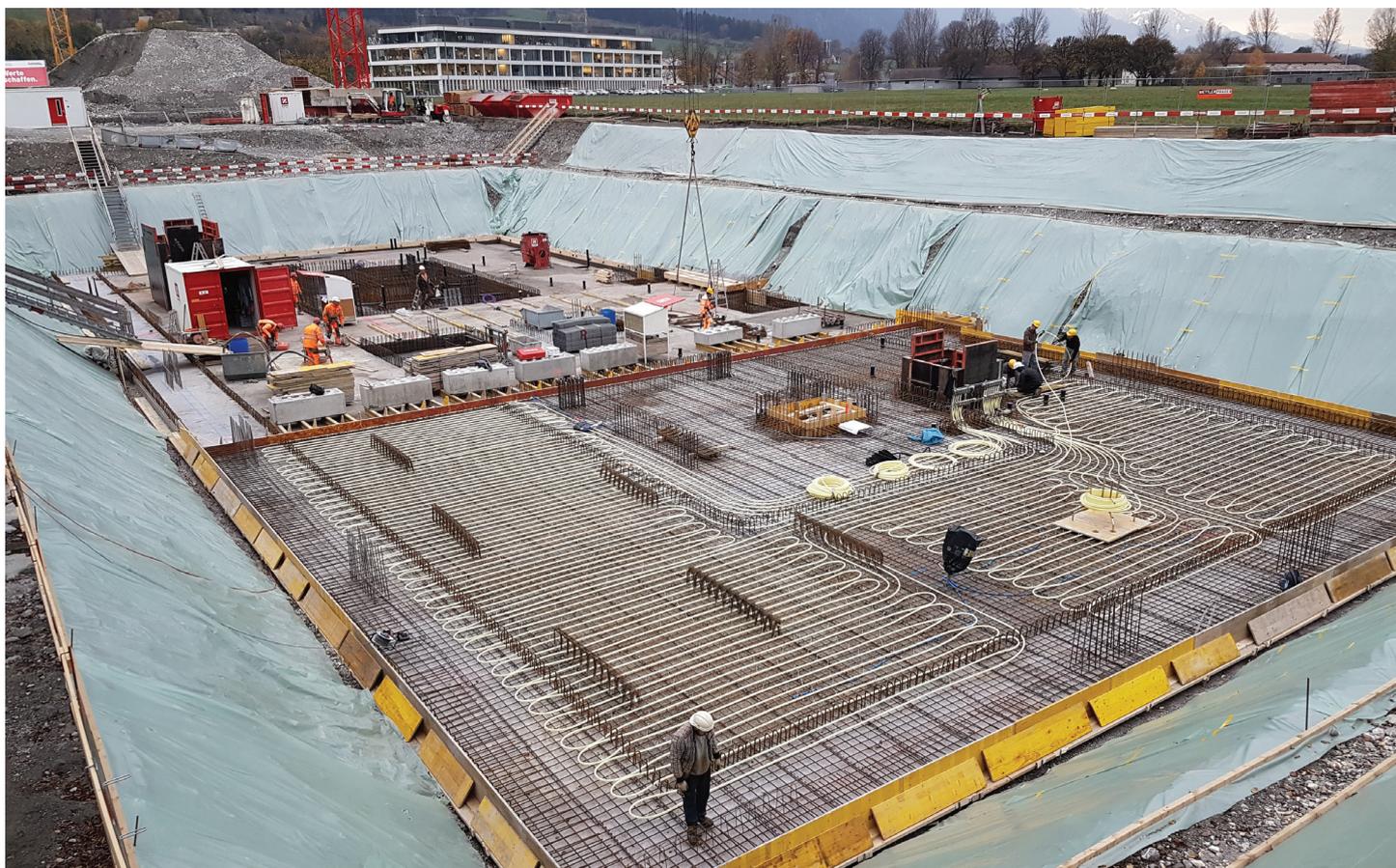


# UNE FONDATION PORTEUSE D'ÉNERGIE

Un nouveau bâtiment d'entreprise à Coire est largement chauffé par la chaleur résiduelle des charges internes (à l'aide d'une pompe à chaleur), laquelle est stockée dans la dalle souterraine du sous-sol. À cela s'ajoutent des panneaux solaires hybrides PVT faisant office de source de chaleur, mais qui assistent en premier lieu le refroidissement du bâtiment. Une surveillance de trois ans a confirmé le caractère approprié de ce concept énergétique innovant pour les bâtiments de bureaux. Dans le cas des bâtiments d'habitation dont les besoins en chaleur dépassent en général nettement les besoins de climatisation, le concept est applicable seulement dans certaines conditions.



