



Webinaires des 12 Avril et 10 Mai 2022

Soutènements en zone sismique – Partie I

Séance animée par :

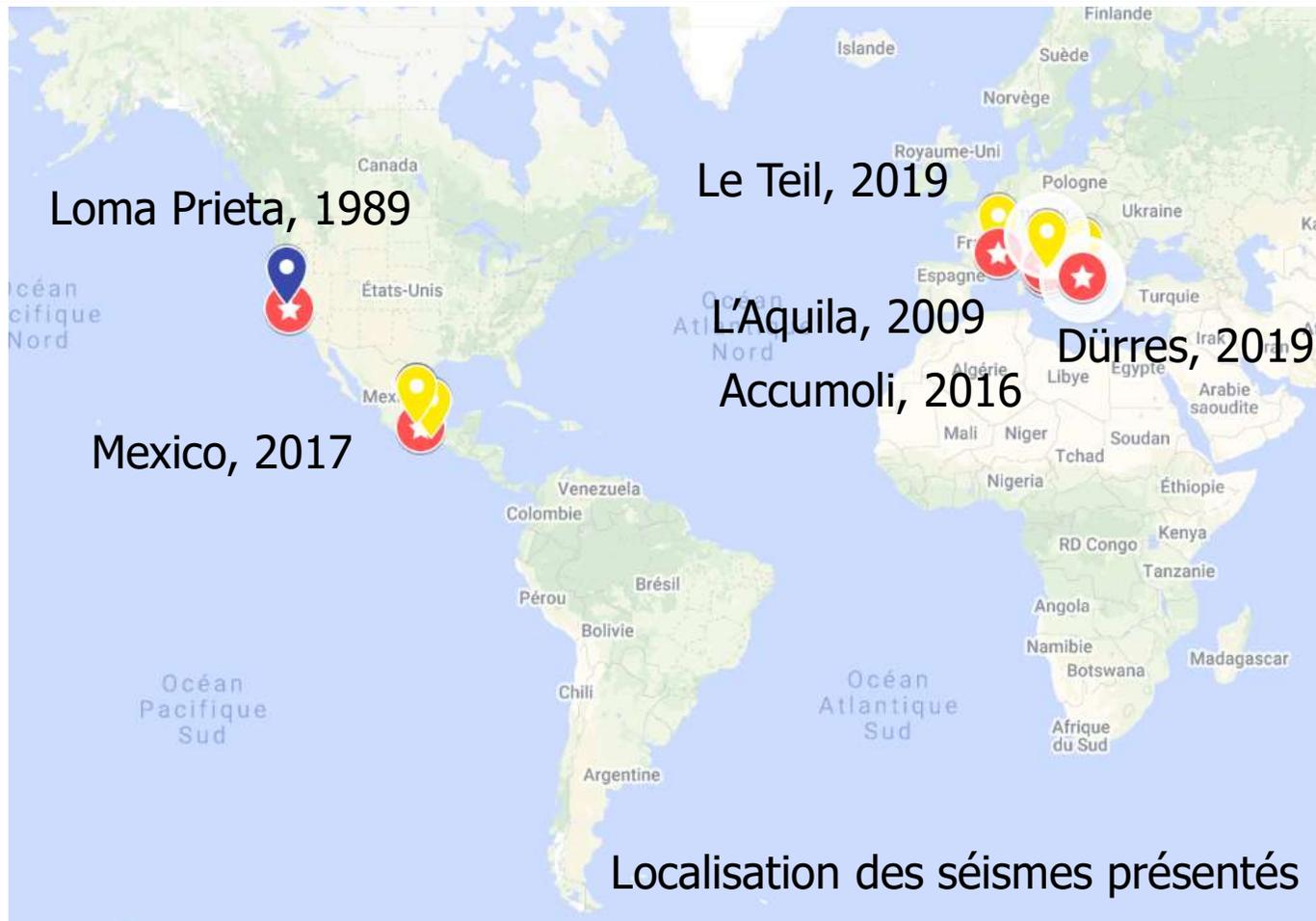
- Fahd CUIRA
 - Delphine BOUTHEON
 - Gilles VALDEYRON
 - Stéphane BRULE
 - Dominique BATISTA
- TERRASOL – CFMS
 - ERG – CFMS
 - CEREMA – CNJOG
 - MENARD – AFPS/CFMS
 - CEREMA

Sommaire

Partie I – 12 Avril 2022 de 10h30 à 12h30

- Stratégie de dimensionnement des soutènements sous séisme
- Evaluation des poussées et butées dynamiques des terres
- REX post-séisme sur le comportement des soutènements en milieux urbain et maritime

