

Guide de la Géothermie en Belgique

VITO Team geo, Eva De Boever, David Lagrou, Ben Laenen



Guide de la Géothermie en Belgique

VITO Team geo, Eva De Boever, David Lagrou, Ben Laenen

december 2012



www.vito.be



www.geopower-i4c.eu



www.i4c.eu

The **Interregional Cooperation Programme INTERREG IVC**, financed by the European Union's Regional Development Fund, helps Regions of Europe work together to share experience and good practice in the areas of innovation, the knowledge economy, the environment and risk prevention. EUR 302 million is available for project funding but, more than that, a wealth of knowledge and potential solutions are also on hand for regional policy-makers.

All rights, amongst which the copyright, on the materials described in this document rest with the Flemish Institute for Technological Research NV ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, Register of Legal Entities VAT BE 0244.195.916.

The information provided in this document is confidential information of VITO. This document may not be reproduced or brought into circulation without the prior written consent of VITO. Without prior permission in writing from VITO this document may not be used, in whole or in part, for the lodging of claims, for conducting proceedings, for publicity and/or for the benefit or acquisition in a more general sense.

AVANT PROPOS

Ce guide de la géothermie en Belgique a été rédigé et rendu possible dans le cadre du projet GEO.POWER du programme Interreg IVC, avec le soutien de l'Union européenne. L'objectif général du projet GEO.POWER est de permettre un échange des bonnes pratiques en lien avec les applications géothermiques. Une analyse technique et une évaluation des frais et des bénéfices permettent de voir dans quelle mesure les exemples pratiques peuvent être reproduits dans notre propre région et comment la voie peut être tracée afin de transférer certains bons exemples pratiques vers la région partenaire concernée.



*Gisement géothermique à Wairakei, Nouvelle-Zélande
(photo IGA).*

L'intérêt pour le développement de la géothermie comme source d'énergie durable est né pour la première fois en Belgique, lors de la crise énergétique des années 70 et 80. Cela a conduit à l'installation d'un système géothermique pour le 'chauffage urbain' dans la ville de Saint-Ghislain (Mons) et à quelques projets de démonstration où la géothermie était utilisée pour le chauffage de piscines et d'un vivier en Flandre. En 1994, la capacité totale installée de la géothermie pour la fourniture de chaleur était de 101.6 TJ/y (Berckmans & Vandenberghe, 1998¹). La crise a également eu un effet positif sur le nombre de pompes à chaleur installées mais la chute des prix du pétrole au milieu des années 80 a interrompu cette évolution.

Aujourd'hui, l'accent est mis en Flandre sur les applications non profondes, avec utilisation ou non d'une pompe à chaleur géothermique, pour le chauffage des habitations. Ce marché a également connu une croissance constante ces dernières années. Les systèmes BTES² et ATES³ ont en outre de plus en plus souvent été utilisés, tant pour le chauffage et la climatisation des habitations que pour les bâtiments commerciaux⁴. L'utilisation directe de la géothermie pour un chauffage à grande échelle n'est actuellement appliquée que dans la région de Mons. L'implémentation réussie de systèmes géothermiques intégrés dans la construction de logements, dans les bâtiments commerciaux et dans le secteur de l'horticulture, tant au niveau national qu'international, a démontré au cours de ces dernières années l'important potentiel de la géothermie dans le domaine du chauffage et de la climatisation durables.

Ce guide a pour but d'informer le public sur les différents aspects et possibilités de la géothermie. Nous nous intéressons ici aux applications dites 'traditionnelles' qui font appel aux nappes aquifères naturellement présentes dans le sol. Dans un premier chapitre, nous indiquerons pourquoi la géothermie est et peut être une source d'énergie durable et importante. Ensuite, nous analyserons brièvement où la géothermie peut être utilisée et nous poursuivrons avec un chapitre consacré au potentiel géologique pour la géothermie en Belgique. Les trois chapitres suivants sont consacrés aux applications, d'une part de la géothermie non profonde en combinaison avec les pompes à chaleur, d'autre part de la géothermie profonde pour utilisation directe pour le chauffage et enfin, nous terminerons en étudiant la demande. Nous aborderons ici quelques paramètres clés importants pour assurer la rentabilité d'un système géothermique dans la fourniture de chaleur des logements et bâtiments. Un dernier chapitre étudiera brièvement les aspects politiques et réglementaires en Belgique concernant la géothermie.

¹ Berckmans, A., & Vandenberghe N. (1998): *Use and potential of geothermal energy in Belgium. Geothermics*, 27, 2, pp. 235-242.

² BTES (Borehole Thermal Energy Storage): système fermé où un liquide est pompé et circule dans une sonde (boucle en U) puis libère sa chaleur dans la pompe à chaleur.

³ ATES (Aquifer Thermal Energy Storage): système ouvert où l'eau des nappes souterraines est envoyée vers une pompe à chaleur via un captage d'eau et un puits d'injection.

⁴ Données de 2010: Terra Energy, présentation sur GEO.POWER Final Conference (oct. 2012)

1. QU'EST-CE QUE LA GEOTHERMIE ? – ORIGINE DE LA GEOTHERMIE

La géothermie est une source d'énergie durable. Par définition, la géothermie est l'énergie qui se trouve dans le sol sous forme de chaleur (RÉS. UE Directive 2009/28/EC). La géothermie renvoie à toutes les applications qui, d'une manière ou d'une autre, utilisent la chaleur qui trouve son origine dans la terre même.

Dans certaines régions volcaniques, l'extraction de chaleur et la production d'électricité sont déjà connues et pratiquées depuis longtemps. Ces processus sont également possibles en Belgique. Dans certaines régions, des nappes aquifères sont disponibles, parfois à grande profondeur, avec une température adaptée pour notamment chauffer des bâtiments. Dans le sol belge, la température augmente d'environ 30°C par kilomètre pour une valeur de départ d'environ 10°C à la surface (niveau du sol). La limite inférieure pour les applications de chauffage direct est d'environ 25°C. Pour atteindre une telle température il faut de ce fait forer jusqu'à 500 m.

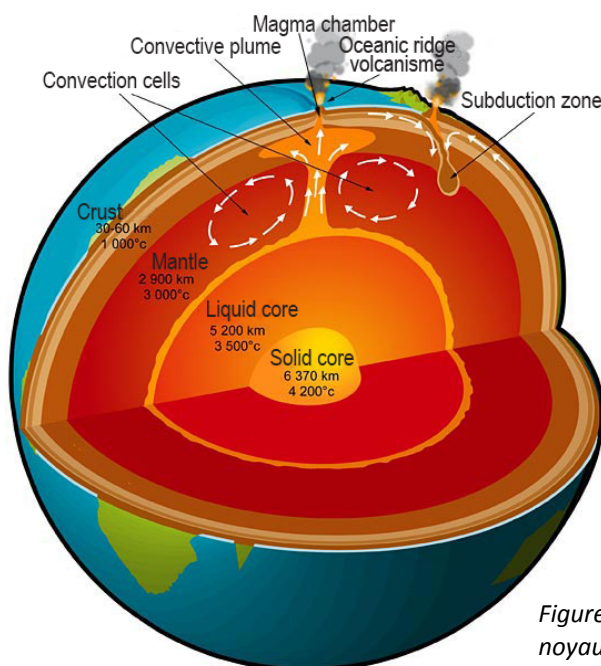


Figure 1: Structure de la terre à partir de la surface jusqu'au noyau. (Source: ADEME-BRGM)

Quelle est l'origine de cette géothermie? Elle trouve son origine dans trois processus liés à l'histoire géologique de la terre.

- **Flux thermique profond**: Une partie de la chaleur provient du moment où la terre a été formée. Le processus de formation est lié à une série de collisions d'accumulations de poussière et de petits fragments de roche dégageant d'énormes quantités d'énergie. Finalement, la température était tellement élevée que la roche a fondu. La coque extérieure de cette boule incandescente a rapidement refroidi mais le noyau est resté chaud. La chaleur du noyau de la terre rayonne progressivement vers la surface de la terre. Ce flux thermique profond n'est pas réparti de manière homogène (voir figure).
- **Chaleur de frottement**: les mouvements des plaques tectoniques causent un frottement qui déforme et chauffe la roche. Cette chaleur de frottement entre les plaques en mouvement à la surface de la terre cherche une sortie. Cela donne lieu, à certains endroits, à des sources d'eau chaude.
- **Dégradation radioactive**: la plus grande partie de la surface de la terre est relativement froide et c'est ici que le troisième processus thermique est souvent dominant: il s'agit de la dégradation radioactive. En effet, l'écorce terrestre est riche des éléments radioactifs U, Th et ^{40}K . Ces éléments ne sont pas stables. Ils se décomposent progressivement en composants stables. L'énergie libérée par ce processus est alors convertie en chaleur dans la croûte terrestre.

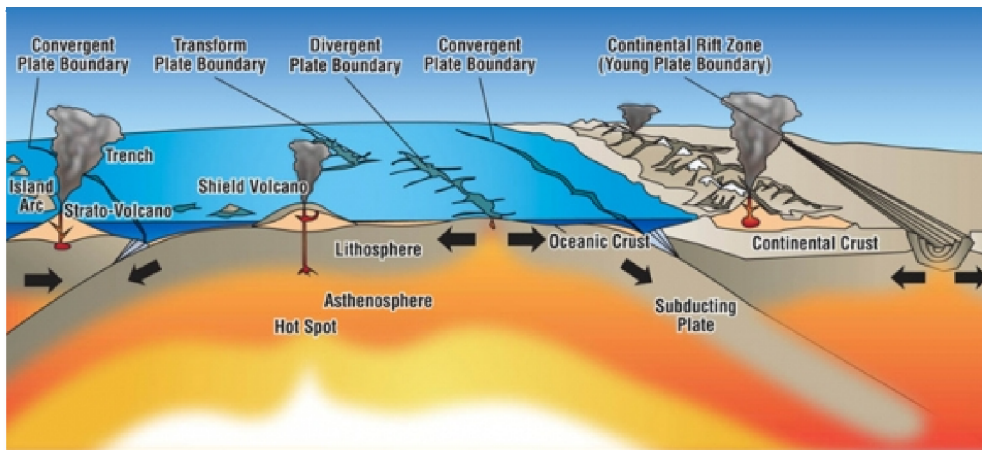
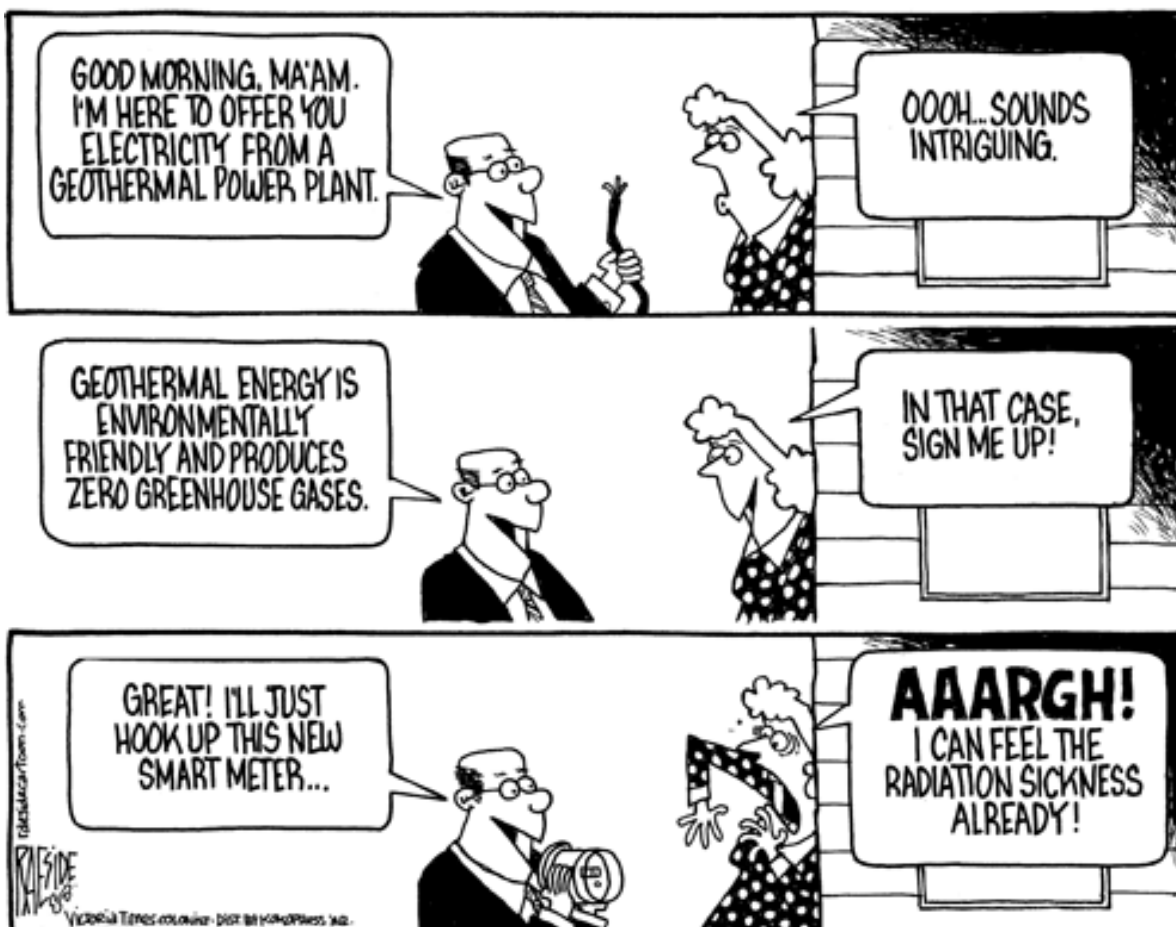


Figure 2: Les mouvements des plaques tectoniques par rapport aux mouvements en profondeur de magma et de phénomènes de surface de géothermie et de volcanisme (Source: <http://rocks.netdifference.ca/homepage/how-continents-move/>)



Arguments against? (<http://www.raesidecartoon.com/>)

2. POURQUOI LA GEOTHERMIE

La géothermie est:

- Renouvelable
- Écologique
- Disponible partout

L'utilisation d'un système géothermique pour le chauffage (et la climatisation) de locaux ainsi que pour des processus (e.g. sécher biomasse) présente différents atouts. La géothermie est une source d'énergie renouvelable stockée sous forme de chaleur dans le sous-sol. L'utilisation de la géothermie entraîne très peu d'émissions de CO₂ ou d'autres substances nocives. L'extraction de chaleur fonctionne généralement via le forage dans des aquifères sous-terrains profonds et le pompage d'eau chaude à partir de ces derniers. Pour ce faire, un ou plusieurs forages profonds doivent être réalisés (selon la demande). Une fois installées, ces sources prennent un minimum d'espace et n'entraînent pas de nuisances.

