



LA SOLUTION  
S'APPELLE URETEK

# GEO.ACTION



AVANT



RELEVAGE DE 25 CM

## RELEVAGE DE MAISON Page 2

URETEK est spécialisé dans le relevage de bâtiments inclinés



### FILIALE ALDI PRES DE LOCARNO:

Transformation avec augmentation des  
charges – portance requise assurée

Page 6



### MOULIN HISTORIQUE, FRANCE:

Moulin à marée sauvé de la  
destruction par les eaux

Page 10



## Etude de cas

# Relevage de maison

Cela fait plus de 10 ans qu'URETEK Suisse SA procède avec succès au relevage de maisons inclinées. Chaque année plusieurs maisons qui se sont tassées de manière différentielle, sont relevées jusqu'à leur position initiale — cela concernait environ 20 bâtiments en 2014!

Outre leur utilisation habituelle pour compacter et améliorer le sol de fondation dans des conditions diverses, les injections de résine URETEK à haute pression d'expansion peuvent également être la solution lorsque le relevage de l'ensemble du bâtiment est nécessaire/souhaité.

La résine expansive injectée à l'état liquide se répand et durcit très rapidement dans une zone limitée autour du point d'injection; ce processus est comparable à une sphère dont le volume augmente en fonction de l'évolution d'une pression interne. Pendant le processus de compactage se forment

des microfissures dans le sol dans un rayon allant jusqu'à 2 m autour du point d'injection. Celles-ci sont provoquées par l'expansion de la résine. Ces fissures sont simultanément obstruées par le matériau injecté.



Chalet à Grindelwald – relevage de 18.5 cm

La technologie **URETEK Deep Injections®** permet de compacter le sol de fondation, ce qui entraîne une amélioration des propriétés géotechniques du sol, telles que la portance et le module d'élasticité.

L'amélioration du sol de fondation n'a qu'un faible degré d'invasivité, car les forages manuels nécessaires pour l'intervention n'ont qu'un diamètre de 26 mm et sont réalisés à l'aide de perceuses manuelles.

Grâce à la rapidité du processus d'expansion, les interventions peuvent être simultanément vérifiées à l'aide d'appareils laser de précision qui mesurent exactement le relevage (tolérance < 0.5 mm).

La répartition de la résine expansée et durcie dépend de l'état de tension du sol. En présence de tensions homogènes, la résine expansive se répartit particulièrement dans le sens horizontal, en cas de faibles tensions dans le sens vertical.

Les injections sont réalisées en deux phases pour relever une maison:

Au cours d'une première phase, les cavités ou fissures présentes dans le sol sont réduites par l'intermédiaire du remplissage et du compactage avec la résine expansive.

Pendant cette phase, qui se termine dès les premiers signes d'un relevage, la consommation du matériau est variable, car la quantité de résine URETEK injectée dépend fortement des cavités existantes dans le sol. La consommation se situe entre 5 dm<sup>3</sup> et 15 dm<sup>3</sup> de matériau injecté (à l'état liquide avant expansion) par m<sup>3</sup> de sol amélioré.

D'autres injections sont réalisées au cours d'une deuxième phase pour augmenter la tension horizontale et la

rapprocher des tensions verticales. Des microfissures se créent principalement sur le plan horizontal. L'expansion de la résine, dont la tension évolue dans le sens vertical – comparable à une sphère dont le volume augmente en fonction de l'évolution d'une pression interne – provoque le relevage du bâtiment situé au-dessus.

L'action de compactage et l'augmentation du module d'élasticité suite aux injections en profondeur empêchent tout tassement ultérieur.

La consommation de matériau lors de la deuxième phase dépend de paramètres très variables, tels que l'importance du relevage souhaité, le poids du bâtiment à relever, la composition du sol, etc. Comme estimation, il est possible de calculer un degré d'action des injections sous forme de rapport entre le relevage moyen et le volume injecté entre 5 % à 20 %.

