

Géothermie : des retours d'expérience positifs



En 2015, 100 MW géothermiques supplémentaires en très basse température ont été réalisés en France. Un cadre réglementaire plus favorable s'est mis en place courant 2015. Le décret sur la géothermie de minime importance a simplifié les procédures réglementaires. La qualité s'est également structurée : les foreurs doivent être qualifiés RGE Qualiforage et les bureaux d'études RGE Études depuis le 1^{er} janvier 2017 pour permettre à leurs projets de bénéficier des financements disponibles, en particulier ceux du Fonds chaleur. La Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) table sur un développement à l'horizon 2030, aussi bien pour les particuliers que pour le collectif. Retour sur un panel de réalisations plus ou moins récentes...

Un projet phare : le nouveau siège d'Airbus inauguré il y a un an



Les pompes à chaleur du fabricant Waterkotte permettent de récupérer 2 MW en chauffage et 1 MW en climatisation sur l'ensemble du site. La valorisation de l'utilisation en climatisation de la géothermie, notamment en géocooling, est également un enjeu important pour son développement en France.

En septembre 2016, lors des Journées de la géothermie à Strasbourg, le bureau d'études Burgeap a reçu le Trophée de la géothermie 2016 délivré par l'Association française des professionnels de la géothermie (AFPG) pour son travail sur le projet Airbus à Blagnac (Haute-Garonne). Il a été chargé d'une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre sur la géothermie. Sur un Campus de 5 hectares, 140 sondes verticales de 205 mètres de profondeur ont été installées pour assurer le

chauffage et le rafraîchissement de 36 000 m² de bâtiments par l'intermédiaire de pompes à chaleur géothermiques décentralisées sur boucle d'eau tempérée. Les sondes produisent l'équivalent de 2 MW en chauffage et 1 MW en climatisation.

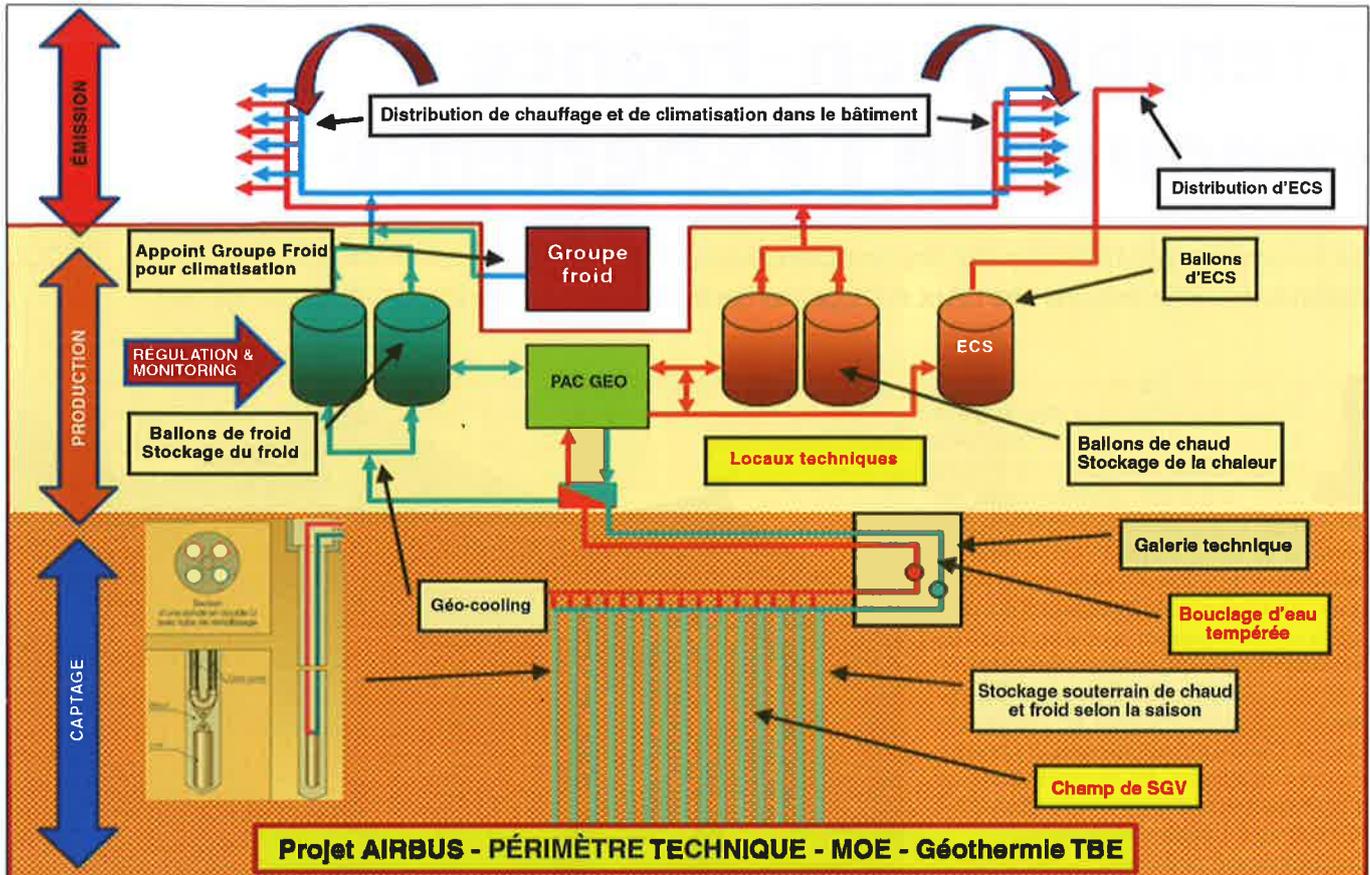
Le projet immobilier de la société Airbus Group était celui de l'aménagement de son futur siège social inauguré en juin 2016, après une réception et une livraison effectuées au mois de mars. Les études avaient pour leur part débuté fin 2012. Ce projet comprenait la construc-

Innovante dans sa conception technique, la géothermie qui alimente les trois bâtiments du nouveau siège mondial d'Airbus à Blagnac est aussi originale en termes d'organisation. Un lot Géothermie a été créé et sa conception confiée à un bureau d'études spécialisé.

tion de deux bâtiments tertiaires de 12 000 m² et 19 574 m² de surface utile et d'un restaurant inter-entreprises de 4 400 m² sur un site de 5 hectares.