REX post-séisme



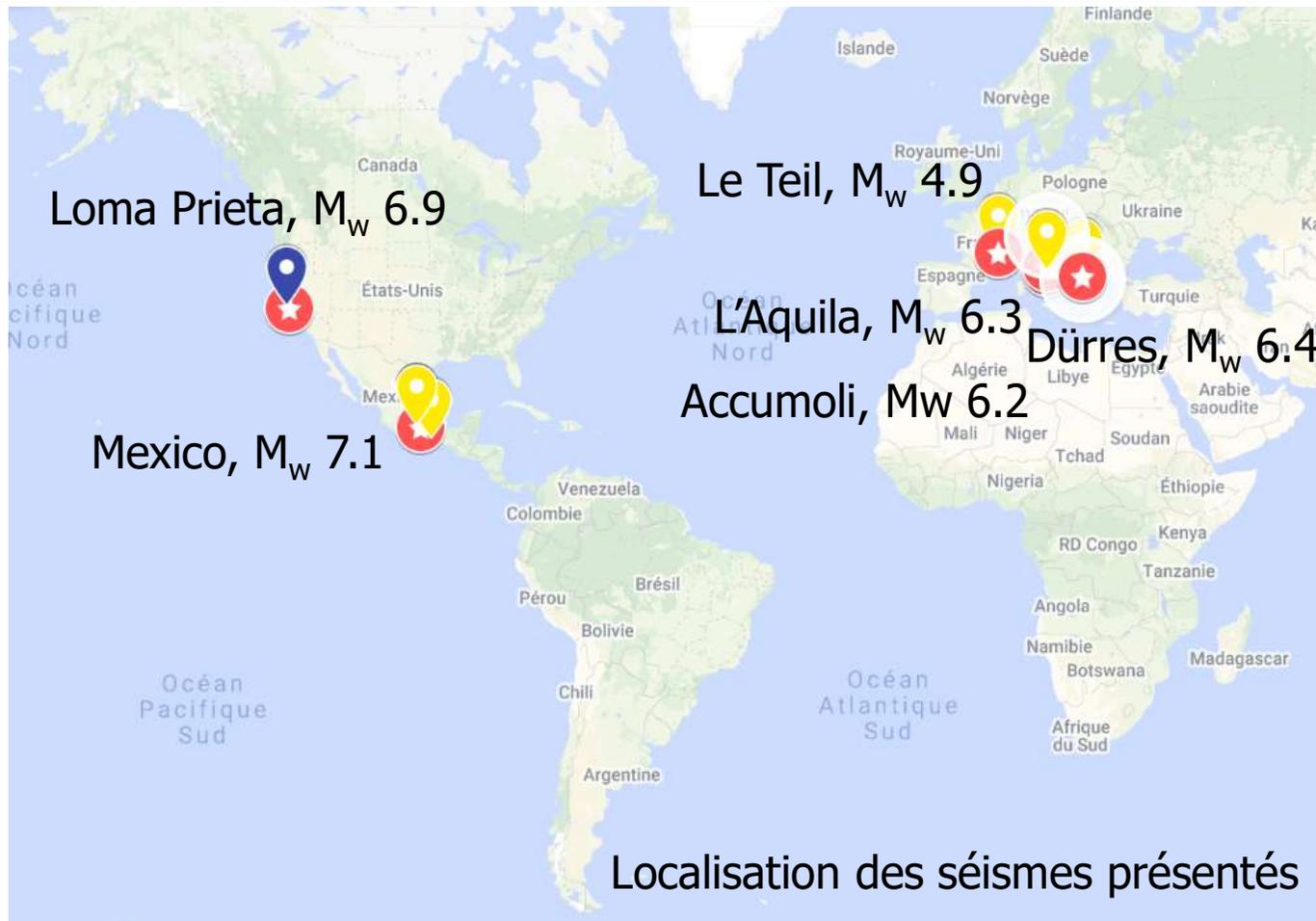
Légende

-  Lieu d'intérêt continental
-  Lieu d'intérêt littoral
-  Épicentre (évènement majeur)

M_w Magnitude de moment

 Mécanisme au foyer
Principe indicatif

REX post-séisme



Légende

-  Lieu d'intérêt continental
-  Lieu d'intérêt littoral
-  Épicentre (évènement majeur)
- M_w Magnitude de moment
-  Mécanisme au foyer
Principe indicatif

REX post-séisme



Légende

-  Lieu d'intérêt continental
-  Lieu d'intérêt littoral
-  Épicentre (évènement majeur)
- IX** Intensité MMI / EMS98
-  Mécanisme au foyer
Principe indicatif

REX post-séisme



Légende

-  Lieu d'intérêt continental
-  Lieu d'intérêt littoral
-  Épicentre (évènement majeur)
- IX** Intensité MMI / EMS98

 Mécanisme au foyer
Principe indicatif

Localisation des séismes présentés

REX post-séisme

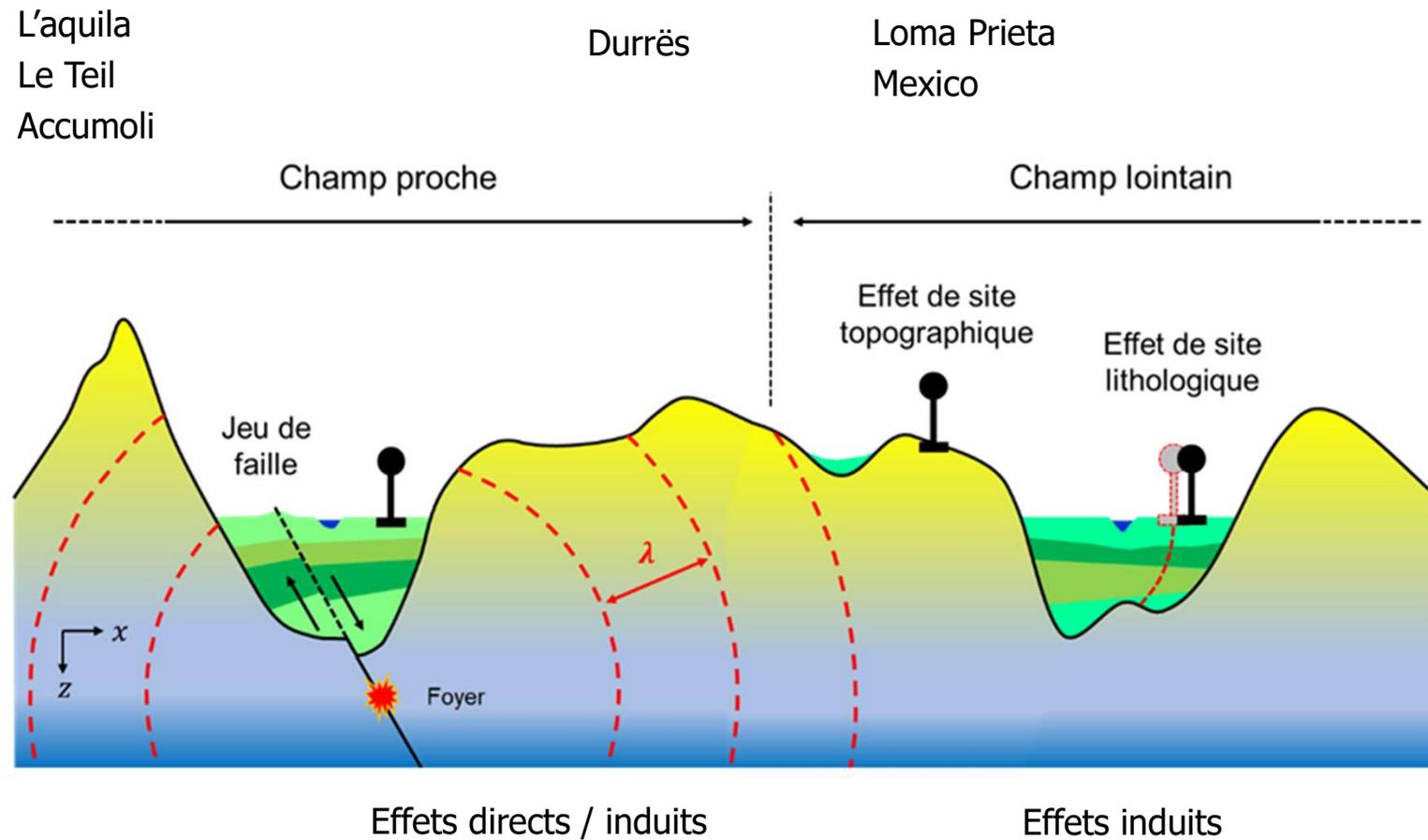
Magnitude	Effets engendrés
9	Destruction totale à l'épicentre, et possible sur plusieurs milliers de km
8	Dégâts majeurs à l'épicentre, et sur plusieurs centaines de km
7	Importants dégâts à l'épicentre, secousse ressentie à plusieurs centaines de km
6	Dégâts à l'épicentre dont l'ampleur dépend de la qualité des constructions
5	Tremblement fortement ressenti, dommages mineurs près de l'épicentre
4	Secousse sensible, mais pas de dégâts
3	Seuil à partir duquel la secousse devient sensible pour la plupart des gens
2	Secousse ressentie uniquement par des gens au repos
1	Secousse imperceptible

