



Désordres lors des injections de terrain

Les procédés d'injection consistent en l'apport d'un coulis plus ou moins fluide, qui vient remplir les interstices du sol, et/ ou les vides. Sont considérées dans cette fiche les injections de terrain destinées au comblement de vides et traitement des sols.

A retenir :

- ▶ Une bonne connaissance de la nature des sols, injectables ou non.
- ▶ Une bonne connaissance de la circulation des eaux et de leur chimie, pour adapter la nature du coulis.
- ▶ Une bonne maîtrise des paramètres de forage et d'injection de façon à maîtriser les quantités injectées, leur étendue, la pression appliquée.
- ▶ Une réalisation de sondages de contrôle qui permettront le cas échéant de pouvoir revenir injecter si le premier traitement s'avère insuffisant.

Les techniques d'injection des sols sont utilisées dans plusieurs cas :

- ▶ Consolidation de massifs rocheux
- ▶ Etanchéité de barrages
- ▶ Protection de fouilles ou de souterrains en zone urbaine
- ▶ Traitement de cavités souterraines

Les techniques d'amélioration de sols, telles que les colonnes ballastées, les inclusions rigides, le jet grouting, ... ne sont pas visées dans cette fiche.

Le constat

Lors de la réalisation de travaux d'injection, des affaissements de sols peuvent apparaître et engendrer des désordres sur les ouvrages construits ou futurs, sur des vides qui ne sont pas comblés (ex : cas d'injection et de comblement de carrières). Des soulèvements peuvent également atteindre les sols et/ou les ouvrages sus-jacents lors de travaux d'injection à forte pression. Cette déstabilisation des terrains et des ouvrages engendre des désordres de fissuration, voire des effondrements des terrains et/ou des ouvrages.

Le diagnostic

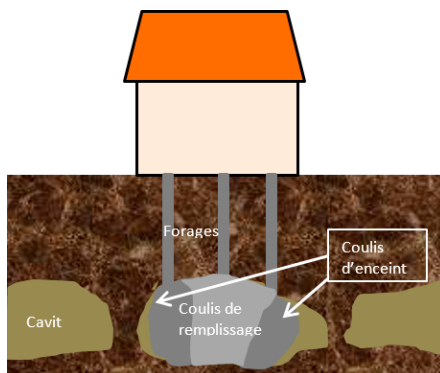
La nécessité de réaliser des injections relève tout d'abord d'un diagnostic du sol ; en fonction de la nature du sol et de ses propriétés mécaniques, la composition du coulis injecté peut varier, ainsi que la pression et la densité des forages.

Les forages sont équipés de tubes par lesquels le coulis est injecté (à plus ou moins forte pression) dans le sol ou dans la couche déterminée.

Une mauvaise connaissance ou prise en compte des caractéristiques des sols en place peuvent conduire à une mauvaise exécution des travaux en raison de la difficulté à injecter certaines couches non imprégnables, notamment pour les terrains à dominante argileuse.

Les travaux d'injection se font souvent sous pression ; un mauvais réglage de cette pression peut conduire à des soulèvements des ouvrages avoisinants. Et a contrario une pression insuffisante peut conduire à un clavage* mal réalisé et induire des tassements futurs des ouvrages situés au-dessus de la zone traitée.

*clavage : remplissage des vides résiduels en partie haute du remplissage

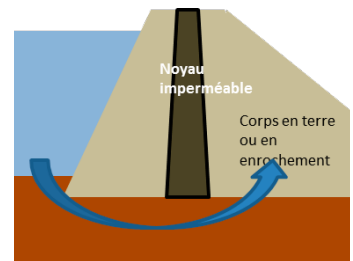


■ Cas des comblements de carrières, karsts

Suite à l'exploitation de bancs rocheux par l'homme ou à la dissolution des certaines couches (ex gypse) des cavités sont présentes dans le sol et un risque de fontis existe pour les constructions situées en surface. Le comblement de ces vides est nécessaire afin de recréer un monolithe sous les ouvrages. Lorsque ces comblements sont réalisés de façon incomplète, des vides subsistent entre le toit de la cavité et le remplissage. Le risque de fontis n'est pas écarté.

■ Cas des digues et barrages

Le barrage ne remplit plus son rôle d'étanchéité et l'eau passe sous le noyau imperméable. Cette situation va induire à terme d'une part des fuites du barrage et d'autre part un risque de déstabilisation des terres par entraînement des particules des sols. Si cela perdure dans le temps, la stabilité de l'ouvrage peut être en jeu.



■ Cas des massifs rocheux

Les massifs rocheux présentent la plupart du temps de bonnes caractéristiques mécaniques en pleine masse mais font l'objet de fracturations consécutives à des phénomènes géologiques anciens ou des phénomènes d'érosion plus récents, qui peuvent affecter leur stabilité. Les travaux d'injection dans les massifs rocheux ont pour objectif de créer un monolithe et de limiter l'activation de la fissuration ou fracturation par la circulation des eaux, l'effet du gel notamment dans les zones montagneuses.

