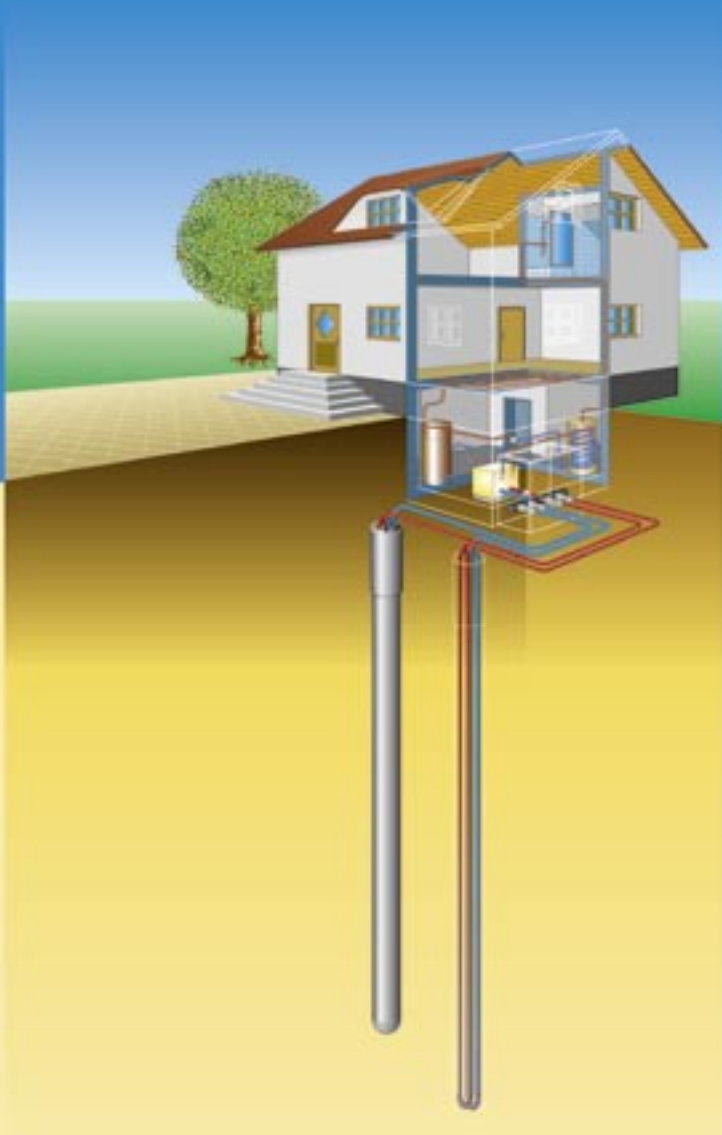


GÉOTHERMIE

Utiliser la chaleur du sol



KLIMABÜNDNIS
LËTZEBUERG
Alliance du Climat
L u x e m b o u r g

Élaboré par "Klimabündnis Lëtzebuerg" pour les communes membres et en collaboration avec:

- Transferstelle für Rationelle und Regenerative Energienutzung Bingen TSB, Dipl.-Ing. (FH) Matthias Unnath www.tsb-energie.de
- Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Dipl. Geol. Roman Storz, www.lgb-rlp.de
- Administration de la Gestion de l'Eau Luxembourg, Mme Marie-France Speck <http://gis.eau.etat.lu>

Klimabündnis Lëtzebuerg – la protection du climat "d'en bas"

Ensemble avec plus de 1300 villes et communes européennes, plusieurs communes luxembourgeoises membres de l'Alliance du Climat poursuivent les deux objectifs principaux suivants:

- leurs émissions de CO₂ doivent être réduites de 10% tous les 5 ans
- le soutien des populations de la forêt équatoriale

Au sein du "Klimabündnis Lëtzebuerg", 34 communes et les ONG "Action Solidarité Tiers Monde" et "Mouvement Écologique" se soutiennent mutuellement dans leurs efforts en vue de la protection du climat au niveau communal.

Cette brochure a été élaborée dans le cadre des travaux du "Klimabündnis Lëtzebuerg". Pour davantage d'informations sur l'Alliance du Climat et sur l'adhésion de votre commune:

www.klimabuendnis.lu

klimab@oeko.lu

Tel.: 43 90 30 26

GÉOTHERMIE

Utiliser la chaleur du sol

EXPLOITER LA CHALEUR DE LA TERRE COMME SOURCE D'ÉNERGIE 2

L'énergie géothermique, c'est quoi?	2
Comment peut-on chauffer une maison avec la chaleur du sol?	2
Par quel système puis-je exploiter l'énergie géothermique?	3
Quelles informations me faut-il en vue d'une prise de décision en faveur de l'un ou de l'autre système?	4
Quelle surface de terrain me faut-il pour chauffer une maison unifamiliale?	5
Quelle sera la profondeur du forage, si je veux utiliser l'énergie géothermique?	5
Ai-je besoin d'une autorisation pour les forages? Si oui, où dois-je en faire la demande?	6
Où peut-on effectuer des forages au Luxembourg, où sont-ils interdits?	6
Comment puis-je prévenir les dégâts écologiques?	7

