



Géothermie de surface

*Une énergie performante et durable
pour le secteur sanitaire et médico-social*

**5 bonnes
raisons** de
choisir la
géothermie

Avec le soutien de :

Le secteur sanitaire et médico-social est très hétérogène. Il regroupe des organismes de statuts public, privé et associatif, de l'établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (EHPAD) de 30 lits, aux hôpitaux qui en accueillent plus de 1 500, « véritables villes dans la ville ». Il constitue un parc immobilier de plus de 100 millions de m²¹ dont la consommation énergétique est estimée en 2022 à une valeur moyenne annuelle de 320 kWh/m², valeur à comparer à la consommation moyenne annuelle de 225 kWh/m²² du secteur résidentiel.



Des niveaux de consommation énergétique hétérogènes dans le secteur sanitaire et médico-social (source ANAP)

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur de la santé se situent entre 40 et 61 MtCO₂eq, soit entre 6,6 % et 10 % de l'empreinte carbone de la France (dont 87 % d'émissions indirectes). Parmi ces émissions, 7,4 MtCO₂eq peuvent être attribuées à la catégorie « énergie »³.

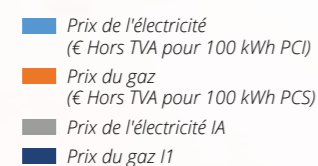
Le parc de ce secteur est donc un gisement pour l'amélioration de l'efficacité et de la sobriété énergétiques ainsi que pour la mobilisation accrue des énergies renouvelables et de récupération (EnR&R), nécessaires pour atteindre la neutralité carbone en 2050. De récentes réglementations invitent formellement les établissements à se saisir de ces questions énergétiques⁴.

Si penser au recours à une énergie renouvelable s'inscrit dans l'adaptation au changement climatique, cela se situe aussi dans un contexte de tension sur les énergies fossiles et de fortes fluctuations de leurs prix, durement ressenties par le secteur. Cette configuration a fait ressortir la nécessité de favoriser l'indépendance énergétique.

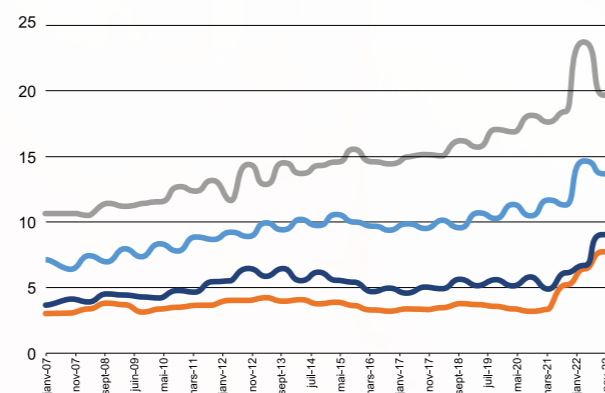
En effet, le conflit russo-ukrainien a mis en exergue la vulnérabilité des chaînes d'approvisionnement. Cela a également rappelé que le coût des énergies fossiles est excessivement volatil.

La nécessité de recourir aux énergies renouvelables (EnR), locales et vertueuses, s'en est trouvée renforcée. Leur compétitivité également !

Prix moyen de l'électricité et du gaz depuis 2007



Source Eurostat, diffusé par le SDES



« Face au monde qui change, il vaut mieux penser le changement que changer le pansement !... » disait l'humoriste Francis Blanche.

La réflexion sur le passage à une EnR doit se faire en adéquation avec les besoins spécifiques du secteur sanitaire et médico-social. Un besoin commun de froid, aux côtés des besoins de chaud, est l'une des spécificités du secteur : froid pour les bâtiments et ceux qui les occupent mais aussi froid process pour l'ensemble des plateaux techniques (blocs opératoires et obstétricaux, soins critiques, plateaux d'imagerie, laboratoires), les data centers, les zones de préparation froide en cuisine...

Cet approvisionnement en chaud et en froid dans le secteur sanitaire et médico-social recoupe trois enjeux cruciaux :

- Un enjeu de sécurité pour la prise en charge des patients/résidents (préservation des températures dans les salles d'interventions, maintien en température de certains médicaments, ...),
- Un enjeu de confort pour l'accueil des patients/résidents qui relève de la bienveillance,
- Un enjeu de qualité de la vie au travail pour les professionnels.

Répondre à ces enjeux techniques et humains, en respectant l'environnement et avec des budgets de fonctionnement contraints, est un défi que la géothermie de surface peut relever.

En valorisant à faible profondeur (en général, moins de 200 m) la température du sous-sol, elle produit, quelles que soient les conditions climatiques, 24h/24 et 365j/365, du chaud et du froid, de façon compétitive, durable et performante pour :

- Le chauffage/refroidissement des bâtiments,
- Le préchauffage de l'eau chaude sanitaire (ECS),
- La déshumidification de l'air,
- Du chaud ou du froid process.

Utilisée dans la construction neuve ou la rénovation, cette solution, comme les autres énergies renouvelables, doit être accompagnée d'une action globale de réduction des déperditions thermiques des bâtiments et d'une optimisation des équipements, pour être la plus vertueuse possible en termes d'impacts écologiques et économiques.

L'ADEME (Agence de la transition écologique), le BRGM (Service géologique national) et leurs partenaires vous présentent les cinq bonnes raisons de choisir la géothermie.

5 bonnes raisons de choisir la géothermie

1. Une production performante de chaud et de froid confortables
2. Une facture énergétique maîtrisée
3. Une énergie vertueuse pour la planète
4. La disponibilité d'une ressource locale
5. Une énergie qui s'intègre harmonieusement à son environnement

¹ Source : Guides des pratiques vertueuses, 2021 - C2DS

² Source : Baromètre de la performance énergétique environnementale des bâtiments 2022, l'Observatoire de l'Immobilier Durable (OID)

³ Source : Décarboner la santé, 2023, The Shift Project

⁴ Décret tertiaire et RE2020 notamment

RAISON 1 Une production performante de chaud et de froid confortables

Valoriser la stabilité de la température du sous-sol

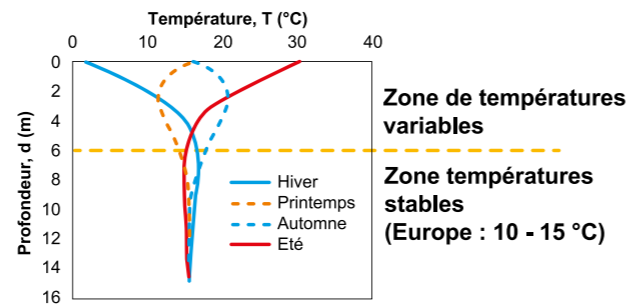
A partir de quelques mètres de profondeur, la température du sous-sol ne varie plus en fonction des saisons. Globalement, elle se situe entre 10 et 20°C en France métropolitaine. Cela constitue donc un réservoir de chaleur pour l'hiver et de fraîcheur pour l'été, que des échangeurs géothermiques peuvent capter. Pour atteindre les températures nécessaires pour chauffer ou refroidir un bâtiment, une pompe à chaleur (PAC) est utilisée pour rehausser ou rabaisser le niveau de température captée sur la ressource géothermique. Pour cela, la pompe à chaleur consomme une part d'électricité.

Adaptées à la géothermie, ces PAC sont dénommées PAC géothermiques (PACg), pour les différencier des PAC dites aérothermiques, qui captent la chaleur dans l'air. Comme la plupart des PAC, les modèles géothermiques peuvent être réversibles, c'est-à-dire être utilisés, selon les besoins, pour le chauffage ou la climatisation. Ils sont aussi à même de fonctionner en mode simultané pour produire, par exemple, de l'eau chaude sanitaire et du refroidissement de locaux. On parle alors de thermofrigopompes.

