



LES OUTILS DE SIMULATION

Auline Rodler

Équipe de recherche BPE, Cerema

Lucie Merlier

CETHIL UMR5008, CNRS-INSA Lyon-Univ. Claude Bernard Lyon1

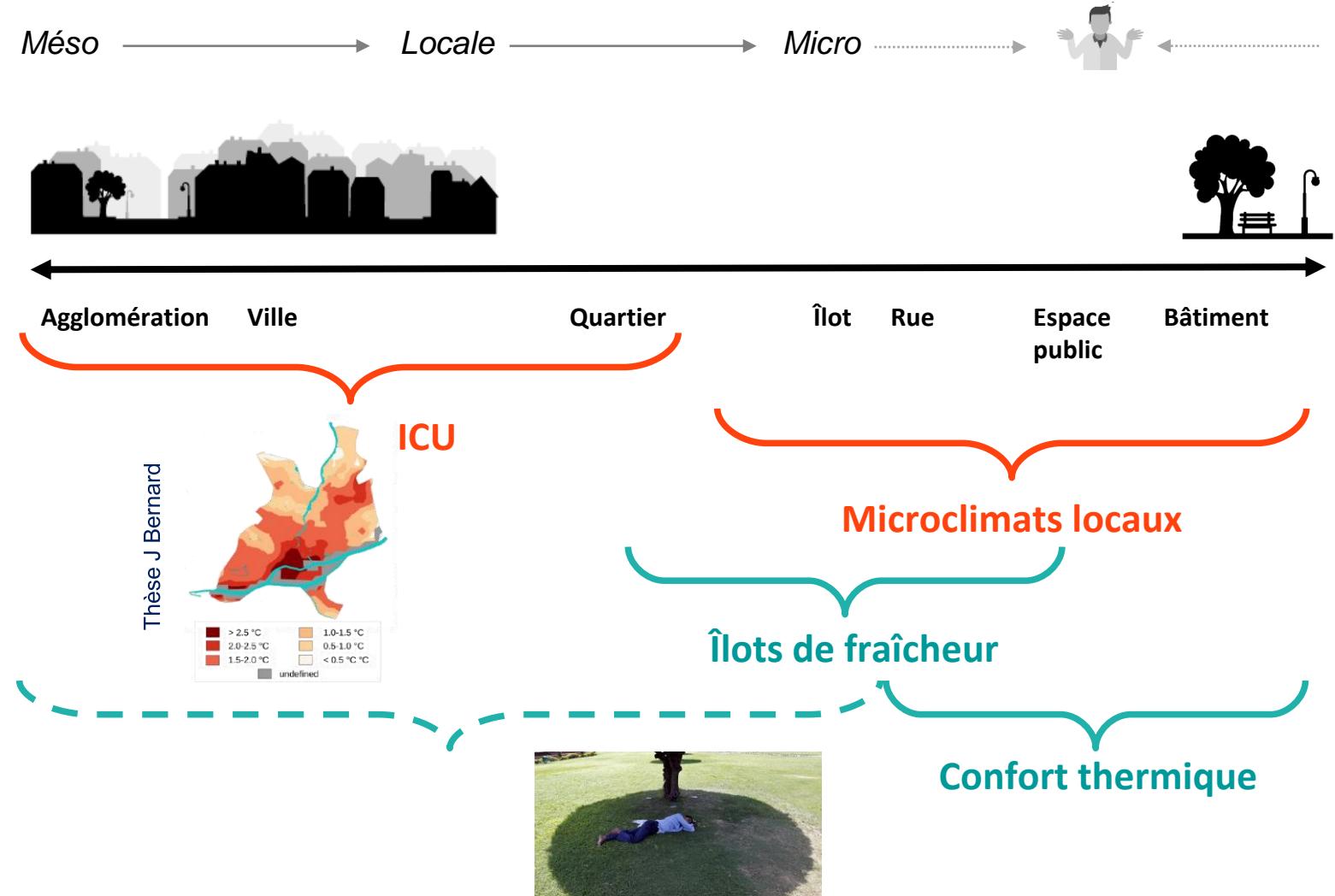
SURCHAUFFE, ICU

Echelle météorologique:

