

PROJETS INNOVANTS DE GÉOTHERMIE

Exemples de bonnes pratiques en provenance
de France, Allemagne, Autriche et Suisse

VERSION PRÉLIMINAIRE | VERSION FINALE À VENIR



Contenu

**Version
préliminaire**

brochure finale
prochainement
numérique & imprimée
disponible

1 Éditorial



Chauffer et refroidir

- 2 Jardins de la Pâla à Bulle :
Nappe phréatique comme unique source de chaleur renouvelable
- 4 Pieux énergétiques Aéroport de Zurich - La géothermie comme
partie intégrante des bâtiment
- 6 Zurich Triemli : Sonde géothermique profonde à Zurich Triemli, un plan B innovant



Stocker la chaleur et le froid

- 8 Le stockage aquifère pour le Bundestag :
Élément clé du système d'approvisionnement énergétique



Chauffage urbain pour les villes et les communes

- 10 Géothermie à MUNICH : La plus grande installation en Allemagne
- 12 Chaleur géothermique de Riehen : De la chaleur fiable depuis plus de 30 ans
- 14 Unique en Allemagne : La centrale de chauffage géothermique de Schwerin
- 16 Un réseau de chaleur commun à deux villes en Île-de-France
- 18 Succès transfrontalier grâce à la géothermie : Le projet Braunau-Simbach



L'électricité des profondeurs

- 20 Géothermie profonde à Grünwald pour de l'électricité et de la chaleur



Éditorial

Chers lecteurs, chères lectrices,

Sous nos pieds se cache une ressource sous-estimée, mais puissante : la géothermie. Elle désigne la chaleur des entrailles de la terre - une ressource qui peut être utilisée de multiples façons grâce aux technologies modernes.. Cette source d'énergie nous permet de produire de la chaleur et de l'électricité indépendamment des conditions météorologiques ou de l'heure de la journée. C'est précisément ce qui rend la géothermie si unique : une source d'énergie inépuisable et durable qui se trouve sous nos pieds.

En tant que « championne de l'efficacité » parmi les technologies thermiques renouvelables, elle réunit des caractéristiques qui font avancer de manière décisive le tournant énergétique et thermique : respectueuse du climat, ménageant le paysage, fiable, inépuisable, stable en termes de prix et permettant la création de valeur locale. Qu'il s'agisse de chauffer ou de refroidir des bâtiments, de systèmes de chauffage urbain, de stockage d'énergie ou de production d'électricité, la polyvalence de la géothermie en fait une technologie clé pour un avenir énergétique durable.

Nous, les associations de géothermie de France, d'Allemagne, d'Autriche et de Suisse, vous présentons dans cette brochure des exemples innovants de bonnes pratiques. Ils montrent comment la géothermie est utilisée avec succès - comme source d'énergie durable et comme élément indispensable pour la protection du climat, la création de valeur régionale et la sécurité d'approvisionnement.

Nous vous invitons à découvrir le potentiel de cette technologie - et à travailler ensemble pour que la géothermie prenne la place qu'elle mérite : au cœur d'un approvisionnement énergétique sûr et durable.

Nous vous souhaitons une lecture passionnante !

Cordialement,



Virginie Schmidlé-Bloch
Déléguée générale
L'Association française



Gregor Dilger
Directeur Bundesverband
Geothermie e. V.



Karl Weidlinger
Président de l'association
Géothermie Autriche



Jérôme Faessler
Directeur Géothermie-Suisse



Virginie
Schmidlé-Bloch



Gregor Dilger



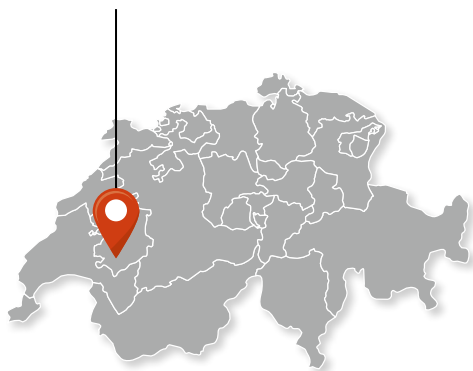
Karl Weidlinger



Jérôme Faessler



Jardins de la Pâla, Bulle



PARTICIPANTS AU PROJET

- Société City West SA
- Urban Project SA
- EKZ Contracting SA
contracting@ekz.ch
www.ekz.ch

Faits et chiffres

Lieu	Bulle (FR), Suisse
Propriétaire	Société City West SA
Usage de la géothermie	Chaleur et froid
Système géothermique	Eaux souterraines
Profondeur forage	65 m
Température	12 °C
Puissance (totale) planifiée	
<i>Aménagement de base</i>	
Chaleur	2 MW
Production d'énergie par an	2 800 MWh
Année de la mise en service	2013

Jardins de la Pâla à Bulle : Nappe phréatique comme unique source de chaleur renouvelable

Les installations géothermiques dans le quartier Jardins de la Pâla, à Bulle, exploitent la nappe phréatique pour chauffer et refroidir 400 logements, un hôtel, des commerces et une entreprise de production de meubles pour une puissance installée de 2 MW. Cette installation est la première solution totalement renouvelable de ce genre dans le canton de Fribourg: la source d'énergie provient intégralement de la nappe phréatique.

Nappe phréatique : unique source d'énergie thermique

De nombreux projets et installations de plus petite envergure exploitant la nappe phréatique existent en Suisse. Ce n'est pas forcément le cas pour de grandes installations. L'installation à Bulle montre que la source d'énergie thermique peut provenir intégralement de la nappe phréatique, également pour de plus grands projets. Les 16 bâtiments dans le quartier Jardins de la Pâla sont équipés de pompes à chaleur (eau/eau), utilisées pour le chauffage des bâtiments et pour la production de l'eau chaude sanitaire.

Le système de production de chaleur et de rafraîchissement passif utilise l'eau de la nappe phréatique comme source d'énergie primaire pour alimenter un réseau « froid » jusqu'aux pompes à chaleur décentralisées, dans chaque bâtiment. Le concept consiste à pomper de l'eau entre 10-12 °C de la nappe et puis, via un échangeur de chaleur, à alimenter un réseau froid, entre 8-9 °C, qui transporte ensuite l'énergie aux pompes à chaleur

(eau/eau) décentralisées dans les bâtiments. Ces dernières sont utilisées pour couvrir les besoins en chaleur pour le chauffage (35-40 °C) et l'eau chaude sanitaire (60 °C). En été les bâtiments peuvent être refroidis de manière passive grâce à l'eau souterraine. Le pompage et la restitution de l'eau de la nappe se font à partir de six puits de 65 m de profondeur, trois puits de pompage et trois puits de restitution. Cela correspond à un débit maximal de pompage et de réinjection dans la nappe de 4 000 l/min.

Une large étude est nécessaire au préalable

Pour concevoir un projet d'une telle envergure, une large étude de la nappe phréatique est performée. Des essais de pompage de la nappe sont menés pour évaluer la capacité hydraulique de l'aquifère et des essais d'infiltration sont menés dans les puits de restitution pour évaluer la capacité d'infiltration du terrain. Un modèle 3D du terrain est ensuite élaboré, afin de simuler les flux de chaleur et le potentiel énergétique de la nappe phréatique. Dans ce modèle, les données obtenues par les essais de pompage et d'infiltration sont intégrées, afin d'affiner les résultats de température des puits de production et d'injection, ainsi que le comportement du panache thermique.





◀ Fig. 1: Le Quartier des Jardins de la Pâla à Bulle : le système retenu par respect aux énergies renouvelables est la géothermie sur nappe phréatique

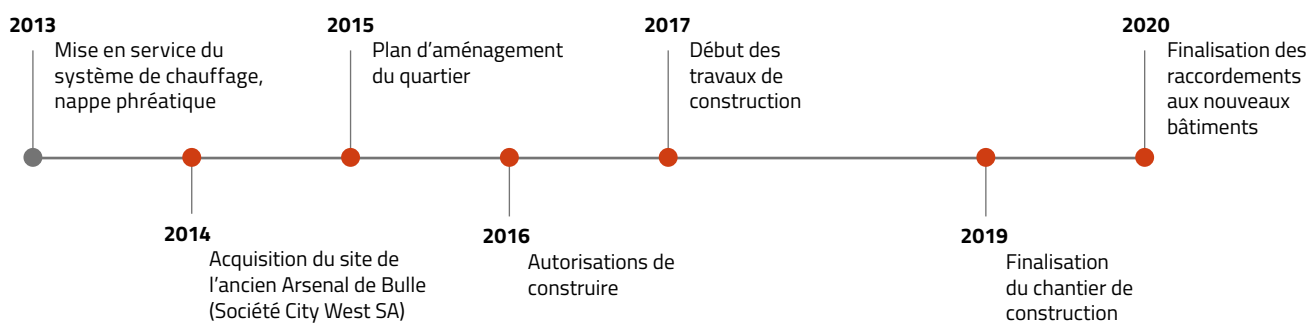


▲ Fig. 2: Les échangeurs de chaleur alimentés par la nappe phréatique distribue l'énergie dans le réseau froid vers les pompes à chaleur décentralisées.



▲ Fig. 3: Les pompes à chaleur responsables de la production de chaleur et l'eau chaude sanitaire.

Étapes





L'aéroport de Zurich

PARTICIPANTS AU PROJET

→ Flughafen Zürich AG

CH-8058 Zürich-Flughafen
Téléphone +41 43 816 22 11
info@zurich-airport.com

Chiffres et faits

Nom Aéroport de Zurich, Suisse

Propriétaire Aéroport de Zurich/Flughafen Zürich AG

Utilisation de la géothermie Chaleur, froid, stockage

Système géothermique Pieux énergétiques (géostrucures)

Profondeur forage aucun forage nécessaire

Puissance (totale) planifiée

Aménagement de base

Chaleur 0,63 MW

Energie géothermique 2 300 MWh/an chaleur
620 MWh/an froid direct (Geocooling)

Année de la mise en service 2003

Coûts d'investissements n/a ; faibles coûts supplémentaires, car les pieux de fondation nécessaires à la construction sont utilisés.

Pieux énergétiques Aéroport de Zurich – La géothermie comme partie intégrante des bâtiments

L'aéroport de Zurich est un carrefour du transport international, l'un des plus grands centres commerciaux de Suisse, un site industriel et un lieu de travail. Le complexe est l'un des gros consommateurs d'énergie de Suisse. Les systèmes géothermiques, en particulier les pieux énergétiques, forment l'épine dorsale de l'approvisionnement en chaleur et en froid. Ils sont utilisés dans les nouveaux bâtiments de l'aéroport de Zurich.

