

Réponse hydro-climatique de Paris et sa petite couronne

Lundi 13 décembre 2021 - Météo France (Toulouse)

Émilie Bernard

CNRM & Université Gustave Eiffel

Directrices de thèse :

Cécile de Munck & Katia Chancibault

Rapporteurs :

Sylvie Leroyer

Gislain Lipeme-Kouyi

Yves Richard

Examineurs :

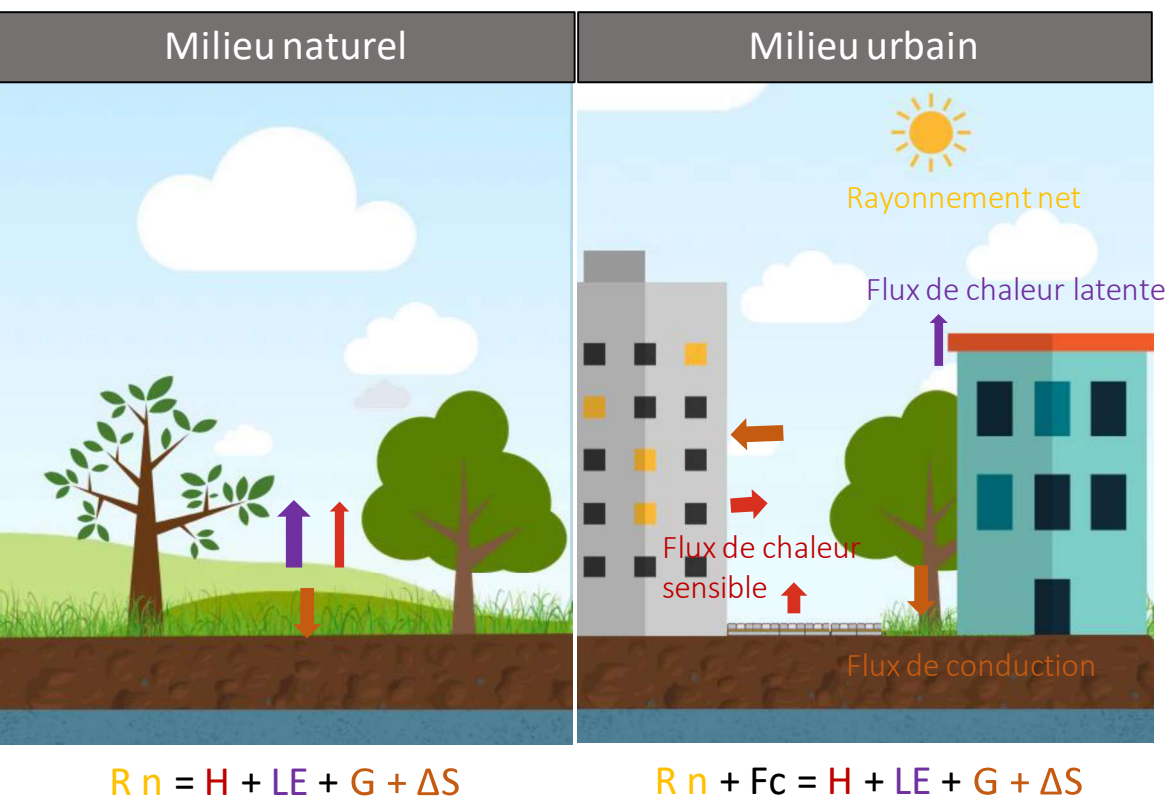
Jean-Philippe Gastellu-Etchegorry

Marjorie Musy

Zahra Thomas

Invitée :

Aude Lemonsu



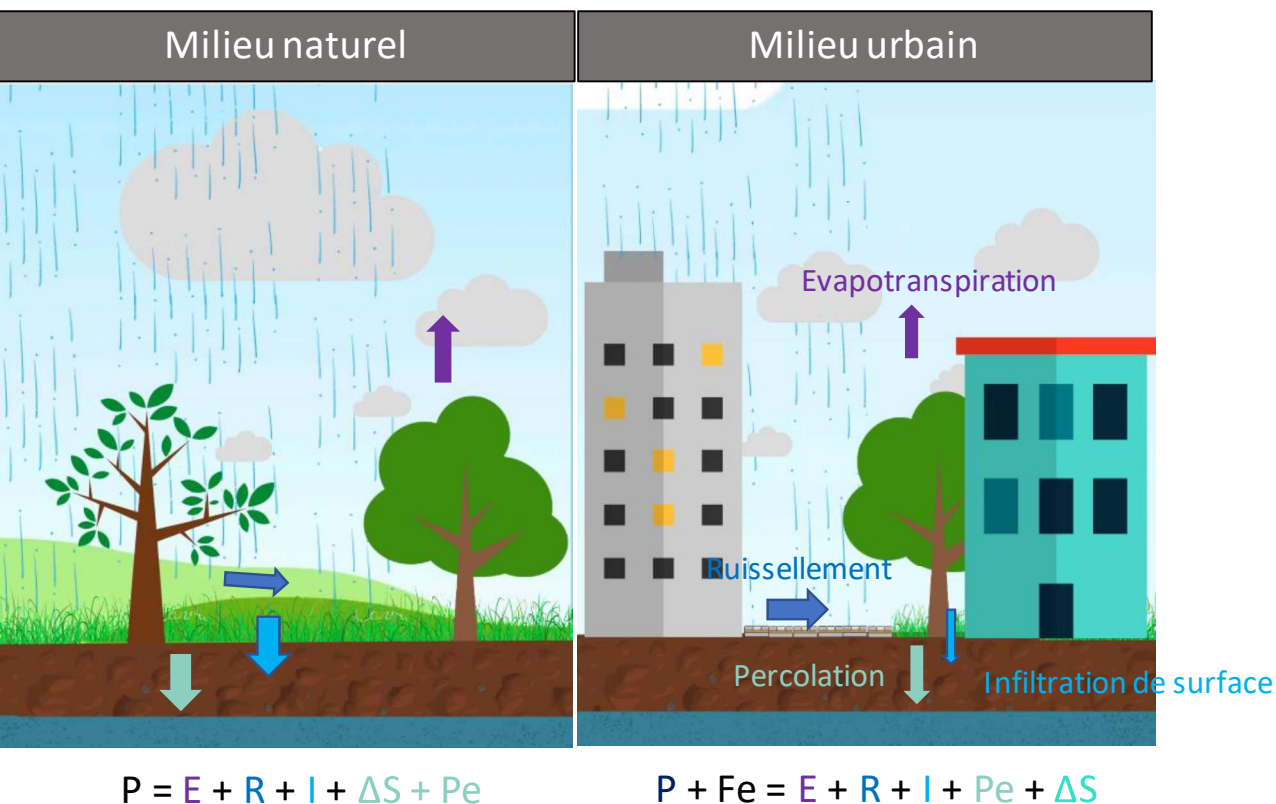
- Bilan d'énergie

- Milieu naturel

Rayonnement net (R_n) = Flux de chaleur sensible (H)
 + Flux de chaleur latente (LE)
 + Flux de conduction (G)
 + Stockage

