



Autorité environnementale

**Avis délibéré de l’Autorité environnementale
sur le permis exclusif de recherches (PER) de
gîtes géothermiques en Guadeloupe, dit
« Permis de Sud-Soufrière » (971)**

n°Ae : 2024-129

Avis délibéré n° 2024-129 adopté lors de la séance du 13 mars 2025

Préambule relatif à l'élaboration de l'avis

L'Ae¹ s'est réunie le 13 mars 2025 à la Défense. L'ordre du jour comportait, notamment, l'avis sur le permis exclusif de recherches (PER) de gîtes géothermiques en Guadeloupe (971), dit « Permis de Sud-Soufrière ».

Ont délibéré collégalement : Sylvie Banoun, Karine Brulé, Virginie Dumoulin, Christine Jean, Noël Jouteur, François Letourneux, Olivier Milan, Jean-Michel Nataf, Alby Schmitt.

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 : Nathalie Bertrand, Marc Clément, Serge Muller, Laure Tourjansky, Éric Vindimian, Véronique Wormser.

* *

*

L'Ae a été saisie pour avis par le directeur de l'énergie, l'ensemble des pièces constitutives du dossier ayant été reçues le 12 décembre 2024.

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 17 décembre 2024 :

- le préfet de Guadeloupe, qui a transmis une contribution le 14 février 2025,
- le directeur général de l'Agence régionale de santé (ARS) de Guadeloupe.

Sur le rapport d'Olivier Milan et François Vauglin qui se sont rendus sur site le 21 février 2025, 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 Albioma a déposé une demande de permis exclusif de recherches (PER) de gîtes géothermiques en Guadeloupe (971) dit « Permis de Sud-Soufrière ». 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 2020 et complétée en 2024, s'étend sur une superficie de 61,7 km², située sur les flancs sud et est du volcan actif de la Soufrière, jusqu'à la côte. Les explorations menées dès les années 1980 y ont identifié un potentiel géothermique, compte tenu des systèmes hydrothermaux et des failles en présence sur les secteurs entourant le massif volcanique, en particulier le secteur dit « de Moscou ».

La Guadeloupe dispose déjà depuis plus de 20 ans d'une centrale de production électrique géothermique (à Bouillante) et le développement des énergies renouvelables, dont la géothermie profonde et de haute température, en substitution de sources fossiles et carbonées, s'inscrit dans les politiques nationales et locales, en particulier les programmations pluriannuelles de l'énergie de la Guadeloupe.

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 réduction de la pollution atmosphérique et des émissions de gaz à effet de serre, par substitution d'une production d'électricité carbonée par la géothermie, source moins émissive,
- les risques induits par des forages et une exploitation dans un volcan actif.

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'un réservoir géothermique. Selon les éléments présentés, leurs incidences environnementales sont négligeables. L'Ae s'interroge cependant sur la pertinence d'inclure dans le périmètre des secteurs du littoral bénéficiant de fortes protections des milieux naturels et sans potentiel géothermique identifié.

L'avis comprend également des indications sur les actions à conduire dans les étapes ultérieures, à savoir les travaux de forage, l'éventuelle demande de concession et les travaux d'exploitation associés. L'Ae recommande d'approfondir et d'actualiser, dès à présent et dans les phases ultérieures, l'analyse des enjeux environnementaux et des incidences potentielles afin de prioriser les secteurs à moindre enjeux pour l'implantation des forages et d'affiner l'analyse sur le secteur de Moscou, cible privilégiée d'implantation. Ces études devront également porter sur la ressource en eau nécessaire au forage et inclure les travaux de raccordement aux réseaux routiers et électrique.

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'archipel guadeloupéen est constitué des principales îles suivantes : Basse-Terre, Grande-Terre, les Saintes, Marie-Galante, la Désirade et Petite-Terre. Il appartient à l'arc volcanique des Petites Antilles qui résulte de la subduction de la plaque Atlantique sous la plaque Caraïbe.

L'archipel présente une grande diversité géologique. Les îles des Saintes et de la Basse-Terre sont des formations volcaniques, les plus récentes. La formation de Basse-Terre a débuté il y a plus de quatre millions d'années par sa partie nord, puis s'est développée vers le sud et se poursuit aujourd'hui avec le volcan actif de la Soufrière, dont la dernière éruption a eu lieu en 1976.

