



Journée Scientifique et Technique - 3 avril 2019

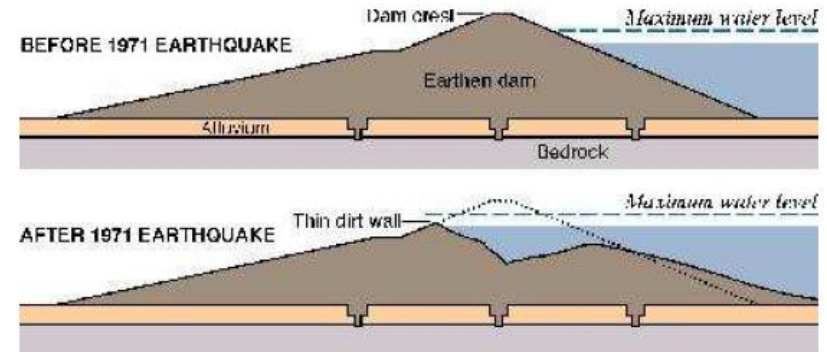
A la frontière entre géotechnique et parasismique

Méthodes d'ingénierie pour l'étude du risque de liquéfaction sous séisme

Ziad KTEICH (TRACTEBEL Engie)

Contexte

- Évaluation de la sûreté sismique
- Évaluation du risque de liquéfaction des ouvrages hydrauliques et des sites nucléaires;
- Développement des méthodes intermédiaires : simple et tient compte des non-linéarités du sol



Barrage San Fernando 1971 (Mw=6.6)

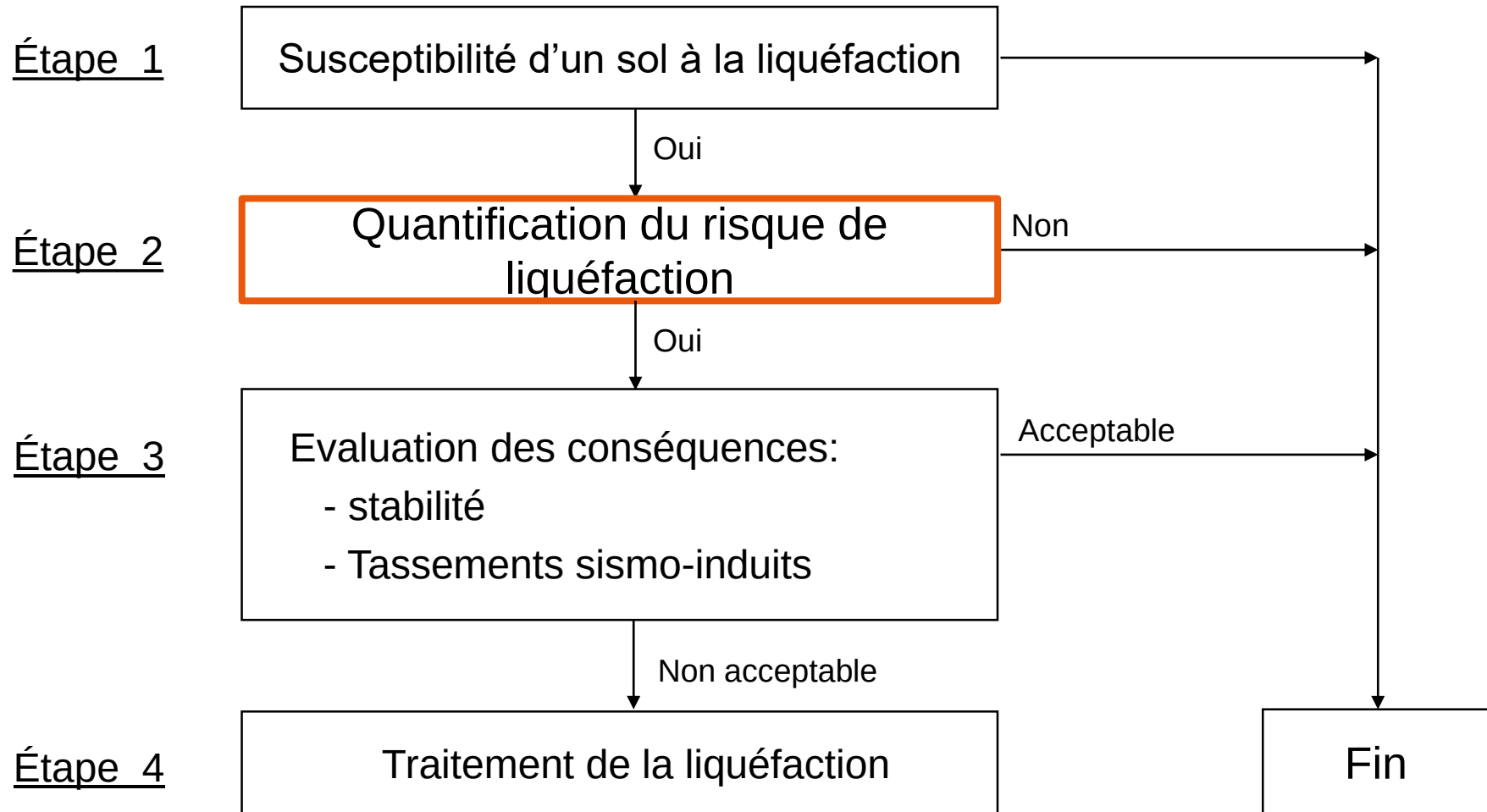


Séisme de Tohoku, Japan 2011 (Mw=9.0)



