

Pourquoi s'intéresser à la **géothermie profonde** en Centre-Val de Loire ?





Édito

Face au changement climatique et aux enjeux de souveraineté énergétique, nous devons accélérer la transition vers un système énergétique 100 % renouvelable. Dans cette transformation, il est fait le choix de placer la géothermie profonde parmi les solutions de référence pour accompagner les acteurs publics et privés du Centre-Val de Loire dans le passage à l'action. Pour la Région, il était naturel de soutenir le projet AMIGO¹ qui a porté la création de cet argumentaire parce qu'il oriente nos cadres de décision dans la bonne direction.

La géothermie profonde offre une énergie locale, continue et décarbonée, indépendante des fluctuations des marchés et des conditions météorologiques. Depuis plus de 50 ans, elle a démontré sa capacité à répondre à des besoins variés : chauffage et eau chaude des bâtiments, procédés industriels, serres agricoles, pisciculture ou encore équipements aquatiques.

Au-delà de ses performances énergétiques, son développement constitue une opportunité pour les territoires : maîtrise des coûts dans la durée, création d'emplois locaux et développement de compétences liées aux réseaux, aux installations, à leur exploitation et à leur maintenance.

La région Centre-Val de Loire possède un potentiel géothermique encore peu valorisé et dans un contexte marqué par la volatilité des prix de l'énergie et la recherche d'autonomie énergétique, elle se positionne comme une solution stratégique et économiquement performante pour la production de chaleur renouvelable.

Pour atteindre nos objectifs, nous devons répondre à un enjeu essentiel : celui de la compréhension et de l'acceptabilité. En croisant analyses techniques, économiques, environnementales et sociologiques, il s'agit de construire un projet transparent, capable de répondre aux interrogations des riverains, des collectivités, des industriels et des utilisateurs finaux. Le dialogue avec la société civile est ainsi placé au cœur de la démarche.

Cet argumentaire porte enfin une conviction : mieux connaître la géothermie, c'est donner aux territoires les moyens de faire des choix éclairés et de construire, ensemble, une énergie plus locale, durable et résiliente. Il s'adresse à tous : collectivités, État, structures d'accompagnement, industriels, agriculteurs, maraîchers... La Région souhaite qu'il soit utile au plus grand nombre et constitue une ressource en faveur du développement de la géothermie.

François BONNEAU
Président de la Région Centre-Val de Loire



1. Projet AMIGO — Argumentaire pour le déploiement de la géothermie profonde en région Centre-Val de Loire. Porté par le BRGM (Direction de l'Énergie et de la Décarbonation), en partenariat avec l'Université d'Orléans (LEO), l'AFPG, AMORCE, Agreen Tech Valley et la Métropole de Chartres. Projet soutenu par la Région Centre-Val de Loire dans le cadre de son Appel à projets de recherche d'intérêt régional 2023. Durée : septembre 2023 – septembre 2026. Subvention régionale : 197 000 €.

Sommaire : Pourquoi s'intéresser à la **géothermie profonde** en Centre-Val de Loire ?

La géothermie profonde en bref	5
1) Préambule : les étapes clés d'un projet de géothermie profonde	6
a. Phase 1 : Etudes préliminaires - Exploration	6
b. Phase 2 : Conception - Travaux	7
c. Phase 3 : Exploitation - Maintenance	7
d. Phase 4 : Réhabilitation - Fermeture	8
e. Rappel des procédures réglementaires	8
2) Des investissements compétitifs sur le long-terme	9
3) Une énergie vertueuse sur le plan environnemental	10
4) Un potentiel en région Centre-Val de Loire avéré mais sous-exploité	13
5) Des aides et garanties financières adaptées aux enjeux de la géothermie profonde	18
6) Des exemples variés et prometteurs d'utilisation de la géothermie profonde dans des contextes similaires	21
Liens utiles - pour aller plus loin	26

La géothermie profonde en bref

Pourquoi la géothermie profonde ?

La géothermie profonde exploite la chaleur naturelle des aquifères situés entre 500 et 3 000 mètres de profondeur. Elle offre une production continue, locale et décarbonée, indépendante des fluctuations du marché de l'énergie et des conditions climatiques, contrairement à la biomasse, au solaire ou au gaz.

Avec un potentiel avéré, des mécanismes de financement robustes et des exemples de réussite à l'échelle nationale et européenne, elle constitue une réponse concrète aux enjeux de décarbonation, d'autonomie énergétique et de développement économique local.

Un potentiel régional avéré mais encore sous-exploité

La région Centre-Val de Loire est située dans le Bassin parisien, dont les formations du Jurassique (Oxfordien, Dogger) et du Trias constituent des réservoirs stratégiques. Des données issues de 88 forages et 4 284 km de lignes sismiques ont permis de préciser le potentiel géothermique en Centre-Val de Loire (projet Geoscan Hexagone <https://www.geothermies.fr/geoscan-hexagone>)

Des besoins de chaleur importants existent en Centre-Val de Loire :

- ~15 réseaux de chaleur de plus de 20 GWh dans les grandes métropoles (Orléans, Chartres, Blois, Tours, Bourges, Pithiviers, Montargis...)
- ~7 600 GWh/an de besoins industriels en chaleur
- ~74 ha de serres chauffées (3^{ème} rang national), dont 60 ha dans le Loiret

Des investissements compétitifs sur le long terme

Source d'énergie	LCOE (€/MWh)	VAN (M€)	TRI (%)	Retour sur investissement (années)
Géothermie profonde (12 MW)	63	+33	14	7
Géothermie profonde (9 MW)	78	+15	9	10,5
Chaudière biomasse	91	+2,3	10	9
Solaire thermique	134	Négative	1	-

Un bilan carbone très favorable

Source d'énergie	Émissions CO ₂ (gCO ₂ /KWh)
Géothermie profonde	10
Biomasse	40
Solaire thermique	50
Gaz naturel	240

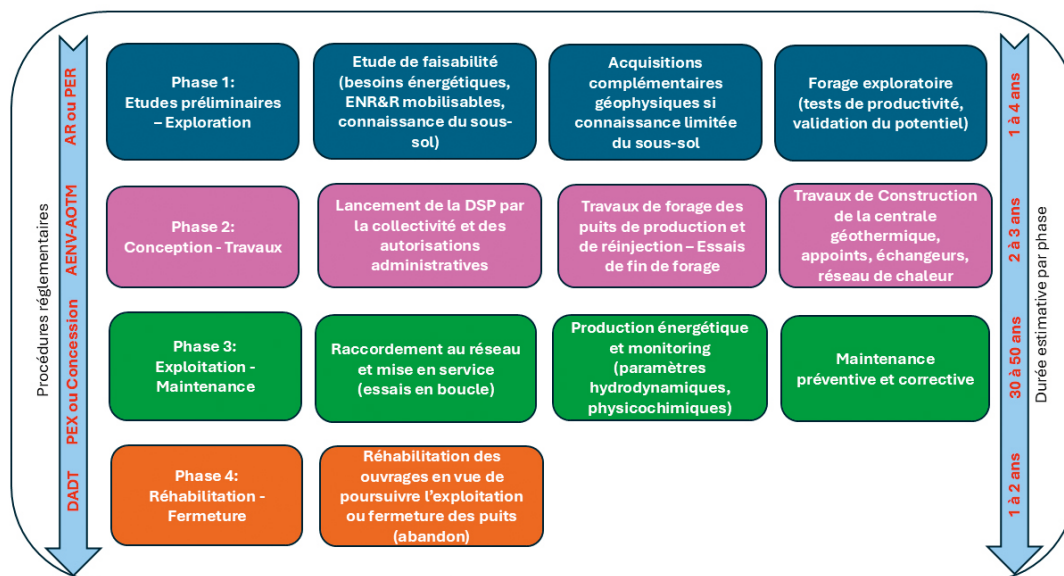
Des aides et garanties financières solides

- Fonds Chaleur ADEME : subvention de 30 à 45 % de l'investissement (plafond 20 €/ MWh_{EnR&R}/an sur 20 ans) - projets géothermiques prioritaires (arbre EnR'CHOIX)
- Fonds de garantie géothermie (SAF-Environnement) : couverture « court-terme » à 90 % du risque sur le doublet géothermique (jusqu'à 3 M€/km foré) et couverture « long-terme » pendant l'exploitation en cas de sinistre sur les puits ou diminution de la ressource
- TVA réduite à 5,5 % pour les réseaux de chaleur alimentés à plus de 50 % par des EnR

1

Préambule : les étapes clés d'un projet de géothermie profonde

Figure 1. Etapes clés d'un projet de géothermie profonde.



