

# Pompe à chaleur géothermique

- > Chauffage et rafraîchissement en maison individuelle
- > Conception, mise en œuvre et entretien

Acteur public indépendant, au service de l'innovation dans le bâtiment, le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) exerce quatre activités clés - recherche, expertise, évaluation, diffusion des connaissances - qui lui permettent de répondre aux objectifs du développement durable pour les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes. Le CSTB contribue de manière essentielle à la qualité et à la sécurité de la construction durable grâce aux compétences de ses 850 collaborateurs, de ses filiales et de ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux.

---

Le présent guide est destiné à commenter et à expliquer certaines règles de construction et les documents techniques de mise en œuvre. Il ne se substitue en aucun cas aux textes de référence, qu'ils soient réglementaires (lois, décrets, arrêtés...), normatifs (normes, DTU ou règles de calcul) ou codificatifs (Avis Techniques, « CPT »...) qui doivent être consultés.

Le CSTB décline toute responsabilité quant aux conséquences directes ou indirectes de toute nature qui pourraient résulter de toute interprétation erronée du contenu du présent guide.

---

**Ce guide a été réalisé d'après les documents de référence déjà publiés à la date du 2 novembre 2010.**

---

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1<sup>er</sup> juillet 1992 - article L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal article 425).

—  
G U I D E  
—  
P R A T I Q U E  
—

# Pompe à chaleur géothermique

Chauffage et rafraîchissement  
en maison individuelle

Conception, mise en œuvre et entretien

Peter RIEDERER

*Illustrations*

Franck DASTOT

**CSTB**  
*le futur en construction*

# SOMMAIRE

<b>Domaine d'application du guide</b> . . . . .	5
<b>La pompe à chaleur géothermique</b> . . . . .	7
• <i>Fonctionnement d'une PAC géothermique</i> . . . . .	8
• <i>Le système PAC géothermique</i> . . . . .	12
• <i>Utilisations d'une PAC géothermique</i> . . . . .	12
<b>La pompe à chaleur</b> . . . . .	15
• <i>Principes thermodynamiques</i> . . . . .	15
• <i>Principales technologies utilisées</i> . . . . .	17
• <i>Éléments constitutifs d'une PAC</i> . . . . .	19
• <i>Régulation d'une PAC</i> . . . . .	21
• <i>Fluides réfrigérants</i> . . . . .	21
• <i>Acoustique</i> . . . . .	22
• <i>Performances thermiques</i> . . . . .	23
• <i>Bien choisir une PAC</i> . . . . .	24
• <i>Dimensionnement de la PAC</i> . . . . .	25
• <i>Mise en œuvre</i> . . . . .	27
<b>Les échangeurs géothermiques</b> . . . . .	33
• <i>Principes fondamentaux</i> . . . . .	33
• <i>Les différents types d'échangeurs géothermiques</i> . . . . .	33
• <i>Phase préparatoire à la mise en œuvre</i> . . . . .	38
• <i>Conception et mise en œuvre</i> . . . . .	40

