

Essais en grandeur réelle de colonnes ballastées chargées par des semelles rigides

S. CORNEILLE^{1,2} et F. MASROURI¹

1. Laboratoire Environnement Géomécanique et Ouvrages
2. DURMEYER SAS



Plan

Introduction

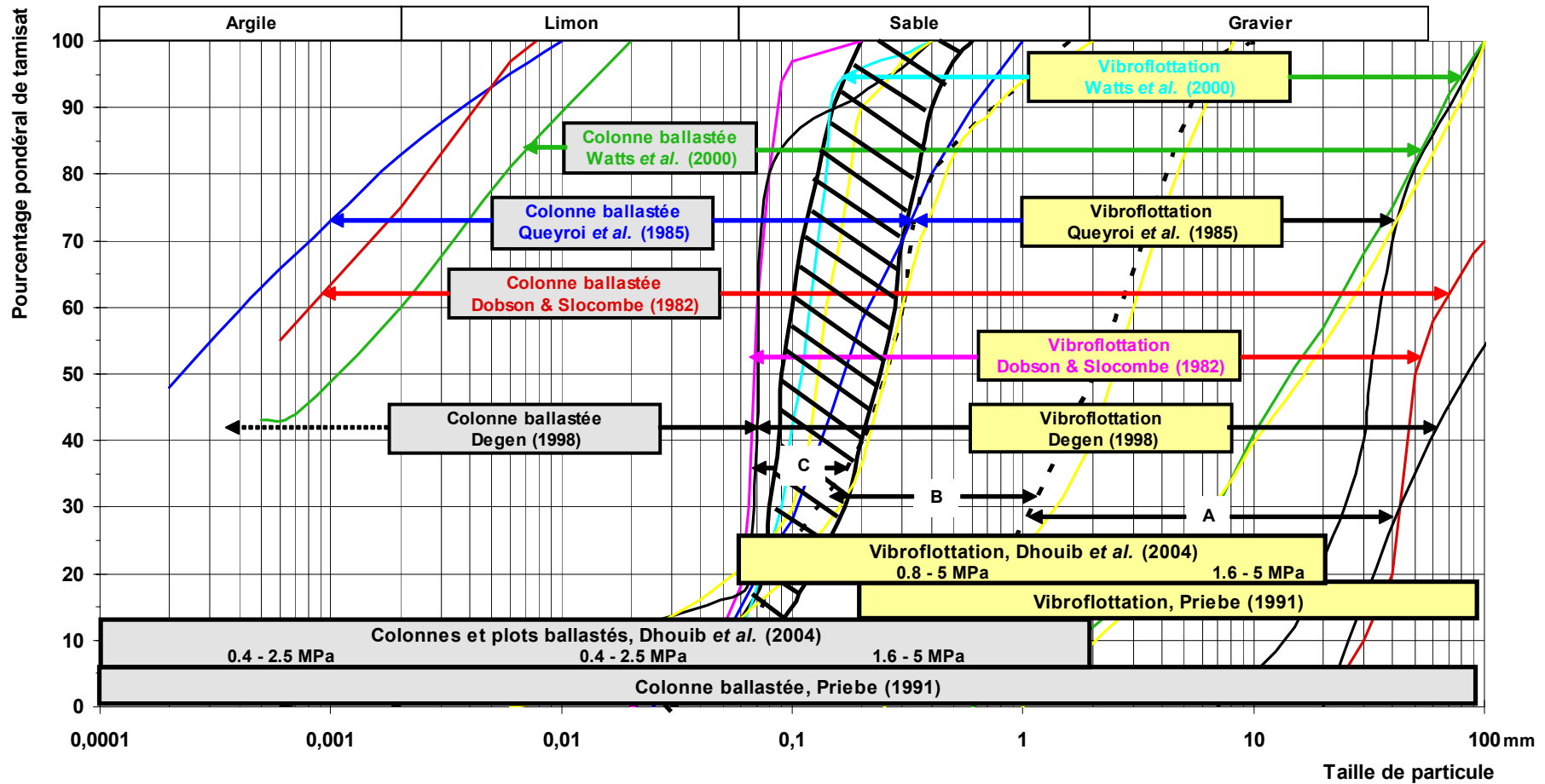
1. Conditions de sol
2. Détermination de l'amélioration
3. Essais de chargement