Une première technique, un contrat original

Le projet est une première technique, estime le bureau d'études Burgeap. Il se distingue par plusieurs facteurs : la taille des forages (28 905 m de forages en une seule tranche de travaux), l'intégration d'une boucle tempérée baptisée Géo Smart City alimentée par un champ de



Projet AIRBUS - PÉRIMÈTRE TECHNIQUE - MOE - Géothermie TBE

La conception géothermique utilise le principe de la boucle tempérée. Celui-ci permet aux différents bâtiments connectés par l'intermédiaire de sous-station de mutualiser les productions et aussi de bénéficier d'un effet de stockage dans le sol, en chaud ou en froid selon la saison. Un concept promis à un bel avenir.

sondes géothermiques verticales à l'échelle d'un site de 5 hectares et l'utilisation d'un stockage d'énergie intersaisonnier. Enfin, cette réalisation intègre un dispositif de suivi et d'analyse de la performance énergétique de l'ensemble de l'installation, pendant deux années, contrepartie exigée pour les financements obtenus.

Le contrat est également original. Un lot technique dédié à la géothermie a été constitué et confié à un maître d'œuvre spécialisé. Le budget des travaux est

Les acteurs du projet

Maîtrise d'ouvrage : Airbus.

Assistance à maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre géothermie : Burgeap.

Bureau d'études thermique : WSP.

Réalisation des travaux : Entreprise Mino.

Fournitures des pompes à chaleur : Waterkotte.

Architecte mandataire : Calvo Tran Van.

Économiste : Bateco.



140 sondes géothermiques verticales (SGV) ont été réalisées sur le chantier. Elles s'ancrent à 205 mètres de profondeur et permettent de chauffer et climatiser environ 36 000 m² de bâtiment.

estimé à 4 millions d'euros, les études et la conception à 450 k€ (un tiers AMO, deux tiers MOE). Concrètement, la mission demandée à Burgeap sur la géothermie comprenait le captage (sondes géothermiques), la boucle d'eau tempérée, la production décentralisée (pompes à chaleur), la régulation de l'ensemble (Gestion technique centralisée) et le dispositif de suivi et d'analyse de la performance énergétique.

Le projet a bénéficié de financements

provenant à la fois du Fonds Chaleur et du Fonds Nouvelles technologies émergentes à hauteur de 1 million d'euros. D'après les calculs du bureau d'études spécialisé, il bénéficiera d'un temps de retour sur investissement actualisé inférieur à 8 ans.

Le concept de la boucle d'eau tempérée permet de mutualiser les besoins des trois bâtiments connectés en couplant chacune des sous-stations à un mini-réseau de chaleur et de climatisation. ■

Tremblay-en-France renouvelle l'expérience

La nouvelle géothermie du réseau de chaleur de Tremblay-en-France va profiter à 10 000 habitants. Elle assure un taux de couverture en énergie renouvelable de 80 %.

La ville de Tremblay-en-France (Seine-Saint-Denis) a une nouvelle fois opté pour la géothermie (voir encadré) en inaugurant le 24 mai 2017 un doublet géothermique. Un réseau de 10 km de long vient d'être raccordé à 61 sous-stations. Un contrat de délégation de service public a été signé pour 30 ans entre le Syndicat d'équipement et d'aménagement des Pays de France et de l'Aulnoye (Seapfa) et Tremblay Géothermie. Ce dernier correspond au groupement entre les entreprises Idex et Dalkia qui ont assuré la conception et l'installation de ce projet pour un investissement total de 15 M€, dont 3 M€ financés par l'Ademe et la Région.

La géothermie couvre 80 % des besoins et les 20 % restants sont générés par un appoint au gaz (deux chaudières de 14,8 MW) lorsque la température est inférieure à 7 °C. L'ensemble de l'installation offre une puissance totale de 28,3 MW.

Un gain concernant la température

Deux puits distants de huit mètres en surface viennent récupérer cette énergie renouvelable. Les puits producteur et réinjecteur mesurant 2 200 m de long sont déviés avec une inclinaison de 39° afin d'assurer la pérennité du Dogger (température et débit). L'eau rejetée est alors distante de 1 600 m du puits de production



Un local technique accueille les différents équipements de la boucle géothermique à quelques mètres des puits de production et de réinjection.

afin que la nappe se régénère. « Nous avons gagné un degré par rapport à l'ancien puits. L'eau est captée à 74 °C au lieu de 73 °C. Elle est réinjectée à 45 °C et ne peut être rejetée à une température inférieure à 40 °C conformément à la réglementation », note Célia Robert, chef de projets Ingénierie pour le groupe Dalkia, qui a participé à la mise en service de cette installation en septembre 2016.

L'eau chaude est captée du puits de production par une pompe immergée (ou pompe de forage). Celle-ci est dimensionnée de façon à prendre en compte le débit à pomper, la hauteur de la colonne d'eau, la perte de charge du réseau et de l'échangeur. Un caniveau de liaison relie les puits de production et de réinjection à un local technique situé à 30 mètres de distance. La boucle géothermique, représentée par les équipements présents dans le local, prend alors le relais de la boucle géothermale.

