

## OFFRE DE CONTRAT DOCTORAL 2024-2027

---

Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique, UMR 6183, Nantes Université – Ecole Centrale Nantes – CNRS

Titre du projet doctoral : Contrôle de la variation de la porosité dans les chaussées en béton sous l'influence d'un flux évaporatif de l'eau

Sujet détaillé : Lorsqu'on parle de milieux urbains, on sous-entend l'aménagement d'habitats et d'infrastructures et donc une augmentation de l'imperméabilisation des sols. Il est question entre autre d'une modification du rythme de la biodiversité (filtration de l'eau souterraine), du risque d'inondation associé, ou de sécheresse. La ville, tout en se rénovant pour réduire les impacts négatifs sur sa biodiversité, doit pouvoir continuer à développer l'habitat. Elle doit aussi s'adapter aux modifications environnementales.

Les aménagements urbains sont responsables de la formation des « îlots de chaleur urbains » (ICU). Le caractère confiné du milieu urbain dense (canyons urbains) peut être préjudiciable en été. En effet, le piégeage radiatif (réflexions multiples et absorption solaire) et le confinement aérodynamique des canyons urbains (zones de recirculation) peuvent entraîner des ICU localement. Le réchauffement climatique accentuera les canyons urbains lorsque la différence de température entre des secteurs de la ville devient très grande. La végétalisation des enveloppes de bâtiment participe au rafraîchissement direct de cet environnement proche ; il a déjà été démontré que l'implantation d'arbres le long des rues peut réduire l'ombrage apporté et permet de modifier l'albédo du sol et donc les phénomènes d'ICU. Toutefois, leur alignement limite la ventilation des rues et de récentes études ont montré que la photosynthèse des arbres couplée à la pollution atmosphérique génère une mauvaise qualité de l'air ambiant. La solution de rafraîchissement des rues en façades des bâtiments reste la solution la plus pertinente.

On parle d'évapotranspiration la combinaison des actions d'évaporation de l'eau du sol avec la transpiration des plantes. Le projet a pour ambition de reproduire cette combinaison avec le couple sol-chaussée. Pour cela, le projet doctoral propose d'évaluer l'évaporation d'une eau circulante sous les chaussées qui doit permettre ce rafraîchissement. Or, les périodes de fortes chaleurs sont souvent accompagnées de sécheresse et le manque d'eau de pluie ne permet donc pas d'alimenter le circuit d'eau espéré pour le rafraîchissement. Une solution de ressource en eau en continue sera tout d'abord proposée dans le projet en respectant le cycle de l'eau. La maîtrise du stockage de l'eau et du flux évaporatif requiert une très bonne compréhension des phénomènes dans les milieux poreux. L'évaporation dans un milieu poreux est un phénomène complexe où la diffusion de la vapeur d'eau, l'écoulement d'eau liquide et le changement de phase se produisent simultanément. Le taux d'évaporation dépend à la fois de la demande atmosphérique (humidité, température et vitesse de l'air ambiant), du milieu poreux et des propriétés de transport (conductivités thermique et hydraulique, diffusion de la vapeur). Le développement d'un protocole expérimental basé sur cette physique est nécessaire pour identifier le type de matériaux poreux capable de supporter un flux évaporatif en été. Le contrôle de l'évaporation par la déformation élastique des pores semble être la piste la plus pertinente à étudier. En parallèle de l'étude expérimentale, le développement d'un modèle prédictif sera nécessaire pour tenir compte explicitement des pores dans un volume élémentaire représentatif avec des lois d'échelle pour modéliser le matériau à l'échelle macroscopique. Pour cela, un problème thermo-poro-élastique avec une relation de pression prenant en compte les effets dynamiques et fluide-fluide sera résolu. Des essais sur des échantillons de chaussées en béton seront réalisés afin de mesurer la relation entre les déformations de gonflement et de retrait avec le séchage et l'absorption d'eau.

Le projet doctoral sera réalisé au sein de l'Unité Thématique de Recherche « Approches de l'Ingénierie Verte » (UTR INGVER) de l'Institut GeM. Il s'inscrit dans les nouveaux axes de recherche de la Chaire de recherche EDYCEM.

Le projet sera encadré par :

- Frédéric Grondin (directeur), Professeur des Universités, [More details](#) ;
- Ahmed Loukili (co-directeur), Professeur des Universités, [More details](#) ;
- Benoît Hilloulin (co-encadrant), Maître de Conférences, [More details](#).

Compétences requises : Curiosité scientifique, Connaissances des méthodes de mesures physiques, Connaissances en modélisation par éléments finis, maîtrise du Français et/ou de l'Anglais

Eligibilité : Diplômé en Master ou Ingénieur (bac +5) en Génie Civil ou Mécanique ou Matériaux.

Salaires : 2100 € Brut par mois (environ 1750 € net) avec une augmentation régulière chaque année. Possibilité d'avoir une activité d'enseignement avec un salaire complémentaire.

Dates : début en septembre/octobre 2024 ; durée 36 mois.

Contact : [frederic.grondin@ec-nantes.fr](mailto:frederic.grondin@ec-nantes.fr)