La géothermie est en outre disponible localement et contribue à la diversification de notre alimentation en énergie. Utiliser la géothermie augmente dès lors la garantie d'approvisionnement de notre énergie. En outre, une fois ces systèmes installés, les frais d'énergie restent stables et prévisibles pour une longue durée. En comparaison avec d'autres sources d'énergie renouvelables, la géothermie ne dépend pas de facteurs externes, météorologiques par exemple. Elle se révèle dès lors idéale comme puissance de base pour l'approvisionnement de chaleur/d'énergie. Un même confort de vie, de logement et de travail est garanti que pour une autre source d'énergie. C'est une source d'énergie durable accessible à tous, tant dans un environnement professionnel que privé.



Figure 3: Géothermie profonde à Soultz-sur-Forêts.

3. EXTRACTION D'ENERGIE GEOTHERMIQUE – POTENTIEL EN BELGIQUE ET CONCEPTS

En Belgique, nous connaissons actuellement les systèmes géothermiques dits traditionnels pour lesquelles nous extrayons de l'eau chaude des nappes phréatiques ou des failles (sans 'fracking'). Dans un système traditionnel d'extraction d'énergie géothermique, l'eau chaude est pompée vers le haut via un forage dans ledit réservoir (couche phréatique ou faille) (doublet géothermique, Fig. 4).

Pour extraire de l'énergie géothermique de manière économiquement rentable, quelques facteurs géologiques sont à prendre en considération : tout d'abord, il convient de rechercher la température (profondeur) souhaitée. Ensuite, des nappes aquifères adéquates doivent naturellement être présentes à partir desquelles de l'eau peut être pompée (perméabilité). Ces couches aquifères sont dans la plupart des cas des roches sédimentaires (Fig. 5). Ces données géologiques constituent une première délimitation importante des emplacements favorables à la géothermie en Belgique.

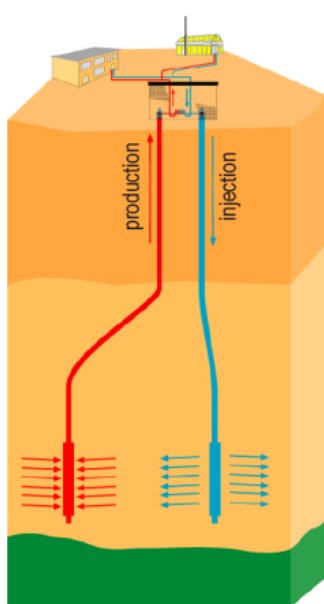


Figure 4: Principe de l'extraction d'énergie géothermique via un doublet géothermique.

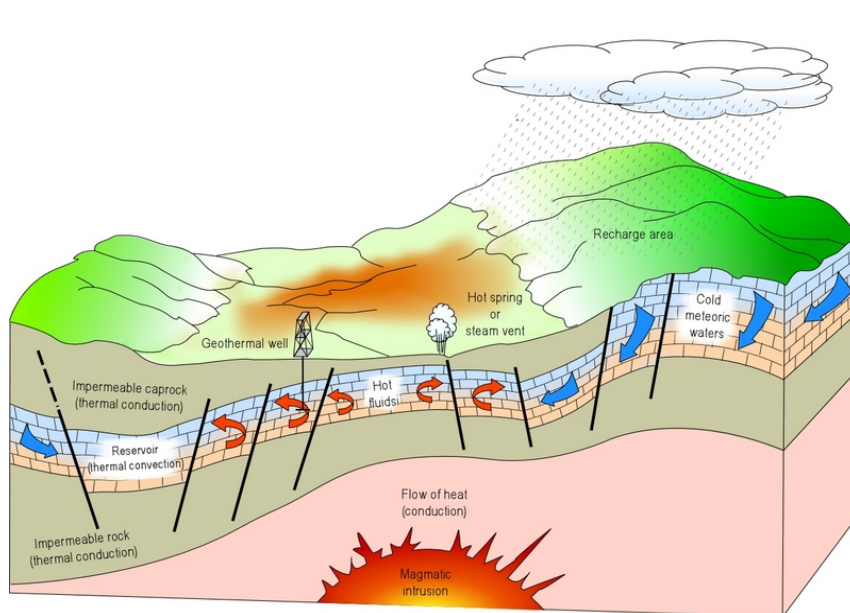


Figure 5: Coupe géologique schématisée présentant la relation entre la source géothermique et les réservoirs sous-terrains. (Source: Barbier, 2002, modifié par IGA.)

3.1. Nappes aquifères (aquifers) – température et débit

La Belgique se caractérise par un sous-sol géologique varié. La Figure 6 présente une carte géologique simplifiée de la Belgique. La structure géologique du sous-sol est le résultat de différentes périodes de transformation et de sédimentation.

En 1989, Vandenberghe et Fock ont proposé des cartes de températures à différentes profondeurs entre -500 et -2000 m pour la Belgique. Ces cartes permettent de réaliser une première estimation de l'applicabilité de la géothermie. Selon une orientation WNW-ESE, le centre de la Belgique est caractérisé par un ancien massif calédonien relativement froid et peu perméable. Ce socle géologique est délimité au nord et au sud par des bassins sédimentaires plus récents.

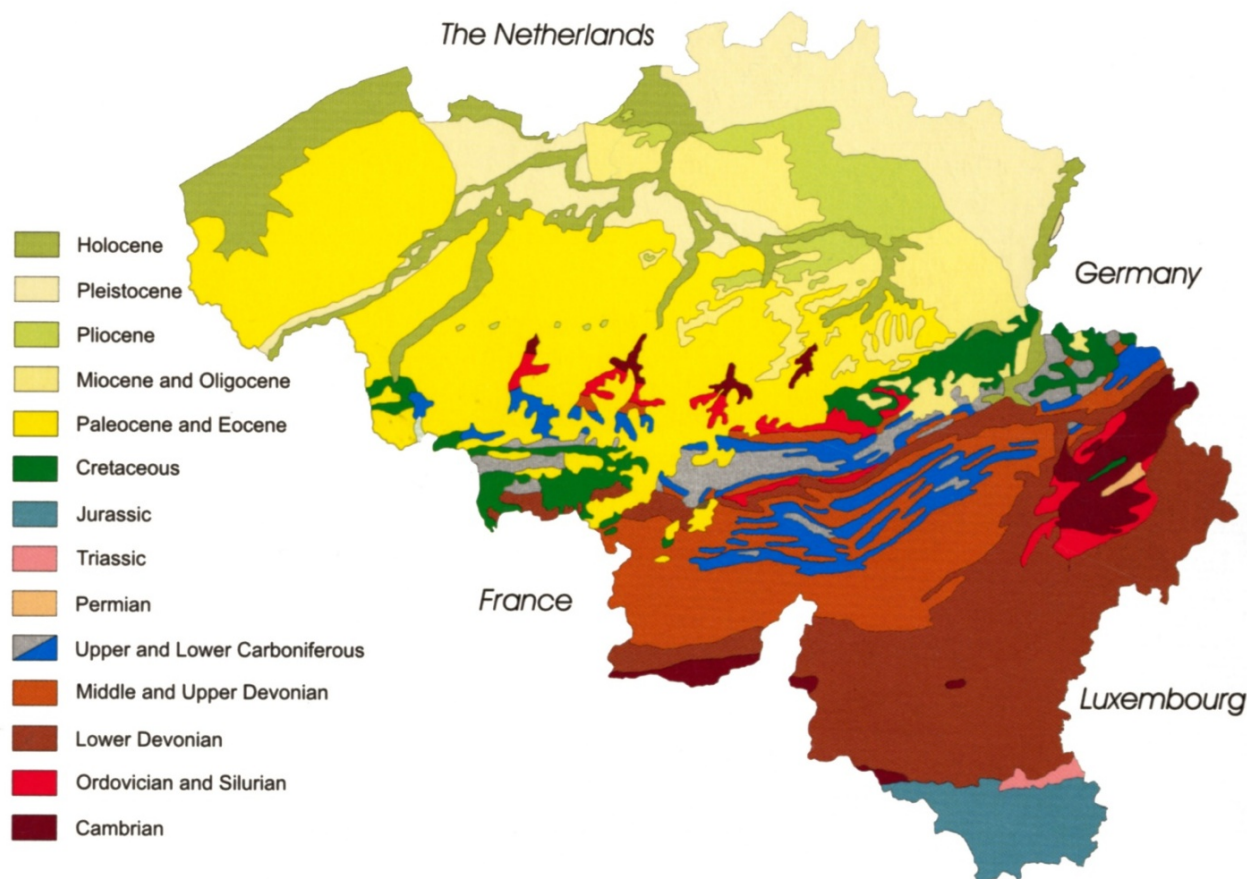


Figure 6: Carte de la géologie de la Belgique (source: *Geologica Belgica* Vol 4, cover page, Bultynck & Dejonghe (eds.); modifié après de Béthune, 1954).

Le sous-sol peu profond de Flandre se caractérise par des sédiments présentant de rapides différences latérales. Différentes couches d'aquifères sablonneuses (débit 25 – 100 m³/h) et des aquitards peu perméables (argileux) se succèdent. Ces nappes aquifères sont toutefois uniquement intéressantes pour les applications (indirectes) en combinaison avec les pompes à chaleur.

Pour une température de 25°C, la limite inférieure pour les applications directes, nous devons forer quelques 500 m en Belgique. À cette profondeur, on ne trouve que des nappes aquifères calcaires avec une bonne perméabilité en Campine (Crétacé – Tertiaire, Fig. 7). Pour des températures d'environ 40°C et plus, on ne trouve des réservoirs adaptés que dans les bassins de la Campine, le ruisseau de Roergraben et sous les bassins de houille du Hainaut. Il s'agit alors ici du Buntsandstein (Trias) et du grès Neeroeteren (Westphalien) au NE de la Belgique et des roches calcaires inférieures, le Kolenkalk (Dinantien) dans les bassins de Campine et dans la région de Mons. Le sous-sol du reste du Sud de la Belgique se caractérise en grande partie par des roches peu perméables. Cela empêche les applications géothermiques qui font appel aux nappes aquifères perméables. Les applications telles que les BTES ou Borehole Thermal Energy System peuvent constituer ici une alternative.

Les informations relatives à la structure du sous-sol géologique sont obtenues notamment à l'aide de mesures sismiques, de forages profonds et de mesures géophysiques dans ces forages. Ces données ne sont pas denses en Belgique et nous nous trouvons donc confrontés à d'importantes incertitudes à partir de profondeurs de 1 à 2 km. Des hypothèses générales doivent dès lors être réalisées pour effectuer une estimation du potentiel à un endroit donné.