Conclusion



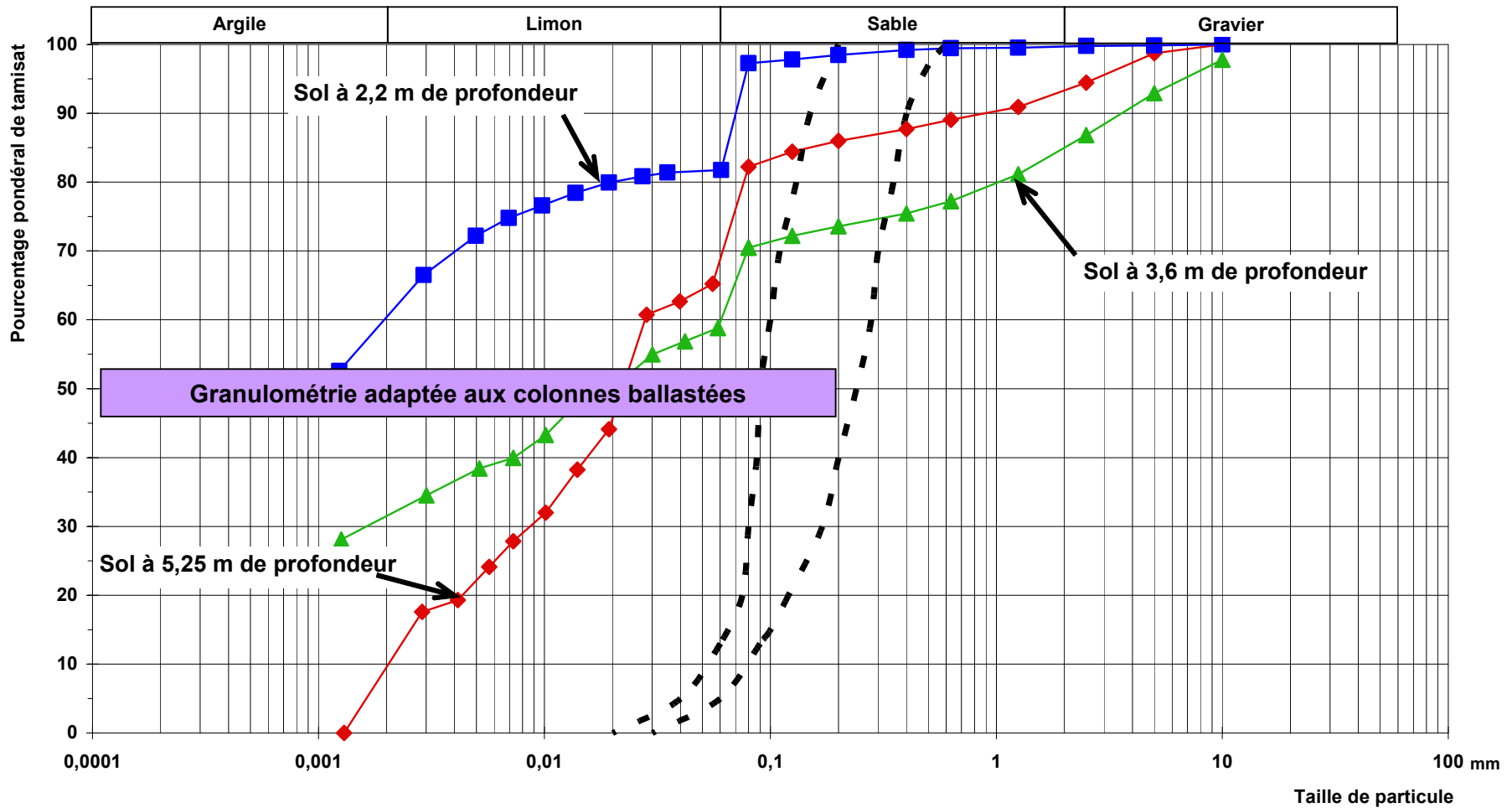
1. Conditions de sol

1. Conditions de sol adaptées



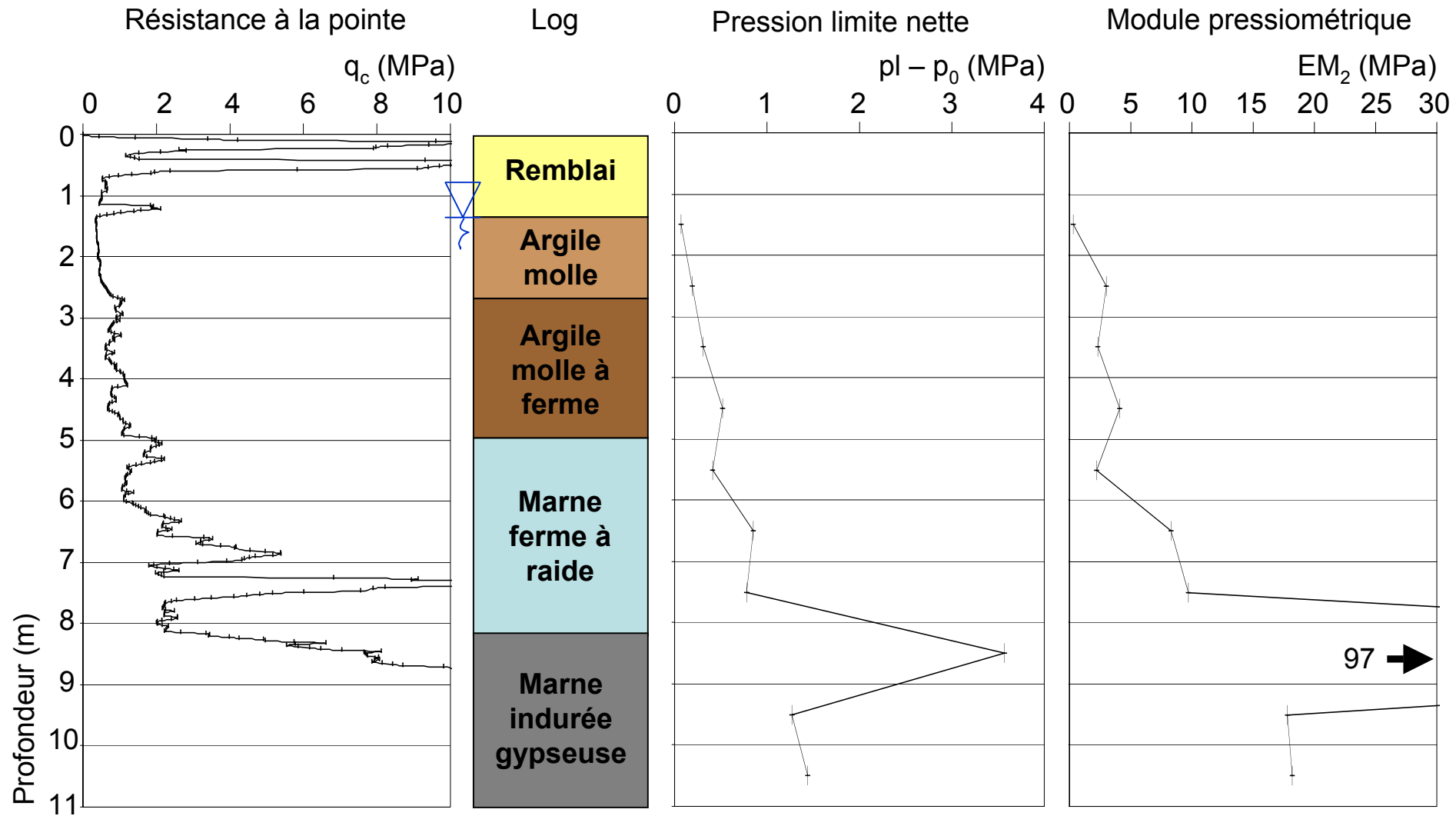
Champs d'application des colonnes ballastées et de la vibroflottation
selon la granulométrie du sol

1. Conditions de sol : analyse granulométrique



Courbes granulométriques des sols du site

1. Conditions de sol : *CPT* et essais pressiométriques

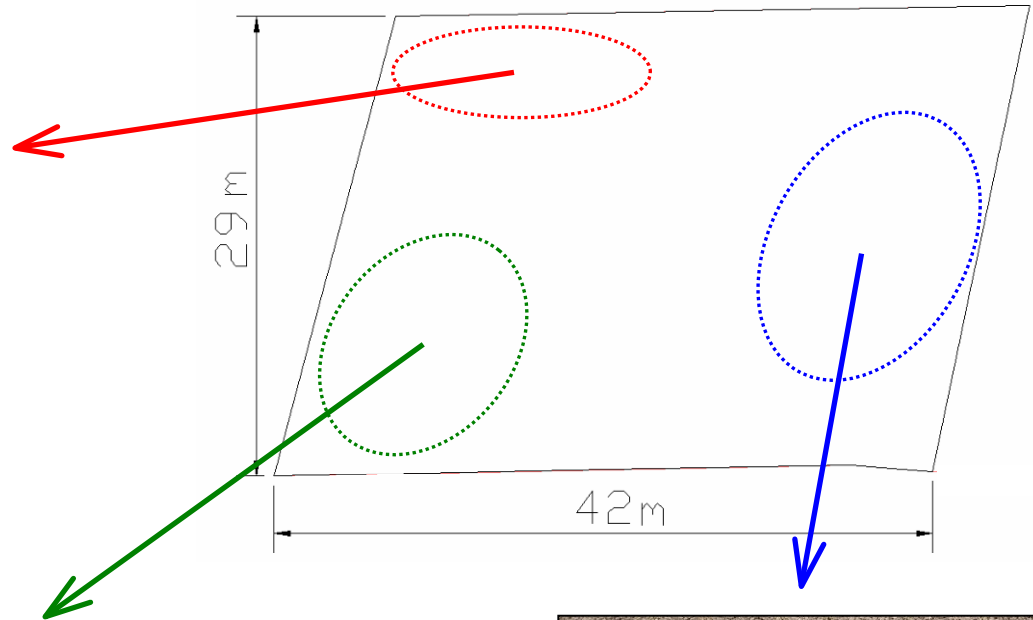


Paramètres mécaniques *in situ* et description des sols



Deux essais de chargement de semelles carrées de 1,2 m de côté reposant sur :

- le sol naturel ;
- une colonne ballastée.



Deux essais de chargement de semelles de 2,3 x 2,5 m reposant sur :

- le sol naturel ;
- trois colonnes ballastées.



Sondages de pénétration statique :

- 2 colonnes isolées ;
- 2 groupes de 3 colonnes.



2. Détermination de l'amélioration du sol

2. Détermination de l'amélioration du sol

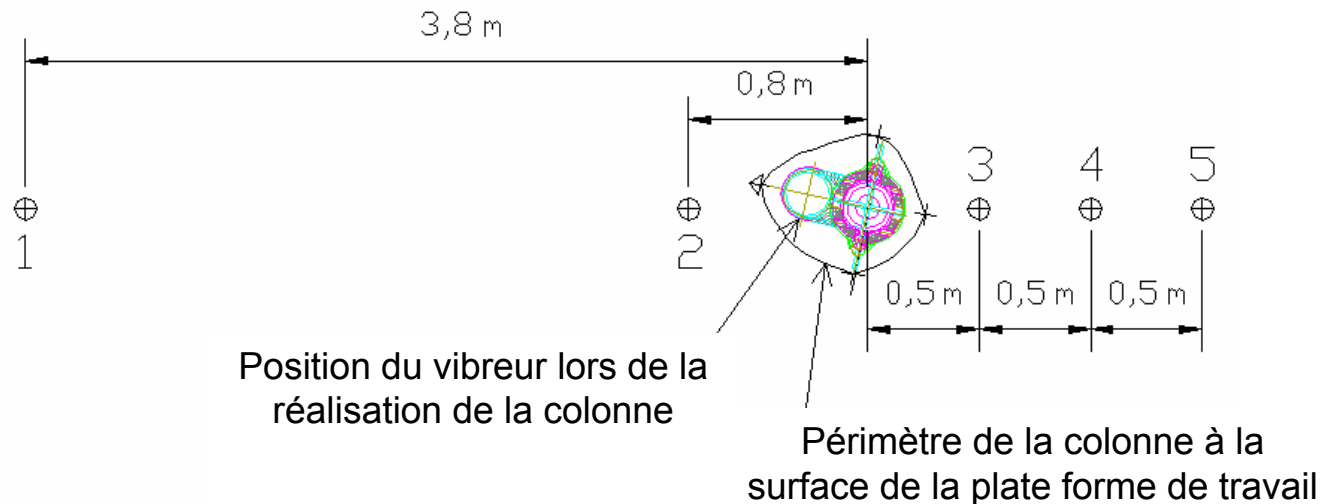
Essai ou instrumentation selon l'amélioration à déterminer

Amélioration à déterminer	Essai ou instrumentation
Augmentation de la capacité portante du sol	CPT, essai de chargement
Réduction des tassements	Essai de chargement
Accélération du drainage	Capteurs de pression interstitielle



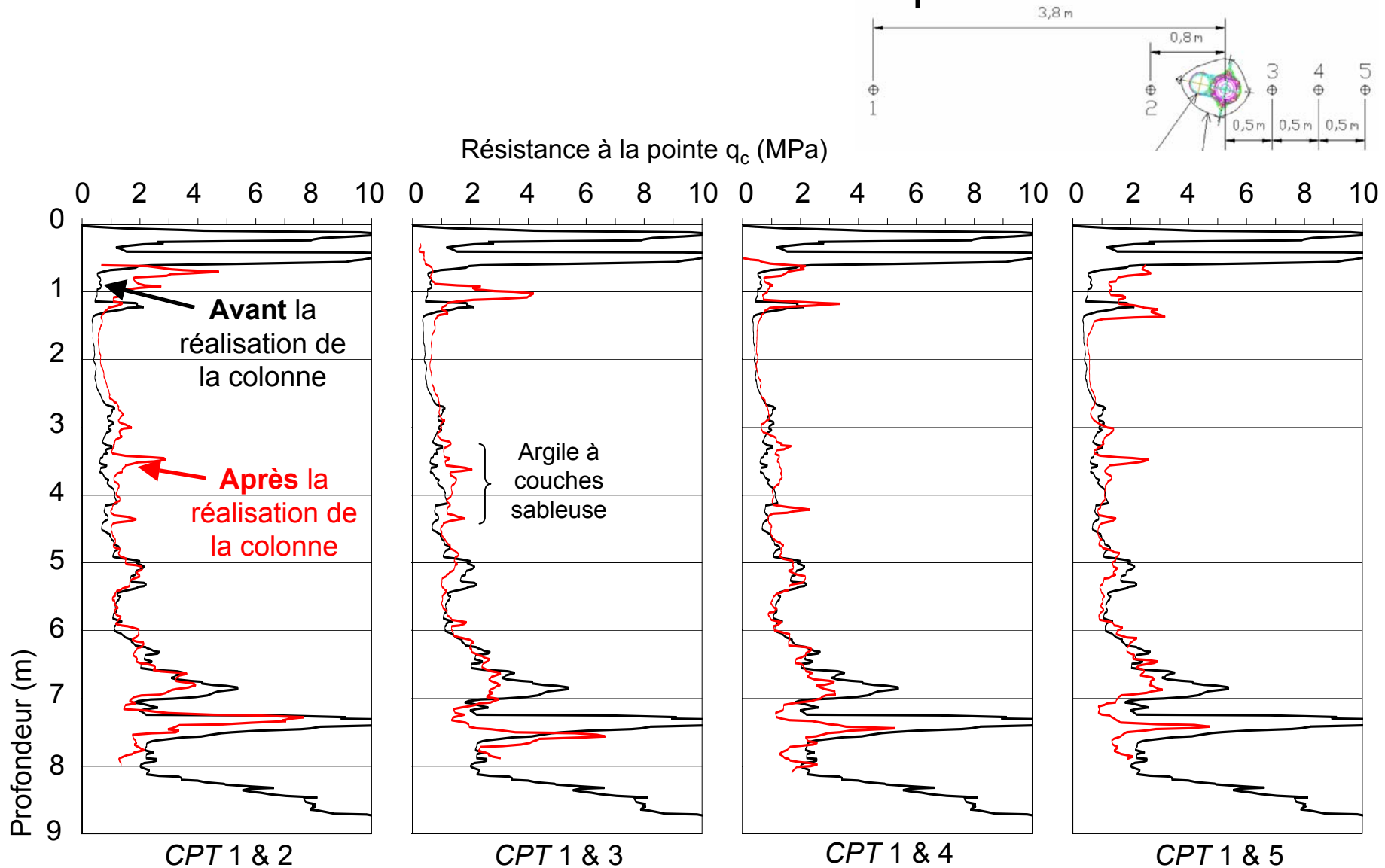
2. Détermination de l'amélioration du sol par *CPT*

