

Newsletter

Géothermie profonde: l'énergie d'en bas

L'énergie sous nos pieds

■ Par Christina Tobler*

La Suisse s'est fixé des objectifs ambitieux pour son avenir énergétique. Le Conseil fédéral et le Parlement ont décidé la sortie du nucléaire. Parallèlement, la part des combustibles fossiles dans l'approvisionnement énergétique doit être sensiblement réduite. Comment pourrions-nous couvrir nos besoins énergétiques à l'avenir sans nuire aux objectifs liés à la protection du climat?

Outre une amélioration de l'efficacité énergétique, la Suisse mise sur le développement de «nouvelles» sources d'énergie renouvelables, telles que le photovoltaïque et l'éolien. La production de courant à partir de ces ressources fluctue toutefois au gré des conditions météorologiques et selon les heures. Une énergie en ruban (appelée charge de base) pourrait certes être obtenue à partir de la biomasse, mais avec des émissions de particules fines et de gaz à effet de serre.

La géothermie profonde pourrait apporter une contribution essentielle au tournant énergétique. Une réserve d'énergie presque inépuisable sommeille en effet sous nos pieds. En Suisse, quatre à cinq kilomètres sous la surface de la terre, la température avoisine 150°C: une énergie thermique, qui peut être utilisée pour la production de courant électrique aussi bien que de chaleur. La géothermie profonde laisse entrevoir la perspective d'une source d'énergie renouvelable domestique, qui fournit de l'énergie en ruban sans émettre de CO₂, à toute heure et en toute saison, quelles que soient les conditions météorologiques. De quoi faire reposer sur elle des espoirs pour l'avenir énergétique de la Suisse.

Reste que l'énergie du sous-sol s'accompagne de nombreux défis. Les forages à grande profondeur à travers une roche dure sont coûteux, laborieux et complexes sur le plan technologique. En raison de la méconnaissance du sous-sol suisse, il est en outre difficile d'estimer les ressources potentielles. Les projets de géothermie profonde recèlent donc un risque financier notable. Il ne faut pas négliger non plus le risque de séismes, comme ceux qui ont secoué la Suisse dans le cadre des projets de Bâle et St-Gall.

Dans quelle mesure la géothermie est-elle une ressource utilisable chez nous, et quels en sont les coûts économiques? A quels phénomènes collatéraux faut-il s'attendre sur le plan de l'environnement et des risques? Quelle est la performance globale de la géothermie par rapport aux sources d'énergie concurrentes? Le cadre réglementaire et l'acceptation par le public permettront-ils qu'une part essentielle des besoins énergétiques soient couverts par cette énergie venue du sous-sol?

C'est à ces questions, et d'autres encore, qu'a cherché à répondre la vaste étude interdisciplinaire de TA-SWISS «Energy from the earth: Deep geothermal as a resource for the future?», sous la conduite de Stefan Hirschberg de l'Institut Paul Scherrer (PSI). Au total, 32 chercheuses et chercheurs du PSI, de l'EPFZ, de la Haute Ecole des sciences appliquées de Zurich (ZHAW) et de l'Institut Dialogik ont analysé les opportunités et les risques liés à la géothermie profonde. Les analyses portent non



Editorial de Christian Wasserfallen, Conseiller national (PLR/BE) et membre de la CEATE

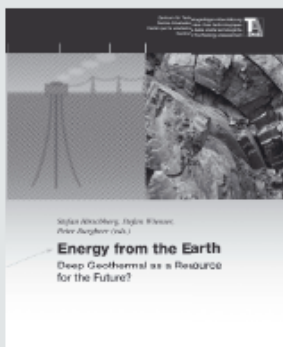
Sous-sol méconnu

Dans le domaine de la géothermie, les dés politiques sont jetés. La Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie (CEATE) du Conseil national a défini les conditions cadres lors de l'examen de la stratégie énergétique: à l'art. 19 du projet de loi sur l'énergie, un instrument de promotion directe de la géothermie est prévu. L'art. 35 offre en outre une garantie contre les risques, dans le cadre de laquelle la Confédération a déjà contribué par des montants à sept chiffres aux projets de Bâle et de St-Gall. S'y ajoutent des accords sur la recherche avec l'Agence internationale de l'énergie et le soutien explicite à la prospection géothermique en Suisse. Pourquoi continuer à soutenir d'une manière ou d'une autre la géothermie qui, pour l'heure, n'a engendré que des frais? Ce n'est pas la technologie en soi qui pose problème, mais le fait que la nature même du sous-sol suisse est encore largement méconnue. Impossible, dès lors, de tirer des enseignements des expériences faites à Bâle et à St-Gall pour d'autres sites. Retrouvons le droit chemin et renvoyons la géothermie dans le champ de la recherche fondamentale. Avant de discuter d'une production de courant industrielle, il nous faut connaître le sous-sol. L'étude de TA-SWISS offre un bon aperçu de toutes les questions encore en suspens.

