

**Demande de Permis Exclusif de Recherche
de gîtes géothermiques
sur l'île de la Réunion,
dit Permis de « Cafres-Palmistes »**



Au titre du Code Minier

Communes Le Tampon et La Plaine des Palmistes

Mars 2021

Fiche signalétique

Demande de Permis Exclusif de Recherche de gîtes géothermiques Sur l'île de la Réunion, dit Permis de « Cafres-Palmistes »

Mémoire non technique

ENGIE Solutions BU V&C

1 Place Samuel de CHAMPLAIN
Faubourg de l'Arche – TOUR T1
92 930 PARIS LA DEFENSE CEDEX

Interlocuteur ENGIE Solutions BU V&C	Adresse électronique
Nicolas Monneyron	nicolas.monneyron@engie.com
Caroline Guion	caroline.guion@engie.com

Sommaire

Avant-propos.....	5
1 Description de la demande.....	6
1.1Objet de la demande.....	6
1.2Contexte local.....	7
1.3Cadre réglementaire.....	8
1.4Présentation du demandeur.....	8
1.5Références du demandeur.....	9
2 Justification du périmètre demandé.....	11
2.1Introduction à la géothermie haute enthalpie.....	11
2.2Caractérisation des besoins.....	12
2.3Evaluation de la ressource.....	14
3 Programme de recherches envisagé au sein du PER.....	16
3.1Programme Etudes Sous-Sol.....	16
3.2Programme Etudes Energie Surface.....	18
3.3Programme Etudes Environnement.....	19
4 Enjeux identifiés sur le périmètre de recherches.....	22
5 Prise en compte des impacts du projet.....	24
5.1Programme d'études pour les impacts du volet exploratoire.....	24
5.2Programme d'études pour les impacts en phase travaux et exploitation.....	24
5.2.1 Programme d'études pour les impacts sur la ressource en eau.....	25
5.2.2 Programme d'études pour les risques de pollution.....	26
5.2.3 Programme d'études pour les effets sur les paysages et le milieu naturel.....	26

Table des figures

Figure 1: Localisation du périmètre (traits rouges) du PER « Cafres-Palmistes ».....	6
Figure 2: Présence mondiale ENGIE en milieu insulaire.....	9
Figure 3: Centrale géothermique ENGIE de Muara Laboh, West Sumatra (Indonésie).....	10
Figure 4: Schéma conceptuel du principe de fonctionnement d'une installation de géothermie haute enthalpie (AFPG, 2020).....	11
Figure 5 : Distribution des capacités de production électriques par géothermie par pays en 2019 (BP Statistical Review of Global Energy, 2020).....	12
Figure 6 : Parc de production électrique à La Réunion fin 2019 (OER).....	13
Figure 7: Sites potentiels de géothermie dans le rapport autonomie énergétique (ADEME).....	14

Figure 8 : Extrait de la carte géologique de la Réunion au 1/100 000 ^{ème} indiquant les limites du Permis Cafres-Palmistes en rouge.....	15
Figure 9 : Procédure d'échantillonnage des gaz dans les sols montrant la perforatrice de petit diamètre, le tube de cuivre installé à 1 m de profondeur et l'analyseur de gaz (BRGM).....	17
Figure 10: Exemple de mesures magnétotelluriques (MT)	17
Figure 11: Centrale géothermique de 4MW en Allemagne (Turboden)	18
Figure 12: Exemple de résultats d'étude acoustique en région parisienne	20
Figure 13: Exemple d'un bungalow dédié aux visites du public sur un site de forage ENGIE Solutions	21
Figure 14: Fresque de développement d'un projet de géothermie.....	22
Figure 15: Carte générale du Parc National de la Réunion (cœur du parc en vert foncé et zone d'adhésion en vert clair).....	23
Figure 16 Carte des espaces à vocation agricole et leur classification (SAR 2020).....	23

Avant-propos

Le présent document résume les principaux éléments composant le dossier de demande de Permis Exclusif de Recherches de gîtes géothermiques dit permis de « Cafres-Palmistes », déposé par ENGIE ENERGIE SERVICES, au titre du décret n°2019-1518 du 30 décembre 2019 modifiant le décret n°78-498 du 28 mars 1978, relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie.

Ce résumé non technique a pour objectif de :

- Décrire les intérêts du projet ;
- Décrire la zone d'implantation du projet ;
- De faire l'analyse des conséquences éventuelles sur l'environnement de la zone d'implantation du programme de recherches envisagé et des futurs travaux potentiels de développement d'un projet de géothermie ;
- Décrire les programmes d'études envisagés afin d'éviter ou réduire les inconvénients ou nuisances susceptibles d'être engendrées par le projet.

1 Description de la demande

1.1 Objet de la demande

ENGIE ENERGIE SERVICES (ENGIE ES) souhaite étudier l'opportunité de réaliser un projet de géothermie haute température dans le périmètre concerné par la présente demande de recherche.

Ainsi, ENGIE ES sollicite l'obtention d'un Permis Exclusif de Recherches (PER) pour une durée de 5 ans sur un périmètre de 52,3 km² localisé dans le département d'Outre-mer de La Réunion. Le PER Cafres-Palmistes s'étend sur 2 communes :

- Le Tampon, où le PER occupe 18% de la superficie de la commune (32 km² sur 180 km²) ;
- La Plaine des Palmistes où le PER occupe également 24,5% de la superficie de la commune (20,3 km² sur 83 km²).

Les contours et coordonnées de ce périmètre sont présentés sur la carte suivante.