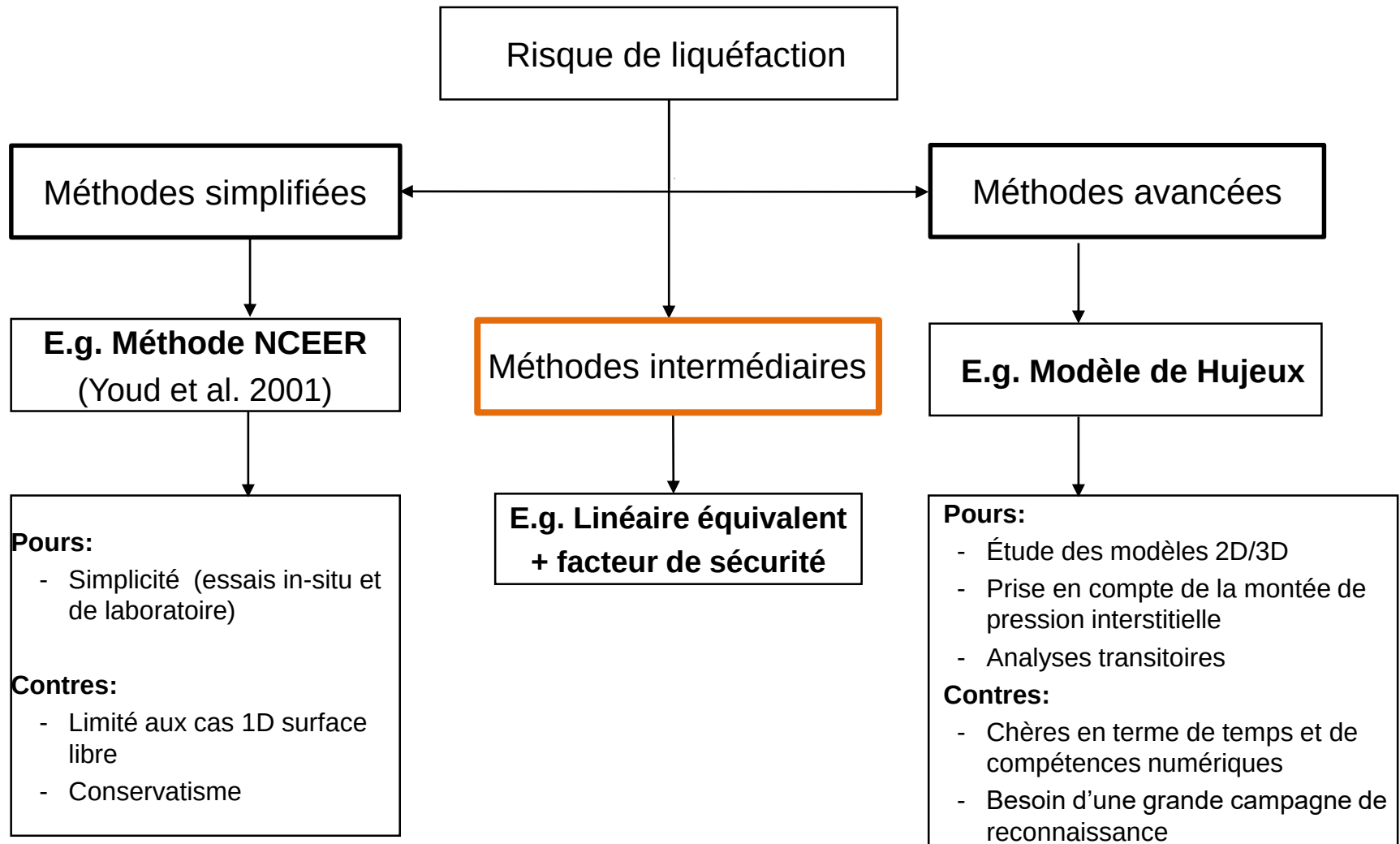
Adapazari, Turkey 1999 (Mw=7.4)

La philosophie des études de liquéfaction

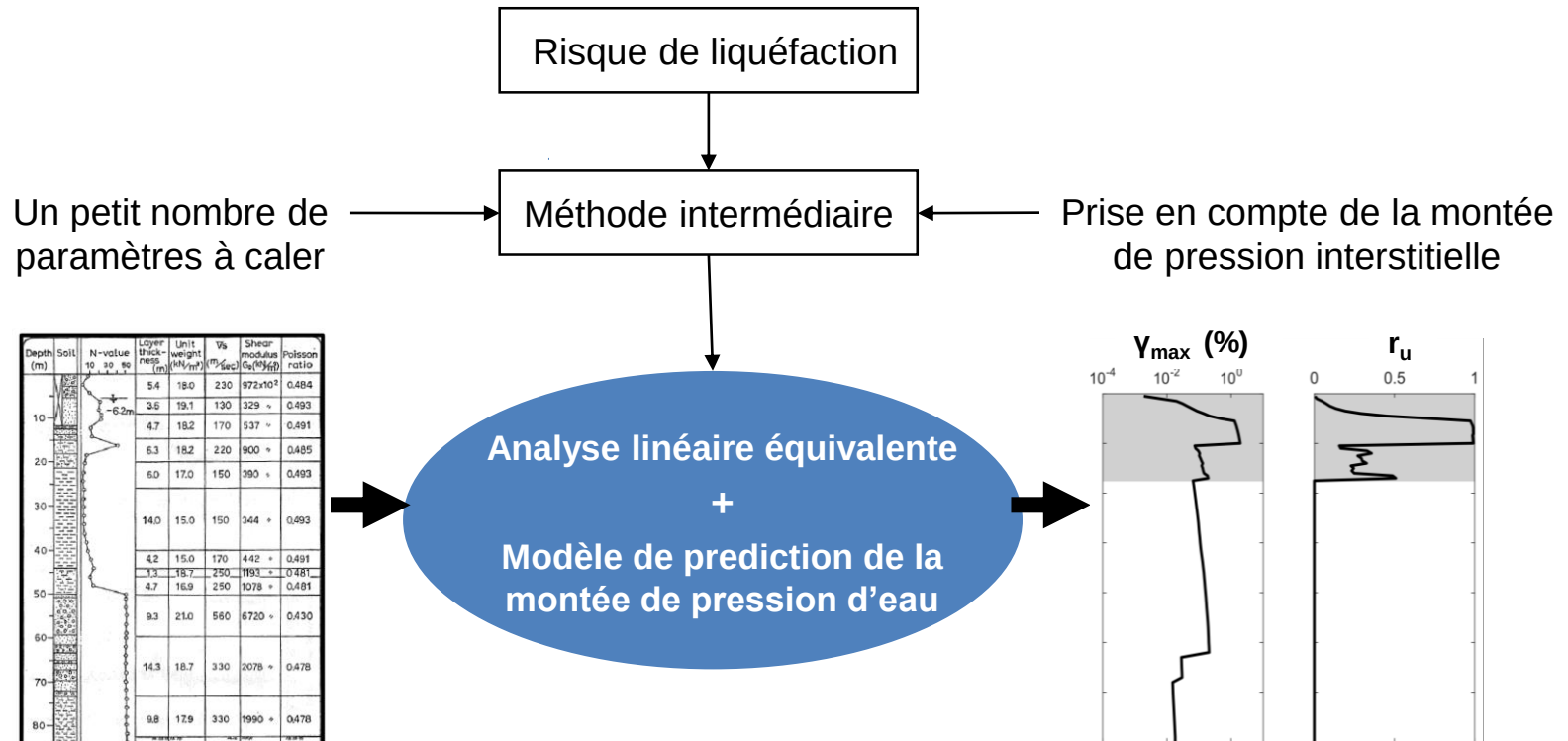


(Javelaud, 2016)

