

Géothermie de surface

*Une énergie performante et durable
pour les entreprises*

**5 bonnes
raisons** de
choisir la
géothermie

Avec le soutien de :

ENTREPRISES à la recherche d'une énergie performante et durable, avez-vous pensé à la géothermie de surface ?



« L'urgence climatique et l'atteinte de la neutralité carbone à 2050 inscrite dans la loi Energie-Climat nécessitent une nette réduction de nos émissions de gaz à effet de serre. L'accélération du développement de toutes les formes d'énergies renouvelables est indispensable, chacune devant couvrir une part de l'objectif, et en particulier la chaleur, dont moins d'un quart est actuellement produite à partir de sources renouvelables. Accélérer le développement de la chaleur renouvelable permettra de plus de réduire nos importations de gaz et de fioul et d'accroître notre indépendance énergétique. »

La géothermie de surface présente un potentiel considérable et encore insuffisamment exploité, alors même que les retours d'expérience des projets réalisés montrent la pertinence de cette technologie. L'Allemagne et la Suède ont déjà un parc de pompes à chaleur géothermiques deux à trois fois plus important qu'en France.

Le Fonds chaleur de l'ADEME offre des aides aux études et aux investissements permettant d'accompagner la réalisation d'installations géothermiques de production de chaleur et de froid renouvelables par les entreprises. Depuis 2009, il a permis de soutenir près de 800 projets de géothermie de surface grâce à 140 M€ d'aides.

Ce guide présente cinq bonnes raisons pour les entreprises de passer des énergies fossiles aux renouvelables grâce à la géothermie de surface. »

Fabrice BOISSIER,
Directeur Général Délégué, ADEME

La géothermie de surface est valorisée à moins de 200 mètres de profondeur ¹ avec une pompe à chaleur (PAC). Elle peut répondre aux besoins en chaud et en froid d'un bâtiment, d'un groupe de bâtiments ou directement de procédés industriels ².

C'est cependant une énergie renouvelable (EnR) qui n'est pas nécessairement étudiée par les entreprises dans leur démarche de rénovation énergétique ou de construction neuve. En effet, elle est peu préconisée par les prescripteurs (architectes, énergéticiens, bureaux d'études et d'ingénierie) car :

- Elle nécessite l'intervention d'un expert sous-sol et la réalisation d'une étude de pré faisabilité,
- Lorsque les coûts des énergies conventionnelles (gaz, électricité, fioul) étaient relativement faibles comme ces dernières années, le seuil de compétitivité moyen d'une installation de géothermie (en chauffage et rafraîchissement) par rapport au gaz était de 9 à 13 ans dans les secteurs collectif et tertiaire ³. C'est un horizon complexe pour les entreprises, même si de beaux projets ont vu le jour.

L'augmentation des prix de l'énergie et la prise de conscience d'un besoin d'indépendance énergétique accru changent la donne. Le conflit russo-ukrainien le rappelle : la transition énergétique ne constitue pas seulement une nécessité écologique. Elle est également un impératif économique et stratégique. Les entreprises, quelle que soit leur taille ou secteur d'activité, sont au cœur de ces réalités qui les impactent et sur lesquelles elles disposent également de leviers. La géothermie, énergie performante, durable, locale, disponible 24h/24, quelles que soient les conditions météorologiques, sur presque tout le territoire, peut répondre à ces enjeux.

Ce numéro a fait l'objet d'une réimpression en 2023, avec une actualisation de la partie réglementaire. Pour rester cohérent avec les exemples cités, ni les prix des énergies (gaz et électricité qui ont augmenté en 2022), ni les niveaux d'émissions de CO₂ associées aux différentes énergies n'ont été modifiés. Ces deux éléments renforcent les atouts de la géothermie.

- ¹ La géothermie « de surface » se distingue de la géothermie dite « profonde ». Cette dernière, exploitée en général au-delà de 1 000 mètres de profondeur, localisée sur certaines zones du territoire, fournit des températures qui permettent d'alimenter un réseau de chaleur, son usage le plus commun. Mais pas le seul... La société Raquette Frères utilise par exemple une eau géothermale puisée à 2 700 mètres de profondeur à 170°C pour un procédé industriel d'extraction d'amidon.
- ² Elle peut également, de façon très opportune, être utilisée dans le secteur agricole, pour chauffer des serres ou des bassins d'aquaculture, mais les usages de ce secteur ne seront pas abordés ici en raison de leur spécificité.
- ³ AFPG, Etude technico-économique de la géothermie de surface, 2020.

5 bonnes raisons de choisir la géothermie de surface

1. Maîtriser sa facture énergétique	04
2. Améliorer son bilan carbone	06
3. Faire du chaud et du froid avec un même équipement	08
4. Choisir une énergie qui s'intègre harmonieusement	10
5. S'offrir la possibilité d'une installation nouvelle génération	12
En pratique	14

PAGES

RAISON 1 Maîtriser sa facture énergétique

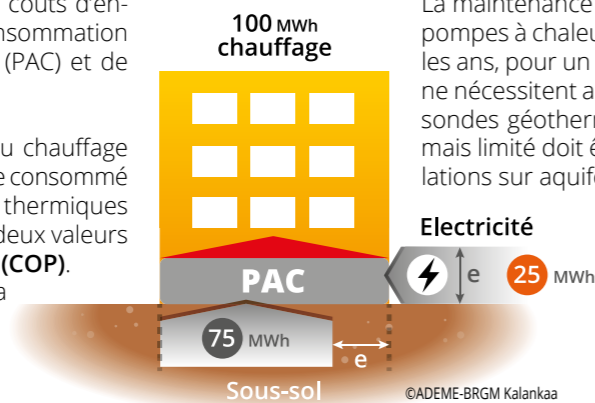
Globalement, diviser par 4 sa consommation d'énergie

Comparée aux énergies conventionnelles (gaz, électricité, fioul), la géothermie demande un investissement initial supérieur, en raison du coût de l'installation sous-sol. **En revanche, les coûts d'exploitation de la géothermie sont réduits.** Ils se composent des coûts d'entretien de l'installation et de la consommation d'électricité de la pompe à chaleur (PAC) et de ses auxiliaires.

