



# Evaluation de UWG

## sur la ville de Toulouse

dans le cadre de ma thèse sur l'estimation des températures  
de l'air en milieu urbain

**Hiba HAMDJ, Kormap, LETG**  
**Thomas CORPETTI, LETG**  
**Laure ROUPIOZ, Onera**  
**Xavier BRIOTTET, Onera**





## SUJET

### Contexte général:

Utiliser les réseaux de neurones pour la modélisation d'îlots de chaleur

➔ Modélisation de la température de l'air

- 1) Modèles physiques : coût calculatoire important
- 2) Modèles statistiques : régression
- 3) Approche proposée : Modèle statistique avec contraintes physiques

### Finalité : Prédiction des températures de l'air en milieu urbain

Quantifier l'impact des transformations urbaines en termes de températures d'air et d'indices de confort

#### Avantages :

- rapidité d'exécution
- cohérence physique
- généralisation

#### Questionnements :

- données suffisantes?
- architecture du réseau de neurones
- entrées : paramètres de surface, variables météo...



# Choix Modèle de simulation

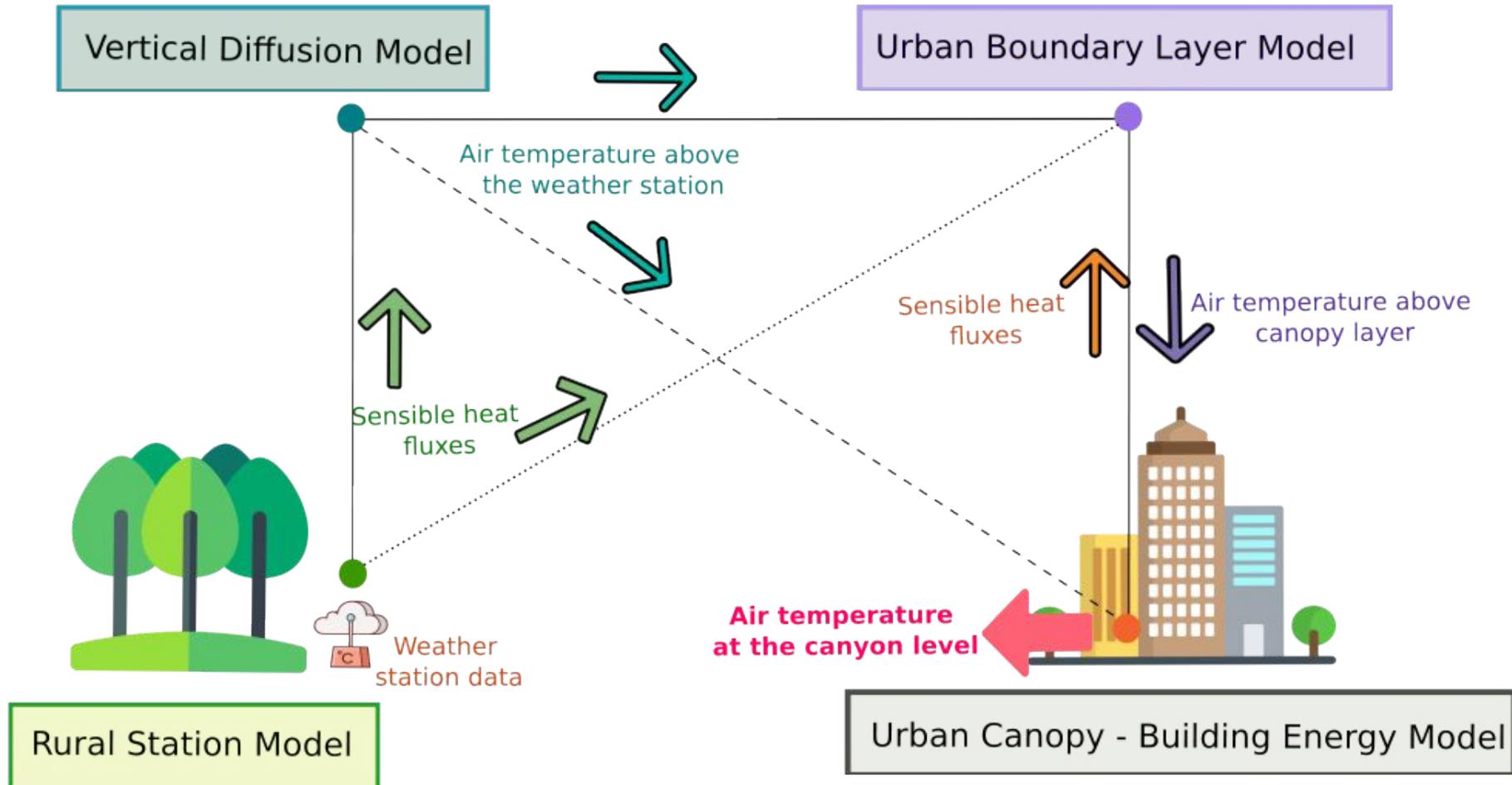


Urban Weather Generator (UWG)

- Basé sur une version plus ancienne de TEB : reste correct mais ne prend pas en compte les évolutions récentes
- Forçage atmosphérique
  - extrapolation des mesures d'une station rurale pour s'affranchir du couplage avec un modèle atmosphérique complexe
- Open source, Codé en Python, communauté réactive et on peut faire tourner le code seul
- Temps de calcul adapté à l'échelle de la ville



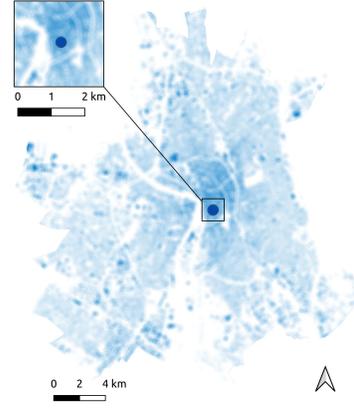
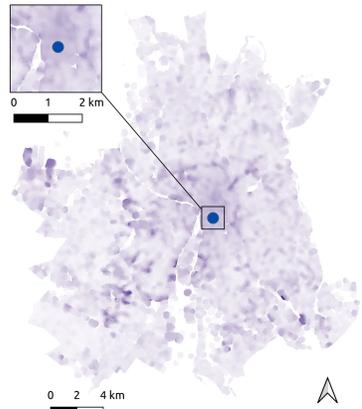
## Urban Weather Generator





## Entrées de UWG (maille 250m)

### Les paramètres de surface issus de télédétection :

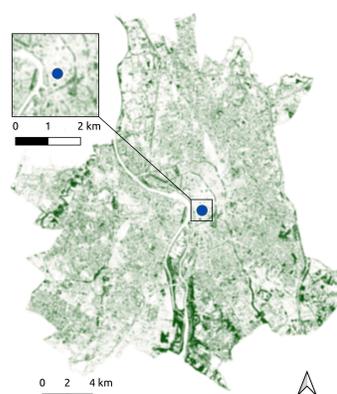
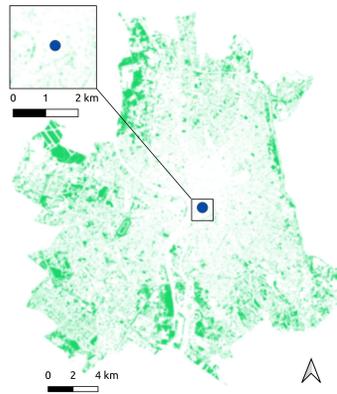


BD TOPO (IGN)

● Hauteur du bâti

● Densité du bâti

+ rapport vertical/horizontal +



BD ORTHO (IGN)

