

## Visites virtuelles

Scannez ce QR Code pour accéder aux visites virtuelles des centrales de géothermie de Rittershoffen et Sultz-sous-Forêts.



[https://media.es.fr/geothermie\\_vr/](https://media.es.fr/geothermie_vr/)



# La géothermie, une énergie durable par nature

**GÉOTHERMIE**  
Alsace du Nord  
Terre d'énergies par **es**

**GÉOTHERMIE**  
Alsace du Nord  
Terre d'énergies par **es**



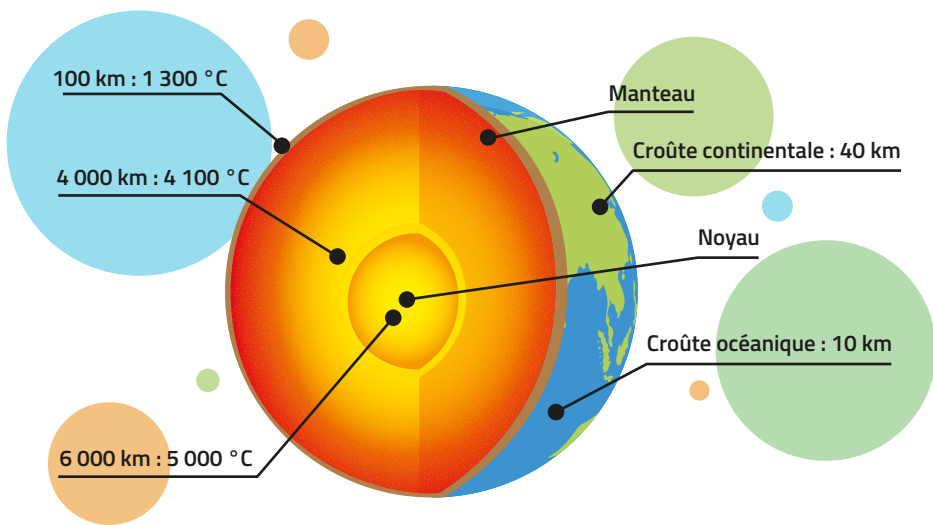
# Les géothermies

## D'où vient la chaleur de la terre ?

La géothermie, littéralement « chaleur de la terre », a une origine interne au globe terrestre.

En effet, les éléments contenus dans la croûte et le manteau terrestre se désintègrent naturellement, ce qui provoque un réchauffement des roches. Ce phénomène est à l'origine d'environ 80 % de la chaleur interne de la terre.

Cette chaleur est exploitée depuis l'Antiquité par l'Homme, entre la surface de la terre et 5 000 m de profondeur, avec des techniques très différentes. Les Romains utilisaient par exemple cette source d'énergie pour chauffer les thermes.



Il n'existe pas une seule géothermie mais « des géothermies » en fonction des conditions géologiques locales et des usages.

On appelle la **géothermie très basse température** (<30 °C) celle qui capte la chaleur des nappes souterraines ou du sous-sol au travers de pompes de chaleur. Elle permet de chauffer ou rafraîchir des maisons individuelles ou des bâtiments collectifs.

La **géothermie moyenne température** (30-100 °C) exploite une ressource permettant un usage direct pour le chauffage urbain comme dans le bassin parisien où la géothermie chauffe près de 600 000 personnes.

La **géothermie haute température** (>100 °C) exploite des ressources comme le fossé rhénan ou les Caraïbes pour produire de la chaleur industrielle ou de l'électricité.

