



Liquéfaction des sols et essais in situ

Recherches en cours

Lien avec la pratique

Pierre FORAY, Etienne FLAVIGNY

Laboratoire Sols, Solides, Structures, Grenoble

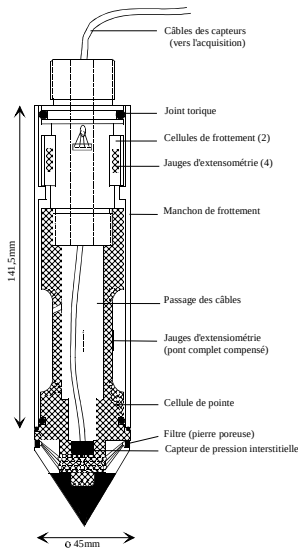
Journée C.F.M.S - A.F.P.S

5/5/2004

Plan

- Quelques résultats sur l'utilisation du CPT
- Rappel de résultats sur le piézocône
- Le sismocône et les mesures sismiques
- Le pressiomètre peut il être envisagé comme outil de prévision ?
- Remarques et Conclusions

Contexte

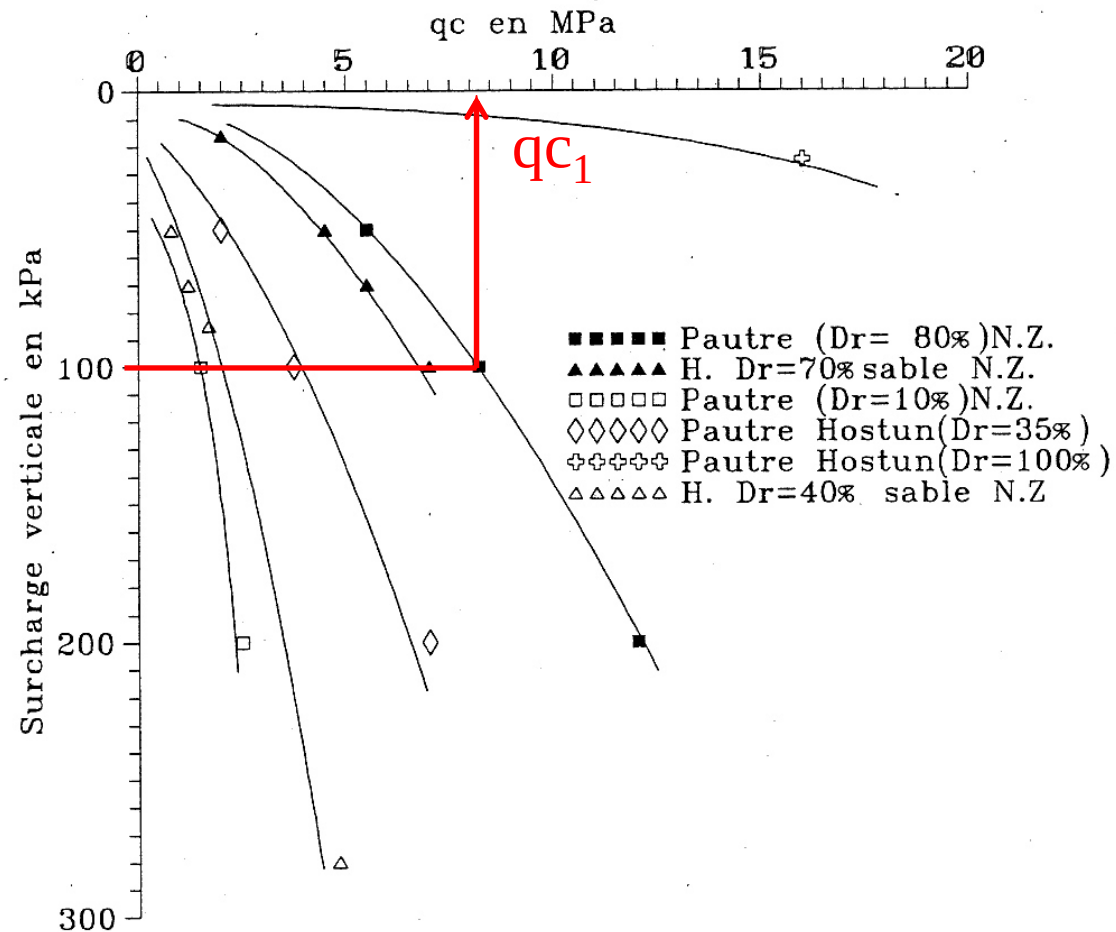


- Programme National **Piézocône** (soutien du MENRT)
- Participants: GDS, CERMES, 3S, Terrasol, Veritas, U. Canterbury (Nlle Zélande), Sol essais
- Développements actuels: **Pôle grenoblois d'Etude et de Prévention des Risques Naturels**

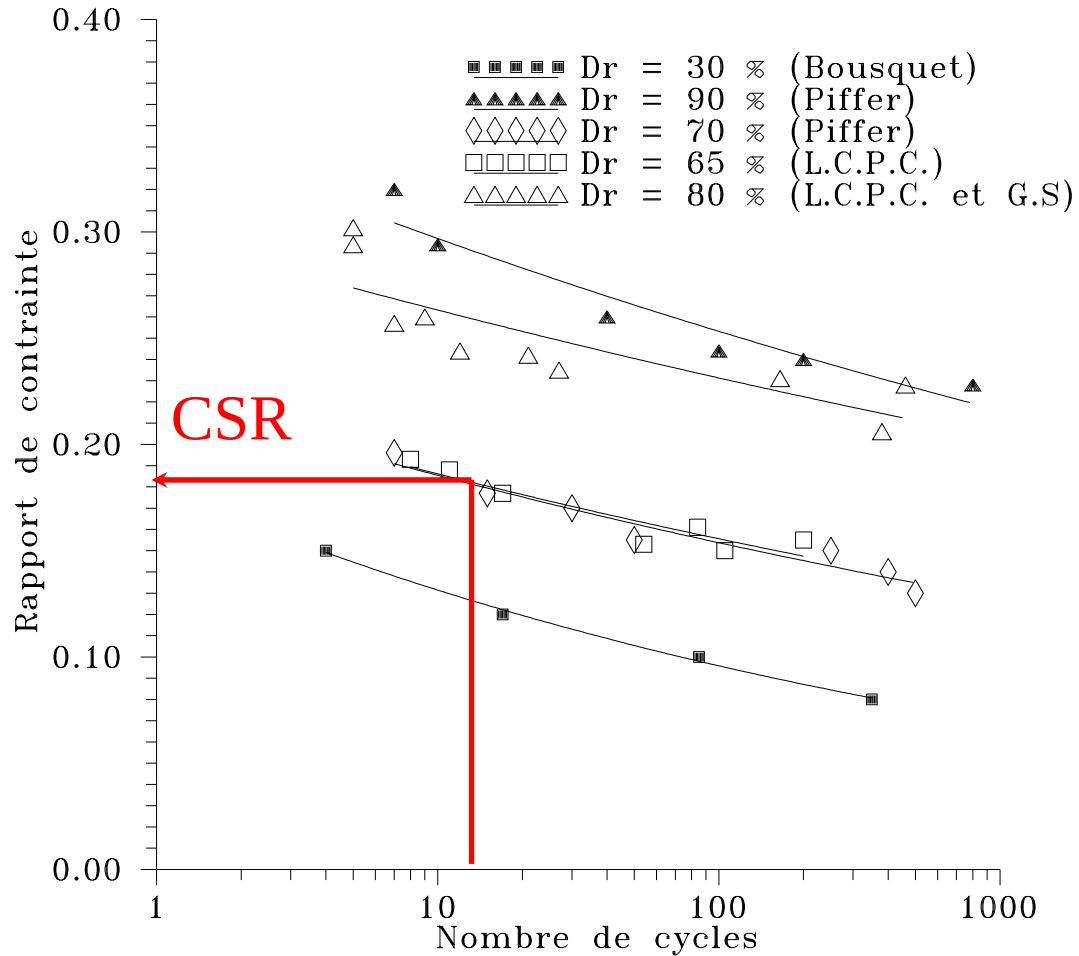
Méthode CPT et essais en Chambre d'Etalonnage

- Mesure de q_c dans des conditions de densité et de confinement bien précises $q_c = f(\sigma'_v, I_D, K_o, \dots)$
- Normalisation rationnelle $qc_1 = Cq. qc$
- Comparaison avec la courbe de résistance cyclique du sol $\tau/\sigma'_v = f(N)$
- Elaboration d'un **critère rationnel de liquéfaction**