● Trame herbacée

● Trame arborée

- Zone de climat
- Type du bâti
- Période de construction du bâti
- Hauteur de la couche limite urbaine de jour
- Hauteur de la couche limite urbaine de nuit
- Hauteur de référence

**+ Données météo : station rurale de référence**



# Le réseau de stations météo de Toulouse Métropole

⇒ Données d'entrée d'UWG  
(référence rurale)

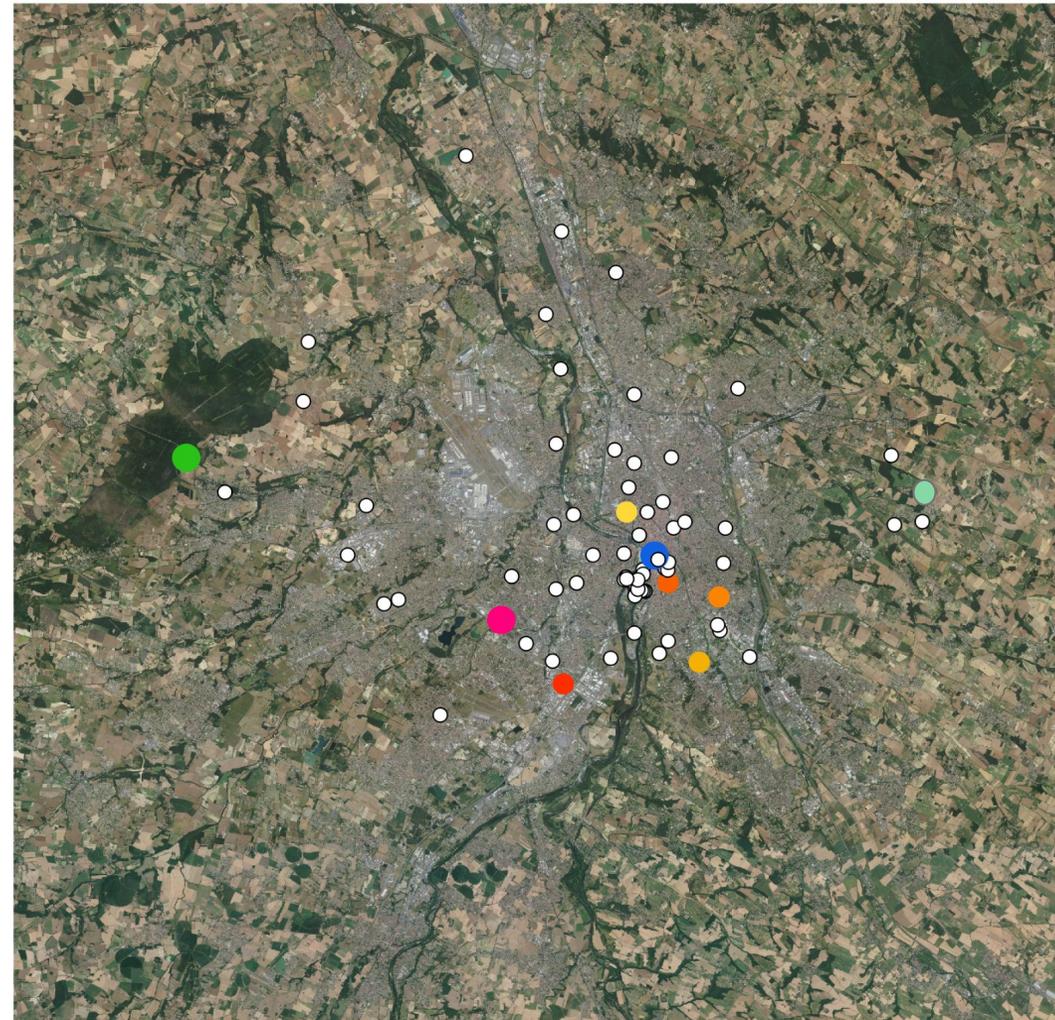
⇒ Données de validation

Les stations (~60) :

