

# ICS

magazine

## Projet: Warwick Brussels

### Responsabilité solidaire renforcée

---

### Geothermie als energiebron

---

### Scholenwedstrijd West-Vlaanderen

---

# Ondiepe geothermie om gebouwen te koelen en te verwarmen

*De titel van de allernieuwste Technische Voorlichting van het WTCB (nr. 259) luidt 'Ondiepe geothermie. Ontwerp en uitvoering van bodemenergiesystemen met U-vormige bodemwarmtewisselaars'. Maar vergis u niet, ondiep in deze context is al 500 meter diep. Pas als men nog dieper gaat, spreekt men over diepe geothermie.*

Vanaf 2020 moeten nieuwe gebouwen, volgens de Europese richtlijn van 19 mei 2010, vrijwel enkel hernieuwbare energie gebruiken. Er wacht geothermie, bron van hernieuwbare energie, dus een rooskleurige toekomst. Dit is al het geval in onze buurlanden, waar ze al langer werken met ondiepe geothermie als energiebron. Een techniek die dus aan belang zal toenemen. De TV 259 is dan ook een onmisbaar document om meer te weten te komen over het nut ervan en de bestaande systemen.

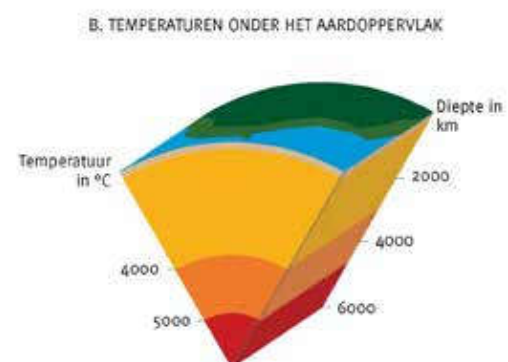
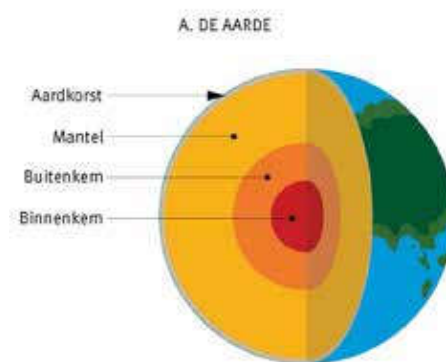
## Warmte vanuit het binnenste van de aarde

Het woord geothermie bestaat uit 'geo' dat verwijst naar aarde en 'thermie', dat verwijst naar warmte. Iedereen herinnert zich nog vanuit de lagere school dat hoe dichterbij de kern van de aardbol, hoe warmer. De temperatuur bij de kern van de aarde bedraagt maar liefst meer dan 5000 °C en ook de tussenlagen tot aan het aardoppervlak blijven gloeiend heet.

In België bereikt men bij een diepte van 18 meter een temperatuur van 10 tot 12 °C en naarmate men dieper gaat, vermeerderd het telkens met 2 tot 3 °C bij elke 100 meter, tot minstens 500 meter. Zelfs deze ondiepe lagen zijn dus een bron van thermische energie.

Als de warmte op meer dan 500 meter diepte gehaald wordt (soms wel tot 2500 m), spreekt men van diepe geothermie. Het water dat op deze diepte naar boven gehaald wordt, kan onmiddellijk ge-

Evolutie van de temperatuur onder het aardoppervlak.



bruikt worden voor verwarming of elektriciteitsproductie.

## Welk systeem kiezen?

Geothermie gebruikt het warmteverschil tussen de temperatuur aan het aardoppervlak – daar waar de gebouwen verwarmd of afgekoeld moeten worden – en de temperatuur in de diepe en minder diepe lagen. De temperatuur van deze lagen is redelijk stabiel, waardoor het mogelijk wordt om de warmte in de winter naar boven te halen... en de relatieve koelte in de zomer.

Een geothermisch systeem bestaat steeds uit drie elementen. Een bodemenergiesysteem dat de energie uit de bodem haalt en een warmtepomp die de temperatuur van het water zal opwarmen als het bestemd is voor verwarming, en omgekeerd afkoelen als het bestemd is voor koeling. Als laatste element zorgt een afgiftesysteem ervoor dat

de geproduceerde energie in het gebouw verdeeld kan worden.

