

Coupler géothermie et efficacité énergétique dans les bâtiments des collectivités



Sommaire

1. La géothermie, qu'est-ce que c'est ? p. 04

- A. La géothermie de surface
- B. La géothermie profonde

2. Coupler géothermie et rénovation thermique globale d'un bâtiment p. 16

- A. La rénovation thermique globale et performante, un préalable souhaité
→ Retour d'expériences et paroles d'experts
- C. Choisir une pompe à chaleur géothermique

3. Géothermie et réseau de chaleur : intervenir à une échelle multi-batimentaires p. 22

- A. La géothermie profonde, une solution traditionnellement adaptée au déploiement d'un réseau de chaleur
- B. Réseau de chaleur alimenté par la géothermie de surface, une technique à challenger

4. Les financements mobilisables p. 28

- A. Parcours utilisateur des étapes d'un projet avec sources de financement associés
- B. Témoignages de porteurs de projets

Conclusion p. 18

Ressources "pour aller plus loin" p. 20

Remerciements p.22

Introduction

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte fixe des objectifs de neutralité carbone à horizon 2050, qui impliquent des efforts structurels et la transformation des modes de vie, de consommation et de production afin de répondre au défi de la crise climatique.

La décarbonation de la production de chaleur représente un levier important pour la transition énergétique car 37.5% de la consommation finale énergétique pour le chauffage est produite à partir d'énergies fossiles très émettrices de gaz à effet de serre (gaz naturel et fioul).

Aussi, le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et la climatisation représentent 60% de la consommation finale énergétique du secteur tertiaire. On identifie donc là un fort enjeu d'intervention sur les systèmes de chauffage, de climatisation et de ventilation des bâtiments du secteur tertiaire et une opportunité de réduction des émissions de gaz à effet de serre, par le déploiement plus poussé des énergies renouvelables pour ces technologies. Il est également préconisé que ce type d'intervention pour l'amélioration des équipements du bâtiment, soit mené suite

à la mise en place d'actions de sobriété et de rénovation des bâtiments.

Si l'on constate une augmentation de la part des énergies renouvelables dans la consommation finale brute de chaleur et de froid (passage de 19% en 2015 à 24% en 2021), les solutions géothermiques ne sont pas encore très mobilisées et représentent seulement 1% de la consommation de chaleur dans notre pays.

Le gouvernement souhaite accompagner le virage et l'accélération vers l'usage des énergies renouvelables et donc de la géothermie, avec l'ambition d'afficher d'ici 15 à 20 ans une réduction de 100 TWh/an de gaz notamment grâce à cette solution de production de chaleur.

Ce guide vise à stimuler les démarches de projet de géothermie en collectivité territoriale, en précisant les contours des différentes techniques possibles et les ressources financières mobilisables pour sécuriser ces projets.



La géothermie, qu'est-ce que c'est ?



La géothermie repose sur la valorisation de la chaleur disponible dans le sous-sol. La profondeur d'exploitation des gisements géothermiques dépend de la géologie du sous-sol et du « gradient géothermal », soit l'augmentation de la température du sous-sol en fonction de la profondeur. En France métropolitaine, la hausse moyenne de température est de 3,3 °C par 100 mètres.

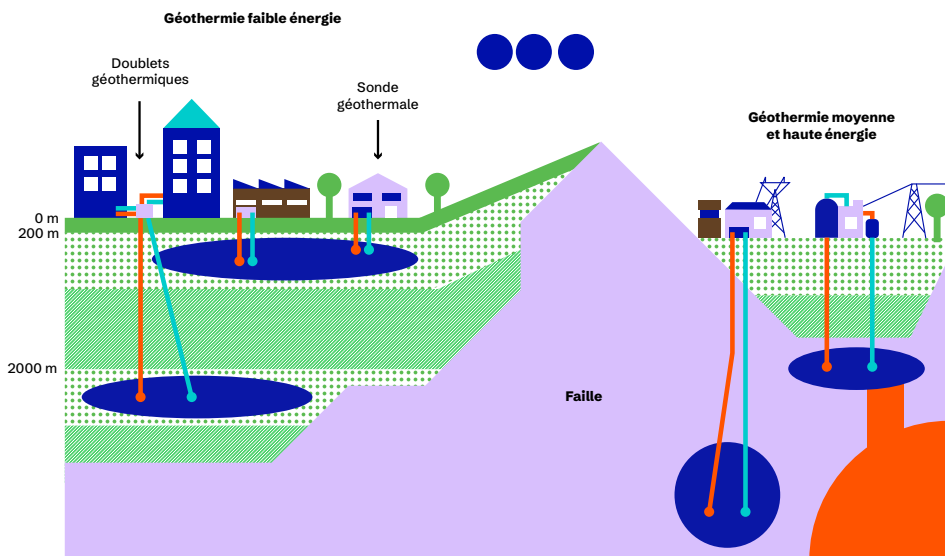
Les principales utilisations des gisements de géothermie sont la production de chauffage en première position et d'électricité en seconde position. Il existe deux grands types de géothermie : la **géothermie profonde** et la **géothermie de surface**.

La géothermie de surface vise à exploiter la chaleur en proche sous-sol, à des profondeurs comprises entre 0 et 200 m.

En géothermie profonde, la chaleur est exploitée à partir de 200 m de profondeur et jusqu'à environ 2 500 m. On valorise avec ce système les ressources géothermales issues des aquifères profonds.

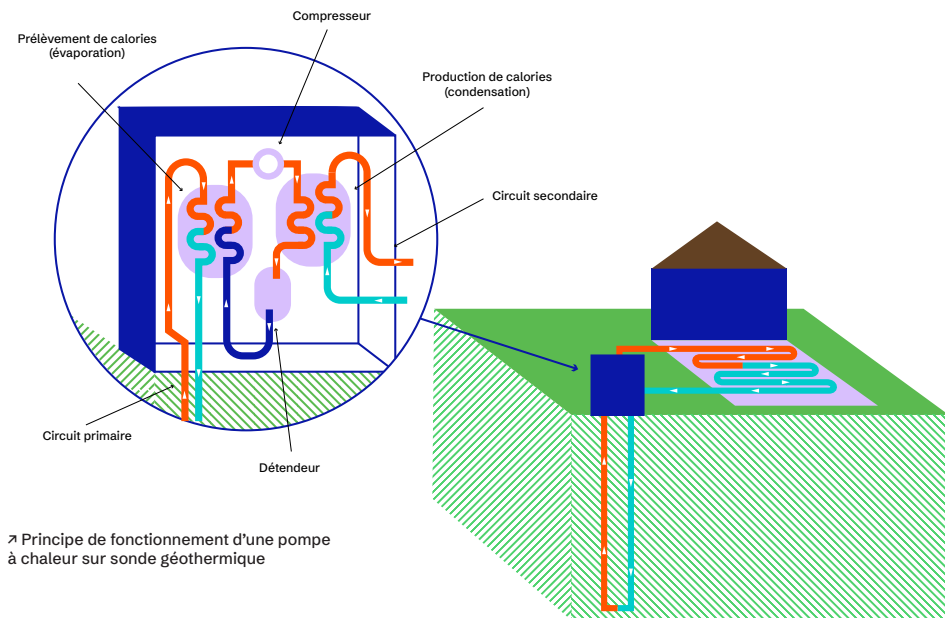
La géothermie de surface, se distingue par le fait qu'elle est plus aisée à mettre en œuvre et permet à la fois la production de chaud (chauffage, eau chaude sanitaire) et de froid grâce à l'utilisation de pompes à chaleur sur l'ensemble du territoire national.