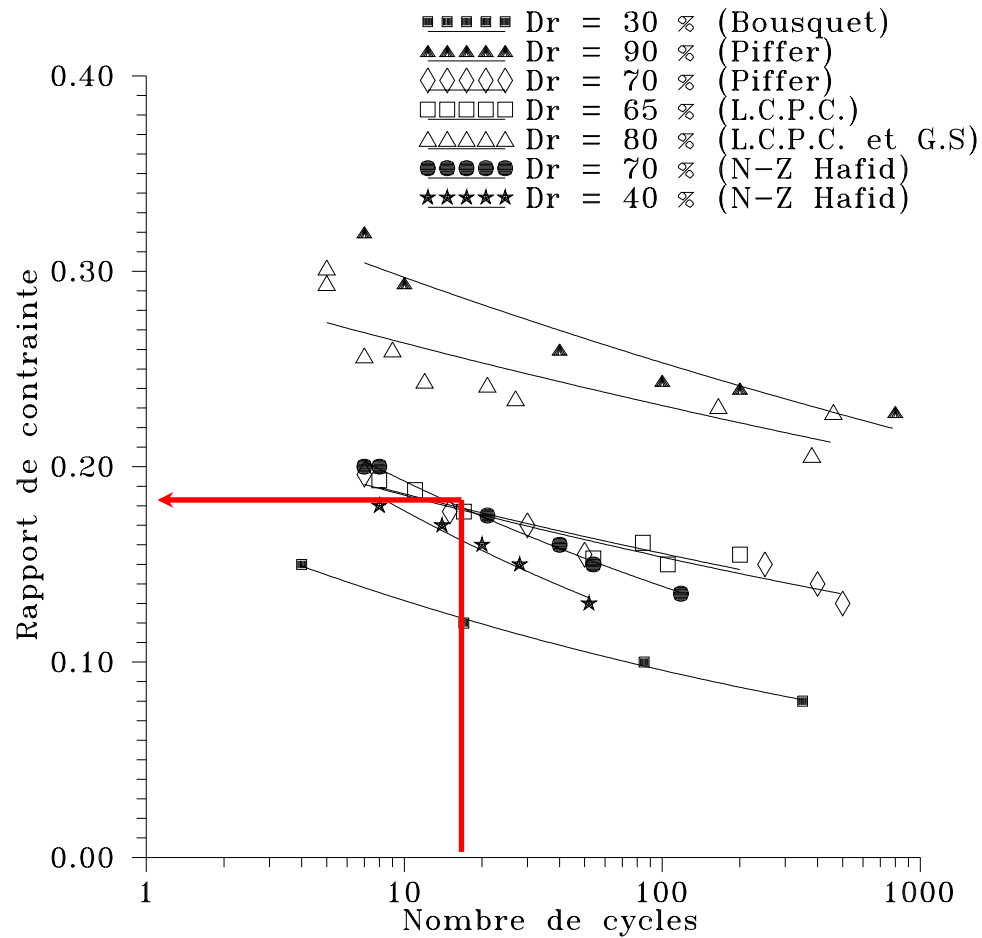
Réponse du pénétromètre dans la chambre d'étalonnage



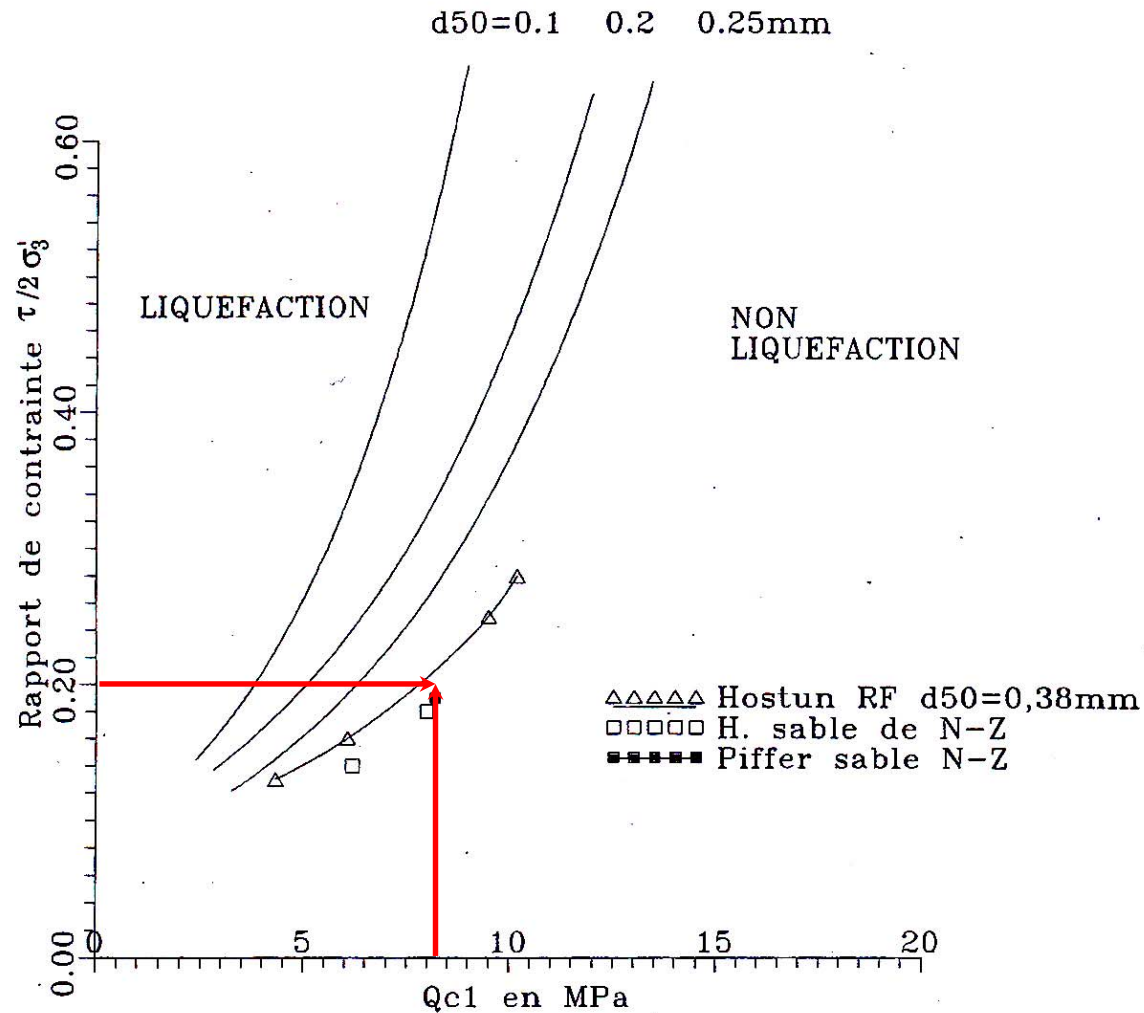
Synthèse des courbes de résistance cyclique du sable Hostun RF



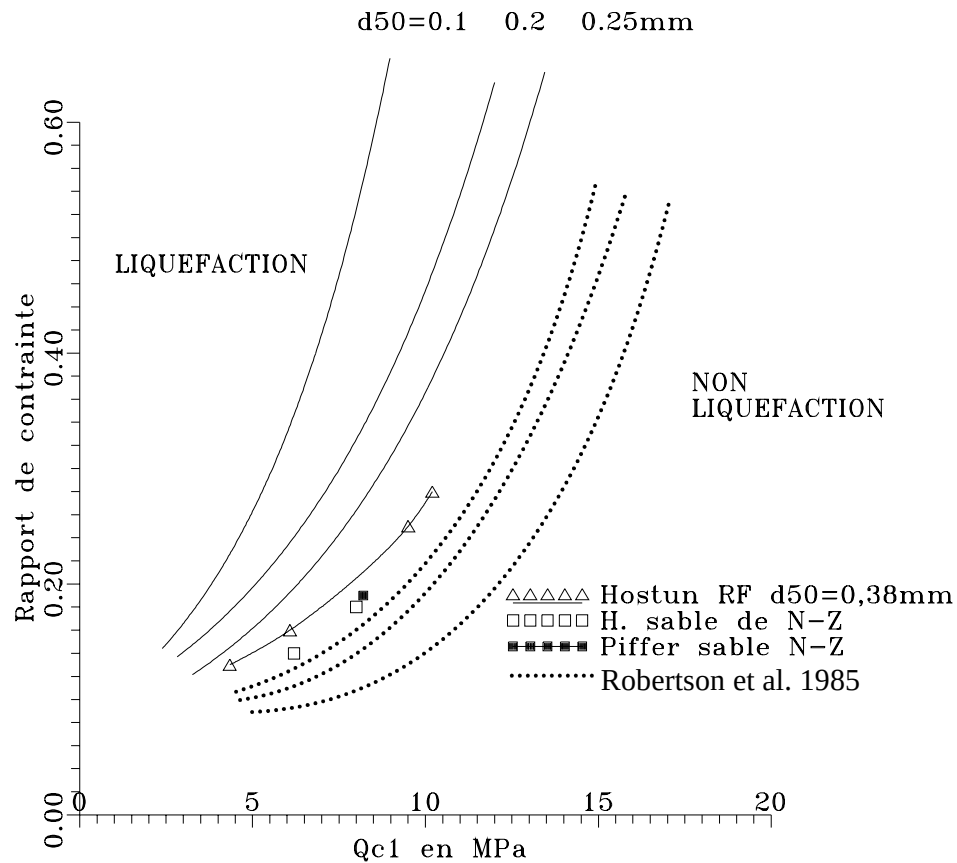
Synthèse des courbes de résistance cyclique du sable N.Z



