

Les géostructures énergétiques ou thermiques sont des éléments de fondation dans lesquels sont intégrés des échangeurs de chaleur. Ces géostructures peuvent constituer une source d'énergie géothermique relativement peu coûteuse. De plus, se situant généralement sous le bâtiment, elles apportent également une solution en cas de forages verticaux profonds difficiles ou impossibles à effectuer (accessibilité limitée, restrictions de forage). Cet article traite en détail de ces systèmes, des défis qu'ils présentent et des points auxquels il faut prêter attention lors de leur mise en œuvre.

## Géostructures thermiques

### Des éléments de fondation comme sources thermiques

Le principe des géostructures thermiques est comparable à celui des systèmes traditionnels, qui consistent à installer des échangeurs de chaleur en forme de U dans des forages verticaux de 100 à 150 m de profondeur (voir [NIT 259](#)). Toutefois, les géostructures ne sont généralement pas installées à plus de 15 m de profondeur (30 m dans certains cas). Jusqu'à 10 à 15 m de profondeur, la température du sol est sujette aux variations saisonnières, bien que cette influence se fasse beaucoup moins ressentir à partir de 6 à 7 m environ.

Les pieux de fondation, les micropieux, les parois de soutènement, les radiers, les tirants d'ancrage et les tunnels sont autant d'exemples de géostructures pouvant être utilisées comme sources thermiques.

Depuis quelques années en Belgique, les pieux énergétiques sont utilisés avec succès dans des projets divers. Néanmoins, ceux-ci ne parviennent pas à réaliser une véritable percée, et ce malgré le fait que leur capacité énergétique suffirait dans la plupart des cas à couvrir les besoins de chauffage et une partie des besoins de refroidissement du bâtiment dont ils constituent les fondations. La faisabilité de cette technique varie en fonction du projet et, notamment, du rapport entre la longueur de pieu disponible (ou de la surface du mur dans le cas d'un mur de soutènement) et les besoins énergétiques du bâtiment.



1 | Echangeur de chaleur avec conduite en forme de U fixé dans une cage d'armature.

Il convient en outre de prêter attention à la conception énergétique des géostructures. Contrairement à un champ de forage classique, où le nombre et la profondeur des forages sont déterminés sur la base des besoins énergétiques du bâtiment, le nombre et les dimensions des éléments enterrés sont généralement fixes dans le cas des géostructures. Cela signifie qu'il convient d'estimer, à partir de ces conditions limites, la quantité d'énergie thermique pouvant être échangée avec le sol. Dans certains cas, il peut s'avérer nécessaire d'effectuer des forages verticaux supplémentaires ou de trouver une autre source d'énergie.

### Recherche

Pour mieux comprendre le comportement général des géostructures thermiques, le CSTC s'est penché sur quelques cas d'étude pratiques (pieux

énergétiques, radier activé thermiquement) dans le cadre du projet VIS 'Smart Geotherm' financé par VLAIO. Il en est ressorti que les géostructures ont énormément de potentiel en tant que sources d'énergie géothermique, mais que les géostructures peu profondes (radier sous le niveau de la cave, par exemple) nécessitent une attention particulière. En effet, la température des supports peu profonds augmente naturellement en été, ce qui influence négativement leur capacité de refroidissement.

Un vaste projet pilote a également été consacré aux pieux énergétiques. Son objectif était d'étudier le comportement thermomécanique de certains types de pieux couramment utilisés en Belgique. En se réchauffant ou en se refroidissant, un élément de fondation aura effectivement tendance à se dilater ou à se contracter. Ce mouvement est toutefois (partiellement) limité par le



sol environnant et la structure en surface, ce qui entraîne des contraintes thermiques supplémentaires. Il ressort de ce projet que :

- les contraintes induites thermiquement dans le béton sont restées dans des limites acceptables
- les variations de température imposées n'ont pas eu d'effet notable sur la capacité portante des pieux. Néanmoins, on observe une redistribution (relativement complexe) de la transmission des charges vers le sol
- les déplacements en tête observés durant les essais pour les contraintes thermiques les plus extrêmes sont toutefois restés limités à  $\pm 3$  mm par rapport à la situation d'équilibre. En pratique, ces déplacements seront cependant beaucoup plus restreints en raison de la structure en surface.

### Défis et points d'attention durant la mise en œuvre

Bien que les résultats soient encourageants, de nombreux défis restent encore à relever sur le plan de la conception énergétique et géotechnique des géostructures. C'est la raison pour laquelle seuls les pieux énergétiques font actuellement l'objet de directives et de logiciels de conception. Concer-

## Les géostructures thermiques peuvent constituer une source d'énergie géothermique relativement peu coûteuse.

nant les autres types de géostructures thermiques, il faut donc émettre des hypothèses ou recourir à des logiciels de conception plus complexes.

En général, les recommandations relatives à la conception et à la réalisation des géostructures thermiques sont les mêmes que celles applicables aux échangeurs de chaleur en forme de U placés dans des forages verticaux (voir NIT 259). Pour ce qui est de l'intégration des échangeurs de chaleur dans la géostructure, il faut toutefois tenir compte de certains aspects spécifiques. Ainsi, il n'est pas rare que l'on ait à faire à des conduites relativement courtes par élément, ce qui nécessite non seulement une adaptation du raccordement hydraulique, mais également un soin particulier lors de la purge du système.

Dans de nombreux cas, les échangeurs sont fixés dans une cage d'armature

(voir figure 1 à la page précédente) avant ou pendant la mise en place de la cage. Les points de fixation doivent être prévus à intervalles réguliers, de sorte que les conduites restent dans la position souhaitée durant le bétonnage. En ce qui concerne les conduites placées horizontalement (sous un radier ou devant le réseau collecteur, par exemple), il convient de prendre les mesures préventives nécessaires afin d'éviter de les endommager (pose dans un lit de sable, par exemple; voir figure 2). Il est en outre recommandé de vérifier l'étanchéité des conduites de manière régulière et après chaque activité risquée.

Enfin, il faut veiller plus particulièrement au raccordement de la géostructure à la structure en surface. Ainsi, les mouvements éventuellement attendus doivent pouvoir être repris par les conduites, et les traversées de conduites dans les dalles doivent être étanches. |



ACO Bouwteam

2 | Échangeurs de chaleur posés dans un lit de sable sous le radier.

G. Van Lysebetten, ir., chef de projet,  
laboratoire Géotechnique et monitoring, CSTC  
N. Huybrechts, ir., chef de la division  
Géotechnique, CSTC

## Guide

Pour de plus amples informations concernant la conception et la réalisation des géostructures thermiques, on consultera le guide **Smart Geotherm 'Thermische geostructuren'** (uniquement disponible en néerlandais), rédigé à partir d'expériences menées sur des cas pratiques, de campagnes d'essai et de monitoring et sur la base de directives étrangères.