seulement sur les conditions géologiques requises et les aspects techniques, économiques et environnementaux de la géothermie, mais aussi sur le cadre juridique et l'évaluation par la société des nouveaux modes de production d'énergie.

L'étude le montre: lorsqu'il est question d'approvisionnement énergétique, la perfection n'existe pas. En pesant le pour et le contre de la géothermie profonde, on aboutit toutefois à de premières indications structurées sur le rôle que cette source d'énergie pourrait être appelée à jouer dans le futur mix énergétique de la Suisse.

**La sociopsychologue Christina Tobler est collaboratrice scientifique et responsable de projets auprès de TA-SWISS.*



Stefan Hirschberg, Stefan Wiemer, Peter Burgherr (eds.)

Energy from the earth: Deep geothermal as a resource for the future?

TA-SWISS, Centre d'évaluation des choix technologiques (éd.), vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, 2015.

ISBN 978-3-7281-3654-1

L'étude est également disponible en open access: www.vdf.ethz.ch

Le résumé de l'étude (fr./all./it./ang.) peut être téléchargé gratuitement: www.ta-swiss.ch



Les résultats les plus importants de l'étude

Opportunités

- La géothermie profonde est respectueuse de l'environnement. Par rapport à d'autres formes d'énergie renouvelable, elle est moins gourmande en matériaux, dont l'exploitation constitue une nuisance pour la nature, et les émissions de CO₂ produites sont moindres, même lorsqu'on prend en compte non seulement l'exploitation, mais aussi la construction des installations en question dans le bilan environnemental.
- La géothermie, qui est une des rares «nouvelles» sources d'énergie renouvelables, ne dépend pas des conditions météorologiques, mais produit une énergie en ruban constante et calculable. Un atout important, d'autant qu'à l'avenir, il sera nécessaire de compenser les pics de courant irréguliers d'autres sources renouvelables.
- L'énergie du sous-sol pourrait apporter une contribution cruciale à la sécurité de l'approvisionnement en Suisse et renforcer l'indépendance du pays vis-à-vis des fournisseurs d'énergie étrangers.
- Si on parvient à utiliser la chaleur qui n'entre pas dans la production du courant pour alimenter des réseaux de chauffage à distance et donc à la vendre, les coûts de l'électricité produite par la géothermie deviendraient tout à fait compétitifs sur le marché et seraient même inférieurs à ceux de la plupart des autres formes d'énergie renouvelables.

Risques

- Il existe certes déjà des installations pétrothermales, mais elles n'ont pas encore été vraiment éprouvées. La mise en place du «réservoir de chaleur» souterrain, en particulier, est une tâche complexe: pour que la roche chaude puisse servir d'échangeur de chaleur, elle doit être fracturée par la force de l'eau sous pression injectée en profondeur. Ce processus peut déclencher des séismes pouvant être ressentis en surface.
- Il y a beaucoup de choses que nous ignorons encore au sujet de la nature du sous-sol. La démarche implique des risques financiers, notamment lorsqu'il apparaît qu'un site exploré à grands frais ne pourra finalement pas être exploité de façon rentable. Les réglementations, qui varient d'un canton à l'autre, sont une entrave supplémentaire à la valorisation efficace des potentiels géothermiques.
- Même si l'opinion publique réserve à la géothermie un accueil neutre à modérément bienveillant, il n'en demeure pas moins une certaine ambivalence. Cela montre que l'état d'esprit général à son égard pourrait rapidement basculer.