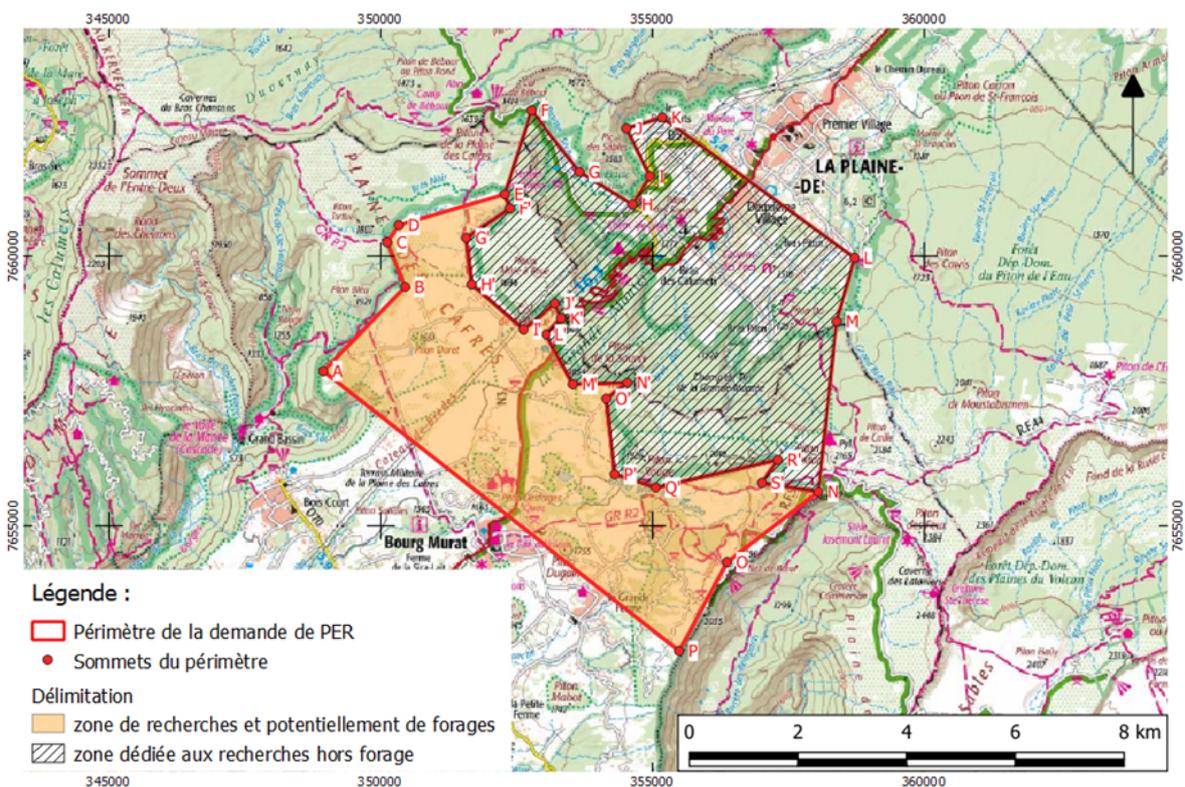


Figure 1: Localisation du périmètre (traits rouges) du PER « Cafres-Palmistes »

Il convient de noter que le principal objectif de ce PER est de caractériser les ressources dans la zone de la Plaine des Cafres, et donc d'y réaliser des études et recherches.

Le PER, si il est délivré, ne donne pas droit à la réalisation de forages.

Ces éventuels forages feraient l'objet d'une demande additionnelle : la Demande d'Autorisation d'Ouverture de travaux Miniers (DAOTM). Celle-ci sera établie si les études autorisées par la délivrance du PER valident la présence d'une ressource. La DAOTM comporterait une étude d'impact complète de la zone, elle serait instruite par le Préfet et ferait l'objet d'une enquête publique.

Le PER est étendu à la zone de la Plaine des Palmistes pour pouvoir caractériser au mieux l'extension d'un réservoir profond via des méthodes de subsurface mais il n'est pas envisagé à ce stade de procéder à des forages géothermiques exploratoires dans la zone de la Plaine des Palmistes.

Sont donc exclues de la zone qui abriterait d'éventuels forages :

- **La partie du Parc National « Cœur de Parc » située sur la crête séparant la Plaine des Palmistes de celle de la Plaine des Cafres**
- **La Plaine des Palmistes située en aire d'adhésion au Parc National**

Par ailleurs, il ressort que le potentiel géothermique de la zone est probablement plus important sous la Plaine des Cafres (zone orange) que sous la Plaine des Palmistes mais ceci reste à démontrer. L'extension du permis à la Plaine des Palmistes et à la ligne de crête participe donc essentiellement à l'assurance de pouvoir mener des études de surface au niveau de la Plaine de Palmistes, ce qui permettrait d'obtenir une meilleure visibilité sur l'extension éventuelle du réservoir et des structures géologiques profondes de la zone située sous la Plaine des Cafres.

A ce stade de la demande donc, **il n'est pas prévu de procéder à des forages d'exploration sur la portion du permis recouvrant la Plaine des Palmistes et la crête du Cœur de Parc (zone hachurée en noire sur la figure précédente).**

1.2 Contexte local

Le contexte volcanique de la Réunion a été considéré, depuis les années 70, comme favorable au développement d'un projet de géothermie pour la production électrique. Ceci s'est traduit par de nombreuses campagnes de prospection dans différents domaines géoscientifiques (géologie, volcanologie, géophysique, géochimique, etc...) qui se sont progressivement focalisées sur les zones d'intérêt majeur de l'île..

Du point de vue de la géothermie, ces études ont permis la réalisation de plusieurs forages d'exploration dont aucun n'a permis à ce jour de mettre en évidence un réservoir géothermique exploitable.

Prouver le potentiel électrogène de la géothermie profonde sur le territoire de La plaine des Cafres lors des cinq prochaines années, telle est l'ambition de cette demande de permis exclusif de recherches.

1.3 Cadre réglementaire

La géothermie profonde est soumise aux dispositions du Code Minier relatives à la recherche et à l'exploitation. L'exploitation d'une ressource minière nécessite les démarches administratives successives suivantes accordés par l'Etat (Ministère ou Préfet) : un permis de recherche, des autorisations de réaliser des travaux de forages puis un permis d'exploitation de la ressource.

Compte-tenu de la nature du projet, de sa durée, de l'engagement financier et technique à mener, ENGIE ES a privilégié la procédure de demande de PER dont la durée d'instruction varie entre 12 à 18 mois. De plus, une consultation publique sera organisée en application du principe de participation du public aux décisions ayant une incidence sur l'environnement prévue à l'article 7 de la Charte de l'environnement. En effet, l'articles L123-19 du code de l'environnement disposent l'application de ce principe aux décisions relatives aux demandes de PER.

Cette demande est régie par le Code Minier modifié par l'ordonnance n° 2019-784 du 24 juillet 2019 concernant les dispositions du Code Minier relatives à l'octroi et à la prolongation des titres d'exploration et d'exploitation des gîtes géothermiques profonds.

1.4 Présentation du demandeur

ENGIE ENERGIE SERVICES (ENGIE ES), filiale à 100% d'ENGIE SA, conçoit, finance, construit et exploite des infrastructures décentralisées de production et de distribution d'énergie par réseau de chaleur, de froid et d'électricité. Partenaire des collectivités et des territoires insulaires, ENGIE ES accompagne ses clients dans la mise en œuvre de leur transition énergétique en proposant des solutions performantes dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique. Près de 50% de l'énergie distribuée est d'origine locale et renouvelable grâce à une expertise reconnue en géothermie, biomasse, éolien, photovoltaïque, hydroélectricité et free-cooling.

ENGIE ES présente un portefeuille de solutions énergétiques renouvelables et de services innovants sur-mesure dans les territoires insulaires (Ile de la Réunion, Nouvelle-Calédonie, Polynésie Française, Wallis et Futuna etc.). ENGIE ES gère aussi les grands réseaux de chaleur et de froid d'ENGIE (CPCU, CLIMESPACE, et 48 grands réseaux de chaleur en France) et développe des solutions énergétiques innovantes dans les territoires contraints ou hyper-rurbains sur lesquelles elle intervient. ENGIE ES compte 10 000 collaborateurs pour un chiffre d'affaires de 2,4 milliard d'euros.

1.5 Références du demandeur

La population insulaire dans le monde représente près de 650 millions de personnes et le groupe ENGIE se positionne en tant que producteur et distributeur d'énergie pour ces territoires atypiques et souvent isolés. La décarbonation de l'énergie dans les territoires insulaires est une priorité compte tenu des ressources limitées et c'est une problématique à laquelle nous souhaitons répondre par des solutions innovantes et sur-mesure : production d'énergie renouvelable, développement de grille énergétique, mobilité et services. Plusieurs références sont présentées sur la figure suivante.

ENGIE ES est reconnu comme un acteur majeur dans la conception et l'exploitation de réseaux géothermiques. Depuis près de 30 ans, notre engagement dans l'utilisation de cette ressource permet aujourd'hui l'exploitation de **11 doublets et triplets géothermiques délivrant plus de 500 GWh à plus de 50 000 équivalents logements**. ENGIE a également mis en service sa première centrale géothermique, d'une capacité de 85 MW, dans la province à Muara Laboh, en Indonésie.

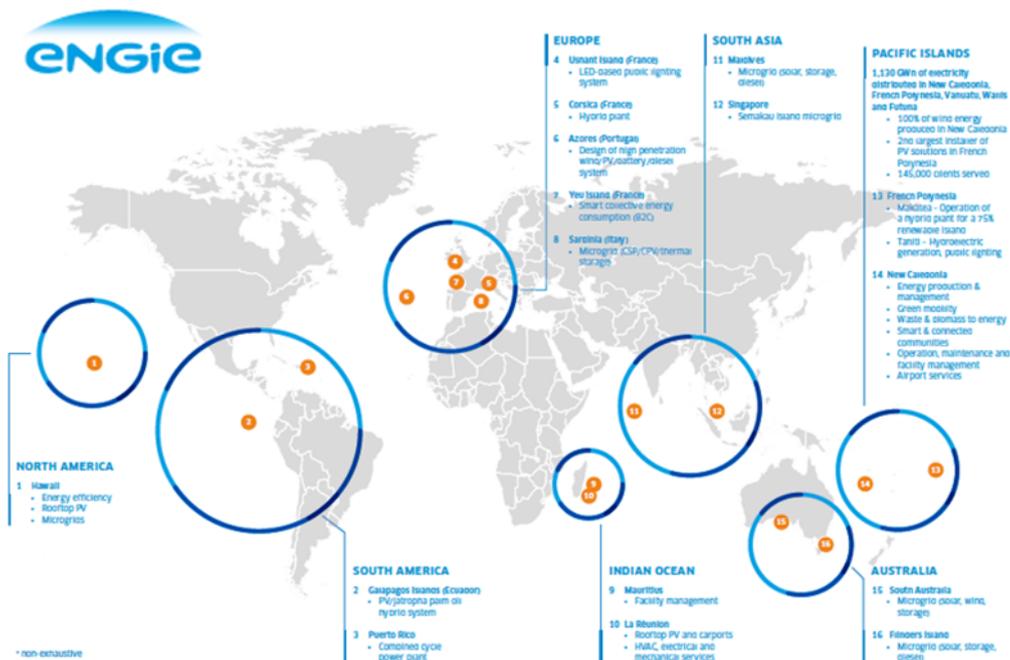


Figure 2: Présence mondiale ENGIE en milieu insulaire



Figure 3: Centrale géothermique ENGIE de Muara Laboh, West Sumatra (Indonésie)

2 Justification du périmètre demandé

2.1 Introduction à la géothermie haute enthalpie

La géothermie haute température ou haute enthalpie consiste en l'extraction d'une eau au-dessus de 150°C environ utilisable pour la production d'électricité et de chaleur ou de froid industriel (figure ci-dessous).

Ainsi, l'exploitation de ce type de géothermie repose sur les éléments de fonctionnement suivant:

- Les puits forés captent le fluide géothermal en profondeur et à haute température. Ce dernier se vaporise partiellement lors de sa remontée vers la surface en fonction de la pression imposée en tête du puits de production ;
- En surface, une étape de séparation est nécessaire pour séparer les phases vapeur et liquide ;
- Cette phase vapeur est envoyée directement vers une turbine couplée à un alternateur où son énergie est transformée en électricité ou elle est utilisée pour vaporiser un fluide secondaire qui entrainera à son tour une turbine. La phase liquide (eau séparée) est réinjectée ou également utilisée pour la production d'électricité via une turbine à cycle binaire ;
- Ensuite, la phase vapeur est recondensée en eau, remélangée ou non à la phase liquide et le tout est réinjecté dans le réservoir via des puits de réinjection.



Figure 4: Schéma conceptuel du principe de fonctionnement d'une installation de géothermie haute enthalpie (AFPG, 2020)

Déjà en 2015, 27 pays possédaient des centrales géothermiques pour la production d'électricité. Leur répartition est étroitement corrélée avec les principales zones volcanique et tectoniques actives à la surface du globe (Figure 5). Ceci explique que la zone péripacifique concentre la majeure partie des capacités de production électrique installées (10,2 GW sur un total de 15,4 GW; ThinkGeoEnergy, 2020). Le pays leader reste les Etats-Unis avec plus de 24% de la capacité mondiale à lui tout seul (3,67 GW, ThinkGeoEnergy 2020).

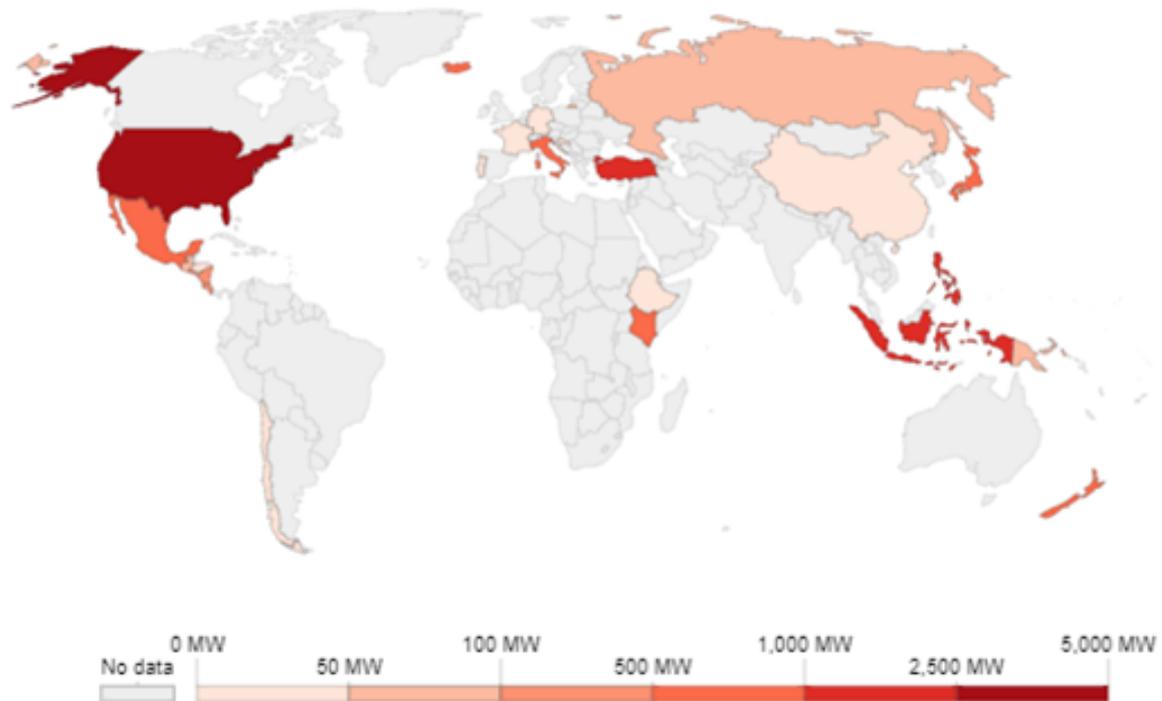


Figure 5 : Distribution des capacités de production électriques par géothermie par pays en 2019 (BP Statistical Review of Global Energy, 2020)

2.2 Caractérisation des besoins

La Réunion est un département d'Outre-mer comptant environ 856 000 habitants (2018) et le mix électrique local est assuré pour le moment dans une large mesure par la production thermique.

