



Mission régionale d'autorité environnementale
Grand Est

**Avis délibéré sur le projet d'ouverture de travaux miniers
à Rittershoffen (67)
porté par la Société Électricité de Strasbourg**

n°MRAe 2024APGE117

Nom du pétitionnaire	Électricité de Strasbourg (ÉS)
Commune	Sultz-sous-Forêts
Département	Rittershoffen (67)
Objet de la demande	Ouverture de travaux miniers avant exploitation d'une ressource géothermique.
Date de saisine de l'Autorité environnementale	09/08/2024

Préambule relatif à l'élaboration de l'avis

En application de la directive européenne sur l'évaluation environnementale des projets, tous les projets soumis à évaluation environnementale, comprenant notamment la production d'une étude d'impact, en application de l'article R.122-2 du code de l'environnement, font l'objet d'un avis d'une « autorité environnementale » désignée par la réglementation. Cet avis est mis à disposition du maître d'ouvrage, de l'autorité décisionnaire et du public.

En application du décret n°2020-844 du 3 juillet 2020 relatif à l'autorité environnementale et à l'autorité en charge de l'examen au cas par cas modifiant l'article R.122-6 du code de l'environnement, l'autorité environnementale est, pour la demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers (DAOTM) portée par la société Électricité de Strasbourg (ÉS), la Mission Régionale d'Autorité environnementale¹ (MRAe) Grand Est, de l'Inspection générale de l'environnement et du développement durable (IGEDD).

Elle a été saisie pour avis par le Préfet du Bas-Rhin le 9 août 2024.

Le préfet a transmis à la MRAe les avis des services qu'il a consultés lors de l'instruction de la demande d'autorisation.

Après en avoir délibéré lors de sa séance plénière du 2 octobre 2024, en présence d'André Van Compernelle et Patrick Weingertner, membres associés, de Jean-Philippe Moretau, membre de l'IGEDD et président de la MRAe, de Christine Mesurolle et Yann Thiébaud, membres de l'IGEDD et membres de la MRAe, la MRAe a rendu la décision qui suit, dans laquelle les recommandations sont portées en italique gras pour en faciliter la lecture.

Il est rappelé ici que cet avis ne porte pas sur l'opportunité du projet mais sur la qualité de l'évaluation environnementale présentée par le maître d'ouvrage et sur la prise en compte de l'environnement par le projet. Il vise à permettre d'améliorer sa conception et la participation du public à l'élaboration des décisions qui portent sur ce projet.

La décision de l'autorité compétente qui autorise le pétitionnaire ou le maître d'ouvrage à réaliser le projet prend en considération cet avis (cf. article L.122-1-1 du code de l'environnement).

L'avis de l'autorité environnementale fait l'objet d'une réponse écrite de la part du pétitionnaire (cf. article L.122-1 du code de l'environnement).

Note : les illustrations du présent document, sauf indication contraire, sont extraites du dossier d'enquête publique.

1 Désignée ci-après par l'Autorité environnementale (Ae).

A – SYNTHÈSE DE L'AVIS

La société Électricité de Strasbourg (ÉS) sollicite l'ouverture de travaux miniers à Rittershoffen (Bas-Rhin), dans la concession de gîtes géothermiques à haute température dite « concession de Rittershoffen », visant la foration de 2 nouveaux puits dans le but de produire de la chaleur et de l'électricité.

C'est au sein de cette concession, codétenue par ÉS et la société Roquette Frères (groupement ECOGI), qu'un doublet géothermique avait préalablement été foré dans le cadre d'un permis exclusif de recherches (PER) :

- le premier puits, injecteur, dit GRT-1, a été foré en fin d'année 2012 à une profondeur de 2 580 mètres forés (2 562 mètres vertical) ;
- le second puits, producteur, dit GRT-2, a été foré en 2014 à une profondeur de 3 196 mètres forés (2 707,8 mètres vertical).

Ces 2 forages ont permis l'acquisition de nombreuses données, de diagraphies et la réalisation de plusieurs campagnes de test d'injection/production. La centrale existante exploite déjà l'énergie du sous-sol pour produire de la vapeur et approvisionner 25 % des besoins générés par les procédés industriels du site industriel de Roquette Frères de Beinheim.

L'analyse des données acquises sur ce site motive ÉS à demander l'autorisation d'ouverture de travaux miniers (DAOTM) visant à la foration de 2 nouveaux puits depuis la plateforme existante, dans un but de production décarbonée de chaleur et d'électricité. Ainsi, après la réalisation de ces 2 puits puis l'évaluation et la validation de la ressource, la centrale géothermique existante pourra faire l'objet d'un réaménagement partiel et d'une extension de manière à inclure le process pour le nouveau doublet.

Le pétitionnaire souligne que les nouveaux puits seront dans la même gamme de profondeur que les 2 puits déjà forés sur ce site (maximum 3,5 km de profondeur).

Les principaux enjeux environnementaux identifiés par l'Ae sont :

- les eaux superficielles et souterraines et les rejets aqueux ;
- le sol, le sous-sol ;
- les risques anthropiques, en particulier la sismicité induite ;
- le changement climatique.

L'Ae souligne positivement que l'étude d'impact a été complétée, via un addendum d'avril 2024 répondant aux principales recommandations faites sur des projets précédents portés par ce même pétitionnaire.

L'Autorité environnementale recommande au pétitionnaire de :

- **intégrer dans l'étude d'impact environnementale et l'étude de dangers en prévision de l'enquête publique, tous les éléments présentés dans l'addendum du 4 avril 2024 ;**
- **compléter son dossier par un retour d'expérience des événements sismiques induits de 2024 ;**
- **solliciter auprès de la Préfecture la création d'une commission de suivi de site dès les premières phases du projet.**

L'Ae recommande à la DREAL dans ses propositions et au préfet dans ses prescriptions de retenir les mesures d'Évitement-Réduction-Compensation (ERC) les plus protectrices vis-à-vis du risque sismique proposées par le pétitionnaire dans l'ensemble des pièces de son dossier.

Les autres recommandations figurent dans l'avis détaillé ci-après.

B – AVIS DÉTAILLÉ

Le présent avis est établi sur la base du dossier transmis par la Préfète du Bas-Rhin lors de la saisine de l'Ae. Il comprend, en plus de l'étude d'impact de 2021, une étude de dangers, une étude du risque sismologique de 2022 s'appuyant sur une tierce-expertise sur ce sujet ainsi qu'un addendum en date du 4 avril 2024, faisant suite à des avis de l'Ae sur des projets similaires.

1. Présentation générale du projet

Présentation du demandeur

Depuis 2016, le Groupe Électricité de Strasbourg (ÉS) s'est engagé dans la production d'énergies renouvelables, en particulier la géothermie profonde. Via sa filiale ÉS-Géothermie, ÉS exploite 2 centrales géothermiques en France (Soultz-sous-Forêts et Rittershoffen). Ces centrales, concédées au GEIE EMC² et aux co-titulaires ÉS et Roquette Frères, produisent de l'électricité et/ou de la chaleur pour des usages industriels.

ÉS détient également 3 permis exclusifs de recherche (PER) pour des gîtes géothermiques haute température : « Wissembourg », « Illkirch-Erstein », et « Terre d'Énergies ». En novembre 2023, ÉS a déposé une nouvelle demande pour un PER géothermie intitulé « Delta de la Sauer ». Par ailleurs, ÉS est également titulaire de 2 PER pour le lithium : le PER « d'Outre-Forêt », qui inclut les concessions de « Wissembourg », « Terre d'Énergies » et « Delta de la Sauer », ainsi que le PER « d'Illkirch », qui chevauche le PER géothermique « d'Illkirch-Erstein ».

Contexte actuel

La concession dite « de Rittershoffen », dans le Bas-Rhin, a été octroyée aux sociétés co-titulaires ÉS et Roquette Frères pour une durée de 50 ans par décret du Conseil d'État du 26/05/2021³.

Dans le cadre du projet ECOGI⁴, une centrale géothermique a été construite par la société éponyme qui regroupe ÉS, la société Roquette Frères, et la Caisse des Dépôts.

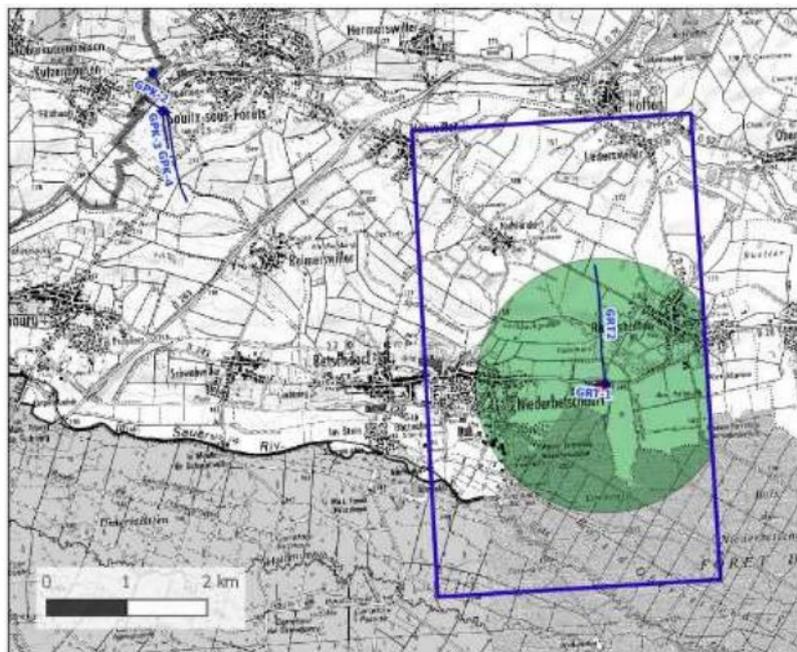


Figure 1: Concession de Rittershoffen, localisation de la plateforme en rouge (centre du disque vert), puits existants en bleu et rayon maximum de localisation des cibles des puits objet de la demande en vert

2 GEIE EMC : Groupement européen d'intérêt économique « Exploitation Minière de la Chaleur ».

3 Une demande de mutation de la concession au profit de la société ECOGI est en cours d'instruction.

4 ECOGI : Exploitation de la Chaleur d'Origine Géothermale pour l'Industrie.

La centrale géothermique de Rittershoffen fournit de la chaleur à l'usine Roquette Frères à Beinheim, située à 15 km. Cette usine, spécialisée dans l'extraction d'amidon, utilise la chaleur pour ses procédés à haute température.

Un doublet géothermique avait préalablement été foré dans le cadre d'un permis exclusif de recherches (PER) :

- le premier puits, injecteur, dit GRT-1, a été foré en fin d'année 2012 à une profondeur de 2 580 mètres forés (2 562 mètres vertical) ;
- le second puits, producteur, dit GRT-2, a été foré en 2014 à une profondeur de 3 196 mètres forés (2 707,8 mètres vertical).

Ces 2 forages ont permis l'acquisition de nombreuses données, de diagraphies et la réalisation de plusieurs campagnes de test d'injection/production.

Les 2 forages profonds ont été réalisés pour capter de l'eau à 160 °C et la réinjecter à 70 °C, avec un débit moyen de 250 m³/h. La centrale, avec une puissance de 24 MW et une production annuelle de 192 GWh, couvre 25 % des besoins en chaleur de l'usine.

À la suite de l'analyse des données acquises sur ce site, ÉS sollicite l'autorisation d'ouvrir des travaux pour forer 2 nouveaux puits (1 de captage et 1 de réinjection) sur la plateforme existante du site de Rittershoffen. Ces puits visent à produire de la chaleur décarbonée pour le chauffage urbain et de l'électricité et à une éventuelle production de lithium géothermal.

Les nouveaux puits atteindront une profondeur maximale de 3,5 km, similaire aux puits existants du site. Après la validation de la ressource, la centrale géothermique existante sera réaménagée et étendue pour intégrer ce nouveau doublet.

Analyse liminaire

L'Ae note que la demande actuelle porte uniquement sur l'autorisation d'ouverture de travaux miniers (DAOTM), c'est-à-dire sur les travaux d'aménagement de la plateforme de forage, les forages eux-mêmes, ainsi que la caractérisation des puits et du réservoir (incluant les essais et le développement des puits). Elle n'inclut pas la phase d'exploitation, qui fera l'objet d'une demande ultérieure séparée.

Cette demande ne relève pas de la procédure d'autorisation environnementale, selon la réglementation en vigueur au moment du dépôt du dossier. Les travaux relèvent du 3° de l'article 3 du décret n°2006-649 du 2 juin 2006 modifié, dans sa version en vigueur à la date de dépôt de la demande (article L.162-3 du code minier).

Cependant, l'Ae relève que l'étude d'impact a été complétée, *via* un addendum, pour prendre en compte toutes les phases du projet dans sa globalité. Les phases ultérieures d'actualisation de l'étude d'impact identifiées dès à présent par le dossier sont les suivantes :

- après la caractérisation de la ressource géothermale à la suite des tests post-forage ;
- après l'identification des débouchés de chaleur permettant le dimensionnement d'un éventuel réseau de chaleur ;
- en cas d'intégration du projet à une production de lithium géothermal.

Le projet est actuellement défini de la manière suivante :

- dimension spatiale : le projet est limité au terrain décrit dans l'étude d'impact. Cette dimension pourrait évoluer avec la mise en place d'un éventuel réseau de chaleur, nécessitant une mise à jour de l'étude d'impact ;
- dimensions temporelle et opérationnelle : les impacts actuels concernent principalement la phase d'aménagement de la plateforme et des forages. Si la ressource géothermale est confirmée, l'étude d'impact sera mise à jour pour inclure les enjeux environnementaux liés à l'exploitation ;
- le projet géothermique de Rittershoffen est actuellement indépendant d'une exploitation potentielle du lithium.

Une synthèse des impacts environnementaux génériques de l'exploitation de la géothermie selon ces projets est annexée au dossier.

L'Ae recommande que ces éléments soient intégrés dans l'étude d'impact environnementale, le résumé non technique et l'étude de dangers en vue de l'enquête publique.

Environnement du projet

Le projet se situe sur la commune de Rittershoffen, avec les habitations les plus proches à 800 mètres à l'est et proche de la commune de Betschdorf à 750 mètres à l'ouest, ainsi qu'un ruisseau (Aschbachgraben) à 30 mètres à l'est. Le site de la centrale géothermique de Rittershoffen couvre environ 2,3 hectares, répartis sur les parcelles 189 et 191 de la section 15.

Les travaux pour un nouveau doublet de forage seront réalisés sur la parcelle 191 afin de ne pas perturber l'exploitation actuelle. Ces travaux nécessiteront une emprise de 1,45 hectare, incluant 0,70 hectare sur le site existant et 0,75 hectare sur des terres agricoles à l'ouest (parcelles 141 et 142), qui seront temporairement utilisées et restituées après les travaux.



Figure 2: Localisation du projet et de la plateforme existante

Description du projet

Les travaux de génie civil avant l'installation de la machine de forage pour le projet géothermique de Rittershoffen incluront les éléments suivants :

- une zone d'enrobés, une aire de voirie lourde pour l'installation et le démontage de l'appareil de forage, la circulation des camions, et le stockage des équipements et générateurs électriques. Cette zone sera étanche pour éviter l'infiltration d'effluents dans le sol ;
- l'empierrage compacté destiné à la base vie et au stockage des équipements, avec un réseau de voies pour les engins de levage et les camions de livraison ;
- des réseaux de caniveaux et de drainage pour drainer les effluents vers un bournier, avec un bac déshuileur pour capter les polluants flottants ;

- un bassin de stockage de 400 m³ pour conserver les boues pendant le forage, et un bassin de traitement de 300 m³ pour leur préparation ;
- une dalle en béton armé d'environ 30 m de long et 9 m de large pour soutenir la machine de forage ;
- 2 caves en béton armé de 4x4 m pour positionner les puits, adaptées à la future utilisation ;
- 2 tubes guides centrés dans les caves, d'une profondeur de 40 m, comme pour les forages voisins GRT-1 et GRT-2.

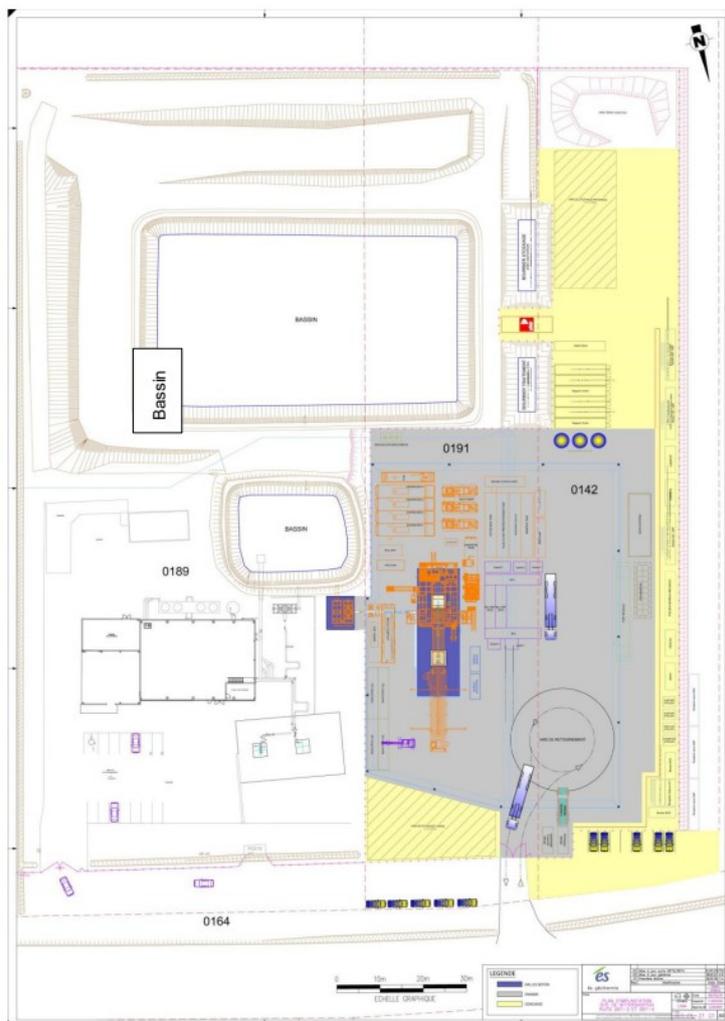


Figure 3: Plan d'aménagement prévisionnel de la plateforme de forage

Pour le forage du premier puits, la technique employée sera le forage « Rotary », qui sera utilisée jusqu'à une profondeur maximale de 3 500 mètres. Cette méthode implique les éléments suivants :

- trépan à molettes : équipé de dents ou picots en tungstène, ce trépan est appliqué avec un poids et entraîné en rotation pour forer le sol ;
- fluide de forage : un mélange d'eau et de bentonite (argile naturelle) est injecté depuis la surface à travers les tiges de forage. Ce fluide nettoie et refroidit le trépan, remonte les débris de roche à la surface, soutient les parois du puits, et maintient la pression hydrostatique dans les terrains perméables ;
- tiges de forage : elles transmettent le mouvement de rotation du trépan et permettent la circulation du fluide de forage. Ces tiges sont des tubes en acier vissés ensemble, allant de la surface jusqu'au trépan.

Le fluide de forage est utilisé en circuit fermé et est injecté sous haute pression pour assurer une opération efficace.

Le forage du puits se fera par étapes successives avec des diamètres décroissants. À la fin de chaque phase, un tubage en acier sera installé et cimenté jusqu'à la surface. En général, 3 à 4 phases de forage sont nécessaires pour atteindre la profondeur souhaitée.

La dernière phase visera les niveaux fracturés producteurs situés entre 2 000 et 3 000 mètres de profondeur, et cette section sera laissée en trou ouvert (« open hole »).

La trajectoire du puits sera optimisée pour se connecter avec les fractures identifiées par imagerie 3D et les mesures des puits existants. Le puits ciblera le haut du réservoir dans les grès du Buntsandstein et le socle granitique.

Des tests de productivité seront réalisés pour évaluer les caractéristiques hydrauliques et thermiques du réservoir fracturé dans le granite. Les données recueillies permettront de mettre à jour les connaissances et d'optimiser la réalisation du second puits.

Le second puits sera également foré depuis la plateforme existante et sera orienté pour maximiser la perméabilité de la cible, en tenant compte des résultats du premier puits. Comme le premier puits, il visera le haut du réservoir à une profondeur maximale de 3 500 mètres, dans les grès du Buntsandstein et le socle granitique afin de ne pas atteindre la zone sismogène de la croûte terrestre (à partir de 4 000 mètres en Alsace). La distance minimale entre les sections de production des deux puits sera de 1 à 2 kilomètres pour éviter les interférences, le court-circuit thermique et le refroidissement de la ressource.

À la fin des travaux de forage, un test général de la boucle géothermale sera réalisé pour évaluer et optimiser les performances hydrauliques des niveaux producteurs. Des études de traçage par une société spécialisée pourront être effectuées pour qualifier la ressource.

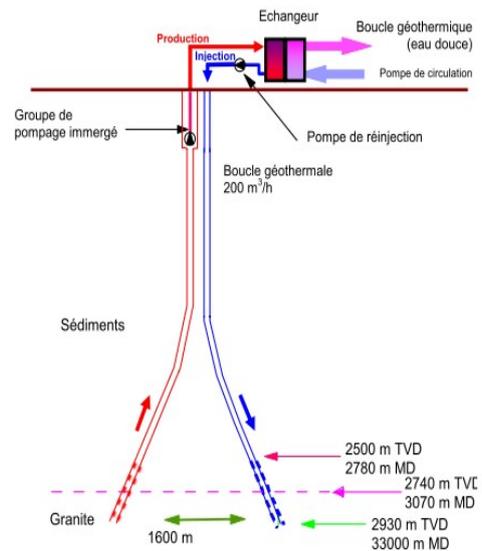


Figure 4: Principe de fonctionnement d'un doublet géothermique



Figure 5: Évolution entre la phase forage à gauche et la phase exploitation à droite. La zone hachurée en vert sera restituée et remise en état initial et la zone hachurée en bleu pourrait accueillir la nouvelle centrale.

Si les tests sont concluants, le projet passera à la phase de réaménagement et d'extension partielle de la centrale géothermique existante pour intégrer le nouveau doublet. Cette extension nécessitera une demande d'autorisation d'exploitation auprès de la préfecture du Bas-Rhin.

Le bâtiment de l'extension comprendra :

- des filtres pour la boucle géothermale ;
- un échangeur de chaleur ;
- des pompes d'injection ;
- du matériel électrique (variateurs, transformateurs) pour alimenter les électro-pompes d'exhaure et de réinjection, ainsi que les pompes de circulation ou de gavage du réseau de chaleur.

L'eau prélevée en profondeur a une température d'environ 160 °C. Les calories sont prélevées pour la production de chaleur ou d'électricité. L'eau est ensuite réinjectée dans la nappe de prélèvement, à une température d'environ 70 °C.

À ce stade du projet, la répartition entre la production électrique et la production thermique du nouveau doublet n'est pas encore déterminée. Elle dépendra de la confirmation de la ressource géothermale et des opportunités de développement avec des collectivités et des industriels une fois la ressource confirmée.

Les justifications environnementales sont basées sur 3 scénarios pour des puits d'environ 3 500 mètres de profondeur, qui sont les suivants :

- scénario 1 : un doublet produisant uniquement de l'électricité (3,5 MW, 26 GWh/an) ;
- scénario 2 : un doublet produisant à la fois de l'électricité (3,5 MW, 26 GWh/an) et de la chaleur à température moyenne (10 MWth, 40 GWh/an) ;
- scénario 3 : un doublet produisant uniquement de la chaleur à haute température (26 MWth, 220 GWh/an).

L'Ae souligne que la production d'énergie sous forme de chaleur est beaucoup plus importante que sous forme d'électricité (220 GWh/an à comparer avec 26 GWh/an) et constate tout l'intérêt de d'abord favoriser la ressource géothermale sous forme de chaleur.

Actuellement, le scénario 2 semble selon le dossier le plus probable. Il prévoit une combinaison de production d'électricité et de chaleur, et est soutenu par des débouchés identifiés pour la chaleur dans la zone d'activités de Hatten. Le transport de la chaleur entre la centrale géothermique de Rittershoffen et l'usine Roquette *via* cette zone d'activités faciliterait l'alimentation en chaleur décarbonée.

En plus de la production de chaleur, un cycle binaire avec échangeurs de chaleur, turbine et aérocondenseur sera installé pour convertir la chaleur géothermale en électricité.

L'Ae signale par ailleurs que le périmètre du Permis Exclusif de Recherches (PER) de lithium « Outre-Forêt »⁵ se superpose à la concession de l'exploitation géothermique du projet objet du présent avis. De plus, le dossier transmis aux services de l'État pour l'octroi du PER de lithium « Outre-Forêt » stipule que le projet d'extraction du lithium utilisera les puits d'exploitation géothermique et ajoutera la valorisation du lithium à la production d'électricité et/ou de chaleur.

Par conséquent, il apparaît à l'Ae que la connexité des activités pourrait conduire à un périmètre unique de projet global incluant l'exploitation géothermique et l'exploitation de lithium.

À ce stade, le présent avis de l'Ae ne porte que sur le projet de géothermie. Mais l'Ae attire, dès à présent, l'attention du pétitionnaire et de l'autorité compétente pour autoriser le projet sur la nécessité de s'assurer de la saisine de l'autorité environnementale requise en fonction du projet global à considérer et de l'autorité l'ayant autorisé.

Le pétitionnaire indique dans son dossier que l'exploitation de lithium fera l'objet d'une demande d'autorisation spécifique : il précise qu'il intégrera alors les impacts des différents sites de forage, dont celui de Rittershoffen dans le cas où celui-ci serait inclus dans le projet d'extraction de lithium.

5 <https://www.economie.gouv.fr/demande-permis-exclusif-recherches-mines-lithium-outre-foret>

2. Articulation avec les documents de planification, présentation des solutions alternatives au projet et justification du projet

2.1. Articulation avec les documents de planification

La compatibilité du projet a été vérifiée par rapport aux documents et orientations suivants :

- Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Rhin Meuse 2016-2021 : examen réalisé dans le cadre de l'étude d'impact de juillet 2021 ;
- SDAGE Rhin Meuse 2022-2027 : examen effectué dans le cadre du complément loi sur l'eau, rubrique 2150, daté de mars 2023 ;
- Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi) du Hattgau : examen réalisé dans le cadre de l'étude d'impact de juillet 2021. La centrale existante est en zone Nca du PLUi, et les puits seront forés dans cette zone. Des parcelles voisines impactées durant les travaux (141 et 142) sont en zone A, mais seront remises en état après la phase de forage ;
- Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE) d'Alsace intégré au SRADDET : examen réalisé dans l'étude d'impact. La centrale est proche du réservoir de biodiversité Forêt de Haguenau et Delta de la Sauer (200 mètres), mais éloignée du corridor écologique C029 (plus de 3 km). ÉS considère que le projet n'affecte pas les réservoirs biologiques ou corridors ;
- Schéma de Cohérence Territoriale d'Alsace du Nord (SCoTAN) : document en révision depuis septembre 2018. L'examen indique que la centrale est à plus de 3 km du corridor écologique C029, et le projet ne semble pas concerné par ce corridor ;
- Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) Grand Est : examen de l'arrêté du 22/11/2019. ÉS estime que le projet s'inscrit dans l'objectif 4 de l'axe 1 de ce schéma : *Développer les énergies renouvelables pour diversifier le mix énergétique et sa règle n°5 : « Géothermie : [...] Développer les opportunités de géothermie « profonde » en bassin d'effondrement rhénan : pour la production d'électricité injectée sur le réseau et/ou de chaleur à destination d'industriels et de réseaux de chaleur, selon les températures d'eau géothermale atteignables ».*

L'Ae n'a pas d'observation à formuler sur tous ces points.

2.2. Solutions alternatives et justification du projet

Plusieurs sites ont été envisagés dans le Nord de l'Alsace, entre Wissembourg au Nord et jusqu'à Hatten au Sud, et 9 sites ont fait l'objet d'un examen par la société ÉS en prenant en compte les contraintes suivantes :

- les ressources du sous-sol, en lien avec la finalité du projet ;
- les contraintes d'urbanisme ;
- les contraintes environnementales.

Le pétitionnaire indique que sur les 9 sites qui ont été examinés, 4 sont retenus pour l'exploration de sites géothermiques sur la base de critères de potentialités d'exploitation géothermique très favorables. Le site de Rittershoffen a été retenu en raison de ses conditions géologiques très favorables et de l'impact environnemental limité. L'existence de la centrale géothermique actuelle et le fait que les nouveaux puits nécessitent une utilisation temporaire sur une surface limitée ont contribué à cette décision. Il exploitera les bassins déjà en place, minimisant ainsi l'empreinte géographique du projet.

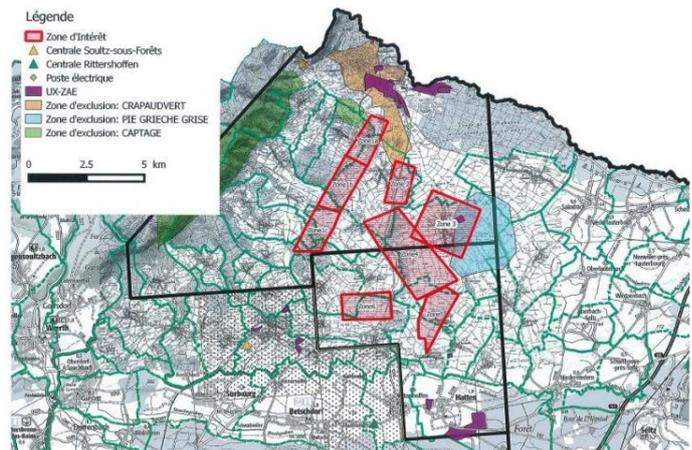


Figure 6: Localisation des solutions de substitution

De plus, l'existence d'une canalisation de transport de chaleur depuis le site de Rittershoffen permet également d'envisager l'alimentation de clients tiers situés à proximité de cette canalisation sans réaliser de travaux lourds. La proximité des réseaux routiers et les raccordements aux réseaux d'eau et d'électricité déjà présents sur le site sont également des avantages participant à la sélection définitive du site de Rittershoffen pour ce projet.

L'Ae renouvelle sa recommandation que les éléments de justification et les tableaux de synthèses de l'addendum soit intégrés dans l'étude d'impact en vue de l'enquête publique.

3. Analyse de la qualité de l'étude d'impact et de la prise en compte de l'environnement par le projet

Au regard de la nature et de la localisation du projet, les principaux enjeux environnementaux identifiés par l'Ae sont :

- les eaux superficielles et souterraines et les rejets aqueux ;
- le sol, le sous-sol ;
- les risques anthropiques, en particulier la sismicité induite ;
- le changement climatique.

Les autres enjeux ont été analysés et leur examen se trouve au paragraphe 3.1.4 ci-après.

3.1. Analyse par thématiques environnementales (état initial, effets potentiels du projet, mesures de prévention des impacts prévues)

3.1.1. Les eaux superficielles et souterraines et les rejets aqueux

État initial

Le projet est localisé au droit de dépôts loessiques du Pléistocène puis de plusieurs horizons géologiques d'époques différentes jusqu'au granite, constituant l'aquifère cible du projet. Il n'intersecte aucun périmètre de protection de captage d'eau destinée à la consommation humaine selon le dossier.

Une description de la géologie attendue au droit du site géologique présentant les horizons traversés jusqu'au réservoir granitique est présenté dans l'addendum à la demande initiale.

Le site où le projet géothermique sera implanté est situé au-dessus de la masse d'eau souterraine du Pliocène de Haguenau et de la nappe d'Alsace. Une station de surveillance localisée à environ 1,5 km au sud-ouest du projet sur le territoire communal de Rittershoffen, effectue une mesure hebdomadaire du niveau de la nappe phréatique du Pliocène de Haguenau.

Le toit de la nappe est à une altitude moyenne de 147,04 m, avec des variations comprises entre 145,66 m et 148,18 m, ce qui correspond à une profondeur d'environ 2 mètres au niveau de la

station de mesure. Le dossier ne précise pas l'épaisseur de cette nappe. Une station de mesures de la qualité des eaux souterraines se situe à environ 3,7 kilomètres au Nord de la zone de projet, sur le ban communal de Hoffen. Elle mesure la qualité de la masse d'eau Pliocène de Haguenu et de la nappe d'Alsace.

Les analyses des eaux brutes utilisées pour la production d'eau potable révèlent des dépassements des seuils réglementaires de qualité, notamment pour les nitrates et certains pesticides, tels que l'atrazine déséthyl, l'atrazine, l'atrazine désisopropyl déséthyl et la bentazone. De plus, les concentrations de 8 autres pesticides sont au-dessus des limites de quantification⁶, bien que ne dépassant pas nécessairement les seuils admissibles pour l'eau potable.

En outre, des polluants tels que les chlorures, sulfates, cadmium, plomb et arsenic ont été détectés à des niveaux supérieurs aux limites de quantification, mais sans atteindre des valeurs critiques au-delà des seuils réglementaires. Ces résultats soulignent une qualité d'eau préoccupante pour la consommation humaine, avec des dépassements de seuil pour certains contaminants.

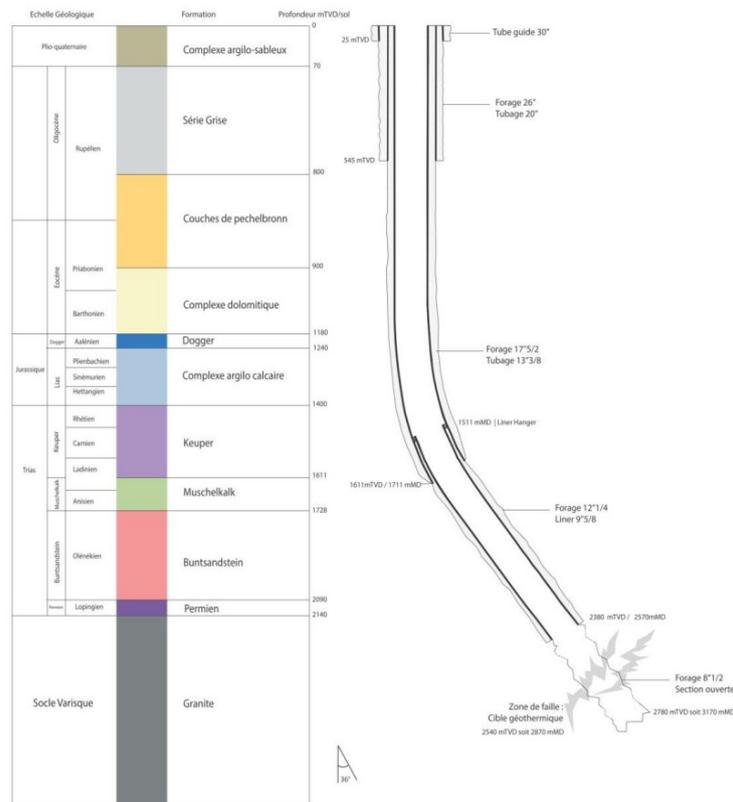


Figure 7: Coupe géologique et technique prévisionnelle du premier forage (GRT-3)

Le site est majoritairement situé sur une zone présentant une sensibilité faible aux remontées de nappe, elle est concernée par de potentielles inondations de cave.

6 La **limite de quantification** (abrégé en LQ) est une méthode d'analyse qui détermine la [concentration](#) la plus basse mesurable par les instruments d'analyse mais avec une fiabilité satisfaisante. Elle est définie comme la concentration qui peut être mesurée avec une exactitude et une précision définies (source : aquaportail).



Figure 8: Bassins du site existant

Concernant le réseau superficiel des eaux, la centrale de Rittershoffen se situe dans le bassin versant de la Sauer, le cours d'eau le plus proche est l'Aschbachgraben à environ 30 mètres à l'est du site. La masse d'eau concernée est « SAUER 2 » qui intègre le site de Rittershoffen et présente un état écologique moyen, notamment dû à une carence en phosphore dans l'eau ainsi qu'à un manque de diatomées et de macrophytes, et un bon état chimique.

La plateforme existante est équipée :

- d'un doublet de forage GRT-1 et GRT-2 :
- de 3 bassins :
 - un petit bassin rectangulaire (bassin 1) de 300 m³ permettant le stockage des eaux pluviales ;
 - un bassin de 1 000 m³ (bassin 2) permettant le stockage des eaux géothermales ;
 - un grand bassin de 6 000 m³ (bassin 3) permettant de décharger le bassin de stockage des eaux géothermales.

La plateforme existante est entourée d'un fossé périphérique de collecte et d'infiltration des eaux, longeant le site sur ses 4 côtés. Ce fossé est connecté par une buse au réseau hydrographique superficiel se rejetant à 6,5 km en aval.

Les eaux superficielles ne seront impactées que par le rejet dans le réseau d'assainissement des eaux pluviales après passage dans un séparateur d'hydrocarbures.

Les impacts sur les eaux souterraines, tant temporaires que permanents, sont jugés négligeables par l'exploitant dans le cadre de ce projet géothermique. Le système fonctionne en boucle fermée, avec un débit réinjecté égal au débit pompé, maintenant ainsi la pression du réservoir géothermique (voir paragraphe « *Surveillance des eaux souterraines* » *ci-après*). Cette approche est rendue possible par les caractéristiques du milieu géologique fissuré, qui agit comme un réservoir perméable à grande échelle.

Incidences potentielles du projet sur la gestion des eaux

Aucun prélèvement d'eaux superficielles n'est prévu dans ce projet géothermique, mais plusieurs incidences indirectes sur ces eaux doivent être prises en compte :

- rejets d'eaux pluviales : le ruissellement des eaux pluviales sur la plateforme de forage pourrait générer des rejets, potentiellement contaminés par les activités industrielles, tels que le passage des camions et l'utilisation d'équipements ;
- boues de forage : la fabrication et le transfert de boues de forage exposent les eaux souterraines à des risques de contamination, notamment en cas de fuite de boue dans les fractures rocheuses ;
- circulation de fluides géothermaux : lors des tests de forage et d'exploitation, des fluides géothermaux pourraient être mis en circulation à la surface, avec des risques de déversements accidentels ;
- risque d'écoulements accidentels : il existe un risque potentiel de déversements accidentels, en particulier concernant les hydrocarbures utilisés à la surface.

Le projet prévoit de prélever l'eau géothermale dans un réservoir aquifère profond à travers un forage, pour ensuite réinjecter le fluide refroidi après son passage dans un échangeur de chaleur à environ 1 000 mètres du point de prélèvement. Cette méthode garantit un équilibre hydrique

puisque le débit réinjecté est égal au débit pompé, limitant aussi les impacts thermiques sur le réservoir cible en raison de sa profondeur et de ses capacités hydrauliques.

Risques pour les eaux souterraines : pendant les phases de forage, des incidents peuvent survenir, comme la perte de boues de forage, la mise en communication d'aquifères habituellement isolés, ou encore l'injection d'acides pour optimiser les puits. Les traitements chimiques visent à dissoudre les minéraux des fluides géothermaux pour améliorer la connexion avec les failles. Ces interventions, courantes dans l'industrie pétrolière, sont localisées et limitées à une centaine de mètres autour des puits.

L'Ae relève que les tests de production permettront de s'assurer qu'il n'y a pas d'impact sur la qualité des eaux produites après ces traitements. Toutefois, en cas de constat d'impact, l'Ae recommande au pétitionnaire de préciser, dès à présent et autant que possible, les mesures qu'il mettra en œuvre pour son alerte, pour le réduire au maximum, voire le supprimer totalement.

Consommation d'eau

La consommation en eau douce prévue pour les forages est estimée à 1 500 m³ par forage, soit 3 000 m³ pour 2 forages, avec un besoin instantané de 25 à 30 m³/h. La société ÉS vérifiera, avant le début des travaux, la capacité du réseau public à fournir cette quantité d'eau douce sans perturber le service public. Si nécessaire, l'eau douce pourra être stockée dans un bassin afin de limiter le débit prélevé sur le réseau.

En phase d'exploitation géothermique, aucun prélèvement d'eau géothermale n'est prévu, permettant de maintenir l'équilibre du réservoir. L'intégralité de l'eau géothermale extraite est réinjectée dans le réservoir. L'eau douce n'est pas utilisée dans le processus, sauf ponctuellement pour le nettoyage des installations lors des phases de maintenance. D'après les données de la centrale géothermique de Rittershoffen, les besoins en eau douce seront d'environ 500 m³/an supplémentaires en phase d'exploitation.

L'Ae n'a pas d'observation à formuler sur ces points.

Boues de forage

Les opérations de foration nécessitent la préparation d'un fluide de forage, composé de l'eau prélevée sur le réseau public (dans l'attente de l'atteinte des couches aquifères d'intérêt qui fourniront alors l'eau nécessaire aux opérations de forage), de bentonite, de soude caustique, de polymères cellulosiques en fonction des paramètres argileux des sols forés, de glycol et éventuellement de polymères viscosifiants, lubrifiants ou colmatants.

Le dossier précise les types d'additifs susceptibles d'être utilisés lors des forations. Cependant, le choix des additifs étant dépendant des prestataires qui réaliseront les travaux à l'issue d'une procédure d'appel d'offres, ÉS signale que les cahiers des charges des appels d'offres retiendront un critère relatif au choix de produits les moins impactants pour l'environnement.

L'Ae ne partage pas la position du pétitionnaire qui indique que ces substances ne sont ni toxiques, ni polluantes sans présenter la composition et les propriétés physico-chimiques des additifs utilisés.

L'Ae rappelle, à l'instar de son avis précédent, que le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) signale l'insuffisance d'information sur ces additifs⁷ en particulier en termes d'écotoxicité, de biodégradabilité et de bioaccumulation.

L'Ae recommande au pétitionnaire de préciser, dans ses appels d'offres, les critères et les seuils d'écotoxicité, de biodégradabilité et de bioaccumulation qui seront appliqués à l'examen des offres.

Mesures proposées par le pétitionnaire

Le projet adoptera le même principe de gestion des eaux pluviales que la plateforme existante, avec un réseau de collecte séparé. En réponse à l'avis de la Direction départementale des

7 <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-61953-FR.pdf>

Territoires (DDT), le pétitionnaire a soumis un complément détaillant la gestion des eaux pluviales, notamment en phase de forage où le risque de contamination est plus élevé. Durant cette phase, les réseaux de collecte seront isolés par des vannes fermées, et les eaux de ruissellement seront dirigées vers un bassin de stockage de 6 000 m³ pour être réutilisées lors des essais, sans rejet dans l'environnement. La zone de fabrication des boues sera entourée de caniveaux pour collecter l'eau de ruissellement.

Ces eaux de ruissellement seront confinées dans une fosse et évacuées par pompage vers un bassin à boues. Avant de revenir à la gestion hors phase de forage, les réseaux et la fosse seront curés et les résidus solides et liquides évacués en centre agréé.

Le volume d'eau généré par une pluie décennale sur la plateforme a été estimé à 276 m³, selon les calculs de dimensionnement. En phase hors forage, les eaux pluviales seront stockées dans des conduites d'une capacité de 200 m³, puis traitées par un débourbeur-déshuileur avant leur rejet dans le fossé périphérique à l'est du site, qui rejoint le réseau hydrographique de la Sauer. Au-delà de cette capacité, l'excès sera dirigé vers le bassin de 6 000 m³ pour réutilisation. En cas de pluie intense, les eaux non infiltrées sur les surfaces en concassé seront évacuées vers le fossé périphérique.

L'exploitant a prévu plusieurs mesures pour protéger les eaux souterraines, notamment :

- la réalisation d'un sondage préalable pour déterminer la profondeur de la nappe ou des lentilles aquifères et identifier des couches géologiques dures ;
- l'installation d'un tube guide par la technique BENOTO ou par havage sans utilisation de boues de forage ;
- la cimentation de l'espace annulaire jusqu'à 40 mètres, similaire aux forages existants GRT-1 et GRT-2, pour protéger le puits des risques de corrosion externe ;
- la mise en place d'un triple cuvelage avec cimentations ;
- l'utilisation de matériaux résistants aux conditions hydrothermales pour garantir la durabilité des cuvelages ;
- le stockage des produits liquides dans des bacs ou bassins de rétention étanches et la disponibilité de moyens d'absorption sur site ;
- la préférence pour des produits chimiques non toxiques et biodégradables afin de limiter la pollution ;
- la réalisation de campagnes de diaggraphie sonique pour vérifier l'état des cuvelages et des cimentations ;
- des contrôles réguliers des boues de forage par une entreprise agréée avant leur réinjection, recyclage ou évacuation ;
- la réinjection dans la zone d'influence en limite du cône de rabattement pour maintenir la pression du réservoir sans refroidir la zone exploitée.

Surveillance des eaux souterraines

Selon le dossier, le site ne présente aucune nappe de surface, comme l'ont confirmé les sondages géotechniques et les carottages effectués avant la réalisation des puits GRT-1 et GRT-2. Ces sondages ont permis de déterminer la profondeur du tube guide pour ces puits, qui sera identique pour les nouveaux puits.

Les mesures de prévention mises en place incluent :

- la mise en place d'un tube guide cimenté par havage avant le forage, sans utiliser de fluides de forage, pour protéger d'éventuelles nappes superficielles ;
- une architecture de forage avec des sections tubées et cimentées pour isoler les horizons susceptibles de contenir de l'eau ou de subir des pertes de fluide ;
- la maîtrise des pertes de fluide par l'utilisation de colmatants naturels et le contrôle de la densité des fluides de forage pour maintenir l'équilibre de pression.

À long terme, lors de l'exploitation, des contrôles réguliers de l'intégrité des tubages et des

cimentations seront effectués : tous les 6 ans pour les puits de production et tous les 3 ans pour les puits d'injection, afin de garantir l'absence de fuites vers les formations traversées.

Aucun rejet aqueux n'est généré par la production d'énergie géothermique. Les seuls rejets possibles lors de la construction ou de l'exploitation concernent la déshydratation des fluides de forage, ainsi que les eaux de pluie et de nettoyage ponctuel, qui sont collectées dans un bassin et réinjectées dans le réservoir.

Une éventuelle exploitation de lithium, qui pourrait entraîner des rejets aqueux, n'est pas prévue dans la demande actuelle ; **une étude d'impact actualisée serait nécessaire si cette exploitation devait être envisagée sur le site de Rittershoffen.**

La réinjection de saumure refroidie dans le réservoir est surveillée en continu pendant les tests de puits et l'exploitation, avec enregistrement des données de pression, température et débit. Les simulations numériques, tenant compte de la géologie locale et des propriétés du réservoir, montrent que le refroidissement de la roche hôte est significatif dans un rayon d'environ 500 m autour du puits sur une durée d'exploitation de 25 ans.

L'expérience des sites de Soultz-sous-Forêts et Rittershoffen indique que ce refroidissement n'a pas d'impact notable sur l'aquifère granitique.

L'Ae n'a pas d'observation à formuler sur ces points.

3.1.2. Le sol, le sous-sol, le risque de sismicité induite

Le projet s'implante hors de toute activité historique ayant pu remanier les sols ou les polluer. Cependant, la nature du projet et sa mise en œuvre en particulier en phase travaux sont susceptibles d'affecter les compartiments géologiques et entraîner des impacts en surface.

Compte tenu d'évènements de sismicité induite provoquée par des projets similaires dans le secteur, le pétitionnaire a sollicité une tierce-expertise sur ce sujet auprès de l'INERIS⁸ et une étude sur le risque sismologique est jointe en annexe de l'étude de dangers.

En raison de la sensibilité des informations et des dispositions réglementaires en matière de protection du secret des affaires, ÉS précise que les études détaillées ne sont pas communicables au public. Toutefois, le pétitionnaire précise les items sur lesquels l'INERIS a demandé des précisions et les axes de réponse apportés par ÉS.

Le risque de sismicité naturelle est à bien distinguer du risque de sismicité induite. Le territoire global de la zone d'étude est classé comme zone de sismicité naturelle 3, correspondant à un risque modéré.

La tierce-expertise par l'INERIS confirme que « *les connaissances du sous-sol se doivent d'évoluer avec l'avancement d'un projet géothermique et notamment avec la réalisation de mesures et l'acquisition de données nouvelles à chaque étape du projet* ». Cette tierce expertise a conduit le pétitionnaire à mettre à jour les compléments techniques susmentionnés pour tenir compte des recommandations de l'INERIS.

La société ÉS a ajouté une annexe à l'étude de dangers traitant spécifiquement du risque sismologique. Une version révisée a été transmise en novembre 2022 à l'issue de cette expertise menée par l'INERIS et intégrant les recommandations faites par le comité d'experts. Un résumé de cette expertise est joint à la version publique du dossier.

Pour la gestion du risque de sismicité induite, la société ÉS se conformera aux recommandations du Guide⁹ qui fait référence dans le domaine à date. Ainsi, en suivant l'arbre de décision pour l'évaluation du niveau d'aléa d'un projet avant tout forage profond, le niveau d'aléa 2 (modéré) est retenu pour ce projet de géothermie profonde en milieu naturellement fracturé, avant tout forage profond.

La société ÉS rappelle par ailleurs qu'elle dispose de l'expertise nécessaire pour la gestion du

⁸ Institut national de l'environnement industriel et des risques.

⁹ Guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de la sismicité induite par les opérations de géothermie profonde, co-rédigé par l'INERIS et le BRGM, à la demande de la Direction Générale de la Prévention des Risques, et à destination de l'ensemble des parties prenantes de la filière géothermie profonde (industriels, élus et administrations).

risque sismologique comme en témoigne l'exploitation de ses 2 centrales de géothermie depuis 7 ans qui n'ont généré aucune sismicité ressentie par la population. **Si cette affirmation était vraie à la date de dépôt du dossier, des événements sismiques présentant des valeurs de PGV¹⁰ de 0,8 mm/s ont été observés le 07/05/2024, et le seuil de 1,0 mm/s a été dépassé sur au moins 2 stations le 24/07/2024, déclenchant le passage au niveau de vigilance renforcée (niveau 2 sur 3). ÉS a confirmé dans la presse que ces événements étaient en lien avec le site de la centrale géothermique de Rittershoffen¹¹. Les mesures nécessaires ont été prises immédiatement par l'exploitant (réduction du débit d'injection) pour remédier à cette situation.**

L'Ae recommande au pétitionnaire de compléter son dossier par un retour d'expérience de ces événements sismiques induits et de solliciter une expertise complémentaire d'INERIS sur ces événements pour définir d'éventuelles nouvelles mesures de gestion du risque sismique.

Avant le forage, des mesures seront prises pour intégrer les retours d'expérience d'autres projets, améliorer la connaissance géologique et la compréhension du réservoir, et optimiser la surveillance de la sismicité induite. Une étude a été réalisée pour évaluer l'interférence hydraulique et sismologique entre les différents sites géothermiques existants, et ces éléments sont pris en compte dans la demande actuelle.

Pendant le forage, les informations recueillies permettront de valider ou de mettre à jour les conclusions des études précédentes et de quantifier le risque sismologique. Dans l'étude d'impact et l'annexe de l'étude de dangers, l'INERIS confirme que les mesures et données proposées sont pertinentes pour améliorer la connaissance du sous-sol à cette étape du projet. Le protocole de test et de développement des puits sera ajusté en fonction des résultats préliminaires et devra être détaillé dans le programme de forage et de tests, puis soumis à l'administration avant le début des travaux.

Pendant l'exploitation, un suivi en temps réel et en continu de la micro-sismicité sera mis en place.

L'Ae recommande à la DREAL dans ses propositions et au préfet dans ses prescriptions de retenir les mesures d'Évitement-Réduction-Compensation (ERC) les plus protectrices vis-à-vis du risque sismique proposées par le pétitionnaire dans l'ensemble des pièces de son dossier.

Compte tenu de la sensibilité des riverains aux projets de développement de la géothermie profonde en Alsace, l'Ae salue l'engagement de ÉS à solliciter la création d'une commission de suivi de site.

L'Ae recommande au préfet d'accéder à la demande de ÉS de création d'une commission de suivi de site (CSS) dès l'autorisation du projet.

3.1.3. Le changement climatique et l'émission des GES

Le projet, bien qu'émettant des gaz à effet de serre (GES) à cause de l'utilisation de moteurs à combustion, aura un impact global positif sur le climat grâce à l'utilisation de la géothermie, une énergie renouvelable, locale, naturelle et décarbonée.

L'estimation des émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre pour les 3 scénarios repose sur une analyse de cycle de vie (ACV) publiée en 2018 par ES-Géothermie dans la revue *Geothermics*¹². Cette analyse prend en compte les différentes phases du cycle de vie d'une centrale géothermique : les forages (incluant l'exploration sismique), la construction de la centrale, son exploitation sur 25 ans, ainsi que le démantèlement des puits par cimentation.

10 La vitesse maximale du sol (PGV : Peak Ground Velocity) a beaucoup d'applications dans l'ingénierie parasismique telle que l'estimation des mouvements forts, la conception de la résistance au tremblement de terre et la prédiction du risque sismique.

11 <https://www.francebleu.fr/infos/economie-social/la-centrale-geothermique-de-rittershoffen-a-l-origine-des-seismes-ressentis-dans-le-nord-alsace-6405289>

12 A. Pratiwi, G. Ravier, A. Genter, Life-cycle climate-change impact assessment of enhanced geothermal system plants in the Upper Rhine Valley, *Geothermics*, Volume 75, 2018, Pages 26-39, ISSN 0375- 6505, <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2018.03.012>

L'Ae rappelle que 3 scénarios de répartition entre production électrique et production thermique sont envisagés par le pétitionnaire qui indique que le scénario 2 (mixte électricité/chaleur à moyenne température) est le plus probable :

- scénario 1 : un doublet produisant uniquement de l'électricité (3,5 MW, 26 GWh/an) ;
- scénario 2 : un doublet produisant à la fois de l'électricité (3,5 MW, 26 GWh/an) et de la chaleur à température moyenne (10 MWth, 40 GWh/an) ;
- scénario 3 : un doublet produisant uniquement de la chaleur à haute température (26 MWth, 220 GWh/an).

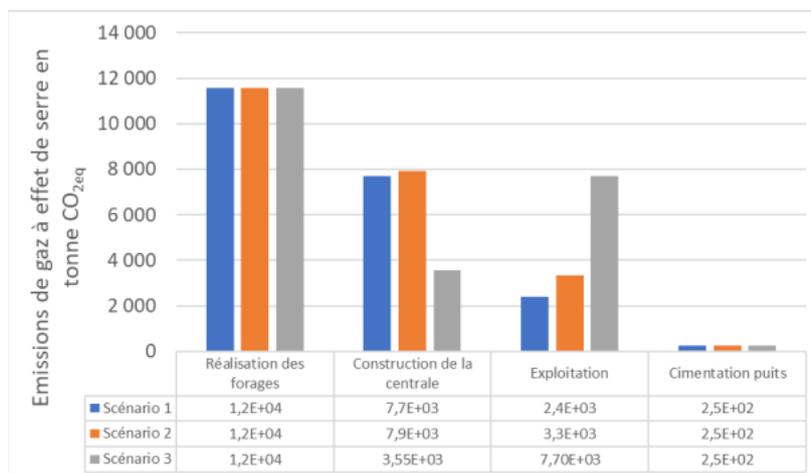


Figure 9: Estimation des émissions de gaz à effet de serres des trois scénarios en fonction des différentes phases du cycle de vie du projet

Au total, pour ces 3 scénarios, les émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre sur toute la durée de vie du projet sont estimées à :

- Scénario 1 : 21 929 tonnes de CO₂eq ;
- Scénario 2 : 23 074 tonnes de CO₂eq ;
- Scénario 3 : 23 076 tonnes de CO₂eq.

Les principales sources d'émissions de gaz à effet de serre pour les 3 scénarios sont :

- la consommation d'acier et de ciment pour les forages et la centrale (environ 50 % des émissions), difficile à réduire sans décarbonation industrielle ;
- la consommation de fioul pour les forages et travaux (environ 20 %), pouvant être réduite par l'utilisation d'une machine de forage électrique si disponible ;
- le transport des équipements et déchets (environ 15 %), pouvant être réduit par l'optimisation des forages successifs et l'utilisation de fournisseurs locaux ;
- la consommation électrique de la pompe de production dans le scénario 3 (jusqu'à 20 %), qui pourrait être atténuée par la décarbonation du secteur énergétique.

L'empreinte carbone des émissions de CO₂ du projet est comparée à celle d'autres sources d'énergie : biométhane, biomasse, photovoltaïque et éolien¹³.

13 Les chiffres utilisés proviennent de la Base Empreinte® de l'ADEME.

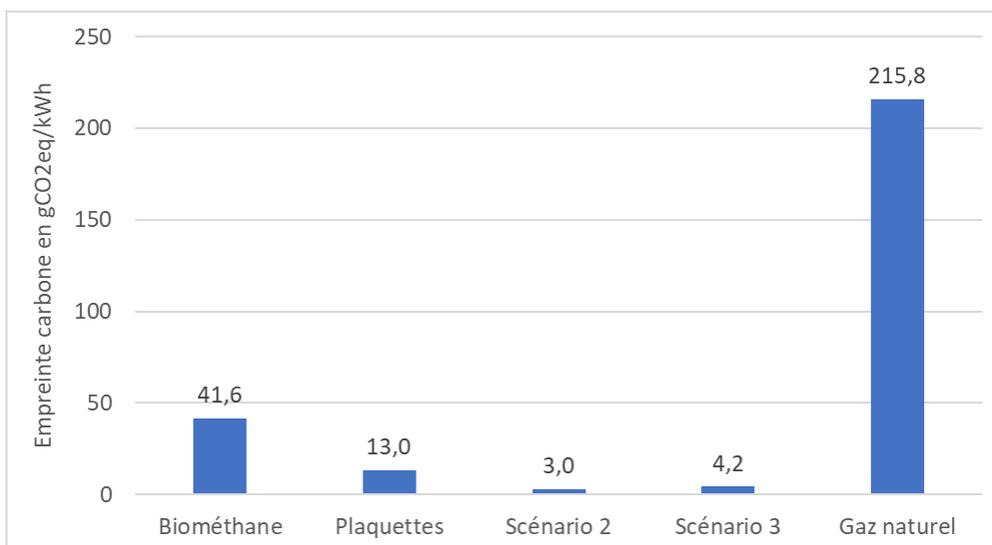


Figure 10: Empreinte carbone en gCO₂eq/kWh de la chaleur issue du biométhane, de la biomasse (plaquettes forestières), du projet et du gaz naturel

En matière de production de chaleur, l'empreinte carbone du projet est plus de 50 fois inférieure à celle du gaz naturel et est également inférieure à celle du biométhane et de la biomasse (plaquettes forestières). Pour comparaison, un méthaniseur à Rittershoffen (SAS Metha2SBiometha) produit environ 22,8 GWh/an à partir de 34 450 tonnes de matières organiques.

Par ailleurs, la production de 40 GWh/an de chaleur à partir de plaquettes de bois nécessite environ 18 000 tonnes de combustibles biomasse par an, équivalant à la production annuelle d'environ 3 600 hectares de forêt dans la région Grand Est.

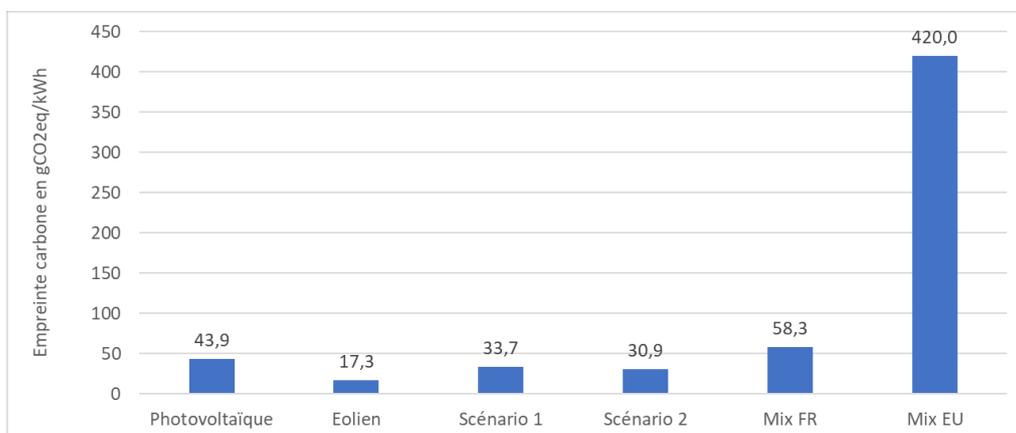


Figure 11: Empreinte carbone en gCO₂eq/kWh de l'électricité issue du photovoltaïque, de l'éolien terrestre, du projet et du mix électrique français

Le tableau suivant présente l'estimation des émissions de gaz à effet de serre évitées sur la durée de vie du projet. Pour cette estimation, les hypothèses suivantes ont été retenues : la chaleur produite par le projet est comparée au gaz naturel, tandis que l'électricité produite est comparée au mix électrique français et au mix européen, en tenant compte de la proximité avec la centrale thermique au charbon de Saint-Avold et des interconnexions de l'Alsace avec le mix allemand, qui inclut une centrale à charbon à Karlsruhe proche. Le projet aura un impact d'autant plus important s'il permet de substituer la consommation de gaz naturel.

Scénario	1	2	3
Emissions de carbone évitées par la chaleur	-	236 Mt/CO _{2eq}	1 164 Mt/CO _{2eq}
Emissions de carbone évitées par l'électricité (mix FR)	16 Mt/CO _{2eq}	18 Mt/CO _{2eq}	-
Totale des émissions de carbone évitée par le projet (mix FR)	16 Mt/CO _{2eq}	254 Mt/CO _{2eq}	1 164 Mt/CO _{2eq}
Totale des émissions de carbone évitée par le projet (mix EU)	251 Mt/CO _{2eq}	489 Mt/CO _{2eq}	1 164 Mt/CO _{2eq}

Figure 12: Estimation des émissions de gaz à effet de serre évitées durant la durée de vie du projet au regard du mix énergétique français et du mix énergétique européen

Bien que le secteur électrique français ait déjà des émissions de gaz à effet de serre relativement faibles grâce à la forte part du nucléaire, le projet contribue néanmoins à la réduction de ces émissions. En revanche, par rapport au mix électrique européen, la présence de centrales à charbon à moins de 100 km du projet entraîne une réduction significative des émissions.

L'Ae salue le soin méthodologique et l'analyse menée par ÉS concernant les émissions de GES et la synthèse des impacts positifs du projet.

3.1.4. Autres enjeux

Le bruit et vibrations

Le projet génère des émissions sonores et vibratoires, en particulier en phase de réalisation des forages de par le fonctionnement des équipements de forage en continu pendant toute la durée de foration mais également en raison du risque sismique induit. Les aspects vibratoires de sismicité induite font l'objet d'une analyse particulière (cf chapitre 3.1.2 du présent avis).

Dans le cadre de l'étude d'impact de la phase de forage, une étude acoustique a été réalisée, incluant des mesures de l'état actuel du site. Les résultats montrent que les activités de forage seront presque imperceptibles pour les zones à émergence réglementée (ZER) les plus proches des habitations (à 800 m). Les exigences réglementaires seront respectées durant toute la durée des travaux. Le site, avec le projet de forage, est conforme aux normes en vigueur.

Un prestataire sera désigné au début du forage pour effectuer de nouvelles mesures acoustiques afin de garantir la conformité continue. Si une non-conformité est détectée, des mesures de réduction du bruit, comme des capotages acoustiques, seront mises en place.

Par ailleurs, une étude acoustique complémentaire sera effectuée par ÉS pour simuler l'impact sonore de la phase d'exploitation de la centrale existante et des nouvelles installations. Cette étude permettra de vérifier que les niveaux sonores respectent les exigences réglementaires pour les deux centrales.

La société ÉS étudie la possibilité de raccorder certaines machines au réseau électrique de distribution et de n'utiliser les groupes diesel qu'en cas de secours. Dans tous les cas, les équipements utilisés seront insonorisés si nécessaire, notamment les groupes électrogènes et les pompes électriques centrifuges.

En termes de vibrations, les travaux de foration sont de très faible énergie et ne sont pas susceptibles d'être perceptibles hors de la plate-forme et encore moins d'induire des gênes et nuisances aux bâtiments et habitants les plus proches.

Trafic routier

La centrale géothermique est accessible uniquement via la route départementale RD243 reliant Rittershoffen à Niederbetschdorf. D'après les données de 2019 du Conseil départemental du

Bas-Rhin, le nombre de véhicules circulant sur la route départementale RD243 est 3 780 véhicules par jour dont 250 poids-lourds/jour en moyenne.

Les incidences sur le trafic seront limitées et concerneront la mise en place puis le repli du chantier sur une période de 3 mois (une centaine de passages de véhicules lourds s'étalant sur cette période), puis une circulation de un ou deux véhicules par jour lors des travaux de forage.

Émissions lumineuses

Les travaux de forage sont réalisés en continu (jour et nuit), nécessitant un éclairage minimum, et donc un impact temporaire. En phase d'exploitation, l'impact lié aux émissions lumineuses restera inchangé. L'utilisation de projecteurs directionnels permettra de concentrer l'impact sur les zones de travaux nécessitant d'être éclairées pour ainsi limiter la pollution lumineuse en période de forage.

Patrimoine et paysage

La centrale géothermique de Rittershoffen se situe dans un paysage rural et agricole. Le paysage se définit par des zones agricoles en périphérie et une forêt à 200 mètres au sud.

La société ÉS propose un habillage des installations avec un bardage bois et/ou écran végétal sur le côté ouest ainsi que la mise en œuvre de haie arbustive pour favoriser l'intégration paysagère.

Les impacts seront temporaires (phase forage) et similaires à ceux de tout chantier.

Les monuments historiques identifiés dans la demande d'autorisation sont situés à plus de 2,5 km du projet, ÉS estime qu'il n'y a aucun impact visuel avec le projet.

Le pétitionnaire précise que la réalisation d'un diagnostic archéologique préalablement aux travaux est prévue, des fouilles seront effectuées le cas échéant. À cet effet, la DRAC Grand Est a pris un arrêté préfectoral portant prescriptions de diagnostic archéologique SRA n°2023/A105 daté du 28/03/2023.

Les milieux et la biodiversité

La centrale géothermique de Rittershoffen est un site existant d'une surface limitée d'environ 2,3 ha et présente peu d'attrait pour la faune et la flore. Elle est bordée de terrains agricoles en cultures et n'affecte aucun réservoir biologique ou corridor. Les terrains accueillant la centrale sont situés en dehors de toute zone naturelle remarquable. Au vu de l'état existant du site et du projet qui ne nécessite pas de travaux d'extension, la société ÉS considère l'impact du projet sur la flore et la faune locale comme très faible.

Émissions de radon et accumulation de radioéléments

Le substrat granitique du bassin rhénan contient naturellement divers radionucléides, notamment ceux issus de la désintégration de l'uranium 238 et du thorium 235, tels que le radium 226, le radium 224, le radium 228 et le plomb 210.

Ces radionucléides se retrouvent dans les saumures exploitées par les centrales géothermiques en raison de processus de lessivage. Conformément au décret n°2006-649 du 2 juin 2006 sur les travaux miniers, le projet de nouveau doublet à Rittershoffen sera soumis à un plan de surveillance des rayonnements ionisants.

Lors des forages, aucun rejet de fluide géothermal ni de radioéléments dans l'environnement ne se produira. Un plan de surveillance devra confirmer l'absence d'incidence des rayonnements ionisants sur les travailleurs et les populations environnantes. Le seul risque concerne l'accumulation de radioéléments dans les installations de surface lors des essais. Des mesures seront effectuées par une Personne Compétente en Radioprotection (PCR) et, en cas de dépassement du seuil de 1 mSv/an¹⁴, un périmètre à accès restreint sera mis en place. Les résidus radioactifs seront traités par un centre agréé.

En phase exploitation, un plan de surveillance spécifique aux rayonnements ionisants sera intégré à la demande d'exploitation.

14 La réglementation française fixe à 1 millisievert (mSv) par an la dose efficace maximale admissible résultant des activités humaines en dehors de la radioactivité naturelle et des doses reçues en médecine.

Déchets

En phase de travaux, le projet entraînera la production de déchets de chantier, métalliques et ferrailles, DIB et déchets dangereux liés à l'entretien du site (boues des séparateurs d'hydrocarbures) et à la maintenance des équipements (déchets d'huile...).

Lors des opérations de forage, le pétitionnaire prévoit la collecte des déchets de chantier et leur tri en vue de leur élimination vers les filières adéquates.

Les déchets dangereux produits seront stockés et évacués vers une filière de traitement adaptée, les déchets radioactifs à Radioactivité Naturelle Renforcée (RNR) feront l'objet d'un stockage sécurisé et réglementé, un plan de gestion de ces déchets sera établi.

L'opération de forage entraîne également la formation de boues dont la qualité dépend :

- de la nature des roches forées ;
- des additifs de forage utilisés pour lesquels le pétitionnaire signale, sans engagement, qu'il favorisera l'utilisation de produits non toxiques et biodégradables.

L'Ae rappelle au pétitionnaire qu'il convient toutefois de procéder à une caractérisation de ces boues de forage afin de définir la filière de traitement vers laquelle les orienter.

3.2. Analyse des effets cumulés

Les avis de l'Autorité Environnementale pour la période de 2018 à 2024 ont été consultés sur le site des Missions Régionales d'Autorité Environnementales (MRAe). Ces avis concernent les projets situés dans un rayon de 5 km autour de la zone d'étude, incluant plusieurs communes.

Parmi les projets étudiés, l'exploitant relève le projet de construction d'un entrepôt de stockage « Hatten 2 » par Striebig Logistique (avis du 10 juin 2022). En raison de la distance entre les deux sites et de l'absence de lien direct entre les projets, aucun effet cumulatif n'est attendu. Le projet ne risque pas de voir ses impacts aggravés ou amplifiés par les incidences d'autres projets.

D'autres projets de géothermie sont en cours dans le Nord Alsace, notamment à Soultz-sous-Forêts (à plus de 6 km) et à Wissembourg (à plus de 12 km).

En raison de la distance entre les sites et de l'absence de lien direct, il n'y a pas d'incidences cumulées prévues.

Les interférences hydrauliques et sismologiques ont été étudiées : la perturbation hydraulique s'étend jusqu'à 2 km autour des puits en direction des failles, tandis que la micro-sismicité est localisée dans une zone similaire¹⁵.

Bien que les projets ciblent des structures différentes, une connexion hydraulique faible ne peut être totalement exclue. Cette interférence sera mesurée après forage, et le cumul des volumes, pressions et refroidissements locaux sera pris en compte pour minimiser les risques.

Les 4 puits de Rittershoffen seront gérés conjointement pour optimiser la gestion des ressources et minimiser les impacts.

L'Ae n'a pas d'observation à formuler sur ces points.

3.3. Résumé non technique

Conformément aux dispositions de l'article R.122-5 du code de l'environnement, l'étude d'impact est accompagnée d'un résumé non technique. Celui-ci présente le projet, les différentes thématiques abordées et les conclusions de l'étude.

15 Le dossier précise que la perturbation hydraulique liée aux opérations de production ou d'injection est largement conditionnée par les propriétés hydrauliques du réservoir, notamment la perméabilité des failles. Dans le cas du fonctionnement d'un doublet, cette perturbation s'étend environ une longueur totale d'environ 2 km autour d'un puits dans une direction parallèle aux failles (globalement Nord-Sud) et environ 500 m dans une direction perpendiculaire aux failles.

De la même façon, la grande majorité des événements micro-sismologiques induits est localisée dans une ellipse de grand et petit diamètre de respectivement 2 km et 500 m autour du puits d'injection. Ce résultat est confirmé par l'observation de la localisation de la micro-sismicité induite sur les sites de Soultz et Rittershoffen.

Il est également précisé que le fonctionnement du doublet actuel de Rittershoffen et la connexion avec les puits existants seront pris en compte dans le design des ouvrages qui font l'objet de la présente demande (cible, profondeur, injecteur/producteur), et que les 4 puits qui existeront à Rittershoffen seront gérés conjointement.

Cependant, compte tenu des compléments apportés à l'étude d'impact initiale, l'Ae recommande au pétitionnaire de mettre à jour son résumé non technique en y intégrant les éléments de l'addendum.

4. Étude des dangers

Conformément à la réglementation relative aux demandes d'autorisation d'ouverture de travaux miniers, le dossier doit comporter une analyse précisant la compatibilité des risques industriels du projet avec la sécurité publique.

Si le décret n°2006-649 modifié n'impose pas d'étude de dangers pour les travaux de recherche et d'exploitation de gîtes géothermiques, **l'Ae salue le choix du pétitionnaire de s'appuyer sur la méthodologie requise pour les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et précisée en termes de moyens et d'objectifs par la réglementation¹⁶.**

Identification et caractérisation des sources de dangers

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques, la société ÉS a recensé 12 scénarios dont 2 d'entre eux ont fait l'objet d'une analyse plus détaillée au regard de leur cotation en intensité-probabilité. Il s'agit de la fuite et inflammation de gasoil non routier et des phénomènes dangereux susceptibles de se produire en cas de fuite sur une bouteille d'acétylène (UVCE, flash-fire ou feu torche).

La société ÉS précise que les scénarios concernant la remontée de gaz inflammable dans le forage présenteraient *a priori* les niveaux de gravité les plus importants mais leur probabilité d'apparition reste très faible du fait du contexte géologique local et des moyens de prévention mis en œuvre. Les conséquences de ce type d'évènement sont difficilement prévisibles, elles sont singulières et directement liées à la nature de la poche de gaz rencontrée, pour cela aucune modélisation relative à ces remontées de gaz n'est réalisée.

Le pétitionnaire a réalisé une étude spécifique liée à la sismicité induite et a soumis celle-ci à tierce-expertise (cf chapitre 3.1.2 du présent avis).

Quantification et hiérarchisation des phénomènes dangereux examinés

Le pétitionnaire précise les critères retenus pour sa grille d'analyse de la criticité à partir de la cotation de la probabilité d'apparition des événements et la gravité de leurs effets.

Les effets des phénomènes dangereux étudiés resteraient intégralement confinés à l'intérieur des limites de propriété et aucun phénomène dangereux n'est positionné en situation de risque inacceptable pour les populations.

Identification des mesures prises par le pétitionnaire

Compte tenu des risques identifiés, le pétitionnaire prévoit des mesures techniques et organisationnelles pour prévenir tout événement ou en limiter les conséquences :

- mesures préventives générales (surveillance du site, organisation du chantier, permis de travail, permis de feu, prise en compte du risque électrique...);
- mesures préventives spécifiques aux opérations de forage (programme de suivi mis en œuvre lors du forage, contrôles des ouvrages par diagraphies différées, matériel conforme, modes opératoires, formations, habilitations et autorisations *ad'hoc*);
- mesures et dispositifs de protection contre l'incendie.

La conception de la plateforme de forage du projet de Rittershoffen intègre les principes de gestion du risque incendie, validés par le Service départemental d'incendie et de secours (SDIS) du Bas-

¹⁶ Arrêté ministériel du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

Rhin sur le site d'Illkirch.

Le site sera équipé d'un poteau d'incendie et d'une aire d'aspiration au niveau du grand bassin de rétention, avec un volume d'extinction estimé à 120 m³ pour une intervention de 2 heures.

Les eaux d'extinction seront confinées et stockées dans des buses en béton d'une capacité de 200 m³, avec un bassin bâché de 6 000 m³ en cas de surplus.

Le matériel anti-incendie sera disponible pendant le forage, et les équipes formées à son utilisation. Électricité de Strasbourg s'assurera que les eaux du bassin de stockage sont compatibles avec les équipements du SDIS.

METZ, le 2 octobre 2024

Pour la Mission Régionale
d'Autorité environnementale,
le président,



Jean-Philippe MORETAU