

Les ouvrages de soutènement

Séance animée par :

- Luis CARPINTEIRO
- Dominique NIBEL
- Sabrina PERLO

Ginger CEBTP
BOTTE FONDATIONS
Cerema IdF

Sommaire

- Le projet
- Les prestations géotechniques
- L'ouvrage géotechnique étudié initialement
- Le suivi d'exécution
- Une solution de reprise
- La mise en œuvre
- Conclusion

Les Ouvrages de Soutènement – Partie 1

Le projet

Le projet envisagé comporte plusieurs niveaux de sous-sol à usage de parc de stationnement d'une capacité d'environ 750 places.

Il est prévu de réaliser 4 tours à usage de bureaux, commerces et logements au dessus du parc de stationnement.

Il est prévu d'exécuter une paroi moulée maintenue par deux lits de tirants libérant ainsi toute l'emprise de la fouille pour réaliser l'excavation nécessaire pour édifier l'infrastructure.

Les Ouvrages de Soutènement – Partie 1

Les prestations géotechniques

La première étude est faite en octobre 2006 par un prestataire n°1

Le parti architectural prévoit en lieu et place des ouvrages existants, au stade actuel du projet (en phase d'étude de faisabilité), la construction, de :

- deux immeubles de bureaux, dénommés A et B, respectivement en R+8 et R+26,
- deux immeubles de logements, appelés C et D, respectivement en R+34 et R+25,
- de sous-sols pour constituer des parkings, prévus, pour chaque opération ou groupe d'opération, sur cinq à six niveaux enterrés.

Le site est actuellement occupé par un bâtiment industriel comprenant des quais, l'ensemble constitué d'une structure béton. Il s'agit d'un ouvrage de stockage qui sera totalement démolli.

Il nous a été communiqué comme document :

- un plan de masse du projet, à l'échelle du 1/2000 et 1/1000,
- une série de perspectives du projet.

Cette mission correspond à une prestation de type G₁₁ selon la norme (NF P 94-500 de Juin 2000) des Missions Géotechniques.

Il s'agit d'une étude géotechnique préliminaire, dont l'objectif est de présenter l'aptitude géomécaniques des formations attendues, et de proposer un principe de fondation pour les ouvrages projetés.

Les Ouvrages de Soutènement – Partie 1

Les prestations géotechniques

La deuxième étude est faite en juillet 2007 par un prestataire n°2

Le projet prévoit la réalisation :

- d'un immeuble R+30 de 134 m de hauteur (cote de la partie supérieure +138.05 NGF) dit bâtiment B
- d'un immeuble R+27 de 99 m de hauteur (cote de la partie supérieure +103.32 NGF) dit bâtiment D
- d'un immeuble R+9 de 32 m de hauteur (cote de la partie supérieure +35.93 NGF) dit bâtiment A
- d'un immeuble de 110 m de hauteur (cote de la partie supérieure +115 NGF) dit bâtiment C

Le nombre de sous sol n'est pas à ce jour arrêté, à priori entre 6 et 7 niveaux (fond de fouille situé à -17 NGF ou -20 NGF).

A ce stade du projet, les descentes de charge des bâtiments ne nous ont pas été communiquées.

Selon notre proposition du 29 mai 2007, acceptée par le demandeur, et la norme NF P 94-500 de décembre 2006, portant sur la définition des missions géotechniques, cette étude est une étude géotechnique d'avant projet (G12)

Les Ouvrages de Soutènement – Partie 1

Les prestations géotechniques

La troisième prestation géotechnique concerne la réalisation de sondages et essais avec un rapport de novembre 2008 de type G0 par un prestataire n°3 :

Notre mission s'inscrit dans le cadre d'une mission de type G0 en référence à la norme N.F.P.94-500.