Il est à noter que si la production de froid en mode climatisation nécessite l'utilisation de la pompe à chaleur, ce n'est pas le cas du mode rafraîchissement (géocooling).



➤ Trois systèmes de géothermie : de faible, moyenne et haute énergie, pour des sources de chaleur de plus en plus chaudes

A. La géothermie de surface



➤ Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur sur sonde géothermique

La géothermie de surface est également identifiée comme de la géothermie de **très basse énergie**. Elle est dans la plupart des cas soumise au régime de la géothermie de minime importance (cadre réglementaire fixé par le Code Minier).

Elle peut être employée pour tout type de bâtiment, qu'il s'agisse du parc résidentiel (collectif ou pavillonnaire / neuf ou existant) ; du parc industriel ou du parc tertiaire.

Cette solution peut alimenter en énergie des **surfaces variant d'une centaine à quelques dizaines de milliers de mètres carrés** et peut répondre aux objectifs de **production de chaud, de froid voire de chaud-froid en simultané**.

La pompe à chaleur (PAC) géothermique

La pompe à chaleur (PAC) géothermique est la principale technique pour valoriser la géothermie de surface. En effet, la température de la chaleur de la Terre à moins de 200 m de profondeur oscille en France entre 12°C et 18°C. Le cadre réglementaire qui régit la géothermie de minime importance permet de prélever une puissance thermique dans le sol de **500 kW** (cette puissance d'échange avec le sous-sol peut largement être supérieure à 500 kW, hors régime de minime importance). Pour valoriser de façon optimale cette énergie, on utilise une **pompe à chaleur afin de relever le niveau de la température extraite ou pour l'abaisser dans le cadre d'une production de froid**.

On dénombre deux principaux modes d'exploitation de l'énergie en sous-sol :

1. Une exploitation en boucle fermée :

Ce qui correspond à capter l'énergie du sol grâce à un circuit fermé de tuyaux dans lequel s'écoule un **fluide caloporteur** (qui possède par définition la propriété de captation et de restitution de la chaleur).

Adapté à tout type de projet (notamment les petits bâtiments), ce système est constitué de deux réseaux distincts, qui échangent leurs calories par le biais d'une pompe à chaleur afin d'alimenter le bâtiment en chaud ou en froid pour le rafraîchir.

■ Un premier réseau de tuyaux circule dans le sol et capte les calories ambiantes. Selon la typologie du projet (taille du bâtiment, surface de terrain, besoin de chauffage, de rafraîchissement, budget de travaux, ressources disponibles...) différentes solutions techniques sont possibles :

- **L'échange de chaleur peut se faire via des échangeurs verticaux** (nommés sondes) enterrés dans le sol et jusqu'à 200 mètres de profondeur.

- Ces sondes peuvent être liées directement à la structure du bâtiment (géo-structure ou fondations thermoactives);
- Elles peuvent être des sondes de captage des eaux usées;
- Elles peuvent être également des échangeurs compacts que l'on nomme "corbeilles" (dont la performance est moindre mais le coût limité car on creuse à seulement 2 à 3 mètres).

- **L'échange de chaleur peut se faire via des capteurs horizontaux** à faible profondeur (l'emprise au sol est importante, mais la mise en place est simple).

■ Un second circuit distinct échange les calories avec le bâtiment (réseau de radiateurs par exemple).

Cette solution en boucle fermée est applicable sur l'ensemble du territoire, à des profondeurs de 0 à 10 m et de 10 à 200 m.

2. Une exploitation en boucle ouverte

C'est le système qui consiste à **forer pour exploiter l'énergie de l'eau de nappes extraite à une température maximale de 25°C** - dans le cadre de la **géothermie de minime importance** - avant de la réinjecter par forage d'injection. On parle alors de doublet de forage. L'eau extraite peut aussi être issue de nappes phréatiques, des lacs ou rivières, de la mer, d'exhaures de mines, etc.

Par soucis de limitation d'impact environnemental, certaines règles sont à respecter dans le cadre de la géothermie de minime importance, à savoir :

■ **une limite maximale de forage à 200 mètres de profondeur;**

■ **une limite d'échange d'énergie à 500 kW**

■ **un équilibre entre le volume d'eau réinjectée et d'eau prélevée**

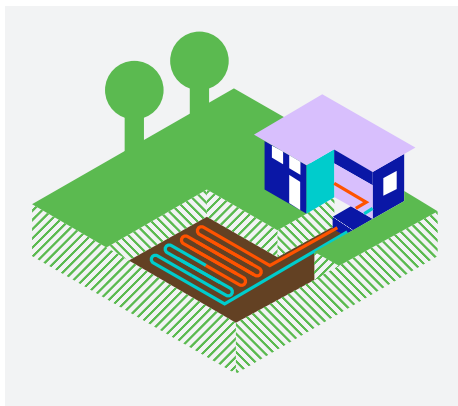
■ **une limite maximale de température de l'eau au stade de la réinjection (32°C)**

■ **un taux maximal de 80 m³/h de débit de pompage et une limite maximale de variation de température à 4°C, observé dans un rayon de 200 m dans la nappe.**

Ces technologies en boucle ouverte valorisent l'énergie présente directement dans l'eau du sous-sol, en surface ou sur le littoral (et non plus le sol) en prélevant une partie des calories du fluide pour alimenter une pompe à chaleur. Les forages de prélèvement et de réinjection doivent être suffisamment éloignés l'un de l'autre pour notamment éviter le risque de pollution des eaux réinjectés en milieu d'origine.

Pour accompagner votre choix

Afin d'accompagner votre choix pour l'une ou l'autre des technologies de géothermie de surface, nous vous proposons ci-après ce mémo des différentes techniques d'extraction de l'énergie souterraine en boucle fermée ou ouverte, avec quelques détails caractéristiques pour chacune des solutions : détails caractéristiques pour chacune des solutions :



1. PAC géothermique et capteurs enterrés horizontaux (*enterrés à faible profondeur et jusque 1,20 m*)

+ Les avantages

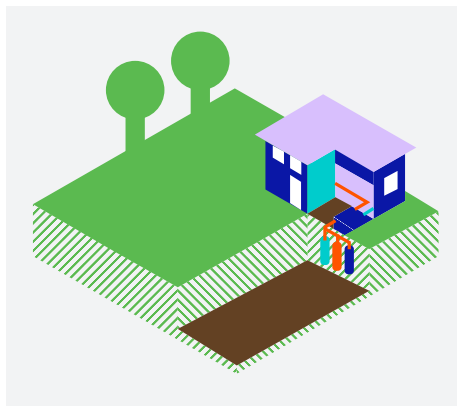
- Fonctionnement réversible
- Coûts de l'installation (*pas de forage*) et frais d'entretien très concurrentiels
- Réglementation peu contraignante (*hors champ code minier et cadre géothermie de minime importance*)
- Mise en place simplifiée (*possible avec une simple pelle mécanique de chantier*)