On considère, en moyenne, pour du chauffage seulement, que pour 1 kWh électrique consommé par la pompe à chaleur (PAC), 4 kWh thermiques sont restitués. Le rapport entre ces deux valeurs est le **coefficient de performance (COP)**. Il est estimé en moyenne à 4 pour la production de chaud. **Les 3/4 de la consommation énergétique proviennent ainsi de la chaleur,**

gratuite et durable, de la terre, et pour longtemps. En effet, la durée de vie des ouvrages du sous-sol est estimée à 50 ans au moins, celle des pompes à chaleur à 20 ans.

La maintenance des installations est simple : les pompes à chaleur doivent être entretenues tous les ans, pour un coût réduit. Les parties sous-sol ne nécessitent aucun entretien quand il s'agit de sondes géothermiques et un entretien régulier mais limité doit être mis en place pour les installations sur aquifère.



Globalement, on peut considérer que la facture énergétique annuelle est au moins divisée par 2 (passage de 100% gaz à 1/4 d'électricité).



TÉMOIGNAGE

Salveco
Saint-Dié-des-Vosges (88),
Grand Est

PME CHIMIE PROCÉDÉ INDUSTRIEL



« Pour chauffer l'eau de réseau dont nous devons disposer à 20-25°C pour faire nos mélanges, nous avons choisi la géothermie parce que c'est écologique, performant et économique. Un surinvestissement a été nécessaire, mais nous gagnons sur les coûts de fonctionnement. Nous ne nous focalisons pas sur le retour sur investissement, mais à pleine utilisation (nous avons anticipé notre croissance) nous aurions eu un temps de retour de 5 ans. L'accompagnement de l'ADEME a été décisif, sur le plan financier, bien sûr, tout comme celui de la région Lorraine, mais aussi en termes d'expertise et de conseils techniques. »

Sylvain MARMUL, Responsable Industriel, Salveco

> Maîtrise d'œuvre et intervenants	Géoforage, Terranergie
> Changement du procédé industriel en 2015	Préchauffage de l'eau de réseau de 6-10°C à 20-25°C.
> Besoins thermiques annuels actuels	45 MWh, 100 % couverture géothermie pour ce procédé.
> Investissement géothermie	136 k€ hors subvention.
> Co-financements	35,92 k€ Fonds chaleur (et 70% de l'étude de faisabilité), 35,92 k€ Région Lorraine.
> Coût annuel de fonctionnement	1 143 € contre 8 628 € minimum si fonctionnait avec résistance électrique (alors besoins de 60 MWh).
> Emissions CO ₂ évitées par an	3,5 teq CO ₂ (par rapport à une solution électrique).
> Installation sous-sol	12 sondes géothermiques verticales à 100 m de profondeur, COP chauffage : 5.

Données techniques : Salveco

Bénéficiaire de co-financements

L'objectif du Fonds Chaleur, géré par l'ADEME, est de soutenir les projets produisant de la chaleur renouvelable pour leur permettre d'être compétitifs par rapport à ceux basés sur des énergies conventionnelles. Pour accompagner les projets de géothermie de surface le dispositif propose :

- **Des aides à la décision** (étude de projet et assistance à maîtrise d'ouvrage) : plafonnées à 100 000 €, ces aides peuvent aller jusqu'à une prise en charge de 70 % des montants engagés pour une petite entreprise ;
- **Des aides à la réalisation** pour les installations qui produisent au minimum 25 MWh de chaleur renouvelable et du froid renouvelable pour des usages « nécessaires ». Ces aides peuvent être forfaitaires ou déterminées par analyse économique en fonction de la taille du projet et représentent des cofinancements en moyenne de 25 à 55 %.

Dans certains cas, elles sont cumulables avec d'autres aides, notamment celles des collectivités territoriales ou celles spécifiquement en direction des TPE/PME.

Pour les installations produisant plus de 2 000 MWh/an de chaleur renouvelable, il est possible de prendre en compte des Certificats d'Economie d'Energie (CEE) dans l'évaluation de l'aide Fonds chaleur.

Plus d'informations sur les critères d'éligibilité à ces aides et leur fonctionnement ici :



<https://agirpourlatransition.ademe.fr/entreprises/aides-financieres/2022/aide-financement-dune-etude-faisabilite-geothermie-surface>



<https://agirpourlatransition.ademe.fr/entreprises/aides-financieres/2022/installations-production-chaleur-froid-a-partir-geothermie-surface>

Adressez-vous aux antennes régionales de l'ADEME ou à votre Chambre de Commerce et d'Industrie (CCI), qui, en plus de vous préciser ces dispositifs de cofinancement, vous offriront leurs conseils et accompagnements personnalisés.

à l'entrée de la pompe à chaleur en chaud.

quand ils répondent aux besoins de bâtiments « reconnus » : bâtiments dans les DROM/COM hors Saint-Pierre-et-Miquelon, locaux avec froid spécifique hors champs d'application RT2012 ou RE2020 : CHU, laboratoires, piscines, process industriels ..., bâtiments avec locaux de type CE2.

