



## Géothermie profonde : état des lieux des risques, impacts et nuisances potentiels

### Le contexte : la lutte contre le dérèglement climatique

La lutte contre le réchauffement climatique, consacrée au niveau international par l'accord de Paris adopté en décembre 2015, nécessite de limiter le recours aux énergies fossiles pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. La France a choisi de se placer en « tête de pont » des questions climatiques et s'est dotée d'un cadre visant à construire un nouveau modèle énergétique avec la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015. La loi prévoit ainsi de porter la part des énergies renouvelables à 23% de la consommation finale brute d'énergie en 2020 et à 32% de cette consommation en 2030. Ces énergies représentaient environ 15% de la consommation énergétique française en 2015.

La géothermie a pour objet d'étudier les phénomènes thermiques internes du globe terrestre. Par extension, elle désigne l'ensemble des technologies qui utilisent l'énergie thermique du sous-sol pour produire de la chaleur ou de l'électricité. La géothermie est une source d'énergie renouvelable, à faible empreinte carbone, qui présente l'avantage de ne pas être intermittente. Elle ne représente aujourd'hui que 0,9% de la production française d'énergies renouvelables, derrière les énergies hydraulique (20%), éolienne (8%) et solaire (3,4%). La France, dont le potentiel géothermique est peu exploité, a engagé une politique volontariste pour soutenir le développement de la filière et affiche deux objectifs dans sa programmation pluriannuelle de l'énergie : une puissance électrique totale installée d'origine géothermique de 53 mégawatts en 2023 (contre 8 MW en 2018) et une production de chaleur directe d'origine géothermique de 400-500 kilotonnes d'équivalent pétrole en 2023 (contre 200 ktep en 2018).

### Les compétences de l'Ineris sur le « risque forages »

Héritier du Centre de recherche de charbonnage de France, l'Ineris étudie les risques de mouvements de terrain, qu'ils soient liés à l'exploitation que l'homme fait du sous-sol (carrières, mines, ouvrages souterrains...) ou d'origine naturelle (cavités, versants rocheux). Dans le cadre de l'étude des activités souterraines, l'Institut a la capacité d'associer ses compétences en géosciences à son expertise en sécurité industrielle et en évaluation de l'impact environnemental des polluants chimiques. Depuis près d'une décennie, le savoir-faire géotechnique de l'Institut est mis en œuvre dans le domaine des stockages souterrains (gaz et hydrocarbures, CO<sub>2</sub>, énergie, déchets...), en particulier sous l'angle de la sécurité des ouvrages d'accès (puits).

Depuis 2011, cette expertise s'est élargie à d'autres contextes d'exploitation du sous-sol : étude de la sécurité des forages d'hydrocarbures ; ; risques et impacts environnementaux liés à la filière gaz de houille et aux hydrocarbures de roche-mère, expertise de dossiers d'autorisation de forages géothermiques profonds... L'Ineris contribue ainsi à la constitution d'une expertise publique nationale du « risque forages ». C'est sur cette expertise que se sont appuyées les équipes de l'Institut, pour dresser un état des connaissances sur les risques, impacts et nuisances potentiels liés à la géothermie profonde.

## Qu'est-ce que la géothermie profonde ?

La géothermie peut être classée selon trois grandes familles de critères : le potentiel énergétique récupérable en sortie de captage (très basse, basse, moyenne et haute énergie), le régime juridique de l'activité (géothermie basse température dite « de minime importance », géothermie basse température et géothermie haute température), la filière de valorisation de l'énergie thermique souterraine (pompes à chaleur géothermiques, géothermie destinée à l'alimentation de réseaux de chaleur urbains et géothermie électrique).

