



THÈME

LA GÉOTHERMIE : SOLUTION POUR LES PROJETS IMMOBILIERS

PROGRAMME

DÉPART EN BUS DE LUXEMBOURG
VISITE USINE WEISHAUP
VISITE SITE BAUGRUND SÜD (ENTREPRISE DE FORAGE)
VISITE D'UN LOTISSEMENT EN GÉOTHERMIE
RETOUR EN BUS À LUXEMBOURG

INVITATION

19

AVRIL 2023

EN PARTENARIAT AVEC

– weishaupt –

baugrund süd

weishaupt gruppe

Qu'entend-on par géothermie ?



	Géothermie profonde et intermédiaire Utilisation directe de la chaleur		Géothermie assistée par pompe à chaleur Applications en maison individuelle	
Type de technologie	Centrale électrique géothermique	Chauffage urbain en géothermie profonde	Pompe à chaleur géothermique sur 1 ou 2 sondes verticales	Pompe à chaleur géothermique sur capteurs horizontaux et autres capteurs à faible profondeur
Objet	Production d'électricité	Chauffage et eau chaude sanitaire	Chauffage, refroidissement et/ou préchauffage d'eau sanitaire	
Applications et cibles	Fourniture d'électricité à des milliers de logements ou à des industriels	Alimenter en énergie un gros réseau de chaleur urbain de plusieurs milliers de logements	Maison individuelle et lotissement	
Type de ressource naturelle exploitée	Eau très chaude (~ 150-300 °C) disponible à grande profondeur (~ 1-3 km) dans certaines zones géologiques très particulières (Guadeloupe par exemple)	Eau chaude (~ 50-100 °C) disponible à grande profondeur (~ 0,5-3 km) dans certaines zones géologiques (bassins parisien et aquitain par exemple)	Croûte terrestre entre 0 et 200 m de profondeur	Croûte terrestre sur ~ 0,5 à 5 m de profondeur environ
Potentiel de développement au Luxembourg	Aucun potentiel		Très bon potentiel sur presque tout le pays	
Fréquence et maturité technologique	Recherche et développement	Courant dans certaines zones Nombreux retours d'expériences	Très courant	

Non développé dans ce livret car ces solutions n'ont pas d'intérêt pour nous.

La seconde solution présente un bon, voire très bon, potentiel dans le pays.

Géothermie assistée par pompe à chaleur Applications en bâtiment collectif et tertiaire			
Pompe à chaleur géothermique sur champ de sondes	Pompe à chaleur géothermique sur fondations thermoactives	Pompe à chaleur géothermique sur eau de sous-sol (ou sur « aquifère »)	Pompe à chaleur géothermique sur eau de surface (mer, rivière, lac...)
Chauffage, refroidissement et/ou préchauffage d'eau sanitaire	Chauffage et refroidissement d'un bâtiment	Chauffage, refroidissement et/ou préchauffage d'eau sanitaire	
Bâtiments ou ensemble de bâtiments jusqu'à ~ 5 000 m ² environ	Bâtiments ayant des fondations assez nombreuses et profondes (> 10 m)	Bâtiments ou ensemble de bâtiments de taille moyenne à grande (~ 2 000 à 20 000 m ² environ)	
Croûte terrestre entre 0 et 200 m de profondeur	La croûte terrestre à l'échelle de la profondeur des fondations d'un bâtiment	Eau tempérée (~ 12-20 °C) contenue dans le sous-sol des 200 premiers mètres de la croûte terrestre	Eau de surface tempérée (~ 0-20° C)
Très bon potentiel sur presque toute la région	Bon potentiel, à nuancer selon les zones géologiques	Aucun potentiel	
Très courant	Quelques projets en France Très courant en Suisse et Autriche	Très courant	Peu courant, en développement

Les deux premières solutions présentent un bon, voire très bon, potentiel dans le pays. Ce livret vous aidera à mieux connaître les avantages et limites de chacune de ces applications et à comprendre les étapes pour monter un projet.

Les deux dernières solutions ne seront pas abordées car elles ne sont pas applicables au Luxembourg

2 Comprendre la pompe à chaleur géothermique « sur sondes »

Pompe à chaleur sur champ de sondes géothermiques verticales (PAC sur SVG)

Principe

Un système de PAC sur SVG consiste à faire circuler, en circuit fermé, un liquide composé d'eau et d'antigel dans plusieurs sondes verticales, constituées par un réseau de tubes en résine disposés à la verticale dans des forages de 100 m de profondeur environ, afin d'échanger de l'énergie par simple transfert de chaleur puis de l'acheminer jusqu'à la pompe à chaleur.

En surface, la PAC permet de transférer la chaleur puisée dans le sol vers le bâtiment à chauffer (c'est le mode chauffage) ou d'injecter de la chaleur en provenance du bâtiment vers le sol (c'est le mode refroidissement du bâtiment). Le champ de sondes peut également être utilisé comme source de rafraîchissement sans avoir recours aux pompes à chaleur : on parle de mode « geocooling » ou « freecooling ».

1 kWh d'énergie électrique consommée par la PAC, 4,5 à 5,5 kWh sont restitués au bâtiment.