Méso

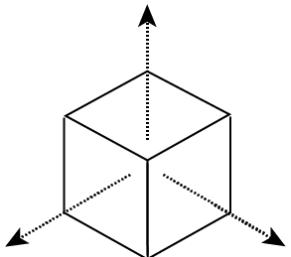
Locale

Micro

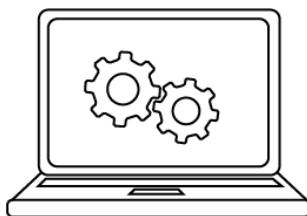


MODÉLISATION & SIMULATION NUMÉRIQUE

- Modèle : Sciences - Représentation simplifiée, souvent formalisée, d'un processus, d'un système [le Robert]



- Modèle : Traduction d'un phénomène dans la langue des **équations mathématiques**. La modélisation du phénomène étudié consiste à prendre en compte les **principes fondamentaux** [...], et à déterminer les **paramètres essentiels** à sa description à la fois simple et réaliste [cea]



- Simulation numérique : Procédé selon lequel on exécute un (des) programme(s) sur un (des) ordinateur(s) en vue de représenter un phénomène physique. [...] Elles sont donc une **adaptation aux moyens numériques des modèles mathématiques** [cea]

=> Elles servent à étudier le fonctionnement et les propriétés d'un système et à en prédire l'évolution [cea]

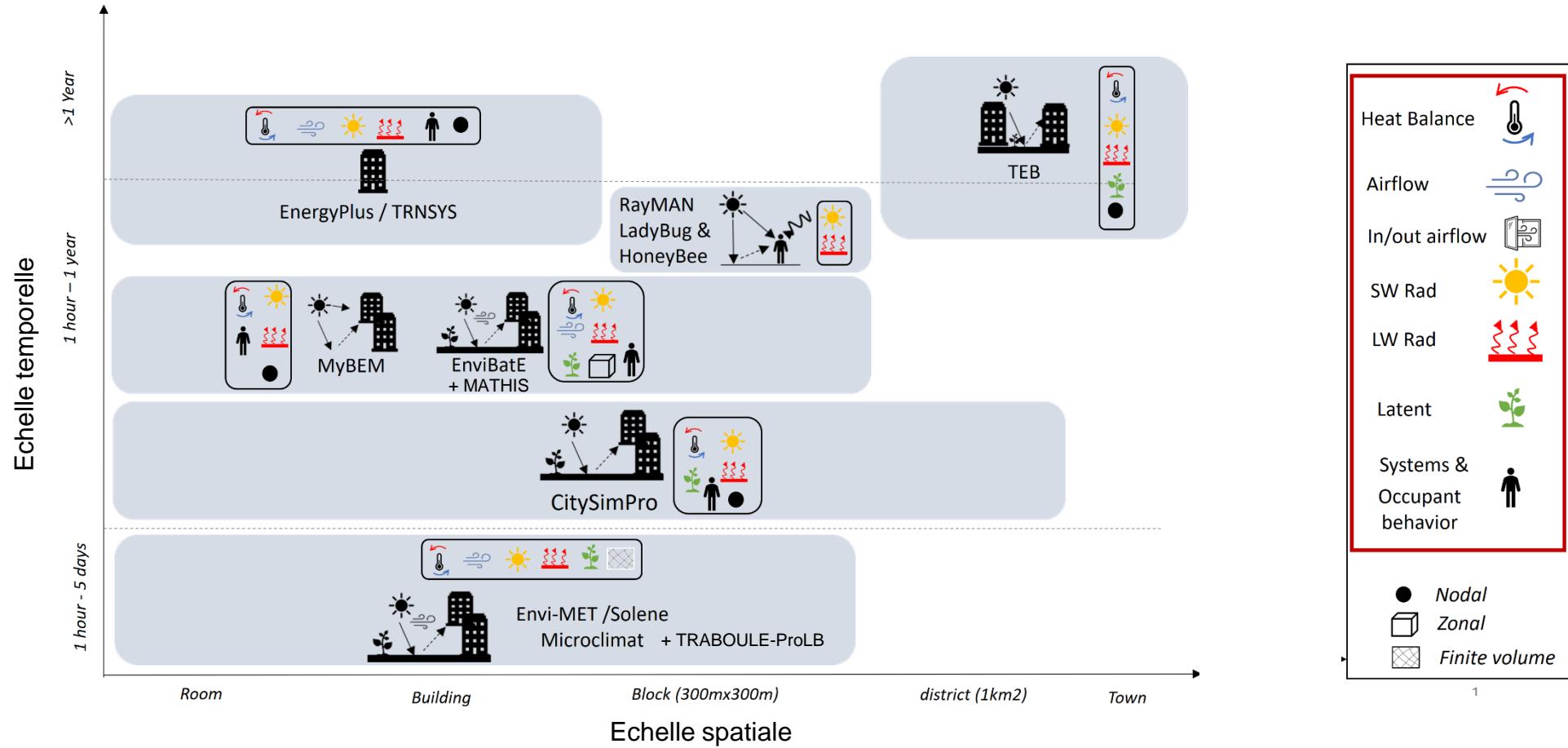
... compte tenu de leurs hypothèses ... /\\ Tout modèle n'est pas adapté à toutes les utilisations !