Un projet de géothermie profonde nécessite différentes étapes qui peuvent être synthétisées comme suit.

a. Phase 1 : Etudes préliminaires - Exploration

Objectifs de la phase : Identifier et caractériser le potentiel géothermique d'un site.

Cette phase a pour objectif de valider la pertinence technico-économique d'un projet de géothermie profonde, avec l'évaluation des besoins énergétiques en surface et du potentiel énergétique du sous-sol. Elle s'appuie notamment sur l'analyse des données géologiques, hydrogéologiques, géophysiques et géochimiques existantes qui peuvent être complétées avec la mise en œuvre d'un programme d'acquisition de données complémentaires. Il peut s'agir de campagnes géophysiques (pouvant combiner différentes méthodes : sismique, gravimétrie, électromagnétique...) mais également de la réalisation d'un premier forage d'exploration pour confirmer le potentiel (productivité, température).

Durée typique : 1 à 4 ans selon le niveau de connaissance disponible et le programme d'acquisition à mettre éventuellement en place. À ce jour, au regard des données de forage disponibles en région Centre-Val de Loire, une durée inférieure à 2 ans apparaît toutefois peu réaliste.

Acteurs impliqués :

- Porteur de projet (collectivité, industriel, développeur),
- Bureaux d'études spécialisés (thermique / réseaux, VRD / génie civil, sous-sol),
- Sociétés spécialisées en acquisitions géophysiques et/ou en forage,
- Services de l'Etat pour les autorisations administratives (DREAL, préfecture),
- SAF Environnement, qui gère le Fonds de garantie géothermie « Court-Terme étude ».

b. Phase 2 : Conception - Travaux

Objectifs de la phase : Réaliser les installations nécessaires pour l'exploitation de la ressource géothermale et la distribution de la chaleur.

Cette phase a pour objectif la réalisation d'un doublet géothermique constitué des forages de production et de réinjection (permettant d'assurer l'équilibre de la nappe), ainsi que la construction des installations de surface nécessaires à l'exploitation (centrale géothermique intégrant notamment des échangeurs de chaleur et/ou des pompes à chaleur (PAC), réseau de distribution de la chaleur...). Elle nécessite une phase réglementaire correspondant à l'instruction administrative des dossiers d'autorisation de recherche d'un gîte minier et d'autorisation environnementale (liée notamment aux travaux de forage) ainsi que la mise en place d'une structure juridique dédiée à la production et à la distribution de la chaleur. Cette structure doit être adaptée au projet de valorisation de l'énergie géothermique et peut prendre différentes formes : souvent celle d'une Délégation de Service Public (DSP) dans le cas de la gestion de réseaux de chaleur, ou d'une régie contrôlée directement par une collectivité ou encore d'une société d'économie mixte.

Durée typique : 2 à 3 ans

Acteurs impliqués :

- Maîtrise d'ouvrage et Maîtrise d'œuvre,
- Entreprise de forage,
- Entreprises pour la construction de la centrale géothermique (génie civil, tuyauterie...),
- Gestionnaire du réseau,
- Organismes de financement (ADEME, Région...),
- Assureurs pour la réalisation des travaux (en particulier assurance Tous Risques Chantier « TRC »),
- Services de l'Etat pour les autorisations administratives (DREAL, Préfecture),
- SAF Environnement, qui gère le Fonds de garantie géothermie « Court-Terme ».

c. Phase 3 : Exploitation - Maintenance

Objectifs de la phase : Exploiter durablement la ressource géothermale en assurant la production d'énergie dans des conditions techniques, économiques et environnementales optimales.

Cette phase a pour objectif de raccorder les forages géothermiques au réseau en réalisant, dans une première étape, des tests de performance de la boucle géothermale (comprenant les forages et leurs équipements : pompes, filtres...) au débit maximum envisagé, et en assurant par la suite son exploitation optimale avec un monitoring des paramètres hydrodynamiques et physico-chimiques tel que défini dans le permis d'exploitation octroyé au Maître d'ouvrage par l'Administration.

Durée typique : 30 à 50 ans. Il s'agit de la durée de vie de l'installation définie dans le permis d'exploitation initial. A noter que cette durée est fonction de la puissance primaire de l'installation : elle est de 30 ans pour une puissance inférieure à 20 MW (permis délivré par arrêté préfectoral) et de 50 ans pour une puissance supérieure à 20 MW (concession délivrée par décret en Conseil d'Etat).

Acteurs impliqués :

- Porteur du projet/Exploitant,
- Gestionnaire du réseau,
- Bureaux d'études en charge du suivi réglementaire,
- Services de l'Etat (DREAL, DGEC),
- SAF Environnement, qui gère le Fonds de garantie géothermie « Long-Terme ».

d. Phase 4 : Réhabilitation - Fermeture

Objectifs de la phase : Réhabiliter les ouvrages ou assurer la fermeture définitive sécurisée des installations et la remise en état du site en fin d'exploitation.

Lorsque la durée du permis d'exploitation ou de la concession est atteinte, ou en cas de détérioration prématurée des installations, deux possibilités peuvent être envisagées : soit une prolongation de l'exploitation (entre 15 à 25 ans suivant la nature du permis délivré), qui peut être associée à une réhabilitation des puits ; soit la fermeture définitive (abandon) des ouvrages.

Durée typique : 1 à 2 ans

Acteurs impliqués :

- Exploitant (responsable de la fermeture),
- Entreprises spécialisées en abandon de puits,
- Services de l'Etat (DREAL).

e. Rappel des procédures réglementaires

Trois principales étapes doivent être suivies pour l'instruction d'un projet de géothermie profonde correspondant chacune à une phase spécifique du projet de la figure 1 :

- 1) Une demande **d'autorisation de recherche de gîte géothermique et titre minier (AR) ou de permis exclusif de recherche (PER)** pour la phase d'exploration ;
- 2) Une demande **d'autorisation environnementale d'ouverture des travaux miniers (AENV-AOTM)** pour la phase de travaux ;
- 3) Une demande **de permis d'exploitation (PEX) ou concession** pour la phase d'exploitation ;
- 4) Une demande **d'arrêt définitif des travaux miniers (DADT)** en cas de fermeture définitive (abandon) des ouvrages.

Pour la phase d'exploration, le pétitionnaire choisit le régime de recherches adapté (en fonction de la nature de son projet, de sa durée, du niveau d'exclusivité souhaité...) : soit l'autorisation de recherches (AR, durée maximale de 3 ans), soit le permis exclusif de recherches (PER, durée maximale de 15 ans). A noter que les demandes d'autorisation de recherche et d'ouverture des travaux peuvent être déposées en simultanée.

Pour la phase d'exploitation, les gîtes géothermiques sont exploités **soit par un permis d'exploitation, soit par une concession selon que la puissance primaire est inférieure ou supérieure à 20 MW** et ceci indépendamment du titre minier demandé pour la phase de recherche. La puissance primaire correspond à la puissance thermique maximale, qui peut être prélevée du sous-sol sur l'ensemble du périmètre défini par un titre d'exploitation demandé.

Nota : différents guides techniques ont été développés sur la réalisation des forages profonds, on peut notamment citer le guide de « bonnes pratiques » sur les retours d'expérience des forages géothermiques profonds de l'ADEME-BRGM qui donne des recommandations aux maîtres d'ouvrage et leurs maîtres d'œuvre ([Guide et fiches de bonnes pratiques des forages géothermiques profonds / ADEME, BRGM | Geothermies](#)).

2

Des investissements compétitifs sur le long-terme

Différents investissements sont nécessaires pour couvrir les différentes phases du projet. Ils correspondent aux investissements liés aux études préliminaires (phase 1), aux travaux de surface et forage (phase 2), à l'exploitation (phase 3), et ultérieurement à la réhabilitation ou fermeture (phase 4). Le tableau 1 synthétise une fourchette estimative des coûts par phase.