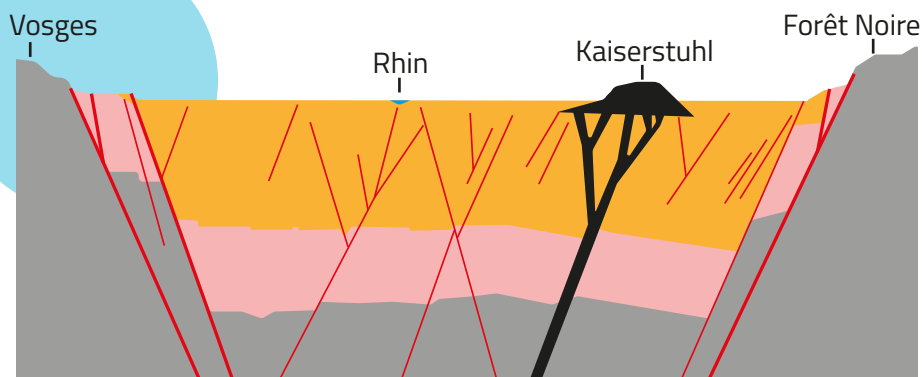
| HAUTE TEMPÉRATURE  | MOYENNE TEMPÉRATURE   |
|--|---|
| INDUSTRIE, AGRICULTURE, PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ<br>de - 2 500 m à - 5 000 m | RÉSEAUX DE CHALEUR, AGRICULTURE<br>Jusqu'à - 2 500 m  |
| Température d'exploitation de 120 °C à 200 °C                                | Température d'exploitation entre 30 °C et 140 °C  |
| BASSE TEMPÉRATURE  | TRÈS BASSE TEMPÉRATURE  |
| CHAUFFAGE DE SERRES OU PROCESS BASSE TEMPÉRATURE<br>Entre - 500 m et 1 000 m | CHAUFFAGE DOMESTIQUE avec possibilité de rafraîchissement<br>Entre la surface et - 200 mètres |
| Température d'exploitation jusqu'à 60 °C environ                             | Température d'exploitation entre 10 °C et 30 °C   |

## La géologie du fossé rhénan

Le fossé rhénan appartient à un système de fossés d'effondrement qui a affecté la plaque européenne il y a **25 millions d'années**. Il se caractérise par des remontées volcaniques et un réseau de failles qui a permis l'effondrement des couches géologiques en marches d'escalier.

Par exemple, le grès des Vosges qui affleure dans les collines sous-vosgiennes, se retrouve à **1 000 m de profondeur à Sultz-sous-Forêts** et à **1 800 m à Rittershoffen**. Le fossé s'est rempli de sédiments pour former la plaine d'Alsace qu'on connaît aujourd'hui.

### Le fossé rhénan



## Réservoir naturel et hydrothermalisme

L'eau de pluie qui s'est infiltrée par gravité dans le sous-sol au cours des temps géologiques, se réchauffe progressivement au contact des roches.