Pieux énergétiques – efficaces et avantageux

Le terminal E est un bâtiment moderne d'accueil et d'aérogare de passagers, qui est relié au bâtiment principal de l'aéroport par l'aérotrain. Le terrain constructible est très instable. 441 pieux de fondation, qui s'étendent jusqu'à la moraine de fond stable à une profondeur d'environ 30 m, assurent la stabilité du bâtiment de 485 m de long. Ils ont un diamètre de 0,9-1,5 m. Avec un faible surcoût, 306 pieux ont été équipés d'échangeurs de chaleur (pieux énergétiques).

75 % du besoin en chaleur en hiver, 50 % du besoin en refroidissement en été

Avec les pieux énergétiques, le sous-sol peut être utilisé comme une installation de stockage saisonnier. Le volume de stockage thermique est d'environ 660 000 m³. En hiver, l'installation géothermique peut couvrir environ 75 % des besoins en chaleur. En été, on peut refroidir. Dans le dit « géocooling », la chaleur résiduelle est introduite dans le réservoir souterrain par les

pieux énergétiques. Plus de 50 % des besoins en refroidissement sont ainsi couverts. 40 % de la chaleur retirée sont ainsi restockés dans le sous-sol par le géocooling. Lors de charges de refroidissement très élevées, une machine frigorifique soutient le fonctionnement.

Le principe de fonctionnement d'un pieux énergétique correspond à celui d'une sonde géothermique normale. Cependant, les tubes en polyéthylène ne sont pas insérés et cimentés dans un trou de forage, mais encastés dans les pieux en béton. À Zurich, 5 tubes en forme de U ont été utilisés pour chaque pieu. Une pompe à chaleur est utilisée pour le chauffage, afin d'atteindre le niveau de température requis de 40-45 °C dans le circuit de chauffage.

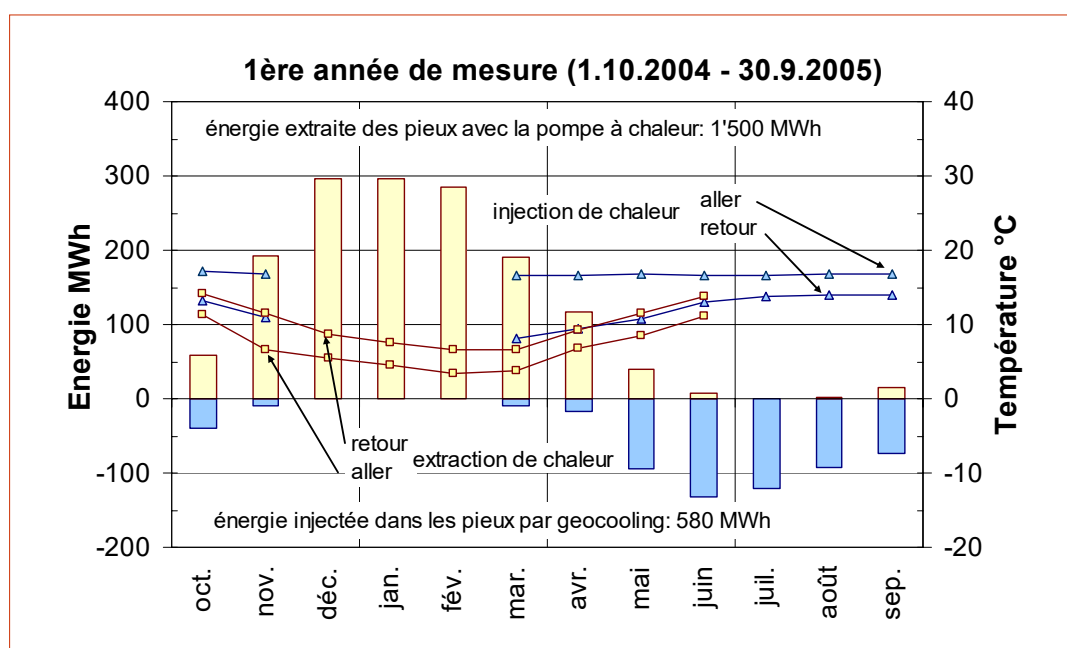
« The Circle » : depuis 2020 encore plus de pieux énergétiques, encore plus de chaleur et de froid

L'installation géothermique du terminal E est une réussite. C'est pourquoi l'aéroport de Zurich a équipé le nouveau complexe « The Circle » d'une telle installation aussi écologique et efficace. Ces 1 150 pieux de fondation (jusqu'à 1,5 m de diamètre et 55 m de profondeur), 1 000 ont été équipés comme pieux énergétiques. Avec environ 1,8 MW, c'est l'une des plus modernes et des plus puissantes installations de pieux énergétiques d'Europe. À l'avenir, en fonction des conditions météorologiques, 75 à 100 % de la chaleur et du froid du « The Circle » proviendront du sous-sol.



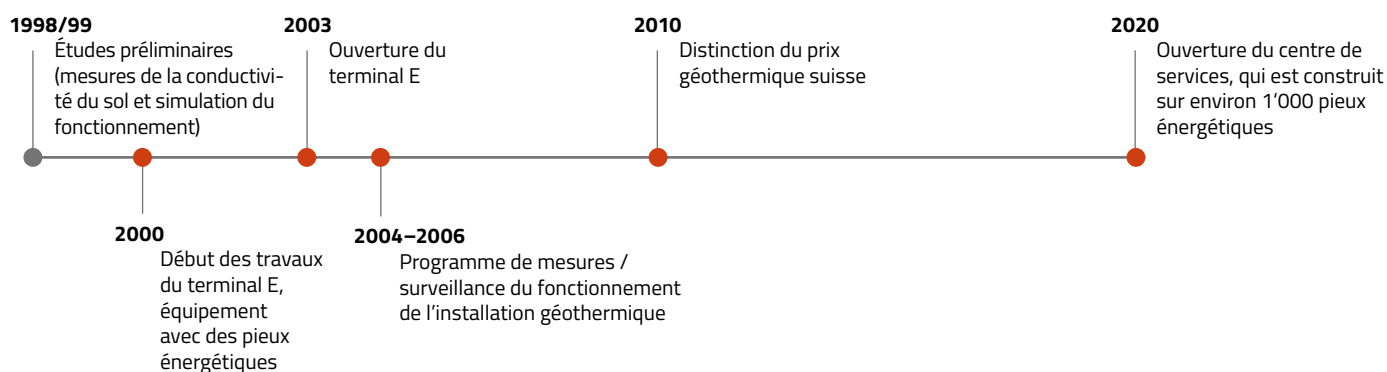


▲ Fig. 1: L'aéroport de Zurich mise sur la géothermie pour ses nouveaux bâtiments - ici le terminal E.



◀ Fig. 2: Chaleur gagnée par mois (chauffage, barres jaunes), respectivement de la chaleur stockée (géocooling; barres bleues), ainsi que les températures de l'eau glycolée lors de l'extraction de chaleur (chauffa-ge, carrés jaunes), respectivement de la chaleur stockée (géocooling, triangles bleus).

Étapes



« Sonnengarten » Zurich Triemli



PARTICIPANTS AU PROJET

→ Service d'électricité de la Ville de Zurich (ewz)

Tramstrasse 35, 8050 Zürich

Tél. +41 58 319 41 11

info@ewz.ch

Faits et chiffres

Lieu Zurich (ZH), Suisse

Propriétaire Service d'électricité de la Ville de Zurich (ewz)

Usage de la géothermie Chaleur

Système géothermique Sondes géothermiques profondes (TEWS) / Champs de sondes géothermiques

Profondeur forage 2 708 m

Température 97 °C

Puissance (totale) planifiée

Aménagement de base

Chaleur 0,6 MW (TEWS)

Production d'énergie par an 1 250 MWh (TEWS)

Année de la mise en service 2012

Coûts d'investissement 1.15 Mio. CHF (TEWS et pompe à chaleur)

Zurich Triemli : Sonde géothermique profonde à Zurich Triemli, un plan B innovant

Dans le but de clarifier le potentiel géothermique sur le territoire communal de Zurich, le Service d'électricité de la Ville de Zurich (ewz) a procédé en 2009-2010 à un forage exploratoire dans le quartier de Triemli. L'achèvement réussi des travaux de forage a révélé qu'une exploitation hydrothermale était impossible sur ce site. ewz a alors trouvé une alternative innovante: une sonde géothermique profonde (TEWS) combinée avec un champ de sondes géothermiques.

Exploitation alternative réussie

Le forage exploratoire réalisé avec succès en 2009-2010 a eu lieu dans des conditions de place minimales et à proximité immédiate d'immeubles résidentiels. Il était prévu de procéder à un deuxième forage pour une installation géothermique hydrothermale si l'on trouvait un aquifère exploitable économiquement à cette profondeur, mais aucun débit notable d'eau n'a été détecté, et une installation hydrothermale était donc exclue. Selon le droit suisse, des forages non exploités doivent être remblayés, ce qui aurait coûté environ un demi-million de francs dans le cas de Zurich. Après avoir réalisé des analyses de rentabilité, ewz décida d'exploiter le forage avec une sonde géothermique profonde. Une telle exploitation permet d'amortir tant la planification et l'installation de la sonde géothermique profonde que la fermeture définitive future du forage. Les dépenses engagées pour le forage profond n'ont cependant pas pu être couvertes, et les frais ont dû être amortis. Une sonde

géothermique représente donc un plan B innovant pour un forage déjà existant.

La sonde géothermique à Zurich Triemli est une installation coaxiale, où l'on installe dans le trou de forage un tuyau d'un plus petit diamètre. Durant l'exploitation, l'eau circule en profondeur dans la zone extérieure, soit entre le tuyau et la paroi du trou de forage, et récupère la chaleur de la roche. Chauffée en profondeur, l'eau remonte en surface par l'intérieur du tuyau installé.

En raison des grands écarts de température, aucune pompe de circulation n'est requise pour l'exploitation de la sonde géothermique. Cela est uniquement nécessaire pour le démarrage ou en cas de besoin énergétique accru pour augmenter le débit. La sonde géothermique profonde est régénérée durant la période estivale.