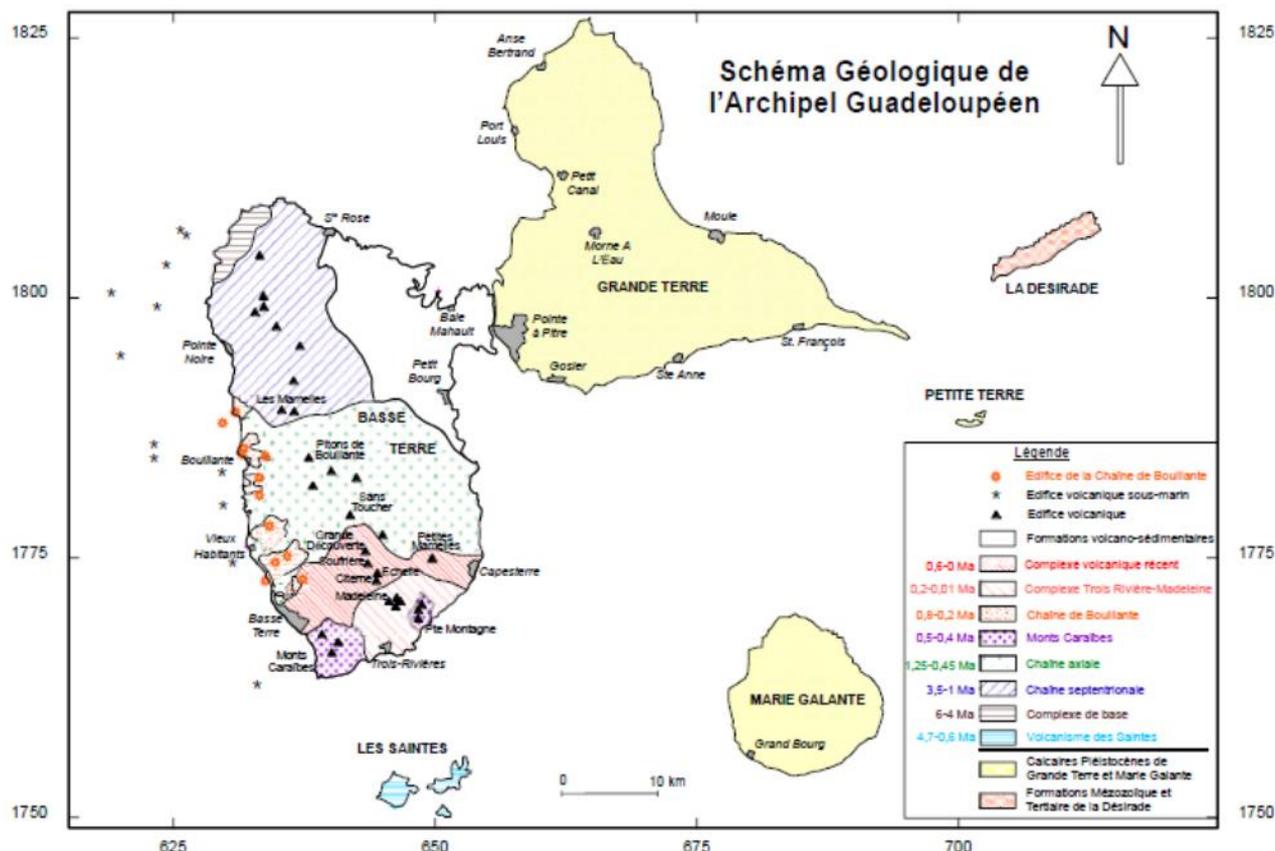


Figure 1 : Schéma géologique des îles de l'archipel guadeloupéen (source : dossier).

Dès les années 1980, l'intérêt géothermique du massif volcanique de la Soufrière avait été identifié, en lien avec la présence d'une dizaine de sources thermales dispersées sur les flancs du massif et de fumerolles au sommet du dôme. L'objectif était d'exploiter la chaleur du sous-sol afin de produire de l'électricité. De nombreux travaux d'exploration géothermique ont alors été menés, qui ont notamment conduit à la construction de la première centrale géothermique électrogène de France, la centrale de Bouillante, située sur le flanc ouest du massif volcanique, opérationnelle

depuis les années 2000, d'une puissance de 15 MW, prochainement portée à 25 MW avec la mise en exploitation de nouveaux forages.