Efficiency des échangeurs à plaques

Au sein de cette centrale de production, l'eau est tout d'abord filtrée afin d'être débarrassée de ses impuretés au sein de trois centrifugeuses. Placés dans le local technique, des échangeurs à plaques viennent ensuite séparer l'eau du réseau et l'eau géothermale. Cette dernière cède sa chaleur et l'eau refroidie est réinjectée. Ce type d'échangeurs est reconnu pour sa performance en comparaison des échangeurs multitubulaires ou à spirales car ils permettent une surface d'échange importante dans un espace réduit. En effet, les espaces entre les plaques sont alternativement traversés par le circuit primaire (eau géothermale) et par le circuit

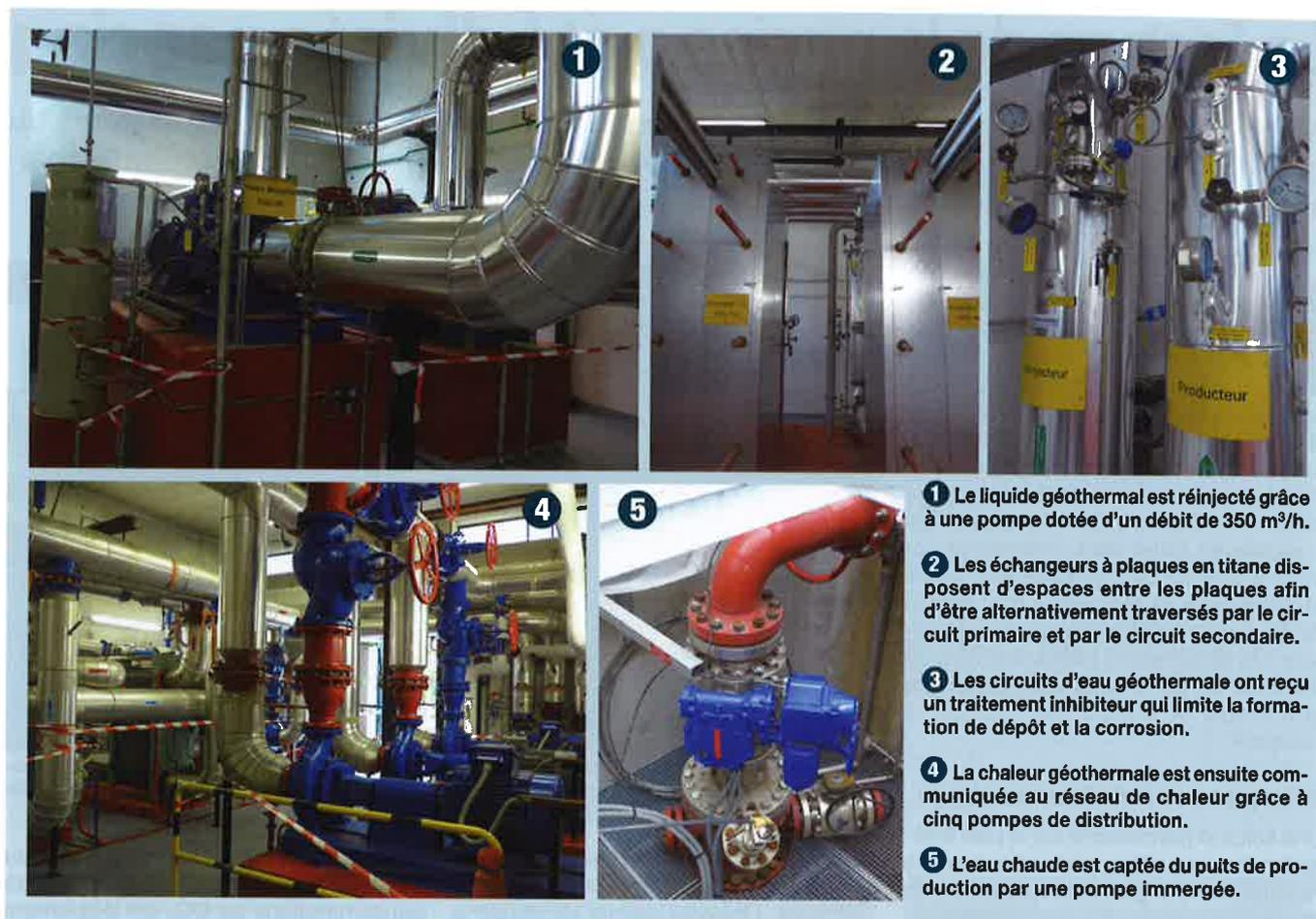
Prévenir le vieillissement prématuré de l'installation

Célia Robert, chef de projets Ingénierie pour le groupe Dalkia

« Un doublet avait déjà été foré sur ce même site, dans le Dogger, en 1984. Le liquide géothermal de cette nappe chargée de sels minéraux est corrosif. Il a entraîné l'encrassement des réseaux et le vieillissement de l'installation, comme c'est le cas de la majorité d'entre elles au bout de 30 ans. En prévention, un traitement inhibiteur a été injecté afin de limiter la formation de dépôt et la corrosion. Ces produits chimiques créent une chaussette chimique sur la longueur du tubage. Ils ont également des propriétés bactéricides et limitent la cristallisation et la formation de dépôt. Toujours dans l'optique de protéger l'installation, le groupement a opté pour des échangeurs en titane. Ce matériau se révèle particulièrement adapté aux exigences d'exploitation du fluide du Dogger vis-à-vis des métaux ferreux. »



Célia Robert, chef de projets Ingénierie pour le groupe Dalkia.



1 Le liquide géothermique est réinjecté grâce à une pompe dotée d'un débit de 350 m³/h.

2 Les échangeurs à plaques en titane disposent d'espaces entre les plaques afin d'être alternativement traversés par le circuit primaire et par le circuit secondaire.