II. NATURE DES PRESTATIONS

Notre mission d'investigation géotechnique a été réalisée en 2 phases qui ont consistées en:

1ère phase :

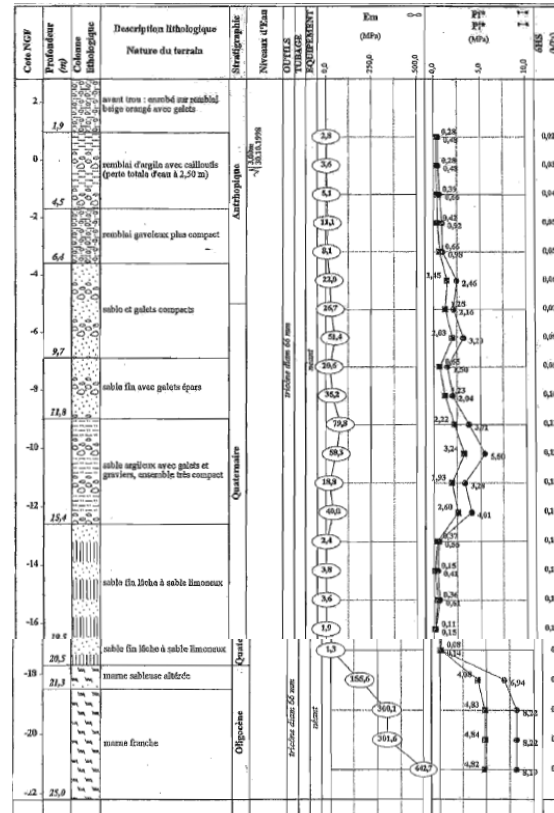
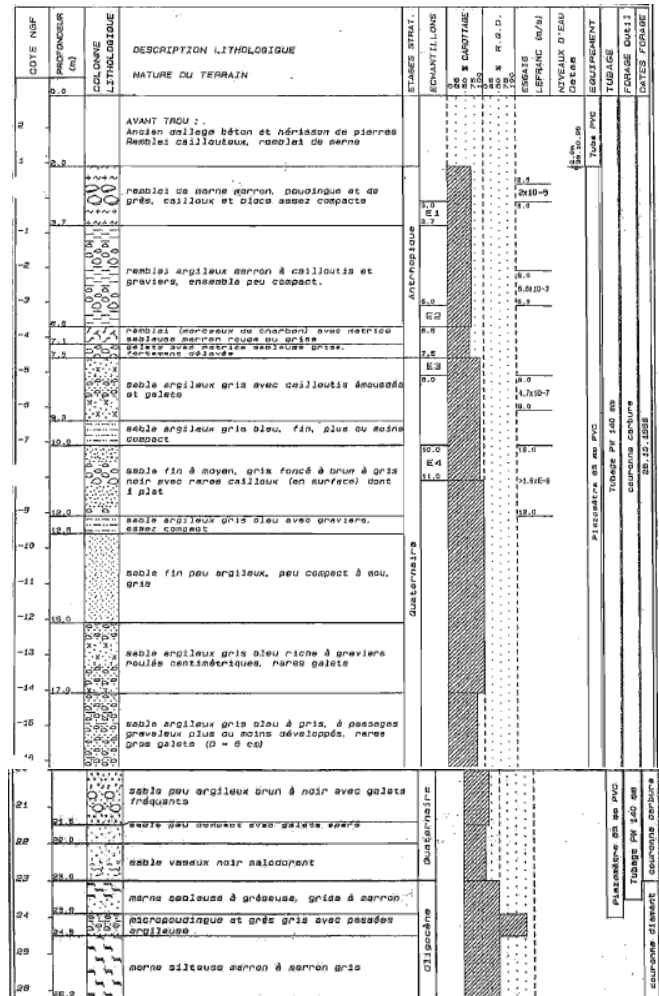
- la réalisation de 2 sondages carottés,
- le prélèvement d'échantillons intacts,
- la mise en caisse des carottes,
- la réalisation de 4 essais de perméabilités de type Lugeon,
- la réalisation d'essais de laboratoire,
- la description géologique et les photographies des carottes par un géologue,

2ème phase :

- la réalisation de 4 sondages pressiométriques, dont 2 équipés en piezomètres,
- la réalisation de 4 essais de perméabilités de type Lefranc,
- la réalisation et l'équipement de 2 puits Ø 112/125 mm,
- la réalisation et l'équipement de 2 forages piézométriques,
- la réalisation de 2 essais de pompage,
- la rédaction d'un compte rendu d'intervention.

Elle ne comprend pas le programme d'investigation, il a été défini par et exclut toute prestation d'études et de conseil, de ce fait, nous n'avons pas pris connaissance du projet.