La dalle de fondation avec les tubes d'échangeur de chaleur insérés est en phase de construction. Photo: Rapport final OblaTherm de l'OFEN

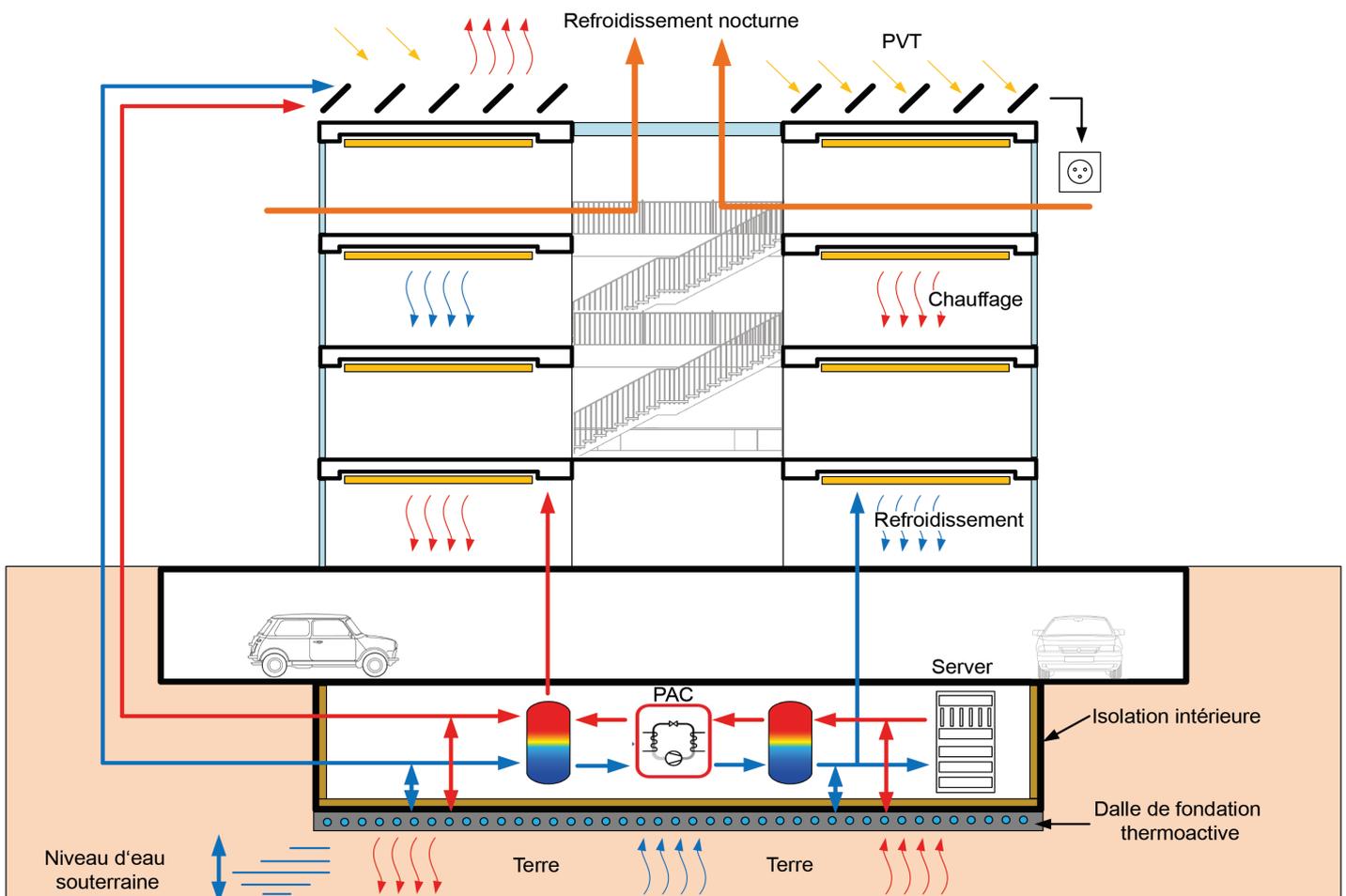
En 2020, la succursale suisse de la société Viega AG a emménagé dans un nouveau bâtiment à la périphérie de Coire. Sur une surface d'au moins 6'000 m<sup>2</sup>, le bâtiment de quatre étages abrite des locaux de production, de bureau et de stockage, ainsi qu'un restaurant et une zone de fitness et de détente. L'immeuble, dans lequel travaillent une centaine de personnes, dispose d'une excellente isolation thermique conforme à la norme Minergie-P. La chaleur résiduelle des serveurs, entre autres, est utilisée pour le chauffage, ce qui couvre presque 10% de la totalité des besoins en chaleur. Grâce à la grande proportion de fenêtres, il est en outre possible d'obtenir une quantité d'énergie solaire considérable et de la répartir dans le bâtiment par le biais de panneaux de plafond hybrides.