Echelle de Richter

I	secousse non ressentie, mais enregistrée par les instruments
II	secousse partiellement ressentie, notamment par des personnes au repos et aux étages
III	secousse faiblement ressentie, balancement des objets suspendus
IV	secousse largement ressentie dans et hors les habitations, tremblement des objets
V	secousse forte, réveil des dormeurs, chute d'objets, parfois légères fissures dans les plâtres
VI	légers dommages, parfois fissures dans les murs, frayeur de nombreuses personnes
VII	dégâts, larges lézards dans les murs de nombreuses habitations, chûtes de cheminées
VIII	dégâts massifs, les habitations les plus vulnérables sont détruites, pres que toutes subissent des dégâts importants
IX	destructions de nombreuses constructions, quelquefois de bonne qualité, chute de monuments et de colonnes
X	destruction générale des constructions, même les moins vulnérables (non parasismiques)
XI	catastrophe, toutes les constructions sont détruites (ponts, barrages, canalisations enterrées...)
XII	changement de paysage, énormes crevasses dans le sol, vallées barrées, rivières déplacées...

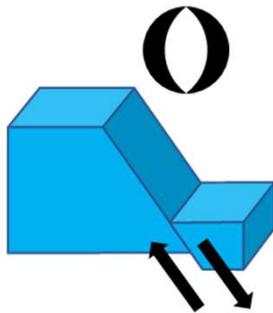
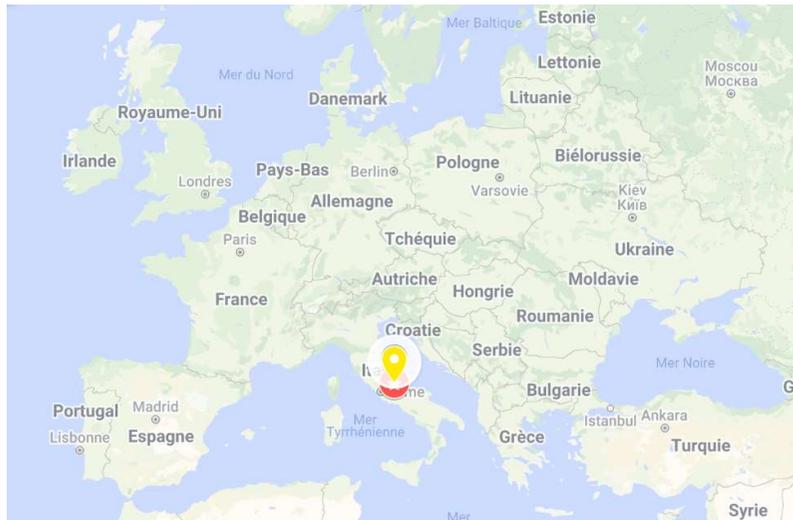
Echelle de Mercalli

REX post-séisme



REX post-séisme

- Séisme de l'Aquila (Italie, Les Abruzzes) du 6 avril 2009 – M_w 6.3 / Proche épicentre – profondeur ~ 10 km – Échelle EMS98 : VIII/IX sur XII



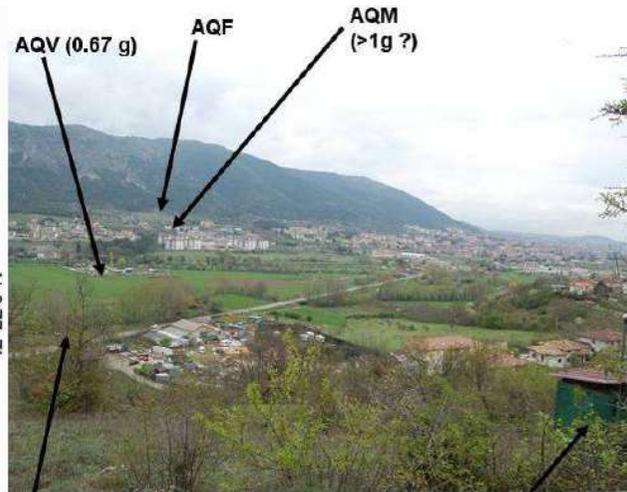
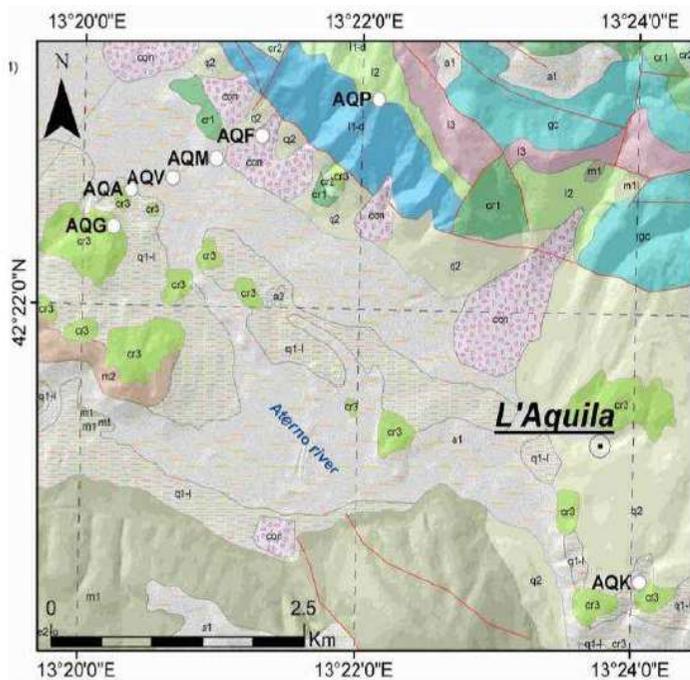
Faille active en mécanisme d'extension (faille normale)
Principe indicatif



REX post-séisme

- Séisme de l'Aquila (Italie, Les Abruzzes) du 6 avril 2009 – M_w 6.3 / Proche épicentre – profondeur ~ 10 km – Échelle EMS98 : VIII/IX sur XII