- Milieu urbain

Rayonnement net (R_n) = Flux de chaleur sensible (H)
 + Flux de chaleur anthropique
 + Flux de chaleur latente (LE)
 + Flux de conduction (G)
 + Stockage (ΔS)



- Bilan hydrologique

- Milieu naturel

Précipitations = Evapotranspiration (E)
 + Ruissellement (R)
 + Infiltration de surface (I)
 + Percolation (Pe)
 + Stockage d'eau

- Milieu urbain

Précipitations = Evapotranspiration (E)
 + Flux d'eau anthropique + Ruissellement (R)
 + Infiltration de surface (I)
 + Percolation (Pe)
 + Stockage d'eau

Végétation et sol perméable

Climat urbain

Bilan énergétique

$$R_n + F_c = H + \text{LE} + G + \Delta S$$

Flux de chaleur latente

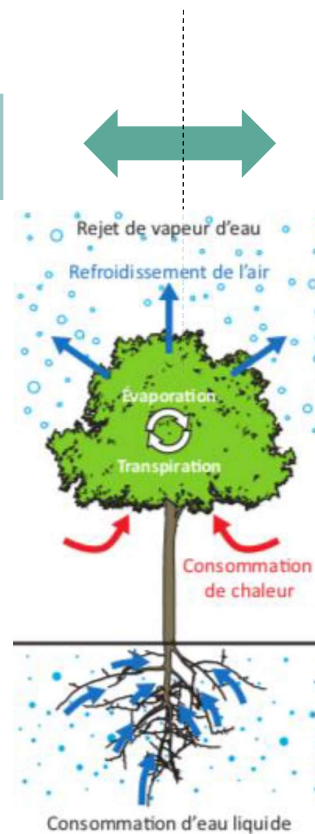
$$\text{LE} = E \times L_v$$

Hydrologie urbaine

Bilan en eau

$$P + F_e = \text{E} + R + I + P_e + \Delta S$$

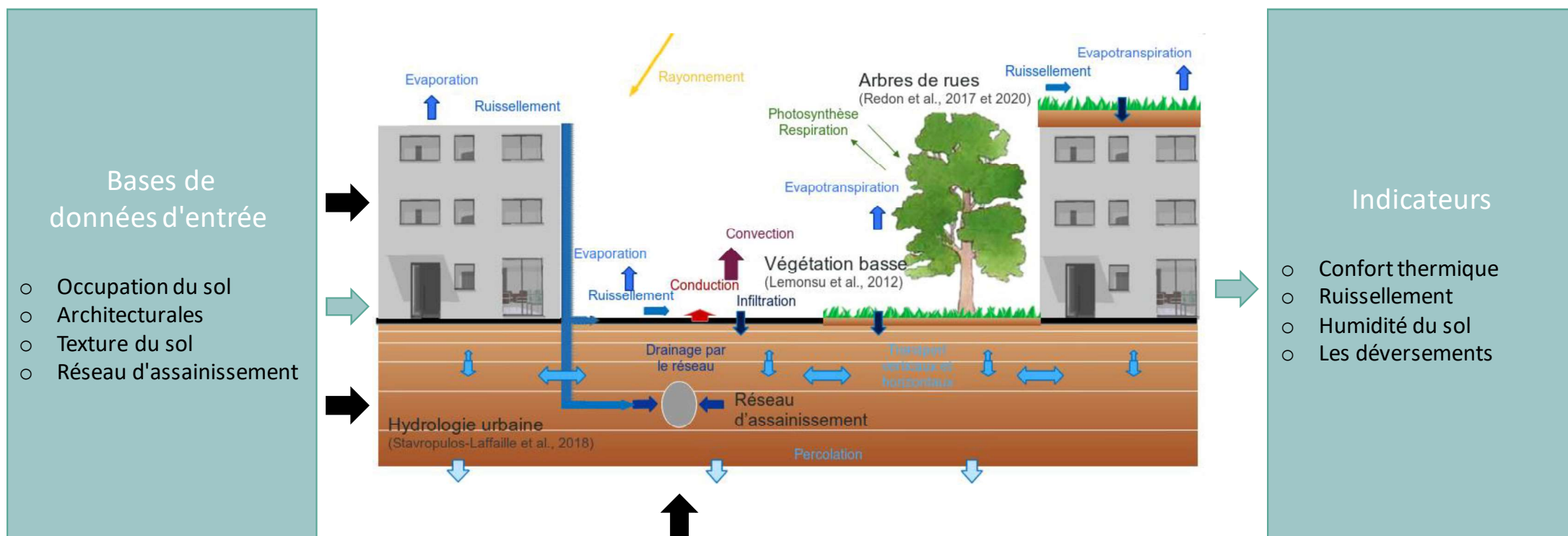
Evapotranspiration



Le modèle hydro-climatique TEB

- Utilisation couplée des paramétrisations TEB-Tree et TEB-Hydro

Problématique : La représentation d'une ville par la modélisation hydro-climatique



Questions de recherche

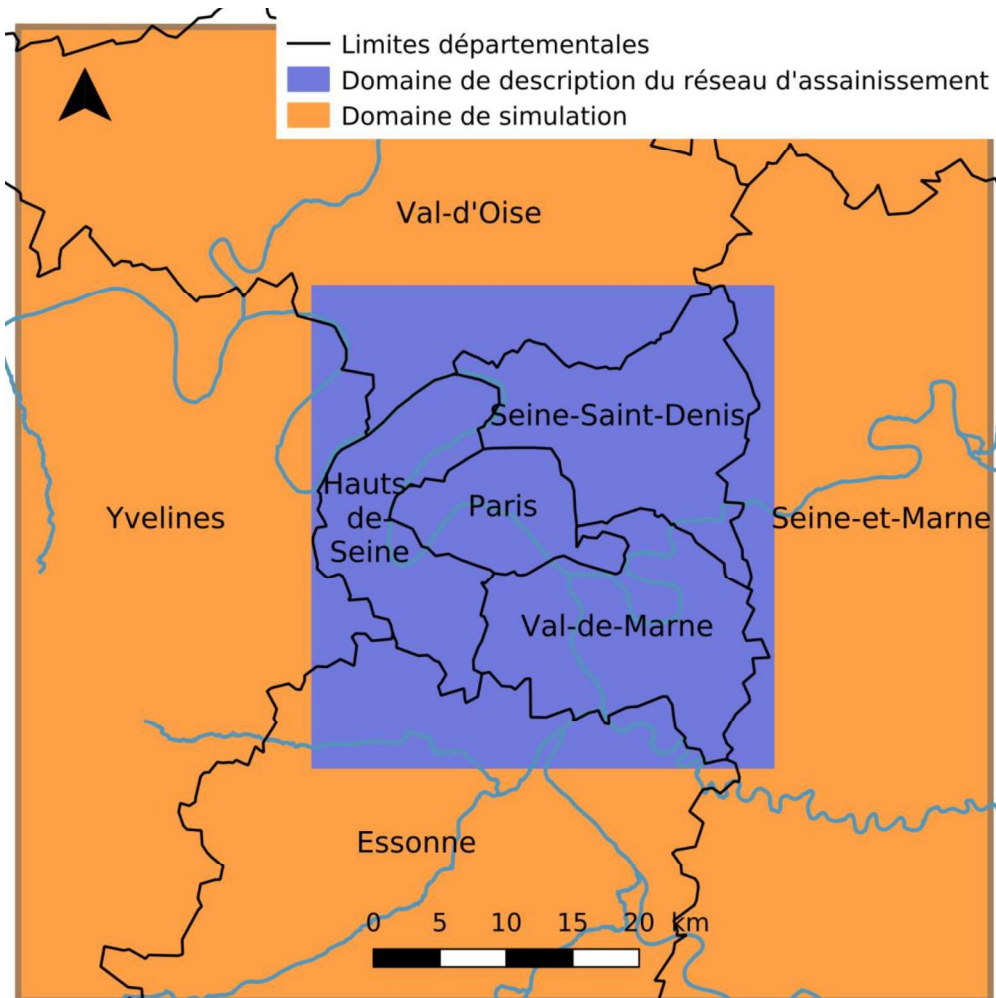
Problématique : La représentation d'une ville par la modélisation hydro-climatique

