

Injections de résine expansive – Amélioration en sous-œuvre d'un bâtiment haussmannien

Présentation

Nicolas FAURE – URETEK France



26 AVRIL 2018



Sommaire

- Introduction
- Contexte géotechnique
- Définition des objectifs
- Contraintes d'exécution
- Solution proposée
- Prédimensionnements
- Mise en œuvre des injections
- Validation des objectifs
- Conclusions



Introduction

Bâtiment haussmannien datant de 1867 édifié en R+5 sur un à deux niveaux de sous-sol.

Localisation: Paris 7^{ème} , bords de Seine.

Nature d'occupation: sensible (CE et PE).

Origine des désordres: Altération des sols d'assise ayant entraîné une déstabilisation de l'ouvrage.



Contexte géotechnique

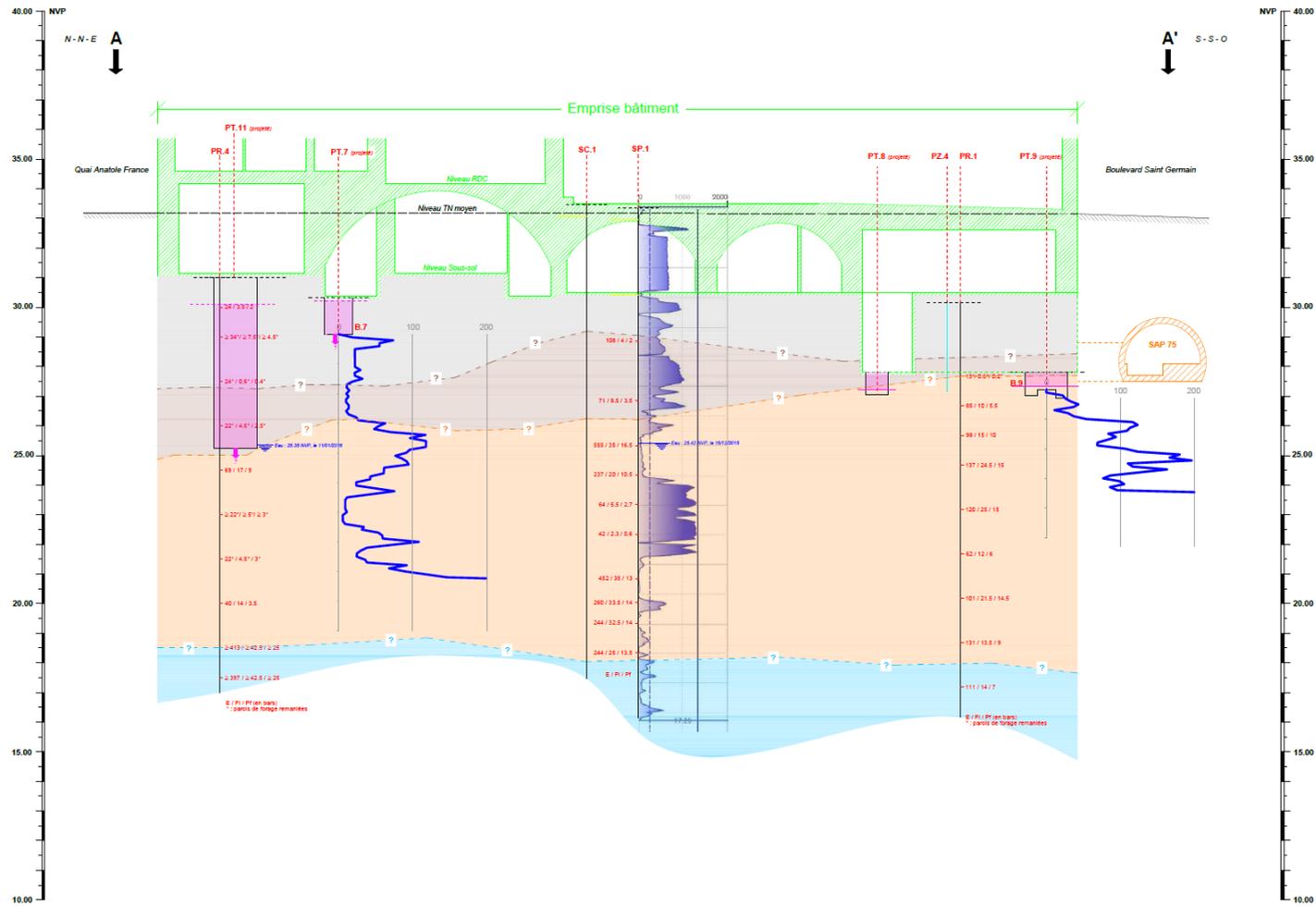
Fondations filantes en béton cyclopéen présentant des niveaux d'assise (-3,20 à -5,75m/SS1) et des largeurs (0,75 à 1,25 m) variables.

Terrains d'ancrage hétérogènes: remblais, alluvions modernes et alluvions anciennes.

Faiblesse des caractéristiques mécaniques au sein des remblais et alluvions modernes + lentilles d'altération intercalées dans les alluvions anciennes.

Ces altérations en profondeur sont supposées être liées aux pompages réalisés à proximité.