Om energie uit de bodem te halen kan er gewerkt worden met gesloten horizontale systemen, gesloten verticale systemen of open systemen.

## GESLOTEN HORIZONTALE BODEMWISSELAARS

Voor dit systeem worden er kunststofbuizen ongeveer 1,2 tot 2 meter onder de grond horizontaal geplaatst. De vloeistof of het gas dat in deze buizen circuleert wordt opgewarmd door de bodem en een warmtepomp zal de temperatuur nog verhogen. De grond werkt dan als het ware als een zonnecollector, waarbij er warmte ontnomen wordt in de winter en het warmereservoir terug aangevuld wordt door zonne-instraling in de zomer. Er mag hier niet uit het oog verloren worden dat dit systeem niet kan ingezet worden voor



Gesloten horizontale bodemwisselaar.

koeling en enkel toegepast kan worden bij relatief kleine projecten (residentiële sector). Bovendien is het ook belangrijk om een vlak horizontaal terrein te hebben om de nodige buizen te kunnen plaatsen.

### GESLOTEN VERTICALE BODEMWISSELAARS

Deze wisselaars worden ingebracht in gaten die verticaal in de bodem geboord zijn. Door middel van een vloeistof wordt de warmte van de ondergrond naar de oppervlakte getransporteerd. Afhankelijk van de gewenste prestaties en het type grond worden er meer of minder (on)diepe gaten geboord.

Verticale wisselaars zijn duurder dan horizontale, maar ze zijn performanter en geven een beter rendement. Het is zelfs mogelijk om deze wisselaars te integreren in de fundering van het gebouw. Men spreekt dan van een energiepaal.

Voor de U-vormige verticale warmte-wisselaar worden er boringen uitgevoerd met een diameter van 15 tot 20 centimeter in de bodem tot een diepte van 100 tot 120 meter. Zoals aangeduid op het schema zitten er in de boorgaten synthetische U-vormige buizen waarin een vloeistof, meestal een mengeling van water en antivries, loopt. Een mogelijke variant is de concentrische bodemwisselaar.

In de winter stuwt de verticale U-vormige wisselaar een vloeistof naar boven waarvan de temperatuur veel hoger ligt dan de buitentemperatuur. Om een aangename temperatuur in het gebouw te bereiken is het voldoende om de vloeistof nog wat bij te verwarmen d.m.v. de warmtepomp. Door de warmte steeds naar het oppervlak te brengen, koelt de grond traag af en bereikt het zijn minimumtemperatuur pas op het einde van het koude seizoen. Wat goed uitkomt, want voor het daaropvolgende warmere seizoen, zal de koude in de grond net gebruikt kunnen worden om het gebouw af te koelen (omgekeerd procedé). De warmte van het gebouw zal dan via de vloeistof in de buizen afgeleid worden naar de grond, die op zijn beurt langzaam opnieuw zal opwarmen voor het volgende winterseizoen. Omdat dit principe gebruikmaakt van de bodem als tijdelijke energieopslagplaats, spreken we van Boorgat-energieopslag (BEO) of *Borehole Thermal Energy Storage* (BTES).

### OPEN SYSTEMEN

Bij open systemen worden er twee putten gegraven onder het gebouw. Het water in de eerste put is in de winter een bron van warmte om het gebouw te verwarmen. Het afgekoelde water in de tweede put kan in de zomer gebruikt worden voor afkoeling of wordt opnieuw in de bodem geïnjecteerd en opgewarmd voor het volgende stookseizoen.

## Pompen en verwarmen

Een warmtepomp heeft zijn naam niet gestolen, aangezien het een toestel is dat pompt en verwarmt. Dit toestel haalt immers de warmte uit een bepaalde bron (ondergronds water of warmtewisselaar) en voegt vervolgens elektrische energie toe om de temperatuur te verhogen voordat de warmte naar het gebouw gestuurd kan worden voor verwarming of sanitair warm water.

De TV 259 definieert het rendement of COP (*coefficient of performance*) van een warmtepomp als de hoeveelheid energie die een warmtepomp produceert per eenheid verbruikte elektriciteit. Hoe hoger de temperatuur van de warmtebron hoe minder bijkomende energie de warmtepomp moet verbruiken en hoe hoger zijn rendement zal zijn. Zo heeft een warmtepomp die 1kWh aan elektriciteit verbruikt voor 4 kWh aan warmte te produceren een COP van 4.