- *CPT* réalisés à diverses distances de l'axe théorique de la colonne.
- *CPT* n°1 réalisé **avant** la réalisation de la colonne.
- *CPT* n°2 à 5 réalisés **23 jours après** la réalisation de la colonne.



Implantation des *CPT* par rapport à la colonne isolée soumise au chargement

2. Détermination de l'amélioration du sol par CPT



Exemple de CPT pré et post amélioration

2. Détermination de l'amélioration du sol par *CPT*

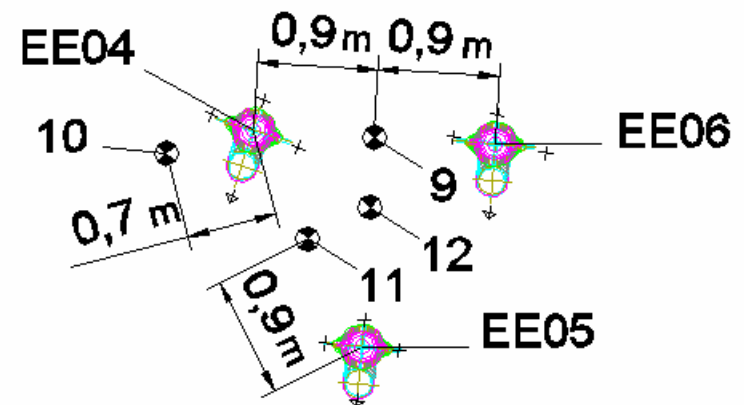
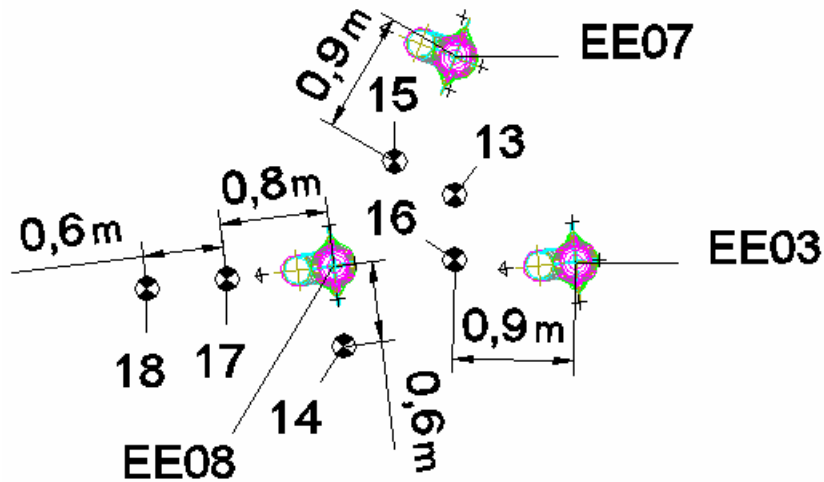
Légende



Vibreux TR 17 (avant situé à droite)