Dans des sols cohérents et saturés en eau, les injections peuvent entraîner une hausse considérable de la pression de l'eau dans le sol et ainsi provoquer sa consolidation. L'élimination de ces surpressions peut prendre un certain temps. Le volume se réduit pendant ce temps ce qui doit être pris en compte lors de la planification du projet.

Chaque bâtiment basculé constitue un nouveau défi. Pour vérifier la faisabilité d'un relevage de maison, il faut avant tout connaître les propriétés du sol, la topographie, la structure du bâtiment et des fondations ainsi que les charges du bâtiment.



Une vidéo d'un projet réalisé se trouve sur:

[www.uretek.ch](http://www.uretek.ch)

Domaines d'application >  
Relèvement de bâtiments



Infos relatives au procédé URETEK Deep Injections®:

[www.uretek.ch](http://www.uretek.ch)

Technique d'injection >  
Les procédés URETEK

## Quelques exemples de relevage de maisons:

### Villa de style d'art nouveau à Grindelwald — relevage en dessous d'une nouvelle dalle de fondation



**Relevage: 25 cm**

Avec le temps, ce bâtiment maçonné de plusieurs étages et vieux de plus de 100 ans, basé dans la cave sur un mur de pierres concassées de 80 cm de large, s'est tassé d'environ 20 cm du côté de la montagne.

En vue de la rénovation complète planifiée avec construction d'un garage à l'avant, il était nécessaire de remettre

ce bâtiment à niveau. Pour préparer le relevage, l'entreprise de construction générale Karl Anderegg AG, Grindelwald, a effectué l'excavation tout autour du bâtiment jusqu'aux fondations. Une dalle de fondation a été coulée en dessous des murs de fondation existants avec une saillie d'environ 20 cm sur laquelle a été placé un corset de béton qui englobe le mur extérieur existant de la cave.

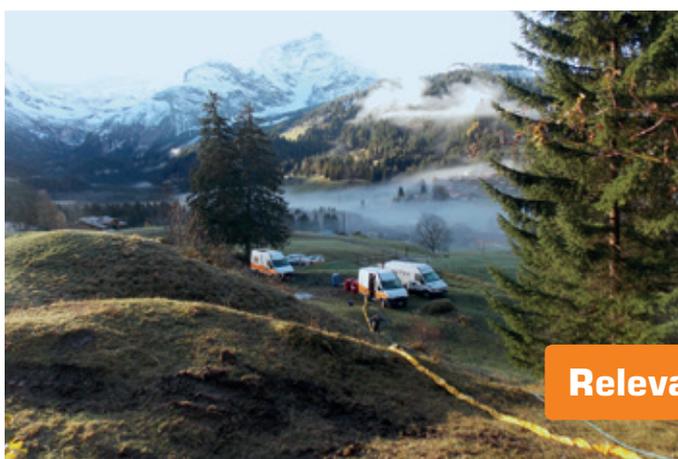


En raison des dimensions du bâtiment, 7 vérins hydrauliques ont été positionnés à différents endroits des nouveaux murs de béton/de la nouvelle dalle de fondation afin de soutenir le processus de levage pendant les injections. Malgré des conditions particulièrement difficiles, la maison a pu être remise dans sa position initiale grâce à un relevage d'environ 20 cm.

Archidee GmbH, Daniel Mathys, architecte, Grindelwald

Karl Anderegg AG, entreprise de construction générale, Christian Anderegg, Grindelwald

### Chalet à Lauenen relevé même sans dalle de fondation



**Relevage: 28 cm**

Le chalet construit en 1968, constitué d'une construction en bois à l'étage et sous les combles et d'une construction en béton au rez-de-chaussée, s'est tassé avec le temps de 28 cm. En raison du manque d'informations sur les fondations et également du fait de l'absence

de grandes fissures et de dommages visibles dus au tassement, l'existence d'une dalle de fondation a été supposée. Cependant, lors de différents perçages, seule une couche de béton non armé d'environ seulement 10 cm a été constatée. Les sondages par battage n'ont



permis de trouver une couche de sol plus stable qu'à -1.80 m du bord supérieur du sol du rez-de-chaussée. Malgré l'absence d'une dalle de fondation, le bâtiment a pu être relevé grâce aux injections réalisées en dessous de cette couche compacte; ceci a permis un relevage réparti de manière homogène sur toute la surface.

