

Thèse : Modélisation du rayonnement en milieu urbain

Laboratoire : Météo-France/CNRM - UMR 3589 (Toulouse, France)

Responsables de la thèse :

SCHOETTER, Robert (CNRM, Toulouse)

robert.schoetter@meteo.fr ; +33561079723

CALIOT, Cyril (PROMES, Odeillo - Font Romeu) – HdR

cyril.caliot@promes.cnrs.fr ; +33468307744

Résumé du sujet de thèse

Les villes sont caractérisées par un climat local différent des zones rurales avoisinantes. La spécificité du climat urbain est due à une réduction de l'évapotranspiration par la végétation et une augmentation du stockage de chaleur (matériaux de construction) comparé à des zones rurales. La structure tridimensionnelle des bâtiments cause des ombrages du rayonnement solaire et piège le rayonnement terrestre. Les rejets de chaleur par les activités des habitants des villes contribuent aussi au climat urbain. Ces processus sont pris en compte par les modèles de ville comme le Town Energy Balance (TEB ; Masson, 2000) développé à Météo-France. TEB permet de modéliser le climat urbain à l'échelle du quartier et peut servir à quantifier l'impact de la météorologie sur les habitants (stress thermique) et sur la consommation énergétique du secteur bâtiment (Schoetter et al., 2017 ; Tornay et al., 2017). TEB contient aussi une description de la végétation urbaine de plein sol (Lemonsu et al., 2012), des toits végétalisés, et des panneaux solaires sur les toits. Ces modules permettent de quantifier l'effet de mesures d'atténuation et d'adaptation face au changement climatique.

TEB et d'autres modèles de ville du même type ne résolvent pas explicitement les bâtiments, mais supposent une géométrie urbaine simplifiée. TEB suppose que tous les bâtiments à l'échelle du quartier sont alignés le long d'une rue de longueur infinie et que tous les bâtiments ont la même hauteur (approche dite de «rue-canyon»). Les échanges radiatifs en milieu urbain sont calculés en supposant cette géométrie simplifiée. En plus, l'absorption et la diffusion du rayonnement entre les bâtiments sont négligées. Ces approximations très répandues dans la communauté de la modélisation du climat urbain sont actuellement questionnées, car elles seraient responsables d'erreurs systématiques sur les échanges radiatifs en milieu urbain (Hogan, 2018). Un schéma de rayonnement urbain (SPARTACUS-Urban) faisant des simplifications géométriques plus réalistes a été développé récemment. La question de son intégration et de son apport dans les modèles de climat urbain pour temps, est posée.

L'objectif principal de la thèse est de déterminer pour différentes approches simplifiées de la modélisation du rayonnement et pour différentes morphologies urbaines les erreurs induites par les approximations réalisées sur des grandeurs d'intérêt comme :

- Le rayonnement solaire et infrarouge ascendant au-dessus de la ville qui est pertinent pour le couplage entre la ville et l'atmosphère,
- Le rayonnement absorbé par les toits et murs, et transmis par les fenêtres qui est pertinent pour la consommation énergétique du secteur bâtiment,
- Le rayonnement absorbé par la végétation urbaine qui est pertinent pour la photosynthèse et l'évapotranspiration,
- Le rayonnement au niveau du sol qui est pertinent pour le confort thermique au niveau de la rue

Afin de pouvoir quantifier les erreurs, un modèle détaillé de transfert radiatif servira de référence. Il s'agit du simulateur des transferts radiatifs par une méthode de Monte Carlo qui utilise la plateforme ED-STAR développée au laboratoire LAPLACE de l'Université Paul Sabatier de Toulouse (Eymet et al., 2013 ; Delatorre et al., 2014) en partenariat avec la société

Meso-Star¹. En parallèle à la thèse, l'équipe d'accueil du doctorant au CNRM intégrera le module SPARTACUS-Urban au modèle TEB, et le laboratoire LAPLACE intégrera à ED-STAR la possibilité de l'initialiser avec des données de villes réelles. Les analyses faites au cours de la thèse serviront comme validation scientifique à ces développements. Un objectif secondaire de la thèse est d'utiliser la version améliorée de TEB pour évaluer différentes formes urbaines (hauteur/densité des bâtiments) en termes d'intensité de l'îlot de chaleur urbain, consommations énergétiques du secteur bâtiment et confort thermique.