- |                                   |                              |
|-----------------------------------|------------------------------|
| ● Centre Equestre (rural station) | ● Paul Sabatier (validation) |
| ● Carmes (validation)             | ● Saint-Exupéry (validation) |
| ● Meteopole (reference)           | ● Busca (validation)         |
| ● Compans-Cafarelli (validation)  | ● Thibaud (validation)       |
| ● reference (Mondouzil)           | ○ other                      |

Données de la station rurale :

- Températures de l'air
- Flux radiatifs
- Humidité
- Pression atmosphérique
- Moyennes mensuelles des températures du sol pour trois profondeurs différentes



0 5 10 km





# Evaluation de UWG

- 1) Analyse de l'impact de la station rurale**
- 2) Validation de UWG par LCZ**

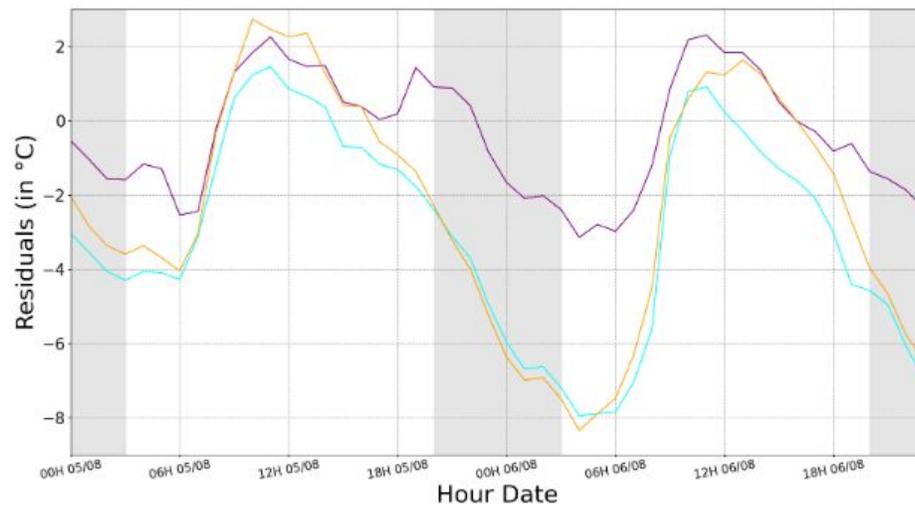
sur une durée de 4  
jours favorables à l'ICU



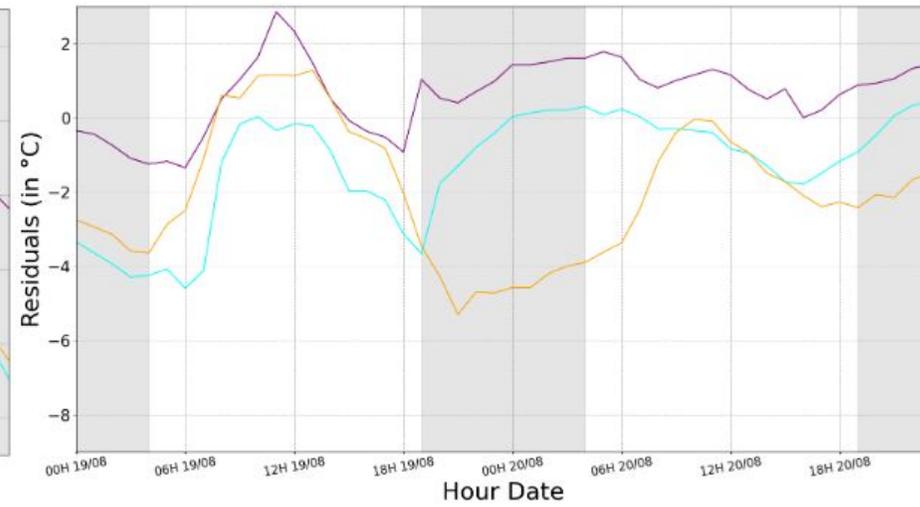
# Impact de la station rurale

| Rural Station   | RMSE(°C) | MBE(°C) |
|-----------------|----------|---------|
| Mondouzil       | 3,48     | -2,24   |
| Météopole       | 3,39     | -2,22   |
| Centre équestre | 1,73     | 0,03    |