Daniel Beutler, architecte, Conversion

THOENEN BAUUNTERNEHMUNG AG, Beat Tanner, Gstaad

## Maison individuelle en plusieurs parties et différentes profondeurs de fondation relevée à proximité de Zurich

Seule une partie de la maison individuelle dispose d'une cave. Les dalles de fondation de la cave et du rez-de-chaussée sont au niveau du terrain. Le double garage et le jardin d'hiver ajoutée ultérieurement sont reliés à la maison.

La difficulté du relevage résidait dans le fait de pouvoir relever les différentes parties du bâtiment à profondeur et fondation différentes de manière homogène pour éviter des dommages structurels



**Relevage: 40 cm**

sur la construction. Des vérins hydrauliques ont été installés à 6 emplacements afin de permettre sur un relevage uniforme pendant les injections. Le relevage s'est fait à l'aide de 2 machines d'injection par l'injection simultanée sous la cave et le rez-de-chaussée (sans cave)

et l'intervention simultanée des vérins hydrauliques. Au total, le bâtiment a été relevé jusqu'à environ 40 cm et le support des fondations a été tassé et compacté jusqu'à environ -4 m depuis le bord inférieur de la dalle de fondation du rez-de-chaussée.

## Suppression de l'inclinaison de 6 maisons individuelles à Aclens supprimée

**Relevages: jusqu'à 25 cm**



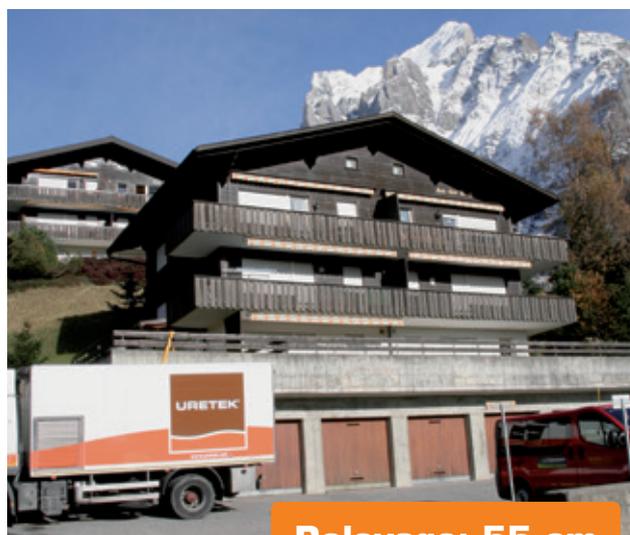
Le lotissement «En Pontou» se situe dans une zone en partie très sensible au tassement (sol à teneur en craie lucustre et de matériaux organiques, à forte teneur en eau). En raison d'un remblai supplémentaire d'environ 2 m après construction des maisons, on a pu observer des tassements et des inclinaisons des 6 maisons individuelles.

Avant de procéder au relevage, le remblai supplémentaire a été retiré des maisons concernées. Ensuite, les maisons ont été relevées à leur position initiale, puis de grands blocs de polystyrène ainsi qu'une fine couche de terre ont été mis en place pour atteindre la hauteur requise du terrain. Le relevage se situait selon la maison entre 6 cm et 25 cm.



GADZ Géotechnique Appliquée Dériaz SA, Camille André et Michel Odier, géotechniciens, Le Mont-sur-Lausanne

## Relevage d'une maison inclinée de 6 appartements



**Relevage: 55 cm**

Le bâtiment se trouve dans une zone soumise à de forts mouvements de terrain et repose sur une dalle de fondation, du côté de la vallée sur des garages en béton armé situés devant. Au cours des 14 premières années après la construction, les tassements du côté amont s'élevaient à environ 38 cm, pendant les 20 années suivantes l'ingénieur a pu enregistrer en plus un tassement de 1 cm par an. Le relevage du chalet a atteint plus de 55 cm.