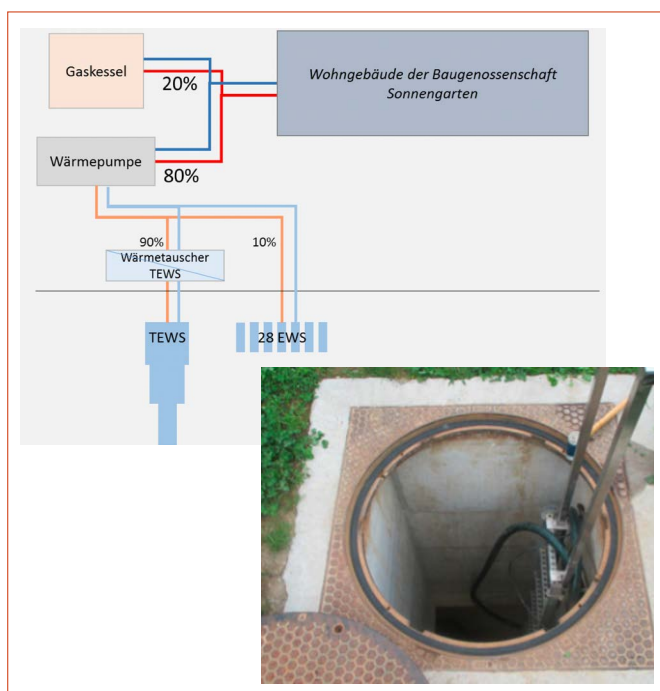
En outre, la trop faible charge de chauffage en été nécessiterait d'enclencher et de couper la sonde fréquemment. Cela est inefficace sur le plan énergétique, car une colonne d'eau de quelque 5 km devrait être démarrée ou stoppée à chaque fois. Des sondes géothermiques sont idéales pour un besoin de chaleur aussi constant que possible à proximité immédiate du forage. 28 sondes géothermiques à faible profondeur servent à la production d'eau chaude en été. Ce champ de sondes thermiques est régénéré durant la période non exploitée. Durant les périodes de pointe en hiver,





▲ Fig. 1: Géothermie profonde à Zurich Triemli – Situation de la sonde géothermique profonde.

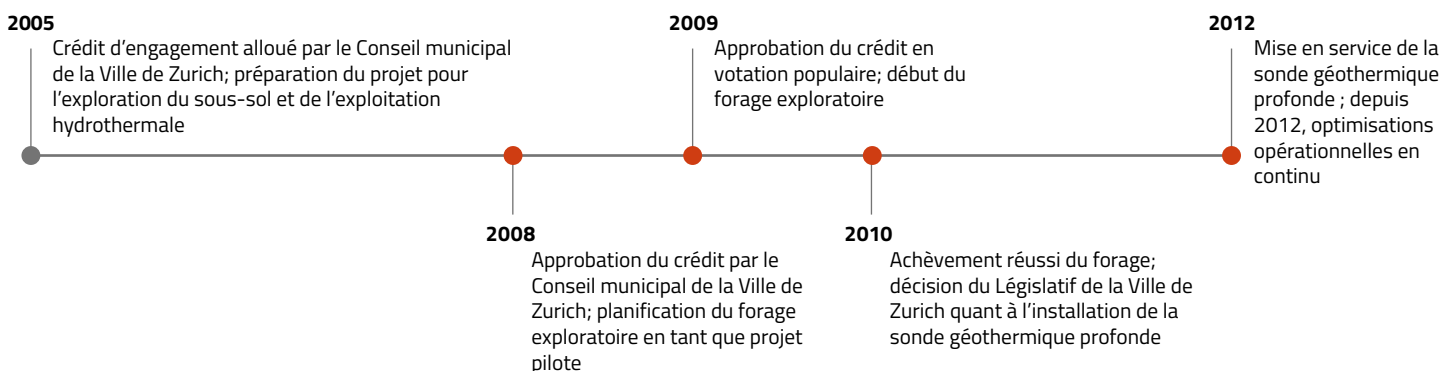
► Fig. 2: Concept de l'installation de production de chaleur à Zurich Triemli et l'entrée de l'installation géothermique sur le champ.

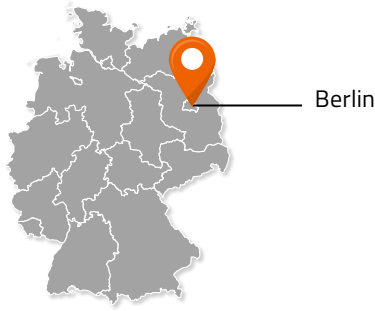


le champ de sondes géothermiques soutient la sonde géothermique profonde. Une chaudière à gaz existe pour assurer une couverture de pointe supplémentaire ainsi qu'une exploitation de secours.

Jusqu'à cette date, la sonde géothermique profonde à Zurich Triemli est l'installation la plus grande est la plus efficace de ce genre en Suisse. Elle fournit la chaleur de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire pour quelque 200 logements de standard Minergie pour la Coopérative de construction « Sonnengarten ».

Étapes





Faits et chiffres

Site Berlin, Allemagne

Propriétaire Administration du Bundestag à Berlin

Utilisation de la géothermie Chaleur et froid

Système géothermique Stockage de chaleur et de froid en aquifères

Année de mise en service 1999

PARTICIPANTS AU PROJET

- Geothermie Neubrandenburg GmbH
www.gtn-online.de
- E+M Bohr GmbH Hof

Le stockage aquifère pour le Bundestag : Élément clé du système d'approvisionnement énergétique

Les technologies de stockage sont essentielles à la réussite de la transition énergétique. Elles permettent de fournir de l'énergie à partir de ressources renouvelables en tout temps, d'amortir les pics de puissance et d'éviter les pénuries d'approvisionnement. La géothermie se distingue par sa capacité de fonctionnement en ruban, car elle est disponible de manière constante. En complément, les accumulateurs géothermiques offrent l'avantage de pouvoir être utilisés à tout moment et de manière fiable comme moyen de stockage. De plus, de grands volumes de stockage ne peuvent être réalisés que dans le sous-sol.

Un type spécifique de stockage géothermique est le stockage en aquifère. Ces réservoirs sont généralement des réservoirs d'énergie saisonniers, ce qui permet de compenser le décalage temporel entre la demande hivernale d'énergie et l'offre estivale. En été, les aquifères sont rechargés avec de la chaleur et celle-ci est prélevée en hiver, de sorte qu'un cycle de stockage annuel est accompli.

En Allemagne, deux réservoirs aquifères géothermiques sont actuellement en service et de nombreux autres sont en cours de planification. L'entrepôt présenté ici est en service depuis 1999 et se trouve sous les bâtiments du Parlement à Berlin. Quatre complexes de bâtiments sont intégrés dans le système d'approvisionnement en énergie : le bâtiment du Reichstag, la maison Jakob Kaiser, la maison Paul Löbe et la maison Marie Elisabeth Lüders. Une particularité du système berlinois est l'utilisation d'un réservoir dans un aquifère profond et d'un autre réservoir dans un aquifère peu profond, qui assument des fonctions différentes et sont décrits plus en détail ci-dessous.

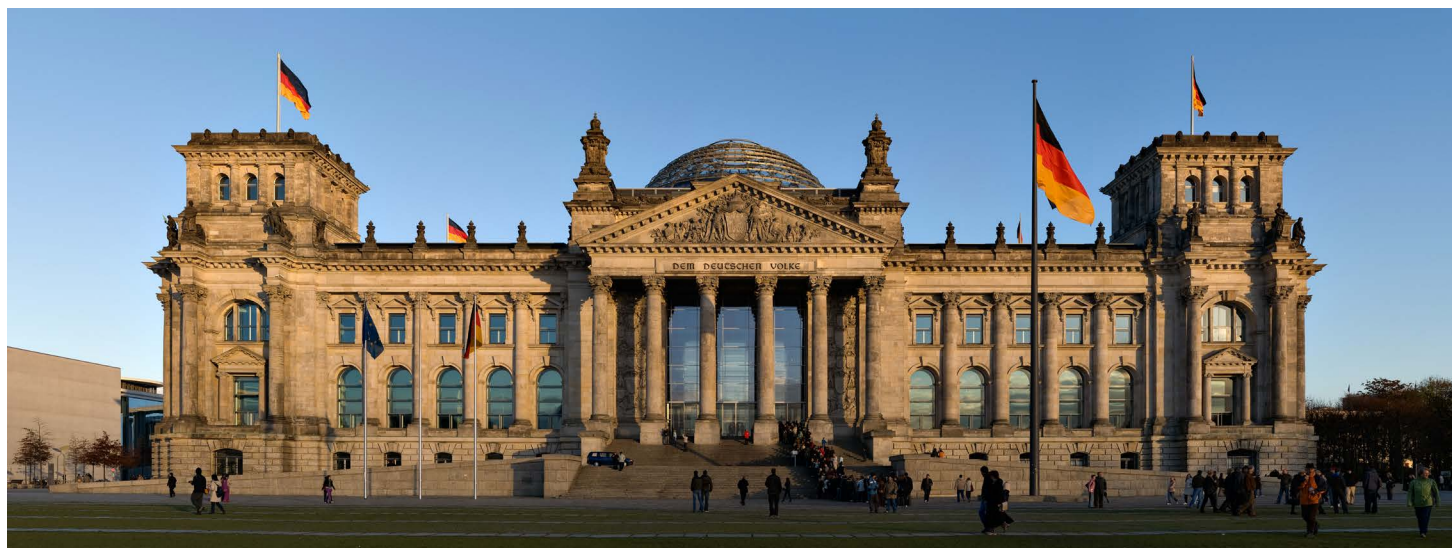
L'aquifère profond pour le stockage de la chaleur

Quatre centrales de cogénération produisent l'énergie nécessaire aux bâtiments du Parlement. La chaleur résiduelle excédentaire, qui n'est nécessaire ni pour le chauffage ni pour la production de froid dans les bâtiments du Parlement, peut être transférée via deux forages dans un réservoir géothermique situé à environ 300 m en dessous des bâtiments, dans une couche de roche aquifère devant le bâtiment du Reichstag. Cette chaleur excédentaire peut être utilisée ultérieurement, surtout en hiver. Les deux forages de l'accumulateur sont distants d'environ 300 m afin d'éviter toute influence mutuelle. Le taux de circulation maximum est de 100 m³/h.

En été, l'eau souterraine est prélevée via le forage « froid », chauffée à environ 60 °C par des échangeurs de chaleur avec la chaleur résiduelle des centrales de cogénération, puis réinjectée dans le forage « chaud ». En hiver, le sens d'écoulement est inversé : l'eau est prélevée dans le forage « chaud » et l'énergie thermique est valorisée en surface. Un échangeur de chaleur permet de fournir la chaleur dans le réseau de chauffage des bâtiments du Parlement. L'eau géothermale est renvoyée dans le forage « froid ». L'extraction de chaleur peut se faire à des températures comprises entre 55 et 45 °C.