La base de l'énergie à la Réunion est importée et fossile, elle est composée entre autre de charbon de gaz et de fioul en très grande majorité : 52% de l'énergie à la Réunion est liée aux transports, donc 100% fossile et importée ; les 48% de l'énergie liée à la production électrique est composée de 70% d'énergies fossiles.

Devant cette urgence climatique et de souveraineté, la PPE a été modifiée et la production géothermale électrogène y trouve une place toute faite dans le mixe électrique actuel.

Le marché de l'électricité à la Réunion est encore fermé, il n'est pas possible de passer par des PPA, ou autres solutions de vente directe d'électricité à des clients finaux. L'ensemble de l'énergie des producteurs d'électricité doit transiter par l'acheteur unique EDF.

Le rapport de l'Observatoire Energie Réunion de juillet 2020 donne la répartition de la production électrique de l'île. La part des ENR en 2019 est de 31.2%.

La PPE a pour ambition de diversifier et verdir ce mix en faisant appel à plusieurs types d'énergies renouvelables, dont la géothermie. Ainsi, dans ses recommandations, le syndicat des énergies renouvelables considère la géothermie comme présentant un potentiel élevé sur l'île. Celui-ci doit continuer à être exploré pour un éventuel développement à long terme qui permettrait d'accompagner la croissance de la consommation locale.

PARC DE PRODUCTION ÉLECTRIQUE : 899,7 MW

Puissance installée
au 31 décembre
2019 : 899,7 MW

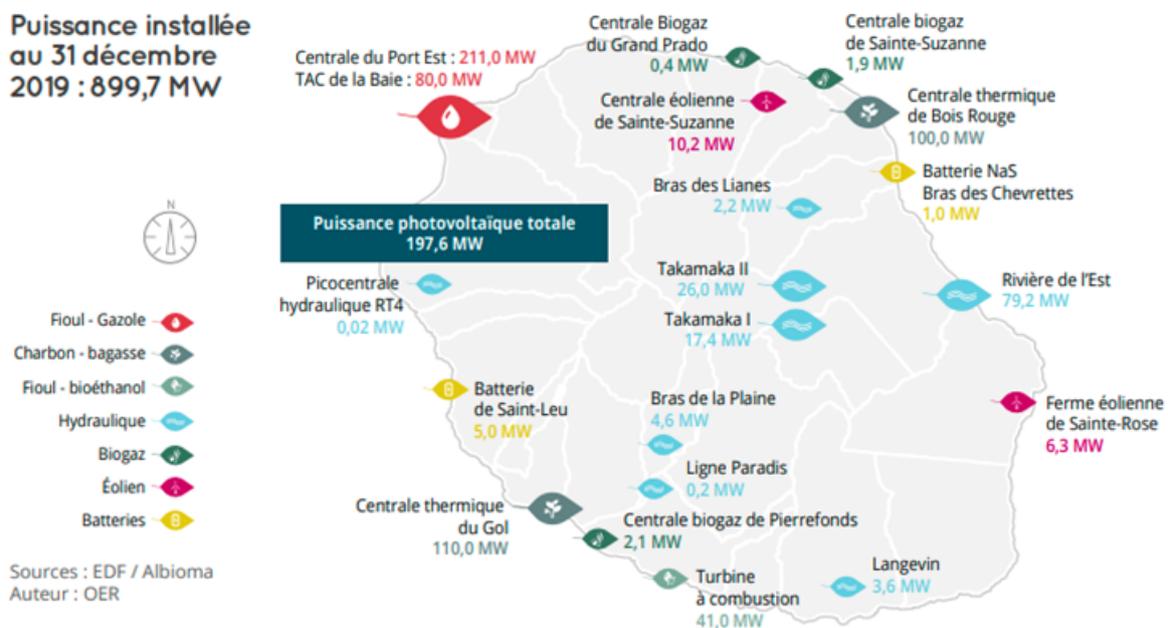


Figure 6 : Parc de production électrique à La Réunion fin 2019 (OER)

Idéalement situé, le présent projet de production géothermale électrogène se situe dans une zone sans grande production électrique, comme indiqué sur la figure ci-dessus, mais dont la consommation, sur les villes associées est non négligeable et permettrait aux villes du Tampon et de la Plaine des Palmistes d'avoir une production électrique propre, respectueuse de l'environnement, s'intégrant parfaitement dans les merveilleux paysages de ces 2 communes.

En 2018, l'ADEME a publié un jeu de rapports sur l'autonomie énergétique de la Réunion dans les zones non interconnectées (consultable sur la médiathèque numérique de l'ADEME). Ce rapport conclue :

- Que le mix électrique 100% ENR à la Réunion est possible
- Qu'il en découlerait une baisse du prix de l'électricité
- Que ce système 100% ENR peut rester stable face à des incidents

La participation de la géothermie au mix 100% ENR est mise en avant dans ce rapport mais se limite à la mise en œuvre d'un seul projet de production à l'horizon 2030. Ce rapport identifie les lieux de développement de la géothermie profonde suite aux études de 2015 menées par le BRGM.

Potentiel élevé	Poste source principal
Cirque de Salazie	Saint-André
Cirque de Cilaos	BDP
Potentiel à confirmer	
Plaine des Cafres	Tampon
Zone de rift de l'Etang Salé	Saint-Leu
Zones de rift du Piton de la Fournaise :	
Saint Philippe	Langevin
Sainte Rose	Sainte-Rose
Plaine des Palmistes	Beaufonds
Rivière Langevin - Rivière des Remparts	Langevin
Zones à forts enjeux environnementaux	

Figure 7: Sites potentiels de géothermie dans le rapport autonomie énergétique (ADEME)

Le présent projet de géothermie électrogène à La Réunion s'inscrirait donc dans les axes de travail proposer par l'ADEME pour disposer d'une énergie permanente bas carbone sur le territoire.

2.3 Evaluation de la ressource

L'île de la Réunion est le produit de l'activité volcanique d'un point chaud (remontée adiabatique localisée du manteau profond) qui a provoqué la formation des 3 îles de l'Archipel des Mascareignes : Maurice, la Réunion et Rodrigues.

Situé à mi-chemin entre le Piton des Neiges et le Piton de la Fournaise, la zone du PER se situe précisément à la jonction des 2 appareils volcaniques : l'un éteint très récemment (moins de 30 000 ans et l'autre toujours actif). Cette zone est par ailleurs caractérisée par la présence de nombreux petits cônes volcaniques subactuels de type dont l'existence témoigne de la présence de zones de fragilité en profondeur (remontée de magma profond) qui pourraient être des zones de circulations hydrothermales préférentielles.

Le potentiel géothermique de la Réunion a été reconnu de longue date, depuis les premières études réalisées par le BRGM dans les années 70. Le dernier travail majeur réalisé dans ce domaine est une identification des secteurs d'intérêt potentiel pour le développement de la géothermie sur l'île de la Réunion, hors cœur de Parc National, publié par le BRGM en Juin 2015 (Dezayes et al, 2015).

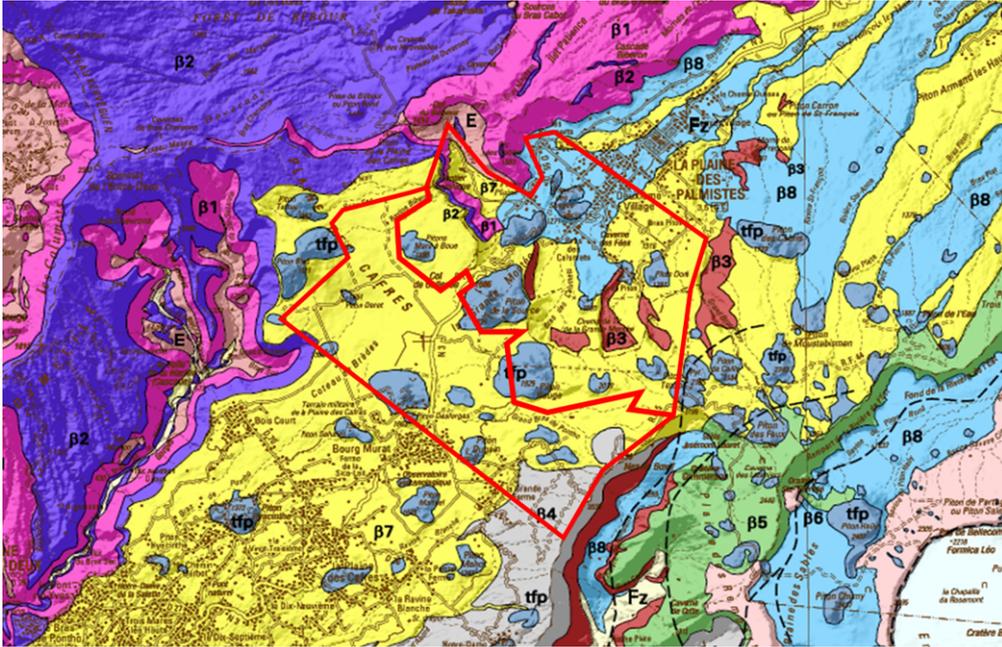


Figure 8 : Extrait de la carte géologique de la Réunion au 1/100 000^{ème} indiquant les limites du Permis Cafres-Palmistes en rouge

La reconnaissance des zones à potentiel géothermique élevé en domaine volcanique s'applique à mettre en œuvre des méthodes de terrain permettant de caractériser les indices favorables à la présence d'un réservoir géothermal. **Pour exister, ce dernier nécessite 3 éléments importants à identifier pour évaluer la ressource lors du programme de recherches relatif à ce PER :**

- Une source de chaleur en profondeur ;
- La présence d'eau ;
- Une perméabilité de la roche encaissante suffisante pour permettre les mouvements de fluides (notamment pour la recharge du réservoir et les transferts de fluides chauds vers la sub-surface).

3 Programme de recherches envisagé au sein du PER

S'il est accordé à la société ENGIE ES, le permis dit de « Cafres-Palmistes » doit permettre de réaliser un programme de recherches qui se décompose en trois grands axes avec pour objectif d'étudier et de valider l'ensemble des contraintes afférentes au projet.

Cela permettra de statuer sur la réalisation de forages exploratoires qui seront précédés d'une Demande d'Autorisation d'Ouverture de Travaux Miniers (DAOTM). A noter, qu'une enquête publique est prévue dans le cadre de cette DAOTM dans du décret n° 2018-878 du 11 octobre 2018 modifiant le décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains

Ce programme de recherche est borné temporellement et financièrement. Sur une durée de 5 ans, ENGIE ES bénéficiera d'une exclusivité sur le périmètre du permis « Cafres-Palmistes » en échange d'investissements prévisionnels pour la totalité des études et réalisations envisagés dans ce dossier, sous couvert d'un potentiel avéré avant la réalisation de forages d'exploration.

3.1 Programme Etudes Sous-Sol

La stratégie d'exploration choisie vise à réduire les incertitudes sur la ressource par étapes, en incluant des points de décision sur la poursuite du programme d'exploration en fonction des résultats obtenus.

Conformément aux bonnes pratiques dans le domaine de l'exploration géothermique, le programme des travaux d'exploration envisagés peut être décrit comme suit :

1. Une étape de compilation des travaux antérieurs afin de définir les travaux complémentaires nécessaires pour mieux caractériser la ressource géothermale en profondeur ;
2. Une étape de préfaisabilité avec des études complémentaires en géologie, volcanologie, géochimie (eaux et gaz des sols) et géophysique. Cette étape est le prélude indispensable à une évaluation détaillée de la ressource et éventuellement à la définition des zones d'implantation des futurs forages exploratoires (qui permettront de qualifier la ressource présente en profondeur). Cette étude de préfaisabilité fera l'objet d'un rapport de préfaisabilité qui estimera les probabilités de rencontrer effectivement une ressource géothermale profonde et indiquera si les conditions sont favorables à la poursuite du projet à travers la réalisation de forages exploratoires;
3. Une étape optionnelle d'acquisition de nouvelles données : comme des échantillonnages de gaz de sols, ou des mesures MT, qui seront évaluées dans les phases 1 et 2 (Décision GO / NO GO)
4. Une étape de préparation des dossiers réglementaires de demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers et de préparation des forages d'exploration ;

5. Une étape de réalisation de forages d'exploration (un ou plus selon les conclusions de l'étude de pré-faisabilité). Cette étape inclura la demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers (DAOTM) et l'étude d'impact environnemental afférente. A l'issue de cette phase de faisabilité, un rapport de faisabilité statuera sur les suites à donner à la phase exploratoire en fonction de la ressource géothermale trouvée (abandon, poursuite de la phase exploratoire ou développement du projet géothermique).



Figure 9 : Procédure d'échantillonnage des gaz dans les sols montrant la perforatrice de petit diamètre, le tube de cuivre installé à 1 m de profondeur et l'analyseur de gaz (BRGM)

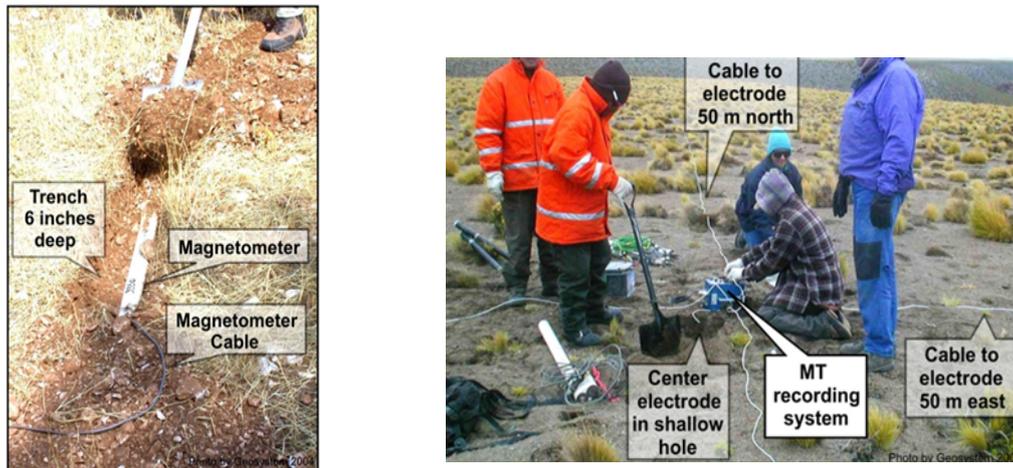


Figure 10: Exemple de mesures magnétotelluriques (MT)

3.2 Programme Etudes Energie Surface

Ce travail d'ingénierie énergétique devra faire ressortir la solution optimale de fourniture d'énergie, en tenant compte des spécificités du sous-sol au droit du périmètre de recherches. Afin d'optimiser la production d'électricité, différentes hypothèses sur le type de centrale géothermique à développer seront testées (flash avec 1 ou plusieurs étages ou binaire type ORC, Kalina) afin de proposer le type d'exploitation le mieux adapté au contexte locale.

De plus, un volet besoin de chaleur a pour objectif d'examiner les possibilités de valorisation de la chaleur produite à partir de la ressource géothermale. Les besoins environnants seront analysés d'abord par une estimation à partir de pans et vues aériennes, et par analyse des plans d'occupation des sols, pour identifier les ensembles potentiellement consommateurs de chaleur.

Dans un second temps, des visites sur place par les équipes ENGIE de la Réunion, seront organisées afin de vérifier le premier repérage, de compléter la liste des raccordements potentiels et de récolter un maximum d'informations aidant à créer le plan de développement.

Ainsi, ce programme est composé des axes suivants :

- Etude de valorisation de l'électricité à partir de différents types de centrales géothermiques ;
- Etude de valorisation du potentiel de chaleur sur le territoire à partir d'investigations sur les besoins spécifiques de La Réunion (élevages, pisciculture, industries, tourisme thermique etc.) ;
- Etude sur la conception de la centrale géothermique, notamment le dimensionnement des différents équipements d'une centrale (figure suivante) de type ORC (Organic Rankine Cycle). Ce type de centrale utilise un fluide organique dont la température d'ébullition est inférieure à celle de l'eau, ce qui permet de produire de l'électricité à partir de source chaude à des températures comprises entre 90°C à 200°C ;
- Optimisation financière et juridique pour faire ressortir le montage de la *Société-Projet* le plus optimal pour l'ensemble des parties prenantes. Il s'attachera aussi à optimiser les tarifs de fourniture d'énergie géothermale dans la durée afin de rendre un service de production d'électricité peu sensible aux fluctuations du marché des énergies fossiles.



Figure 11: Centrale géothermique de 4MW en Allemagne (Turboden)

Si la demande de Permis Exclusif de Recherche est déposée par ENGIE ES, il est important d'étudier **les modalités d'implication des collectivités** dans le projet.

ENGIE Solutions Villes & Collectivités analysera **les possibilités de partenariats locaux** notamment avec **les collectivités du territoire** afin de créer une « **Société-projet** » **conjointe**, pilotant le projet et visant à créer une ou plusieurs centrales de production d'électricité géothermique, sur La Réunion, pouvant exporter et vendre la production d'électricité à EDF-SEI et ce aux fins d'alimenter en électricité l'île de La Réunion et selon une durée à négocier.

3.3 Programme Etudes Environnement

Le programme environnemental et le travail de rencontre des parties prenantes devront mettre en évidence la solution optimale pour l'emplacement des travaux. Ce programme s'attachera à réduire au maximum ou à annuler toutes nuisances potentielles des travaux et de l'exploitation d'une centrale géothermique au droit du périmètre de recherche notamment vis-à-vis des riverains mais également vis-à-vis de la ressource en eau.

Ainsi, il prévoit plusieurs axes :

- Etudes foncières et cession du terrain qui permettront d'identifier les parcelles les plus propices La recherche de site de forage esquissée dans le présent document devra être complétée en intégrant les progressions de la réflexion sur les modalités de production et de distribution de chaleur en surface, les contraintes environnementales et réglementaires, et les contraintes en termes de maîtrise foncière.
- Acceptabilité et plan de rencontre, en supplément des consultations du public et enquête publique liée aux étapes administratives et réglementaires, une démarche d'information et de consultation de la population locale pourra être initiée, si des opérations de forage ont lieu, lors de la réalisation de l'état initial pour une étude d'impact qui sera réalisée en partie réalisée par un bureau d'étude local.
- Impacts sur l'environnement des travaux envisagés sur des parcelles définies. Ils seront précisés à partir d'études acoustiques, d'intégration paysagère, faune/flore (comprenant des cartographies d'habitat et des inventaires naturalistes). La réalisation d'un projet de centrale géothermique dans le contexte environnemental d'exception de La Réunion nécessite une prise en compte importante d'enjeux environnementaux et sociétaux locaux.
- Une mise en adéquation des travaux envisagés avec le SDAGE de La Réunion sera également réalisée afin de définir les solutions optimales de prélèvement d'eau pour les besoins de réalisation du projet. Ce volet se basera sur des échanges avec l'administration et permettra d'envisager des solutions novatrices pour économiser l'eau en utilisant par exemple l'eau de mer, les eaux usées traitées ou des solutions de stockage d'eau de ruissellement.

- Analyse des fournisseurs et modalités de sécurité chantier qui permettront de construire un Plan de Prévention Santé Sécurité adapté au projet et à son environnement. Les dispositions préventives seront privilégiées au maximum et feront l'objet d'études spécifiques.
- Réduction des nuisances potentielles et acceptabilité du projet grâce à la définition de mesures de réduction ou de compensation des nuisances s'adaptant au contexte local (figures suivantes).

Pour permettre l'engagement des différents acteurs du projet pour assurer le meilleur niveau de santé et sécurité tout au long du projet, la communication avec le public sera un élément particulièrement étudié.



Figure 12: Exemple de résultats d'étude acoustique en région parisienne



Figure 13: Exemple d'un bungalow dédié aux visites du public sur un site de forage ENGIE Solutions

4 Enjeux identifiés sur le périmètre de recherches

La présente demande de permis de recherches de gîte géothermique La Réunion est accompagnée d'une notice d'impact environnemental du projet qui concerne les phases de recherche, de travaux et d'exploitation du projet de géothermie envisagé. La fresque de développement d'un projet de géothermie est rappelée ci-dessous.

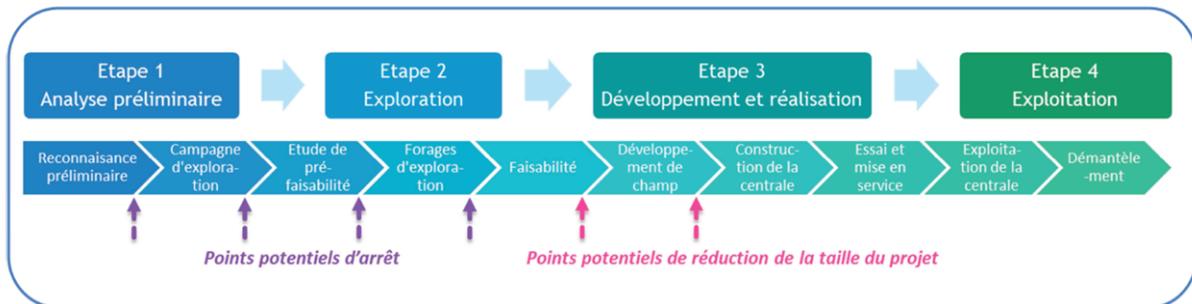


Figure 14: Fresque de développement d'un projet de géothermie

Tout d'abord, l'analyse de l'état initial du périmètre de recherche demandé a permis de dégager les **principaux enjeux sociétaux et environnementaux**.

Le travail a consisté à étudier l'environnement local (urbanisme, activité agricole etc.), réaliser un note descriptive de la faune et de la flore protégées, identifier les risques naturels (éruption, glissement de terrains etc.), synthétiser les ressources en eau locale (hydrographie, nappes phréatiques, captage d'alimentation en eau potable etc.).

Les zones naturelles règlementées ou jugées sensibles sont peu nombreuses dans l'aire du PER « Cafres-Palmistes » dont le périmètre a été choisi précisément pour minimiser les impacts sur le milieu naturel protégé.

Le périmètre total du PER demandé inclut une partie du Cœur de Parc et une partie du site inscrit à l'UNESCO.

La zone Nord-Est du permis, regroupant la plaine des Palmistes et la crête séparant les deux plaines, est incluse dans un but de recherche mais n'est pas envisagée comme un lieu de forage ou de travaux qui sont donc prévus en dehors des limites du Parc National de la Réunion.

Cependant il ressort clairement de ce travail de recensement que de nombreux espaces naturels protégés sont présents dans et à proximité de la zone du PER. Les travaux ultérieurs devront tenir compte de la présence de ces espaces naturels afin de préserver ces milieux, minimiser au maximum, et si nécessaire compenser les éventuels impacts environnementaux.

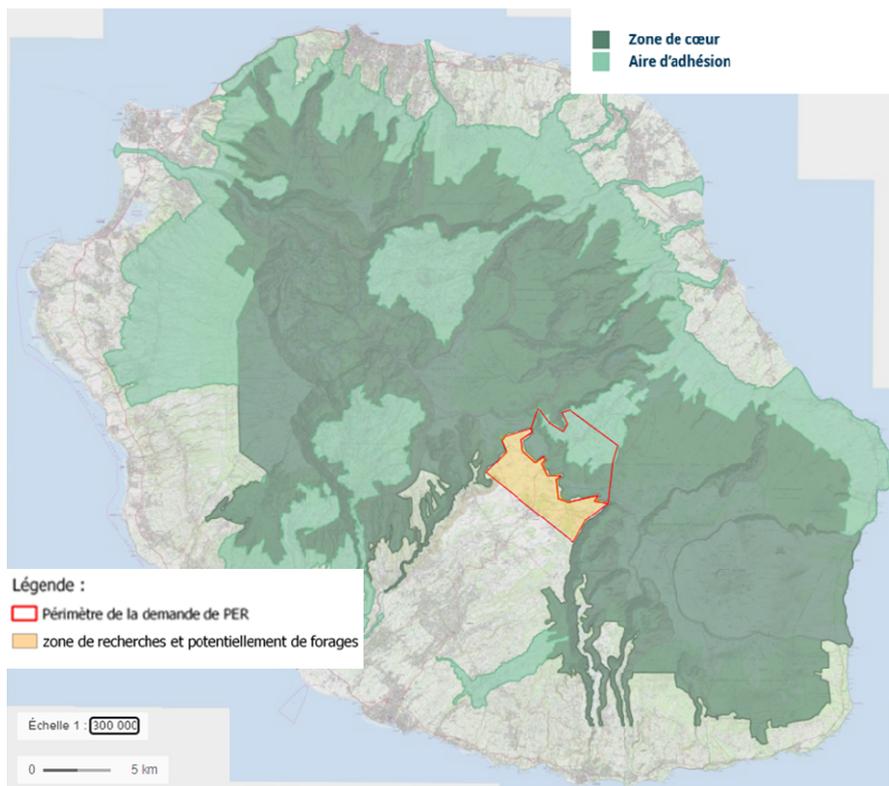


Figure 15: Carte générale du Parc National de la Réunion (cœur du parc en vert foncé et zone d'adhésion en vert clair)

IV Prescriptions et préconisations du SAR

1 Le respect des grands équilibres

Les espaces à vocation agricole

Espaces à usage agricole unique

Espaces agricoles

Espaces à usage agricole prioritaire

Cirques d'urbanisation

Espaces à usage agricole conditionné

Espaces de contrat écologique

Limites spécifiques

Périmètre du chapitre individuel objet SMM

Réseau existant

Réseau rural primaire

Réseau rural secondaire



Figure 16 Carte des espaces à vocation agricole et leur classification (SAR 2020)

5 Prise en compte des impacts du projet

Le projet de développement géothermique de Cafres-Palmistes comporte dans un premier temps une phase d'exploration de surface visant à préciser autant que possible le potentiel géothermique dans une zone délimitée relativement large. Cette phase doit apporter des informations sur la position, la profondeur, la température et les caractéristiques de la ressource géothermique susceptible d'être explorée et exploitée par forage profond. Les impacts environnementaux liés à cette première phase sont généralement très limités (voir ci-dessous).

Si les résultats de ces explorations de surface sont positifs, il sera procédé dans une deuxième phase à des travaux de forages exploratoires profonds pour cette fois qualifier la ressource géothermique pour la production d'électricité. Les impacts environnementaux des forages d'exploration sont plus significatifs aussi bien sur le milieu naturel que le milieu urbain et doivent faire l'objet d'une Etude d'impact à part entière (voir ci-dessous) préalable à tout début de travaux.

5.1 Programme d'études pour les impacts du volet exploratoire

L'exploration géologique n'aura pas d'impact si ce n'est l'utilisation de voitures tout terrain pour se déplacer d'un affleurement à un autre. Les prélèvements nécessaires seront réalisés au maximum hors de la zone cœur de Parc. Si des prélèvements semblaient nécessaires sur la zone Cœur de Parc, ils seraient effectués en accord avec l'Arrête n° DIR/2014-049 du 10/10/14 relatif au prélèvement de roches et de minéraux dans le cœur du Parc national de La Réunion.