Comme le dispositif tremplin : <https://agirpourlatransition.ademe.fr/entreprises/aides-financieres/2022/tremplin-transition-ecologique-pme>



FOCUS

Airbus Blagnac (31), Occitanie, boucle d'eau tempérée

GRANDE ENTREPRISE AÉRONAUTIQUE

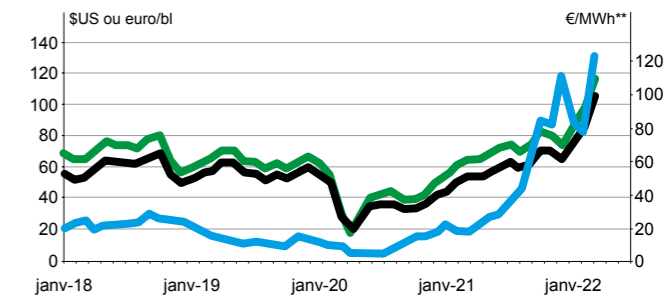
« En interne AIRBUS, les valideurs financiers avaient besoin d'être rassurés sur les performances du système et son opérabilité. L'installation a offert le confort attendu et présente des rendements supérieurs à ceux annoncés, surtout si l'on tient compte de l'augmentation actuelle du prix du gaz. »



Carole AMOROS-ROUTIE,
Responsable maintenance, infrastructures
et bâtiments, Airbus
(Voir aussi l'installation p. 13)

Améliorer la stabilité des coûts énergétiques

Les prix des énergies fossiles sont volatiles et soumis à des aléas géopolitiques.



Prix moyen* mensuel du baril de pétrole (en \$US et en €) et prix spot du gaz (en €/MWh)

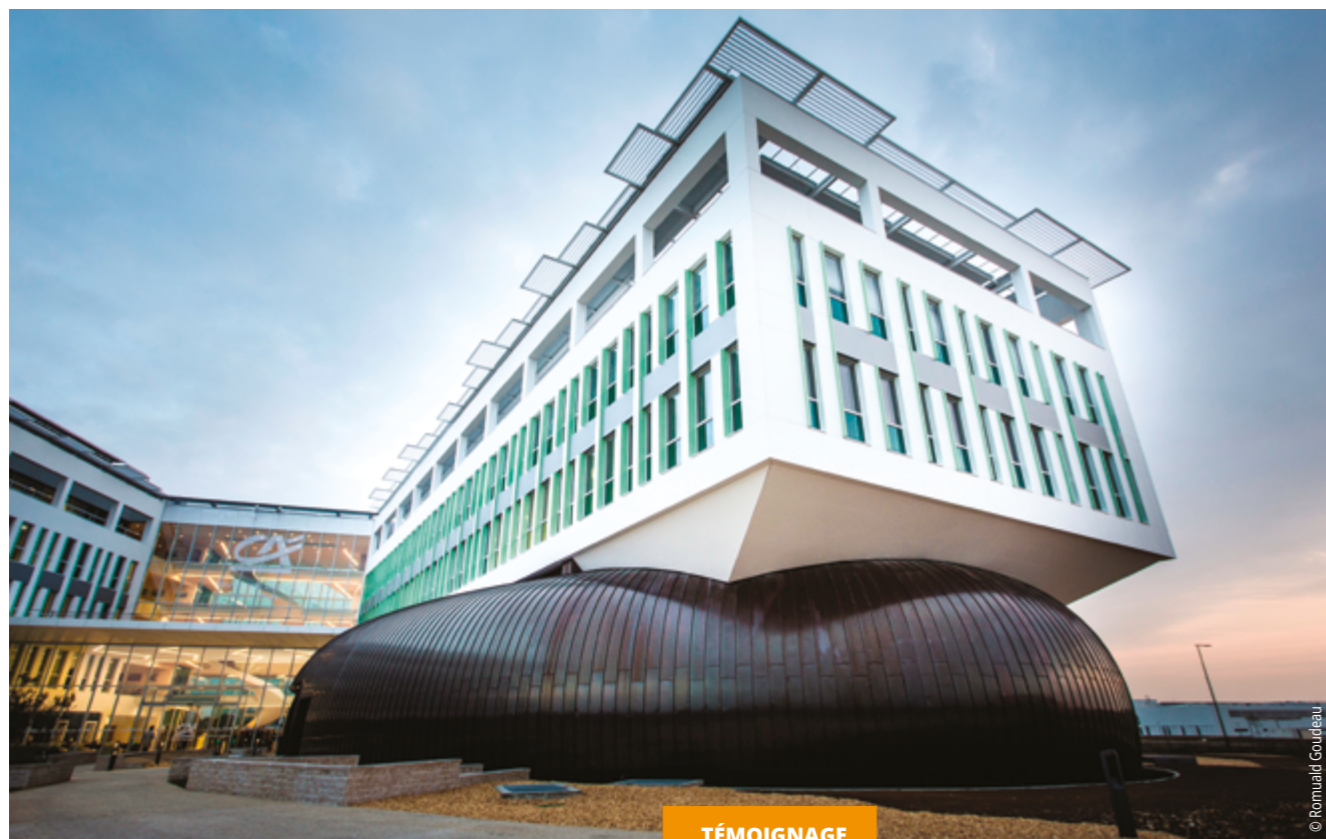
● Prix du baril de Brent daté en \$US/bl ● Prix du baril de Brent daté en €/bl
● Prix spot du gaz NBP** €/MWh (échelle de droite)

Source : DGEC, Reuters

Avec la géothermie, comme l'électricité n'intervient en moyenne que pour 1/4 de l'énergie nécessaire à la production, cela pèse moins sur la globalité des coûts de fonctionnement. La géothermie étant une énergie locale, des problèmes d'approvisionnement ne se posent pas, favorisant ainsi l'indépendance énergétique des territoires. **La stabilité des coûts d'exploitation et la sécurité de l'approvisionnement offrent de la visibilité sur plusieurs années,** permettant aux entreprises de se projeter.

