



Autorité environnementale

**Avis délibéré de l’Autorité environnementale
sur le permis exclusif de recherches (PER) de
gîtes géothermiques sur l’île de La Réunion dit
« Permis de Cafres-Palmistes »**

n°Ae : 2025-019

Avis délibéré n° 2025-019 adopté lors de la séance du 24 avril 2025

Préambule relatif à l'élaboration de l'avis

L'Ae¹ s'est réunie en visioconférence le 24 avril 2025. L'ordre du jour comportait, notamment, l'avis sur le permis exclusif de recherches (PER) de gîtes géothermiques sur l'île de La Réunion dit « Permis de Cafres-Palmistes ».

Ont délibéré collégalement : Sylvie Banoun, Nathalie Bertrand, Karine Brulé, Marc Clément, Virginie Dumoulin, Christine Jean, Noël Jouteur, François Letourneux, Serge Muller, Jean-Michel Nataf, Alby Schmitt, Éric Vindimian.

En application de l'article 4 du règlement intérieur de l'Ae, chacun des membres délibérants cités ci-dessus atteste qu'aucun intérêt particulier ou élément dans ses activités passées ou présentes n'est de nature à mettre en cause son impartialité dans le présent avis.

N'a pas participé à la délibération, en application de l'article 4 du règlement intérieur de l'Ae : Laurent Michel.

Étaient absent(e)s : Olivier Milan, Laure Tourjansky, Véronique Wormser.

* *
*

L'Ae a été saisie pour avis par la directrice générale de l'énergie et du climat, l'ensemble des pièces constitutives du dossier ayant été reçues le 31 janvier 2025.

Cette saisine étant conforme aux dispositions de l'article R. 122-26 du code de l'environnement relatif à l'autorité environnementale prévue à l'article L. 122-1 du même code, il en a été accusé réception et l'avis a vocation à être rendu dans un délai de trois mois.

Conformément aux articles R. 122-7 et R. 122-21 du code de l'environnement, l'Ae a consulté par courriers du 5 février 2025 :

- le préfet de La Réunion,
- le directeur général de l'Agence régionale de santé (ARS) de La Réunion, qui a transmis le 4 mars 2025 une contribution.

Sur le rapport de François Vauglin, qui s'est rendu sur site le 4 avril 2025, et de Véronique Wormser, après en avoir délibéré, l'Ae rend l'avis qui suit.

Pour chaque plan, programme et projet soumis à évaluation environnementale, une autorité environnementale désignée par la réglementation doit donner son avis et le mettre à disposition du maître d'ouvrage, de l'autorité décisionnaire et du public.

Cet avis porte sur la qualité de l'évaluation environnementale présentée par le maître d'ouvrage ou la personne responsable et sur la prise en compte de l'environnement par le plan, le programme ou le projet. Il vise à permettre d'améliorer sa conception, ainsi que l'information du public et sa participation à l'élaboration des décisions qui s'y rapportent. L'avis ne lui est ni favorable, ni défavorable et ne porte pas sur son opportunité.

Aux termes de l'article L. 122-9 du code de l'environnement, l'autorité qui a arrêté le plan ou le programme met à disposition une déclaration résumant la manière dont il a été tenu compte du rapport environnemental et des consultations auxquelles il a été procédé.

Le présent avis est publié sur le site de l'Ae. Il est intégré dans le dossier soumis à la consultation du public.

¹ Formation d'autorité environnementale de l'Inspection générale de l'environnement et du développement durable (IGEDD).

Synthèse de l'avis

La société Engie Énergie Services a déposé une demande de permis exclusif de recherches (PER) de gîtes géothermiques sur l'île de La Réunion dit « Permis de Cafres-Palmistes ». Un tel permis, s'il est octroyé, donne l'exclusivité de la recherche dans cette zone. Après une phase de prospection couverte par le PER, des forages d'exploration, puis une exploitation, peuvent en découler : ces nouvelles étapes seraient soumises à d'autres procédures pouvant nécessiter une nouvelle évaluation environnementale. Le présent avis de l'Ae porte spécifiquement sur le PER, mais formule en partie 3 des observations visant les prochaines étapes.

La demande de PER, déposée en 2021 et complétée en 2024, s'étend sur une superficie de l'ordre de 55 km², située entre le Piton des Neiges et le Piton de la Fournaise sur les communes de la Plaine-des-Palmistes et le Tampon.

La géothermie profonde s'inscrit dans les politiques nationales et locales, en particulier les programmations pluriannuelles de l'énergie de La Réunion.

Les principaux enjeux environnementaux du dossier sont, pour l'Ae :

- la préservation des habitats naturels et de la biodiversité,
- la préservation de la ressource en eau,
- la préservation du paysage,
- la réduction des émissions de gaz à effet de serre, par substitution d'une production d'électricité carbonée par la géothermie, source moins émissive,
- la maîtrise des risques naturels et sismiques.

Le PER en tant que tel permet de conduire, sous réserve du respect des procédures et réglementations applicables le cas échéant aux travaux concernés, des explorations géologiques, géochimiques et géophysiques de surface, afin de confirmer ou non l'existence d'une ressource géothermique exploitable. Selon les éléments présentés, leurs incidences environnementales résiduelles sont négligeables.

Les étapes pouvant conduire à une exploitation après le PER sont les travaux de forage, l'éventuelle demande de concession et les travaux d'exploitation associés. L'Ae recommande d'approfondir et d'actualiser, aux différentes étapes du projet, l'analyse de l'état initial, des enjeux environnementaux et des incidences afin de prioriser les secteurs à moindre enjeux pour l'implantation des forages et d'y affiner l'analyse. Ces études devront également porter sur la ressource en eau nécessaire aux forages et inclure les travaux de raccordement aux réseaux routiers et électrique.

D'ores et déjà, l'Ae recommande d'éviter, outre les zones à enjeu de biodiversité, les zones humides et les périmètres de protection rapprochés des captages d'eau destinée à l'alimentation humaine. Elle recommande aussi de travailler à l'intégration paysagère des équipements et installations dès les phases amont de la conception du projet.

L'ensemble des observations et recommandations de l'Ae sont présentées dans l'avis détaillé.

Avis détaillé

1. Contexte, présentation du programme de recherches et enjeux environnementaux

1.1 Contexte

L'île de La Réunion est le produit de l'activité volcanique d'un « point chaud » qui a provoqué la formation des trois îles de l'Archipel des Mascareignes : Maurice, La Réunion et Rodrigues. Le contexte volcanique de La Réunion a été considéré, depuis les années 1970, comme favorable au développement de projets de géothermie pour la production électrique, en particulier sur les zones considérées comme les plus propices (Piton de la Fournaise et Cirques du Piton des Neiges). La production d'énergie utilisant une source géothermale, énergie locale et renouvelable, permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques et d'accroître l'indépendance énergétique du territoire.

Plusieurs forages d'exploration géothermique ont été réalisés depuis plusieurs décennies mais aucun n'a permis à ce jour de mettre en évidence un réservoir géothermique exploitable. La dernière tentative de forage d'exploration a eu lieu dans la Plaine des Sables, sur le Piton de la Fournaise. Elle a été stoppée peu avant le début des travaux en raison du classement imminent de la zone visée au Patrimoine Mondial de l'Unesco. De nouvelles études ont été menées en 2015 par le bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) sur le potentiel géothermique profond de l'île.

Le Schéma régional climat air énergie de décembre 2013, cité par le dossier, affirme la volonté d'avoir 50 % d'énergies renouvelables dans le mix électrique en 2020² avant d'atteindre l'autonomie électrique visée à l'horizon 2030 inscrite dans la loi (article L. 100-4 du code de l'énergie). La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) de La Réunion 2019-2028, révisée et adoptée en 2022³, compte sur un mix énergétique en énergies renouvelables très diversifié et affiche un objectif de développement d'énergie géothermique de 5 MWe d'ici 2028 (les ressources renouvelables mobilisées par la PPE sont pour l'essentiel : photovoltaïque, bioliquide, biomasse, éolien). La puissance électrique installée au 31 décembre 2019 était de près de 900 MW. Les données du dossier sont plus anciennes et devront être actualisées.

² En pratique, la part d'énergies renouvelables dans la production électrique était en 2020 de 31,3 % (source : <https://oer.energies-reunion.com/sites/observatoire-energie-reunion/files/2021-12/ber-2020-chriffres-cles-fr.pdf>).

