



Les 28 forages ont débuté en novembre 2018 et s'acheveront à la fin mars 2019.

Lyon s'offre ses premières sondes géothermiques à 200 mètres de profondeur

L'immeuble de bureaux Eklaa – dont les travaux ont débuté courant novembre 2018 – ouvrira ses portes au second semestre 2020. Le confort des futurs salariés sera assuré par une thermofrigopompe via 28 sondes géothermiques verticales. La réforme du code minier de 2015 a permis à Weishaupt - Geoforage de puiser les calories à 199 mètres de profondeur pour chauffer et rafraîchir le bâtiment. Une première pour la capitale des Gaules.

L'immeuble de bureaux Eklaa R+6 – avec deux niveaux de parking et d'une superficie totale de 11 000 m² – sortira de terre à la fin du second semestre 2020 dans le 7^{ème} arrondissement de Lyon, à deux pas de l'antre du LOU Rugby, le Matmut Stadium (anciennement stade de Gerland). Ce bâtiment – qui offrira un très haut niveau de confort intérieur comme l'attestent les certifications Breeam 2016 niveau «Excellent» et Well – va déployer une nouvelle approche technologique dans la ville de Lyon, à savoir l'utilisation de la géothermie par sondes sèches, à près de 200 mètres de profondeur. Ce type de projet n'est réalisable que depuis la réforme du code minier de 2015.

Forage pas au-delà de 200 mètres

Le décret n° 2015-15 qui définit et réglemente les activités de géothermie dite de minime importance a été publié en janvier 2015. Ce décret stipule que les installations sont considérées comme géothermie de minime importance lorsque «pour les échangeurs géothermiques fermés, la profondeur du forage est inférieure à 200 mètres et la puissance thermique maximale prélevée du sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW». «La géothermie de minime

importance n'est plus soumise aux procédures d'autorisation du code minier lorsqu'elle est réalisée dans des zones sans risques géologiques significatifs et que les forages de moins de 200 mètres sont effectués par des entreprises qualifiées», commente Christophe Luttmann, responsable développement forage chez Weishaupt, en charge de la supervision du projet. «Avant ce décret, les forages ne devaient pas excéder 100 mètres de profondeur. Nous n'aurions pas pu avoir une couverture géothermique importante sur ce bâtiment avant la réforme du

Le Fonds Chaleur de l'Ademe subventionnera à hauteur de 30 % le budget du forage géothermique.

code minier». Une étude de faisabilité et un pré-dimensionnement des forages ont ainsi été réalisés dans le cadre de la construction de cet immeuble de bureaux par la société d'ingénierie et de conseil en environnement Antea Group et par le bureau d'étude fluides Barbanel Ingénierie.

La réalisation de cet ouvrage avec des capteurs géothermiques verticaux se réfère à la norme NF X 10-970 qui est, depuis 2011, le référentiel technique pour la démarche Qualiforage. «Selon la localisation des installations, la géothermie de minime importance peut avoir un impact négatif (remontée de nappe, artésianisme, pollution avérée, évaporites, etc.). C'est pourquoi la maîtrise d'ouvrage a dû avoir recours à une cartographie réglementaire permettant de définir si l'implantation d'une opération de géothermie de minime importance est réalisable ou si elle présente des contraintes particulières nécessitant l'avis d'un expert», développe Christophe Luttmann. Certaines zones dites vertes peuvent accueillir des forages sur simple déclaration dans une limite de 500 kW soutirés.

D'autres zones dites oranges doivent, elles, être étudiées pour valider la faisabilité technique du projet. «L'ouvrage se situant en zone orange, il se doit d'être encadré et nécessite l'avis d'un organisme agréé. Le bureau d'études sous-sol Antea Group a ainsi validé la faisabilité du projet. Et dans ce cadre nous ne pouvions pas faire plus de 28 forages car la surface du terrain n'est pas suffisante, seulement 2 200 m²», ajoute Christophe Luttmann.

Le site de 2 200 m² comptera donc 28 forages à 199 mètres de profondeur. Mais aurait-on pu avoir recours à moins de puits de forage ? La réponse est non et a été validée par un test de réponse thermique et une géomodélisation, réalisées par Antea Group.

