

Proposition d'étude

En réponse à l'appel à projet interne – mars 2009

Fédération de Recherche ECCOREV 2008 – 2012

**AXE 1 : MORPHOGENESE, RISQUES NATURELS et VARIABILITE
CLIMATIQUE**

**PREMIERE CARACTERISATION DU RISQUE DE
LIQUEFACTION SOUS SOLLICITATION SISMIQUE
D'OUVRAGES HYDRAULIQUES EN REMBLAI
EXISTANTS OU PROJETES EN BASSE VALLEE DU
RHONE**

Projet proposé conjointement par :

Cemagref Aix-en-Provence¹, CEREGE, CEA CADARACHE

¹ Coordinateur : Dr. Nadia BENAHMED; tel.: 04.42.66.99.04; e-mail: nadia.benahmed@cemagref.fr

PREMIERE CARACTERISATION DU RISQUE DE LIQUEFACTION SOUS SOLLICITATION SISMIQUE D'OUVRAGES HYDRAULIQUES EN REMBLAI EXISTANTS OU PROJETES EN BASSE VALLEE DU RHONE

Projet proposé conjointement par:

**Cemagref – Unité de Recherche « Ouvrages hydrauliques et hydrologie »,
CEREGE, CEA Cadarache**

Mots clés : Failles actives et aléa sismique / Instabilité gravitaire / Liquéfaction / Etude de dangers / Ouvrages hydrauliques en remblai / Région PACA /

Contexte général du projet :

La thématique que nous souhaitons étudier rentre dans la problématique des risques naturels, d'une part du fait de l'existence de sols qui y sont naturellement sensibles, et d'autre part parce que les séismes font partie des sollicitations dynamiques pouvant induire des phénomènes de liquéfaction dont les conséquences peuvent être catastrophiques tant sur le plan humain que sur le plan socio-économique. L'appréhension de l'occurrence de ce phénomène revêt donc une importance majeure pour les pouvoirs publics, les collectivités locales, les concessionnaires et gestionnaires des digues et barrages en terre afin de répondre à une demande réelle de la population vis-à-vis de leur sécurité et de la protection de leurs biens.

Dans certaines conditions de sollicitations statiques ou dynamiques, les couches de sols susceptibles de se liquéfier peuvent perdre toute leur capacité de résistance. Ce type d'instabilité, qui s'apparente au phénomène de liquéfaction (ou fluidisation), se traduit par la transformation d'un sol de l'état solide à l'état fluide. Celui-ci s'écoule alors de manière semblable à un fluide jusqu'à la stabilisation du matériau dans une configuration très différente de la configuration initiale. Cette transition peut être interprétée comme une baisse importante et soudaine de la résistance au cisaillement d'un sol sans cohésion (ou parfois avec cohésion, appelée dans ce cas thixotropie) liée à une hausse de la surpression du fluide interstitiel -eau ou air- avant drainage et par conséquent à une baisse des contraintes effectives.

Si l'on se restreint au seul domaine d'application que sont les barrages réservoirs et les ouvrages de protection des rivières ou fleuves contre les inondations, le nombre important de glissements spontanés causant la rupture de digues et provoquant des inondations aux Pays-Bas, la rupture de barrages construits par la méthode de remblaiement hydraulique tel que le barrage de San Fernando ou de Calaveras en Californie, le barrage Fort Peck à Montana, sont autant d'exemples qui montrent l'importance du type de rupture que nous souhaitons étudier et son impact. Ce mode de rupture est également observable dans les massifs reconstitués en milieu marin tels que les îles artificielles construites en mer de Beaufort au Canada ou à Kobé ainsi que dans les dépôts sédimentaires récents qui représentent le cas le plus critique de part la nature des sols les constituant, à savoir limoneuse argileuse et sableuse.

En France, la basse vallée du Rhône comprend un important linéaire de digues en remblai :

- au Sud de Beaucaire, dans le grand delta de Camargue, de l'ordre de 300 km de digues de protection contre les inondations, de 3 à 6 m de hauteur, essentiellement gérées par le SYMADREM ;
- au Nord de Beaucaire, plusieurs dizaines de kilomètres de hautes digues (10 à 15 m) construites par la CNR dans le cadre des aménagements hydroélectriques du fleuve.