³ Adoptée par décret du 20 avril 2022 : https://www.reunion.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/decret_ppe2_joe_20220421_0093_0003.pdf.

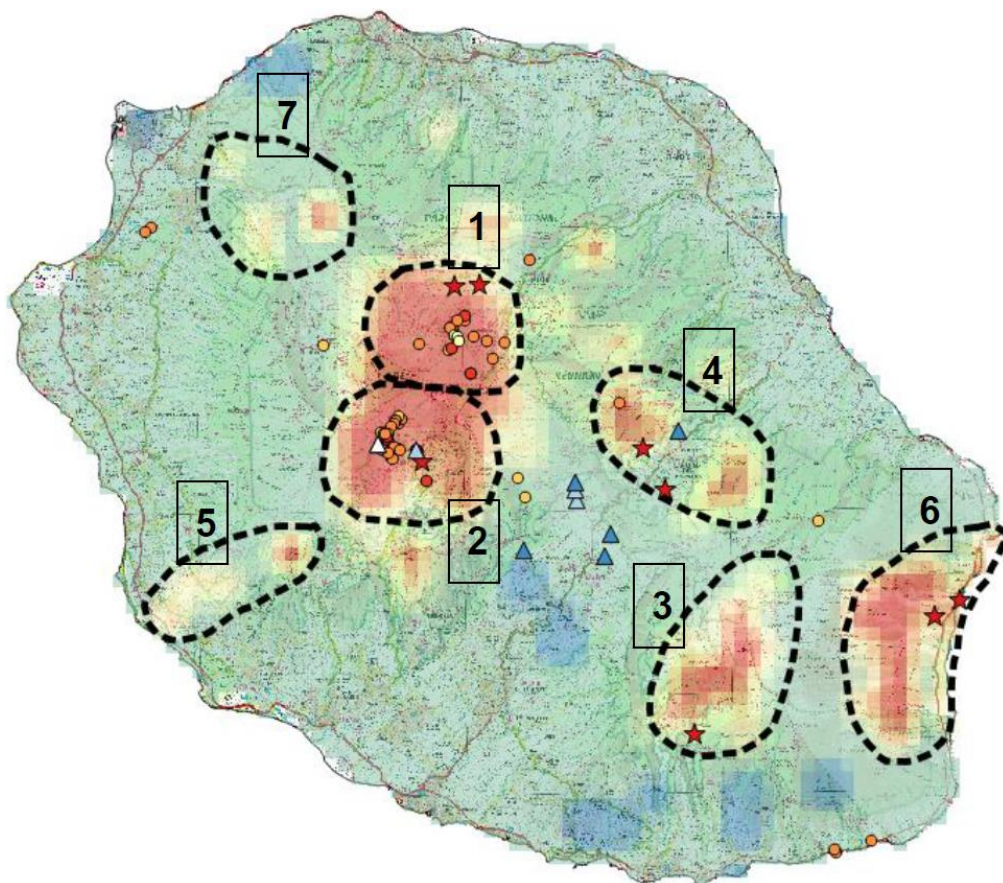


Figure 1 : Schéma des prospections géothermiques de La Réunion. Les aplats rouges figurent les densités à l'altitude -2 km (profondeur supposée d'un corps dense pouvant représenter une source de chaleur). Les tirets noirs délimitent les zones d'intérêt pour la géothermie⁴. Les principales sources hydrothermales (ronds), zones d'anomalies des gaz des sols (triangles) et forages géothermiques (étoiles) sont également indiquées (source : dossier).

Dans ce contexte, un permis exclusif de recherche (PER) de gîtes géothermiques dit « Cafres-Palmistes » a été sollicité en 2021 par Engie Solutions (filiale d'Engie pour le compte de laquelle Engie Énergie Services a déposé le dossier)⁵. La recherche de gîtes géothermiques profonds et de haute température suppose en effet l'obtention d'un PER, octroyé par le ministre chargé des mines, qui donne à un industriel le droit exclusif de mener des recherches puis de déposer des demandes de concessions minières dans le périmètre ayant fait l'objet des recherches.

Engie souhaite ainsi prospecter une zone encore mal connue mais présentant, selon le dossier, des indices favorables, et des contraintes d'accès et environnementales faibles. Elle est située entre le Piton des Neiges et le Piton de la Fournaise, dans le centre de l'île, en partie dans la Plaine des Cafres et la Plaine-des-Palmistes (à proximité du n° 4 sur la figure 1). Il s'agit de poursuivre l'exploration géothermique de surface qui, en cas de résultats positifs, sera suivie de forages d'exploration. Ce programme permettra de confirmer ou non l'existence d'un réservoir géothermique à « haute température » (supérieure à 150 °C) en profondeur, d'en préciser les caractéristiques notamment en termes de température et de perméabilité et enfin, de déterminer si cette ressource peut être

⁴ Dans les cirques de Salazie (1) et Cilaos (2), sous la plaine des Sables avec une extension majeure en direction de la rivière des remparts/Rivière de Langevin (3), à proximité de la plaine des Palmistes (4), le long du rift de l'Étang Salé au sud-ouest de l'île (5), le long de la côte est de l'île au pied du Piton de la Fournaise dans et en dehors de l'Enclos Fouqué (notamment vers le Nord) (6), au nord-ouest de l'île dans le prolongement d'un ancien rift volcanique (7).

⁵ Dans la suite de cet avis, « Engie » désignera indifféremment Engie, Engie Énergie Services ou Engie Solutions. Un autre permis exclusif de recherche de gîtes géothermiques dans le secteur « Piton des neiges » a été accordé à Albioma le 7 mars 2024, portant sur 79,64 km² dans les cirques de Cilaos et Salazie.

valorisée pour la production d'électricité, ce qui suppose la construction d'une centrale de production et son raccordement au réseau électrique.

La reconnaissance des zones à potentiel géothermique élevé en domaine volcanique consiste à caractériser les indices favorables à la présence d'un réservoir géothermal : une source de chaleur en profondeur, la présence d'eau, une perméabilité de la roche suffisante pour permettre les mouvements de fluides, notamment pour la recharge du réservoir et les transferts de fluides chauds vers la sub-surface).

En cas de découverte d'une ressource exploitable, Engie vise la production d'électricité et, selon les besoins identifiés, de chaleur (élevage, pisciculture, textile, tourisme thermal...).

1.2 Présentation du permis de Cafres-Palmistes

Le périmètre du PER couvre une partie des communes de la Plaine-des-Palmistes et le Tampon (la Plaine des Cafres). La demande limite à ce stade l'implantation d'éventuels forages à la Plaine des Cafres pour éviter le périmètre du parc national de La Réunion (cf. figures 2 et 3).

