



Lettre d'information

GÉOTHERMIE : Creuser pour chauffer durablement

Le contexte politique et climatique pousse de plus en plus de collectivités à choisir la géothermie, qui apparaît comme une source d'énergie abondante et renouvelable et contribue à la lutte contre le changement climatique en fournissant une énergie décarbonée tout en baissant la facture de chauffage pour de nombreux logements. En Île-de-France, les projets affluent. Selon les derniers chiffres, il existerait près de 120 ouvrages géothermiques dans la région et le développement du secteur est important. Or, au-delà des puits, ce sont des centaines de kilomètres de réseaux de chaleur qui sont souvent construits en même temps (des kilomètres pour chacun des puits). L'Autorité environnementale reçoit ainsi de plus en plus de dossiers en lien avec l'exploitation des puits de géothermie profonde. Des projets complexes qu'il convient de comprendre dans leur ensemble, pour en apprécier l'impact, positif et négatif sur l'environnement et la santé humaine.

L'exploitation de puits de géothermie en région francilienne n'est pas une chose nouvelle. Le puits de Melun, premier en France, a été construit en 1969 afin d'exploiter la nappe du Dogger, située entre 1 700 et 2 000 m de profondeur, où l'on trouve une eau à environ 80°C. Le développement en Île-de-France est donc facilité par des conditions favorables. Le principe est simple : capter la chaleur dans les profondeurs de la Terre. En effet, la température des couches terrestres augmente progressivement d'environ 3,3°C tous les 100m (c'est le gradient géothermique).

Le code minier, régissant les exploitations de gîtes géothermiques, a été réformé par la loi portant lutte contre le dérèglement climatique et pour le renforcement de la résilience face à ses effets de 2021. En 2022, quatre ordonnances ont donné un cadre juridique nouveau aux projets d'exploration et d'exploitation de gîtes géothermiques profonds. Ainsi, depuis l'ordonnance du 13 avril 2022, les travaux miniers sont intégrés dans l'autorisation environnementale. Depuis le 1er juillet 2023, les demandes d'ouverture de travaux miniers sont instruites comme les demandes d'autorisation relevant de la loi sur l'eau ou des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Par ailleurs, la demande d'autorisation de recherche est soumise à enquête publique et la durée initiale du permis d'exploitation ne peut excéder trente ans auxquels s'ajoutent le permis exclusif de recherche et la concession, signés par le Ministre de la Transition écologique et de la cohésion des territoires.

L'Autorité environnementale est particulièrement vigilante tant sur les conditions de réalisation de la phase travaux que sur l'exploitation de gîtes géothermiques. En vertu de l'article L. 122-1 du code de l'environnement, le projet doit être « appréhendé dans son ensemble » et considéré par son « unité fonctionnelle ».

Maîtriser les coûts de l'énergie et la souveraineté énergétique

Les réseaux de chaleur alimentés en énergie renouvelable donnent accès à une énergie bon marché sur le temps long pour les usagers. Ils permettent de réduire la part des énergies fossiles dans la production de chaleur locale. C'est la collectivité qui pilote le développement de son réseau¹. Afin de développer la géothermie à l'échelle nationale, l'Etat et l'Ademe proposent des dispositifs particuliers de soutien pour les études et les investissements.

La géothermie : première ressource d'énergie renouvelable en Île-de-France

L'exploration et l'exploitation de gîtes géothermiques est en plein essor dans la région. En 2022, la MRAe d'Île-de-France a donné un avis sur cinq projets : à Malakoff (92), aux Lilas (93), à Roissy-en-France (95), à Saint-Denis (93), à Meudon (92). Et depuis le début de l'année 2023, elle a délibéré sur deux projets : ceux de Villetaneuse (93) et du Chesnay-Rocquencourt (78).

Si l'Autorité environnementale ne manque pas de souligner l'intérêt et les vertus des projets de géothermie, elle est attentive aux conditions de leur réalisation.

Les vertus pour l'environnement

Les réseaux de chaleur géothermiques sont d'abord le seul vecteur de transport des gisements locaux. Ils permettent d'éviter toute pollution liée au transport de l'énergie en ville. Le réseau de chaleur est également un outil efficace dans la transition énergétique, car tous les usagers peuvent être rapidement raccordés à celui-ci. Mais pour la MRAe, leur réalisation doit être détaillée dans le dossier qu'elle examine. En effet, la construction du réseau peut conduire à l'abattage d'arbres d'alignement, à des traversées de secteurs sensibles sur le plan environnemental, à des évolutions dans l'espace public qu'il convient d'appréhender.