- Les performances du système sont régulières tout au long de l'année, elles ne dépendent pas du climat.
- Les projets bien adaptés et bien dimensionnés sont très avantageux en coût global. Les systèmes hybrides (avec une chaudière d'appoint) sont souvent les plus pertinents économiquement.
- Le mode « freecooling » permet de rafraîchir un bâtiment à des coûts et performances exceptionnelles.
- Durée de vie des sondes géothermiques très longue (supérieure à 40 ans).

Limites

- Surcoût d'investissement relativement important. Les systèmes hybrides (avec chaudière d'appoint) sont souvent de bons compromis technico-économiques.
- Les études de faisabilité géothermiques sont parfois plus coûteuses que pour d'autres énergies et viennent s'ajouter aux études thermiques réglementaires, mais des subventions existent.
- Nécessite une maintenance qualifiée, mais qui reste simple et peu onéreuse par rapport à d'autres énergies.
- Si elle est trop sollicitée, la réserve locale de chaleur du sous-sol peut s'épuiser. Pour éviter cela, des précautions de dimensionnement ou de recharge thermique du sous-sol (naturelle ou artificielle) doivent être étudiées.

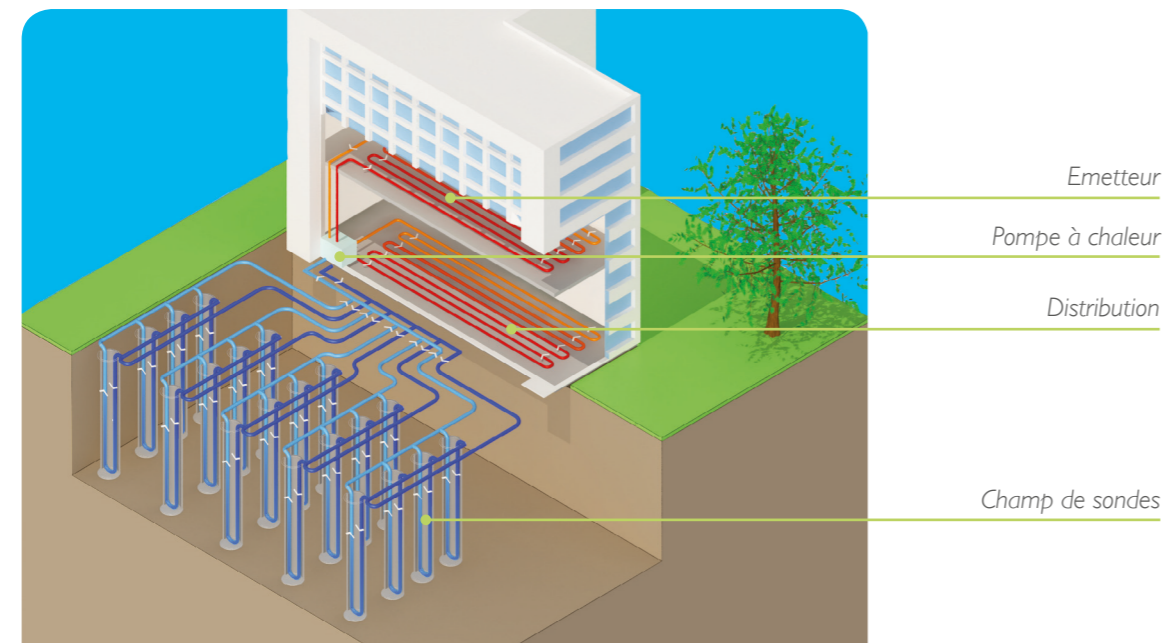
Très bon potentiel au Luxembourg

La faisabilité de PAC sur SVG est évaluée en fonction de l'adéquation d'un potentiel géologique et de besoins énergétiques. Il faut pour cela conduire des études approfondies. On estime à environ 70 % la part du territoire Luxembourgeois ayant une géologie très favorable aux PAC sur SVG, et à seulement 5 % la part du territoire où ces applications sont impossibles.

Avantages

- Peut subvenir aux besoins de chauffage, refroidissement et préchauffage d'eau chaude sanitaire.
- Système fiable et performant : les retours d'expériences réels d'utilisateurs montrent que pour

Schéma d'un bâtiment avec un champ de sondes



Chaufferie : départ des sondes géothermiques

Pompe à chaleur géothermiques sur sondes verticales

Principe

Il s'agit du système le plus répandu. Ce sont généralement des tubes en matière plastique et en forme d'U, d'une longueur de 50 à 150 m, qui sont mis en place par des forages verticaux. Un liquide caloporteur circule dans les tuyaux, il absorbe la chaleur du sous-sol pour la diriger vers la pompe à chaleur. Les sondes géothermiques ne demandent que peu de place. Le grand avantage, c'est que cette technique n'exige qu'un minimum de travaux de maintenance. Mais les forages requis pour la mise en place de sondes géothermiques ne sont pas permis en tout endroit pour des raisons concernant le droit des eaux.