- Les inconvénients

- Emprise au sol importante (*jusqu'à 2 fois la surface chauffée*)
- Performance globale légèrement inférieure aux autres solutions de géothermie (*notamment lié aux variations climatiques*)

Typologie de bâtiment

- Bâtiment éloigné d'un éventuel réseau de chaleur urbain (*existant ou à créer*)
- Bâtiment de petite taille, de 50 à 200 m² (*mairie, salle polyvalente, logement de fonction...*) + Terrain communal à proximité avec suffisamment d'espace



2. PAC géothermique et échangeurs compacts ou corbeilles (*entre 2 et 3 mètres de profondeur*)

+ Les avantages

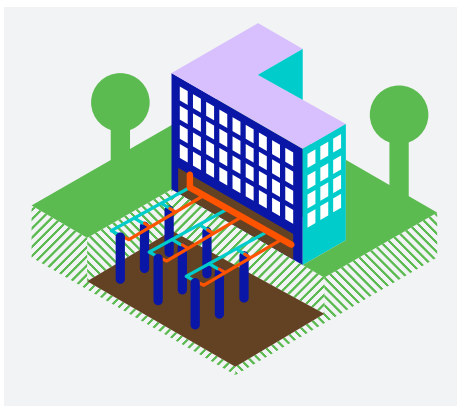
- Fonctionnement réversible
- Coûts de l'installation (*pas de forage*) et frais d'entretien très concurrentiels
- Réglementation peu contraignante (*hors champ code minier et cadre géothermie de minime importance*)
- Mise en place simplifiée (*possible avec une simple pelle mécanique de chantier*)

- Les inconvénients

- Performance globale relative/limitée mais plus intéressante que pour les échangeurs horizontaux
- Emprise au sol importante mais moindre que pour la solution avec les échangeurs horizontaux

Typologie de bâtiment

- Petit bâtiment éloigné d'un éventuel réseau de chaleur urbain (*existant ou à créer*)
- Bâtiment de petite taille (*mairie, salle polyvalente, logement ...*): 50 à 200 m² + Terrain communal à proximité avec suffisamment d'espace
- Particulièrement intéressant pour les collectivités rurales



3. PAC géothermique et sondes géothermiques verticales (*appelés également échangeurs verticaux ou champ de sondes, jusqu'à 200 m de profondeur nécessaire*)

+ Les avantages

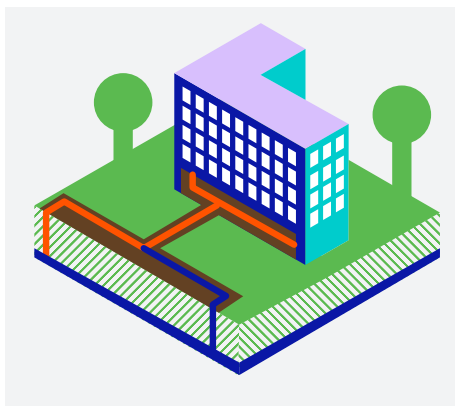
- Fonctionnement réversible
- Performance du système très importante, une des plus hautes des systèmes conventionnels de chauffage
- Durabilité de l'équipement (*supérieur à 50 ans pour les sondes et supérieur à 25 ans pour la pompe à chaleur*)
- Peu d'entretien

- Les inconvénients

- Coût assez élevé
- Importance des études préalables (*évaluation quantitative du nombre de sondes à déployer notamment*)
- Réglementations parfois contraignantes selon la zone

Typologie de bâtiment

- Tout type de bâtiment tertiaire en zone rurale comme urbaine



4. PAC géothermique avec captage des eaux de nappes

+ Les avantages

- Fonctionnement réversible
- Performance du système très important, la plus haute des systèmes conventionnels de chauffage
- Durabilité de l'équipement

- Les inconvénients

- Besoin d'un accès aux nappes et une situation propice à l'exploitation de la ressource
- Entretien plus important que pour les circuits fermés
- Réglementation davantage contraignante que pour les circuits fermés
- Emprise foncière suffisante pour respecter les distances minimales entre le circuit d'exploitation et de réinjection

Typologie de bâtiment

- Bâtiment tertiaire de taille importante avec d'importants besoins de chauffe (*éligible au DEET par exemple*)
- Réseau de bâtiments communaux / intercommunaux...
- Fléché pour les communes urbaines ou rurales suffisamment structurées



5. PAC géothermique avec fondations thermoactives (*géo-structures énergétiques*)

+ Les avantages

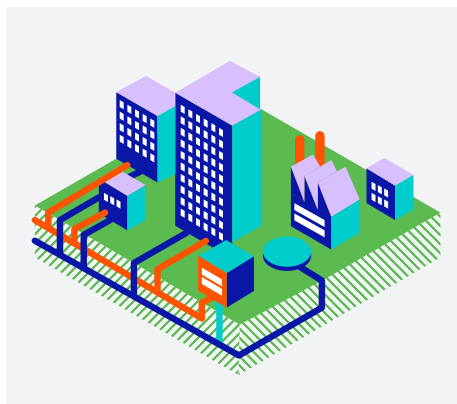
- Fonctionnement réversible
- Pas d'emprise foncière
- Coût
- Réglementation peu contraignante

- Les inconvénients

- Qualifications précises requises pour la pose de l'équipement
- Un manque de spécialistes
- Des corps de métiers distincts à solliciter

Typologie de bâtiment

- Tout type de bâtiment tertiaire en zone rurale comme urbaine et si bâtiment en construction



6. PAC géothermique avec captage des eaux usées (*ou cloacothermie*)

+ Les avantages

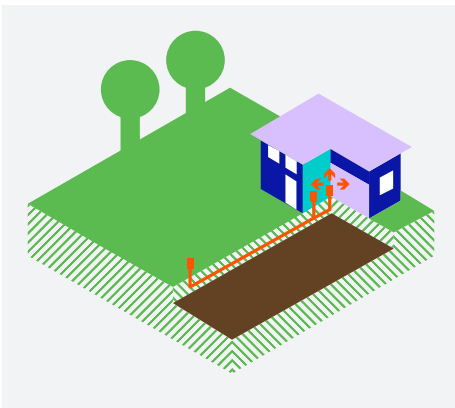
- Fonctionnement réversible
- Aucun besoin de dévier le système d'épuration des eaux usées classique

- Les inconvénients

- Contraintes techniques

Typologie de bâtiment

- Bâtiment tertiaire de taille importante avec d'importants besoins de chauffe (*éligible au DEET par exemple*)
- Réseau de bâtiments communaux intercommunaux...
- Particulièrement intéressant pour les communes urbaines ou rurales dont les services sont suffisamment structurés



Aussi, voici les étapes préalables à la mise en place technique de la géothermie de surface :

A. Réaliser une étude de faisabilité

Réaliser une étude de faisabilité pour valider l'adéquation entre les besoins énergétiques du bâtiment et les ressources en sous-sol et arbitrer du mode d'exploitation de la chaleur le plus propice (système en boucle fermée ou boucle ouverte)



B. Réaliser si nécessaire un Test de Réponse Thermique (TRT)

Un forage test est nécessaire pour valider les hypothèses de pose de sondes géothermiques.