### Une plaque de fondation en tant que réservoir tampon

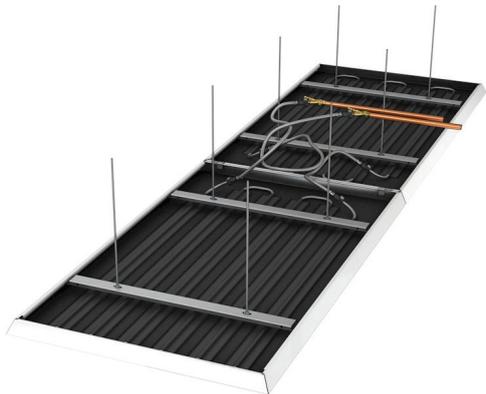
Les gains thermiques sont si importants que les planificateurs énergétiques se sont concentrés dès le départ sur la produc-

tion de froid plutôt que sur la production de chaleur pour le bâtiment. Dans la mesure où l'installation de sondes géothermiques est interdite en raison de la protection de l'eau souterraine, les planificateurs de la société Vassella Energie GmbH (Poschiavo) et de l'Institut de technique solaire (haute école spécialisée de la Suisse orientale) ont opté pour une grande installation solaire de 384 m<sup>2</sup> avec des collecteurs PVT capables de fournir de l'électricité et de la chaleur, mais aussi de refroidir: en mode refroidissement, ils diffusent, à l'aide de pompes à chaleur, la chaleur résiduelle générée lors du refroidissement actif du bâtiment et ne pouvant pas être absorbée par la dalle de fondation pour des raisons de capacité.

Dans ce but, la société Caotec SA a développé des modules à double vitrage qui utilisent un absorbeur Roll-Bond non isolé en aluminium en guise d'échangeur de chaleur. Les modules PVT atteignent une puissance de refroidissement de 80 kW (soit 0,2 kW/m<sup>2</sup>) et une puissance de chauffage de 60 kW (soit 0,16 kW/m<sup>2</sup>)



Représentation schématique du système énergétique avec installation PVT et dalle de fondation utilisée à des fins énergétiques. Illustration: Rapport final OblaTherm de l'OFEN



Le bâtiment est équipé de modules de plafonds hybrides qui utilisent un mélange eau-glycol en tant que fluide caloporteur pour transporter la chaleur des locaux fortement ensoleillés vers d'autres parties du bâtiment ou pour refroidir des locaux. Photo: Rapport final OblaTherm de l'OFEN

Les installations solaires thermiques sont généralement complétées par un réservoir d'eau chaude ou un accumulateur de glace afin de stocker temporairement la chaleur jusqu'à son utilisation. À Coire, les planificateurs ont emprunté une autre voie et se sont aventurés en terrain inconnu: ils utilisent la dalle de fondation de 1'000 m<sup>2</sup> et de 30 cm d'épaisseur du bâtiment comme accumulateur de chaleur. Pour ce faire, la dalle de fondation est traversée par un mélange d'eau et de glycol via un système de tuyaux d'une longueur de 4'870 m qui assure le transport de la chaleur ou du froid. Deux pompes à chaleur saumure-eau utilise la chaleur collectée dans la dalle de fondation pour l'approvisionnement en chaleur de chauffage et en eau chaude. À l'inverse, la chaleur générée par le refroidissement du bâtiment peut être déposée dans la dalle de fondation. Celle-ci constitue un accumulateur de



Les modules PVT à double vitrage produisent de l'électricité et de la chaleur, mais ils sont aussi utilisés pour le refroidissement du bâtiment. Le système PVT est optimisé en cas de besoin en refroidissement. S'il était optimisé pour la production de chaleur, il pourrait permettre d'obtenir environ 20 fois plus de chaleur. Photo: SPF/Vassella

chaleur, dont la capacité se situe entre celle d'un réservoir saisonnier et celle d'un réservoir journalier, et dispose d'une période tampon de plusieurs semaines.

