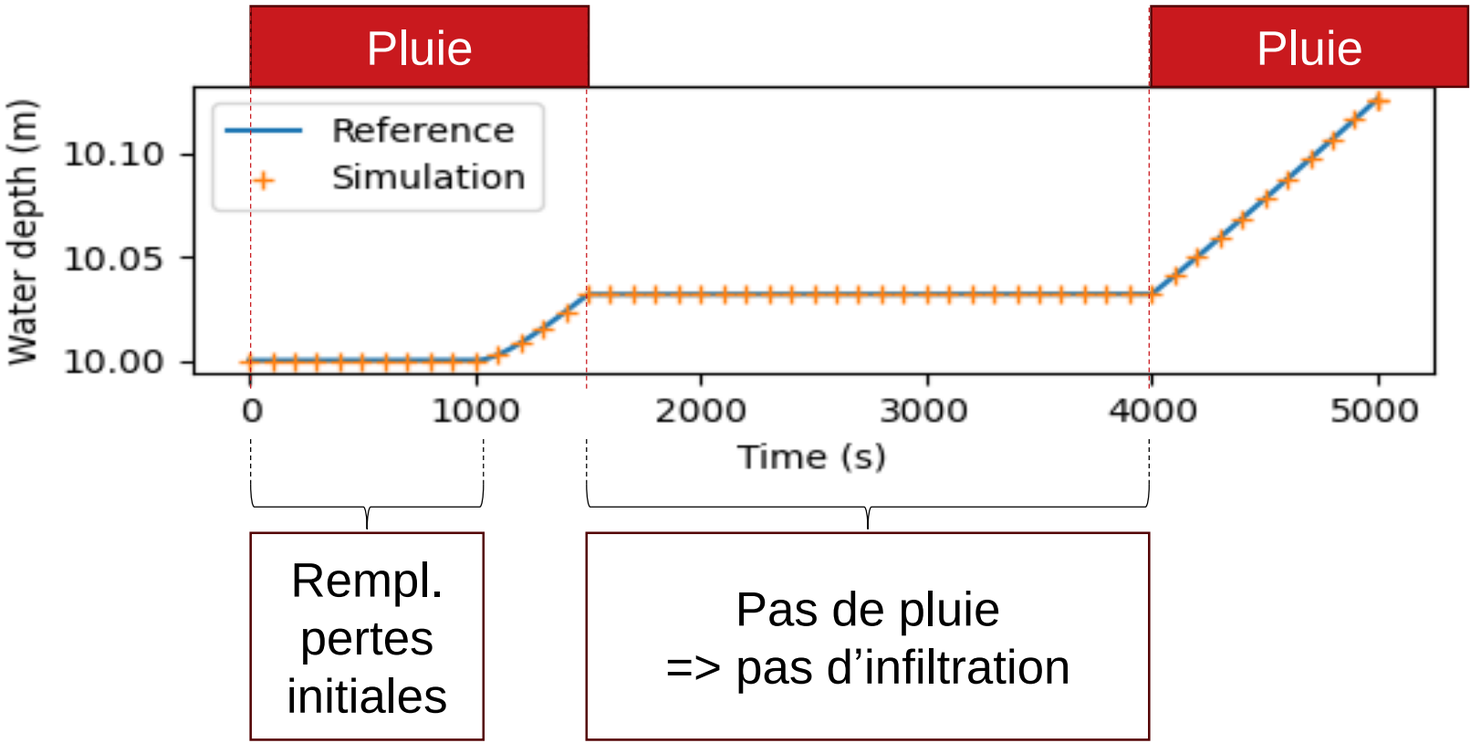
## Date de première mise en eau et durée de submersion

- Objectif :
  A partir des résultats d'une simulation, générer des cartes qui indiquent pour chaque cellule la date de sa première mise en eau et sa durée de submersion durant la simulation.

