

Journée Technique du 3 Décembre 2014 :
« Réhabilitation et confortement des ouvrages / Reprise en sous-
œuvre »

*La réutilisation des fondations existantes dans les
projets de réhabilitation de constructions anciennes :
deux projets parisiens : les entrepôts Calberson
« MacDonald » et le secteur Est de l'université de
Jussieu*



Hervé LE BISSONNAIS, TERRASOL



Introduction :

- Lors de la réhabilitation de bâtiments existants, il est souhaitable (dans la mesure du possible) de conserver les fondations existantes,
- Quand celles-ci ne permettent pas de garantir une sécurité satisfaisante de la nouvelle structure, il est possible de :
 - les renforcer,
 - ou de créer de nouvelles fondations.





Il est nécessaire de mettre en œuvre une démarche progressive permettant d'aboutir à la solution la plus adaptée. Cette démarche doit comporter :

- Une reconnaissance approfondie de l'état de la fondation (qualité du béton, diamètre, longueur) et des terrains d'assise,
- Une analyse précise des variations de charge que le bâtiment a et va subir (en service avant réhabilitation, pendant la phase travaux et après réhabilitation),
- La détermination des fondations à renforcer,
- Le choix de la technique la mieux adaptée aux fondations et à l'environnement du projet (souvent en espace très contraints)
- Une analyse détaillée des transferts de charge entre anciennes et éventuelles nouvelles fondations



Déroulement d'un projet



Deux exemples de projets en région parisienne :

1 : Réhabilitation
des entrepôts
Calberson sur le bd
MacDonald (Paris
XIX)

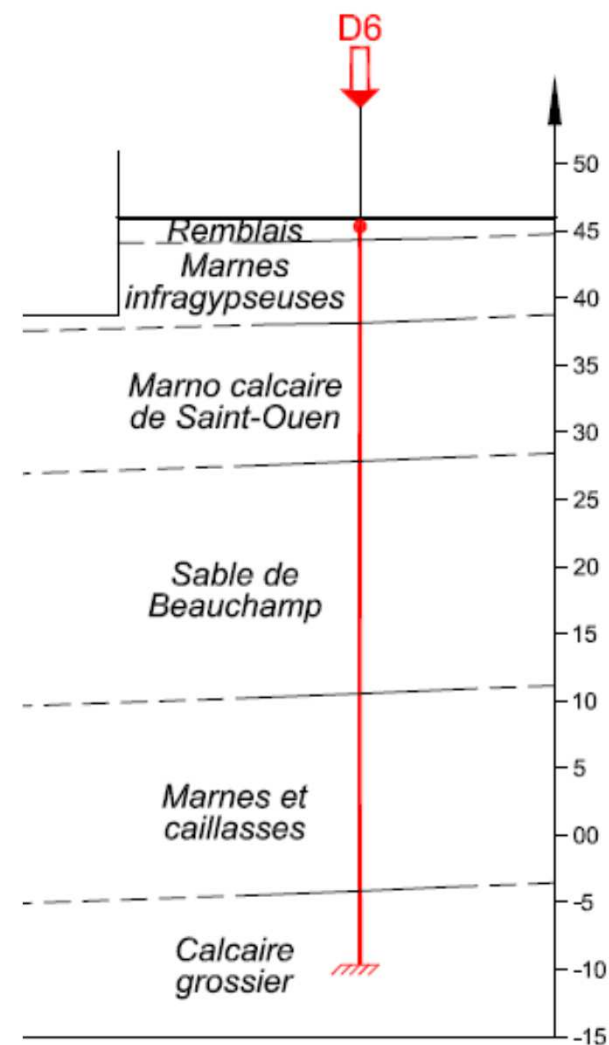


2 : Réhabilitation du
secteur Est de
l'université de
Jussieu (Paris V)



Entrepôts Calberson (MacDonald)