Avantages

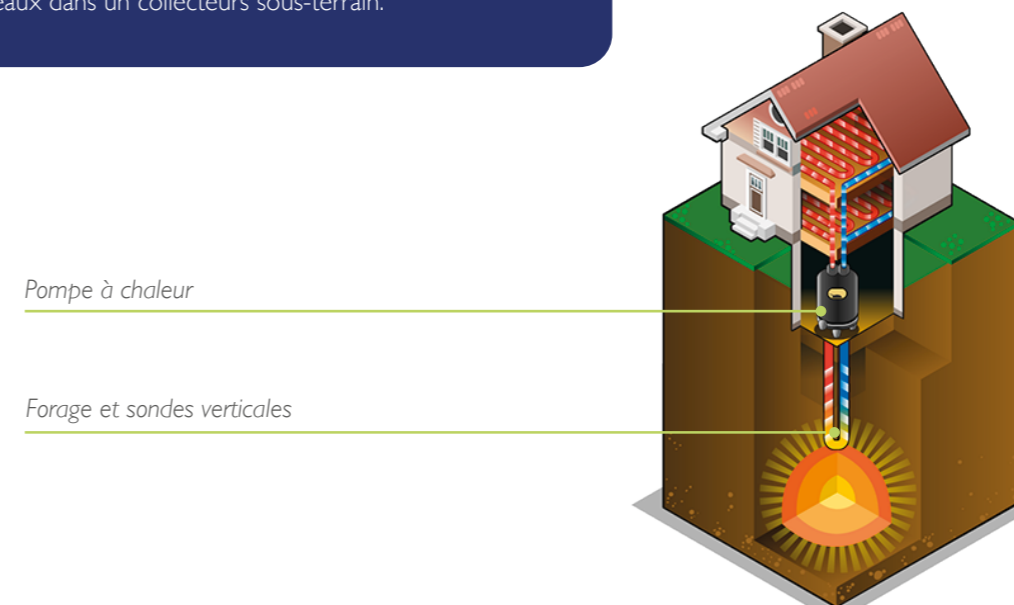
- Aucune consommation de foncier supplémentaire : avantage important en milieu urbain très contraint.
- Le surcoût est raisonnable et le bilan en coût global souvent très intéressant.
- Les performances du système sont régulières tout au long de l'année.
- Pas d'unité extérieure (gain de place et pas de contrainte sonore)
- Possibilité de faire du rafraîchissement passif (compatible avec les CPE)

Limites

- Comme pour les PAC, il faut impérativement étudier l'équilibre thermique du sous-sol à moyen et long terme.
- Nécessite une maintenance qualifiée, mais qui reste simple et peu onéreuse par rapport à d'autres énergies.

Très bon potentiel au Luxembourg

Le potentiel correspond à l'ensemble des logements de type individuels, il peut parfaitement s'appliquer à des lotissements, grâce à des forages collectifs et une mise en réseaux dans un collecteurs sous-terrain.