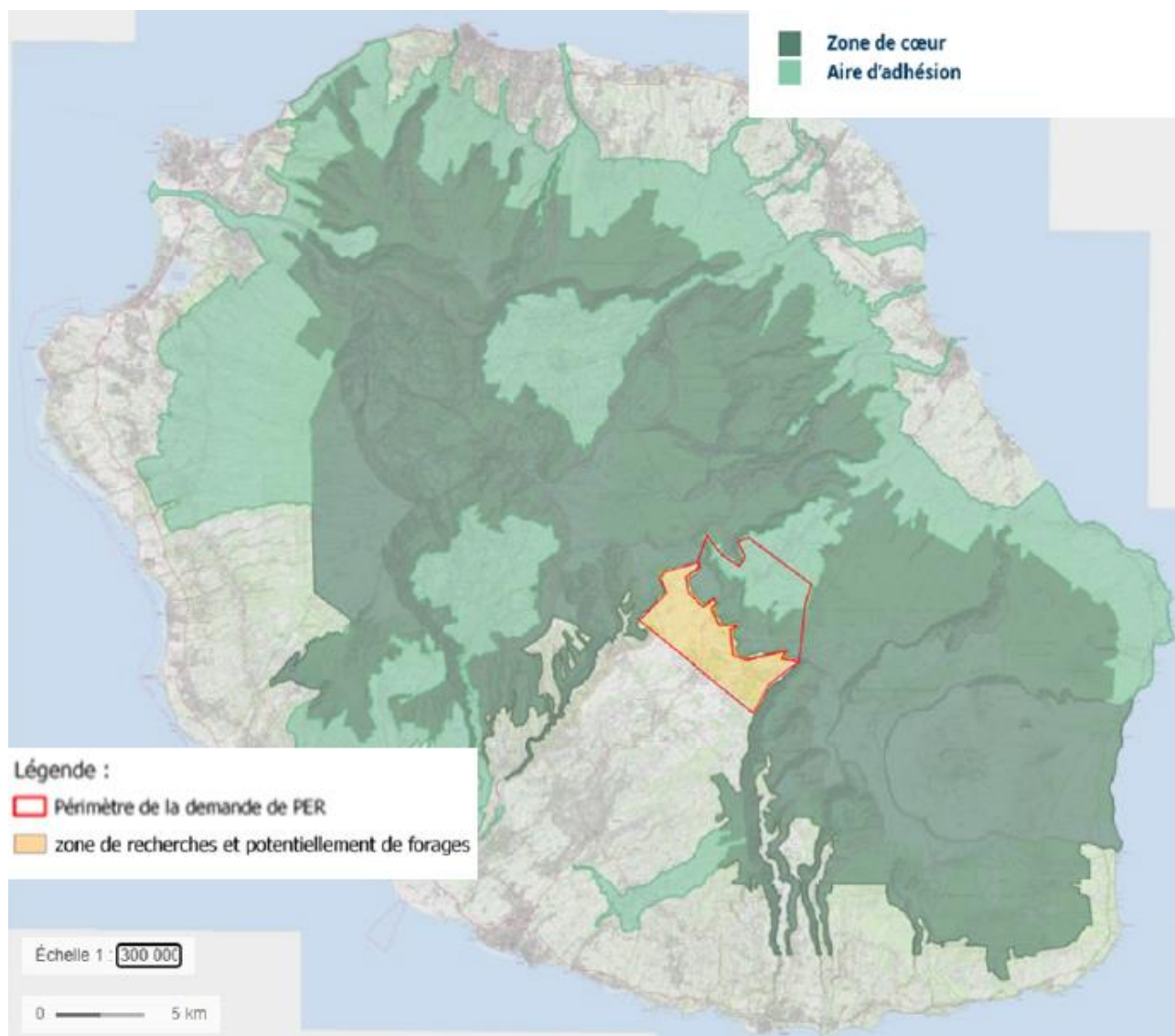


Figure 2 : Carte du parc national de La Réunion et localisation du PER (source : dossier).

La demande de PER a été actualisée fin 2024. L'actualisation visait notamment à prendre en compte des contraintes militaires (dont un dépôt de munitions et un champ de tir, figurés par les zones bleues figure 3), ce qui a réduit le périmètre. Toutefois, le périmètre initial couvre une superficie de 52,3 km² alors que le périmètre révisé couvre 54,9 km², sans explication sur cette apparente contradiction malgré la fourniture d'une annexe intitulée « Note de clarification du périmètre demandé ». En outre, de nombreuses cartes du dossier sont celles du PER avant réduction du périmètre. Enfin, le dossier annonce à de nombreuses reprises et dans ses différentes pièces une superficie de 32 km² sur la Plaine des Cafres et 24,5 km² sur la Plaine-des-Palmistes (le mémoire technique cite ce chiffre, mais aussi 20,3 km²), ce qui représente encore une surface totale différente.

L'Ae recommande de vérifier la cohérence des superficies du PER, le cas échéant de les corriger, et de mettre à jour les cartes du dossier pour tenir compte du périmètre effectivement sollicité.

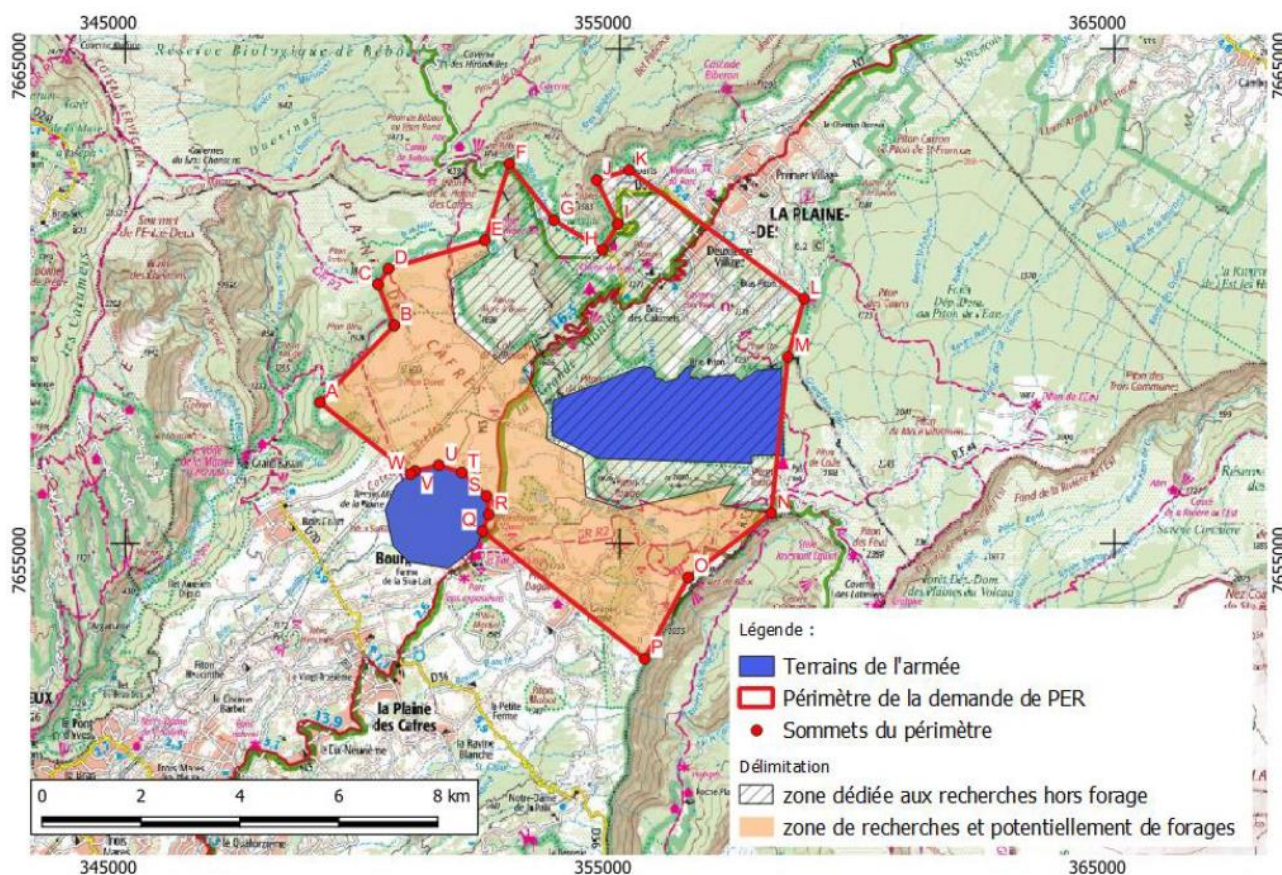


Figure 3 : Périmètre de la demande de PER de Cafres-Palmistes (source : dossier).

Le périmètre du PER sollicité est divisé en deux zones distinctes sur la figure 3 :

- en orange une zone de recherches scientifiques et d'implantation pour d'éventuels futurs forages,
- en hachuré noir, une zone uniquement de recherches et mesures (dont les forages d'exploration sont donc exclus « à ce stade »).

Le PER est demandé pour une durée de cinq ans, renouvelable deux fois. Le programme prévisionnel de travaux envisagés dans le cadre du PER comprend, outre l'analyse des travaux antérieurs :

- la réalisation de campagnes d'exploration de surface géologiques, géochimiques et géophysiques, et l'étude des données acquises,
- la réalisation d'un programme de forages d'exploration, après obtention d'une autorisation d'ouverture de travaux miniers au vu d'une étude d'impact,

- l'analyse des résultats des forages et la décision de poursuivre ou arrêter.