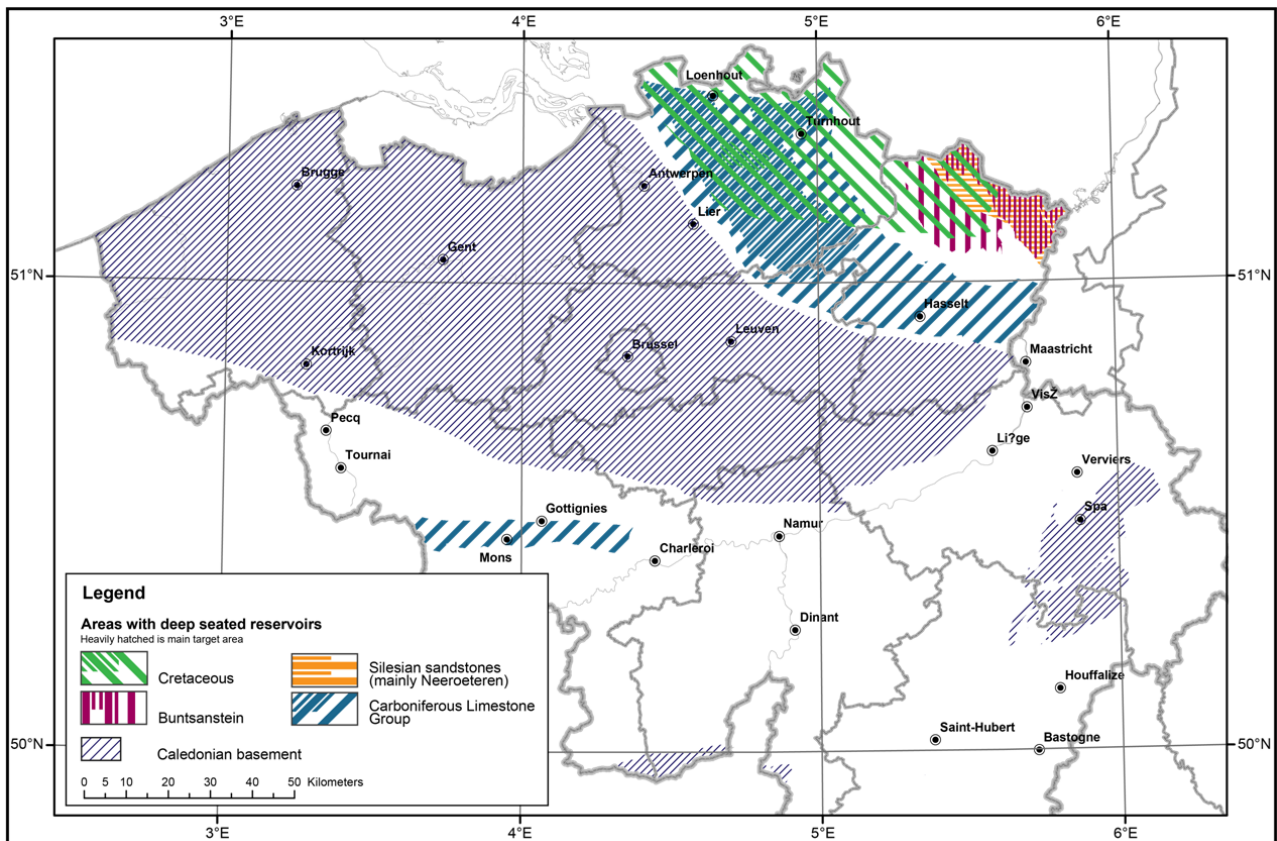


Figure 7: Distribution des réservoirs potentiels pour la géothermie profonde en Belgique (Laenen 2009).

3.2. Gradient géothermique, flux thermique et puissance thermique

Comme indiqué ci-dessus, la température du sous-sol augmente avec la profondeur selon un gradient géothermique presque linéaire qui dépend de l'histoire géologique et de la structure du sous-sol. Un gradient général de $30^{\circ}\text{C par km}$ peut être utilisé pour la Belgique.

Les gradients géothermiques locaux et le flux thermique peuvent être déterminés à l'aide de mesures de température dans les forages.

$$Q = k \cdot \Delta T$$

où:

Q: le flux thermique total en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

k: la conductibilité thermique de la roche en $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

ΔT : le gradient de température en $\text{K}\cdot\text{m}^{-1}$

La valeur moyenne pour la Belgique est de $0,055 \text{ W/m}^2$ (Dreesen et Laenen, 2010⁵). Lorsque l'on souhaite installer un système véritablement renouvelable, on doit donc tenir compte du fait que la puissance doit se situer entre 50 à 100 kW/km^2 . La durée de vie d'un doublet géothermique est évaluée sur minimum 30 ans mais en réalité elle est souvent considérablement plus longue.

⁵ Dreesen, R. & Laenen, B. (2010): *Technology watch: géothermie en het potentieel in Vlaanderen. Rapport pour VLAKO*, pp. 64.

La production thermique ou la puissance thermique (W_{th}) que l'on peut obtenir avec un doublet est donnée par:

$$W_{th} = q \cdot \rho \cdot c_v \cdot \Delta T$$

où:

- W_{th} : puissance thermique (Watt ou $J.s^{-1}$)
- q : débit ($m^3.s^{-1}$) Nous cherchons ici souvent des débits $\geq 100 m^3/h$ pour une bonne nappe aquifère.
- ρ : densité de l'eau ($kg.m^{-3}$)
- c_v : capacité de chaleur de l'eau ($J.kg^{-1}.\text{°C}^{-1}$)
- ΔT : $T(\text{production}) - T(\text{injection})$ en °C

3.3. Coefficient de Performance (COP)

La durabilité de l'application, exprimée en COP ou Coefficient of Performance (coefficient de performance), dépend du rapport de l'énergie entrante (puissance de la pompe) et de la puissance géothermique produite. On cherche donc à maximiser le rapport suivant.

$$COP = \frac{\text{chaleur délivrée utile (MWth)}}{\text{électricité nécessaire (MWe)}}$$

Le COP dépend des éléments suivants:

- La différence entre la température de production et de retour de l'eau. Plus la différence est grande, plus le rendement de chaleur est important et plus le COP est élevé.
- Perméabilité de la roche : meilleures sont les propriétés de d'écoulement, plus le débit est élevé et moins on requiert de puissance de pompe.

La « Plateforme Géothermie » (Pays Bas) donne une valeur indicative moyenne pour le COP de 25 à 30 pour un doublet de géothermie pour la fourniture de chaleur direct pour des logements (chauffage par le sol, température d'alimentation de 70°C , température de retour de 30°C).

4. UTILISATION INDIRECTE DE LA GEOTHERMIE A L'AIDE DE POMPES A CHALEUR

La géothermie non profonde, en combinaison avec les pompes à chaleur, est parfaitement indiquée pour la production de chaleur en combinaison avec de la ventilation. Dans ce cadre, de la chaleur est extraite du sous-sol et la température est augmentée à l'aide d'une pompe à chaleur pour chauffer des bâtiments. Le gros avantage est que cela permet un chauffage mais aussi une ventilation gratuite. La fraîcheur du sous-sol peut en effet être directement utilisée, sans coût supplémentaire, pour la climatisation des bâtiments ou le refroidissement de certaines installations.

4.1. Principe de la pompe à chaleur

Une pompe à chaleur peut revaloriser la chaleur ambiante à relativement basse température (12°C) pour des applications à une température plus élevée (40°C) comme le chauffage des habitations ou l'eau sanitaire. La pompe extrait l'énergie thermique (chaleur) d'un support (source de chaleur) à une température relativement basse et libère cette énergie thermique à une température plus élevée dans un autre support (système d'émission de chaleur). Le transport de la chaleur est assuré par un liquide (fluide caloporteur). La quantité d'énergie dont l'appareil a besoin pour ce faire est faible par rapport au rendement. 60 à 80% de l'énergie fournie par la pompe à chaleur provient de l'environnement.

4.1.1. Le cycle thermodynamique

Un liquide adapté (fluide caloporteur) a un point d'ébullition à faible pression qui se situe sous la température de la source de chaleur, le liquide s'évapore donc et la chaleur est de cette manière extraite de la source (Fig. 8). En mettant la vapeur générée sous pression à l'aide d'un compresseur qui consomme de l'énergie externe, on augmente le point d'ébullition et la température et la vapeur condense (retour à l'état liquide). Ce faisant, de la chaleur est émise dans le système d'émission de chaleur. Pour revenir à la situation de départ, la pression doit être diminuée à l'aide d'une soupape d'expansion. Et le cycle peut recommencer.

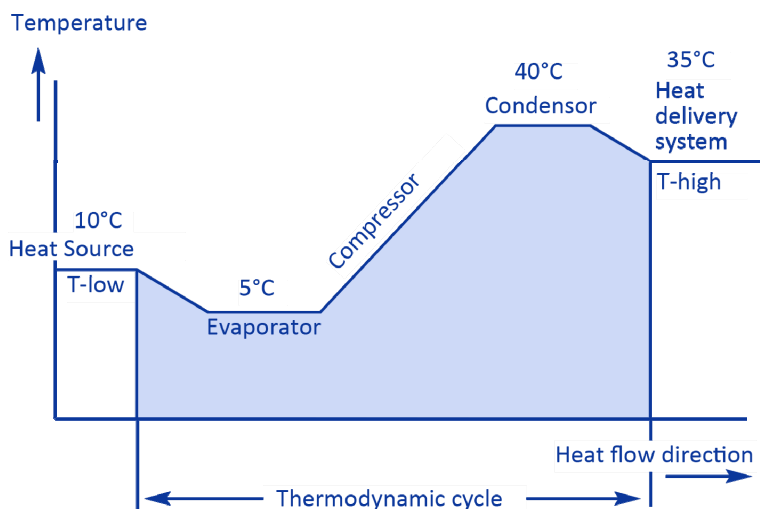


Figure 8: Le cycle thermodynamique (VEA, 2009⁶)

4.1.2. Le gain

La consommation d'énergie du compresseur détermine de cette manière le gain de la pompe à chaleur. Une bonne pompe à chaleur peut, pour chaque kWh d'électricité que le compresseur consomme, générer de 3 à 6 kWh de chaleur utile et possède donc un COP⁷ de 3 à 6. Dans le cadre d'une comparaison des gains des différentes pompes à chaleur, il convient de toujours tenir compte de la température du condensateur et de l'évaporateur liée au gain indiqué.

⁶ VEA, 2009. Warmtepompen voor woningverwarming. D/2009/3241/023,35p

⁷ COP v. SPF pour les pompes à chaleur: lorsque la température de la source de chaleur et/ou du système d'émission de chaleur varie pendant l'année, le COP de la pompe à chaleur va également varier. La pompe à chaleur n'est en outre pas le seul appareil à

4.2. Le sous-sol comme source de chaleur

Dans le cadre de l'application d'une pompe à chaleur, il convient de choisir la source de chaleur qui fournit gratuitement la chaleur. S'il s'agit d'une utilisation indirecte de la géothermie, on n'utilise ici que le sol et la nappe phréatique comme source de chaleur (Fig. 9). Une distinction est établie entre les systèmes *ouverts* et les systèmes *fermés*. Une distinction doit encore être établie ensuite entre l'extraction d'énergie seule et la combinaison avec le stockage d'énergie.

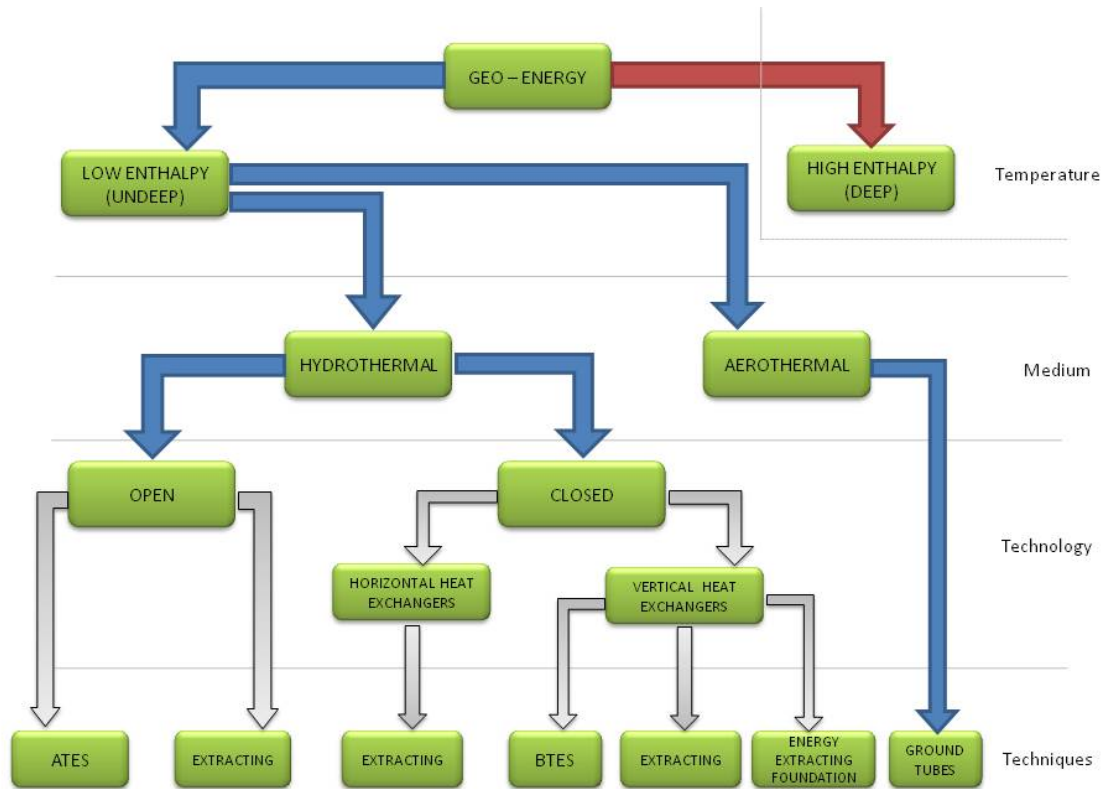


Figure 9: Schéma des technologies géothermiques peu profondes disponibles ('LOW ENTHALPY'). Chez 'HYDROTHERMAL' on fait une distinction entre les systèmes OUVERTS (OPEN) et fermés (CLOSED). Pour chacun de ces systèmes, l'extraction ('EXTRACTION') est différenciée du stockage saisonnier (ATES, BTES (avec le sous-type 'Extraction d'énergie dans les fondations')) (source: site Internet Terra Energy).

