UNE SURFACE EXPLOITÉE À DES FINS ÉNERGÉTIQUES

Dans les zones à grande densité de sondes géothermiques, celles-ci doivent être régénérées afin d'éviter que le prélèvement de chaleur ne refroidisse le sol au fil des années. Un projet de démonstration mené dans l'Oberland zurichois a testé un concept novateur qui recourt à la chaleur des surfaces asphaltées pour régénérer les sondes. Bilan: les capteurs thermiques intégrés à l'asphalte fonctionnent, mais leur coût reste encore assez élevé.



L'un des 17 modules collecteurs lors de l'installation : le tuyau entièrement en plastique est placé dans un cadre en acier, lequel est coulé dans du mortier de ciment. À l'origine, les collecteurs devaient être posés dans la couche de graviers sous l'asphalte. Le coulage dans le mortier de ciment a permis d'augmenter considérablement le rendement thermique. Photo : SPF

Article spécialisé concernant les connaissances acquises lors d'un projet P+D dans le domaine des pompes à chaleur et du froid soutenu financièrement par l'Office fédéral de l'énergie. L'article a été publié, entre autres, dans le magazine spécialisé Strasse und Verkehr (édition mars 2026).

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'énergie OFEN



Sous le parvis asphalté de la centrale électrique de Wald, un capteur en asphalte composé de 17 modules a été installé en 2022 dans le cadre de la construction du nouveau bâtiment d'exploitation. Photo : EW Wald AG

PROJET PRÉCÉDENT

Le concept du collecteur d'asphalte a été développé en 2019 dans le cadre d'un mandat politique du Parlement du canton de Zurich par les sociétés Kriesi Energie GmbH et Flückiger + Bosshard AG. L'Office des déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air (AWEL) du canton de Zurich recherchait un site pour mener des essais pratiques. La centrale électrique de Wald s'est montrée enthousiaste vis-à-vis du projet de démonstration et l'a mis en œuvre dans le cadre d'une nouvelle construction. Flückiger + Bosshard a optimisé la conception des capteurs pour leur utilisation à Wald (ZH). Plus précisément, les tuyaux ont été enrobés dans une couche de mortier de ciment, ce qui améliore la conduction thermique tout en les séparant de l'asphalte afin de permettre leur recyclage complet.

Wald ZH se situe dans l'Oberland zurichois, dans la vallée de la Jona. La commune compte environ 10 000 habitants. Au cours des trois dernières années, ce village rural a accueilli un projet de démonstration d'un type généralement mené dans une ville densément peuplée. Ce projet visait à déterminer si la chaleur d'une place asphaltée pouvait être utilisée pour la régénération de sondes géothermiques. La régénération est particulièrement indispensable dans les zones urbaines à forte densité de sondes afin d'éviter que le sol ne se refroidisse à long terme en raison du prélèvement de chaleur.

Le fait que le projet pilote ait été réalisé à Wald (ZH) est le fruit du hasard : en 2022, la compagnie d'électricité locale, EW Wald AG, a construit un nouveau bâtiment dont l'approvisionnement en chaleur est assuré par une pompe à chaleur avec six sondes géothermiques. Le projet de construction fut l'occasion d'installer un nouveau type de « capteur en asphalte » sur le parking asphalté d'une superficie de 260 m². Il s'agit au total de 17 modules composés de tubes disposés en spirale, posés à 15 cm sous l'asphalte. Les modules collecteurs sont traversés par un fluide qui absorbe la chaleur proche de la surface et la transporte vers les sondes, lesquelles sont installées à une profondeur pouvant atteindre 230 m sous le parking.