### Une surveillance confirme la haute efficacité

La combinaison d'une installation PVT avec une dalle de fondation avec une capacité de stockage n'a guère été mise en œuvre jusqu'à présent. L'Institut de technique solaire (SPD) de la haute école spécialisée de la Suisse orientale a étudié ce nouveau système énergétique – notamment pour le refroidissement des bâtiments – à partir de 2020 dans le cadre d'un projet de trois ans. « Nos résultats confirment que ce système ne couvre pas uniquement la quasi-totalité des besoins en chaleur du bâtiments mais également ceux en refroidissement », affirme le responsable du projet SPF Alexander

## DE L'ÉNERGIE POUR QUATRE À CINQ JOURS D'HIVER

Une dalle de fondation peut stocker la chaleur et le froid. Il s'agit d'une variante du système de composants thermoactifs (TABS). La dalle de fondation est utilisée en tant que source pour les pompes à chaleur. Un exemple pour illustrer la capacité de stockage: une réduction de la température de la dalle de fondation de 20 kelvins (par ex. de 24 à 4 °C) permet de chauffer le bâtiment de Coire (surface de référence énergétique d'au moins 6'000 m<sup>2</sup>) avec la chaleur acquise pendant 4 à 5 jours au cours d'un hiver froid. Au cours de l'année, la température de la dalle de fondation varie entre 1 °C (après le retrait maximal de chaleur en hiver) et 31 °C (en été).

La capacité thermique du béton, rapportée à sa masse, représente environ un cinquième de celle de l'eau. Un réservoir d'eau ayant la même capacité de stockage que la dalle de fondation (300 m<sup>3</sup>) aurait un volume de 170 m<sup>3</sup>. La dalle de fondation thermiquement activable est un peu plus épaisse qu'une dalle de fondation normale. Elle est isolée par le haut (c'est-à-dire sur la face apposée au bâtiment) et pas vers le sol.

Schmitt. L'OFEN a soutenu financièrement l'expérimentation de ce concept innovant dans le cadre de son programme pilote et de démonstration. Le projet s'est achevé au printemps 2024 avec le rapport final.

Les mesures attestent la haute efficacité des deux pompes à chaleur: pour le chauffage, le coefficient de performance annuel est de 5.8, de 3.5 pour la production d'eau sanitaire et de 4.8 pour le refroidissement. Cette bonne performance est due en partie à la dalle de fondation: au cours de l'hiver 2022/23, la température moyenne de la dalle était d'environ 5 degrés supérieure à celle de l'air extérieur. Par conséquent, le système énergétique fonctionne plus efficacement qu'une pompe à chaleur air-eau comparable. Le planificateur Carlo Vassella cite une autre constatation: « La surveillance a confirmé qu'une installation PVT pouvait également être utilisée pour le refroidissement. » Ainsi, l'installation PVT est utilisée en particulier pendant les mois d'été pour évacuer la chaleur excédentaire de la dalle de fondation vers l'environnement par rayonnement ainsi que par convection (surtout la nuit).

### Des pompes à chaleur nettement plus petites

Les résultats de la surveillance sont également intéressants concernant le dimensionnement des pompes à chaleur: le dimensionnement de la puissance thermique à 160 kW et de la

puissance de re-froidissement à 90 kW s'est avéré approprié. Le planificateur de chauffage avait d'abord proposé une puissance nettement plus élevée en référence aux normes SIA et VDI. Mais alors, des simulations de la charge de chauffage et de refroidissement, réalisées par l'Institut de technique solaire SPF, ont montré que les appareils pouvaient être conçus avec des dimensions nettement inférieures (seulement 36% de la valeur d'origine). Le constructeur ne s'est pas laissé décontenancer par le risque d'un approvisionnement insuffisant en chaleur ou en froid et a finalement eu raison: les mesures effectuées dans le cadre du monitoring montrent que, malgré une puissance nettement inférieure et malgré la capacité de stockage limitée de la dalle de fondation, le