RAISON 2 Améliorer son bilan carbone

S'inscrire dans les réglementations environnementales et viser des certifications ambitieuses



TÉMOIGNAGE

En fonctionnement, on considère que les installations de géothermie de surface rejettent, en moyenne en France, environ 17 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, 14 fois moins que le gaz naturel et 19 fois moins que le fioul** pour satisfaire un même besoin de chauffage ⁷.

Les gains environnementaux sont encore plus importants lorsque l'on produit du froid. L'utilisation de cette énergie verte témoigne donc de l'engagement de l'entreprise pour s'adapter au changement climatique. Cela permet d'anticiper ou de se mettre en accord avec des réglementations exigeantes sur l'impact carbone des bâtiments, la RE2020 et le décret tertiaire ⁸. La géothermie constitue également un atout pour l'obtention de labels et certifications (BEPOS, HQE, LEED, BREEAM...) ambitieuses.

⁷ Hypothèse d'un COP à 4. Valeurs pour kgCO₂/kWh issues de la base de données carbone de l'ADEME : électricité usage chauffage : 0,069 kgCO₂/kWh ; gaz naturel 0,244 kgCO₂/kWh PCI ; fioul 0,324 kgCO₂ PCI.

⁸ Pour les bâtiments tertiaires de plus de 1 000 m².

Crédit Agricole, Charente-Maritime Deux-Sèvres, Lagord (17), Nouvelle Aquitaine

> Certification/label	HQE niveau exceptionnel, BEPOS.
> Maîtrise d'œuvre et intervenants	Eiffage, JJ Ory, Ginger Burgeap, SNC Lavalin
> Construction en 2016	19 000 m ² .
> Besoins thermiques annuels	1 621 MWh (chaud), 1 030 MWh (froid), 100 % couverture géothermie (hors GMI).
> Autre énergie	2 600 m ² de photovoltaïque.
> Investissement géothermie	991 k€ HT.
> Co-financements	200 k€ Fonds chaleur.
> Coût de fonctionnement	55,8 k€/an (recalculé*).
> Temps de retour sur investissement	8,25 ans avec subvention.
> Emissions CO ₂ évitées par an	427 teq CO ₂ .
> Installation sous-sol	35 sondes à 250 m (hors GMI), COP machine global annuel : 6,8.

Données techniques : Crédit agricole Charente-Maritime Deux-Sèvres Lagord
* La consommation électrique des PAC et pompes est multipliée par les tarifs d'électricité issus de l'enquête Eurostat (valeurs moyennes calculées à partir des 6 premiers mois de 2021)

S'ancrer dans les territoires avec une « énergie locale »

La géothermie est une énergie locale : elle est consommée là où elle est produite. Elle n'implique donc pas de transport, pas de gestion de stocks, pas de risque d'approvisionnement. Tout 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. Un véritable circuit court de l'énergie.



© Altix 2022

TÉMOIGNAGE

Altix, Val-de-Reuil (27), Normandie

PME ÉLECTRONIQUE PROCÉDÉ INDUSTRIEL



« Nos bâtiments sont notre outil de production et ma problématique est de les exploiter avec un coût de fonctionnement le plus réduit possible tout en répondant à nos contraintes de process et proposant un environnement confortable à nos collaborateurs. La géothermie répond à ces contraintes et nous permet également d'abaisser de 85% nos émissions de CO₂. C'est simple, performant, local et en accord avec notre déontologie.

d'abaisser de 85% nos émissions de CO₂. C'est simple, performant, local et en accord avec notre déontologie.

Les professionnels qui nous ont accompagnés pour cette réalisation sont Normands et l'énergie vient d'une nappe à 25 mètres sous nos pieds.

PME fabricant de machines pour l'industrie de l'électronique, nous travaillons à l'international, nous avons choisi l'hyper local pour l'énergie et nous en sommes très satisfaits. »

William AMETTE, Directeur des achats, Altix

> Certification/label	Bâtiment Bas Carbone.
> Maîtrise d'œuvre et intervenants	Ataub architecte, Ced'Ex, Le Masson.
> Construction en 2012, extension en 2019	1 759 m ² d'atelier (dont 300 m ² climatisé à 20°C) et 1 200 m ² de bureaux (dont 264 m ² climatisé à 22°C).
> Besoins thermiques annuels	540 MWh chaud, froid actif et passif mutualisés avec thermofrigopompe (des boucles d'eau froide pour tester les machines entrent dans le process industriel).
> Coût de fonctionnement	8 k€/an (recalculé).
> Emissions CO ₂ évitées par an	39 teq CO ₂ , soit 85% de réduction.
> Installation sous-sol	sur nappe à 25 m, 2 PAC, COP global annuel : 4,5.

Données techniques : Altix

GRANDE ENTREPRISE BANQUE

« Le Crédit Agricole Charente-Maritime Deux-Sèvres a installé en 2016 son nouveau siège social à Lagord sur le parc bas carbone « Atlantech » de l'agglomération de La Rochelle. Ce bâtiment de plus de 19 000 m² répond aux enjeux d'un fonctionnement sans énergie carbonée et d'une construction limitant l'impact carbone et préservant l'environnement, tout en recherchant la meilleure qualité des espaces. Le choix de la géothermie (35 sondes à 250 m) s'est avéré parfaitement adapté à la certification HQE niveau exceptionnel et au label BEPOS. Il assure l'intégralité du chauffage et du rafraîchissement pour le meilleur confort et le bon fonctionnement des équipements, et permet le maintien de la ressource géothermique. »



Louis du HAMEL, Directeur des Entreprises et du Numérique, Crédit Agricole Charente-Maritime Deux-Sèvres

RAISON 3 Faire du chaud et du froid (actif et passif) avec un même équipement

En France métropolitaine, les températures ont augmenté de 2,3°C entre la période 1961-1990 et l'année 2020, avec des vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses ⁹. Les besoins en rafraîchissement vont donc augmenter également, et l'on constate que la réglementation, comme la RE2020, le prend en compte, en considérant le confort d'été. La géothermie, qui avec un même équipement, sous réserve d'émetteurs adaptés, peut produire du chaud et du froid est particulièrement pertinente dans ce cadre ! D'autant que cela améliore les performances économiques et écologiques de l'installation.

