

# LA GÉOTHERMIE PROFONDE UNE FILIÈRE PROMETTEUSE

*Des technologies matures et accessibles, une énergie renouvelable, non tributaire des conditions climatiques et peu émettrice de gaz à effet de serre... Sur le papier, la géothermie profonde a tout bon. Mais pour autant, en France, son développement n'est pas encore à la hauteur des attentes, malgré des installations pionnières et prometteuses. 2019 sera-t-elle l'année d'un nouveau départ pour la géothermie profonde ? L'ADEME milite activement en ce sens.*

## À lire dans ce dossier

**ZOOM SUR...**  
L'Alsace  
à la pointe  
**P. 8**

**REGARDS  
CROISÉS**  
L'acceptabilité  
en question  
**P. 9**

**REPORTAGE**  
Antilles :  
de l'eau  
transformée  
en watts  
**P. 10**

**AVIS D'EXPERT**  
Quels outils  
pour aller plus  
loin ?  
**P. 11**





# LA GÉOTHERMIE PROFONDE : DES TECHNOLOGIES D'AVENIR

*Du haut de ses cinq décennies d'existence, la filière de la géothermie profonde française est encore riche de promesses. Panorama d'un secteur en pleine ébullition pour lequel l'ADEME joue un rôle moteur.*

Capter les calories stockées dans le sol ou le sous-sol pour profiter d'une énergie disponible 365 jours par an... c'est le principe de base de toutes les géothermies, que l'on aille chercher la chaleur à quelques dizaines de centimètres sous la surface pour chauffer ou rafraîchir un logement, ou à plusieurs centaines de mètres de pro-

fondeur pour alimenter des réseaux de chaleur ou produire de l'électricité en exploitant des températures qui peuvent aller jusqu'à plus de 200 °C. « Si le grand public a souvent entendu parler du premier usage, la géothermie profonde demeure, quant à elle, très méconnue, indique Philippe Laplaige, conseiller expert en géothermie à la Direction Production et Énergies Durables de l'ADEME. Pourtant elle est renouvelable, propre, peu émettrice de gaz à effet de serre, non tributaire des conditions climatiques ; elle offre



Avec le fil d'actu, suivez l'info par courriel en vous inscrivant sur [www.ademe.fr/ademeetvous-abonnement](http://www.ademe.fr/ademeetvous-abonnement)

## EN 2018,

L'ENSEMBLE  
DES INSTALLATIONS  
DE GÉOTHERMIE  
PROFONDE  
FRANÇAISES AFFICHAIT  
UNE PRODUCTION  
DE 2,6 TWH.

## À L'HORIZON 2028

LA PROGRAMMATION  
PLURIANNUELLE  
DE L'ÉNERGIE DE 2018  
PRÉVOIT QUE LA  
PRODUCTION S'INSCRIVE  
ENTRE 3,7 TWH ET  
5,4 TWH.

*généralement un coût d'exploitation peu élevé et en plus, la France est pionnière en la matière! ».*

### DU DOGGER FRANCILIEN AUX FAILLES ALSACIENNES

Tout a commencé en 1969 avec le forage d'un "doublet" de puits à Melun (Seine-et-Marne) pour exploiter l'eau contenue dans le Dogger, un aquifère calcaire de plusieurs milliers de kilomètres carrés qui court sous toute la moitié nord de la France. « *Le mouvement s'est accéléré dans les années 1970-1980 dans le sillage des crises pétrolières et l'Ile-de-France a vu fleurir de nombreux projets, au point que la région présente aujourd'hui la plus forte concentration au monde d'installations de géothermie profonde (46), alimentant 42 réseaux de chaleur,* » poursuit Philippe Laplaige. D'autres régions se sont également intéressées au potentiel géothermique de leur sous-sol. C'est le cas notamment de l'Aquitaine, où les formations aquifères sont nombreuses et où les possibilités de valorisation sont variées : chauffage de piscines, de serres, de bassins de pisciculture ou encore réseau de chaleur, à l'instar de celui qui devrait desservir 28 000 logements de la rive droite bordelaise d'ici à 2020... C'est le cas aussi des territoires insulaires ultramarins (Guadeloupe, Martinique, Réunion, Mayotte, Polynésie) où le cadre volcanique de ces territoires offre un potentiel intéressant

