

# Le fondement du bâtiment fait office d'échangeur de chaleur





*Dans le cadre de l’approvisionnement en chaleur et en froid des bâtiments à l’aide d’énergies renouvelables, la géothermie de surface se voit de plus en plus gagner le devant de la scène. Les géostructures énergétiques déjà commercialisées et qui utilisent le sous-sol de la construction comme réservoir de chaleur ou de froid, s’avèrent très prometteuses à cet égard. Deux spin-offs de l’EPFL sont les précurseurs de cette technologie interdisciplinaire.*

**Texte: Antonio Suárez • Photos: GEOEG**

On désigne par géostructures énergétiques, des éléments de construction qui sont en mesure de capter la chaleur géothermique du sous-sol et d’injecter l’énergie ainsi obtenue dans le circuit de chauffage et de refroidissement d’un bâtiment. Ce qu’on appelle des pieux énergétiques servent par exemple de géostructures, mais aussi les murs en béton et les dalles qui sont en contact avec le sol. Ces éléments de construction sont équipés de tubes en matière plastique dans un système de tuyaux fermé. Un fluide caloporteur y circule qui alimente une pompe à chaleur via un échangeur de chaleur. De cette manière, le sous-sol de la construction peut en quelque sorte être utilisé comme réservoir thermique saisonnier qui assure en grande partie l’approvisionnement en chaleur et en froid d’un bâtiment. «Ce que l’on appelle les géostructures énergétiques sont le cœur de notre expertise» précise l’ingénieur en mécanique Alessandro F. Rotta Loria pour expliquer le principe de base de cette innovation. «L’idée est donc en quelque sorte d’intégrer un échangeur de chaleur géothermique dans différents

types d’éléments de construction qui sont en contact avec le sol. Piliers en béton armé, dalles et murs en béton, et même les tunnels deviennent des échangeurs de chaleur.»

Originaire d’Italie, il a étudié à l’École polytechnique de Turin et a obtenu son doctorat en mécanique à l’École polytechnique fédérale de Lausanne, où il a participé à deux spin-offs vers la fin de son doctorat. Il s’agit des bureaux d’ingénieurs GEOEG et Enerdrape fondés en 2018 respectivement en 2021 et ce avec la participation du professeur Lyesse Laloui, directeur du laboratoire de mécanique des sols. «GEOEG a été fondé avec pour objectif de lancer sur le marché toute une série d’innovations et de technologies qui ont été développées à l’université au cours des vingt dernières années, notamment dans le laboratoire du Professeur Laloui. Le lien entre l’entreprise et l’EPFL est donc très important», explique Alessandro F. Rotta Loria.

#### **UNE APPROCHE PLURIDISCIPLINAIRE**

«Le principe de fonctionnement des structures géothermiques est exactement pareil à celui de toute autre technologie utilisant la chaleur du sol: nous utilisons le sol en tant qu’échangeur de chaleur» souligne le directeur de GEOEG. «Nous installons habituellement des canalisations en polyéthylène dans les cavités des piliers en acier, dans les dalles de sol ou —//

**Afin de déterminer ses propriétés thermophysiques, ce pieu énergétique avec tube échangeur de chaleur hélicoïdal a été testé en grandeur réelle sur le site du lotissement Les Fèvres à Bulle.**

**1 + 2 Intégration de géostructures énergétiques dans les fondations en béton du nouveau Discovery Learning Lab (DLL) inauguré récemment sur le campus de l'ETH Lausanne.**

dans d'autres éléments de construction. L'eau ou un fluide caloporteur circule dans ce système de tuyaux fermé qui permet de capter la chaleur du sous-sol ou de la dissiper à nouveau. Le système est ensuite raccordé à une pompe à chaleur eau/eau ou air/eau. D'un point de vue technologique, ce système fonctionne exactement de la même façon qu'un système de sondes géothermiques classique. La seule différence est que nous ne pratiquons pas de forages pour poser les conduites dans le sol mais que nous les intégrons dans les fondations en béton de l'édifice.