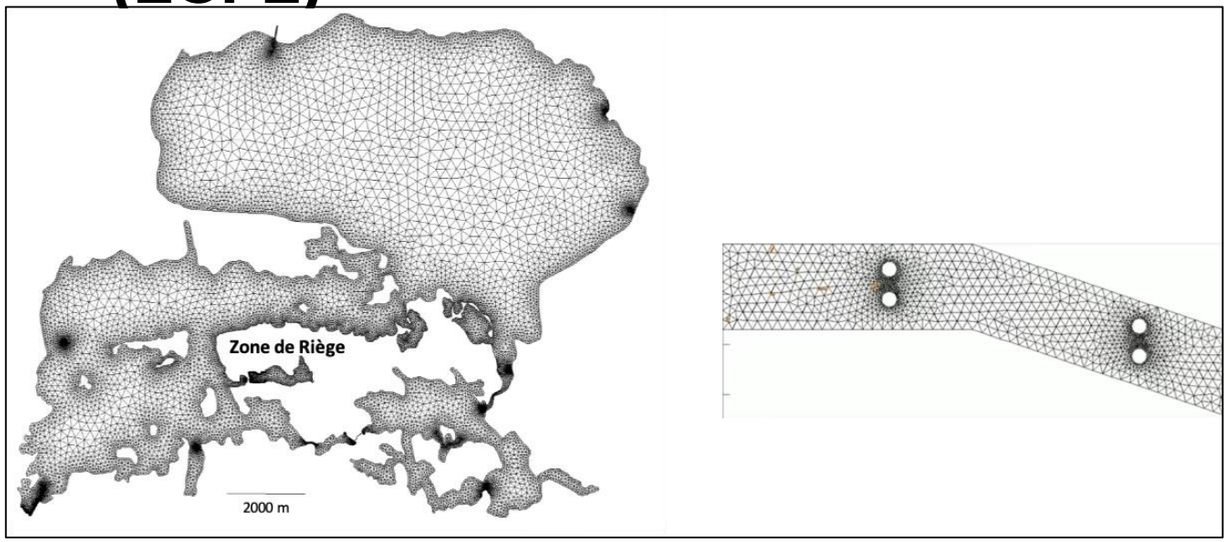


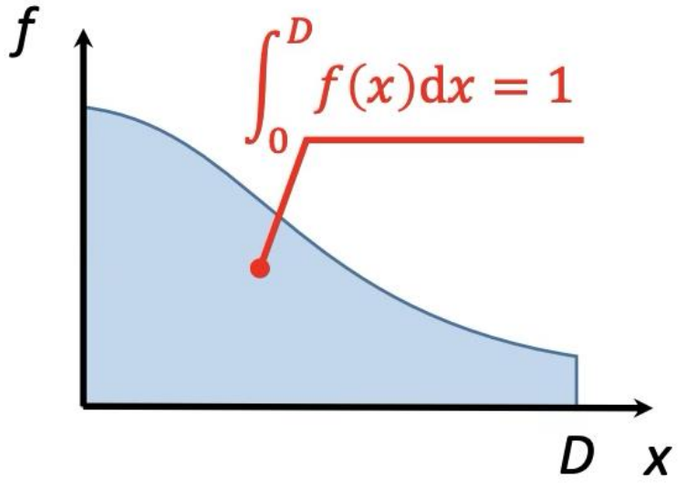
# FOCUS 1/2 : infiltration (modèle SCS)



# FOCUS 2/2 : grands pas de temps (LCFL)

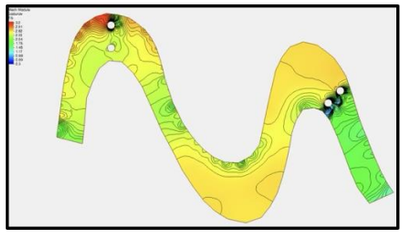


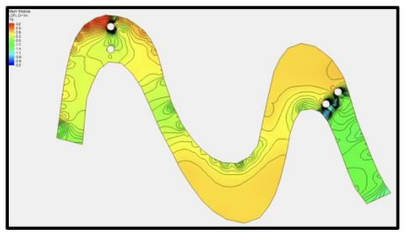




$$\frac{1}{d}\int_{x_{i+1/2}-d}^{x_{i+1/2}} \mathbf{u}(x,t_n)\,\mathrm{d}x \approx \int_{x_{i+\frac{1}{2}}-D}^{x_{i+\frac{1}{2}}} f(x_{i+1/2}-x)\,\mathbf{u}(x,t_n)\,\mathrm{d}x = f * \mathbf{u}$$

**Theorem 1.** *For every $D > 0$ and every decreasing kernel function $f$ on $[0, D]$,*

$$\exists \nu > 0 : \forall \sigma \geq 0, |A_\infty(\sigma)| \leq 1$$





V. Guinot, AR. *Large CFL explicit scheme for one-dimensional shallow water equations.* International Journal for Numerical Methods in Fluids, 2024.

# 03
# Travaux en cours & Projets

# Travaux en cours, suite du projet

## Temps de calcul

- Objectif :
  **Paralléliser** la boucle principale du code

## Publication du code

- Objectifs :
  - Déposer une **version opérationnelle** et documentée du code
  **- Développer et animer les communautés** d'utilisateurs

GitHub

SW 2D LEMON

github.com/inria-lemon/sw2d-lemon

## Couplage subsurface

- Objectif :
  Bien connaître le réseau sous-terrain et le prendre en compte (effet tampon) dans les simulations d'inondations

# *Merci !*