Contexte géologique/géotechnique



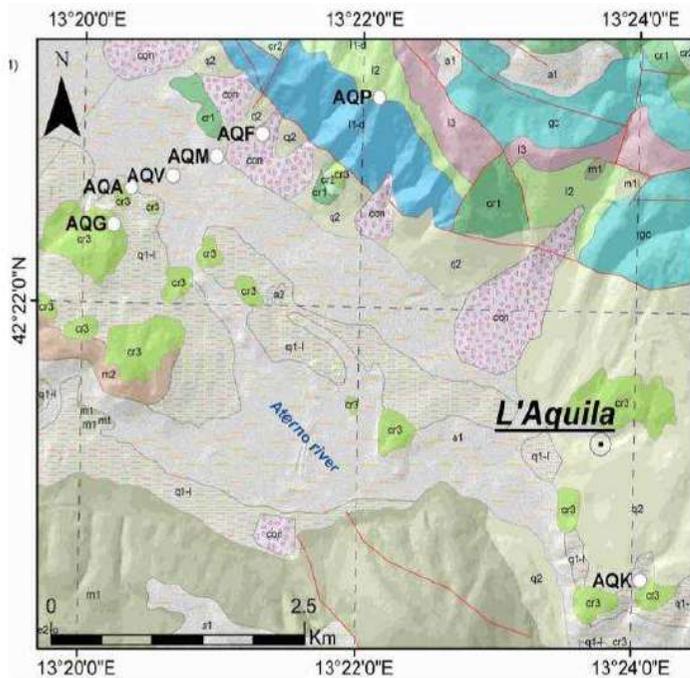
Situation des stations dans la vallée de l'Aterno et accélérations horizontales maximales

- Recent alluvial, lacustrine and peat deposits (a1)
- Cemented breccias (br)
- Cemented conglomerates (q1)
- Terraced coarse gravel alluvial deposits (q2)
- Slope debris and generic debris (dt)
- Lower deposits of lacustrine basins (q1-l)
- Recent and ancient alluvial fan (con)
- Flysch (m2)
- Shaly marls (m1)
- Scaglia rossa (cr3)
- Schist with "Fucoidi" (cr2)
- Maiolica (cr1)
- Rosso ammonitico (l3)
- Organogenic-detrital limestones (gs)
- Gray-green marly limestones (l2)
- White dolomite and dolomitic limestones (l1-d)
- Fault

REX post-séisme

- Séisme de l'Aquila (Italie, Les Abruzzes) du 6 avril 2009 – M_w 6.3 / Proche épicentre – profondeur ~ 10 km – Échelle EMS98 : VIII/IX sur XII

Contexte géologique/géotechnique



Code	Lat. (N)	Long. (E)	Nom station	Alt. (m)	Classe Sol (EC8)
AQA	42,375	13,339	L'AQUILA - V. ATERNO F. ATERNO	693	B
AQF	42,380	13,354	L'AQUILA - V. ATERNO FERRIERA	836	B
AQG	42,373	13,337	L'AQUILA - V. ATERNO COLLE GRILLI	721	A
AQK	42,344	13,400	L'AQUILA - V. ATERNO AQUIL PARK IN	726	B
AQM	42,378	13,349	L'AQUILA - V. ATERNO IL MORO	724	A
AQP	42,383	13,368	L'AQUILA - V. ATERNO M. PETTINO	1.193	A
AQV	42,377	13,343	L'AQUILA - V. ATERNO CENTRO VALLE	692	B*

Stations du réseau de la vallée de l'Aterno et classes de sol (EC8) associées.

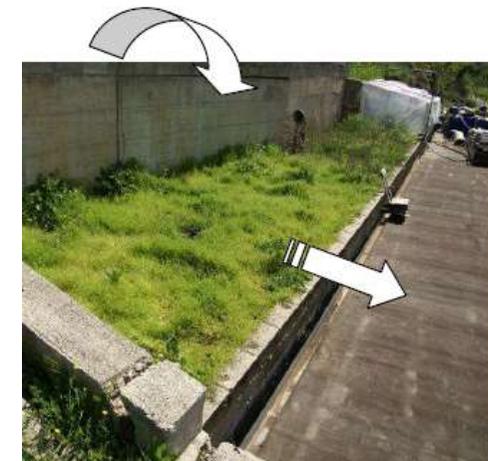
**Seule la station AQV dispose d'une $V_{S,30}$*

Rapport ITACA/R . Paolucci

Rapport post-sismique AFPS (2009)

REX post-séisme

- Séisme de l'Aquila (Italie, Les Abruzzes) du 6 avril 2009 – M_w 6.3 / Proche épicentre – profondeur ~ 10 km – Échelle EMS98 : VIII/IX sur XII



AFPS (2009). Fissures observées au Nord Ouest de Paganica sur une longueur de 100 m environ. L'ouverture est décimétrique tout comme le rejet vertical vers l'aval. À l'aval de cette fissure, il est possible d'observer le basculement de murs de soutènement et le déplacement de terrains vers l'aval. Il s'agit d'un mouvement associé au rejet de la faille.

REX post-séisme

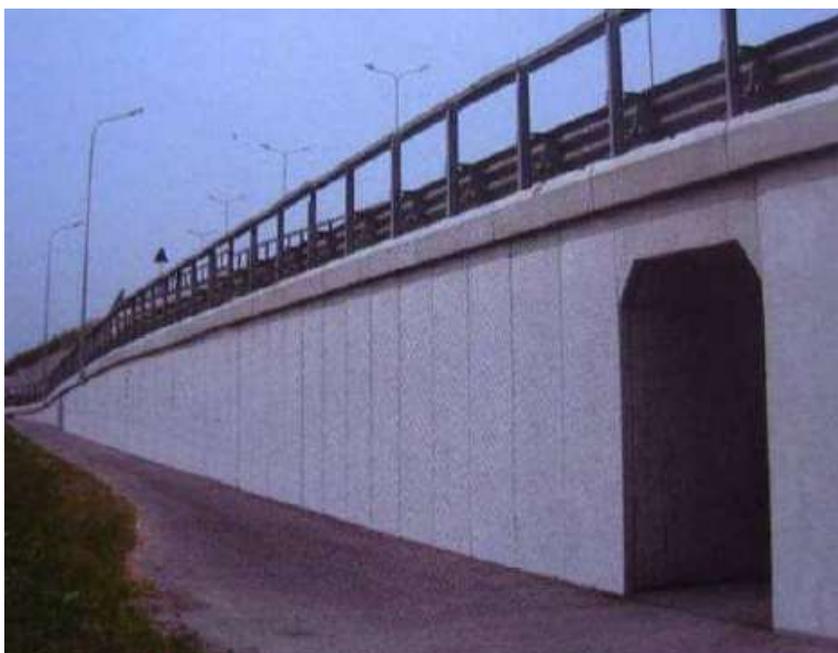
- Séisme de l'Aquila (Italie, Les Abruzzes) du 6 avril 2009 – M_w 6.3 / Proche épicentre – profondeur ~ 10 km – Échelle EMS98 : VIII/IX sur XII



AFPS (2009). Mur de soutènement, tassement du remblai de la rampe d'accès, détail de déformation de la chaussée, confortation du mur. Route d'accès Sud à la ville de L'Aquila (SS17), un mur de soutènement en pierres cimentées, de hauteur variable jusqu'à environ une douzaine de mètres.

