



# GÉOTHERMIE

## Géothermie, pompes à chaleur aérothermiques et solaire thermique.

*La technique de récupération de chaleur ou de froid est équivalente pour l'exploitation d'une ressource souterraine, aquatique, ou aérienne afin de transférer son énergie dans un autre milieu à chauffer ou à refroidir. La consommation d'énergie électrique des systèmes mis en place pour exploiter les ressources thermiques naturelles est largement compensée par les gains obtenus même si les saisons impactent davantage les performances des systèmes aérothermiques que géothermiques.*

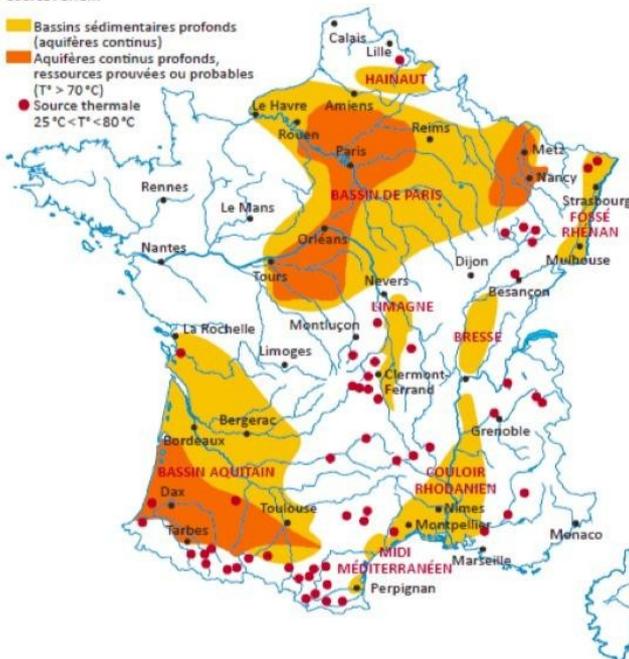
## Géothermie

La géothermie est une énergie renouvelable utilisant la chaleur contenue dans le sous-sol. Elle se segmente selon la technologie utilisée (principalement liée à la profondeur et donc à la température de la ressource) ou selon l'usage (production de chaleur et / ou d'électricité).

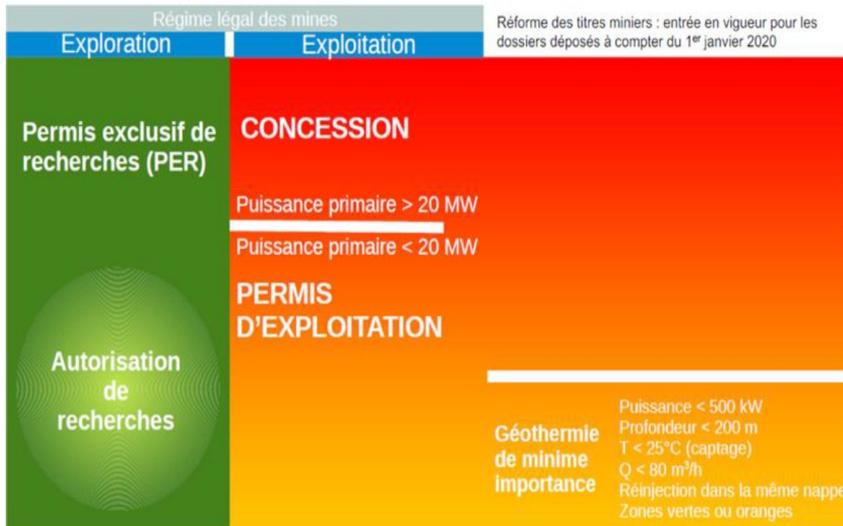
Type	Profondeur des forages	Températures	Utilisations
Géothermie très basse énergie	< 200 m	7 – 25 °C	Chauffage et / ou climatisation de bâtiments
Géothermie basse température	1 000 – 3 000 m	30 – 90 °C < 150 °C	Chauffage et / ou climatisation de bâtiments Alimentation d'un réseau de chaleur (chauffage urbain) ou d'un process industriel
Géothermie haute température	3 000 – 7 000 m	> 150 °C	Production d'électricité Alimentation d'un réseau de chaleur (chauffage urbain) ou d'un process industriel