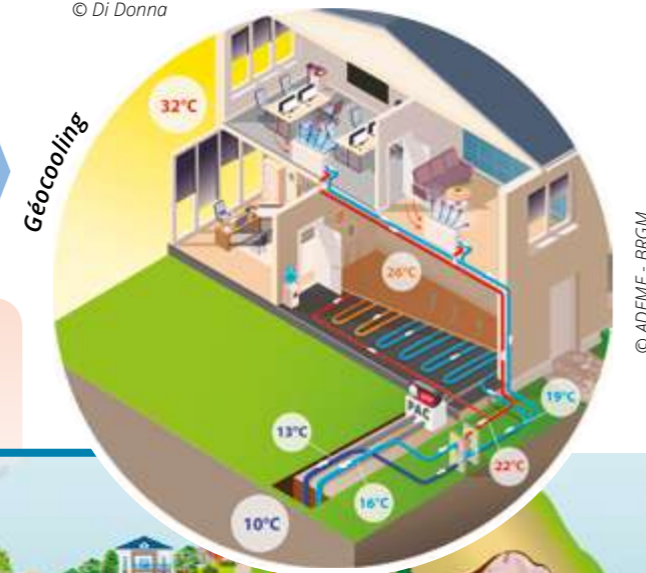
Il est possible d'améliorer les performances des systèmes en les associant à des émetteurs basse ou très basse température (planchers chauffants/rafraîchissants, plafonds rayonnants, radiateurs basse température, ventilo-convecteurs...).

La géothermie peut également produire du "frais" (ou froid passif/géocooling). En été, la fraîcheur du sous-sol permet de répondre au « confort d'été » de bâtiments ayant des besoins de rafraîchissement modérés. La pompe à chaleur n'est pas sollicitée, de sorte que la facture électrique ne s'en trouve pas augmentée. Seuls les circulateurs consomment une part infime d'électricité.

Evolution saisonnière de la température du sous-sol avec la profondeur

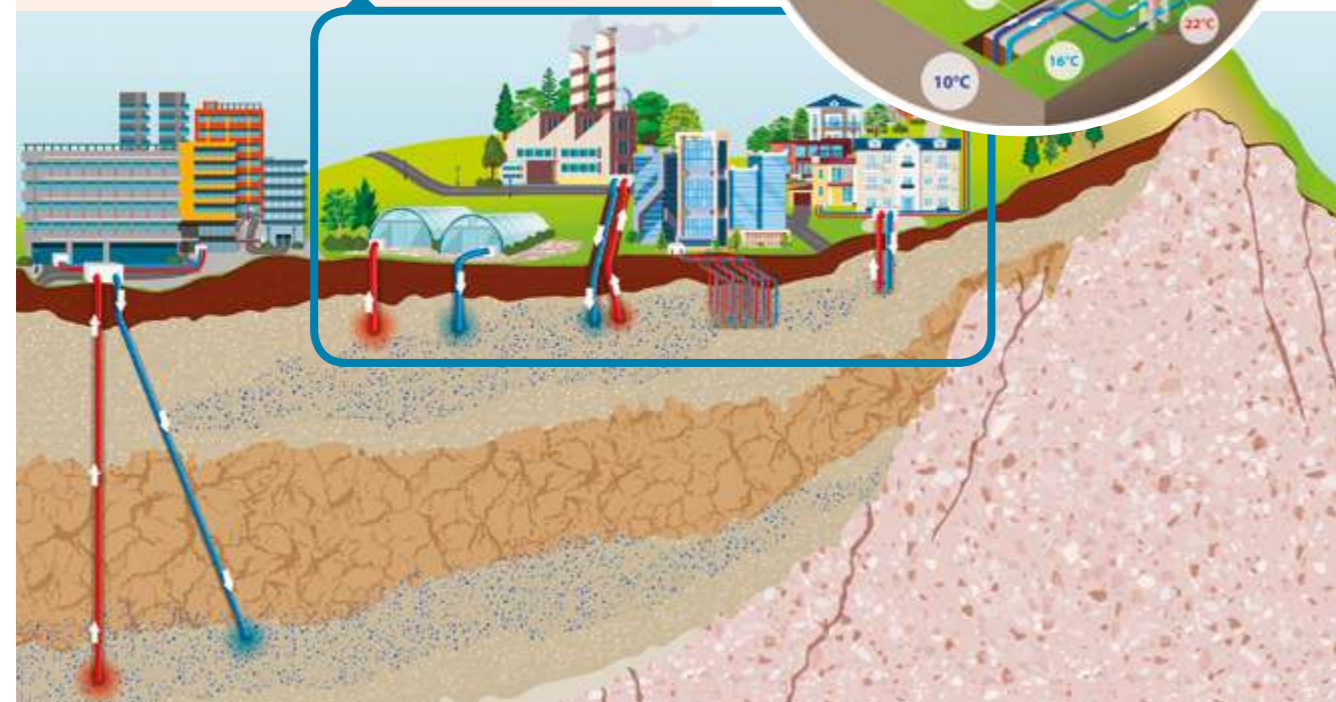


© Di Donna

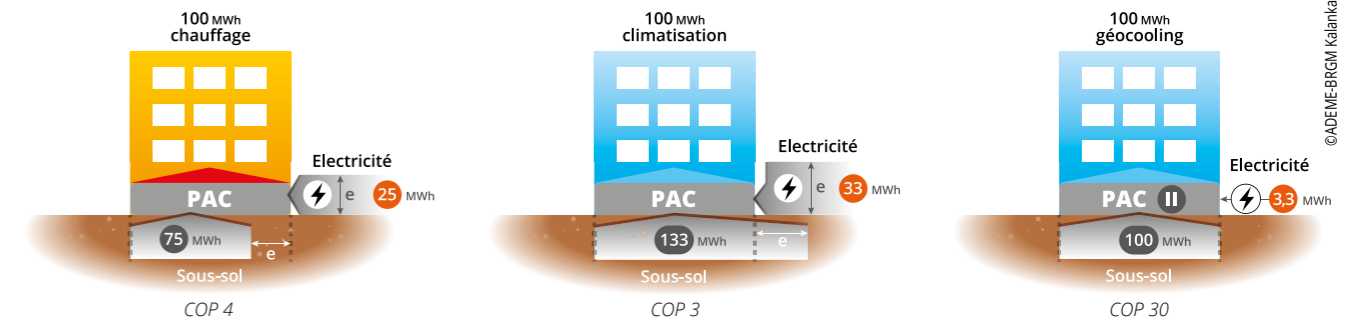


© ADEME - BRGM

Géothermie de surface : du chaud, du froid, du frais puisés à - de 200 m pour des usages domestiques, tertiaires, industriels et agricoles



Produire efficacement du chaud et du froid confortables



© ADEME-BRGM Kalinka

Consommation électrique pour la production de 100 MWh de chaud, froid, frais.

La pompe à chaleur géothermique fonctionne avec de l'électricité⁴ mais elle restitue 4 à 5 fois plus d'énergie qu'elle n'en consomme (en mode chauffage).

En effet, on considère en moyenne que pour 1 kWh électrique consommé par la pompe à chaleur (PAC) géothermique, au moins 4 kWh thermiques sont restitués. Le rapport entre ces deux valeurs est le coefficient de performance (COP). En mode chauffage, le COP de la pompe à chaleur géothermique est ainsi de 4 (il est moindre pour une pompe à chaleur aérothermique qui puise ses calories/frigoriques dans l'air extérieur, directement influencé par le climat). En mode froid actif, il est estimé à 3 au moins.

Sur l'ensemble d'une année, pour une installation produisant du chaud en hiver et du froid en été, le COP moyen "annuel" peut dépasser 4,5. En effet, la production de froid permet de "recharger" thermiquement le sous-sol et donc d'accroître les performances de production de chaud l'hiver. Cette performance augmente encore dans le cas d'une valorisation simultanée du chaud et du froid (thermofrigopompe).

Le géocooling, puisqu'il n'utilise pas la pompe à chaleur et que seuls les circulateurs consomment de l'électricité, est ultraperformant avec un COP de 30 voire plus !

Cette notion de COP est primordiale puisque c'est la part d'électricité utilisée par le système qui détermine très majoritairement ses performances écologiques et économiques, engendrant émissions de CO₂ et factures affectant le budget de fonctionnement.

