**Sujet de stage 2025 – M2/M1 Recherche**

# Mesures mobiles du micro-climat et du confort thermique à l'échelle piéton en environnement urbain

## Contexte :

Face au changement climatique et l'urbanisation croissante, les zones urbaines sont de plus en plus confrontées au problème pressant de la surchauffe. Avec des phénomènes extrêmes (vagues de chaleur, îlots de chaleur urbains) plus fréquents, intenses et étalés sur une période estivale conséquente, les citadins sont sujets à différentes conditions thermiques dans leurs vies quotidiennes et trajets (domicile - travail - lieu de loisirs/commerce, etc.), allant du stress au confort thermique. Les conséquences socio-économiques et sanitaires sont nombreuses, qui se traduisent par l'impossibilité de s'endormir la nuit, un impact négatif sur le bien-être, la santé et la productivité, une mortalité accrue pour les plus vulnérables, etc. ainsi qu'une consommation d'énergie élevée et des émissions de CO2 à effet de serre associées.

Comment l'espace urbain façonne-t-il les ambiances thermiques urbaines face à la forte chaleur ? A partir de cette question de recherche, les projets Comfy'Pack, ANR CoolPath et ANR Permepolis ambitionnent de mieux comprendre l'influence de la ville sur le microclimat et le confort thermique des habitants afin de proposer des solutions d'aménagements (ex : desimpermébilisation) ou des nouveaux parcours de fraicheur. Cependant, l'environnement urbain est fortement hétérogène (matériaux de construction, géométrie, végétation, etc.) influençant le microclimat et le confort thermique à petite échelle spatio-temporelle. Par conséquence, les conditions thermiques peuvent variées rapidement d'un espace urbain à l'autre. Des stations météorologiques, souvent placées de manière stationnaire en ville, i) ne sont pas adaptées pour évaluer le confort thermique à la hauteur d'un piéton, ii) ne reflètent pas la forte hétérogénéité spatiale du tissu urbain et iii) ne permettent pas de caractériser les changements temporaux d'ambiances thermiques d'un piéton traversant l'espace.

Dans ce contexte, nous proposons un stage visant l'analyse d'exposition à la chaleur et du confort/stress thermique associé d'un piéton traversant l'espace urbain. A l'aide d'un prototype portatif de mesures microclimatiques (développé au sein de l'équipe de recherche BPE, D2PN et l'IRSTV), il est envisagé d'investir un terrain expérimental nantais défini dans le cadre du projet PERMEPOLIS pendant des périodes de fortes chaleurs en été 2025 afin i) de mettre en place un protocole expérimental de mesures, ii) de tester les capteurs météorologiques du prototype de manière répétée sur un cas d'étude réel urbain, iii) d'analyser les mesures microclimatiques, iv) de calculer des indicateurs du confort/stress thermique et enfin v) de cartographier des conditions thermiques et du confort thermiques sur le terrain étudié.

Ce stage sera basé dans l'équipe de recherche BPE (Bâtiment performant dans leur Environnement) du CEREMA Ouest (Nantes) avec une forte interaction avec les équipes de l'IRSTV travaillant sur le sujet du confort.

## Objectifs et méthodologie :

L'objectif de ce stage est ainsi de mener un travail expérimental et d'analyse pour caractériser le microclimat, le confort thermique et le risque d'exposition à la chaleur d'un piéton traversant un environnement urbain donné (Yang and Chen, 2016) pendant des périodes de forte chaleur.

La méthodologie suivra les étapes suivantes :

1. Réalisation d'un état de l'art des indicateurs du confort thermique et de risque de surchauffe pouvant être reliés à la morphologie urbaine et à d'autre facteurs environnementaux.
2. Élaboration d'un protocole de mesure du microclimat et du confort thermique piéton.
3. Caractérisation des capteurs par rapport à leurs temps de réponse, précisions et incertitudes.
4. Sorties de terrain avec des campagnes de mesures, basée sur le prototype portatif développé dans le projet Comfy'Pack.
5. Caractérisation physique et morphologique de l'environnement urbain (occupation du sol, albédo, émissivité, facteur vue du ciel, etc.) qui sera étudié (Rodler et Leduc, 2019).
6. Analyse et évaluation de données observées (chroniques météorologiques, données géo-référencées, traitement d'image, incertitudes de mesure, etc.) des campagnes *in-situ* (Stavropulos-Laffaille et al., 2021).
7. Calcul d'indicateurs du confort thermique adapté aux situations urbaines étudiées et basé sur les mesures.
8. Cartographie des résultats d'analyse du microclimat et du confort thermique à l'échelle piéton.
9. Rédaction du rapport de stage.

**Profil recherché :**

- Étudiant de Master 2 (École d'Ingénieur ou des Sciences de l'environnement urbain) de préférence ;
- Intérêt pour les problématiques d'îlot de chaleur urbain et d'adaptation au réchauffement climatique ;
- Connaissances dans le domaine de l'énergétique, thermique/physique de la ville, mathématiques appliquées ;
- Intérêt pour le terrain et autonomie dans la réalisation d'une mission ;
- Maîtrise de l'anglais pour la bibliographie ;
- Connaissances d'outils SIG (ex. QGIS) et de langages de programmation pour l'analyse de données d'observation (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 75% des frais de transport en commun.

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

**Bibliographie :**
Rodler, A., Leduc, T., 2019. Local climate zone approach on local and micro scales: Dividing the urban open space. Urban Climate 28, 100457. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100457

Stavropulos-Laffaille, X., Requena-Ruiz, I., Drozd, C., Leduc, T., Servières, M., Siret. D., Urban cooling strategies as interaction opportunities in the public space: a methodological proposal. Journal of Physics: Conference Series, septembre 2021, 2042 (1), pp.012128. ⟨10.1088/1742-6596/2042/1/012128⟩

Yang, F., Chen, L., 2016. Developing a thermal atlas for climate-responsive urban design based on empirical modeling and urban morphological analysis. Energy and Buildings 111, 120–130. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.047