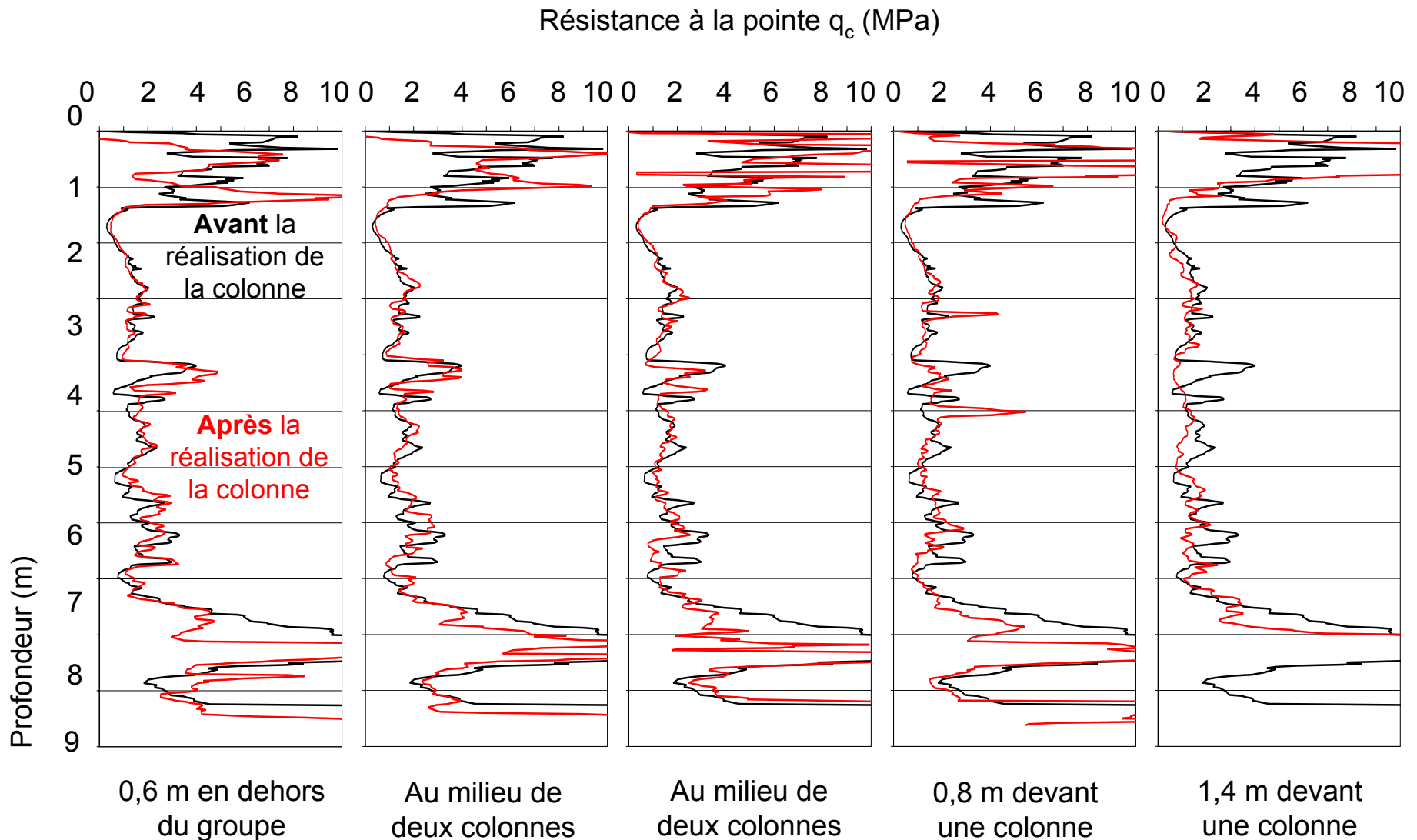


Sondage de pénétration statique



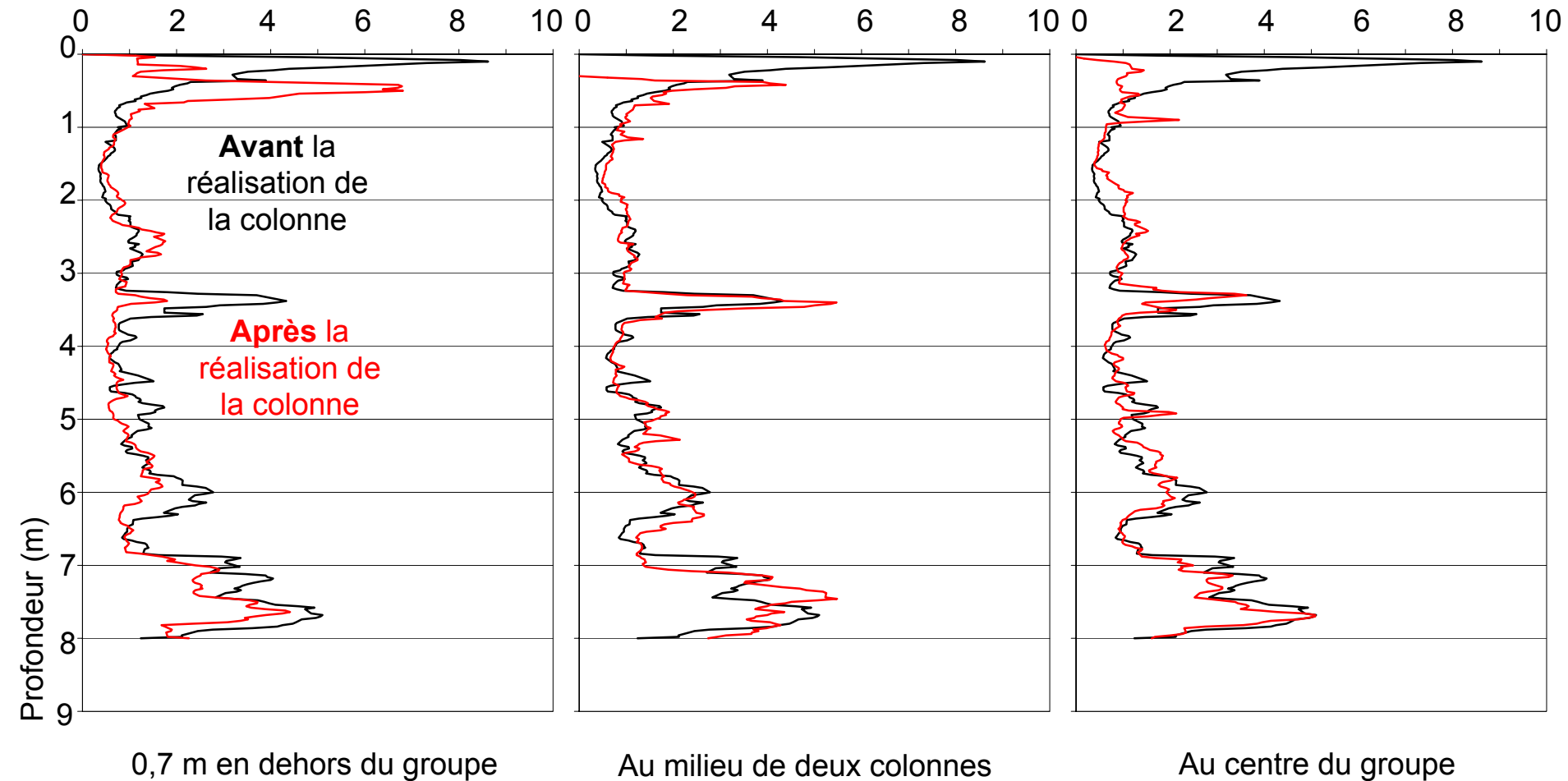
Plan d'implantation des sondages pré et post-amélioration des groupes de 2 x 3 colonnes

2. Détermination de l'amélioration du sol par CPT



2. Détermination de l'amélioration du sol par *CPT*

Résistance à la pointe q_c (MPa)



2. Détermination de l'amélioration du sol par CPT

L'amélioration n'est pas homogène car elle dépend de la :

- **position du vibreur ;**
- **distance à l'axe théorique de la colonne ;**
- **localisation par rapport au groupe (si nombre colonnes > 1).**

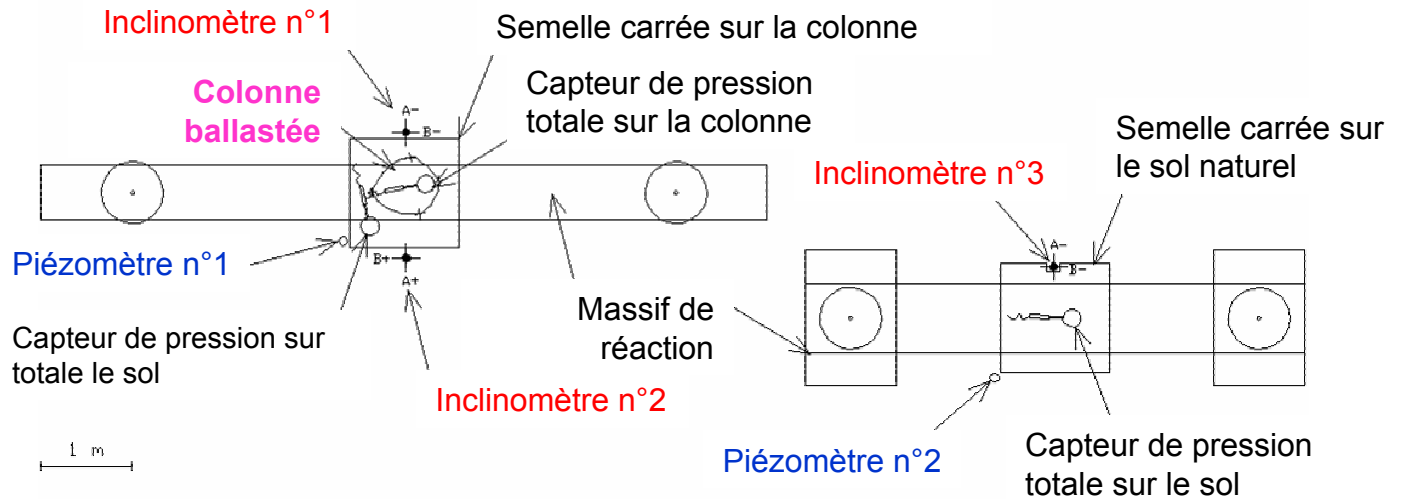
L'augmentation de la résistance à la pointe est inférieure à 1,5 dans ces sols argilo-limoneux.





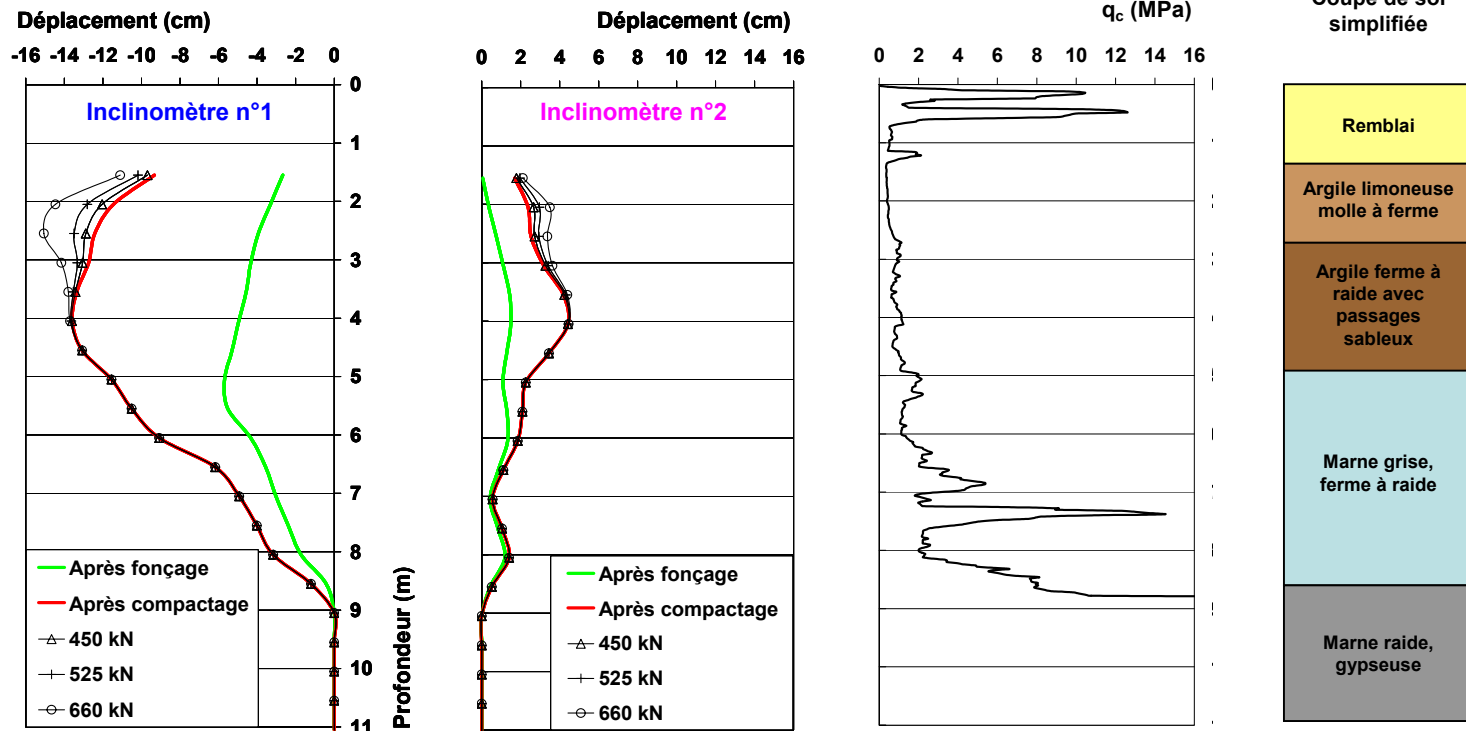
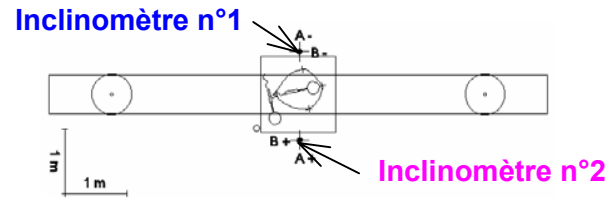
3. Essais de chargement en grandeur réelle