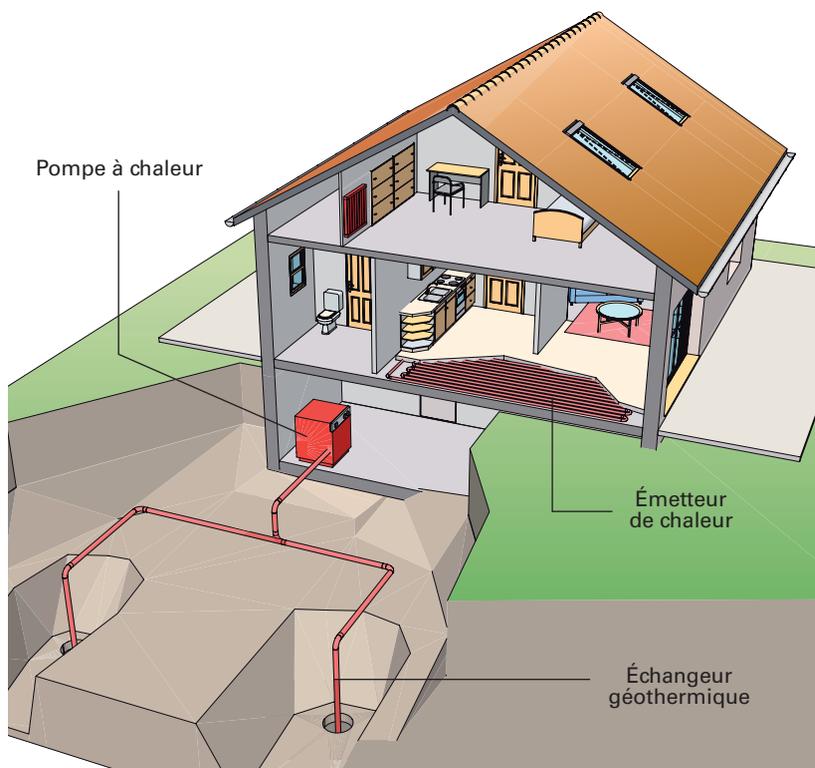
# SOMMAIRE

<b>Distribution et émission de chaleur/froid</b> . . . . .	57
• <i>Caractéristiques des émetteurs de chaleur/froid</i> . . . . .	57
• <i>Dimensionnement des émetteurs</i> . . . . .	63
• <i>Régulation de la température d'ambiance</i> . . . . .	65
• <i>Circuit hydraulique de distribution de chaleur/froid</i> . . . . .	66
• <i>Mise en œuvre</i> . . . . .	69
<b>Mise en service</b> . . . . .	73
• <i>Sécurité électrique</i> . . . . .	73
• <i>Vérifications de l'installation</i> . . . . .	73
• <i>Rinçage, mise en eau et purge</i> . . . . .	74
• <i>Vérifications et essais de la PAC</i> . . . . .	75
• <i>Réception de l'installation</i> . . . . .	76
<b>Exploitation</b> . . . . .	79
• <i>Performances énergétiques et environnementales</i> . . . . .	79
• <i>Maintenance</i> . . . . .	80
• <i>Défauts et réparations</i> . . . . .	81
• <i>Durée et fin de vie de l'installation</i> . . . . .	83
<b>Glossaire</b> . . . . .	85
<b>Réglementation, normes et autres documents de référence</b> . . . . .	87
<b>Liens utiles</b> . . . . .	95
• <i>Sites Internet</i> . . . . .	95
• <i>Aides financières</i> . . . . .	95
<b>Index</b> . . . . .	96

D'une manière générale, la géothermie peut être divisée en quatre grandes catégories : les hautes, moyennes, basses et très basses températures.

La production d'électricité est obtenue sur les sites à hautes et moyennes températures. La production de chaleur est obtenue à partir des sites géothermiques de basses températures qui utilisent les nappes d'eau chaude du sous-sol profond et de ceux de très basses températures qui utilisent le sol ou l'eau des nappes par l'intermédiaire des pompes à chaleur (ou PAC). Cette dernière catégorie sera traitée dans ce guide.

Ce guide s'applique aux PAC géothermiques pour le chauffage ou le rafraîchissement. La production d'eau chaude sanitaire (chauffe-eau thermodynamique) ne sera pas abordée ici.



Seuls les systèmes fermés, c'est-à-dire les sondes géothermiques verticales, les capteurs horizontaux ainsi que les capteurs mixtes seront traités dans ce guide. Ont été exclues de ce guide les PAC dites « sur eau de nappe » ainsi que les pompes à chaleur dites « à détente directe » (fluide frigorigène dans les échangeurs géothermiques).

Toute information sur le dimensionnement de l'ensemble du système est basée sur une approche en monovalent : la PAC fournit la totalité de l'énergie nécessaire pour le bâtiment, sans appoint supplémentaire.

Ce guide présentera, pour l'application des PAC géothermiques en maison individuelle, les principes de fonctionnement, les éléments nécessaires pour le dimensionnement ainsi que des points clés à respecter lors de leur mise en œuvre.

Les aspects de forage ou de sous-sol ainsi que les principes fondamentaux des PAC seront également abordés.

## ■ Contexte politique énergétique mondial

Le secteur du bâtiment représente plus de 40 % de la consommation d'énergie en France. Le plus grand poste de consommation dans les bâtiments concerne le chauffage et le refroidissement. Ces consommations posent à la fois des problèmes au niveau de la consommation d'énergie primaire induisant une dépendance énergétique des pays producteurs, mais également au niveau du réchauffement climatique et donc des émissions des gaz à effet de serre. Des démarches ont été mises en œuvre dans le cadre du protocole de Kyoto, et plus récemment en France dans le cadre du Grenelle de l'environnement. D'autres démarches sont en cours et permettront à long terme de réduire ces émissions. Cependant, dans un contexte de demande de refroidissement croissante (notamment en cas de canicule), les consommations d'énergie n'ont cessé de croître.