Contexte géotechnique



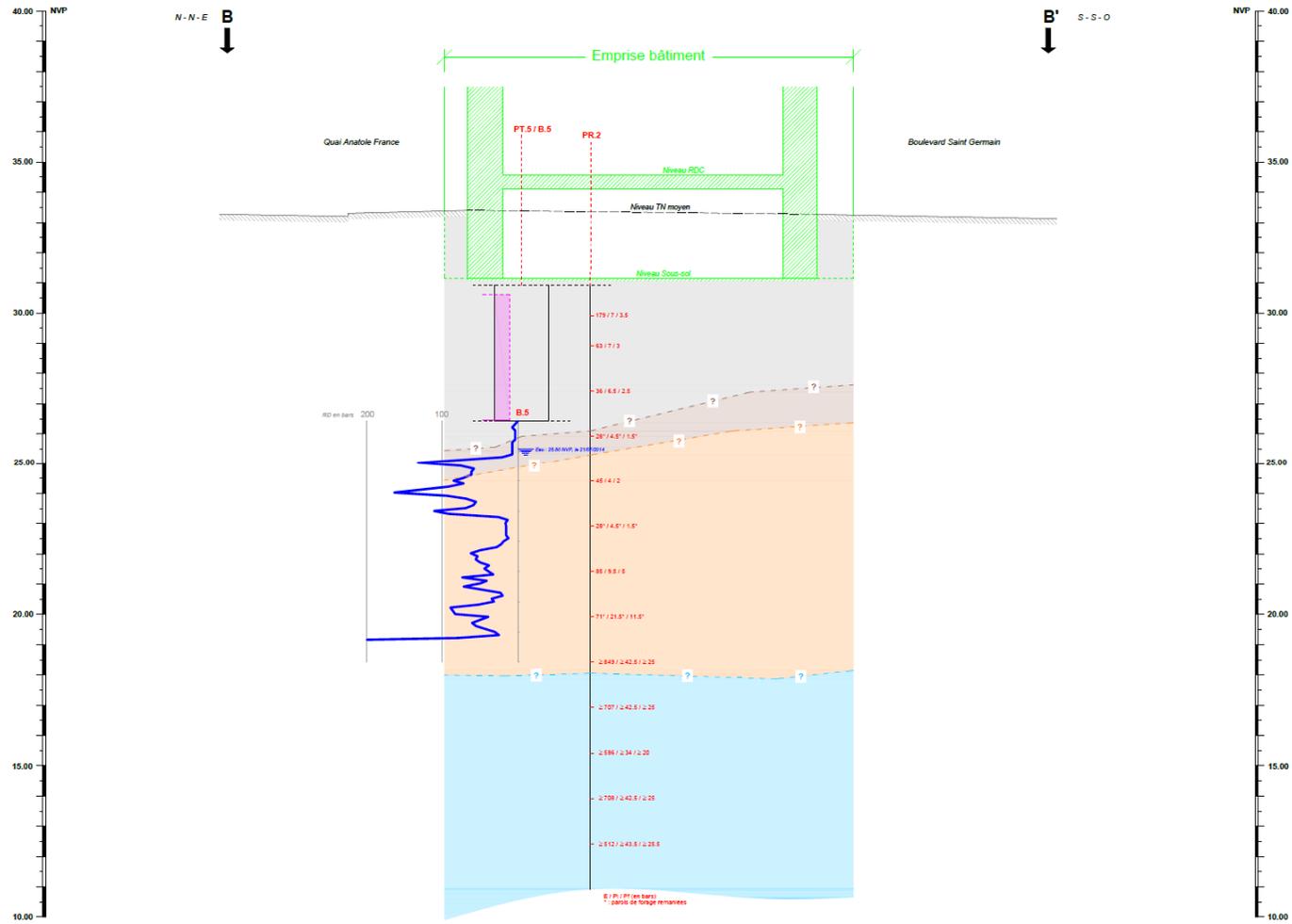
Source GD-MH

26 AVRIL 2018

FNTP - CFMS

6

Contexte géotechnique



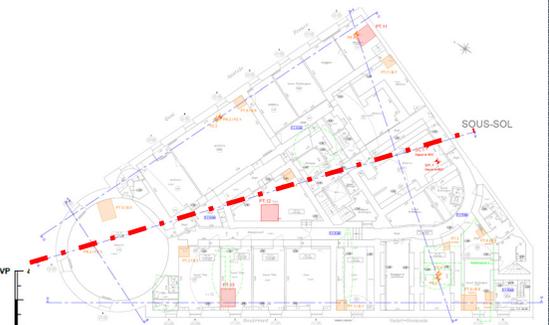
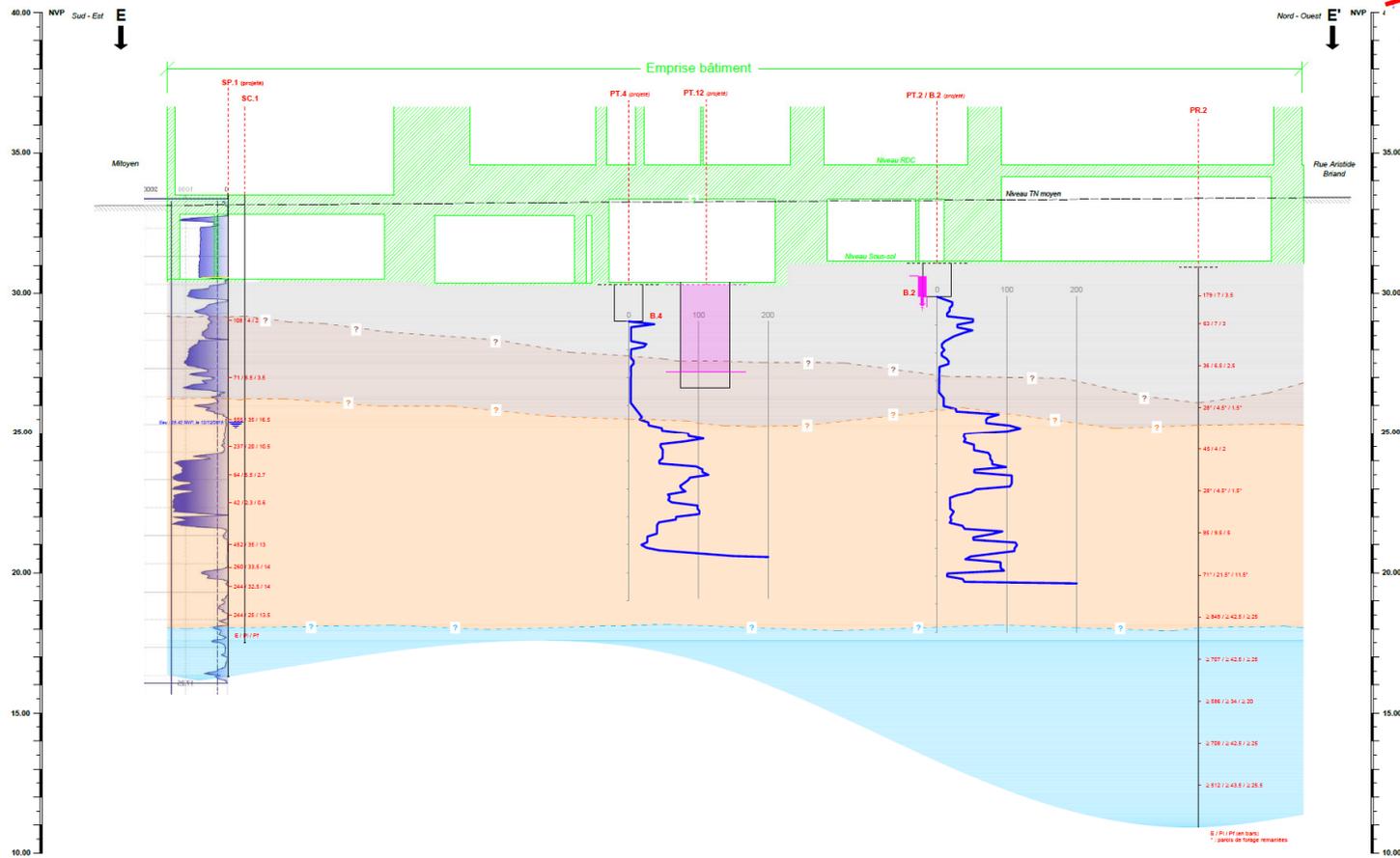
26 AVRIL 2018

FNTP - CFMS



Source GD-MH

Contexte géotechnique



Source GD-MH

Définition des objectifs

- ⇒ 300 ml de fondation à reprendre.
- ⇒ Traitement jusqu'à des profondeurs comprises entre -8,00 et -11,50 m/SS1.
- ⇒ Amélioration des lentilles de sol altéré.