<https://www.lerobert.com/> consulté le 06/09/2024

<https://www.cea.fr/comprendre/Pages/physique-chimie/simulation-numerique.aspx?Type=Chapitre&numero=1> consulté le 06/09/2024

DES OUTILS À DIFFÉRENTES ÉCHELLES

Selon la sortie souhaitée : Confort? ICU? Energie?



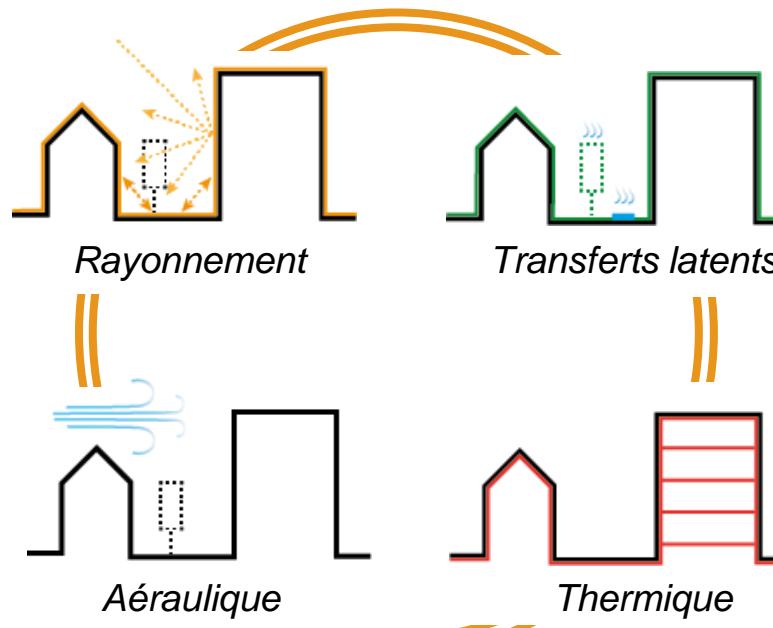
adapté de Barone 2024

PRINCIPE DES OUTILS DE SIMULATION

Entrées

Données météo
Géométrie
Caractéristiques thermiques et radiatives des matériaux
Caractéristiques de la végétation
Charges anthropiques

Les modèles physiques & couplages

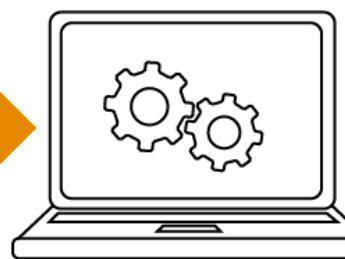


adapté de Robineau et al. 2022

Sorties

Environnement urbain:
températures de surface,
température d'air,
indicateurs de confort
thermique, ...

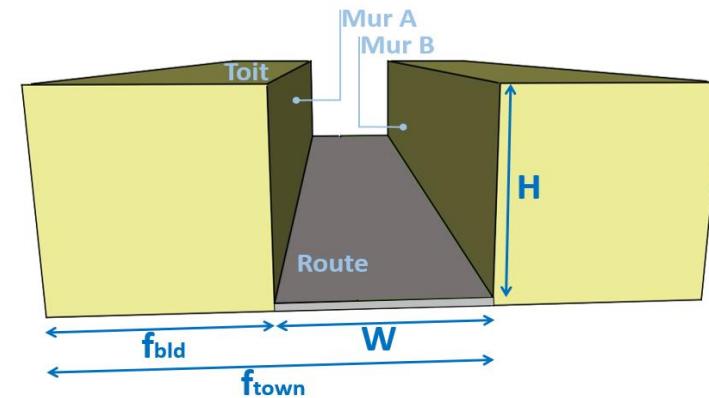
Intérieur du bâtiment:
températures des murs-
sols-plafond,
température d'air,
besoins énergétiques,
indicateurs de confort
thermique, ...