3. Essais de chargement sur une colonne et sur le sol naturel



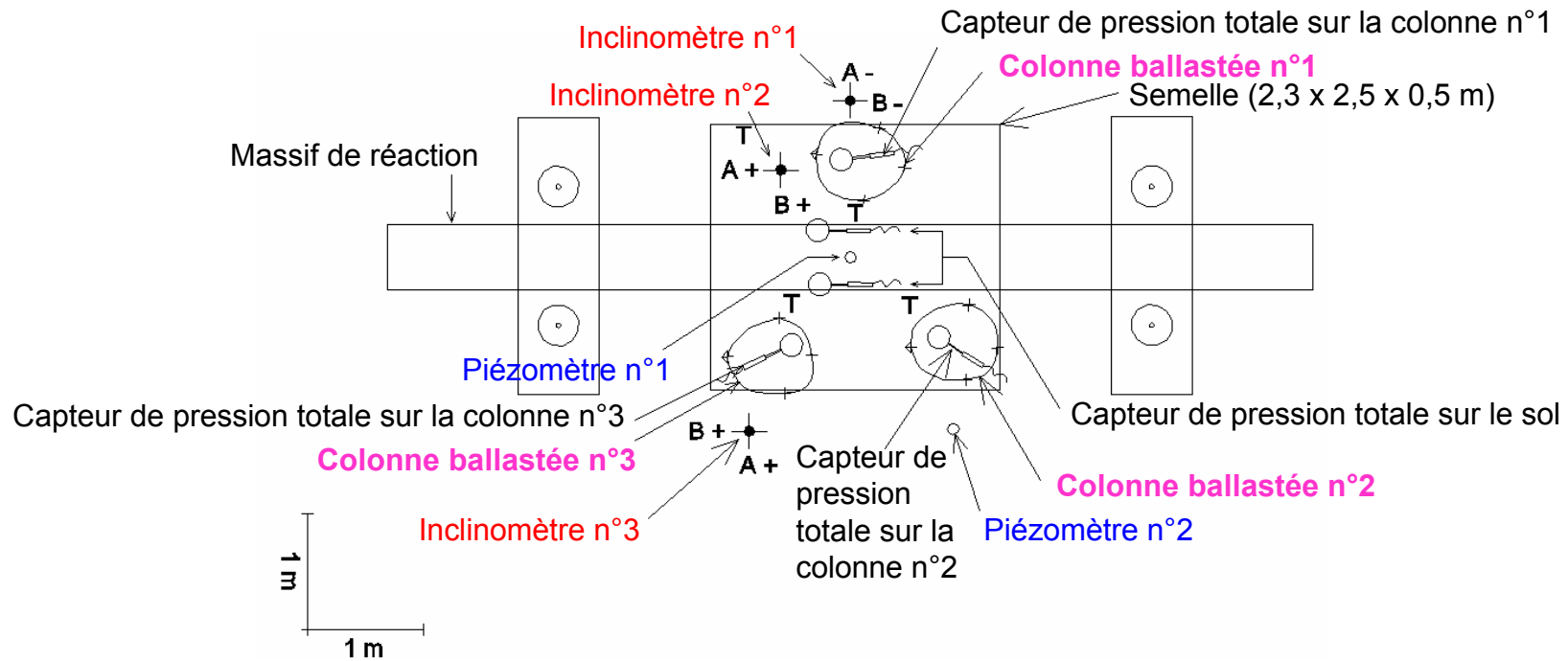
Vue en plan de l'essai de chargement sur la colonne et sur le sol naturel

3.1 Essais de chargement (1 colonne) : déplacements latéraux



Déplacements latéraux, résistance à la pointe et coupe de sol simplifiée

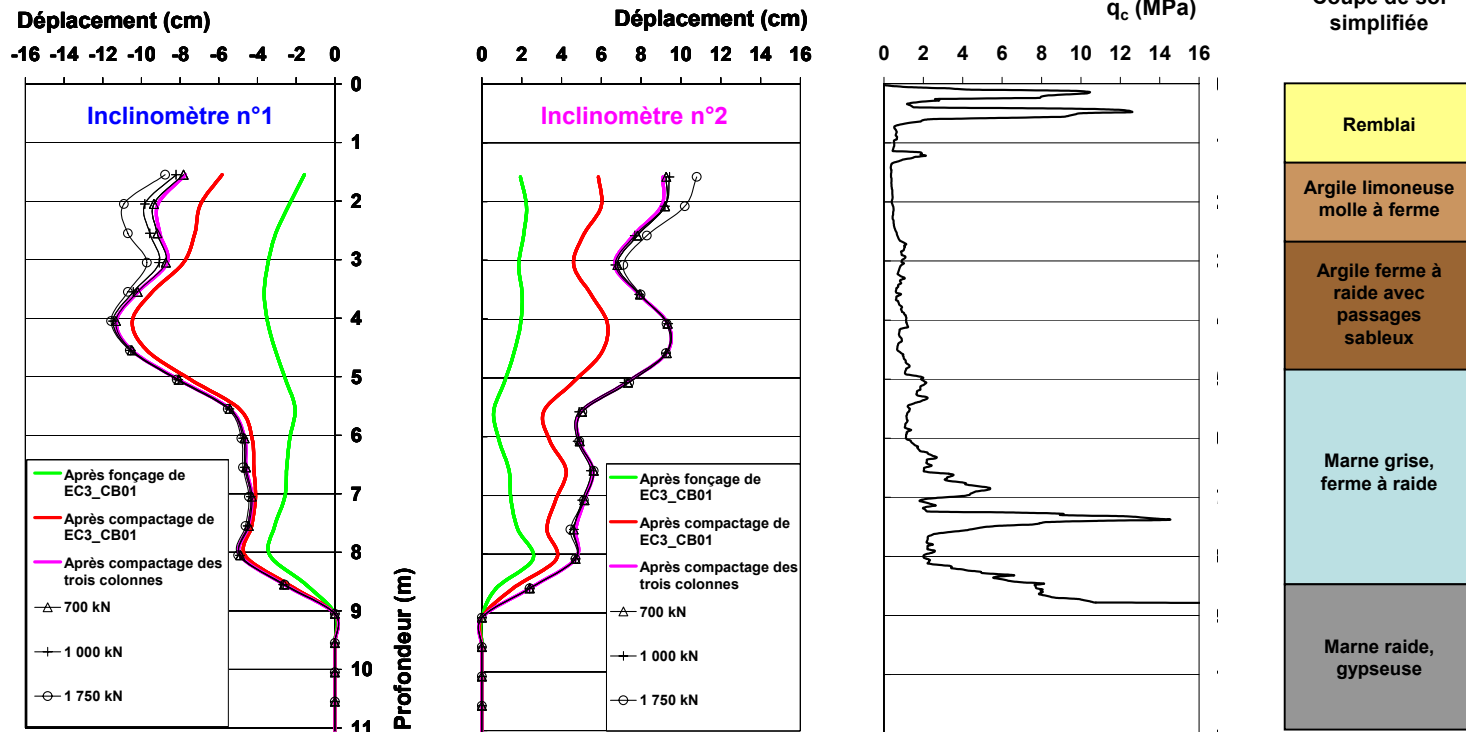
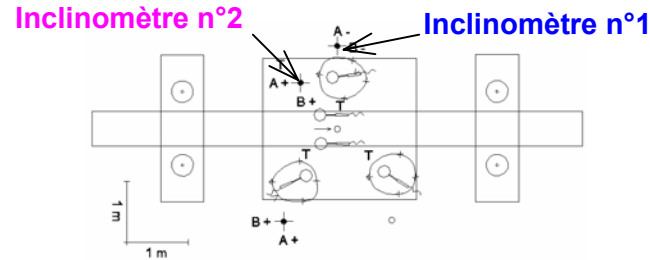
3. Essais de chargements sur trois colonnes et sur le sol naturel



Vue en plan de l'essai de chargement sur les trois colonnes

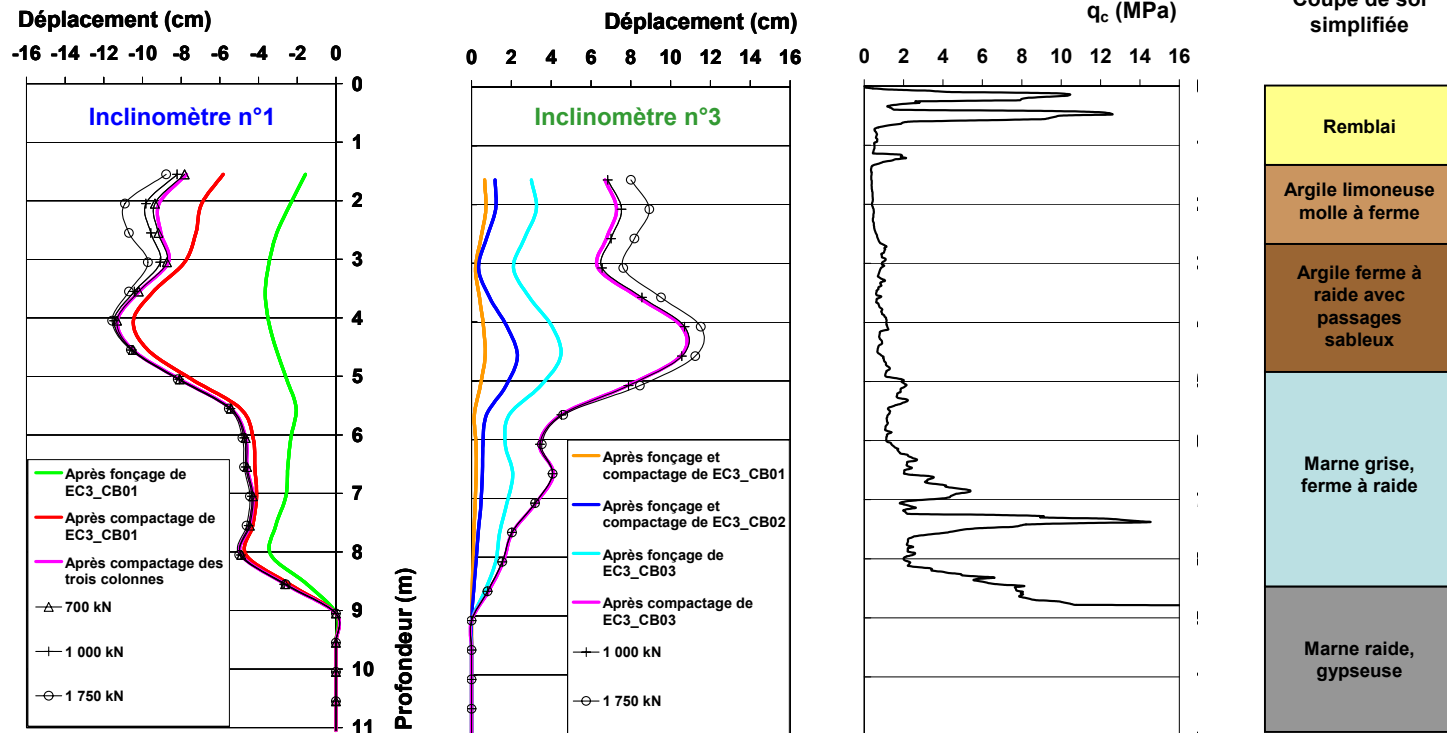
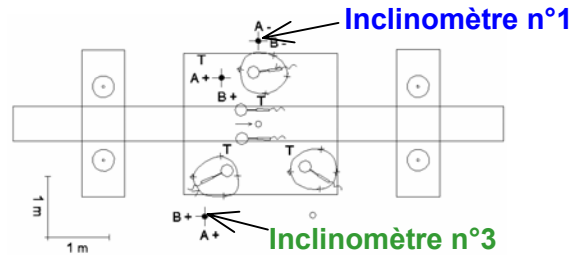