### Le gisement géothermique français

source : BRGM



## Contexte réglementaire de la géothermie



L'extraction de calories du sous-sol est considérée comme une activité minière (article L.112-1 du code minier) : « Relèvent du régime légal des mines les gîtes renfermés dans le sein de la terre dont on peut extraire de l'énergie sous forme thermique, notamment par l'intermédiaire des eaux chaudes et des vapeurs souterraines qu'ils contiennent, dits "gîtes géothermiques" »

Critères d'assujettissement pour bénéficier du régime simplifié :

### Échangeurs fermés

- profondeur < 200 mètres
- puissance thermique échangée avec le sous sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation < 500 kW
- non situés dans des zones où les activités géothermiques présentent des dangers ou inconvénients graves (zones « rouges ») ou dans un périmètre rapproché AEP



Si un des critères n'est pas respecté, le projet bascule dans le régime d'autorisation

### Échangeurs ouverts

- profondeur < 200 m
- puissance thermique échangée avec le sous sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation < 500 kW
- température des eaux en sortie de l'ouvrage de prélèvement < 25°C
- réinjection des eaux prélevées dans la même nappe et différence nulle des volumes d'eaux prélevés et réinjectés.
- Débits prélevés ou réinjectés < au seuil d'autorisation fixé à la rubrique 5.1.1.0 de l'article R.214-1 du code de l'environnement (80 m³/h ou 200 000 m³/an)
- non situés en zones « rouges » ou dans un périmètre rapproché AEP

La **géothermie basse température de minime importance (GMI)** bénéficie d'un cadre réglementaire modifié en 2015 : simplification des démarches administratives pour promouvoir et développer cette énergie renouvelable tout en garantissant la prévention des risques et la préservation des enjeux géologiques, ressources en eau, pollutions ... Les critères d'assujettissement à la GMI sont les suivants :

La géothermie de minime Importance n'est pas soumise à l'octroi d'un titre minier mais relève d'un régime de déclaration via un télé-service (<https://geothermie.developpement-durable.gouv.fr>) pour des travaux de recherches ou d'exploitation, avec quatre principes pour l'ouverture des travaux.

**Les quatre principes pour l'ouverture des travaux selon les arrêtés ministériels du 25 juin 2015 :**

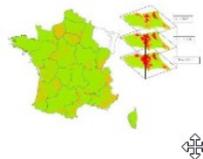
Un cadre minimal avec des prescriptions générales



Une qualification des entreprises de forage



Une cartographie des zones réglementaires



Des experts agréés



## Repères nationaux et régionaux

La géothermie tiendra progressivement un rôle modéré mais solide et croissant dans le mix énergétique. Les scénarios de développement prévus par la programmation pluriannuelle de l'énergie (décret n° 2020-456 du 21/04/20), s'ils sont moins ambitieux que ceux formulés dans la PPE établie en 2016 en raison des difficultés rencontrées par la géothermie de surface et du rythme modéré de développement des projets de géothermie profonde, témoignent de la confiance portée aux solides atouts de cette énergie :

Types de géothermie	2023	2028 (objectif bas et objectif haut)
Pompes à chaleur géothermiques (TWh)	4,6	5 à 7
Géothermie profonde (TWh)	2,9	4 à 5,2

Il importe de considérer d'une part les différentes filières géothermiques et d'autre part que la géothermie de surface concernera davantage de projets (de moindre importance) que la géothermie profonde (projets importants). La contribution de la géothermie assistée par pompe à chaleur serait donc amenée à doubler entre 2017 et 2028, celle de la géothermie profonde serait presque multipliée par trois.

La chaleur renouvelable produite par géothermie, ainsi que le froid renouvelable, assistés par des systèmes de pompes à chaleur (PAC) peuvent constituer des solutions intéressantes sur réseau dans le collectif, le tertiaire et l'industrie que peut soutenir l'ADEME. Les exigences de la nouvelle réglementation thermique dans le neuf pourrait avoir un impact sur le développement de PAC géothermique dans les logements construits car d'un coût inférieur aux solutions gaz de référence, malgré le handicap d'un investissement plus important par rapport aux PAC aérothermiques compensé sur la durée par un coût d'exploitation très faible.

Cette énergie est sous-exploitée alors que le Bassin Aquitain possède le second potentiel géothermique français. Les différentes techniques (sondes géothermales, PAC sur nappe, usage direct...) sont encore trop peu connues et parfois économiquement onéreuses du fait d'un développement trop confidentiel. Pourtant, la chaleur géothermique a de nombreux atouts : aucune émission directe de polluants atmosphériques, opportunité pour le rafraîchissement du bâti (établissements de santé, bâtiments tertiaires, logements ...) sur un territoire fortement impacté par le réchauffement climatique.