LA TECHNIQUE DANS LA MAISON ET LES EXIGENCES AUXQUELLES LA MAISON DOIT RÉPONDRE 8

Une pompe à chaleur, c'est quoi? Comment fonctionne-t-elle?	8
Quels sont les différents systèmes de pompes à chaleur?	9
A quelles fins peut-on utiliser une pompe à chaleur?	9
Quel type de maison se prête le mieux au chauffage par énergie géothermique? ..	10
Quel système de chauffage convient le mieux à une pompe à chaleur?	10
Le recours à l'énergie géothermique est-il possible lors de la rénovation de bâtiments?	10
Quelle pompe à chaleur est préférable du point de vue écologique et de l'efficacité énergétique?	11
Les indices des pompes à chaleur	12
Quelles sont les exigences de qualité auxquelles une pompe à chaleur doit répondre?	13
Quelles sont les exigences de qualité en matière d'exploitation de la source d'énergie géothermique?	13

FRAIS D'ACQUISITION ET D'EXPLOITATION 15

Comparé à d'autres systèmes de chauffage, quel est le coût du chauffage par énergie géothermique?	15
--	----

LIENS 17

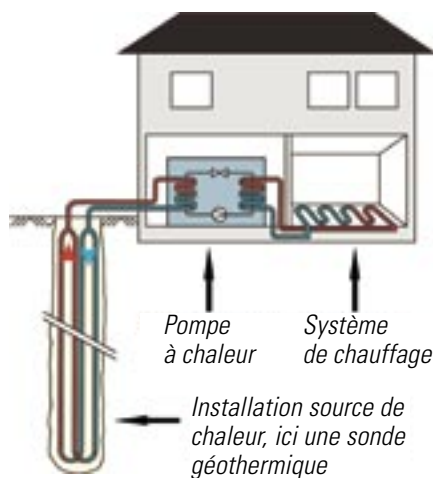
CARTE ILLUSTRANT LES POSSIBILITÉS DE RÉALISER DES FORAGES 18

EXPLOITER LA CHALEUR DE LA TERRE COMME SOURCE D'ÉNERGIE

L'énergie géothermique, c'est quoi?

L'énergie géothermique, c'est l'énergie accumulée dans le sol sous forme de chaleur. Cette énergie est disponible presque n'importe quel endroit, indépendamment de l'heure et de la saison. Si les entreprises pénètrent dans les grandes profondeurs pour exploiter la chaleur terrestre en vue de l'alimentation des réseaux de chauffage urbain et de la production de courant, le maître d'ouvrage se limitera à une profondeur maximale de 200 m pour assurer le chauffage et le rafraîchissement de son bâtiment.

Comment peut-on chauffer une maison avec la chaleur du sol?



Le principe de base est extrêmement simple. Une installation dite "à source de chaleur" (sonde, collecteur) sert à extraire la chaleur du sous-sol, dont la température relativement constante se situe entre 7 et 12°C. L'augmentation de cette température se fait par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur amenant de l'énergie (en principe du courant électrique), ensuite c'est un système de chauffage à température aller peu élevée (chauffage par le sol, chauffage mural ou radiateurs à grande surface) qui est alimenté.

Par quel système puis-je exploiter l'énergie géothermique?

Le maître d'ouvrage a la possibilité de choisir entre différents systèmes d'installations. Voici les systèmes les plus répandus:



Source: BWP

1. Les sondes géothermiques sont les plus répandues. Il s'agit généralement de 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.

2. Tout comme les sondes géothermiques, **les collecteurs souterrains** sont constitués par des systèmes fermés de tubes. Avec ce système, les tubes sont disposés à plat et à proximité de la surface (env. 1,2 à 2 m de profondeur). Les collecteurs requièrent une grande surface (elle doit correspondre à env. 2 à 2,5 fois la surface à chauffer). Si l'on dispose de cette surface, ou bien si l'autorisation pour la mise en place de sondes géothermiques est refusée, ils pourront constituer une alternative économiquement intéressante aux sondes géothermiques impliquant des travaux de forage.



3. Les installations à puits d'eau puisent les eaux souterraines dans le sous-sol, ensuite elles ramènent ces eaux vers une pompe à chaleur, et en fin de compte les eaux refroidies retournent dans le sous-sol à travers un puits d'absorption. Ces "systèmes ouverts" se caractérisent par un rendement élevé, mais ils requièrent une technique plus élaborée et une maintenance bien plus poussée, ils présupposent des conditions hydrogéologiques particulières et ils sont soumis à des exigences plus sévères en matière de droit des eaux. Les systèmes utilisant des eaux de surface comme source de chaleur fonctionnent d'une façon similaire.



Source: BWP

Quelles informations me faut-il en vue d'une prise de décision en faveur de l'un ou de l'autre système?

En principe, l'énergie géothermique peut être utilisée partout. Mais il y a des systèmes qui sont mieux adaptés que d'autres à certains sites et à certains projets de construction. Avant de prendre une décision, le maître d'ouvrage devrait réfléchir sur les points suivants ou bien se faire conseiller par des spécialistes.

aspects techniques: besoins en chaleur, système de chauffage existant, refroidissement voulu/non voulu, heures de fonctionnement prévues

aspects géologiques: genre, caractéristiques et épaisseur des couches rocheuses en place, niveau de la nappe phréatique, vitesse du courant des eaux souterraines, volume d'eau exploitable en permanence, chimisme de la nappe phréatique, d'éventuelles difficultés concernant le forage, risque de glissements de terrain

aspects locaux: surface du terrain non construit disponible, distance de la maison et du terrain voisins, terrain accessible à l'équipement de forage, emplacement des tracés de câbles et des canalisations

aspects juridiques: obstacles au niveau de la législation sur les eaux (p.ex. zones de protection des eaux)

autres aspects: disponibilité de l'équipement et du matériel de forage, données locales spécifiques (p.ex. déchets toxiques, industrie minière active et historique)

Quelle surface de terrain me faut-il pour chauffer une maison unifamiliale?