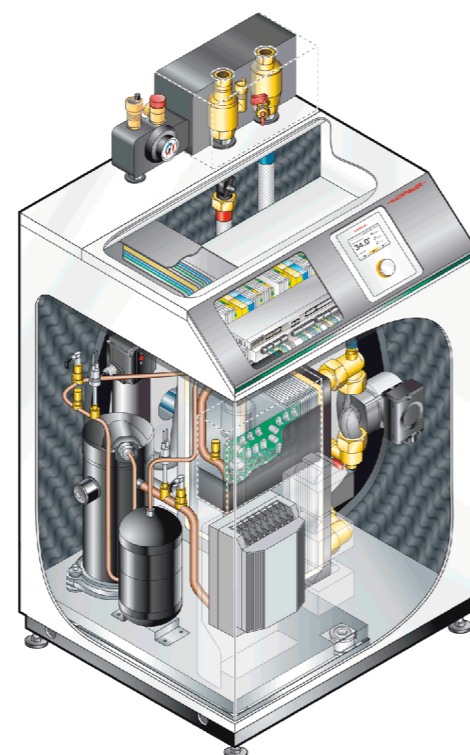


3 Principe de fonctionnement de la pompe à chaleur géothermique

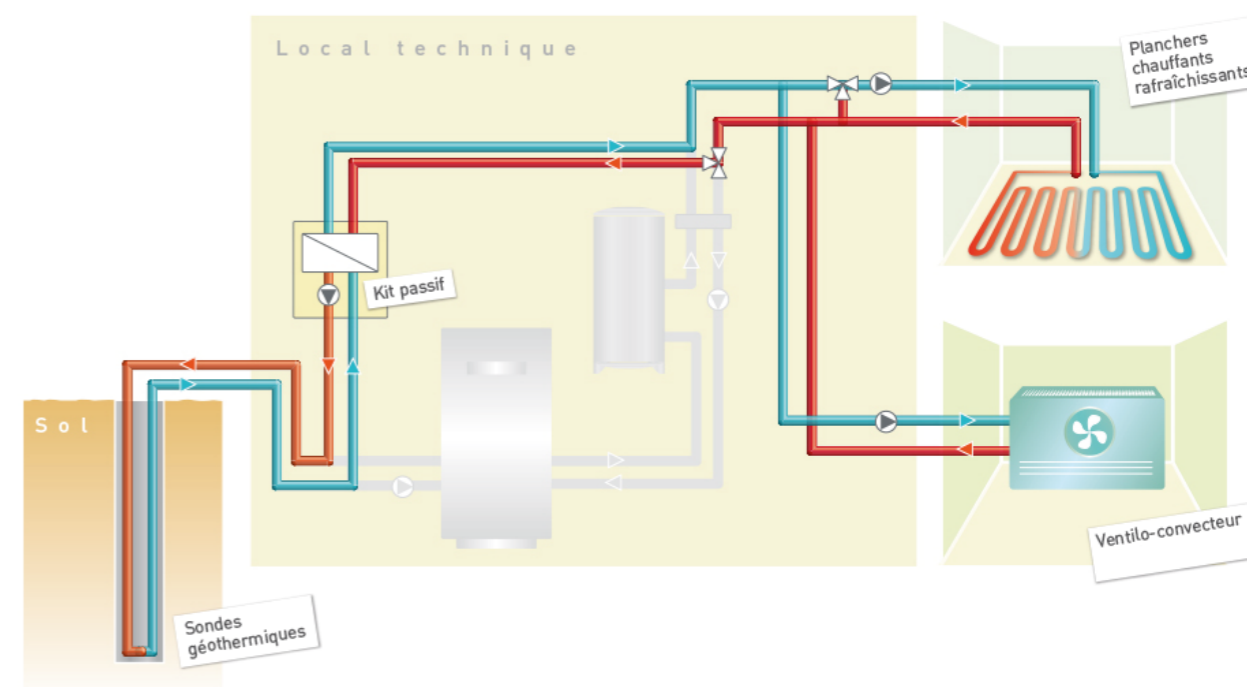
Principe

Une pompe à chaleur est un système de chauffage qui utilise l'énergie de l'environnement. Cette énergie naturelle se trouve dans l'air, la terre ou la nappe phréatique. Un circuit frigorifique dans la pompe à chaleur porte l'énergie environnementale à un niveau de température plus élevé, adapté au chauffage d'un bâtiment. Dans le cas idéal, une pompe à chaleur extrait jusqu'à 75 % d'énergie gratuite issue de l'environnement pour le chauffage du bâtiment, les 25 % restants proviennent de l'énergie électrique nécessaire à la compression du fluide frigorigène.

L'eau peut également être utilisée simplement par un échangeur comme source de rafraîchissement sans avoir recours aux PAC : on parle alors de « geocooling » ou « freecooling ».



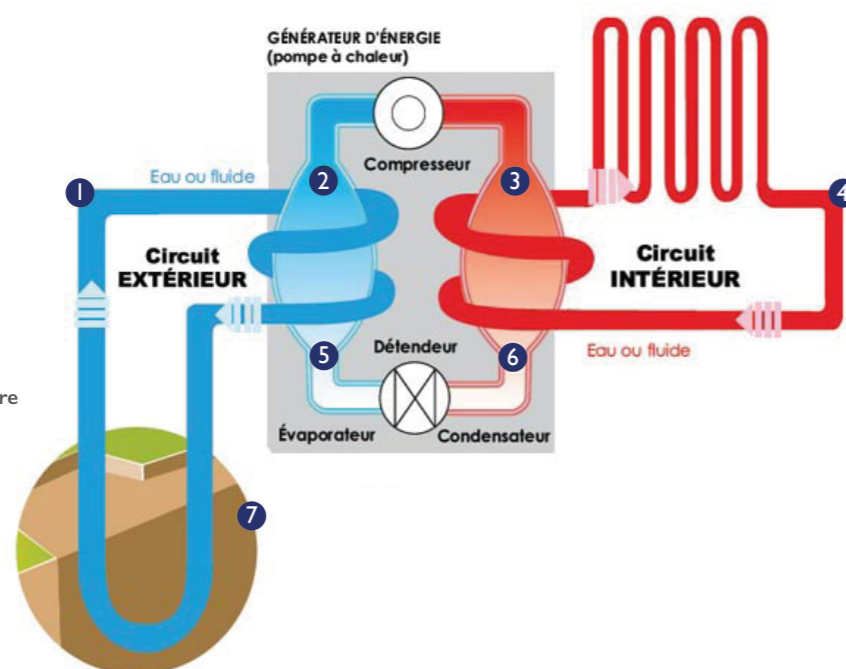
Pompe à chaleur Weishaupt Geoblock



«Geocooling» ou «Freecooling» : le rafraîchissement passif

Principe schématique de la pompe à chaleur géothermique

- 1 Circuit d'eau glycolée
- 2 Vapeur basse pression
- 3 Vapeur haute pression
- 4 Circuit de chauffage
- 5 Liquide basse pression
- 6 Liquide haute pression
- 7 Source de chaleur : la terre



Principaux avantages du geocooling : la pompe à chaleur géothermique (PAC) n'étant pas sollicitée, cela rend cette solution particulièrement économique. La PAC peut toutefois continuer à produire l'eau chaude sanitaire en parallèle. C'est aussi une solution très écologique parce qu'elle ne nécessite qu'un apport très minime d'électricité.