En 2001, lors de la phase de démarrage de l'accumulateur, beaucoup de chaleur a été stockée et assez peu prélevée. Cela s'explique aussi par le fait que le système de prélèvement ne pouvait pas encore intégrer techniquement la chaleur. Entre 2003 et 2006, il a été possible de passer à une exploitation régulière, en profitant des années précédentes. Les bâtiments fédéraux ont été agrandis au cours des années suivantes, de





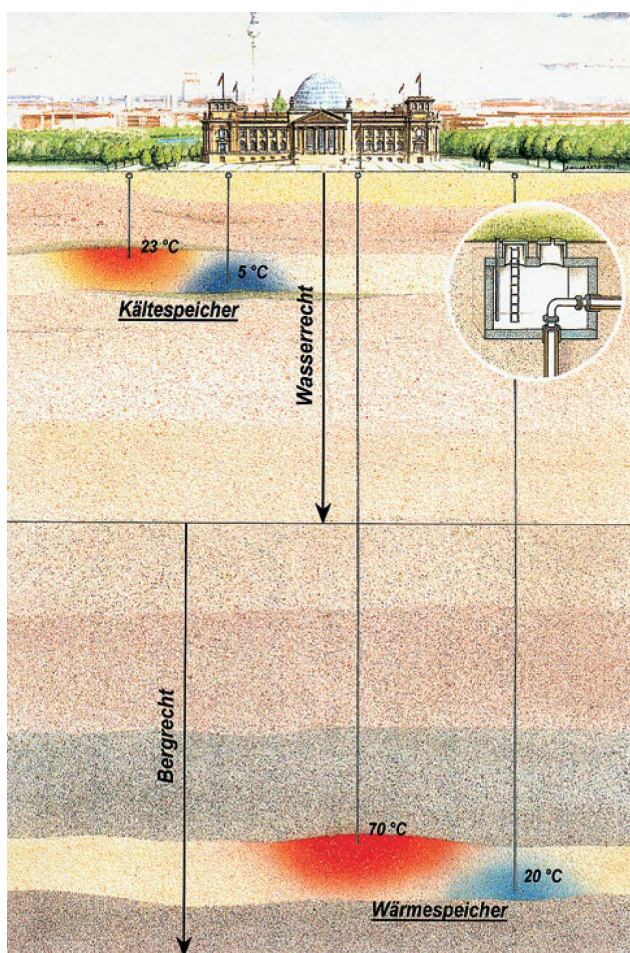
▲ Fig. 1: Sous les bâtiments du Parlement à Berlin, la chaleur et le froid excédentaires sont stockés dans le sous-sol. Les réservoirs aquifères contribuent dans une large mesure au système énergétique optimisé des bâtiments.

sorte qu'il n'y a pratiquement plus eu de chaleur résiduelle excédentaire. Depuis que de nouvelles centrales de cogénération ont été ajoutées en 2021, l'exploitation régulière est à nouveau possible. La société Geothermie Neubrandenburg GmbH prévoit actuellement de transformer le réservoir profond en une installation géothermique classique. Un pas de plus vers l'indépendance vis-à-vis des combustibles fossiles pourra ainsi être franchi.

L'aquifère peu profond pour le stockage de froid

L'aquifère peu profond se compose de deux champs de puits, chacun avec sept puits. Ici aussi, il y a un côté « froid » et un côté « chaud ». Le taux de circulation peut atteindre 300 m³/h. Pendant la période hivernale, l'eau des sept puits situés au nord du bâtiment du Reichstag est utilisée par des échangeurs de chaleur dans les bâtiments du Parlement et réalimente les puits situés devant le bâtiment du Reichstag, à une profondeur d'environ 60 m. Le déstockage de froid se situe dans une plage de température de 8 à 11 °C. Le stockage de chaleur se situe dans une plage de température de 15 à 18 °C. Le stockage en aquifère produit 60 % des besoins totaux en froid des bâtiments fédéraux.

Les réservoirs aquifères des bâtiments du Parlement illustrent l'énorme potentiel des technologies de stockage innovantes pour la transition énergétique. Ils montrent comment la chaleur résiduelle peut être utilisée de manière judicieuse et comment les combustibles fossiles peuvent être remplacés.



▲ Fig. 2: Système de stockage géothermique des bâtiments du Parlement

Étapes

1996

Planification des travaux de forage et de complétion par Geothermie Neubrandenburg GmbH

1998

Travaux de forage de E+M Bohr GmbH Hof

1999

Mise en service des réservoirs aquifères



Munich,
Schäftlarnstraße

Faits et chiffres

Site Munich, Allemagne

Propriétaire Services Industriels de Munich (SVM)

Usage de la géothermie Chauffage urbain

Système géothermique Géothermie hydrothermale

Profondeur maximale de forage 3 141 m TVD

Température maximale 107 °C

Année de mise en service 2021

Géothermie à Munich : La plus grande installation en Allemagne

L'une des installations géothermiques les plus ambitieuses d'Europe a vu le jour sur le site de production d'énergie sud des services industriels de Munich (SVM). Le projet de Munich-Schäftlarnstraße est actuellement le plus grand projet de géothermie profonde réalisé en Allemagne. Avec un total de six forages profonds et une distance totale de forage d'environ 25 km, le projet pose de nouveaux jalons en matière d'exploitation de la géothermie profonde et contribue de manière considérable à la transition thermique de Munich. Pour la première fois en Allemagne, une installation géothermique avec six forages en trois doublets a pu être réalisée à partir d'un seul site de forage dans une métropole de plusieurs millions d'habitants.

De quatre à six : les mesures sismiques étendent le projet

En mars 2009, SVM a réalisé une campagne géophysique de sismique réflexion 2D pour le site. Ces données ont été interprétées avec 27 profils sismiques plus anciens provenant de puits d'exploration d'hydrocarbures. Une autre campagne de sismique 2D a suivi en été/automne 2012. Un modèle géologique et un modèle thermo-hydraulique du sous-sol ont été établis sur la base de ces données sismiques. De bonnes cibles de forage ont pu être identifiées.

Quatre forages étaient initialement prévus, mais les résultats d'une sismique 3D ultérieure de 2016 ont montré des conditions de réservoir encore plus favorables que ce qui avait été supposé jusqu'alors. Afin d'exploiter au mieux ce site unique, les SVM ont finalement étendu le projet de quatre à six forages. Lors de la prospection, on a veillé à augmenter simultanément la probabilité de découverte d'une ressource et à réduire la probabilité d'événements sismiques.

Vers la plus grande installation géothermique d'Allemagne : planification et construction

A partir de 2013, la planification de l'installation géothermique a été accélérée, et les premières mesures préparatoires ont commencé fin 2016. La libération du terrain de construction et la construction du site de

forage se sont étendues de février 2017 à fin mars 2018. Pour le site de forage a nécessité le démantèlement d'un ancien dépôt de carburant pour le pétrole léger.

Les travaux de forage du puits Th1 ont débuté fin avril 2018. Après environ trois mois de forage et de tests, l'installation de forage a été dirigée le 30 juillet 2018 vers le puits Th2. Le Th1 a atteint le réservoir d'eau thermique à une profondeur d'environ 2'600 m (MD) et a ouvert une section d'environ 1 300 m de réservoir. Les pertes totales de boues ou fluides de forage qui commençaient à l'entrée du réservoir indiquaient déjà un réservoir hydrauliquement actif. Les mètres de forage totaux s'élèvent à environ 25 000 m (MD).

Du chauffage écologique pour plus de 80'000 personnes

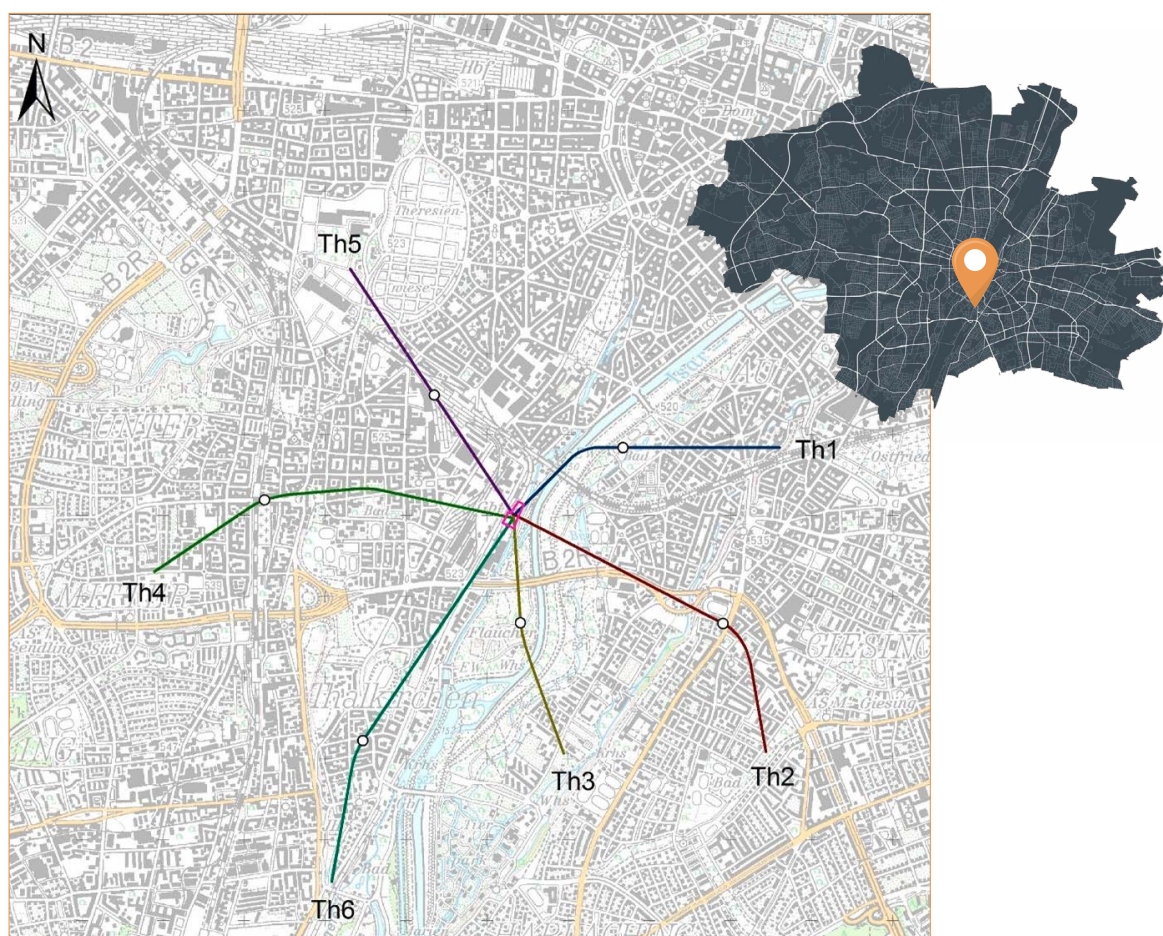
Après l'achèvement des travaux des six forages, la tour de forage a été évacuée du site géothermique et l'entreprise chargée de la construction du circuit d'eau thermique en surface a travaillé dès le 22 mai 2020. Le calendrier ambitieux d'une durée d'environ deux ans pour l'ensemble des travaux de forage et de test a ainsi pu être respecté avec succès. Depuis juillet 2021, l'installation est en phase d'exploitation pilote.