3.1 Essai de chargement (3 colonnes) : déplacements latéraux



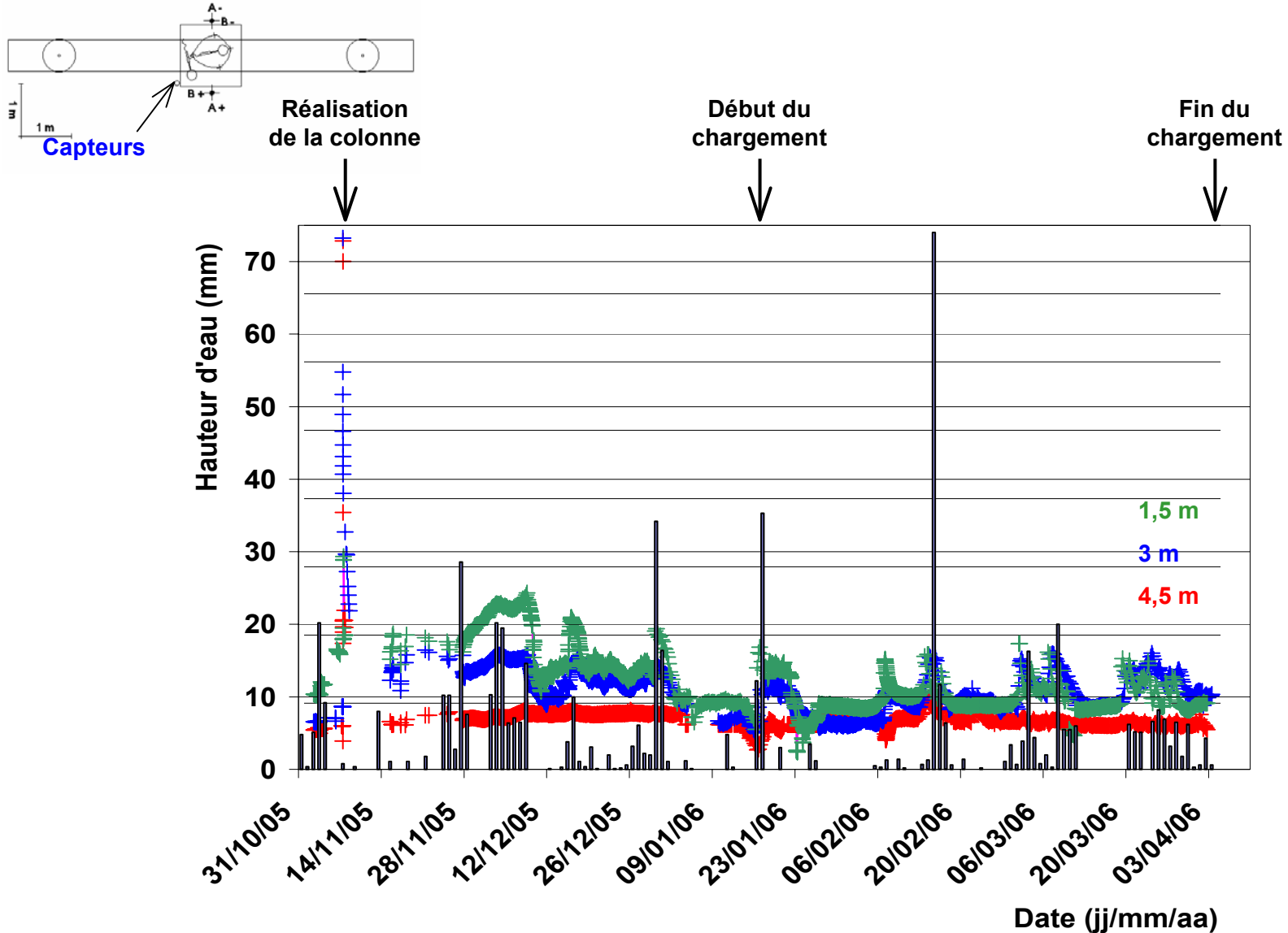
Déplacements latéraux, résistance à la pointe et coupe de sol simplifiée

3.1 Essais de chargement (3 colonnes) : déplacements latéraux



Déplacements latéraux, résistance à la pointe et coupe de sol simplifiée

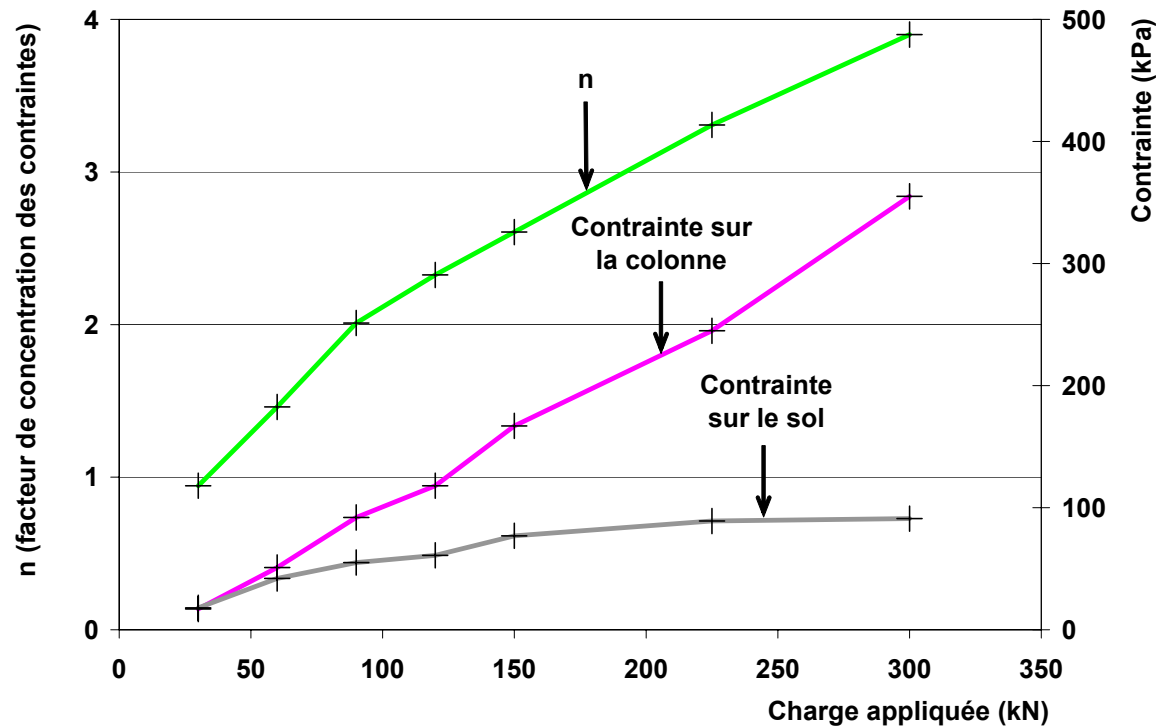
3.2 Essais de chargement (1 colonne) : pression interstitielle



Pressions interstitielles à 1,5, 3 et 4,5 m de profondeur à proximité de la colonne

3.3 Essais de chargement (1 colonne) : facteur de concentration des

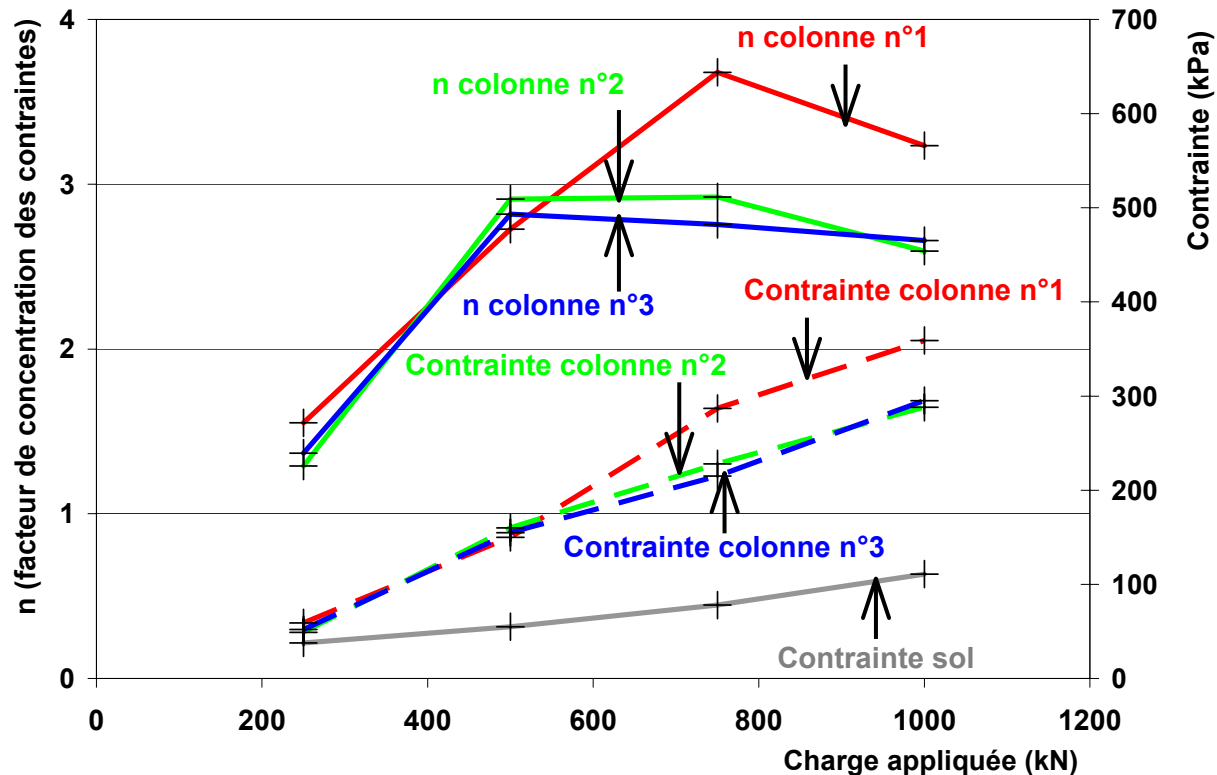
contraintes verticales $n = \frac{\text{contrainte sur la colonne}}{\text{contrainte sur le sol}}$



