

Cahier des charges – dérisquage d'une opération de géothermie profonde

Ce cahier des charges, visant à dérisquer les opérations de géothermie profonde, complète le cahier des charges existant de l'ADEME sur la géothermie profonde avec application industrielle ou en réseau de chaleur¹, notamment lorsqu'il semble utile de mener des opérations préalables de recueil de données. Il précise ainsi les étapes à ajouter en début de section 3 « Caractérisation des ressources géothermiques ». Cette approche permet également d'imaginer ce que pourrait être le minimum requis et demandé par le Fonds géothermie² (fonds de garantie du risque géologique géré par la SAF-Environnement) pour bénéficier de la couverture Court Terme (et Long Terme).

L'exploration géothermique pour la production de chauffage urbain et/ou de chaleur industrielle comporte une analyse de la ressource en 2 aspects :

- l'existence et la qualification d'une ressource à court terme (couple débit – température),
- la durabilité des ressources à long terme au cours de l'exploitation (percée thermique, évolution de la productivité / injectivité des ouvrages, filtration).

Bien que l'existence et la qualité de la ressource géothermale à court terme concentre les attentions, il est primordial d'intégrer dès le début du projet les contraintes d'exploitation afin de concevoir et adapter un projet industriel réaliste. Les études court terme sont liées aux ressources et sont essentiellement géologiques et hydrogéologiques, à savoir :

- l'analyse d'une température suffisante,
- l'approche de la productivité des forages (liée à la perméabilité du réservoir),
- l'estimation de la qualité du fluide géothermal prévisionnel pour le futur exploitant.

D'autres facteurs non géologiques entrent dans le cadre du processus de décision tels que l'acceptation juridique, sociale ou environnementale. L'objectif de la phase d'exploration est de prouver l'existence d'une ressource exploitable commercialement tout en accompagnant l'émergence du projet au sein d'un territoire.

L'étude de dérisquage présentera notamment :

- l'exploitation des connaissances existantes,
- si nécessaire, la revalorisation de ces données,
- si nécessaire, l'étude de l'acquisition de données complémentaires,
- si nécessaire, l'acquisition des données complémentaires,
- une étude de niveau APS (présentée dans le cahier des charges ADEME).

La méthodologie ci-après propose 5 phases de travail, la dernière étant l'APS (Avant-Projet Sommaire) permettant d'engager l'opération et le soutien financier du Fonds Chaleur³ et l'éligibilité au Fonds de couverture du risque géologique Court Terme géré par la SAF-Environnement.

¹ <https://www.enrchoix.idf.ademe.fr/ressources/geothermie/cdc-etude-faisabilite-geothermie-profonde.pdf>

² https://www.geothermies.fr/les-garanties#fonds_garantie_profonds

³ <https://agirpourlatransition.ademe.fr/entreprises/aides-financieres/2024/installations-production-chaleur-a-partir-geothermie-profonde>

Phase 1 : Exploitation des connaissances existantes

Des études préliminaires, nommées « synthèse sous-sol », consistent à recueillir et analyser les informations bibliographiques disponibles afin de construire une analyse économique théorique préliminaire. Elles permettent de déterminer l'intérêt d'études géologiques plus poussées :

- analyse ou achat de données géo-scientifiques disponibles comme les cartes géologiques, cartes géophysiques, flux de chaleur régional, cartes générales (licences, topographiques, des domaines d'intérêt), l'imagerie aérienne et satellite, ...
- analyse des données de forages existants, de la lithologie et leurs diagraphies,
- analyse des données et rapports existants avec définition des caractéristiques prévisionnelles sur la géologie, l'hydrogéologie, la géochimie, la géophysique, le gradient géothermique, ...
- analyse des données non géo-scientifiques comme le cadre réglementaire (code minier, environnement, ...), les besoins de chaleur, le cadre économique et politique, l'analyse des partenaires potentiels (forage, génie civile, installation de surface).

Phase 2 : Revalorisation des données existantes

Les anciennes campagnes exploratoires pétrolières (principalement en sismique réflexion), ainsi que la réalisation de forages d'exploration avec leurs données associées (données de puits, diagraphies, carottages, ...) permettent généralement d'avoir un échantillonnage des zones d'intérêts. La revalorisation de ces données permet d'approfondir la connaissance du sous-sol via par exemple de l'interprétation sismique moderne, des modèles thermiques, des analyses diagraphiques fines. Les rapports BRGM/RP-69790-FR⁴ et BRGM/RP-70726-FR⁵ donnent une vision détaillée des méthodes actuelles, permettant d'apporter des connaissances complémentaires pour répondre aux incertitudes spécifiques de la zone étudiée.

La revalorisation des données sismiques doit être priorisée car elle représente une information à l'échelle du projet (non ponctuelle). Les données brutes⁶, si disponibles, seront retraitées avec les algorithmes modernes de traitement sismique qui ont très sensiblement progressé ces dernières décennies. Ces données retraitées devront également faire l'objet d'une réinterprétation qui consistera essentiellement à pointer les horizons sismiques principaux, les discontinuités (failles) ainsi que les structures géologiques majeures. L'intégralité de ce travail préliminaire aboutira à la construction d'un modèle structural des zones d'intérêts.

En complément de l'interprétation des toits et murs des formations géologiques et principales structures, il est fortement recommandé de réaliser un test d'interprétation quantitative sur une sélection des données sismiques retraitées si les diagraphies de puits (à minima GR, Densité, Neutron, Sonique) sont disponibles dans le périmètre d'étude ou à une distance allant jusqu'à 20 km de la zone d'étude. En fonction de la qualité des résultats obtenus, le processus d'interprétation quantitative sera appliqué à l'intégralité des données sismiques retraitées de la zone.

⁴ <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-69790-FR.pdf>

⁵ <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-70726-FR.pdf>

⁶ <http://www.minergies.fr/fr/cartographie>

Phase 3 : Étude pour l'acquisition de données complémentaires

Dans la zone d'étude, si aucune donnée sismique et de puits n'est valorisable, il faut envisager un programme d'acquisition de données complémentaires, dont l'objectif est de répondre aux incertitudes (profondeur de la ressource, extension latérale, épaisseur utile, porosité/perméabilité, température du réservoir, ...) qui peut comprendre :

- la définition des paramètres d'acquisition de la future campagne exploratoire,
- une étude de pré faisabilité avec prise en compte des paramètres d'acquisition sismique (2D ; 2D HD ; 2,5D ou 3D), analyse de la réponse acoustique du sous-sol, des contraintes non géoscientifiques de surface (accessibilité) et des contraintes réglementaires,
- la définition de la stratégie pour l'imagerie non sismique (campagne électro-magnétique active ou passive, VSP, champs potentiels, MT, ...),
- la définition de la stratégie pour l'acquisition de toutes autres données (données de puits sur puits actifs ou anciens, ...).

Les moyens d'acquisitions de données innovants et modernes seront à privilégier pour permettre d'accéder à un niveau d'informations supérieur aux données déjà existantes.

Phase 4 : Acquisition et traitement de données complémentaires

Cette phase est la mise en œuvre des préconisations de la phase précédente (**Phase 3**). Ces acquisitions pourront être indirectes (méthodes géophysiques, ...) ou directes (tests sur puits existants, réouvertures de puits, ...). Dès lors que les nouvelles données auront été acquises débutera la phase de traitement et d'interprétation des données.

Concernant les données sismiques, il est attendu l'atteinte d'un cran supérieur dans l'interprétation de la cible géothermale par le biais des attributs sismiques dérivés, dès lors que l'acquisition aura bénéficié d'un maillage permettant une imagerie en 2 ou 3 dimensions. La phase de traitement et d'interprétation demande une rigueur et un temps d'exécution incompressible. Une interprétation quantitative, comme évoquée en **Phase 2**, devra être réalisée si des données de puits sont disponibles. L'interprétation sismique permettra d'identifier les principales couches géologiques ainsi que les failles et structures géologiques majeures.

L'interprétation des autres données acquises (non sismiques) permettra de répondre aux problématiques spécifiques identifiées en **Phase 2**.

Au droit de l'implantation envisagée pour les puits, le niveau d'information apportée lors de cette phase devra être à minima équivalent à celui d'une **Phase 1** ou d'une **Phase 2** (en fonction du contexte géologique, voir **Conclusion**). A l'issue de cette phase, les recommandations pour un programme de forage d'exploration, transformable en forage d'exploitation seront dressées.

Il peut être envisagé d'inclure dans la **Phase 3**, le suivi de la qualité et la réception des travaux prévus dans cette phase.

Phase 5 : Étude de niveau APS pour la réalisation d'une opération géothermique

En cohérence avec le cahier des charges de l'ADEME, l'étude de faisabilité présentera notamment :

- une analyse du contexte géologique (en tenant compte de toutes les études et acquisitions de données préalablement exécutées),
- des recommandations pour un forage d'exploration (si nécessaire),
- un choix de l'horizon géologique,
- une coupe géologique prévisionnelle (profondeurs, épaisseurs, stratigraphie, ...),
- les caractéristiques hydrogéologiques du réservoir (perméabilité, porosité, transmissivité, pression statique, ...),
- une modélisation (même sommaire des impacts thermiques et hydrodynamiques de l'opération),
- les caractéristiques hydro-chimiques du fluide (viscosité, salinité, point de bulle, ...),
- les caractéristiques prévisionnelles d'exploitation (débit avec pompage et en artésianisme, température, pression, ...),
- le recensement des sites de forages potentiels,
- une analyse du risque d'échec.

L'étude présentera les coûts d'investissement ainsi que les coûts d'exploitation liés aux :

- travaux de génie civil de la plateforme de forage,
- forages du puits d'exploration (si nécessaire), du puits de production et de réinjection (doublet géothermique voire triplet),
- équipements de pompage et variateurs (production et injection),
- systèmes d'échanges de chaleur,
- autres équipements (pompe(s) à chaleur éventuelle(s), ...),
- travaux de construction de la centrale géothermique.

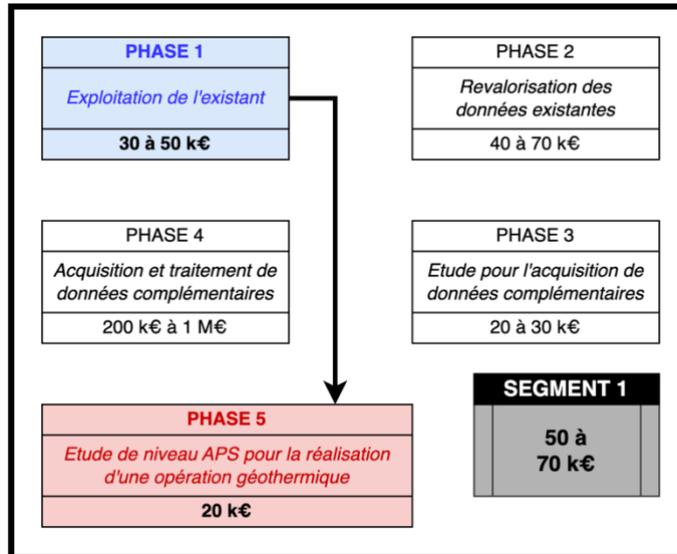
Conclusion

Les schémas récapitulatifs ci-dessous montrent que les différentes phases exploratoires (Phases 1 à 5) peuvent être rattachées aux segments de risques définis dans l'étude CAP GEMINI (qui adapte le fonctionnement du Fonds géothermie aux objectifs de la PPE 2028) :

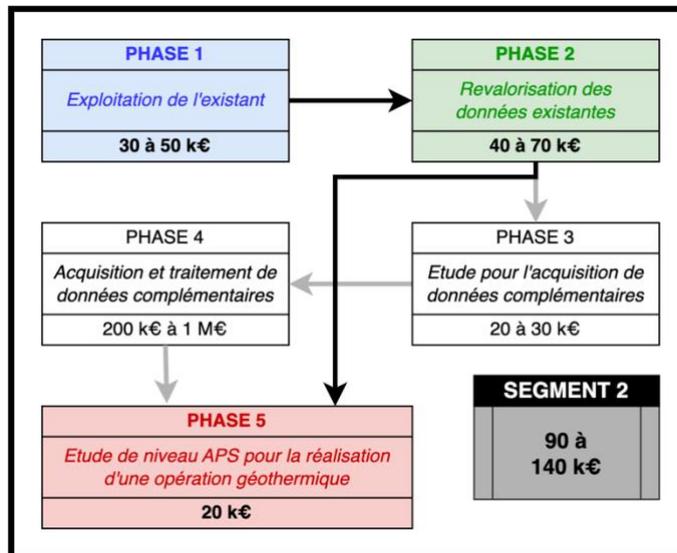
- Segment 1 – Projets présentant un risque faible : zone géologique et ressource géothermique connues.
- Segment 2 – Projets présentant un risque moyen : zone géologique connue mais ressource géothermique peu connue.
- Segment 3 – Projets présentant un risque fort : zone géologique et ressource géothermique mal connues.

Le Comité décisionnel du Fonds de garantie géothermie reste seul juge de la segmentation applicable à chaque projet.

Segment 1



Segment 2



Segment 3