Test de réponse thermique

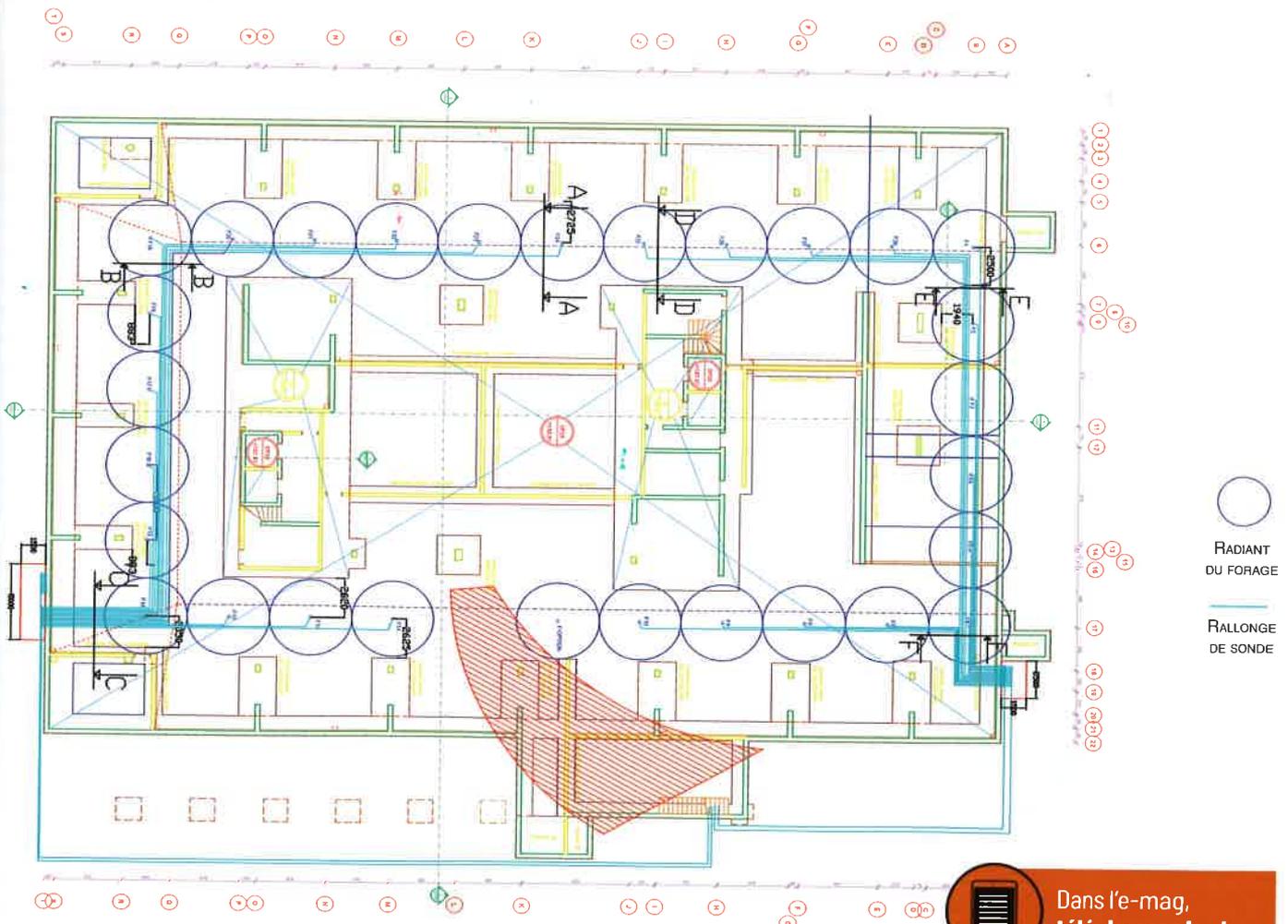
Un test de réponse thermique (TRT) permet de mesurer des données spécifiques du sous-sol comme la température moyenne à 200 mètres de profondeur, la conductivité thermique du terrain et la résistance thermique de la sonde par rap-

LES ACTEURS

- **Maître d'ouvrage** : Sogelym Dixence.
- **Maître d'œuvre** : AFAA Architecture.
- **BE Fluides** : Barbanel Ingénierie.
- **Assistant MOA géothermie** : Antea Group.
- **Entreprise de forage** : Weishaupt.
- **Entreprise de CVC** : Engie Cofely.
- **Ademe** : projet subventionné Fonds Chaleur.

port au sol. Ces trois données servent à calculer la capacité thermique volumique du sous-sol, indispensable à l'optimisation du dimensionnement du captage enterré. «Le TRT consiste à se brancher pendant 72 heures sur un forage sans intermittence. Le TRT jumelé à une géomodélisation permet d'anticiper la dégradation de la température moyenne du sol pour garantir un niveau de performance sur plusieurs années car nous savons que la température du sol se stabilise et arrive à maturité après 25 ans», as-