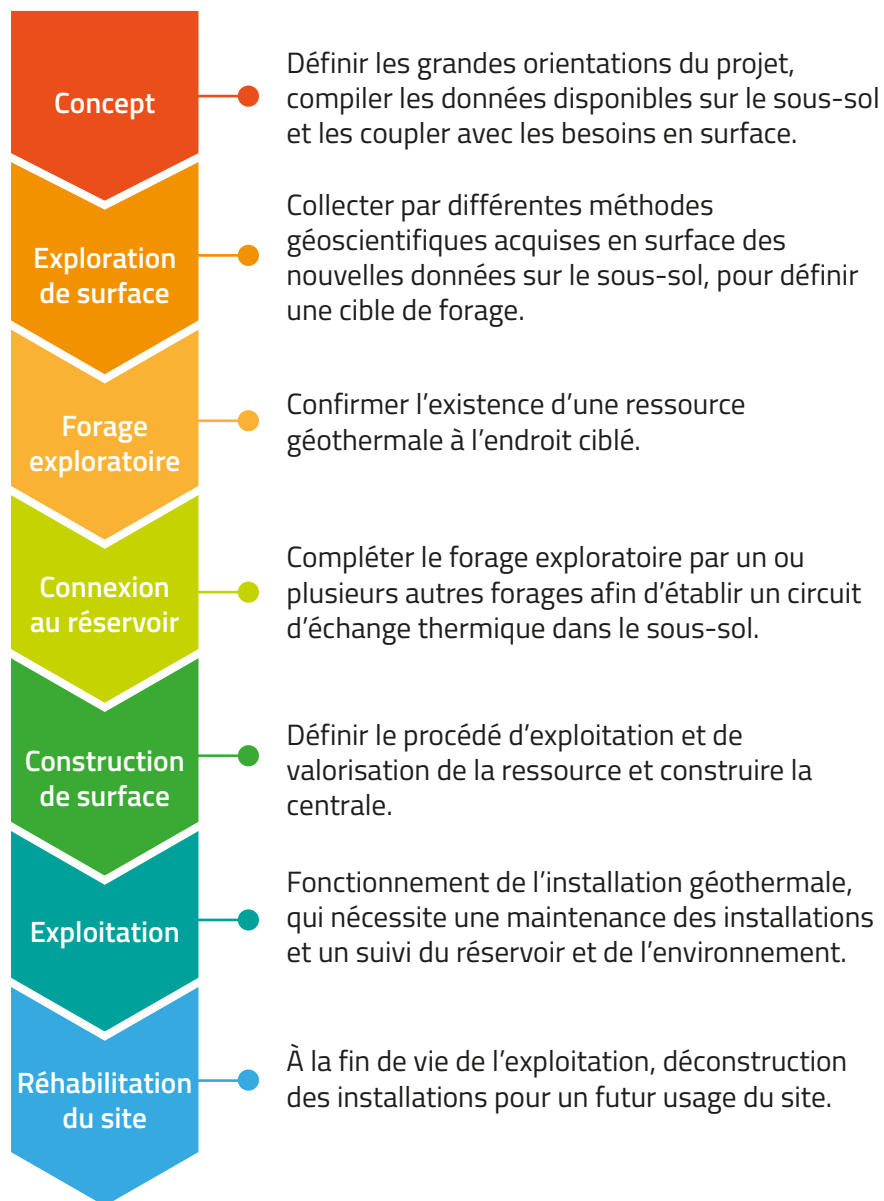
La température atteint **250°C à 7 000 mètres** au cœur du fossé rhénan. L'eau ainsi réchauffée dans les profondeurs devient plus légère et remonte naturellement au travers des failles existantes, se déplaçant dans un vaste réservoir souterrain naturel.

Ces eaux qui circulent dans des boucles de convection naturelles sont captées par forage pour la **production d'énergie ou du thermalisme** (Morsbronn-les-Bains, Baden-Baden, ...).



Granite du réservoir géothermique

## Les étapes d'une centrale géothermique



## L'exploration du sous-sol

Une demande de Permis Exclusif de Recherche (PER) doit être déposée auprès de l'Etat afin de réaliser l'exploration.

L'exploration utilise différentes techniques pour « imaginer » le sous-sol depuis la surface, par la mesure de la propagation de différentes ondes dans le sous-sol : ondes sonores, ondes électromagnétiques, mesure du champ de pesanteur, etc. Les géologues vont aussi observer les zones où les roches affleurent en surface, par exemple dans les Vosges, pour mieux comprendre où circule l'eau.

L'analyse des résultats permet de réaliser une modélisation du sous-sol, pour déterminer où se situe le réservoir dans lequel circule l'eau géothermale et élaborer les trajectoires des forages.

### Représentation 3D du sous-sol à Rittershoffen



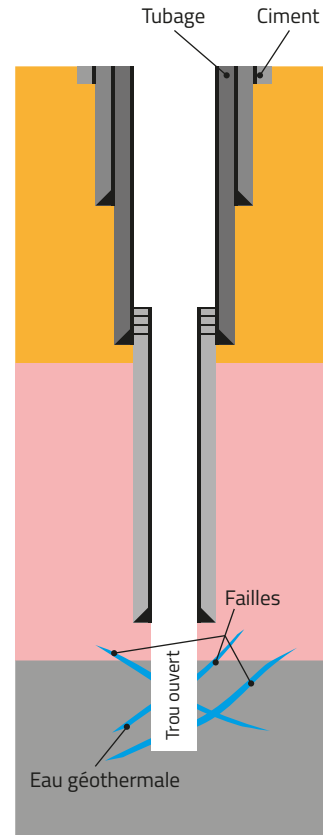
## Le forage

Lorsque le potentiel du sous-sol est validé, une Demande d'Autorisation d'Ouverture de Travaux Miniers (DAOTM) est déposée pour la réalisation des forages. L'instruction du dossier dure plusieurs mois et passe par une enquête publique.