En cas de passage à l'étape de forages d'exploration, un ou plusieurs puits d'environ 1 200 m à 1 500 m de profondeur seront réalisés. La longueur forée sera plus importante du fait de la déviation probable des forages, permettant le cas échéant d'atteindre des zones propices situées sous le périmètre du parc national de La Réunion. Il est prévu de forer directement dans un diamètre permettant l'éventuelle exploitation ultérieure, soit au moins 8,5 pouces (environ 21,6 cm). Les plateformes de forage sont d'une surface unitaire d'environ 5 000 m² avec, si nécessaire, l'aménagement d'une voie d'accès. Des aires étanches, des caniveaux de collecte, ainsi que des bassins de rétention des eaux et des boues sont prévus. En cas de succès de l'exploration et de passage à une phase d'exploitation, la surface nécessaire pour une centrale est évaluée entre 7 000 m² et 1,5 ha.

Le mode d'exploitation privilégié est l'utilisation d'un ou plusieurs doublets (un puits de production et un puits de réinjection). L'exploitation en réinjectant le fluide géothermique permet de pérenniser la ressource en maintenant l'état de pression dans l'aquifère.

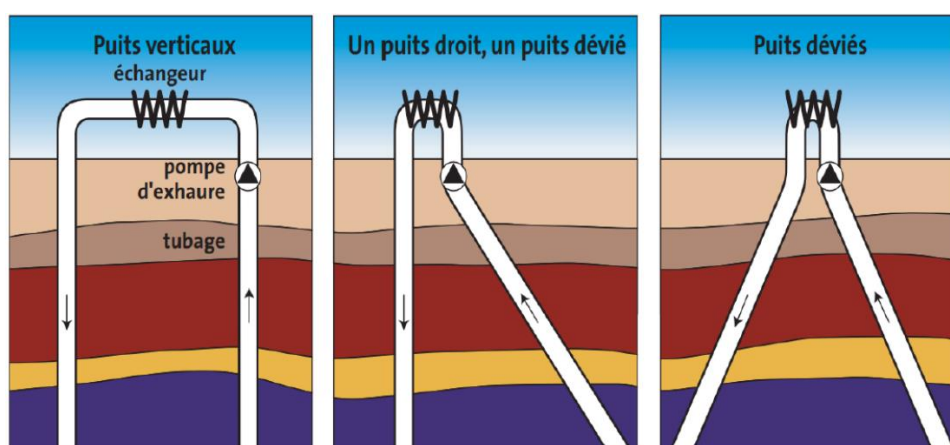


Figure 4 : Différents types de puits d'exploitation (source : dossier).

Le mémoire technique fournit une estimation des coûts des travaux associés au PER et à la réalisation de forages d'exploration (avec quelques incohérences dans le tableau détaillé de ces coûts). Au total, la réalisation de deux forages à 1 500 m de profondeur est estimée à 5,5 M€ et les coûts totaux de la phase de recherche et d'exploration à environ 6,7 M€.

1.3 Procédures

La société Engie Solutions a déposé en 2021 pour le compte d'Engie Énergie Services une demande de PER, pour une durée de cinq ans. Cette demande a été retenue et annoncée le 15 avril 2022 par la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) après mise en concurrence. Elle a fait l'objet d'une consultation du public par voie électronique du 8 septembre au 8 octobre 2023⁶. Une demande actualisée datée du 16 décembre 2024 a été déposée.

Le Conseil d'État a considéré dans ses décisions n° 468529, 468536 et 468537 du 12 juillet 2024⁷ que les octrois, extensions ou prolongations d'une concession minière sont considérés comme des

⁶ <https://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/consultation-publique-sur-la-demande-d-octroi-du-a2914.html> ; prévue par l'article L. 123-19-2 du code de l'environnement

⁷ <https://conseil-etat.fr/fr/arianeweb/CE/decision/2024-07-12/468529>.

plans ou programmes devant faire l'objet d'une évaluation environnementale. Le programme de recherches objet du présent avis incluant une demande de titre minier (même s'il s'agit d'un PER et non d'une concession), le pétitionnaire a complété son dossier le 13 janvier 2025 par une pièce complémentaire désignée « rapport environnemental » pour tenir compte de la nouvelle jurisprudence du Conseil d'État⁸.

L'approbation du titre minier donnant lieu à une décision ministérielle, l'Ae est l'autorité environnementale compétente.

Certains travaux de recherches (forages) seront soumis à autorisation environnementale et seront le cas échéant l'objet d'une évaluation environnementale. Le pétitionnaire devra alors solliciter une demande d'autorisation environnementale de travaux miniers auprès du préfet.

Si la décision d'exploiter est prise, une concession sera nécessaire ainsi qu'une autorisation d'exploiter. Ces étapes seront le cas échéant l'occasion d'actualiser l'évaluation environnementale, que ce soit au titre des plans et programmes ou des projets, tout comme les travaux de construction de la centrale et de réalisation des forages de production.

1.4 Principaux enjeux environnementaux du projet relevés par l'Ae

Compte tenu du périmètre couvert par la demande de PER et des informations données aux rapporteurs lors de la visite, les principaux enjeux environnementaux sont, pour l'Ae :

- la préservation des habitats naturels et de la biodiversité,
- la préservation de la ressource en eau,
- la préservation du paysage,
- la réduction des émissions de gaz à effet de serre par substitution d'une production d'électricité carbonée par la géothermie, source moins émissive,
- la maîtrise des risques naturels et sismiques.

2. Analyse de l'évaluation environnementale

Le rapport environnemental comprend une description de l'état initial général de l'environnement du périmètre du PER, des incidences notables possibles identifiées au stade du PER et une présentation de mesures d'évitement et de réduction qui relèvent de la bonne tenue de travaux d'exploration. Aucune mesure de compensation n'apparaît selon le dossier nécessaire à ce stade, outre le dédommagement éventuel d'agriculteurs « *selon les barèmes de la chambre d'agriculture départementale de la Haute-Garonne* », ce qui peut surprendre. Les études qui seront effectuées pour caractériser précisément l'état initial de l'environnement sont listées ; les protocoles retenus pour réaliser les inventaires naturalistes sont qualifiés de « *plus adaptés au contexte mahorais* », ce qui surprend également.

Les incidences probables des éventuelles phases ultérieures (forage d'exploration, exploitation) et les mesures d'évitement, réduction et compensation (ERC) sont brièvement décrites de manière générique et qualitative, ce qui n'est pas anormal à ce stade exploratoire.

⁸ Jurisprudence prise en compte par l'arrêté du 3 avril 2025 soumettant les décisions d'octroi, d'extension ou de prolongation de titres régis par le code minier à évaluation environnementale :

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000051484938>.

Par ailleurs, le code de l'environnement indique, dans son [article L. 331-4-1](#), que les activités industrielles et minières sont interdites dans le cœur d'un parc national. L'Ae s'est interrogée sur le caractère d'exploitation minière des activités géothermiques et, le cas échéant, de l'application ou pas de cette interdiction à l'exploitation d'un gîte géothermique situé dans le sous-sol du cœur de parc, mais accessible par forage depuis un secteur extérieur au cœur de parc. Il apparaît de la « modalité 17 » (III) des « Modalités d'application de la réglementation dans le cœur du parc national de La Réunion que « *Pour les constructions et installations indispensables à la production d'énergie géothermique, l'autorisation dérogatoire du conseil d'administration ne peut être délivrée que pour les forages géothermiques exploratoires et les forages inclinés passant en profondeur sous le cœur de parc n'ayant pas d'impacts négatifs directs ou indirects sur le cœur, et sous réserve que les installations d'exploitation envisagées soient situées hors du cœur du parc.* »

L'Ae recommande à Engie de se rapprocher des instances du parc national pour préciser les conditions d'application au projet de la réglementation en cœur de parc et dans son aire d'adhésion, y compris en cas de forage dévié.