3 Les circuits d'eau géothermique ont reçu un traitement inhibiteur qui limite la formation de dépôt et la corrosion.

4 La chaleur géothermique est ensuite communiquée au réseau de chaleur grâce à cinq pompes de distribution.

5 L'eau chaude est captée du puits de production par une pompe immergée.

Ile-de-France : vers une remise à niveau généralisée des centrales géothermiques

Dans le Bassin parisien, le premier doublet géothermique sur le Dogger a été mis en service en 1971 à Melun. En réponse aux chocs pétroliers des années 1970, les forages sur ce réservoir se sont multipliés. Puis, les installations ont vieilli, notamment en raison des problèmes de corrosion. Certains sites ont été fermés et d'autres sont encore en fonctionnement. Ainsi, une vingtaine de doublets en Ile-de-France sont renouvelés ou sur le point de l'être. Tout comme Tremblay-en-France, Cachan est une des villes ayant investi dans les années 1980 dans cette énergie renouvelable. Son réseau géothermique alimente 60 % du territoire de la commune. Il s'étend sur plus de 9 km et plus de 7 200 équivalents logements bénéficient du chauffage urbain local. La ville a décidé de remplacer son installation grâce au groupement Socachal-Dalkia. Le forage d'un doublet subhorizontal (inclinaison des puits à 90 °C) devrait débuter en septembre. Cette forme particulière de puits devrait capter toutes les couches du Dogger et assurer un débit deux fois plus important.

Affaire à suivre...

secondaire. La performance de ces échangeurs se caractérise également par l'écart entre les températures à l'entrée de la boucle géothermique et à la sortie du réseau de chaleur. Cet écart appelé «*pin-cement*», qui doit être aussi faible que possible, est dans le cas présent de 2 °C. Une pompe de réinjection prend le relais et assure un débit de 350 m³/h au lieu des 300 m³/h initialement prévu. La centrale fournit ainsi une puissance de 13,5 MW au lieu de 11,8 MW. De plus, l'absence de pompes à chaleur permet à cette installation d'afficher un Cop de 20. La chaleur géothermique est ensuite communiquée au réseau de chaleur grâce à cinq pompes de distribution. Enfin, un système de régulation automatisé permet aux exploitants de la centrale d'analyser les données et de gérer la maintenance confiée au groupe Dalkia. ■

Les prochains rendez-vous de la rédaction de CFP

Vous êtes installateur, exploitant, bureau d'études ou fabricant...
Vous avez des innovations à partager...

N'hésitez pas à prendre contact avec la rédaction de CFP (h.haentiens@edipa.fr)

Dossiers techniques (nouvelles technologies, nouveaux matériels, documents...) :

● **Plomberie** CFP 812 – Juillet-Août

La facture de la piscine a été divisée par cinq

Alors que les piscines représentent les équipements publics les plus consommateurs du parc immobilier d'une ville, l'installation de la Kibitzenau (Bas-Rhin) a réduit considérablement ses consommations d'énergie grâce à la géothermie basse énergie.

Dans le cadre de la gestion d'un parc de neuf piscines, l'Eurométropole de Strasbourg a lancé en 2010 un plan piscine concernant huit sites construits entre 1965 et 1987. Ce programme de rénovation qui s'étale sur dix ans mobilise 100 M€ d'investissement. La restructuration de la piscine de la Kibitzenau (Shon de 6 100 m² et surface bassin de 1 300 m²), dont la réouverture a eu lieu en juillet 2014, intègre notamment la réfection des systèmes techniques et des locaux, la rénovation d'un bassin de 50 m et la création de nouveaux bassins. Un des objectifs prioritaires était de diminuer de 30 % la consommation de chauffage et d'ECS par rapport à l'existant.

Deux pompes à chaleur sur nappe

Une solution performante sur le plan énergétique s'est alors imposée avec le recours aux énergies renouvelables. «La structure qui consommait 5 500 kWh/m² avant sa rénovation est désormais



Réouverte en juillet 2014, la piscine de la Kibitzenau à Strasbourg a bénéficié d'un plan de rénovation visant son optimisation énergétique. Après commissionnement, un suivi se terminant fin 2016 a été réalisé par le bureau d'études Etamine.

passée à 1 195 kWh/m², soit une diminution de 78 % des consommations énergétiques. L'objectif affiché de départ a donc été dépassé», remarque Héloïse

Pelen, chargée d'affaires pour le bureau d'études HQE Etamine. Notons que les consommations de CO₂ ont également été réduites de 73 %.

Deux pompes à chaleur géothermiques Carrier ont été installées, d'une puissance électrique unitaire de 524 kW en chaud et de 427 kW en froid (38/32 °C). Elles offrent respectivement un Cop de 5,4 et 4,4. Ces Pac fonctionnent lorsque le besoin est inférieur à la moitié de la puissance et assurent 79 % des besoins en chauffage et en ECS. Elles viennent capter la chaleur de la nappe alluviale du Rhin, dont la température varie de 12 à 15 °C, pour une différence de température de départ/retour dans la nappe de 5 °C. Les besoins en chaleur utile d'une telle installation fonctionnant toute l'année (sauf en période de fermeture et de vidange de bassins) sont principalement employés à la production d'une température des bassins entre 27 et 32 °C. «La pompe à chaleur et la géothermie sont des solutions bien adaptées à ce cas de figure», souligne Michel Huckert, chargé de mission à la construction du patrimoine bâti pour l'Eurométropole de Strasbourg. «Elles ont également été sélectionnées pour leur temps de retour sur investissement quasi immédiat en comparaison d'un projet de chauffage bois qui avait été étudié». Un appoint est réalisé grâce à une chaudière gaz Atlantic Guillot de 630 kW (80/60 °C). Comme il existe deux niveaux de