pour la production d'électricité, avec d'ores et déjà une réalisation remarquable, à Bouillante en Guadeloupe (voir page 10). Enfin, grâce à l'Alsace, la France est aussi en pointe sur la géothermie EGS (Enhanced Geothermal System) qui permet d'exploiter des réservoirs très profonds fracturés naturellement afin d'alimenter des centrales géothermiques de cogénération dédiées à des réseaux de chaleur urbains ou à des process industriels (voir page 8).

### LEVER LES FREINS ÉCONOMIQUES

Aller plus loin? « *Pour l'heure, le développement de la filière achoppe sur deux points : d'une part la connaissance encore insuffisante des ressources potentielles du sous-sol français et d'autre part le coût des forages qui reste élevé,* précise Philippe Laplaige. *La conjonction de ces deux facteurs exerce un effet dissuasif sur les acteurs : on ne peut pas s'attendre à ce qu'ils engagent des sommes conséquentes dans un forage sans réelle certitude de trouver un réservoir exploitable!* »

Face à cette situation, l'ADEME déploie de nombreuses initiatives pour conforter et accélérer le développement de la géothermie profonde : structuration de la filière (l'Association française des professionnels de la géothermie a ainsi été créée en 2010 sous l'égide de l'agence), communication et information (notamment via le site [geothermie-perspectives.fr](http://geothermie-perspectives.fr) partagé avec le Bureau des recherches géologiques et minières - BRGM), financement d'activités de R&D, mise en place de fonds de garantie adaptés aux besoins des différentes typologies d'opérations... (voir page 11) « *Mais notre détermination est aussi profonde que la géothermie qui nous occupe,* ajoute Philippe Laplaige. *Nous sommes convaincus que c'est une solution très prometteuse, susceptible d'apporter une contribution non négligeable aux objectifs de la France en matière de transition énergétique. Il est à mes yeux indispensable de continuer à rechercher les meilleurs effets de levier possibles pour permettre à notre pays de conserver son rôle moteur dans la montée en puissance de cette filière.* »

### FONDS DE GARANTIE : QUEL BILAN ?

Après avoir créé un premier dispositif de garantie au début des années 1980 pour accompagner le décollage de la production de chaleur géothermale issue d'aquifères profonds, les pouvoirs publics via l'ADEME ont mis en place un nouveau dispositif en 2008 pour soutenir la relance de l'activité. En dix ans d'existence, le fonds de garantie créé, qui a bénéficié de dotations initiales de 9 M€ de l'ADEME et de 2,7 M€ de la région Ile-de-France, a fait l'objet de 31 conventions : 17 pour de nouveaux projets et 14 pour des programmes de réhabilitation d'opérations existantes. 4 opérations couvertes ont eu recours à l'intervention de ce fonds, le montant des indemnités versées s'élevant à 2 M€.



Plus d'infos :  
> [philippe.laplaige@ademe.fr](mailto:philippe.laplaige@ademe.fr)

# L'ALSACE À LA POINTE



*Après plusieurs siècles d'exploitation pétrolière, l'Alsace mise désormais sur une autre richesse venue des entrailles de la terre : la géothermie. Gros plan sur une filière régionale en plein essor.*

L'épopée de la géothermie profonde en Alsace commence il y a plusieurs millions d'années avec l'effondrement du bassin rhénan sur une largeur de presque 30 km dans le nord de la région. Cet événement a donné naissance à une situation géologique exceptionnelle : des roches naturellement fracturées et riches en aquifères facilitent la circulation des fluides, à des températures anormalement élevées pour de tels niveaux de profondeur. Résultat : dans certains points, on peut ainsi observer une augmentation de la température d'en-

viron 10 °C par 100 m, soit 3 fois plus que la moyenne nationale. « Dans les années 1990, Électricité de Strasbourg – ÉS, filiale d'EDF – a commencé à s'intéresser à cette "anomalie" qui semblait ouvrir des perspectives inédites en matière de géothermie profonde », indique Jean-Jacques Graff, président de l'Association française des professionnels de la géothermie.