Les Ouvrages de Soutènement – Partie 1



Les données géotechniques

Les Ouvrages de Soutènement – Partie 1

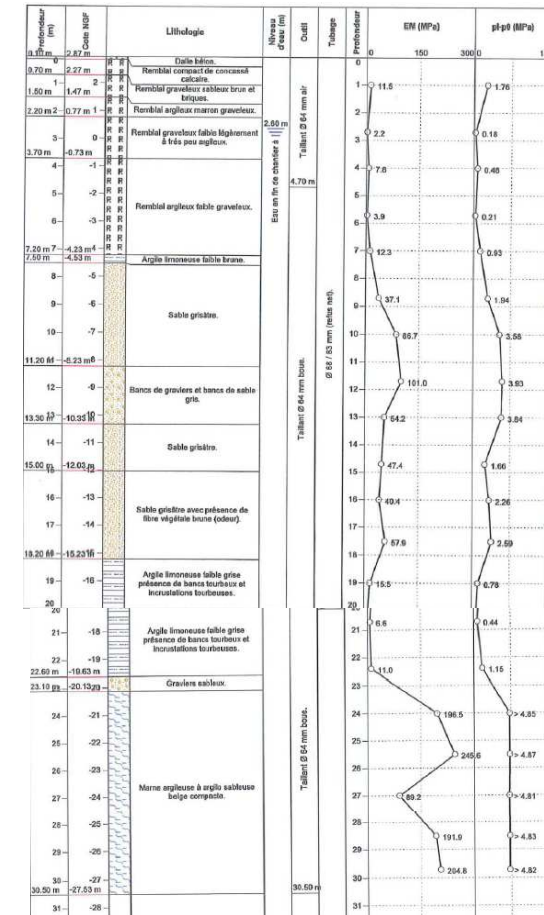
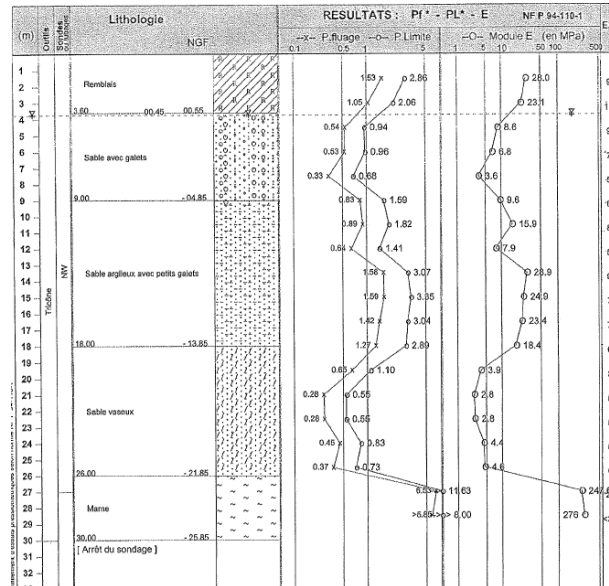
Les données géotechniques

Formations	Module pressiométrique (MPa)				Pression limite (MPa)			
	moy	Ecart type	min	max	moy	Ecart type	min	max
Remblais (50)	5	7	3.5	45	1	0.6	0.6	4.2
Alluvions sableuses et sablo graveleuses (95)	9	11	3	60	2	1.2	0.5	6
Substratum (58)	93	105	17	500	7.7	0.9	4.7	8.8

Le sondage SP9 met nettement en évidence une couche plus molle entre -13.85 et -21.85 NGF correspondant probablement à la couche de tourbe mise en évidence au droit des sondages carottés et caractérisée par une pression limite de 0.6 MPa et un module pressiométrique de 3 MPa.