Applications:
diagnostic, projet / scenarii
d'aménagement, rafraîchissement...

LES OUTILS DE SIMULATION : ECHELLE VILLE

Les bâtiments ne sont pas explicitement résolus, les rues sont décrites par un canyon urbain moyen (concept de Oke, 1982).

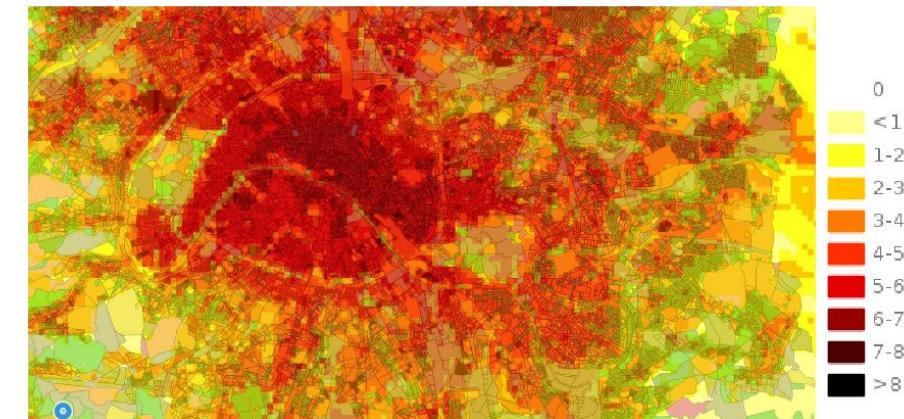


Source : CNRM

Hypothèses : canyon de longueur infinie, sans intersection, toits plats (concept Tim Oke 1982)

3 surfaces/compartiments élémentaires : toits, murs, route

Exemples d'outils : TEB, UWG, ...



Ilot de Chaleur nocturne estival sur Paris (250m de résolution) superposé avec la typologie des bâtiments

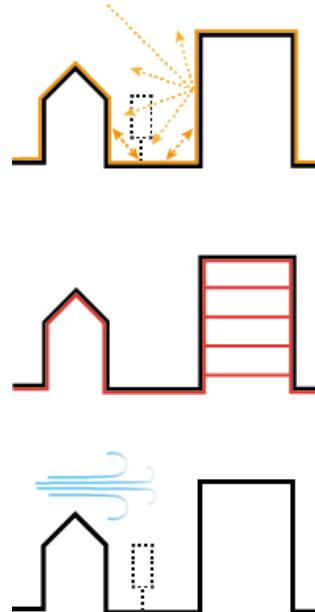
Rapport Projet ANR MAPUCE https://www.umr-cnrm.fr/ville.climat/IMG/pdf/rapport_scientifique_mapuce_v1.2.pdf

LES OUTILS DE SIMULATION : ECHELLE QUARTIER

Une représentation explicite de la géométrie urbaine

Intégration directe ou couplage pour la représentation des différents phénomènes avec différents niveaux de détails en fonction des modèles