Énergie électrique
Chaleur de chauffage
Chaleur résiduelle/régénération de chaleur dalle de fondation (refroidissement actif)
Eau chaude sanitaire
Refroidissement actif
Free-Cooling
Chaleur en tant que source pour la pompe à chaleur de l'accumulateur de froid pendant la saison de chauffage
Chaleur PVT en tant que source pour la pompe à chaleur
Régénération par le froid dalle de fondation en tant que source pour le chauffage/production d'eau chaude sanitaire
Régénération par la chaleur dalle de fondation en tant que source lors du refroidissement actif/free-cooling
Régénération par le froid dalle de fondation par l'installation PVT
Régénération par la chaleur dalle de fondation par l'installation PVT
Les flux de chaleur entre l'accumulateur de froid et l'accumulateur à récupération de chaleur ne sont pas enregistrés
Rayonnement solaire sur les surfaces des collecteurs PVT
Chaleur dégagée par l'installation PVT dans l'environnement
Flux de chaleur entre le sol et la plaque de fondation

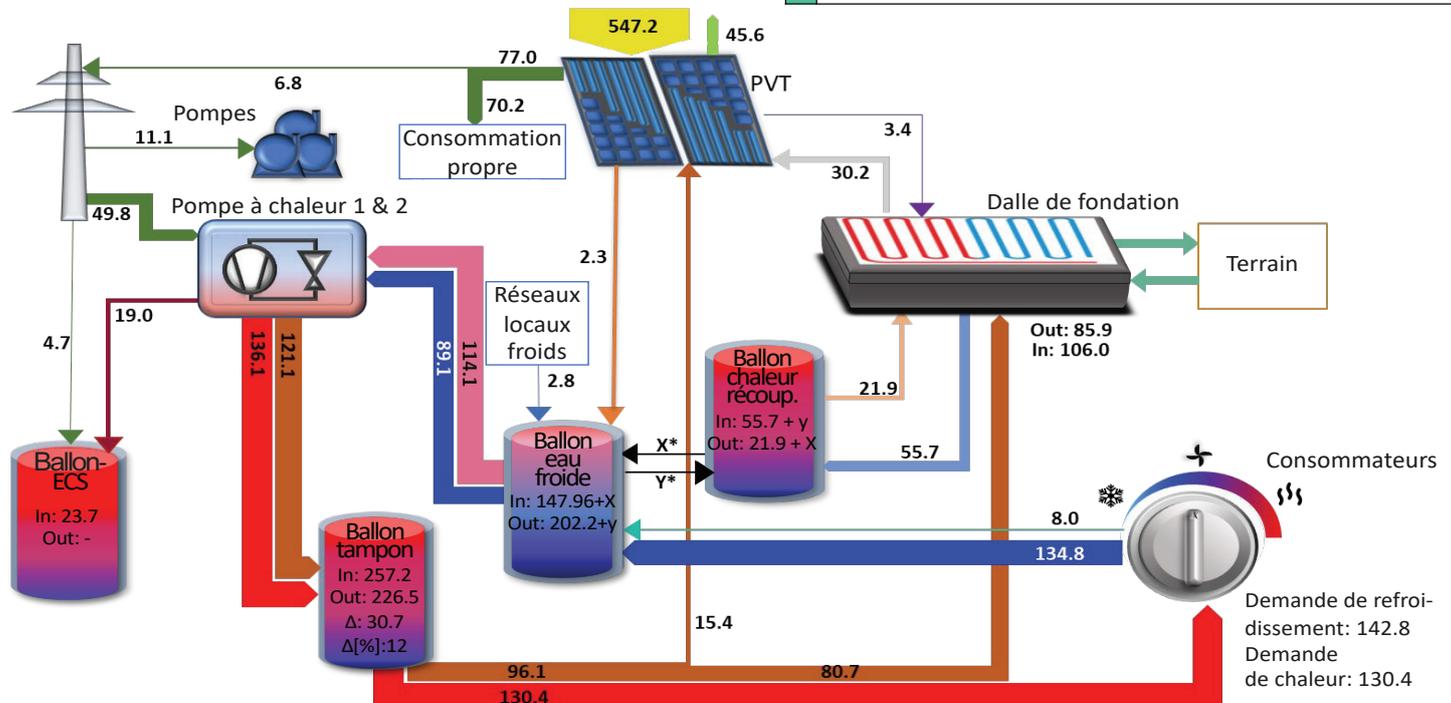
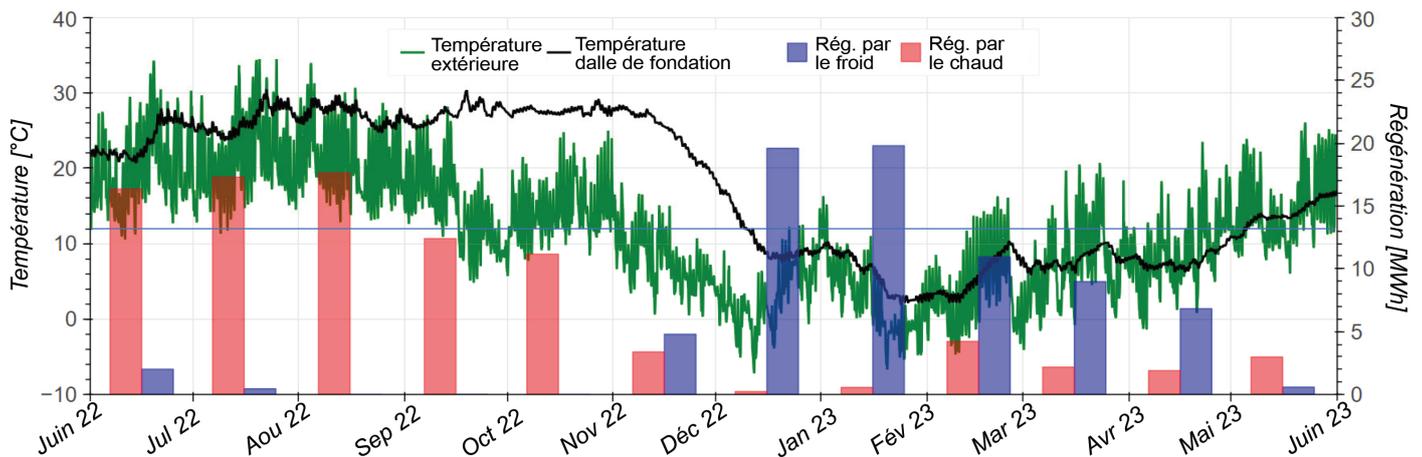