Comparaison CSR et qc_1

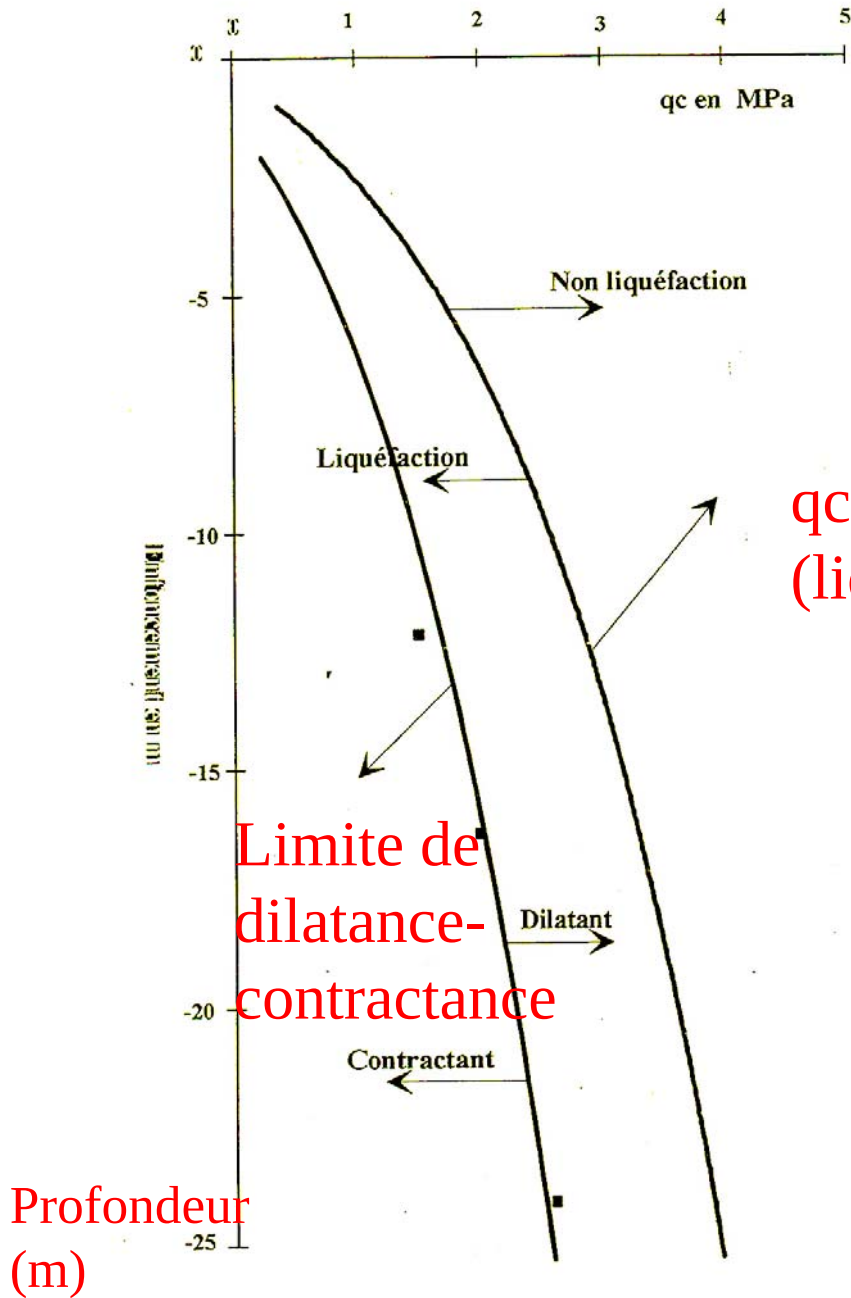


Comparaison de la méthode issue des essais de laboratoire avec celles de Seed et Robertson



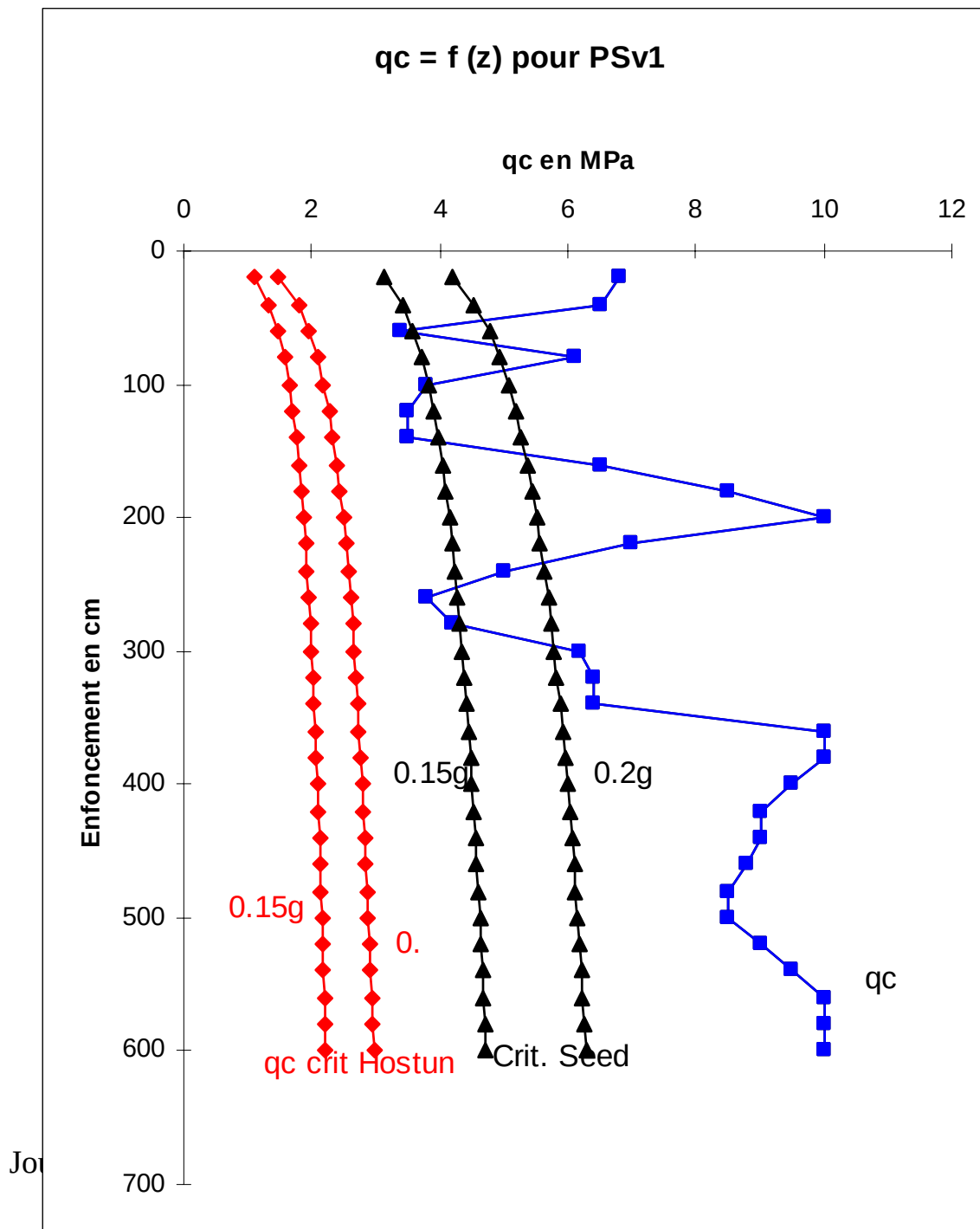
(Bouguerra)

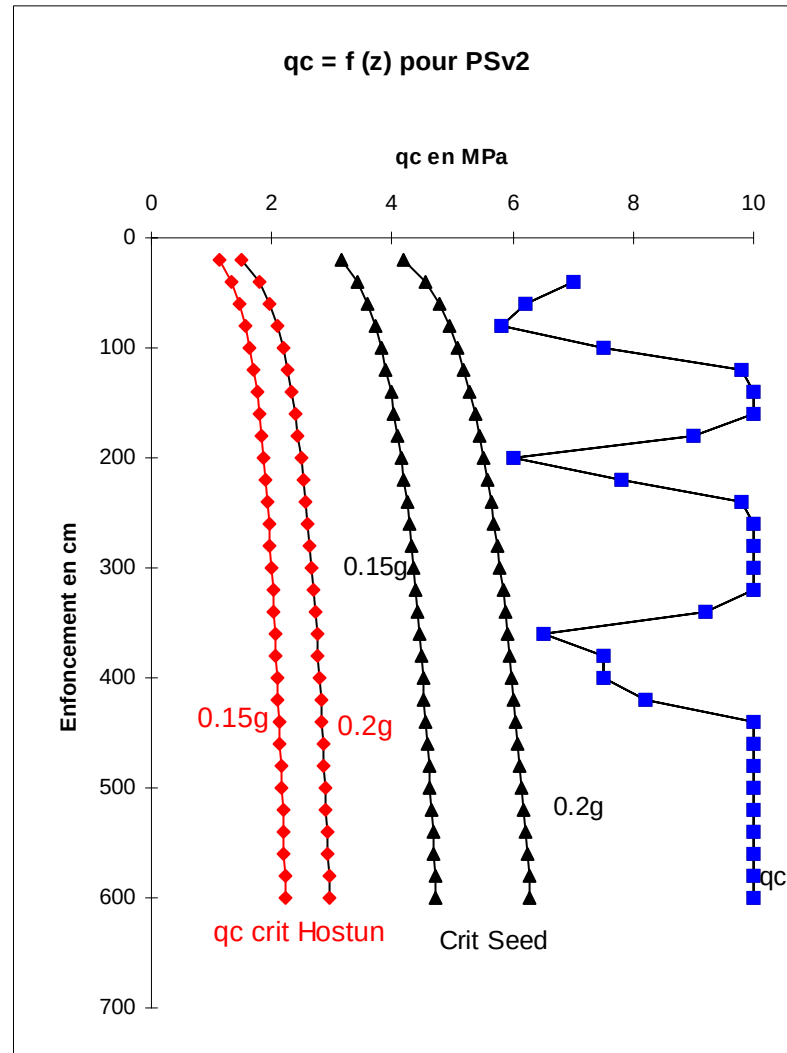
Courbes critiques pour le sable Hostun RF (Bouguerra)