La capacité de la géothermie à produire du chaud et du froid, en continu, de façon performante et durable, avec un seul équipement, la rend particulièrement pertinente pour le secteur sanitaire et médico-social, qui a de très forts besoins de chaud (chauffage en hiver et production d'eau chaude sanitaire toute l'année) et de froid (rafraîchissement des locaux en été, obligatoire pour certains établissements, et froid process toute l'année).

⁴ Certaines pompes à chaleur fonctionnent au gaz, mais cela reste marginal.

FOCUS

Hôpitaux universitaires de Strasbourg (67), Grand-Est

« Dans le cadre de la construction de 2 nouveaux bâtiments sur le site de HautePierre (PMTL et ICANS) d'une surface de 70 000 m², d'importants besoins de froid ont été identifiés. A ceux-ci, il a fallu aussi ajouter le besoin futur en frigories en vue de la rénovation de près de 130 000 m² de bâtiments existants. Pour cela, nous avons doté le site d'une production de froid centralisée de 19,2 MW tant pour les besoins process que pour rafraîchir les locaux d'hébergement.

La chaleur produite par les groupes frigorifiques est évacuée par l'eau de la nappe phréatique de la vallée du Rhin par un système de géothermie. Cette eau puisée à 14°C dans 2 puits transfère la chaleur du groupe froid pour être réinjectée au milieu naturel à 6°C de plus (soit à 20°C) dans 2 puits de rejet, 3 à terme, sans altération de la qualité physico-chimique de cette eau. Le puisage en pointe pourra s'élever à 2 200 m³/h. A ce jour, la limite haute s'établit à 1 200 m³/h. Comparé à un système aérothermique, nous doublons l'efficacité énergétique en divisant par deux la consommation d'électricité, diminuant ainsi notre empreinte écologique mais aussi les nuisances sonores. »

François XAINTRAY,

Directeur des Infrastructures et des Travaux, Hôpitaux universitaires de Strasbourg.



RAISON 2 Une facture énergétique maîtrisée

TÉMOIGNAGE

Maison médicale de Badonwiller (54), Grand-Est

« Notre maison médicale produit plus d'énergie qu'elle n'en consomme (BEPOS Effinergie). Dans le contexte de lutte contre le réchauffement climatique, cela nous paraissait fondamental, déjà en 2013. Au-delà de ces bénéfices écologiques, l'usage de la géothermie nous épargne aussi d'une partie de la variation des coûts des énergies fossiles. En effet, entre 2018 et 2022, le surcoût dû à la flambée des prix des énergies est d'environ 170 €⁶ sur la facture d'électricité consommée par la pompe à chaleur géothermique. Il aurait été dix fois supérieur avec une installation gaz, du fait notamment de l'absence de tarif réglementé du prix du gaz pour les petites installations professionnelles comme la nôtre !



Sur la période, on a aussi évité l'émission de 3,6 t de CO₂ et fait bénéficier les professionnels et leurs patients d'un rafraîchissement très écologique. »

Bernard MULLER, Maire de Badonwiller

| | |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| > Construction achevée en 2013 | Bâtiment à énergie positive (BEPOS effinergie) de 809 m ² , structure en murs de pisé couplés à une ossature bois. |
| > Besoins thermiques utiles | 314,12 MWh de chaud couvert à 100 % par la géothermie, rafraîchissement. |
| > Autres énergies mobilisées | Photovoltaïque. |
| > Coefficient de performance (COP) | COP 4. |
| > Coût de la géothermie | 53 400 € HT dont sondes géothermiques : 22 500 € HT, local technique (PAC, auxiliaires, calorifuge, hydraulique...) : 29 450 € HT, Régulation : 1 450 € HT. |
| > Coût de fonctionnement | Consommation annuelle de la PAC et des auxiliaires : 3,53 MWh /an |
| > Co-financements | 1 200 000 € HT de subventions pour la totalité de la construction dont le coût total était de 2 076 200 € HT Partenaires : Europe, DDR, FNADT, réserve parlementaire, Région, Département, ADEME. Le coût de la géothermie représente 2% du coût total des travaux. |
| > Gain environnemental géothermie | 3,6 teq CO ₂ /an. |
| > Installation | 4 sondes géothermiques verticales à 96 m de profondeur, émetteurs : cassettes (couplage à la ventilation mécanique contrôlée - VMC), radiateurs basse température. |

⁶ Référence des tarifs réglementés pour l'électricité, prix EEX pour le gaz.

La consommation énergétique du secteur de la santé en France représente, selon l'ADEME, 7 % de ses dépenses totales hors masse salariale. L'augmentation des prix du gaz et de l'électricité à partir de 2021 a changé la donne et certains établissements ont vu en 2023 leur facture d'électricité multipliée par 7, avec un prix au MWh en heure pleine atteignant les 800 euros.

Gagner en visibilité

Comparée aux énergies conventionnelles (gaz, électricité, fioul), la géothermie demande un investissement initial supérieur car elle doit intégrer le coût du système de captage. En revanche, ses coûts d'exploitation sont réduits. Ils se composent des coûts d'entretien de l'installation et de l'électricité consommée par la pompe à chaleur (PAC) et ses auxiliaires. Le coefficient de performance moyen étant estimé à 4 sur le parc actuel, le nombre de kWh facturés est ainsi divisé par 4 par rapport à un chauffage électrique.

Cette moindre dépendance aux énergies fossiles se traduit par une stabilité accrue des coûts, alors que la facture énergétique de bâtiments chauffés par du gaz, de l'électricité ou du fioul est financièrement fortement impactée par l'évolution du prix de ces énergies.

Dans un contexte de variations importantes des prix des énergies conventionnelles, il peut ainsi être plus rationnel d'emprunter pour assumer des dépenses d'investissement (CAPEX) un peu plus élevées avec des taux d'intérêt stables et de réduire ainsi la part des dépenses de fonctionnement volatiles (OPEX). La visibilité financière obtenue rend la planification plus facile.



Le local technique de l'installation



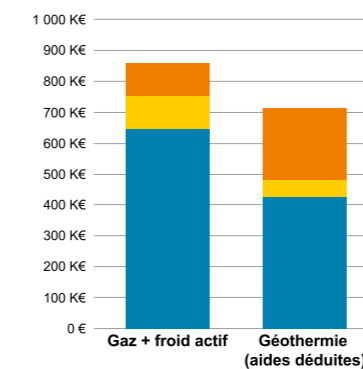
Une compétitivité de moyen terme

Les installations de géothermie de surface, qu'il convient d'appréhender en coût complet, portent leurs bénéfices sur plusieurs décennies :

- la durée de vie des forages est estimée à 50 ans, celle des pompes à chaleur à plus de 20 ans,
- en moyenne, dans le tertiaire, avant l'augmentation des prix de l'énergie, le temps de retour sur investissement des installations de géothermie de surface par rapport à une solution au gaz était estimée par la profession entre 9 et 13 ans⁷,
- une fois l'investissement amorti, il ne reste qu'à s'acquitter des coûts d'exploitation réduits, l'installation fonctionnant au 3/4 à partir de l'énergie gratuite du sous-sol.

Coût complet d'une installation mise en place en 2022 sur 20 ans, comparaison entre une association gaz/climatisation et la géothermie⁸

● Energie
● Maintenance
● Investissement



TÉMOIGNAGE

Centre d'hébergement et de soins gériatriques de Rochefort-sur-Mer (17), Nouvelle Aquitaine

« Le centre gériatrique bénéficie d'une solution énergétique qui conjugue géothermie et aérothermie de façon très performante, avec une consommation de 13 kWh/m² en 2019 (contre par exemple 153 kWh/m² pour un bâtiment hospitalier voisin, différent physiquement et dans ses usages). Nous devançons les exigences de la RT 2012. Cette performance écologique se retrouve au niveau économique puisque l'installation, qui date de 2013, a été amortie en 6-8 ans, en fonction des prix de référence, subventions incluses. Les retours des occupants, résidents et professionnels, sur le confort thermique, sont très positifs. Dans les réflexions en cours pour le nouvel hôpital de La Rochelle, la géothermie est envisagée, en particulier pour la production de froid pour les zones d'hébergement. »



Marie-Noëlle RIVANO, Responsable Travaux et Services Techniques, Groupe hospitalier littoral atlantique

Le graphique précédent permet de constater deux choses :

- La part dédiée aux coûts de fonctionnement (maintenance ● et énergie ●) est largement réduite pour la géothermie,
- Sur vingt ans, une installation géothermique est plus compétitive après subvention qu'une installation gaz/climatisation et ce malgré une hypothèse prudente d'évolution du prix du gaz.