Le geocooling est un rafraîchissement passif qui demande donc peu d'énergie et qui est très discret. À l'utilisation, le freecooling est une solution très confortable, donnant l'impression d'un refroidissement naturel de la pièce.

Le ou les compresseurs de la PAC ne fonctionnent pas, alors la seule consommation électrique du système de refroidissement sera celle de la pompe de circulation du fluide caloporteur ce qui en fait un système de refroidissement passif.

Eligible au CPE

La pompe à chaleur géothermique n'utilisant pas son compresseur pour la fonction rafraîchissement, elle génère de fait du froid passif et est donc compatible avec les normes du CPE au Luxembourg.

4 La géothermie, par extension

Applications similaires à la géothermie

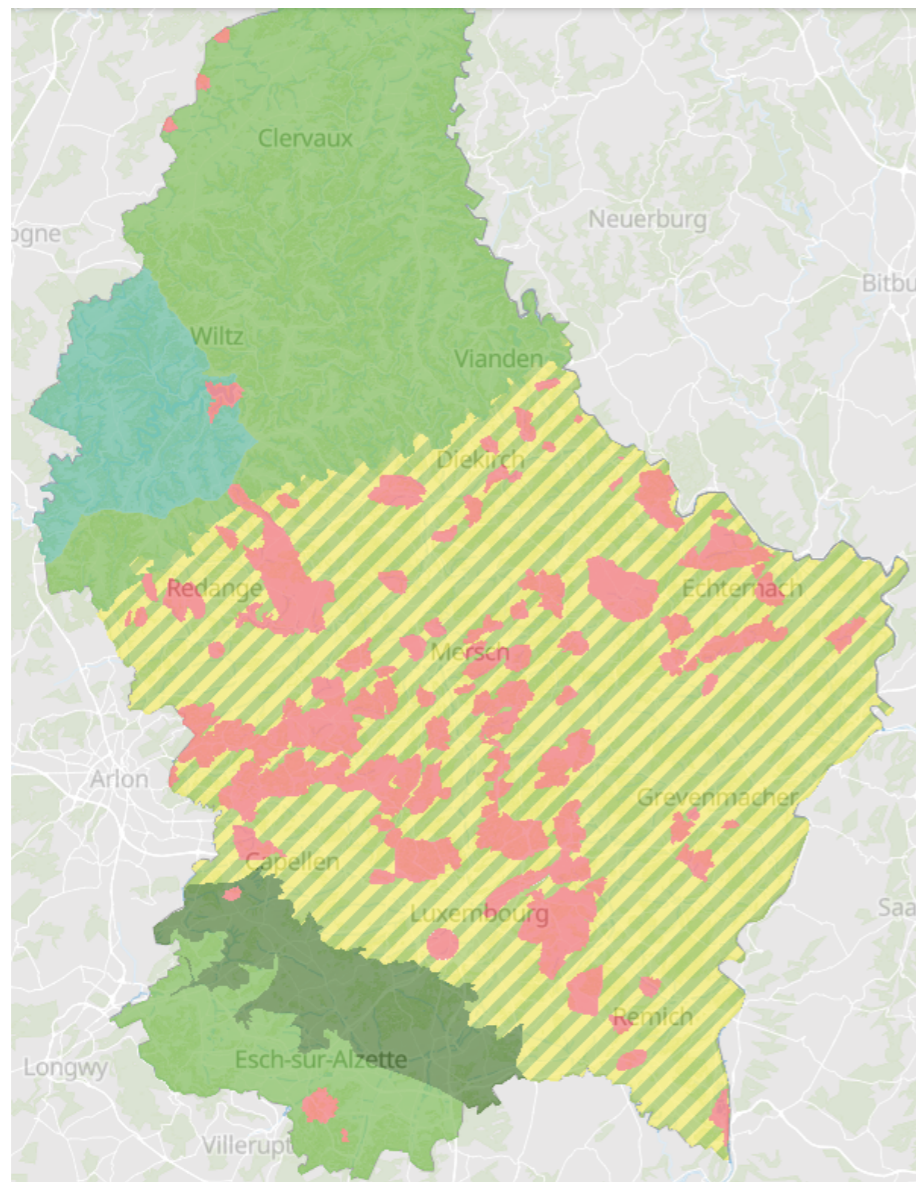
A partir du moment où l'on trouve à proximité d'un bâtiment une ressource en eau dont la température est relativement stable, on peut appliquer le même principe que celui de la géothermie pour produire du froid ou de la chaleur. Voici quelques exemples de ressources de ce type :

- les PAC sur eaux usées : eaux issues de canalisations urbaines d'eaux usées,

- les PAC sur eaux d'épuration : eaux usées/traitées situées à l'entrée ou à la sortie des stations d'épuration,

- les PAC sur eau de récupération : eaux rejetées par un process industriel ou agricole, eaux issues de circuits d'évacuation de chaleur de groupes frigorifiques...