### ACTIEVE KOELING

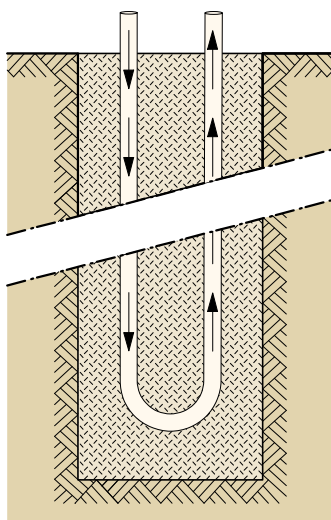
De werking van een warmtepomp kan ook omgekeerd worden. Als het tijdens de zomer te warm wordt in het gebouw wordt deze warmte naar de grond afgeleid. Een beweging, waar er tweemaal winst gemaakt wordt: er wordt op natuurlijke wijze afgekoeld zonder het binnenklimaat aan te tasten en tegelijkertijd wordt er al warmte opgeslagen voor wanneer er in de winter verwarmd moet

»»

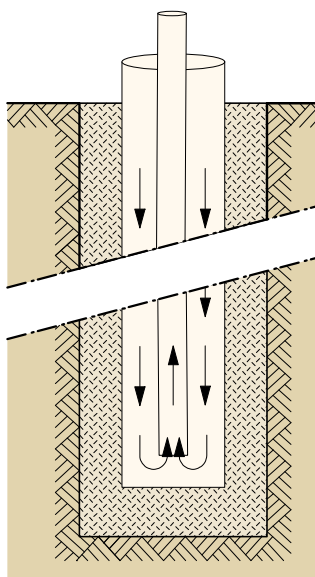
» worden. Dit principe wordt actieve afkoeling genoemd. Het principe van passieve koeling wordt uitgelegd in hoofdstuk 1 van de Technische Voorlichting.

### LAGE-TEMPERATUURVERWARMING

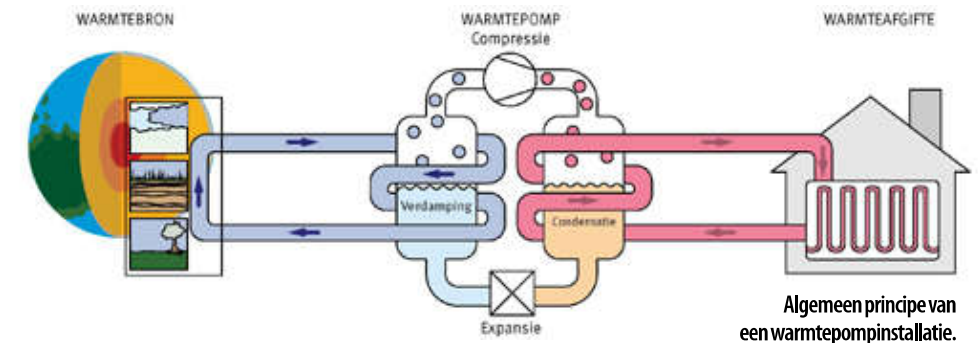
Warmtepompen laten de temperatuur van de vloeistof stijgen tot 50 en 70 °C zodat het kan circuleren in een klassiek verwarmingssysteem met radiatoren en convectoren. In deze situatie moet de eerste warmtebron nog sterk opgewarmd worden om ingezet te worden in het verwarmingssysteem. Dit heeft een negatief effect op het rendement. Daarom is het interessanter om te kiezen voor een systeem met lage-temperatuurverwarming in het gebouw. Bij dergelijke systemen moet



U-vormige, verticale bodemwisselaar.



Concentrische bodemwisselaar.



Algemeen principe van een warmtepompinstallatie.

de initiële warmtestroom minder opgewarmd worden, aangezien er een minder hoge temperatuur uitgestraald wordt.

Vloer- en plafondverwarming bijvoorbeeld kunnen functioneren met warmtestromen tussen 30 en 40 °C. Als er voor deze systemen gekozen wordt als hoofdverwarming is het bovendien extra aantrekkelijk om deze systeem te voorzien met een warmtepomp.

### Voorwaarden toepassing geothermie

Als er een lage-temperatuurverwarming met behulp van een warmtepomp toegepast zal worden in een gebouw is het noodzakelijk dat de warmteverliezen in het gebouw tot een minimum beperkt worden om de warmtepomp niet te fel te belasten. Er moet dus vooraf voldoende aandacht gaan naar het isoleren en het opsporen van koudebruggen.

