

Institut Pascal ; M3G

Directeur de thèse : Evelyne TOUSSAINT (Professeure des universités) evelyne.toussaint@uca.fr

Co-encadrant : Yassine BELARBI (MCF) yassine.belarbi@uca.fr ; Sofiane Amziane (Professeur des universités) sofiane.amziane@uca.fr

Rafraîchissement passif bio-géosourcé pour limiter les îlots de chaleur urbains en France à l'horizon 2100

Résumé du sujet de thèse :

La thèse s'inscrit dans le contexte de la trajectoire nationale de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC), qui retient pour la France un réchauffement moyen d'environ +2 °C à l'horizon 2030, +2,7 °C vers 2050 et +4 °C à l'horizon 2100 [1,2]. Dans ce cadre, l'îlot de chaleur urbain devient un enjeu durable de confort, de santé et de continuité des usages, en particulier lors des vagues de chaleur et des nuits chaudes. Le projet vise ainsi à étudier des stratégies de rafraîchissement passif applicables à la voirie, aux façades, aux toitures et plus largement aux enveloppes bâties, afin de limiter le recours à la climatisation active et ses effets indirects sur la demande électrique et les rejets de chaleur en ville [3,4].

Le travail portera sur des matériaux et systèmes bio- et géosourcés capables d'agir à travers plusieurs leviers complémentaires : augmentation de la réflectance solaire, réduction du stockage thermique, transferts couplés chaleur-humidité, rétention ou redistribution de l'eau et interaction avec la vapeur d'eau. Les solutions envisagées incluront notamment des revêtements de voirie réfléchissants ou perméables, des enduits à base de terre, des couches d'enveloppe biosourcées denses, ainsi que des dispositifs végétalisés sobres en eau. L'objectif est d'évaluer non seulement le gain thermique initial, mais aussi la sensibilité des performances au colmatage, à l'encrassement, au vieillissement et aux besoins de maintenance, en cohérence avec l'état de l'art sur les chaussées rafraichissantes et les systèmes végétalisés [5–10].

La méthodologie reposera sur une approche multi-échelle combinant caractérisations expérimentales, instrumentation thermique et hydrique, analyse de la microstructure et modélisation hygrothermique. Une attention particulière sera portée au lien entre indicateurs microstructuraux, propriétés de transfert et performance rafraichissante à différentes échelles. Ce positionnement s'appuie sur des résultats déjà acquis sur les matériaux à base de terre et sur l'évaluation hygrothermique d'enveloppes en terre crue sous climats contrastés [11–13]. Le projet cherchera ainsi à comparer des solutions variées dans un cadre cohérent intégrant à la fois bénéfice thermique, durabilité, consommation d'eau mobilisée, entretien et impact environnemental.

Au-delà de l'évaluation de solutions existantes, la thèse devra proposer une logique de sélection et de comparaison adaptée à une France à +4 °C, en articulant matériaux, systèmes végétalisés, contraintes de ressource et faisabilité de mise en œuvre en milieu urbain. L'enjeu est d'identifier des stratégies passives réellement soutenables dans le temps, compatibles avec les exigences d'adaptation climatique, de sobriété matérielle et de résilience des espaces urbains.

Références indicatives : [1] Météo-France, 2025 ; [2] Ministère de la Transition écologique, PNACC3, 2025 ; [3] ADEME, Rafraîchir les villes, 2021 ; [4] Cerema, projet national ISSU, 2024 ; [5] Seifeddine et al., Urban Climate, 2023 ; [6] Seifeddine et al., Construction and Building Materials, 2022 ; [7] Wang et al., Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021 ; [8] Cascone et al., Building and Environment, 2019 ; [9] Oquendo-Di Cosola et al., Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2022 ; [10] Cascone et al., Construction and Building Materials, 2019 ; [11] Hamrouni et al., Construction and Building Materials, 2024 ; [12] Belarbi et al., Energy and Buildings, 2024 ; [13] Belarbi et al., Journal of Building Engineering, 2025.