2.1 Les incidences directes du PER

Les seules opérations spécifiquement prévues dans le cadre du PER susceptibles d'incidences sur l'environnement sont :

- la prospection géochimique des eaux, qui consiste à prélever des échantillons d'eau et à réaliser des mesures physico-chimiques (température, pH, conductivité...),
- la prospection géochimique des teneurs en gaz des sols, qui nécessite de réaliser dans le sol une perforation d'environ 1 cm de diamètre sur 1 m de profondeur dans laquelle est logé temporairement un tube en cuivre pour l'extraction des gaz. Les gaz analysés sur place sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxygène (O₂). Des échantillons d'air sont également récupérés pour d'autres mesures en laboratoire. Après ces mesures des gaz, le tube est retiré et le trou rebouché. Les instruments sont nettoyés pour éviter le transfert d'espèces d'un milieu à un autre. Une centaine de mesures des gaz dans les sols seront réalisées sur l'ensemble du périmètre du PER. Pour détecter les anomalies des gaz dans les sols, les mesures se font généralement le long de trajets continus avec un espacement des points de 200 m maximum. En cas de découverte d'anomalie, les espacements entre les mesures peuvent être réduits à 20 m pour permettre de préciser l'emplacement de la structure profonde perméable au gaz ;
- pour la prospection géophysique, Engie souhaite recourir à des méthodes électromagnétiques et notamment magnétotelluriques. Ce type de mesure consiste à déployer une station au sol composée d'un enregistreur et de câbles électriques de plusieurs dizaines de mètres de long installés en croix au bout desquels des sondes de mesures de champs magnétiques (magnétomètres) sont placées dans le sol à faible profondeur. Dans les terrains très perméables où l'eau ne stagne pas, il peut être nécessaire de créer autour de la sonde un trou dans lequel sera versée une boue de bentonite (boue inerte), assurant ainsi la conduction électrique entre la sonde et les terrains environnants. L'installation des stations nécessite la réalisation de petites tranchées de 1 m x 0,2 m x 0,2 m qui sont rebouchées par la suite. Pour obtenir une qualité de données suffisante sur une profondeur de 2 à 3 km dans le contexte volcanique réunionnais, il est considéré qu'une densité de 1,5 à 2 stations par km² est nécessaire. Ces mesures ne seront pas possibles sur une partie du PER situé Plaine-des-Palmistes au niveau du village haut en raison du bruit de fond électromagnétique d'origine anthropique. Au total, il est prévu de réaliser

40 à 50 stations d'acquisition magnétotellurique sur la Plaine des Cafres et sur la Plaine-des-Palmistes. Les stations seront placées autant que possible selon une grille régulière.

Dès lors que les mesures seront réalisées conformément aux précautions prévues par le dossier et en particulier les mesures d'évitement et de réduction, les incidences spécifiques au PER sont négligeables. La suite du présent avis formule des observations qui pourront être utilisées dans la suite du processus d'évaluation environnementale du projet, le cas échéant.

2.2 Les incidences des étapes ultérieures

Le rapport environnemental affiche dès à présent des mesures d'évitement, de réduction et de compensation (ERC) relatives aux étapes ultérieures, mais sans avoir défini de scénario de référence (susceptible de se produire sans le projet) alors que le dossier mentionne bien les avantages pour l'environnement et la santé humaine de la production électrique par géothermie. Les éventuelles évaluations environnementales ultérieures devront définir le scénario de référence et évaluer les incidences par les écarts des incidences entre les scénarios avec et sans projet.

Le rapport environnemental présente les principes qui guideront la localisation des forages d'exploration. Outre bien sûr la confirmation du potentiel géothermique et de sa localisation après prospection de surface, les critères annoncés par Engie dans sa recherche de lieux pour les forages et l'exploitation éventuelle visent à privilégier les parcelles situées hors de certains enjeux environnementaux et plus faciles d'accès d'un point de vue logistique. Le choix de recourir à des forages déviés devrait donner à Engie une plus grande latitude pour choisir un emplacement permettant d'éviter une partie importante des impacts.

Le dossier présente les principes qui seront appliqués pour affiner l'état des lieux et des inventaires de la faune et de la flore. Ainsi, les reptiles et les amphibiens seront prospectés en réalisant des « *transects dans les habitats préalablement délimités en période diurne et nocturne (2 passages).* » Concernant les inventaires des insectes, le dossier précise que « *les prospections sur le terrain seront réalisées en un seul passage, bien qu'il soit préférable d'étaler les observations dans le temps pour obtenir une image plus fidèle de l'entomofaune* ». Pour les oiseaux, « *les inventaires seront réalisés sur 20 points-relevés d'avifaune de 10 minutes espacés d'environ 100 mètres* ». Si la pratique du transect ou d'échantillonnage semble correctement appréhendée, en revanche le nombre et la durée des inventaires ainsi prévus semblent trop faibles pour produire un recensement suffisant.

L'Ae recommande de renforcer le nombre et la durée des inventaires actuellement prévus afin que l'état initial des études d'impact à venir fournisse une représentation suffisante de la faune.

La mise en place d'un suivi des impacts pendant la durée des travaux de forage et après leur réalisation permettra de bénéficier d'un retour d'expérience sur ce type d'opération pour l'éventuelle phase d'exploitation.

Les phases ultérieures de l'évaluation environnementale devront analyser les incidences de l'ensemble des travaux nécessaires au projet, y compris la construction de la centrale, les travaux de voirie, le raccordement électrique, le traitement des eaux usées et des boues, et le cas échéant les travaux pour l'adduction de l'eau et le transport de chaleur ainsi que l'exploitation et le démantèlement. Elles devront également analyser plus en détail les incidences de la substitution de

la géothermie aux sources d'énergies actuellement utilisées pour la production d'électricité durant la phase d'exploitation de la centrale.

2.3 Articulation avec d'autres plans et programmes

Sans présenter une partie spécifiquement dédiée à cette analyse, le mémoire technique présente la cohérence et la contribution du PER aux objectifs de la PPE.

La compatibilité du PER avec le schéma d'aménagement régional (SAR) et le schéma de mise en valeur de la mer (SMVM) approuvés en 2020, rappelant les conditions de non atteinte aux coupures d'urbanisation, aux espaces naturels à forte protection et aux limitations d'emprise associées, est examinée. La révision du SAR a été arrêtée en 2022⁹ et les travaux en cours le concernant (bilan, état de l'environnement, perspectives, etc.) seront utilement pris en compte. Les schémas de cohérence territoriale sont évoqués, rappelant la nécessité de leur mise en conformité avec le SAR, ainsi que les plans locaux d'urbanisme exposant la nécessité que le projet soit compatible avec leur règlement.

La compatibilité avec la charte du parc national de La Réunion (le PER étant en partie en zone cœur du parc, dont les limites sont également celles du Bien inscrit au patrimoine mondial de l'Unesco) et l'articulation du projet avec celle-ci ne sont pas formellement examinées, le dossier se limitant à indiquer qu'à ce stade, l'implantation des forages et de la future centrale est exclue dans le cœur du parc et n'est pas prévue dans son aire d'adhésion.

En outre dans le même document, le Parc informe le préfet que la zone de recherches et potentiellement de forages située à Bourg Murat correspond à l'unité paysagère de la Plaine des Cafres pâturée. Il indique : « *Les paysages de grands pâturages ouverts et aplanis que l'on y trouve forment un espace de respiration mis en valeur par les arrières plans des remparts du Dimitile, du Piton des Neiges et des pentes du Piton de la Fournaise. Ces paysages uniques animés de nombreux pitons, témoins de l'activité volcanique du secteur, ont une forte valeur culturelle et sont connus et appréciés de l'ensemble des Réunionnais. Les covisibilités et intervisibilités de cette zone avec les paysages situés en cœur de parc national y sont fortes. [...] L'intégration paysagère des équipements ou installations qu'il pourrait y avoir dans la zone doit être identifiée comme un enjeu majeur, et ce dès les phases amont de la conception des projets* ». L'Ae adhère à cette analyse.

Si les orientations fondamentales du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (Sdage) 2017–2022 sont présentées, l'accent est mis sur l'importance de l'orientation n° 1 « *Promouvoir les équipements et infrastructures permettant des économies d'eau pour tous les usages* », indiquant que les suivis associés au projet permettront de fournir aux autorités des données sur la ressource en eau, sans conclure plus avant, en particulier sur la compatibilité du projet avec le Sdage.

L'Ae recommande d'actualiser et d'approfondir l'analyse de compatibilité du PER avec les dispositions des plans et programmes applicables, en particulier avec le Sdage et la charte du parc national, et de prendre en considération la révision en cours du SAR, et d'explicitier leurs conséquences sur les possibilités d'implantation de forages. Elle recommande de travailler à

⁹ Un avis de cadrage préalable, n° 2024–61, a été délibéré par l'Ae le 24 octobre 2024 :

https://www.igedd.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/3_-_241023_cp_revisionsar_reunion_delibere_cle7ba112.pdf.

l'intégration paysagère des équipements et installations dès les phases amont de la conception du projet.