4.3. Le sol comme source d'extraction de chaleur dans un système fermé

La température dans les premiers mètres sous le niveau du sol est encore soumise aux variations saisonnières. À partir d'une profondeur de 5 mètres, la température du sol est toutefois constante et s'élève dans notre climat modéré à 10° à 12 °C, elle continue ensuite d'augmenter au fur et à mesure que l'on descend, selon le gradient géothermique.

Un échangeur de chaleur (Fig. 10) se compose d'un système de tuyaux dans lequel coule un mélange d'eau et d'antigel, généralement du glycol. Ce liquide est conduit dans l'évaporateur de la pompe à chaleur. Le dimensionnement correct de l'échangeur de chaleur est donc capital (en ce qui concerne les caractéristiques techniques de la pompe à chaleur, le nombre d'heures d'utilisation, le type d'application, la géologie).

consommer de l'énergie dans le système. Les performances d'un système de pompe à chaleur ou le SPF ('Seasonal Performance Factor') tiennent compte tant de la consommation d'énergie de la pompe à chaleur que de celle du périphérique et ce, pendant toute la saison. Le SPF est par conséquent toujours inférieur au COP.

Un échangeur de chaleur vertical se compose de sondes acheminées dans le sol jusqu'à une profondeur entre 25 et 150 m. La distance entre les différents forages se situe entre 5 et 10 mètres. Ce système n'occupe qu'une faible superficie au sol. Les différents forages sont reliés entre eux et liés à l'échangeur de chaleur principal de la pompe à chaleur.

Si l'installation est bien dimensionnée, la température du sol moyenne diminue de 10° à 12°C à proximité immédiate de la sonde à la fin de la saison de chauffe pas loin sous le point de congélation et se retrouve, au début de la saison de chauffe suivante, presque au niveau d'origine. L'évolution de la température peut être modélisée avec précision lors de la phase de conception du projet.

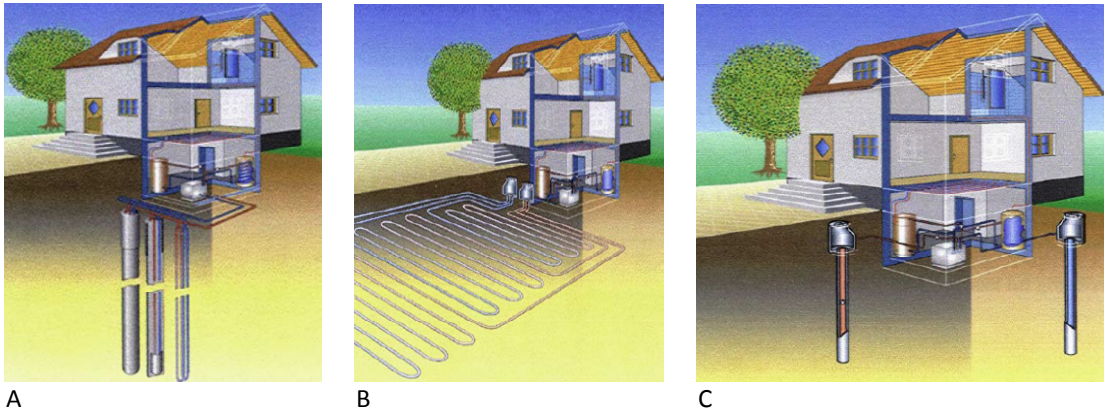


Figure 10: Concept d'extraction de chaleur géothermique avec systèmes fermés (échangeurs de chaleur verticaux (A) et horizontaux (B) et un système ouvert (C) (source: Terra Energy)

Les échangeurs de chaleur horizontaux se composent d'un réseau de tuyaux à une profondeur de plus d'un mètre (hors gel). Si cela est possible, on place le réseau sous le niveau de la nappe phréatique. Le dimensionnement est réalisé principalement sur la base du coefficient de conduction thermique du sol qui est en grande partie déterminée par la teneur en argile et en humidité. Pour un logement moyen, un forage de 200 à 250 mètres suffit généralement. Selon la composition du sol et la puissance du compresseur de la pompe à chaleur, la surface au sol nécessaire pour un logement moyen se situera entre 200 et 500 m².

4.4. Eaux souterraines comme source d'extraction de chaleur dans un système ouvert

Pour un usage ménager, l'extraction d'eaux souterraines, ayant une température de 10° à 12°C ne fera pas descendre la température de la nappe aquifère. Le COP de la pompe à chaleur sera également élevé et variera peu. Pour appliquer cette technique avec succès, on doit toutefois disposer d'une nappe aquifère suffisamment perméable.

On pompe l'eau à partir d'un puits de production et on l'envoie dans la pompe à chaleur. L'eau est ensuite réinjectée dans la même nappe géologique via un puits d'injection. Pour les pompes à chaleur, la profondeur des forages se situe entre 20 et 100 m, selon la géologie. Chaque kW de puissance thermique livrée nécessite environ 0,2 à 0,3 m³/heure d'eau à 10°C.

Ce système ouvert connaît surtout une application dans les grands bâtiments, comme les complexes d'appartements, les entreprises ou les bâtiments publics où la demande de chaleur et de ventilation est suffisamment importante.

4.5. Le sous-sol comme support de stockage de l'énergie

Une pompe à chaleur liée au sol permet de stocker dans le sous-sol la chaleur chargée durant les mois d'été pour la réutiliser en hiver. C'est le principe du stockage thermique saisonnier.

4.5.1. Système fermé: BTES

La technologie utilisée, BTES², est identique à l'échangeur de chaleur souterrain vertical dans les systèmes fermés comme indiqué ci-dessus. Mais outre l'extraction de chaleur, ce système permet également de stocker dans le sous-sol

la chaleur extraite d'un bâtiment pendant l'été, ou par exemple récoltée via des panneaux solaires, pour ensuite la réutiliser pendant la saison de chauffe.

Cette technologie est utilisée pour les grands bâtiments comme les bureaux, les serres, les écoles, les piscines, etc. Il se compose en général de tout un champ de forages reliés entre eux, parfois plus de 100 puits. BTES est la technologie géothermique présentant le moins de limites géologiques et qui est dès lors utilisable presque partout (à l'exception des zones d'extraction d'eau). En Belgique, elle peut être utilisée sur 99% du territoire. Le temps de retour sur investissement est de 6 à 12 ans, sans tenir compte des subsides éventuels.

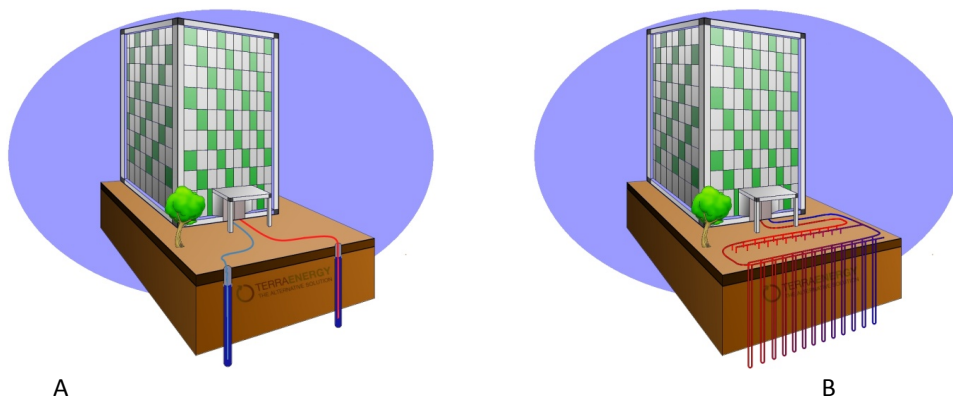


Figure 11: Concept du stockage géothermique saisonnier non profond: (A) système ouvert (ATES) et (B) système fermé (BTES).

4.5.2. Système ouvert: ATES

La technologie utilisée, ATES³, est identique à l'échangeur de chaleur vertical dans les systèmes ouverts tels que décrits ci-dessus. Mais outre l'extraction de chaleur, ce système permet également de stocker la chaleur dans le sous-sol pour ensuite la réutiliser pendant la saison de chauffe. Le système se compose d'un ou plusieurs puits d'extraction et puits d'injection.

ATES est la technologie géothermique présentant la plus grande efficacité énergétique. On a toutefois besoin d'une nappe aquifère à la profondeur souhaitée avec de l'eau de bonne qualité. Cette technologie s'applique à environ 20% du territoire belge. Le temps de retour est de 4 à 9 ans, sans tenir compte des subsides éventuels.

4.6. Avantages et inconvénients des systèmes de pompe à chaleur

Avantages	Inconvénients
Niveau de confort élevé des systèmes d'émission de chauffage à basse température (CBT*)	Généralement des investissements plus élevés (remboursés généralement dans les 4-15 ans)
Économie d'énergie/gain pour l'environnement	Limitation aux systèmes d'émission CBT, comme pour le chauffage par le sol et par les murs
Respect de la réglementation sur les performances énergétiques	Connaissances et savoir-faire nécessaires pour une bonne utilisation ne sont pas toujours présents
Possibilité de refroidissement naturel pendant l'été	

* (température d'alimentation <50°C)

4.7. Quelques exemples au niveau national et international

Le projet GEO.POWER a permis aux partenaires d'échanger les meilleures pratiques en lien avec l'approvisionnement de chaleur géothermique. Une analyse technique et une évaluation des frais et des bénéfices permettent de voir dans quelle mesure les exemples pratiques peuvent être reproduits dans notre propre région et comment la voie peut être tracée pour le transfert de certains bons exemples pratiques vers la région partenaire concernée.

Vous trouverez ci-dessous l'explication d'un exemple pratique en Belgique sélectionné par différents partenaires du projet GEO.POWER et un exemple pratique en Hongrie évalué par VITO au niveau de son applicabilité en Belgique.

4.7.1. Secteur de l'horticulture en serre

Les prix de l'énergie classique en constante hausse s'accompagnent d'un intérêt croissant pour les solutions durables pour l'agriculture et l'horticulture. La diminution des frais d'exploitation et d'entretien combinée à la diminution des émissions font du chauffage et de la ventilation géothermiques une solution idéale.

Nous en trouvons un bel exemple innovant dans l'entreprise de culture de fraises à Hoogstraten (province d'Anvers). Une pompe à chaleur liée au sol et reliée à un système ATES assure un chauffage économique au complexe de serres de 13 500 m² en hiver et une ventilation naturelle en été. La climatisation durant l'été diminue le besoin de ventilation des serres, un système de 'serre fermée' donc. Le système conduit à de meilleures conditions pour la croissance des fraises grâce à une diminution



des maladies et à la conservation de concentrations de CO₂ supérieures dans les serres, ce qui améliore la croissance des plantes. Pour un rendement 20% supérieur :

- La pompe à chaleur liée au sol de 825 kW assure 90% du chauffage des serres ;
- Une chaudière à combustible liquide de 640 kW est utilisée pour prendre le relais le cas échéant lors des pics de consommation ;
- Le système ATES se compose de deux forages profonds de 140 m écartés de 140 m.
- Le temps de retour, calculé sur la base de l'économie d'énergie (moins la consommation de gaz et de combustible), est d'environ 12 ans. Lorsque l'augmentation de production est comprise dans le calcul, le temps de retour est ramené à 7 ans.
- Cette installation diminue la consommation d'énergie primaire de 65%, pour une réduction des émissions de CO₂ de 34%.

Ce projet de démonstration pour l'horticulture en serre dans le Nord-est de la Belgique est soutenu par l'agence flamande de l'énergie (VEA, Vlaams Energie Agentschap) et le marché à la criée de Hoogstraten. Ce projet démontre que l'économie d'énergie peut être combinée à une efficacité de la production.