Une Scop d'une trentaine de salariés

Le cœur de métier du bureau d'études Etamine est la performance environnementale. Avec un chiffre d'affaires de 2,7 M€, il a la particularité de disposer du statut de Scop (société coopérative) et propose ainsi à chacun de ses 33 salariés de s'associer. Il conduit une démarche d'amélioration continue de la performance de son siège basé à Lyon, qui occupe le bâtiment de bureaux à énergie positive Woopa. Plusieurs agences sont également situées à Paris, Nantes et Marseille afin d'accompagner les maîtres d'ouvrage dans l'optimisation des usages de l'énergie. Le bureau d'études travaille actuellement sur le projet d'une tour maraîchère d'agriculture urbaine à Romainville (Seine-Saint-Denis), la modernisation du stade Roland-Garros (Paris), l'îlot mixte Ynfluence situé dans la ZAC 2 Confluence (Lyon)... La conception et le suivi en exploitation des équipements sportifs et culturels, en particulier les piscines, sont deux des spécialisations de cette Scop.

À Strasbourg, «nous réalisons un suivi énergétique annuel tandis que la maintenance des équipements de la piscine de la Kibitzenau est assurée quotidiennement par les services de la Communauté urbaine de Strasbourg», explique Héloïse Pelen. «Pour ce faire, nous avons croisé les factures de gaz, d'électricité et le résultat des compteurs sur GTC. Le bilan de fin 2015 a révélé qu'il fallait notamment veiller au degré hygrométrique de la halle qui devrait être idéalement compris entre 65 et 75 %. Or, le degré hygrométrique est inférieur à 65 % en raison du processus de déshumidification un peu trop performant. Un air trop sec peut entraîner une évaporation importante des bassins et donc une hausse de la consommation d'eau et de chauffage. Afin de réguler l'hygrométrie, nous envisageons d'augmenter le talon d'air neuf ou bien de compter sur la batterie froide. Un nouveau bilan devait être effectué fin 2016».



Héloïse Pelen, chargée d'affaires pour le bureau d'études HQE Etamine.



1



2



3



4

1 Les Pac capture la chaleur de la nappe alluviale du Rhin (12 à 15 °C) et chauffent les bassins entre 27 et 32 °C.

2 Trois pompes à chaleur eau/eau de marque Carrier ont été installées.

3 Les batteries chaude et froide de la CTA affectée aux halls sont également alimentées par une Pac dont le froid et le chaud sont utilisés simultanément (déshumidification).

4 Un système solaire thermique assure le préchauffage de l'eau chaude sanitaire des douches. Une chaudière à gaz faisant l'appoint quand cela est nécessaire.

température distincts, les réseaux hydrauliques sont dissociés afin d'optimiser les rendements.

ECS solaire et déshumidification thermodynamique

Viennent s'ajouter 160 m² de panneaux solaires installés sur le toit de la piscine. Ils assurent le préchauffage de l'eau chaude sanitaire pour les douches et une partie des bassins grâce à deux ballons tampons solaires de 3 000 litres chacun. Une troisième pompe à chaleur sert également à la déshumidification de l'air des halls des bassins. Elle utilise la batterie

froide de la centrale de traitement d'air comme source froide pour la déshumidification et la batterie chaude comme source chaude pour remettre le fluide en température. Grâce à un échange de l'évaporateur, le cycle thermodynamique est utilisé de manière optimale. L'air neuf de la CTA est modulé grâce à la récupération de chaleur sur l'air extrait. «Ce système est innovant car la Pac est généralement intégrée à la centrale. Il est employé depuis peu au sein de piscines visant d'importantes économies d'énergie», constate Héroïse Pelen.

Un suivi énergétique sur trois ans

Tous ces choix ont pu être modélisés et quantifiés précisément à l'aide d'une simulation thermique dynamique, mise à jour tout au long de la conception. Dans ce cadre, le bureau d'études Etamine réalise une mission de suivi des consommations énergétiques effectives sur les trois premières années, l'occasion de parachever les réglages et de confronter la théorie des calculs énergétiques et la réalité des factures. L'optimisation énergétique du bâtiment pendant ses premières années d'exploitation a débuté par une phase de commissionnement et de suivi des tests de réception en fin de travaux. Puis, vient l'étape de suivi énergétique sur les 400 points de mesure relevés par la Gestion technique centralisée (GTC), qui a été conçue par le BET fluides Katene. ■

Les acteurs du projet

Maîtrise d'ouvrage : Communauté urbaine de Strasbourg.

Architecte : DFA.

BET HQE : Etamine.

BET Fluides : Katene.

Traitement de l'eau : Eiffage Energie Thermie Grand Est.

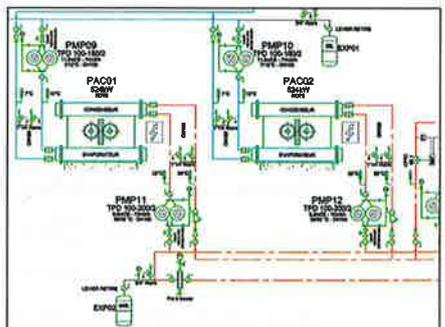
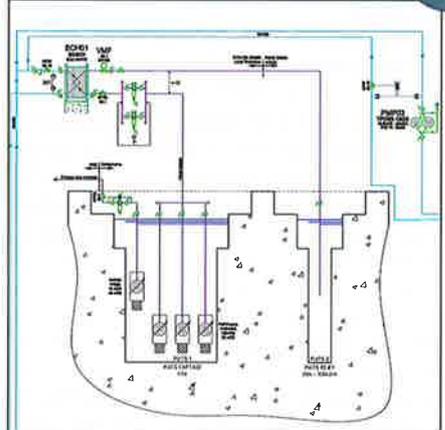
Electricité : Vincenz.