Er moet ook rekening mee gehouden worden dat vloer- en plafondverwarming en betonelementen een grote thermische inertie vertonen. Anders gezegd, ze reageren langzaam op temperatuurveranderingen in de kamer. Als er meerdere personen aanwezig zijn en de zon via de ramen naar binnen schijnt, zal dit de temperatuur automatisch doen stijgen maar de verwarming zal hier niet meteen op reageren. De architect moet hiermee rekening houden bij de oriëntatie van het gebouw en de plaatsing van de ramen en zonneweringen.

In principe kan geothermie overal toegepast worden, maar het rendement ligt hoger als het gecombineerd wordt met een (zeer) lage-temperatuurverwarming en als het gaat om grotere projecten, zodat de investeringskost sneller terugverdiend kan worden.

### Wetgeving en vergunningen

In de TV 259 is terug te vinden dat geothermische warmtepompen gemeld moe-

ten worden bij de lokale instanties en dat voor bepaalde types ook een vergunning nodig is. De Gewesten verbieden bijvoorbeeld boringen dichtbij waterwingebieden, die bestemd zijn voor het verzamelen en winnen van grondwater.

Het verkrijgen van toestemming hangt af van de warmtepomp, het gepompte waterdebiet (voor de systemen met een waterreservoir onder de grond) en de locatie en diepte van de boringen (voor de warmtewisselaars). Het is dus belangrijk dat u zich voldoende informeert voor u aan de slag gaat, het gaat immers om de kwaliteit van ons grondwater.

### Dimensionering en installatie van een geothermisch systeem

Meer dan de helft van de TV 259 is gewijd aan de dimensionering en de installatie van het systeem. Hiermee vult de TV 259 een leegte op en fungeert het als een referentiedocument binnen de sector. De beslissing om een geothermische installatie toe te passen wordt best zo snel mogelijk genomen, aangezien dit gevolgen heeft voor het ontwerp en de technische installaties. De architect of de algemene aannemer waken erover dat alle bouwberoepen voldoende betrokken zijn en dat ze alle nodige informatie van elkaar ontvangen tijdens de verschillende fasen. Om ervoor te zorgen dat het rendement van het geothermische systeem niet in het gedrang komt, is een correcte integratie in het ontwerp, oplettendheid bij de uitvoering en een goede opvolging achteraf essentieel.

**BRON:** de Technische Voorlichting nr. 259 is opgesteld geweest door de werkgroep Smart Geotherm binnen het Technische Comité Ruwbouw en algemene aannemingen met de medewerking van de Technische Comités Verwarming en klimaatregeling en Sanitaire en industriële loodgieterij, gasinstallaties. Het document kan besteld worden tegen de geldende tarieven bij de dienst Publicaties (publ@bbri.be) of kan gedownload worden vanop [www.wtcb.be](http://www.wtcb.be) met een geldige My.BBRI-account.

# Nouvelle NIT 259 : comment chauffer et refroidir un bâtiment grâce à la géothermie ?

*La dernière Note d'information technique publiée par le CSTC est intitulée 'Géothermie peu profonde, conception et mise en œuvre de systèmes avec échangeurs en forme de U'. Mais ne vous y méprenez pas ! La géothermie peu profonde concerne la chaleur pouvant être extraite jusqu'à un demi-kilomètre de profondeur. Il faut descendre plus bas encore pour commencer à parler de géothermie profonde.*

Selon la volonté de la Commission européenne, traduite dans la directive PEB du 19 mai 2010, les nouvelles constructions ne pourront, à partir de 2020, pratiquement plus consommer d'énergie non renouvelable. La géothermie, énergie sans cesse renouvelable, a tout l'avenir devant elle. D'autant que les pays qui nous entourent ont, sur ce plan, pris une certaine avance sur nous. Il importe donc de bien comprendre ce qu'est la géothermie, quelle est son utilité et quels sont les systèmes qui existent, tels que détaillés dans la NIT 259.