Un forage sur nappe ainsi qu'un essai de débit sont nécessaires pour la géothermie sur nappe.

7. Puits climatique: canadien (préchauffage) ou provençal (rafraîchissement) (installé entre 2 à 4 m de profondeur)

+ Les avantages

- Solution à faible coût technologique, permet un préchauffage à moindre coût ou un refroidissement pour éviter la mise en place de climatisation
- Souvent raccordé au système de ventilation

- Les inconvénients

- Conception précise (pente minimale et matériau du revêtement du puits spécifique)
- Solution complémentaire et d'efficacité limitée
- Ne remplace pas une chaudière ou un climatiseur

Typologie de bâtiment

- Tout type de bâtiment tertiaire

B. La géothermie profonde

La géothermie profonde est également identifiée comme de la géothermie de **moyenne et haute énergie**, car elle exploite des eaux souterraines stockées en aquifères (sol poreux et/ou fissuré), situées jusqu'à environ 2 500 mètres de profondeur et dont la température peut grimper classiquement jusqu'à environ 150° C et en zones volcaniques jusqu'à 250 - 300°C.

Les sols propices au déploiement de solutions de géothermie profonde sont des sols composés de sables, de grès, de calcaire, de craie, des zones de failles tectoniques ou volcaniques et correspondent à des secteurs bien définis sur le territoire.

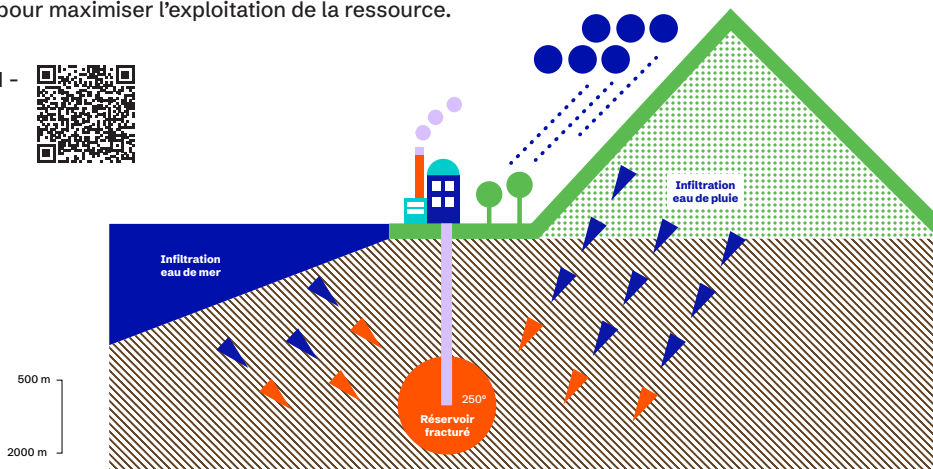
Contrairement au système de géothermie de surface, la géothermie profonde permet une exploitation directe de la chaleur extraite sans besoin de réchauffage par le biais d'une pompe à chaleur. Le circuit **en boucle ouverte** (avec un puits pour le pompage de l'eau et un puits pour le rejet de l'eau exploitée) est le seul circuit d'extraction de l'énergie du sol pour valoriser les eaux en aquifères. Une pompe à chaleur haute température peut tout de même être utilisée pour maximiser l'exploitation de la ressource.

La mise en place technique de la géothermie profonde nécessite plusieurs préalables :

A. Évaluer le potentiel du sous-sol en consultant les atlas mis à disposition par le BRGM¹

B. Valider la faisabilité du projet de géothermie profonde avec un bureau d'étude compétent

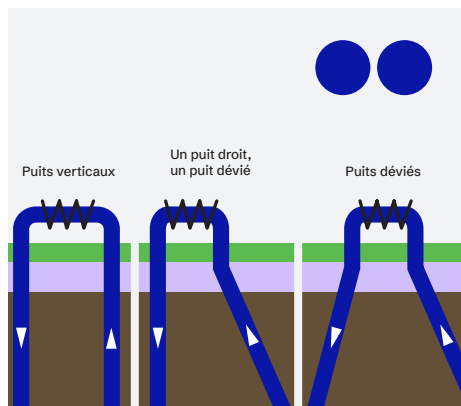
C. Estimer les contraintes de surface pour l'installation de plateforme de forage et accès aux têtes de puits



➤ Coupe schématique du gisement géothermique de Bouillante, Guadeloupe

Pour accompagner votre choix

Nous vous proposons ci-après un mémo des différentes techniques d'extraction de l'énergie en aquifères, avec quelques détails caractéristiques pour chacune des solutions :



1. Géothermie sur aquifères profonds pour la production de chaleur (via une centrale géothermique)

+ Les avantages

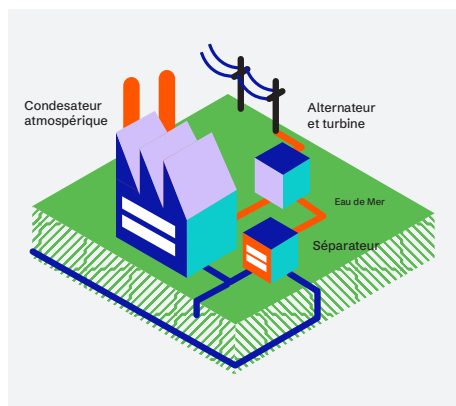
- Autosuffisance de ce système de chauffe possibilité d'usage de l'énergie en réseau de chaleur
- Usage plurisectoriel (industriel ou agricole surface de la centrale géothermique rationalisé et compatible avec les espaces urbanisés
- Durabilité des équipements.

- Les inconvénients

- Durant l'installation de l'équipement une plateforme de forage nécessite un terrain libre de 5000 m² à 8000 m²
- Importance du coût d'exploitation
- Accès limité aux aquifères

Typologie de bâtiment

- Bâtiment tertiaire de taille importante avec d'importants besoins de chauffe (éligible au DEET par exemple)
- Réseau de bâtiments communaux/intercommunaux...
- Particulièrement intéressant pour les communes urbaines ou rurales disposant de services suffisamment structurés



2. Géothermie sur aquifères profonds pour la production d'électricité (via une centrale géothermique)

+ Les avantages

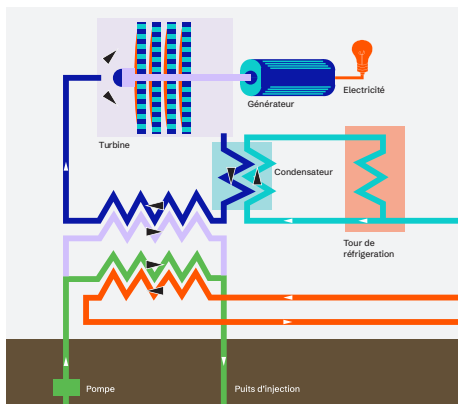
- Énergie propre pour la production d'électricité
- Usage plurisectoriel (industriel ou agricole)
- Production d'énergie sans intermittence (disponibilité > 90%)
- Faible emprise au sol
- Peut être réalisé en milieu rural

- Les inconvénients

- Coût et technicité de l'installation
- Enjeu de rentabilité de l'investissement