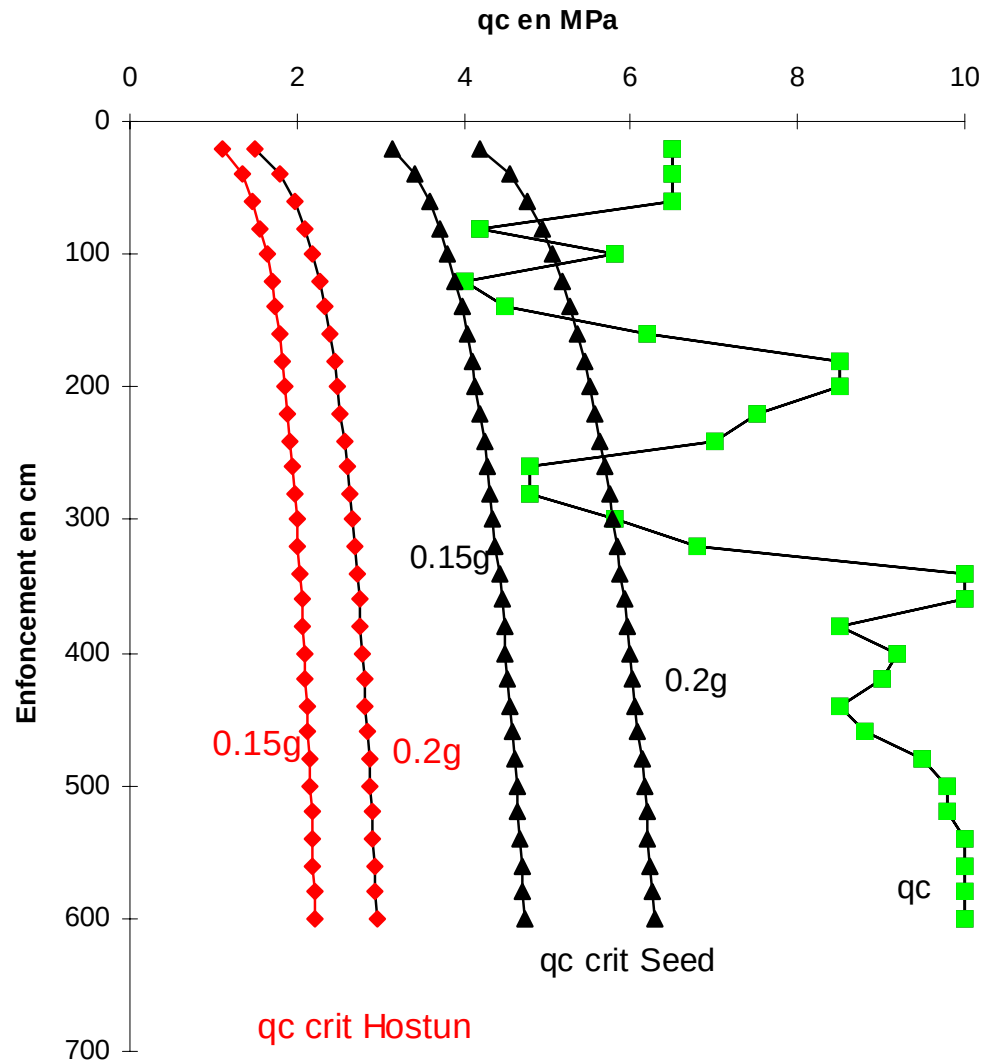
Application à des études de terrain

Analyse de liquéfaction
effectuée
sur un site sablo-
limoneux à La Plagne
(Bouguerra 1998)