La rupture de ces digues occasionnerait des dégâts souvent considérables, comme l'ont montré des accidents récents déplorés sur les digues de protection contre les inondations.

Que ce soit au titre de la conception de confortements rendus nécessaires par des désordres apparus sur les ouvrages et/ou du fait de la mise en œuvre de la nouvelle réglementation relative à la sécurité des ouvrages hydrauliques (décret du 11 décembre 2007 et arrêté du 12 juin 2008 concernant les études de dangers), nombre de ces digues vont devoir être justifiées ou vérifiées vis-à-vis du séisme. L'existence dans les remblais de ces ouvrages et/ou dans leur fondation de couches ou de lentilles de sols potentiellement liquéfiables milite pour une meilleure compréhension et prévention du phénomène de liquéfaction aux échelles locales, notamment sous sollicitation sismique².

Contexte sismotectonique de la Provence et de la Camargue :

Séismicité historique et instrumentale :

La région Provence – Alpes - Côte d'Azur peut être considérée comme un secteur emblématique pour les zones actives complexes à faible taux de déformation mais à risque élevé. La sismicité historique y est une des plus importantes du territoire métropolitain, avec depuis le XV^{ème} siècle plusieurs séismes d'intensité égale ou supérieure à VIII (Lambesc en 1909, région de Manosque en 1509 et 1708, région de Castellane en 1855, au large de la côte niçoise en 1887, etc.), impliquant l'existence de failles actives ayant un fort potentiel sismogénique. La densité de population y est localement très élevée (Côte d'Azur et métropole marseillaise). L'intensité des séismes historiques est assez importante en Provence (intensité maximale de VII à IX et périodicité séculaire, Cushing et al. 2008) (cf. Fig.3), alors que la région subit une microsismicité assez faible. L'origine de cette sismicité macro- et microsismique reste mal connue : Pourquoi et comment des séismes d'intensités importantes se produisent-ils dans cette zone alors que la déformation aux limites est très faible ? Quelles sont les sources principales des futurs séismes ?

Failles et aléa sismique :

Les structures tectoniques observées en surface dans la région Sud-est résultent d'une histoire tectonique complexe (tectoniques superposées d'âge pyrénéen, oligocène, et alpin) qui a interféré au Cénozoïque avec une histoire érosive caractérisée par des phases alternées d'aplanissement, de remblaiement, et de dissection. Ces structures ne sont pas nécessairement toutes réactivées actuellement.

Le Panneau de Couverture méso-cénozoïque Nord-Provençal (PCNP, Chardon et Bellier, 2003) est un des domaines emblématiques de la Provence. Il correspond à un quadrilatère, qui s'étend d'Est en Ouest sur 100 km de large, délimité par la faille de Nîmes d'orientation NE-SW à l'Ouest, le chevauchement à vergence nord et de direction E-W du Ventoux-Lure au Nord, et la faille NNE-SSW de la Moyenne Durance à l'Est (Fig.3 en annexe). La déformation interne post-miocène de ce panneau est principalement accommodée par des failles inverses à vergence sud, chacun de ces accidents étant associé à un chaînon anticlinal. Ce sont, du Nord au Sud, les chaînons du Luberon, des Alpilles, des Costes, de la Trevarresse et de La Fare. Le PCNP s'ordonne donc autour de plateaux massifs (Plateau de Vaucluse), de crêtes (ex. Le Luberon) et de dépressions (bassins d'Apt et de Pertuis) structurés par des plis et des chevauchements d'axe E-W. Il est affecté par la faille de Salon-Cavaillon, accident majeur orienté N-S qui le traverse sur toute sa longueur et qui affecte la bordure Est de la plaine de la Crau. **C'est donc l'accident sismogène majeur pouvant générer des séismes importants conséquents pour la Camargue.**

² On notera sur ce point que le tout récent rapport du Député C. Kert « La sécurité des barrages en question » recommande aussi le développement des travaux de recherche sur la résistance sismique des ouvrages hydrauliques.