Dès 1995, ÉS s'est ainsi engagé dans le premier projet expérimental de géothermie profonde à Soultz-sous-Forêts, à 40 km au nord-est de Strasbourg. « Ce site pilote a permis de valider le potentiel géothermique exceptionnel de la zone, mais aussi de développer un nouveau concept appelé EGS (Enhanced Geothermal System) pour l'extraction, la circulation et l'exploitation des ressources présentes dans des milieux géologiques profonds fracturés naturellement. » Cette méthode consiste à capter l'eau chaude géothermale pour y prélever les calories nécessaires à la production de chaleur – ou d'électricité dans le cas de

Soultz – avant de la réinjecter dans son milieu naturel tout en garantissant l'absence de contact avec la nappe phréatique d'Alsace et les couches géologiques traversées.

## PREMIÈRE MONDIALE

« En 2006, la filière alsacienne de la géothermie profonde a franchi un nouveau cap lorsque le groupe Roquette, leader mondial des ingrédients d'origine végétale, s'est rapproché d'ÉS pour imaginer une solution innovante qui lui permettrait de mieux maîtriser les dépenses d'énergie de son amidonnerie de Beinheim. » En 2016, ce projet donnait naissance à une première mondiale : une centrale de géothermie profonde à haute température exclusivement dédiée à un usage industriel. Bâtie à Rittershoffen, la centrale alimente en vapeur et en chaleur l'usine Roquette distante de 15 km. Aujourd'hui, l'installation affiche une disponibilité de 92 %, elle fournit 24 MW thermiques au site industriel, couvre un quart de ses besoins thermiques et vient en remplacement du gaz naturel, la substitution représentant une réduction de ses émissions de CO<sub>2</sub> d'environ 46 000 tonnes/an. La même année, le site laboratoire de Soultz-sous-Forêts a également été pérennisé, devenant une petite centrale dédiée à la production d'électricité dotée d'une puissance installée de 1,5 MW. « Ces deux projets pionniers ont marqué le point de départ d'un développement à grande échelle pour la géothermie EGS en Alsace, ajoute Jean-Jacques Graff. Depuis, la société Fonroche Géothermie a engagé trois projets de centrales géothermiques à cogénération à Vendenheim, Hurtigheim et Eckbolsheim. De son côté ÉS a lancé le chantier de construction d'une nouvelle installation à Illkirch-Graffenstaden et étudie le développement d'autres projets, issus des résultats d'une campagne de prospection par réflexion sismique 3D menée l'an dernier. »



Plus d'infos :  
> [jean-jacques.graff@es.fr](mailto:jean-jacques.graff@es.fr)





**JEAN-PHILIPPE SOULÉ,**  
DIRECTEUR GÉNÉRAL  
DE FONROCHE  
GÉOTHERMIE



**PHILIPPE CHAVOT,**  
MAÎTRE DE  
CONFÉRENCES  
À L'UNIVERSITÉ  
DE STRASBOURG



## L'ACCEPTABILITÉ EN QUESTION

*En matière de géothermie, comme pour tous les grands projets énergétiques, la concertation ne s'improvise pas ! L'accueil des projets de géothermie profonde dépend d'un grand nombre de facteurs que les opérateurs doivent intégrer au plus tôt dans leurs réflexions.*