Remerciements T. Gresse, J. Soriano

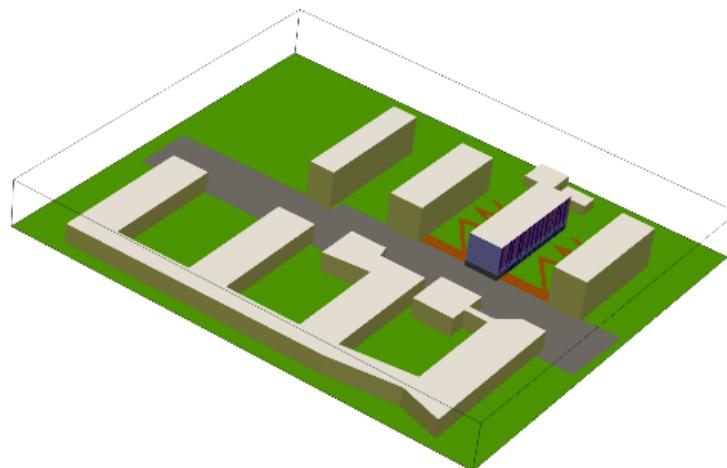


	MATHIS	SUSHI	SOLENE-MICROCLIMAT	TRABOULE - ProLB
Radiation	Radiosity 1 node per surface	Radiosity Unstructured surface mesh ($\Delta x \sim H/16$)	Radiosity	RTE resolution + absorption Structured surface and volume mesh ($\Delta x = H/20$)
<i>Detail levels</i>	●●	●●	●●	●●●
Heat conduction and storage	FD method 1D multi-layers	Transfer functions (FS) 1D quadrupoles (1/material)	RC / FE methods 1D multi-layers	FD method 1D multi-layers
<i>Detail levels</i>	●●	●●●	●●	●●
Aeraulic	Simplified parametrization -	Empirical correlations -	CFD (code SATURNE) RANS $k - \varepsilon$ Unstructured volume mesh ($\Delta x \sim H/16$)	CFD (PROLB) LBM-LES Structured volume mesh ($\Delta x = H/48$)
<i>Detail levels</i>	●	●	●●	●●●

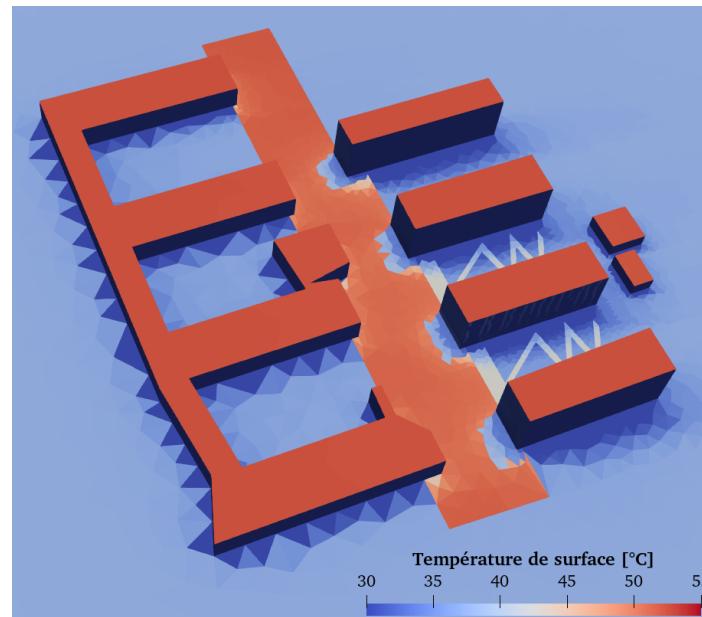
LES OUTILS DE SIMULATION : ECHELLE QUARTIER

Une représentation explicite de la géométrie urbaine

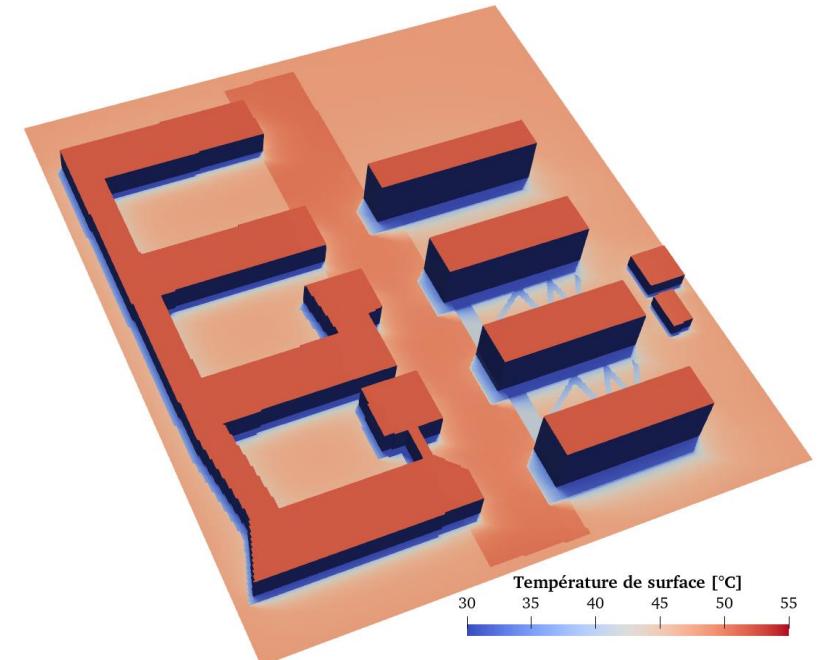
Intégration directe ou couplage pour la représentation des différents phénomènes avec différents niveaux de détails en fonction des modèles