Facteur de concentration des contraintes en
fonction de la charge appliquée

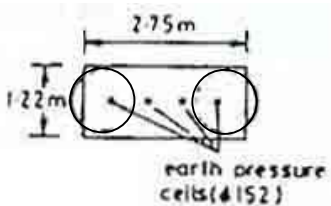
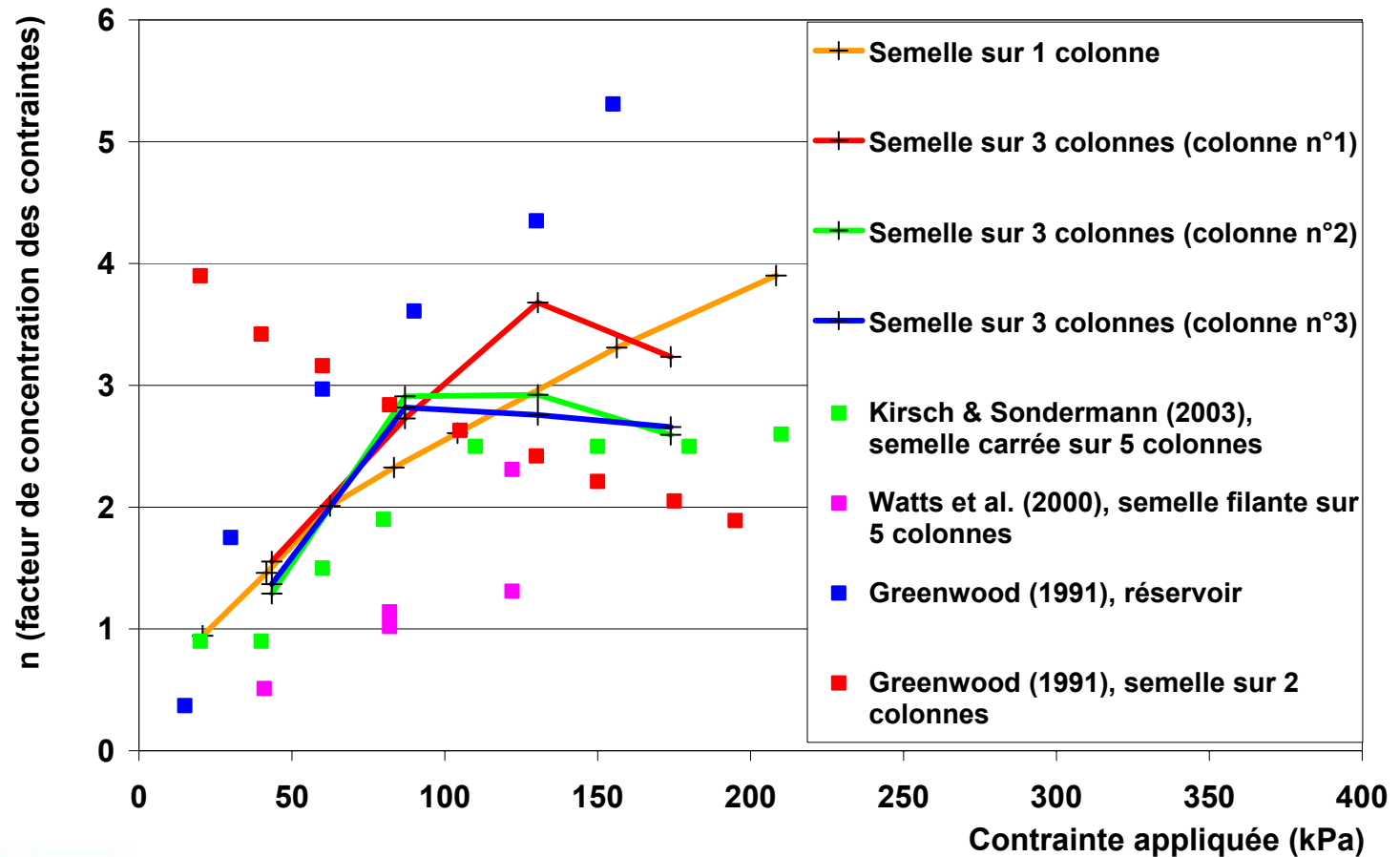
3.3 Essais de chargement (3 colonnes) : facteur de concentration des

contraintes verticales $n = \frac{\text{contrainte sur la colonne}}{\text{contrainte sur le sol}}$



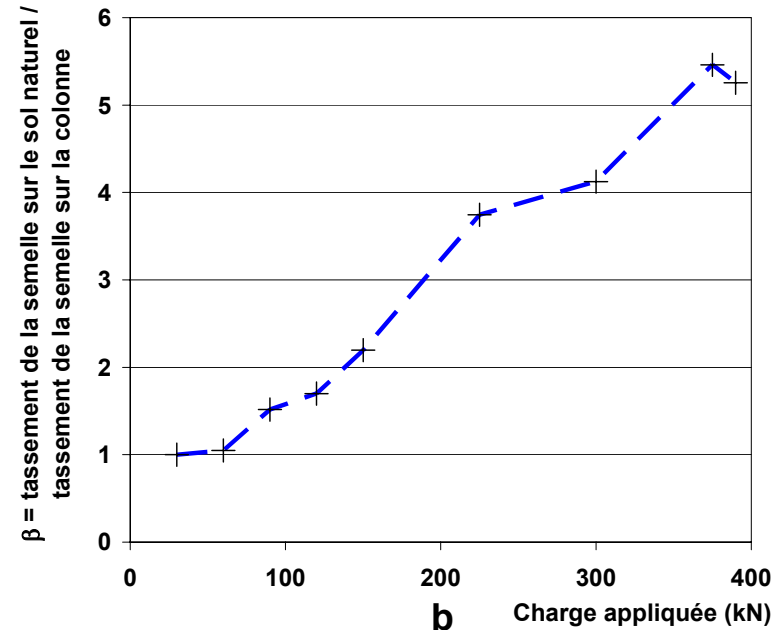
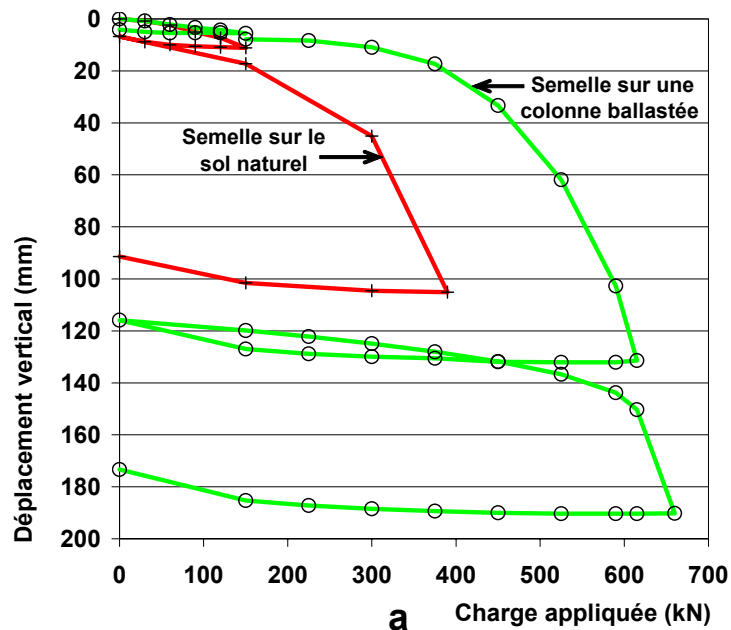
Facteur de concentration des contraintes en
fonction de la charge appliquée