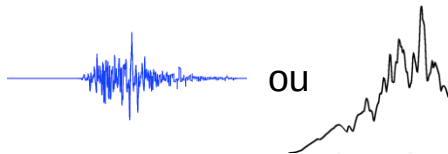
Méthodes existantes



Objectif

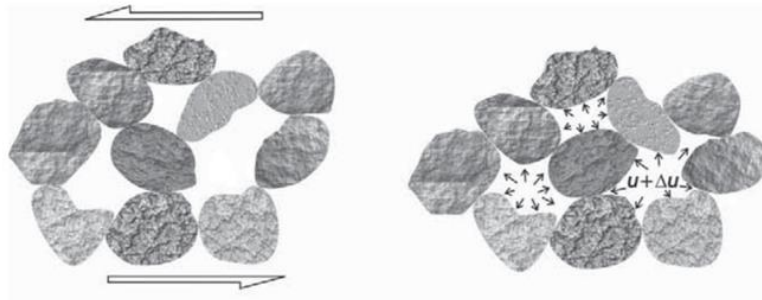


- Quel modèle de prédiction à utiliser?
- Quelle est l'influence de cette montée sur le module de cisaillement?



Modèle de montée de pression interstitielle

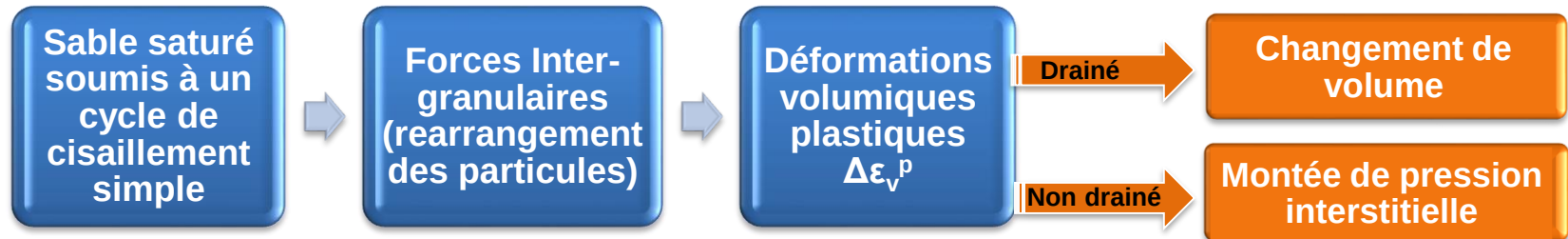
Modèle de Martin-Finn-Seed (1975)



Cyclic loading in the shear mode causes grain movements and the generation of excess pore pressure.

$$\Delta u = E_r \Delta \varepsilon_v^p$$

E_r : Module de décharge-recharge



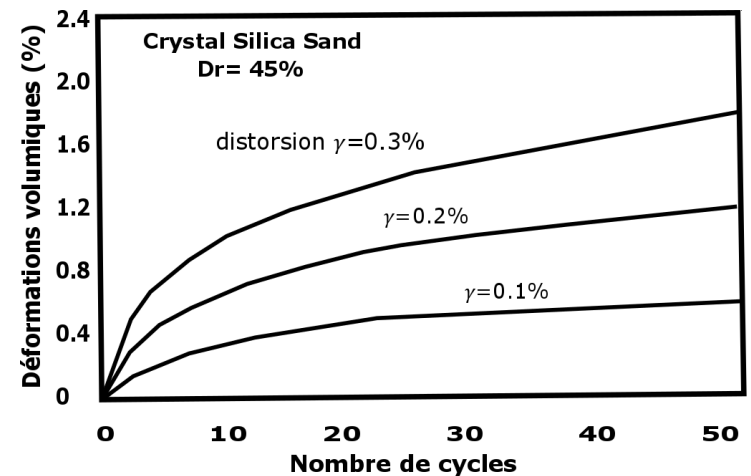
Modèle de densification

Modèle de Byrne (1991)

Équation à deux paramètres pour calculer l'incrément de déformation volumique en fonction de l'historique de déformation et le niveau de distorsion imposée :

$$\frac{\Delta \varepsilon_v}{\gamma} = c_1 e^{-c_2 \frac{\varepsilon_v}{\gamma}}$$

$(N_1)_{60}$	$(\varepsilon_v^p)_{15} / \gamma$	c_1^b	c_2^b
5	5	1	0.4
10	2.5	0.5	0.8
20	1	0.2	2
30	0.6	0.12	3.33
40	0.3	0.06	6.66



Algorithme proposé

eXtended Equivalent Linear Model

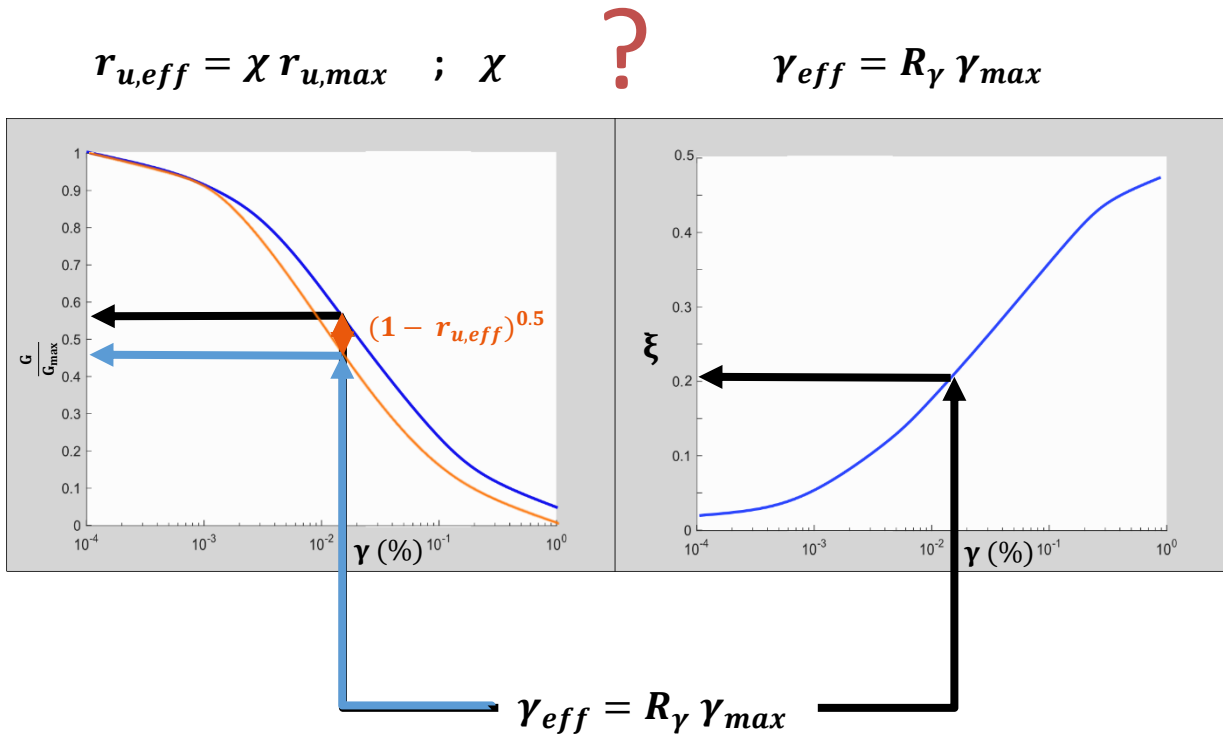
- 1 • Analyse linéaire harmonique
- 2 • Calcul des distorsions effectives
- * • Déformations volumiques au cours des cycles
- * • Taux de montée de pression interstitielle
- 3 • Module de cisaillement et amortissement effectifs
- 4 • Test de convergence