4.7.2. Projet de rénovation d'un immeuble à appartements: Hun street (Hongrie)

Le projet concerne un immeuble d'habitation des années '70 comptant 10 étages et 256 appartements et qui accueille environ 1 000 personnes. Avant la rénovation, le bâtiment était raccordé à un système de chauffage urbain. Dans une première phase de la restauration, le bâtiment a été soigneusement isolé, avec isolation du toit et des murs, des fenêtres efficaces au niveau énergétique et des radiateurs réglables par les habitants eux-mêmes. Une fois cet investissement réalisé, un système ATES a été installé (4 puits de production et 6 puits d'injection et 3 pompes à chaleur pour une capacité nominale de 434 kW pour le chauffage et 245 kW pour l'eau sanitaire). Aucune autre source d'eau n'était nécessaire. Les charges ont diminué de 33% et les émissions de CO₂ ont été réduites de 336 tonnes par an.



On retrouve de nombreux immeubles d'habitation similaires des années 70 dans les villes belges. L'exemple pratique de la Hun street apparaît donc très intéressant pour la Belgique. L'isolation préalable du bâtiment (toits, murs et fenêtres) est particulièrement importante pour l'installation éventuelle d'un système ATES bien dimensionné avec des pompes à chaleur liées au sol.

Sources:

- Terra Energy, présentation GEO.POWER final conference et website: <http://www.terra-energy.be/>
- VEA, 2009. Warmtepompen voor woningverwarming. D/2009/3241/023,35p.

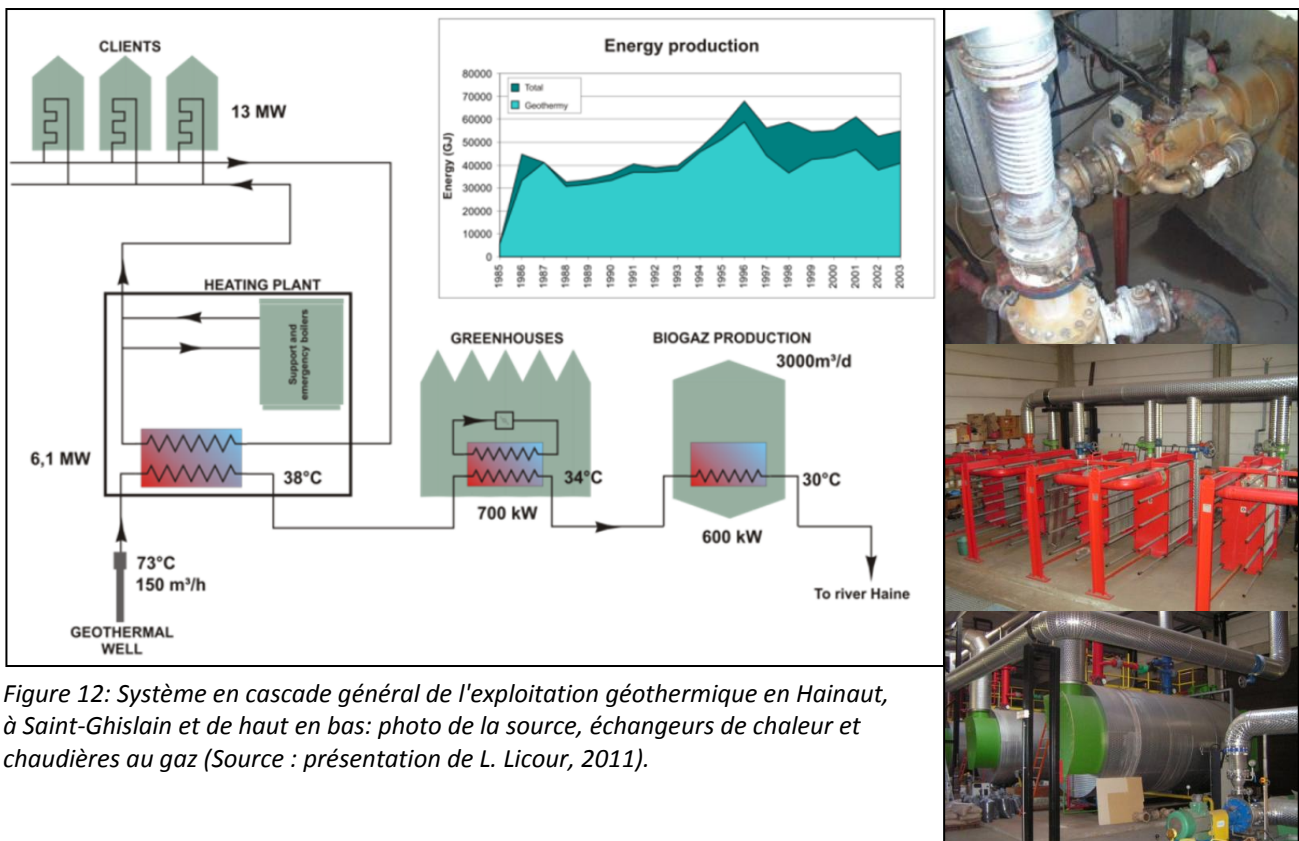
5. GEOTHERMIE PROFONDE POUR CHAUFFAGE DIRECT

Nous expliquons ci-après quelques concepts et exemples concrets d'utilisation directe de la géothermie. La limite inférieure pour l'utilisation directe de la géothermie pour le chauffage des locaux est généralement fixée à 40°C. Dans notre région, cela signifie un forage atteignant au minimum un kilomètre. Un premier exemple traite de la géothermie pour le chauffage urbain via un système en cascade. Un deuxième exemple renvoie à une des 'meilleures pratiques' du projet GEO.POWER du programme Interreg IVC, à savoir l'utilisation de la géothermie à haut gradient pour le chauffage des bâtiments historiques dans la ville de Ferrara en Italie. Troisièmement, nous vous présentons un exemple de géothermie profonde dans l'horticulture en serre aux Pays-Bas. Enfin, nous résumerons brièvement les différentes étapes clés nécessaires pour passer à la réalisation de projets.

5.1. Géothermie pour un chauffage urbain selon un système en cascade

Les bâtiments et installations d'une ville peuvent présenter une demande en chaleur très variable. Idéalement, les projets de géothermie peuvent être installés via un système en cascade où le premier maillon reçoit une température plus élevée. Les différentes applications sont reliées entre elles via un réseau thermique et, dans le meilleur des cas, elles ne sont pas trop éloignées les unes des autres et du puits de production de manière à minimiser le transport d'eau chaude.

À Saint-Ghislain, dans la région de Mons, ce concept est utilisé depuis plus de 20 ans déjà (source : <http://energie.wallonie.be> ; ww.idea.be ; Fig. 12). L'eau qui est pompée ici provient du réservoir Dinantien à environ 2 500 m de profondeur (St. Ghislain). En raison de la géologie locale, il s'agit d'eau artésienne. Cela signifie que, en raison de la pression dans le réservoir, l'eau du forage arrive naturellement presque jusqu'à la surface à un débit de 100 m³/h et une température de 72° - 73°C. L'eau de ce forage est dirigée vers une centrale thermique où 3 échangeurs de chaleur sont installés (capacité totale de 5,2 MW). De là, est assuré le chauffage de 3 bâtiments scolaires, d'un hall sportif avec piscine, de l'hôpital du Grand-Hornu et de 10 blocs de logements (sociaux) dans le voisinage. Depuis 2009, la gare de Saint-Ghislain est également raccordée. La source géothermique assure ici la puissance de base la plus importante. Lorsque la température descend sous 0°C, un chauffage complémentaire est assuré par 2 chaudières au gaz (5 MW chacune, 10% de la charge annuelle). La température après refroidissement dans la centrale de chauffage est d'environ 40°C. Enfin, l'eau qui possède encore une température de 34°C est utilisée pour le séchage et la fermentation en méthane des boues de la centrale de transport à proximité. Le potentiel non utilisé est encore estimé à 1 MWth.



5.2. Chauffage urbain des bâtiments historiques dans le centre historique de ferrara (Italie)

Ferrara est une ville moderne du Nord de l'Italie qui compte plusieurs bâtiments historiques du Moyen-âge. Cette situation est fortement comparable aux centres historiques des villes belges. D'ici 2020, ces bâtiments doivent en grande partie pouvoir compter sur un approvisionnement énergétique durable. La rénovation n'est pas toujours une option (protection partielle ou totale). La géothermie est dès lors considérée comme une solution verte, locale et durable pour rendre durable le chauffage de ces bâtiments.



En 1960, lors de l'exploration pour de nouveaux champs de pétrole, un réservoir souterrain d'eau chaude a été découvert à environ 2 000 m. Un projet de chauffage urbain a été lancé après la crise énergétique des années 70. De l'eau à une température de 100° - 105°C est pompée à partir de 2 puits de production à une distance de seulement 1 000 m avec un débit total de 400 m³/h. La chaleur est libérée via les échangeurs de chaleur à un circuit secondaire dans lequel l'eau chaude est transportée vers le centre de la ville. L'eau pompée est à nouveau injectée pour garantir la stabilité géotechnique. Depuis 1990, ce réseau géothermique fait partie d'un "réseau de chauffage urbain d'énergie intégrée" (Fig. 13). L'énergie géothermique est la principale source de chauffage et prévoit une charge de base constante (75 000 MWh/an). Une installation de revalorisation des déchets en énergie constitue une source secondaire (19 590 MWth, 87.000 MWe en 2008) et une troisième source d'énergie est composée de 7 chaudières naturelles de méthane qui permettent de répondre à la demande le cas échéant (Fig. 14). Quatre réservoirs de stockage d'une capacité de 1 000 m³ chacun peuvent stocker la chaleur.

Le réseau fait environ 130 km de long et assure de la chaleur pour environ 5 245 000 m³, répartis entre logements, bâtiments dans le secteur tertiaire et applications industrielles.

Ce système et l'approche dans la ville de Ferrara constituent un bon exemple d'un système de chauffage urbain où la géothermie est combinée et intégrée à d'autres sources d'énergie durable.

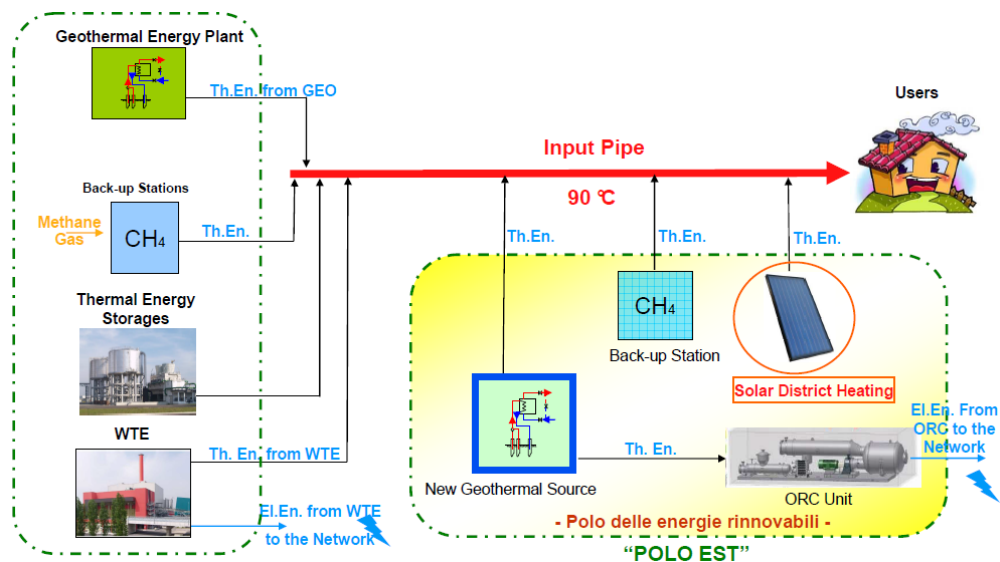


Figure 13: Plan de développement du système de chauffage urbain de la ville de Ferrara: système existant (gauche) et extension (droite) (source: International District Energy Climate Award. Document produit par HERA).

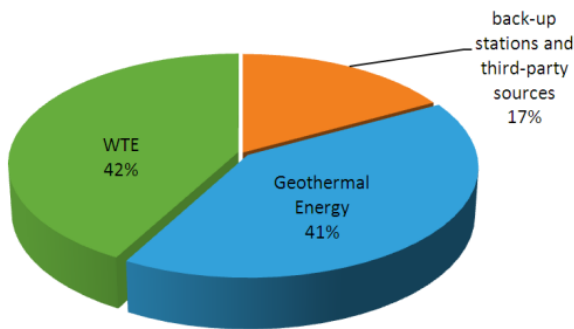


Figure 14: Mixe énergétique du système intégré (prévision pour 2011; International District Energy Climate Award. Document produit par HERA)

5.3. Chauffage dans l'horticulture en serre

Exemple de l'entreprise de tomates A+G van den Bosch à Bleiswijk (Pays-Bas)

A+G van den Bosch est une entreprise de tomates à Bleiswijk (Fig. 15). En 2006 – 2007, les premiers forages ont été réalisés pour chauffer les serres par géothermie, ce qui était une première aux Pays-Bas à cette époque (www.vleestomaat.nl). Le réservoir se trouve à une profondeur de 1 700 m et l'eau a une température de 60°C. La température d'injection varie de 24° à 34°C et le débit entre 85 et 150 m³/h. La puissance s'élève à 5MWth. Le système présente un COP⁸ d'environ 18. La pression de la pompe varie entre 12 et 26 bar et la consommation d'électricité entre 220 et 280 KWh. Ce premier puits a permis de chauffer 7,2 ha de serre. Une deuxième serre de 7,6 ha a également été raccordée à la source, elle reçoit la chaleur résiduelle après la première serre. Si nécessaire, un complément en gaz naturel est assuré. L'économie d'énergie équivaut à environ 3 à 4,5 millions de m³/an de gaz naturel. Cela a permis à l'entreprise de réduire son empreinte de CO₂ de 74% par rapport à l'utilisation d'une chaudière traditionnelle. Pour plus d'informations, nous vous renvoyons au Plan par étapes d'extraction géothermique pour l'horticulture en serre (2010) aux Pays-Bas.