Les dirigeants de l'Union européenne se sont engagés à un triple objectif : réduire les émissions de gaz à effet de serre de 20 % en 2020 sur la base du niveau de 1990, porter à 20 % la part des énergies renouvelables dans le total de la consommation d'énergie et réaliser 20 % d'économies d'énergies en 2020.

## ■ La PAC géothermique, une solution pour le futur

Les PAC représentent une des manières les plus efficaces de produire de la chaleur ou du froid pour le bâtiment et permettent donc de fournir des éléments pour lutter contre le réchauffement climatique et réduire les consommations d'énergie primaire.

Étant données les évolutions incertaines des prix de l'énergie, la PAC représente une des solutions comportant le moins de risque par rapport aux évolutions des tarifs de l'énergie, puisqu'elle utilise de l'électricité.

Même si l'électricité provient en majorité des centrales nucléaires (environ 80 % de la production totale en France), dans le cadre des objectifs « 3 fois 20 » présentés ci-dessus, une part croissante de l'électricité sera produite à terme par des sources renouvelables. Ainsi, la solution des PAC deviendra à la fois une des plus performantes et restera en même temps respectueuse de l'environnement.

En dehors de ces aspects environnementaux et énergétiques, les PAC géothermiques présentent pour principal avantage d'assurer à la fois le chauffage, la production d'ECS (eau chaude sanitaire) et le refroidissement du bâtiment.

Comme mentionné plus haut, la climatisation et le refroidissement sont en forte hausse. La PAC géothermique permettant également le refroidissement des bâtiments, les pics de consommations électriques seront mieux maîtrisés : basé sur le principe du rafraîchissement direct, un système de PAC géothermique permet d'éviter les surchauffes en été tout en évitant des consommations électriques.

## ■ La PAC, un système « renouvelable » ?

Les PAC ont toujours suscité des discussions au sujet de l'origine de l'énergie. Une PAC peut-elle être considérée comme un système utilisant de l'énergie renouvelable ? La réponse est oui.

Pour une PAC géothermique d'une efficacité moyenne, le coefficient de performance (COP) est de l'ordre de 3. Cela signifie que 2/3 de l'énergie produite pour le chauffage sont fournis par les échangeurs géothermiques. Le reste provient de l'électricité fournie par le compresseur de la PAC.

Si l'on compare ces chiffres à un système « renouvelable », par exemple un chauffe-eau solaire individuel (CESI), le bilan global est identique. Un CESI fournit en moyenne en France 2/3 de l'énergie par le solaire. Le reste provient dans la majorité des cas de l'électricité d'appoint (la majorité des CESI en France utilisent un appoint électrique).

Le bilan est donc identique, sauf qu'ici la source d'énergie n'est pas le solaire, mais le sous-sol, la géothermie.

# Fonctionnement d'une PAC géothermique

## ■ Principe

Une pompe à chaleur géothermique est basée sur le même principe thermodynamique qu'un réfrigérateur. Elle prélève de l'énergie dans un milieu à faible température (l'intérieur du réfrigérateur) et elle restitue cette énergie dans un autre milieu à une température plus élevée (échangeur extérieur sur le dos du réfrigérateur).

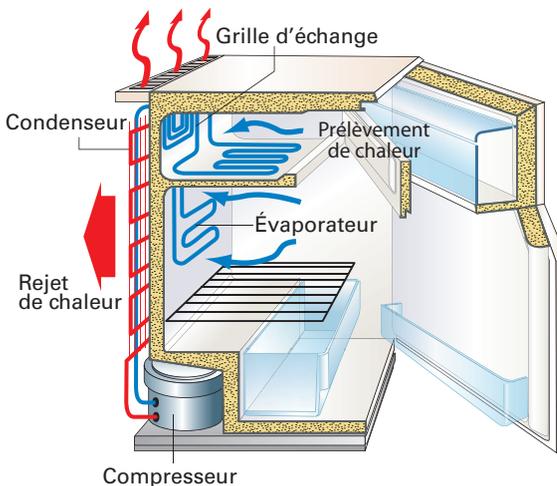


Schéma du fonctionnement d'un réfrigérateur