La taille du terrain dépend très fortement du système choisi, des besoins en chaleur tout comme des données géologiques et hydrogéologiques.

Les sondes géothermiques requièrent le moins de surface parmi tous les systèmes. Mais il faudra toujours respecter les distances minimales suivantes: distance du terrain voisin: 3 m, distance de la maison: 2 m, distance entre deux sondes: 6 m, distance des réseaux d'alimentation et d'évacuation: 0,7 m.

Les installations à puits d'eau doivent être conçues de façon à ce qu'un court-circuit hydraulique entre les puits soit exclu. Par ailleurs on veillera à ce que le courant d'air froid qui se forme ne touche pas le terrain voisin.

Les collecteurs d'énergie géothermique exigent une grande surface de terrain. En règle générale on peut dire que la surface requise est égale à 2-2,5 fois la surface habitable chauffée. Aucune construction ne sera érigée sur cette surface, et aucune plante susceptible de créer de l'ombre ne pourra y être plantée.

Quelle sera la profondeur du forage, si je veux utiliser l'énergie géothermique?

La profondeur du forage dépend de la longueur des sondes: celle-ci est fonction des besoins en chaleur. En principe on peut retenir que le forage sera d'autant plus profond que les besoins en chaleur seront élevés et que la conductibilité thermique du sous-sol sera faible. Les profondeurs de forage normalement requises pour la mise en place des sondes se situent entre 50 et 150 m. Le forage sera moins profond lorsqu'il s'agit d'une installation à puits d'eau, mais tout dépendra en fin de compte des conditions locales.



Source: *Entreprise Müller*

Ai-je besoin d'une autorisation pour les forages? Si oui, où dois-je en faire la demande?

Les forages en profondeur requis pour la mise en place des sondes et les sondes géothermiques sont soumis à une autorisation de la part de l'Administration de l'Environnement et de l'Inspection du Travail et des Mines (ITM), conformément à la "loi commodo" (loi modifiée du 10 juin 1999 relative aux établissements classés).

(Les formulaires pourront être téléchargés sous www.emwelt.lu, formulaires: EXP-Gen, F-GEN, EXP-170, F-170).

Lors du traitement des demandes, une attention toute particulière sera accordée à la protection de la nappe phréatique. C'est la raison pour laquelle l'Administration de la Gestion de l'Eau donne son avis pour chaque demande. Pour savoir si votre projet se situe dans une zone de protection des eaux souterraines, vous pourrez consulter le site Internet de l'Administration de la Gestion des Eaux <http://gis.eau.etat.lu>.

Les collecteurs mis en place dans le sol ne sont pas sujets à la législation "commodo".

Où peut-on effectuer des forages au Luxembourg, où sont-ils interdits?

L'utilisation de l'énergie géothermique est sensée en tout endroit où elle ne s'oppose pas aux intérêts de la protection des eaux. Au Luxembourg, les 2/3 de l'eau potable sont obtenus à partir des eaux souterraines, qu'il faut donc protéger à long terme. Les forages effectués en vue de la mise en place de sondes géothermiques ne sont pas autorisés dans des régions où les eaux souterraines sont utilisées pour le captage de l'eau potable. Dans ces cas-là, la protection des eaux souterraines à long terme est considérée comme prioritaire.

Voir carte page 18

Comment puis-je prévenir les dégâts écologiques?

La pollution des eaux souterraines peut se produire lors du forage (contamination des eaux souterraines avec des huiles et des lubrifiants), mais surtout lors du perçage de plusieurs couches aquifères.

En fait, ce n'est pas tellement le fonctionnement de l'installation (absorption de chaleur, écoulement du liquide de refroidissement) qui constitue un danger, mais plutôt la possibilité d'une pollution des couches aquifères plus profondes en raison de "courts-circuits hydrauliques" à l'intérieur de la forure.

Pour éviter ce risque, la forure doit être rendue étanche sur toute sa longueur. Mais en pratique, l'étanchéification complète d'une forure sur toute sa longueur est extrêmement difficile et les études actuelles prouvent que la plus grande partie des forages présente des défauts notables. Il est très difficile de repérer ces problèmes auxquels il ne peut être remédié, étant donné qu'ils se situent dans un sous-sol inaccessible.

L'écoulement du liquide de refroidissement se surveille plus facilement. Il suffit que le circuit des sondes soit équipé d'un avertisseur de pression/d'écoulement, qui déconnectera la pompe de circulation dès que la pression hydrostatique chute, et le cas échéant ce ne sera donc qu'une faible quantité de liquide caloporteur qui s'écoulera.