Les secteurs au sud du volcan ont également fait l'objet d'une première campagne d'exploration géothermique au début des années 1980. Le BRGM, qui l'a conduite, avait décidé d'explorer la région dite « de Moscou ». Cette zone est en effet située à l'extrémité méridionale de la « faille de la Ty » qui constitue le drain fracturé majeur du système hydrothermal du dôme de la Soufrière. Cette exploration avait été réalisée alors que la connaissance du massif de la Soufrière et de son système hydrothermal était très incomplète et n'avait pas permis de statuer sur l'existence ou non d'une ressource géothermale sur ce secteur. L'exploration n'avait donc pas été poursuivie. Depuis, la connaissance géologique du secteur a beaucoup progressé, en lien avec les travaux de recherches de l'observatoire volcanologique de la Soufrière de Guadeloupe (OVSG), et des progrès ont également été faits tant au niveau des concepts qu'au niveau des méthodes et outils de prospection géothermiques.

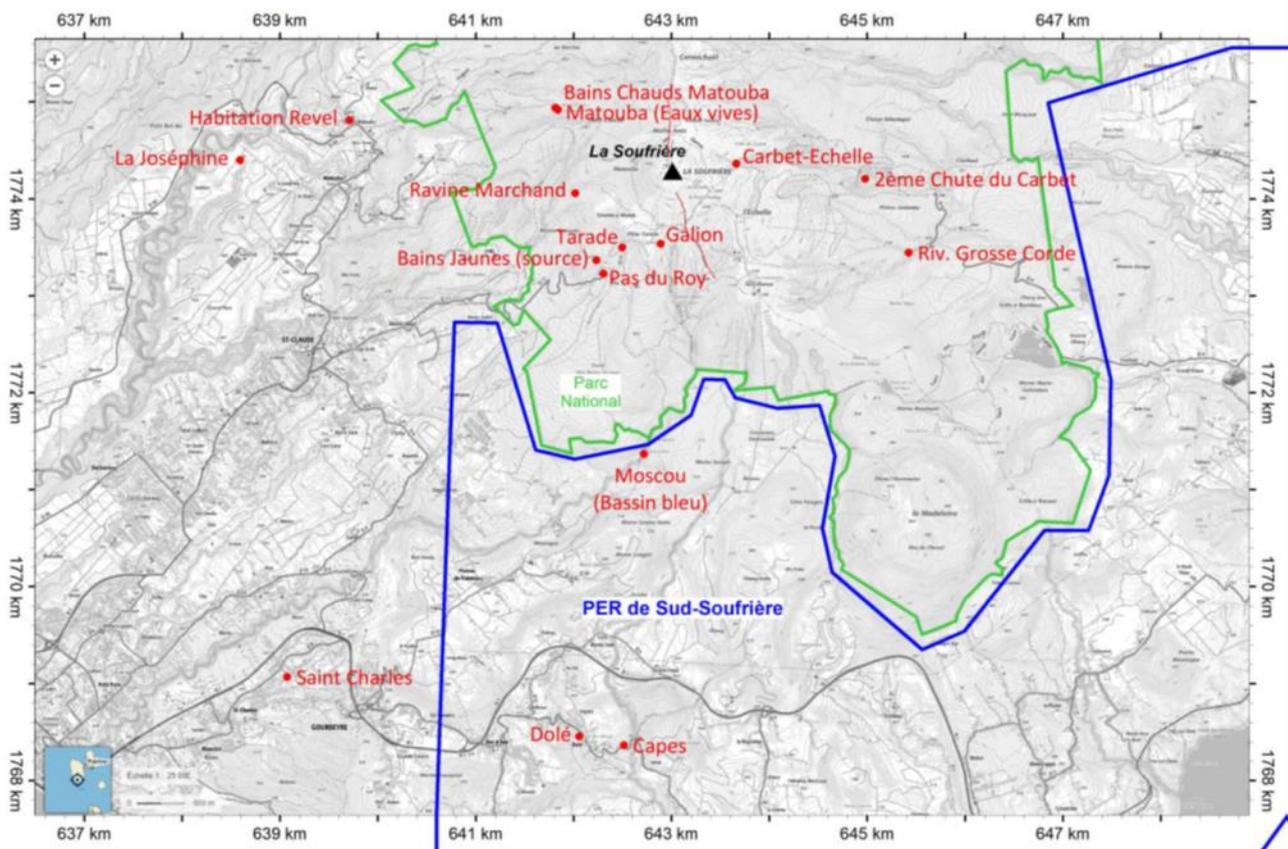


Figure 2 : Localisation des sources thermales sur le massif volcanique de la Soufrière (source : dossier).