Adopter une énergie renouvelable permet également de se préparer à la réforme de la taxe carbone qui pourrait s'appliquer dans les années qui viennent au chauffage au gaz.

⁷ Source : Géothermie de surface, étude technico-économique, 2020, Association Française des Professionnels de la Géothermie (AFPG), comparaison avec une solution chauffage, rafraîchissement, subventions incluses.

⁸ Pour des besoins de 400 MWh de chauffage et 200 MWh de rafraîchissement actif et des puissances calorifiques et frigorifiques installées de 250 et 125 kW respectivement. Hypothèses coûts et performance gaz et COP géothermie et aérothermie : ADEME - Coûts des énergies renouvelables et de récupération en France, Données 2022, (p120) et Données 2018 (p73). Données techniques géothermie : Etude de filière AFPG 2020 ajustée avec l'inflation (source INSEE). Prix moyens sur 20 ans : gaz => 56,87 €/MWh ; électricité => 143,80 €/MWh.

FOCUS

Polyclinique Grand Sud de Nîmes (30), Occitanie

« La géothermie a été installée en 1995 pour chauffer et refroidir la Polyclinique Grand Sud de Nîmes. Les pompes à chaleur ont fonctionné plus de 20 ans et ont été changées en 2018 et 2020, permettant d'augmenter les performances du système. Auparavant, seulement un compresseur avait été remplacé. Une belle longévité ! »



Philippe MAILHAN, Responsable d'exploitation, IDEX.

| | |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| > Bâtiment de 12 000 m ² construit en 2013 | RT 2012 (volontaire), prix bâtiment par le ministère de la santé et du développement durable (2010), trophée Hôpital durable (2014). |
| > Maîtrise d'ouvrage | Centre hospitalier de Rochefort. |
| > Maîtrise d'œuvre et intervenants | Chabannes&Partenaires, Icade, Dominguez Energie. |
| > Besoins thermiques utiles globaux annuels | Géothermie : 718 MWh/an de chaud, 156 MWh/an de froid avec géocooling. |
| > Autres énergies mobilisées | Gaz en appoint, solaire thermique produit 60 % ECS, aérothermie. |
| > Coefficient de performance (COP) | COP annuel 4,7. |
| > Coût de la géothermie | Coût projet innovant 1 100 000 € HT. 295 000 € de surinvestissement par rapport à une installation gaz et froid actif. |
| > Coût de fonctionnement | Environ 37 000 € de gain annuel avec la géothermie par rapport à une solution gaz/froid. |
| > Temps de retour | 6 à 8 ans, en fonction des prix de référence, avec subventions. |
| > Co-financements | Subventions ADEME et Fonds Régional d'Excellence Environnementale Poitou-Charentes : 67 % de la géothermie. |
| > Gain environnemental géothermie | 185 teq CO ₂ /an. |
| > Installation | 38 sondes verticales à 100 m de profondeur, PAC de 300 kW, plancher chauffant-rafraîchissant, ventilation double flux. |

RAISON 3 Une énergie vertueuse pour la planète

Viser l'exemplarité et anticiper les pics de chaleur

Les missions de prévention et de soin du secteur peuvent l'amener à vouloir tenir un rôle exemplaire dans la lutte contre le changement climatique. L'usage de la géothermie s'inscrit dans cette démarche vertueuse.

En fonctionnement, on considère que les installations de géothermie de surface rejettent, en moyenne en France, environ 15 g de CO₂ par kWh de chauffage (émissions principalement associées à la consommation électrique de la pompe à chaleur). C'est environ 4 fois moins que l'électricité, 16 fois moins que le gaz naturel et 21 fois moins que le fioul pour satisfaire un même besoin de chauffage⁹. Les gains environnementaux sont encore plus importants lorsque l'on produit aussi du froid.

De plus, la géothermie ne crée pas d'îlots de chaleur. En effet, la chaleur extraite du bâtiment en été est réinjectée dans le sous-sol. Elle ne s'ajoute pas à l'air chaud estival à l'extérieur du bâtiment, contrairement aux systèmes de climatisation classiques. En outre, le réseau électrique est sollicité de façon beaucoup moins importante qu'avec des climatiseurs traditionnels, ce qui atténue fortement les pics de puissance appelée.

Avec des vagues de chaleur qui vont augmenter, en intensité et en fréquence, la capacité unique de la

| | |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| > EHPAD construit en 2013 | 6 500 m ² , 132 places. |
| > Maîtrise d'ouvrage | BFC groupe. |
| > Maîtrise d'œuvre et intervenants | Archambault, EXEAU, LBE, Mollière. |
| > Besoins thermiques utiles globaux | Estimation à 399 MWh en chaud, 22 MWh en froid et 235 MWh en eau chaude sanitaire, appoint gaz. |
| > Coefficient de performance (COP) | Estimation COP chaud 5,7 ; COP ECS 3,4. |
| > Coût de la géothermie | Coût total 388 k€ dont : - Capteurs sous-sol et liaison forages/PAC : 138,3 k€ - Equipements de surface (pompe à chaleur, pompes de circulation...) : 106,7 k€ Production ECS : 86,1 k€ - Comptage, métrologie : 1,9 k€ Ingénierie, conception et réalisation : 54,8 k€. Surcoût financier estimé à 269 k€ par rapport gaz naturel. |
| > Economies annuelles d'exploitation | Estimation 13 215 € HT. |
| > Temps de retour | Globalement 20 ans sans subvention, 12 ans avec. |
| > Co-financements | 113 500 € (29,3 %) Fonds chaleur. |
| > Gain environnemental géothermie | 104,6 teq CO ₂ /an. |
| > Installation | Forages sur nappe à 55 m, plancher chauffant-rafraîchissant. |

géothermie à produire du froid durable est un atout majeur pour le secteur sanitaire et médico-social. Déjà obligatoire pour les EHPAD, des espaces avec des températures acceptables en été seront de plus en plus nécessaires pour préserver les personnes vulnérables accueillies.

Disponible localement, la géothermie de surface n'implique pas de transport. En effet, elle est par nature consommée directement là où elle est produite. Ce sont donc autant d'émissions de CO₂ et de particules fines associées au transport qui sont évitées ; ce qui constitue un véritable atout pour la qualité de l'air des territoires.

Modulable, la géothermie se prête à l'association avec d'autres EnR&R, permettant ainsi de combiner leurs avantages.

⁹ Hypothèse d'un COP à 4. Valeurs issues de la base de données Empreinte de l'ADEME en France métropolitaine, électricité usage chauffage 2022 : 0,0603 kgCO₂/kWh ; gaz naturel/mix moyen/consommation 2022 : 0,2440 kgCO₂/kWh PCI ; fioul domestique : 0,324 kgCO₂/kWh PCI.