Tableau 1. Estimation des coûts (HT) pour les différentes phases d'un projet de géothermie profonde

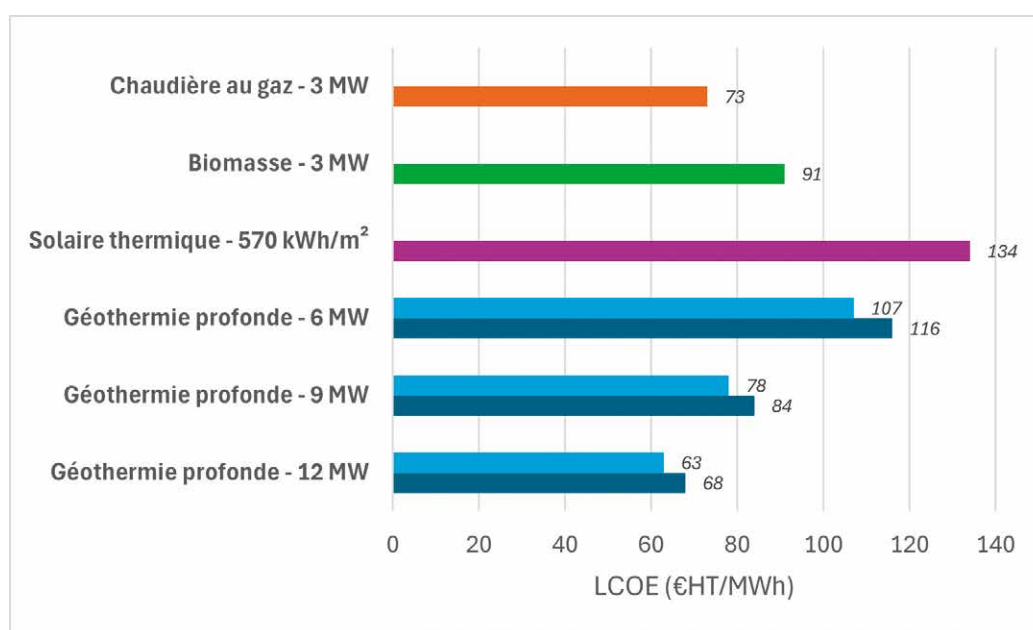
Phases d'un projet	Types de coût			Estimation globale (€ HT)
Études amont	Analyse / valorisation des données existantes	Campagnes d'acquisition géophysiques	Forage d'exploration (diamètre <15 cm, profondeur <2 000 m)	
	50-150 k€	300-1 000 k€	500-1 500 k€	50 - 2 500 k€
Conception-Travaux	CAPEX travaux forages	CAPEX Boucle + Centrale Géothermique (hors réseau de distribution)	CAPEX PAC	
	12-15 M€	3 - 4 M€	1 - 3 M€	15-22 M€
Exploitation	OPEX (P1 + P2 + P3)	OPEX PAC	-	
	1 000 - 1 500 k€/an	300 - 700 k€/an	-	1 000 - 2 200 k€/ an
Réhabilitation-Fermeture	Réhabilitation des puits	Fermeture des puits	-	
	1 500 k€	500 - 1 000 k€	-	500 - 2 500 k€

Une étude technico-économique menée en 2024-2025 (LEO, 2026), a permis de comparer les coûts d'un projet de géothermie profonde avec les autres EnRs (biomasse, solaire thermique) et une chaudière fonctionnant au gaz. Cette étude utilise comme indicateur économique **le LCOE (Levelized Cost of Energy) qui permet d'estimer le coût moyen complet de production d'un mégawattheure (MWh) de chaleur sur l'ensemble de la durée de vie du projet**. Le LCOE prend en compte l'ensemble des coûts engagés et actualisés sur cette durée de vie, à savoir l'investissement initial (CAPEX) et les coûts d'exploitation et de maintenance (OPEX), qui intègrent d'éventuelles dépenses liées au financement ou au remplacement d'équipements. L'approche considère les coûts des études amonts suivant le niveau de risque du projet².

2. Trois segments des risques ont été définis dans le Fonds de garantie géothermie correspondant à un risque faible (segment 1, zone géologique et potentiel géothermique connus), un risque moyen (segment 2, zone géologique connue mais potentiel géothermique peu connu) et un risque fort (segment 3, zone géologique et potentiel géothermique mal connus).

Trois niveaux de puissance ont été considérés (6, 9 et 12 MW) correspondant respectivement à un débit moyen annuel de 160, 240 et 320 m³/h avec l'utilisation de PACs. La profondeur de forage considérée est de 1 500 m, ce qui correspond à la profondeur moyenne des aquifères potentiels en Centre-Val de Loire. Deux durées de vie sont considérées pour l'amortissement des installations (30 et 45 ans). Les hypothèses considérées pour les chaudières biomasse collectives et au gaz est une puissance minimale de 3 MW³ avec une durée de vie de 20 et 30 ans respectivement. Ces résultats (Figure 2) indiquent un coût de l'énergie de la géothermie profonde qui est compétitif pour les projets de plus de 9 MW vis-à-vis des autres EnRs mais également du gaz naturel dont le coût reste très fluctuant en fonction du marché de l'énergie. Dans l'étude, le prix du gaz retenu est de 67 €/HT/MWh.

Figure 2. Comparaison des LCOE des différentes sources d'énergie (source : LEO et BRGM, 2025 à partir des chiffres des coûts actualisés de forage de la CFG). Pour la géothermie profonde deux durées d'exploitation sont considérées : 30 ans (barres bleu foncé) et 45 ans (barres bleu ciel)



En complément du LCOE, la performance financière d'un projet (rentabilité économique) peut être évaluée sur la base de trois indicateurs : **la valeur actuelle nette⁴ (VAN) d'un projet, son taux de rentabilité interne⁵ (TRI) et son temps de retour sur investissement (ROI)**. Les deux premiers indicateurs permettent d'évaluer la rentabilité de l'investissement initial. Le troisième indicateur permet de mesurer le temps nécessaire pour récupérer le montant investi dans un projet. Ces indicateurs ont été évalués pour les différentes sources d'énergie renouvelables et pour différentes hypothèses du coût de vente de la chaleur des réseaux de chaleur (Tableau 2).

3. Ce LCOE étant peu sensible au dimensionnement des unités de production

4. La VAN est définie comme la différence entre les flux de trésorerie sur n périodes et l'investissement initial. Si la VAN est positive, l'investissement est rentable. Si la VAN est négative, l'investissement n'est pas suffisamment rentable pour atteindre le taux de rendement fixé par les investisseurs. Si la VAN est nulle, le projet est juste à l'équilibre financier

5. Le TRI est défini comme le taux d'actualisation qui annule la VAN. En d'autres termes, il s'agit du taux pour lequel la somme des flux de trésorerie futurs, une fois actualisés à ce taux, équivaut exactement à l'investissement initial

Tableau 2. Comparaison des indicateurs financiers des différentes sources d'énergie (source : LEO, 2025 à partir des coûts de vente de la chaleur de l'étude AMORCE 2025)

Performance financière au coûts moyen de vente de la chaleur des réseaux de chaleur indépendamment du taux d'EnRs et de la source d'énergie majoritaire : 108 €/MWh			
EnRs	VAN (k€)	TRI (%)	ROI (années)
Geothermie profonde (12 MW)	32 263	14	7
Geothermie profonde (9 MW)	14 599	8	11
Chaudière biomasse	2 087	9	9
Solaire thermique	-14	1	-
Performance financière au coût moyen de vente de la chaleur des réseaux de chaleur avec un taux d'EnRs entre 50 et 75% : 109,8€/MWh €/MWh			
EnRs	VAN (k€)	TRI (%)	ROI (années)
Géothermie profonde (12 MW)	33 703	14	7
Géothermie profonde (9 MW)	15 679	9	10,5
Chaudière biomasse	2 305	10	9
Solaire thermique	-131	1	-
Performance financière au coût moyen de vente de la chaleur des réseaux de chaleur en région Centre Val de Loire : 109,7 €/MWh			
EnRs	VAN (k€)	TRI (%)	ROI (années)
Géothermie profonde (12 MW)	33 263	14	7
Géothermie profonde (9 MW)	15 619	9	10,5
Chaudière biomasse	2 293	10	9
Solaire thermique	-132	1	-
Performance financière au coût moyen de vente de la chaleur des réseaux de chaleur selon l'énergie majoritaire utilisée : CEM €/MWh			
EnRs	VAN (k€)	TRI (%)	ROI (années)
Géothermie profonde (12 MW)	33 863	14	7
Géothermie profonde (9 MW)	15 799	9	10,5
Chaudières biomasse	2 268	10	9
Solaire thermique	-	-	-

La géothermie profonde apparaît comme une source d'énergie renouvelable performante pour les réseaux de chaleur dans le cas de projets de 9 et 12 MW avec **une VAN positive et élevée, un TRI compris entre 8 et 14% et un temps de retour sur investissement entre 7 et 11 ans**. Ces valeurs sont comparables aux chaudières biomasse avec une VAN positive mais plus modérée, un TRI entre 9 et 10% et un temps de retour sur investissement de l'ordre de 9 ans. Le solaire thermique présente une rentabilité insuffisante avec une VAN toujours négative. En conséquence la géothermie profonde de 9 MW (ou plus) est une solution intéressante pour l'alimentation des réseaux de chaleur urbains.