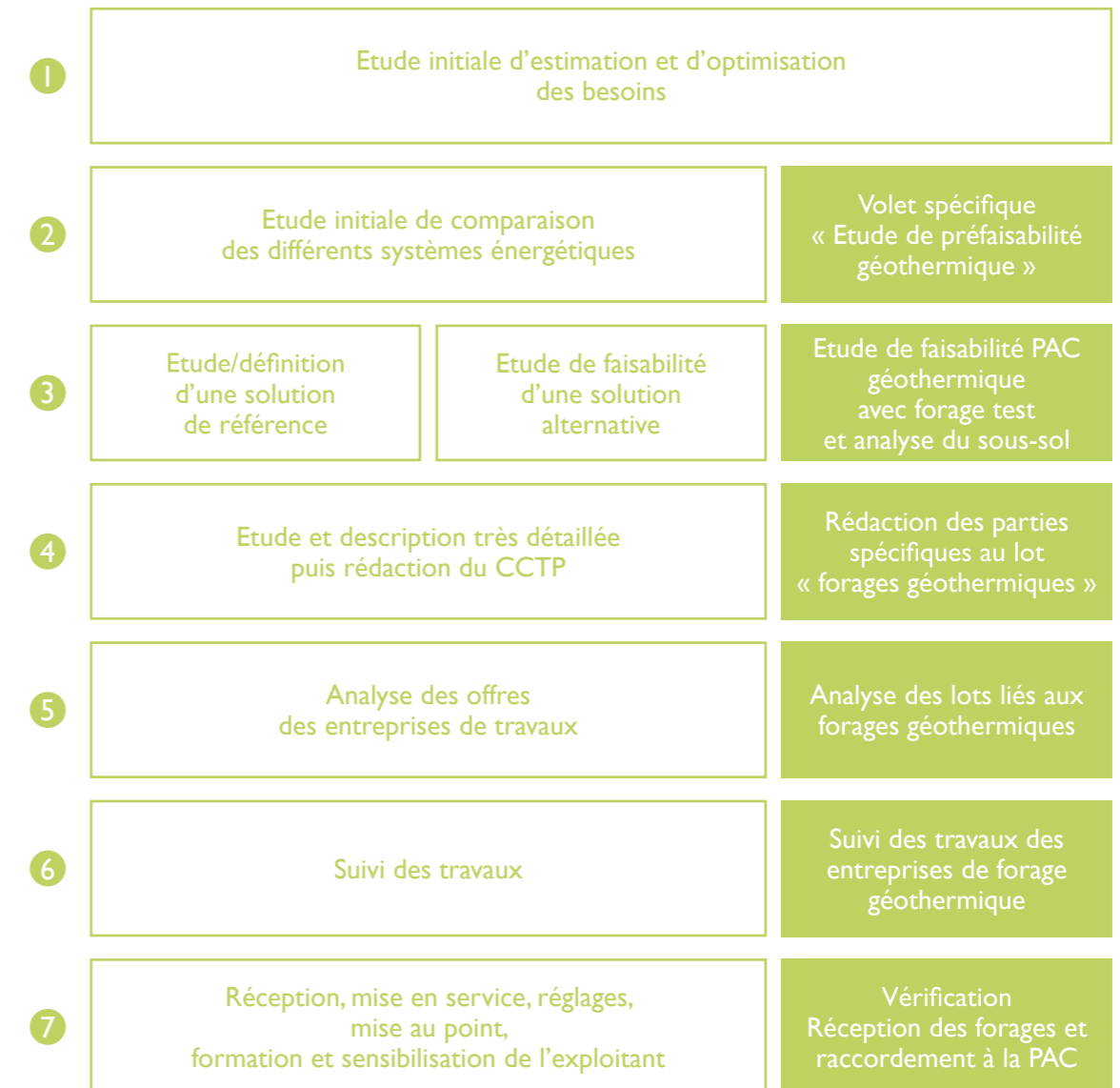
La situation au Luxembourg



Carte d'admissibilité pour forages géothermiques de faible profondeur.

5 Monter un projet de PAC géothermique au Luxembourg

Etudier et choisir une PAC géothermique pour un bâtiment ou un groupe de bâtiments présente des particularités par rapport à d'autres types de systèmes énergétiques, voici comment peuvent s'intégrer les démarches spécifiques d'un projet géothermique :



Réaliser des études de faisabilités géothermiques exige des connaissances et une expertise pointues. Très rares sont les entreprises qui possèdent l'ensemble des compétences nécessaires. Il est donc souvent pertinent de s'adjoindre les compétences d'un bureau d'études thermiques généraliste et celles d'un autre bureau d'études spécialisé dans la géothermie et l'hydrogéologie, et ce, le plus en amont possible du projet.

6 Pour aller plus loin

Mémo 1

Fonctionnement d'une PAC & comparaison entre la géothermie et l'aérothermie

Une pompe à chaleur est une machine à « cycle thermodynamique », comme les réfrigérateurs. Elle a la particularité de pouvoir prélever de la chaleur dans un milieu à faible température et de la restituer dans un milieu à température plus élevée. Plus l'écart de température entre ces deux milieux est faible, meilleures seront les performances de la PAC.

Dans le cas de la géothermie, la source dite « froide » (le sous-sol ou l'eau du sous-sol) est à environ 12-15°C toute l'année, et les circuits de chauffage, la source dite « chaude », fonctionnent en général entre 30 et 45°C. Les émetteurs de chaleur peuvent être par exemple des planchers chauffants ou radiateurs basse température.