Quelles données pour une description optimale des villes ?

Quel calage hydrologique pour un large domaine urbain et pour quel réalisme ?

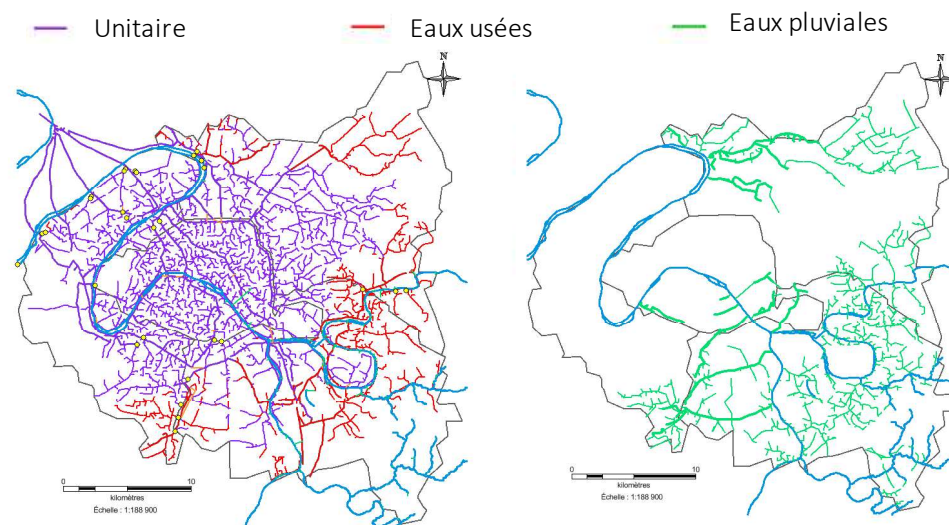
Comment identifier des zones de plus forts enjeux hydro-climatiques en milieu urbain ?

Domaine d'étude



Paris et sa petite couronne

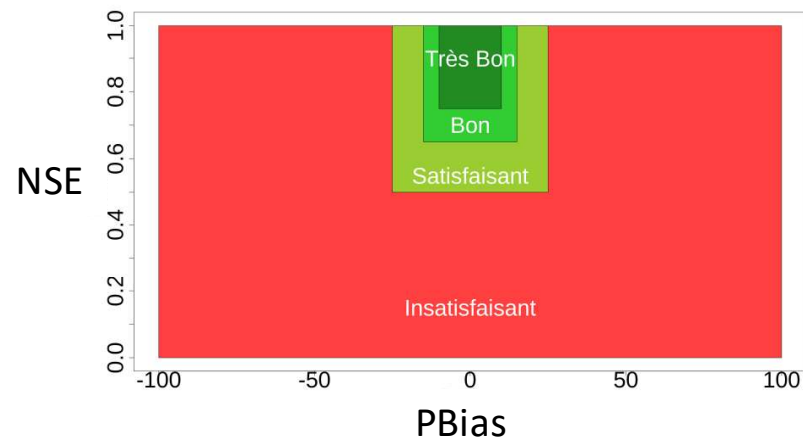
- Aire urbaine la plus peuplée et la plus étendue de France
 - Bien documentée : lieu de nombreuses études et projets
- ➡ Etude de 17 ans (2001-2017) à une résolution spatiale de 250 m



PIREN-Seine Phase VII, 2015-2019 (Chancibault et al., 2019)

Évaluation du modèle

Combinaison des scores de NSE et PBias
(Moriassi et al., 2008)