3

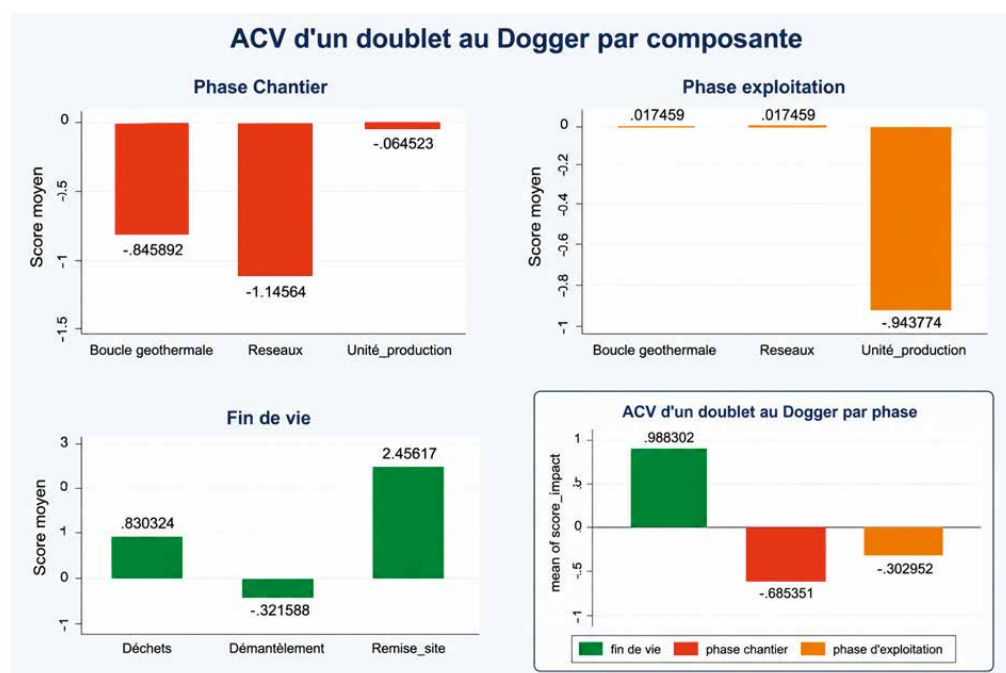
Une énergie vertueuse sur le plan environnemental

L'évaluation de l'impact environnemental d'un projet de géothermie profonde vise à analyser les effets directs et indirects de l'exploitation de la ressource sur l'environnement et les populations locales. L'analyse repose sur **une évaluation environnementale des différentes phases du projet, depuis le forage des puits et jusqu'à sa fin de vie tout en intégrant toutes ses dépenses ("cradle to grave", du "berceau au tombeau")**. Elle s'appuie sur les études d'impact environnementales qui sont réalisées lors des demandes d'autorisation de recherche et d'ouverture d'un gîte géothermique. Les impacts considérés sur un projet type concernent 14 variables liées à l'environnement : l'urbanisme, le trafic routier, l'impact visuel, le bruit, l'air, les déchets, les risques naturels, les risques technologiques, le patrimoine, la faune et flore, le sol, la santé et sécurité, le climat et énergie et l'eau. Une analyse statistique en composante principale⁶ (ACP) des différents impacts a permis de quantifier les principaux impacts dans chaque phase d'un projet de géothermie profonde. Les résultats sont synthétisés sur la Figure 3.

La phase chantier présente un impact global négatif concernant les travaux de la boucle géothermale (principalement lié aux travaux de forage) et des réseaux de chaleur ; la phase exploitation indique un impact global négatif sur l'unité de production provenant principalement des émissions de CO₂ résultant de l'utilisation d'une chaudière à gaz en appoint de la centrale géothermique; et la phase de fin de vie indique un impact global positif lié à la remise en état du site.

Ainsi, les scores moyens des trois phases sont respectivement de -0,685 pour la phase chantier, -0,303 pour la phase d'exploitation et +0,988 pour la phase de fin de vie. Les contributions des phases se compensent dans le calcul du score global. Cette compensation doit être comprise comme une compensation des scores statistiques, et non comme une compensation physique des impacts environnementaux⁷. Ces résultats mettent néanmoins en évidence les principales phases et composantes sur lesquelles peuvent porter les efforts d'amélioration environnementale, notamment les travaux de construction et les émissions associées à l'unité de production.

Figure 3. Analyse de cycle de vie (ACV) par activité et phase d'un projet de géothermie profonde, exemple du Dogger du Bassin parisien (source : LEO, 2025)



Quelques éléments comparatifs sur les émissions de CO₂ des différentes sources d'énergie :

Géothermie profonde

- Se distingue par un faible impact carbone, avec seulement **10 g de CO₂** par kWh produit.
- Cette performance s'explique par une utilisation minimale de combustibles fossiles et une production continue de chaleur, sans besoin de stockage ni de transformation.
- L'essentiel des émissions survient pendant la construction, notamment le forage des puits et l'installation des pompes et réseaux de chaleur.

Chaudières biomasse

- Affichent des émissions de **40g CO₂/kWh**, soit près de quatre fois plus que la géothermie profonde.
- Bien que considérée comme renouvelable, la combustion de biomasse entraîne des émissions de CO₂.
- Des impacts supplémentaires proviennent du transport et de la transformation des matières premières, ce qui rend son empreinte carbone nettement supérieure à celle de la géothermie.

Solaire thermique

- Présente une empreinte carbone de **50 g CO₂/kWh**, soit cinq fois plus que la géothermie.
- Son fonctionnement ne génère pas directement d'émissions, mais l'impact environnemental provient principalement de la fabrication et du recyclage des capteurs solaires, ainsi que des systèmes de stockage thermique nécessaires pour garantir un approvisionnement constant en chaleur.

Chaudières au gaz

- Se distinguent par une empreinte carbone très élevée : **240 g CO₂/kWh**.
- La combustion du gaz naturel produit directement du CO₂, et des émissions de méthane peuvent survenir lors de l'extraction et du transport.
- Malgré un bon rendement énergétique, le gaz naturel reste une énergie fossile avec une empreinte carbone 24 fois plus élevée que celle de la géothermie profonde.

6. L'Analyse en Correspondances Principales (ACP), est une méthode d'analyse factorielle utilisée principalement pour explorer et synthétiser des relations entre des variables qualitatives. C'est une méthode statistique utilisée pour analyser des tableaux de contingence (fréquences, scores, intensités) et identifier les axes principaux qui expliquent le mieux la variance des données. L'objectif de l'ACP appliquée à l'évaluation environnementale est de réduire la dimensionnalité des données environnementales (qui sont ici au nombre de 14) et d'identifier les principales composantes qui contribuent aux impacts dans chaque phase.

7. Les valeurs figurant sur la figure 3 détaillent les contributions relatives de chacune des phases du projet au score environnemental global. Les scores présentés sont des scores statistiques issus de l'ACP et ne correspondent pas à des quantités d'impact environnemental exprimées dans une unité physique. Leur signe indique la position relative d'une activité ou d'une phase sur l'axe de synthèse retenu, tandis que leur valeur absolue permet de comparer les scores entre eux dans le cadre de l'analyse. Elle ne peut donc pas être interprétée comme une mesure directe de l'intensité d'un impact, ni comme un rapport de grandeur entre deux phases.

4

Un potentiel en région Centre-Val de Loire avéré mais sous-exploité

La région Centre-Val de Loire s'étend sur 39 151 km² (7^{ème} région française par sa superficie) et est située sur la bordure méridionale du Bassin parisien, le plus grand des bassins sédimentaires français. Les formations profondes du Mésozoïque (-252 à -66Ma), principalement du Jurassique et du Trias (Tableau 3), constituent des ressources profondes stratégiques pour la région Centre-Val de Loire. Elles sont toutefois encore sous-exploitées à ce jour pour la production de chaleur.

A noter que les réservoirs du Bassin parisien, sont des réservoirs majoritairement à porosité matricielle avec un risque de sismicité induite très faible (voir encadré 1).