### Que constatez-vous en matière d'acceptabilité des projets de géothermie profonde ?

**Philippe Chavot :** J'ai commencé à travailler sur les aspects sociétaux et sociologiques de la géothermie en 2015, à la demande du Labex G-Eau-Thermie qui souhaitait nourrir ses réflexions sur l'information et la concertation autour des projets menés sur le territoire de l'eurométropole de Strasbourg. Dans ce cadre, je me suis plus particulièrement intéressé à quatre enquêtes publiques, sachant que deux des quatre programmes ont depuis été abandonnés. Le principal constat est que la perception d'une future installation est étroitement corrélée à l'existence ou non d'une concertation préalable. Un projet « découvert » à la faveur d'une enquête publique est nettement moins bien reçu qu'un projet qui a déjà été discuté, ou mieux, coconstruit avec les élus.

**Jean-Philippe Soulé :** Je partage entièrement ce constat ! De notre côté nous avons aussi relevé des disparités profondes en fonction de l'histoire des régions et du profil sociodémographique des populations. Ainsi la concertation que nous avons menée à Pau a sans doute été facilitée par une

culture locale encore très marquée par le passé gazier et pétrolier de la région. En revanche, malgré une histoire assez similaire, l'accueil n'a pas été le même en Alsace sans doute parce que les projets s'inscrivaient dans des territoires urbains ou périurbains où les populations sont plus jeunes et pour beaucoup venues d'ailleurs. La proximité avec Bâle où une installation géothermique a causé des secousses sismiques a aussi indéniablement joué un rôle...

### Quelles sont les principales craintes du grand public vis-à-vis de ces projets ?

**J.-P.S. :** Les principaux griefs concernent les risques de pollution des aquifères de surface et la sismicité. Lors de la concertation pour un projet dans la région de Valence, nous avons aussi été confrontés à l'assimilation des techniques de forages à la fracturation hydraulique employée pour l'extraction du gaz de schiste.

**P.C. :** Les préoccupations environnementales et sécuritaires sont effectivement très prégnantes. Mais d'autres dimensions entrent en ligne de compte dans la réception des projets. Les habitants accueillent moins bien un projet quand ses bénéfices économiques

sont captés par l'opérateur sans retombées pour le territoire, quand il fait l'objet d'une querelle politique ou lorsqu'il s'oppose à la dynamique de démocratie locale.

### Quelles solutions pour faciliter l'acceptation des populations ?

**P.C. :** Il est indispensable d'engager la concertation le plus en amont possible avec la population, les associations et bien sûr les élus ! Les opérateurs auraient également tout intérêt à prendre en compte tous les éléments du contexte dans lequel s'inscrit leur opération, et pas seulement la géologie et les perspectives économiques !

**J.-P.S. :** Je suis convaincu que l'acceptation d'un projet nécessite une démarche active de la part de l'opérateur. Nous devons discuter avec les élus le plus tôt possible pour valider le besoin pour les territoires et valoriser les retombées socio-économiques et environnementales. Nous devons également aller au-devant des habitants pour informer, expliquer, décortiquer les « fake news » par tous les moyens possibles : réunions, débats, visites, supports de communication... Et ce, à toutes les phases du projet. La transparence est une priorité !



Plus d'infos :  
> [jpsoule@fonroche.fr](mailto:jpsoule@fonroche.fr)  
> [philippe.chavot@unistra.fr](mailto:philippe.chavot@unistra.fr)

# ANTILLES : DE L'EAU TRANSFORMÉE EN WATTS

*La production d'électricité géothermique est une technologie mature qui se base sur l'exploitation de milieux fracturés à forte perméabilité, situés à plus de 1 000 m de profondeur et dont la température varie entre 200 et 300 °C. Les territoires volcaniques caribéens, dont la Guadeloupe et la Martinique, constituent un terrain d'action privilégié pour développer cette activité.*



*Et aussi*

## LA MARTINIQUE

Si la Guadeloupe fait figure de pionnière, la Martinique n'est pas en reste. Deux zones d'intérêt géothermique permettant d'envisager une production d'électricité ont été identifiées. Des études complémentaires seront menées en 2019 en vue de l'implantation de forages d'exploration. Un appel à manifestation d'intérêt sera lancé en parallèle. Des travaux seront également conduits sur la plaine du Lamentin pour valoriser une ressource géothermique profonde afin de produire du froid via des machines à absorption.