Sols	γ KN/m ³	ϕ_{cu} °	C_{cu} KPa	ϕ' °	C' KPa	α	E_m MPa	PI MPa	K
Remblais	19	20	30	30	0	0.5	5	0.7	10-5
Alluvions graveleuses	21	35	0	38	0	0.33	9	1.5	10-5
Stampien compact	22	25	150	30	100	0.66	93	7	10-7

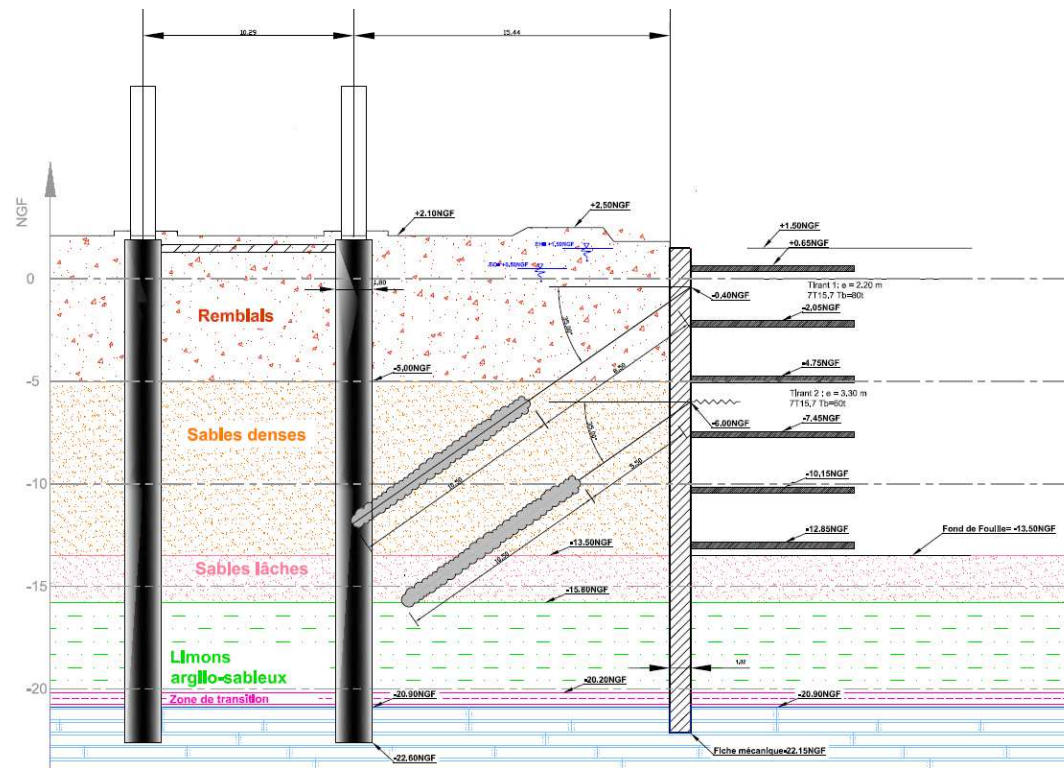
γ masse volumique apparente
 ϕ angle de frottement à court terme (uu) et à long terme (').
 c cohésion à court terme (uu) et à long terme (').
 α coefficient rhéologique,
 E_m module pressiométrique,
 PI, pression limite,
 K perméabilité.



Les données géotechniques ont permis de proposer une paroi moulée de 1,00m d'épaisseur maintenue par deux lits de tirants