Classes
1
2
3
4
5



Évaluation

1

2002

2003-2005

2006-2007
2014

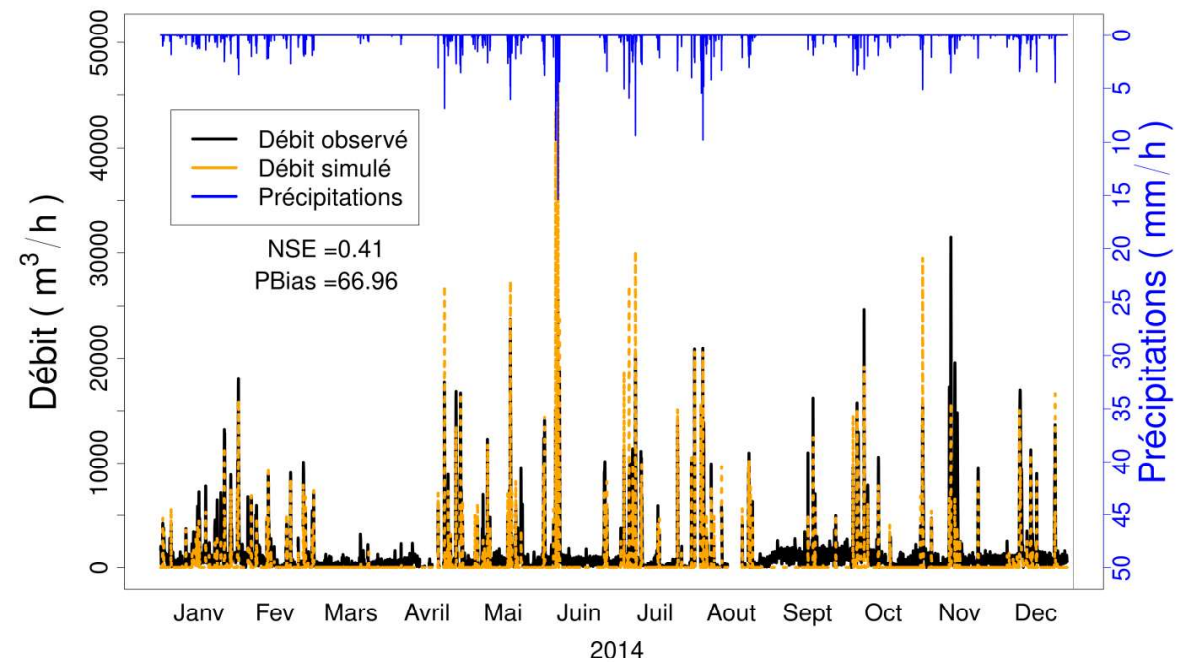
2

2011

2015-2017

2012-2014

P119

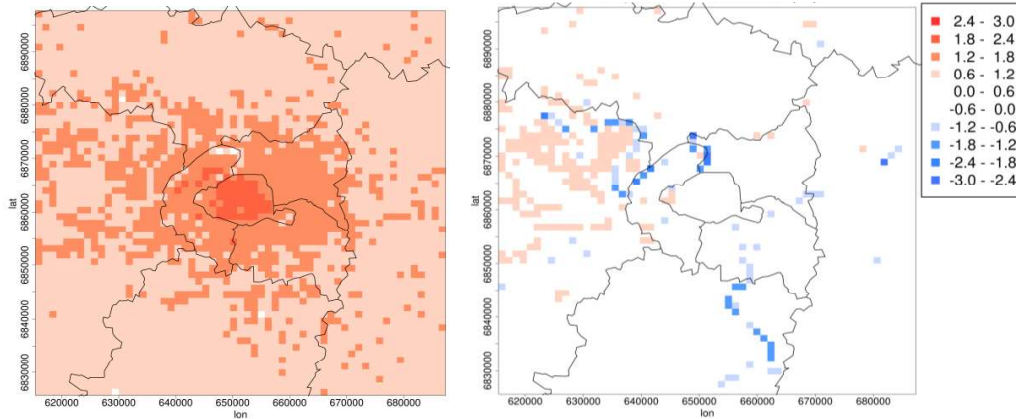


Evaluation du modèle

Comparaison des températures maximales de l'air à 2 m

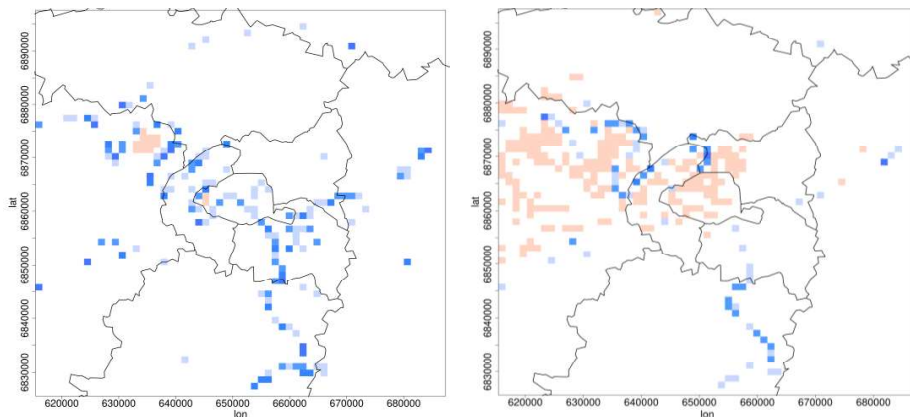
DJF

MAM

 $\Delta T (^{\circ}\text{C})$ 

JJA

SON



Observations : Produit spatialisé de Tmax

(Koukoku-Arnaud et Brion, 2018)

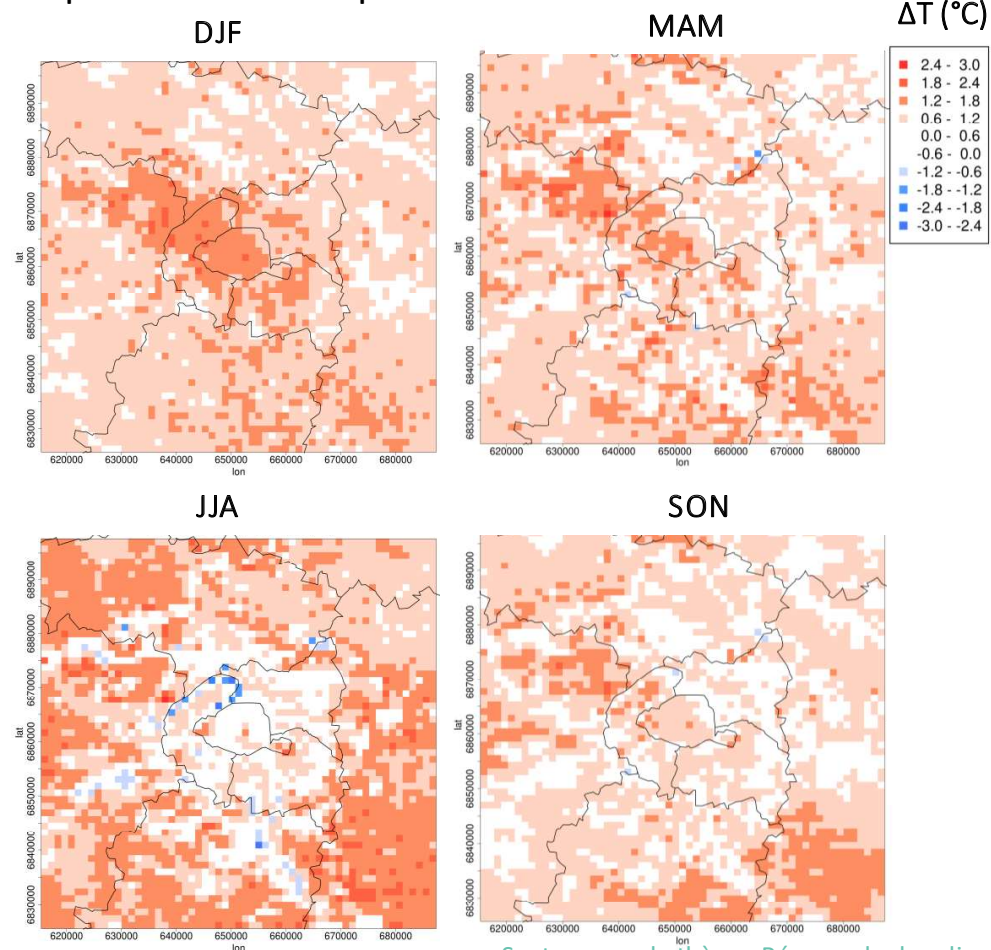
Milieu urbanisé :