Typologie de bâtiment

- Bâtiment tertiaire de taille importante avec d'importants besoins en électricité
- Réseau de bâtiments communaux intercommunaux...
- Pour les communes urbaines ou rurales suffisamment structurées



3. Géothermie sur aquifères profonds avec un principe de cogénération (production de chaleur et d'électricité). (via une centrale géothermique)

+ Les avantages

- Possibilité de production de chaleur et d'électricité
- Possibilité d'usage de l'énergie en réseau de chaleur
- Usage plurisectoriel (industriel ou agricole)
- Surface de la centrale géothermique rationalisée et compatible avec les espaces urbanisés
- Possibilité de valorisation de l'énergie thermique ou électrique hors site de production

- Les inconvénients

- Coût et technicité de l'installation
- Enjeu de rentabilité de l'investissement

Typologie de bâtiment

- Bâtiment tertiaire de taille importante avec d'importants besoins de chauffage et ou d'électricité (éligible au DEET par exemple)
- Réseau de bâtiments communaux intercommunaux...
- Pour les communes urbaines ou rurales suffisamment structurées



Coupler géothermie et rénovation thermique et énergétique globale d'un bâtiment

A. La rénovation thermique globale et performante, un préalable souhaité

Toute solution de géothermie vise à produire de la chaleur ou du froid pour un ou plusieurs bâtiments. Or, s'intéresser à l'amélioration du système de chauffe ou de refroidissement d'un bâtiment, implique de s'assurer que structurellement et thermiquement les caractéristiques du bâtiment sont conformes au bon déploiement de la solution.

Ceci permet en particulier d'éviter les désordres observés suite à la pose de l'installation (défaut d'étanchéité des parois ; consommation énergétique importante du bâtiment en raison d'une absence de travail sur l'enveloppe, etc.) Il s'agit donc d'abord de réaliser les travaux de rénovation énergétique afin de dimensionner au mieux la production de chaleur dont le bâtiment rénové aura besoin.

Pour l'ensemble des bâtiments publics mais notamment les bâtiments assujettis au décret tertiaire et pour lesquels s'applique l'objectif de 60% de gain énergétique d'ici 2050, la géothermie semble être une solution particulièrement intéressante pour faciliter l'accès au seuil des 60% de gain énergétique d'ici 2050. Une démarche de rénovation globale associant à une rénovation énergétique de l'enveloppe du bâtiment et du système de renouvellement d'air à un remplacement d'un mode de chauffage fossile par une solution géothermique permet d'atteindre les objectifs du décret tertiaire tout en décarbonant le chauffage du bâtiment.

Retours d'expériences et paroles d'experts

Pour les experts du secteur, la rénovation énergétique d'un bâtiment visé par un projet de géothermie est une étape obligée. Il est ainsi conseillé d'appliquer des actions de sobriété énergétique et d'auditer son patrimoine afin d'inventorier les travaux de rénovation énergétique à réaliser le cas échéant.

“

Le cahier des charges de l'ADEME Centre insiste sur l'importance de réaliser une étude de faisabilité de la géothermie ainsi qu'un audit énergétique. En termes de phasage et de réalité d'usage, il est conseillé de réaliser les travaux d'économie d'énergie avant ou au moins en parallèle de l'installation du système en géothermie.

Thierry Barras, ADEME Région Centre

”



L'Ademe envisage dès 2024 de manière progressive de sensibiliser la maîtrise d'ouvrage aux enjeux de performance énergétique globale, par rapport au bâtiment et la localisation géographique du bâtiment, selon un seuil de consommation en kWh/m²/an suite aux travaux de géothermie. Une attention particulière reste à apporter aux porteurs de projets les plus précaires.

Actuellement, il est déjà rendu obligatoire, à l'étape du rapport d'étude de faisabilité, de lister les actions qui sont éventuellement prévues pour améliorer la performance énergétique du bâtiment.

Astrid Cardona Maestro,
experte géothermie de surface ADEME nationale



Généralement, dans un bâtiment ancien non rénové, il faut :

- **Isoler : pour pouvoir chauffer efficacement avec une température d'émission la plus basse possible (induisant les dépenses les plus faibles possibles et la réduction maximale des émissions de GES)**
- **Étanchéifier : pour réduire les déperditions et donc les besoins de chauffage/rafraîchissement (travailler également sur les ouvertures pour l'inconfort estival : pergola, Brise Soleil Orientables (BSO), casquettes solaires ...).**
- **Dimensionner le système de chauffage, ici géothermique, pour fonctionner à basse température : s'assurer de la bonne compatibilité des émetteurs ou prévoir leurs remplacements. En cas de rafraîchissement, vigilance particulière (peut être prévoir 2 émetteurs différents) car risque de condensation.**



Vincent Espinasse, expert technique ACTEE



Sur le terrain, les bâtiments neufs sont plus faciles à orienter vers un projet de géothermie du fait que dès la construction, leur enveloppe est soumise à plus de règlements d'isolation et de performance basse consommation. Avec les bâtiments existants, on fait face plus fréquemment à des bâtiments mal isolés et il y a donc une forte importance de la rénovation globale pour l'installation d'une pompe à chaleur géothermique. Toutefois, l'agglomération de Lorient est à l'affût d'opportunité de projets de géothermie sur des bâtiments existants et porte actuellement trois études de faisabilité.

Jonathan Bayard, CEP Lorient Agglomération
et SPL délégataire de la gestion fonds Chaleur ADEME



B. Choisir une pompe à chaleur géothermique

Il est à noter que le choix des équipements de chauffage et/ou de refroidissement installés aura un impact direct sur les performances du système géothermique.

Aussi, pour fonctionner efficacement et pour limiter la consommation électrique, avec une installation géothermique optimale en Pompe à Chaleur Eau/Eau¹, les émetteurs de chaleur (planchers chauffants ou radiateurs) doivent être préférentiellement des émetteurs basses températures (30 à 35°C). Le tableau ci-dessous propose des exemples d'équipements de chauffage et de refroidissement conseil- lés pour un système géothermique.

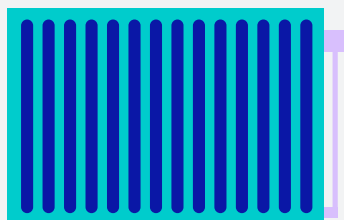
“

En rénovation, lorsque le système d'émission de chaleur existant (radiateurs ou planchers chauffants par exemple) n'est pas dimensionné pour rafraîchir et risque de créer de la condensation (et d'éventuelles pathologies), il peut être pertinent d'ajouter un nouveau système. Ainsi, les anciens émetteurs de chaleur ne serviront que pour le chauffage et un nouveau système (du soufflage par exemple) devra être ajouté pour rafraîchir le bâtiment. Sinon, il sera nécessaire de déposer les anciens émetteurs et de les remplacer pour des émetteurs basses températures, réversibles.