Configuration étudiée



Simulation SOLENE



Simulation TRABOULE

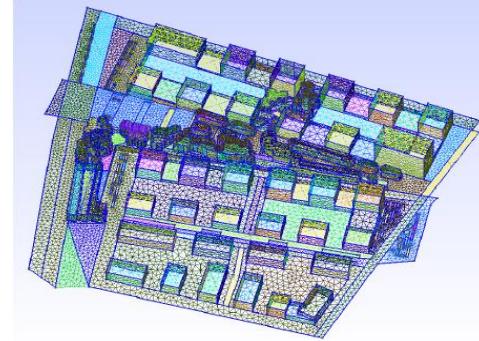
RESULTATS DE SIMULATION : DIAGNOSTIC

Optimiser l'évapotranspiration de la végétation sur le futur village des athlètes Paris 2024 et son impact sur le microclimat (Solideo)

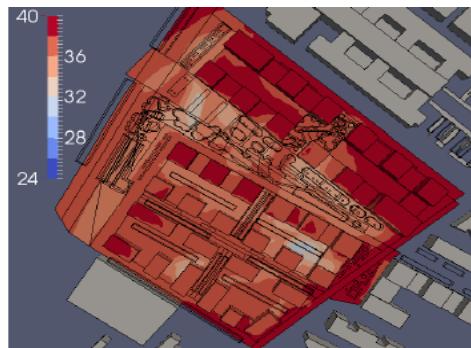
Modélisation microclimatique
couplée avec l'hydrologie