Objectifs du projet :

Les objectifs principaux de ce 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.
- Une meilleure compréhension du phénomène de liquéfaction et des facteurs influençant son apparition avec confrontation de résultats in situ – résultats expérimentaux au laboratoire.
- Etablissement d'une base de données documentaires géoréférencées des sites à forte susceptibilité de liquéfaction dans la région de Camargue.
- Montage de partenariat entre unités de recherche pluridisciplinaires et maîtres d'ouvrage qui sont les gardiens des enjeux du projet avec une mutualisation des connaissances, expériences et compétences des partenaires impliqués ainsi qu'une initiation d'autres collaborations avec des partenaires susceptibles d'être intéressés par cette problématique contribuant ainsi à l'émergence de nouvelles synergies fédérant les secteurs privés, publics, et académiques.
- Aboutissement au montage d'un projet plus ambitieux, par exemple de type ANR ou projet de recherche finalisée du Conseil Régional PACA.

Réalisations prévues :

- **Base bibliographique : CEMAGREF, CEREGE, CEA CADARACHE**

Cette partie sera réalisée conjointement avec tous les partenaires du projet. Elle comprendra :

- La réalisation dans un premier temps d'un état de l'art des travaux existants dans la littérature sur les problèmes de liquéfaction dans les digues et ouvrages en terre, et son évaluation.
- Une recherche bibliographique la plus exhaustive possible sur les cas renseignés d'ouvrages hydrauliques en France pouvant présenter un risque de rupture par liquéfaction.
- La collecte de données sur les ouvrages existants dans le périmètre de la Camargue.

On notera que le CEA Cadarache dispose d'une base de données géologique, hydrogéologique et géotechnique unique (plus de 1500 forages réalisés depuis 1959). Ces informations ont été consolidées dans le cadre de la réalisation d'un modèle géologique 3D. Ces données et études pourront être valorisées dans le cadre du projet.

- **Caractérisation de la sismicité en Camargue ou basse vallée du Rhône dans des zones d'ouvrages hydrauliques existants ou projetés, construits sur des fondations meubles : CEREGE**

a) Connaissances acquises sur la faille de Salon-Cavaillon: La faille de Salon-Cavaillon est un accident décrochant de près de 80 km de long (partie émergée), d'orientation N-S à NNE-SSW. Elle traverse le PCNP, du chaînon de Ventoux-Lure, au Nord, jusqu'au golfe de Fos, au Sud. Cet accident n'affleure que de manière sporadique, et est géomorphologiquement mal exprimé.

Si cette faille a joué un rôle prépondérant dans l'histoire géologique de la Provence, son expression morphologique actuelle est ambiguë, à cause de son faible taux de déplacement et de la dégradation rapide des signaux morphologiques d'origine tectonique (par érosion naturelle et anthropisation). D'autre part, elle est caractérisée par une sismicité relativement faible par rapport aux failles voisines que sont les failles de la Moyenne Durance-Aix et de Nîmes. Toutefois, des séismes instrumentaux et historiques (Fig. 3), ainsi que plusieurs indices de déformation quaternaire (Travaux en cours, Molliex, thèse CEREGE-CEA) peuvent être associés à l'activité récente de cet accident. Cette zone de faille présente, en outre, des segments potentiels de 10-20 km (par similitude à la faille de la Moyenne Durance), ce qui en fait une des failles les plus importantes du territoire métropolitain du point de vue

sismogénique (*i.e.*, elle est susceptible de produire des séismes de magnitude supérieure ou égale à 6, d'après les lois d'échelle). Enfin, elle est supposée active, au même titre que les failles de Nîmes et de la Moyenne Durance (REGINE Group (Groupe de Réflexion Géologie de l'ingénieur et Neotectonique) Blès et al., 1991).

b) Développements au titre du projet

Le CEREGE, fort de sa connaissance du contexte tectonique régional, analysera localement l'aléa sismique en des zones-test d'implantation d'ouvrages hydrauliques en basse vallée du Rhône, reconnues potentiellement sensibles vis-à-vis du risque de liquéfaction. Les résultats de cette étude serviront de données d'entrée à l'analyse de résistance de sols entrant dans la composition de ces ouvrages ou de leur fondation.

• **Expérimentation in situ et au laboratoire : Cemagref – UR OHAX**

L'évaluation du risque ou potentiel de liquéfaction des sols s'appuie d'une part sur des observations et essais in situ tels que le SPT (Standard Penetrometer Test), le CPT (Cone Penetrometer Test) et le pénétromètre Panda, et des essais de laboratoires tels que les essais d'identification et les essais triaxiaux de liquéfaction.