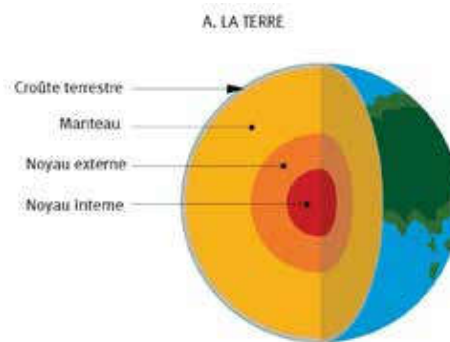
## Une chaleur qui remonte des entrailles de la terre

Dans le mot géothermie, on retrouve le mot 'géo', la terre et 'thermie', la chaleur. Ce n'est un secret pour personne. Notre planète est de plus en plus chaude au fur et à mesure qu'on approche de son centre. Le noyau central est en fusion, à plus de 5.000 degrés. Les couches intermédiaires sont brûlantes elles aussi.

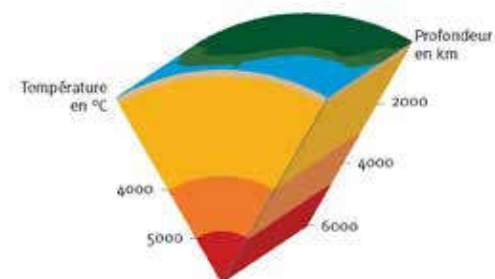
En Belgique, on atteint 10 à 12 °C en permanence jusqu'à dix-huit mètres de profondeur et, si on descend plus bas, il faut ajouter environ 2 à 3 °C tous les 100 mètres jusqu'à moins 500 mètres. Même ces couches dites peu profondes constituent une immense quantité d'énergie thermique inépuisable.

Si la chaleur est extraite à une profondeur

Evolution des températures sous la surface de la terre.



B. TEMPERATURE SOUS LA SURFACE DE LA TERRE



de plus de 500 mètres (parfois jusqu'à 2.500 mètres sous le sol), on parle alors de géothermie profonde. L'eau souterraine, présente à cette profondeur, peut être pompée et directement utilisée pour le chauffage ou la production d'électricité.

## Quel procédé choisir ?

La géothermie exploite la différence de température entre la surface de la terre – là où il faut chauffer ou refroidir des bâtiments – et ses couches plus ou moins profondes. La température de ces couches est plus stable, ce qui permet de remonter la relative chaleur en hiver... et la relative fraîcheur en été.

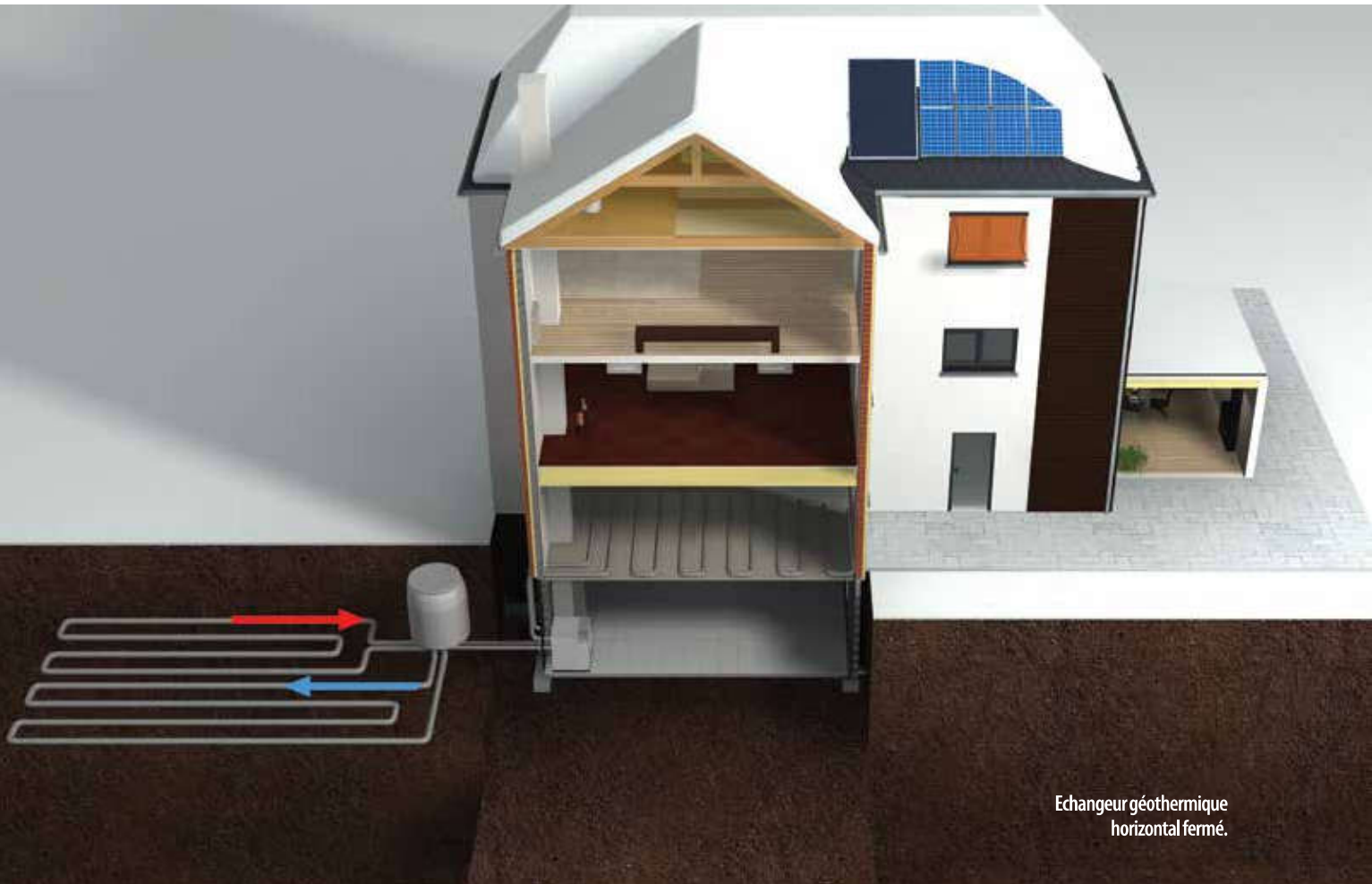
Trois éléments composent une installation géothermique. Le dispositif extrait l'énergie jusqu'à la surface. La pompe à chaleur augmente la température de l'eau destinée au chauffage ou, à l'inver-