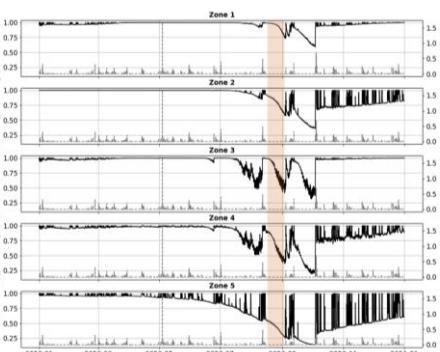
Maquette Solene-microclimat



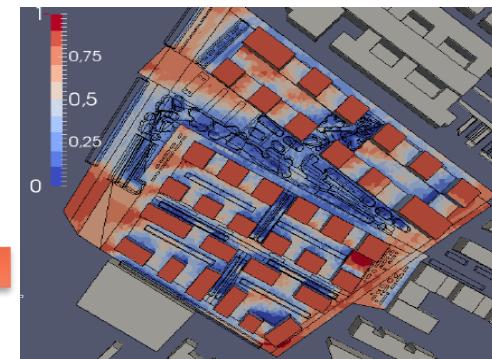
Maillage Solene-microclimat



Carte de température d'air
heure par heure pendant 15j
Solene-microclimat



Stress hydrique au cours
de l'année pour chaque type
d'espace Marie

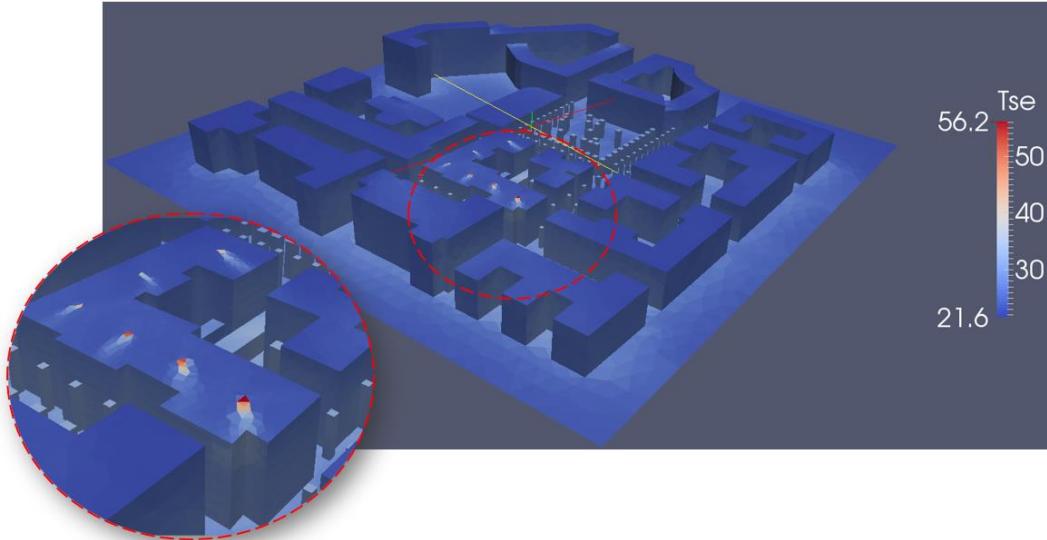


Ensoleillement pour chaque
mois Solene-microclimat

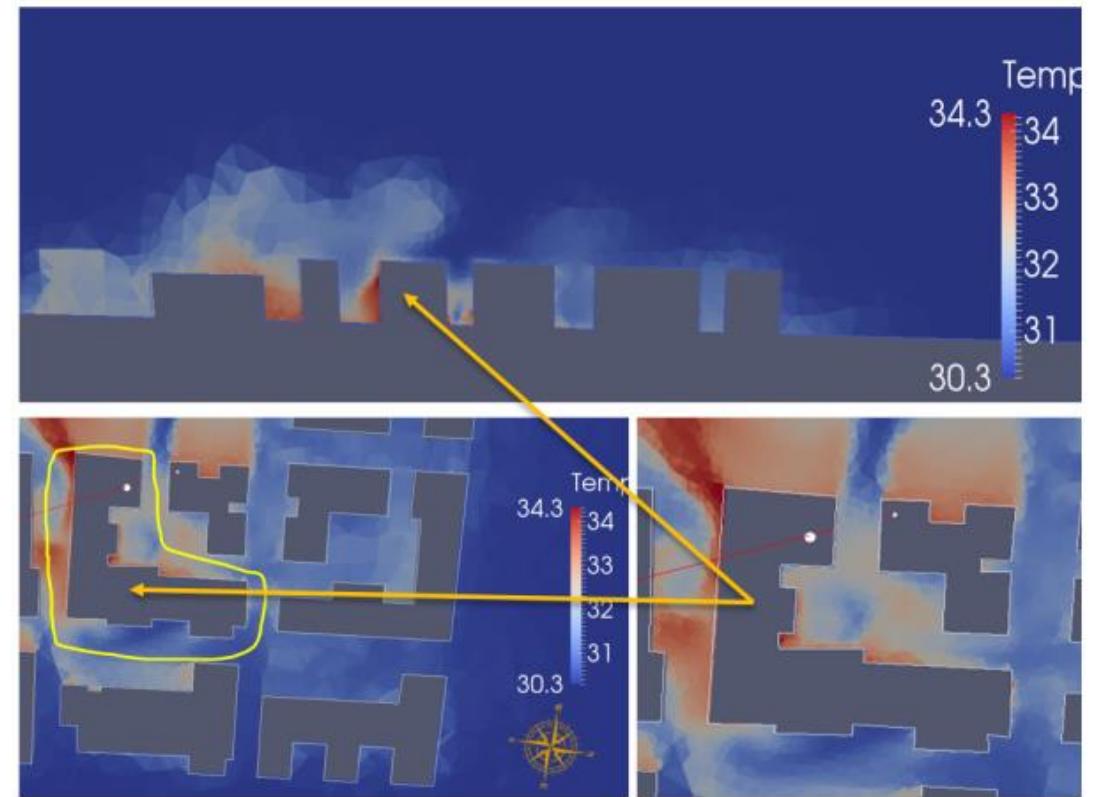
RESULTATS DE SIMULATION : DIAGNOSTIC

Évaluation de l'impact des rejets de systèmes de climatisation (en façade et toiture) dans le quartier de la Buire, Lyon (GRDF)