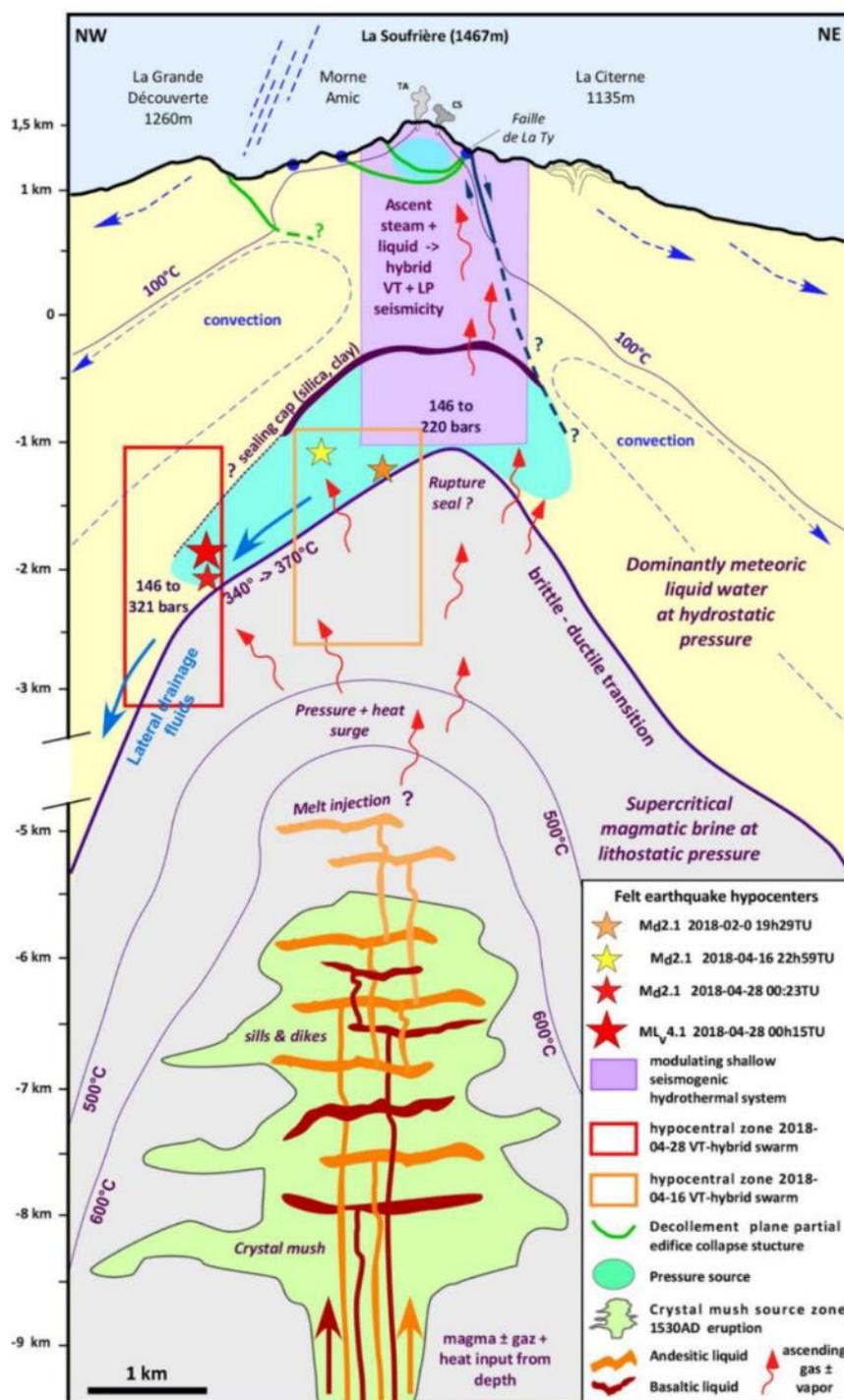


Figure 3 : Modèle conceptuel du système hydrothermal de la Soufrière proposé par Moretti et al. (2020)² (source : dossier).