Dans le cas de l'aérothermie, le fonctionnement est similaire, mais la source froide est l'air. Or, la température de l'air varie fortement en fonction des saisons. Ainsi, en hiver, la différence de température entre le milieu à faible température (air à -5°C par exemple) et le milieu à température plus élevée est très grande et les performances de la PAC bien plus faibles.

La régularité des performances d'une pompe à chaleur géothermique est un très gros avantage pour le chauffage d'hiver.

FAQ

Les PAC électriques ont-elles un impact néfaste sur le réseau de distribution d'électricité ?

Dans certains cas particuliers, l'accumulation de PAC électriques sur un même réseau communal d'électricité peut générer des chutes de tensions. Nous préconisons de se rapprocher de son syndicat d'électricité local pour s'assurer que cela n'arrivera pas.

Mémo 2 Les pompes à chaleur collectives et forages collectifs

Les installations géothermiques utilisant des pompes à chaleur d'une puissance calorifique nominale égale ou supérieure à 30 kW font partie de la catégorie des installations sur PAC dites 'Collectives'.

Ces systèmes sont conçus non seulement pour des bâtiments de types collectifs mais aussi pour l'ensemble des bâtiments ou immeubles autres que les logements individuels. Ils sont notamment parfaitement adaptés aux immeubles de bureaux, commerces, bâtiments publics (enseignement, santé, culture...), salles de sport, centres commerciaux ou bâtiments industriels et ce quelle que soit leur taille et leur besoin énergétique spécifique. Il n'y a pas de limite de puissance. Certaines installations en Europe produisent plusieurs MWh.

Chaque lot est équipé d'un capteur, chaque maison individuelle vient se raccorder sur sa sonde.

Dans ce cas, le prix de la sonde est intégré dans le prix de vente. Le fait de rassembler la construction de plusieurs sondes au même endroit, induit des économies d'échelle.

Le lotissement est équipé d'une boucle tempérée destinée à alimenter les pompes à chaleur. Chaque lot dispose d'un raccordement sur lequel chaque maison individuelle vient se raccorder. Cette boucle tempérée est alimentée thermiquement par un champ de sondes géothermiques.

Une copropriété peut être créée. La boucle tempérée appartient à la copropriété. Son financement est intégré dans le prix des parcelles ou elle est financée par un tiers investisseur. Elle est exploitée et gérée par un prestataire. Une redevance est payée par lot.

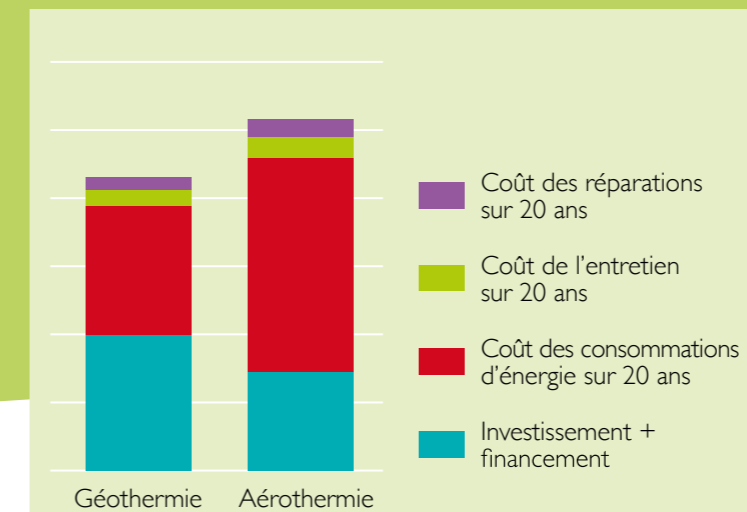
Cette redevance peut être :

- Avec une partie fixe et une partie variable proportionnelle à la quantité d'énergie prélevée sur la boucle.
- Avec uniquement une partie variable proportionnelle à la quantité d'énergie prélevée sur la boucle.

Mémo 3 Analyse économique en coût global

Une analyse économique d'un choix énergétique ne peut se faire qu'en coût global, c'est-à-dire prenant en compte toutes les dépenses liées au système sur une période donnée, par exemple 20 ou 30 ans. Chaque tranche de dépense (investissement, dépenses énergétiques, maintenance...) peut être analysée selon son coût, sa fluctuation, son incertitude, son impact sur l'emploi... puis comparée au coût global d'une solution de référence.

On remarque alors souvent que la géothermie présente de nombreux arguments économiques :



- Total du coût global favorable et moins aléatoire dans le temps.
- Dépenses énergétiques beaucoup plus faibles, donc diminution de la dépendance géopolitique, diminution de la vulnérabilité à l'évolution du prix de l'énergie.
- Investissement important, favorable à l'emploi local.

Comparaison des coûts de deux systèmes énergétiques sur 20 ans

FAQ

Les systèmes hybrides sont-ils plus économiques ?