L'installation est prévue avec une puissance thermique d'environ 50 MWth. La chaleur géothermique produite sur le site énergétique sud peut être distribuée aux clients de SVM avec un nombre élevé d'heures d'utilisation à plein régime. Depuis le site, la chaleur est injectée dans trois réseaux de chauffage urbain (réseau centre-ville, réseau Sendling, réseau Perlach) de SVM. Outre l'installation géothermique, la modernisation des installations de cogénération existantes, un accumulateur de chaleur et un système de refroidissement à distance sont également prévus sur le site sud. Le mix de production de chaleur de base, de chaleur réglable et de stockage permet un usage extrêmement efficace de l'énergie. Grâce à la puissance géothermique, les SVM peuvent approvisionner environ 80 000 citoyens munichoïses.



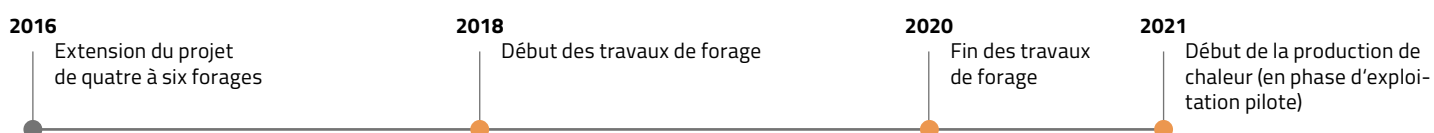


◀ Fig. 1 : La figure montre le site énergétique sud des Services Industriels de Munich (SWM) avec l'accumulateur de chaleur actuellement en construction (en blanc, au centre de l'image). Outre l'énergie classique produite au moyen de turbines à gaz et à vapeur, le réseau de chauffage urbain est alimenté par la chaleur géothermique depuis 2021.



◀ Fig. 2 : Les six forages sous Munich : trajectoires des forages du projet de la Schäftlarnstraße

Étapes





PARTICIPANTS AU PROJET

- Commune de Riehen
- Industrielle Werke Basel (IWB)

Contact :
 Wärmeverbund Riehen AG
 info@erdwaermeriehen.ch
 www.erdwaermeriehen.ch

Chiffres et faits

Lieu Riehen (BS), Suisse

Propriétaire Wärmeverbund Riehen AG

Usage de la géothermie Chaleur

Système géothermique Hydrothermal

Profondeur forage 1'547 m

Température 67 °C

Puissance (totale) planifiée

	Puissance de base	Puissance future
Chaleur	5 MW	ca. 10 MW

Production d'énergie par an 21 700 MWh

Année de la mise en service 1994

Coûts d'investissement 11,8 Mio CHF (installation géothermique) / 1,6 Mio. CHF (pompes à chaleur) / 13,5 Mio. CHF (centrale de chauffe)

Chaleur géothermique de Riehen : De la chaleur fiable depuis plus de 30 ans

L'installation géothermique de Riehen est la plus grande et aussi la plus ancienne installation de ce type en Suisse. Ce qui a débuté en 1979 avec une idée, s'est développé en un projet pionnier dans les années 80. Désormais, Riehen approvisionne ses habitantes et habitants en chaleur géothermique écologique et sans CO₂ depuis plus de 30 ans. L'installation est également un projet phare au niveau international: Riehen a été la première commune d'Europe se voir décerner le label « European Energy Award Gold ». La réussite se reflète également dans la demande en constante augmentation. À l'avenir, celle-ci doit être satisfaite entre autres par le projet « geo2riehen ».

Les forces de la géothermie sont exploitées à Riehen

Les conditions géologiques à Riehen sont bonnes: à une profondeur d'environ 1 200-1 800 mètres, il existe une grande quantité d'eaux thermales chaudes. En surface, la demande en énergie renouvelable de la population de Riehen est importante. Une « concordance » parfaite et un point de départ pour la première installation géothermique à moyenne profondeur en Suisse. Celle-ci a été réalisée dans les années 80 grâce à la performance pionnière locale et au soutien financier de la Confédération et du Canton. Aujourd'hui, la géothermie fait partie de l'ADN de la commune et a fait de Riehen la première commune d'Europe à recevoir le label « European Energy Award Gold ».

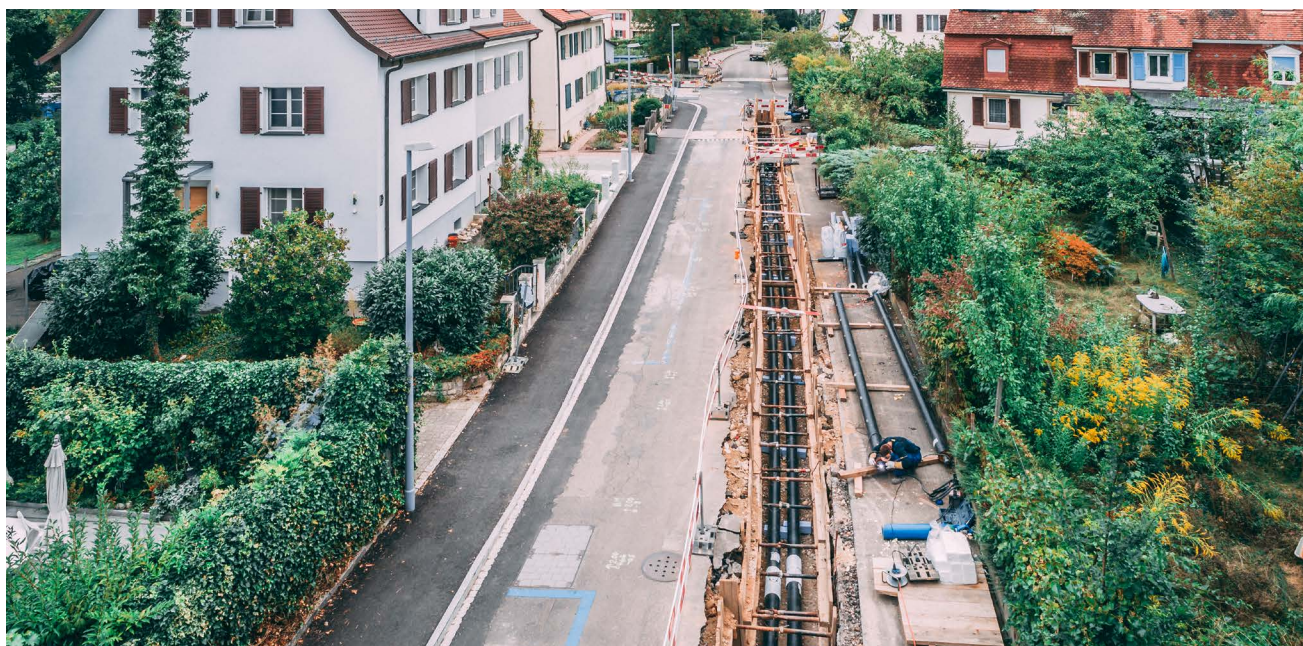
Installation géothermique à Riehen : fonctionnement

L'installation géothermique de Riehen est un système hydrothermal avec deux forages et un circuit d'eau thermale fermé. Les échangeurs de chaleur extraient la chaleur de l'eau profonde, atteignant jusqu'à 67 °C, dans la centrale thermique et la transfère vers le réseau de distribution de chaleur à distance. Les pompes à chaleur industrielles génèrent de l'énergie thermique supplémentaire et augmentent ainsi l'efficacité de l'installation. L'eau thermale, refroidie à environ 25 °C, est réinjectée dans la couche aquifère du sous-sol.

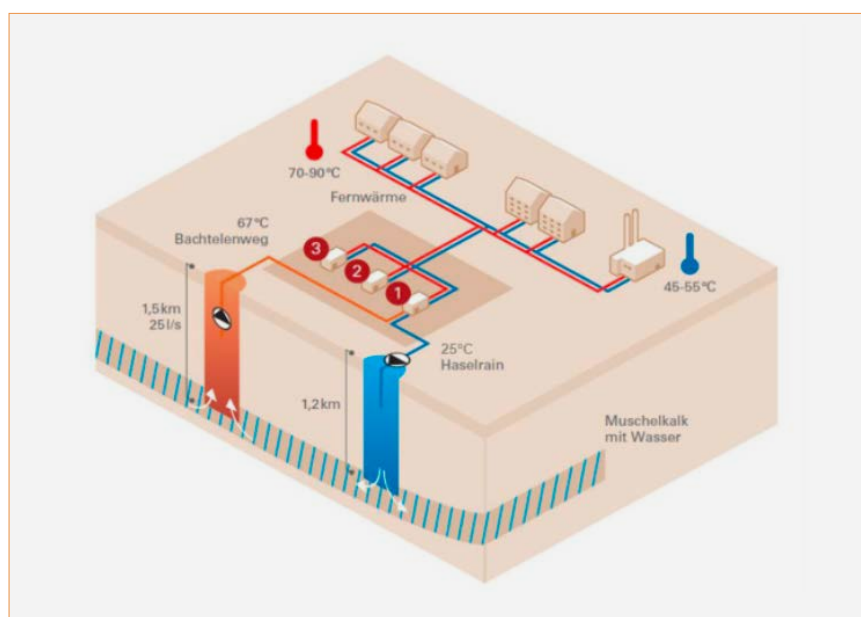
Plus de la moitié de la population est approvisionnée en chaleur géothermique

La part de la géothermie dans le réseau de chaleur à distance est d'environ 30-40 % et est utilisée pour couvrir la charge de base grâce à de faibles coûts d'exploitation. À l'avenir, cette part doit être augmentée avec une deuxième installation (« geo2riehen »). Dès 2027, plus de 12 000 habitants, soit plus de la moitié de la population de Riehen, seront approvisionnés en chaleur géothermique (environ 10 000 personnes aujourd'hui). D'autres sources d'énergie dans le réseau de chaleur à distance sont le bois, la chaleur résiduelle des usines d'incinération des ordures ménagères et le gaz. L'un des grands atouts de la géothermie en est un exemple: elle peut être utilisée de manière flexible et combinée avec d'autres agents énergétiques.



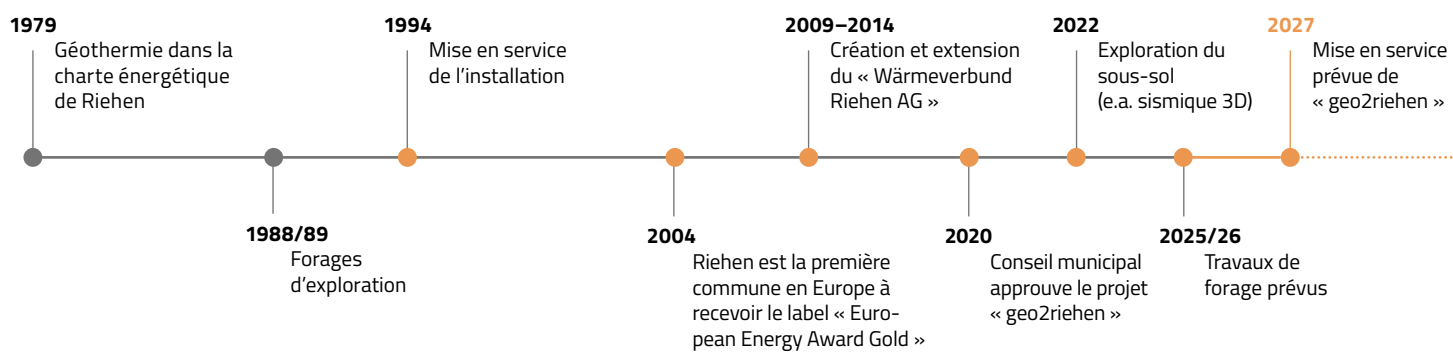


▲ Fig. 1: Il y a beaucoup d'énergie géothermique dans les réseaux de d'approvisionnement du « Wärmeverbund Riehen ».



