

LA CONGÉLATION DES SOLS

UN PETIT PEU D'HISTOIRE

C'est dans les mines qu'ont eu lieu les premières congélations des sols. En effet, ce procédé imaginé par l'Allemand Poetsch, reçut une première application en 1883 pour le fonçage des puits dans les mines de lignite à Scheidlingen, en Saxe. La première application en tunnel date de 1888 lors du creusement d'un tunnel à Stockholm au sein de sables argileux aquifères. La technique fut également utilisée entre 1905 et 1910, lors de la construction de la ligne 4 du métro parisien qui traverse la Seine. Plus d'un siècle plus tard, c'est dans le cadre des travaux du Grand Paris que la congélation des sols a été mise en œuvre sur les prolongements des lignes 12 et 14.



QU'EST-CE QUE C'EST ?

Le principe de la congélation des sols est de transformer l'eau interstitielle du sol en glace par apport de froid. L'eau du sol ainsi solidifiée a pour effet de cimenter celui-ci, qui devient alors étanche et résistant. La technique consiste à installer des tubes de congélation suffisamment rapprochés dans le sol, afin d'obtenir des cylindres de sol gelés qui soudés les uns aux autres peuvent constituer une enceinte résistante et étanche. En fonction de la disposition des tubes, il est possible de produire des enceintes de « sol congelé » de formes très variées : paroi verticale, anneau, dalle.



POURQUOI ?

Ce procédé spécial de traitement des sols s'emploie dans les sols aquifères dans le cadre des travaux de génie civil. Les domaines d'applications sont variés de la stabilisation des sols pour le creusement de galeries, puits, galeries de liaison entre tunnel jusqu'à la stabilisation de parois de terrassement et la protection des accès pour les boucliers et les pousses tubes. Cette méthode est adaptée aux environnements complexes à proximité d'ouvrages sensibles aux déformations et aux situations difficiles d'accès. Elle permet également la reprise de travaux à la suite d'incidents de chantier (débourrage, etc.). Enfin, la congélation du sol n'a pas d'effet à long terme sur l'environnement car une fois le sol fondu, les eaux souterraines et les sols retrouvent leurs états initiaux.



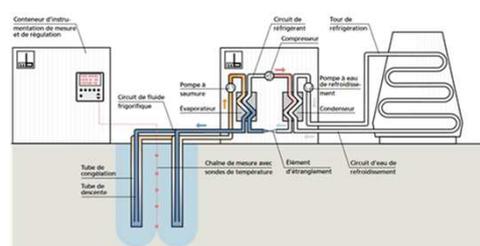
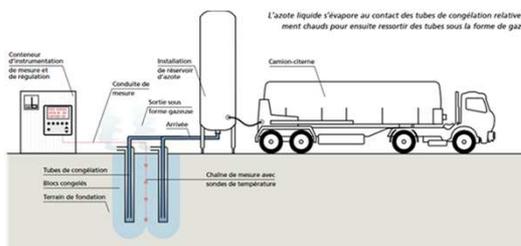
SURVEILLANCE DES TRAVAUX

Dans le cadre de travaux de congélation, la mise en œuvre de dispositifs de contrôle et de surveillance est indispensable à la bonne réussite du chantier. Ces dispositifs comprennent des sondes de températures au droit du dispositif de congélation (tubes, groupes frigorifiques, etc.) mais également dans le sol afin de vérifier à tout moment l'obtention de la température minimale requise garantissant la stabilité. Des dispositifs d'instrumentation des déplacements du sol sont également installés afin d'observer le comportement du massif congelé, des sols adjacents et des ouvrages mitoyens dont il faut garantir la stabilité durant les travaux. Au regard du volume de mesures généré par la surveillance de ces travaux, des logiciels de mesures sont utilisés pour enregistrer les différents relevés et les représenter de manière synthétique et graphique en temps réel aux responsables du chantier.

DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE

Différentes méthodes sont utilisées pour la congélation des sols :

- La congélation rapide des sols à l'azote liquide : l'azote est un gaz non toxique, non inflammable et un composant de l'air jusqu'à proportion de 78%. En tant que gaz liquéfié à très basse température, l'azote a une température de -196°C à 1 bar ; L'azote liquide est apporté sur chantier par des camions citernes spéciaux et stockés au sein de réservoirs. Il est introduit à l'intérieur des tubes de congélations desquels il s'échappe sous forme gazeuse dans l'atmosphère après s'être réchauffé au contact du sol. Le sol est ainsi congelé brutalement.
- La congélation lente à la saumure : la saumure est une solution saline aqueuse utilisée comme fluide frigorigène refroidi à des températures entre -25°C et -35°C . Cette solution circule en circuit fermé entre les tubes de congélation au contact du sol et les groupes de réfrigération qui assurent sa température négative. Comme son nom l'indique et en opposition avec l'azote liquide, cette méthode nécessite un assez long délai avant que les noyaux congelés autour de chaque tube de congélation se réunissent.
- La combinaison des deux méthodes : en effet afin d'assurer une congélation des sols dans le cadre d'un chantier de longue durée, il est courant de faire usage de l'azote liquide pour la congélation rapide des sols (phase de mise en froid) puis de procéder à la saumure afin d'assurer l'état de congélation des sols sur la durée du chantier (phase d'entretien du froid).



GROUND FREEZING TECHNOLOGY

A LITTLE BIT OF HISTORY

It was in the mines that the first freezing of the soil took place. Indeed, this process designed by the German Poetsch, received a first application in 1883 for sinking wells in lignite mines in Scheidlingen, Saxony. The first tunnel application dates back to 1888 when a tunnel was excavated in Stockholm in clayey aquiferous sands. The technique was also used between 1905 and 1910, during the construction of line 4 of the Paris metro which crosses the Seine. More than a century later, it was as part of the work in Grand Paris that soil freezing was implemented on the extensions of lines 12 and 14.



WHAT IS IT ?

The process of ground freezing is to convert soil moisture into ice by cooling it. The soil water thus solidified has the effect of cementing it, which then becomes impervious and strong. The technique consists in installing, in the ground, deep freezing pipes close enough to each other, in order to obtain frozen soil cylinders which, once they are welded to each other, can constitute a strong and impervious enclosure. Depending on the arrangement of the tubes, it is possible to produce "frozen soil" enclosures of very different shapes: vertical wall, ring, slab.