La raison pour laquelle cette idée évidente n'a pas été intégrée plus tôt dans la pratique de la construction, Alessandro F. Rotta Loria l'attribue au manque de compétences interdisciplinaires dont les bureaux de planification et d'ingénierie ont besoin pour concevoir et dimensionner correctement la technologie. « Dès qu'on utilise les structures porteuses comme ressource d'énergie, il faut non seulement des connaissances spécialisées en géotechnique, mais aussi une compétence globale en technique énergétique. Il faut donc une approche intégrée et pluridisciplinaire. »

Normalement, les géoscientifiques n'ont pas forcément d'échanges avec les ingénieurs en énergie. C'est aussi la raison pour laquelle l'utilisation des géostructures énergétiques a été plutôt hésitante jusqu'à présent, ajoute Alessandro F. Rotta Loria. Selon des informations de Géothermie Suisse, l'association des acteurs de la géothermie en suisse, de telles géostructures n'ont jusqu'à présent été utilisées que dans un peu plus de 40 projets de construction dans tout le pays.

**UNE MULTITUDE DE DOMAINES D'APPLICATIONS**

C'est surtout dans un environnement urbain que les géostructures énergétiques sont très avantageuses, parce que les champs de sondes géothermiques sont limités dans l'espace, dans les zones d'habitation qui sont



densément construites. Contrairement à la chaleur du sol conventionnelle, la géothermie de surface permet d'utiliser l'infrastructure en place, explique Alessandro F. Rotta Loria. « Les avantages en termes de coûts sont évidents, car il n'est pas nécessaire de procéder à des forages supplémentaires pour extraire l'énergie géothermique. Au lieu de cela, on utilise les excavations des fondations qui existent de toute façon lors de la construction d'un bâtiment. » Comme aucun forage supplémentaire n'est nécessaire pour la pose de sondes géothermiques, les systèmes avec géostructures sont en général entre 20 et 30% moins chers, calcule le directeur de GEOEG. L'utilisation de cette technologie n'a pratiquement aucune limite, qu'elles soient géographiques ou techniques. En Europe, où la densité de construction est élevée, la géothermie de surface est une ressource d'énergie renouvelable très efficace et d'une grande utilité, explique Alessandro F. Rotta Loria. Car elle est disponible 24h/24 et pratiquement partout dans le monde. On peut l'utiliser aussi bien pour le chauffage et la préparation d'eau chaude sanitaire que pour le refroidissement, qui représentent en moyenne 75% de la consommation totale d'énergie d'un bâtiment en Suisse.

Mais de telles géostructures sont-elles vraiment judicieuses partout? Alessandro F. Rotta Loria limite l'ap-

plicabilité à certaines conditions géométriques préalables: « Ce qui est clair, c'est qu'il faut des poutres en béton dans lesquels on peut activer thermiquement les plafonds et les murs en béton. Nous devons avoir la possibilité de pénétrer dans le sous-sol. » C'est la raison pour laquelle les maisons individuelles et les petits immeubles collectifs ne sont guère adaptés à ce type d'installation, car ces bâtiments ne disposent généralement que de petites surfaces en contact avec le sous-sol. « En général, le potentiel d'utilisation est le plus grand là où l'on a affaire à des bâtiments de plusieurs étages, des centres commerciaux ou des magasins, autrement dit avec des bâtiments plus importants » précise l'ingénieur. « Le potentiel dépend fortement de la consommation énergétique du bâtiment et de son volume, mais aussi de la surface qui est en contact avec le sol. » C'est pourquoi Alessandro F. Rotta Loria ne voit par exemple qu'un faible potentiel dans un immeuble de grande hauteur qui ne dispose que de deux étages souterrains. « En revanche, pour un bâtiment de huit étages, avec des piliers en béton armé et de nombreux espaces souterrains, les géostructures sont très avantageuses, car elles permettent de couvrir une très grande partie de la consommation d'énergie avec des ressources renouvelables. » —//