Gärtl AG, Charly Gärtl, ingénieur, Uetendorf



Bâtiment avant la transformation



Nouveau filiale ALDI

## Etude de cas

# La transformation en une filiale ALDI a nécessité une augmentation de la portance du sol des fondations

Le discounter ALDI SUISSE AG prévoyait l'ouverture d'une autre filiale ALDI à proximité de Locarno. Il était prévu de transformer le bâtiment industriel acquis et construit dans les années 90 à Lavertezzo Piano (Locarno) en un nouveau centre commercial. La construction en acier existante devait être renforcée pendant la transformation par un mur intérieur porteur et la hausse des charges de l'ouvrage transformé nécessitait une augmentation de la portance du sol des fondations.

Il s'agissait d'augmenter les propriétés mécaniques du support des fondations et de les adapter aux nouvelles charges, on a donc opté pour la méthode **URETEK Deep Injections®**. Cette méthode permet, au moyen d'injections de résine expansive sous haute pression de gonflement et dont l'expansion a une action de

compactage sur le volume solide environnant, d'obtenir également un compactage dans des couches plus profondes/dans le sol profond. La portance du sol des fondations est ainsi augmentée et le risque de tassements dus aux nouvelles charges supplémentaires se trouve réduit.

Les semelles filantes des murs extérieurs ont une largeur allant jusqu'à 1.50 m et une profondeur de jusqu'à -1.10 m à partir du bord supérieur du terrain. Les profondeurs des semelles filantes dans la zone des hangars sont également différentes entre -0.30 m et -1.10 m à partir du bord supérieur du terrain/niveau du sol.



Afin de compacter l'ensemble du volume du sol des fondations à traiter, les lances d'injection ont été positionnées en alternance à différentes profondeurs. Les injections ont été effectuées sur une longueur d'environ 250 m au total et à des profondeurs de -0.10 m, -1.10 m et -2.10 m du bord inférieur de la fondation. L'expansion de la résine URETEK s'est fait à chaque fois dans un rayon d'environ 1.00 m autour du point d'injection.



Lances d'injection en place

Les travaux ont duré au total 22 jours et l'action des injections a été confirmée par le léger relevage (quelques millimètres) du bâtiment. Cela démontre que l'expansion entraînée par le gonflement de la résine a provoqué un compactage de l'ensemble du sol de fondation concerné par les injections.

Le résultat positif de l'intervention est prouvé par la comparaison des essais au pénétromètre dynamique (à chaque fois 7 sondages par battage avant et après les injections). Les résultats viennent attester d'une amélioration significative de l'homogénéité du sol de fondation, et en grande partie d'une forte augmentation de plus de 100 % des résistances au battage (mesuré avec PAGANI DPM30). Le sol de fondation peut maintenant parfaitement reprendre les nouvelles charges conformément aux exigences.



Vidéo sur le sujet  
augmentation de charge/  
surélévation:

[www.uretek.ch](http://www.uretek.ch)  
Projets de référence >  
Immeubles d'habitation > Nyon



## Rapport d'expert

Une halle déjà existante a été améliorée et un entresol installé pour la nouvelle filiale ALDI à Lavertezzo dans le canton du Tessin. Cette halle a autrefois servi d'entrepôt pour bateaux et disposait d'une structure portante en acier d'une hauteur utile d'entreposage de 12.5 m.

Les travaux de modification (mise en place de l'entresol, lourde façade en béton) ainsi que la nouvelle affectation prévue du bâtiment sont la cause d'une charge plus élevée sur les fondations existantes (semelles filantes). La nature du sol de fondation est extrêmement hétérogène avec des sables, des graviers et des gravats de démolition dans une couche supérieure qui elle-même recouvre une couche de limons sableux.