- Hiver : Tmax surestimées $\sim 1^{\circ}\text{C}$
- Printemps, été, automne : Tmax bien simulées

Zone péri-urbaine : Très satisfaisant

Evaluation du modèle

Comparaison des températures minimales de l'air à 2 m



Observations : Produit spatialisé de Tmin

(Koukoku-Arnaud et Brion, 2018)

Milieu urbanisé :

- Hiver : Tmin surestimées $\sim 2^{\circ}\text{C}$
- Printemps, été, automne : Tmin satisfaisantes

Zone péri-urbaine :

- Été : Tmin surestimées $\sim 2^{\circ}\text{C}$
- Hiver, printemps, automne : Tmin satisfaisantes

Plan

Contexte

Partie 1 : Cadre de modélisation et sensibilité aux bases de données

Partie 2 : Calage et évaluation du modèle couplé

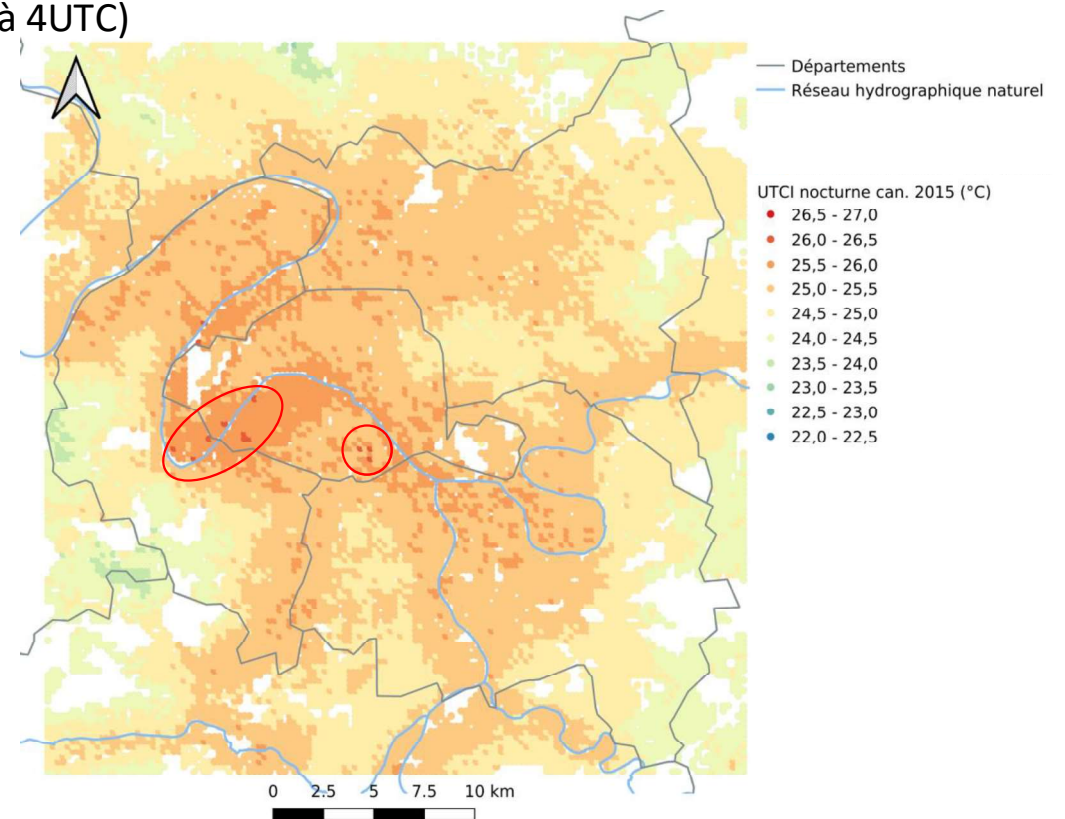
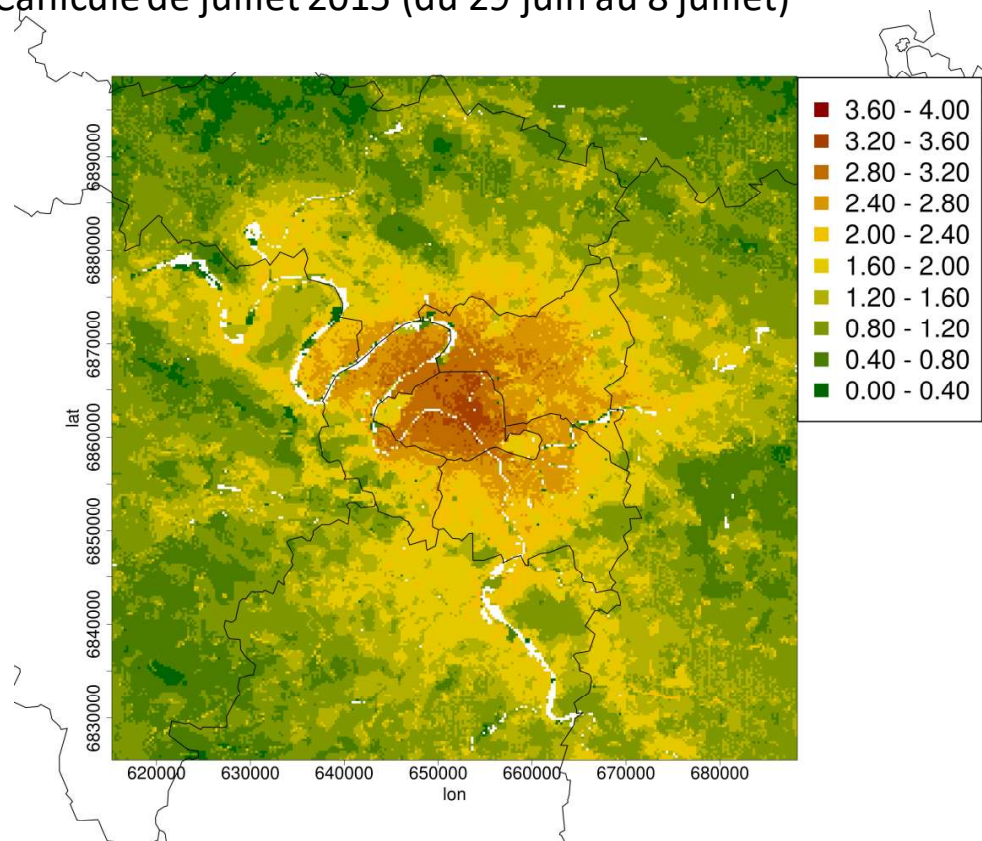
Partie 3 : Analyse de la réponse hydro-climatique

Conclusions

Comment identifier des zones de plus forts enjeux hydro-climatiques en milieu urbain ?