Figure 15: Photos de www.vleestomaat.nl – projet géothermique A+G Van den Bosch.

5.4. Note concernant l'utilisation indirecte de la géothermie pour l'électricité

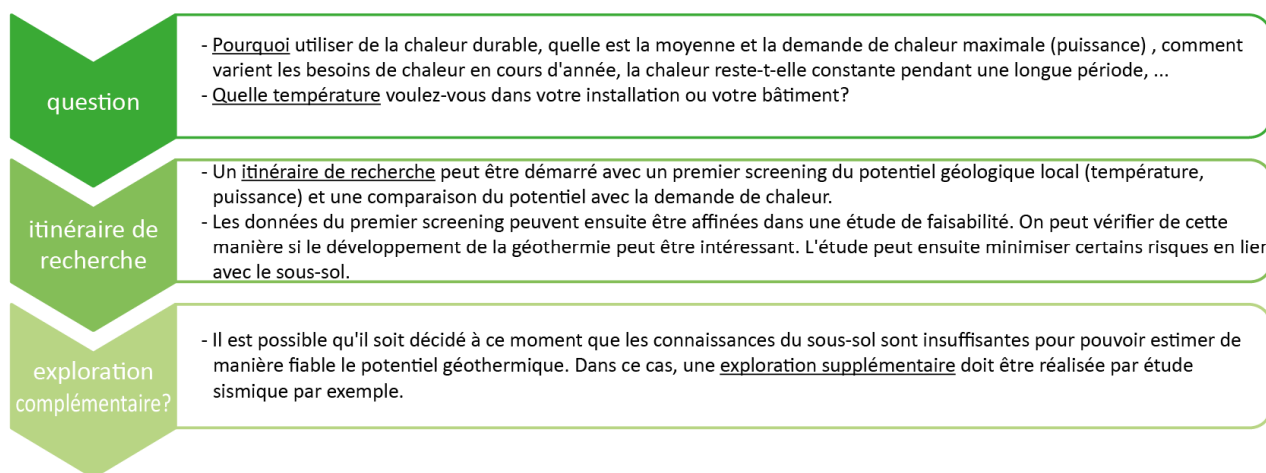
L'utilisation *indirecte* de la géothermie comprend la conversion de la chaleur géothermique en électricité. Cela peut être réalisé par des turbines à vapeur (température > 190°C). La génération de courant est toutefois également possible à de plus faibles températures (100 à 190°C) en travaillant avec un fluide organique dans un circuit secondaire à de plus

⁸ COP = Coefficient Of Performance = chaleur utile livrée/électricité nécessaire. L'élément important ici est la puissance thermique qui peut être extraite et la puissance de pompe nécessaire.

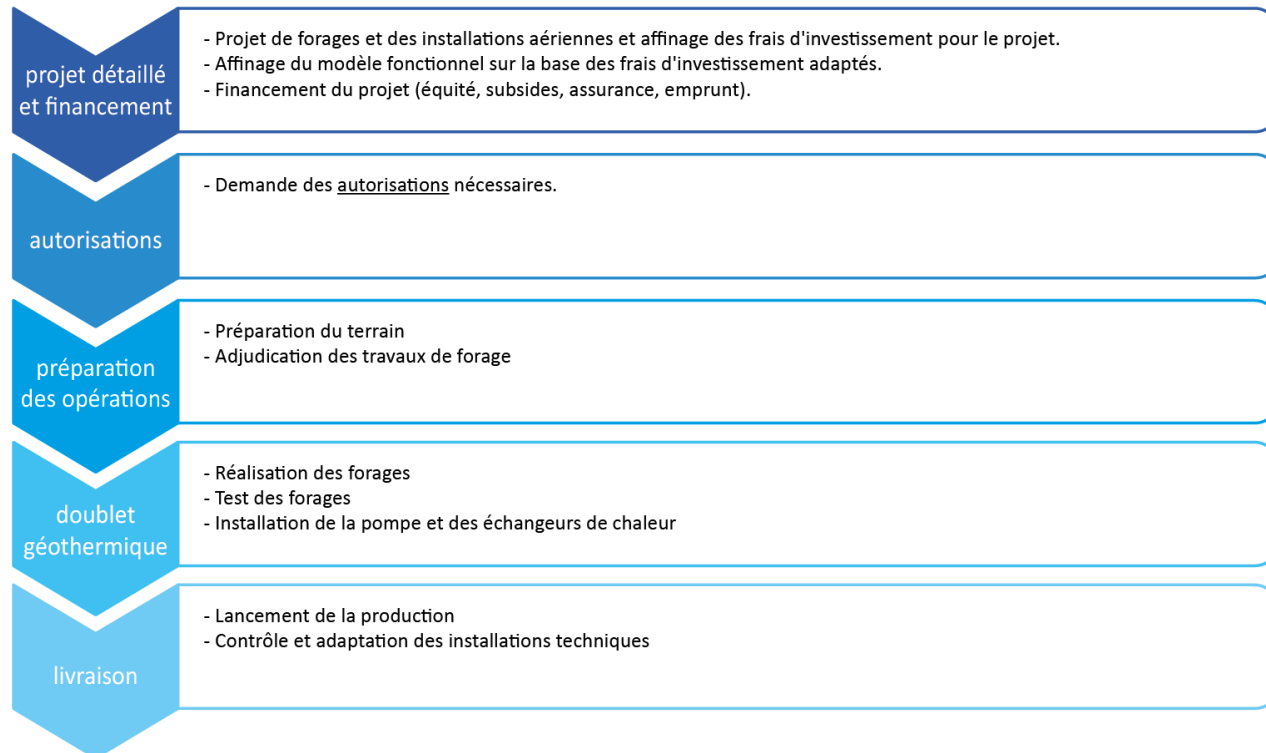
faibles températures, ce qui génère une tension de vapeur suffisante (ORC⁹). Généralement, cela est réalisé grâce à l'utilisation de la chaleur présente à de plus grandes profondeurs (3 – 5 km) (voir EGECE Deep Geothermal Market report 2011). Il existe surtout des opportunités en Belgique pour les applications combinées d'extraction d'électricité de la géothermie et d'approvisionnement de chaleur.

5.5. Etapes importantes dans le lancement et le financement d'un projet géothermique profond

Pré faisabilité et phase d'exploration



Phase de développement



⁹ ORC = Organic Ranking Cycle. Dans ce processus, une turbine est entraînée avec l'évaporation d'une substance organique à des températures inférieures à 100°C.

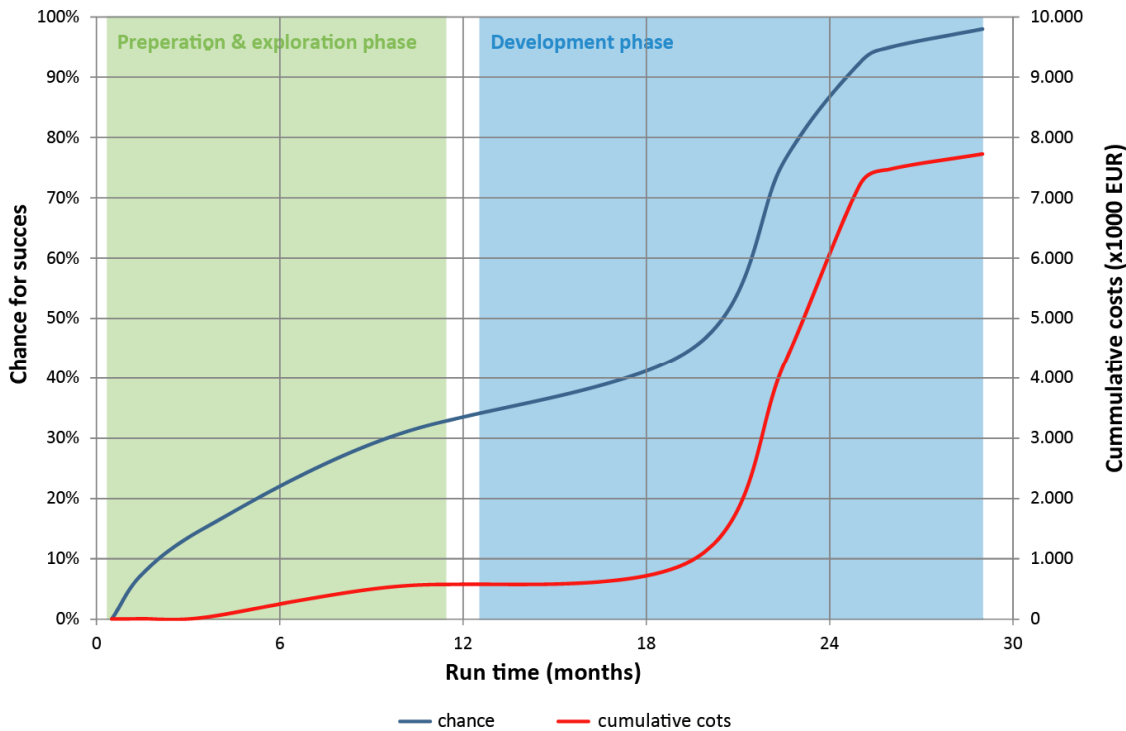


Figure 16: Graphique représentant les coûts et la chance de succès pendant les phases de préféabilité, d'exploration et de développement pour un projet de géothermie profonde (serre, forage jusqu'à 2 km, doublet, phase d'exploration nécessaire).

En ce qui concerne quelques indications pour les frais de réalisation d'un forage, nous pouvons utiliser les chiffres suivants (Fig. 16). Un premier scan rapide ou une pré-étude géologique peut être réalisée pour un montant inférieur à 10 000 euros. L'analyse géologique approfondie dépend de la grandeur de la région et de sa complexité et peut s'élever jusqu'à 500.000 euros lorsque des explorations doivent encore être réalisées. Les frais de placement d'un forage dépendent des entreprises, de la complexité et du dimensionnement des puits, des matériaux utilisés et de l'environnement (urbain ou non). Ces frais augmentent avec la profondeur (Fig. 17). Pour un forage d'une profondeur d'environ 1 km, 1 million d'euros peuvent suffire, à partir de 2 km, ce montant dépasse aisément les 3 millions d'euros et lorsque l'on dépasse les 3 km de forage, nous dépassons également les 5 millions d'euros. Les frais initiaux complémentaires pour le forage sont la gestion du forage et les autorisations nécessaires (voir plus loin). Enfin, il ne faut pas oublier l'évacuation des terres et le rinçage du forage.

Les frais de l'installation souterraine dépendent fortement de ce qui est déjà présent. Si un tout nouveau réseau doit être installé, ces investissements dépasseront les frais du puits. Des interventions techniques importantes peuvent faire augmenter le delta T, c'est-à-dire la différence entre les températures de production et d'injection, et donc affecter positivement la puissance et le COP.

L'illustration 16 montre l'évolution des chances que le projet puisse être clôturé avec succès. Nous entendons par 'succès' que le système puisse fournir suffisamment de chaleur pour être rentable. La réussite est également déterminée en grande partie par la quantité d'eau qui peut être pompée et par la température de cette eau. Au début d'un projet, on ne peut évaluer la température et la quantité d'eau qui peut être extraite que sur la base de modèles et d'extrapolations. Ce n'est qu'après le premier forage que on sait si les premières suppositions sont correctes ou pas. À ce moment, les chances de succès augmentent considérablement, mais l'on ne peut être sûr à 100% que lorsque le système a déjà tourné un certain temps.

Ce risque géologique est typique de la géothermie profonde et constitue l'un des obstacles les plus importants pour le financement d'un projet. Une exploration coordonnée du sous-sol profond, des subsides ciblés et une assurance du risque géologique peuvent aider à limiter ou à éliminer ces obstacles.