3.3 Essais de chargement (1 et 3 colonnes) : facteur de concentration des contraintes verticales



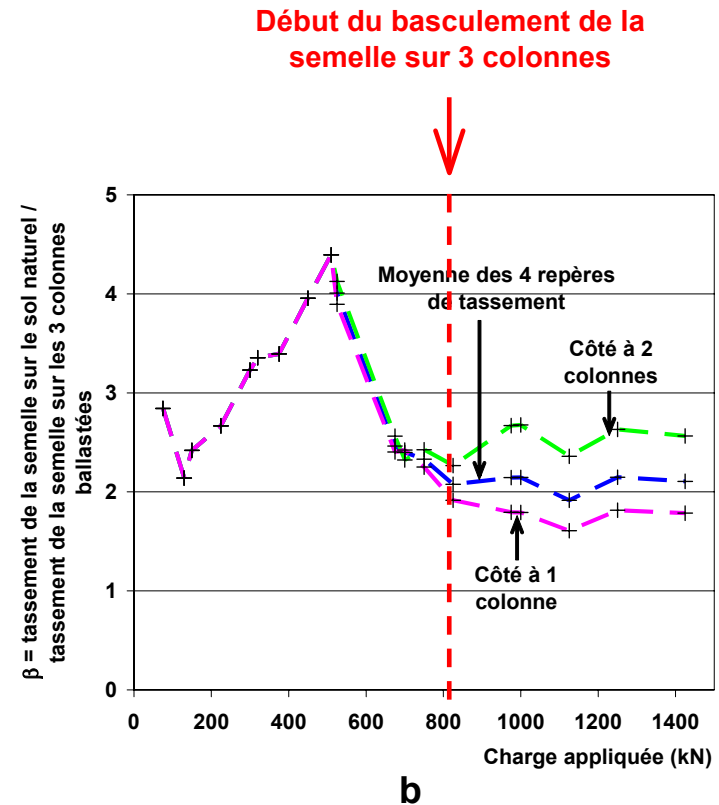
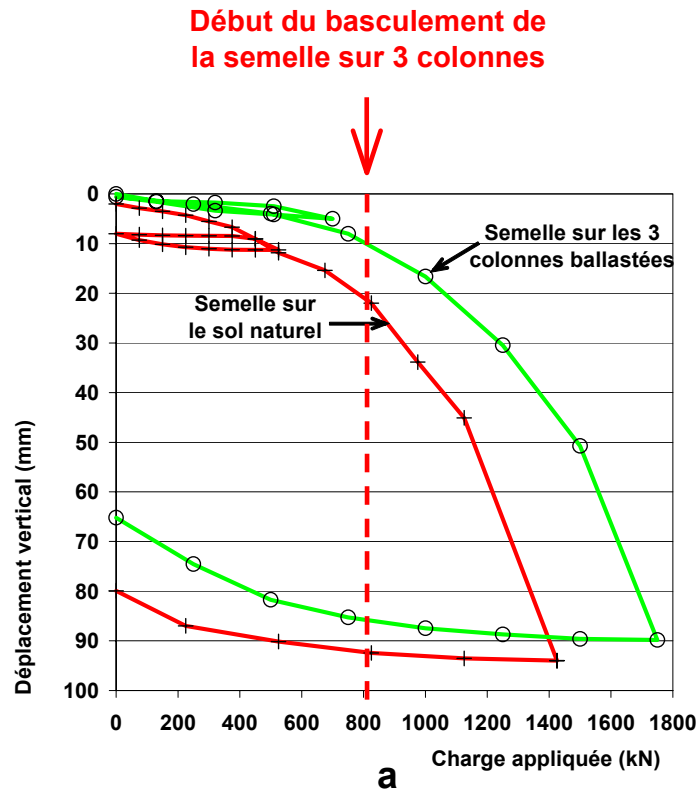
Comparaison des facteurs de concentration des contraintes verticales

3.4 Essais de chargement (1 colonne) : tassement et charge de fluage



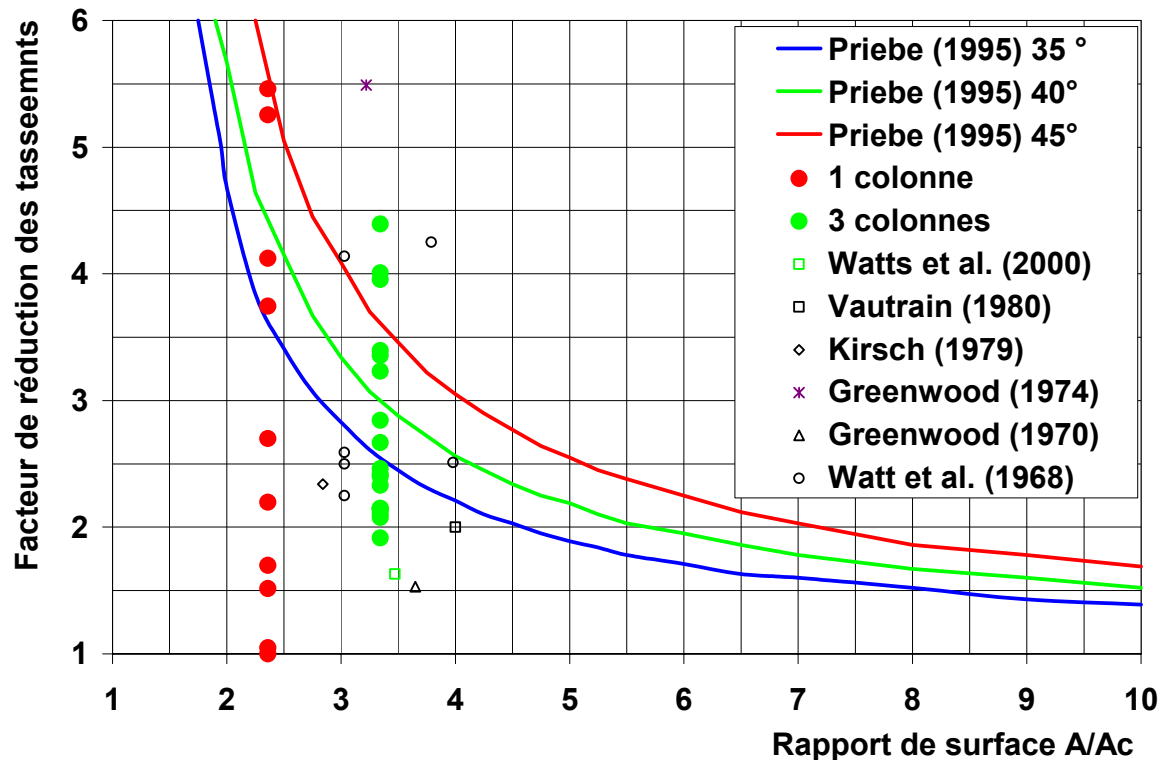
Tassement de la semelle sur le sol naturel et sur une colonne ballastée en fonction de la charge appliquée (a), et facteur de réduction des tassements en fonction de la charge appliquée (b).

3.4 Essais de chargement (3 colonnes) : tassement et charge de fluage



Tassement de la semelle sur le sol naturel et sur les 3 colonnes ballastées en fonction de la charge appliquée (a), et facteur de réduction des tassements en fonction de la charge appliquée (b).

3.4 Essais de chargement : résultats et abaque de Priebe



Facteur de concentration en fonction du rapport de surface et de l'angle de frottement du matériau

A = aire d'une maille élémentaire

Ac = aire d'une colonne de la maille

Conclusion

Mise en place des colonnes dans un sol cohérent :

- création d'un excès de pression interstitielle important

Après réalisation :

- faible amélioration du sol (*CPT*)

Chargement des semelles sur sol non amélioré et amélioré :

- augmentation de la charge de fluage

- réduction importante des tassements

Recommandations

- prendre en compte la charge lors de la détermination du facteur de réduction des tassements

- adapter la disposition des colonnes à la géométrie de la semelle



Merçi pour votre attention



Bibliographie

- Callanan J. F. (1991).** Design and construction monitoring of stone column foundations in hydraulic fill, *Proceedings of the 10th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 349-352.
- Charles J.A (1976).** The use of one dimensional compression test and elastic theory in predicting deformations of rockfill embankments. *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 13, No. 3, 189-200.
- Dhouib A., Magnan J.P., Guilloix A. (2004).** Méthodes de reconnaissance et application aux sols et techniques d'amélioration. *Actes du Symposium International sur l'Amélioration des Sols en Place (ASEP – GI 2004)*. Edition Presses de l'ENPC-LCPC, Paris. Vol. 2.
- Dobson T., Slocombe B. (1982).** Deep densification of granular fills. 2nd Geotechnical Conference and Exhibit on Design and Construction.
- Goughnour R.R., Sung J.T., Ramsey J.S. (1991).** Slide correction by stone columns. *Deep Foundation Improvements : Design, construction and testing ASTM STP 1089*, Esrig M.I., Bachus R.C., Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 131-147.
- Greenwood D.A. (1991).** Load tests on stone columns. *Deep Foundation Improvements : Design, construction and testing ASTM STP 1089*, Philadelphia, 148-171.
- Greenwood D.A. (1974).** Differential settlement tolerances of cylindrical steel tanks for bulk liquid storage. *Conference on Settlement of Structures*, Cambridge, 361-367.
- Greenwood D.A. (1970).** Mechanical improvement of soils below ground surface. *Conference on Ground Engineering*. ICE, London, 11-22.
- Guilloix A., Gernigon P., Bretelle S., Della Longa Y. (2003).** Analyse comparative des fondations retenues pour trois projets de grands réservoirs. *Symposium International FONDSUP 2003*, ENPC/LCPC, Paris, 295-302.
- Hayden R.F., Welch C.M. (1991).** Design and installation of stone columns at naval air station. *Deep Foundation Improvements : Design, construction and testing ASTM STP 1089*, Esrig M.I., Bachus R.C., Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 172-184.
- Kirsch F., Sondermann W. (2003).** Field measurements and numerical analysis of the stress distribution below stone column supported embankments and their stability. *International Workshop on Geotechnics of Soft Soils – Theory and Practice*. Vermeer et al. (Eds.), 595-600.
- Priebe H.J. (1995).** The design of vibro replacement. *Ground Engineering*. December. pp.31-37.
- Priebe H.J. (1991).** Vibro replacement – Design criteria and quality control. *Deep Foundation Improvements : Design, construction and testing ASTM STP 1089*, Esrig M.I., Bachus R.C., Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 62-72.
- Queyroi D., Chaput D., Pilot G. (1985).** Amélioration des sols de fondation, choix des méthodes d'exécution. Note d'information technique du Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports. Editions du LCPC. 53p. ISSN 0337-1565.
- Vautrain J. (1980).** Comportement et dimensionnement des colonnes ballastées. *Revue Française de Géotechnique*, n° 11, 59-73.
- Watts K.S., Johnson D., Wood L.A., Saadi A. (2000).** An instrumented trial of vibro ground treatment supporting strip foundations in a variable fill, *Géotechnique* 50, No. 6, 699-708.
- Watt A.J., de Boer J.J., Greenwood D.A. (1967).** Loading tests on structures founded on soft cohesive soils strengthened by compacted granular columns. *Proc. 3rd Asian Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Haifa, 248-251.