Diagramme du flux d'énergie pour l'année de surveillance 2022 (valeurs en MWh): l'installation PVT est nettement plus souvent utilisée à des fins de refroidissement que de chauffage (15,4 contre 2,3 MWh). La consommation d'électricité propre élevée est également frappante (70,2 du total de 77 MWh). Et: avec 2,8 MWh, le prélèvement sur le réseau d'énergie est très faible. Illustration: rapport final OblaTherm de l'OFEN



Le graphique montre la quantité de chaleur apportée (en rouge) ou retirée (en bleu) de la dalle de fondation au cours de l'année. La ligne horizontale bleue marque la limite de chauffage (12 °C) – le chauffage est actif lorsque la température extérieure est plus basse. À partir de février, la dalle de fondation est en grande partie régénérée grâce aux quantités de chaleur produites par l'installation PVT. Cette régénération de la chaleur pourrait encore être nettement augmentée au cours des mois suivants (de mars à juin). L'apport de chaleur dans la dalle de fondation est toutefois empêché par la commande de l'installation afin que la dalle de fondation ne surchauffe pas. Illustration: rapport final OblaTherm de l'OFEN

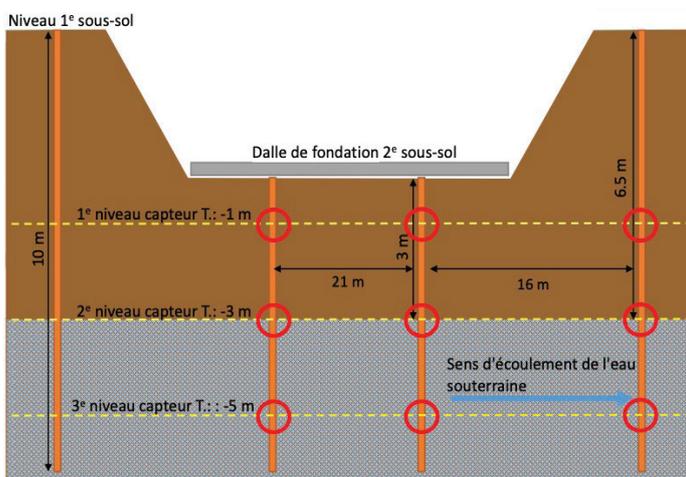
système énergétique couvre presque entièrement les besoins annuels en chaleur et en froid (99% sur l'ensemble de la période de surveillance, et même 100% lors d'un hiver doux). L'un des objectifs principaux du projet P&D était de contrôler la puissance de refroidissement des panneaux PVT. Dans ce contexte, le raccordement au réseau anergie local a créé une redondance bienvenue.

### Une commande complexe de l'installation

Le système énergétique composé de l'installation PVT et de la dalle de fondation est donc très performant. Il pose tou-

tefois des exigences élevées au niveau de la commande de l'installation, comme le souligne le rapport final du projet: « Une surveillance complète et une optimisation étaient et sont encore indispensable pour une exploitation efficace de l'installation. »

L'exemple suivant explique pourquoi: la dalle de fondation ne doit pas accumuler trop de chaleur au printemps pour ne pas être trop chaude en été, ce qui altérerait le refroidissement du bâtiment. C'est pourquoi le système de chauffage est contrôlé de telle sorte que la dalle de fondation ne reçoive



La dalle de fondation absorbe la chaleur du sol environnant. Toutefois, comme le montrent les mesures, aucun échange de chaleur n'a lieu avec l'eau souterraine. Illustration: rapport final OblaTherm

## PROJETS P+D DE L'OFEN

Le projet présenté dans le texte principal a été soutenu par le programme pilote et de démonstration de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). Avec ce programme, l'OFEN encourage le développement et l'expérimentation de technologies, de solutions et d'approches innovantes, lesquelles contribuent de manière significative à l'efficacité énergétique ou à l'utilisation des énergies renouvelables. Les demandes d'aide financière peuvent être soumises à tout moment.

➔ [www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration](http://www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration)

pas de chaleur de l'installation PVT entre mars et juillet, dès que la dalle a atteint une température de 7 °C. Cela évite la surchauffe de la dalle de fondation, mais au prix d'une baisse de la température disponible dans la dalle de fondation, ce qui réduit l'efficacité des pompes à chaleur.

### Plus écologique et moins cher que les sondes géothermiques

Pour Carlo Vassella, l'utilisation de la fondation n'est pas seulement une solution de secours lorsque l'installation de sondes géothermiques est impossible mais représente une meilleure alternative: « La dalle de fondation doit être coulée dans tous les cas et contient ainsi beaucoup moins d'énergie grise que les sondes géothermiques », affirme Vassella. Selon les calculs de l'équipe chargée du projet, un système énergétique composé d'un champ de sondes géothermiques avec une pompe à chaleur saumure-eau et une installation PV (584'000 fr./20 ans) est également plus cher que le système existant composé de collecteurs PVT et d'une dalle de fondation (504'000 fr./20 ans, sans raccordement au réseau anergie). Une pompe à chaleur air-eau avec installation PV (326'000 fr./20 ans) est certes moins chère, mais elle présente l'inconvénient de ne parfois pas pouvoir être utilisée en raison des nuisances sonores ou en altitude, souligne Vassella.

- Le **rapport final** du projet «Couverture des besoins en froid et en chaleur d'un immeuble de bureaux Miner-  
gie-P avec activation thermique de la dalle de fondation et des collecteur PVT» (OblaTherm) est disponible sur:  
<https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=40601>
- Men Wirz ([men.wirz@bfe.admin.ch](mailto:men.wirz@bfe.admin.ch)), responsable du programme pilote et de démonstration de l'OFEN, et Nadège Vetterli ([nadege.vetterli@anex.ch](mailto:nadege.vetterli@anex.ch)), responsable externe du programme de recherche Bâtiments et villes de l'OFEN communiquent des **informations** supplémentaires à ce sujet.
- Vous trouverez plus d'**articles spécialisés** concernant les projets pilotes, de démonstration et les projets phares dans le domaine Bâtiments et villes sur [www.bfe.admin.ch/ec-bâtiment](http://www.bfe.admin.ch/ec-bâtiment).