- ⇒ Objectif de portance à l'ELS au niveau des terrains d'assise de fondations: $q_{ELS} \geq 0,35 \text{ MPa}$.

Contrainte d'exécution

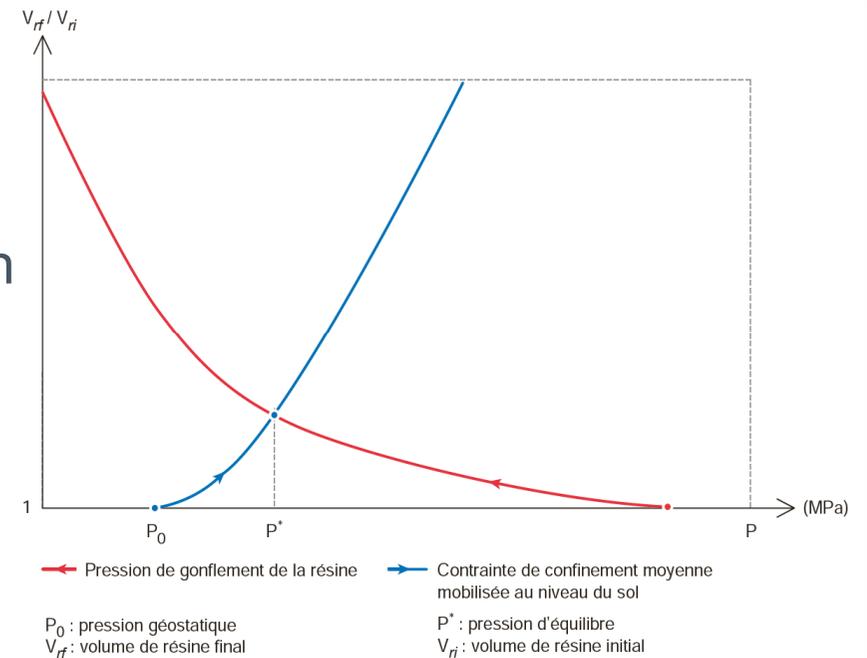
- ⇒ Emprise de la base chantier réduite (exigence client).
- ⇒ Accessibilité limitée (sous-sols).
- ⇒ Intervention en site occupé (occupation sensible), compris sous-sol.
- ⇒ Durée d'intervention limitée (3 mois).
- ⇒ Hauteur de soubassement importante (jusqu'à 5,75 m).
- ⇒ Profondeur d'injection, limite (jusqu'à -11,5 m/SS1).