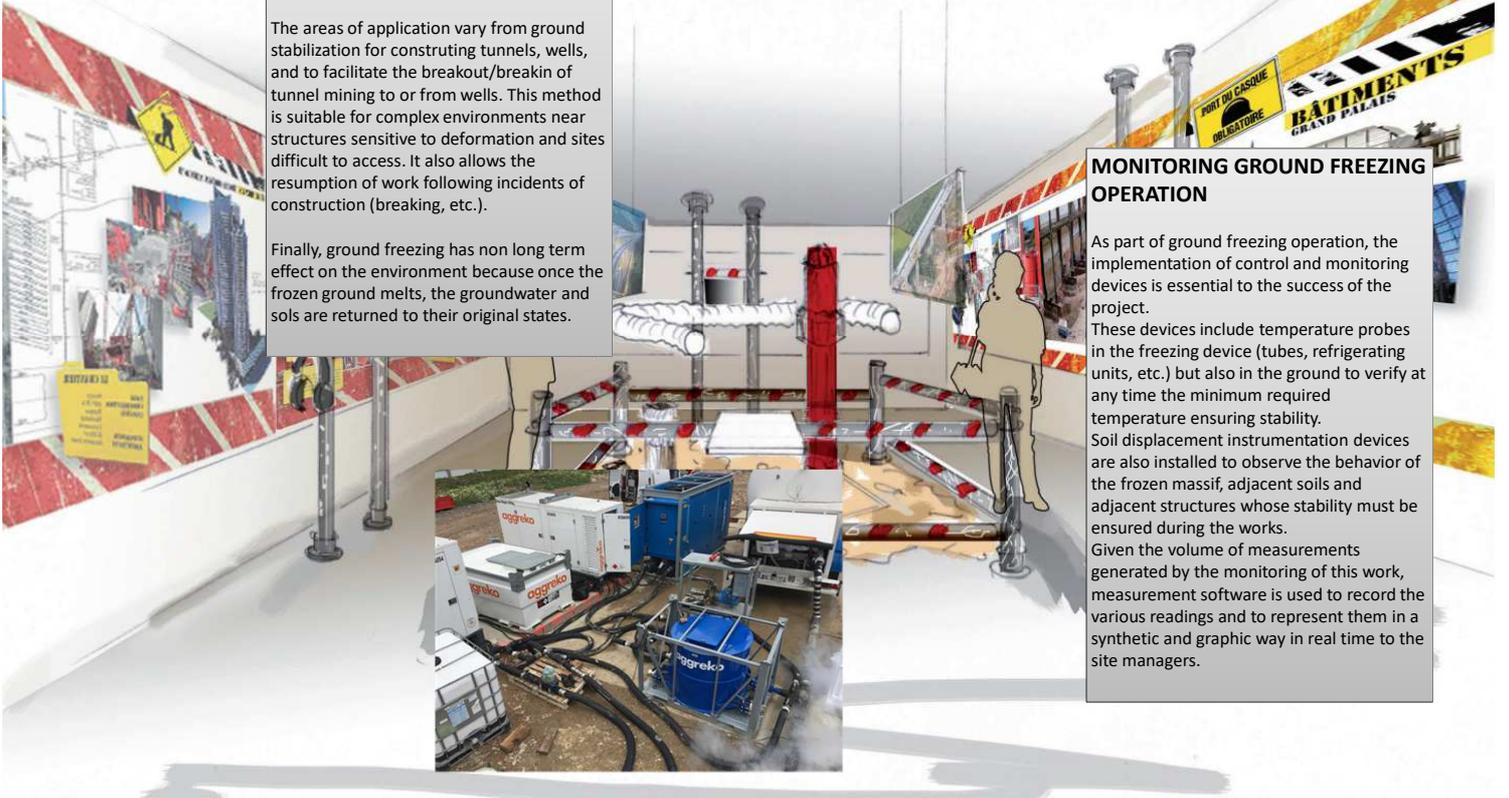


WHAT FOR ?

This special soil treatment process is used in aquifer soils as part of civil engineering works.

The areas of application vary from ground stabilization for constructing tunnels, wells, and to facilitate the breakout/breakin of tunnel mining to or from wells. This method is suitable for complex environments near structures sensitive to deformation and sites difficult to access. It also allows the resumption of work following incidents of construction (breaking, etc.).

Finally, ground freezing has no long term effect on the environment because once the frozen ground melts, the groundwater and soils are returned to their original states.



MONITORING GROUND FREEZING OPERATION

As part of ground freezing operation, the implementation of control and monitoring devices is essential to the success of the project. These devices include temperature probes in the freezing device (tubes, refrigerating units, etc.) but also in the ground to verify at any time the minimum required temperature ensuring stability. Soil displacement instrumentation devices are also installed to observe the behavior of the frozen massif, adjacent soils and adjacent structures whose stability must be ensured during the works. Given the volume of measurements generated by the monitoring of this work, measurement software is used to record the various readings and to represent them in a synthetic and graphic way in real time to the site managers.

DESCRIPTION OF THE TECHNIQUE

Different methods are used for freezing soils:

- Rapid freezing of soils with liquid nitrogen: nitrogen is a non-toxic, non-flammable gas and an air component up to 78%. As a liquefied gas at very low temperature, nitrogen has a temperature of -196°C at 1 bar of pressure ; Liquid nitrogen is brought to the site by special tanker trucks and stored in tanks. It is introduced inside the freezing tubes from which it escapes in gaseous form into the atmosphere after having warmed up in contact with the ground. The soil is thus frozen brutally.
- Slow liquid brine Freezing : Brine is an aqueous salt solution used as a cooled refrigerant with temperatures between -25°C and -35°C . This solution circulates in closed circuit between the freezing tubes in contact with the ground and the refrigerating groups which ensure its negative temperature. As its name suggests and in opposition to liquid nitrogen, this method requires a long time before the frozen nuclei around each freezing tube meet.
- The combination of the two methods: in fact, in order to ensure freezing of the soil in the framework of a long-term construction site, it is common practice to use liquid nitrogen for the rapid freezing of soils (cold implementation phase) and then proceed with the liquid brine to ensure the freezing state of the soil over the duration of the site (cold maintenance phase).