Produire du chaud et du froid actif et passif

La stabilité des températures du sous-sol au cours des saisons permet de produire aussi bien du chaud que du froid. En hiver, la chaleur prélevée dans le sol sert à chauffer le bâtiment. En été, la fraîcheur du sous-sol peut refroidir les constructions. Ces usages présentent l'avantage de « recharger » thermiquement le sous-sol et ainsi d'augmenter la performance des installations pour la saison suivante. Deux possibilités permettent d'abaisser les températures des bâtiments :

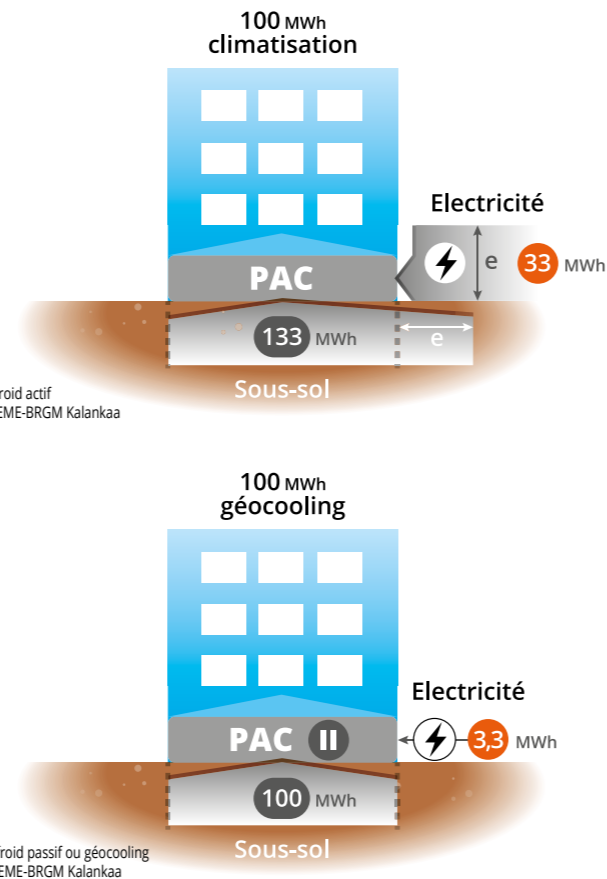
- La production de **froid actif** (climatisation) ⁹. Avec des émetteurs adaptés, une pompe à chaleur réversible produit de la climatisation ;
- La production de **froid passif** par « géocooling » ⁹. La température du sous-sol (12-13°C) est suffisamment basse pour rafraîchir directement le bâtiment, via un simple échange thermique, sans faire fonctionner la pompe à chaleur, et donc avec une très faible consommation d'électricité.

Des performances écologiques et économiques accrues

Si le coefficient de performance (COP) moyen d'une installation de géothermie en mode **froid actif** ⁹ (valeur moyenne de 3 à 5) est généralement inférieur à celui observé en mode chaud (4 à 5 en moyenne), la recharge apportée au sous-sol renforce les performances de l'installation – dont on peut optimiser le dimensionnement – et économie est faite d'un système de climatisation dédié. De plus, en cas de concomitance de besoins équilibrés de chaud et de froid actif, cette même pompe à chaleur, en mode thermofrigopompe, peut répondre aux deux besoins sans mobiliser le sous-sol. Le COP global est alors très performant, de l'ordre de 7 à 9. A titre indicatif, le rendement (équivalent COP) d'une chaudière gaz est de 0,9.

Pour le **froid passif** ⁹ (géocooling), la pompe à chaleur n'étant pas sollicitée et ne consommant donc pas d'électricité (les circulateurs le font en très faible quantité), le coefficient de performance global annuel est estimé entre 30 et 40 !

Ces très bonnes performances se répercutent directement sur la consommation d'électricité et se ressentent au niveau écologique (en tonnes de CO₂ évitées) et économique (en €).



⁹ : froid actif ©ADEME-BRGM Kalankaa

⁹ : froid passif ou géocooling ©ADEME-BRGM Kalankaa

TÉMOIGNAGE

L'Oréal, Creuzier-le-Vieux (03) Auvergne-Rhône-Alpes

« Nos process de production de cosmétiques nécessitent de l'eau glacée et de l'eau chaude quand en parallèle notre usine a besoin d'être chauffée. La thermofrigopompe permet de produire simultanément de grandes quantités de froid et de chaud avec peu d'énergie électrique. L'intérêt de cet équipement est donc de jouer à la fois le rôle de groupe frigorifique et de système de chauffage. Cette « pompe à chaleur » avec récupération d'énergie permet de faire d'importantes économies d'énergie puisqu'elle a un coefficient de performance supérieur à 5 (transforme 1 kWh en 5 kWh de chaud et de froid). Cette technologie a été choisie pour réduire significativement l'utilisation du gaz pour produire de la chaleur. »



Luc PEZRON, Responsable Entretien Travaux Neufs & Environnement Hygiène Sécurité, L'Oréal Cosmétique active production.

