

Amélioration des sols liquéfiables par bio-précipitation

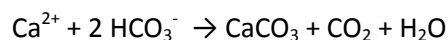
Sujet

Les codes modernes de construction (EUROCODES, CNB, IBC) exigent aujourd'hui une analyse systématique du potentiel de liquéfaction des dépôts de sol pour la construction ou la réfection des infrastructures civil. Cet exercice a un impact significatif sur la conception des infrastructures et sur les projets de génie civil en général, tant au niveau du coût relié au traitement du sol que du choix du type de fondation.

La liquéfaction¹ est la perte de résistance quasi totale d'un dépôt de matériaux pulvérulents (sable ou silt) lâches et saturés sous l'effet de vibrations. Un sable de faible compacité a tendance à se compacter sous l'effet des vibrations. S'il est saturé, le tassement sera empêché par l'eau occupant les pores, transférant à l'eau les contraintes normalement transférées d'un grain de sable à l'autre. Ce phénomène a deux effets : le premier est une perte de résistance désignée ici comme liquéfaction et le second consiste en un tassement lorsque les pressions de l'eau dans les pores se dissipent. L'expérience montre que l'augmentation de la densité ou du pourcentage de particules fines augmente la résistance à la liquéfaction.

Pour éviter la liquéfaction, on a souvent recours à la densification des sols par différents procédés, soit : le compactage dynamique, la vibroflotation ou l'installation de colonnes ballastées. Ces techniques d'amélioration ont des limitations et constituent une source de perturbation en milieu urbain. De plus, leur utilisation dans le cas d'un projet de réfection d'une structure existante est quasi-impossible à cause des tassements importants qu'ils produisent durant le processus de densification. Depuis un certain temps certains chercheurs à travers le monde ont commencé à s'intéresser à des techniques de mitigation basées sur des injections ou des ajouts dans le sol. L'approche menée dans cette étude sera basée sur le renforcement interne par bio-précipitation de carbonates de calcium par des bactéries.

La bioprécipitation est un phénomène naturel pouvant faire intervenir des microorganismes procaryotes, suivant la réaction suivante :



La bioprécipitation permettra de lier les grains des sols liquéfiables^{2,3} entre eux. Après avoir bien identifié les conditions environnementales (pression en gaz : CO₂, O₂,... ; température ; matière organique) dans lesquelles la bioprécipitation devra avoir lieu, la voie métabolique permettant de réaliser la bioprécipitation sera déterminée. Suite à cette première investigation, deux approches seront menées en parallèle : (i) l'utilisation des capacités de bioprécipitation de la flore indigène en apportant un milieu de culture approprié et (ii) l'utilisation de souches pures capables de bioprécipiter des carbonates de calcium.

L'amélioration des propriétés mécaniques des sols par bio-précipitation de carbonates de calcium sera examinée dans le cadre de cette étude par : 1) des mesures de vitesse des ondes de cisaillement (P-RAT) durant tout le processus et 2) par la réalisation d'essais cycliques sur des échantillons améliorés et non améliorés à l'aide d'un dispositif unique (TxSS).

Le profil du candidat

Disciplines : 1-Microbiologie, 2- mécanique des sols, 3 – chimie des sols

Prérequis disciplinaires : Bonnes connaissances en microbiologie. Des connaissances en sols seraient appréciées à défaut les compétences seront acquises lors de la thèse par formation en interne

Le candidat devra posséder un master 2 recherche et/ou un diplôme d'ingénieur. De bonnes capacités de présentation et de communication orale et écrite (français et anglais) sont nécessaires ainsi qu'une bonne capacité d'intégration au sein des équipes de travail pluridisciplinaire.

Encadrement de la thèse :

La thèse s'effectuera dans le cadre du Laboratoire International Associé Ecomat (<http://www.cpdm.ifsttar.fr/linstitut/mast2/laboratoires/cpdm-ifsttar/laboratoire-international-associe-ecomat/presentation-du-lia/>). Ainsi les 18 premiers mois de la thèse se dérouleront à l'Ifsttar de Champs sur Marne (MAST/ CPDM) et se focaliseront sur la partie microbiologie. Les 18 mois restants se dérouleront à l'Université de Sherbrooke (Québec) et permettront de tester les propriétés mécaniques des sols traités.

L'encadrement sera assuré en France par Thierry Sedran (Directeur de thèse, thierry.sedran@ifsttar.fr, <http://www.ifsttar.fr/menu-haut/annuaire/fiche-personnelle/personne/sedran-thierry/>) et Marielle Guéguen (Conseillère d'étude, marielle.gueguen@ifsttar.fr, <http://www.ifsttar.fr/menu-haut/annuaire/fiche-personnelle/personne/gueguen-marielle/>). L'encadrement Québécois sera assuré par Richard Gagné, Richard.Gagne@USherbrooke.ca, <https://www.usherbrooke.ca/gcivil/departement/corps-professoral/richard-gagne/>) et Mourad Karray, (Mourad.Karray.Benhassen@USherbrooke.ca, <https://www.usherbrooke.ca/gcivil/departement/corps-professoral/mourad-karray/>).

Contact : marielle.gueguen@ifsttar.fr

Références :

- 1- CANOU J., BENAHMED N., DUPLA J.-C., DE GENNARO V. (2002) Instabilités de liquéfaction et phénomène de mobilité cyclique dans les sables, Revue française de géotechniques, n°98 p 29-46.
- 2- IVANOV V. & CHU, J. (2008) Applications of microorganisms to geotechnical engineering for bioclogging and biocementation of soil in situ. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 7, 139–153.
- 3- WHIFFIN V.S., VAN PAASSEN L.A., HARKES M.P. (2007) Microbial carbonate precipitation as a soil improvement technique. Geomicrobiology Journal, 24, 417–423.