Recommandations

- L'exploration du sous-sol profond doit se poursuivre.
- Des projets pilotes doivent permettre d'engranger de nouvelles expériences dans la construction et l'exploitation d'installations géothermiques.
- Il convient de développer des modèles en vue de coordonner et d'harmoniser le cheminement à travers les différentes procédures d'autorisation.
- Il faudrait envisager de lier l'octroi de concessions pour l'exploration et l'utilisation de la géothermie à la condition de rendre publiques les données géologiques collectées par les concessionnaires.
- Tous les groupes d'intérêts et l'opinion publique doivent être impliqués dans et accompagner étroitement l'ensemble du processus de planification, de choix du site et de mise en œuvre de projets de géothermie. Ce faisant, chaque étape du processus doit être soigneusement planifiée, surveillée en continu et évaluée avec précision.



«Nous ne pouvons pas nous permettre d'exclure une option dès le début»

■ Christine D'Anna-Huber s'est entretenue avec Gunter Siddiqi

TA-SWISS: La géothermie profonde pourrait contribuer à la réalisation de la nouvelle Stratégie énergétique. Cette étude a-t-elle permis de clarifier le rôle potentiel de cette forme d'énergie en Suisse?

Gunter Siddiqi: L'étude montre que la géothermie profonde reste hautement pertinente comme source d'énergie potentielle. Dans le même temps, il est évident que c'est une option à long terme. En ce sens, l'étude confirme le point de vue de l'OFEN: ce n'est ni pour aujourd'hui, ni pour demain. Toutefois, avec un plan de développement bien conçu, des forages d'essai pour explorer le sous-sol et des projets pilotes et de démonstration, il y a de bonnes chances pour qu'on puisse réaliser quelque chose à l'avenir dans le domaine de la géothermie profonde.

Quelles conclusions sont nouvelles?

Ce qui est nouveau, c'est notamment la manière dont la géothermie pourrait s'inscrire dans le système énergétique global, en particulier si on la compare à d'autres nouvelles énergies renouvelables. Que ce soit le photovoltaïque, la biomasse, l'éolien ou la géothermie, en Suisse, nous disposons d'un nombre limité d'options pour la réalisation du tournant énergétique. Nous ne pouvons donc pas nous permettre d'exclure d'emblée des options, mais devons nous efforcer de créer des conditions cadres optimales pour chacune d'elles. C'est que la Confédération cherche à faire avec le premier paquet de mesures – dont une composante est la révision de la loi sur l'énergie actuellement examinée au Parlement. Il est trop tôt pour dire quelle sera la contribution de chacune des formes d'énergie, et si la géothermie produira les 4,4 térawattheures prédites.

Parmi le besoin d'intervention mis en lumière par l'étude, il est notamment évident que l'on connaît encore trop mal la nature exacte du sous-sol profond en Suisse, n'est-ce pas?

C'est vrai. En Suisse, on compte relativement peu de puits de forage profonds,

à peine dix ou quinze. C'est clairement insuffisant pour émettre des prévisions fiables. D'un point de vue technique et scientifique, la méconnaissance du sous-sol est le principal obstacle. Du côté de la recherche, il se passe des choses, avec, par exemple avec le pôle de compétences «Mise à disposition du courant» qui a été réalisé dans le cadre du plan d'action «Recherche énergétique suisse coordonnée» de la Confédération et où un module de travail porte sur l'exploration du sous-sol. Le Parlement a également reconnu le besoin d'agir: des interventions, telles que les motions Gutzwiller et Riklin, appellent la Confédération à jouer un rôle plus actif. L'étude confirme que l'exploration du sous-sol profond requiert encore des efforts soutenus.

Qu'en est-il des facteurs de risque, en particulier le risque de séisme?

La sismicité induite est clairement un corollaire de la géothermie profonde avec lequel nous devons apprendre à vivre. Il est donc essentiel que l'étude formule des recommandations sur la manière dont les risques peuvent être réduits à un niveau acceptable et raisonnable dans les projets de géothermie profonde. Le risque zéro n'existe pas. Pour l'OFEN, cela signifie qu'ici – comme l'a une nouvelle fois montré le cas de St-Gall en 2013 – d'une part il faut poursuivre la recherche et les projets pilotes et, d'autre part, il faut aider les cantons à établir un corpus de règles énonçant les exigences minimales en matière de réduction des risques à l'intention des responsables de projets.

Vous abordez ici une question que l'étude a traitée en détail: à qui le sous-sol appartient-il en définitive et qui décide de l'usage qui est fait du sol et de ce qu'il renferme?

