



Fiche bilan des AOI et autres financements ECCOREV

Année du financement : 2009

Titre du Projet : Première caractérisation du risque de liquéfaction sous sollicitation sismique d'ouvrages hydrauliques en remblai existants ou projetés en basse vallée du Rhône

1. Partenaires principaux (chercheurs et laboratoires) :

- Nadia Benahmed, Patrice Mériaux; CEMAGREF d'Aix-en-Provence, Unité de Recherche Ouvrage Hydraulique et Hydrologie (OHAX).
- Olivier Bellier, Stéphane Molliex, puis Ismaël Shabanian; CEREGE, équipe « Morphogenèse et Risques Naturels ».
- Fabrice Hollender, CEA Cadarache.

2. Objectifs initiaux :

Les objectifs initiaux du projet à caractère exploratoire sont les suivants :

- Une identification et localisation des sols naturels liquéfiables en région Camarguaise, ainsi qu'une caractérisation de ces sols à partir de données géologiques, hydrogéologiques et géotechniques, issues de prospections in situ et de quelques essais exploratoires au laboratoire.
- Etablissement d'une base de données documentaire géo-référencée des sites à forte susceptibilité de liquéfaction dans la région de Camargue.
- Une meilleure compréhension du phénomène de liquéfaction et des facteurs influençant son apparition avec confrontation de résultats in situ – résultats expérimentaux au laboratoire.

- Montage de partenariat entre unités de recherche pluridisciplinaires et maitres d'ouvrage qui sont les gardiens des enjeux du projet ainsi qu'une initiation d'autres collaborations avec des partenaires susceptibles d'être intéressés par cette problématique.
- Aboutissement au montage d'un projet plus ambitieux, par exemple de type ANR ou projet de recherche finalisée du Conseil Régional PACA.

3. Résultats principaux :

Afin de répondre au mieux au but principal du projet : « *réaliser une première caractérisation du risque de liquéfaction sous sollicitation sismique d'ouvrages hydrauliques en remblai en basse vallée du Rhône* », les recherches et travaux entrepris se sont axés autour de trois points :

1^{er} point : Effectuer un état de l'art sur les différentes méthodes d'évaluation du potentiel de liquéfaction des sols sous séisme et leurs domaines de validité.

Ce point a fait l'objet d'un rapport intermédiaire présentant de manière exhaustive les différentes méthodes d'évaluation in situ et de laboratoire qui permettent d'obtenir notamment un facteur de sécurité à la liquéfaction des sols sous séisme à partir de l'approche par contraintes cycliques de Seed et Idriss (1971). Il s'est avéré que les méthodes d'évaluations du risque de liquéfaction sismique sont très diverses, et qu'elles ne sont pas toutes applicables aux ouvrages hydrauliques en remblai. Une analyse de ce panel de méthodes a donc été faite donnant notamment les points positifs et/ou négatifs de leurs utilisations sur des barrages ou des digues en remblai. (rapport intermédiaire du stage de Gisèle Bambara - Master GERINAT).

2^{ème} point : Effectuer une caractérisation simplifiée de l'aléa sismique en basse vallée du Rhône.

Le but est de vérifier la vulnérabilité des digues en remblai de la basse vallée du Rhône vis-à-vis de l'aléa sismique propre à la région provençale. Cette partie donne, dans un premier temps, le contexte sismique général en Provence et notamment en basse vallée du Rhône. Elle donne ensuite les caractéristiques principales des failles à risque en basse vallée du Rhône. Enfin, elle présente deux modes d'approche distincts de l'évaluation de l'aléa sismique :

- L'approche DETERMINISTE qui associe à chaque source sismique, un séisme maximum et ses caractéristiques.
- L'approche PROBABILISTE qui décrit les occurrences futures des séismes par une loi de distribution donnant la fréquence annuelle de séismes dépassant différentes magnitudes.

Cette caractérisation a pour objectif d'obtenir une magnitude et une accélération au sol passant par l'ouvrage hydraulique considéré, ces deux paramètres étant nécessaires au calcul du facteur de sécurité à la liquéfaction des sols sous séisme.

3^{ème} point : Travailler sur une étude de cas.

Afin d'obtenir un premier résultat concret, un site pilote a été choisi : la digue de Beaucaire – Fourques, rive droite du Rhône, gérée par le SYMADREM. Les données d'entrées permettant l'analyse du risque de liquéfaction sismique sur la digue ont été fournies par les rapports d'étude de FUGRO Géotechnique relatifs à l'étude du renforcement de la digue du Rhône rive droite entre Beaucaire et Fourques, et notamment, le rapport de reconnaissance géotechnique (années 2008 – 2009). La méthode d'évaluation retenue fut donc la méthode empirique de Robertson et Wride (1998) à partir des données CPT. Afin d'obtenir le facteur de sécurité à la liquéfaction des sols sous séisme, les deux approches d'évaluation de l'aléa sismique ont été utilisées. Les résultats obtenus ont montré que **l'approche déterministe est plus pénalisante que l'approche probabiliste.**

4. Publications

- Rapport de stage Master :

Gisèle Bambara. (2010). *"Première caractérisation du risque de liquéfaction sous sollicitation sismique d'ouvrages hydrauliques en remblai existants ou projetés en basse vallée du Rhône"*. Stage Master GERINAT, Université de Provence, Département Environnement, Technologies et Société. 59 pages.

- Projet d'une publication conjointe CEMAGREF-CEREGE-CEA.

5. Suite du projet (Perspectives) :

A la fin de ce projet, nous avons souhaité réaliser une étude expérimentale sur le comportement mécanique des matériaux constituant les digues de Camargue vis-à-vis de la liquéfaction sismique, et notamment les digues des deux cas d'études choisis et présentés dans le cadre du projet. Les résultats de laboratoire seront confrontés à ceux obtenus in situ.

A ce titre, une acquisition d'un dispositif triaxial dynamique qui permettrait de déterminer les caractéristiques dynamiques des sols et d'étudier les phénomènes de liquéfaction sous sollicitations sismiques vient d'être lancée par notre unité de recherche. Les offres ont été reçues et la procédure de commande du matériel est en cours. Un tel équipement permettra d'engager des recherches scientifiques porteuses sur la thématique de la liquéfaction dynamique sous séismes. Compte tenu de la récente évolution du contexte réglementaire en matière de définition de l'aléa sismique (les nouvelles cartes de zonage sismique ont conduit à une augmentation des accélérations nominales dans une grande partie du territoire français) et en matière de règles de l'art pour la justification des ouvrages hydrauliques (cf. le rapport du MEDDLT « Ouvrages hydrauliques et séismes » de novembre 2010), cette thématique de recherche sera d'un grand intérêt pour les collectivités locales et gestionnaires de digues, notamment le Symadrem et la CNR qui ont manifesté un réel intérêt pour ce projet.

Enfin, une collaboration entre le Cemagref (travaux de Sébastien MERCKLE) et la CNR a été amorcée. Cette collaboration aura pour but d'évaluer la stabilité des digues en remblai sous sollicitation sismique de Vallabrègues au travers de différentes méthodes de calculs.