◀ Fig. 2: Le coeur de l'approvisionnement en chaleur de Riehen : l'installation géothermique [1]. Autres sources de chaleur de la centrale de chauffe : centrale de cogénération [2], chaudière à gaz [3]

Étapes





Schwerin Lankow

PARTICIPANTS AU PROJET

- **Geothermie Neubrandenburg**
gtn@gtn-online.de
www.gtn-online.de
- **DMT GmbH & Co. KG**
info@dm-tgroup.com
www.dmt-group.com
- **Daldrup & Söhne AG**
info@daldrup.eu
www.daldrup.eu
- **Ehgartner GmbH**
info@ehgartner.de
www.ehgartner.de
- **EnviCon GmbH**
info@envi-con.de
www.envi-con.de
- **Bendfeld Herrmann Franke
Landschaftsarchitekten**
info@bhf-sn.de
www.bhf-ki.de
- **Bauunternehmen Josl GmbH**
info@bau-josl.de
www.bau-josl.de
- **Energieanlagen Nord GmbH**
info@ean-online.de
www.ean-online.de
- **Schlumberger GmbH**
www.slb.com
- **Halliburton**
www.halliburton.com
- **Stadtwerke Schwerin GmbH (SWS)**
stadtwerke-schwerin@swsn.de
www.swsn.de

Faits et chiffres

Site Schwerin, Allemagne

Propriétaire Energieversorgung Schwerin GmbH & Co. Erzeugung KG - Une entreprise des services industriels de Schwerin GmbH (SWS)

Usage de la géothermie Chauffage urbain

Système géothermique Doublet hydrothermal

Profondeur maximale de forage 1 311 m

Température maximale 56 °C (réservoir) 80–82 °C après le passage dans des pompes à chaleur à haute performance

Production de chaleur par an (en MWh)
46.500 MWh/a → 7,5 MW_{max}

Économie de gaz par an 3 950 000 m³

Année de mise en service 2023

Coûts d'investissements (bruts) environ 24 millions €

Unique en Allemagne : La centrale de chauffage géothermique de Schwerin

Les Services Industriels de Schwerin ont réalisé leur première installation géothermique d'une puissance thermique de 7,5 MW. L'installation alimente le réseau de chauffage urbain avec de l'eau chaude à environ 82 °C, alors que la température de l'eau de l'aquifère ne s'élève qu'à 56 °C. L'astuce consiste ici à utiliser des pompes à chaleur à haute performance.

Au départ, l'installation était prévue dans le quartier urbain « Waisengärten », mais après le retrait d'un détenteur d'un permis géothermique adjacent, les services industriels ont pu explorer une plus grande zone de prospection. Cette nouvelle zone est deux fois plus grande que la précédente et se situe dans la zone industrielle de Schwerin Lankow où se trouve également la centrale thermique (HKW) de Lankow - un emplacement idéal pour une installation géothermique. Grâce à ces conditions, les planifications déjà réalisées dans le cadre du projet de construction « Waisengärten » ont pu y être transférées assez facilement sur le nouveau site en 2015. Les services industriels peuvent y injecter directement la chaleur géothermique dans le réseau de chauffage urbain.

Les études sismiques 2D réalisées en août 2016 ont fourni une image plus précise des cibles pour l'exploita-

tion de l'eau thermique. Il a également été possible de se baser sur des données de forages tests réalisés dans les années 1960 et 1980, de sorte que l'on est parti d'une température de production d'environ 53 °C et d'un volume de production d'environ 150 m³/h.

Un forage d'extraction surprenant

Le 1er octobre 2018, la foreuse a été mise en service à côté de la centrale thermique de Lankow. Le premier forage de production descend à 1 296 m de profondeur et a révélé deux surprises : il a fallu forer plus profondément que prévu et la température trouvée est plus chaude que supposée.

La couche aquifère dans l'horizon cible est plus étendue que prévu. Avec une température de 56–58 °C et un taux de production allant jusqu'à 150 m³ par heure, la ressource trouvée fut une très bonne surprise pour les services industriels. Les coefficients de perméabilité étaient également meilleurs que prévu, présentant une perméabilité de 6,8 Darcy et une productivité à court terme d'environ 36 l/s/bar.

Deux ans plus tard, en octobre 2020, les travaux de forage d'injection ont débuté au parc sportif de Lankow où ils ont atteint une profondeur de 1 311 m. En mars,





◀ Fig. 1 : Les pompes à chaleur haute performance constituent le cœur de la centrale de chauffage géothermique et rendent l'installation unique en Allemagne jusqu'à ce jour.

les spécialistes ont finalement pu faire un test de production et ont obtenu de très bons résultats : La capacité d'absorption de l'aquifère et le débit d'injection réalisable qui en découle sont très bons. Le raccordement des deux forages en avril 2022 et la pose d'une conduite de saumure sous la Ratzeburger Straße constituent un autre jalon important du projet.

La particularité de la ressource est une température élevée

L'eau thermique qui sort du puits de production a une température de 56 °C. En surface, l'énergie géothermique est extraite par trois échangeurs de chaleur et chauffée à environ 80-82 °C à l'aide de quatre pompes à chaleur à haute performance. C'est la température de base du réseau de chauffage urbain qui est suffisante pour l'exploitation en été. Le site de Lankow offre un avantage supplémentaire à cet égard : en fonction de la température extérieure, la température de l'eau chaude provenant de l'installation géothermique peut être augmentée davantage dans la centrale de chauffage de Lankow, si nécessaire, pour un approvisionnement adapté aux besoins.

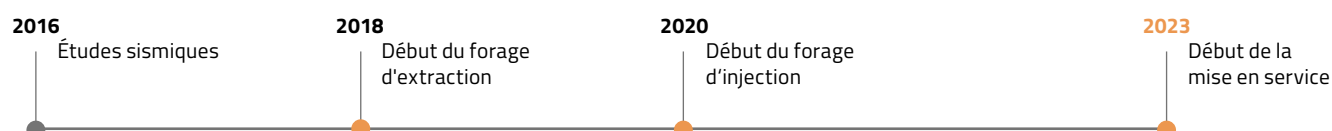
L'usage de la géothermie avec des pompes à chaleur à haute performance à Schwerin est jusqu'à

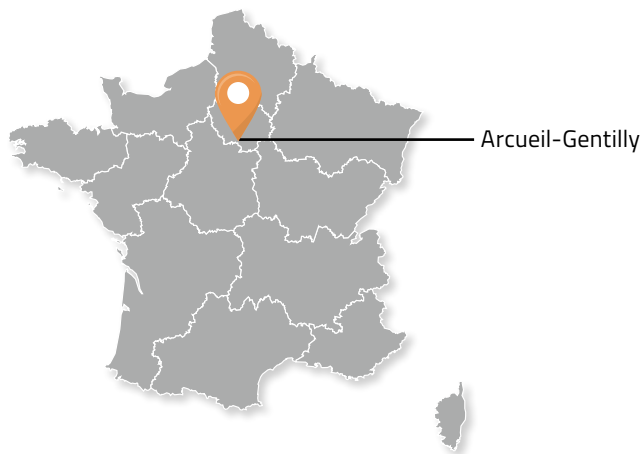
présent unique dans son genre en Allemagne. Longtemps, la chaleur géothermique n'était utilisée que si elle présentait une température utile suffisante. La raison est que les utilisateurs souhaitent généralement utiliser la chaleur géothermique en direct et sans transformation supplémentaire en raison des coûts d'investissement élevés et des risques de découverte de la ressource. C'est pourquoi la chaleur géothermique dont la température du réservoir n'était pas suffisante restait inutilisée jusqu'à la mise en service de l'installation géothermique de Schwerin.

Un pas important vers la décarbonisation du chauffage urbain

L'installation géothermique permet de couvrir jusqu'à 15 % des besoins en chauffage urbain de Schwerin. Avec cette installation, les services industriels disposent d'une puissance issue du réservoir d'environ 5,7 MW et, après l'augmentation par les pompes à chaleur, d'une puissance thermique d'environ 7,5 MW. Comparée à une demande totale de chaleur de 130 MW du réseau, la puissance de l'installation reste encore faible. C'est cependant un premier pas pour atteindre une décarbonisation du chauffage urbain. Et la prochaine installation géothermique est déjà en cours de planification concrète.

Étapes





ACTEURS DU PROJET

Maître d'ouvrage :

- Syndicat Intercommunal de la Périphérie
- Paris pour l'Électricité et les Réseaux de Communication (SIPPEREC)

Maître d'œuvre :

- ArGéo (filiale de Cofely Réseaux)
- Partenaires
- ADEME, Direction régionale Île-de-France
 - Conseil régional Île-de-France

Chiffres clés

Lieu Arcueil-Gentilly (94), France

Propriétaire ArGéo

Utilisation de la géothermie Chauffage et eau chaude sanitaire

Équipement de géothermie 2 puits

Profondeur max 1 600 m

Température max 62 °C

Puissance (totale) prévue 15 MW puissance géothermie pour 50 MW puissance totale installée

Production de chaleur par an 61 716 MWh (2023)

Année de mise en service 2015

Coûts d'investissement

prévisionnels : 32,2 millions € (net)

Aide ADEME : 4,04 millions € (15,5 %)

Aide Conseil régional : 3,32 millions € (10,3 %)

Un réseau de chaleur commun à deux villes en Île-de-France

Dans la dynamique de l'opération de renouvellement urbain du quartier du Chaperon Vert, les deux communes d'Arcueil et de Gentilly ont décidé de s'engager dans un projet ambitieux et durable : exploiter la géothermie et construire un réseau de chaleur commun aux deux villes.

Arcueil et Gentilly ont délégué leur compétence pour la production et la distribution d'énergie au SIPPEREC, Syndicat Intercommunal de la Périphérie de Paris pour les Énergies et les Réseaux de Communication. Partenaire public de plus d'une centaine de collectivités d'Île-de-France, le SIPPEREC a développé une expertise dans les énergies renouvelables et notamment dans le solaire et la géothermie.