Solution proposée

Injections de résine expansive

L'amélioration des sols par injections de résine expansive consiste à injecter au sein des sols d'assise d'un ouvrage, une résine expansive à très forte capacité d'expansion.

La pression de gonflement de la résine va alors densifier le sol en s'opposant aux contraintes de confinement.



Equilibre entre la pression de gonflement de la résine et la contrainte de confinement du sol (Dominijanni & Manassero, 2015)

Solution proposée

Injections de résine expansive

- Injections par points successifs d'une résine de polyuréthane thermodurcie à forte capacité d'expansion (30 fois son volume initial en expansion libre et une pression de gonflement $P_g \geq 10$ MPa).
- Traitement sous contrôle permanent de l'ouvrage – contrôle des mouvements ascendants.

26 AVRIL 2018

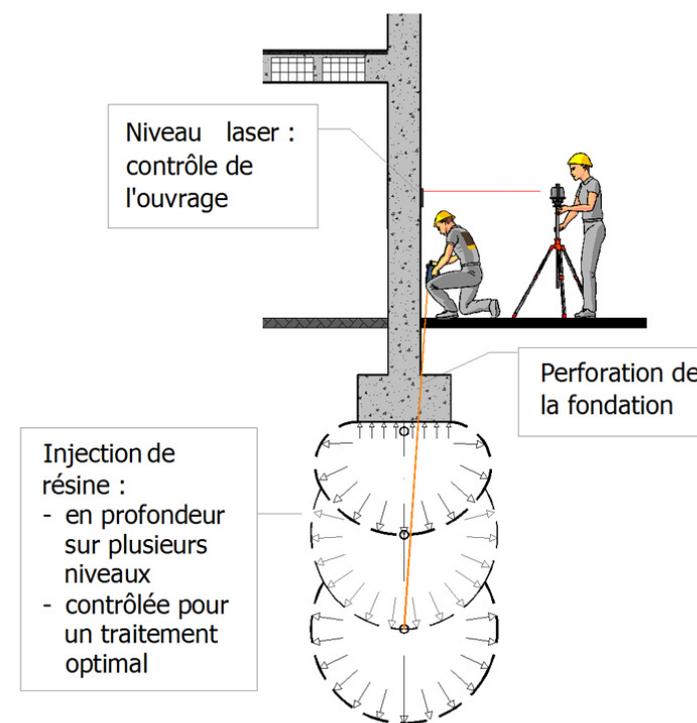


Schéma de principe des injections de résine expansive

FNTP - CFMS

12

Solution proposée

Les effets:

- Augmentation des caractéristiques mécaniques par densification des sols (action mécanique),
- Amélioration de la cohésion par effet de cimentation (sols grenus),
- Comblement des vides,
- Rééquilibrage de la contrainte structurelle par réhomogénéisation de la résistance des sols d'assise.
- Relevage de l'ouvrage si nécessaire.

Prédimensionnements

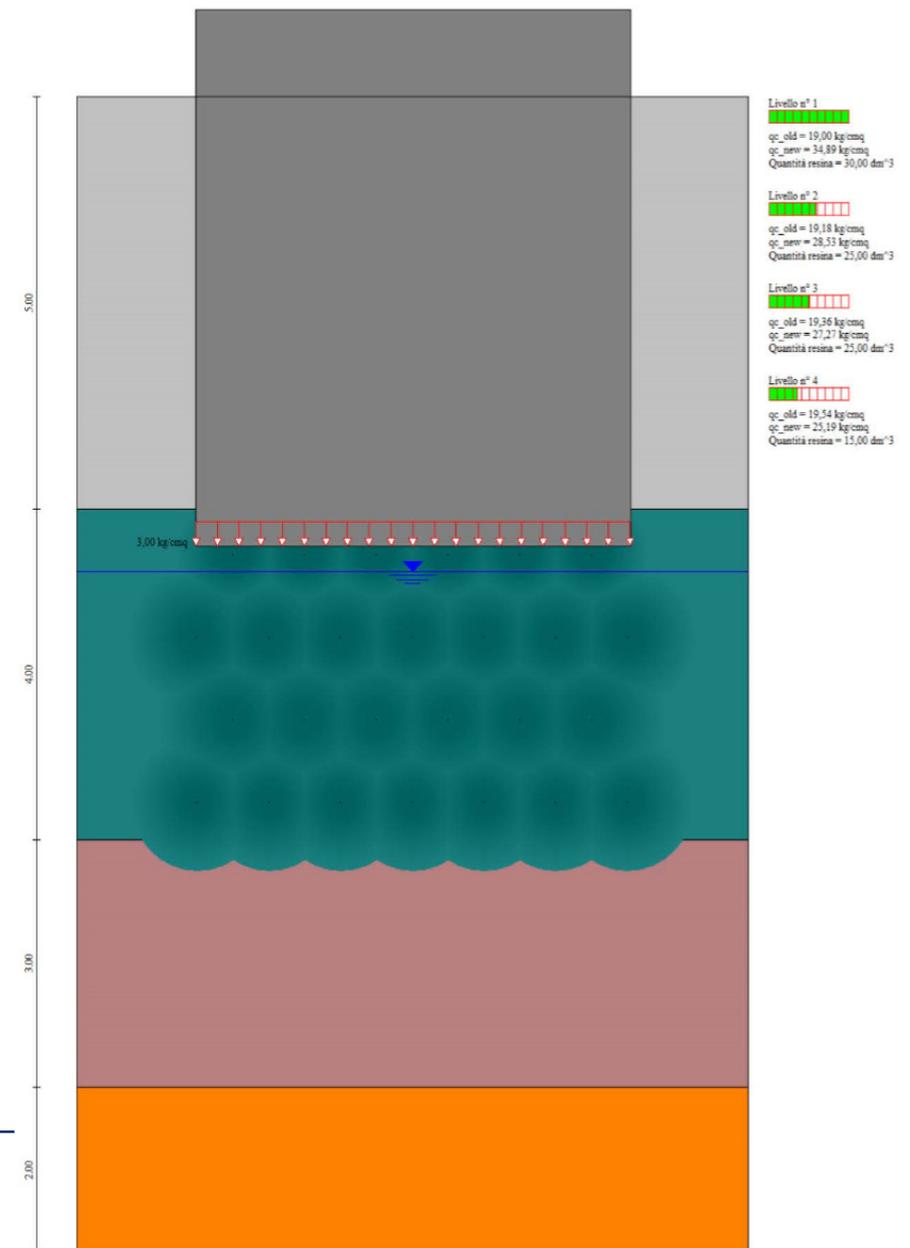
Prédimensionnements des injections à l'aide du logiciel SIMS (logiciel interne URETEK).