REX post-séisme

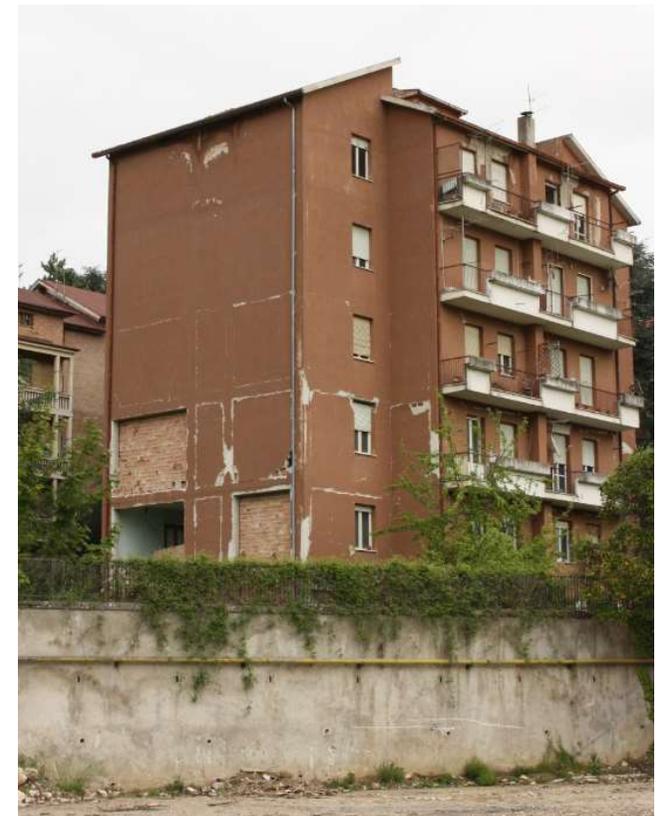
- Séisme de l'Aquila (Italie, Les Abruzzes) du 6 avril 2009 – M_w 6.3 / Proche épicentre – profondeur ~ 10 km – Échelle EMS98 : VIII/IX sur XII



AFPS (2009). Mur de soutènement en éléments préfabriqués et pont cadre préfabriqué. Bon comportement de ces ouvrages sous séisme.

REX post-séisme

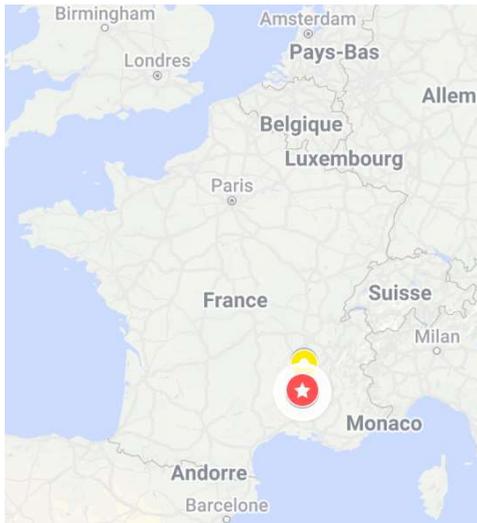
- Séisme de l'Aquila (Italie, Les Abruzzes) du 6 avril 2009 – M_w 6.3 / Proche épicentre – profondeur ~ 10 km – Échelle EMS98 : VIII/IX sur XII



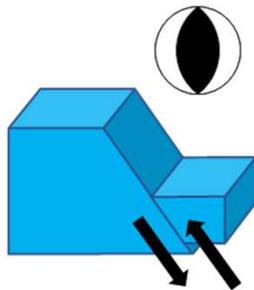
Photos S.Brûlé

REX post-séisme

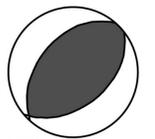
- Séisme du Teil (France, Ardèche) du 11 novembre 2019 – M_w 4.9 / Proche épicentre – faible profondeur (qq km) – Échelle EMS98 : VIII sur XII (Résif)



Photos S.Brûlé



Faille active en mécanisme de compression (faille inverse)



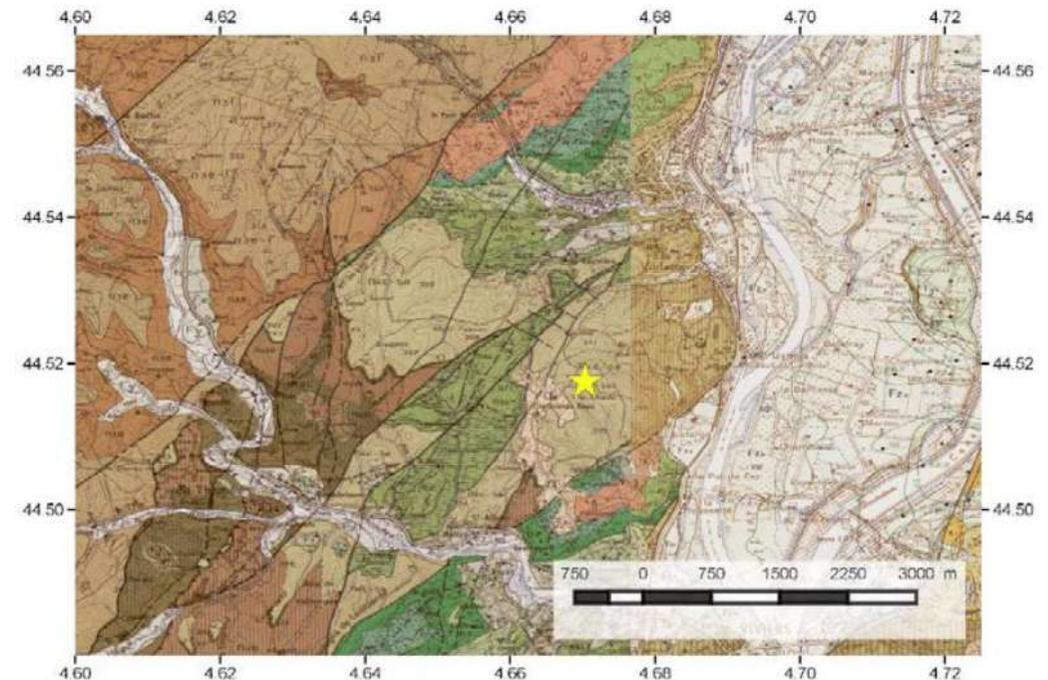
REX post-séisme

- Séisme du Teil (France, Ardèche) du 11 novembre 2019 – M_w 4.9 / Proche épicentre – faible profondeur (qq km) – Échelle EMS98 : VIII sur XII (Résif)

Contexte géologique/géotechnique



Photos T. Zilberman



Carte géologique du BRGM – Nota : fort aléa gonflement des argiles sur la commune

REX post-séisme

- Séisme du Teil (France, Ardèche) du 11 novembre 2019 – M_w 4.9 / Proche épiceutre – faible profondeur (qq km) – Échelle EMS98 : VIII sur XII (Résif)