C'est dans ce contexte que l'intérêt s'est de nouveau porté sur ce secteur, conduisant la société Albioma à déposer en 2020 une demande de permis exclusif de recherche (PER) sur le secteur « Sud-Soufrière ». 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 pendant la durée sollicitée (ici de cinq ans), puis de déposer des demandes de concessions minières dans le périmètre ayant fait l'objet des recherches.

² The 2018 unrest phase at La Soufrière of Guadeloupe (French West Indies) andesitic volcano: Scrutiny of a failed but prodromal phreatic eruption, Journal of volcanology and geothermal research, n°393 : https://www.ipgp.fr/~vallee/PUBLICATIONS/2020_Moretti_et_al_Soufriere_IVolcano_Geothermal_Research.pdf.

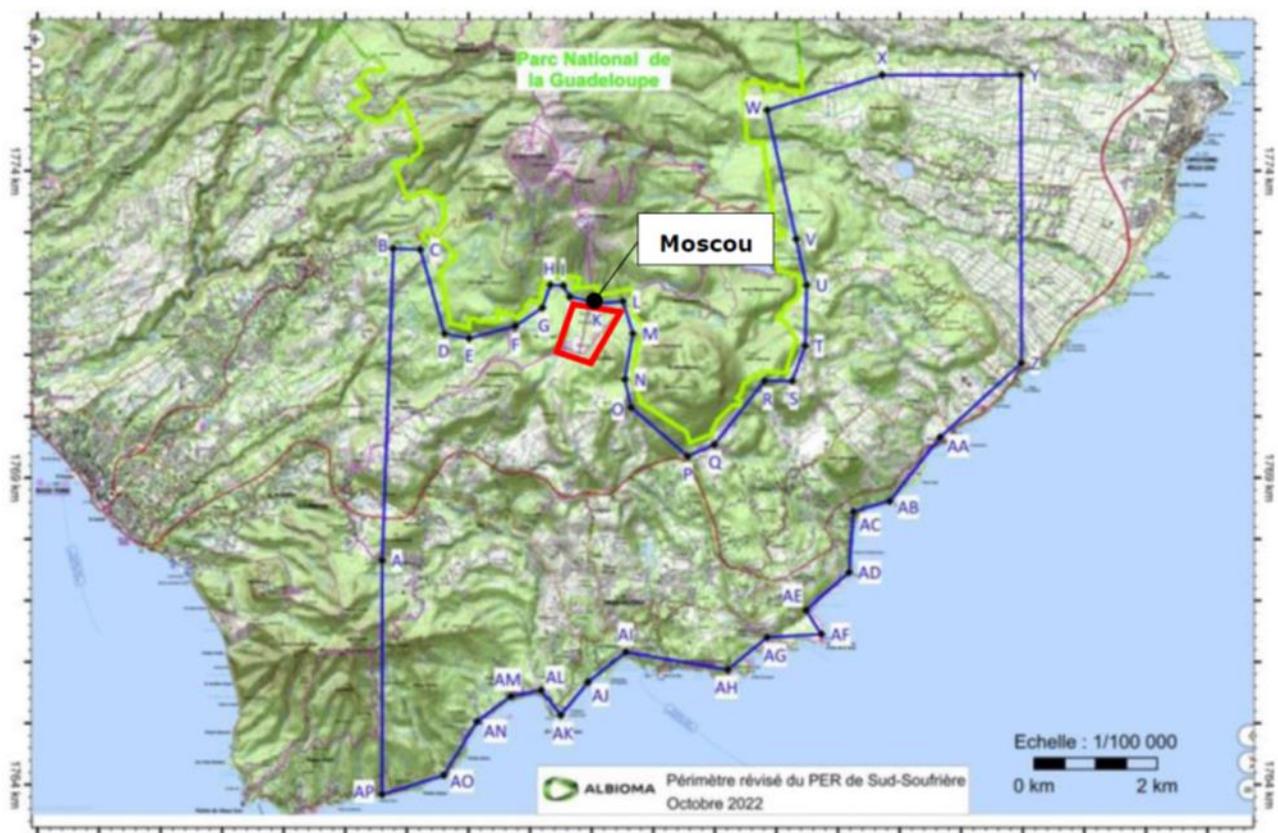
L'objet de cette demande de PER en Guadeloupe dit « Permis de Sud-Soufrière » est donc de poursuivre l'exploration géothermique de surface qui, en cas de résultats positifs, sera suivie de forages d'exploration. Ce programme permettra de confirmer ou non l'existence d'un réservoir géothermique à haute température en profondeur, d'en préciser les caractéristiques notamment en termes de température et de perméabilité et enfin, de déterminer si cette ressource peut être valorisée pour la production d'électricité, ce qui suppose la construction d'une centrale de production et son raccordement au réseau électrique.