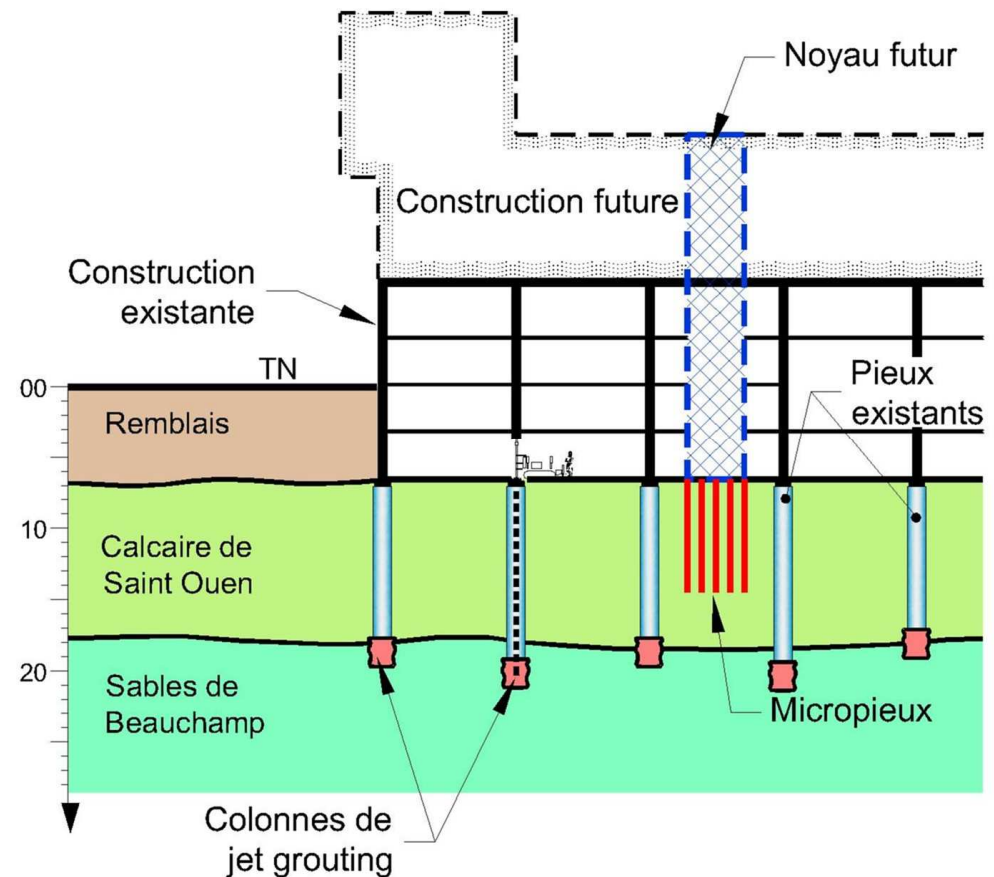
- 600 ml x 60 ml
- 5 nouveaux étages
- Bâtiments sur pieux (10ml; ϕ 1 à 1,6m)
- Géologie :
 - Marne Infra gypseuse
 - Marno calcaire de St Ouen (risques karsts à la base)
 - Sables de Beauchamp
 - Marnes et Caillasses (risque gypse)



Entrepôts Calberson (Mac Donald)

Entrepôts Calberson (Mac Donald)

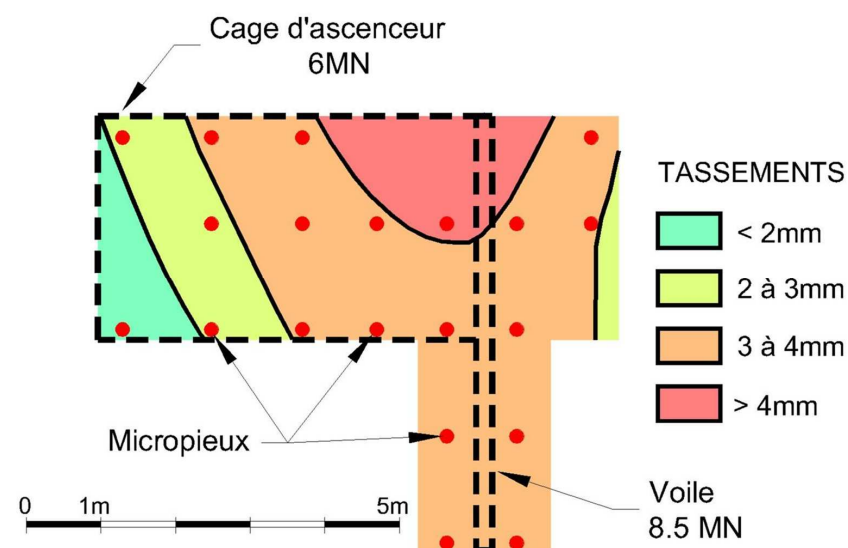
- Deux solutions :
 - renforcement des fondations par colonnes de jet grouting réalisées sous la base des pieux (anomalie calcaire Saint Ouen)
 - nouvelles fondations par micropieux pour les nouvelles parties



Problématiques :

- Le risque de soulèvement lors de la réalisation des colonnes de jet ou de tassements lorsque la colonne en base de pieu n'a pas encore fait prise,
- La redistribution de charge entre anciens pieux et nouveaux micropieux.

Méthodologie des études :
modélisation à partir de plaques sur
appuis élastiques, permettant de
calculer les tassements sous
l'ensemble des appuis.



Entrepôts Calberson (Mac Donald)

Renforcement des pieux par jet grouting



- Pieux de diamètres 1.6m à renforcer
- Deux colonnes de jet par pieux : diamètre 1,3 m et 3 m de longueur
- 380 pieux à renforcer sur 500
- Risque soulèvement en phase réalisation puis tassements avant prise de la colonne : suivi topo



Entrepôts Calberson (Mac Donald)

Fondations nouvelles : essais micropieux



- Micropieux de longueur réduite : 8 m
- Redistribution des charges entre pieux existants et micropieux plus souples
- Essai de chargement sur groupe de 4 micropieux (mesure effet de groupe sur la raideur)
- 4 micropieux chargés par 4 vérins de 1000 kN
- Résultats : pas d'interaction significative entre micropieux
- 2700 micropieux réalisés

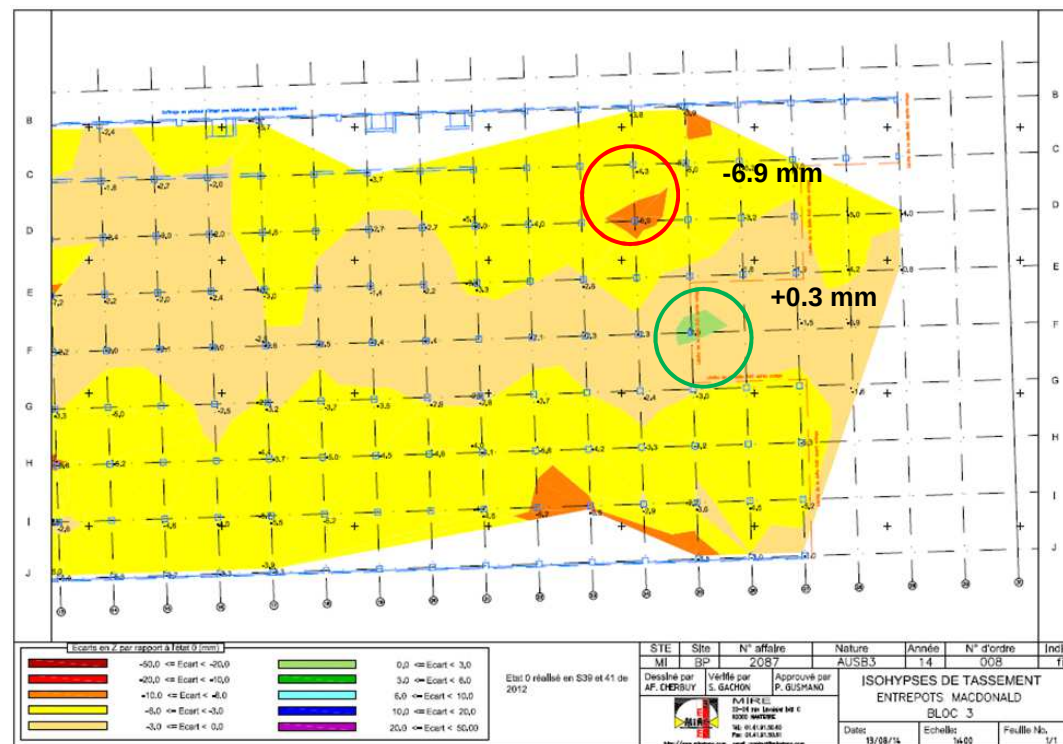


Entrepôts Calberson (Mac Donald)

Suivi des tassements en phase travaux

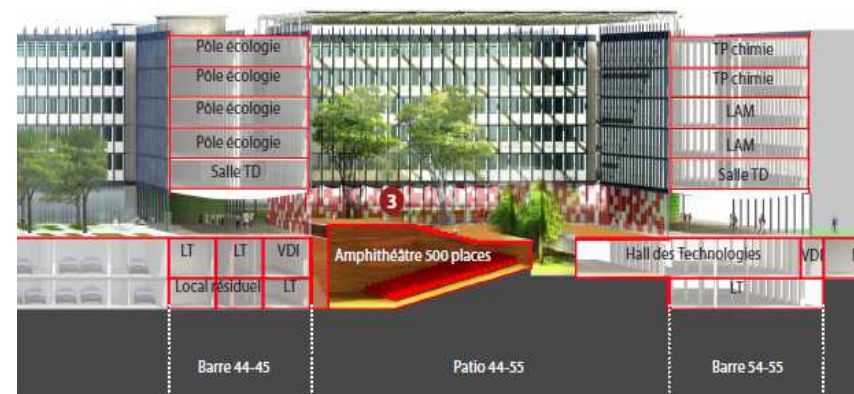
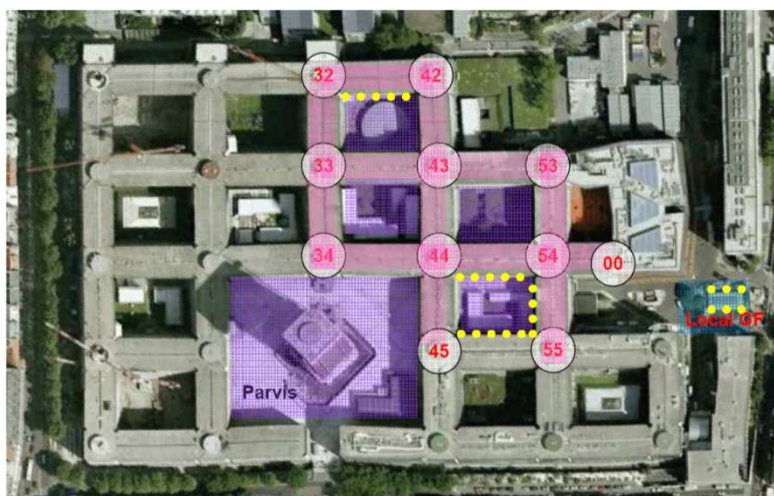
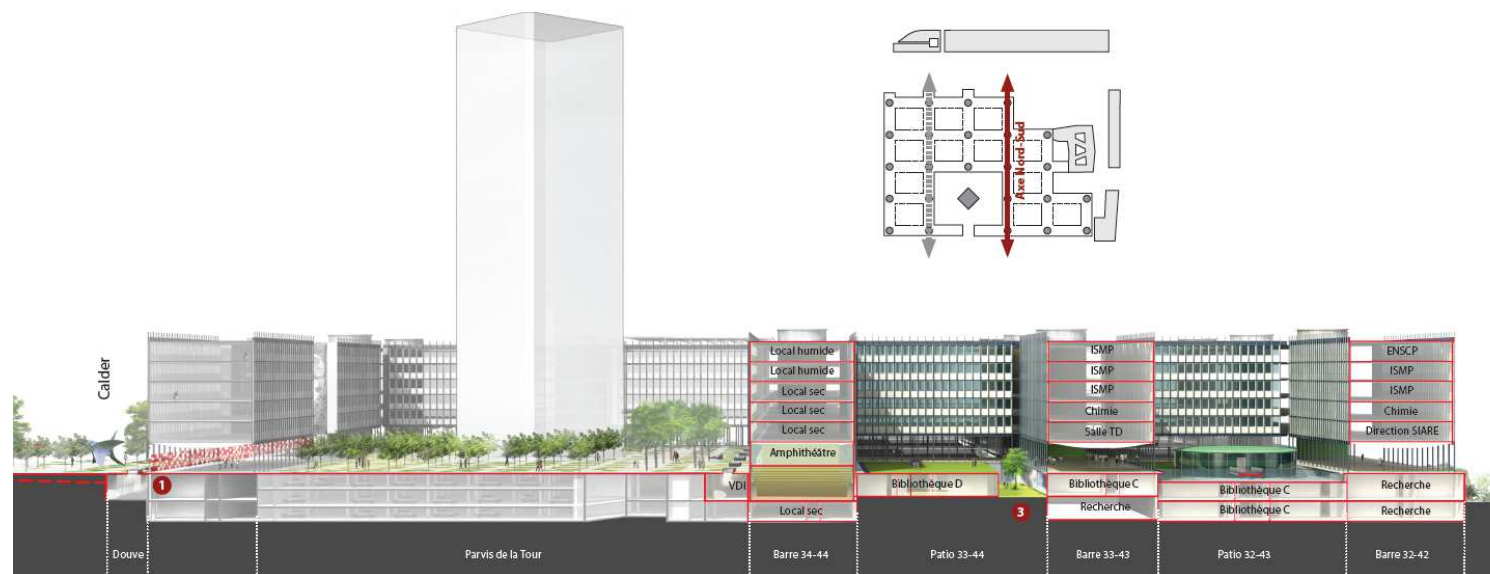


- Suivi depuis 2012 (encore actif)
- En octobre 2014 : en moyenne 5 mm de tassements, jusqu'à 9 mm max, concordant avec le niveau d'avancement des travaux
- Différentiel < 1/1000



Entrepôts Calberson (Mac Donald)

Réhabilitation de l'université de Jussieu

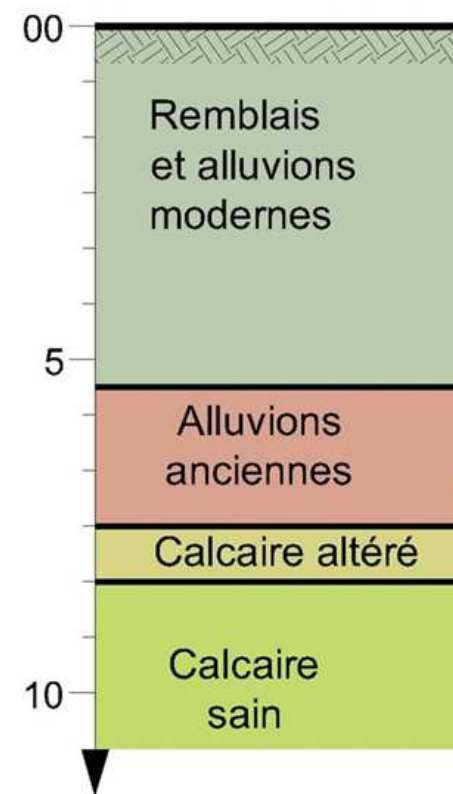


Présentation du projet

Contexte Géologique :



- Remblai de surélévation : terrains d'origine anthropique, hétérogènes ;
- Alluvions Modernes : argiles, limons, sables vasards, compressibles ;
- Alluvions Anciennes : galets, graviers, cailloux, sables, bonnes caractéristiques mécaniques homogènes ;
- Substratum altéré : Calcaire Grossier altéré ;
- Substratum sain : Calcaire Grossier sain.



Problématiques

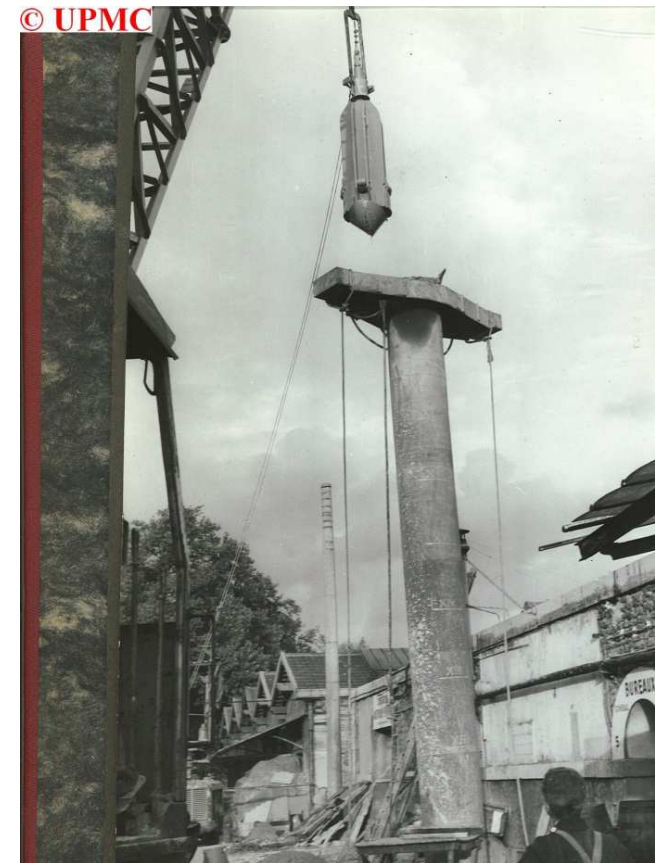
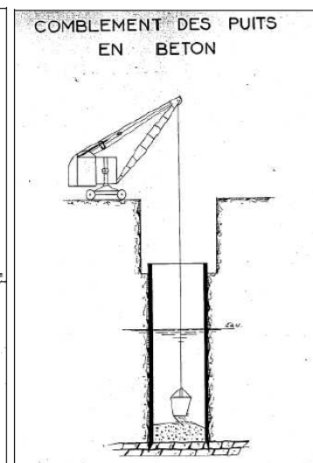
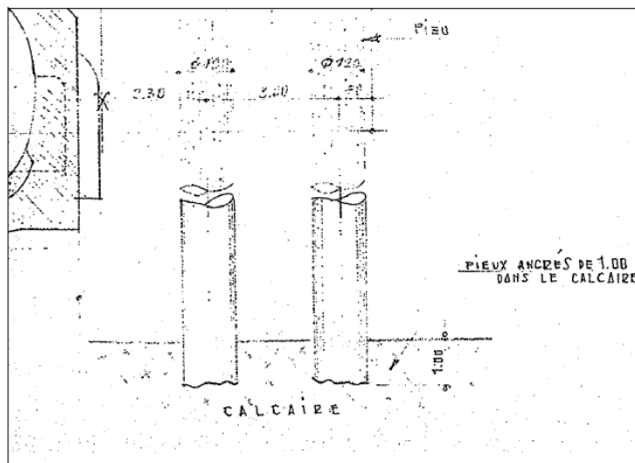
- Projet de rénovation, sans apport de nouvelle charge
- Pieux 0.5 à 0.8 m de diamètre (480 unités)
- Certains pieux n'étaient pas suffisamment ancrés, ou avec des défauts de portance dans les calcaires altérés
- Généralement défaut de portance, et niveau de sécurité insuffisant (prise en compte des nouveaux règlements)