Les Ouvrages de Soutènement – Partie 1

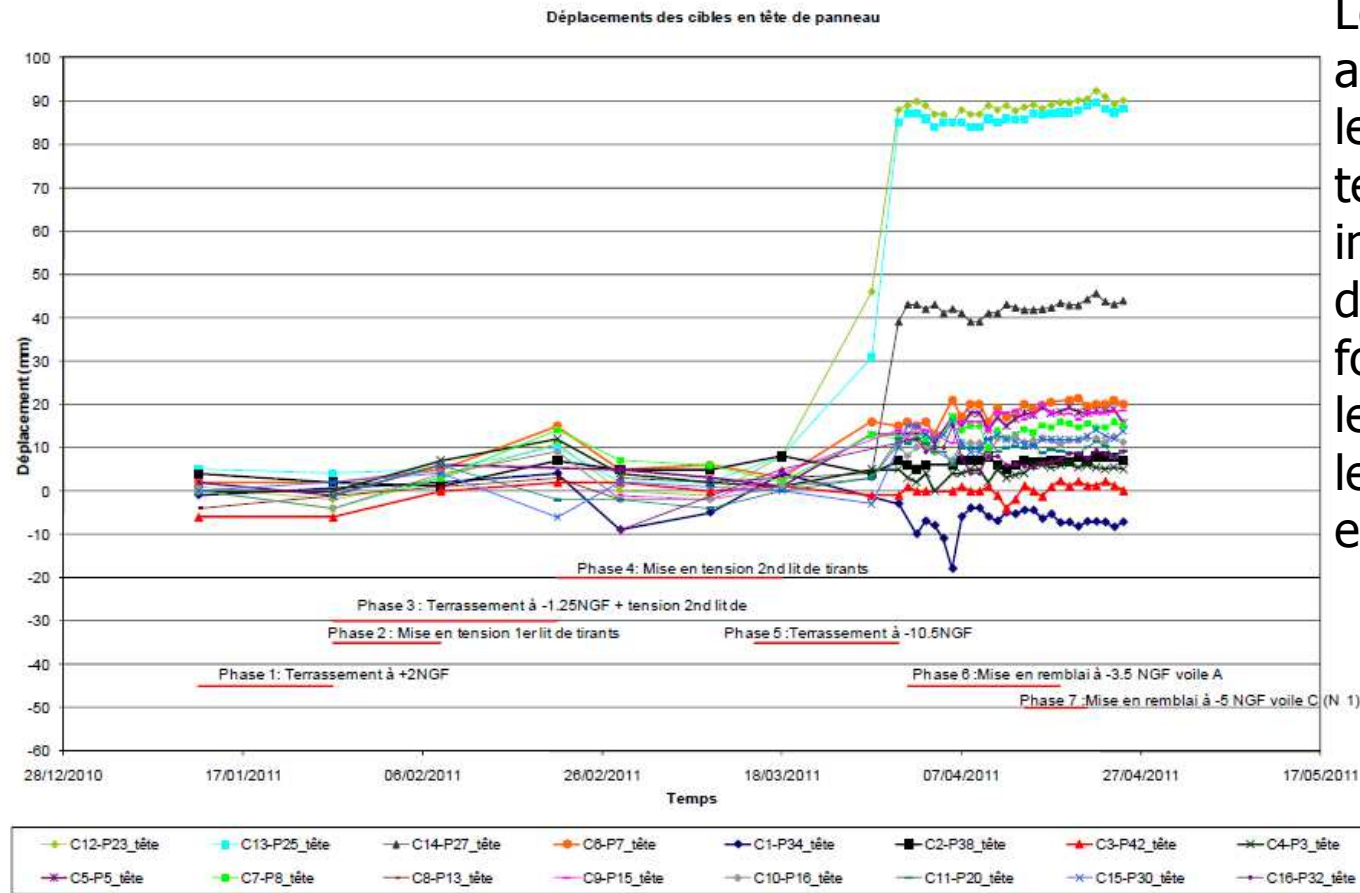
L'ouvrage géotechnique étudié initialement



Les Ouvrages de Soutènement – Partie 1

Le suivi d'exécution

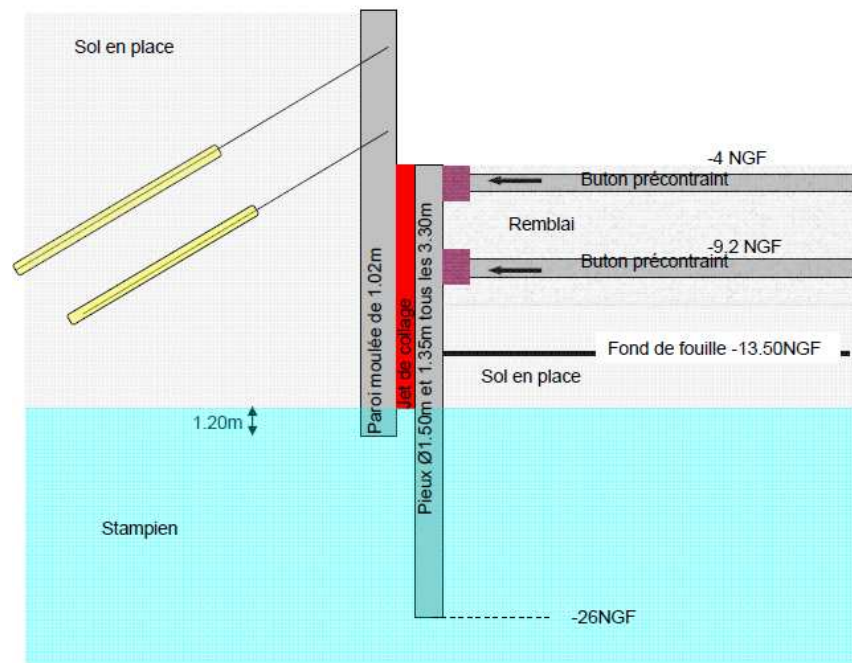
Le suivi d'exécution a permis de stopper les travaux de terrassement immédiatement et de remblayer la fouille en urgence, le temps de définir les actions à engager.