Algorithme proposé

- 4

- Valeurs effectives du module de cisaillement et amortissement

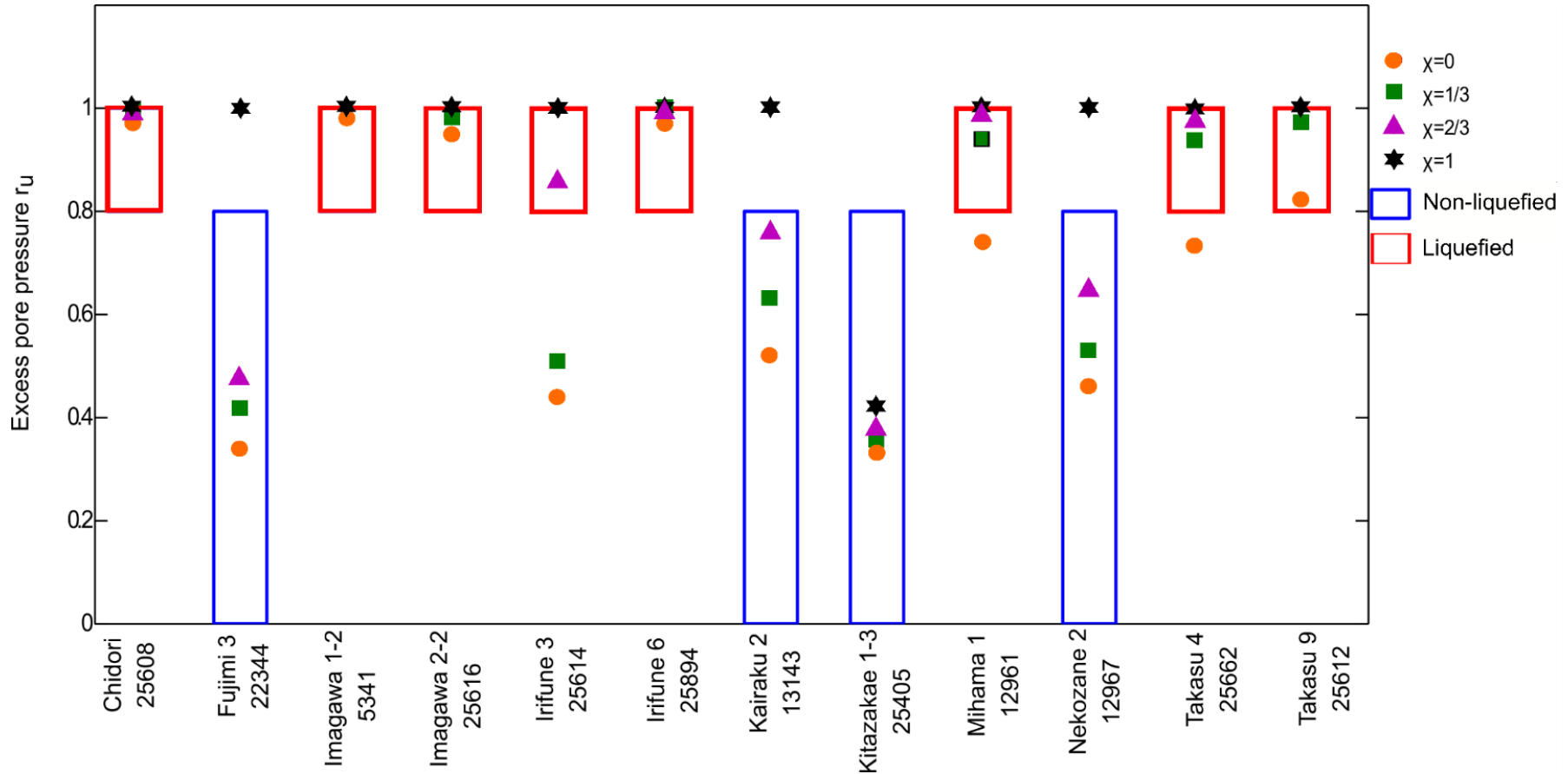


- $\frac{G'}{G_{0max}} = \left(\frac{G}{G_{max}}(\gamma_{eff}) \right) (1 - r_{u,eff})^{0.5}$