Outil de calibration:

- du maillage,
- du phasage,
- des quantités de résine à injecter.

Calcul de simulation des injections –
SIMS v1.0

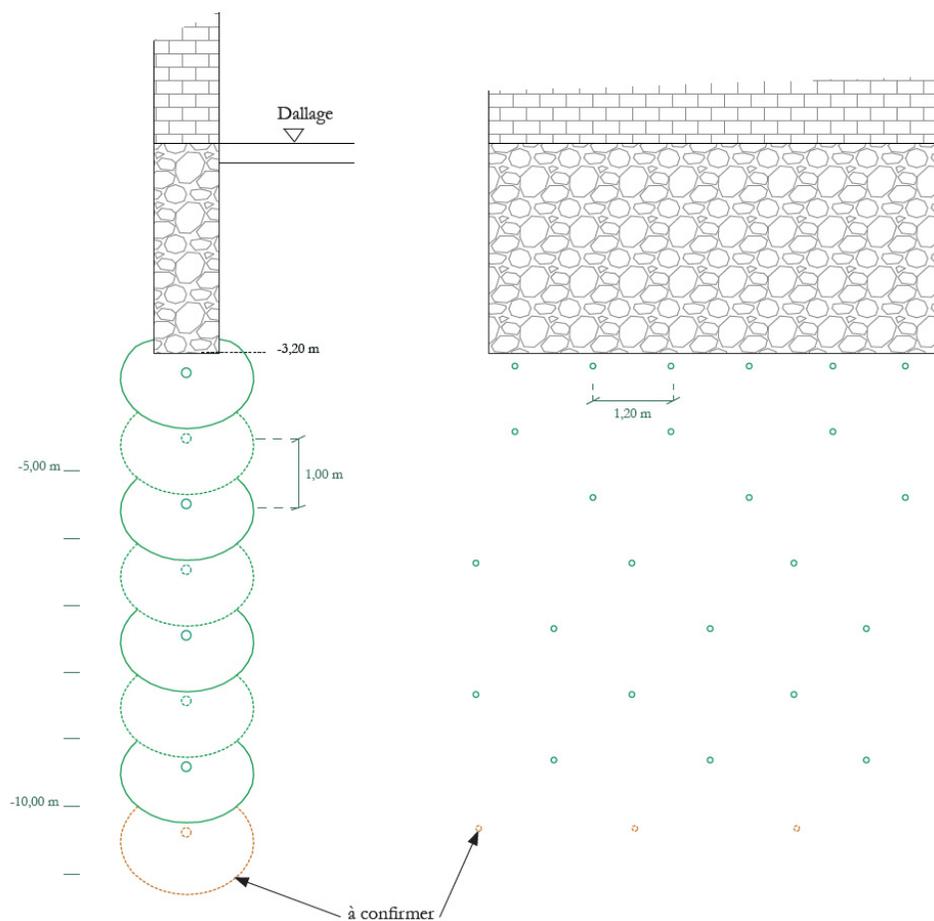
26 AVRIL 2018



Mise en œuvre des injections

Injections par couches successives:

- Entraxe vertical de 1,00 m,
- Entraxes horizontaux de 1,20 à 2,40 m.