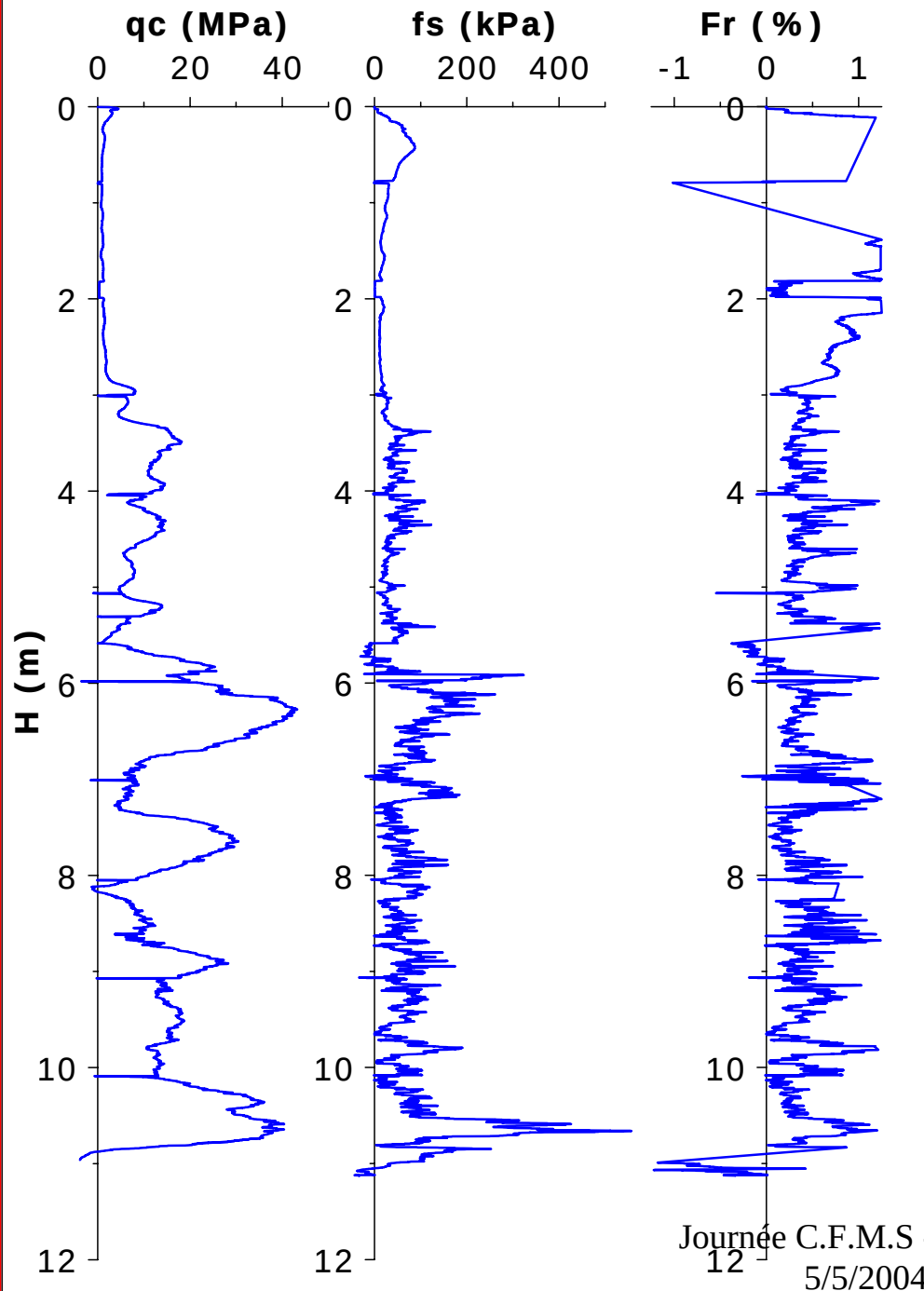
qc = f (z) pour PSv3



Essai dans la cuvette grenobloise

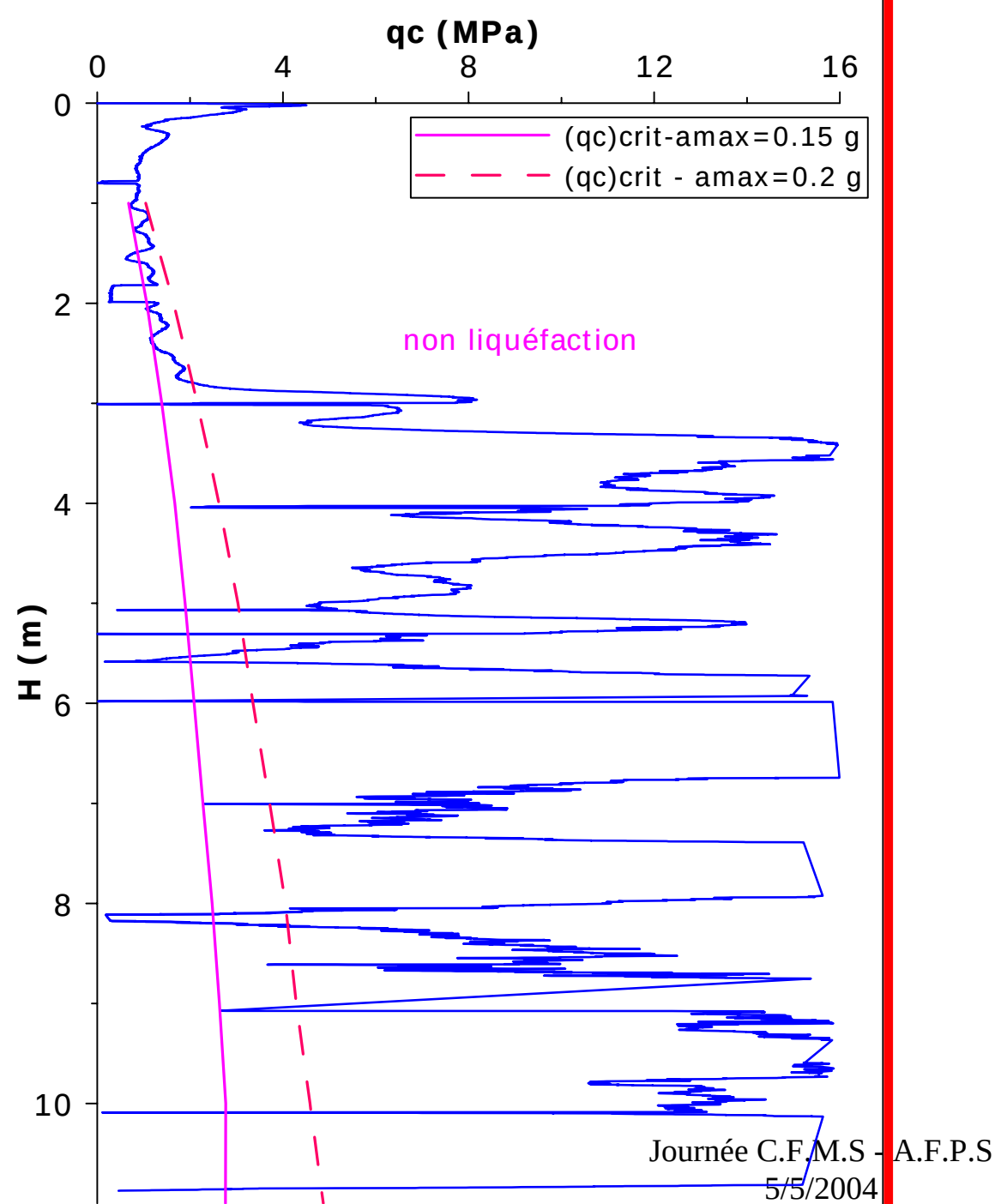


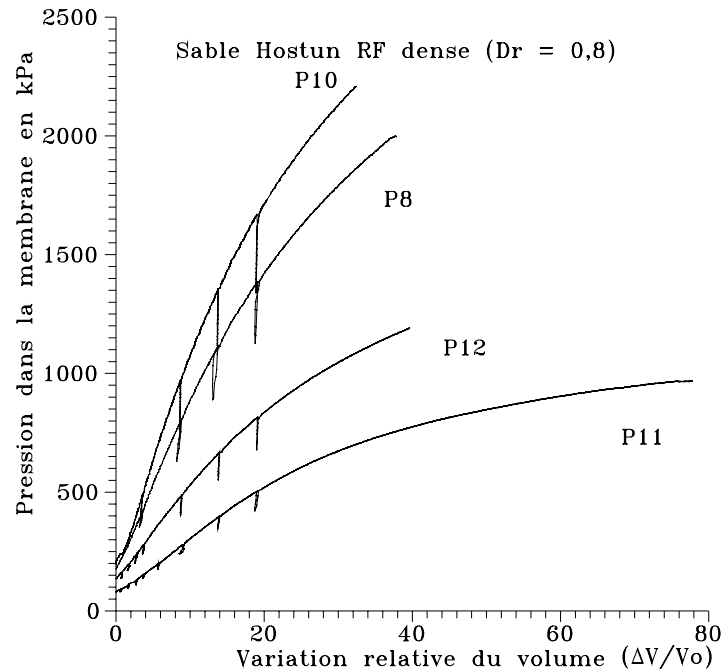
Collaboration SOLEN



Analyse de liquéfaction des alluvions de l'Isère

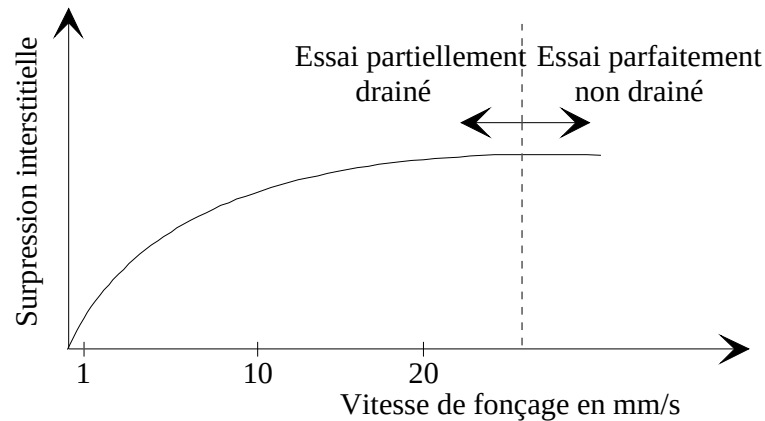
Analyse de liquéfaction des alluvions de l'Isère





courbes pressiométrique sur du sable d'Hostun "RF" dense ($D_r = 80\%$)
sous différentes surcharges verticales

Piézocône: Normalisation des surpressions interstitielles (Berrill et al 1990)