se, diminue celle devant servir à la climatisation. Enfin, le système d'émission distribue l'énergie ainsi produite dans tout le bâtiment.

Pour extraire l'énergie du sol, on peut installer des échangeurs géothermiques horizontaux fermés, des échangeurs géothermiques verticaux fermés, ou encore des systèmes ouverts.

## L'ÉCHANGEUR GÉOTHERMIQUE HORIZONTAL FERMÉ

Ce procédé consiste à enfouir des tuyaux en plastique, horizontalement, à environ 1,2 mètre sous le niveau du sol. Le liquide ou le gaz, qui circule dans ces tuyaux, est réchauffé par le sol et une pompe à chaleur vient encore augmenter cette température. Le sol fonctionne, dans ce cas, comme une sorte de capteur solaire, avec cependant l'inconvénient que sa



Echangeur géothermique horizontal fermé.

température varie légèrement et que la quantité d'énergie offerte par ce sol très peu profond est relativement limitée. Il y a lieu de ne pas perdre de vue que ce système ne peut servir au refroidissement et ne s'applique qu'à des projets de petite taille et entourés d'une surface horizontale suffisante pour y enterrer les tuyaux nécessaires.

### LES ÉCHANGEURS GÉOTHERMIQUES VERTICAUX FERMÉS

Ces échangeurs sont placés dans des trous forés verticalement dans le sol. Ils sont traversés par un liquide qui amène la chaleur depuis le sous-sol jusqu'à la surface. Selon la performance souhaitée et le type de sol, on creuse des trous plus ou moins nombreux et plus ou moins profonds.

Les échangeurs verticaux sont plus onéreux que les horizontaux, mais aussi plus performants, avec un meilleur rendement. Il est même possible de les intégrer dans les pieux utilisés pour les fondations d'un bâtiment. On parle alors d'un 'pieu énergétique'.

L'échangeur géothermique de chaleur vertical en U est constitué de forages de 15 à 20 centimètres de diamètre, réalisés dans le sol jusqu'à une profondeur courante de 100 à 120 mètres. Comme in-

diqué sur le schéma, ces forages accueillent des tuyaux synthétiques en forme de U dans lesquels s'écoule un liquide. En général, il s'agit d'un mélange d'eau et d'antigel. Une des variantes de ce système est l'échangeur géothermique à tubes concentriques.