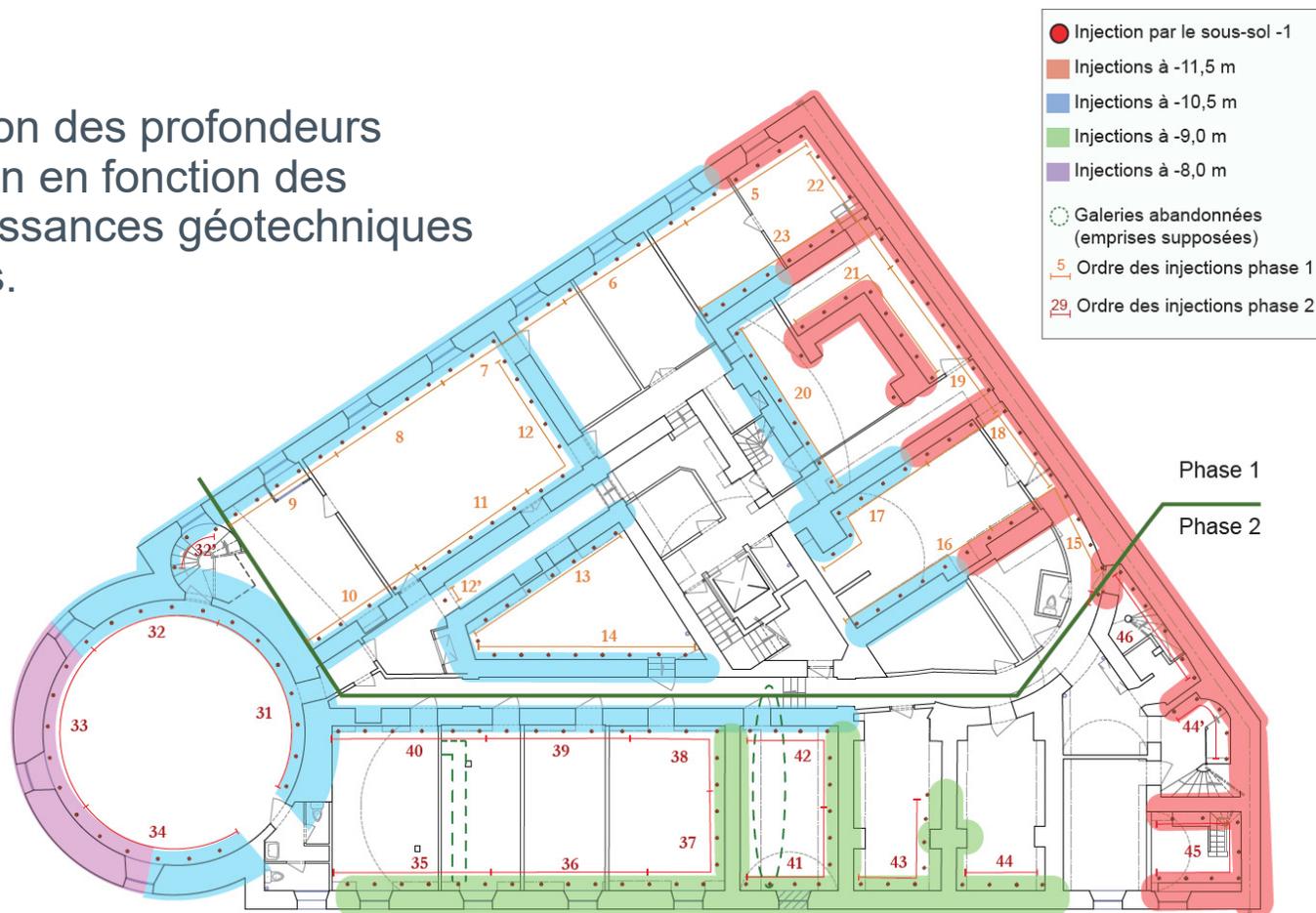


Principe d'organisation des injections

Mise en œuvre des injections

Adaptation des profondeurs d'injection en fonction des reconnaissances géotechniques réalisées.