Pour réaliser un puits, différentes sections sont forées puis tubées et cimentées. La dernière section du forage est forée dans le réservoir et dépourvue de tubage et croise un maximum de failles pour capter l'eau géothermale.

Pour vérifier la présence de ces failles et bien caractériser le réservoir, plusieurs sondes, appelées diagraphies, sont descendues jusqu'au fond du puits.

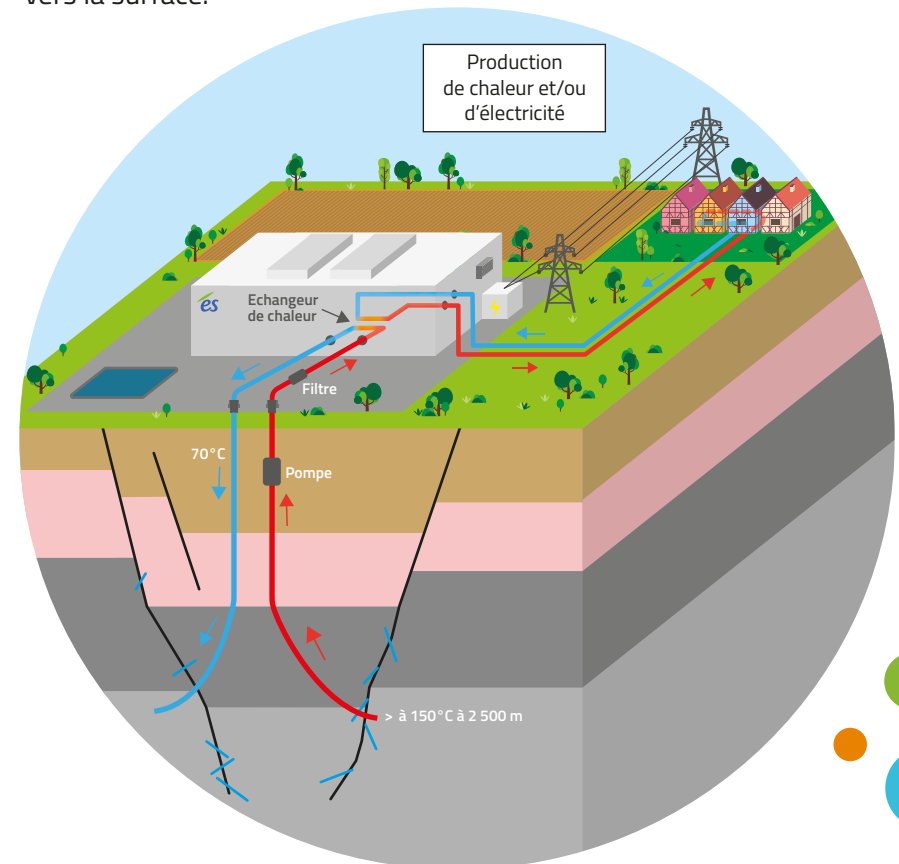
Parfois, à la fin de la réalisation des forages, pour améliorer la connexion entre le réservoir et les forages, il est nécessaire de réaliser des injections d'eau sous pression ou de dissoudre les minéraux naturels qui « entartrent » les chenaux.



## La boucle géothermale

La boucle géothermale consiste à **capter l'eau chaude géothermale et à la réinjecter dans son milieu naturel après y avoir prélevé les calories nécessaires** à la production de chaleur ou d'électricité. Elle est composée d'un puits producteur qui capte l'eau, de filtres qui enlèvent les grains de sable qu'elle contient, des échangeurs de chaleur qui récupèrent l'énergie et enfin d'un puits de réinjection qui renvoie l'eau dans le réservoir.

Une pompe installée dans le puits de production permet d'augmenter le débit exploité et de remonter l'eau géothermale vers la surface.