Confort thermique

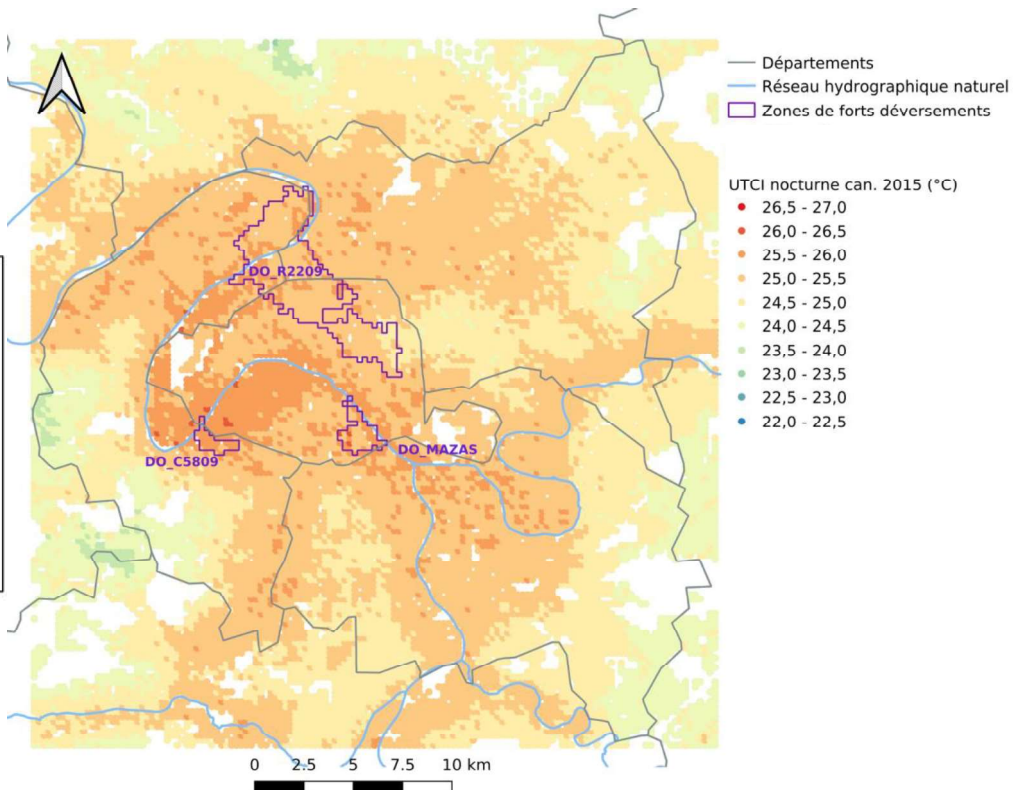
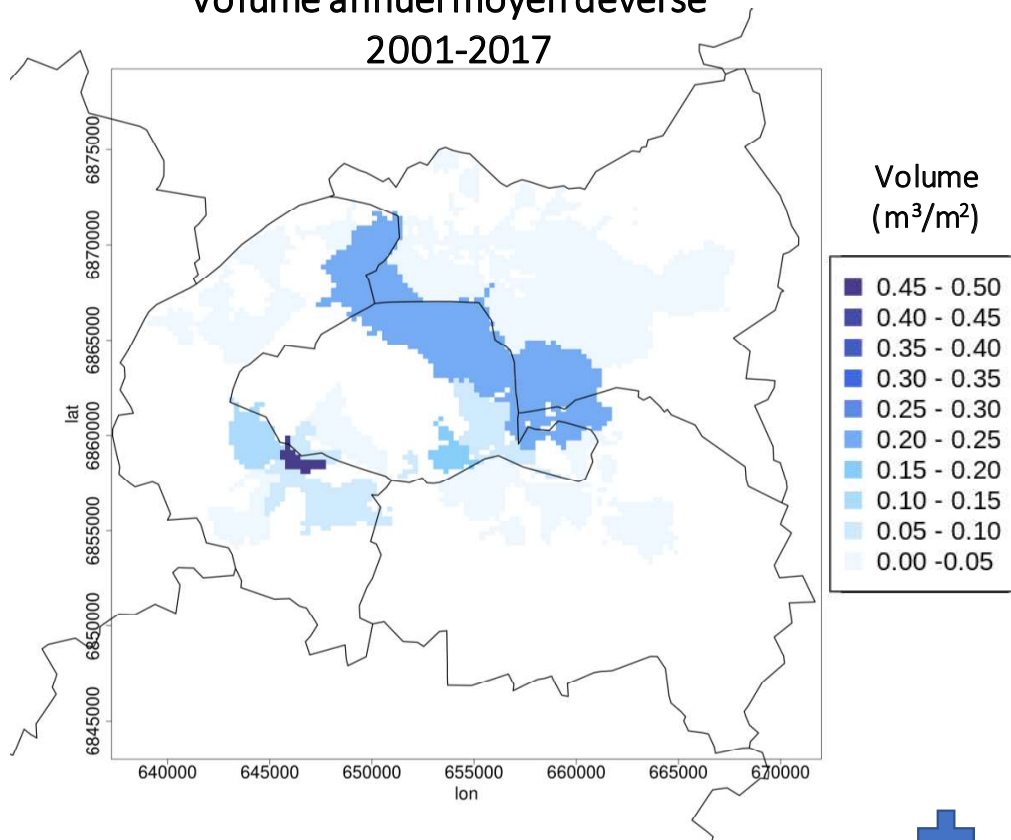
Intensité moyenne de l'îlot de chaleur urbain nocturne (2UTC à 4UTC)
Canicule de juillet 2015 (du 29 juin au 8 juillet)