TÉMOIGNAGE

EHPAD Le Champgarnier, Meung-sur-Loire (45), Centre-Val-de-Loire

« Parce que nous avons connaissance, à proximité du terrain où nous allons construire l'Ehpad le Champgarnier, d'un site qui exploitait la géothermie de surface de façon performante, nous nous sommes tournés vers cette solution. Elle a l'avantage, avec un même système, de produire du chaud et du frais. Le géocooling, une technologie simple et sobre, permet la production de cette fraîcheur. Il consomme très peu d'électricité et présente ainsi d'excellentes performances économiques et environnementales. De plus la diffusion de froid et de chaud par les planchers chauffants rafraîchissants est particulièrement adaptée aux établissements recevant des personnes fragiles. »



Damien BOULET, Directeur opérationnel, BFC Entreprise générale



TÉMOIGNAGE

Clinique Saint-Roch, Cambrai (59), Hauts de France



« Le recours à la géothermie pour chauffer et rafraîchir les locaux construits en 2012 était un pari sur l'avenir, afin de répondre aux futures réglementations thermiques, réduire les consommations d'énergie fossile, les émissions de gaz à effet de serre, l'impact de la taxe carbone... pour atteindre aujourd'hui les objectifs de la loi ELAN. Nous voulions avoir un rôle de « précurseur » sur le territoire. Volontairement, le débit de pompage d'eau de nappe à 12°C a été amené de 25 m³/h à 60 m³/h, afin de bénéficier d'une réserve d'énergie dont nous savions que nous aurions l'usage. Ce « surdimensionnement » a permis en 2015 de raccorder des chambres supplémentaires (150 m²) en changeant leurs émetteurs et en 2016 une nouvelle unité (1100 m²). »

Dr Joël CLICHE, Président, Clinique Saint-Roch.

Améliorer son bilan carbone

Ce graphique¹⁰ permet de comparer les émissions de CO₂ produites par une installation qui utilise du gaz plus une climatisation et une opération fonctionnant grâce à la géothermie.



L'usage de la géothermie permet d'anticiper ou de se mettre en accord avec des réglementations exigeantes sur l'impact carbone des bâtiments. Ainsi, les bâtiments tertiaires existants de plus de 1 000 m² sont soumis au dispositif éco énergie tertiaire qui impose une réduction progressive de leur consommation énergétique finale. Les nouvelles constructions du secteur devront, pour leur part, respecter la réglementation RE2020 et notamment ses exigences de diminution de l'impact sur le climat des bâtiments neufs et leur adaptation aux conditions climatiques futures avec la prise en compte du confort en été.

La géothermie constitue également un atout pour l'obtention de labels et certificats ambitieux (BEPOS, HQE, LEED, BREEAM ...).

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| > Clinique hospitalière pour soins médicaux et de réadaptation (SMR) rénovée et agrandie en 2012 | Labellisation BBC HPE Effinergie (2013) ; Trophée national Construction Ecologique de la Fédération de l'hospitalisation privée (2014) ; Coup de cœur du jury du Prix Entreprises Environnement (2015) |
| > Maîtrise d'œuvre et intervenants | INGEROP, Richard (BE thermique), Picardie forages, ANTEA |
| > Usage de la géothermie | • Chauffage de l'extension d'hébergement de 1 253 m ² , du gymnase de 823 m ² , et des locaux raccordés en 2015 (150 m ²) et 2016 (1 100 m ²). La géothermie couvre 31 % des besoins globaux de chaud de 853 MWh/an. • Chauffage de l'eau de balnéothérapie : 100 % • Géocooling : 8 MWh/an soit 100 % des lieux raccordés aux PACs. |
| > Autres énergies mobilisées | Photovoltaïque, solaire thermique, gaz. |
| > Coefficient de performance (COP) | COP 3. |
| > Coût de fonctionnement | 53 985 € (Entretien et maintenance : 23 500 € + Consommation électrique des PAC et pompes de forage 30 485 €). |
| > Temps de retour | En 2012 (sans les nouveaux raccordements), le coût complet de la production géothermique était d'environ 138 €/MWh (subvention incluse) contre 83 €/MWh pour du gaz, sans tenir compte de la production de frais non fournis par la solution gaz. L'hypothèse d'une taxe carbone à 100 € la tonne de CO ₂ (horizon 2030) permet un retour sur investissement après subvention sur 8 ans. |
| > Co-financements | Fonds chaleur 140 k€ (39% du coût de l'installation), Fonds régional d'aide à la maîtrise de l'énergie pour étude de faisabilité, ADEME 25 k€ (50% coût). |
| > Gain environnemental géothermie | 67,5 teq CO ₂ /an. |
| > Installation | Sur nappe, avec un puits de production à 40 m et 3 de réinjection, 3 PAC, diffuseurs : panneaux rayonnants, radiateurs basse température, ventilo-convecteurs, batteries froides de centrales de traitement d'air. |



© SAS Clinique Saint-roch - Vincent Bertin, Studio Délic CAMARA

¹⁰ Mêmes hypothèses que les notes en bas de page 8 et 9.

RAISON 4 La disponibilité d'une ressource locale

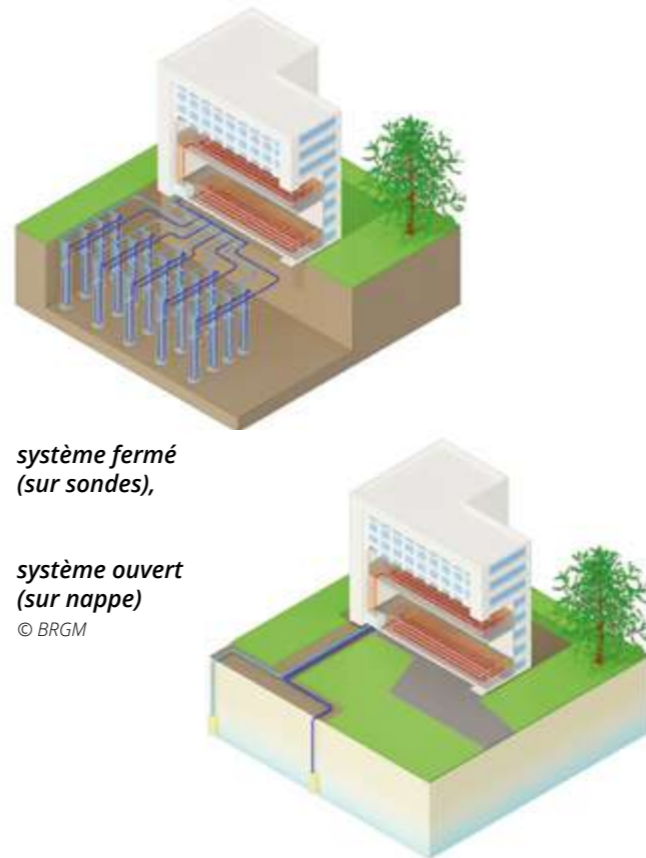
Disponible presque partout, tout le temps

L'énergie du sous-sol peut être captée :

- soit dans des aquifères superficiels (ou nappe d'eau) au moyen d'un forage – on parle de système ouvert ; après exploitation de son contenu énergétique en surface, l'eau extraite est réinjectée dans l'aquifère par un autre forage ;
- soit, en l'absence d'une ressource en eau souterraine, par des sondes géothermiques verticales. Il s'agit de tubes en polyéthylène installés dans un forage et scellés par du ciment sur toute la hauteur du forage ; la chaleur du sous-sol est alors captée par un fluide (de l'eau généralement), circulant en circuit fermé dans la sonde. On parle dans ce cas de systèmes fermés.

La possibilité de mettre en place la géothermie n'est donc pas conditionnée à la présence d'une nappe d'eau souterraine puisque l'on peut recourir aux systèmes fermés en son absence. La géothermie peut donc se pratiquer presque partout.

Pour connaître la ressource géothermique, des cartes d'estimation de ressources et de potentiels sont disponibles en ligne (https://www.geothermies.fr/viewer/?al=autolayer_ressource_surface). Elles permettent d'estimer la possibilité de recourir à la géothermie pour un site donné ou sur un territoire plus large. Si les conditions sont favorables, il pourra ensuite être fait appel à l'expertise de bureaux d'études pour étudier la faisabilité de recourir à la géothermie selon les besoins du bâtiment considéré.