Concernant les essais in situ, des données relatives aux digues concernées existent déjà au titre d'études de diagnostic réalisées récemment, à notre connaissance, par le SYMADREM (digues de protection contre les crues, à charge temporaire) ou par la CNR (digues d'aménagement hydroélectrique, à charge permanente).

Pour les expérimentations au laboratoire, nous sommes en train de mettre en place au laboratoire de mécanique des sols du Cemagref d'Aix-en-Provence des dispositifs d'essais triaxiaux très élaborés qui permettraient de réaliser des expérimentations classiques et non classiques, c-à-d à chemin de chargement suivant plusieurs directions. Ceux-ci seront dotés d'instrumentations très fines pour une meilleure caractérisation du comportement mécanique des sols, notamment une meilleure compréhension de l'initiation et du développement de l'instabilité de liquéfaction (transition de l'état solide vers l'état liquide) dans les matériaux granulaires ou dit sensibles (Fig. 1 et 2).

Il s'agira en premier lieu de réaliser au laboratoire des essais d'identification et de caractérisation des sols ciblés et identifiés comme étant liquéfiable. Ensuite, en second lieu, de réaliser des essais triaxiaux de liquéfaction qui sont le complément indispensable des essais in situ.

Les résultats obtenus permettront de caractériser les sols sensibles et de déterminer leur susceptibilité (ou non) à la liquéfaction lors d'un séisme ou tout simplement d'un chargement statique rapide.

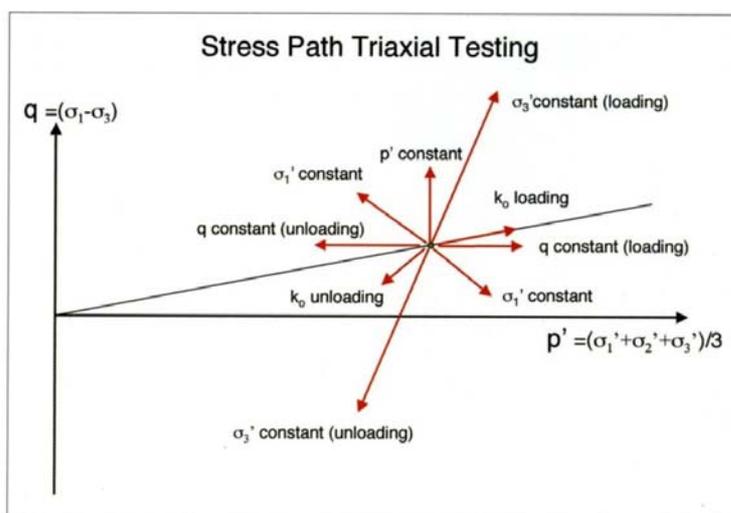


Fig. 1 - Différents chemins de contraintes dans un triaxial



Fig.2- Echantillon triaxial finement instrumenté

Justification du financement demandé :

Détails des coûts :

- . Réunions et déplacements : 2000 euros
- . Analyses bibliographiques (stagiaires) : 6000 euros
- . Etudes locales de caractérisation de l'aléa sismique (y compris terrain) : 10 000 euros
- . Réalisation d'essais triaxiaux de liquéfaction :
 - petits équipements du banc Cemagref : 2 000 euros
 - 10 essais à 1000 euros, y compris interprétation : 10 000 euros

Soit un total de 30 000 euros.

Soutien demandé à la Fédération ECCOREV : 10 000 euros, soit 30 % du coût total.

Collaborations prévues :

A côté du Cemagref, du CEREGE et du CEA Cadarache qui travailleront pour la première fois ensembles sur ce sujet, la thématique sur les instabilités liées au phénomène de liquéfaction intéresse plusieurs partenaires. Par conséquent, plusieurs collaborations, tant sur le plan expérimental que sur le plan théorique, sont envisagées. On cite ci-dessous les principaux partenaires pressentis du réseau que nous souhaitons initier, puis développer, grâce à notre projet :

- . Partenaires scientifiques :
 - CNRS-LGIT Grenoble
 - EDF-CIH
- . Gestionnaires d'ouvrages, porteurs potentiels du besoin et détenteurs de données :
 - SYMADREM – Direction technique
 - CNR – Direction Régionale d'Avignon

Description du consortium :

Organisme: Cemagref Aix-en-Provence, Unité de Recherche « Ouvrages hydrauliques et hydrologie »

Participants:

- **Nadia BENAHMED, pilote du projet, (35%)**

Ingénieur en Génie Civil et Docteur en Géotechnique de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC), Paris. Chercheur à l'Université de Bristol, Royaume-Uni. Actuellement, Chargée de Recherche en Géomécanique au Cemagref, France.