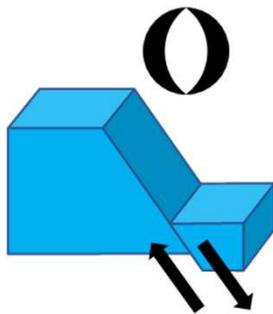
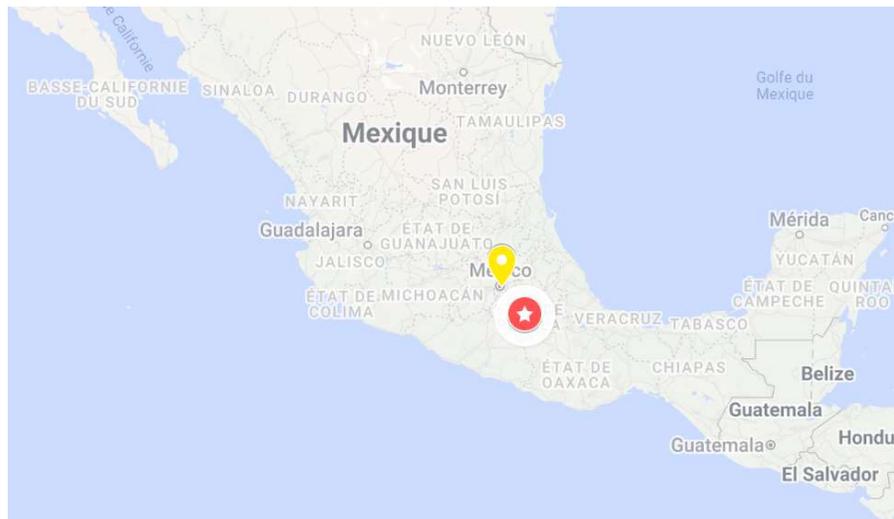
Photos S.Brûlé



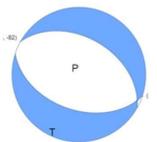
Photos AFPS

REX post-séisme

- Séisme de Puebla (Mexique) du 19 septembre 2017 – M_w 7.1 / Mexico à 120 km de l'épicentre – Profondeur ~ 57 km – Échelle macrosismique : VIII



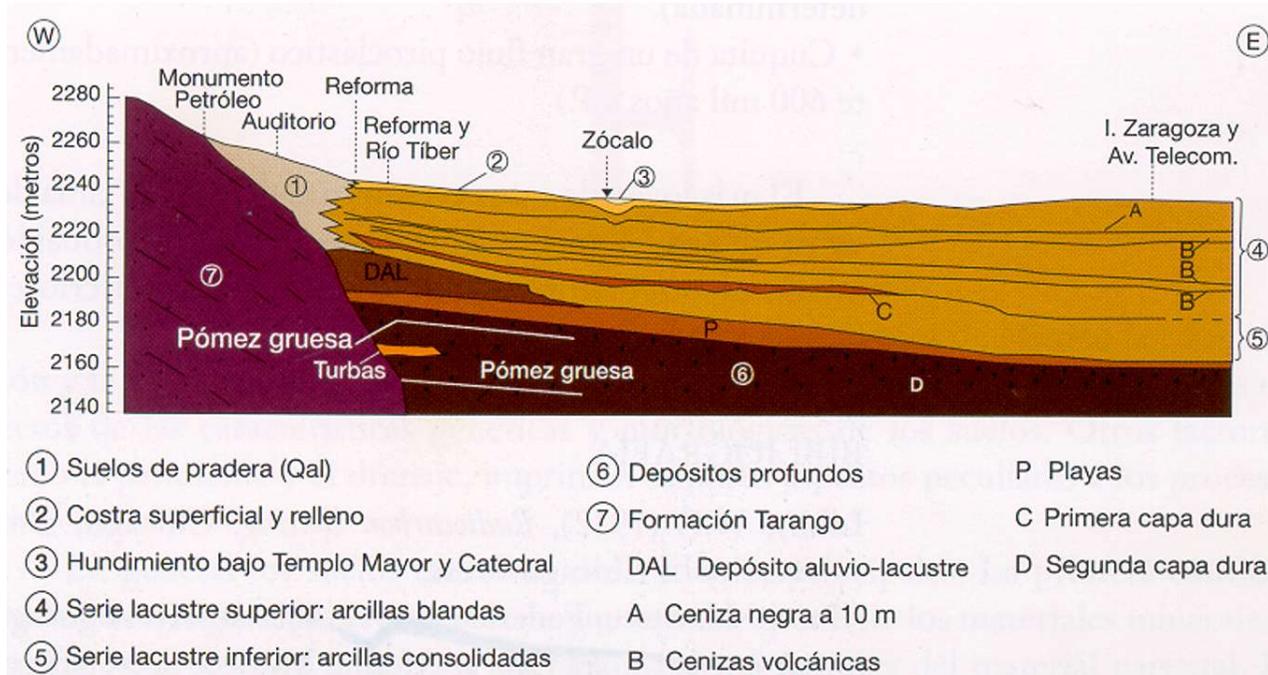
Faille active en mécanisme d'extension (faille normale)



REX post-séisme

- Séisme de Puebla (Mexique) du 19 septembre 2017 – M_w 7.1 / Mexico à 120 km de l'épicentre – Profondeur \sim 57 km – Échelle macrosismique : VIII

Contexte géologique/géotechnique



Ovando Shelley (2017)

REX post-séisme

- Séisme de Puebla (Mexique) du 19 septembre 2017 – M_w 7.1 / Mexico à 120 km de l'épicentre – Profondeur \sim 57 km – Échelle macrosismique : VIII



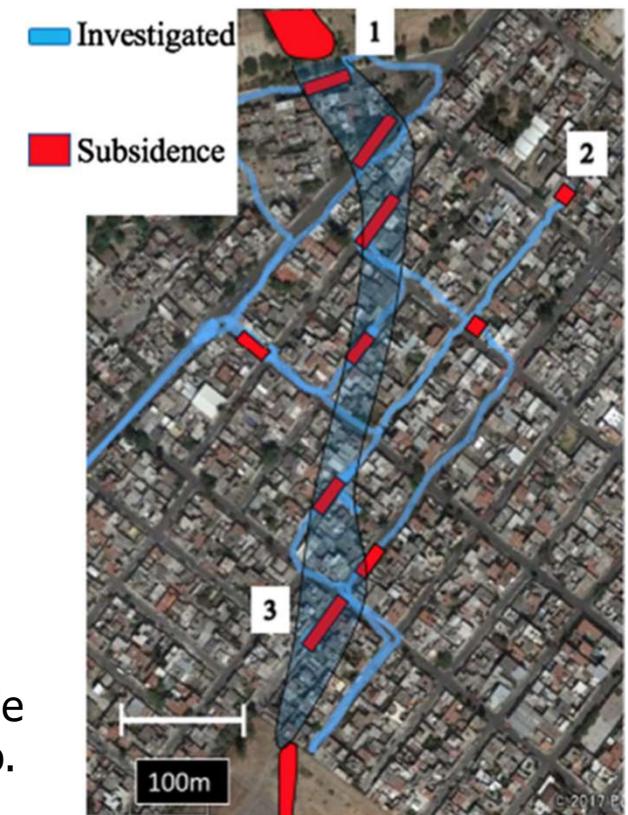
Alberto et al., 2018. Murs de soutènement en maçonnerie à Xochimilco.