Pour l'exploration géochimique l'étude des gaz dans les sols nécessite de réaliser dans le sol des perforations d'environ 1 cm de diamètre sur 1 m de profondeur dans lequel est logé temporairement un tube en cuivre. Lors des mesures et prélèvements une attention particulière sera apportée :

- à la planification des lieux de mesures pour prendre en compte la faune/flore,
- au rebouchage des trous occasionnés,
- au nettoyage des instruments pour éviter le transfert d'espèces d'un milieu à un autre.

Pour la campagne géophysique, l'installation des stations de mesure demandera la réalisation de petites tranchées (1m × 0,2 m × 0,2 m) qui seront rebouchées par la suite.

5.2 Programme d'études pour les impacts en phase travaux et exploitation

Le forage d'un puits d'exploration est soumis à la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement conformément à l'article R.122-2 du Code l'Environnement et cette étude doit être suivie d'une enquête publique. Elle doit être annexée à la Demande d'Ouverture de Travaux Miniers (DAOTM) et ne se trouvera pas, de fait, dans la présente demande de PER, les emplacements de forage étant à ce jour, inconnus.

Les impacts des phases de travaux de forages et de construction de la centrale sont pour partie des impacts similaires à tous chantiers d'aménagement (impacts génériques) auxquels s'ajoutent des impacts spécifiques liés aux particularités d'un projet géothermique.

Ces impacts génériques sont :

- les émissions de polluants dans l'air,
- les risques de pollutions chroniques et accidentelles,
- les modifications de la stabilité des sols,
- les atteintes à la biodiversité,
- les nuisances sonores et vibrations,
- les effets sur le paysage.

Ces impacts et mesures seront détaillées au sein d'une étude d'impact environnemental au sein d'une DAOTM, le cas échéant.

Cependant, pour chacun de ces impacts, des mesures générales de prévention et de remédiation sont évoquées dans le dossier de demande de permis exclusif de recherches pour les limiter et sont résumées ci-dessous :

5.2.1 Programme d'études pour les impacts sur la ressource en eau

En contexte insulaire, la vulnérabilité de la ressource en eau douce est un enjeu particulièrement fort. Le fluide de forage utilisé sera une boue à base d'eau qui nécessitera des volumes d'eau assez importants pour sa préparation.

Les zones de pertes qui pourraient être rencontrées en cours de forage (où la boue se disperse dans la formation) nécessite d'avoir une alimentation en eau quasi-continue du chantier. Il en est de même pour la lutte anti-incendie et les besoins sanitaires. Les cours d'eau de la zone du PER étant tous temporaires, il est envisagé de se raccorder soit au réseau AEP présent localement, soit au réseau d'eau agricole, soit de tirer bénéfice des nombreuses retenues collinaires présentes dans la Plaine des Cafres. Même en cas de forage durant la saison humide (quand les ravines sont en eau), on rappelle que le régime torrentiel spécifique de ces cours d'eau rend difficile une utilisation pour le forage (risque de destruction de la prise d'eau temporaire ou de son encombrement par les éléments charriés par le cours d'eau). Une convention sera signée avec le propriétaire ad hoc qu'il soit public ou privé (réseau ou retenue collinaire). Si aucun réseau ou aucune retenue collinaire ne se trouve dans la zone où sera réalisé le forage, il pourra être envisagé de créer une retenue collinaire temporaire alimentée par les eaux de pluies et/ou par des camions citernes. La réalisation de cette retenue collinaire fera l'objet d'une étude d'impact spécifique.

En amont, des dispositions seront prises pour :

- Evaluer les débits mis en jeu pour les besoins du projet et adapter en fonction des caractéristiques des cours d'eau voisin, notamment la moyenne des débits pluri annuels,
- Evaluer la possibilité d'utiliser les eaux usées traitées.
- Evaluer les possibilités de mise à disposition des ouvrages de captage d'eau douce comme ressource d'urgence en cas de pénurie d'eau.
- Articuler le programme de forage pour le projet de géothermie avec le programme d'alimentation en eau potable devra également être étudiée.
- Recycler au maximum les eaux utilisées.

5.2.2 Programme d'études pour les risques de pollution

Les travaux de forage entraîneront des effluents d'eau géothermale qui peuvent impacter les eaux de surface par leurs chimie et température. Une gestion particulière devra être mise en place pour traiter ces fluides avant rejet au réseau ou à la parcelle (refroidissement, traitement chimique en fonction du fond géochimique des cours d'eau voisins). Ces fluides géothermaux pourront aussi être stockés dans des bâches imperméabilisées puis rejetés.

Les travaux entraîneront aussi une imperméabilisation des sols qui produira des eaux de ruissellement en cas d'épisodes pluvieux. Ces eaux, si elles ne sont pas gérées, peuvent polluer les eaux de surface et la flore environnante. Un canal de dérivation des eaux de pluie sera creusé autour de la plateforme afin d'éviter le transit des eaux pluviales par la plateforme de forage.

Les boues de forage sont la principale source de pollution potentielle des eaux de surface, des eaux souterraines et des sols. Elles présentent une DBO et une DCO élevée qui pourraient entraîner une dégradation sensible des eaux. Elles contiennent des éléments issus du puits de forage et peuvent être contaminées par des huiles lors de contact avec les équipements du puits. Leur composition initiale est principalement constituée de bentonite (type d'argiles) mais différents additifs conventionnels peuvent être ajoutés. Toutes les précautions et dispositions seront prises pour la gestion de ces boues.

5.2.3 Programme d'études pour les effets sur les paysages et le milieu naturel

Le mât de forage pourra constituer une gêne temporaire en raison de sa hauteur lors des forages de production (30 à 55m de hauteur), cette gêne sera plus réduite pour les forages d'exploration du type gradient thermique étant la taille plus petite de la machine de forage. Cette gêne sera réduite à la durée des travaux de forage (quelques mois). A la fin du forage, si celui-ci est conservé pour mise en exploitation, seul subsistera la tête de puits dont l'impact sera minime.

En cours d'exploitation, la centrale géothermique sera visible dans le paysage et en fonction du mode de refroidissement choisi pour la centrale, un panache de vapeur d'eau pourra être visible. La centrale sera implantée au maximum sur un site déjà dédié à des activités industrielles.

En fonction de la distance des puits à la centrale, des canalisations seront installées pour transporter le fluide géothermal de la tête de puits à la centrale. Ces canalisations nécessiteront une bande de défrichage autour du linéaire pour permettre leur maintenance. L'implantation des puits fera en sorte de privilégier de courtes distances entre la centrale et les puits pour limiter la longueur des canalisations.

Des mesures devront être définies dans le cadre du projet de géothermie pour gérer les problématiques liées au bruit, aux effluents lors du forage, aux eaux de ruissellement, au défrichage afin de limiter le morcellement et les pollutions sonore et chimique des habitats.