> Certification/label	ISO 14001 et 5001.	> Surinvestissement géothermie	Formule de leasing 233 k€/an.
> Maîtrise d'œuvre	EDF optimal solutions.	> Co-financements	Certificat d'économie d'énergie CEE.
> Construction achevée en 2010	45 000 m ² .	> Coût de fonctionnement annuel	55,7 k€ (recalculé).
> Besoins thermiques annuels	6,41 GWh (froid) pour produire de l'eau à 6°C (45 000 m ³) pour le rafraîchissement des locaux et le refroidissement des procédés, 20% couvert par géothermie. L'énergie évacuée est récupérée pour produire de l'eau chaude à 60°C, pour chauffer les locaux en intersaison et préchauffer de l'eau de lavage (47 000 m ³) et de l'eau déminéralisée (6 000 m ³) soit 14,38 GWh (chaud), 15 % couvert par géothermie.	> Temps de retour brut	10 ans.
> Appoint	Gaz pour le chaud, électricité pour le froid.	> Emissions CO ₂ évitées par an	547 teq CO ₂ .
		> Installation sous-sol	Sur nappe, COP chaud : 3,3, COP froid 2, COP global 5,3.

Données techniques : CAP



© PROD03 Drone

⁹ SDES, Chiffres clés du climat, France, Europe et Monde, 2022.

RAISON 4 Choisir une énergie qui s'intègre harmonieusement

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 disposer de belles terrasses. Elle ne produit ni bruit, ni odeur. Elle est particulièrement adaptée aux bâtiments patrimoniaux mais aussi à ceux pour lesquels l'esthétisme, le calme et le confort sont importants.

FOCUS

Philantrolab, Paris (75), Ile-de-France
hôtel particulier classé du XV-XVIII

ASSOCIATION

« Dans un bâtiment ancien, il est toujours extrêmement difficile de passer des cheminées et de mettre en place des chaufferies. De plus, les murs que l'on souhaitait retrouver dans leur état d'origine ont des coefficients thermiques peu performants. L'ensemble immobilier, situé dans le centre de Paris au-dessus d'une nappe phréatique facilement accessible, se prête parfaitement aux forages nécessaires pour le choix de la géothermie. Ce principe qui n'apporte aucune pollution, est écologique et, malgré son investissement important au départ, doit se révéler à terme économique. »

PERROT & RICHARD
Architectes.



© Raphael Metivet



© Béatriz Ronzero



© Fernando Javier Urquijo

> Certification/label HQE Excellent, BREEAM Outstanding, BBKA Excellent, BEPOS Effinergie, LEED Gold, E+C- niveau E3C2.

Une énergie économe d'espace

Au moment des travaux de forage, le terrain doit être accessible. Une fois les forages réalisés, le chantier peut faire place à des espaces enherbés ou de stationnement. Les installations en sous-sol peuvent aussi être positionnées sous le bâtiment, neuf ou à rénover. Le local technique nécessaire au fonctionnement des installations est restreint. Aucun espace de stockage n'est requis et, en l'absence d'approvisionnement extérieur, cela ne génère pas de trafic supplémentaire. L'occupation foncière de la géothermie, réduite, lui permet, notamment en milieu urbain dense, d'être une énergie renouvelable décisive pour l'obtention des certifications et labels.

FOCUS

ORIGINE, Nanterre (92), Ile-de-France



« Le grand avantage de la géothermie, en plus d'être une énergie durable et performante, c'est l'absence d'unité extérieure. Dans les lieux que nous concevons avec ces systèmes, nous optimisons les « cinquièmes façades ». Les terrasses et les toits jouent ainsi leur rôle d'espaces de déambulation et de convivialité. »

Emmanuelle BABOULIN,
Comité exécutif, Icade,
en charge du pôle foncière tertiaire.

> Certification/label E3C1.



© Crespy & Aumont

KRAMP, Poitiers (86), Nouvelle Aquitaine

ETI MATÉRIEL AGRICOLE

ISORE, Ecoflant (49), Pays de la Loire

PME BÂTIMENT

RAISON 5 S'offrir, si on le souhaite, la possibilité d'une installation nouvelle génération

TÉMOIGNAGE

DC1, Prologis, Moissy Cramayel (77) Ile-de-France

GRANDE ENTREPRISE LOGISTIQUE



« Prologis a pour objectif d'être le plus vertueux possible au niveau environnemental. Pour cela, la géothermie est une bonne solution parce qu'elle présente des performances très élevées. Couplée à l'aérothermie, elle permet de se passer totalement du gaz, et on peut se tourner vers de l'électricité verte. Le pilotage avec intelligence artificielle de la gestion technique du bâtiment permet d'optimiser les processus de consommation et de production d'énergie, de moduler le stockage d'énergie en sous-sol pour renforcer les performances de la géothermie. Sur tous nos projets, nous étudions maintenant la solution géothermique. »

Paul JANSEN,
Development Manager, France, Prologis



> Certification/label	Breem Outstanding.
> Maîtrise d'œuvre et intervenants	Accenta, SETI, Geotec, IDEC, A26
> Construction achevée en 2021	Entrepôt sec de 100 000 m ² .
> Besoins thermiques annuels	3,2 GWh (chaud) dont 60% couvert par la géothermie.
> Appoint	Aérothermie, photovoltaïque.
> Surinvestissement thermique (aéro et géothermie)	Entre 1 300 et 1 700 k€ sans subvention.
> Co-financements	225 k€ Fonds chaleur, 225 k€ Ile-de-France.
> Coût de fonctionnement	93 k€/an (recalculé).
> Temps de retour brut	13 ans.
> Emissions CO ₂ évitées par an	792 teq CO ₂ (par rapport à une solution 100% gaz).
> Installation sous-sol	103 sondes entre 93-97 m de profondeur, COP chaud : 4.