« Les premiers forages ont été réalisés dans les années 1970 sur le site de Bouillante, en Guadeloupe, par le BRGM, indique Bernard Hira, directeur Qualité, hygiène, sécurité et environnement de Géothermie Bouillante. L'un de ces forages s'est révélé exploitable, offrant une température (250 °C/25 bars) et un potentiel de vapeur (30 t/h) suffisants pour alimenter une turbine de 4,7 MWe. C'est ainsi que la première installation de production d'électricité géothermique a vu le jour en 1985. » Plusieurs années plus tard, le BRGM et EDF lançaient un nouveau programme de recherche qui donnera naissance en 2005 à Bouillante 2, associant deux puits d'une production de profondeur de 1200 à 1600 m à une turbine de 11 MWe. Additionnées, les deux puissances installées représentent ainsi un peu plus 15 MWe, ce qui correspond à 6 % du mix énergétique de la Guadeloupe. « En juillet 2016, le site a été repris par Ormat Technologies, un développeur américain de projets géothermiques associé à la Caisse des Dépôts et au BRGM, poursuit Bernard Hira. Sous son influence, nous avons fait évoluer nos process en réinjectant environ 100 tonnes/h d'eaux séparées dans le réservoir géothermique. Ainsi la production d'électricité a augmenté de 34 % en 2017 pour passer à 113 GWh. En 2018, elle était d'environ 109 GWh. » L'étape suivante, prévue pour 2019-2020, consistera à effectuer des forages supplémentaires dans la perspective d'installer une nouvelle turbine d'une capacité de 10 MWe avec la technologie d'Ormat,

## GEOTREF : UNE PLATEFORME POUR L'INNOVATION

Dans le sud de la Guadeloupe, à proximité de la commune de Vieux-Habitants, un autre projet devrait bientôt voir le jour. Son nom : GEOTREF. Soutenu par l'État et l'ADEME dans le cadre des Investissements d'Avenir, piloté par Teranov et Kidova en collaboration avec 9 laboratoires français, ce programme lancé en 2015 vise à concevoir une plateforme d'innovation pour améliorer la compréhension du fonctionnement des réservoirs géothermiques fracturés, réduire les coûts d'exploration et optimiser les process d'exploitation. « L'un de nos axes de travail principaux est de développer de nouveaux outils de modélisation en capitalisant sur les travaux conduits dans le secteur pétrolier », indique Frédéric Gérard, directeur de projet chez Teranov. Pour ce faire, le projet prévoit la construction d'un démonstrateur qui permettra de fournir des jeux de données aux chercheurs tout en validant la présence d'une ressource exploitable sur la commune de Saint-Claude. « Le permis minier a été obtenu et les études de surface ont conclu avec une bonne probabilité à la présence d'un réservoir géothermal qui permettrait d'alimenter une centrale électrique de 30 MWe : nous sommes actuellement en fin de négociation avec un industriel qui devrait entrer au capital de la société de projet "Géothermie de Guadeloupe" afin de boucler le financement des forages exploratoires », ajoute Frédéric Gérard en conclusion.

pour atteindre une puissance électrique installée sur un site de 25 MWe. Enfin, la troisième phase va consister à exploiter le réservoir situé au nord de la baie de Bouillante, pour porter à 45 MWe la puissance installée à l'horizon 2023, en installant une autre turbine d'une puissance de 20 à 25 MWe.