■ Cas des protections de fouilles à l'avancement

Lors de travaux souterrains notamment lors de creusement de tunnels, des zones présentant des risques d'éboulements (présences de failles et/ou fracturations) peuvent être traversées par les engins. Les mouvements de terrains consécutifs peuvent conduire à des tassements du bâti situé en surface et également à des éboulements en front de taille pouvant être à l'origine de blocage des engins de creusement dans la fouille.

Les bonnes pratiques et conseils de prévention

La maîtrise de ces techniques nécessite :

- ▶ Une bonne connaissance de la nature des sols, injectables ou non ;
- ▶ Une bonne connaissance des circulations d'eau et de la chimie des eaux pour adapter la nature du coulis ;
- ▶ Un phasage soigné des différentes étapes : par exemple le remplissage d'une cavité de façon gravitaire peut se faire après délimitation de la zone à traiter par des injections dites « de barrages » (ou des murs maçonnés dans les carrières) pour éviter un traitement trop couteux, puis des injections de clavage à plus haute pression qui vont bloquer le toit de la cavité et le remblaiement ;
- ▶ Une connaissance des caractéristiques des coulis et de leur propriété chimique (prise rapide ou non) – voir Tableau 1 / 6.3.1.3. Norme NF EN 12715. Un temps de prise rapide permettra de limiter la zone injectée et de maîtriser le volume de coulis. Une grande fluidité du coulis permettra d'étendre la zone traitée et d'aller combler des vides difficilement accessibles.

De la même façon selon la nature du sol et le type de vides présents dans le sol (interstices entre les grains de sables, fissures dans un rocher, présences de cavités) la nature du coulis pourra varier de suspensions de ciment pur à des gels de silicate, mousse polyuréthane. Voir tableau 3/7.4.4.1. Norme NF EN 12715.

- ▶ Un contrôle des résultats obtenus par sondages a posteriori ;

Des sondages de contrôle des travaux d'injection sont nécessaires pour vérifier l'efficacité du traitement en termes d'imprégnation du sol, de caractéristiques mécaniques obtenues.

- ▶ La réalisation de ces travaux nécessite une reconnaissance des ouvrages enterrés situés à proximité (voir fiche pathologie DT/DICT) au risque d'injecter du coulis dans les dites canalisations.

Il existe également un risque d'impact sur l'environnement par pollution via les coulis injectés.

L'enchaînement des missions de suivis des travaux et l'enregistrement des paramètres de forages et d'injection doivent permettre de limiter l'impact environnemental.

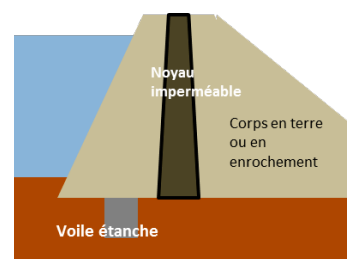
■ Cas des comblements de carrières, karsts

Les vides sont en général comblés de façon gravitaire. Le volume et l'étendue du traitement sont limités par des ouvrages maçonnés quand il est possible de descendre dans les cavités (ex anciennes carrières) ou par la mise en œuvre de coulis à prise rapide. Des injections de clavage viennent bloquer le remplissage contre le ciel de carrière pour arrêter tout risque de fontis potentiel.

■ Cas des digues et barrages

Les injections ont pour objectif de recréer une étanchéité du barrage par traitement de la zone située sous le noyau.

L'atteinte de l'objectif va dépendre directement de la nature du soubassement et donc du sol à injecter. Cela impacte directement la nature du coulis. Une étude des poussées hydrauliques est nécessaire afin de dimensionner les pressions d'exécution et les méthodes de forage.



■ Cas des massifs rocheux

Les travaux d'injection doivent tenir compte du type de fracturation mais également de la chimie des eaux pour adapter le type de coulis. Contrairement aux autres cas, où le coulis vient remplir les vides du sol, il se met en place en ouvrant les fissures lors de l'injection sous pression. Cela constitue un facteur aggravant pour la stabilité du massif. La surveillance de la pression d'injection et de la stabilité du massif rocheux est indispensable à la bonne conduite des travaux.

■ Cas des protections de fouilles à l'avancement



Ces injections sont réalisées lors de travaux souterrains notamment lors de creusement de tunnels dans des zones où l'on craint des éboulements ou des présences de failles et/ou fracturations. Ces travaux permettent de

recréer un terrain homogène et stable dans lequel la machine excavatrice va pouvoir creuser dans des conditions favorables. Les injections peuvent également être utilisées pour compenser (par anticipation) des tassements du bâti dus au creusement d'ouvrages souterrains.



SMABTP, société mutuelle d'assurance du bâtiment et des travaux publics, société d'assurance mutuelle à cotisations variables
Entreprise régie par le code des assurances
RCS PARIS 775 684 764
8 rue Louis Armand • CS 71201 • 75738 PARIS Cedex 15
Tél. : + 33 (0)1 40 59 70 00 • smabtp.fr



■ A consulter :

NF P 94500 MISSIONS
GEOTECHNIQUES nov 2013

Eurocode 7 et 8

NF EN 12715 (oct 2000)

A consulter :

risques de cavités

▶ www.georisques.gouv.fr