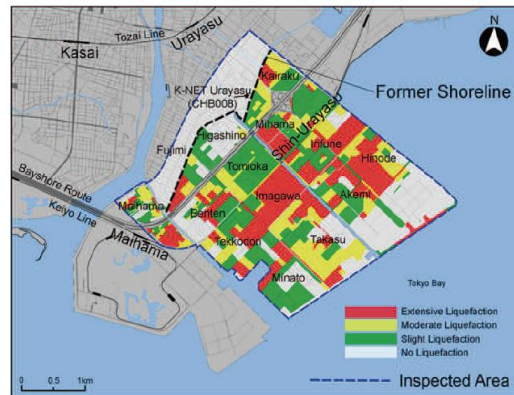
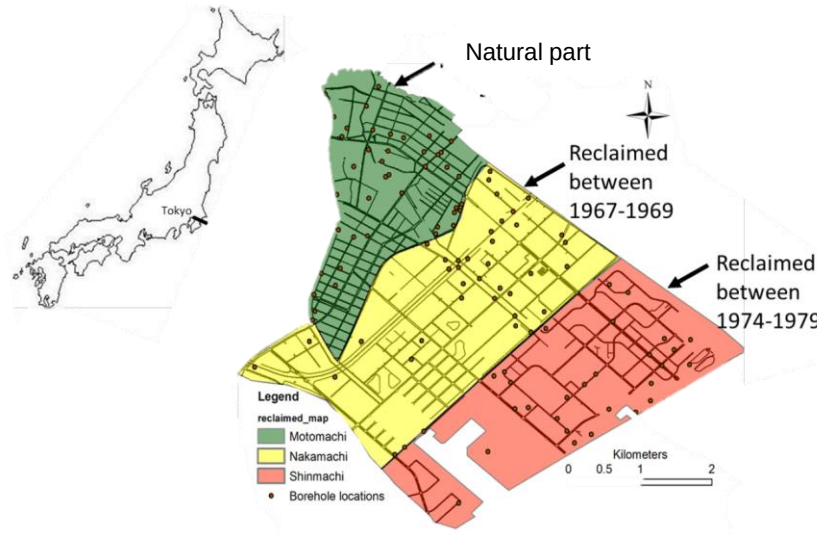
- $\xi = \xi(\gamma_{eff})$

Étude paramétrique sur χ

$$r_{u,eff} = \chi r_{u,max}$$



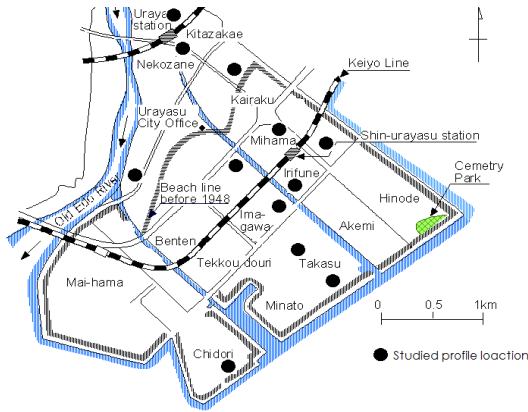
Urayasu, Japon durant Tohoku 2011



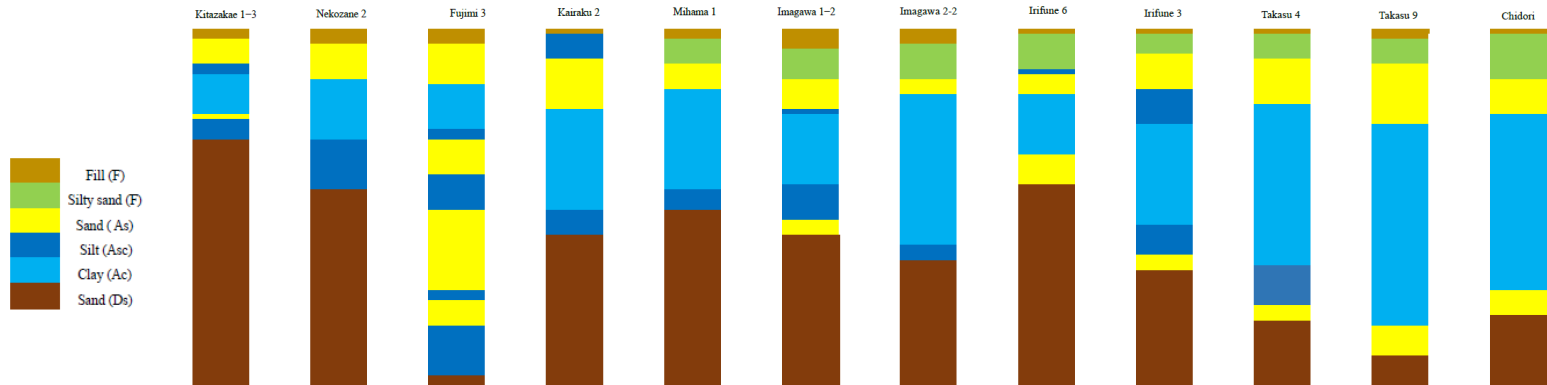
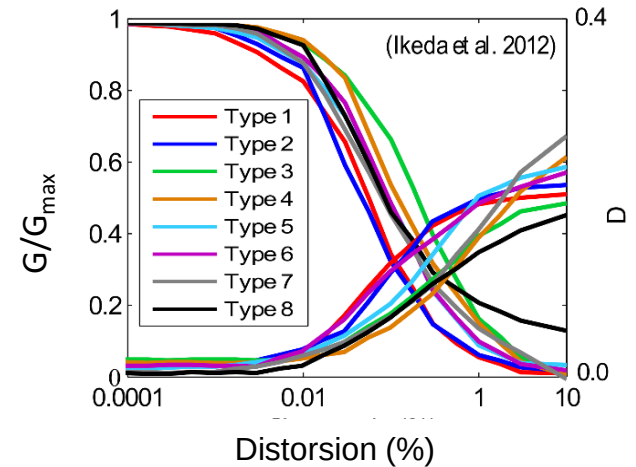
(Tokimatsu et al., 2012)



Données d'entrée des 12 profils étudiés par Ishihara (2011)



- SPT (N_1)_{60cs}
- Propriétés géotechniques
- Profils V_s
- Coubres de dégradation



