



Photo © DR - AQC

RENFORCEMENTS DE SOL

1. LE CONSTAT

Les procédés de renforcement de sol par colonnes ballastées et inclusions rigides ont pour objet d'augmenter les caractéristiques du sol de manière suffisante afin de permettre l'emploi de fondations superficielles pour la construction des ouvrages visés.

L'emploi de ces techniques est soumis à une étude de conception complète et rigoureuse devant s'assurer et justifier de la compatibilité de ces techniques avec la tolérance des ouvrages à construire.

La mise en œuvre de ces techniques hors des domaines d'utilisation recommandés a pu générer des désordres, traduits essentiellement par des tassements excessifs du sol renforcé, d'une amplitude très largement supérieure aux estimations initiales.

Les réparations en cas de sinistre représentent des coûts élevés pouvant aller jusqu'à la reprise totale des fondations de l'ouvrage.

2. LE DIAGNOSTIC

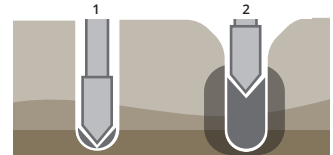
Les origines des sinistres.

- Une étude de sols incomplète et/ou inadaptée pour déterminer les caractéristiques de sols fortement compressibles. Ceci concerne tout particulièrement des sols organiques, comme la tourbe, mais aussi des limons et argiles mous sur lesquels sont envisagés un remblaiement et/ou un ouvrage particulièrement lourd :
 - sous-estimation des modules de compressibilité ;
 - aucune donnée sur le fluage des sols ;
 - aucune information sur l'état de consolidation des sols sous le poids d'un remblai ancien ;
 - aucune information sur l'état de consolidation d'un remblai récemment mis en place sans compactage.
- Un défaut de dimensionnement résultant de mauvaises hypothèses :
 - absence d'évaluation du fluage du sol ;
 - non-prise en compte de la sous-consolidation d'un remblai ancien ;
 - non-prise en compte des charges rapportées par des aménagements extérieurs postérieurs au projet ;
 - inadéquation des tassements résiduels au regard des exigences de l'ouvrage ;
 - mauvaise estimation des tassements sans renforcement de sol et donc des tassements après renforcement de sol ;
 - mauvaise estimation des tassements du sol sous la base du renforcement de sol.
- Une rupture des inclusions rigides non armées par la circulation des engins de terrassement (lot matelas, VRD) et lors du recépage.

3. BONNES PRATIQUES

- Conduire une étude géotechnique conformément à la **Norme NFP 94500** avec un enchaînement des missions : G1/ G2 en conception puis G3 étude et suivi d'exécution, G4 supervision géotechnique d'exécution.

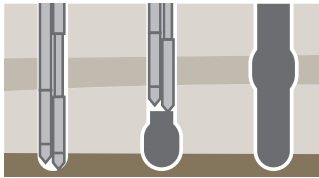
Techniques de réalisation des colonnes ballastées Par voie humide



1. Pénétration jusqu'à la profondeur requise. Création par lançage d'un espace annulaire autour de l'aiguille vibrante.

2. Mise en œuvre du ballast depuis la surface et refoulement latéral du sol autour de la colonne.

Par voie sèche



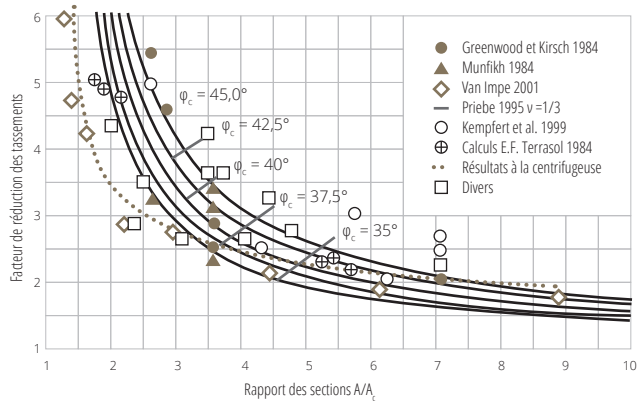
1. Le vibreur descend jusqu'à la profondeur souhaitée sous l'effet des vibrations et du lançage d'air.
2. La colonne est construite par apport de ballast via le tube latéral longeant le vibreur.
3. Le diamètre des colonnes varie selon la résistance du sol. Finition par nivellement et compactage de surface.

- Estimer les tassements sans renforcement de sol pour vérifier la compatibilité du renforcement

À CONSULTER

- NF P 94-500 : Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications
- NF EN 14731 : Exécution de travaux géotechniques spéciaux - Amélioration des massifs de sol par vibration
- NF EN 14679 : Exécution de travaux géotechniques spéciaux - Colonnes de sol traité
- NF EN 12715 : Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Injection
- Recommandations sur la conception, le calcul, l'exécution et le contrôle des colonnes ballastées sous bâtiment et sous ouvrages sensibles au tassement, CFMS, USG mars 2011
- ASIRI- Recommandations pour le dimensionnement, l'exécution et le contrôle de l'amélioration des sols de fondations par inclusions rigides, IREX, Presse des Ponts 2012
- Guide technique AFPS/CFMS « Procédés d'amélioration et de renforcement de sols sous actions sismiques », Presse des Ponts 2012

FACTEUR DE RÉDUCTION DES TASSEMENTS



- avec les objectifs en termes de tassement et de portance.
- Estimer les fluages dans les sols tourbeux.
 - Proscrire les colonnes ballastées dans les tourbes.
 - Proscrire le renforcement de sol dans les décharges d'ordures ménagères (estimation des déformations avec et sans renforcement inenvisageable).
 - Veiller à ce que les interfaces pendant les différentes phases d'exécution (entreprise de renforcement de sols, entreprise terrassement/VRD, entreprise de gros œuvre) soient pilotées et supervisées par la maîtrise d'œuvre.

L'ESSENTIEL

- Procéder à une étude géotechnique de conception complète afin de vérifier l'acceptabilité du procédé de renforcement de sol.
- Confier au BE géotechnique une mission G4 de suivi et de contrôle.

4. L'ŒIL DE L'EXPERT



Photos © DR - AQC

La circulation d'engins à proximité des têtes d'inclusions lors des phases de recépage ou de mise en place du matelas de répartition est source de risques d'endommagement des têtes d'inclusions.



Photo © DR - AQC

Les aménagements extérieurs au projet doivent être pris en compte dans l'estimation des tassements notamment lorsqu'il s'agit de remblais rapportés.

Pour en savoir plus :



www.groupe-sma.fr
www.qualiteconstruction.com



Retrouvez l'ensemble des
Fiches pathologie bâtiment sur :
www.qualiteconstruction.com
et sur l'AppliQC