Suite page 42 >>>



Plan d'implantation des sondes géothermiques verticales



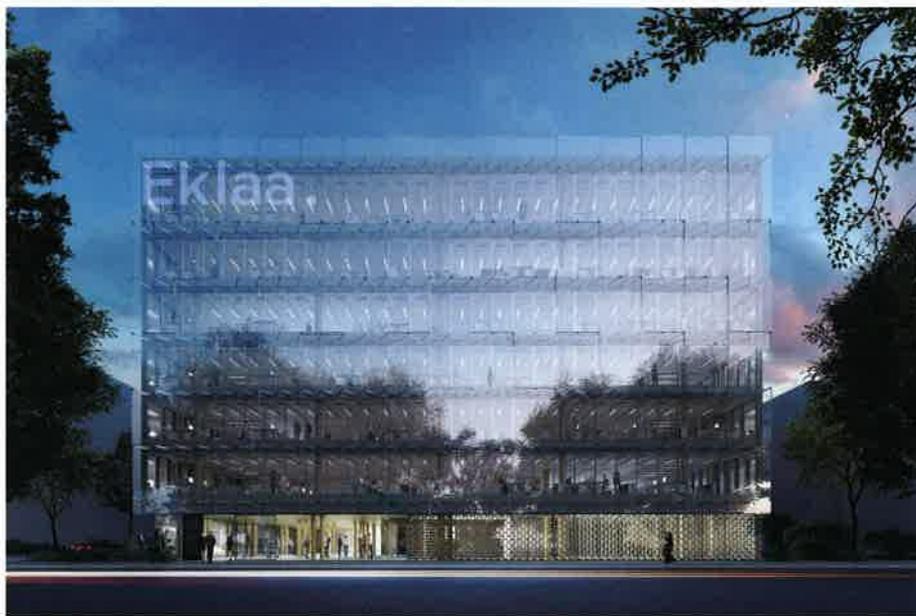
Dans l'e-mag,
téléchargez le plan
en haute définition

>>> Suite de la page 41

sure Christophe Luttmann. «De plus, nous ne connaissons pas la nature du sol au-delà de 30 mètres de profondeur. C'est pourquoi la réalisation du TRT et de la géomodélisation était indispensable», complète Édouard Tissier, chef de projets Eaux, Ressource et Géothermies et hydrogéologue chez Antea Group.

La géomodélisation, réalisée à la suite du TRT, permet de croiser les données du TRT avec la Simulation thermique dynamique (STD) du bâtiment sur ses besoins et ses consommations. «L'objectif est d'éviter le sur ou sous-dimensionnement du champ de sondes et de connaître les contraintes géologiques du terrain. La géomodélisation a ainsi permis de valider l'hypothèse de 28 forages à 199 mètres de profondeur dimensionnée par Antea et Barbanel», ajoute Christophe Luttmann.

Weishaupt - Geoforage déploiera jusqu'en mars deux ateliers de forage – soit deux équipes de trois personnes – pour la réalisation et le raccordement des sondes géothermiques verticales. Une sonde géothermique se compose de quatre tubes de polyéthylène haute densité (PE-HD) de DN 40 en «U», soit quatre tubes correspondant à une double épingle pour augmenter la surface de l'échange. Au-delà de 150 mètres, la norme Afnor impose de passer sur un diamètre de sonde supérieur pour pallier des problèmes de pertes de charge. Ce champ de capteurs est constitué d'un réseau de tubes en polyéthylène, disposés à la verticale dans des forages et cimentés dans un coulis géothermique à haute conductivité. Cette cimentation ascendante permet de combler l'espace annulaire et de favoriser l'échange thermique entre le sol et la sonde. La sonde récupérera les calories en profondeur et les



Au cœur du quartier de Lyon Gerland, Sogelym Dixence va réaliser Eklaa, un bâtiment qui offrira un très haut niveau de confort intérieur et qui sera rafraîchi et chauffé par géothermie.

acheminera jusqu'à la thermofrigopompe. «Ces sondes peuvent être remplies en eau pure ou en mélange d'eau et de mono propylène glycol (MPG) biodégradable. Si un circuit devait être amené à fuir, son contenant ne polluerait pas le sol», assure Christophe Luttmann.