En hiver, l'échangeur vertical en U remonte à la surface un liquide nettement plus chaud que la température extérieure. Il suffit de le réchauffer encore un peu avec la pompe à chaleur pour obtenir une température agréable dans le bâtiment. En laissant remonter sa chaleur, le sol se refroidit très lentement et atteint donc sa température minimum à la fin de la saison froide. Ce qui tombe très bien, puisqu'à la saison suivante, plus chaude, le froid stocké dans le sol, va précisément, par un processus inversé, servir à refroidir le bâtiment. La chaleur du bâtiment va alors, via le liquide des tuyaux, être expulsée vers le sol, qui va ainsi progressivement se réchauffer en prévision de la saison d'hiver suivante. Et ainsi de suite... C'est ce qu'on appelle le stockage géothermique.

### LES SYSTÈMES OUVERTS

Dans le cas de systèmes ouverts, deux puits sont creusés dans le sol sous le bâtiment. L'eau contenue dans le premier est, en hiver, un réservoir de chaleur

à puiser pour réchauffer le bâtiment. Après s'être quelque peu refroidie, l'eau est renvoyée dans le second puits, d'où elle peut être extraite l'été, lorsque la température extérieure est élevée.

### La pompe à chaleur porte bien son nom

Une pompe qui pompe... et qui réchauffe aussi ! C'est le principe de cet instrument qui extrait la chaleur d'une certaine source (eau souterraine ou échangeur de chaleur) et qui, par énergie électrique, augmente encore sa température avant de la renvoyer au système de chauffage pour chauffer des pièces ou même fournir de l'eau chaude sanitaire.

La NIT 259 définit le rendement ou COP (coefficient of performance) d'une pompe à chaleur comme 'la quantité d'énergie produite par la pompe à chaleur pour une unité d'électricité qu'elle consomme'. Plus la température de la source de chaleur est élevée, moins la pompe à chaleur aura besoin d'énergie complémentaire et plus son rendement sera élevé.

### Aussi une pompe à froid ?

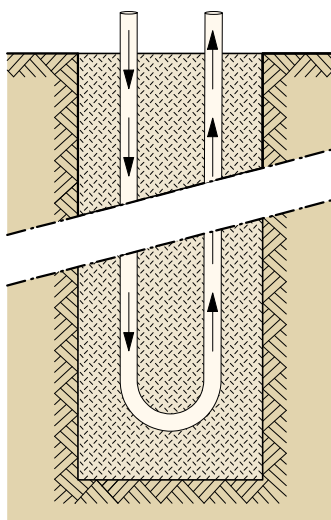
On peut en effet inverser le fonctionnement d'une pompe à chaleur. C'est alors la chaleur du bâtiment (trop chaud en été, par exemple) qui est extraite pour

»»

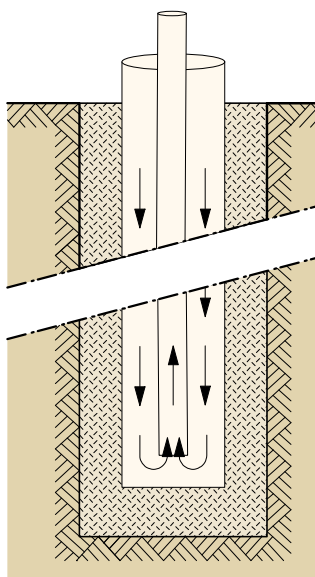
» être renvoyée dans le sol. Manœuvre subtile puisqu'on fait ainsi d'une pierre deux coups. On rafraîchit, naturellement et à moindre coût, le climat intérieur du bâtiment et ce faisant, on se constitue en même temps une réserve de chaleur en prévision de la prochaine saison froide. C'est ce qu'on appelle le refroidissement actif. Le principe de refroidissement passif est expliqué dans le chapitre 1 de la Note d'information technique.