En termes de filières de valorisation, la « géothermie profonde » couvre généralement la géothermie destinée à l'alimentation de réseaux de chaleur (géothermie à usage direct) et celle visant la production d'électricité. Elle implique dans tous les cas la réalisation de forages d'un à plusieurs kilomètres de profondeur, par lesquels les eaux ou vapeurs chaudes sont extraites, valorisées en surface et le plus souvent réinjectées dans le sous-sol par le biais d'un second forage. Les zones propices au développement de la géothermie profonde en France sont les grands bassins sédimentaires (bassin parisien et bassin aquitain), les fossés d'effondrement (fossé rhénan, Limagne, Bresse), le couloir rhodanien et les zones volcaniques (départements d'outre-mer, massif central...).

## La filière géothermie profonde en France

La géothermie destinée à la production d'électricité s'appuie sur trois types de concepts : la géothermie de type « volcanique », à savoir l'exploitation de fluides circulant au sein de failles dans des zones de volcanisme actif ou récent ; la géothermie de type « HDR » (*Hot Dry Rock*), qui consiste à créer un réseau de fractures artificielles par injection d'eau sous pression et à récupérer cette eau réchauffée au contact de la roche ; la géothermie de type « EGS » (*Enhanced Geothermal Systems*) qui exploite les eaux chaudes circulant dans des milieux profonds naturellement fracturés. En France, 115 gigawatts-heure sont produits annuellement par les deux centrales de Bouillante en Guadeloupe (exploitation de type volcanique) et de Soultz-sous-Forêts en Alsace (berceau de la technologie EGS). La technique HDR n'entre pas dans le périmètre de l'étude de l'Ineris, puisqu'elle n'est pas mise en œuvre en France.

La géothermie à usage direct consiste à récupérer la chaleur des eaux d'aquifères profonds, sans assistance de pompe à chaleur, pour alimenter des réseaux de chauffage urbain collectif ou pour des usages industriels, agricoles ou de loisir (chauffage de serres ou de piscines). En France, on compte 52 réseaux de chaleur géothermiques installés (dont 8 entre 2015 et 2016), permettant de chauffer 210 000 logements, soit 450 000 personnes. Ces réseaux représentent une capacité de 377 MW thermiques. En 2016, a été inaugurée la centrale de Rittershoffen (Bas-Rhin) destinée à la production de chaleur industrielle par la technologie EGS.

A mi-2016, 16 permis exclusifs de recherche ont été octroyés et 7 demandes sont en cours d'instruction dans le domaine de la géothermie profonde.

## Une analyse comparée des risques, impacts et nuisances

L'Institut a étudié l'ensemble du cycle de vie d'une installation de géothermie profonde : la phase d'exploration (4 à 12 mois) et la phase d'exploitation du site (environ 30 à 40 ans). L'étude a reposé sur l'analyse du retour d'expérience des accidents et incidents survenus sur des sites de géothermie en France et dans le monde. Une base de données de 35 accidents et incidents a ainsi été constituée. Cette base n'intègre que les événements suffisamment documentés, elle n'est donc pas exhaustive. L'Ineris encourage la profession à poursuivre et compléter ce travail de recensement pour consolider l'analyse, qui reste qualitative à ce stade.

L'étude a permis de dresser un tableau comparatif des nuisances (bruit, impact paysager, trafic routier...), impacts potentiels sur la santé et l'environnement (effets sur la faune et la flore, émissions polluantes...) et risques de type accidentel (contamination d'eaux souterraines, affaissement de sols...). Pour chaque impact, risque et nuisance, une échelle d'appréciation fondée sur 2 critères (fréquence et gravité) et comportant 4 niveaux a été appliquée. L'exercice a été réalisé aux différentes étapes du cycle de vie d'une installation : réalisation des forages, conduite d'essais pour évaluer la ressource, exploitation proprement dite, démantèlement des installations. Cette première approche ne se substitue pas aux études spécifiques qui doivent être réalisées dans le contexte de chaque site mais elle propose une hiérarchisation des principaux risques.

## Contact

Aurélié Prévot – [aurelie.prevot@ineris.fr](mailto:aurelie.prevot@ineris.fr) – 03 44 55 63 01