Déroulement des études:



- Analyse des archives datant de la construction :
 - technique de réalisation des pieux (tubage, forage à la benne, trépan, bétonnage)
 - implantation, diamètre



Réhabilitation de l'université de Jussieu

Déroulement des études:



- Investigations classiques géotechniques (sondages carottés, sondages pressiométriques), avec contraintes fortes au niveau des accès en sous-sol (hauteur, porte, escalier)
- Reconnaissances des fondations (fouille)



Déroulement des études:



- Investigations par méthodes géophysiques (impédance mécanique et sismique parallèle) : difficulté de réalisation et d'interprétation (interaction avec poteaux, longrines, etc...)
- Calage sur pieu d'essai





Bilan des études G2 :

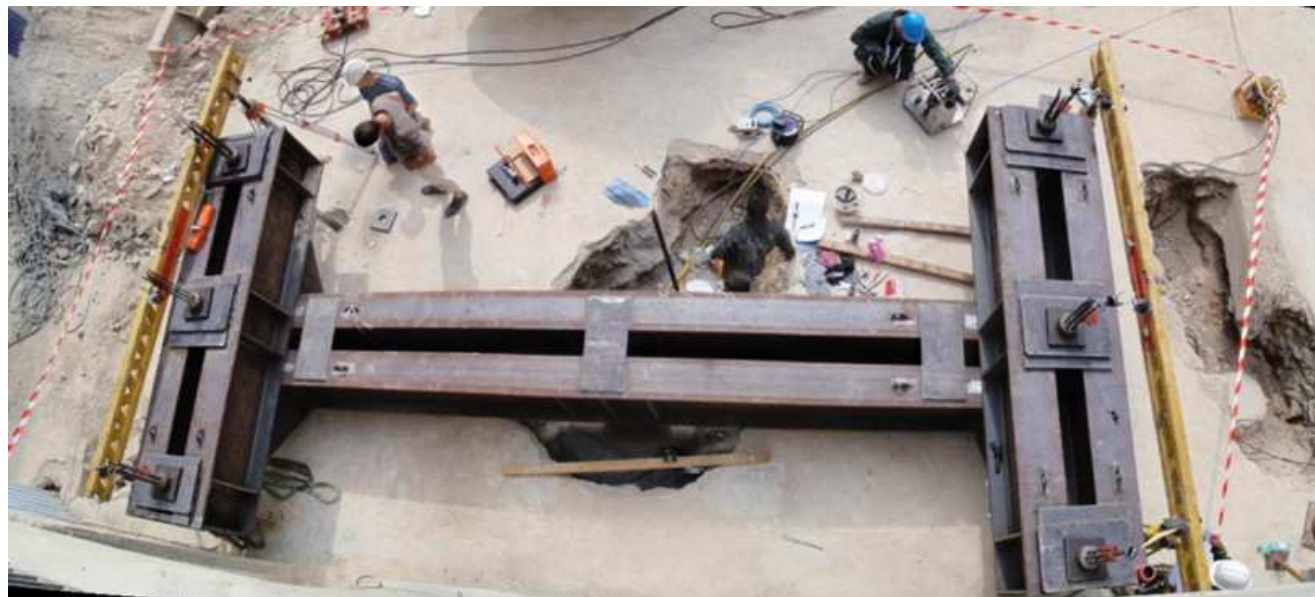
- Certains pieux sont ancrés dans les Alluvions Anciennes (défaut d'ancrage)
- Défaut de portance général selon le DTU 13.2 pour quasiment tous les pieux (évolution des règlements)