Pour ne pas courir le risque de se retrouver face à des demandes de dommages et intérêts, le maître d'ouvrage ferait bien de confier les travaux exclusivement à des entreprises qualifiées, de veiller à ce que la compression de l'espace annulaire se fasse selon les règles de l'art et d'utiliser si possible des sondes de marque en matière plastique complètement réticulée.



Source: LGB

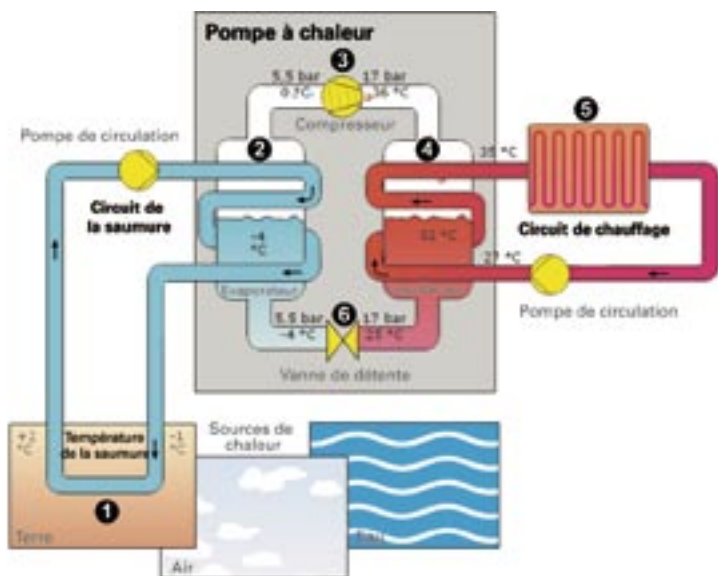
LA TECHNIQUE DANS LA MAISON ET LES EXIGENCES AUXQUELLES LA MAISON DOIT RÉPONDRE

Une pompe à chaleur, c'est quoi? Comment fonctionne-t-elle?

Les pompes à chaleur sont des machines, qui "pompe" l'énergie contenue dans un système (le sol) pour le faire passer dans un autre système (la maison). Ces machines permettent d'utiliser l'énergie géothermique pour le chauffage des maisons. Avec ce système, une partie de l'énergie provient de l'environnement, donc de l'extérieur, sous forme de la chaleur de l'air, du sol ou des eaux souterraines. L'autre partie (pour l'actionnement du compresseur) doit être apportée sous forme de courant ou de gaz.

Le principe de fonctionnement est extrêmement simple. Dans nos ménages, nous utilisons ce principe de façon inverse dans le réfrigérateur.

A l'intérieur de la pompe à chaleur, une petite pompe fait circuler le fluide frigorigène dans le circuit. Au cours de ce processus, le fluide frigorigène change constamment de pression et de température: tour à tour, la chaleur est absorbée puis dégagée. Ci-dessous, nous vous présentons les détails du circuit et des fonctions d'une pompe à chaleur:



Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur. Source: Dimplex GmbH

Quels sont les différents systèmes de pompes à chaleur?

A l'heure actuelle, on trouve trois types de pompe à chaleur sur le marché:

- la pompe à chaleur électrique
- la pompe à chaleur à moteur à gaz
- la pompe à chaleur à absorption.

La pompe à chaleur électrique est la plus répandue; avec un rendement calorifique dont les performances se situent entre 1 et 1000 kW, elle peut être utilisée en de très nombreux domaines du chauffage et de la préparation d'eau chaude.

Par ailleurs on distingue les pompes à chaleur d'après leur source de chaleur respective:

- pompe à chaleur saumure/eau;
source de chaleur: le sol
- pompe à chaleur eau/eau;
source de chaleur: les eaux souterraines
- pompe à chaleur air/eau;
source de chaleur: l'air

Dans une pompe à chaleur à moteur de gaz, ce n'est pas un moteur électrique qui fait marcher le compresseur, mais un moteur à combustion interne.

Contrairement aux deux autres systèmes, la pompe à chaleur à absorption n'utilise pas d'énergie motrice mécanique pour l'actionnement du compresseur, mais de l'énergie thermique.

A quelles fins peut-on utiliser une pompe à chaleur?

Les pompes à chaleur peuvent chauffer des bâtiments et fournir de l'eau chaude. Elles sont installées essentiellement lors de la nouvelle construction de maisons uni- ou plurifamiliales, mais également de plus en plus souvent dans le cadre de travaux de rénovation de bâtiments vétustes.

A l'avenir, les pompes à chaleur ne serviront plus exclusivement au chauffage, mais elles seront affectées de plus en plus souvent au refroidissement des bâtiments. Pour des raisons écologiques et énergétiques il convient de signaler que si un bâtiment doit être refroidi de 2 à 4°C par rapport à la température extérieure, il est recommandé d'utiliser exclusivement des systèmes de pompes à chaleur électriques ou à moteur à gaz avec évaporateur direct.

Une pompe à chaleur est particulièrement intéressante lorsqu'on dispose continuellement de chaleur à un niveau de température peu élevé.

Quel type de maison se prête le mieux au chauffage par énergie géothermique?

Les maisons à besoins énergétiques réduits, dites maison à faible consommation d'énergie ou maisons passives, se prêtent le mieux à une utilisation sensée et efficace des pompes à chaleur.