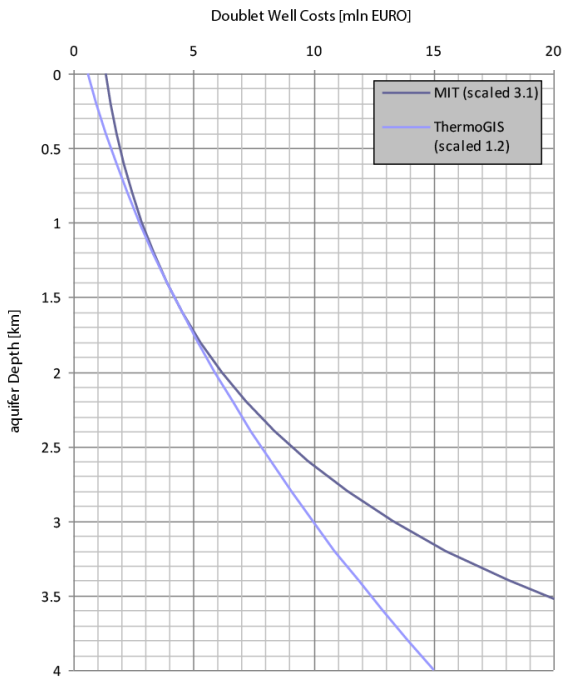


Figure 17: Coûts pour une forage en fonction de la profondeur (Source: Handboek Geothermie in de Gebouwde Omgeving, 2011).

Il est donc évident que les investissements initiaux pour un doublet énergétique sont élevés et sont surtout liés aux frais de mise en place du doublet. Les frais opérationnels sont toutefois nettement inférieurs à ceux engendrés, par exemple, par l’approvisionnement de chaleur au gaz.

5.6. Remarque: installation en surface et souterraine et durée de vie

Lorsque de l’eau chaude est produite à partir d’un puits et que l’eau refroidie est injectée à proximité, il apparaît un front froid qui peut se développer en direction du puits de production si on extrait davantage de chaleur que ce qui est amené naturellement. Dans ce cas, plus la distance souterraine est grande entre les puits, plus longue est la durée de vie d’un projet. On suppose généralement qu’en dehors d’un rectangle qui comprend 2 cercles d’un diamètre de 1,5 km autour de 2 forages, les différences de pression et de température après 30 ans ne sont pas importantes. Cela n’est toutefois que rarement le cas dans la pratique parce que la plupart de nos réservoirs sont très hétérogènes (variation dans la composition, la porosité et la perméabilité). Les modélisations numériques (Fig. 18) constituent l’outil le plus indiqué pour prédire l’évolution du rayon d’influence et du refroidissement dans le temps pour différents scénario de pompes.

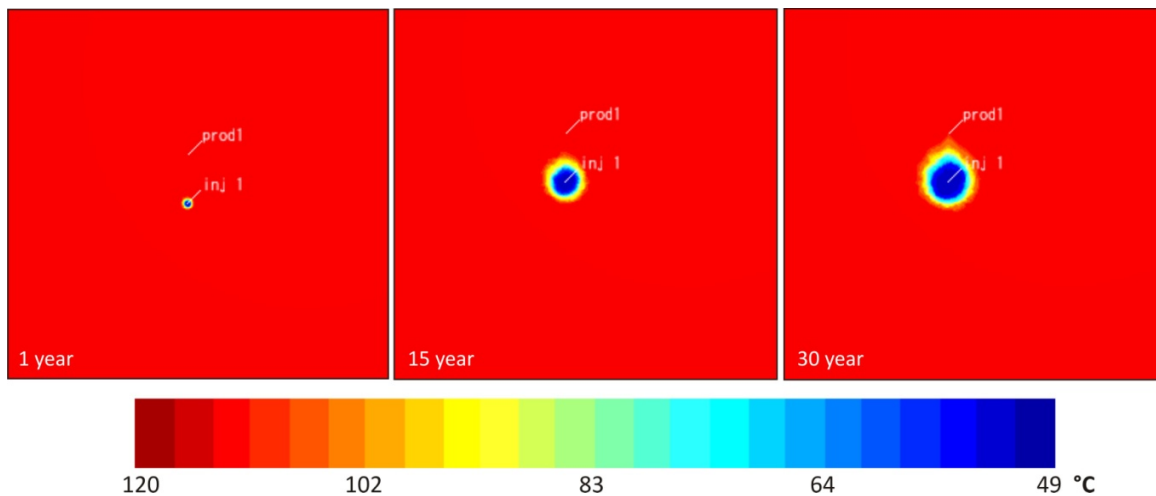


Figure 18: Modélisation de la distribution de température pendant la période d’injection (30 ans) pour un cas fictif (prod1 = puit de production; inj1 = puit d’injection)

L'installation en surface pendant les activités de forage peut s'étendre sur une surface de plus de 100 m², mais de plus petits projets sont possibles lorsque la profondeur du puits diminue. Une fois les puits géothermiques placés, le seul encombrement reste l'échangeur de chaleur, les pompes et l'installation de secours éventuelle. Ces éléments peuvent être installés entièrement sous terre (mais accessibles) ou dans un bâtiment aux dimensions limitées. Dans certains cas, on choisit cette dernière solution pour une présentation explicite au public.



6. MARCHÉ ET CONDITIONS POUR L'APPLICATION DE LA GEOTHERMIE

La Belgique présente la densité de population la plus élevée d'Europe et la Flandre est encore plus dense que la Wallonie (Hilderson et al., 2010¹⁰). Environ 4,3 millions de logements ont été enregistrés en 2008 et ce chiffre augmente d'environ 9% par an (9,6% en Flandre). À l'heure actuelle, environ 42% de la demande de chaleur totale revient aux environnements bâtis, dont 60% pour les ménages et 40% pour les services d'utilité publique.

Outre les différences au niveau de l'urbanisation, on constate également un contraste frappant au niveau de l'ancienneté et du style des logements entre le Sud et le Nord du pays. Au Sud dominent les logements plus anciens, isolés (antérieurs à 1945, voire 1919) caractérisés par une demande de chaleur relativement importante. Les logements au Nord, en Flandre, sont généralement plus récents et plus diversifiés (60% des logements sont antérieurs à 1970, ECODATA, 2008¹¹). On peut donc affirmer que l'on pourrait réaliser une conservation importante de la durabilité dans le secteur résidentiel ou l'environnement bâti en général, dans les villes du Sud du pays.



Quelles sont les conditions à prendre en compte pour l'évaluation d'une application rentable de la géothermie au niveau des bâtiments ou des installations?

- Acceptation publique de la source d'énergie. Dans les applications géothermiques à grande échelle (profondes), il convient de tenir compte de l'intégration d'un système collectif auquel différents propriétaires/utilisateurs peuvent se raccorder.
- Présence ou absence de réseaux thermiques à petite ou à grande échelle.
- Proximité entre l'application et le potentiel géologique: transporter la chaleur est onéreux. Idéalement, la nappe aquifère est présente dans le sous-sol direct, la source est centrale et les débouchés doivent être maximum sur une courte distance.
- Utiliser et garantir une puissance thermique maximale comme charge de base. La géothermie est dès lors également utilisée de préférence comme une charge de base continue ! Une combinaison avec stockage de chaleur peut permettre d'optimiser le système.
- La rentabilité économique de la distribution et le système de distribution jouent un rôle important. La garantie peut être assurée par la conclusion d'accord avec des sociétés de logement, des entreprises, de manière à ce que l'achat de chaleur soit garanti à long terme. L'avantage est que le prix de l'approvisionnement de chaleur de la géothermie dépend principalement des charges du capital qui sont beaucoup plus stables que les charges variables d'autres sources d'énergie. Cela est intéressant pour l'exploitant et l'utilisateur.

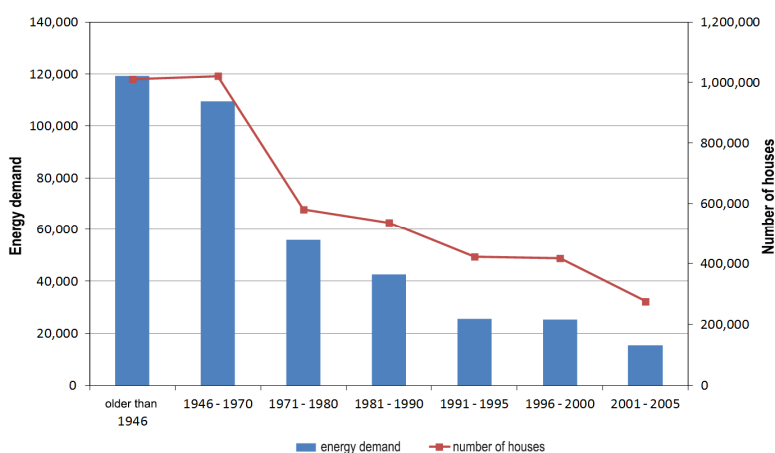


Figure 19: Demande énergétique liée au marché au logement en Belgique.

¹⁰ Hilderson, W., Mlecnik, E., Cré, J., 2010. Potential of Low Energy Housing Retrofit, Final Report Low Energy Housing Retrofit (LEHR), Belgian Science Policy (Programme to stimulate knowledge transfer in areas of strategic importance – TAP2), Brussels, 52 p.

¹¹ ECODATA, FOD Economie, KMO, Middenstand & Energie, 2008, Gebouwen volgens het kadaster, <http://ecodata.mineco.fgov.be/mdn/Kadaster.jsp>

7. COMPETENCES ET REGLEMENTATION

Dans le cadre de projets de géothermie, l'élément central des compétences et de la réglementation se situe au niveau de la politique régionale. Les tableaux ci-dessous présentent d'une part un aperçu de la répartition des compétences pour les différents aspects d'un projet géothermique et d'autre part la réglementation actuelle pour les aspects les plus importants. Techniquement, on constate des différences nettes pour les applications profondes ou non mais la réglementation ne présente pas une définition uniforme et cohérent de ce qui est profond ou non. Au niveau technique et réglementation, cette limite est souvent fixée à 500 m.

Pour plus de détails, nous vous renvoyons aux décrets correspondants, aux arrêtés d'exécution et au rapport 'Étude d'inventorisation de l'utilisation de la géothermie et le cadre réglementaire dans les ordres juridiques étrangers' (2011).

	Régions		Fédéral
	Flandre	Wallonie	
Environnement – protection de l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> MER-decreet (diepe geothermie) Milieuvergunningende met uitvoeringsbesluiten (VLAREM I, II): reglementering en code van de goede praktijk voor hinderlijke activiteiten bij realisatie van geothermisch project, verlenen van vergunningen; Bodemregelgeving; Afvalstoffenbeleid 	<p>Le Code de l'Environnement est la législation cadre relative à l'environnement.</p> <ul style="list-style-type: none"> Code de l'eau Législation sur les déchets 	Normes des produits (dont écolabel) : conditions auxquelles les produits/matériaux (ex. matériel de forage, de rinçage) doivent satisfaire pour pouvoir être commercialisés (utilisation de la compétence régionale)
Énergie	Verantwoordelijk voor productie van energie uit hernieuwbare energiebronnen, toekennen van mogelijke steunmaatregelen, beleid rationeel energiegebruik. Bevoegd voor warmtenetten. Uitzondering: electriciteit: enkel bevoegd voor distributie.	<ul style="list-style-type: none"> Le système des certificats verts : un soutien est accordé une fois que le projet est dans la phase opérationnelle c.-à.-d quand l'investissement est réalisé. L'incitant est uniquement pour des projets de géothermie produisant de l'électricité. 	Transmission de l'électricité ; tarifs de transmission et de distribution ; Diminution d'impôt éventuelle ou déduction fiscale pour chaleur verte.
Ressources naturelles	Decreet Diepe Ondergrond: hierin is geothermie niet opgenomen. Aardwarmte is bijgevolg, net als zon en wind, vrij te gebruiken.	L'énergie géothermique n'est pas spécifiquement mentionné dans la législation minière.	<ul style="list-style-type: none"> Stockage souterrain et transport du gaz naturel ; Stockage souterrain des déchets radioactifs
Aménagement du territoire	Stedenbouwkundig akkoord en voorschriften (bv. bufferzones)	Législation urbanistique : Adopté en 1984, le Code Wallon de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et du Patrimoine « CWATUP » constitue la base légale du	

		droit de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme et du patrimoine. En 2007, le CWATUP est devenu le CWATUPE (E pour énergie) en vue de promouvoir la performance énergétique des bâtiments.	
Assurances	Momenteel geen specifieke initiatieven.	Pas d'assurances spécifiques à la géothermie mises en place à ce jour.	
	Flandre	Wallonie	Fédéral
	Régions		

Tableau 1: Répartition de compétence, basée sur le rapport 'Étude d'inventorisation de l'utilisation de la géothermie et le cadre réglementaire dans les ordres juridiques étrangers' (2011).