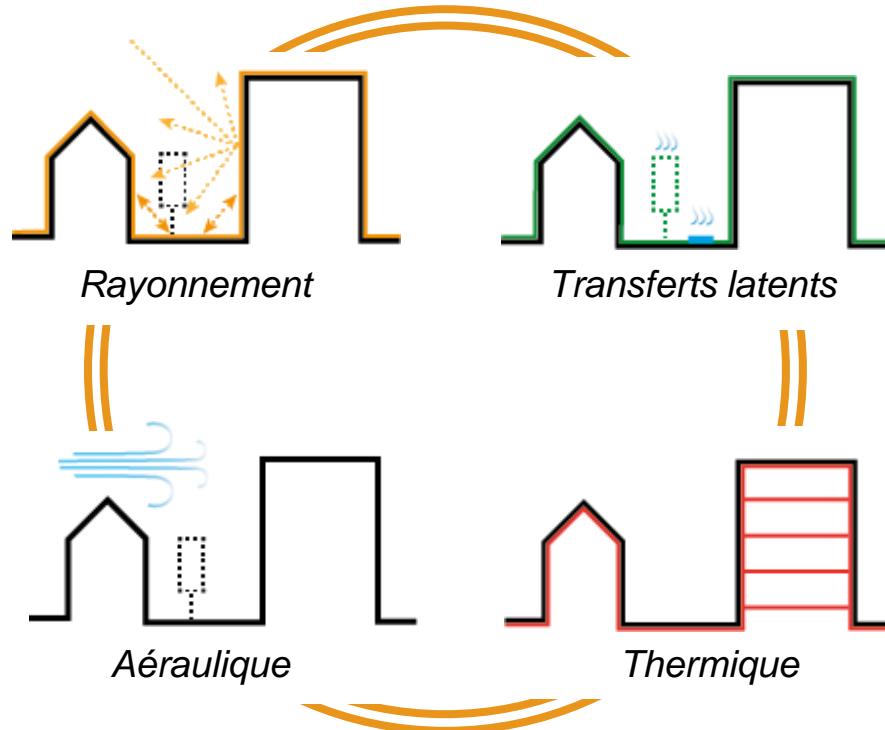
Simulation Solene-microclimat : température des surfaces



Simulation Solene-microclimat : température de l'air



CONCLUSION



- Des outils puissants, adaptés à différentes échelles, et différentes applications
- Différentes approches de modélisation plus ou moins fines avec des besoins en données et temps de calculs variables,
- Tous les phénomènes physiques ne sont pas pris en compte par tous les outils,
- Manque de validation des phénomènes dans les outils (même si initié dans DIAMS),
- Une prise en main plus ou moins facile et rapide ...
- ... Et une expertise nécessaire pour la modélisation et l'analyse des résultats !

POUR ALLER PLUS LOIN

Musy, M. (2012) Modélisation des interaction villes climat energie.

[https://www.researchgate.net/publication/280700900 Modelisation_des_interactions_ville-climat-energie](https://www.researchgate.net/publication/280700900)

J. Soriano, Modélisation de la distribution spatiale de l'îlot de chaleur urbain à l'échelle locale : mise en place et évaluation d'une approche par réseau de rues, Ph.D. thesis, INSA Lyon, 2023.

F. Schmitt, Interactions rayonnement-atmosphère en milieu urbain : modélisation avancée et analyse de leurs effets sur le rafraîchissement, Ph.D. thesis, INSA Lyon, 2024.

N. Lalanne, J. C. Krapez, C. Le Niliot, X. Briottet, J. Pierro, L. Labarre, Development and validation of a numerical tool for simulating the surface temperature field and the infrared radiance rendering in an urban scene, Quantitative InfraRed Thermography Journal, 2015

Musy, M., Azam, M.-H., Guernouti, S., Morille, B., & Rodler, A. (2021). The SOLENE-Microclimat Model : Potentiality for Comfort and Energy Studies. In *Urban Microclimate Modelling for Comfort and Energy Studies* (Massimo Palme&Agnese Salvati). Springer.

<https://www.springer.com/gp/book/9783030654207>

Robineau, T., Rodler, A., Morille, B., Ramier, D., Sage, J., Musy, M., Graffin, V., & Berthier, E. (2022). Coupling hydrological and microclimate models to simulate evapotranspiration from urban green areas and air temperature at the district scale. *Urban Climate*, 44, 101179.

<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101179>

Confort thermique en milieu urbain. Quelques outils disponibles pour l'aide à la décision ?

https://www.cerema.fr/system/files/documents/2017/09/carnets_fevrier2016_vf_cle7a1f49.pdf

Lauzet, N., Rodler, A., Musy, M., Azam, M.-H., Guernouti, S., Mauree, D., Colinart, T., 2019. How building energy models take the local climate into account in an urban context – A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 116, 109390. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109390>