Liquefaction

No

No

No

No

Yes

Yes

Yes

Yes

Yes

Yes

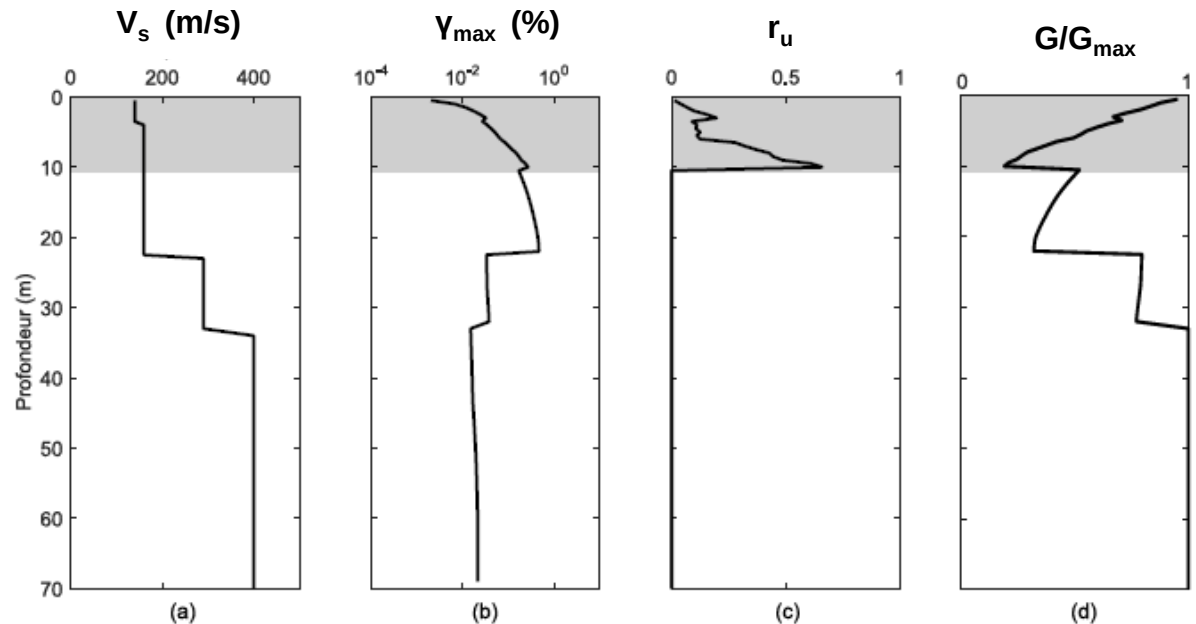
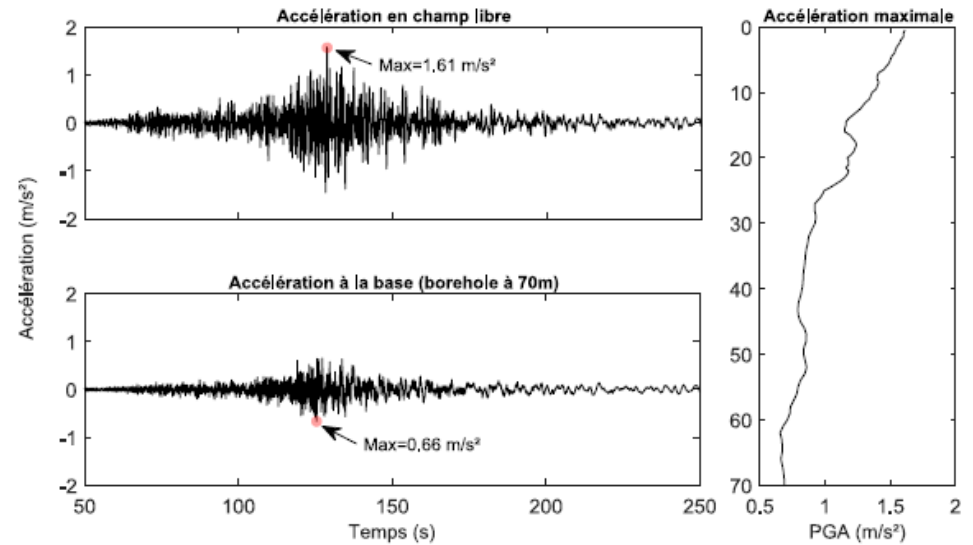
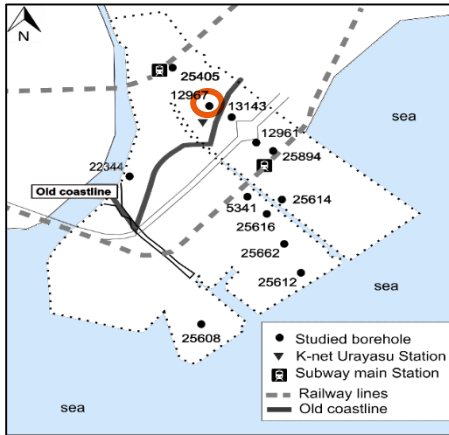
Yes

Yes

Résultats de la méthode X-ELM

Location 1. Profil non liquéfié

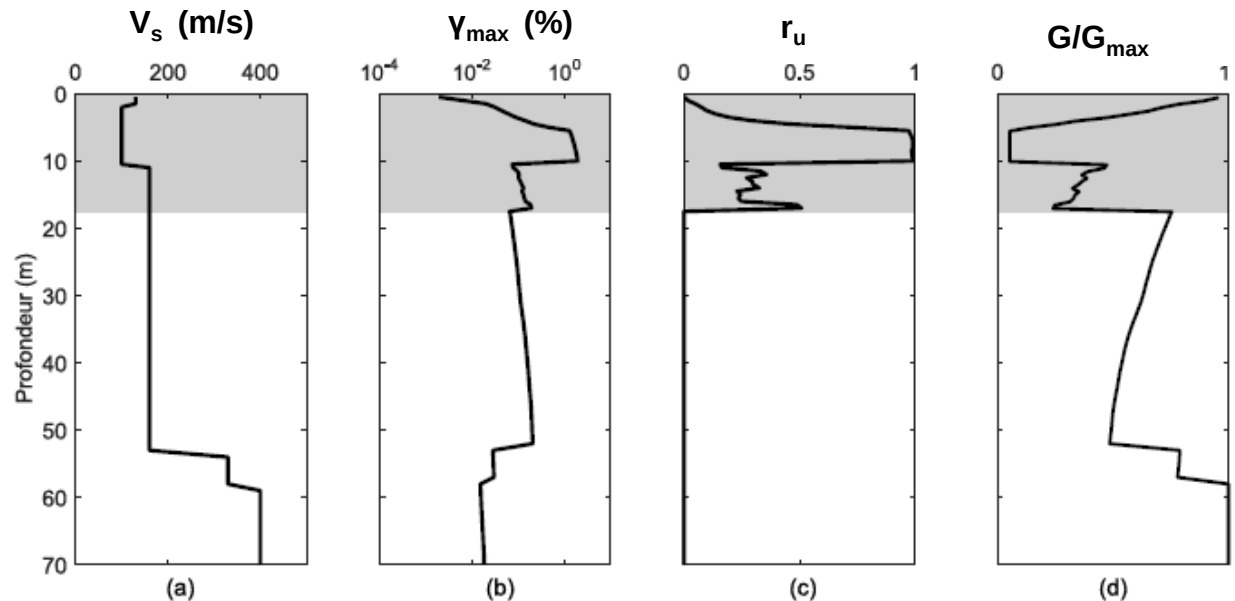
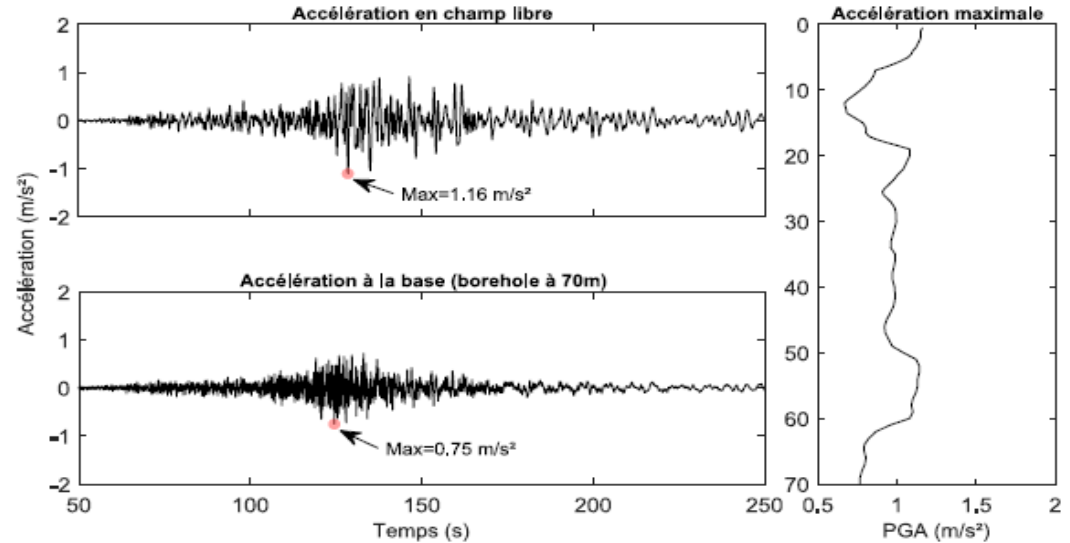
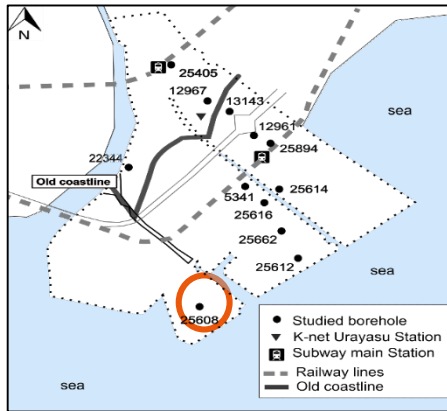
Nekozane 2