Données techniques : Accenta

La géothermie de surface, qui existe depuis les années 70, est une technologie maîtrisée. Elle est aussi modulable et flexible. On peut choisir d'optimiser ses potentiels en la couplant avec d'autres énergies renouvelables et de récupération, du stockage, de l'intelligence artificielle... pour qu'elle participe à des systèmes énergétiques nouvelle génération.

Une technologie qui participe à l'innovation

Toutes les énergies renouvelables et de récupération doivent être mobilisées pour atteindre les objectifs de l'accord de Paris et combiner les EnR&R peut parfois être une bonne solution. La géothermie s'y prête bien, offrant la possibilité de stockage de chaleur ou de froid et la fiabilité d'une énergie disponible en continu.

FOCUS

Boucle d'eau tempérée Supermarché Cora, Houssen (68), Grand Est,

GRANDE DISTRIBUTION

« Nous avons fait une première installation de géothermie en 1998, que nous avons étendue en 2017. Cela répond aux besoins de chaud de notre hypermarché de façon performante et écologique et nous permet aussi d'en faire profiter d'autres commerces de la galerie marchande. En effet, 22 boutiques sont connectées à notre boucle d'eau alimentée par géothermie. Nous avons créé une Association Foncière Urbaine Libre (AFUL) de façon à pouvoir facturer l'énergie qui est décomptée au niveau de chaque pompe à chaleur décentralisée. L'ensemble de la galerie peut ainsi profiter de cette énergie bon marché et décarbonée. »



Michel PEREZ,
Service maintenance et sécurité, Cora Houssen.



© M-A Bouvron



© Airbus SA
Philippe Maslet

TÉMOIGNAGE

Airbus Blagnac (31) Occitanie, boucle d'eau tempérée

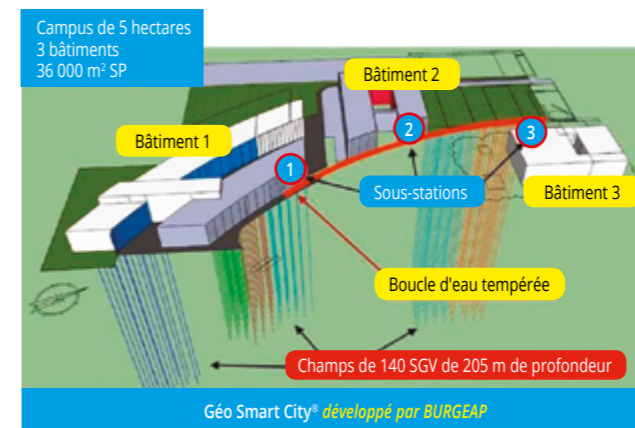
GRANDE ENTREPRISE AÉRONAUTIQUE

« Dans une démarche résolument durable, AIRBUS désireait une énergie renouvelable discrète et optimisée. La boucle d'eau tempérée, permet d'alimenter en même temps, des réseaux d'eau chaude et d'eau froide (climatisation de chambres froides) et de produire ainsi de l'énergie toute l'année pour tous les besoins du site. »

Carole AMOROS-ROUTIE,
Responsable maintenance, infrastructures et bâtiments, Airbus.
(Voir aussi témoignage p. 5)

Un vecteur potentiel de mutualisation : la Boucle d'eau tempérée géothermique

La boucle d'eau tempérée est un réseau de chaleur à très basse température. Au lieu d'une eau circulant à 50°C et plus, celle d'une boucle d'eau tempérée est entre 5 et 30°C et permet de répondre à des besoins de chaud et de froid via des pompes à chaleur décentralisées dans chaque bâtiment, de façon agile, mutualisée et régulée. Elle se prête à l'hybridation avec d'autres énergies renouvelables et peut être conçue de façon évolutive en cohérence avec un programme d'aménagement.



> Certification/label	Breem very good.
> Maîtrise d'œuvre et intervenants	Ginger Burgeap, Mino, Waterkotte, Engie, Accenta.
> Construction achevée en 2016	36 250 m ² .
> Besoins thermiques annuels	1483,5 MWh (chaud), 933,2 MWh (froid), 100% couverture géothermie.
> Investissement géothermie	4 M€ dont 450 k€ d'études et conception.
> Co-financements	1 M€ Fonds chaleur et Nouvelles technologies émergentes.
> Consommation annuelle électrique PAC et pompes	506 MWh soit 64 k€ (recalculés).
> Temps de retour brut	7 ans.
> Emissions CO ₂ évitées par an	384 teq CO ₂ .
> Installation sous-sol	103 sondes entre 93-97 m de profondeur, COP global : 5,4.

Données techniques : Airbus, Engie

En pratique

La France compte environ 210 000 pompes à chaleur géothermiques en fonctionnement. En 2020, les secteurs collectifs et tertiaires représentaient près de 30 % des nouvelles installations, avec un marché en progression de 10 % par rapport à 2019. La géothermie est une technologie éprouvée, en amélioration constante grâce à la capitalisation sur les bonnes pratiques, aux progrès technologiques et à la recherche.

La géothermie de surface est une énergie disponible en continu 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 une première approche, sur un point donné ou sur un territoire plus large, qui sera ensuite poursuivie par l'expertise de bureaux d'études.

Vos interlocuteurs

Comme indiqué p.5, les antennes régionales de l'ADEME et les Chambres de Commerce et d'Industrie sont des interlocuteurs clés.

A noter :

En complément du Fonds Chaleur, d'autres aides peuvent être allouées à la géothermie (Conseil régional, FEDER, ...).

Se renseigner auprès des antennes régionales de l'ADEME : <https://www.ademe.fr/les-territoires-en-transition/lademe-en-region/> et des Chambres de commerce et d'industrie : <https://les-aides.fr/>

Pour savoir si votre opération est éligible au Fonds Chaleur : <https://fondschaleur.ademe.fr/>

Pour identifier les professionnels pour vous accompagner, exigez la mention RGE (Reconnu Garant de l'Environnement) pour les travaux (foreurs et installateurs de pompe à chaleur, maintenance) mais aussi les études (sous-sol et surface).