Après appel d'offres, la délégation de service public pour le chauffage urbain a été attribuée par le SIPPEREC à ENGIE Réseaux, Groupe ENGIE, expert en géothermie et spécialiste des réseaux de chaleur. ArGéo a été créée spécialement pour la construction et l'exploitation du réseau de chaleur géothermique d'Arcueil-Gentilly.

Un mix énergétique principalement axé autour de la géothermie

Le mix énergétique du réseau de chaleur urbain ArGéo de la ville de Arcueil et Gentilly est composé de gaz naturel, de géothermie et de récupération.

Énergie totalement renouvelable, la géothermie ne produit ni déchet ni pollution atmosphérique. Elle est disponible localement et n'est pas tributaire de la volatilité et de l'augmentation des prix des énergies fossiles. Distribuée équitablement via le réseau de chaleur et disponible à un coût maîtrisé, elle constitue aussi une

réponse solidaire à la montée de la précarité énergétique. Les abonnés peuvent ainsi désormais bénéficier d'une chaleur de faible empreinte environnementale à un prix maîtrisé dans la durée.

La part des énergies renouvelables utilisées dans le réseau de chaleur est de 63 %, permettant aux usagers de bénéficier d'un taux de TVA réduit à 5,5 % sur leur facture de chauffage. Le mix énergétique record est de 83 % géothermie, 10 % PAC et 7 % de gaz (atteint en 2019).

La première création de géothermie profonde au Dogger en Île-de-France depuis 30 ans

Cette opération est la première création de géothermie profonde au Dogger en Île-de-France depuis 30 ans. Il s'agit de construire de toutes pièces 2 puits de forage à 1 600 mètres pour alimenter l'équivalent de 10 000 logements sur les deux communes. C'est un projet qui s'inscrit pleinement dans les objectifs du Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie de l'Île-de-France. Ce réseau de 18,9 km alimente 143 points de livraison.

Le puits producteur capte l'eau à 62 °C, qui est ensuite renvoyée dans le Dogger via le puits injecteur à 25 °C. Les principaux abonnés du réseau sont les logements collectifs, les équipements collectifs (écoles, gymnase, mairie, crèche...) et les entreprises.

Atouts réseaux de chaleur

Les réseaux de chaleur présentent de nombreux avantages : le confort et la sécurité du réseau de chaleur pour ses usagers, la fiabilité des installations, la sim-





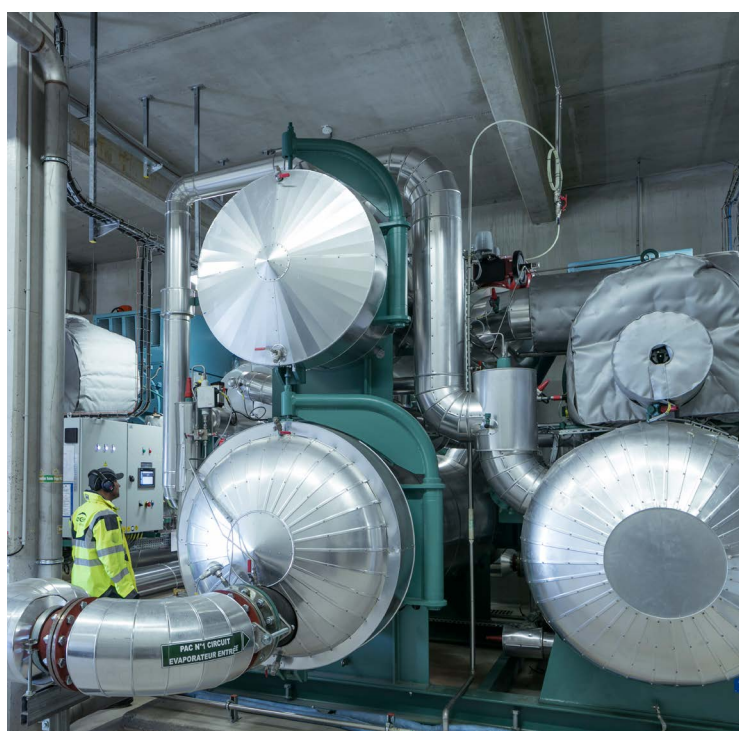
▲ Fig. 1: Centrale géothermique ArGéo d'Arcueil et de Gentilly

plicité de son fonctionnement, la compétitivité et la stabilité des coûts grâce à un bouquet énergétique varié composé pour partie d'énergies locales et renouvelables. Autre atout majeur, l'utilisation d'énergies renouvelables et de récupération permet de limiter le rejet dans l'atmosphère de centaines de milliers de tonnes de CO₂ chaque année.

Une solution fiable

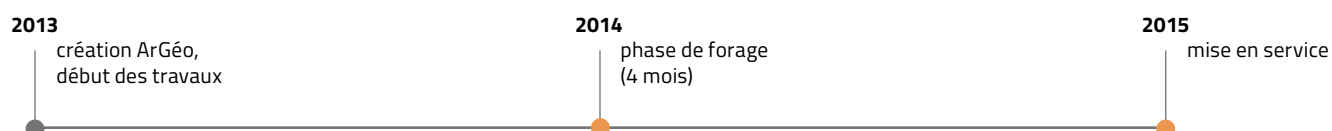
La chaleur est diffusée en continu, 24 heures sur 24, dans tous les bâtiments du réseau. Plusieurs chaudières alimentent le réseau et peuvent se relayer pour garantir une continuité de service. Une disponibilité de service et de dépannage est assurée 365 jours par an et 24 heures sur 24 par les équipes d'ArGéo.

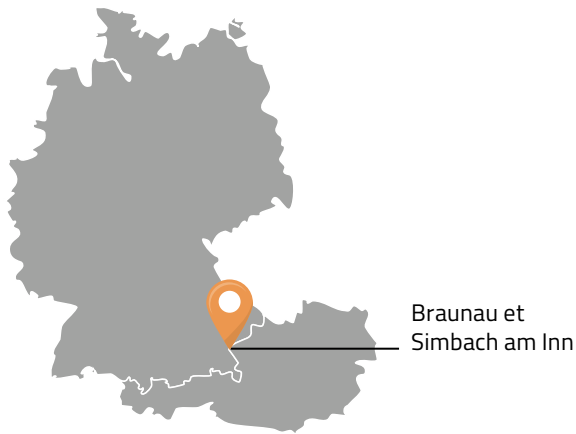
L'absence de chaudière et de stocks de combustibles dans les immeubles élimine les risques d'incendie et les nuisances (bruit, odeurs, livraison des combustibles) et permet de disposer d'espaces supplémentaires à aménager pour le bien-être des usagers.



▲ Fig. 2: Centrale géothermique

Étapes





PARTICIPANTS AU PROJET

→ Geothermie Braunau Simbach

gbs@energieag.at

www.geothermie-braunau-simbach.com

Faits et chiffres

Site Braunau et Simbach am Inn, Autriche et Allemagne

Propriétaire Geothermie-Wärmegesellschaft Braunau-Simbach mbH (réseau de chauffage urbain, approvisionnement des clients) Société de promotion de la géothermie Simbach-Braunau mbH (Géothermie)

Utilisation de la géothermie Chauffage urbain

Système géothermique Doublet hydrothermique

Profondeur maximale de forage 1 942 m

Température maximale 80,5 °C

Puissance géothermique 9,5 MW

Production géothermique par an 50 000 MWh

Année de mise en service 2000

Succès transfrontalier grâce à la géothermie : Le projet Braunau-Simbach

Le projet géothermique transfrontalier Braunau-Simbach est considéré comme un pionnier de l'approvisionnement en énergie renouvelable. Depuis plus de deux décennies, il alimente les villes de Braunau am Inn (Autriche) et de Simbach am Inn (Allemagne) en chauffage urbain respectueux de l'environnement. Après les premières études menées en 1974, le projet a été développé après l'adhésion de l'Autriche à l'UE dans les années 1990. Pour le mettre en œuvre, une société de promotion pour l'exploitation de la géothermie ainsi qu'une société thermique pour l'exploitation du réseau de chauffage urbain ont été créées. La structure de la société se compose des deux villes, du district de Rottal Inn, d'Energie AG Oberösterreich Erzeugung, de Bayernwerk Natur, d'Iqony Energies ainsi que d'Energie Südbayern. Les deux forages ont été réalisés à Simbach en 1999 et le chauffage urbain a commencé à fournir de l'énergie dès 2000. Le projet montre de manière impressionnante comment la géothermie peut contribuer à la transition énergétique et est à ce jour le plus grand réseau de chauffage urbain transfrontalier d'Europe centrale.

Géothermie : le trésor des profondeurs

À Braunau-Simbach, la géothermie est utilisée sous la forme d'un doublet hydrothermal. L'eau géothermale est extraite à 80 °C d'une profondeur d'environ 2 000 m par le biais d'un forage de production. La chaleur est transmise au réseau de chauffage urbain via des échangeurs de chaleur et utilisée par les clients de Braunau et Simbach, principalement pour le chauffage des locaux et la production d'eau chaude sanitaire. L'eau géothermale refroidie est réinjectée dans les profondeurs de la Terre via le forage de réinjection.

Chauffage urbain écologique

Deux centrales de chauffage, l'une à Simbach et l'autre à Braunau, assurent la distribution de chaleur dans le réseau de chauffage urbain transfrontalier. Le réseau actuel a une longueur d'environ 45 km et alimente environ 950 raccordements avec une production annuelle de chaleur d'environ 65 GWh. La part de la géothermie dans la chaleur fournie aux clients est d'environ 75-80 %, la couverture des charges de pointe étant assurée par des chaudières à gaz à haute performance.

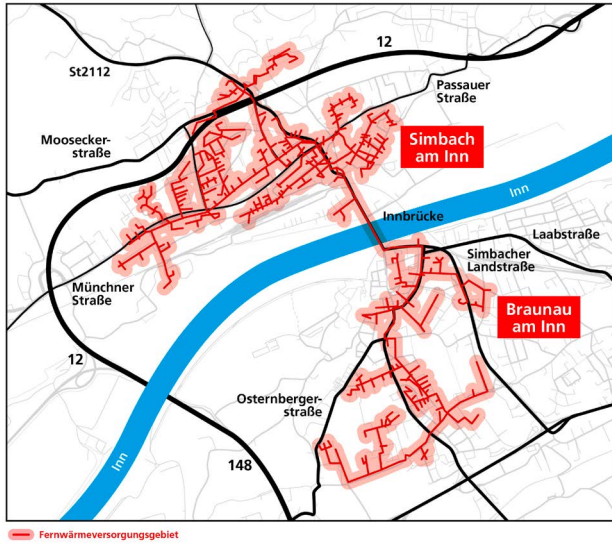
Un modèle pour la transition énergétique

Le projet géothermique Braunau-Simbach est un exemple de coopération durable et transfrontalière. Il montre comment des technologies innovantes et des partenariats régionaux peuvent faire avancer la transition énergétique. Le projet a été récompensé à plusieurs reprises, il a reçu un « Energy Globe », un « Aenus » ainsi qu'une « Climate Star ».