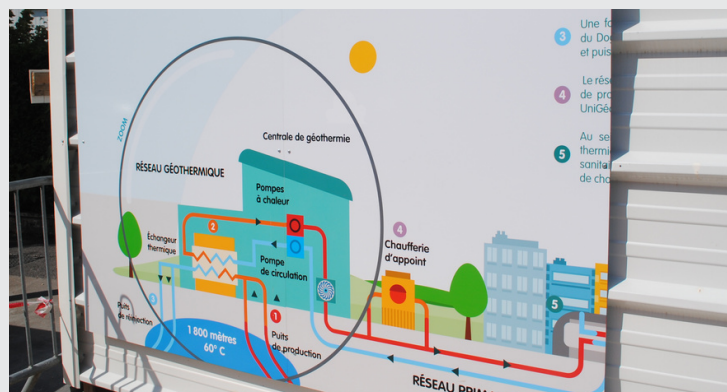
Vue de la foreuse du puits injecteur ©Ministère de la Transition écologique.

¹ Voir Ademe, « Les réseaux de chaleur alimentés par des énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) », *Les avis de l'Ademe*, 2017.

Accompagner les populations lors de la phase travaux

L'Autorité environnementale attend du maître d'ouvrage un accompagnement des populations par une information claire et accessible à toutes et tous, surtout pendant les phases chantier. Certains maîtres d'ouvrage mettent en place, à l'entrée du chantier, des schémas d'explication du fonctionnement de la géothermie profonde.

L'adhésion de la population passe également par une insertion importante du projet dans le territoire. La MRAe, dans ses recommandations se montre désireuse d'une bonne information des riverains y compris dans la phase chantier, notamment si des nuisances temporaires sont constatées².



Panneau d'information à l'entrée d'un chantier de forage, aux Lilas (93) ©MRAe IdF.

Les contraintes à l'installation de forages géothermiques

Pour une collectivité, il existe quelques contraintes à l'installation de forages géothermiques mais ces inconvénients se concentrent avant tout lors de la phase chantier. Les incidences les plus importantes sont surtout liées au bruit des travaux, surtout lorsque les installations sont alimentées par des groupes électrogènes thermiques. Certains dispositifs existent, et les collectivités se doivent d'être attentives à la bonne mise en place de ceux-ci.



Protections anti-bruit déployées lors du forage de l'ouvrage géothermique ©MRAe IdF.

Ainsi, ces projets, vertueux dans un contexte de transition énergétique omettent souvent au moins un enjeu crucial.

² Voir P. Chavot, A. Masseran, Y. Serrano, J. Zougrana, « L'information comme enjeu ? La controverse autour de la géothermie profonde à l'Eurométropole de Strasbourg », *Natures Sciences Sociétés*, 2021, P. 43-54.

Des projets réglementés par le code minier

Les gîtes géothermiques relèvent du code minier. La recherche d'un gîte géothermique profond est soumise à permis exclusif de recherche délivré par le ministre ou à autorisation de recherche donnée par la préfecture selon l'article L. 124-4 du code minier. La demande d'autorisation doit comporter l'accomplissement d'une enquête publique, conformément à l'article L. 124-6 du code minier.

Après obtention de l'autorisation de recherche, le dossier déposé par un porteur de projet concerne la demande de permis d'exploitation (art. L. 134-1-1 du code minier et art. 3 du décret n°78-4985) souvent sollicité pour trente ans, durée maximale prévue par la réglementation en vigueur. D'autre part, la demande d'autorisation d'ouverture de travaux doit se faire en application des art. L. 162-1 et suivants du code minier, et de l'art. 3 du décret n°2006-6496.

Aussi, toute demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers vaut également demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau (art. L. 214-3 du code de l'environnement).

Le réseau de chaleur urbain (RCU)

Le dossier à l'appui d'une demande d'autorisation environnementale d'un projet de géothermie comprend le projet dans son ensemble. Le réseau de chaleur urbain, qui est fonctionnellement (art. L. 122-1 du code de l'environnement) lié à l'exploitation du gîte géothermique, doit donc être pris en compte dans l'étude d'impact. Les options de déploiement de ce futur réseau doivent être détaillées de manière précise (art. L. 122-5 du code de l'environnement).