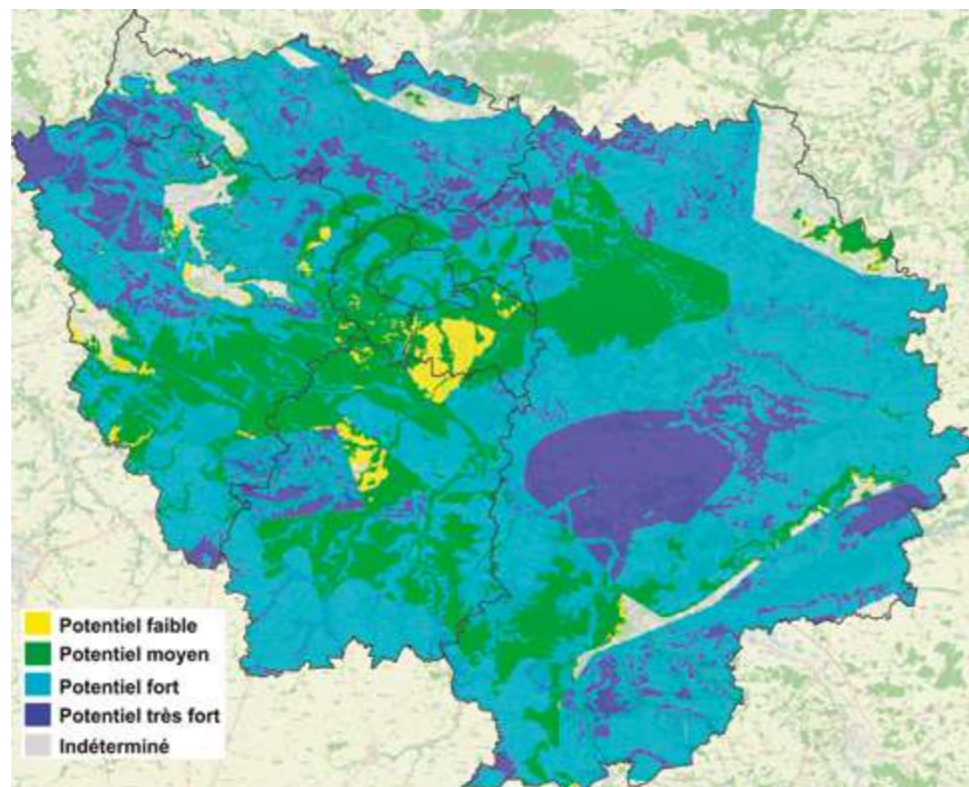
système fermé (sur sondes),

système ouvert (sur nappe)

© BRGM

Carte des ressources géothermiques en système ouvert (sur nappe superficielle) en Ile de France

© BRGM



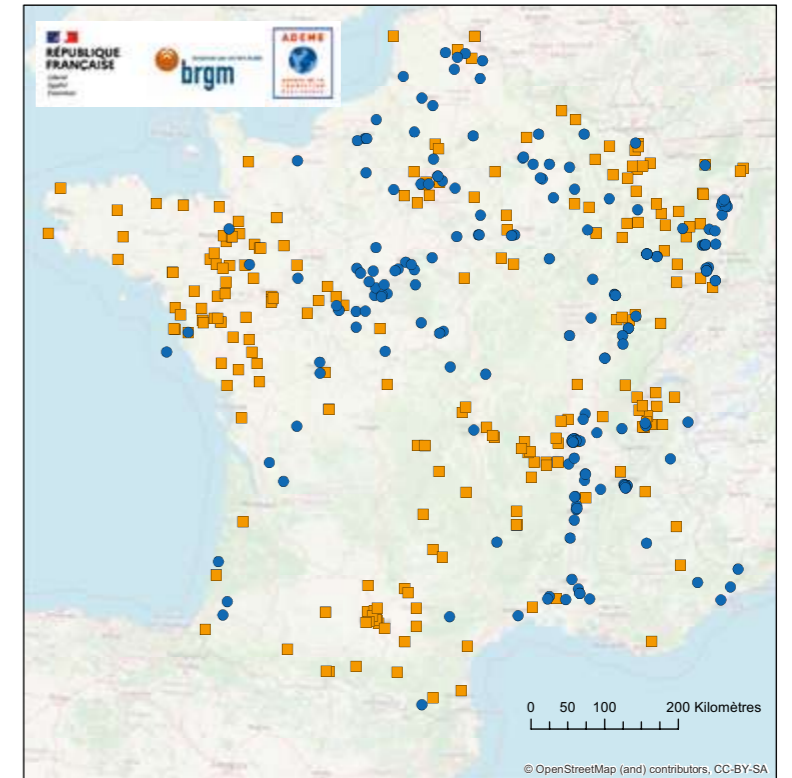
Installations de géothermie de surface identifiées pour des établissements sanitaires et médico-sociaux

© Observatoire des installations de géothermie de surface
Services web cartographiques des installations et ouvrages de géothermie de surface / ADEME, BRGM | Geothermies
https://www.geothermies.fr/viewer/?al=autolayer_observatoire_geothermie_surface

Sur échangeurs géothermiques fermés (sondes) [carré orange]
Sur échangeurs géothermiques ouverts (nappe) [cercle bleu]

On dénombre aujourd'hui environ 400 installations de géothermie dans le secteur sanitaire et médico-social, démontrant ainsi tout l'intérêt de cette solution dans ces établissements.

A cette disponibilité géographique de la géothermie de surface s'ajoute l'atout de sa disponibilité dans le temps : comme une partie des établissements sanitaires, la géothermie peut fonctionner toute l'année, de jour comme de nuit et quelles que soient les conditions climatiques.



L'atout de la proximité

La géothermie est une énergie locale, qui fonctionne en circuit très court. Elle n'implique donc pas gestion de stocks, pas de risque de rupture d'approvisionnement. En s'émancipant des énergies fossiles, elle favorise l'indépendance énergétique des territoires. Elle mobilise les talents locaux : bureaux d'études, foreurs, installateurs... et contribue à l'emploi de proximité. La géothermie est l'occasion de rappeler que les potentiels d'un territoire ne s'arrêtent pas en surface et comprennent aussi l'usage de son sous-sol.

FOCUS

Centre Hospitalier Universitaire de Nantes (44), Pays de la Loire

« Ne pas dépendre d'un unique fournisseur ou d'une énergie a été moteur dans notre choix de la géothermie. Le nouveau CHU sera raccordé au réseau de chaleur et disposera de groupes froids, nous disposerons de chaudières en secours et la géothermie viendra compléter ce mix puisque nos besoins seront de 11,2 GWh en chaud et de 13,9 GWh en froid. La géothermie y contribuera à hauteur de 20% en froid et 30% en chaud. Cela permet de valoriser une ressource locale et renouvelable, sans problématique de stockage ou d'approvisionnement. »

Guillaume CATOIRE,
Responsable conduite d'opération,
Pôle investissement logistique et
nouvel hôpital,
Centre Hospitalier
Universitaire
de Nantes.



RAISON 5 Le choix d'une énergie qui s'intègre harmonieusement à son environnement

Une énergie discrète

Une fois les travaux réalisés, la géothermie est discrète : sous terre, elle est invisible. Il n'y a pas de dispositif extérieur à positionner sur les façades ou les toits, ce qui peut permettre de profiter d'espace de terrasses. Elle ne produit pas de nuisance visuelle, sonore, ou olfactive, participant à un environnement apaisé, approprié aux établissements sanitaires et médico-sociaux.

Elle est particulièrement adaptée aux bâtiments patrimoniaux mais aussi à ceux pour lesquels l'esthétique, le calme et le confort sont importants.



Achevé en 1868, l'asile d'Evreux pouvait accueillir 800 patients.