SS1



Plan de positionnement des injections – SS1

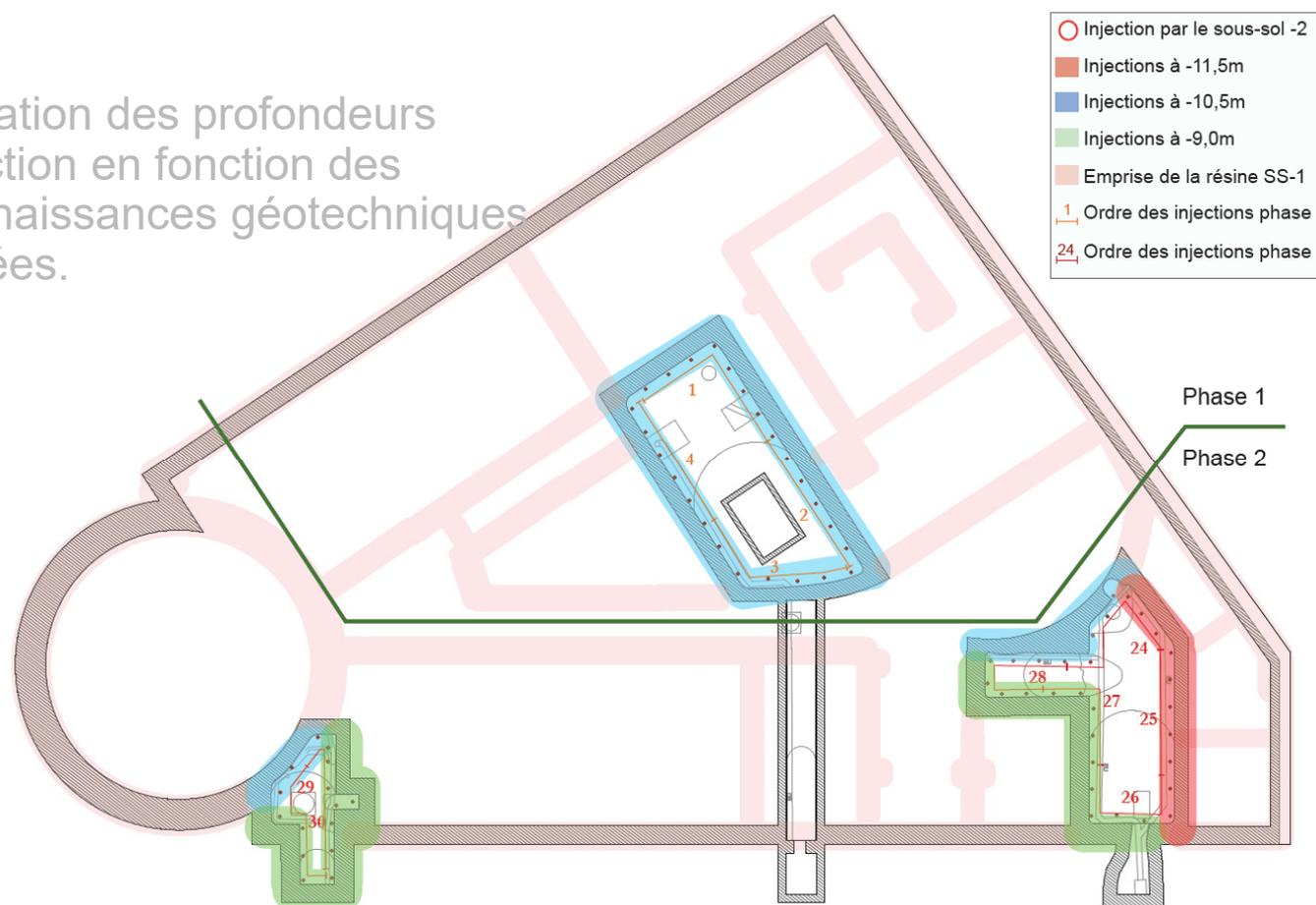
26 AVRIL 2018

FNTP - CFMS

Mise en œuvre des injections

Adaptation des profondeurs d'injection en fonction des reconnaissances géotechniques réalisées.