Perspectives : Développement et innovation

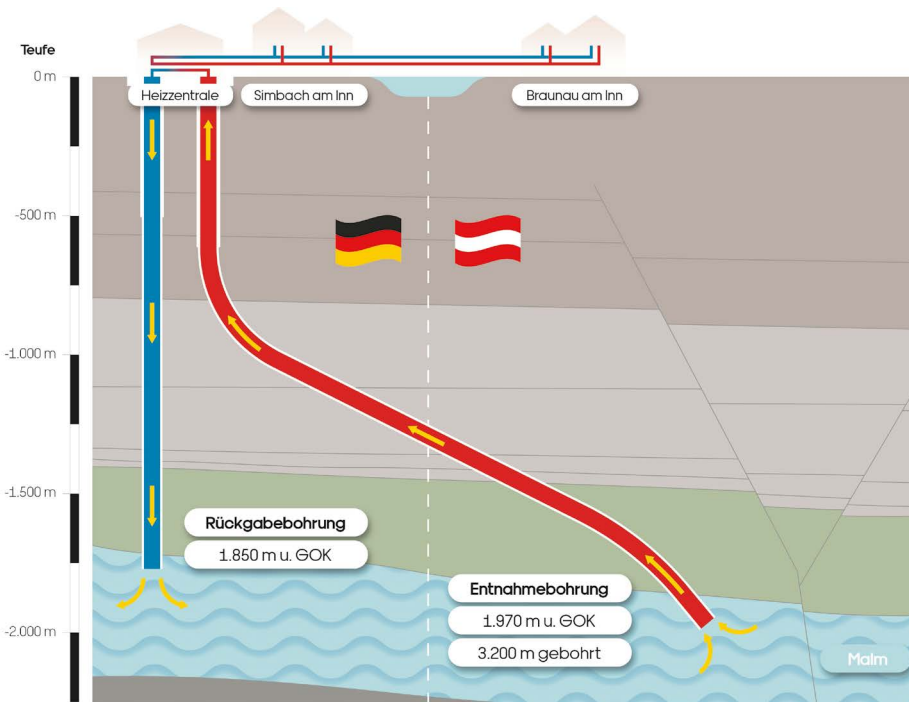
Le projet est développé en permanence. Actuellement, un doublet géothermique supplémentaire est prévu à Braunau. Une fois les nouveaux forages réalisés, le réseau de chauffage urbain sera considérablement étendu et la part de la géothermie dans la production de chaleur encore augmentée. En outre, l'utilisation d'une grosse pompe à chaleur est à l'étude afin d'augmenter encore l'efficacité du système géothermique. L'objectif est d'augmenter encore la part d'énergie renouvelable dans la région et de contribuer de manière décisive à la décarbonisation.





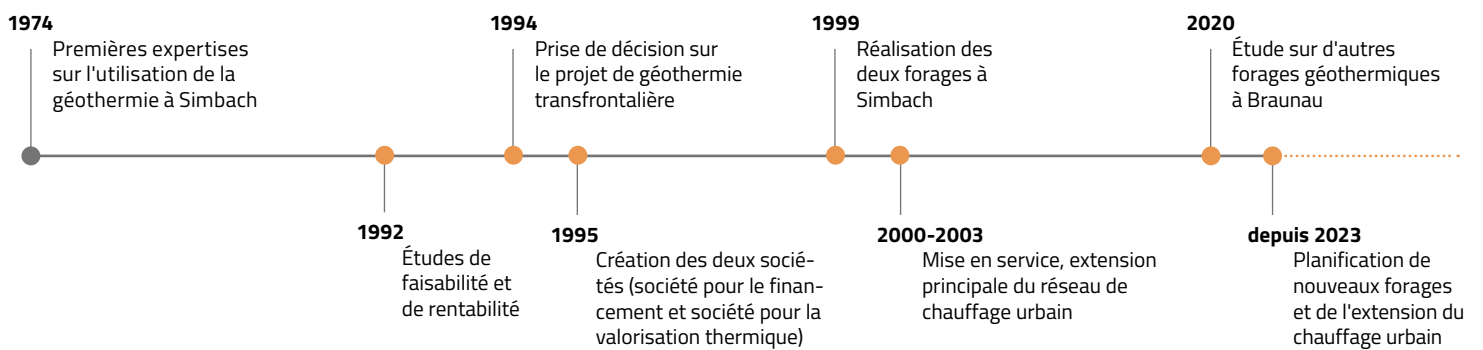
▲ Fig. 1: Réseau de chauffage urbain Braunau-Simbach

▲ Fig. 2: Braunau et Simbach am Inn



◀ Fig. 3 : Schéma de la doublette géothermique de Simbach

Étapes





Grünwald près de Munich

PROJECT PARTICIPANTS

- **Bosch - Energy and Building Solutions GmbH**
www.boschbuildingsolutions.com
- **GEF**
www.gef.de
- **DREES & SOMMER SE**
www.dreso.com
- **ERDWERK GmbH**
www.erdwerk.com
- **WipflerPLAN Planungsgesellschaft mbH**
www.wipflerplan.de
- **Arvensteyn Rechtsanwälte PartGmbH | Franke | Matzner**
www.arvensteyn.de
- **Seufert Rechtsanwälte**
www.seufert-law.de
- **ADVANT Beiten**
Beiten Burkhardt Rechtsanwalts-gesellschaft mbH
www.advant-beiten.com
- **Remde & Partner Steuerberatungsgesellschaft mbB**
www.remde-wp-stb.de
- **Milla GbR**
www.pb-milla.de
- **VTG GmbH Ingenieurbüro**
www.vtg-gmbh.de
- **Planungsbüro Stefan Längst**
www.lv-landschaftsarchitekten.de
- **BÖHMERLAUBENDER Architektur und Stadtplanung GbR**
www.laubender-architektur.com
- **TÜV SÜD - Industrie Service GmbH**
www.tuvsud.com
- **Traub GmbH & Co. Haustechnik KG**
www.traub-gruenwald.de
- **Waldhauser GmbH & Co. Wärmetechnik KG**
www.waldhauser.com
- **Josef Pfaffinger Bauunternehmung GmbH**
www.pfaffinger.com
- **GHB Consult GmbH**
www.ghb-consult.de
- **IMN Ingenieurbüro Müller u. Nümann GmbH**
www.imn-ing.de
- **LIGAsüd**
www.ligasued.de

Chiffres clés

Site Grünwald près de Munich, Allemagne

Propriétaire Commune de Grünwald

Utilisation de la géothermie Électricité et chauffage urbain

Système géothermique Hydrothermique

Profondeur maximale des forages

Puits de production : 3 755 m

Puits d'injection : 3 428 m

Température maximale 127 °C

Température de départ : max. env. 120 °C

Température de retour : min. env. 55 °C

Puissance (totale) prévue

Chaleur

Redondance

40 MW (TKP)

20 MW (chaudière)

2 MW (Centrale de cogénération)

2 MW (Installation Power-to-Heat)

Production de chaleur par an environ 85 000 MWh

Production d'électricité par an environ 14 000 MWh

Année de mise en service Début de la livraison du chauffage urbain : octobre 2011

Achèvement du tracé principal : décembre 2012

Coûts d'investissement (bruts) environ 200 millions €

Géothermie profonde à Grünwald : pour de l'électricité et de la chaleur

Grünwald, une commune située au sud de Munich, a non seulement opté pour un approvisionnement en chaleur durable, mais a également saisi l'opportunité de produire de l'électricité grâce à la géothermie. En recourant à la géothermie profonde, la commune mise sur une technologie innovante qui contribue non seulement à l'approvisionnement régional en chaleur, mais offre également une source d'électricité fiable et respectueuse de l'environnement.

À environ 4 000 mètres de profondeur se trouve une couche géothermique dont la température de l'eau avoisine les 130 °C, ce qui permet de produire à la fois de la chaleur et de l'électricité. L'installation géothermique de Laufzorn utilise ces ressources naturelles pour produire de l'électricité et de la chaleur qui sont

injectés dans le réseau public. Cela représente un complément important à l'approvisionnement énergétique régional et contribue à réduire la dépendance aux combustibles fossiles. Depuis la mise en service de l'installation géothermique en 2011, la commune de Grünwald a investi environ 200 millions d'euros dans le développement de cette technologie, y compris les forages, la centrale de chauffage et d'électricité ainsi que le réseau de chauffage urbain.

La chaleur produite est distribuée à environ 3 500 foyers et entreprises de Grünwald via un réseau de chauffage urbain de 110 km. Mais la production d'électricité joue également un rôle central : en 2014, l'installation ORC (Organic Rankine Cycle) de Laufzorn a été mise en service. Pour la production d'électricité,





◀ Fig. 1: Installation géothermique de Laufzorn

l'énergie thermique est extraite de l'eau thermale à l'aide d'un échangeur de chaleur, ce qui permet de chauffer l'isobutane qui s'évapore déjà à une température inférieure à celle de l'eau. La vapeur fait fonctionner les turbines, qui produisent 14 GWh d'électricité par an. Cela n'a pas seulement un impact positif sur la transition énergétique locale, mais assure également une source d'énergie stable et à long terme, disponible pour plusieurs générations.

L'installation est souvent considérée par les expert-e-s comme l'une des centrales de chauffage et de production d'énergie les plus efficaces de Bavière. Un coefficient de performance (COP) standard d'une pompe à chaleur est souvent de 3, soit environ 4 kW de chaleur à partir de 1 kW d'électricité. Ce chiffre est déjà considéré comme une bonne valeur. Pour les installations de géothermie profonde comme celle de Laufzorn, on peut atteindre 35, plusieurs fois plus donc. C'est pourquoi les responsables présentent volontiers l'installation lors de visites guidées. Des experts

en énergie, des présidents de district, des maires et des communes viennent régulièrement les visiter. En octobre 2023, la ministre fédérale de la construction Klara Geywitz s'est également intéressée à la géothermie profonde exploitée par Grünwald. Lors d'une visite et d'une discussion technique, elle a qualifié l'installation « d'exemplaire pour la transition thermique ».

L'installation actuelle de Laufzorn ne pourra plus couvrir à elle seule les besoins à long terme. La commune investit donc dans un deuxième forage profond. La nouvelle installation de Laufzorn II devrait être raccordée au réseau de chauffage urbain pour la période de chauffage 2027/2028. Lorsque Laufzorn II sera en service, Grünwald créera une indépendance maximale en matière d'approvisionnement en chaleur et ne dépendra plus des énergies fossiles. Cette approche montre comment l'utilisation combinée de la géothermie permet de réaliser un approvisionnement énergétique durable et indépendant au niveau communal.

Étapes