Indice de confort thermique nocturne canicule de 2015

Déversements

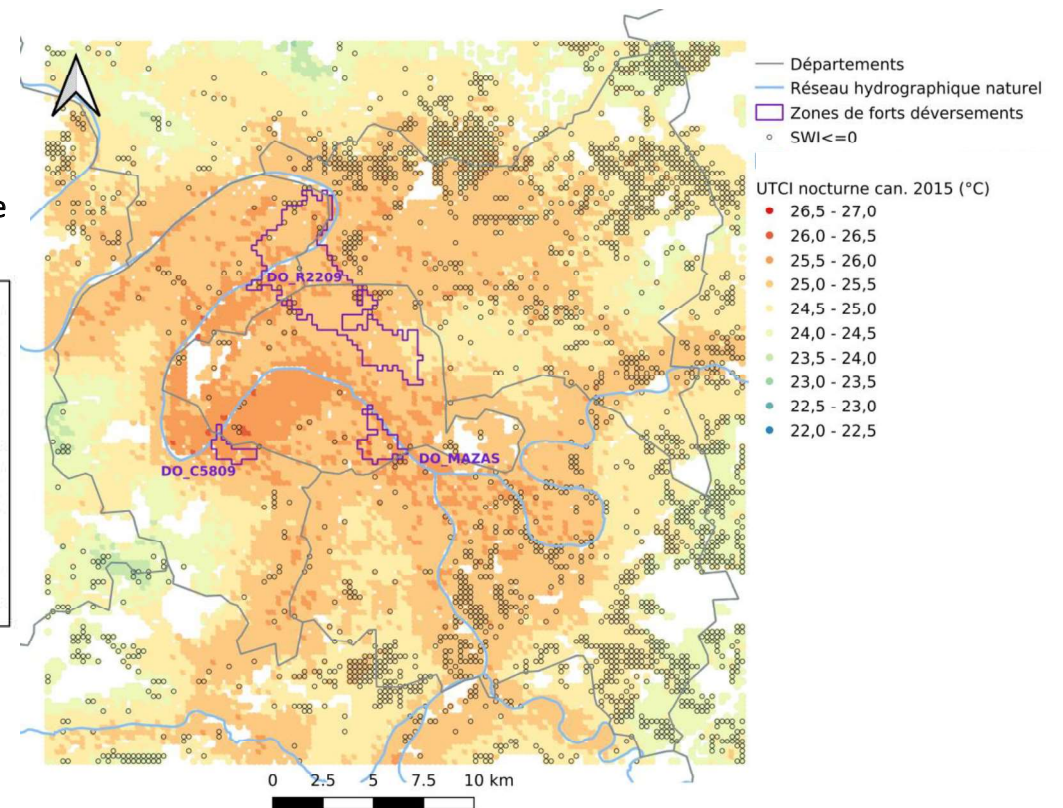
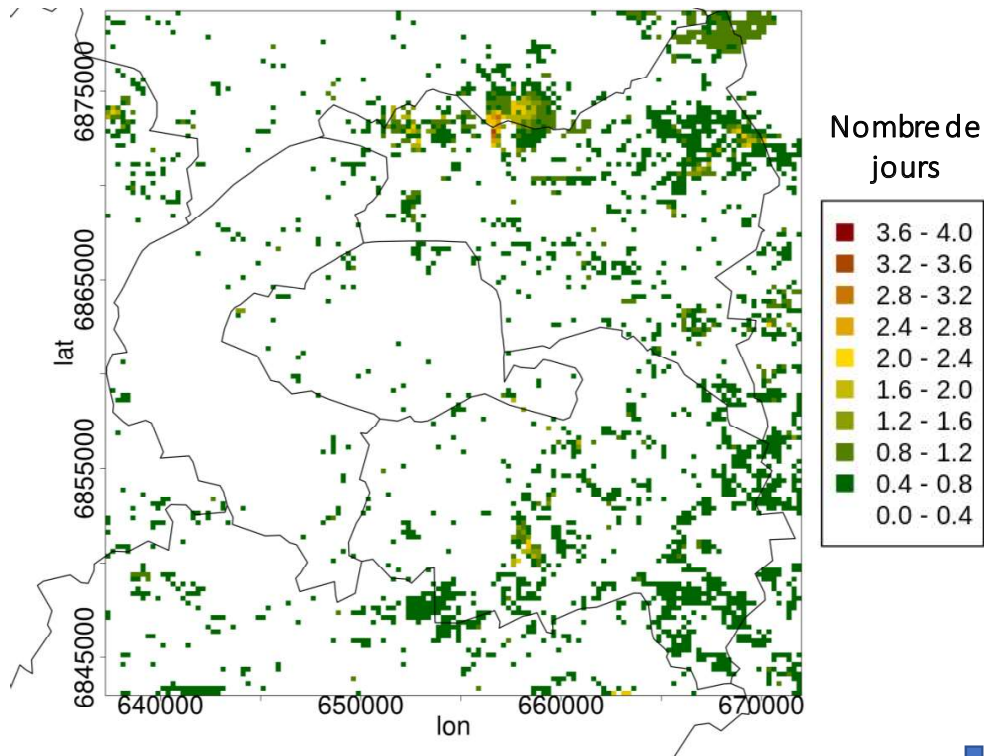
Volume annuel moyen déversé
2001-2017



Bassins versants déversant le plus souvent et les plus gros volumes (2001-2017)

Humidité du sol

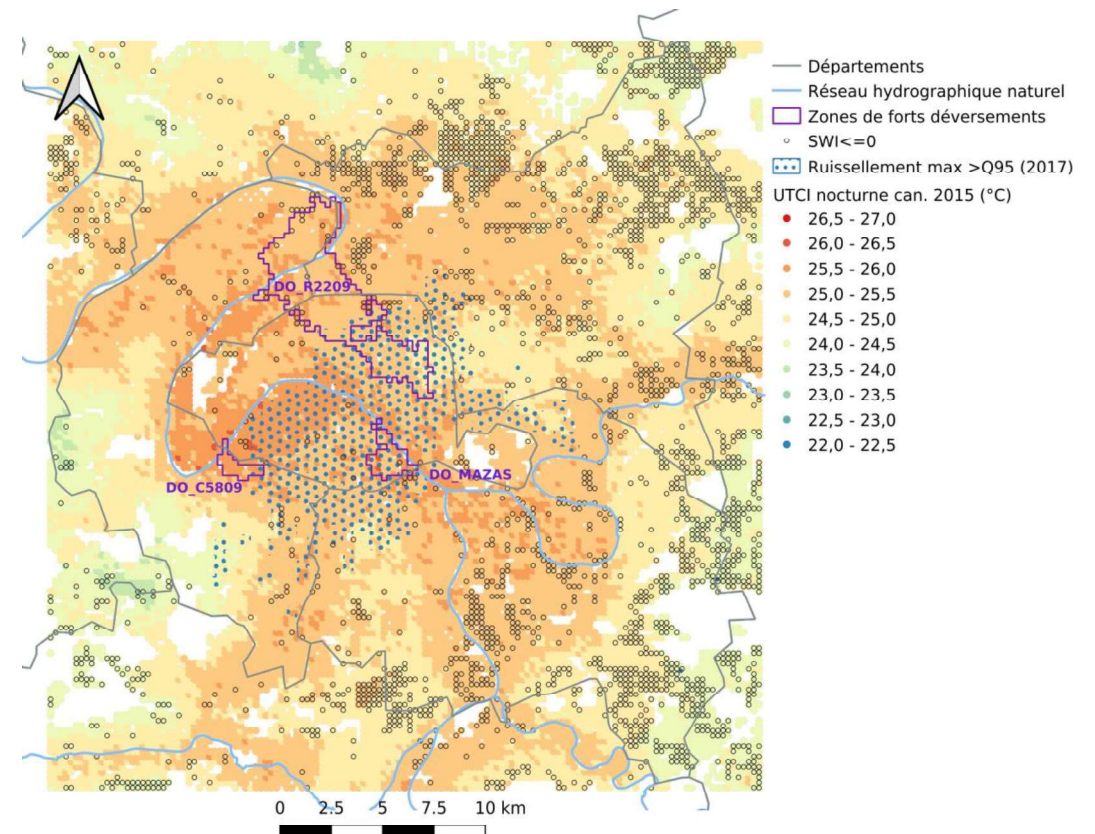
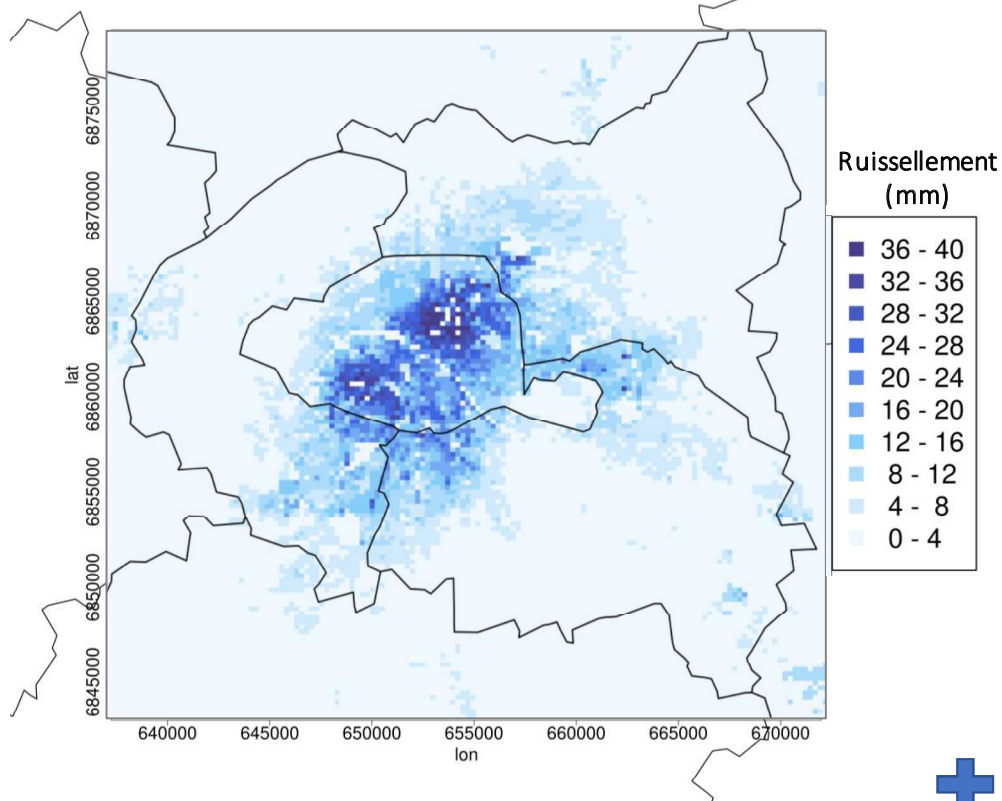
Moyenne annuelle du nombre de jours avec un $SWI \leq 0$
2001-2017



