M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM, Météo-France/CNRS)

Titre du stage : Étude de la distribution verticale de la température et du confort thermique à l'intérieur selon le climat, la morphologie urbaine et le type de bâtiment

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage : Darciaux Paul (doctorant) et Robert Schoetter (chargé de recherche du développement durable)

Coordonnées (téléphone et email) du (des) responsable (s) de stage : paul.darciaux@meteo.fr ; +33561079340 et robert.schoetter@meteo.fr ; +33561079723

Sujet du stage : L'exposition prolongée à la chaleur peut entraîner de sérieux risques pour la santé humaine, tels que les coups de chaleur [1]. Si ce risque est bien identifié à l'extérieur, il concerne également l'intérieur des bâtiments, où des températures élevées et récurrentes compromettent la santé, le confort thermique et la qualité de vie des occupants [2]. La température intérieure dépend fortement de la typologie du bâtiment, de son utilisation, de son orientation, de l'étage et de la présence éventuelle d'une climatisation.

L'étude du confort thermique dans les bâtiments à l'échelle d'une agglomération urbaine est essentielle pour protéger la santé des habitants face aux vagues de chaleur. Pour cela, des modèles de canopée urbaine comme le *Town Energy Balance* [3] (TEB) sont utilisés. TEB simule les échanges d'énergie et d'eau entre la ville et l'atmosphère à partir d'une géométrie urbaine simplifiée, la rue canyon. Il intègre un modèle de thermique du bâtiment, le *Building Energy Model* (BEM) [4], qui prend en compte la typologie du bâtiment, les usages et les comportements afin d'estimer la température intérieure ainsi que le confort thermique. Récemment, une représentation verticale de la température par étage a été ajouté dans BEM, permettant de mieux rendre compte, par exemple, de la surchauffe sous les toits en période de canicule.

Dans ce stage, les modifications du modèle BEM seront testées pour différentes morphologies urbaines et différents archétypes de bâtiments, dans plusieurs climats. Les simulations avec TEB seront forcées par les données météorologiques représentant 20 villes, dans différents climats, issues de Urban-PLUMBER [5]. Pour chaque site, des combinaisons plausibles de morphologies urbaines et de types de bâtiments issus d'une base de données sur la France [6] et le Monde [7] seront simulés (par exemple : pavillons en zones peu denses ou immeubles moyens en centre-ville dense). Enfin, une analyse de la répartition verticale des zones les plus exposées au stress thermique sera réalisée. Ainsi, les travaux de stage porteront sur :

- La sélection de différents archétypes de bâtiment à travers une base donnée sur toute la France et le Monde
- La simulation, avec le modèle TEB-BEM, des bâtiments en utilisant les forçages météorologiques de Urban-PLUMBER [5]
- La réalisation d'une analyse de sensibilité sur les différentes variables impactant le confort thermique à l'intérieur du bâtiment
- Des recommandations pour simplifier les simulations avec TEB, tout en conservant une représentation réaliste de l'exposition des habitants à la chaleur.

Références Bibliographiques :

[1] J. L. Glazer, « Management of Heatstroke and Heat Exhaustion », *Am. Fam. Physician*, vol. 71, nº 11, p. 2133-2140, juin 2005.

[2] A. Fouillet *et al.*, « Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France », *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, vol. 80, nº 1, p. 16-24, oct. 2006, doi: 10.1007/s00420-006-0089-4.

[3] V. Masson, « A Physically-Based Scheme For The Urban Energy Budget In Atmospheric Models », *Bound.-Layer Meteorol.*, vol. 94, nº 3, p. 357-397, mars 2000, doi: 10.1023/A:1002463829265.

[4] B. Bueno, L. Norford, G. Pigeon, et R. Britter, « Combining a Detailed Building Energy Model with a Physically-Based Urban Canopy Model », *Bound.-Layer Meteorol.*, vol. 140, nº 3, p. 471-489, sept. 2011, doi: 10.1007/s10546-011-9620-6.

[5] M. Lipson *et al.*, « Harmonized gap-filled datasets from 20 urban flux tower sites », *Earth Syst. Sci. Data*, vol. 14, nº 11, p. 5157-5178, nov. 2022, doi: 10.5194/essd-14-5157-2022.

[6] N. Tornay, R. Schoetter, M. Bonhomme, S. Faraut, et V. Masson, « GENIUS: A methodology to define a detailed description of buildings for urban climate and building energy consumption simulations », Urban Clim., vol. 20, p. 75-93, juin 2017, doi: 10.1016/j.uclim.2017.03.002.

[7] UCAD : L. de Carvalho Araujo, V. Masson, R. Schoetter, J. Wurtz, A. Le Bihan, et M. Bonhomme : A global database on building architecture and construction materials for urban climate models. Soumis à Urban Climate