© Philippe Dutel - 2014

TÉMOIGNAGE

Centre hospitalier de Navarre, Evreux (27), Normandie

« Aux origines le Nouvel Hôpital de Navarre était un « asile d'aliénés » construit en 1866. La rénovation et l'extension qui ont abouti en 2013 ont préservé certaines façades d'origine. La géothermie choisie pour chauffer les bâtiments, anciens et nouveaux, s'adaptait bien à ces contraintes architecturales, parce qu'elle n'impliquait pas la création d'espace de stockage ou d'unité extérieure. De plus, pour les patients, atteints de troubles psychiatriques ou psychologiques, l'usage de planchers chauffants dans les chambres plutôt que de radiateurs est un atout en termes de sécurité et de confort. 10 ans de fonctionnement du système nous ont montré qu'il fallait suivre son exploitation avec soin mais nous sommes satisfaits sur le plan écologique et économique, surtout au regard de l'augmentation du prix du gaz. »



© Benoît Dupuis - 2023

Bruno PELEY,
Technicien supérieur hospitalier, Hôpital de Navarre

| | |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| > Hôpital spécialisé en santé mentale, | 23 000 m ² neuf, 11 000 m ² rénovation. Rénové et agrandi en 2013. |
| > Maîtrise d'ouvrage | Centre hospitalier de Navarre. |
| > Maîtrise d'œuvre et intervenants | Atelier d'architecture Carpentier Decrette, Léon Grosse, EGIS bâtiment Centre Ouest, G2H Conseils. |
| > Besoins thermiques utiles | Chauffage 3 350 MWh couvert à 45,4 % par la géothermie. |
| > Autres énergies mobilisées | Gaz. |
| > Coefficient de performance (COP) | COP 3,4 annuel. |
| > Coût de la géothermie | 1 100 k€ |
| > Co-financements | 330 k€ Fonds chaleur (30 %). |
| > Gain environnemental géothermie | 551 teq CO ₂ /an. |
| > Installation | Sur nappe, pompage à 40 m, réinjection à 45 m, 2 PAC d'une puissance totale de 880 kW, planchers chauffants basse température pour les chambres, ventilation double flux pour les locaux, gros travaux d'isolation. |

TÉMOIGNAGE

EHPAD Saint Vincent de Paul, Saint Etienne (42), Auvergne Rhône Alpes



© atelierdesvergers

« A l'EHPAD Saint Vincent de Paul, l'intégration de la géothermie a été étudiée en amont car le site n'est pas accessible facilement. D'une part, le terrain d'implantation est globalement très pentu, sur une colline de l'agglomération de Saint-Etienne. La machine de forage a dû être débarquée 300 m en bas du site et monter par ses propres moyens car un pont ferroviaire trop bas bloquait l'accès. D'autre part, les travaux ont eu lieu en site occupé et devaient laisser passer chaque jour la livraison de la cuisine et préserver l'accès ambulances, 24/24h, 7/7j. Il a été choisi de regrouper les sondes en 3 « paquets » pour éviter les voiries du site (pourtant les seules vraies zones plates !) et répondre à ces attentes. Nous avons tout de même terrassé à minima les zones d'implantation et des rampes pour que les machines y aient accès. Comme le local chaufferie existant n'était pas assez grand pour recevoir la nouvelle installation, un petit local a été créé à proximité pour intégrer les nouveaux éléments techniques. A présent les espaces des forages ont été terrassés et sont des espaces verts d'agrément pour les résidents. »

Vincent DANIERE,
Architecte co-gérant, Atelier des Vergers

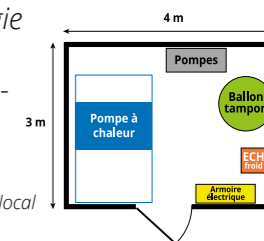
| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| > Extension achevée en 2022 lauréate du prix régional de la construction bois | Ehpad de 80 lits (980 m ² SP). |
| > Maîtrise d'ouvrage | Association Notre-Dame-du-foyer. |
| > Maîtrise d'œuvre et intervenants | Atelier des vergers, archigram, INGENIUM (BE fluide), INDDIGO |
| > Besoins thermiques utiles globaux annuels | Besoins chaud 839,4 MWh, couverture par la géothermie 43 %, Besoins de froid 31,2 MWh, couverture géothermie 100 % en géocooling. |
| > Autres énergies mobilisées | Gaz. |
| > Coefficient de performance (COP) | COP système de 4. |
| > Surinvestissement géothermie | 360 800 € HT par rapport à solution gaz et groupe de froid |
| > Coûts de fonctionnement | prévisionnel 37 300 € HT, soit 8 557 € HT d'économie par an par rapport à une solution gaz et groupe froid |
| > Temps de retour brut | avec subvention 10 ans 56,3 € HT/MWh. |
| > Co-financements | ADEME 223 k€, 64 % de l'investissement. |
| > Gain environnemental géothermie | 93 teq CO ₂ /an. |
| > Installation | 13 sondes à 200 m de profondeur. |



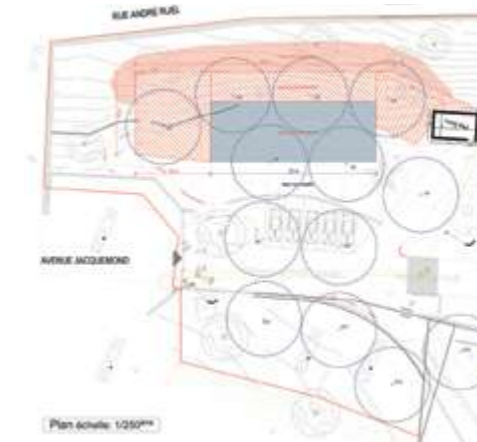
© atelierdesvergers

Une énergie économe d'espace

Au moment des travaux de forage, le terrain doit être accessible et dégagé. Une fois les forages réalisés, le chantier peut faire place à un jardin ou à des constructions. Le local technique nécessaire au fonctionnement des installations est restreint. Aucun espace de stockage n'est requis et en l'absence d'approvisionnement extérieur, cette technique ne génère pas de trafic supplémentaire. L'occupation foncière de la géothermie, fort réduite, lui permet, en milieu urbain dense notamment, d'être une énergie renouvelable décisive pour l'obtention de labels environnementaux.

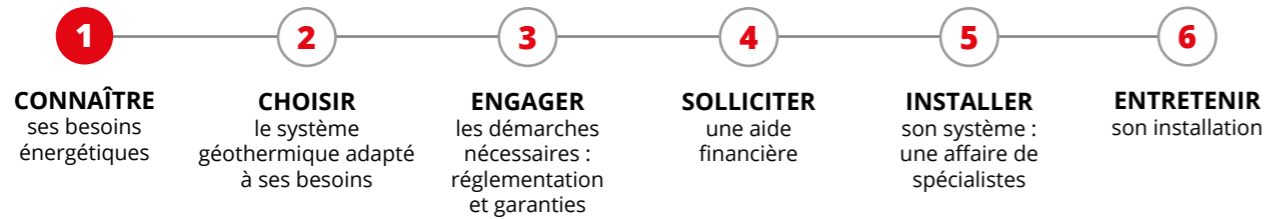


Plan de masse - terrassement et schéma du local technique de l'EHPAD Saint-Vincent-de-Paul



Plan échelle: 1/2500^m

Facteurs clés de succès ⑩



Vos interlocuteurs

Pour développer vos projets, les antennes régionales et relais EnR de l'ADEME sont des interlocuteurs clés. En fonction de votre profil et territoire d'implantation, la carte :

<https://maps.fokusvision.com/fncr/> vous permet d'identifier des conseils possibles.

Dans le secteur de la santé, vous pourrez également être orienté par les coordinateurs régionaux des conseillers en transition énergétique et écologique en santé :

@ reseau-ctees@anap.fr

Des co-financements possibles

Le Fonds chaleur peut financer les investissements nécessaires aux projets de production de chaleur et/ou de froid à partir d'EnR&R ainsi que les réseaux de chaleur et de froid éventuellement liés à ces installations. En amont de la réalisation, ce dispositif peut également être sollicité pour accompagner les études de projet. Concrètement, cela prend la forme de subventions aux études de faisabilité/AMO à hauteur de 50 à 70 % (en % du coût) et à l'investissement, à hauteur de 30 à 60 % (aide en €/MWh EnR).