Vincent Espinasse,
expert technique ACTEE

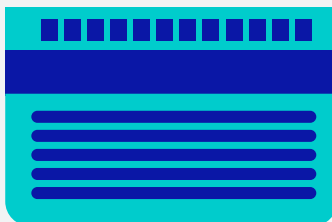
”

Exemple d'équipement (cumulable¹) de chauffage et refroidissement, conseillé en cas de rénovation avec solution de géothermie



Radiateur basse température

+ Sa large surface d'émission



Ventilo-convecteur

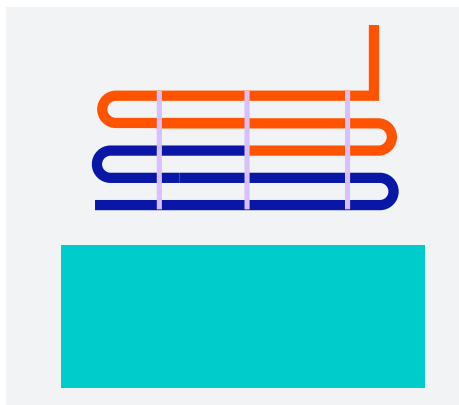
+ Sa convertibilité en mode froid ou chaud

1 Les PAC géothermiques Eau/Air sont adaptées à la rénovation de bâtiments qui ne présentent pas de réseau collectif de chauffage, mais sont par exemple chauffés avec des radiateurs électriques individuels anciens type « grille-pains ». Cette solution est légèrement moins performante mais est surtout plus complexe à rendre confortable et nécessite une attention particulière de conception. La sensation de confort des usagers sera moins importante lorsque l'émission de chaleur ou de fraîcheur se fait par convection plutôt que par rayonnement.



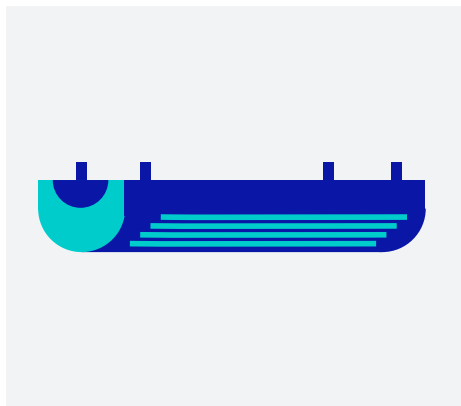
Plancher chauffant et rafraîchissant

+ Sa large surface d'émission et la réversibilité de l'équipement



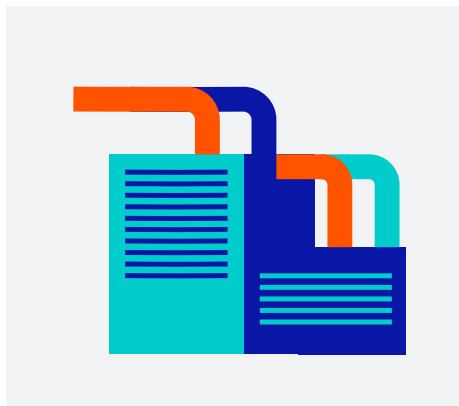
Plafond rayonnant hydraulique

+ Son efficacité en mode rafraîchissement



Poutre climatique

+ Sa convertibilité en mode froid ou chaud



CTA (centrale de traitement de l'air) avec batteries froide et chaude

+ Sa convertibilité en mode froid ou chaud



Géothermie et réseau de chaleur : intervenir à une échelle multi- bâimentaire

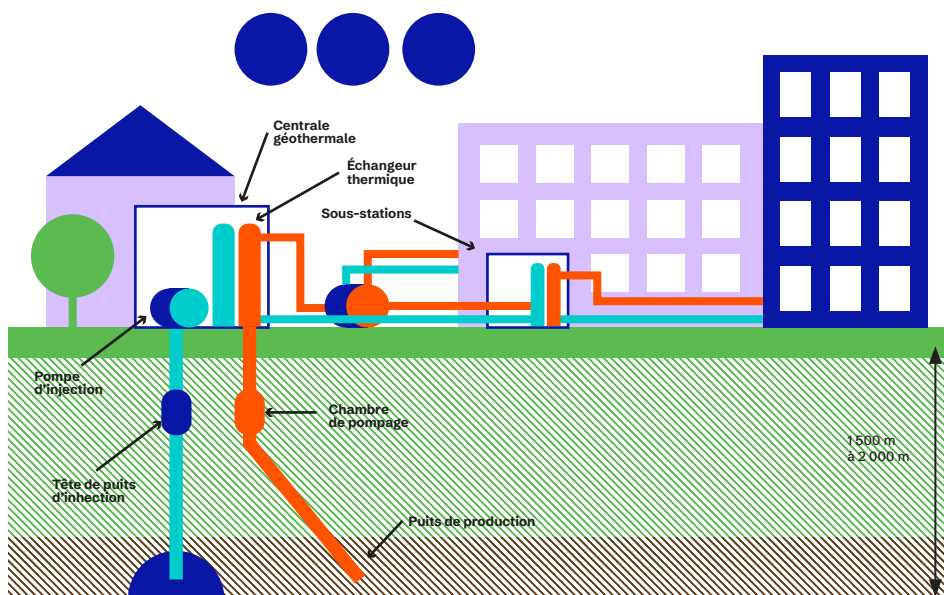
A. La géothermie profonde, une solution traditionnellement adaptée au déploiement d'un réseau de chaleur

Une collectivité peut choisir de déployer un réseau de chaleur sur son territoire. Ce choix ambitieux et stratégique, mérite un arbitrage raisonné selon les ressources accessibles sur le territoire.

Le centre de ressources EnR'CHOIX mis en place par l'ADEME Ile de France représente un outil d'aide à la décision pour les maîtres d'ouvrage qui souhaitent optimiser les projets de rénovation énergétique en agissant sur les volets de sobriété et d'efficacité énergétique, sécuriser le montage financier par la mutualisation des besoins ou prioriser les énergies renouvelables

et de récupération pour la mise en place de système de chauffage, de refroidissement et d'eau chaude sanitaire.

Un réseau de chaleur ou réseau de chauffage urbain, correspond à l'unité d'équipements qui permet de générer et d'alimenter en chaleur (chauffage ou eau chaude sanitaire) plusieurs bâtiments. Le réseau de distribution est organisé en deux catégories : le réseau primaire, qui représente tout le circuit transportant la chaleur directement extraite de la zone de production et le réseau secondaire qui se rapporte à tout le circuit à compter du passage en sous-stations, appelés aussi postes de livraison.