Un autre atout de l'étude est le traitement minutieux des aspects juridiques. Il est évident que la souveraineté en matière d'autorisation, de surveillance et de contrôle des installations de géo-



Le Dr Gunter Siddiqi est chef suppl. de la section Recherche énergétique à l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). Gunter Siddiqi a étudié la géologie et la tectonique à l'Imperial College de Londres, puis mené des recherches à l'Institut de géologie de l'EPFZ dans le domaine de la mécanique des roches. Après avoir soutenu sa thèse de doctorat au Massachusetts Institute of Technology, il a travaillé pendant douze ans dans l'industrie énergétique. Gunter Siddiqi présidait le groupe d'experts qui a accompagné l'étude sur la géothermie de TA-SWISS.

thermie revient pour l'heure aux cantons et que cela doit rester ainsi, même si au premier abord, il peut sembler plus opportun, dans un petit pays comme la Suisse, d'introduire une réglementation uniforme. Toutefois, la Confédération pourrait jouer un rôle important dans la planification de la géothermie et agir à titre subsidiaire, par exemple en créant une plateforme destinée à soutenir les cantons dans la planification, la mise en œuvre et l'application de leurs directives, mesures et ordonnances.

L'opinion publique vis-à-vis de la géothermie demeure raisonnablement positive, même après les séismes survenus à Bâle et St-Gall. Comment l'expliquez-vous?

Les réactions à St-Gall m'ont étonné. Je crois que c'est pour beaucoup une question de transparence et de crédibilité. A St-Gall, un conseiller municipal, Fredy Brunner, a clairement assumé la responsabilité du projet et ainsi pu conserver la confiance de la population. Les échecs et même les éventuels dommages sont alors acceptés, et les gens se focalisent sur ce qui rend la géothermie attrayante à leurs yeux: c'est une ressource renouvelable et locale. A St-Gall, beaucoup ont dit: il y a des problèmes, mais c'est notre énergie. Elle vient de notre commune, elle nous appartient.

Imprimons un foi

Par Rosmarie Waldner

Avenir ou science-fiction: verra-t-on dans quelques années le substitut d'organes endommagés ou malades sortir d'imprimantes placées à côté de la table d'opération? L'industrie mécanique sera-t-elle remplacée par une nouvelle industrie de l'impression? Imprimerons-nous nous-mêmes nos vêtements à la maison? L'atelier «L'impression 3D: révolution dans la technique, le droit et la médecine?» organisé conjointement par TA-SWISS et la Fondation Dialogue Risque s'est penché sur ces questions fin août dernier.

Commençons par la bonne nouvelle: le maillage autour d'une imprimante 3D aux capacités illimitées retombe peu à peu. Plus réaliste est l'exécution industrielle de petites séries de pièces ou de composants (lunettes, pièces détachées de voiture ou implants dentaires) destinées à des segments de clientèle spécifiques, comme l'a expliqué Manfred Schmid, du centre de compétences en R&D des EPF inspire SA. On peut se représenter une imprimante 3D comme une poche à douille géante, de laquelle le matériel souhaité est extrait et collé par couches successives. Les couches créées par un procédé d'impression numérique finissent par former un objet tridimensionnel. Le matériel – plastique, bois, métal, tissu organique ou cellulaire – peut ainsi être assemblé avec des colles adéquates pour constituer tous les objets et formes possibles et imaginables.

Aujourd'hui, il existe sur le marché suisse des imprimantes 3D pour de petits objets pour environ 1500 francs déjà. En Chine, on imprime déjà dix petites maisons toutes faites en 3D quotidiennement. Les pionniers dans ce secteur – parmi lesquels figurent actuellement deux entreprises suisses – se penchent en particulier sur la «bio-impression», une technique médicale d'un genre nouveau. Ils développent des matériaux biologiques personnalisés, tels que des substituts dentaires ou osseux ou des implants de peau, et les imprimantes stériles qui vont avec. Des hautes écoles, telle la Haute Ecole des sciences appliquées de Zurich à Wädenswil, travaillent sur des techniques de culture de cellules adaptées et des projets de bio-impression. Toutefois, imprimer des organes complets, comme le foie ou les reins – des systèmes complexes sur le plan physiologique, traversés de nerfs et de vaisseaux sanguins – restera encore longtemps une musique d'avenir.

