

## Thèse de doctorat offerte dans le laboratoire GERS-SRO de l'Université Gustave Eiffel

### « Comportement des sols d'assises de fondations face au retrait-gonflement des argiles »

L'université Gustave Eiffel née de la fusion de l'université Paris est Marne le Vallée et de l'IFSTTAR est un acteur majeur de la recherche européenne sur la ville et les territoires, les transports et le génie civil. Elle conduit des travaux de recherche finalisée et d'expertise dans les domaines des transports, des infrastructures, des risques naturels et de la ville pour améliorer les conditions de vie et plus largement favoriser un développement durable de nos sociétés. Au sein du département GERS (Géotechnique, environnement, risques naturels et sciences de la terre), le laboratoire SRO (Sols, roches et ouvrages géotechniques) regroupe 14 cadres de recherche travaillant dans le domaine de la géotechnique, des risques naturels, de la mécanique des sols, et des géomatériaux notamment la physico-chimie des sols. Les missions du laboratoire couvre des recherches appliquées dans le domaine de la géotechnique, des expertises et prestations d'essais peu courants (comme les essais de chargement de fondations, les essais de cisaillement selon des protocoles spécifiques), du conseil et de l'appui aux services publics notamment la direction générale de la prévention des risques du Ministère de l'Ecologie, ainsi que des missions de formations et de normalisation, travail en lien étroit avec le monde professionnel des Travaux Publics.

Le laboratoire s'appuie pour mener à bien ses missions, sur une triple approche : l'observation (sur site ou sur échantillon), l'étude expérimentale (sur site ou en laboratoire à l'aide de la Plate-forme d'essais multi-échelle des sols, des roches et des ouvrages géotechniques) et la modélisation numérique pour analyser et prévoir le comportement des massifs de sol et des ouvrages.

C'est dans ce contexte que le doctorant recruté pourra contribuer à mieux comprendre le « Comportement des sols d'assises de fondations face au retrait-gonflement des argiles ou RGA », phénomène à l'origine de nombreuses pathologies sur les constructions en période de sécheresse. Phénomène d'ampleur avec une maison individuelle sur deux en France exposée au retrait-gonflement des sols argileux, et donc aux fissures de son bâti, il est urgent de trouver des moyens pour réduire, prévenir, remédier à ces effets qui ne peuvent que s'intensifier avec le changement climatique. Si la loi ELAN adoptée en 2018, rend obligatoire la réalisation d'une étude géotechnique pour pouvoir vendre un terrain constructible et avant de construire une maison sur un sol sensible au retrait gonflement (aléa moyen et fort), les mesures prises ne semblent pas pouvoir endiguer les pathologies. L'article 68 de la loi ELAN permet en effet de réduire la sinistralité touchant les constructions neuves mais elle ne concerne pas le bâti existant, qui constitue la majorité des constructions touchées par les épisodes de sécheresse. Il est donc nécessaire de répondre aux deux questions suivantes : (1) Les mesures proposées actuellement dans les guides de recommandations traitant du problème de RGA sont-elles suffisantes ? (2) De nouvelles mesures sont-elles à prendre en compte, et si oui, lesquelles ?

Les travaux de la présente thèse portant sur l'impact du changement climatique sur les sols d'assises des fondations, doivent permettre de répondre à ces deux questions, qui représentent un enjeu majeur pour l'économie française, puisque les désordres se chiffrent en milliards d'euros à l'échelle nationale.

Deux objectifs sont visés par cette thèse:

- l'étude de l'évolution sous l'effet de cycles d'humidification/séchage de la capacité portante de sols (fatigue) sous une fondation superficielle (effet de l'intensité et de l'accumulation des cycles).
- Proposition, développement et validation de mesures pour réduire les effets de l'aléa de retrait-gonflement, en vue de minimiser l'impact de ce dernier sur les constructions légères, tel que stipulé dans la loi ELAN.