	Flandre	Wallonie
Pré faisabilité	Nog geen databanken ter beschikking voor potentieelinschatting, of voor aanwezige projecten.	Pas de databases disponible à ce jour.
Aménagement du territoire	<ul style="list-style-type: none"> Vlaamse codex ruimtelijke ordening (VCRO), 1 sept. 2009 en latere wijzigingen; Stedenbouwkundige vergunningsplicht voor de boringen en de bovengrondse installaties (opgelegd in artikel 4.2.1 VCRO). Mogelijke uitzondering wanneer installatie valt onder 'gebruikelijke ondergrondse constructie'. Ruimtelijke structuurplannen op gewestelijk, provinciaal, lokaal niveau Geen regelgeving wat betreft ruimtelijke ordening van ondergrond. 	<ul style="list-style-type: none"> Demande de permis d'urbanisme pour la mise en place les puits géothermiques souhaités. Demande de permis d'environnement temporaire pour l'opération de forage et la réalisation des tests nécessaires au droit des puits nouvellement mis en place (pompage d'essai, mesure de la température, autres diagraphies, ...) <p>Un élément clé dans la législation relative à l'aménagement du territoire est le(s) permis d'urbanisme. Combiné avec le permis d'environnement, le permis d'urbanisme peut être regroupé dans un permis unique. Le permis unique est d'application depuis le 1er octobre 2002.</p>
Ecologie - Autorisation environnementale	<ul style="list-style-type: none"> Decreet integraal waterbeleid van 18 juli 2003 met aanpassingen en uitvoeringsbesluit van de Watertoets; Milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater, waterbodems en grondwater van 21 mei 2010 Decreet maatregelen grondwaterbeheer van 24 jan 1984; Toetsing aan de M.E.R. plicht (Milieu-effectrapportage; Decreet 18 dec 2002, aanvullend op decreet 5 april 1995) voor grote projecten (cfr. vaak klasse 1) zoals diepe geothermische boringen die water zullen onttrekken Milieuvergunningdecreet van 28 juni 1985 en wijzigingen: o.b.v. klasse van de hinderlijke inrichting Meldingsplicht: klasse 3, milieuvergunningplicht: klasse 1, 2; 	<ul style="list-style-type: none"> Demande de permis d'environnement (classe 1: EIE obligatoire, classe 2: notice environnementale ou/et EIE, classe 3) Décret sur les eaux souterraines (déchargement, stockage, injection d'eau); Rubriques 45.12.01 et 02 - Le forage nécessaire à la réalisation d'un projet de géothermie sera toujours de classe 2. Procédure permis : Annexe XVIII « opérations de forage et de sondage » avec distinction entre usage « prise d'eau » et « usage géothermique sans prise d'eau » Les eaux souterraines : En général, les projets de géothermie profonde appartiendront à la rubrique 41.00.03.02 et seront de la classe 2 en ce qui concerne la prise d'eau. l'annexe III « Formulaire relatif aux prises d'eau » de l'AGW du 4 juillet 2002 relatif à la procédure et à diverses mesures d'exécution du décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement fait également référence au pompage d'essai d'une durée n'excédant pas douze mois.

<p>Ecologie - Autorisation environnementale</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Uitvoeringsbesluiten: VLAREM I (klasse 3, o.a. warmtepomp met drijfkracht > 5kW, bodemwisselaars tot aan lokaal dieptecriterium) en VLAREM II (algemene en sectorale milieuvorwaarden tijdens exploitatie en code van goede praktijk), o.a. grote ondiepe systemen, systemen dieper dan dieptecriterium, gebruik stoffen in gesloten grondwarmtewisselaar; • Bodemsaneringsdecreet van 27/10/2006 en wijzigingen, gericht op duurzaam bodembeheer. Uitvoeringsbesluit: Vlarebo; • Decreet duurzaam beheer materiaalkringlopen en afvalstoffen 23/12/2011. Uitvoeringsbesluit: Vlarema; • VLAREL: bekwaamheid van boorfirma's • Milieubeleidsplannen op gewestelijk, provinciaal en lokaal niveau als ook beleidsplannen voor klimaat, duurzame ontwikkeling 	<ul style="list-style-type: none"> • La réinjection peut être considérée comme une recharge des eaux souterraines et appartient dès lors à la rubrique 41.00.04. Qu'importe le débit d'injection, l'activité est de classe 1 et nécessite donc toujours la réalisation d'une étude d'incidences sur l'environnement (EIE). • Demande de permis d'environnement définitif pour l'exploitation des puits géothermiques et des activités et installations (classées) connexes du projet, avec réalisation de l'étude d'incidences sur l'environnement (EIE) au préalable. • En ce qui concerne la production d'électricité, une sous-rubrique spécifique pour les centrales géothermiques n'existe pas, mais une centrale géothermique peut être considérée comme une centrale thermique.
<p>Énergie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aanvraagdossier bij VREG voor groenestroomcertificaten bij opwekking electriciteit uit hernieuwbare energiebron; • EPB-haikbaarheidsstudie: energiestatistiek-eisen voor gebouwen 	<ul style="list-style-type: none"> • Pour la géothermie faisant appel à l'usage de pompes à chaleur, la rubrique 40.30.02 « Installation de production de froid ou de chaleur mettant en œuvre un cycle frigorifique (à compression de vapeur, à absorption/ à adsorption) ou par tout procédé résultant d'une évolution de la technique en la matière » est clairement d'application. • L'activité de distribution de la chaleur figure sous la rubrique 40.30 « Production et distribution de vapeur et d'eau chaude, production de glace hydrique non destinée à la consommation ».
<p>Droit de propriété/d'usage</p>	<p>Nog niet geregeld</p>	<p>La concession minière accorde la propriété de la 'substance' pour laquelle la concession est obtenue, tandis qu'un permis donne uniquement le droit d'effectuer une activité pour une certaine période, et ce droit vous est « prêté » au lieu de « donné ». En plus, elle accorde un périmètre qui indique que personne d'autre peut faire la même activité dans ce périmètre. Le système du permis n'exclut en principe pas du tout que la même activité soit effectuée dans une zone précise autour d'un projet.</p> <p>La Direction Wallonne des Risques industriels, Géologiques et Miniers est actuellement en train de réfléchir sur la possibilité de modifier la législation minière. Une procédure simplifiée pour de projets de géothermie y pourrait être reprise pour l'obtention d'une concession 'géothermie', qui aurait une durée limitée et un périmètre précis et qui ferait référence à la législation environnementale (un permis d'environnement serait nécessaire).</p>

Tableau 2: Réglementation actuelle (octobre 2012), basée sur le rapport "Étude d'inventorisation de l'utilisation de la géothermie et le cadre réglementaire dans les ordres juridiques étrangers" (2011).

Les initiatives de promotion de la géothermie et des énergies renouvelables en général doivent être vues à la lumière de la directive européenne pour la promotion et l'utilisation de l'énergie des sources d'énergie renouvelables (2009/28/CE, article 13,4°). Les états et les gouvernements régionaux s'ajoutent ici pour le développement de la réglementation locale. L'agence flamande pour l'énergie a, dans ce cadre, adapté la réglementation et les codes existants pour les environnements bâtis. Ces adaptations ont été approuvées en septembre 2012 et entreront en vigueur dès 2013 pour les constructions neuves et les grandes rénovations des bâtiments publics et dès 2014 pour toutes les constructions neuves et les grandes rénovations.

À cela s'ajoutent encore quelques initiatives visant à stimuler l'utilisation des pompes à chaleur. En voici une brève énumération, non exhaustive:

- Réduction d'impôt pour l'installation d'un GCHP dans le cadre de la réglementation relative aux mesures d'économie d'énergie (13,5 à 15,5% d'investissement)
- Réduction de 20 à 40% sur les impôts pour les biens immobiliers à faible consommation énergétique (Flandre).
- Les gestionnaires de réseau, comme les administrations communales ou provinciales, peuvent offrir un incitatif ou une prime lorsqu'un GCHP est installé comme système de chauffage principal.

Pour les projets plus importants et les investissements dans la géothermie, quelques incitatifs sont d'application, tels que:

- L'Agence Entreprendre en Flandre permet aux PME de demander des subsides jusqu'à 50% pour des conseils avec une valeur maximale de 2 500 euros/an et jusqu'à 5 000 euros/an via le projet ERDF 'Rational use of Energy'
- La 'prime écologie' de l'Agence entreprendre en Flandre prévoit un soutien en cas d'investissements dans des projets liés aux énergies renouvelables (GCHP, BTES, ATES) pour un maximum de 1 million d'euros par entreprise sur 3 ans. La 'Prime écologique stratégique' pour des projets plus importants, par exemple de géothermie profonde, est prévue pour début 2013.
- Un soutien financier pour la production de chaleur verte est prévu à partir de 2013.
- L'Agence flamande pour l'énergie prévoit également un soutien pour les projets de démonstration innovants en matière d'énergies renouvelables jusqu'à 35% (max. 150.000 euros). La 'Flemish New Industrial Policy' peut apporter son soutien à des projets de groupement d'entreprises et des centres de connaissances jusqu'à 500 000 euros (max 80%), tout comme l'ERDF (jusqu'à 40%).
- En Wallonie, les autorités soutiennent le projet de géothermie profonde dans la région du Hainaut avec des subsides (au départ) qui pourront éventuellement être récupérés à terme.

8. SOURCES D'INFOS ADDITIONELLES ET REFERENCES

ANTEA, 2011. Inventarisatie-onderzoek van het gebruik van geothermie en het regelgevend kader daarrond in relevante buitenlandse rechtsorders, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse overheid, Departement LNE, Afdeling ALBON, VLA10-4.3, 288 p.

Barbier E., 2002. Geothermal energy technology and current status: an overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6, 3-65.

Berckmans, A., & Vandenberghe N. (1998): Use and potential of geothermal energy in Belgium. *Geothermics*, 27, 2, pp. 235-242.

Dreesen, R. en Laenen, B., 2010. Technology Watch: geothermie en het potentieel in Vlaanderen. Eindrapport. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse overheid, Departement LNE, Afdeling ALBON. Vito-nummer 2010/SCT/R/001. 64 p.

EGEC Deep Geothermal Market Report, 2011, <http://egec.info/egec-deep-geothermal-market-report-2011/>

Platform Geothermie – Werkgroep Gebouwde Omgeving, 2011. Handboek Geothermie in de Gebouwde Omgeving. , versie 1.1 d.d. 10 oktober 2011.

Terra Energy, presentatie GEO.POWER final conference en website: <http://www.terra-energy.be/>

Van den Bosch R. en Flipse B.. 2012. Stappenplan – Winning Aardwarmte voor Glastuinbouw, Gefinancierd door Productschap Tuinbouw, het Ministerie van EL&I en Glaskracht Nederland. Xx p.

Hilderson, W., Mlecnik, E., Cré, J., 2010. Potential of Low Energy Housing Retrofit, Final Report Low Energy Housing Retrofit (LEHR), Belgian Science Policy (Programme to stimulate knowledge transfer in areas of strategic importance – TAP2), Brussels, 52 p.

Vandenberghe, N., Duser, M., Boonen, P., Sun-Fan, L., Voets, R. & Boeckeaert, J. (2000): The Merksplas-Beerse geothermal well (17W265) and the Dinantian reservoir. *Geologica Belgica* 3: 349-367.

VEA, 2009. Warmtepompen voor woningverwarming. D/2009/3241/023,35p.
www.energiesparen.be

Adresses utiles (alphabétiques)

<p>EGEC – European Geothermal Energy Council Renewable Energy House – rue d’Arlon 63-67, 1040 Brussels +32 2 400 10 24 - fax + 32 2 400 10 39 www.egec.org ; Publications: http://egec.info/publications/</p>	<p>Platform warmtepompen Koningsstraat 35, 1000 Brussel 02/218.87.47 www.ode.be</p>
<p>European Heat Pump Association www.ehpa.org</p>	<p>Sectoroverleg warmtepompen www.warmtepompplatform.be</p>
<p>Innovatiesteunpunt voor land- en tuinbouw Diestsevest 40, 3000 Leuven 016/28.61.25 - fax 016/28.61.29 info@innovatiesteunpunt.be www.innovatiesteunpunt.be</p>	<p>Stichting Warmtepompen Nederland www.stichtingwarmtepompen.nl Informatie over leveranciers, fabrikanten en algemene informatie</p>
<p>Platform Geothermie Nederland Jan van Nassaustraat 75, 2596 BP Den Haag, Nederland +31(0)703244043 info@geothermie.nl; www.geothermie.nl non-profit organisatie (NGO) gericht op de bevordering van de toepassing van (diepe) geothermie of aardwarmte in Nederland</p>	<p>VEA - Vlaams Energieagentschap Koning Albert II-laan 20 - bus 17 1000 Brussel 02/553.46.00 - fax 02/553.46.01 www.energiesparen.be Informatie over steunmaatregelen enSubsidies</p>
<p>International Geothermal Association (IGA) The IGA Secretariat, c/o Bochum University of Applied Sciences Lennerhofstr. 140 D-44801 Bochum, Duitsland Tel:+49 (0)234-3210712; http://www.geothermal-energy.org/2,-_home__-.html E-mail: iga@hs-bochum.de</p>	<p>WTCB Departement bouwfysica, binnenklimaat en installaties Lozenberg 7, 1932 Brussel 02/655.77.11 - fax 02/635.07.29 www.bbri.be</p>
<p>Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) https://dov.vlaanderen.be/dovweb/html/geologie.html</p>	

Partenaires GEO.POWER