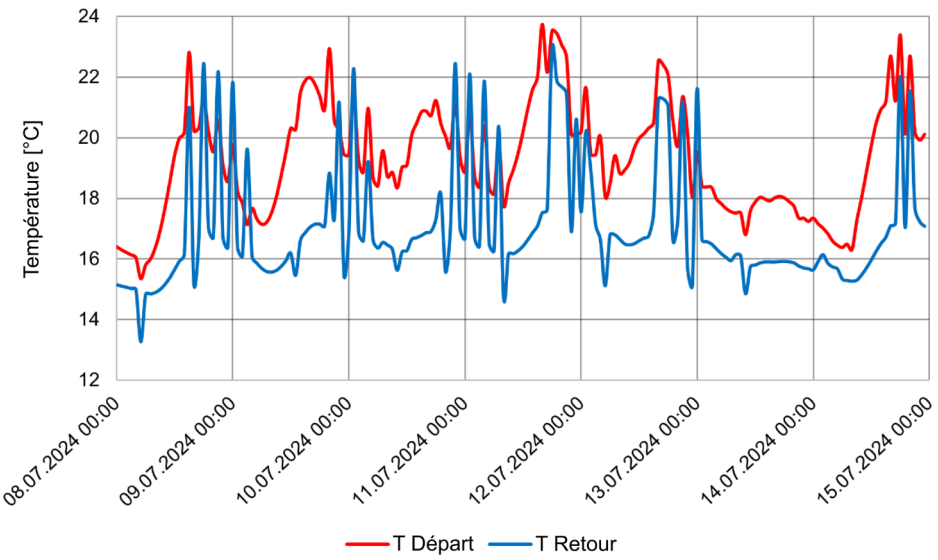
Une capacité de régénération remarquable

De cette manière, pendant les mois d'été, la chaleur qui a été prélevée du sol pendant les mois d'hiver pour alimenter le bâtiment en chauffage et en eau chaude est restituée dans le sol. Le long des sondes géothermiques, telles que celles installées chez EW Wald, les températures sont généralement comprises entre 13 et 14 °C. En raison du prélèvement de chaleur, la température du sol à proximité des sondes baisse jusqu'à 0 °C en hiver (la chaleur provenant du sol environnant compensant toutefois en partie ce prélèvement). La régénération signifie que pendant les mois d'été, la chaleur provenant du capteur en asphalte, généralement de 20 °C, est transférée au sol (cf. graphique p. 3 en haut).

Ruedi Kriesi (Kriesi Energie GmbH) a étudié les performances du capteur en asphalte pendant les semestres estivaux 2023 à 2025, avec le soutien financier du canton de Zurich. En complément, l'Institut de technologie solaire SPF (Haute



Au printemps 2024, des chercheurs de la Haute école spécialisée de Suisse orientale ont équipé un des 17 modules collecteurs d'asphalte de Wald (ZH) de capteurs. Depuis, les données météorologiques, les températures de surface et du sol ainsi que tous les flux énergétiques autour du capteur en asphalte sont enregistrés. Photo : SPF



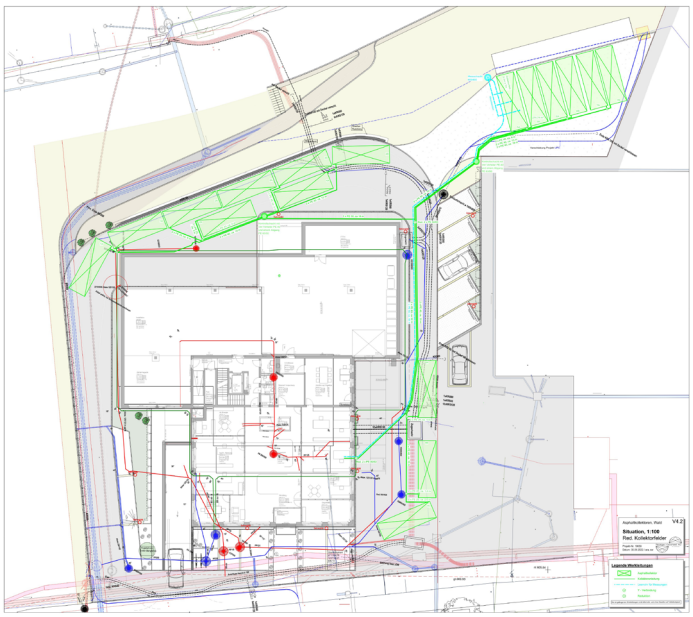
Au cours de la semaine représentée, le transfert de chaleur des capteurs en asphalte vers les sondes (ligne rouge) était compris entre 16 °C et 24 °C maximum. La température du fluide provenant des sondes ou de la pompe à chaleur et arrivant dans le capteur en asphalte était inférieure de quelques degrés (courbe bleue). Les pics bleus vers le haut se produisaient lors du refroidissement du bâtiment, lors du transfert de chaleur vers les sondes via les capteurs en asphalte. Les pics bleus vers le bas correspondent aux moments où la pompe à chaleur produit de l'eau sanitaire et achemine de l'eau relativement froide dans le capteur en asphalte. Graphique : rapport final AsphaltReg

