



Sujet de stage 2024 – M2 Recherche

Modélisation et évaluation de l'impact des matériaux bio-inspirés sur le microclimat urbain – représentation de la condensation

Contexte :

Face au changement climatique et aux phénomènes extrêmes qui en découlent (ex : vagues de chaleur, îlot de chaleur urbain) les politiques d'aménagement des villes doivent promouvoir une adaptation durable de l'environnement urbain, compatible avec les territoires, le climat et ses aléas.

Ainsi, il existe de nombreuses solutions multifonctionnelles, dites vertes et bleues (basées sur la végétation et l'eau) ou grises (basées sur les matériaux de construction, la ventilation, etc.). Ces dernières sont souvent présentées en lien avec le changement d'albédo des surfaces en utilisant des matériaux ou peintures réfléchissantes et claires (ADEME, 2021). Plus récemment, des matériaux innovants et bio-inspirés offrent également un fort potentiel de refroidissement du microclimat urbain par leur propriétés radiatives passives (Shashwat et al., 2023). Ces matériaux sont notamment étudiés dans le projet ANR 2021 Biocool pour évaluer leur potentiel de rafraîchissement diurne et nocturne dans différents climats grâce à la modélisation multi-physique et des expérimentations in-situ.

Compte tenu de la forte imperméabilisation des villes et d'une consommation d'énergie accrue pour la régulation thermique des bâtiments en été, ces matériaux présentent un gros potentiel d'économie d'énergie ainsi que d'atténuation du phénomène d'îlot de chaleur urbain. Leur capacité à condenser la vapeur d'eau atmosphérique en surface par refroidissement radiatif nocturne représente potentiellement une ressource non-négligeable en eau liquide qui est actuellement encore peu connue. Cependant, ce processus n'a pas encore été intégré dans le modèle de microclimat urbain développé par l'équipe de recherche accueillant ce stage (Musy et al., 2021). Ainsi, des études préliminaires à une échelle spatiale réduite d'une surface seront nécessaires afin de permettre une implémentation à l'échelle du bâtiment ou de l'environnement urbain.

Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet ANR 2021 Biocool International, coordonné par le LOCIE (Université Savoie Mont-Blanc) et impliquant l'Université Technologique de Nanyang (Singapour) ainsi que le Cerema. Biocool cherche à étudier et à adopter la microstructure multi-échelle sous-jacente de diverses espèces d'insectes et de plantes pour leurs propriétés uniques d'auto-thermorégulation.

Objectifs et méthodologie :

L'objectif du stage est d'évaluer par modélisation le potentiel des matériaux bio-inspirés innovants en terme de ses capacités à rafraîchir le microclimat urbain par i) effet de refroidissement radiatif ii) ainsi que par effet d'évaporation en journée. De plus, les processus de condensation de la vapeur d'eau présente en atmosphère par refroidissement nocturne des surfaces seront étudiés pour déterminer leur capacité d'interception selon différentes conditions météorologiques.

La méthodologie suivra les étapes suivantes :

1. Bibliographie sur les matériaux bio-inspirés, les propriétés radiatives et les capacités à condenser la vapeur d'eau en surface (rosée), ainsi que des bilans associés aux processus d'évaporation et de condensation.

2. Bibliographie des modèles de représentation des processus d'évaporation et de condensation pour la modélisation (température de surface et substrat, température et humidité de l'air, vitesse du vent, etc.) pour orienter un choix de modélisation pour les matériaux développés dans le projet.
3. Définition de configurations d'implémentation sur site (types de surfaces) et de caractéristiques physiques des surfaces bio-inspirées (albédo, émissivité, conductivité, etc.) qui seront étudiées.
4. Développement d'un modèle externe (en python) pouvant être intégré posteriori dans Solene microclimat (Musy et al., 2021).
5. Simulation d'échantillons des matériaux bio-inspirées pour différents climats et périodes de forte chaleur.
6. Évaluation du modèle avec des mesures in-situ issues du projet ANR 2021 Biocool.
7. Rédaction du rapport de stage.

Profil recherché : Étudiant de Master 2 (École d'Ingénieur ou des Sciences de l'environnement urbain), Spécificités souhaitées : le candidat devra disposer de compétences dans le domaine de l'énergétique, thermique/physique de la ville, mathématiques appliquées, intérêt pour la modélisation et compétences en programmation (python/R).

Équipe d'accueil :

Équipe de recherche BPE (<https://www.cerema.fr/fr/innovation-recherche/recherche/equipes/bpe-batiments-performants-leur-environnement>)

Durée : 6 mois

Structure d'accueil : Cerema Ouest (Nantes)

Conditions de rétribution : Minimum légal. Prise en charge de 50% des frais de transport en commun.

Envoyer CV et lettre de motivation à : xenia.laffaille@cerema.fr, auline.rodler@cerema.fr, marjorie.musy@cerema.fr

Bibliographie :

ADEME (2021). Rafraîchir les villes: des solutions variées. <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4649-rafraichir-les-villes.html>

Musy, Marjorie ; Azam, Marie-Hélène ; Guernouti, Sihem ; Morille, Benjamin ; Rodler, Auline (2021). The SOLENE-Microclimat Model: Potentiality for Comfort and Energy Studies. Palme, Massimo; Salvati, Agnese (Eds.). *Urban Microclimate Modelling for Comfort and Energy Studies*. Springer International Publishing. p. 265-291. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-65421-4_13

Shashwat, S. ; Zingre, Kishor T. ; Thurairajah, Niraj ; Kumar, D.E.V.S. Kiran ; Panicker, Krithika ; Anand, Prashant ; Wan, Man Pun (2023). A review on bioinspired strategies for an energy-efficient built environment. *Energy and Buildings* , Vol. 296, p. 113382. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113382>