Pour les aides aux investissements :

<https://agirpoulatransition.ademe.fr/entreprises/aides-financieres/2023/installations-production-chaleur-froid-a-partir-geothermie-surface>

Pour les aides aux études :

<https://agirpoulatransition.ademe.fr/entreprises/aides-financieres/2023/etude-faisabilite-geothermie-surface-aerothermie>

Les certificats d'économies d'énergie (CEE) peuvent financer une partie des équipements liés à la géothermie (notamment les pompes à chaleur) ⑫

A NOTER :

En complément du Fonds Chaleur, d'autres aides peuvent être allouées à la géothermie (Conseil régional, FEDER, ...). La Banque des territoires propose aussi des prêts adaptés pour les collectivités ⑬. Se renseigner auprès des antennes régionales de l'ADEME :

<https://www.ademe.fr/les-territoires-en-transition/lademe-en-region/>

et, lorsqu'ils sont présents, des conseils en énergie partagé (CEP) ou du réseau d'animation géothermie ⑭

Des professionnels qualifiés

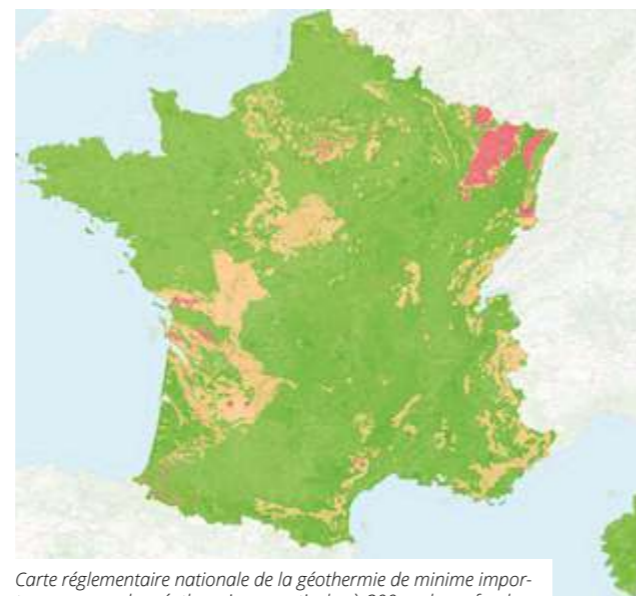
La mention RGE (Reconnu garant de l'environnement) permet d'identifier un réseau de professionnels qualifiés (foreurs et installateurs de pompe à chaleur, maintenance) pour les travaux mais aussi les études de géothermie (bureaux d'études sous-sol et surface).

Les qualifications RGE

| Type de prestation | Signe de qualité RGE |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Études / Conseil | 10.07 20.13 |
| Installation / Pose de la pompe à chaleur | |
| Installation / Pose des échangeurs souterrains (sondes, forages sur nappe) | |

Vos démarches

La géothermie de minime importance (GMI) est le cadre réglementaire qui s'applique à l'essentiel des opérations de géothermie de surface (en fonction principalement de la taille et de la localisation des installations) ⑮.



Carte réglementaire nationale de la géothermie de minime importance sur sondes géothermiques verticales à 200 m de profondeur

● Télédéclaration ● Télédéclaration + avis d'expert
● Dossier d'autorisation code minier

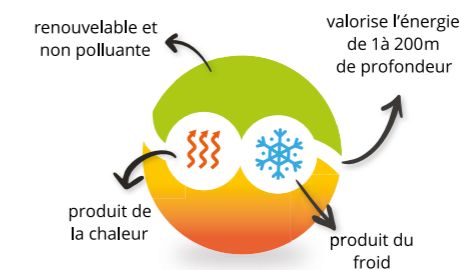
D'un point de vue réglementaire, la réalisation d'une installation GMI nécessite une simple déclaration sur environ 83 % ⑯ du territoire métropolitain (zones « verte »), accompagnée dans certains cas d'un avis d'expert agréé (zones « orange », entre 14 et 15 % du territoire). Sur les 2% du territoire restants (« zones rouge » ⑰), la réalisation des installations de géothermie ne s'inscrit pas dans le régime de la GMI et doit faire l'objet d'une demande d'autorisation.

Une garantie possible : Aquapac

Cette garantie ⑱ gérée par la SAF Environnement concerne les opérations sur aquifère superficiel et couvre le risque d'échec de ne pas trouver une ressource en eau suffisante. Elle assure aussi pendant 10 ans les investissements réalisés pour le captage, le transfert et la réinjection de la ressource en eau. Elle s'adresse à des projets faisant appel à une ressource d'une profondeur inférieure à 200 mètres et utilisant une pompe à chaleur de puissance thermique supérieure à 30 kW.



- ⑪ Se reporter à la boîte à outil pour les étapes et acteurs du projet Boîte à outils "La géothermie assistée par pompe à chaleur" / ADEME, AFPG | Geothermies <https://www.geothermies.fr/outils/guides/boite-outils-la-geothermie-assistee-par-pompe-chaleur-ademe-afpg>
- ⑫ <https://www.ecologie.gouv.fr/operations-standardisees-deconomies-denergie>
- ⑬ <https://www.banquedesterritoires.fr/renovation-energetique-des-batiments-publics/financer-projet>
- ⑭ Espace régional | Geothermies <https://www.geothermies.fr/espace-regional>
- ⑮ Afin de déterminer le cadre réglementaire de votre installation, vous pouvez vous reporter à <https://www.geothermies.fr/accompagner-votre-projet#demarches>. Celles qui ne relèvent pas de la GMI font l'objet d'une demande d'autorisation.
- ⑯ Exemple d'une installation sur sondes à 200 m en mai 2023. En fonction de la technologie, de la profondeur et de la date de la recherche, les résultats peuvent être différents.
- ⑰ Se référer à l'article 22-6 du décret n°2006-649 du 2 juin 2006 modifié <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT00000609345>
- ⑱ <https://www.geothermies.fr/les-garanties#aquapac>



Coédité par l'ADEME et le BRGM
Coordinatrices de projet : Fanny Branchu
Comité de rédaction :
 ADEME : Astrid Cardona-Maestro, Philippe Laplaige
 BRGM : Mikaël Philippe, Antoine Voirand
Avec la collaboration de :
 AFPG : Jean-Loup Lacroix (Strategeo), Xavier Moch (animateur régional)
 SER : Michèle Cyna (Ginger Burgeap)
 ANAP : Camille Devroedt
 MAPES : Yoann Leloutre
 IHF : Guillaume Catoire, François Xaintray

Les rédacteurs remercient chaleureusement ceux qui ont témoigné, pour leur accueil et les informations fournies. Merci pour la cartographie et données à Pierre Durst, Vivien Baudouin, Youmna Bahout

Maquette et réalisation : Kalankaa
 Illustration de couverture : © Emmanuel Bernard - Service communication du Groupe Hospitalier Littoral Atlantique (photo retouchée)
 ISBN : 978-2-7159-2819-0



www.geothermies.fr : le site institutionnel exclusivement dédié à la géothermie est réalisé conjointement par le BRGM et l'ADEME. En ligne, des infos sur les différentes formes de géothermie, les technologies, la réglementation, les outils et aides possibles, les cartes régionales des ressources géothermiques et des zonages réglementaires...

Pour recevoir la sélection hebdomadaire d'articles issus de la presse nationale et locale sur les géothermies, vous pouvez vous inscrire ici :



Revue de presse | Geothermies

<https://www.geothermies.fr/revue-de-presse>



www.ademe.fr : le site de l'ADEME conseille et oriente les porteurs de projets dans leurs choix grâce à son expertise technique, sa connaissance des réseaux de professionnels compétents ainsi qu'à ses outils sous forme de fiches, de guides et de cahiers des charges.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

www.brgm.fr : le site de l'établissement public français pour les applications des sciences de la terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol dans une perspective de développement durable.

Dans la même collection

Pour les territoires



Pour les centres aquatiques



Pour les entreprises



Disponibles sur <https://www.geothermies.fr/outils/les-guides>

ADEME

20 avenue du Grésillé,
BP 90406
49004 Angers Cedex 01
Tél. : +33 (0)2 41 20 41 20
Fax : +33 (0)2 41 87 23 50
www.ademe.fr



BRGM

3 avenue Claude-Guillemin,
BP 36009
45060 Orléans Cedex 02
Tél. : +33 (0)2 38 64 30 21
Fax : +33 (0)2 38 64 35 18
E-mail : georessources@brgm.fr
www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm