Annexe 5 : MEMOIRE PRECISANT LES MESURES MISES EN OEUVRE ET ENVISAGES CONCERNANT L'IMPACT DES TRAVAUX SUR LES PHENOMENES NATURELS ET SISMIQUES

Conformément à l'article L164-1-2 du code minier en vigueur depuis le 25 août 2021, la présente annexe a pour but de préciser les mesures mises en œuvre et celles envisagées pour identifier la géologie du sous-sol impactée par les travaux et comprendre les phénomènes naturels, notamment sismiques, susceptibles d'être activés par les travaux, afin de minimiser leur probabilité, leur intensité ainsi que les risques de réapparition de tels phénomènes après leur survenance éventuelle, en vue de protéger les intérêts mentionnés à l'article L. 161-1.

1. Risques naturels identifiés

D'après la carte des zones de sismicité accessible sur Géoportail, la commune de Cormelles-le-Royal est située dans une zone de sismicité faible.

Les autres risques recensés sur la commune par Géorisque sont :

- Le risque inondation :
  - Un PPR existe sur la commune cependant le projet se situe hors zone d'aléa
- Le risque retrait gonflement des argiles :
  - La commune de Cormelles-le-Royal est exposée sur la plus grande partie de son territoire à un aléa argile faible. Le site d'étude est situé en aléa faible.
- Le risque radon :
  - Le risque est indiqué comme faible sur la commune, niveau le plus bas possible d'après la cartographie.

2. Mesures mises en œuvre et envisagées pour connaître la géologie du sous-sol impacté

Le projet s'intéresse à la nappe calcaire présente à faible profondeur au droit du projet. Ainsi les forages possèdent une profondeur prévisionnelle de 60 m. A cette profondeur la géologie est bien connue dans la bibliographie et a été confirmée au droit du site par le forage de reconnaissance réalisé sur site lorsque le projet relevait de la GMI. Les modélisations thermiques et hydrodynamiques ont par ailleurs permis d'estimer l'impact futur de l'installation qui est assez faible sur l'environnement.

Le présent projet s'inscrit dans le cadre de la géothermie dite de « Très Basse Energie » caractérisée par l'exploitation d'une ressource à faible profondeur (ici 40 m) et assistée par pompe à chaleur avec une température de nappe de 12 à 13°C.

3. Généralité sur les phénomènes naturels susceptibles d'être activés par les travaux – Géothermie Profonde

Grand principe de la géothermie profonde

Pour la présentation des généralités de la géothermie profonde, on se basera sur le rapport d'INERIS de 2017 « Etat des connaissances sur les risques, impacts et nuisances potentiels liés à la géothermie profonde. Rapport INERIS DRS-16-157477-00515A, 2017 ».

Plusieurs approches existent pour classifier la ressource géothermale. La classification la plus fréquente distingue les sites à basse, moyenne et haute enthalpie, sur la base de la température des réservoirs ; d'autre approches prennent en compte le type de production (chaleur et/ou électricité) ou reposent sur une classification juridique, fonction de la profondeur et de la température. Ces classifications ne prennent en revanche pas en compte des caractéristiques géologiques, tectoniques et hydrothermales qui peuvent être très variables d'un site à l'autre et qui ont une influence directe sur le choix de la méthode d'exploitation de la ressource géothermale, qui à son tour a un impact sur les caractéristiques et l'occurrence de la sismicité induite.

Aussi, une autre classification proposée dans le rapport de l'INERIS distingue :

- Les champs géothermiques conventionnels (Conventional Geothermal Fields – GF, aussi appelés systèmes hydrothermaux dans la littérature) : réservoirs souterrains fracturés à haute température (>200°C) et peu profonds (< 3 km), situés dans les régions volcaniques (avec ou sans magmatisme) ou tectoniques actives où le transfert de chaleur se fait par convection. Des processus naturels, tels que l'infiltration des eaux météoriques, permettent la recharge en eau des réservoirs qui peuvent être à dominante liquide ou vapeur. La perméabilité élevée de la matrice et/ou des fractures, ainsi que les volumes importants de fluide géothermal, permettent l'exploitation de ces réservoirs via des puits producteurs qui transportent en surface les fluides chauds.
- Les aquifères sédimentaires (Sedimentary Aquifers - SA) : formation rocheuse sédimentaire peu profonde (1 – 4 km) et perméable où le fluide géothermal (30 – 150°C) peut circuler naturellement grâce aux failles et fractures existantes ou par porosité du milieu, permettant le transfert de chaleur par conduction. Ce type de systèmes géothermiques se retrouve généralement dans les régions tectoniques passives, sans volcanisme ou tectonisme récent ;
- Les systèmes pétrothermaux (PS) : roches cristallines ou sédimentaires denses à haute température (>150°C) et faible perméabilité naturelle, caractérisées par l'absence ou par des volumes relativement faibles de fluides, où le transfert de chaleur se fait par conduction. Des opérations de stimulation sont nécessaires pour améliorer la perméabilité du système et augmenter le volume de fluide, à travers des injections sous pression. Font partie de cette catégorie, les systèmes HDR (Hot-Dry Rock) et EGS (Enhanced Geothermal Systems). Il est à noter que la distinction

entre les systèmes HDR et EGS n'est pas nette, la définition des deux concepts variant selon les auteurs. Le concept de HDR, introduit dans les années 70, a été utilisé pour désigner la ressource géothermale contenue dans les socles cristallins caractérisés par la présence de roches chaudes, intactes et pratiquement sèches. En revanche, le concept de EGS, plus récent, désigne plus généralement tous les réservoirs, fracturés ou intacts, avec ou sans fluides, dans des roches à faible perméabilité et/ou porosité et qui doivent être stimulés artificiellement afin d'être exploités (Breede et al., 2013). Dans ce sens, les systèmes HDR peuvent être vus comme un cas particulier des EGS (e.g. Olasolo et al., 2016) et, très souvent, l'appellation initiale de HDR a été remplacée par EGS pour les projets géothermiques anciens.

- Les systèmes EGS dans le contexte des champs géothermiques conventionnels (GF-EGS) : dans certains cas particuliers, les systèmes géothermiques conventionnels (GF) requièrent des technologies de type EGS afin d'améliorer la perméabilité des réservoirs et ainsi permettre l'exploitation de la ressource géothermale.

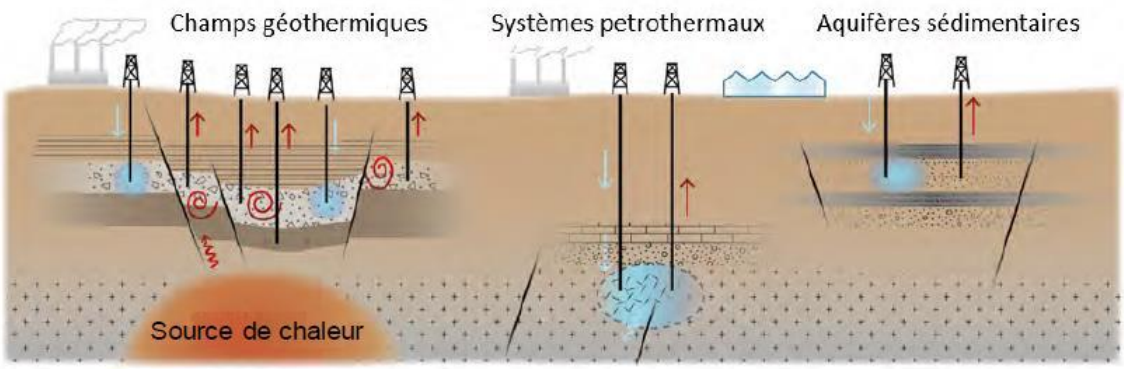


Figure 1: Figure représentant les différents systèmes géothermiques (source : INERIS)

Phénomènes de sismicité induit par la géothermie profonde

Dans les systèmes aquifères, les phénomènes de sismicité induite sont très rares. Tous les sites géothermiques développés dans ces systèmes aquifères sont caractérisés par la quasi-absence de sismicité induite : c'est le cas des Bassins Parisiens (aquifère du Dogger) et du Bassin aquitain.

Seuls 5 évènements de sismicité induite ont été relevés dans le monde mais sont liés à des conditions très particulières qui ne se rencontrent pas au niveau du projet. La sismicité se localise à des profondeurs significativement plus importantes par rapport à la profondeur maximale des puits et se développe principalement, ou en grande partie, dans le socle cristallin sous-jacent la couche sédimentaire ciblée par les opérations géothermiques. A Cormelles-le-Royal, le socle cristallin se développe à plus de 2000 mètres de profondeur, sous la formation de la Craie. Pour les séismes observés en Californie, Suisse et Allemagne, c'est la présence dans le socle de failles soumises à des contraintes élevées, mais aussi l'existence d'une connexion hydraulique entre

la zone d'injection et les couches plus profondes, qui jouent un rôle primordial dans le déclenchement des événements sismiques pour ce type de systèmes géothermiques.

C'est également ce mécanisme qui expliquerait l'absence de sismicité pour les sites SA développés dans le Bassin parisien (Dogger).

Les travaux de l'Ineris ont montré que la proximité des réservoirs géothermiques avec le socle cristallin est plus propice à l'occurrence de sismicité et apparait comme un facteur aggravant vis-à-vis de la sismicité anthropique. Cela est le cas pour les sites qui exploitent des réservoirs directement dans le socle, notamment lorsque le réservoir ciblé est à la frontière entre la couche sédimentaire et le socle sous-jacent. Dans ce cas, la sismicité se localise principalement ou entièrement au niveau du socle, alors que la réponse aux opérations géothermiques de la partie haute du réservoir, dans la couche sédimentaire, reste asismique.

La littérature consultée par les auteurs ne fait état d'aucun événement sismique ressenti en surface lorsque les systèmes SA exploitent des réservoirs en roches sédimentaire poreuses, ce qui sera le cas ici à Cormelles-le-Royal car l'injection sera réalisée dans un réservoir carbonaté et donc poreux sans mise en pression.

Phénomènes naturels susceptibles d'être activés par les travaux – Géothermie de surface

Les impacts potentiels de la géothermie de très basse énergie sur le sol, sous-sol et les eaux souterraines a été étudié par le BRGM dans le rapport public BRGM/RP-59837-FR qui peut servir de référence pour quantifier les phénomènes naturels susceptibles d'être activés par les travaux.

Parmi les risques pouvant être associés à la phase chantier ou exploitation, il n'est pas identifié d'impact potentiel pouvant concerner la sismicité. Les risques identifiés concernent principalement la mise en relation d'aquifère, la pollution par les eaux superficielle de la nappe et dans certains contextes gypseux ou argileux des phénomènes de dissolution ou gonflement respectivement. La géologie présente au droit du site ne présente pas de risque de dissolution ou retrait/gonflement et l'aquifère capté est la première d'eau souterraine traversée. De plus, les ouvrages seront repris par une tête étanche et positionnés dans des chambres enterrées cuvelées et rendues également étanches par la surface.

Les travaux ou l'exploitation de géothermie ne présentent donc pas de risque d'activation de phénomènes naturels au droit du site d'étude. En effet, toute l'eau prélevée sera intégralement réinjectée dans la même nappe n'induisant pas de déséquilibre quantitatif. Les modèles hydrodynamiques ont par ailleurs montré que la dénivellation positive ou négative à débit de pointe (cas défavorable) possède une amplitude plus faible que les variations naturelles de la nappe évitant toute incidence localement à proximité immédiate des forages. Il convient enfin de noter que le débit de pointe ne sera par ailleurs que ponctuellement appelé lors de l'exploitation (environ 5 % du temps de fonctionnement).

Conclusions

Il peut être conclu que les données recensées dans la littérature sur les risques liés aux opérations de géothermie profonde et les retours d'expérience d'exploitation sur la géothermie de surface en France apportent de fortes garanties sur le fait que les risques de sismicité liés au projet de géothermie à Cormelles-le-Royal soient nuls. Il en est de même des risques suivants, négligeables ou maitrisés :

- Eruption de fluides souterrains en surface,
- Fuite ou le débordement d'un réservoir en surface,
- Fuite sur le circuit primaire ou secondaire,
- Emission d'un volume excessif de gaz dissous,
- Mise en communication d'aquifères,
- Surrection ou soulèvement de la surface du sol,
- Subsidence ou l'abaissement de la surface du sol,
- Glissement de terrain.