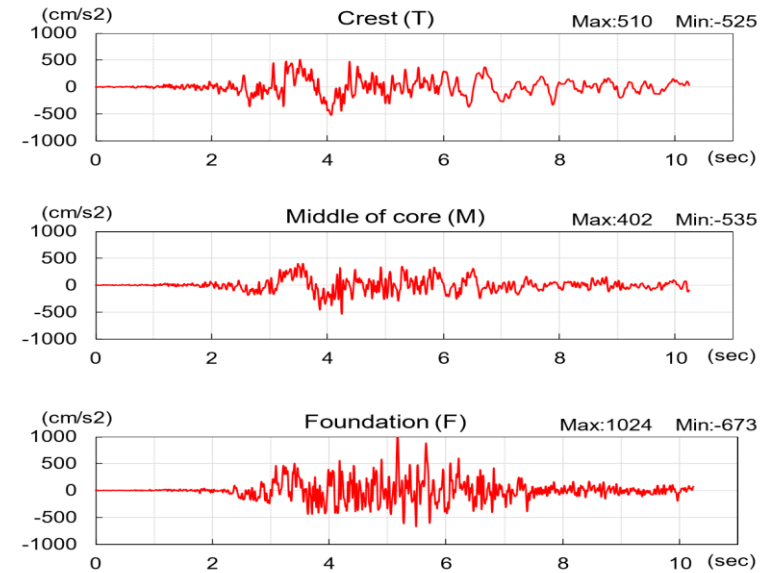
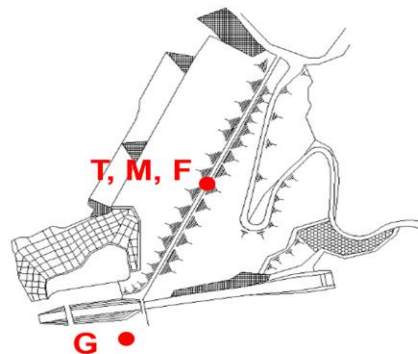
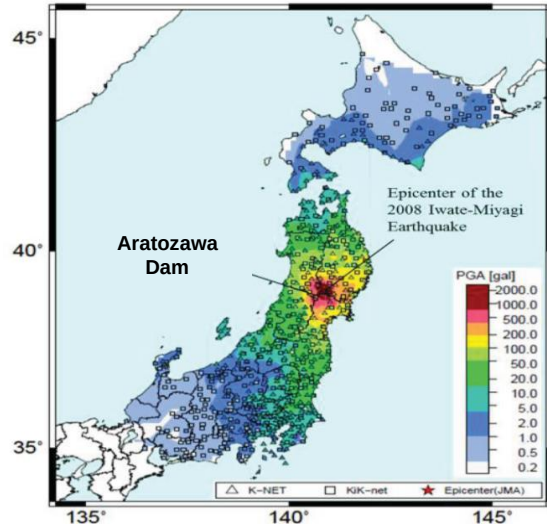
Résultats de la méthode X-ELM