2

 **KESSEL**

Le nouveau petit poste de relevage

# Encombrement mini. Méga puissant.

Tout est possible avec le  
*Minilift S* pour eaux grises :

---

Différentes puissances de pompes

---

Résistant à l'eau chaude et eau saumurée (adoucisseurs)


---

Au choix : 5 différentes possibilités de connexions

---

Volume utile réglable de manière variable



 Made in Germany

[www.kessel.fr](http://www.kessel.fr)





Pour la première fois au monde, les propriétés thermophysiques des galeries énergétiques de 70 mètres de long ont été testées dans la nouvelle construction de l'école internationale de Monaco, avec différents types de tubes échangeurs de chaleur.

#### RÉALISABLES DANS LE MONDE ENTIER

Le bureau d'ingénieurs GEOEG s'est déjà constitué un portefeuille de clients considérable en très peu de temps. Des projets et des études ont déjà été réalisés sur trois continents et dans sept pays différents. Ainsi, le nouveau Discovery Learning Lab (DLL) a été récemment inauguré sur le campus de l'EPFL. Un total de 176 pieux énergétiques y ont été installés, d'une longueur totale de presque deux kilomètres. 450 m<sup>2</sup> de dalles de sol et de murs ont de plus été équipées de tuyaux. Le sous-sol en contact avec les géostructures est surtout utilisé pour le stockage de la chaleur et du froid. Associées au réseau de chauffage urbain local, les géostructures du DLL couvrent 100% des besoins en énergie thermique du bâtiment. Les performances du système géothermique sont par ailleurs surveillées en permanence et optimisées.

Endehors des frontières nationales, GEOEG est impliqué dans de nombreux projets. Divers projets ont ainsi été mis en œuvre en Belgique, en France, en Pologne, en Corée du Sud ou aux États-Unis. Dans la Principauté de Monaco, le nouveau bâtiment représentatif de l'école internationale est en cours de construction. Cette école privée renommée propose une formation de base bilingue français et anglais, à ses 700 élèves du primaire et du secondaire. Les deux tours en forme de vagues sont caractéristiques de la nouvelle construction symbolique intitulée «Testimonio II». Pour ce bâtiment, GEOEG a non seulement planifié et fait réaliser les pieux énergétiques mais aussi pour la première fois au monde, des galeries dites énergétiques avec différents tubes d'échangeurs de chaleur y ont été testées.

Et pour le projet «The Lightwalk» à Séoul, le bureau d'ingénieurs a réalisé une étude de faisabilité pour l'activation thermique de tous les éléments de construction en contact avec le sous-sol d'une plateforme de transport entièrement souterraine dans le centre de transit de Gangnam. Le nœud de transport intermodal abritera une gare pour quatre lignes ferroviaires, une station de métro ainsi qu'un centre commercial et un centre de congrès et disposera d'une surface totale en sous-sol de 167000 m<sup>2</sup>. Dans le cadre de la planifi-

cation de projet, GEOEG a conçu un système de géostructures énergétiques qui couvrirait l'ensemble des besoins en chaleur des zones ventilées. Pour cela, 41000 m<sup>2</sup> de dalles énergétiques, 18000 m<sup>2</sup> de murs énergétiques et 1382 m de pieux énergétiques ont été planifiés au total.

#### POTENTIEL ÉNORME

Si l'on veut réussir la transition énergétique à l'échelle mondiale et atteindre effectivement les objectifs de protection du climat, de telles géostructures devront être installées des millions de fois à l'avenir pour alimenter les bâtiments en énergie thermique propre.

Mais ce n'est pas tout, car les bâtiments existants devront eux aussi être chauffés et refroidis à l'avenir avec le moins d'énergie fossile possible. Une solution existe déjà pour cela. C'est l'entreprise Enerdrape, dirigée par l'ingénieure Margaux Marie Valérie Peltier, qui a rédigé un mémoire de master sur les tunnels énergétiques au laboratoire de mécanique des sols, qui l'a développée et l'a menée à maturité.