Zones touchées par un $SWI \leq 0$ (2001-2017)

Ruissellement

Ruissellement maximal orage du 9 au 10 juillet 2017

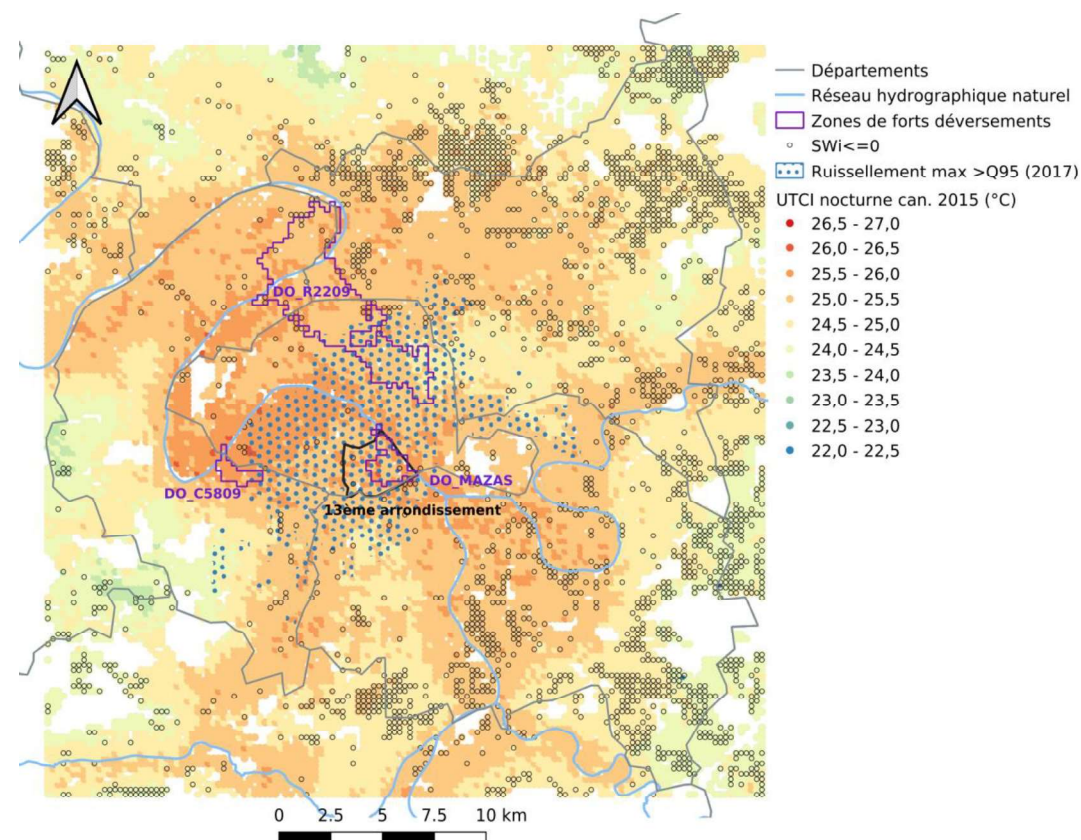


✚ Q95 du ruissellement maximal de l'orage du 9 au 10 juillet 2017

Localisation de zone de vulnérabilités

- Identification de zones vulnérables climatiquement, hydrologiquement et couplées
- Le 13ème arrondissement : plus forte vulnérabilité hydro-climatique
- Lien avec les réaménagements actuels : Travaux en cours pour l'installation d'un bassin de rétention au niveau du DO MAZAS

Réaménagement récent du quartier avec le projet Paris Rive Gauche



Plan

Contexte

Partie 1 : Cadre de modélisation et sensibilité aux bases de données

Partie 2 : Calage et évaluation du modèle couplé

Partie 3 : Analyse de la réponse hydro-climatique

Conclusions et perspectives

Conclusions

- Manque d'observations pour la validation de modèles hydro-climatiques de méso-échelle à haute résolution
- Limite des bases de données à utiliser pour un modèle aussi raffiné
- Première modélisation hydro-climatique couplée à l'échelle d'une ville entière
- Méthode d'identification de zones de forts enjeux dans une perspective d'adaptation