CVC : Engie (anciennement Cofely Axima).

Plomberie : Beyer.

Forage/Pac : Speyser Lucien & Cie.

Dans le -mag, téléchargez le schéma de principe dans son intégralité



Géothermie et pompe à chaleur, solaire thermique, chaudière gaz : la piscine combine différentes ressources pour une consommation énergétique optimisée, passée de 5 500 kWh/m² avant sa rénovation à 1 195 kWh/m² après.

Le-mag est un service réservé aux abonnés de CFP

À la fois sur nappe et sur pieux, la géothermie est le pari gagnant de la Zac Étoile

Grâce à l'utilisation de la géothermie très basse énergie intégrée aux pieux de fondation, un réseau de chaleur alimente deux ensembles d'immeubles de l'îlot de la Zac Étoile à Strasbourg.

Lien majeur entre le centre-ville et le quartier de Neudorf, la Zac Étoile de Strasbourg est un îlot à énergie positive comportant un ensemble de six bâtiments. Un système de pieux géothermiques a pour objectif le chauffage des bâtiments Sirius (R+ 7 et 37 logements livrés depuis mars 2016) et Green One (R+7 et 38 logements). Un mini-réseau de chaleur alimente les deux bâtiments passifs et un immeuble d'auto-promotion, soit 90 logements au total. Cet ensemble d'une Shab de 8 910 m² nécessite un besoin énergétique total de 136 MWh. La géothermie couvre l'ensemble des besoins en chauffage et une partie de l'ECS. L'appoint est assuré par une chaudière au gaz de 270 kW (modèle Varmax de marque Atlantic Guillot) associée à un ballon de 1 000 litres.

144 pieux forés tubés combinés à une géothermie sur nappe

Cette installation est un système hybride qui a la particularité de mixer la géothermie sur pieux (50 % de la puissance générée, soit 100 kW) et la géothermie sur nappe assurant la même puissance (100 kW), toutes deux reliées à une Pac eau-eau (Dynaciat LG 700V). Les deux technologies fonctionnent en série de manière combinée ; le système sur nappe étant utilisé en priorité du fait de ses pertes de charge limitées. «*Nous avons installé deux puits (production et injection) et une pompe de circulation, note Jean-Baptiste Bernard, gérant de la société Géothermie Professionnelle. Mais la seule nappe phréatique n'était pas suffisante pour assurer le recyclage*



Livré en mars 2016, le bâtiment passif Sirius fait partie des 6 bâtiments de la Zac Etoile alimentée par un réseau de chaleur sur un système de géothermie à la fois sur la nappe phréatique et utilisant des fondations thermoactives.

thermique, d'où l'utilisation de pieux dans les fondations.»

Cette installation est ainsi l'une des toutes premières en France utilisant la technologie des pieux géothermiques pour le chauffage d'habitat privé ; elle a également nécessité le déploiement d'un mini-réseau de chaleur long de 75 mètres. Cette technique intégrée au bâti a été proposée par la société Ecotral et mise en œuvre par l'entreprise Géothermie Professionnelle. Elle intègre des conduits récupérateurs d'énergie thermique dans les pieux de fondation profonde du

« Les pieux n'ont pas été dimensionnés par rapport à la puissance géothermique à délivrer mais en fonction de la structure du bâtiment. Nous ne souhaitons pas modifier la structure des pieux ; cela aurait été un non-sens économique, précise Jean-Baptiste Bernard, gérant de la société Géothermie Professionnelle



L'association des diverses compétences

Située à Suresnes (Hauts-de-Seine), l'entreprise Géothermie Professionnelle a assuré l'équipement des fondations, la mise en œuvre du captage, et ce, jusqu'à l'installation de la pompe à chaleur. Elle s'est associée au bureau d'études thermiques fluides Ecome, établi à Paris et spécialisé dans la géothermie. De son côté, le bureau d'études Ilios a collaboré avec le concepteur et réalisateur de l'installation de production de chaleur Ecotral afin d'effectuer le bouclage hydraulique, l'installation de la chaudière... Ce dernier, qui est une filiale du Groupe ÉS, sera également l'exploitant du réseau de chauffage par le biais d'une vente de chaleur et de prestations de maintenance préventive et corrective pendant 15 ans.



1 Sur la nappe, un puits de puisage rejette dans deux puits de rejet. Ce système est complété par des fondations thermoactives qui, elles-mêmes, échangent thermiquement avec la nappe phréatique qui affleure à 50 cm du sol.

2 La Pac eau-eau Dynaciat LG 700V est reliée par l'intermédiaire de deux échangeurs thermiques aux deux systèmes de captage géothermique qui peuvent fonctionner simultanément.

3 Le réseau hydraulique de chaque pieu est relié à deux collecteurs (aller/retour), eux-mêmes reliés à la pompe à chaleur.

4 & 5 En appoint, une chaudière gaz de 270 kW est capable de prendre le relais de la géothermie.



bâtiment et elle valorise cette énergie par l'intermédiaire la Pac eau-eau. Dotée d'un coefficient de performance de 4,5, cette dernière délivre une puissance calorifique de 207 kW avec un régime de 4/1 °C au primaire et de 40/45 °C au secondaire. Elle couvre les besoins de chauffage des bâtiments ainsi que le préchauffage de l'eau chaude sanitaire.

