

M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

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

Titre du stage : Représentation des ombrières dans le modèle du climat urbain TEB

Nom et statut des responsables de stage : Robert Schoetter (Chercheur), Valéry Masson (Chercheur)

Coordonnées (téléphone et email) des responsables de stage :

robert.schoetter@meteo.fr ; +33 561079723 ; valery.masson@meteo.fr ; +33 561079464

Sujet du stage :

Les habitants des villes peuvent être soumis à un stress thermique élevé pendant des épisodes de fortes chaleurs ce qui est aggravé par le phénomène de l'îlot de chaleur urbain (Ebi et al., 2021). Le stress thermique en milieu urbain a tendance à augmenter dans le contexte du réchauffement climatique et d'une augmentation de l'urbanisation (IPCC, 2022). Les villes peuvent être adaptées au changement climatique via les solutions vertes (arbres de rue, toits végétalisés,...), bleues (plans d'eau, brumisateurs,...), et grises (rue étroites, ombrières...) (Keravec-Balbot et al., 2026). Les potentiels effets bénéfiques de telles stratégies peuvent être quantifiées via des méthodes expérimentales à petite échelle et pour quelques sites. Cependant leur quantification à l'échelle d'une ville entière ou pour des quartiers encore à construire nécessite l'utilisation de modèles numériques.

Le modèle du climat urbain TEB (Masson, 2000) a été développé pour simuler le bilan d'énergie d'une ville à des résolutions spatiales entre 100 m et 10 km. Il a été démontré que TEB, couplé à un modèle atmosphérique comme Meso-NH ou AROME peut bien simuler le climat urbain. De nombreuses stratégies d'adaptation peuvent être représentées dans TEB, notamment les arbres de rue (Redon et al., 2020), les toits végétalisés (de Munck et al., 2013), etc. Les ombrières sont une stratégie d'adaptation efficace aux fortes chaleurs en journée (Colter et al., 2019 ; Elnabawi and Hamza, 2020). Les ombrières sont simples de mise en œuvre, notamment car elles ne nécessitent pas d'arrosage comme ça peut être le cas pour la végétation. Pour le moment, les ombrières ne sont pas encore représentées dans le modèle TEB.

L'objectif du stage est de représenter l'effet des ombrières sur le bilan radiatif et thermique d'une ville et de valider l'effet radiatif avec un modèle de référence du transfert radiatif (HTRDR-Urban, Caliot et al., 2023). Dans le cadre du stage :

- La littérature scientifique existante sur les ombrières et leur modélisation sera étudiée.
- L'effet des ombrières sera inclus dans le bilan radiatif et thermique de TEB. Ce travail sera mené très étroitement avec les encadrants qui ont l'expertise sur ce code.
- L'effet des ombrières sur le bilan radiatif (rayonnement reçu par le sol, les murs, etc.) de rue-canyon idéalisées sera étudié et les résultats de TEB seront évalués avec ceux de HTRDR-Urban.
- L'effet des ombrières sur le bilan thermique sera comparé aux résultats de la littérature scientifique

Bibliographie :

Caliot, C., R. Schoetter, V. Forest, V. Eymet et T.-Y. Chung, 2023 : Model of spectral and directional radiative transfer in complex urban canopies with participating atmospheres. *Boundary-Layer Meteorology*, 186, 145-175.

Colter, K.R., A.C. Middel et C.A. Martin, 2019 : Effects of natural and artificial shade on human thermal comfort in residential neighborhood parks of Phoenix, Arizona, USA. *Urban forestry & urban greening*, 44, 126429.

de Munck, C. et al., 2013, The GREENROOF module (v7.3) for modelling green roof hydrological and energetic performances within TEB. *Geoscientific Model Development*, 6, 1941–1960.

Ebi, K. L. et al., 2026 : Hot weather and heat extremes: health risks. *The Lancet*, 398, 10301, p. 698-708.

Elnabawi, M.H., and N. Hamza, 2020 : Outdoor Thermal Comfort: Coupling Microclimatic Parameters with Subjective Thermal Assessment to Design Urban Performative Spaces. *MDPI Buildings*, 10, 238.

IPCC, 2022, *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*.

Keravec-Balbot, T., R. Schoetter et V. Masson, 2026 : Adapting cities to heat: an umbrella review of the effectiveness of urban cooling measures across climates. *Environmental Research Letters*, 21, 143003.

Masson, V., 2000 : A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models. *Boundary-Layer Meteorology*, 94(3), 357–397.

Redon, E. et al., 2020, An urban trees parameterization for modeling microclimatic variables and thermal comfort conditions at street level with the Town Energy Balance model (TEB-SURFEX v8.0). *Geoscientific Model Development*, 13, p. 385-399.