2.4 Analyse des solutions de substitution raisonnables permettant de répondre à l'objet du PER de Cafres–Palmistes

Comme déjà indiqué, la zone du PER se situe à la jonction des deux appareils volcaniques : l'un éteint très récemment (moins de 30 000 ans et l'autre toujours actif). Les nombreux petits cônes volcaniques subactuels (relatifs à une période récente, immédiatement antérieure à l'ère actuelle) témoignent de la présence de zones de fragilité en profondeur (remontée de magma profond) qui pourraient être des zones de circulations hydrothermales.

Le dossier justifie l'intérêt du PER par le contexte volcanique et les objectifs de la PPE rappelés précédemment. Il justifie le secteur retenu « Cafres–Palmistes » d'abord par les résultats des études produites par le BRGM, puis par la relative facilité des accès routier, au réseau électrique et à l'eau. En outre, le secteur prospecté est proche d'une zone dont la consommation est non négligeable et permettrait aux villes du Tampon et de la Plaine–des–Palmistes d'avoir une production électrique propre.

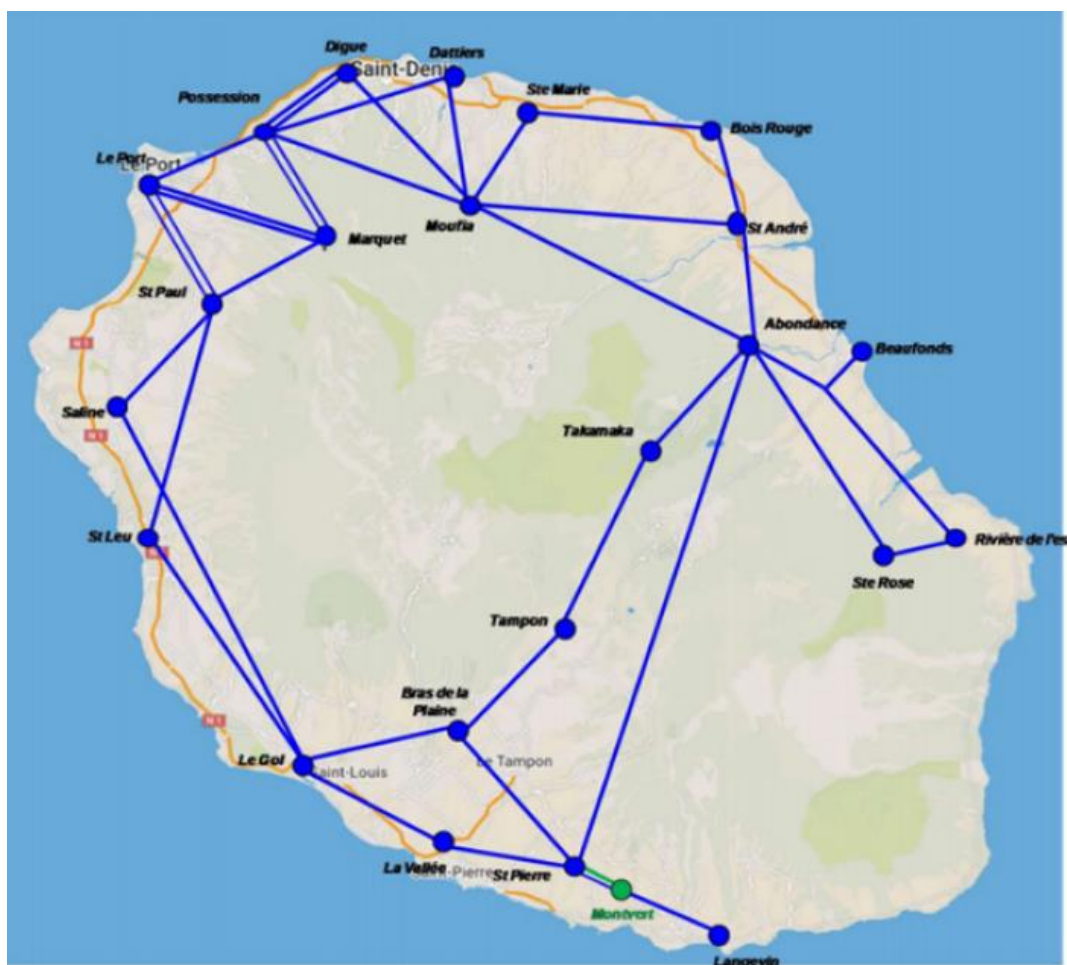


Figure 5 : Le réseau principal de transport d'électricité (source : dossier, d'après EDF).

L'exclusion par le dossier de tout forage dans les limites du parc national et dans les secteurs militaires est claire¹⁰. Le probable recours à des forages déviés permettant d'atteindre des gîtes présents à l'aplomb des secteurs situés sous le champ de tir et le cœur du parc national est bien expliqué.

En revanche, le dossier justifie peu les limites nord-est et sud-ouest du PER demandé.

L'Ae recommande de justifier les limites nord-est et sud-ouest du périmètre du permis « Cafres-Palmistes ».

2.5 Résumé non technique

Le résumé non technique ne porte que sur le projet de PER et pas sur ses incidences et son évaluation environnementale. Il indique que le PER serait sollicité pour quatre ans, ce qui est à corriger.

L'Ae recommande de compléter le résumé non technique afin qu'il porte également sur ses possibles incidences et les mesures prises pour y remédier et qu'il prenne en compte les recommandations du présent avis.

3. Prise en compte de l'environnement par le permis de Cafres-Palmistes et le projet associé

L'analyse des enjeux environnementaux devrait permettre d'orienter les choix d'implantation des ouvrages nécessaires aux étapes ultérieures (forages exploratoires et future exploitation). À ce stade, cet exercice a été partiellement mené, en définissant des zones d'exclusion de tout forage. L'Ae revient ici sur certains points, non exhaustifs, de l'évaluation environnementale qui devront être approfondis maintenant ou plus tard en vue des étapes ultérieures de l'exploitation géothermique.

3.1 La biodiversité et les zones humides

Les zones d'inventaires et de protection sont décrites.

Aucun inventaire spécifique de terrain n'a été effectué à ce stade. Le pétitionnaire devra, au moment des demandes d'autorisation de travaux et de concession, inventorier et cartographier les espèces animales et végétales à enjeux, en particulier celles qui bénéficient d'un régime de protection afin de les éviter, et approfondir cet inventaire sur les secteurs de travaux. Ces inventaires seront à conduire, dans les règles de l'art, et en renforçant la pression d'inventaire par rapport à ce qui est actuellement prévu (cf. supra en 2.2).

Trois zones humides sont d'ores et déjà identifiées : sur la Plaine des Cafres (incluant la Savane Mare à Boue), sur la Grande Ferme, et sur le secteur du Nez de Bœuf (incluant le Piton dans l'Bout). Elles sont de type « pelouses humides d'altitude », pour certaines fauchées et pâturées, et peuvent accueillir des espèces et des associations végétales endémiques strictes à La Réunion. Elles

¹⁰ Dans une note du 1^{er} avril 2025 d'Engie Solutions, remise aux rapporteurs, intitulée « Compléments de compréhension au rapport environnemental du 15 janvier 2025 – demande de PER de Cafres-Palmistes », le pétitionnaire explicite que « pour rappel, l'aire du cœur de parc et l'aire d'adhésion sont hors de la zone potentielle de futurs forages. »

présentent également un intérêt pour leur fonction hydraulique et hydrogéologique (zones d'infiltration et de recharge des nappes). Leur intérêt environnemental est patent.

Le dossier ne précise pas s'il est possible que d'autres zones humides soient présentes dans le périmètre du PER. Une prospection ciblée sur les zones affectées par les travaux à venir (forages, centrale, raccordements...) devra être faite selon les critères réglementaires définissant les zones humides (phytosociologie ou pédologie) afin de les identifier et de les délimiter. Étant donné le choix de recourir à des forages déviés, l'évitement des zones humides devra être envisagé et analysé.

L'Ae recommande d'éviter tous travaux de forage et d'exploitation dans les zones à enjeux de biodiversité et les zones humides.