Pour reprendre la charge accrue, que le sol de fondation et les fondations en place ne peuvent supporter, deux méthodes ont principalement été envisagées:

- la mise en place de micropieux
- la consolidation du sol sous les fondations existantes

Nous avons décidé de compacter le sol au moyen d'injections de résine URETEK car ce procédé présente les avantages suivants:

- une exécution rapide
- une courte durée d'exécution des travaux
- une réduction des coûts
- la possibilité de travailler dans un espace extrêmement réduit
- pas de modification des fondations existantes nécessaire

Ce genre d'intervention se fait à l'aide de petits forages (foreuse manuelle), distants de 1 mètre tout autour de la construction portante, dans lesquels la résine URETEK est injectée. Les injections sont effectuées en profondeur à plusieurs niveaux afin d'agir uniformément dans l'ensemble du volume du sol de fondation concerné, soumis à la charge en question. Les résultats de mesures de sondages par pénétromètre dynamique, effectués à différents endroits avant les travaux, servent de base pour la détermination de l'envergure des travaux. Après l'exécution des travaux, les mesures ont été répétées et la comparaison des résultats confirme la très nette amélioration du sol de fondation ainsi que l'augmentation de la portance du sol de fondation et des fondations existantes.

Nous considérons la collaboration avec l'entreprise URETEK Schweiz AG comme très positive.

Stefano Mina  
Dipl. Ing. civile ETHZ  
Studio Ingegneria Sciarini SA

**SCIARINI SA**

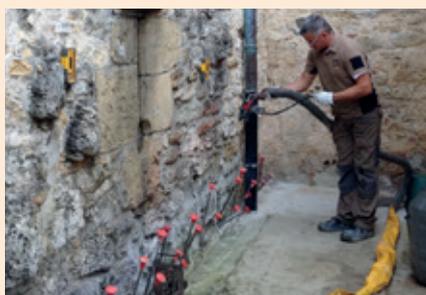
## Etude de cas

### Tour du Moyen-Âge stabilisée

La Tour de l'Hôtel de Ville, Le Landeron



Les fondations de la maçonnerie de la tour du Moyen-Âge haute d'environ 8 m reposent sur des pieux en bois et présen-



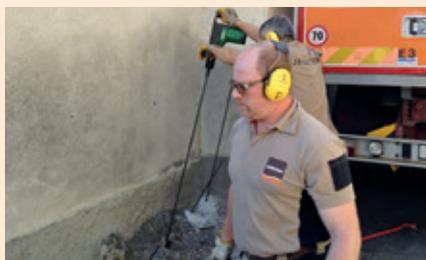
tent une profondeur d'environ 3 m et un largeur d'environ 2 m (mesuré à la base). Le sol est sableux et humide, la nappe phréatique se situe à environ -1.00 à -2.00 m. La tour s'est tassée avec le temps en raison du sol sensible aux tassements et probablement en raison de la dégradation des pieux en bois, et des fissures jusqu'à 2 cm sont apparues. Les injections de résine expansive ont été effectuées depuis l'extérieur et l'intérieur de la tour sur une longueur de 21 ml et ont ainsi stabilisé ce monument historique.

### Tassements d'une chapelle historique éliminés

Chapelle de Sensine, Conthey



La chapelle Saint-Jean à Sensine a été construite en 1811 sur un terrain légèrement en pente. La semelle de la construction (pierres maçonnées de 60 - 70 cm



se trouve à environ -0.80 m de profondeur. Le sol graveleux et limoneux avec beaucoup de pierres et cavités s'est tassé avec le temps. Les tassements (fissures sur tous les côtés de la chapelle) nécessitaient des injections tout autour de la chapelle. Les injections de résine expansive ont permis de remplir les cavités et de compacter le sous-sol de manière optimale. Le volume des pores s'est réduit et les paramètres géotechniques se sont considérablement améliorés (cohésion, résistance au cisaillement et module d'élasticité).

### Stabilisation des fondations continues et d'une dalle de fondation d'un garage souterrain

Chemin Bizot 4, Genève



Le complexe à plusieurs étages «La Tour de Rieu» avec parking souterrain a été construit en 1970. Les fondations



du parking souterrain se composent de semelles filantes et d'une dalle de fondation d'environ 20 cm avec des joints de dilatation. En raison du sol fortement limoneux et sableux des tassements et des fissures jusqu'à 10 cm sont apparus avec le temps suite à l'assèchement et aux lessivages du sol et aux variations du niveau de la nappe phréatique. Les travaux ont duré 9.5 jours et les injections ont concerné 87 ml de semelles filantes et 108 m<sup>2</sup> de dalle de fondation.

## Etude de cas

### Passage souterrain sécurisé

#### Passage souterrain au rond-point A13, Coire

Le passage souterrain existant à la Waffenplatzstrasse au niveau du nouveau rond-point A13 Coire sud a bénéficié d'une prolongation et d'une extension dans le cadre d'une révision globale de l'aménagement urbain de la ville. La zone qui s'était tassée devait être stabilisée dans ce contexte et également pour des raisons de sécurité. Le poids élevé du remblai ainsi que le remblai dans le sous-sol, composé de sable et de graviers, ont avec le temps entraîné des tassements. En 2 jours de travail, le sol a pu être renforcé sur 2

rangées de 25 ml et à des profondeurs de -0.20 m, -1.20 m et -2.20 m à partir du bord inférieur de la semelle filante.



### Tassements d'un charmant restaurant éliminés

#### Restaurant Central, Le Mont-sur-Lausanne

Le bâtiment principal de l'hôtel Restaurant Central construit en légère pente il y a plus de 200 ans possède une cave et a reçu en 1960 une extension maçonnée de 2 étages sans cave sur semelles filantes. Le sol sensible aux tassements (sable, limon, matières organiques), les différentes profondeurs des fondations, les périodes de sécheresse ainsi que le fossé des conduites le long du bâtiment ont entraîné avec le temps des tassements. L'extension s'est tassée d'environ 8 cm et de nom-

breuses grandes fissures et fentes sont apparues. Le support des fondations a été stabilisé en 2 jours de travail sur une longueur totale de 19 ml.



### Maison d'habitation collective stabilisée en Valais

#### Maison d'habitation collective, Simplonstrasse 62, Ried-Brig (1880 m au-dessus du niveau de la mer)

La maison d'habitation à plusieurs étages a été construite il y a environ 80 ans au milieu d'une pente. Elle se trouve aux abords d'une rue principale sur sol sableux. Le bâtiment et les fondations sont maçonnés. En raison de lessivages, de fuites de conduites, du réservoir situé devant la maison ainsi que du trafic accru de poids lourds, la maison s'est tassée dans plusieurs directions et d'importantes fissures sont apparues sur la construction. Le sol des fondations (avec de grosses pierres, peu compacté

ou avec cavités) a été injecté sur une longueur de 28 ml jusqu'à des profondeurs de -0.10 m, -1.10 m et -2.10 m à partir du bord inférieur de la fondation.





**Etude de cas internationale**

# Moulin à marée historique sauvé de la destruction par les eaux

Un petit canal dont l'eau dépend de la marée de l'embouchure de la Gironde dans l'Océan atlantique mène au moulin à marée désaffecté «Minoterie Chevalier» à Les Monards/Chenac.

Le petit canal qui passe sous le moulin à marée débute à environ 3 km dans les terres et rejoint l'embouchure de la Gironde. La construction hors du commun de ce moulin permettait à l'époque aux bateaux d'être chargés en farine directement au moulin.

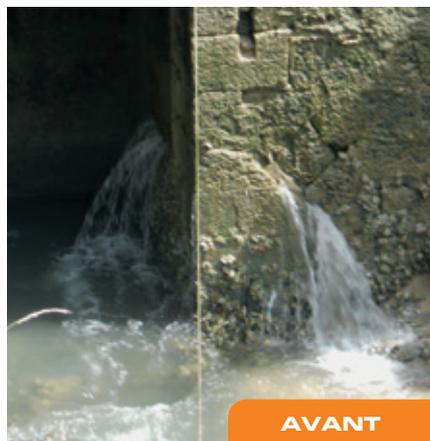
Les effets de la marée ont entraîné avec le temps l'affouillement des murs d'embase et le lessivage des murs dans la partie basse du bâtiment et du talus situé derrière (terrain meuble). Le moulin construit en 1830 menaçait de s'écrouler.

Les joints entre les grosses pierres des murs ont été lessivés avec le temps et de grandes cavités de plusieurs centimètres sont apparues.

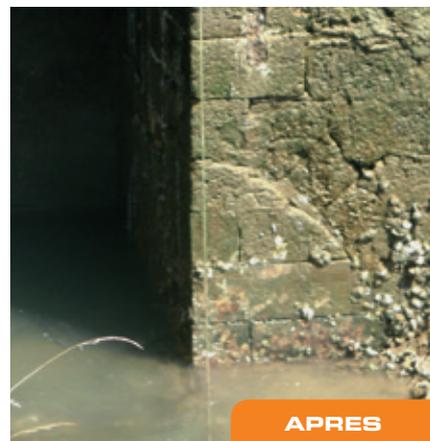
L'eau de mer (salée) a d'autant plus attaqué les pierres fortement calcaires et sensibles utilisées pour la construction des murs. En raison de la déstabilisation de quelques blocs dans la maçonnerie

de la partie basse du moulin, de l'eau a pu pénétrer dans le talus situé à l'arrière, et le moulin menaçait de s'effondrer en partie.

En raison de la particularité de la situation, les travaux d'injection devaient impérativement être réalisés par marée à niveau d'eau minimum. Au total, le procédé **URETEK Walls Restoring®** a



**AVANT**



**APRES**



Vue côté mer



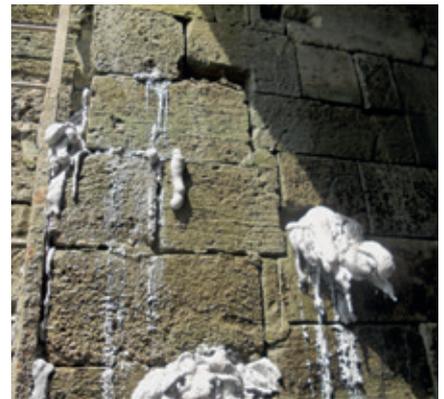
Mise en place des lances d'injection à l'intérieur du moulin

permis de remplir un volume d'environ 31 m<sup>3</sup>, et le procédé **URETEK Deep Injections**® a permis de réaliser des injections à l'intérieur du moulin d'environ 15 ml jusqu'à une profondeur de -3.50 m.

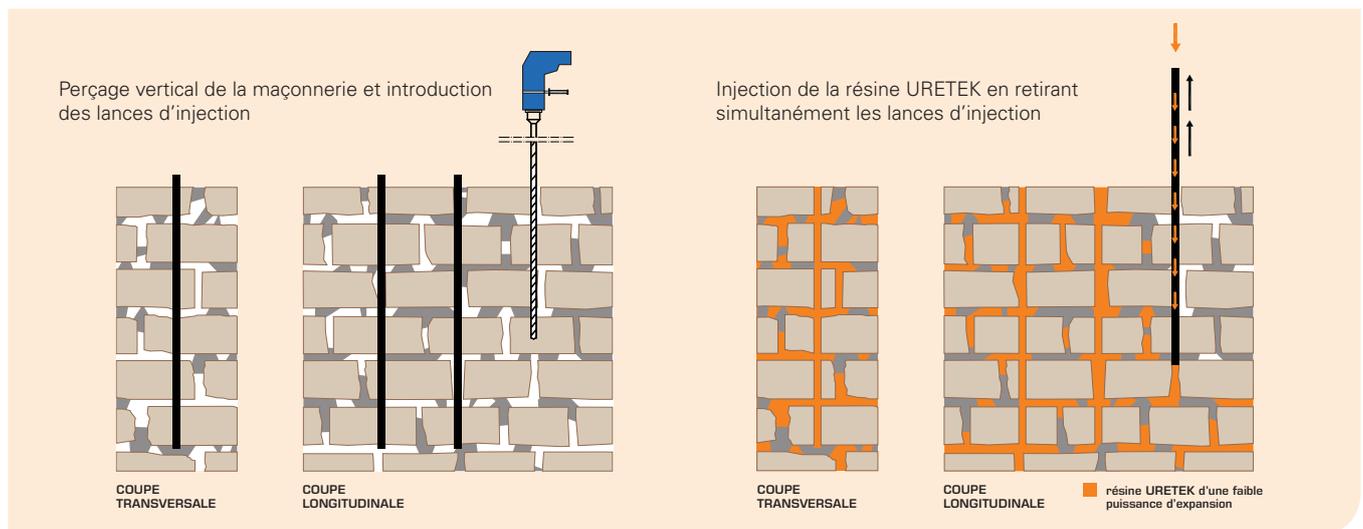
Une résine d'une faible puissance d'expansion a été choisie pour le procédé **URETEK Walls Restoring**®. Les injections ont été réalisées de bas en haut en retirant lentement les lances d'injection par intervalles de 1 m à partir d'une pro-