REX post-séisme

- Séisme de Puebla (Mexique) du 19 septembre 2017 – M_w 7.1 / Mexico à 120 km de l'épicentre – Profondeur \sim 57 km – Échelle macrosismique : VIII

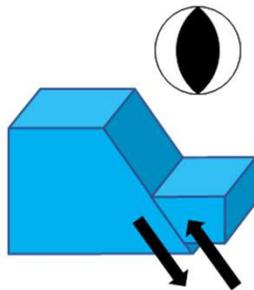


Alberto et al., 2018. Désordres consécutifs à des tassements induits par le départ de fines lors de fuites de canalisations dans les remblais à Xochimilco.



REX post-séisme

- Séisme de Durrës (Albanie) du 26 novembre 2019 – M_w 6.4 / Durrës à 20 km de l'épicentre
– Profondeur \sim 20 km – Échelle macrosismique MMI : VIII



Faïlle active en mécanisme de compression (faïlle inverse)



REX post-séisme

- Séisme de Durrës (Albanie) du 26 novembre 2019 – M_w 6.4 / Durrës à 20 km de l'épicentre
– Profondeur \sim 20 km – Échelle macrosismique MMI : VIII

Contexte géologique/géotechnique

Durrës



Unité structurale rocheuse de Kruja

Bassin molassique de Durrës (plaine de l'Ishmi)

Krujë



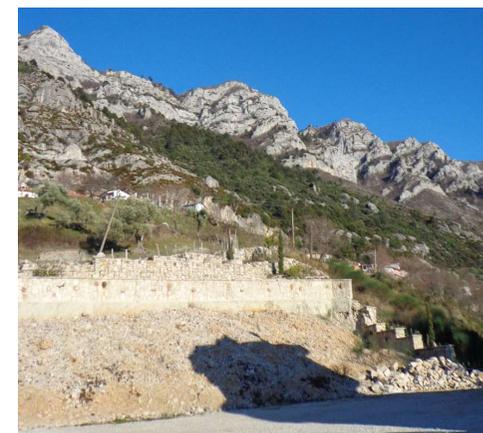
Photos S.Brûlé

REX post-séisme



Durrës

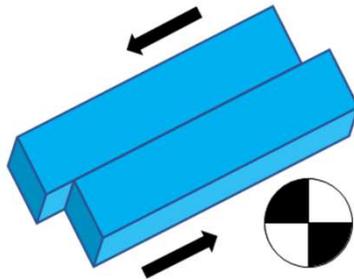
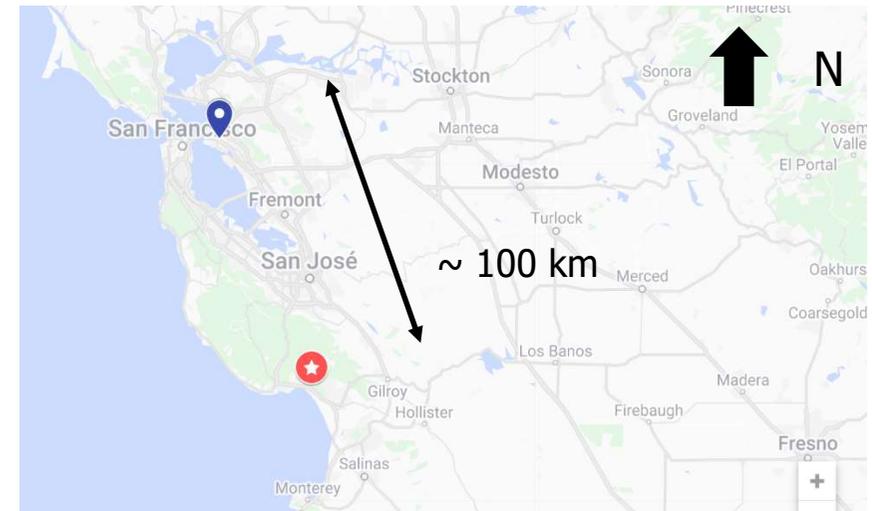
Krujë



Photos S.Brûlé

REX post-séisme

- Séisme de Loma Prieta (Californie, USA) du 17 octobre 1989 – M_w 6.9 / Baie d'Oakland à ~ 100 km de l'épicentre – Profondeur ~ 19 km – Échelle macrosismique MMI : IX



Faïlle active en mécanisme de décrochant/inverse



REX post-séisme

- Séisme de Loma Prieta (Californie, USA) du 17 octobre 1989 – M_w 6.9 / Baie d’Oakland à ~ 100 km de l’épicentre – Profondeur ~ 19 km – Échelle macrosismique MMI : IX

Contexte géologique/géotechnique

Q_m Bay Mud + Man-made land-fill
(0 - 40 m)

Q_{al} Alluvium - Holocene Pleistocene
(Silt, Sand, Gravel)
(0 - 50 m)