- La simulation avec le centre équestre est la plus proche de la réalité
- Importance du choix de la station rurale dans le cas de Toulouse



(a) 5 and 6 August 2020



(b) 19 and 20 August 2020

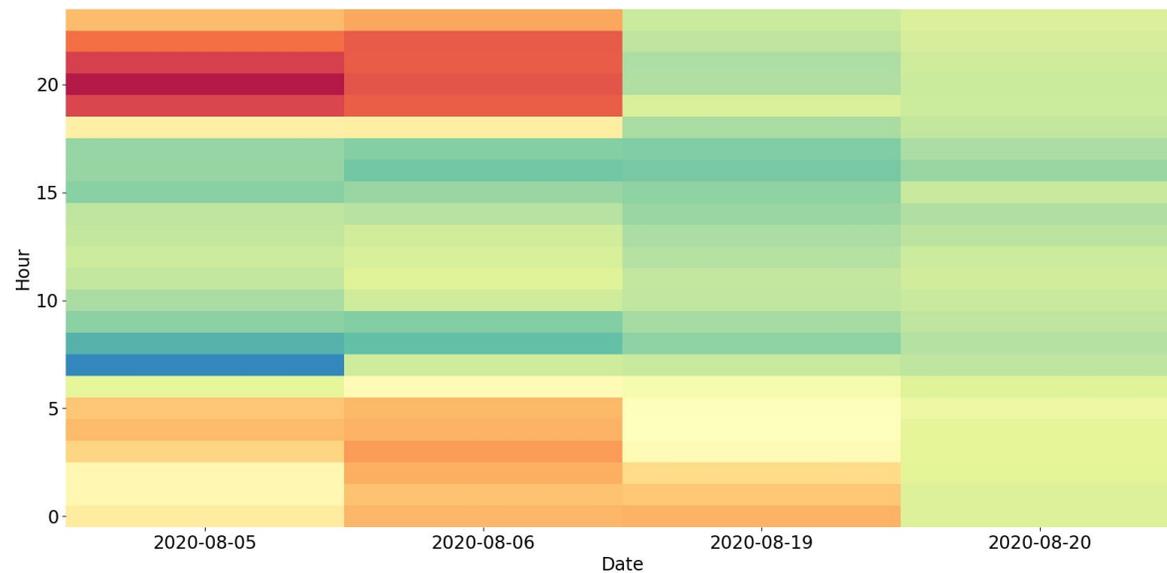
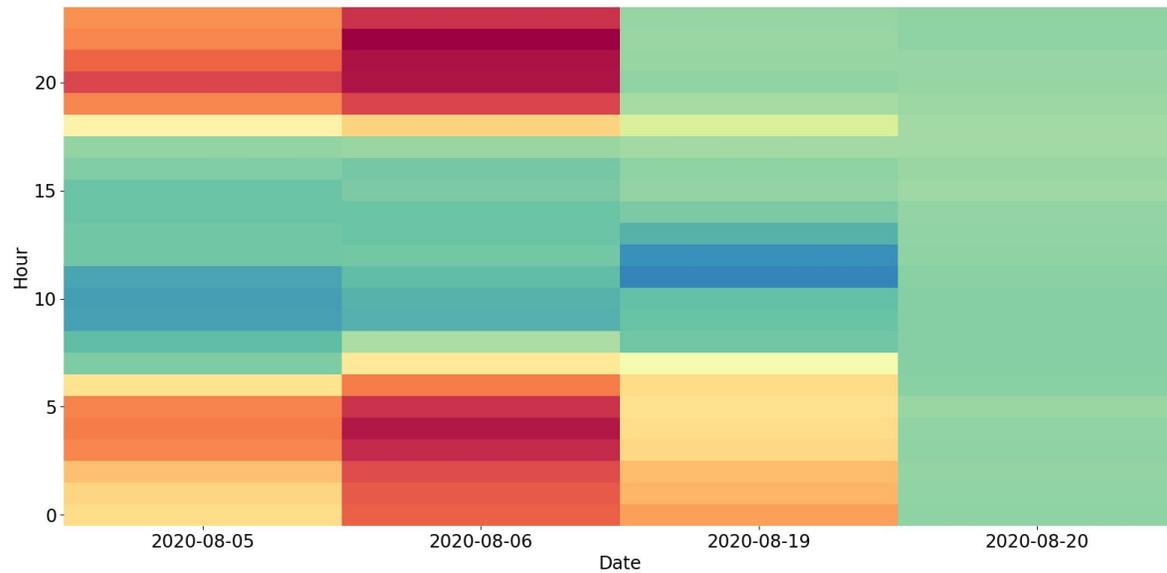
— Centre équestre — Mondouzil — Météopole — Night