Membre du Comité Français de Mécanique des Sols. Membre du Comité Français de Mécanique. Membre de l'Association Française de Génie-Parasismique.

Domaine d'intérêts et de compétences: Comportement mécanique et micro mécanique des géomatériaux, en particulier instabilité et liquéfaction des sols, fluage et destruction des argiles, érosion interne dans les ouvrages hydrauliques. Développement d'expérimentations de laboratoire.

Publications:

- J. CANOU, N. BENAHMED, J.-C. DUPLA, V. DE GENNARO. (2002). *Instabilités de liquéfaction et phénomènes de mobilité cyclique dans les sables*. Revue Française de Géotechnique No 98, pp. 29-46.
- V. DE GENNARO, J. CANOU, J.C. DUPLA, N. BENAHMED (2004). *On the undrained behaviour of a loose sand*. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 41 (1), p. 166-180 .
- N. BENAHMED, J. CANOU, J.C. DUPLA. (2004). *Structure initiale et propriétés de liquéfaction statique d'un sable*. Comptes Rendus Mécanique, Vol. 332, N°11, pp. 887-894.

• **Patrice MERIAUX, (20%)**

Ingénieur-chercheur, ayant plus de 25 années d'expérience dans le génie civil et l'ingénierie des risques, en régions de plaine comme de montagne. Il est membre du Comité Français des Barrages et des Réservoirs depuis 2003. En qualité de chef de l'Unité de Recherche « Ouvrages hydrauliques et hydrologie » du Cemagref Aix-en-Provence, il est devenu l'un des experts de cet institut dans la sécurité des digues et des barrages, et ses activités scientifiques se concentrent sur le développement et l'amélioration des méthodes de diagnostic pour ces ouvrages. Enfin, il est le co-auteur de plusieurs guides pratiques relatifs au diagnostic et à la sécurité des digues ou des barrages, dont deux ont été récemment traduits en anglais.

Publications

- MERIAUX, P., ROYET, P. (2007). *Surveillance, maintenance and diagnosis of flood protection dikes - A practical handbook for owners and operators*, 162 p., Editions Quae.
- FAUCHARD, C., MERIAUX, P. (2007). *Geophysical and geotechnical methods for diagnosing flood protection dikes- Guide for implementation and interpretation*, 124 p., Editions Quae.
- MERIAUX, P., TOURMENT, R., WOLFF, M. (2005). Le patrimoine de digues de protection contre les inondations en France d'après la base de données nationale des ouvrages. *Ingénieries - E A T*, n° Spécial Sécurité des digues fluviales et de navigation, p. 15-22

Organisme : **CEREGE**

Participants:

• **Olivier BELLIER, (10%)**

- Chargé de Recherche à l'Institut Géographique National (IGN, 1991-1992) : participation aux programmes de Géodésie de l'institut.
- Chargé de Recherche au CNRS Affecté à l'équipe CNRS d'Orsay, Univ. Paris Sud (1992-2000).
- Depuis Sept. 2000, Professeur des Universités (Univ. Paul Cézanne Aix-Marseille).

Compétences : *Étude des failles actives et évaluation de l'aléa sismique*, dans plusieurs secteurs soumis à des déformations crustales importantes ou modérées (en Indonésie, Amériques du Sud et du Nord, Turquie, Iran...). Depuis, 1995 je m'intéresse plus particulièrement à l'analyse du risque sismique en Provence (Faille de la Moyenne Durance, séisme provençal de 1909, etc.).

Principales Responsabilités Collectives

Directeur du Département Environnement de l'Université Paul Cézanne Aix-Marseille. Membre élu du Conseil d'UFR « Faculté des Sciences et Techniques » de l'Université, et du directoire de la FST. Expert auprès de l'INSU – Comité mouvement tellurique.