école spécialisée de Suisse orientale/OST) a mené une campagne de mesures au cours du semestre d'été 2024 avec le soutien de l'OFEN. Celle-ci a confirmé et approfondi les résultats antérieurs. Le rapport final du projet AsphaltReg de l'OFEN, achevé à l'automne 2025, dresse un bilan positif : « Les mesures effectuées au cours des deux premières années d'exploitation confirment l'efficacité du concept et démontrent un rendement spécifique supérieur à 200 kWh/m² par an, ce qui est comparable à la capacité de régénération des modules PVT (qui fournissent à la fois de l'électricité et de la chaleur solaires) ou des capteurs thermiques non vitrés. »

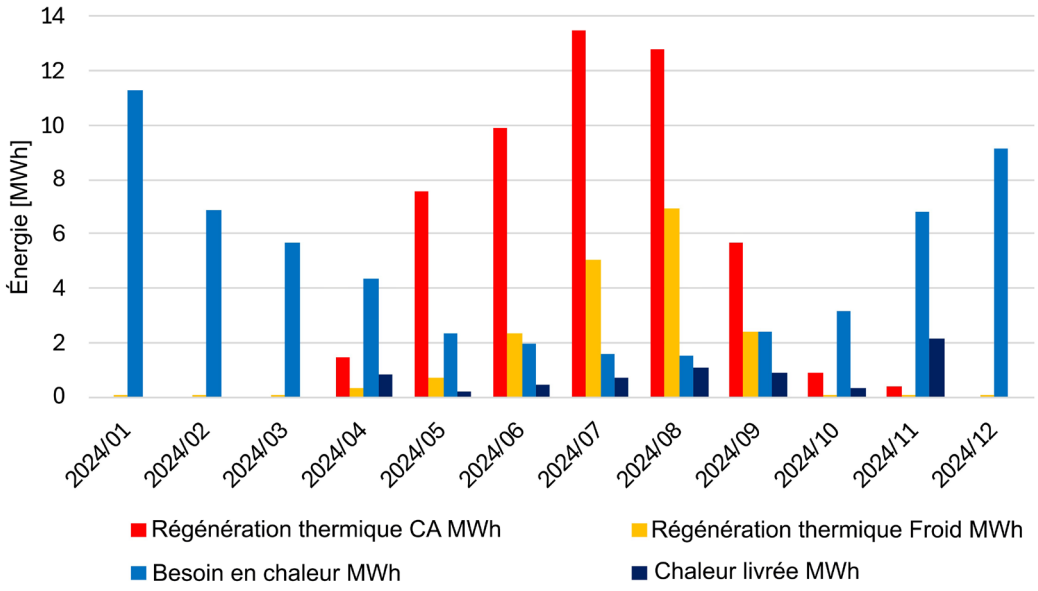
La régénération a effet durable

Sur la base des données de mesure du projet de démonstration et de ses propres mesures, l'équipe de chercheurs de l'OST a procédé à différentes modélisations avec le logiciel de simulation de systèmes énergétiques Polysun. Les scientifiques ont pu démontrer que le rendement thermique des sondes géothermiques restera constant grâce à la régénération au cours des 50 prochaines années et que la pompe à chaleur fonctionnera à long terme avec un rendement élevé (coefficient de performance annuel de 4,5).

Les calculs montrent en outre que le rendement par surface pourrait être augmenté en posant les tuyaux de manière plus dense dans les modules collecteurs en asphalte. Il convient toutefois de tenir compte du fait que le capteur en asphalte, avec env. 20 °C, fournit des températures nettement plus basses pour la régénération que les collecteurs solaires par exemple (jusqu'à 100 °C). À ce sujet, Florian Ruesch, chercheur à l'OST, s'exprime en ces termes : « Les capteurs en asphalte fonctionnent de manière optimale à des températures de départ basses. Ils sont donc particulièrement compétitifs lorsqu'ils sont utilisés pour la régénération partielle de sondes thermiques car, dans ce cas, ils peuvent fonctionner à basse température. Si, en revanche, les températures de départ sont plus élevées, comme cela peut se produire lorsque les taux de régénération sont très élevés ou que les sondes sont particulièrement profondes, d'autres technologies de régénération sont plus judicieuses. »



Le nouveau bâtiment de la centrale électrique de Wald est alimenté en chaleur par deux pompes à chaleur (40 et 14 kW) et six sondes géothermiques. La régénération des sondes géothermiques est assurée par un capteur en asphalte composé de 17 modules collecteurs, lesquels ont été posés sous l'asphalte tout autour du nouveau bâtiment. Graphique : Flückiger + Bosshard AG