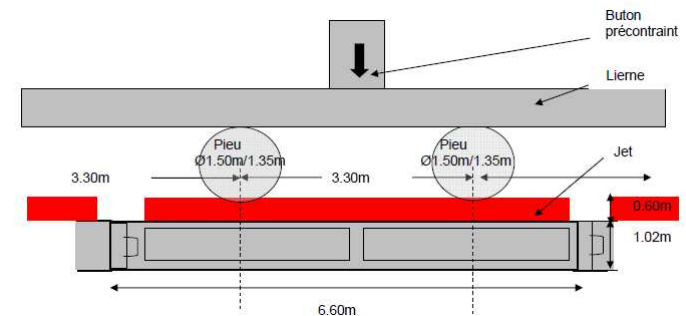
Les Ouvrages de Soutènement – Partie 1

Une solution de reprise

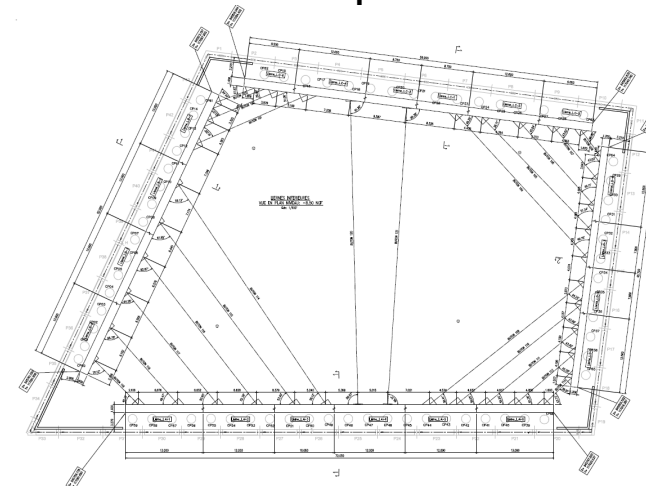
Nouvelle conception après la phase de diagnostic