Dès lors, toutes les incidences liées à l'édification du réseau de chaleur urbain (pollution sonore, déviation temporaire de la circulation, circulation piétonne incommodée, etc.) doivent être prises en compte dans le dossier du projet. C'est ainsi que dans son avis sur le projet situé à Malakoff (92) en juillet 2022, la MRAe a recommandé de présenter une étude d'impact complétée par l'analyse des impacts de la création du réseau de chaleur sur les deux communes de Malakoff et de Montrouge. La MRAe est consciente que la temporalité des demandes d'autorisation souvent différente de la réalisation des forages ne permet pas toujours de disposer d'un tracé définitif des réseaux. Elle préconise d'adjoindre, dans l'étude d'impact, les différentes solutions examinées par le maître d'ouvrage en y étudiant tous les enjeux environnementaux, et notamment sur le mode de vie des riverains.

Les forages

Les travaux de forage durent généralement de quatre à huit mois. Le chantier fonctionne 24 heures sur 24, éclairé de jour comme de nuit pour des raisons de sécurité. Les incidences durant la phase chantier sont telles que l'Autorité environnementale est très attentive au contenu de l'étude d'impact. Lorsque celle-ci mentionne des mesures, il est demandé de les justifier systématiquement.

Les projets omettent parfois d'indiquer de quelle manière le débit d'exploitation de pointe est défini. L'Autorité environnementale demande à préciser cette information car le débit de prélèvement constitue l'un des paramètres dimensionnant l'installation et l'étude d'impact.

La protection des nappes souterraines et des eaux superficielles

Une grande partie des exploitations géothermiques en Île-de-France captent l'aquifère du Dogger. Son eau est minéralisée (teneurs en chlorure, sulfates, sulfures, etc.) ce qui la rend impropre à d'autres usages que l'exploitation de la chaleur. Le fluide exploité ne peut être rejeté dans le milieu naturel superficiel. Il doit donc impérativement être réinjecté dans son aquifère d'origine du fait de sa composition chlorure-sodique. Elle lui donne un caractère corrosif. Enfin, il contient des gaz dissous, et notamment du sulfure d'hydrogène (H₂S) dont le rejet dans l'atmosphère, à faible concentration, peut dégager une odeur désagréable d'œuf pourri.

Dès lors, le maître d'ouvrage doit indiquer dans l'étude d'impact la procédure suivie en cas de fuite entraînant une sortie d'eau géothermale des puits producteur et injecteur. Ces mesures de prévention sont d'autant plus importantes si le projet se situe à proximité d'un captage d'alimentation en eau potable (stratégique ou non). Une analyse de la qualité de l'eau doit également être présentée dans l'étude d'impact afin d'identifier une pollution.

Un projet géothermique peut avoir des effets cumulés avec d'autres projets de recherche et d'exploitation géothermiques alentour. Dans ce cas, le maître d'ouvrage doit inclure l'incidence piézométrique (mesure de profondeur de la surface de la nappe aquifère) et informer d'autres opérateurs sur un possible impact de l'exploitation de leur puits. L'exploitation d'une nappe aquifère peut également avoir une incidence thermique sur celle-ci. L'étude de faisabilité hydrogéologique doit montrer une compatibilité du projet avec d'autres qui exploiteraient la même nappe d'eau souterraine.

Enfin, conformément au titre V (art. 68 à 70) de l'arrêté du 14 octobre 2016 *relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières*, le pétitionnaire doit préciser qu'en cas d'abandon des doublets géothermiques, la fermeture des puits sera réalisée de manière à protéger les aquifères profonds et à éviter toutes connexions hydrauliques entre aquifères. Dès lors, la phase « fin de vie » doit être précisée dans l'étude d'impact. Elle est encadrée par une procédure réglementaire (Arrêt définitif des travaux).

La pollution sonore en phase chantier

Si l'exploitation d'un gîte géothermique produit peu d'émergences sonores, la phase chantier engendre très souvent de fortes pollutions sonores, en particulier si l'alimentation électrique des forages est assurée par des groupes électrogènes. Les groupes électrogènes étant le premier poste de nuisances sonores, l'étude d'impact doit justifier l'impossibilité de recourir à une énergie électrique fournie par ailleurs (impossibilité pour RTE-Enedis d'alimenter le chantier, indisponibilité des machines, etc.).

L'étape de forage étant continue, 7 jours sur 7, 24 heures sur 24, les nuisances sonores sont principalement causées par l'alimentation énergétique, les chocs entre pièces d'infrastructure métalliques, les bruits de frottement induits par le forage, la circulation des véhicules lourds et le chargement/déchargement des matériaux nécessaires au chantier.

Afin de remédier à ces nuisances, des mesures d'atténuation peuvent être mises en place comme l'édification d'une bâche acoustique autour des appareils bruyants, leur bardage ou bien un mur anti-bruit afin de réduire les nuisances en direction des habitations.



À Champigny-sur-Marne (94), un mur anti-bruit fait de ballots de paille est édifié afin d'atténuer les nuisances sonores du chantier.

L'Autorité environnementale préconise de retenir les valeurs de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme éléments de référence pour les mesures de réduction du bruit. En effet, l'OMS a publié des valeurs-cibles de niveau sonore en 2019, dans un contexte d'infrastructures de transports, à partir desquels le bruit provoque des effets sanitaires documentés (impact sur le sommeil, augmentation du risque de maladies cardiovasculaires) ; pour les bruits routiers, à l'extérieur de l'habitat, ils sont de 53 dB(A) Lden sur 24h et 45 dB(A) en période nocturne. Par analogie, ces valeurs servent de référence pour la MRAe. Les niveaux sonores en phase chantier peuvent dépasser largement ces seuils. Dans son avis du 24 novembre 2022 sur Meudon (92), la MRAe a recommandé au porteur de projet d'une opération de géothermie d'adapter et de renforcer les mesures de réduction et d'évitement des bruits générés par le chantier en prenant en compte les valeurs-cibles recommandées par l'OMS.

La MRAe estime que le suivi acoustique mis en place pour enregistrer les niveaux de bruit sur le chantier doit permettre la mise en œuvre de mesures correctives en cas de dépassement des plafonds autorisés pour les machines afin de protéger la santé des riverains. Elle est attentive à l'information donnée au public durant cette phase.

Les émissions de gaz à effet de serre et la qualité de l'air

La phase travaux est également une période émissive en gaz à effet de serre. L'Autorité environnementale demande à ce que ces rejets (dioxyde de carbone CO₂, monoxyde de carbone CO, dioxyde d'azote NO₂, hydrocarbures imbrûlés, etc.) donnent lieu, dans l'étude d'impact, à une analyse approfondie et quantifiée des mesures d'évitement et de réduction des rejets de gaz liés à la combustion des carburants dans les engins, véhicules et groupes électrogènes.

Comme mentionné plus haut, les installations géothermiques puisent souvent dans la nappe du Dogger de l'eau contenant de l'hydrogène sulfuré (H₂S) dissous. Gaz toxique extrêmement inflammable à fortes concentrations, il ne représente toutefois pas de risques pour la santé en cas d'exposition accidentelle à très faible concentration. Un système de détection et d'alerte ainsi que des équipements de protection individuels (EPI) doivent néanmoins être mis en place. Aussi, les riverains doivent-ils être également informés en début des travaux des risques afférents au sulfure d'hydrogène et à la conduite à tenir en cas d'éruption d'un gaz. Des risques de rupture de canalisation peuvent également intervenir sur le réseau en phase d'exploitation. L'Autorité environnementale demande, d'une part, que l'examen des risques inclut les rejets de gaz toxiques en cas de rupture sur la boucle géothermale et, d'autre part, que les mesures permettent de traiter les risques sur la centrale comme sur le réseau.

Enfin, la MRAe recommande de compléter l'étude d'impact par un bilan global des émissions de gaz à effet de serre émis et évités par le projet, en prenant notamment en compte l'ensemble de son cycle de vie (phases de chantier, d'exploitation, arrêt définitif), incluant l'analyse de l'empreinte carbone des matériaux et équipements.

La pollution des sols

Ces projets nécessitent une analyse de la pollution des sols et la vérification de la compatibilité des sols avec le projet prévu sur l'ensemble de la parcelle. De plus, il est demandé de justifier l'organisation de la gestion des terres excavées et importées sur le site et les pollutions accidentelles. Des dispositions doivent également être mises en place afin d'éviter toute pollution des sols.

Le changement climatique et le recours à une énergie décarbonée

Lors des forages, les groupes électrogènes consomment une quantité très importante de combustible fossile. Dès lors, si tel n'est pas le cas, l'option d'une électrification du chantier doit être clairement définie afin d'éviter cette forte consommation d'énergie fossile.

Aussi, ces projets étant basés à la fois sur une stabilité des températures des aquifères mais également sur l'évolution des besoins de chauffage, l'impact du changement climatique sur les installations et sur la consommation future doit être évalué dans l'étude d'impact. À cet effet, un guide ministériel sur la prise en compte des émissions de gaz à effet de serre a été publié récemment¹.

¹ Ministère de la transition écologique, *Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans les études d'impact*, février 2022.

Les impacts sur le paysage et la biodiversité

Les infrastructures inhérentes au site (centrale géothermique, chaufferie gaz, chaudière électrique, etc.) doivent apparaître sur un photomontage fourni dans l'étude d'impact. La présentation de l'insertion paysagère du projet sur le site et dans l'environnement urbain permet en effet de l'évaluer correctement. Ainsi, dans l'avis du 14 avril 2023 sur le projet de réalisation d'une opération de géothermie à Villetaneuse (93), l'Autorité environnementale a recommandé de compléter le dossier en précisant notamment les caractéristiques paysagère et architecturale du site et de son environnement proche. La recommandation précise que cette évaluation ne doit pas se faire seulement via des vues de drones, mais aussi selon la perception qu'en auront les riverains et les usagers pour les deux phases (exploitation et travaux).



Lors du chantier, le forage de Ris-Orangis (91) dénote par son emprise paysagère importante, derrière le stade.

Par ailleurs, l'étude d'impact doit caractériser l'enjeu de biodiversité comme étant faible, moyen ou fort. Afin de conserver la biodiversité sur place, le projet doit évaluer les surfaces conservées en tant que milieux ouverts et les surfaces boisées qui seront replantées, et détailler les types de plantation qui seront réintroduites. En effet, le projet prenant en compte la centrale géothermique mais également le réseau de chaleur urbain, il est nécessaire que les impacts négatifs des travaux pour la mise en œuvre de ce réseau soient évités ou réduits voire compensés si son déploiement peut affecter la biodiversité alentour.

Enfin, l'emprise du projet, ses émissions de gaz à effet de serre ou sonores peuvent avoir un effet sur les espèces naturelles présentes. Lorsque c'est le cas, l'Autorité environnementale recommande de préciser l'impact sur la reproduction ou l'hibernation des espèces concernées par le projet autour de celui-ci, et de présenter les mesures d'évitement ou de compensation si cela peut contribuer à l'érosion de la biodiversité.

Le résumé non technique

L'installation de la centrale géothermique étant souvent en milieu urbain, il est nécessaire que le résumé non technique - résumé permettant à une personne non-scientifique de comprendre pleinement les enjeux du projet - comprenne des schémas permettant à tout public, y compris non averti, de comprendre le projet dans son ensemble (programme des travaux, perspectives d'utilisation de l'énergie extraite sous forme thermique), et le principe de la géothermie sur nappe et ses impacts.



Opération de montage du derrick de la centrale géothermique aux Lilas (93).

Les autorités environnementales sont des collèges d'experts indépendants des maîtres d'ouvrage et des autorités décisionnaires. La loi répartit les compétences de trois types d'autorités environnementales. Pour l'Île-de-France, l'autorité environnementale rendant le plus grand nombre d'avis (environ 150 par an) est la mission régionale d'autorité environnementale (MRAe). Elle prend également de nombreuses décisions sur des plans et programmes (environ 200 par an), des PLU notamment.

Elle est composée de neuf membres : cinq sont membres de l'inspection générale de l'environnement et du développement durable (IGEDD) et quatre sont extérieures au ministère (une architecte-urbaniste, un architecte-ingénieur, un professeur d'urbanisme et de paysage, un écologue). Ses membres sont épaulés par deux assistantes et par seize agents en poste à la DRIEAT mais placés sous l'autorité du président de la MRAe.

Les décisions et les avis de l'Autorité environnementale sont pour l'essentiel rendus deux mois après le dépôt du dossier (trois mois pour les avis liés aux plans et programmes). Débattus et délibérés entre les membres en séance hebdomadaire (le mercredi), ils sont mis en ligne dans les heures qui suivent leur adoption et transmis au demandeur et aux autorités décisionnaires ainsi qu'au maire de la commune lorsqu'il n'est pas le demandeur.

Les avis et décisions de la MRAe sont consultables via le lien suivant : <https://www.mrae.developpement-durable.gouv.fr/ile-de-france-r20.html>

Pour écrire à l'Autorité environnementale, l'adresse est : mrae-idf.migt-paris.igedd@developpement-durable.gouv.fr

MRAe

Mission régionale d'autorité environnementale
ÎLE-DE-FRANCE