Les objectifs seront atteints en s'appuyant sur des données expérimentales existantes, des expérimentations en laboratoire, des essais sur modèle physique (à échelle réduite), et des simulations numériques. Après une analyse de la bibliographie venant compléter les travaux précédents en sein du laboratoire, les essais au laboratoire SRO comprendront la caractérisation d'un ensemble de sols prélevés sur la commune de Champs-sur-Marne, partenaires du projet REMED-RGA qui supporte cette thèse (essais de retrait et de gonflement en prenant en compte la valeur de la charge transmise par la fondation au sol d'assise). Suivra la finalisation d'un modèle réduit (échelle pluri-décimétrique) pour suivre l'évolution de la capacité portante des sols (tels que caractérisés précédemment) sous une fondation superficielle soumise aux changements climatiques, après plusieurs cycles de séchage humidification accompagnée par l'apparition des fissures et la pénétration d'eau sous les fondations. Concernant le développement de méthode innovante de prévention/remédiation, le projet après avoir recensé les méthodes qui agissent sur l'environnement de la structure (gestion de l'eau et de la végétation), sur la structure elle-même (rigidification et reprise en sous œuvre) et les sur les sols (traitement pour réduire leur sensibilité à l'eau), une méthode sera développée et testée : elle consiste à modifier les caractéristiques mécaniques (portance) du sol en dessous des fondations à l'aide de colonne de sables injectés avec une solution enzymatique favorisant la bio précipitation.

Enfin, la troisième partie du travail de thèse consiste à synthétiser les données des expérimentations et des cas d'étude récoltés dans la bibliographie. Ceux-ci seront utilisés pour alimenter la base de données de COMSOL et modéliser l'impact du changement climatique sur la résistance et la déformabilité des sols sous une fondation en prenant en compte la variation de la teneur en eau. Cette phase comporte une étape de modélisation numérique de l'interaction sol/atmosphère et de l'interaction sol-fondation. Il s'agit de mieux comprendre le comportement hydromécanique d'un sol argileux soumis au changement climatique (avec des scénarios à définir avec des intensités variables et une évolution du comportement des sols sous les cycles). Une modélisation des effets des méthodes de prévention et de remédiations existantes permettant de réduire la variation de teneur en eau des sols (évaluation de leur efficacité et leurs limites) sera abordée du point de vue numérique de même que l'efficacité de la solution innovante utilisant la bioprécipitation décrite précédemment. La modélisation de solutions mixtes soit un couplage entre méthodes simples et méthodes innovantes sera abordé au final (étude paramétrique). Les résultats de l'approche numérique seront confrontés aux résultats obtenus sur un démonstrateur développé en vraie grandeur dans le projet RGA (construction d'une maison) et ils serviront à alimenter un catalogue de solutions avec leur efficacité pour lutter contre les effets du RGA. Le développement d'une appli pour évaluer la sensibilité d'un bâtiment au RGA pourra également bénéficier de ces résultats

## **1. Modalité de réalisation**

- La durée de la thèse est 3 ans à partir d'octobre 2024,
- Le(a) doctorant(e) sera amené(e) à travailler à l'Université Gustave Eiffel à Champs-sur-Marne, un logement en Ile de France est nécessaire,
- Des déplacements et des interactions avec des acteurs extérieurs (chantiers, Maries, bureaux d'études, laboratoires, etc.) feront partie du travail.

## **2. Profil attendu**

Le (a) candidat(e) devra être titulaire d'un niveau BAC+5 avec une formation dans le domaine de la géotechnique, ou d'une école d'ingénieur.

## **3. Candidature**

Vous pouvez soumettre votre candidature (CV, lettre de motivation, notes des précédentes années, lettre de recommandation éventuelle) avant le 12 juillet 2024 à  
MAKKI Lamis (Réfèrent principal [lamis.makki@univ-eiffel.fr](mailto:lamis.makki@univ-eiffel.fr)), HEMMATI (Co-encadrant [sahar.hemmati@univ-eiffel.fr](mailto:sahar.hemmati@univ-eiffel.fr)), REIFFSTECK Philippe (Directeur de thèse, [philippe.reiffsteck@univ-eiffel.fr](mailto:philippe.reiffsteck@univ-eiffel.fr)), DUC Myriam ([myriam.duc@univ-eiffel.fr](mailto:myriam.duc@univ-eiffel.fr), Co-directeur de thèse)