Ces maisons se caractérisent par les points suivants:

- faibles besoins de chauffage avec une consommation annuelle de 2,5 à 6,0 litres (maximum) de mazout ou l'équivalent en mètres cubes de gaz naturel par mètre carré de surface habitable/utile.
- faibles besoins en puissance calorifique, entre 20 et 50 Watt par mètre carré.

Le maître d'ouvrage doit savoir que les prescriptions de l'actuel règlement luxembourgeois concernant les isolations thermiques ne suffisent généralement pas pour répondre à ces exigences.

Dans son magazine paru en juin 07, la Stiftung Warentest a présenté les résultats d'un test de pompes à chaleur. Conclusion: le fonctionnement avantageux et écologique d'une pompe à chaleur n'est assuré que lorsque le bâtiment est bien isolé. Les autres conditions essentielles sont: une source de chaleur d'assez bonne qualité (sol ou eaux souterraines) et un chauffage par surfaces étendues et à niveau de température peu élevé.

Quel système de chauffage convient le mieux à une pompe à chaleur?

Les systèmes de chauffage les mieux adaptés sont ceux qui se contentent d'une température aller entre 28 et un maximum de 35°C. Dans ce groupe, on retrouve surtout les chauffages par le sol et les systèmes de chauffage muraux qui occupent e grandes surfaces. Car si la différence de température entre la source de chaleur et l'aller de l'eau du chauffage est faible, la pompe à chaleur pourra travailler plus efficacement et le coefficient de performance annuelle sera d'autant plus élevé. La condition pour obtenir une subvention étatique: 35°C au maximum.



Source: *Entreprise Müller*

Le recours à l'énergie géothermique est-il possible lors de la rénovation de bâtiments?

Cette possibilité peut être envisagée si l'on respecte certaines conditions, mais pour des raisons économiques et écologiques, la courbe de chauffage devrait être réglée de sorte que la température aller de l'eau du chauffage ne dépasse pas 45°C.

Dans le domaine des constructions anciennes, cela présuppose une rénovation thermique du bâtiment (isolation thermique des murs extérieurs et du toit, ou bien mise en place de nouvelles fenêtres). Ce n'est que suite à ces travaux que les radiateurs existants suffiront pour fournir la chaleur requise avec les températures aller prévues. Mais dans la plupart des cas, un agrandissement des surfaces chauffantes est à recommander.

UN CONSEIL: Si l'on envisage l'acquisition d'une pompe à chaleur, il est préférable de régler la courbe de chauffage sur 45°C au cours de la période de chauffage qui précède: cela permettra à l'intéressé de constater si la température reste toujours agréable à l'intérieur de la maison.

Quelle pompe à chaleur est préférable du point de vue écologique et de l'efficacité énergétique?

Les pompes à chaleur alimentées au gaz présentent l'avantage d'utiliser une source d'énergie primaire comme force motrice, ce qui permet – contrairement au courant électrique – d'éviter des pertes dues à la conversion (1 kWh de courant sortant de la prise requiert 3 kWh de gaz ou de pétrole dans la centrale électrique). Mais à l'heure actuelle, les pompes à chaleur alimentées au gaz sont proposées pour des bâtiments d'une certaine envergure, c'est-à-dire pour des immeubles hébergeant des bureaux ou

des entreprises prestataires de services, ou alors de grands immeubles d'habitation. Certaines entreprises sont en train d'élaborer des installations destinées aux maisons unifamiliales.

Lors de la comparaison des pompes à chaleur électriques avec des chauffages au mazout ou au gaz, le genre de la production de courant et ses répercussions sur l'environnement, p.ex. les émissions de CO₂, sont déterminants. C'est donc le courant de service qui se trouve au centre du bilan écologique, et l'on peut dire qu'une pompe à chaleur est aussi bonne ou écologique que le courant qui sert à l'actionner. Il est donc préférable de recourir au soi-disant "courant vert" obtenu à partir de sources d'énergie primaire régénératrices, avec des émissions de CO₂ et des répercussions sur l'environnement beaucoup moins importantes que celles provoquées par le courant obtenu à partir de sources d'énergie conventionnelles comme l'uranium, le pétrole, le charbon et le gaz naturel.

Si l'on ne considère que le bilan du CO₂, une pompe à chaleur alimentée au courant électrique présente de meilleurs résultats que les installations classiques à basse température et les chaudières à condensation alimentées au gaz ou au mazout, **dès que le coefficient de performance 3 est largement dépassé.**

LA TECHNIQUE DANS LA MAISON ET LES EXIGENCES AUXQUELLES LA MAISON DOIT RÉPONDRE

Même si l'on utilise du courant vert, il faudra veiller – pour des raisons de rentabilité et d'efficacité énergétique – à ce que le coefficient de performance soit toujours sensiblement supérieur à 3. Les systèmes couplés au sol dépassent facilement le

coefficient de performance 3. Les pompes à chaleur air-eau peuvent répondre à ces exigences, lorsque les critères suivants sont remplis: une bonne isolation thermique du bâtiment et une température aller extrêmement basse.

Les indices des pompes à chaleur

L'**indice de puissance** indique le nombre de kWh d'énergie auxiliaire électrique requis pour produire une quantité donnée de chaleur assurant le chauffage des locaux et la production d'eau chaude. Dans les brochures, l'indication de l'indice de puissance se trouve souvent liée à des données du genre A7/W35 ou B0/W35.