Les systèmes hybrides, avec une PAC géothermique et un appoint de chauffage et/ou de froid, ont l'inconvénient de faire intervenir plusieurs systèmes. Il faut donc être très attentif aux réglages et à l'exploitation des systèmes, ce qui demande des compétences très pointues. Par contre, ce sont souvent les systèmes les plus pertinents d'un point de vue technico-économique, c'est pourquoi ils sont très répandus.

Marques Confort peut vous aider :

Marques Confort peut informer et aider les maîtres d'ouvrage à orienter leurs projets en phase amont et faciliter les études et dimensionnements grâce à ses partenaires ayant une expérience en géothermie. Face aux enjeux et difficultés rencontrés par les maîtres d'ouvrage dans l'étude et la réalisation de leurs projets nous souhaitons également vous associer afin de porter à l'issue de cet événement une lettre d'intention auprès des représentants des différentes Administrations impliquées afin de demander un soutien plus fort (sous la forme de subsides et/ou d'assouplissement administratif) afin d'accélérer la réalisation de projet basés sur la géothermie au Luxembourg.

Contacts :

Marques Confort : 26 55 03 43

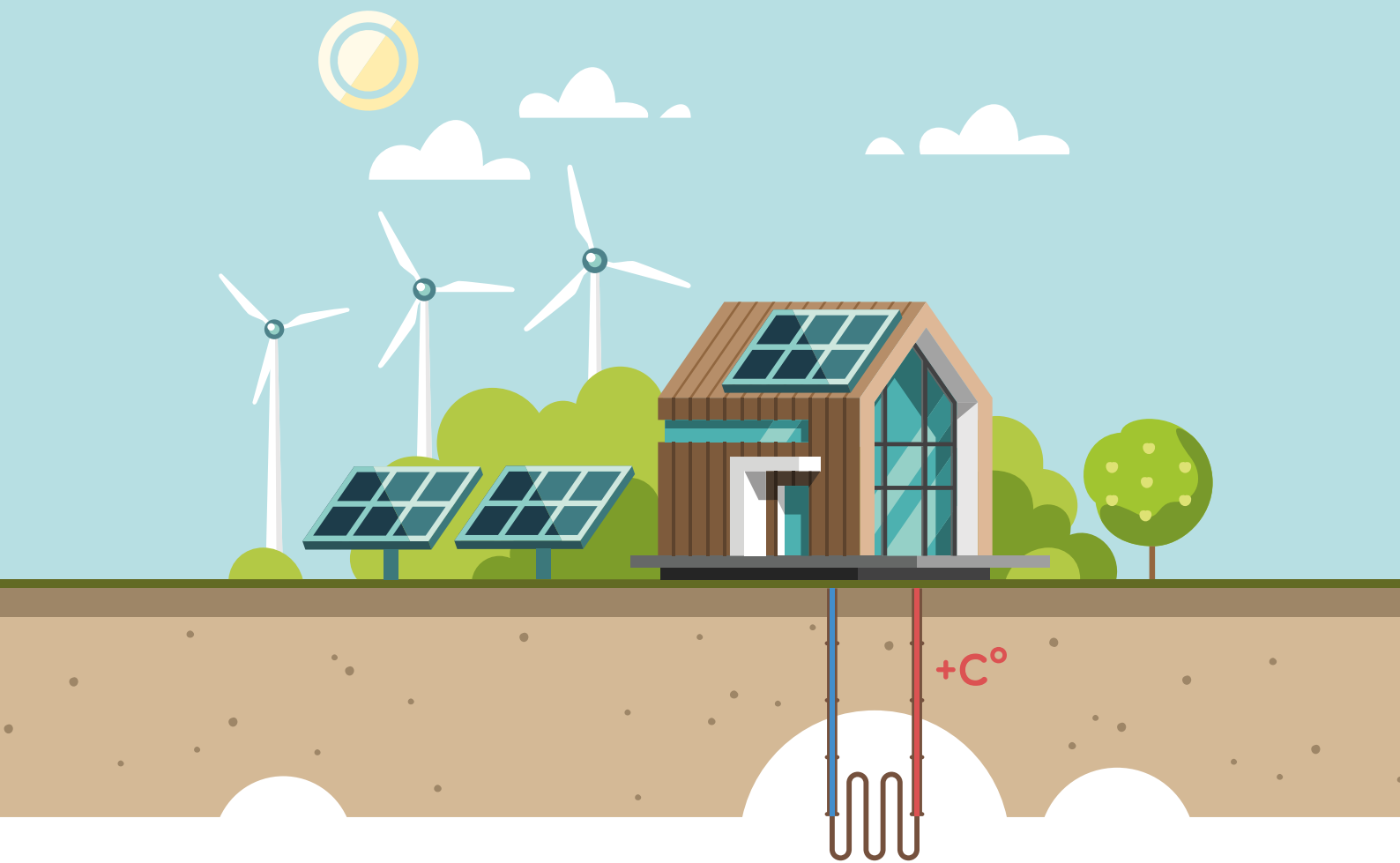
info@marquesconfort.lu

9 Op de Géieren L-4970 Sprinkange

En savoir plus :

www.marquesconfort.lu





Marques Confort
9 Op de Géieren L-4970 Sprinkange
Tél. 26 55 03 43
info@marquesconfort.lu-www.marquesconfort.u