Mots clés : modélisation du climat urbain ; transfert radiatif ; évaluation de formes urbaines ; confort thermique ; consommation énergétique des bâtiments

Nature du travail attendu et compétences souhaitées

Le Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM) est une unité mixte de recherche (UMR 3589), de tutelles Météo-France et le CNRS. Les recherches conduites au CNRM ont pour finalité essentielle l'amélioration de la prévision du temps et de l'évolution du climat, qui sont deux missions principales de Météo-France. Le CNRM est reconnu comme acteur majeur en France et dans le monde sur les domaines des sciences atmosphériques et de l'environnement terrestre, ce qui inclut les thématiques de la modélisation du climat urbain et de la quantification de l'effet de mesures de mitigation et d'adaptation face au changement climatique en milieu urbain.

Le/la doctorant/e sera accueilli/e dans l'équipe VILLE qui s'intéresse notamment à la quantification du climat urbain et de l'efficacité de différentes stratégies d'atténuation et d'adaptation (comme la végétalisation) au changement climatique.

Le/la candidat/e doit posséder des compétences solides (niveau Master) en physique ou en sciences de la terre. Des compétences en climatologie urbaine, statistique, ou mathématiques appliquées seraient un avantage. Le/la candidate doit avoir une affinité pour la programmation (p. ex. en C, Fortran, C++, python) et doit être prêt/e à rédiger des articles scientifiques dans des revues internationales avec comité de lecture.

Les candidatures doivent s'effectuer via le portail emploi du CNRS : <http://bit.ly/2PhPCTw>

Les candidatures avant le 10 May 2019 seront traitées de manière prioritaire.

Références bibliographiques

- Delatorre, J., G. Baud, J.J. Bézian, S. Blanco, C. Caliot, J.F. Cornet, C. Coustet, J. Dauchet, M. El Hafi, V. Eymet, R. Fournier, J. Gautrais, O. Gourmel, D. Joseph, N. Meilhac, A. Pajot, M. Paulin, P. Perez, B. Piaud, M. Roger, J. Rolland, F. Veynandt et S. Weitz, 2014 : Monte Carlo advances and concentrated solar applications. *Solar Energy*, 103, 653-681.
- Eymet, V., D. Poitou, M. Galtier, M. El Hafi, G. Terrée et R. Fournier, 2013 : Null-collision meshless Monte-Carlo-Application to the validation of fast radiative transfer solvers embedded in combustion simulators. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 129, 145-157.
- Hogan, R.J., 2018 : An Exponential Model of Urban Geometry for Use in Radiative Transfer Applications. *Boundary-Layer Meteorology* <https://doi.org/10.1007/s10546-018-0409-8>.
- Lemonsu, A., V. Masson, L. Shashua-Bar, E. Ereil et D. Pearlmuter, 2012 : Inclusion of vegetation in the Town Energy Balance model for modelling urban green areas. *Geoscientific Model Development*, 5, 1377-1393.
- Masson, V., 2000 : A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models. *Boundary-Layer Meteorology*, 94, 357-397.
- Schoetter, R., V. Masson, A. Bourgeois, M. Pellegrino et J.-P. Lévy, 2017 : Parametrisation of the variety of human behaviour related to building energy consumption in the Town Energy Balance (SURFEX-TEB v. 8.2). *Geoscientific Model Development*, 10, 2801-2831.
- Tornay, N., R. Schoetter, M. Bonhomme, S. Faraut et V. Masson, 2017 : GENIUS: A methodology to define a detailed description of buildings for urban climate and building energy consumption simulations, *Urban Climate*, 20, 75-93.

¹<https://www.meso-star.com/projects/high-tune/high-tune.html>