Réalisation d'un plot d'essais



- Quatre anciens pieux disponibles sur patio 23-34
- Quatre essais de pieux statiques sur pieux existants
 - o Deux sans traitement
 - o Deux avec traitement par injection

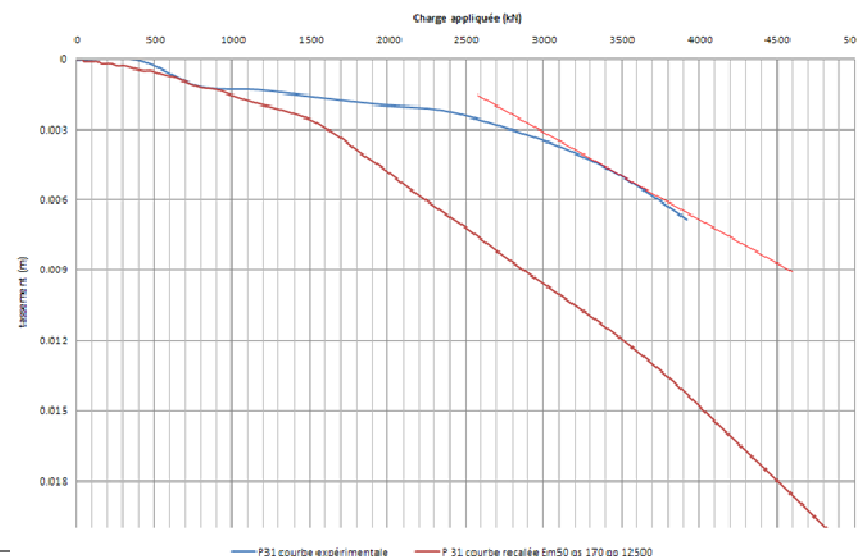
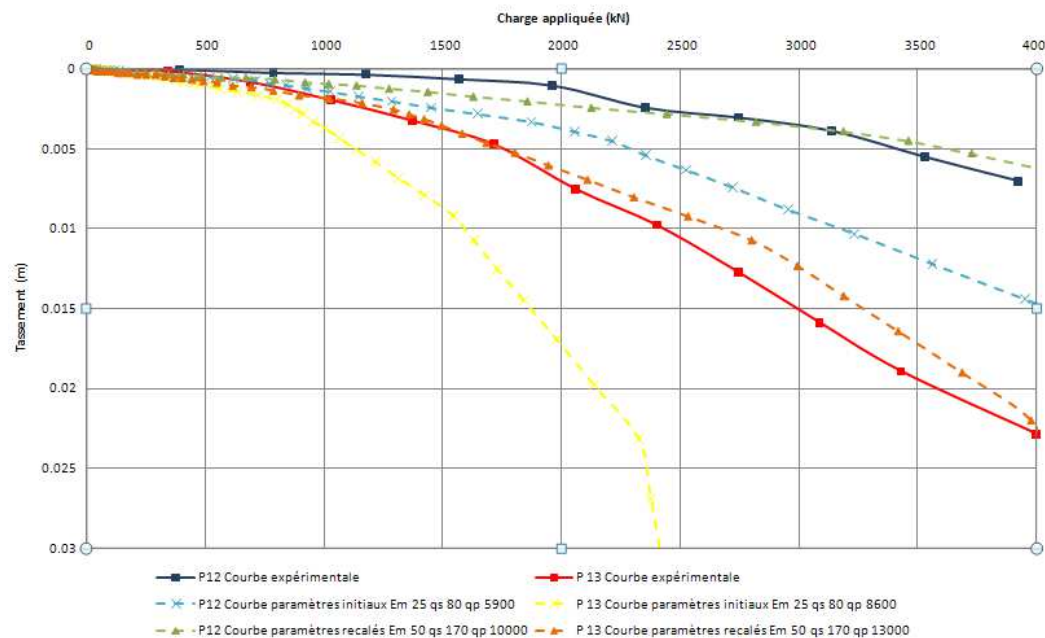