» Principe d'un réseau de chaleur thermique

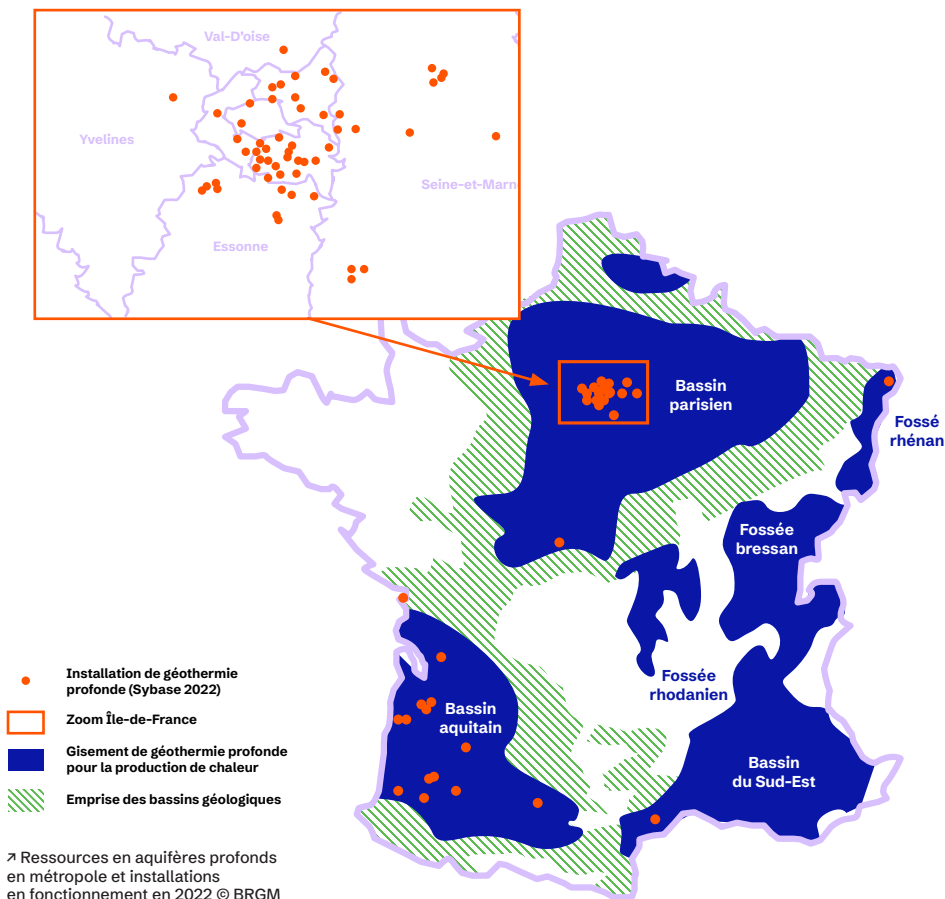
Ces équipements sont souvent situés à proximité voire au pied des immeubles chauffés et remplacent les postes de production de chauffage habituels (chaufferie d'immeuble avec chaudière à gaz/ fioul/biomasse ou pompe à chaleur...).

Il est à noter que des réseaux de froid existent également afin d'assurer la climatisation des locaux comme à la Défense avec le réseau de "La SUC" ou dans Paris avec "Fraicheur de Paris", anciennement "Climespace", qui exploite 89km de réseau dans Paris.

Les collectivités territoriales détiennent la compétence pour déployer ce type de réseau. Certains réseaux sont équipés pour fonctionner en cogénération (production simultanée de chaleur et d'électricité).

Parmi les bâtiments reliés à un réseau de chaleur urbain, 1/3 sont des bâtiments tertiaires.

En France hexagonale, c'est la géothermie profonde qui est principalement employée comparativement à la géothermie de surface, pour produire de la chaleur au sein d'un réseau de chaleur urbaine. En 2021, 6% des sites de réseaux de chaleur de France métropolitaine (47 sur 833), fonctionnaient grâce à la géothermie profonde.



B. Réseau de chaleur alimenté par la géothermie de surface, une technique à challenger

Si la géothermie profonde est la solution la plus communément utilisée pour l'alimentation de réseaux de chaleur en géothermie en France, la géothermie de surface peut également être compatible avec un réseau de chaleur urbain.

Les solutions à explorer sont notamment les suivantes, raccordées sous forme de boucle d'eau tempérée à énergie géothermique (BETEG) :

- PAC géothermique (PACg) sur eaux de nappes. Plusieurs exemples d'opérations exustebt comme les opérations d'aménagement du Village Olympique du quartier Pleyel à Saint-Denis en Région Parisienne, de Nice Meridia et du réseau de chaleur de la commune de Dadonville.
- PACg sur eau de mer (exemple de l'opération d'aménagement Thassalia à Marseille)
- PACg sur champ de sondes
- PACg sur eaux usées

Le fonctionnement du réseau est alors le suivant :

- Une ou plusieurs solution(s) de captage géothermique est/sont mise(s) en œuvre,
- L'eau tempérée est distribuée par un réseau de canalisations enterrées aux différents consommateurs,
- Chaque consommateur est équipé de sa pompe à chaleur géothermique qui produit les quantités de chaud et de froid nécessaire au bon fonctionnement du bâtiment.

[Un guide de l'AFPG](#) détaille le fonctionnement de ces systèmes :



“

Afin de mettre en place un réseau de chaleur géothermique, il est nécessaire de noter l'importance d'une homogénéité dans les bâtiments raccordés et un niveau d'isolation suffisant afin de décarboner mais également d'optimiser le gisement d'économie d'énergie et livrer après travaux un bâtiment sobre (facture faible et dépenses de fonctionnement/entretien/consommation maîtrisés), confortable et durable.

Vincent Espinasse,
expert technique ACTEE

”



Les financements mobilisables

A. Le parcours utilisateur des étapes d'un projet et les sources de financement associées

ETAPE 1 - Phase Ingénierie - Etude - Analyse d'opportunité :

- Réalisation d'un audit énergétique sur un bâtiment public (ou plusieurs bâtiments) suite à des échanges avec un économe de flux (EF) ou un conseiller en énergie partagé (CEP) sur le territoire ou une commune accompagnée par un EF. [Cet audit est financé par ACTEE.](#)



→ 2 scénarii de travaux possible à la suite de l'audit en rénovation :

1. Réaliser des travaux ponctuels pour la rénovation du système de chauffage. Ce cas de figure permet l'amortissement du coûts des travaux sans changement du système de chauffage (ce scénario est choisi lorsque le système de chauffage est fonctionnel depuis moins de 10 ans fonctionnel, que le budget est limité ...).
 2. Réaliser des travaux de rénovation globale. On opte ici pour un bouquet de travaux avec tous les lots de travaux de rénovation pris en charge. L'installation d'une solution géothermique est embarquée dans ce bouquet travaux.
- Consultation du CEP/ de l'ALEC ou du référent/animateur énergie territorial pour la réalisation d'une étude pour réaliser

une étude de pré faisabilité permettant de confirmer l'opportunité de la mise en place d'un système de géothermie

- Lancement de l'étude de faisabilité par les BET

→ Cette étude de faisabilité est notamment accompagnée par [le Fonds chaleur de l'ADEME](#) avec des financements qui peuvent atteindre les 80% :



- Constitution du dossier de subvention pour les travaux

Cette étape est soutenue par [le Fonds chaleur de l'ADEME](#).

ETAPE 2 - Phase Investissement - Conception :

- Lancement des travaux
- Réception de l'installation

ETAPE 3 - Phase de suivi des travaux :

- Suivi d'exploitation et maintenance



Toutes demandes sur chaque phase est à réaliser avant signature de devis/marché

Etape 1 : Phase d'étude

Financement de
la phase ingénierie

EUROPE par délégation
de gestion aux Conseils
Régionaux



UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen de Développement Régional

Fonds nationaux
avec délégataires
gestionnaires



Programme CEE



ACT'EE | JNEF
Action des Collectivités
Territoriales pour
l'Efficacité Énergétique

- ▣ Financement des études techniques de préféabilité et de faisabilité
- ▣ Financement ressources RH
- ▣ Mise à disposition de ressources (fiches conseils; guides; remontées d'expériences)

Etape 2 : Phase investissement

Financement de la
phase investissement

EUROPE par délégation
de gestion aux Conseils
Régionaux



UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen de Développement Régional

Fonds nationaux
avec délégataires
gestionnaires



Préfecture de Région



Préfecture de
Département



Financeurs locaux



- ▣ Financement phases investissement (MOE; travaux...)