Expert au Comité de Pilotage du projet de Service Public *NEOPAL MEEDDAT* (Ministère de l'Environnement...), sur l'évaluation des failles sismiques en France.
Responsable de l'équipe « Morphogenèse et Risques Naturels » du CEREGE. Membre du Comité Scientifique de Direction du CEREGE.

Publications:

- SIAME L., O. BELLIER, et al., 2004. High denudation rate as diagnostic criterion for identifying active deformation? Cosmic Ray Exposure in Provence (South-East France). *Earth Planet. Sc. Lett.*, 220, 345-364.
- REGARD V., O. BELLIER, et al., 2005. Cumulative right-lateral fault slip rate across the Zagros–Makran transfer zone and role of the Minab-Zendan fault system within the convergence accommodation between Arabia and Eurasia (SE Iran). *Geophys. J.Int.*, 162, 177-203.
- FACCHENNA C., BELLIER O., MARTINOD J., PIROMALLO C., REGARD V., 2006. The formation of the North-Anatolian Fault and the rupture of the Bitlis slab, *Earth Planet. Sc. Lett.*, 242, 85-97.
- BELLIER, O., M. SEBRIER, D. SEWARD, T. BEAUDOUIN, M. VILLENEUVE, E. PUTRANTO, 2006. Late cenozoic uplift and stress regime changes in Central Sulawesi (Indonesia). *Tectonophysics*. 413, 201-220.

• **Stéphane MOLLIEUX , (25%)**

- Doctorant moniteur en Géoscience de l'Environnementale, CEREGE/CEA.

Compétences : analyse qualitative et quantitative du réseau hydrographique, traitement et extraction d'informations à partir de données topographiques, sismique, magnétisme des roches, analyse des régimes de contraintes par mesures de plan de failles sur le terrain et inversion des données, tomographie électrique , reconnaissance de roches et minéraux, hydrogéologie.

Publications:

- Molliex S., Bellier O., Revil A., Cushing M., Mocochain L., Fleury J., Hollender F., Clauzon G., Hippolyte J-C, Godard V (2008) : *La Durance messinienne à actuelle, marqueur des déformations récentes en Provence*. Colloque Géodynamique et paléogéographie de l'aire méditerranéenne au Mio-Pliocène : l'interférence eustatisme-tectonique. Séance spécialisée de la société géologique de France, Villeurbanne, 5-6 mai 2008. Abstract vol. p. 54
- Molliex S., Bellier O. Clauzon G., Siame, L., Hollender F. (2007): *Miocene to present tectonics and associated morphological responses in a slow deformation domain (Provence, SE France)*. EGU General Assembly, 15-20 April 2007, Vienna, Austria. Vol. 9, 04443.
- Molliex S., Bellier O. Clauzon G., Siame, L., Hollender F. (2007) : *Réponses morphologiques à la tectonique miocène à actuelle en Provence (Exemple du secteur de la faille de Salon-Cavaillon)*. Congrès de l'école doctorale des sciences de l'environnement, Marseille, France, 13-14 mars 2007. Abstract vol. p. 98
- Molliex S., Bellier O., Clauzon G., Siame L., Mathé P.E., Fleury J., Hollender F. (2006) : *Evolution morphostructurale du secteur de la faille de Salon-Cavaillon (SE France) : implications sur le modèle sismotectonique de la Provence*. Réunion des Sciences de la Terre, 4-8 décembre 2006, Dijon, France, Abstrat Volume. p. 79

Organisme : CEA CADARACHE,

Participants:

- **Fabrice HOLLENDER, (10%)**

Depuis décembre 1998 : Ingénieur-Chercheur au CEA - Cadarache sur des thématiques "sciences de la terre", en particulier : chef du projet "Cashima" (programme de recherche sur l'aléa sismique local et les effets de site) depuis janvier 2005.

Compétences : imagerie géophysique, intégration de données issues de différentes disciplines des sciences de la terre (géologiques, géophysiques, géotechniques, hydrogéologiques...), animation de programmes de recherche pluridisciplinaires.