## Le suivi environnemental

La réinjection d'eau dans le réservoir (à la fin des forages ou en exploitation) peut induire des vibrations dans le sous-sol. Grâce à un réseau de capteurs déployé en amont de la réalisation des forages, ces vibrations sont mesurées en temps réel.

Les paramètres d'injection de l'eau peuvent alors être adaptés pour éviter de générer des mouvements qui soient ressentis en surface.

D'autres suivis sont effectués tout au long de la vie des installations, notamment le suivi GPS des mouvements lents du sol, le suivi de la radioactivité naturelle, le suivi du niveau sonore et l'analyse du sol, de la faune et de la flore.



## Les perspectives d'avenir

Les perspectives de la géothermie en Alsace apportent une vraie réponse aux enjeux de transition énergétique et de décarbonation du territoire. En plus de la valorisation actuelle de l'eau géothermale jusqu'à une température de 70 °C, de nouvelles voies de valorisation à plus basse température sont à l'étude. La géothermie fournit une énergie locale, non-intermittente, pilotable et avec une emprise au sol réduite (environ 2,5 ha).

ÉS développe la filière géothermie en Alsace depuis plus de 30 ans et ambitionne d'implanter de nouveaux projets de géothermie en Alsace du Nord dans le **respect des savoir-faire, des règles minières et environnementales** mais également en étroite collaboration avec les élus pour favoriser l'acceptabilité des citoyens. ÉS se place dans une volonté de transparence et de co-construction avec le territoire.

D'ici 2030, les objectifs sont de produire **15 % des besoins en électricité** du territoire grâce à la géothermie et au moins **10 % des besoins français en carbonate de lithium qualité batterie**.

Les objectifs de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et le développement très rapide de l'électromobilité dopent la demande de lithium. Son utilisation a doublé en dix ans et la demande de lithium de « qualité batterie » pèse aujourd'hui 50 % de la demande mondiale en lithium. Les prévisions d'augmentation de ces besoins rendent nécessaire et stratégique, le développement de nouvelles sources d'exploitation.



## La centrale de Soultz-sous-Forêts

ÉS a développé la géothermie haute température pendant plus de 25 ans au sein du laboratoire de Soultz-sous-Forêts, un GEIE (Groupement Européen d'Intérêt Économique) partageant les développements scientifiques entre la France, l'Allemagne et la Suisse. La centrale est entrée dans sa phase industrielle en 2016.



Soultz-sous-Forêts est le premier site de production d'électricité en France métropolitaine.

### Chiffres clés de la centrale de Soultz-sous-Forêts :

- Production d'électricité
- Puissance électrique : **1,7 MW**
- Énergie électrique produite : **12 000 MWh/an**, équivalent à la consommation électrique de **1 400 logements**
- Teneur en lithium : **173 mg/L**

Découvrez les centrales en visites virtuelles :



[https://media.es.fr/geothermie\\_vr/](https://media.es.fr/geothermie_vr/)

## La centrale de Rittershoffen

Mise en service depuis 2016, la centrale de Rittershoffen est la résultante de l'association de 3 partenaires : ÉS, Roquette Frères et la Caisse des Dépôts.

La chaleur produite est envoyée à l'usine Roquette située à Beinheim soit à 15 km de la centrale. La production de la centrale permet de couvrir **25 % des besoins en chaleur de l'usine**.