Etape 3 : Phase post-travaux

Financement
d'interventions
et d'actions
transverses

EUROPE par délégation
de gestion aux Conseils
Régionaux



UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen de Développement Régional

Fonds nationaux
avec délégataires
gestionnaires



Programme CEE



ACT'EE | JNEF
Action des Collectivités
Territoriales pour
l'Efficacité Énergétique

- ▣ Financement des outils de suivi et de mesures post travaux
- ▣ Mise à disposition de ressources (fiches conseils; guides; remontées d'expériences)

➤ Le poste d'EF financé sur ACT'EE peut suivre le projet sur les 3 étapes et agir en "AMO/AMU" sur toute la durée du projet.

Conclusion

La géothermie semble être une solution idéale pour les collectivités car elle offre de multiples choix technologiques pour apporter une réponse thermique satisfaisante et pondérée aux caractéristiques du bâtiment (espace disponible, ressources du sous-sol, besoins de chaud/froid...). Couplée à un bâtiment performant et suffisamment bien isolé, cette technologie apporte du confort été comme hiver pour une consommation maîtrisée.

Les économes de flux, les conseillers en énergie partagé et les animateurs régionaux/départementaux de projet de chaleur renouvelable, représentent des acteurs clés dont les compétences sont à intégrer en conseil interne ou externe aux équipes municipales pour accompagner et renforcer l'ingénierie territoriale.

En outre, de la formation et de la communication sont encore nécessaires, pour une montée en compétence des élus mais également pour valoriser les professions de cette filière et recruter davantage de professionnels (foreurs, installateurs et bureaux d'études notamment).

L'entretien des installations existantes est primordial pour le bon fonctionnement de cette technologie. Les étapes de conception, d'exploitation et de maintenance doivent donc être rigoureusement prises en charge, afin de profiter pleinement des nombreux avantages de cette solution, notamment sa très grande longévité.

Très peu émettrice de dioxyde de carbone et consommatrice de très peu d'électricité, la géothermie est un réel atout pour les collectivités qui font ce choix, sur une vision à moyen et long terme. Exploitant une énergie locale et renouvelable (la chaleur du sous-sol), cette technologie rend les territoires davantage résilients et "impose" une certaine qualité du bâtiment pour pouvoir fonctionner de manière optimale. Les caractéristiques de cette solution, illustrent ainsi parfaitement la nécessité d'étudier et de rénover simultanément l'enveloppe d'un bâtiment et ses composants internes.

Si le renforcement de la filière et de la formation professionnelle pourra permettre de rationaliser l'investissement engagé par la collectivité pour la mise en place des projets de géothermie, il existe aujourd'hui un éventail de financements et de ressources pour réaliser des projets de géothermie (de la phase études à la maintenance suite au parfait achèvement des travaux).

Enfin, nous incitons les collectivités qui utilisent déjà de la géothermie à communiquer sur leurs réalisations et leur modèle économique afin de faire connaître et sensibiliser leurs pairs à cette technologie.

Ressources

Sites de références

- [ADEME – page nationale géothermie](#)
- [Géothermies Perspectives](#)
- [Cartographie des ressources de géothermie de minime importance](#)
- [Association des professionnels de la géothermie \(AFPG\) BRGM](#)

Publications gouvernementales

- Plan d'action national géothermie [plan_geothermie.pdf](#) ([gouvernement.fr](#))

Publications ADEME

- [Chauffer et rafraîchir avec une énergie renouvelable, géothermie très basse énergie, Ils l'ont fait / ADEME | Geothermies](#)
- [Cahier des charges d'études Géothermie](#)
- [Synthèse historique Fonds de garantie SAF](#)
- [Géothermie sur sondes – St-Maurice-sur-Fessard \(45\) avec le Fonds chaleur ADEME – YouTube](#)

Publications ADEME/BRGM

- [Géothermies | le site d'information sur les géothermies de l'ADEME et du BRGM \(geothermies.fr\)](#)
- [Les technologies de géothermie de surface | Géothermies Géothermie profonde, fonctionnement et technologies | Geothermies](#)

• [La géothermie, quelles technologies pour quels usages / ADEME, BRGM | Geothermies](#)

- [Guide de la géothermie et des réseaux de chaleur](#)
- [Guide et fiche de bonnes pratiques des forages géothermiques profonds](#)
- [Etude régionale géothermie \(SRCAE\)](#)
- [Garantie AQUAPAC : Présentation](#)
- [Bilan de la filière géothermie profonde \(2007/2018\) BRGM- ADEME](#)
- [Boîte à outils Géothermie](#)

Publications de l'Association Française des Professionnels de la Géothermie :

- [Médiathèque – AFPG](#)
- [Vidéo AFPG : la géothermie superficielle](#)
- [Étude de filière 2021 -AFPG Cartographie AFPG](#)

Publications BRGM

- [Atlas régionalisé des terrains pour la géothermie de surface du BRGM : Géothermies \(geothermies.fr\)](#)
- [Atlas régionalisé des terrains pour la géothermie profonde du BRGM : Géothermies \(geothermies.fr\)](#)
- [Étude BRGM des potentiels](#)

Publication du Service des données et études statistiques (SDES)

- [Chiffres Clés des énergies](#)

[renouvelables, Edition 2021](#)

Publication de la SEMHACH

- [Vidéo SEMHACH : la géothermie comment ça marche](#)

Des exemples d'opérations réussies

- [La géothermie au Dogger à Arcueil-Gentilly](#)
- [La géothermie intermédiaire au Plessis-Robinson](#)
- [La géothermie profonde à Chelles](#)
- [La géothermie profonde à Neuilly-sur-Marne](#)
- [Géothermie et réseau de chaleur à Bonneuil-sur-Marne \(94\)](#)
- [Géothermie et réseau de chaleur à Grigny et Viry-Châtillon \(91\)](#)
- [Modernisation de l'installation géothermique de La Courneuve \(93\)](#)
- [Vidéo : Réseau de chaleur et géothermie à Vélizy-Villacoublay](#)
- [Vidéo : Réseau de chaleur et géothermie à Grigny et Viry](#)
- [Vidéo : Réseau de chaleur et géothermie à Bobigny et Drancy](#)
- [Géothermie sur sondes verticales à Chambourcy \(78\)](#)
- [Géothermie pour l'école Jules Ferry de Trappes \(78\)](#)
- [Géothermie sur sondes pour l'écoquartier Nanterre Cœur d'Université \(92\)](#)



Remerciements

Astrid Cardona Maestro - ADEME Nationale
Thierry Barras - ADEME Centre Val De Loire
Armand Pomart - AFGP
Nicolas Picou - AURA-EE
Léonard Ricolleau - SEV84
Geneviève Boissin - La CoVe
Jonathan Bayard - Lorient Agglomération

actee@fnccr.asso.fr

www.programme-cee-actee.fr