SS2

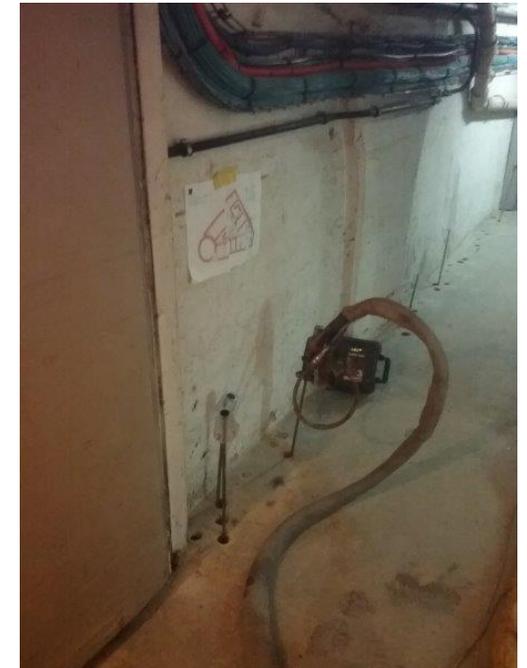


Plan de positionnement des injections – SS2

26 AVRIL 2018

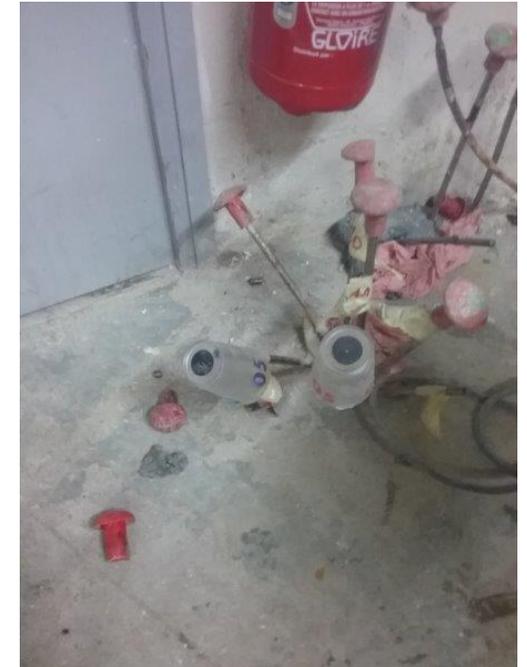
FNTP - CFMS

Mise en œuvre des injections



Photos de chantier

Mise en œuvre des injections

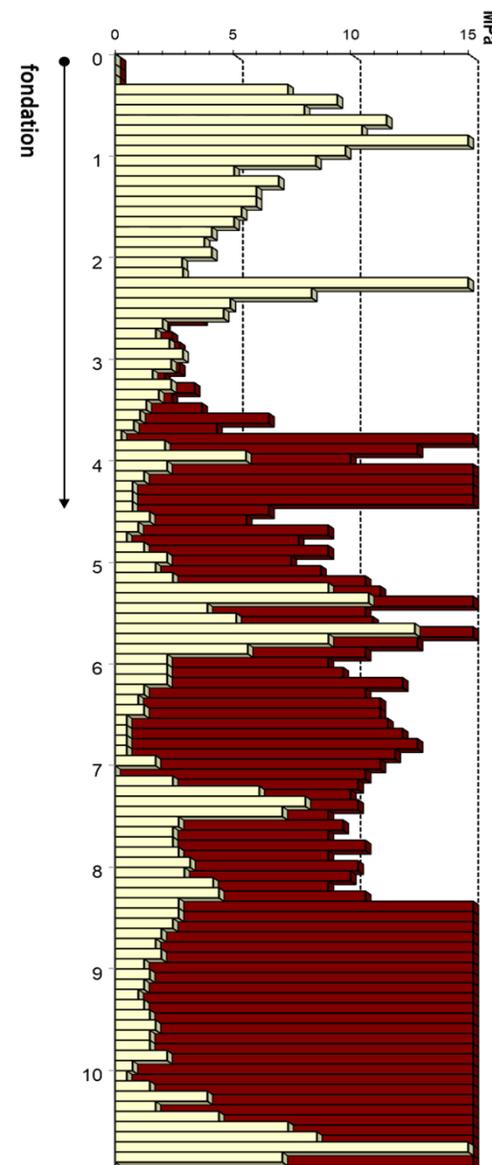


Photos de chantier

Validation des objectifs

- Traitement des anomalies en profondeur.
- Atteinte des valeurs de portance exigées:

N° Sondage	qd min/qd max Sous fondations (MPa)	qd moyen (MPa)	q ELS (MPa)	Observation
SP1	4,27/16,89	8,08	0,40/0,54	Validé
SP2	5,46 /32,08	8,16	0,40/0,55	Validé
SP3	3,20/26,72	8,00	0,40/0,53	Validé
SP4	4,41/24,49	7,85	0,39/0,52	Validé
SP5	8,39/34,25	10,21	0,51/0,68	Validé
SP6	5,37/47,37	10,19	0,50 /0,61	Validé
SP7	9,09/55,93	12,14	0,60/0,81	Validé
SP8	3,50/ 34,95	16,89	0,56/1,12	Validé
10B	3,50/34,95	9,70	0,48/0,64	Validé
11B	6,29/59,42	11,69	0,58/0,77	Validé
13 B	8,09/26,71	14,03	0,70/0,93	Validé
SPA	4,90/29,96	7,11	0,35/0,47	Validé



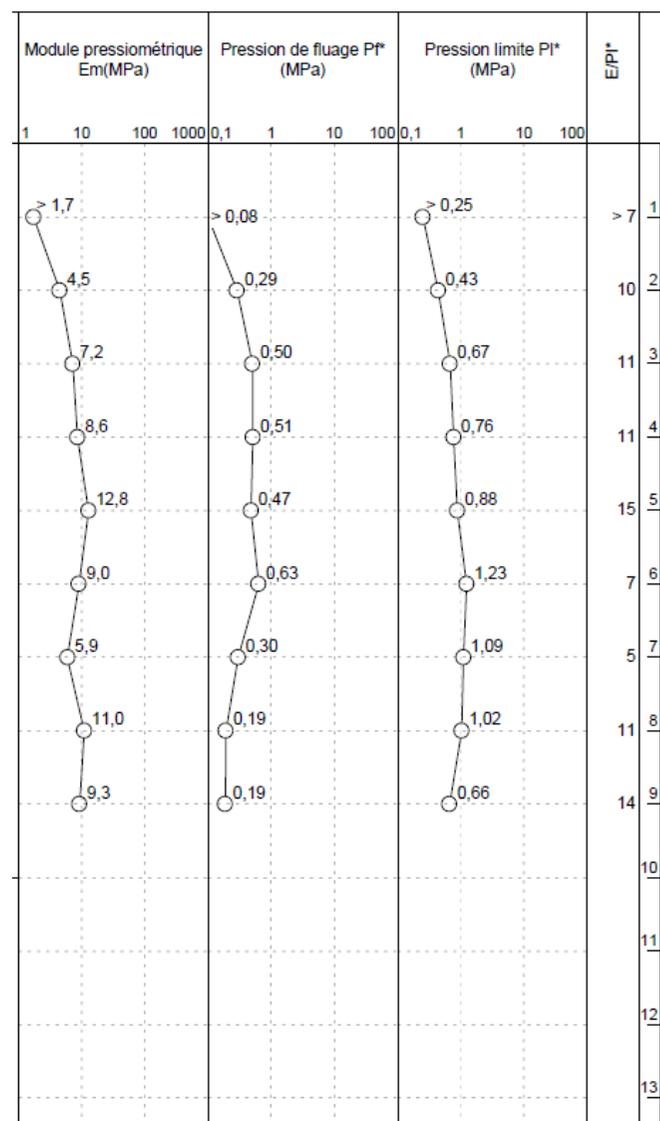
Validation des objectifs

- Contrôle au pressiomètre:

N° Sondage	Ple* Après injection (MPa)	q _{net} (MPa)	q _{ELS} (MPa)	Observation
S1/S4	1,158	1,246	0,451	Validé
S2/S5	1,390	1,499	0,543	Validé

- Contrôle des quantités:

Conformes aux attentes avec près de **25 tonnes de résine injectée.**



Sondage S4 (source GEOTEC)

Conclusions

Cette technique d'injection a permis:

- d'atteindre le niveau de portance souhaitée,
- d'améliorer les anomalies en profondeur,
- d'intervenir dans les locaux occupés,
- de rétrocéder l'ouvrage dans un délai de 3 mois après traitement de 300 ml d'assise de fondations.



Merci de votre attention