### Chiffres clés de la centrale de Rittershoffen :

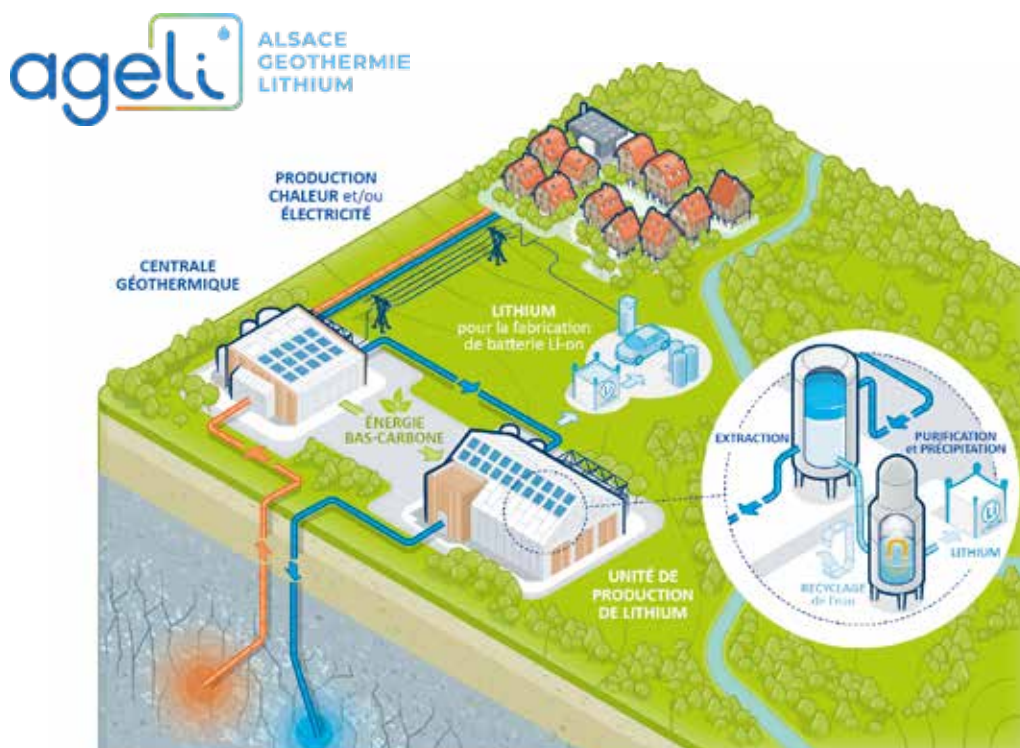
- Température de l'eau géothermale : **170 °C**
- Puissance thermique : **24 MW**
- Énergie thermique produite : **190 000 MWh/an** soit l'équivalent de **45 000 logements chauffés**
- **40 000 tonnes/an de CO<sub>2</sub> évitées**, soit l'équivalent de l'émission annuelle de **16 000 véhicules**
- Les émissions de CO<sub>2</sub> par kWh géothermique sont de l'ordre de **5 g**, à comparer à plus de **250 g pour le gaz naturel**
- Teneur en lithium : **190 mg/L**

**+ d'1 TWh**  
de chaleur produite  
depuis 2016

## Du lithium géothermal ...

L'eau géothermale présente dans les sous-sols de l'Alsace du Nord est riche en lithium (environ 180 mg/l). Des essais menés sur les centrales de Soultz-sous-Forêts et Rittershoffen ont permis de démontrer qu'il est possible de l'extraire et de coupler ainsi production d'énergie et production de lithium qualité batterie, sur un même site. De surcroît, l'extraction du lithium par voie géothermale génère une émission de CO<sub>2</sub> très faible.

En janvier 2023, ÉS et Eramet, acteur minier mondial spécialisé dans les métaux de la transition énergétique, ont signé un protocole d'accord exclusif pour le lancement du projet **Ageli pour « Alsace géothermie lithium »** visant à industrialiser un procédé d'extraction et raffinage de lithium à partir des eaux géothermales alsaciennes.



## ... pour la transition énergétique

À horizon 2030, l'objectif pour ÉS et son partenaire Eramet est de produire au moins **10 000 tonnes** de carbonate de lithium issus de la géothermie par an. Cela représente environ **10 % à 15 % des besoins de l'industrie automobile française estimés pour 2030**. De quoi fabriquer **250 000 batteries** pour véhicules électriques chaque année.

Le projet Ageli a pour objectif de **produire de façon responsable, décarbonée et en circuit court, un métal nécessaire à la transition énergétique** tout en répondant aux ambitions françaises de souveraineté industrielle, de sécurisation des approvisionnements pour ce métal critique et de réindustrialisation du pays.



Lithium géothermal raffiné