Historique de la géothermie profonde en Centre-Val de Loire :

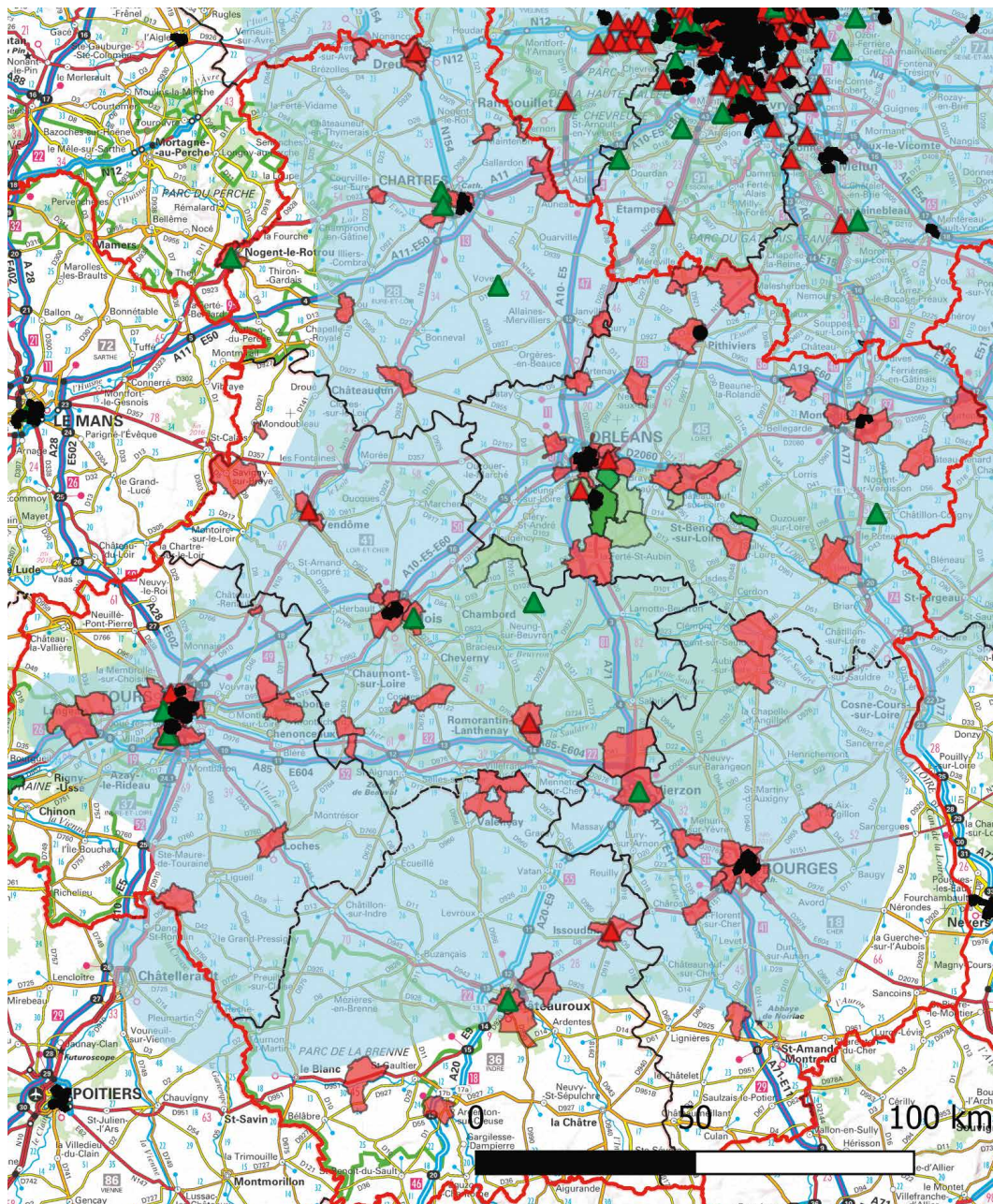
- 2 forages (1 puits de production et 1 puits de réinjection) réalisés entre 1979 et 1980 à Melleray (Loiret) pour le compte de serristes, ont atteint la profondeur de 1 660 mètres afin de capter le réservoir gréseux du Trias. L'exploitation a dû être rapidement interrompue en 1983 compte tenu des difficultés liées à la réinjection du fluide dans ce type de réservoir, malgré de très bonnes caractéristiques de production (débit de 175 m³/h, température de 73°C). Les retours d'expérience de cette opération et des échecs concomitants en région parisienne (Cergy-Pontoise et Achères), confrontés au succès des opérations récentes menées aux Pays-Bas et au Danemark, permettent aujourd'hui d'envisager avec plus de confiance de nouveaux projets au Trias au sein du Bassin parisien.
- 2 forages de production, l'un au Dogger à 200 mètres de profondeur et le second au Trias à 670 mètres de profondeur, ont également été réalisés en 1983 à Châteauroux (Indre). Quarante ans plus tard, seule l'exploitation du Trias (sans réinjection) permet encore d'alimenter un réseau de chaleur (débit d'exploitation compris entre 50 et 90 m³/h, température de 34°C, rejet des eaux en surface).

Les acteurs et besoins en chaleur en Centre-Val de Loire

La région Centre-Val de Loire compte une quinzaine de réseaux de chaleur de plus de 20 GWh localisés dans les principales métropoles à Orléans, Chartres, Blois, Tours, Bourges, Pithiviers et Montargis ainsi qu'un potentiel de création de nouveaux réseaux ou densification important (Orléans, Chartres, Vendôme, Romorantin-Lanthenay, Issoudun, Tours, Dreux).

En plus de ces réseaux de chaleur, qui visent principalement à assurer le chauffage de bâtiments, les besoins pour l'industrie sont également importants (de l'ordre de 7606 GWh/an) pour les process et le chauffage des locaux. De surcroît, la région se classe en 3^{ème} position au niveau national, après la Bretagne et la Nouvelle-Aquitaine, pour les surfaces de cultures horticoles sous serres chauffées (de l'ordre de 74 ha) avec une forte concentration dans le Loiret (60 ha de serres).

Figure 4. Cartographie des principaux besoins (réseaux de chaleur, industries, serres) et situation par rapport à la limite des aquifères profonds du Bassin parisien (fond bleu)



Noir : tracé des réseaux de chaleur de plus de 20 GWh/an (source : CEREMA) ; Triangles rouges : réseaux de chaleur à créer de plus de 20 GWh/an (source : Manergy) ; Triangles verts : réseaux de chaleur à verdir ($\text{kgCO}_2/\text{kWh} > 0,12$) (source : arrêté DPE 2021) ; Communes en rouge ; besoins industriels de plus de 20 GWh/an pour la production de chaleur (source : CEREMA) ; Communes en vert : présence de serres horticoles chauffées (vert foncé : surface supérieure à 10 ha) (source : Légumes de France).

Les aquifères profonds d'intérêt en Centre-Val de Loire

Les réservoirs du Jurassique Supérieur et Moyen (Oxfordien et Dogger) sont des aquifères carbonatés qui présentent d'importantes similitudes : ce sont des rampes carbonatées où les réservoirs se localisent dans des faciès⁸ granulaires (dits oolitiques) mis en place dans de grands bancs/dunes sous-marines appelés « shoals ». En parallèle de ces environnements réservoirs présentant des porosités matricielles, des réservoirs carbonatés plus profonds se mettent en place, correspondant à des boues carbonatées et des marnes. Indurés et fracturés, les faciès boueux carbonatés peuvent présenter des propriétés réservoirs dès lors que ces derniers sont fracturés.

Les réservoirs triasiques (Keuper et Muschelkalk) sont quant à eux des aquifères détritiques (silicoclastiques) caractérisés par des géométries/hétérogénéités fluviales où dominent les corps chenalisés et les dépôts de débordement plus ou moins sableux (crevasses/levées sableuses vs. plaine d'inondation argileuse).

Tableau 3. Aquifères potentiels profonds en région Centre-Val de Loire

Stratigraphie		Nom unité	Aquifère ou éponte ⁹	Lithologie dominante
JURASSIQUE	Oxfordien	Séquanien	aquifère	calcaire
		Ox6 - Zone bismamatum	éponte	argile
		Rauracien	aquifère	calcaire
		Marnes callovo-oxfordienne	éponte	argile
	Dogger	Dogger aggradant	aquifère	calcaire
		Bt10 - Zone Zigzag	éponte	argile
		Dogger progradant	aquifère	calcaire
	Lias	Argiles et marnes	éponte	argilo-sableux
TRIAS	Keuper	Argiles de Levallois / Saint Maur	éponte	argile - grès
		Grès de Boissy et du Rhétien	aquifère	grès
		Argiles et grès intermédiaires	éponte	argile - grès
		Grès de Chaunoy	aquifère	grès
	Muschelkalk	Marnes irisées	éponte	argilo-carbonaté
		Grès de Donnemarie	aquifère	grès

Un inventaire des ressources géothermiques profondes, **le projet « Geoscan Hexagone »**, a permis de retraiter et valoriser par de nouvelles analyses les données acquises au cours des précédentes décennies pour l'exploitation des hydrocarbures sur la région Centre-Val de Loire. Ce sont ainsi **88 forages et 4 284 km de lignes sismiques anciennes** qui ont pu être retraitées et valorisées dans la région. Ces retraitements ont permis de réaliser des cartographies des différentes unités réservoirs (Tableau 3) notamment en précisant **les profondeurs des toits des réservoirs, les épaisseurs, la structure (réseau de failles à l'échelle régional), les températures estimées, et la favorabilité réservoir**. Il s'agit pour ce paramètre d'estimer quelle est la probabilité d'intercepter un faciès avec des propriétés réservoir c'est-à-dire les environnements de dépôts connus comme ayant de bonnes caractéristiques réservoirs et donc les zones les plus propices pour une exploitation géothermique.