## Intérêt des systèmes de chauffage en douce

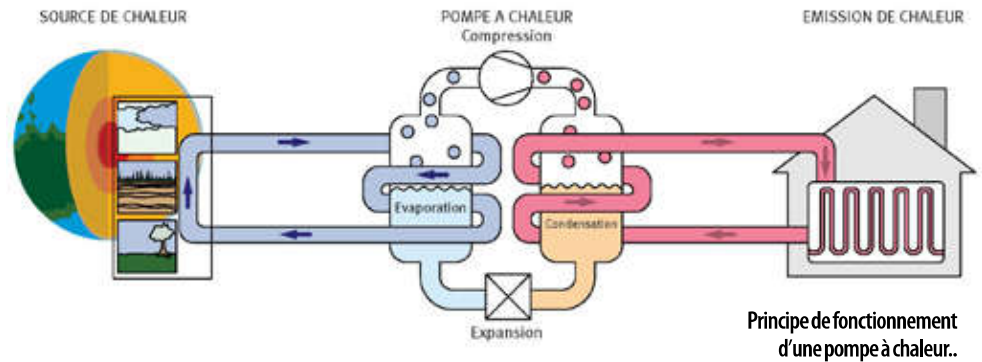
Les pompes à chaleur font remonter la température du liquide entre 50 et 70 °C pour pouvoir le faire circuler dans un système de chauffage classique avec radi-



Echangeur géothermique vertical en U.



Echangeur géothermique à tubes concentriques.



Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur.

ateurs et convecteurs. S'il faut beaucoup réchauffer la source première de chaleur, le rendement en pâtira. D'où l'intérêt, pour éviter de trop devoir trop réchauffer le liquide venant du sol, d'opter pour un système de chauffage ne demandant qu'une émission de chaleur à faible, voire très faible température.

Par exemple, les systèmes de chauffage par le sol et par le plafond peuvent se permettre de fonctionner avec des températures comprises entre seulement 30 et 40 °C. S'il s'agit du moyen de chauffage principal, il peut se révéler très judicieux d'alimenter de tels systèmes au moyen d'une pompe à chaleur géothermique.

## La géothermie a ses exigences

Le chauffage, à basse température à l'aide d'une pompe à chaleur, nécessite de limiter les déperditions thermiques du bâtiment pour ne pas solliciter de la pompe à chaleur une puissance trop importante. Il faut donc commencer par isoler et éviter les courants d'air qui gaspillent l'énergie.

Il faut aussi savoir que le chauffage, par le sol et par le plafond, et les éléments en béton contenant des conduites thermiques (bétons thermoactifs) présentent une grande inertie thermique. Autrement dit, ils réagissent lentement aux changements de température dans la pièce. Si plusieurs personnes y entrent et que le soleil y pénètre de surcroît, cela fait tout de suite monter la température. Mais le chauffage ne réagira pas tout de suite en compensation. L'architecte doit, dès lors, en tenir compte dans l'orientation du bâtiment et dans les vitrages et dispositifs de protection solaire à installer.

En principe, la géothermie peut fonctionner partout. Mais son rendement est meilleur si on la couple avec un chauffage à (très) basse température et s'il s'agit de projets d'une taille supérieure pour pouvoir récupérer plus vite le coût de

l'investissement initial.

## Législation et permis

La NIT 259 rappelle que les pompes à chaleur géothermiques doivent être signalées et, pour certaines, dûment autorisées. Les Régions interdisent, par exemple, de réaliser des forages à proximité des zones de captage des eaux souterraines pour alimenter le réseau public.

La procédure d'autorisation dépend des performances de la pompe à chaleur, du débit d'eau pompé (pour les systèmes à eau souterraine) et de l'emplacement et de la profondeur des trous de forage (pour les échangeurs thermiques). Informez-vous auprès des autorités locales, il en va de la qualité de nos eaux souterraines !

## Dimensionnement et installation des systèmes géothermiques

La NIT 259 consacre de très nombreuses pages à ces deux questions fondamentales. La décision d'intégrer ou non une installation géothermique dans un bâtiment doit idéalement se prendre le plus tôt possible. Selon le système retenu, c'est toute la conception du bâtiment avec ses équipements techniques qui devra être adaptée en conséquence. L'architecte ou l'entrepreneur général veilleront à ce que le système soit installé en synergie avec tous les intervenants. Le rendement d'un système de géothermie peu profonde sera d'autant meilleur que celle-ci aura été intégrée dans sa conception, dans sa mise en œuvre et jusque dans son suivi.

**SOURCE :** la Note d'information technique n° 259 a été élaborée par le groupe de travail Smart Geotherm, constitué au sein du CSTC, avec la collaboration des Comités techniques concernés. Seul ce document original peut être cité en référence. On peut commander la NIT 259 auprès du service Publications du CSTC (publ@bbri.be) ou la consulter en ligne sur le site [www.cstc.be](http://www.cstc.be) avec un compte My.BBRI.