Température du sol autour de 15 °C

Sur cette opération, les sondes sont glycolées pour maximiser la plage d'échange thermique dans le sol. Au contact de la terre dont la température est approximativement de 15 °C, l'eau qui circule dans les sondes se réchauffe de quelques degrés. En se réchauffant, elle absorbe des calories, qui seront à leur tour cédées en surface à la thermofrigopompe – de marque Carrier modèle 30 XWHP – via deux collecteurs de 14 sondes géothermiques. La thermofrigopompe, installée dans le local technique au niveau – 2, montera ensuite en température l'eau à 40 °C avant d'alimenter les panneaux rayonnants hybrides de marque Barcolair fixés aux plafonds de toutes les pièces du futur bâtiment Eklaa. «Ce type d'émetteur est bien adapté au régime basse température permettant de bons rendements pour l'installation. Nous avons favorisé ce type d'émetteur réversible capable de faire du chaud et du froid», assure Philippe Rodet, ingénieur chargé d'affaires au sein du bureau d'études Fluides Barbanel Ingénierie. D'après ce dernier, la puissance pour chauffer l'intégralité du bâtiment sera de 463 kW. Cette puissance maximale ne sera appelée que trois heures par an sur une période de congés de fin d'année. «La thermofrigopompe déli-

vrant une puissance chaude de 453 kW couvrira donc la totalité des besoins de chauffage du bâtiment via la géothermie. Une pompe à chaleur réversible air/eau en appoint de puissance froide permettra aussi le complément de puissance en cas de grand froid exceptionnel», complète l'ingénieur.

En mi-saison, du «rafraîchissement passif» ou géocooling pourra être réalisé grâce à la faible température constante de la terre afin de rafraîchir l'eau du circuit de rafraîchissement par échange direct sur le champ de sondes sans passer par la production. La programmation de l'installation contrôlera le système hydraulique de sorte que l'eau de rafraîchissement s'écoule en by-passant l'échangeur de la thermofrigopompe pour alimenter directement le réseau de distribution d'eau glacée du bâtiment. Et il y aura également un rafraîchissement actif. Le circuit de réfrigération de la thermofrigopompe sera dans ce cas complètement inversé. Pour la production de froid, 85 % des besoins seront couverts par 60 % de la puissance de la thermofrigopompe. En effet, la puissance de rejet sur le champ de sondes étant limitée à 500 kW, il n'est pas possible de dépasser la puissance produite de 435 kW froid sur la thermofrigopompe. Les besoins complémentaires seront produits en période estivale par une pompe à chaleur air/eau de 546 kW froid.

Cop proche de 5 !

Ademe impose un coefficient de performance minimal de 4 pour que le projet soit subventionné par le Fonds Chaleur. Du fait de la réversibilité de la thermofri-

FICHE TECHNIQUE

- **Date de livraison** : second semestre 2020.
- **Certification** : Breeam Excellent 2016 et Well.
- **Nombre de sondes** : 28.
- **Profondeur des sondes** : 199 m.
- **Couverture des besoins de chaleur** :
 - 100 % par la thermofrigopompe sur sondes géothermiques.
- **Production de froid** :
 - 80 % par la thermofrigopompe et les sondes géothermiques.
 - 20 % d'appoint par une Pac air/eau de 546 kW.

gopompe, le Cop à 100 % de charge de la machine est de 4,52 en régime extrême sur champ de sondes et le EER à 100 % de charge est de 4,67 en régime extrême toujours sur champ de sondes. Cette réalisation géothermique sera une première dans l'agglomération lyonnaise. «Il y a quelques années, nous n'aurions jamais pensé installer des sondes géothermiques dans Lyon-centre car le contexte hydrogéologique favorise les opérations sur aquifère. Toutes les opérations locales se font en doublet sur nappe avec un puits de prélèvement et un puits de rejet. Mais beaucoup d'installations ont été réalisées pour du process industriel ou du rafraîchissement de bureaux et la température de cette nappe a été localement augmentée. Ce réchauffement en certains points du territoire lyonnais peut avoir un impact selon la position et la taille des projets, c'est pour cela qu'aujourd'hui il est encore possible, sous réserve d'études hydrogéologiques, de faire de la géothermie sur aquifère à Lyon», constate Édouard Tissier, chef de projets au sein d'Antea Group. La géothermie dans cette zone étant très réglementée, c'est dans ce contexte que le bâtiment Eklaa a eu recours à une



Deux équipes de trois personnes sont réquisitionnées pour la réalisation et le raccordement des sondes géothermiques verticales.

solution de sondes géothermiques, qui travaillent en circuit fermé et non pas en doublet sur aquifère. «C'est une prouesse technique

de réaliser les premières sondes géothermiques à 200 mètres en plein cœur de Lyon», se réjouit Christophe Luttmann. ●