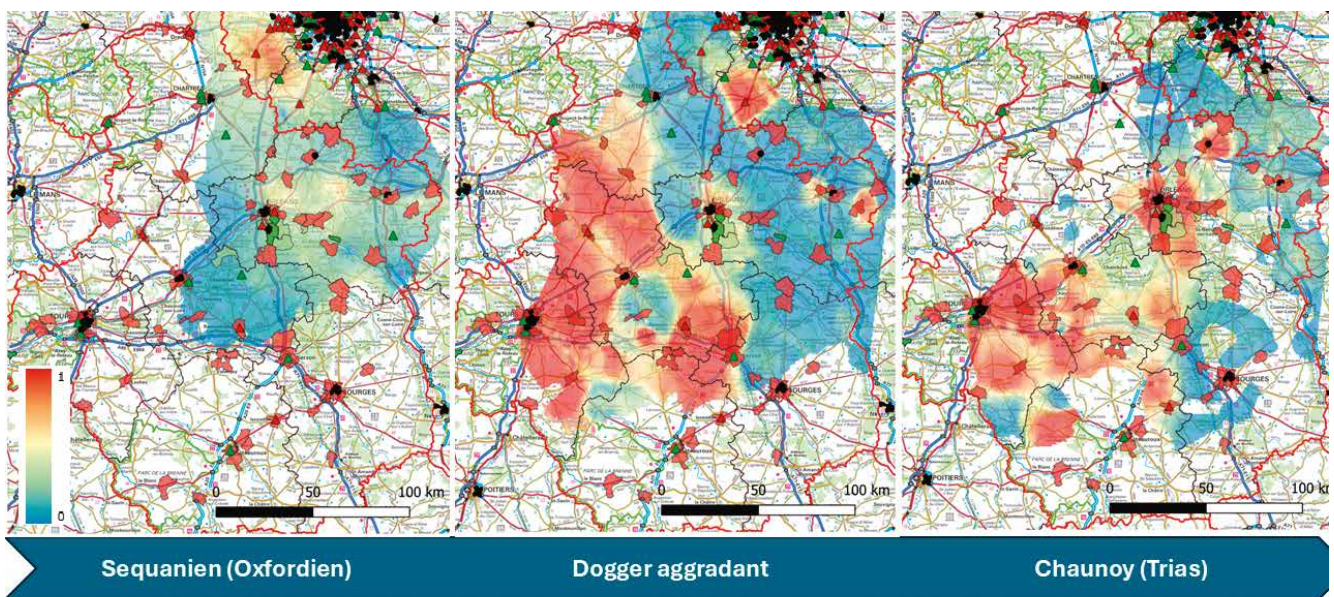
8. Un faciès en géologie désigne l'ensemble des caractéristiques géologiques d'une roche (physiques, chimiques, minéralogiques)

9. Une éponte désigne une couche non perméable qui délimite un réservoir aquifère

Pour les aquifères du Jurassique il s'agit principalement des faciès de type « shoal » composés généralement de grains-tones oolithiques et oobioclastiques. Pour les réservoirs du Trias, il s'agit principalement des faciès de type « chenaux » composés de grès fluviaux.

La Figure 5 illustre les extensions et faciès favorables des réservoirs du Séquanien (Oxfordien), Dogger aggradant et Chaunoy (Trias) qui sont les réservoirs qui présentent les meilleures caractéristiques sur la région. Comme on peut le voir, le territoire présente plusieurs zones d'intérêt (matérialisées en jaune orangé sur la carte) pour la géothermie profonde. L'ensemble des résultats sont détaillés dans l'étude <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-75144-FR.pdf> et les résultats disponibles sur le site <https://www.geothermies.fr/geoscan-hexagone>.

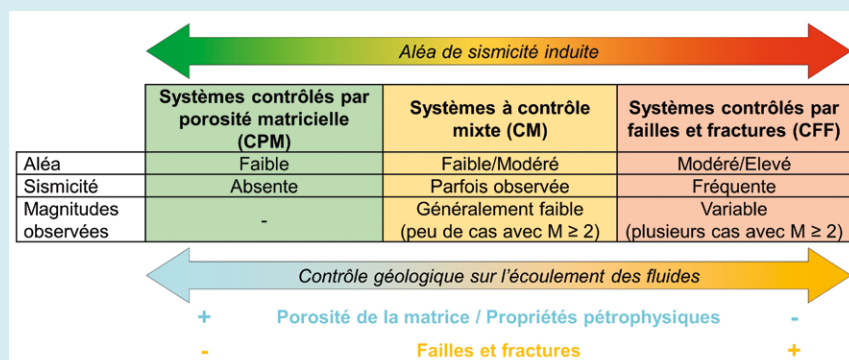
Figure 5. Croisement des besoins en surface avec les extensions et favorabilité réservoir du Séquanien (Oxfordien), Dogger aggradant et Chaunoy (Trias) en Centre-Val de Loire



Encadré 1 : Quid de l'aléa sismique des aquifères profonds en Centre-Val de Loire ?

Contrairement aux réservoirs contrôlés par failles et fractures (CFF, schéma figure 6), comme dans le cas du Fossé rhénan, qui présentent un aléa sismique modéré à élevé, les aquifères profonds du Bassin parisien qui sont présents en Centre-Val de Loire sont des réservoirs principalement contrôlés par porosité matricielle (CPM, schéma figure 6), de ce fait l'occurrence de sismicité induite est faible. Pour aller plus loin : <https://www.geothermies.fr/outils/guides/guide-de-bonnes-pratiques-pour-la-maitrise-de-la-sismicite-induite-par-les-operations>

Figure 6. Niveaux d'aléa sismique en fonction du système géothermique et type de contrôle géologique sur les écoulements de fluide (source : Guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de la sismicité induite par les opérations de géothermie profonde, BRGM-INERIS 2023)



5

Des aides et garanties financières adaptées aux enjeux de la géothermie profonde

Le développement de la chaleur renouvelable et de récupération est un enjeu fondamental des stratégies environnementales et énergétiques françaises (PPE¹⁰, LPEC¹¹) et européennes (Pacte Vert Européen). Pour soutenir le développement de la chaleur par géothermie profonde et d'autres énergies renouvelables en France, les pouvoirs publics ont dressé un cadre réglementaire porté par la loi n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à la politique climatique et énergétique. La France s'est fixé un objectif de neutralité carbone en 2050, afin de répondre à l'urgence climatique et à l'Accord de Paris. **Pour atteindre cet objectif, des mesures financières ont été mises en place pour favoriser la production de la chaleur renouvelable par géothermie profonde.** Ces incitations financières permettent à la chaleur renouvelable d'être compétitive par rapport à celle produite à partir d'énergies conventionnelles.

Fonds Chaleur renouvelable

L'un des leviers financiers est le **Fonds Chaleur renouvelable** lancé en 2009 et géré par l'ADEME. Ce fonds apporte des subventions à la production de chaleur par les énergies renouvelables.

Le Fonds Chaleur a pour objectifs de : **(1) financer les projets de production de chaleur à partir d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) ainsi que les réseaux de chaleur liés à ces installations, (2) favoriser l'emploi et l'investissement dans ces différents secteurs d'activité et (3) d'expérimenter de nouveaux champs pour une meilleure mobilisation des EnR&R, en vue de leur généralisation.**

Ce fonds propose des aides à l'investissement soit sous la forme de forfait, soit par analyse économique pour les projets de plus grande envergure (>12 GWh EnR&R/an). Les montants des subventions (cumulés avec les potentiels certificats d'économies d'énergie) atteignent en moyenne 30 à 35% (maximum de 45%) des investissements pour les opérations de géothermie profonde, avec un plafond de 20 €/MWhEnR&R/an sur 20 ans (14 €/MWhEnR&R/an sur 20 ans en cas d'extension). Pour l'année 2026, les détails peuvent être consultés à l'adresse suivante :

<https://agirpoulatransition.ademe.fr/entreprises/aides-financieres/catalogue/2026/installations-de-production-de-chaleur-partir-de-geothermie-profonde>

Pour bénéficier de ces aides, le porteur de projet devra suivre la démarche « EnR'CHOIX » (Figure 7) en privilégiant **la sobriété et efficacité énergétique, la mutualisation des moyens de production et distribution de la chaleur, et la mobilisation prioritaire de certaines EnR&R** (1. Chaleur fatale, 2. Energies non délocalisables comme la géothermie, le solaire thermique, 3. Energie délocalisable comme la biomasse).