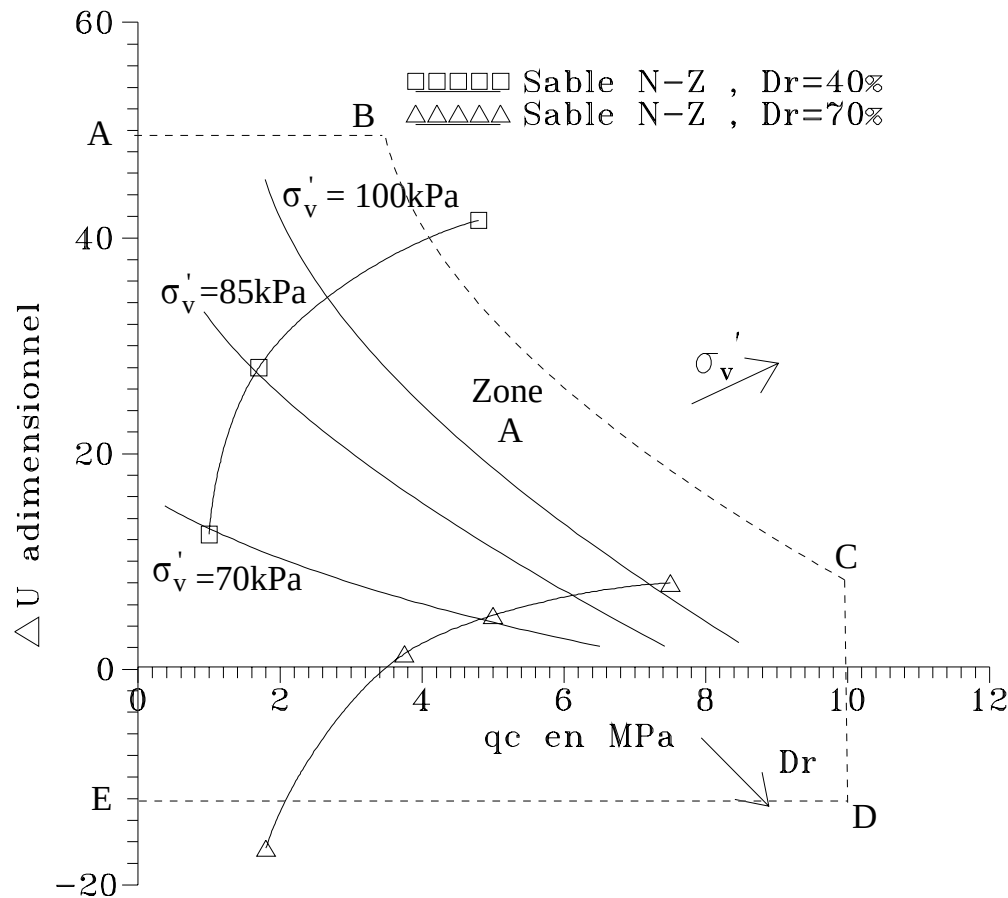


$$\Delta U = \frac{\Delta u}{\gamma_w \cdot V_f \cdot t_{50}}$$

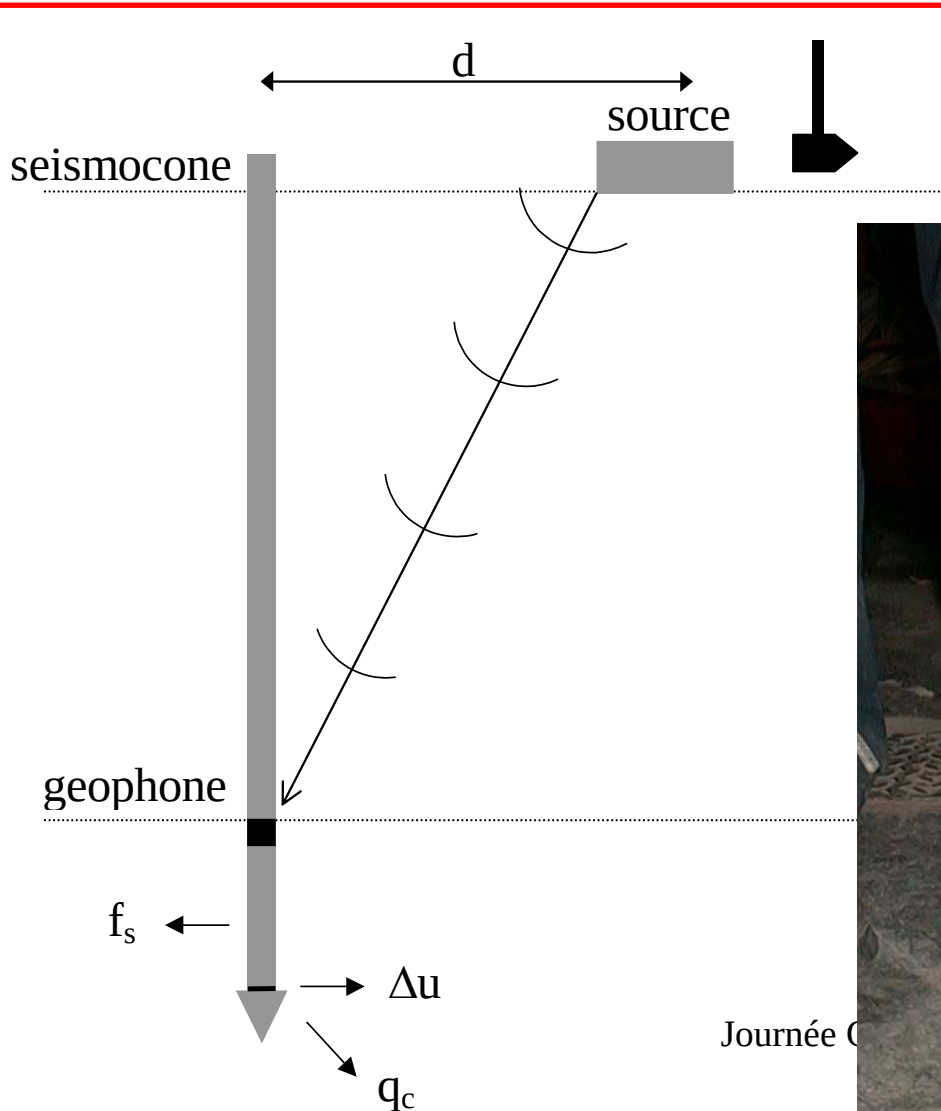
V_f : vitesse de fonçage

t_{50} : temps de dissipation de la surpression
lors de l'arrêt

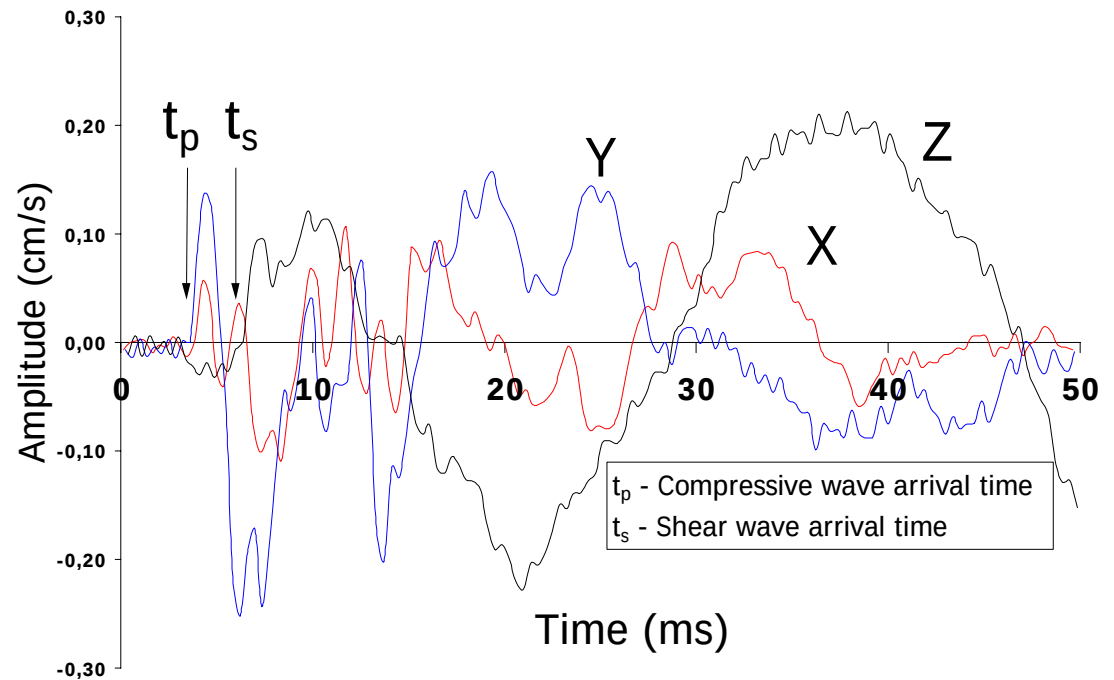
Définition d'un domaine liquéfiable dans le plan Δu -qc (Bouguerra 1997)



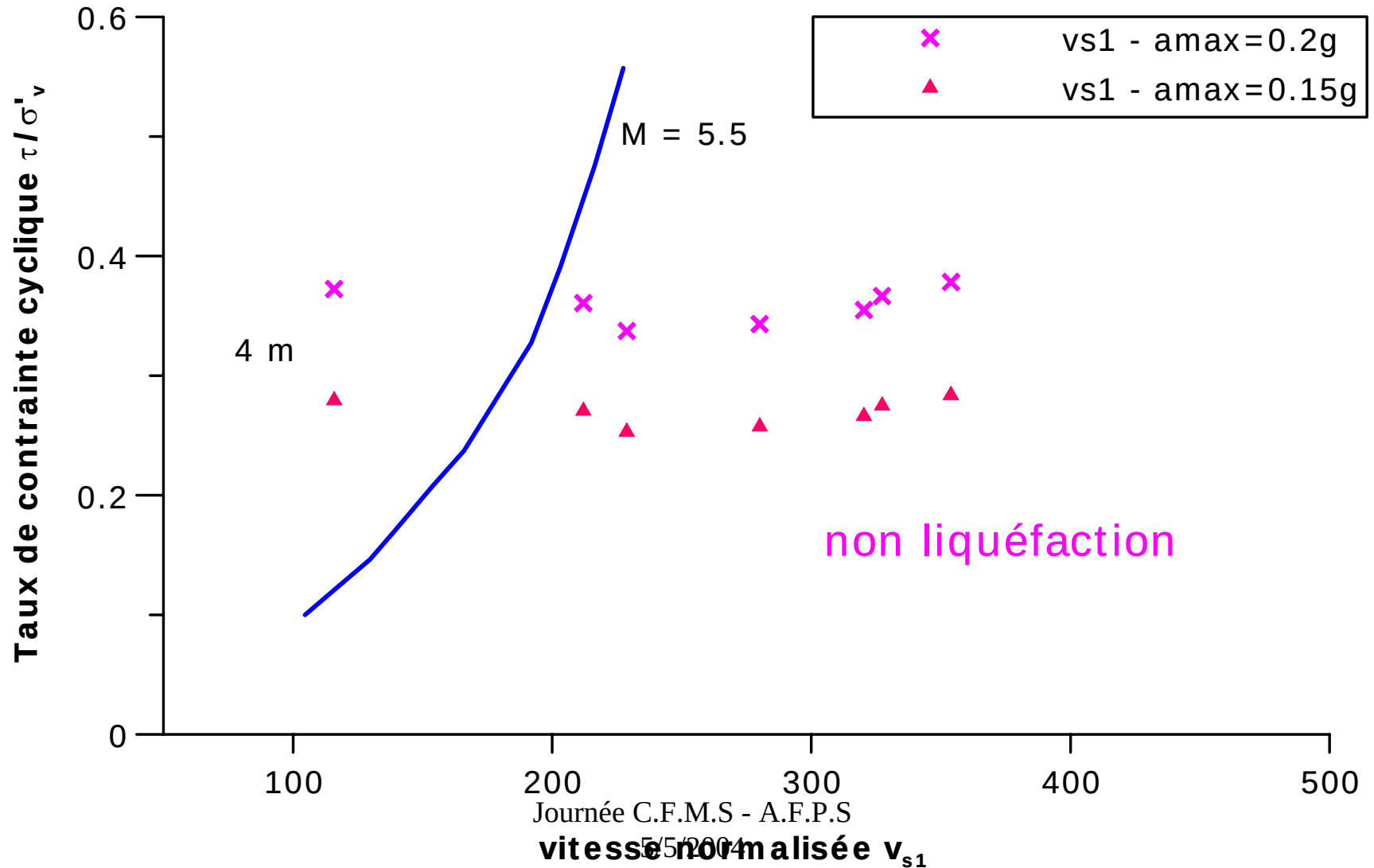
Sismocône : Utilisation des mesures de vitesses sismiques



Mesure des temps de vol



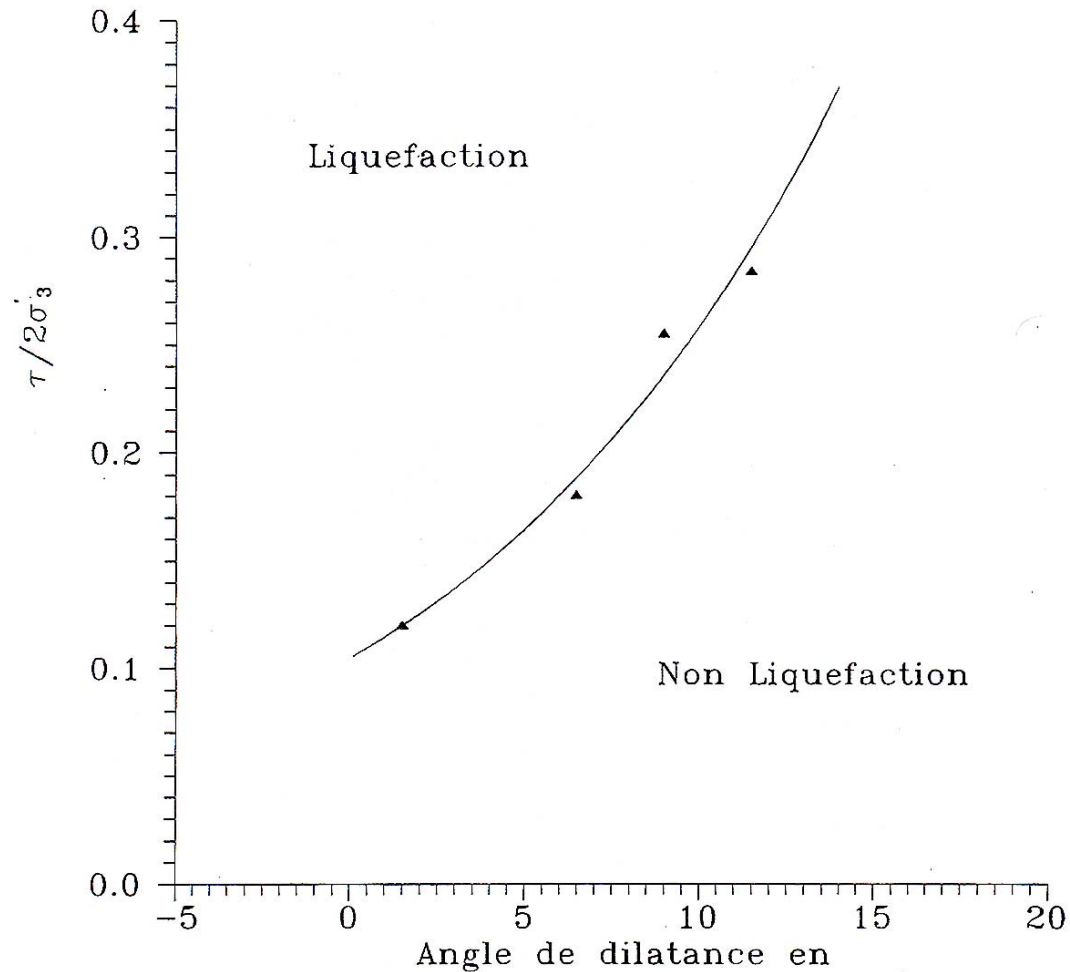
Analyse de liquéfaction à partir des mesures de Vs



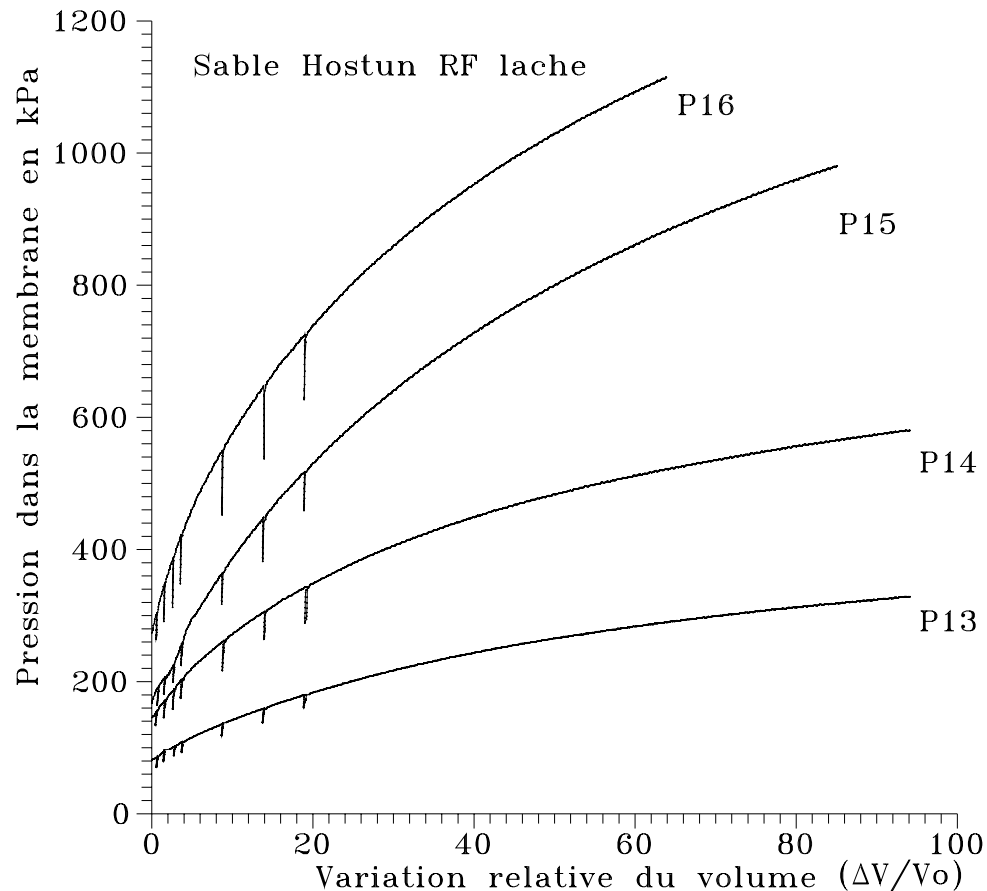
Et le Pressiomètre?

- Analyse à partir de l'angle de dilatance (Vaid et Chern)
- Interprétation du pressiomètre cyclique (Dupla & Canou au CERMES 1995)
- Méthode dérivée de celle pour le CPT (Bouguerra , Grenoble 1997, Subrin 2003)

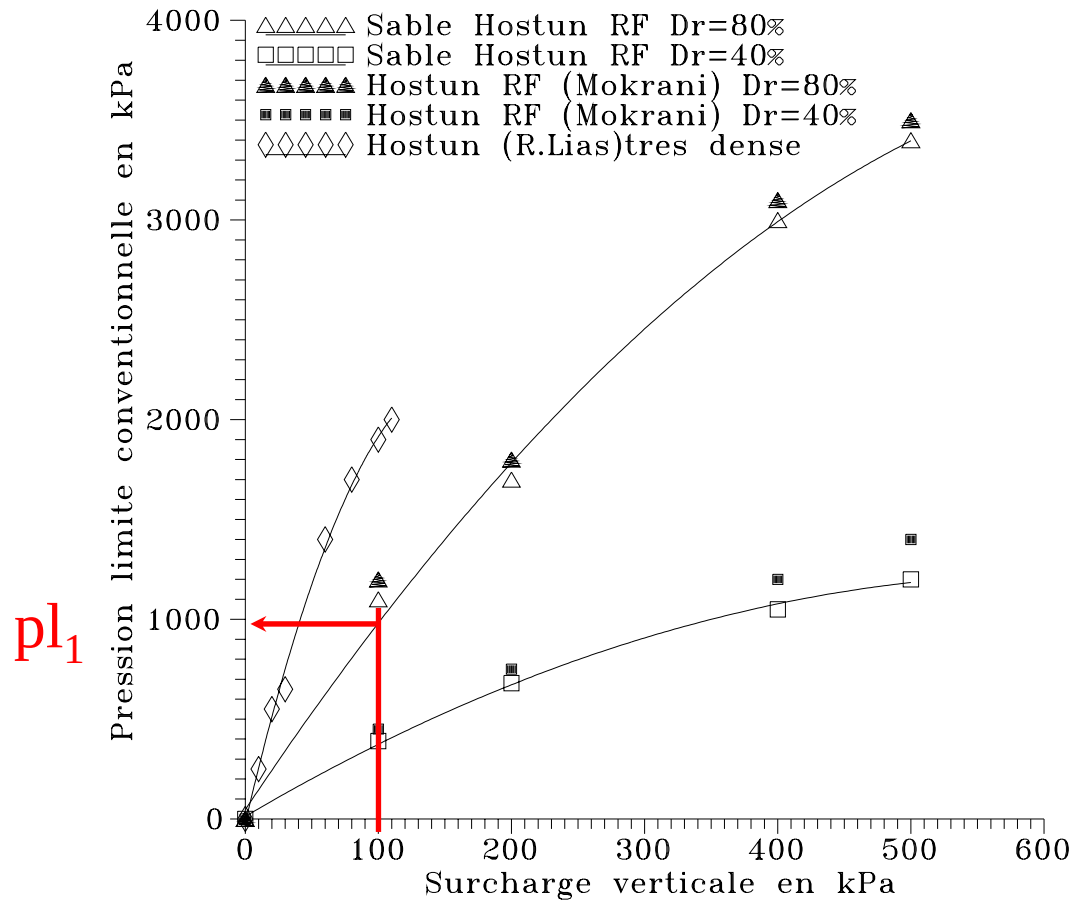
Utilisation de l'angle de dilatance



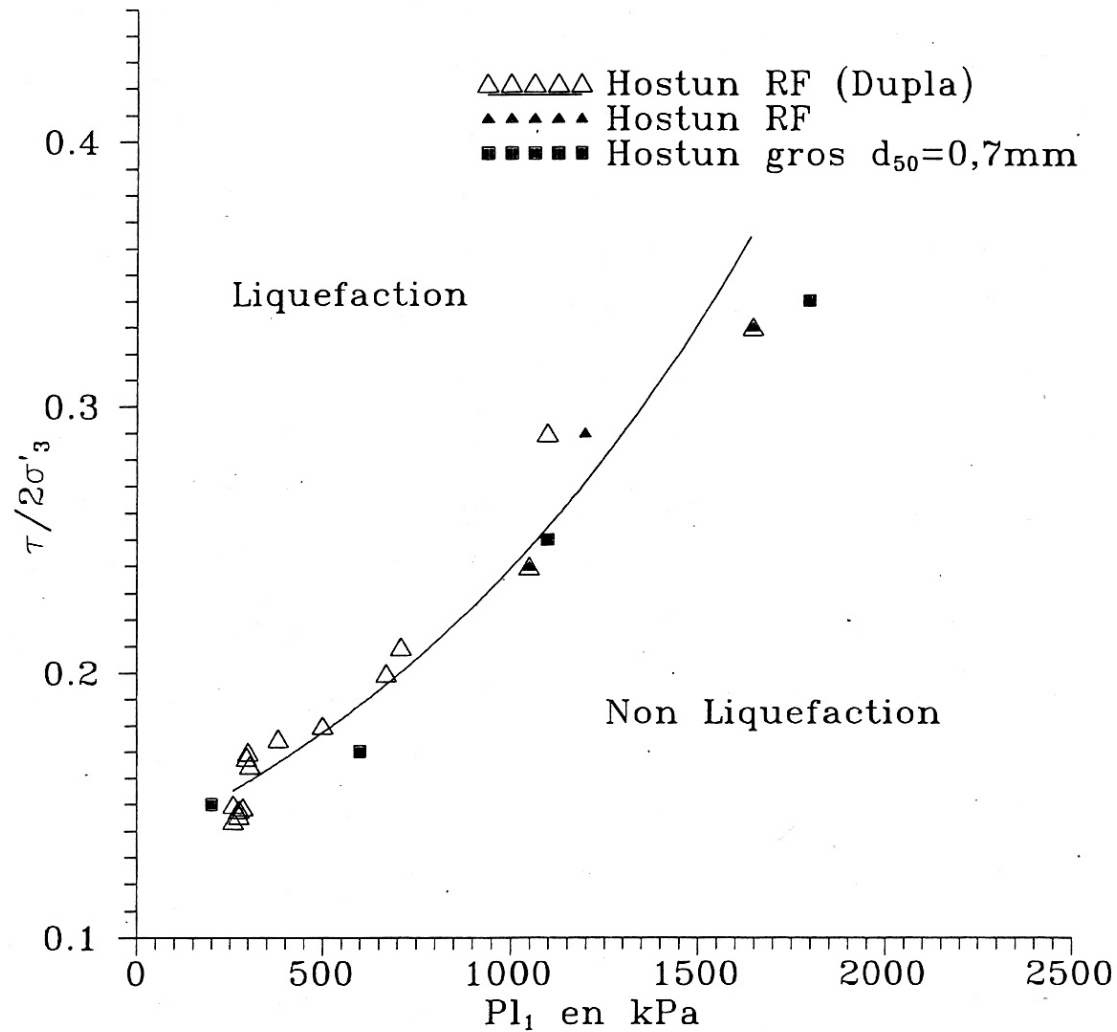
Courbes pressiométriques en Chambre d'étalonnage (Mokrani 1991)



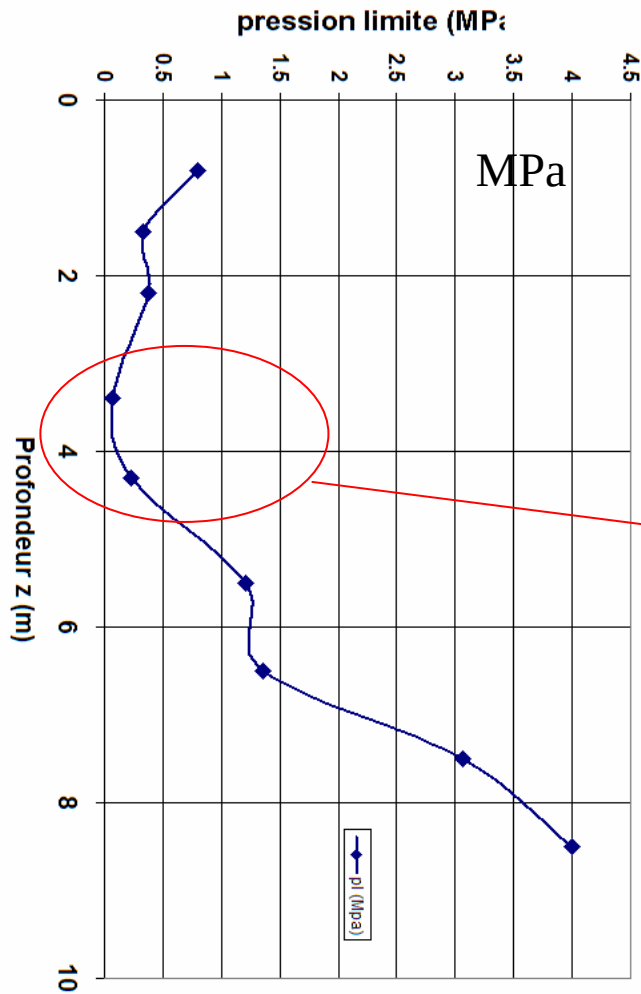
Pressiomètres en chambre d'étalonnage



Méthode pressiométrique



Exemple d'application du pressiomètre

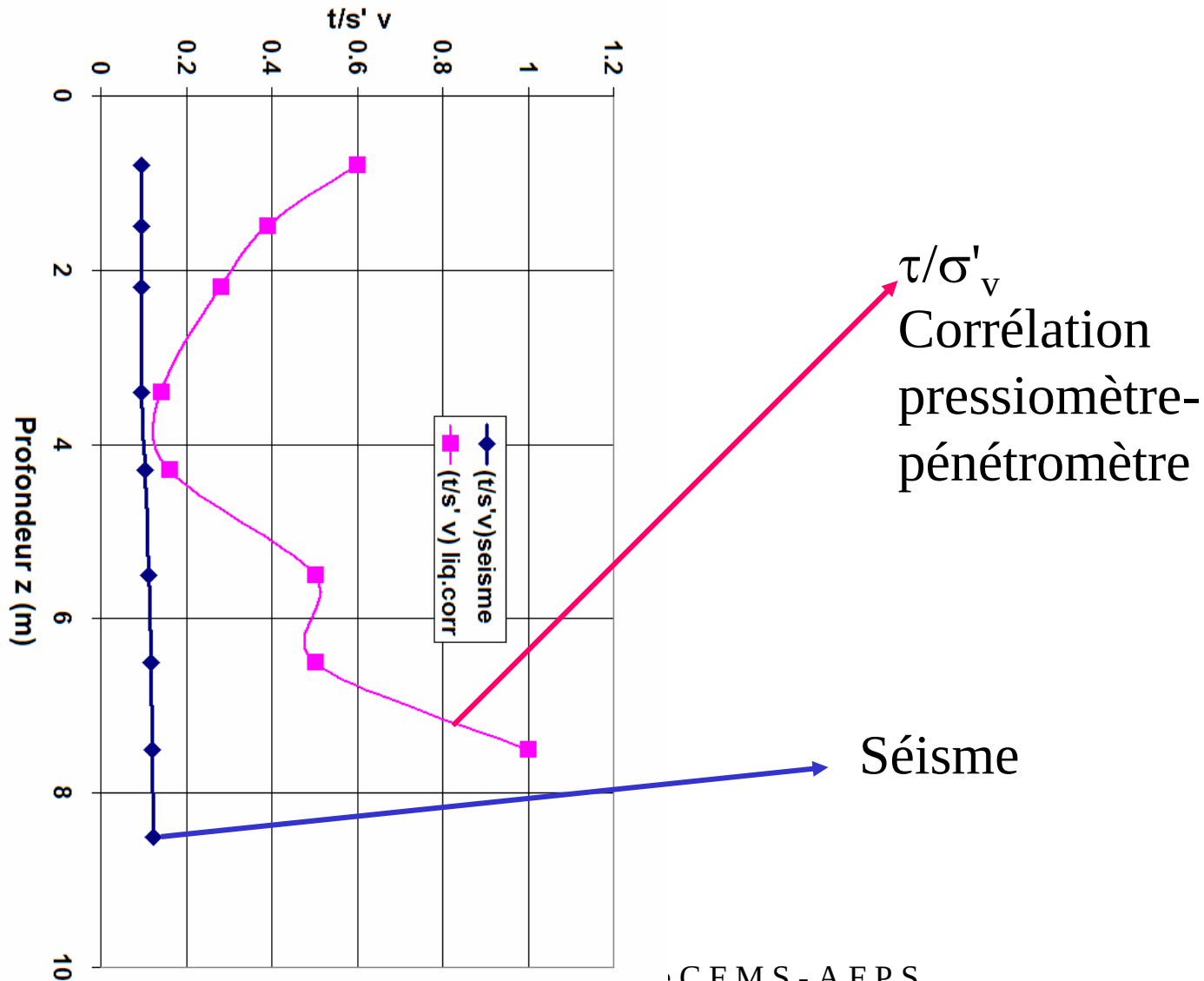


Sondage pressiométrique S2

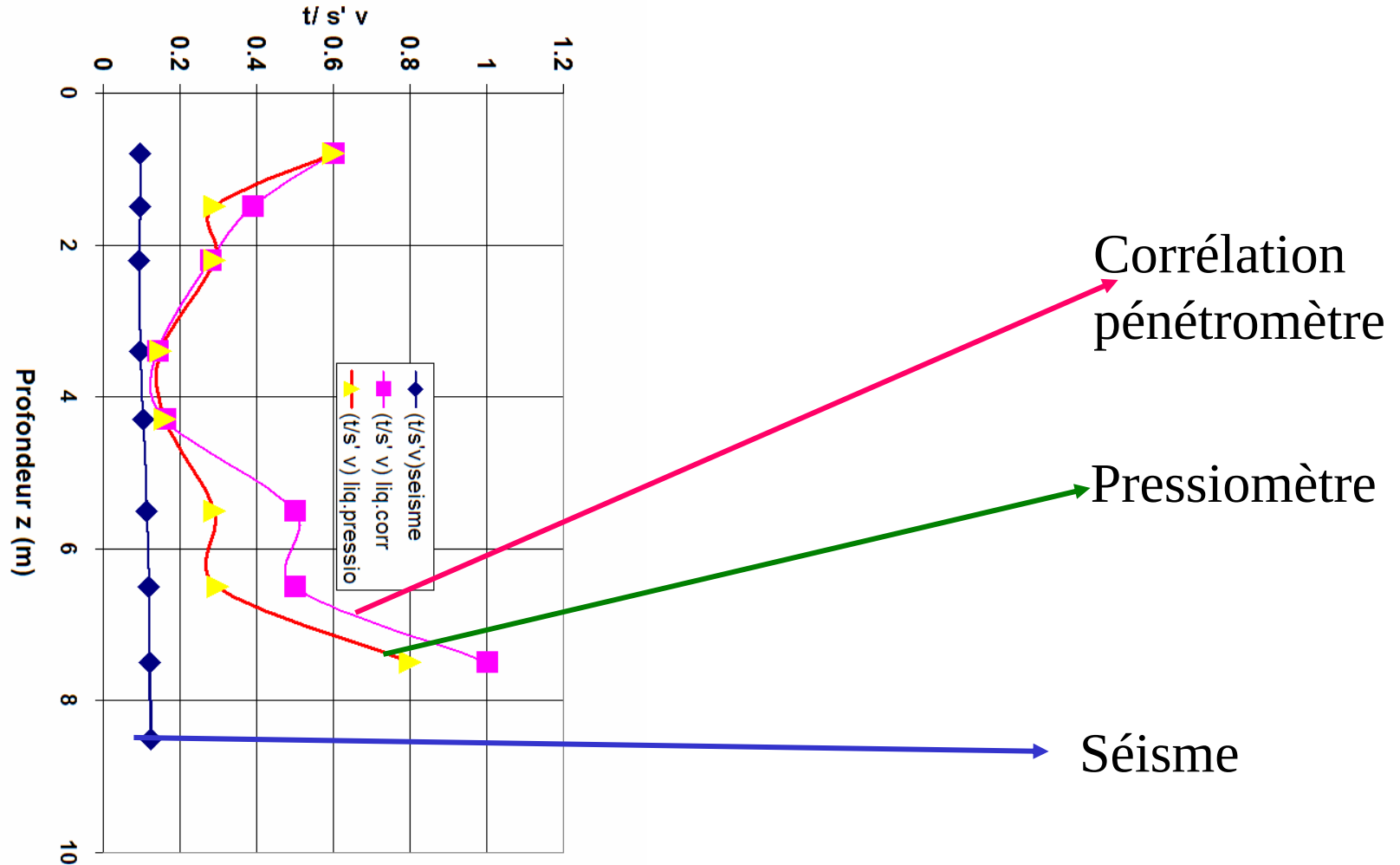
Site sablo-limoneux

Zone douteuse

Comparaison des contraintes de cisailment



Sondage S2: Comparaison de la contrainte induite par le séisme aux seuils de liquéfaction estimés



Conclusions (1)

- Utilisation des essais in situ
- Pénétrromètre électrique, piézocône, sismocône: maximum de paramètres en continu
- Approche type Seed-Robertson
- Possibilité d'extension au pressiomètre (avec précautions !)

Conclusions (2)

- CPT: attention aux couches fines
- Qualité des essais pressiométriques ?
- Difficulté pour les sols intermédiaires (rôle des fines). Intérêt du SPT (granulométrie)
- Avantage du piézocône
- Validité des méthodes pour les « petits » séismes ?