En 2024, les six sondes géothermiques ont permis de prélever un total 58,4 MWh de chaleur du sol (colonnes bleu clair). À l'inverse, les sondes ont reçu une quantité considérable de chaleur, provenant en grande partie des capteurs en asphalte (52,3 MWh pour l'ensemble de l'année 2024/rouge) et, dans une moindre mesure, du refroidissement actif des bâtiments (18,1 MWh pour 2024/orange). Un détail intéressant: pendant l'été 2024, le collecteur d'asphalte a fonctionné en continu, ce qui a entraîné un prélèvement de chaleur temporaire « involontaire » de chaleur du sol (courbes bleu foncé). Ce prélèvement de chaleur a été supprimé à partir de 2025 grâce à un système de contrôle approprié. Graphique : rapport final AsphaltReg

Une solution économique à long terme

Le capteur en asphalte de EW Wald a coûté 131 000 francs (hors planification). Selon Daniel Diggelmann, directeur général de la société e3hus GmbH, qui a supervisé le projet sur mandat de la EW Wald AG, la surface du capteur en asphalte avait été considérablement réduite au préalable en raison des coûts élevés. Dans le rapport final du projet, les chercheurs de l'OST écrivent que la production en série et l'optimisation des processus de construction pourraient permettre de réduire les coûts à l'avenir. Ils sont convaincus qu'à long terme, les capteurs en asphalte pourraient « compter parmi les technologies de régénération les plus économiques ». Cependant, un capteur en asphalte ne devrait être envisagé que lorsque la surface correspondante doit de toute façon être asphaltée.

Si les sondes géothermiques sont régénérées, par exemple à l'aide d'un capteur en asphalte, il est possible de réduire leur nombre, de les raccourcir ou de les installer de manière plus dense. Dans le cas de Wald ZH, le capteur en asphalte aurait pu permettre de réduire le nombre de sondes de six à quatre. Cette possibilité de réduction des coûts n'a pas été exploitée dans le cadre du projet de démonstration, car aucune expérience opérationnelle n'était encore disponible avec le capteur en asphalte. À l'avenir, la nouvelle technologie de régénération pourrait toutefois faire valoir ses avantages en termes de coûts, estime Alexander Schmitt, directeur du projet OST : « Aujourd'hui déjà, les capteurs en asphalte sont, dans certaines conditions, compétitifs par rapport à d'autres technologies de régénération telles que les capteurs PVT ou l'utilisation de l'air extérieur via des échangeurs de chaleur. »

Sur des petits espaces également

Aujourd'hui, la régénération des sondes géothermiques est courante dans les grandes installations. Dans les petites installations, la régénération partielle est souvent assurée par la chaleur résiduelle issue du refroidissement du bâtiment. Selon les calculs des chercheurs de l'OST, un capteur en asphalte peut être construit de manière si compacte qu'il peut parfois trouver sa place même dans des zones urbaines densément construites: pour un immeuble collectif de 12 appartements, par exemple, une surface de 8 x 8 mètres suffit pour obtenir une régénération partielle des sondes géothermiques, ce qui

UN TAUX DE RÉGÉNÉRATION

Le capteur en asphalte, construit à Wald (ZH) en tant que projet de démonstration, a permis de régénérer au total 52,3 MWh de chaleur en 2024. Sur la même période, 65,1 MWh de chaleur ont été prélevés du sol. À Wald (ZH), 18,4 MWh supplémentaires de chaleur résiduelle provenant du refroidissement actif ont été transférés aux sondes, ce qui donne un taux de régénération total de 108%. Cette sur-régénération s'explique de deux manières : les besoins en chauffage du bâtiment sont inférieurs à ceux prévus et le rendement du capteur en asphalte est supérieur à l'estimation initiale.

évite un refroidissement critique du sol à long terme.

- Le **rapport final** du projet « AsphaltReg – Démonstration et optimisation d'un capteur en asphalte recyclable pour la régénération de sondes géothermiques » est disponible sur : https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=51661.

- Men Wirz (men.wirz@bfe.admin.ch) fournit des **informations** sur le projet au nom de l'OFEN.

- Vous trouverez plus d'**articles spécialisés** concernant les projets pilotes, de démonstration et les projets phares dans le domaine des pompes à chaleur et du froid ici.

Auteur : Benedikt Vogel, sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN)
Version : mars 2026