Les problèmes juridiques liés à l'impression en 3D sont, quant à eux, d'ores et déjà bien réels. Des lois ordinaires sont provisoirement appliquées à cette nouvelle technologie: droits d'auteur, protection des marques, protection du design, droit des brevets, responsabilité civile, protection des données. Les questions éthiques autour de la bio-impression sont tout à fait nouvelles. Markus Christen, du Centre d'éthique de l'Université de Zurich, n'a pas trouvé une seule publication à leur sujet dans ses recherches bibliographiques. Manifestement, les bioéthiciens adoptent vis-à-vis de l'éthique de l'impression 3D une posture d'attente classique, inspirée de la problématique des cellules souches, du don d'organe, du clonage ou de la recherche sur l'être humain. Christen voit quant à lui de nouveaux points à débattre dans le domaine de l'image de corps et de l'identité, de la biopiraterie et du biohacking et enfin du trans-humanisme.

Lors de l'atelier, on n'a guère évoqué les questions sociales: qu'en est-il des coûts de la santé, des postes de travail, de l'environnement et de la justice? Est-ce réservé aux riches? Que penser du clivage Nord-Sud? De quoi donner encore bien du travail à TA-SWISS.

Pour plus d'informations:
www.risiko-dialog.ch/stiftung/aktuelles/626-rueckblick-auf-die-lernexpedition-3d-druck

Rédaction: Christine D'Anna-Huber

Mise en pages: Hannes Saxer, Berne

Textes: Christine D'Anna-Huber, Christina Tobler, Rosmarie Waldner, Christian Wasserfallen

Traductions: Sarah Martinez

Tirage: allemand 3200 ex., français 1100 ex.

Diffusion électronique: allemand 2400; français 500

Paraît 4 fois par an

Éditeur

TA-SWISS Centre d'évaluation des choix technologiques

Brunngasse 36, CH-3011 Berne

Tél. +41 31 310 99 60

Fax +41 31 310 99 61 Courriel: info@ta-swiss.ch

Nouvelles publications de TA-SWISS

Géothermie profonde

A quatre ou cinq kilomètres en-dessous de la surface terrestre, le sous-sol renferme des températures allant jusqu'à 150°C, soit un potentiel d'énergie énorme qui suffirait à couvrir plusieurs fois les besoins en électricité et en chaleur de la Suisse. Quelles sont les opportunités et les risques de la géothermie profonde en tant que source d'énergie? Version abrégée de la vaste étude de TA-SWISS sur la géothermie profonde, résumant les principaux résultats et recommandations.

Le courant électrique venu du sous-sol. Résumé de l'étude de TA-SWISS «Energy from the earth: Deep geothermal as a resource for the future?», TA-SWISS (éd.), Berne 2015. TA 62A/2015

SurPRISE

SurPRISE (Surveillance, Privacy and Security) est le nom d'un projet de recherche de grande envergure financé par l'UE. Celui-ci examine le rapport problématique entre les droits fondamentaux et les technologies modernes de surveillance. La préoccupation centrale du projet est de savoir comment les citoyennes et citoyens des neuf pays d'Europe réagissent aux technologies de surveillance. Est-il vrai, comme cela est souvent insinué dans les débats politiques, qu'ils consentent à un moins de sphère privée pour un plus de sécurité? Le rapport présente un aperçu des discussions que TA-SWISS a organisé dans le cadre de SurPRISE à Zurich, Grandson et Lugano.

Souriez, vous êtes surveillés! Rapport des forums de discussion sur l'utilisation des technologies de surveillance en Suisse. TA-SWISS (éd.), Berne 2014, TA-P18/2014

Bulletin de commande

Je désire recevoir gratuitement les documents suivants en (langue):

- ... Ex. «Le courant électrique venu du sous-sol», résumé de l'étude de TA-SWISS «Energy from the earth: Deep geothermal as a resource for the future?» (français/italien/allemand/anglais).
- ... Ex. «Souriez, vous êtes surveillés!», Rapport SurPRISE (français/italien/allemand)
- A l'avenir, je souhaite recevoir la newsletter sous forme électronique
- Je souhaite m'abonner (gratuitement) à la Newsletter des Académies suisses des sciences, réseau dont TA-SWISS fait partie
- Je souhaite m'abonner à «Horizons», le magazine de la recherche édité par le Fonds national suisse (FNS) et les Académies suisses des sciences.

Courriel

Nom / Prénom

Institution

Rue

NPA/Lieu

À retourner à: TA-SWISS, Brunngasse 36, 3011 Berne, fax +41 31 310 99 61

Vous pouvez commander nos publications par courriel aussi: info@ta-swiss.ch