La spin-off de l'EPFL a développé des panneaux géothermiques qui peuvent être installés dans des infrastructures souterraines existantes, par exemple dans des parkings, des tunnels ou des stations de métro. La façon de fonctionner est exactement



la même que pour les galeries et les pieux énergétiques. On utilise ici aussi des tubes échangeurs de chaleur. Ils ne sont toutefois pas intégrés directement au béton mais encastrés en plusieurs couches dans les panneaux, qui sont eux-mêmes fixés aux murs intérieurs des espaces souterrains.

Alessandro F. Rotta Loria les appelle sobrement des «panneaux solaires sous-terrains»: L'idée qui se cache derrière tout cela est de fixer des panneaux flexibles sur des surfaces qui sont en contact avec le sous-sol, par exemple sur un plafond ou un mur dans un parking souterrain.» Un autre avantage des panneaux est qu'ils peuvent aussi absorber la chaleur perdue. La fondatrice de la société, Margaux Peltier, a découvert lors d'un test effectué dans un parking de Lausanne que les panneaux tirent tout de même 15% de l'énergie thermique de l'air ambiant, tandis que les 85% restants proviennent directement du mur en béton. D'après les informations de Enerdrape, le potentiel est énorme: rien qu'en Europe, la surface inutilisée dans les parkings souterrains est estimée à 50 millions de mètres carrés.

#### NÉCESSITE D'UNE RÈGLEMENTATION EN SUISSE

D'après les estimations d'Alessandro F. Rotta Loria, les géostructures énergétiques pourraient normalement couvrir 40 à 80% de la consommation d'énergie d'un bâtiment. Dans certains cas, 100% seraient aussi possibles. «L'association Géothermie-Suisse a récemment déterminé dans une étude que la géothermie pourrait couvrir environ 25 pour cent des besoins énergétiques du pays», dit-il. C'est la preuve que la géothermie, en tant qu'énergie renouvelable, peut jouer un rôle important dans la transition énergétique. Cela vaut d'ailleurs aussi pour d'autres pays en Europe et dans le monde, ajoute le CEO de GEOEG. «Cela nous permettrait de ne pas dépendre des marchés de l'énergie internationaux. Car le système fonctionne dès que nous mettons les pompes en marche avec un peu d'électricité qui fait circuler l'eau dans les tuyaux. Et à partir du moment où cette électricité est exclusivement issue de sources d'énergies renouvelables, le système géothermique peut être exploité de manière 100% durable, c'est-à-dire avec zéro émission de CO<sub>2</sub>.

Pour que l'utilisation de cette technologie se généralise, Alessandro F. Rotta Loria préconise des incitations financières supplémentaires et des campagnes de sensibilisation. Le fondateur de la start-up souhaite en outre que les instruments techniques de régulation soient renforcés afin de rendre l'utilisation de telles technologies plus contraignante. En se référant à la directive européenne révisée sur les bâtiments, il indique que certains États de l'Union européenne imposent déjà des directives concernant l'exploitation locale de sources d'énergie renouvelables dans les nouveaux projets de construction. Il apprécie l'ouverture technologique, d'autant plus que dans le secteur du bâtiment, la géothermie et l'énergie solaire sont les plus disponibles sur place. «Grâce à ces réglementations et à ces normes, de plus en plus d'applications géothermiques sont implémentées en Europe», déclare-t-il. «En Suisse, il nous manque malheureusement encore de telles directives tangibles.» □

# Sanibroy

## Sanicubic 2 FRK

Station de relevage hautes performances dotée de deux pompes à roue Vortex

- Pour une utilisation dans les maisons d'habitation ou des installations commerciales
- Pompage jusqu'à 49 m<sup>3</sup> d'eaux grises et d'eaux noires par heure
- Large spectre d'utilisations flexibles grâce à 5 entrées DN 50/100/150
- Dimensions compactes, Montage au sol aisé

↑ 15 m  
🌀 49 m<sup>3</sup>/h