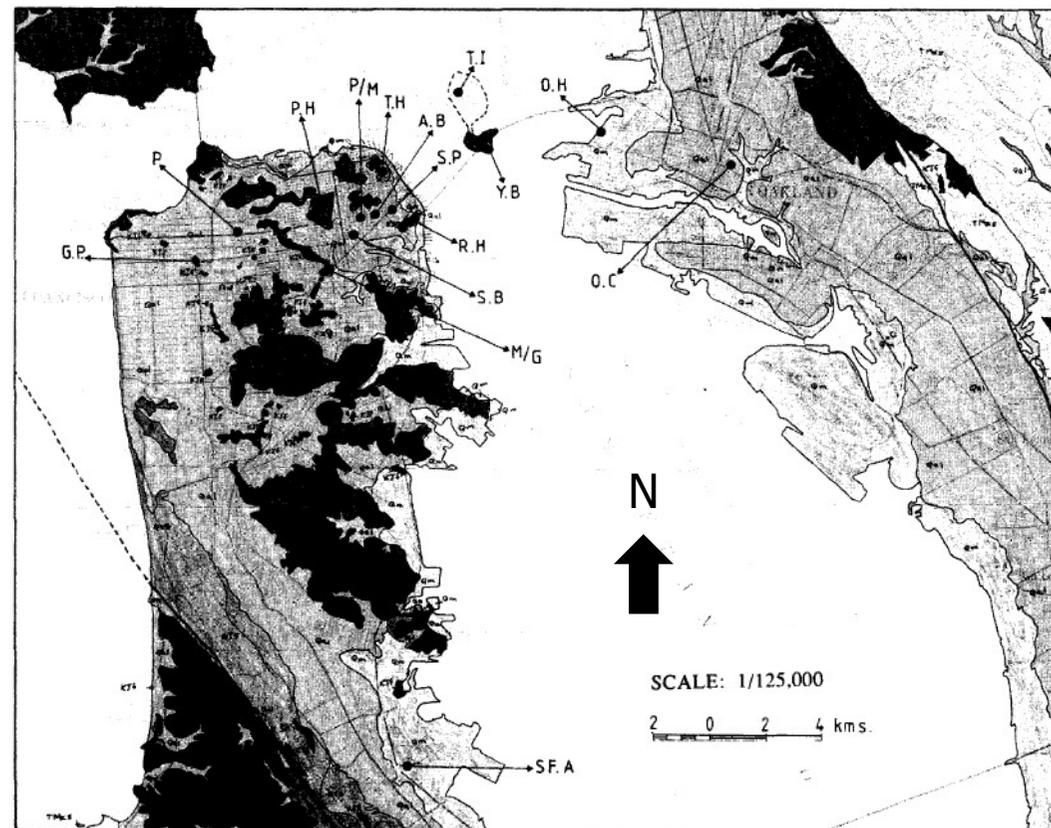
Q_{ts} Mudstone
Quaternary/Tertiary

TM_{zs} Sedimentary/Tertiary Rock
(Mudstone, Schist)

Franciscan Formation
(Mudstone, Schist)

Reservoir or lake

Géologie simplifiée

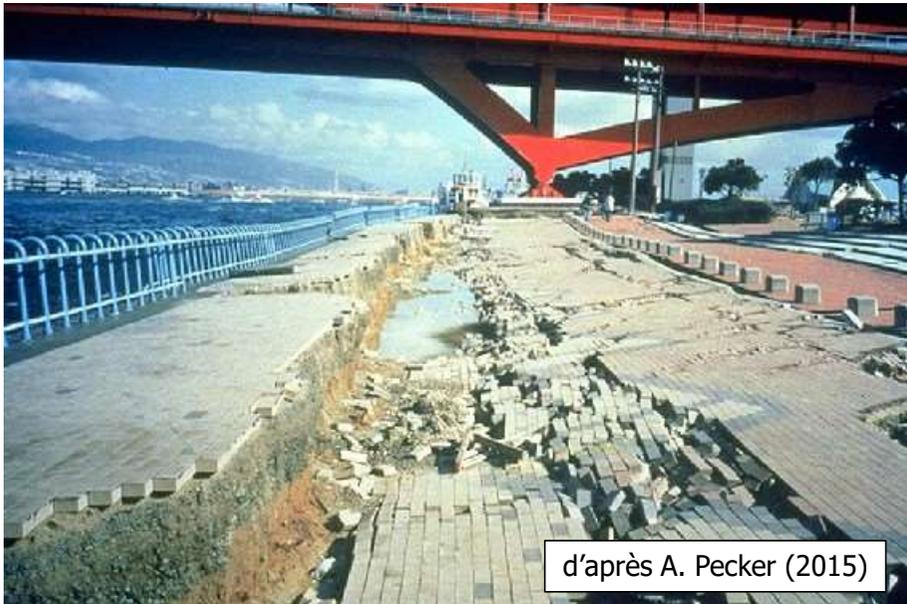


AFPS (1991)

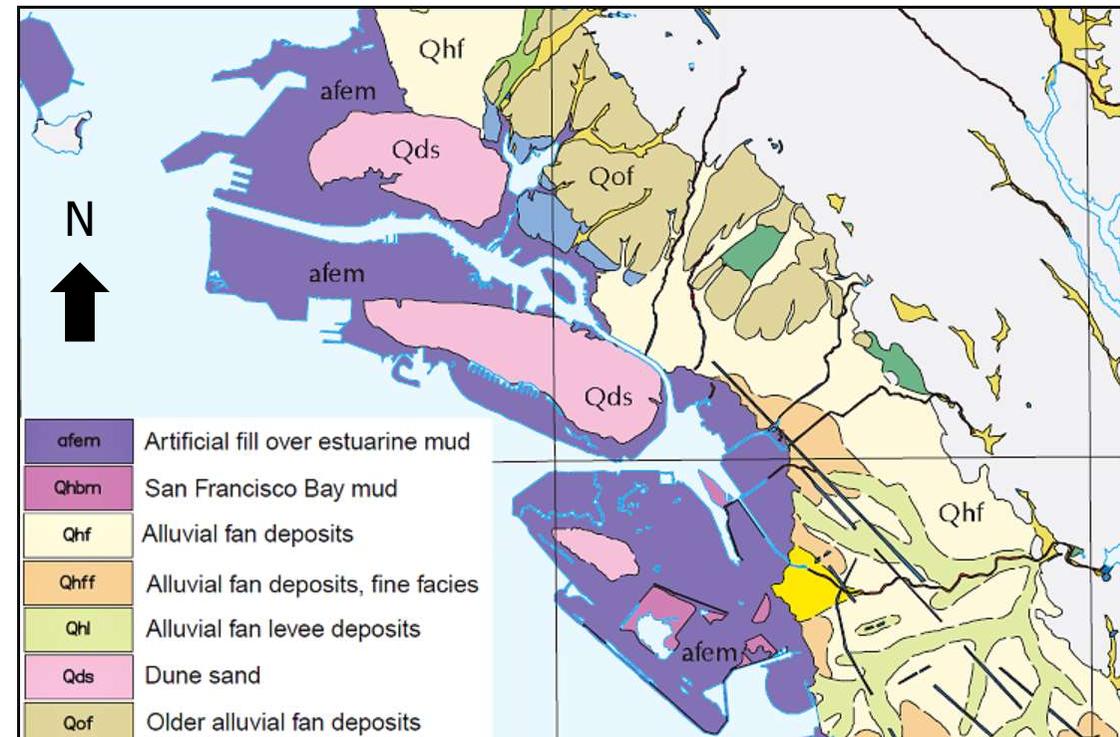
REX post-séisme

- Séisme de Loma Prieta (Californie, USA) du 17 octobre 1989 – M_w 6.9 / Baie d'Oakland à ~ 100 km de l'épicentre – Profondeur ~ 19 km – Échelle macrosismique MMI : IX

Contexte géologique/géotechnique



d'après A. Pecker (2015)



<https://oaklandgeology.files.wordpress.com/2020/08/shorearmor-geomap.png>

REX post-séisme

- Séisme de Loma Prieta (Californie, USA) du 17 octobre 1989 – M_w 6.9 / Baie d'Oakland à \sim 100 km de l'épicentre – Profondeur \sim 19 km – Échelle macrosismique MMI : IX



d'après A. Pecker (2015)