Les objectifs affichés par le SRADDET visent un quasi doublement de la production entre 2015 et 2050 et une forte progression des installations individuelles accompagnée de gains significatifs dans l'efficacité des équipements.

	2015	2020	2030	2050
<b>Production géothermique (GWh)</b>	<b>2 187</b>	<b>3 000</b>	<b>3 500</b>	<b>4 000</b>
Géothermie profonde	0	250	500	1 000
Autre Géothermie :	2 187	2 750	3 000	3 000
<i>dont partic uliers</i>	<i>2 034</i>		<i>2 400</i>	<i>1 500</i>
<i>dont usage direct/réseau x chaleur (collectif)</i>	<i>153</i>		<i>600</i>	<i>1 500</i>

## Objectifs stratégiques pour l'État

La diversité géologique de la région permet, selon les territoires, une exploitation en géothermie très basse énergie, basse énergie, profonde et la valorisation énergétique des eaux thermales. En outre le développement des installations individuelles devrait progresser significativement. La technologie de la géothermie basse et moyenne températures est mature et des potentiels d'innovation existent qui permettront de faire diminuer légèrement les coûts d'exploitation et de maintenir le coût complet de production de la géothermie profonde.

## Actions prioritaires pour l'État

- Mener à son terme le travail de validation de la cartographie GMI régionale qui sera ensuite officiellement intégrée dans l'outil de télédéclaration des projets de géothermie de minime importance ;
- Améliorer l'identification et la formation des acteurs afin d'accompagner la professionnalisation des acteurs de la filière ;
- Installer une cellule technique régionale géothermie avec en appui un animateur local spécialiste de la géothermie dans la région à mettre en place avec le soutien de l'ADEME et accompagner la montée en compétence des animateurs multi-EnR ;
- Améliorer la lisibilité des circuits réglementaires. L'évolution du contexte réglementaire permet notamment de favoriser le développement de la géothermie de minime importance : simplification des démarches administratives dans le respect des enjeux liés aux risques de déformation géologique, à la préservation des captages d'eau potable en particulier ;
- Donner de la visibilité aux opérateurs dès modification du code minier qui devrait expliciter la production de froid par géothermie ;
- Opérer un traitement objectif du potentiel géothermique à l'amont des projets et rationaliser les discours vis-à-vis des ressources en eau ;
- Apporter un accompagnement stratégique aux collectivités en faisant connaître les potentiels pour la géothermie de minime importance notamment par le déploiement de cartographies régionales ciblées sur les territoires les plus prometteurs ;
- Porter une attention aux enjeux technologiques et d'innovation : reconversion d'anciens ouvrages pétroliers, stockage souterrain d'énergie, développement de réseaux tempérés, géothermie haute énergie / co-génération.

## Soutien de la filière

Les opérations de géothermie peuvent être soutenues financièrement notamment par le fonds chaleur mobilisé par l'ADEME. Cette aide calculée sur la base d'une analyse économique ou d'une aide forfaitaire, selon la taille de l'installation. Ainsi les opérations suivantes peuvent être accompagnées :

- géothermie sur aquifère profond (basse énergie) ;
- géothermie de surface avec pompes à chaleur sur aquifère superficiel ou sur champs de sondes géothermiques ou sur géostructures énergétiques ;
- installations utilisant les mêmes principes que la géothermie mais valorisant par pompe à chaleur l'énergie des eaux usées, de l'eau de mer ou des eaux thermales.