Les lettres désignent la source de chaleur: A=air, B=brine (saumure en anglais). Le premier nombre indique la température de la source de chaleur, le deuxième celle de l'eau du chauffage. L'indice de puissance dépend par conséquent de la température ambiante et de la température de l'eau du chauffage,

donc de la température aller dans le circuit de chauffage.

Conditions pour une subvention de l'État: sol/eau > 4,2 ; air/eau >3,3.

Pour juger de l'efficacité totale d'une installation, il faut calculer son **coefficient de performance annuelle**. Il s'agit là de la valeur la plus importante pour le consommateur, étant donné qu'elle joue un rôle essentiel dans la détermination des frais d'énergie. Elle représente le rapport entre l'énergie calorifique produite tout au long de l'année et le courant électrique requis à cet effet et fourni par le distributeur d'énergie.

Exemple d'une maison unifamiliale:

Consommation de chaleur d'après le compteur de la quantité de chaleur:	20.000 kWh _{th}
Consommation de courant d'après le compteur de courant:	5.000 kWh _{el}
Coefficient de performance annuelle: (plus le coefficient est élevé, mieux ce sera)	4

Quelles sont les exigences de qualité auxquelles une pompe à chaleur doit répondre?

Pour fixer un même niveau de qualité pour les pompes à chaleur, les initiatives de promotion établies en Allemagne, en Autriche et en Suisse, réunies dans le groupe d'études D-A-CH, ont élaboré en 1998 des directives concernant la qualité des pompes à chaleur et les ont fixées dans un label de qualité international. Ce label doit garantir la fiabilité et le caractère écologique de l'installation. Lors de la remise du label de qualité, ce ne sont non seulement les qualités techniques qui sont prises en compte, mais également le réseau du service après-vente et les prestations dans le cadre de la garantie, afin d'offrir un maximum de sécurité aux exploitants de pompes à chaleur tout comme aux professionnels de la branche. En Allemagne, le "Bundesverband Wärmepumpe (BWP)" est l'autorité responsable pour la remise du label de qualité.

Les pompes à chaleur les plus répandues sur le marché ont dû passer au banc d'essai du centre de test pour pompes de chaleur à Töss (CH). Les résultats de ces tests et des informations plus détaillées sont publiés sous www.ntb.ch



Quelles sont les exigences de qualité en matière d'exploitation de la source d'énergie géothermique?

Mesures de construction/forages

Pour les travaux de planification et de réalisation vous pourrez vous adresser directement à un bureau d'ingénieurs ayant de l'expérience dans ce domaine, à une entreprise spécialisée en forages, à une entreprise de chauffage/installations, à un architecte, et vous devez prendre contact avec votre fournisseur de courant. Comme les offres peuvent présenter de fortes différences, il faudra demander un devis à plusieurs entreprises et prestataires de services. Les travaux de forage seront confiés exclusivement à une entreprise qui pourra prouver sa qualification à travers une certification ou des références!



Source: *Entreprise Müller*

La sonde

La sonde est en fait le "cœur" d'une installation à sondes géothermiques, et elle doit donc répondre à des exigences particulières. Si vous n'utilisez pas de sondes complètes soudées à l'usine, le personnel chargé des travaux devra apporter la preuve de sa qualification par la présentation d'un certificat de soudeur de polyéthylène. La sonde géothermique complète, à l'inclusion de son pied, doit être conforme aux critères de qualité d'après la directive VDI 4640. Par rapport au polyéthylène normal, les matières plastiques réticulées présentent l'avantage d'être moins sujettes à l'endommagement et d'être par conséquent sensiblement plus durables.



Source: LGB RP

Les écarteurs

Il s'agit de pièces d'écartement en matière plastique encastrées entre les tuyaux chauds et froids de la sonde. Ces pièces sont d'une très grande importance pour le bon fonctionnement de l'installation et elles doivent être mises en place à une distance de 3 mètres au maximum.

Installation de la sonde et compression de l'espace vide

Vous devez être particulièrement exigeant sur tout ce qui a trait à l'installation de la sonde et à la compression de l'espace annulaire (remplissage de l'espace vide entre la paroi de la forure et la sonde). Seul un travail selon les règles de l'art garantit une bonne transmission de chaleur et évite un endommagement de la sonde ! Une compression correcte doit toujours se faire du bas vers le haut. Veillez à ce que l'on utilise exclusivement des mélanges prêts à l'emploi (Betonit) comme mortier d'injection, et pas un mélange préparé sur le chantier.



Source: Entreprise Müller

Dans ce contexte, nous renvoyons au guide "Heizen & Kühlen mit Erdwärmesonden – Ordnungsgemäße Durchführung von Erdwärmesondenbohrungen des LGB Rheinland-Pfalz". Des informations plus détaillées sont publiées sous: www.lgb-rlp.de