fondeur de -4.50 m. La résine expansive a pénétré les murs et a obstrué les joints lessivés entre les pierres des murs. Elle a durci en moins d'une minute, a collé les blocs entre eux et assure ainsi à nouveau l'étanchéité des murs. La résine URETEK présente l'avantage de polymériser dans l'eau, de ne pas être lessivée et de ne pas polluer l'eau dans les zones des injections.

**D'autres informations sur URETEK Walls Restoring® en dernière page**



Maçonnerie traitée



## URETEK WALLS RESTORING®

### Rétablissement de structures de maçonneries

Le procédé **URETEK Walls Restoring®** est la solution technologique pour solidifier des maçonneries descellées ou en décomposition sans d'importants travaux. Cette méthode permet de rétablir la cohésion du mortier d'un mur. Pour ce faire, il faut percer la maçonnerie dans le sens vertical ou horizontal et injecter la résine liquide URETEK à travers des lances d'injection introduites en les retirant lentement. La résine à tout faible expansion remplit les cavités dans la zone des joints du mur et solidifie les différents éléments de l'ouvrage.

La maçonnerie est renforcée et à nouveau stable après intervention avec le procédé **URETEK Walls Restoring®**.

### Applications

- maçonnerie
- murs de fondation
- ponts
- digues
- murs de soutènement
- etc.



### Données techniques

- diamètre des forages manuels ..... 12-26 mm
- écart entre les différentes injections ..... 40-80 cm
- distance maximale entre le camion de service et le lieu d'intervention ..... 80 m

### Avantages

- remplissage complet des cavités
- réalisation de précision
- rapide et à effet immédiat
- efficacité également sur la maçonnerie sous l'eau ou sous la nappe phréatique
- propriétés mécaniques de la résine expansive semblables à celles du mortier de maçonnerie
- procédé économique en coûts et en temps



Tous les procédé URETEK:  
[www.uretek.ch](http://www.uretek.ch)  
 Technique d'injection > Les procédés URETEK

## Dernière publication

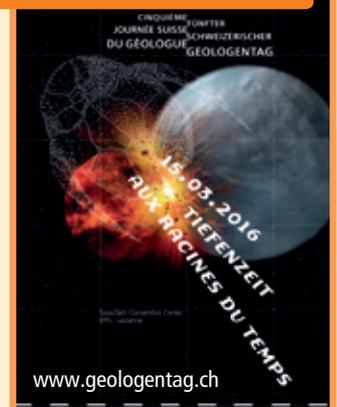


### Guide pour la planification des améliorations de sol par injection de résine expansive URETEK

Ce guide géotechnique s'adresse aux spécialistes pour leur permettre de planifier et réaliser ce genre de projets.

Le but étant d'une part de pouvoir évaluer au préalable si la méthode URETEK est susceptible d'être employée et d'autre part de mieux comprendre les processus physiques dans le sol en cas d'injections de PUR.

## Rencontrez-nous!



[www.geologentag.ch](http://www.geologentag.ch)