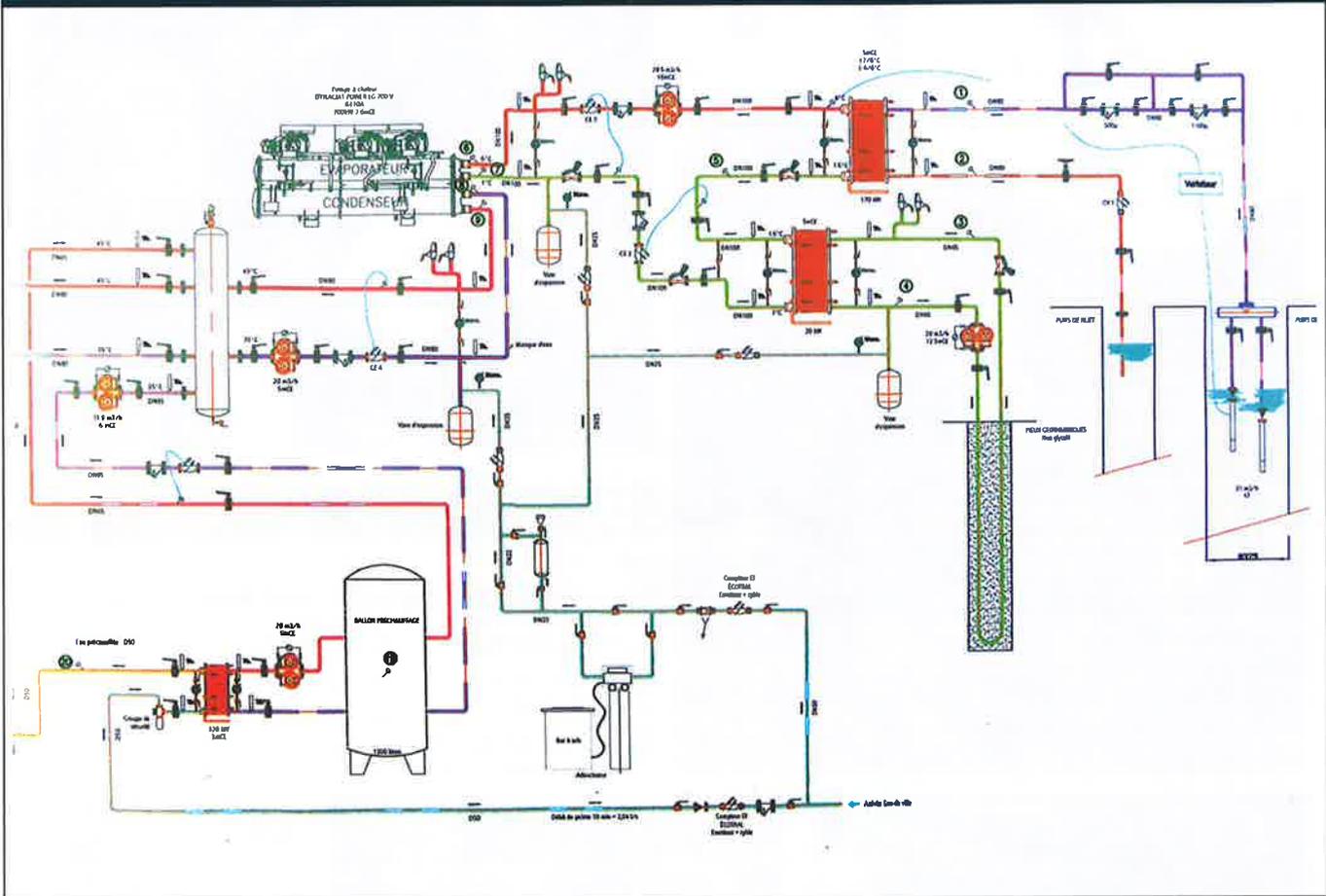
Un échange de chaleur à faible profondeur

Les pieux sont ancrés entre sept et dix mètres de profondeur (80 pieux sur le bâtiment Green One et 64 sur le Sirius) afin de profiter des calories du sous-sol, dont la température se stabilise autour de 12 °C. Les fondations étant immergées dans une nappe phréatique située à 50 cm sous terre, l'énergie puisée est renouvelée grâce à la vitesse d'écoulement de cette ressource

Des études nécessaires à la mise en œuvre

Des études de modélisation des champs de fondations thermoactives ont été financées par EDF et réalisées avec la participation du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB). Des tests de réponse thermique ont permis de s'assurer de la conductivité et de la température de la nappe, puis une modélisation des champs de pieux a été effectuée. Une étude complémentaire sur la nappe a vérifié notamment sa vitesse d'écoulement et sa capacité de régénération. La dilution des pieux liée aux variations de température a été vérifiée et contrôlée par rapport au dimensionnement. «*Les pieux n'ont pas été dimensionnés par rapport à la puissance géothermique à délivrer mais en fonction de la structure du bâtiment. Nous ne souhaitons pas modifier la structure des pieux ; cela aurait été un non-sens économique*», précise Jean-Baptiste Bernard, gérant de la société Géothermie Professionnelle. La gestion de l'installation doit également interdire le gel des pieux de fondation en mode de chauffage hivernal. Leur fonctionnement est alors stoppé en cas de températures négatives. D'autre part, le CSTB a été sollicité pour l'obtention d'un Avis technique d'expérimentation (Atex) et, dans un second temps, d'un Avis Technique (Atec).

Schéma de principe



L'installation se caractérise par l'utilisation d'une seule pompe à chaleur eau/eau connectée à deux systèmes de géothermie, l'un sur l'eau de la nappe en circuit ouvert, l'autre en circuit fermé sur les pieux de fondation thermoactifs. Ces derniers échangent aussi de l'énergie avec la nappe qui se trouve à 50 cm de profondeur... Les pieux sont ancrés entre sept et dix mètres de profondeur afin de profiter de l'énergie du sous-sol avec une température stabilisée autour de 12 °C.