## Validation de UWG sur différents LCZs

| Validation Station | RMSE (°C) | MBE (°C) | LCZ                                |  |
|--------------------|-----------|----------|------------------------------------|--|
| Compans Cafarelli  | 2,01      | -0,37    | 11- Espace densément arboré        |  |
| Paul Sabatier      | 1,98      | -0,26    | 5- Ensemble d'immeubles espacés    |  |
| Saint Exupéry      | 1,94      | 0,02     | 6- Ensembles de maisons espacées   |  |
| Busca              | 1,77      | 0,5      | 3- Ensemble compact de maisons     |  |
| Thibaud            | 1,77      | -0,03    | 8- Bâtiments bas de grande emprise |  |
| Carmes             | 1,41      | 0,14     | 2- Ensemble compact d'immeubles    |  |

- RMSE entre 1,41 et 2,01 °C
- Les meilleurs résultats sont obtenus sur les zones les plus urbanisées



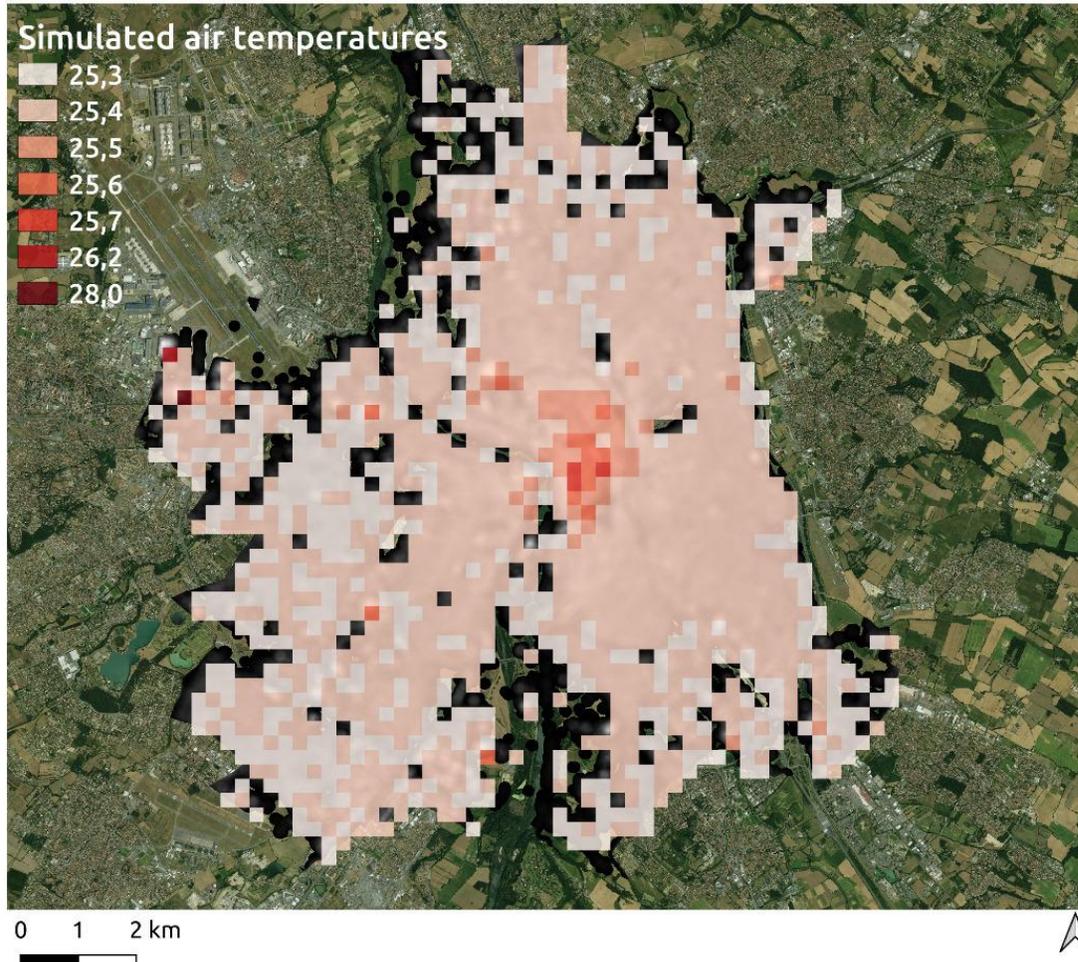
## ICU - comparaison prédit vs. réel

à la station des Carmes (en se basant sur la station rurale Centre équestre)

- Surestimation de l'ICU la nuit
- Sous estimation de l'ICU la journée



# Simulation des températures de l'air à 250 m avec UWG



- 0.4°C de variation entre le centre ville et les zones résidentielles
- Variabilité spatiale très faible entre les différentes LCZ



## Conclusion

-  Prise en main facile (code + données)  
Bonne estimation  $T_{air}$  en zone urbanisée dense (RMSE Carmes =  $1,41^{\circ}\text{C}$ )  
Choix station rurale important
-  Manque de variabilité spatiale