Le caractère intermittent des cours d'eau présents dans le périmètre ne réduit pas leur intérêt écologique, qui peut être fort. Leur cartographie et des inventaires naturalistes devront être réalisés, au moins au droit des travaux prévus, qu'il s'agisse des forages, des installations de production ou des raccordements aux réseaux divers (voiries, eau, électricité...).

3.2 La ressource en eau, en qualité et quantité

Le périmètre du PER recoupe au total deux masses d'eau souterraine : FRLG119 (La Plaine des Cafres – Le Dimitile) et FRLG116 (La Plaine-des-Palmistes) qui présentent un bon état quantitatif et aussi chimique (mais de moindre fiabilité). Cette dernière est qualifiée de ressource stratégique pour l'alimentation en eau potable à l'échelle de l'île de La Réunion.

Les mesures qui seront prises pour éviter toute atteinte aux eaux souterraines restent à préciser et leur efficacité à suivre en continu pendant la phase exploratoire comme celle, éventuelle, d'exploitation (cimentation, colmatation, etc.), en lien avec les aléas naturels (en particulier les évènements climatiques).

S'il est bien fait état dans le dossier de la présence dans le périmètre du PER de captages d'eau potable, l'ARS signale dans sa contribution au présent avis que les données du dossier doivent être actualisées, certains captages étant en cours d'instauration de périmètres de protection réglementaire. Les aires d'alimentation et les périmètres de protection concernés par le PER, qu'ils soient en vigueur ou ayant été définis sans bénéficier à ce jour d'un arrêté de déclaration d'utilité publique (au total : sept dans la commune du Tampon et deux dans la commune de la Plaine-des-Palmistes), devront être présentés dans le rapport environnemental.

L'ARS conditionne son avis favorable notamment à « *la prise en compte de l'incompatibilité de l'exploitation d'un gîte géothermique dans un périmètre de protection rapprochée d'un captage* » et à « *la prise en compte en amont dans le projet de la nécessaire protection des ressources en eau destinée à la consommation humaine* ». En périmètre de protection éloignée (appelés « zones de surveillance renforcée » à La Réunion), l'ARS conditionne tout projet de géothermie profonde (recherche et exploitation de gîte) à « *l'avis préalable favorable d'un hydrogéologue agréé au titre de la santé publique* ». Il semble nécessaire qu'Engie se rapproche de l'ARS pour disposer de données actualisées.

L'Ae rappelle que la Plaine des Cafres représente le principal bassin d'alimentation des nappes dont les captages (Hirondelles, Bras de la Plaine, forages de Saint Pierre-Pierrefonds et de la Rivière des

Remparts) constituent l'essentiel de la ressource en eau potable pour le sud de La Réunion (du Bras de la Plaine à la Rivière des Remparts).

L'Ae recommande à Engie de se rapprocher de l'ARS pour compléter la cartographie des périmètres de protection des captages d'eau potable en vigueur ou en projet, et de prendre toutes les mesures pour éviter d'y porter atteinte. Elle recommande de mettre en œuvre les meilleures techniques disponibles pour la protection des eaux pour les forages et ouvrages d'exploration et d'exploitation et de les faire tierce-expertiser par un cabinet indépendant. Elle recommande par ailleurs d'éviter les périmètres de protection rapprochée en vigueur ou en projet, et de produire un avis d'hydrogéologue agréé sur le projet dès la phase de mise en œuvre du PER.

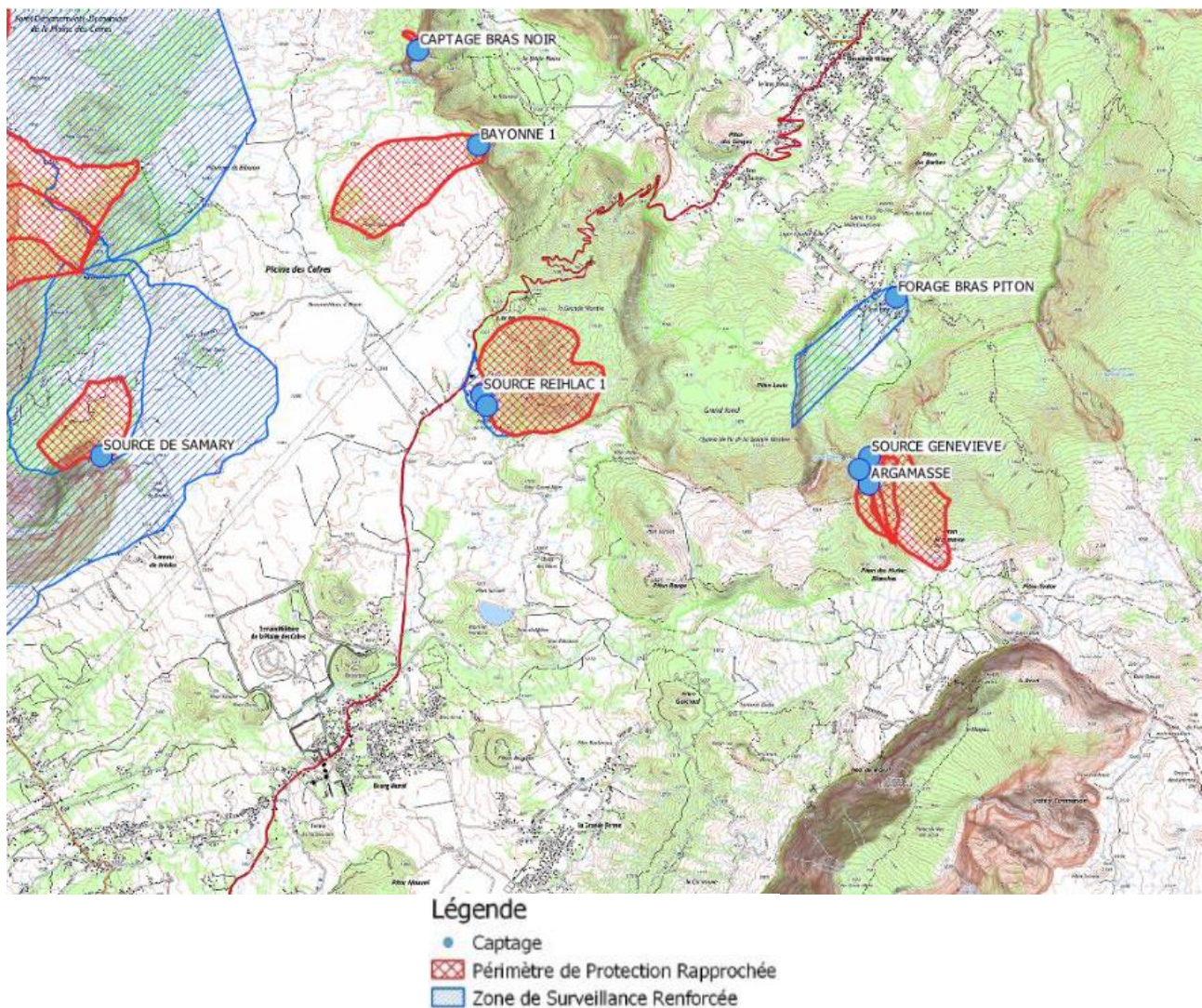


Figure 6 : Carte des périmètres de protection sanitaire des ressources en eau destinées à la consommation humaine (source : contribution de l'ARS au présent avis).

Selon les techniques d'exploitation qui seront le cas échéant mises en œuvre, leurs incidences sur la ressource en eau devra être analysée dans les études d'impact à venir.

Le volume d'eau qui sera nécessaire pour un forage exploratoire est estimé à environ 5 000 m³ au total. Celui nécessaire au fonctionnement de la centrale et des réseaux associés sera à estimer selon les techniques d'exploitation retenues, et à mettre en regard de la disponibilité effective en eau et des besoins (alimentation humaine, agriculture, et autres besoins). Les effets du changement climatique sur celle-ci seront à prendre en considération. Des mesures de réduction de la

consommation en eau seront à rechercher en priorité, en adéquation avec les objectifs qui seront fixés par le SAR en cours de révision.

Pendant la phase de forage, des dispositifs sont prévus pour éviter toute pollution des eaux et milieux superficiels, y compris par les eaux géothermales et les effluents boueux (contenant de la bentonite et d'éventuels ajouts de polymères). Le juste dimensionnement de ces dispositifs, au regard des volumes des effluents, y compris en situation de fortes pluies, sera à démontrer. Le dispositif en cas de pollution accidentelle sera à préciser. Le devenir des effluents liquides (et solides) à évacuer sera à préciser. Pour les milieux souterrains, les parties tubées (hors liner perforé) seront cimentées au contact des formations géologiques (et entre elles). Une cimentation classique sans additif est envisagée mais le type exact de laitiers utilisés sera précisé en fonction des études préalables réalisées. Les choix des composants des ciments et fluides utilisés lors des forages seront à justifier, en prenant en compte les modalités retenues pour éviter toute incidence sur des milieux sensibles (eau notamment). La traversée de zones de pertes (où le fluide de forage se disperse dans la formation) qui pourraient être rencontrées en cours de forage pourrait en outre accroître les besoins d'alimentation en eau du chantier.

Lors de la phase de forage et de tests des puits, les fluides extraits (fluide de forage ou fluide géothermique) seront refroidis en surface à l'aide d'une tour de refroidissement adaptée aux températures et humidités rencontrées. Cette tour sera insérée dans la boucle de retraitement des boues. Compte-tenu de l'altitude à laquelle auront lieu les forages, il n'est pas attendu de problématique particulière sur le refroidissement durant les travaux miniers, comme cela peut être le cas ailleurs en milieu intertropical où il est nécessaire de surdimensionner les installations de refroidissement en raison de températures ambiantes élevées.

L'Ae recommande d'estimer les ressources en eau disponibles, en prenant en compte les effets du changement climatique et les autres projets consommateurs d'eau.

3.3 Milieu humain, cadre de vie et réseaux

Le périmètre du PER est traversé et desservi par la nationale 3 reliant Saint-Pierre à Saint-Benoît. Il est à l'écart des grands pôles de développement économique de l'île. L'accès des équipements de forage de grandes dimensions jusqu'aux sites de forage sera à vérifier, voire à créer.

Lors des étapes ultérieures du projet, les incidences des créations éventuelles de voiries et du raccordement au réseau électrique à haute tension devront être étudiées, ainsi que celles du raccordement éventuel au réseau d'eau potable et au réseau de traitement des eaux usées. Engie devra exposer sa stratégie sur ces parties du projet, car elle conditionne l'évitement ou la réduction d'une partie majeure des impacts.

L'Ae recommande d'exposer la stratégie de raccordement aux réseaux (électrique, routier, eau potable, eaux usées) et afin de préparer la définition en conséquence des mesures d'évitement et de réduction des impacts de ces composantes du projet.

La partie haute de la Plaine des Palmistes accueille une importante activité d'élevage et celle du Tampon, de la polyculture. La zone du PER située sur la Plaine des Cafres se caractérise par une faible urbanisation discontinue sauf dans la zone de Bourg Murat. Une grande partie du territoire

situé de part et d'autre de la RN3 présente des prairies agricoles associées à de petites parcelles de landes et broussailles. S'y trouvent également des forêts et une végétation arbustive.

Les incidences du projet en termes de bruit, vibrations, odeurs et de paysage des différentes étapes (forages exploratoires et d'exploitation, construction de la centrale et exploitation de l'ensemble) seront à évaluer selon l'emplacement retenu. En phase de forage, des groupes électrogènes pourront être utilisés en cas de difficulté d'approvisionnement électrique et il sera fait usage de vibrateurs linéaires pour traiter les déchets solides. Les circulations de poids lourds pour l'acheminement ou l'emport de matériaux seront à évaluer et le bruit et la pollution associés à évaluer sur l'ensemble de leur parcours, au-delà du seul périmètre du PER, jusqu'à leur destination finale (centres agréés notamment), en traitant également des effets cumulés avec les autres projets d'envergure existant sur l'île. En phase d'exploitation, le bruit, les effluents aqueux et atmosphériques (et les odeurs associées) et les incidences sur le paysage des installations seront à évaluer.

3.4 Les risques naturels et ceux induits par le projet

3.4.1 Les risques naturels

La Réunion est soumise à de nombreux aléas naturels, traduits dans le dossier départemental des risques majeurs (DDRM) et faisant l'objet de plans de prévention des risques naturels pour les mouvements de terrains, les inondations, le risque cyclonique, les séismes, les tsunamis et l'activité volcanique. Une partie importante du territoire est classée inconstructible au titre de l'un ou l'autre de ces risques.

Dans le secteur du PER, l'aléa d'inondation est nul à fort, fort dans les ravines généralement encaissées, surtout à l'est de la Plaine des Cafres. L'enjeu est qualifié de moyen en zone urbanisée (Bourg de la Plaine-des-Palmistes) mais n'est pas cartographié dans le dossier.

L'aléa mouvement de terrain (coulées de boues, glissements de terrains, chutes de blocs) varie de faible à très élevé mais, dans ce dernier cas, sur un périmètre circonscrit aux principaux remparts à forte déclivité. Il est en moyenne faible à modéré.

L'aléa feux de forêt est faible à élevé, dans un gradient allant d'ouest en est.

Le PER est concerné comme le reste de l'île par les aléas cyclonique et volcanique. La probabilité d'une nouvelle éruption dans les limites du PER n'est pas nulle mais reste extrêmement faible. Par ailleurs, étant situé à proximité du Piton de la Fournaise, la zone du PER peut être soumise à des retombées de produits magmatiques de panaches volcaniques en cas d'éruption importante.

Le risque sismique n'est pas particulièrement marqué sur l'île de La Réunion, entièrement classée en zone de sismicité 2 (faible) selon le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010. Une cartographie plus fine de l'aléa, prenant en compte les « effets de site » (amplification ou réduction des oscillations par exemple du fait du relief ou des structures internes du sous-sol) a été engagée sur l'île, sans couvrir l'ensemble du périmètre du PER à la date de réalisation du dossier.

La possibilité de recourir à une stimulation de puits (fracturation hydraulique) est évoquée. Pour de la géothermie à haute température en domaine volcanique, le dossier indique que ce sont généralement des techniques mécaniques (et non chimiques) qui sont utilisées car donnant les meilleurs résultats. En particulier, « *l'injection d'eau froide (stimulation thermo-hydraulique) en*

fond de puits permet, par choc thermique (le réservoir a une température d'environ 200 °C), d'ouvrir éventuellement de nouveaux drains pour le passage des fluides géothermiques mais surtout d'agrandir des drains peu productifs. » L'étude de faisabilité évaluera ces techniques.

Il sera nécessaire d'analyser le risque sismique induit par ces pratiques, et plus largement par le projet même s'il ne recourt pas à une stimulation de puits. En effet, la surveillance volcanologique repose notamment sur l'analyse de l'activité sismique, la plupart du temps à faible magnitude. Il conviendra donc d'évaluer le risque d'interaction ou de perturbation de la surveillance du volcan par l'exploitation géothermale.

L'Ae recommande de prévoir, en vue des forages et de l'exploitation géothermale, l'analyse des perturbations possibles de ces activités sur la surveillance de l'activité volcanique. Cette analyse devra associer l'Observatoire volcanologique du Piton de la Fournaise. Elle recommande par ailleurs de cartographier plus précisément les aléas naturels sur le périmètre du PER.

3.4.2 Les risques induits par le projet

Les forages géothermiques et leur exploitation peuvent conduire à des émissions de gaz comprenant une fraction d'hydrogène sulfuré (H₂S), gaz corrosif, hautement inflammable, source de nuisances olfactives et dangereux pour la santé humaine, la faune et la flore, ou à d'autres gaz toxiques. Le dossier aborde ce sujet dans le cadre de la production d'effluents aqueux ou atmosphériques et présente les mesures générales d'évitement et de réduction qui seront prises pendant les opérations de forage, indiquant que ce sujet sera traité par l'étude d'impact des forages à venir.

3.5 Atténuation du changement climatique et émissions de gaz à effet de serre

Il conviendra dans la suite de la démarche d'évaluation environnementale de préciser le niveau des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques issues de la production d'électricité et son évolution du fait du projet, tant à l'échelle du projet que pour l'ensemble de La Réunion. Un bilan carbone complet du projet (phase exploratoire, travaux, exploitation et démantèlement) sera à présenter ainsi que les mesures prises pour réduire les émissions de GES.