Un pilote dans le cadre d'Ecocité

La Zac Étoile est une des composantes du projet Ecocité Strasbourg. Elle se positionne comme territoire d'expérimentation de la métropole en matière d'efficacité énergétique, avec la généralisation des niveaux de performance du bâti à basse consommation. Cette opération passive a bénéficié du concours de l'État dans le cadre du Programme d'investissements d'avenir (PIA). Elle a vocation à être reproduite afin de tirer parti des caractéristiques géologiques favorables au développement de solutions basées sur la géothermie. Compte tenu des performances du bâtiment et de la technologie innovante que ce projet contribue à expérimenter et à améliorer, le pôle de compétitivité Fibres Energivie a labellisé l'immeuble Sirius «*Bâtiment démonstrateur*» en septembre 2016. En outre, l'immeuble Sirius est lauréat du Prix GIP de l'innovation et du Prix EDF des Pyramides d'Argent régionales de la Fédération des promoteurs immobiliers Alsace-Lorraine.

Le surcoût des pieux est de 150 000 € sur ce projet. Ce qui est relativement peu à l'échelle de ce programme immobilier dont le montant cumulé des travaux est de 9 M€, explique Stéphane Baillet, directeur technique du groupe Procvivis Alsace



qui atteint cinq mètres par jour. Chaque pieu est relié à un collecteur qui alimente la pompe à chaleur. Celle-ci transfère l'énergie vers l'intérieur des bâtiments via des planchers chauffants. Un fluide caloporteur circule à travers ce réseau de tubes en PEHD fixés à la cage d'armatures de la fondation. Jean-Baptiste Bernard complète : «*Les pieux sont reliés individuellement ou par sous-groupes afin de ne pas entraîner de défaillance du système. Chaque pieu est identifié en cas de défaut et un système de modélisation permet de simuler le comportement des pieux*».

Les pieux géothermiques sont une technologie fiable et éprouvée qui existe depuis 35 ans. Ce type d'installations

couramment employé en Autriche ne génère pas de désordre sur le bâtiment et devrait être amenée à se développer dans l'Hexagone : «*La technologie de pieux a généré un surcoût de 150 000 € sur ce projet. Ce qui est relativement peu à l'échelle de ce programme immobilier dont le montant cumulé des travaux est de 9 M€*», souligne Stéphane Baillet, directeur technique du groupe Procvivis Alsace. Du fait de l'utilisation des structures existantes du bâtiment (tubes intégrés aux pieux ou parois moulés), le coût de la mise en place s'avère intéressant. Ces fondations thermoactives s'apparentent à un système de géothermie en boucle fermée, sans le coût des forages. ■

Opération très basse énergie sur une école

Depuis neuf ans, des sondes géothermiques assurent 100 % des besoins en chauffage d'une école en Alsace.

Construit en 2008, le groupe scolaire élémentaire d'Ernolsheim-sur-Bruche (Bas-Rhin) est un bâtiment BBC de 1 000 m². Il intègre différentes technologies dont le chauffage par géothermie couplée à une isolation performante et la production d'eau chaude solaire par deux panneaux solaires. Onze forages captent la chaleur du sol établie autour de 13 °C. Ce choix a été effectué en fonction du nombre d'heures de fonctionnement et de la géologie locale. Ces forages répartis en deux champs de sondes ont été raccordés sur des collecteurs communs. Chaque tête dispose d'un aller/retour et des vannes d'arrêt sont intégrées afin de pouvoir tester chaque circuit indépendamment.



Onze sondes verticales permettent à la pompe à chaleur eau/eau d'assurer l'indépendance de l'école en termes de chauffage depuis sa mise en service en 2008.

Une Pac eau/eau couplée à des sondes géothermiques verticales

«Nous sommes sur un mode de chauffage monovalent qui couvre 100 % des besoins grâce à une pompe à chaleur Dynaciat eau/eau de 77 kW du fabricant Ciat», explique Christophe Luttmann, chargé d'affaires de la société Geoforage. Il fonctionne avec 11 sondes géothermiques verticales. De l'eau glycolée à 30 % circule dans les 22 boucles pour

recupérer l'énergie dans le sol à 99 mètres de profondeur et la remonter en surface afin d'effectuer un transfert de calories avec l'échangeur de la Pac. L'intégration de planchers chauffants assure un départ basse température qui optimise le rendement de l'installation». Les sondes géothermiques ont été fabriquées par l'entreprise Terrendis (ex-Geser à l'époque). Le bureau d'études Nicli, établi à Monswiller (Bas-Rhin), a assuré la conception de l'installation.

La société Qualitherm-SNEF de Hoerd (Bas-Rhin), l'installateur de la pompe à chaleur, assure désormais aussi sa maintenance. Elle effectue l'entretien annuel réglementaire. Aucune intervention n'a jusqu'à présent été nécessaire sur le réseau géothermique.

Régénération du sous-sol

La régénération du sous-sol a lieu pendant l'été avec un léger déclin sur les 25 premières années ; c'est pour cette raison que l'installation doit être légèrement surdimensionnée. Puis, la température du terrain se stabilise après cette période. L'installation permet ainsi une température de remontée d'eau glycolée autour de 0 °C après 25 ans. Ce surdimensionnement anticipe la dégradation de la température moyenne du sol qui a lieu les premières années afin de garantir une température de remontée d'eau glycolée suffisante pour ne pas mettre en défaut la pompe à chaleur. ■

Le dimensionnement de cette installation a été réalisé correctement : nous constatons que la température du terrain remonte suffisamment chaque année après la saison pour assurer la période de chauffage suivante,

Christophe Luttmann, chargé d'affaires de la société Geoforage



1



2

1 La pompe à chaleur Ciat de 77 kW suffit à chauffer le bâtiment de 1000 m².

2 Elle est connectée à un plancher chauffant basse température, idéal pour tirer le meilleur rendement du générateur et pour le confort des utilisateurs.