Réhabilitation de l'université de Jussieu

Résultats du plot d'essais :



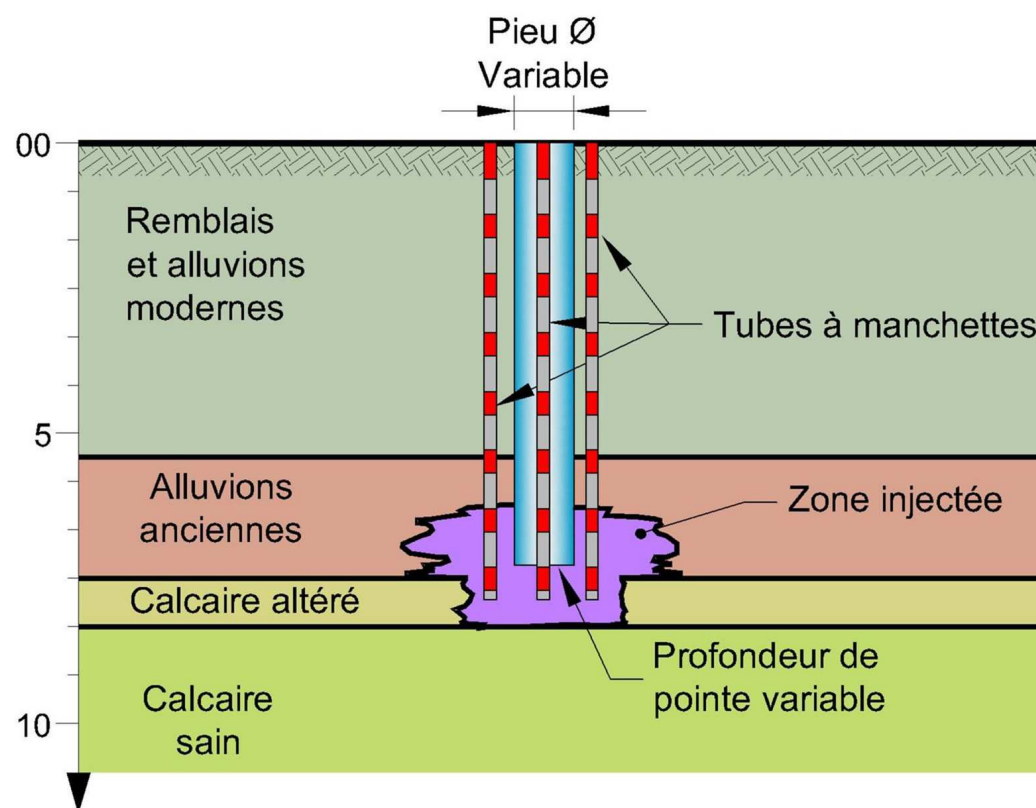
- Recalage des paramètres (sans traitement) : par ex qs passé de 80 à 170 kPa
- Nette amélioration du frottement latéral dans les Alluvions Anciennes après injection



Réhabilitation de l'université de Jussieu

Solution retenue :

Renforcement des pieux les plus critiques par injection de coulis autour des pieux (3 forages par pieux), afin d'augmenter le frottement sol pieux et la qualité des terrains sous la pointe





Poursuite des vérifications au stade EXE

- Prise en compte du plot d'essais (augmentation du q_s en particulier)
- Descente de charge réévaluée
- Autorisation de 5% de dépassements de la charge ELU et 3% ELS (tolérance d'exécution)
- Prise en compte de reconnaissances complémentaires (nouveaux sondages pressiométriques, sismique parallèle)
- **Bilan : 9 pieux renforcés par injection (sur 480)**



Chaque projet nécessite une approche progressive comportant :

- Une analyse et un diagnostic précis de l'état des fondations et de la structure du bâtiment à partir de reconnaissance adaptée
- Une analyse détaillée de l'évolution de la descente de charge sur la fondation
- La vérification de la portance des fondations avec prise en compte des nouveaux règlements
- L'étude de différents scénarios possibles (réutilisation, renforcement, nouvelles fondations)
- Le choix final de la solution
- Un suivi rigoureux lors de la réalisation du renforcement permettant de s'assurer que les travaux n'engendrent pas de désordre sur la structure