10. Programmation Pluriannuelle de l'Energie

11. Loi de Programmation sur l'Energie et le Climat

L'enveloppe du Fonds Chaleur (800 M€ en 2026) n'étant pas suffisante pour couvrir toutes les demandes (1,5 Md€ en 2026), l'ADEME a mis en place une priorisation des projets basés sur 3 critères :

- L'atteinte d'un niveau d'aide cible de 11 €/MWh_{EnR&R} sur 20 ans ;
- L'application de la méthode ENR'Choix et la valorisation d'EnR&R alternatives à la biomasse ;
- Les enjeux locaux et sociaux, comme l'intégration du parc social au projet de réseaux de chaleur.

Les projets de géothermie sont donc globalement prioritaires, sous conditions d'un niveau d'aide approchant les 11 €/ MWh_{EnR&R} sur 20 ans.

Figure 7. Arbre ENR'CHOIX de l'ADEME



Fonds de garantie géothermie

La raison d'être du Fonds de garantie géothermie vient du fait que l'investissement dans une installation géothermique et sa durée d'amortissement sont en général élevés. De plus, la réussite d'un projet de géothermie dépend des caractéristiques de la ressource géothermale. Le Fonds de garantie permet de couvrir le risque pris par le maître d'ouvrage d'installations géothermiques ou son délégataire.

C'est un dispositif incitatif assurantiel qui couvre **le risque à « court terme » de ne pas obtenir une ressource géothermique aux caractéristiques suffisantes en débit et température, et le risque « long terme » de voir cette ressource diminuer ou disparaître avant l'amortissement des installations. La garantie couvre aussi les risques de sinistres affectant les puits, les matériels et les équipements de la boucle géothermale.** Ce dispositif est géré par la SAF-Environnement, sur la base d'une convention avec l'ADEME.

Le Fonds de garantie géothermie a été redimensionné depuis 2024 avec une meilleure prise en charge des risques pour la garantie « court-terme » avec notamment :

- **l'accompagnement possible des études amont de dérisking (phase d'exploration)** afin d'accompagner la réalisation d'acquisitions complémentaires (géophysiques, géologiques...) avec une indemnisation de 80% (assiette entre 200k€ et 1M€) en cas de conclusions négatives ou d'échec lors de la réalisation des forages ;
- **un taux de garantie porté à 90% sur la réalisation d'un doublet géothermique en France métropolitaine** (ce montant était limité auparavant à 65% au niveau national avec un abondement de 25% de la région Ile-de-France, et portait uniquement sur le premier forage) ;
- **une assiette d'indemnisation maximum de 3 M€ / km foré** avec un plafond de 9 M€ par puits.

A noter que la garantie couvre les projets avec une composante chaleur. Les cotisations au fonds « court-terme » sont fonctions du segment de risque identifié lors des études préliminaires (segment 1 : 5% du montant garanti, segment 2 : 10% et segment 3 : 15%). En région Centre-Val de Loire, au regard des connaissances acquises à cette date, il est peu probable que des projets puissent s'inscrire dans le segment 1 hors cas particuliers – typiquement du fait de la présence d'un forage profond déjà réalisé à proximité immédiate. Ceci est aussi le cas dans une grande partie de la France métropolitaine et ne doit pas être un frein à de nouveaux projets.

TVA attractive (5,5%)

En plus des fonds susmentionnés, les réseaux de chaleur alimentés à plus de 50% par les énergies renouvelables ont la possibilité de bénéficier d'une TVA attractive à 5,5%.

6

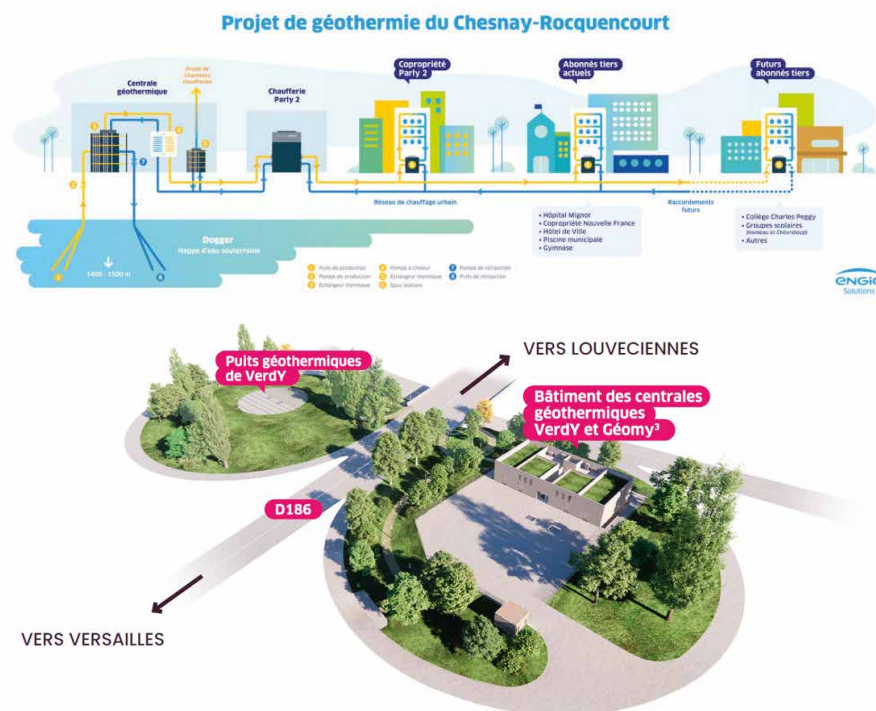
Des exemples variés et prometteurs d'utilisation de la géothermie profonde dans des contextes similaires

Exemple de projet pour l'alimentation de réseau de chaleur : projet de Géomy3 au Chesnay-Rocquencourt (78)

Dans les Yvelines, la ville du Chesnay-Rocquencourt, le Département des Yvelines, la copropriété de Parly 2 et la société de Centres Commerciaux (SCC) se sont associés en SAS : le projet de Géomy3 dont ENGIE Solutions est l'exploitant du réseau de chaleur et principal actionnaire.

Les forages géothermiques ont été réalisés entre juillet et octobre 2024. Les forages ciblent l'aquifère du Dogger à environ 1 400 mètres de profondeur avec une eau proche de 60°C. La technologie déployée pour l'exploitation de la chaleur géothermale est le forage de puits avec multidrains¹² dans le réservoir afin d'accroître la productivité par ouvrage.

Figure 8. Illustration du projet de Geomy3 au Chesnay-Rocquencourt (sources : Aurélien Clovis Architecture, ENGIE Solution)



12. Cette technique consiste à forer un drain rectiligne classique avec une inclinaison constante dans le réservoir complété de deux drains latéraux sous forme de « U » avec une partie descendante (1^{ère} branche du U) et une partie remontante (2^{ème} branche du U). Cette technologie a pour principal objectif d'accroître la productivité dans les zones moins perméables en augmentant la surface d'échange.



Quelques chiffres clés du projet :

- **9 000 équivalents-logements** chauffés par la géothermie
- **71 000 MWh** d'énergie livrée (**75%** par la géothermie)
- **18 500 tonnes de CO₂** évitées par an
- **35 M€ d'investissement** (dont 16 M€ pour les forages, 14 M€ pour la centrale et 5 M€ pour l'interconnexion)
- **Financement : 8 915 488 M€ de l'ADEME** (dont 7 310 700 € pour la géothermie et 1 604 788 € pour la partie réseau/feeder)
- **Année de mise en service prévisionnelle : 2026**

Exemple de projet pour un usage industriel : cas de l'usine Safran à Villaroche (77)

La géothermie au service de l'industrie : l'usine Safran à Villaroche (77), qui produit des moteurs pour Airbus, Boeing et le Rafale, est l'un des premiers sites industriels dans le Bassin parisien (avec les aéroports d'Orly et Roissy CDG) à être chauffé grâce à la géothermie profonde. Le géant de l'aéronautique s'est associé à Dalkia et Arverne Group pour réduire de 75 % les émissions de carbone liées au chauffage de son usine. Les forages cibles l'aquifère du Dogger à environ 1 700 mètres de profondeur avec une eau proche de 70°C.

