

## **Sujet de thèse UL-INSA**

### **Etude numérique et expérimentale de nouvelles solutions de dispositifs optimisés de pavés rafraîchissants**

Ce document présente les travaux de thèse proposés :

Contexte [1]

#### ***Partie numérique***

L'étude paramétrique du modèle numérique développé dans [2] a démontré que le taux d'évaporation est le facteur principal affectant la température de surface du pavé. La substitution du rendement d'évaporation calculé sous simulateur solaire par celui évalué dans les conditions extérieures, pourrait améliorer les résultats numériques.

Le modèle numérique doit aussi être amélioré, en utilisant une station météo située à proximité des pavés et en ajustant leurs propriétés effectives [3] dans les variables du modèle développé.

Une étude numérique reliant les résultats à l'échelle du pavé avec l'échelle de l'environnement immédiat (place, îlot, etc.) est aussi à envisager en couplant différents outils numériques (Comsol, Envi-Met, par exemple

#### ***Partie expérimentale***

L'étude de l'influence de la conductivité thermique sur la température de surface du pavé, demandera la formulation et le coulage de pavés caractérisés par une haute conductivité thermique supérieure à la valeur maximale mesurée dans [2]

Quelques essais réalisés précédemment sur une formulation incluant des fibres de carbone (issus de recyclage) ne se sont pas révélés concluants. Un nouveau travail d'optimisation doit encore être réalisé.

Pour confirmer et élargir le domaine de validité de la corrélation polynomiale établie par [2] pour les pavés drainants à l'état humide, il sera intéressant de formuler et réaliser d'autres pavés drainants pour augmenter le nombre des pavés testés.

Pour les pavés non drainants à l'état humide, il s'avère important de mesurer leur perméabilité à la vapeur d'eau pour améliorer la corrélation linéaire trouvée qui reflète le processus d'évaporation par diffusion.

Il sera également très important d'étudier des pavés ayant des conductivités hydrauliques comprises dans la gamme des valeurs qui séparent les pavés drainants des pavés non drainants, afin de faire apparaître une sorte de continuité entre les deux familles de pavés.

Les résultats de l'essai d'exposition au simulateur solaire ont montré une forte corrélation linéaire négative entre la température de surface moyenne et le taux d'évaporation moyen. Cependant, la différence des spectres entre le simulateur solaire et le soleil, a engendré des températures de surface expérimentales qui ne suivent pas la même tendance. Pour cela, il sera indispensable de mesurer le rendement d'évaporation de chaque pavé dans les conditions

estivales extérieures en surveillant son taux d'évaporation et celui de l'eau nue qui sera prise comme référence. Le protocole d'essai sera le même que celui d'exposition au simulateur solaire, mais en testant le pavé et l'eau en même temps. Cet essai permettra de chercher les corrélations qui peuvent exister entre les propriétés thermo-physiques des pavés et leurs taux d'évaporation.

Enfin dans le cadre d'une étude ultérieure, l'intégration d'essais à l'échelle du quartier (place de l'ordre de la centaine m<sup>2</sup>) sera nécessaire. Une collaboration avec Toulouse Métropole est en cours de finalisation, afin d'exploiter les résultats de mesure d'un prototype de 120 m<sup>2</sup> situé dans le quartier de Montaudran à Toulouse. Une mesure des effets actuels des pavés rafraîchissants en place (issus du commerce) devra être réalisée. Une substitution d'une partie de ces pavés par des pavés optimisés issus des travaux de recherche permettrait aussi de valider in situ les résultats obtenus à l'échelle du laboratoire.

[1] Y.Wardeh, E Kinab, P Rahme, G Escadeillas, **S Ginestet**, Review of the optimization techniques for cool pavements solutions to mitigate Urban Heat Islands, Building and Environment Volume 223, August 2022, Article 109482

[2] Y.Wardeh, Optimisation du réseau poreux de dispositifs de rafraîchissement de l'air en milieu urbain (pavés rafraîchissants), thèse de doctorat, INSA Toulouse, UL, juillet 2023

[3] Y.Wardeh, E Kinab, P Rahme, G Escadeillas, **S Ginestet**, Thermophysical experimental characterization of cool pavements, soumis à Energy and Buildings en décembre 2023