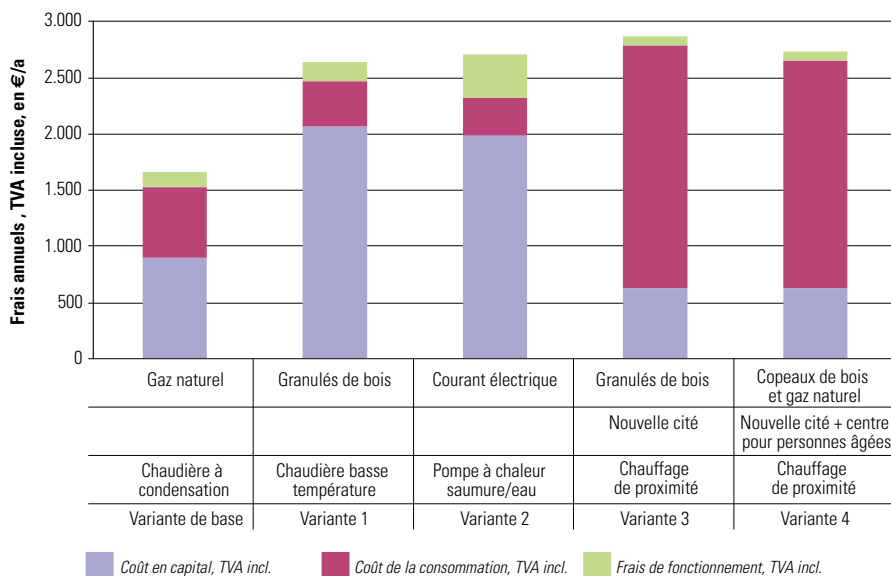
FRAIS D'ACQUISITION ET D'EXPLOITATION

Comparé à d'autres systèmes de chauffage, quel est le coût du chauffage par énergie géothermique?

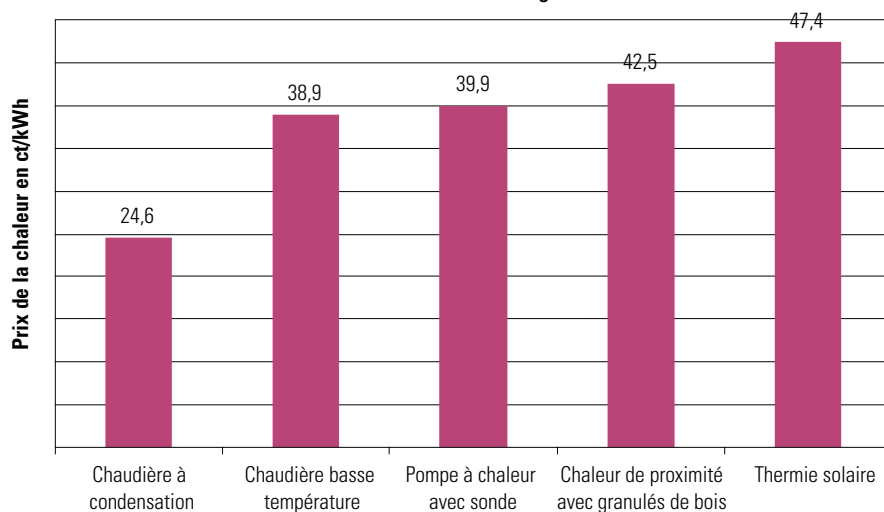
L'exemple suivant se rapporte à une installation à pompe à chaleur pour une maison unifamiliale à 3 litres (excellente isolation thermique):

Données du bâtiment:

Surface utile	160 [m ²]
Besoins en puissance calorifique	25 [W/m ²]
Puissance calorifique	4 [kW _{th}]
Besoins annuels en chauffage	4.800 [kWh _{th} /a]
Besoins annuels pour le réchauffement de l'eau potable	2.000 [kWh _{th} /a]
Total des besoins annuels en chauffage	6.800 [kWh_{th}/a]



Prix de la chaleur avec différentes variantes de chauffage



La source de chaleur présumée est une sonde d'une longueur d'environ 100 m. En moyenne, il faut prévoir une longueur de 15 m de sonde par kWth. Pour faciliter la comparaison, nous calculons dans cet exemple le coût total annuel et le soi-disant prix de revient de la chaleur d'après VDI 2067. Dans cet exemple, la durée d'utilisation prévue de la pompe à chaleur est de 20 ans, celle des sondes implantées dans le sol est de 40 ans.

Le diagramme nous présente les différentes variantes de la production de chaleur: chaudière à condensation alimentée au gaz naturel, granulés de bois, pompe à chaleur, et il permet une comparaison du total des frais annuels. Dans ce diagramme figure également l'alimentation d'une maison par un réseau de chauffage local doté d'une chaudière pour granulés de bois ou copeaux de bois.

Le diagramme permet une comparaison sur la base du prix de la chaleur.

Le prix de la chaleur générée par une pompe à chaleur avec sonde est de 39,9 ct/kWh; en raison des frais d'investissement plus élevés, il dépasse celui de la chaudière au gaz naturel d'environ 38%.

Ces comparaisons dépendent en partie des frais des différents porteurs d'énergie. Il faut tenir compte du fait que le prix du mazout, du gaz et du courant électrique a régulièrement augmenté au cours des dernières années (entre 1970 et 2005: 8,5% pour le courant et 11% pour le mazout et le gaz). En plus il faut considérer qu'une grande partie de la production de courant se fait sur la base de pétrole, de charbon et de gaz, et qu'elle dépend donc de leurs générateurs de coût.