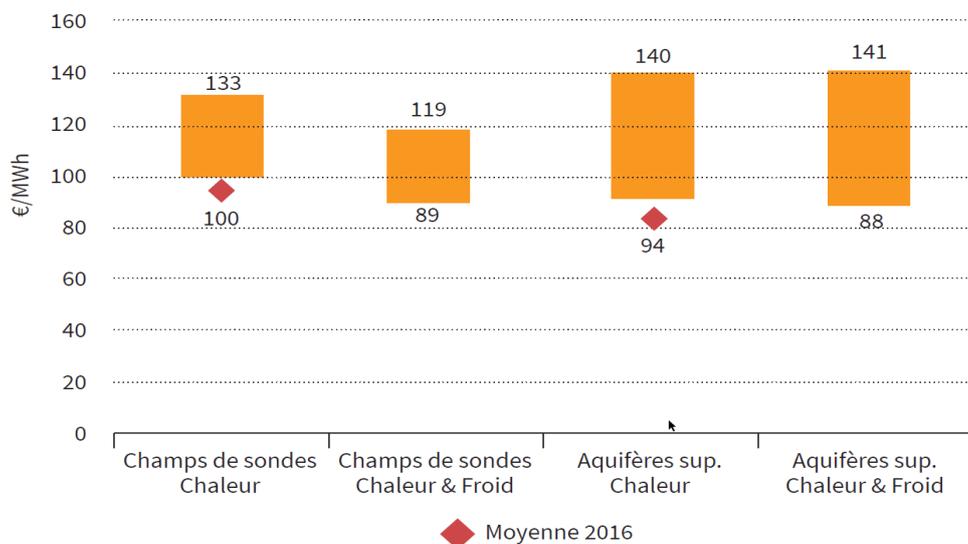
Au-delà des aides à l'investissement, l'ADEME accompagne sur toutes les phases d'un projet : note d'opportunité, assistance à maîtrise d'ouvrage, conseils, étude de faisabilité.

### Coûts complets de production de l'énergie en géothermie de surface et profonde :

L'évaluation des plages de variation de la valeur du coût complet moyen de production d'un mégawatt-heure (MWh) est indiqué sous le vocable LCOE (Levelized Cost Of Energy) pour des installations mises en service en 2018. L'évaluation des coûts complets proposée par l'Ademe inclut les coûts d'investissement et d'exploitation sur toute la durée de vie de l'installation (de 20 à 50 ans).

Sur couches superficielles du sol pour les champs de sondes ou sur aquifère supérieur, la géothermie de surface (moins de 200 m.) est plus rentable lorsqu'elle associe production de chaud et de froid, par un meilleur amortissement des dépenses d'investissement (plus importantes sur champ de sondes en raison de forages plus nombreux que sur aquifère).

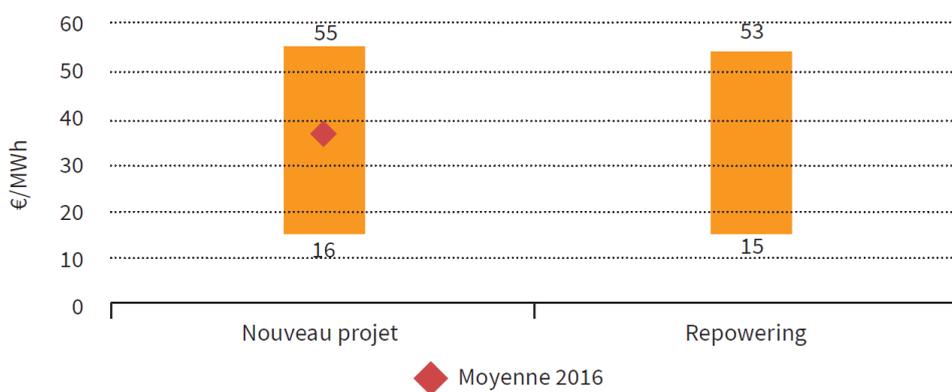
**Plages de variation des coûts complets moyens de production (LCOE) d'un mégawatt-heure de systèmes de géothermie sur champ de sondes ou en aquifère supérieur en France en 2018 :**



Source : Ademe-coûts des énergies renouvelables et de récupération -2019-

Pour la géothermie profonde, les faibles coûts de production constatés ci-dessous s'entendent hors coût des réseaux de distribution des réseaux de chaleur. Des progrès technologiques sont attendus pour les faire baisser.

**Plages de variation des coûts complets moyens de production (LCOE) d'un mégawatt-heure de la géothermie profonde en France en 2018 :**



Source : Ademe-coûts des énergies renouvelables et de récupération -2019-

## Pompes à chaleur aérothermiques

La pompe à chaleur aérothermique est un système de production d'énergie renouvelable comptabilisé dans l'atteinte des objectifs énergétiques nationaux pour le renouvelable, et, bien qu'il consomme de l'énergie le plus souvent électrique, il en restitue davantage selon une performance minimum représenté par un coefficient qui doit être supérieur à 2,5 pour le chauffage. Ces installations bénéficient d'un crédit d'impôt de 30 % selon des critères d'éligibilité et d'un taux de TVA réduit (Ma prim'Renov). Dans le collectif, le tertiaire, l'industrie les pompes à chaleur aérothermiques peuvent être associées à la géothermie sur des réseaux et bénéficier du soutien du fonds chaleur, même pour la production de froid.