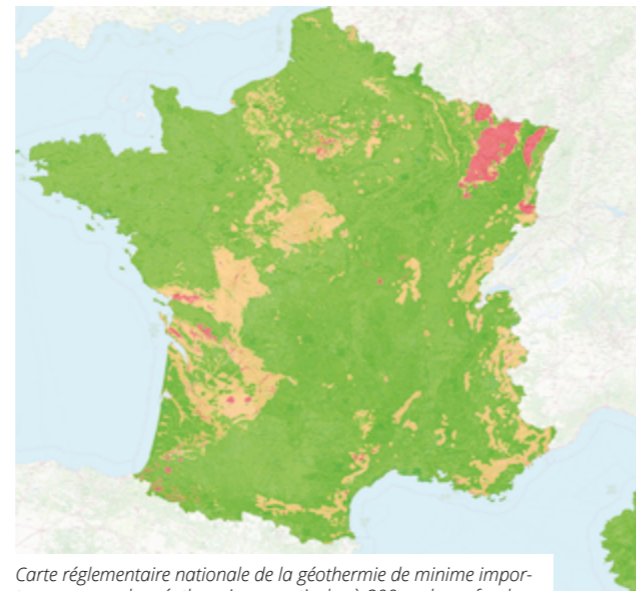
Les qualifications RGE

Type de prestation	Signe de qualité RGE
Études / Conseil	
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 installations¹⁰).

D'un point de vue réglementaire, la réalisation d'une installation GMI nécessite une simple déclaration sur environ 83 %¹⁰ 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 ● »¹²), 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.



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

Une garantie possible

SAF Environnement, filiale de la Caisse des dépôts et consignations, propose la garantie AQUAPAC pour les opérations sur aquifère superficiel à moins de 200 mètres de profondeur et dont la puissance installée de la pompe à chaleur est supérieure à 30 kW. Ce dispositif assurantiel couvre les risques d'échec de l'opération géothermique (débit d'exploitation insuffisant lors de la mise en œuvre du forage ou non pérenne dans le temps)¹³.



¹⁰ 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.

¹¹ 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.

¹² Se référer à l'article 22-6 du décret n°2006-649 du 2 juin 2006 modifié <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000609345>.

¹³ Plus d'information : <https://www.geothermies.fr/les-garanties>

La géothermie de surface en bref

La géothermie de surface – qui valorise l'énergie puisée à moins de 200 m de profondeur – permet de produire durablement du chaud, du froid actif et passif, de l'eau chaude sanitaire. Elle offre des solutions aussi bien dans le neuf que dans la rénovation. Elle est pertinente pour des bâtiments qui vont de la maison individuelle à l'éco-quartier, mais aussi pour des procédés industriels ou agricoles.

Une pompe à chaleur (PAC) valorise l'énergie captée dans le sol au moyen d'échangeurs. En mode actif, le système produit du chaud et/ou du froid (climatisation). La géothermie de surface peut également produire directement du frais pour le confort d'été, en mode passif. La PAC, dans ce cas, n'est pas sollicitée, seul le circulateur de l'installation est en fonctionnement. On parle alors de géocooling.

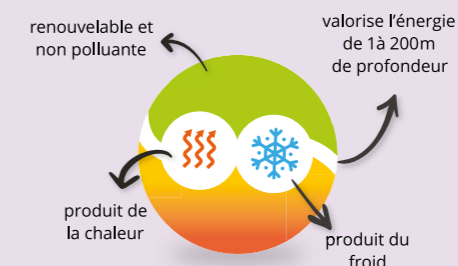
La pompe à chaleur géothermique fonctionne avec de l'électricité mais elle restitue 4 à 5 fois plus d'énergie qu'elle n'en consomme en mode chauffage.

L'efficacité d'une pompe à chaleur est mesurée grâce au Coefficient de performance énergétique, également appelé COP. Le COP traduit le rapport entre la quantité de chaleur produite et l'énergie électrique consommée par la pompe à chaleur. Ainsi, dans le cas d'un COP de 4 : pour 1 kWh consommé, la pompe à chaleur géothermique produit l'équivalent de 4 kWh de chauffage.

Le nombre de kWh facturés est ainsi divisé par 4.

C'est donc une énergie compétitive, aux émissions carbone très réduites, puisqu'il ne faut considérer que celles qui sont émises pour faire fonctionner la pompe à chaleur. La géothermie est aussi continue, indépendante des conditions climatiques, discrète et économe d'espace.

En 2020, 210 000 installations de géothermie de surface en France produisent 5,2 TWh de chaud et de froid.



Coédité par l'ADEME et le BRGM
Coordinatrices de projet : Fanny Branchu
Comité de rédaction :

ADEME : Astrid Cardona-Maestro, Norbert Bommensatt, Philippe Laplaige
BRGM : Charles Maragna, Camille Maurel, Mikael Philippe, Antoine Voirand

Avec la collaboration de :

AFPG : Jean-Loup Lacroix (Strategeo)
SER : Michèle Cyna (Ginger Burgeap), Dimitri Aymard (Engie)
CPME : Sarah Rachi

Remerciements à :

Entreprises pour l'Environnement (EpE)

Les rédacteurs remercient ceux qui ont témoigné pour leur accueil et les informations fournies.

Maquette et réalisation : Kalankaa - Réimpression 2023

Illustration de couverture : Crédit agricole, Lagord © Romuald Goudeau
ISBN : 978-2-7159-2786-5



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 collectivités



Pour les centres aquatiques



Pour le secteur sanitaire et médico-social



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