Plus d'infos :  
 > [bhira@ormat.fr](mailto:bhira@ormat.fr)  
 > [fgerard@teranov.fr](mailto:fgerard@teranov.fr)



© DR

**PHILIPPE LAPLAIGE**  
CONSEILLER EXPERT  
EN GÉOTHERMIE À  
LA DIRECTION PRODUCTION  
ET ÉNERGIES DURABLES  
DE L'ADEME

## QUELS OUTILS POUR ALLER PLUS LOIN ?

*Pour conforter le développement de la géothermie profonde, l'ADEME et ses partenaires misent sur des dispositifs de garantie plus incitatifs et sur la valorisation des savoir-faire français à l'international.*

Après un développement massif à la fin des années 1970, la filière géothermique française a ensuite connu une crise profonde au milieu des années 1980. La traversée du désert aura duré vingt ans, jusqu'à ce que les pouvoirs publics décident d'encourager la relance de l'activité avec la refonte du dispositif de garantie initié dans les années 1980, conjuguée avec la mise en place du Fonds Chaleur de l'ADEME en 2008. Ces outils ont effectivement contribué à insuffler une nouvelle vigueur à la filière, mais le panorama actuel du secteur se révèle contrasté, avec des niveaux de développement et besoins variables en fonction des régions et des types de géothermie. Ainsi, si les ressources du Dogger sont largement exploitées en Ile-de-France au point d'arriver à saturation, les projets de géothermie profonde sont encore rares dans les autres régions "à potentiel". Dans ce contexte l'ADEME étudie aujourd'hui la refonte du dispositif de garantie existant pour le rendre plus incitatif en "dériskant" au maximum les opérations. Par exemple, pour les projets hors Ile-de-France il est envisagé d'augmenter la prise en charge des coûts de forage en cas d'échec ou de financer via le fonds, sous forme d'avances remboursables,

des études complémentaires comme de la sismique 3D par exemple. En Ile-de-France le dispositif de garantie a été récemment adapté pour permettre la réalisation d'une première opération au Trias, plus profond que le Dogger mais moins bien connu et qui pourrait servir d'exemple. Par ailleurs un deuxième fonds de garantie est en cours de notification auprès de la Commission européenne. Il concernera plus spécifiquement les projets portant sur les installations de géothermie EGS (Enhanced Geothermal System) pour la cogénération réalisées en métropole. Un troisième outil du même type est également en cours de conception pour les installations de production d'électricité en milieu volcanique dans les territoires ultramarins, mais aussi pour des opérations à l'international. Ce dernier point souligne l'attention actuelle portée à la valorisation de l'expertise française à l'export. Sur ce plan, une étape significative a été franchie en 2014 avec la création de Geodeep, un cluster qui réunit une quinzaine d'entreprises, le SER<sup>1</sup> et l'AFPG<sup>2</sup> pour fédérer les acteurs français dans leurs efforts à l'étranger et représenter au mieux le savoir-faire national. Aujourd'hui, le cluster Geodeep commence à concrétiser ses premiers projets. C'est cette même volonté de développer le rayonnement de la filière qui nous conduit cette année à lancer une étude sur la mise en place opérationnelle d'un centre caribéen d'excellence sur la géothermie en partenariat avec la région Guadeloupe, le BRGM et l'Organisation des États de la Caraïbe orientale. Notre objectif serait de disposer à terme de deux pôles, l'un sur la géothermie volcanique dans les Antilles et l'autre sur la géothermie EGS en Alsace qui allieraient R&D, formation, communication et échanges internationaux.

1. Syndicat des énergies renouvelables

2. Association française des professionnels de la géothermie

## 2 JOURS POUR LA GÉOTHERMIE PROFONDE

Les 14 et 15 octobre prochain, la centrale géothermique de Soultz-sous-Forêts accueillera la toute première édition des Journées de la géothermie profonde. Organisée par l'Association française des professionnels de la géothermie (AFPG), cette manifestation permettra de dresser un panorama des enjeux et des actualités de la filière. Le 16 octobre, l'AFPG proposera aux participants la visite des sites de Soultz et de Rittershoffen.



Plus d'infos :  
> [philippe.laplaige@ademe.fr](mailto:philippe.laplaige@ademe.fr)