Cette énergie émergente depuis seulement quelques années a aussi trouvé son essor dans la construction neuve et dans les opérations de réhabilitation soumises à des niveaux de performance énergétique de plus en plus élevés. Elle prend clairement des parts de marché aux solutions thermiques solaires individuelles, peu développées au niveau national et régional.

Le SRADDET n'avance pas d'objectifs pour le développement des pompes à chaleur. Les objectifs de la Programmation Pluriannuelle de l'énergie fixent une ambition forte pour la filière au niveau national en progression de :

- 4,4 millions de maisons individuelles équipées en 2028 en plus des 2,42 actuels
- 1,44 million de collectif équipés qui s'ajoutent aux 760 000 actuels et un objectif de 114 millions de m<sup>2</sup> chauffés par pompes à chaleur aérothermiques.

Les pompes à chaleur hydrothermiques ont surtout un avenir pour la production de froid sur aquifère superficiel, ou sur eau de surface, pour alimenter des réseaux. Ceux-ci devront être, selon la PPE, en coproduction chaleur en hiver, et froid en été, avec l'idée d'un stockage thermique en aquifère.

La stratégie régionale cherche à favoriser le développement d'un mix énergétique équilibré sans pénaliser certaines filières. Un ré-équilibrage en faveur de solutions géothermiques et solaires thermiques semblent toutefois nécessaire.

**L'analyse Ademe des coûts complets de production de l'énergie** produite à partir de pompes à chaleur montre que les systèmes les plus performants sont ceux qui font appel à la température du sous-sol en géothermie (PAC eau/eau, de 81 à 126€/KWh) grâce à un rendement très élevé. Pénalisé par des coûts d'investissement importants par rapport à l'aérothermie et la méconnaissance du grand public, la vente de PAC géothermique a reculé de 21700 unités en 2008 à 4300 en 2018.

## Solaire thermique

La technologie du solaire thermique assure une production d'eau chaude sanitaire et peut être associée à la production de chauffage. Il est maintenant combiné à la production de panneaux photovoltaïques. Son développement diminue en intensité au niveau national depuis plusieurs années mais pourrait connaître un regain d'intérêt dans les constructions neuves soumises à la future RE 2020, surtout dans le collectif et dans la mesure d'une baisse des coûts. Le fonds chaleur continuera à soutenir des opérations de grandes surfaces solaires thermiques dans le collectif, le tertiaire ou l'industrie comme à la papeterie de Condat (Dordogne).

Le SRADDET prévoit un développement marqué par des besoins de grands consommateurs d'eau chaude comme des installations collectives estivales, des équipements de type piscine ou des besoins industriels assez soutenus de 2020 (190 GWh) à 2030 (700 GWh) puis une très forte demande jusqu'en 2050 (1900 GWh) soit 3,5 millions de m<sup>2</sup>. L'évolution de la production de chaleur solaire thermique prévue dans la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie entre 2017 et 2028 est un peu plus modérée (doublement) que celle du SRADDET (triplement).

Dans sa stratégie l'État adhère pleinement aux objectifs du SRADDET qui visent à promouvoir le la chaleur solaire thermique en région : élaboration d'un plan solaire régional, l'appui au développement des technologies aérovoltaïques et un urbanisme facilitateur voire générateur de droits à construire pour ceux qui utilisent le solaire thermique.

**Les installations solaires thermiques combinant chauffage de l'habitation et chauffe-eau** ont une bonne rentabilité avec des coûts complets moyens de productions compris entre 112 € / MWh et 143 € / MWh à comparer aux 146 à 185 €/KWh pour un chauffe-eau solaire seul dans le grand Sud-Ouest.

**Les installations solaires thermiques au sol** ont des coûts complets moyens de production compris entre 56 €/MWh et 169 €/MWh (pour l'industrie), tout comme les solutions solaires thermiques au sol raccordées à des réseaux de chaleur (39 €/MWh et 82 €/MWh dans le Sud de la France), bien plus rentable que les solutions en toiture. Les aides du fonds chaleur soutiennent les projets les plus importants dans le cadre d'appels à projets.