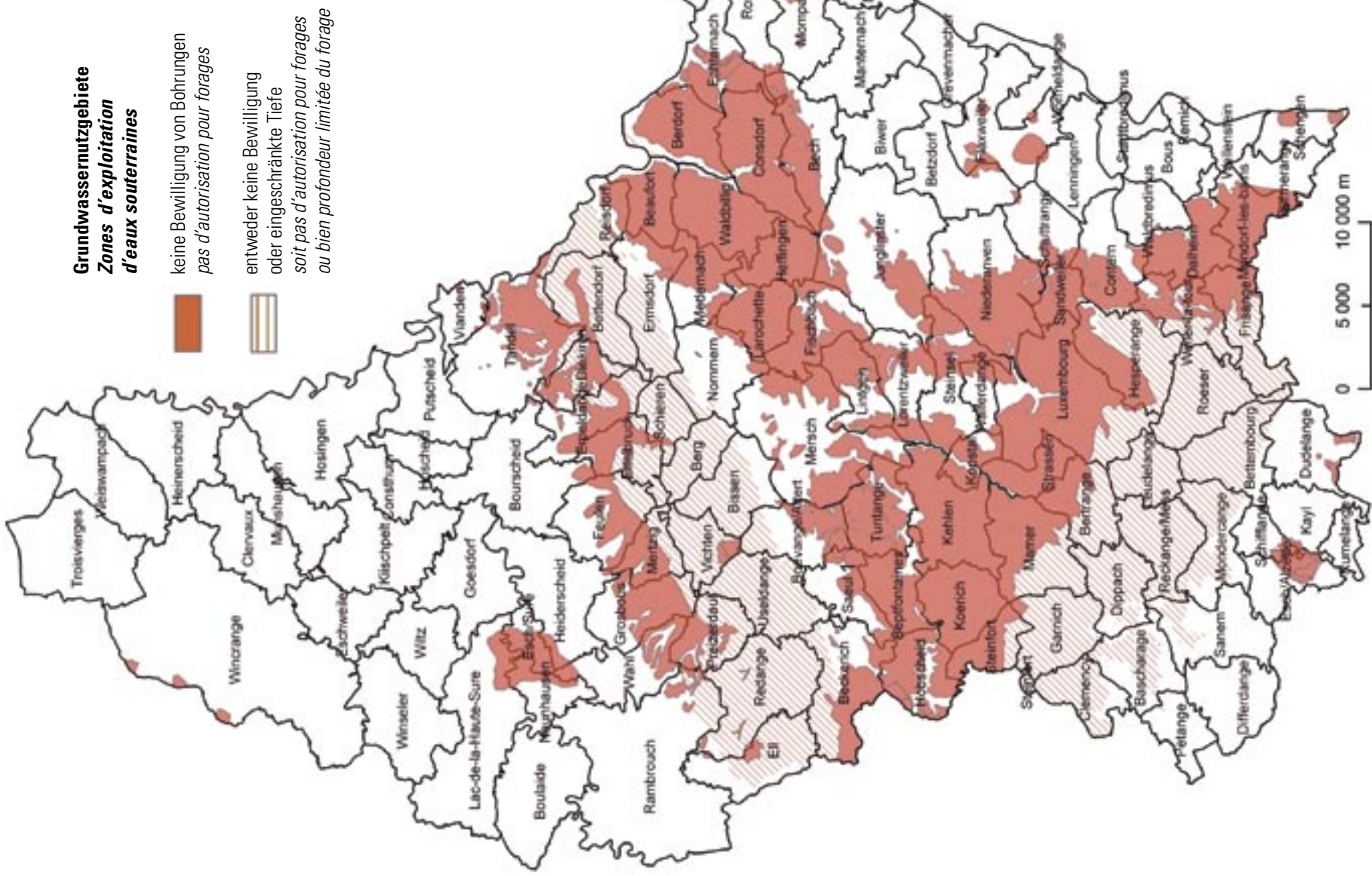
Suite à la raréfaction des gisements de gaz naturel et de pétrole, aux besoins croissants en énergie dans le monde entier, et notamment dans les nouveaux pays industrialisés comme la Chine, le Brésil et l'Inde, les économistes s'attendent à d'autres aug-

mentations de prix. Le commerce avec les émissions de CO₂, les frais en relation avec les changements climatiques liés à l'utilisation des ressources fossiles ainsi que la sécurité de l'alimentation continueront à faire grimper les prix des combustibles.

LIENS

- Administration de la Gestion des Eaux
<http://gis.eau.etat.lu> sous la rubrique eaux souterraines/restrictions pompes à chaleur
- Subventions de l'État
www.emwelt.lu
- Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.
www.asue.de
- Transferstelle für Rationelle und Regenerative Energienutzung Bingen TSB
www.tsb-energie.de
- Bundesverband WärmePumpe e.V. (BWP)
www.waermepumpe-bwp.de
- Informationszentrum Wärmepumpe und Kältetechnik e.V. (IZW)
www.izw-online.de
- Geothermische Vereinigung (GtV) e.V.
www.geothermie.de
- Ground Coupled Heat Pumps of High Technology (Groundhit)
www.geothermie.de/groundhit
- Landesamt für Geologie und Bergbau (LGB) Rheinland Pfalz
www.lgb-rlp.de

ÜBERSICHTSKARTE IN BEZUG AUF DIE REALISIERBARKEIT VON BOHRUNGEN



DE RÉALISANT LES POSSIBILITÉS
DE RÉALISER DES FORAGES