Coupe



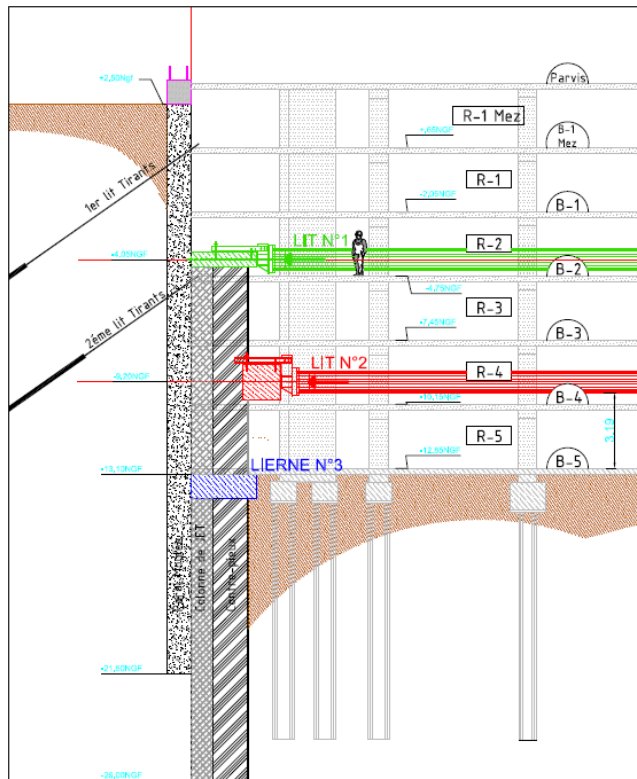
Vue en plan



Plan de butonnage

Les Ouvrages de Soutènement – Partie 1

Une solution de reprise



Etat de la fouille remblayée

La mise en œuvre



Le contrôle du « collage »
colonne sol-ciment/pieu



Les Ouvrages de Soutènement – Partie 1

La mise en œuvre



L'exécution des pieux
de renfort et des
colonnes de sol-ciment



Les Ouvrages de Soutènement – Partie 1

La mise en œuvre



La mise en place des
butons précontraints
sur le premier niveau

Les Ouvrages de Soutènement – Partie 1

La mise en œuvre



Premier lit de butons terminé et préparation de la lierne du second niveau de butons



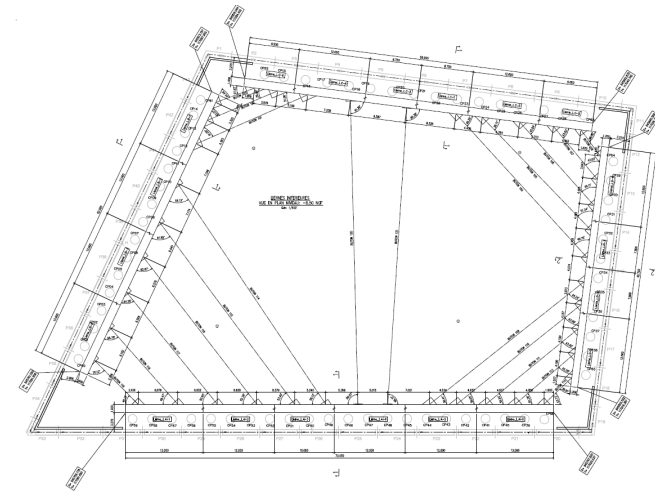
Ferrailage de la lierne du second niveau de butons

Le suivi et le contrôle de la pression des butons du second niveau

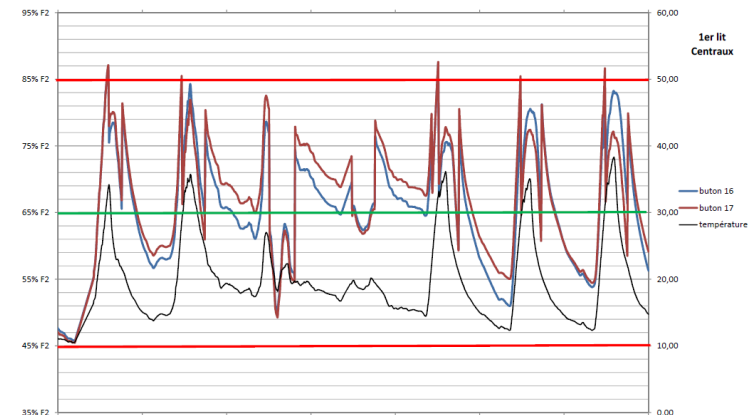


Les Ouvrages de Soutènement – Partie 1

La mise en œuvre



Une partie du renforcement terminé: premier et second lit de butons mis en place



Conclusion

- Attention aux changements successifs d'ingénierie géotechnique qui peuvent être source de pertes d'informations;
 - La mise en œuvre d'un suivi observationnel a permis d'éviter le pire (effondrement du soutènement et conséquences directes sur les vies humaines);
 - Tous les intervenants se sont fortement impliqués pour la reprise de l'ouvrage avec la création d'une cellule spécifique pour les travaux de confortement (maitre d'ouvrage, assureurs, contrôleur technique, bureaux d'études de conception et de réalisation, suivi observationnel rigoureux par les entreprises, réunions régulières de mise au point pour juger des adaptations à retenir).
- L'ensemble du dispositif mis en place pour le renforcement du soutènement a permis de poursuivre les travaux d'infrastructure d'une part et de superstructure d'autre part dans le cadre des seuils des déplacements estimés.



Webinaire du 8 Novembre 2022

Merci de votre attention audiovisuelle 😊

A votre disposition pour répondre à vos questions