Figure 9. Vue aérienne du site de Safran Villaroche (source : Le Parisien) et vue du site de forage (Source : L'Usine Nouvelle)



Quelques chiffres clés du projet :

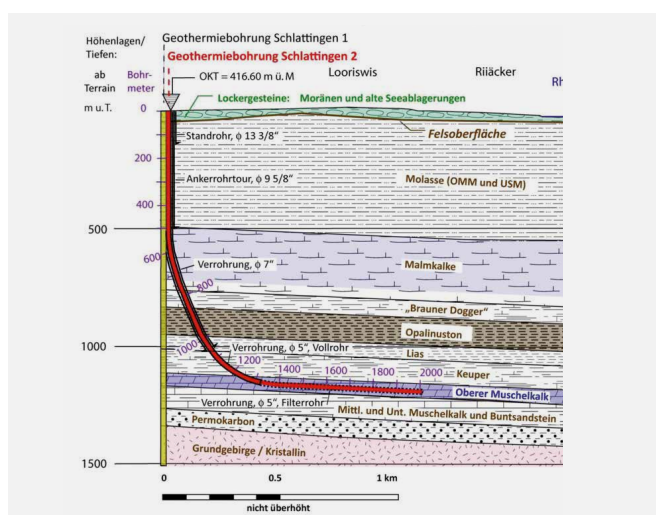
- 36 GWh de production annuelle (84% par la géothermie)
- 6 500 tonnes de CO₂ évitées par an
- n/a M€ d'investissement
- Année de mise en service prévisionnelle : 2026

Exemples de projets pour des usages maraichers : cas de Schlattingen en Suisse et Kirchweidach en Allemagne

La géothermie profonde pour le chauffage de serres est encore très peu développée en France. On peut citer comme exemple le cas particulier des serres horticoles dans les Landes (SARL Tom d'Aqui) chauffées par l'eau issue de la coproduction eau chaude/pétrole de la concession de Parentis opérée par Vermilion. Cependant, il existe plusieurs cas de projets de géothermie profonde chez nos voisins européens pour des usages maraichers (principalement Pays-Bas, Suisse, et Allemagne).

Le projet de Schlattingen (Suisse) : l'entreprise familiale Grob a modernisé ses infrastructures et a investi dans les énergies renouvelables, dont la géothermie, dans l'objectif d'atteindre l'autosuffisance d'environ 90 % en chaleur et en électricité d'ici la fin 2026. Deux forages (1 vertical, 1 sub-horizontal) à 1 150 mètres de profondeur (dans le Muschelkalk supérieur) servent à la production de chaleur : l'un couvre les besoins de base, le second est mis en service lors des pics de demande. La chaleur de l'eau géothermale produite est extraite et transférée directement dans le système de chauffage de la serre via des échangeurs de chaleur. Pour augmenter encore l'efficacité du système, la température retour de la serre est refroidie à l'aide d'une pompe à chaleur. La chaleur ainsi récupérée permet d'augmenter la température d'alimentation de 62 °C à 75 °C. Après traitement, l'eau géothermale refroidie est réinjectée dans les eaux de surface en respectant les normes environnementales.

Figure 10. Serres horticoles de l'entreprise Grob à Schlattingen et illustration du dispositif de forages profonds
(source : Geothermie-suisse)



Quelques chiffres clés du projet :

- 5540 MWh de production annuelle
- 1162 tonnes de CO₂ évitées par an
- n/a M€ d'investissement
- Année de mise en service : 2022

Le projet de Kirchweidach (Allemagne) : les serres horticoles de 20 hectares du producteur Josef Steiner sont chauffées depuis 2014 avec la chaleur récupérée au retour d'eau chaude du réseau de chaleur de Kirchweidach. Une installation au biogaz et une autre photovoltaïque destinée à la consommation d'électricité propre, posée sur le toit de la halle de l'exploitation, viennent compléter ce mode écologique d'alimentation en énergie. Un grand réservoir tampon d'eau chaude couvre les pics de demande de chaleur. L'arrosage recourt à l'eau de pluie, recueillie sur la couverture de la serre et collectée dans un bassin. La centrale géothermique de Kirchweidach est alimentée par des forages à 3 800 mètres de profondeur avec une eau à 125°C (débit de 378 m³/h). Un second doublet de forages a été réalisé en 2023-2024 pour compléter les installations initiales et accroître la fourniture de chaleur du réseau et des serres horticoles.

Figure 11. Serres Steiner à Kirchweidach (source : BIOhof Kirchweidach Imagevideo 07 2019)



Figure 12. Site du forage du 2nd doublet près de Halsbach (source : Segnung des Bohrmeissels – Geothermie Naturwärme video)



Encadré 2 : Quid de l'acceptabilité sociale de la géothermie profonde en Centre-Val de Loire ?

La géothermie profonde bénéficie d'une bonne acceptabilité sociale, à condition, toutefois, de prendre en considération les préoccupations des riverains. Trois raisons principales expliquent cette acceptabilité. Tout d'abord, la géothermie profonde est en grande partie enterrée, ce qui élimine les nuisances visuelles et sonores à l'issue des travaux. Ensuite, son empreinte réduite au sol permet aux riverains d'utiliser l'espace pour d'autres activités. Enfin, elle constitue une alternative aux désagréments des autres sources d'énergie, mêmes renouvelables, comme la biomasse, perçue parfois comme nuisible en raison de la production de fumée et de particules fines.

Cependant, il est essentiel d'aborder les préoccupations des riverains pour s'assurer de l'adhésion locale au projet. Quatre préoccupations majeures émergent. Tout d'abord, les mauvaises expériences antérieures, que celles-ci aient porté sur la géothermie profonde (Melleray, Alsace) ou sur la géothermie de surface (Saint-Laurent-Nouan, Decize dans la Nièvre, ...), restent en mémoire. Même si ces incidents sont rares et leurs causes bien documentées, elles peuvent susciter la méfiance des populations avoisinantes avec des risques d'amalgames. Ensuite, les nuisances sonores durant les travaux peuvent être intrusives et affecter le confort des riverains.

Par ailleurs, les impacts inconnus sur les ressources en eaux souterraines peuvent aussi engendrer des inquiétudes faute d'informations accessibles et compréhensibles sur cette technologie. Ces inquiétudes peuvent également concerner la localisation des installations au cas où elle serait envisagée autour de zones archéologiques, historiques, ou de sites protégés.

Pour répondre à ces préoccupations, une démarche participative permettant à la population locale de s'informer de manière transparente sur les projets de géothermie profonde en cours est cruciale. En complément des enquêtes publiques, il est donc utile d'adopter une approche d'écoute plus approfondie lorsque le besoin s'en fait sentir. Une approche inclusive et proactive, débutée assez tôt dans le processus d'implantation, favorisera un climat de confiance et d'acceptation entre les porteurs de projets et les riverains.

Liens utiles - pour aller plus loin

<https://www.geothermies.fr> : **le site du BRGM et de l'ADEME exclusivement dédié à la géothermie.** En ligne, des infos et des articles sur les différentes formes de géothermie, les technologies, les usages et les applications, la réglementation, les outils et aides possibles, les cartes régionales des ressources géothermiques et des zonages réglementaires.

<https://agirpourlatransition.ademe.fr> : **le site « agir » de l'ADEME** qui conseille et oriente les porteurs de projets (collectivités, entreprises...) dans leurs choix énergétique grâce à son expertise technique, sa connaissance des réseaux de professionnels compétents ainsi qu'à ses outils sous forme de fiches, de guides et de cahiers des charges.

<https://www.brgm.fr> : **le site de l'établissement public français pour les applications des sciences de la terre** pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol dans une perspective de développement durable.

<https://www.afpg.asso.fr> : **le site de l'association française des professionnels de la géothermie** avec des informations sur la filière, le marché, les acteurs, des fiches exemples de projets et des formations spécifiques à la géothermie profonde.

<https://amorce.asso.fr> : **le site de l'AMORCE, réseau national français d'information, de partage d'expériences et d'accompagnement des collectivités et acteurs locaux** en matière de transition énergétique, de gestion territoriale des déchets, d'économie circulaire, de gestion durable de l'eau et de transition écologique des services de propreté.

<https://fedene.fr> : **le site de la FEDENE, fédération professionnelle des entreprises de services pour l'énergie et l'environnement**, regroupe 6 syndicats qui œuvrent pour améliorer l'efficacité énergétique et les services aux bâtiments, décarboner la production de chaleur et de froid à partir d'énergies renouvelables et de récupération, dans les villes, les logements, le secteur tertiaire et l'industrie.

<https://www.syndicat-energies-renouvelables.fr> : **le site du Syndicat des énergies renouvelables** est à la fois un centre de ressources rassemblant les publications du SER et une plateforme d'accès aux services à ses 500 adhérents et activités qu'il organise pour favoriser le développement de l'ensemble des filières énergies renouvelables en France.