-  Amélioration des résultats : réseau de neurones qui simule UWG + affiner les résultats avec les données au sol et télédétection

Retrouvez toutes les présentations de l'atelier



**TÉLÉDÉTECTION POUR L'ÉTUDE DU MILIEU URBAIN**

sur [www.theia-land.fr/urbain/2023-urbain/](http://www.theia-land.fr/urbain/2023-urbain/)





## SUJET

### Contexte général:

Utiliser les réseaux de neurones pour la modélisation d'îlots de chaleur

→ Modélisation de la température de l'air

- 1) Modèles physiques
- 2) Modèles statistiques : régression linéaire multiple
- 3) Approche proposée : Modèle statistique avec contraintes physiques

### Finalité : Prédiction des températures de l'air en milieu urbain

Quantifier l'impact des transformations urbaines en termes de températures de l'air et d'indices de confort

#### Avantages :

- précision
- cohérence physique

#### Limites :

- coût calculatoire important
- difficile à paramétrer



## SUJET

### Contexte général:

Utiliser les réseaux de neurones pour la modélisation d'îlots de chaleur

→ Modélisation de la température de l'air

- 1) Modèles physiques
- 2) Modèles statistiques : régression linéaire multiple
- 3) Approche proposée : Modèle statistique avec contraintes physiques

### Finalité : Prédiction des températures de l'air en milieu urbain

Quantifier l'impact des transformations urbaines en termes de températures de l'air et d'indices de confort

#### Avantages :

- rapidité
- simplicité

#### Limites :

- non généralisable temporellement
- pas de prise en compte de la physique