ANNEXE

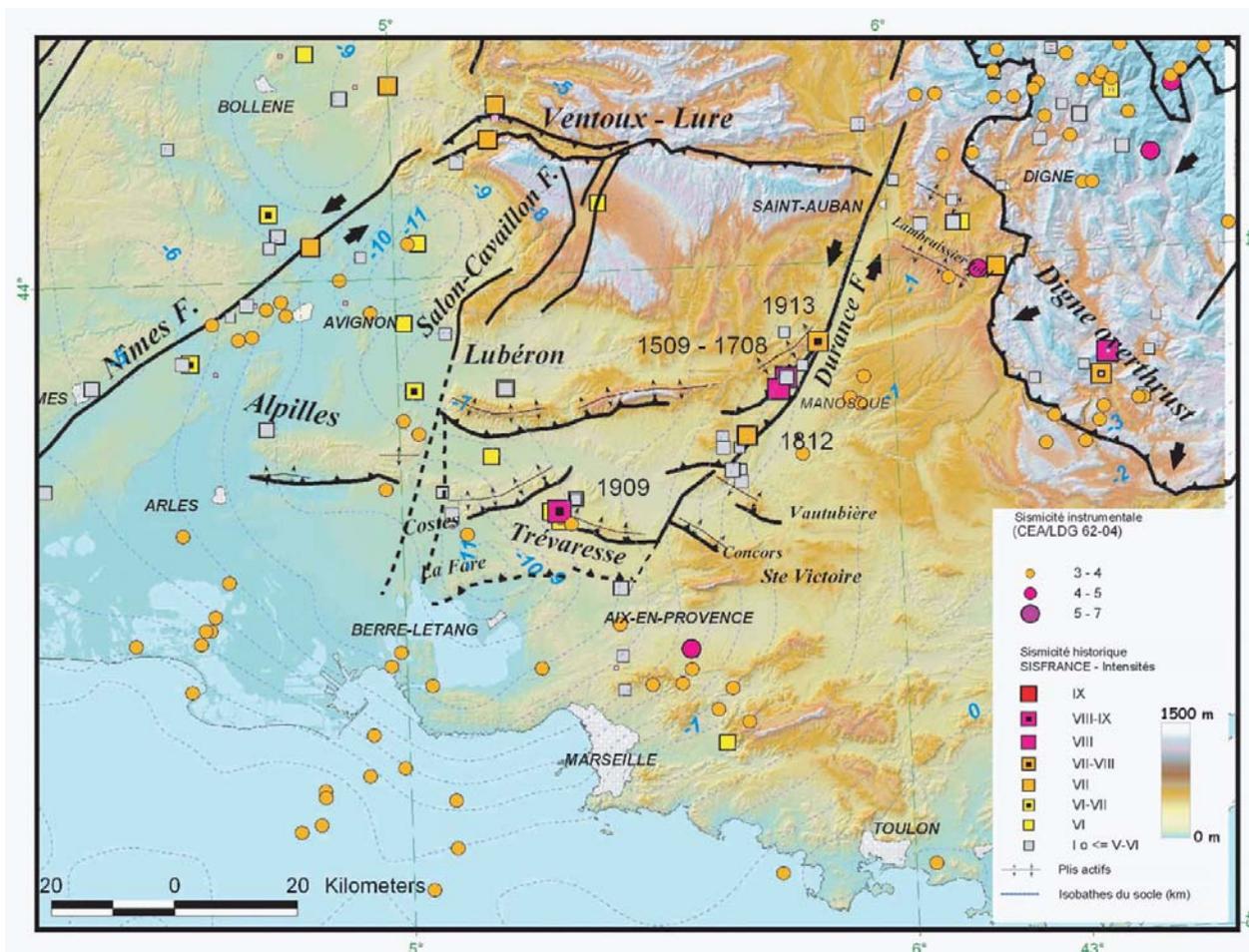


Fig. 3- Sismicité historique et instrumentale sous le Panneau de Couverture Nord-Provençal (d'après Cushing et Bellier, 2003 ; Cushing et al., 2008)

AUTRES PUBLICATIONS EXPLOITABLES POUR LE PROJET:

- J.-J. FRY. (2004). Evaluation de la stabilité sismique des digues. Colloque technique organisé par le Comité Français des Grands Barrages, Orléans 24-26 novembre 2004.
- C. BACCONNET, D. BOISSIER, P. BREUL, R. GOURVES, L. LEPETIT, G. VILLAVICENCIO. (2005). Méthode d'évaluation du risque de liquéfaction. XXIIIème Rencontres Universitaires de Génie-Civil 2005- Risques et Environnement.
- L. DUCHESNE, J.-J. FRY, N. RACANA. (2005). Utilisation d'une méthode de reconnaissance géotechnique à rendement élevé sur l'aménagement de Vallabrègues. Ingénieries N° Spécial, 2005, pp. 103 à 109.
- J. CANOU, N. BENAHMED, J.-C. DUPLA, V. DE GENNARO. (2000). *Comportement mécanique et liquéfaction des sables*. Colloque physique et mécanique des matériaux granulaires, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Champs-sur-Marne, Vol 1, p. 15-34.

- N. BENAHMED. (2001). *Comportement mécanique d'un sable sous cisaillement monotone et cyclique : application aux phénomènes de liquéfaction et de mobilité cyclique*. Thèse de doctorat de l'ENPC, 351p.
 - N. BENAHMED, J. CANOU, J.C. DUPLA. (2007). *Effet de structure et propriétés de liquéfaction d'un sable lâche*. 7^{ème} Colloque National de Génie Parasismique – AFPS 2007, Ecole Centrale de Paris, 4– 6 juillet 2007.
 - ZANETTI, C., VENETIER, M., MERIAUX, P., ROYET, P., DUFOUR, S., PROVENSAL, M. (2008). L'enracinement des arbres dans les digues en remblai : étude des systèmes racinaires et impacts sur la sécurité des ouvrages. *Ingénieries - EA T*, n° 53, mars 2008, p. 49-67.
 - MERIAUX, P., VENNETIER, M., AIGOUY, S., HOONAKKER, M., ZYLBERBLAT, M. (2006). Diagnosis and management of plant growth on embankment dams and dykes, Q. 86 - R. 68, Vol. III. 22^{ème} congrès des grands barrages, Barcelone, juin 2006. p. 1089-1129.
 - BELLIER O. et al., 2001. High slip rate for a low seismicity along the Palu-Koro fault in Central Sulawesi (Indonesia). *Terra Nova*13, 463-470.
 - SIAME L.L., BELLIER O., SÉBRIER M., BOURLÉS D.L., PEREZ M., & ARAUJO M., 2002. Earthquake-related landform development and cosmic ray exposure (CRE) dating: Seismogenic source reappraisal for the Ms 7.4, 1944, San Juan earthquake (Argentina) and seismic hazard consequences. *Geophys. J.Int.* 150, 241-260.
 - REGARD V., O. BELLIER, et al., 2004. The accommodation of Arabia-Asia convergence in the Zagros-Makran transfer zone, SE Iran: a transition between collision and subduction through a young deforming system. *Tectonics*, 23, TC4007, doi :10.1029/2003TC001599, (24p.).
 - SIAME L.L., BELLIER O., SÉBRIER M., ARAUJO M., 2005. Deformation partitioning in flat subduction setting: the case of the Andean foreland of western Argentina (28°S-33°S). *Tectonics*, 24, TC5003, doi :10.1029/2005TC0011787, 1-24p.
 - REGARD V., O. BELLIER, et al., 2006. Be dating of alluvial deposits from Southeastern Iran (the Hormoz Strait area). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 242, 36–53.
- CHARDON C., O. BELLIER. (2003). Geological boundary conditions of the 1909 Lambesc (Provence, France) earthquake: Structure and evolution of the Trévaresse ridge anticline. *Bull. Soc. Géol. France*, 174, n°5, 497-510.
- CUSHING M., & BELLIER O., (2003). La Faille de la Moyenne Durance : précision concernant le tracé en surface de la faille entre Pertuis et Château Arnoux. Note technique n°03-21, 16 p., 1 Annexe, 1 carte au 1/100.000.
- CUSHING M., O. BELLIER, S. NECHTSCHHEIN, M. SÉBRIER, PH. VOLANT , A. LOMAX, P. DERVIN, P. GUIGNARD, L. BOVE, (2008). *A multidisciplinary study of a slow-slipping fault for seismic hazard assessment: the example of the Middle Durance Fault (SE France)*. *Geophys. J. Int.* doi: 10.1111/j.1365-246X.2007.03683.172.1163-1178.