Location 1. Profil liquéfié

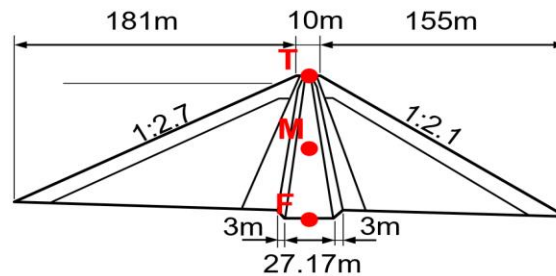
Chidori



Barrage d'Aratozawa durant le séisme Iwate Miyagi 2008

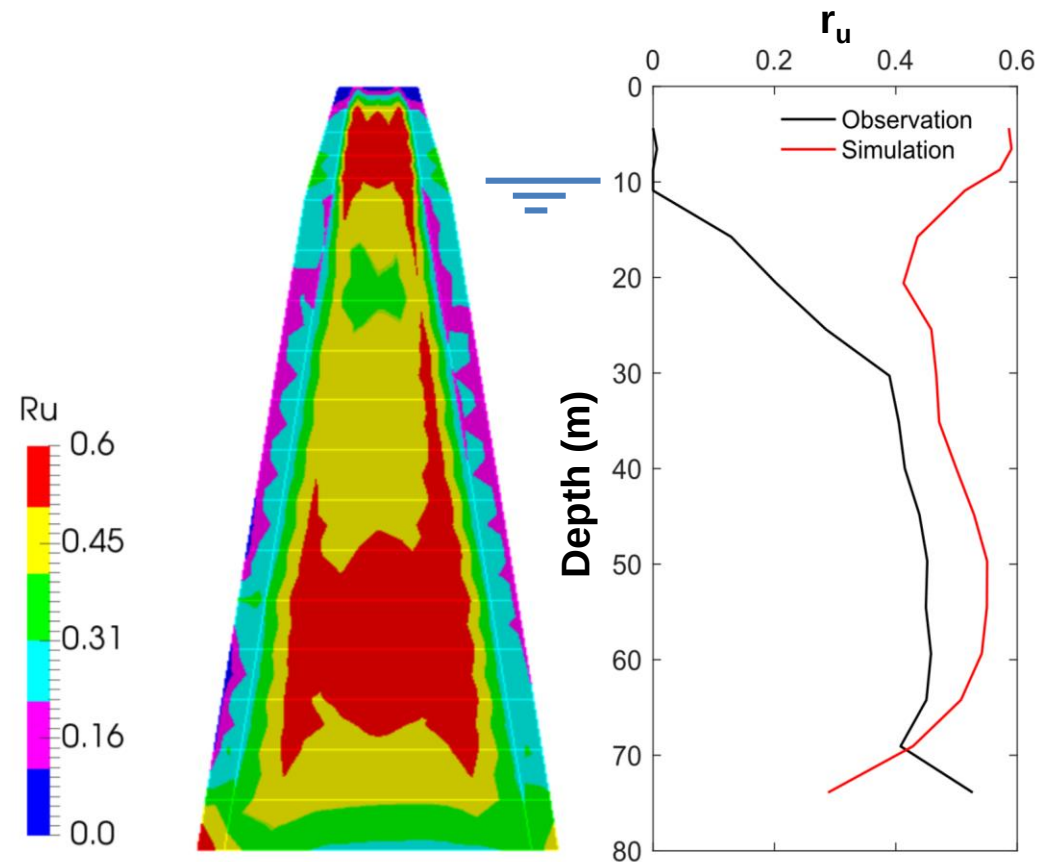


**Earthquake Records in Stream Dir.
Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake, 2008**

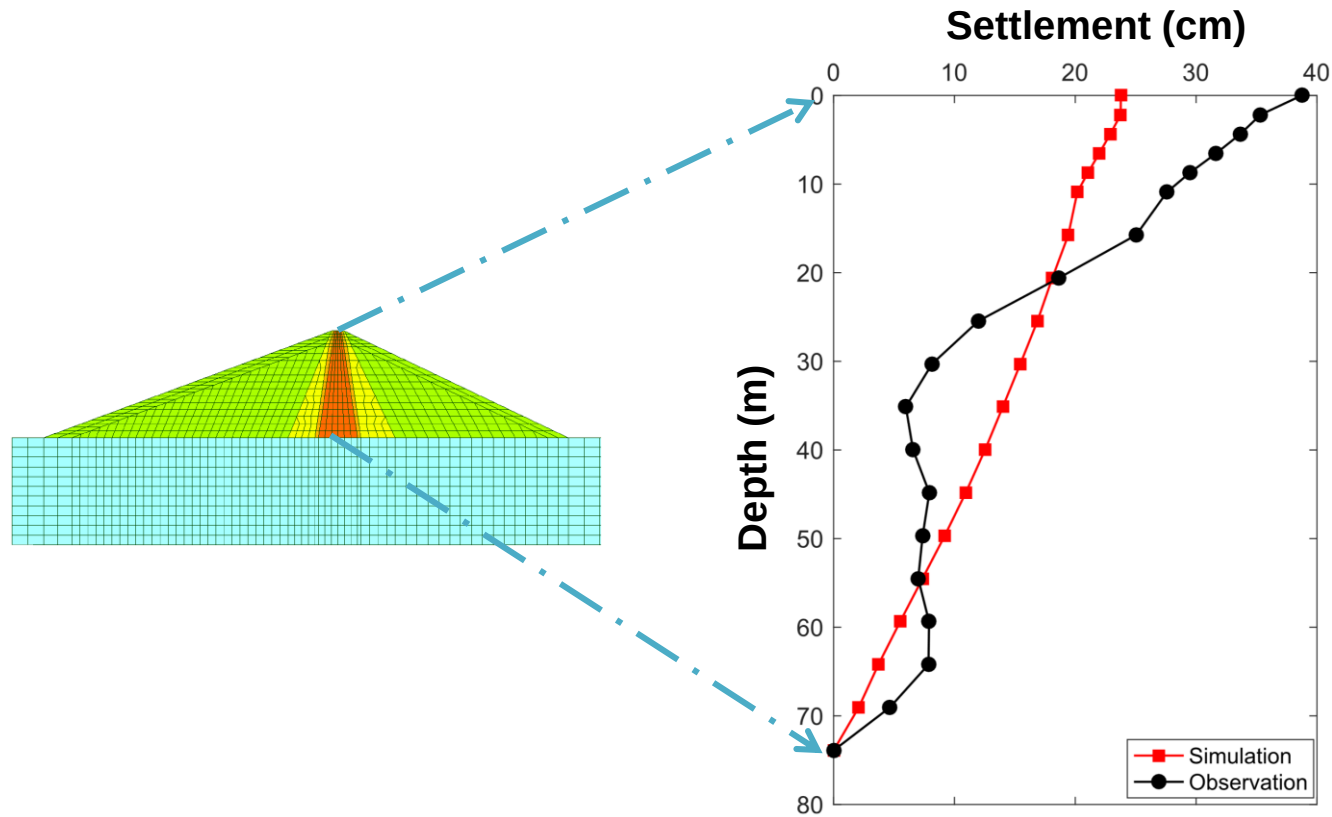


Locations of Seismographs

Résultats: taux de montée de pression interstitielle



Résultats: distribution du tassement avec la profondeur



Conclusions

X-ELM

Prise en compte de l'influence de la montée de pression interstitielle en introduisant χ

2D-ELM

- Prise en compte de la montée de pression d'eau
- Réponse en termes d'accélération, de tassements et de montée de pression interstitielle.

Perspectives

X-ELM

- Application à des cas documentés (enregistrements d'accélération en surface libre et en profondeur, valeurs de montée de pression interstitielle, ...)
- Etude de l'efficacité de certains traitements de sol à la liquéfaction

2D-ELM

- Application à d'autres cas expérimentaux (ISOLATE)

Merci pour votre attention

- Ziad KTEICH
- Ziad.kteich@tractebel.engie.com