La production d'électricité utilisant une source géothermale, énergie locale et renouvelable, permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques.

1.2 Présentation du permis de Sud-Soufrière

La demande de PER couvre une superficie de 61,7 km², située sur les flancs sud et est du volcan de la Soufrière, jusqu'à la côte. Ce périmètre couvre une partie des communes de Gourbeyre, Vieux-Fort, Saint-Claude, Trois-Rivières et Capesterre-Belle-Eau. La demande initiale formulée par la société Albioma en 2020 portait sur 72 km² et comprenait une frange marine.

L'article L. 611-19 du code minier prévoit qu'en outre-mer, la délivrance d'un PER en mer relève de la Région et non de l'État. Après échange avec la Région Guadeloupe, la société Albioma a décidé d'abandonner toute partie maritime. Le périmètre a donc été réduit en 2022 à sa seule partie terrestre évitant le cœur du parc national de Guadeloupe.



Il s'étend au nord jusqu'à la limite du cœur du parc national de la Guadeloupe, au sein duquel les activités minières sont interdites. À l'est, il est limité par le périmètre d'un autre PER de gîtes géothermiques, dit de « Vieux-Habitants », octroyé en 2016 à la société Géothermie de Guadeloupe, et faisant l'objet d'une demande de prolongation sur un périmètre réduit et rebaptisé « Sud-Karukera ».

Le programme prévisionnel de travaux qui est envisagé par Albioma dans le cadre du PER de Sud-Soufrière est structuré en étapes conditionnelles, d'une durée totale de trois à quatre ans :

- réalisation de campagnes d'exploration de surface géologiques, géochimiques et géophysiques sur la ou les zones sélectionnées (un à deux ans),
- étude de préfaisabilité, qui a pour objectifs d'interpréter et modéliser les résultats des campagnes d'exploration de surface et de préparer un programme de forage d'exploration (six mois à un an),
- réalisation d'un programme de forages d'exploration, après obtention d'une autorisation (un à deux ans),
- analyse des résultats des forages et décision de poursuivre ou arrêter (un trimestre).

Les campagnes d'exploration de surface s'appuient sur des méthodes non destructives.

En cas de passage à l'étape de forages d'exploration, un à trois ouvrages seront réalisés, à une profondeur de plus de 1 000 m. Le dossier laisse ouverte la possibilité de forages en petit diamètre (6", soit 15 cm), ou en diamètre moyen (7", soit 18 cm) ou grand (9"5/8, 24 cm). Il a cependant été indiqué aux rapporteurs que l'hypothèse privilégiée était un forage de diamètre moyen ou grand, permettant d'atteindre des profondeurs de plus de 1 000 m et une utilisation ultérieure pour l'exploitation d'une centrale. Le premier forage devrait être vertical, mais les suivants pourraient être obliques. Une ou plusieurs plateformes de forage seront préparées, d'une surface comprise entre 2 000 et 5 000 m² selon l'encombrement de la machine de forage et de ses auxiliaires avec, si nécessaire, l'aménagement d'une voie d'accès. La durée des travaux de forage et de tests des puits est de l'ordre de six mois. Une fois ces travaux terminés, les plateformes seront remises en état. Si les puits sont conservés, ils seront équipés d'une tête de puits avec des vannes maîtresses pour assurer leur fermeture. La ou les plateformes seront aménagées, elles seront revégétalisées et clôturées. En cas d'abandon des puits, ils seront rebouchés dans les règles de l'art. En cas de succès de l'exploration, et de passage à une phase d'exploitation, la surface nécessaire pour une centrale est de l'ordre de 25 000 m².

Le dossier précise que la zone de forage privilégiée sera le secteur dit « de Moscou » (cf. figure 4), zone relativement plane, encadrée par les reliefs récents du massif de la Soufrière et les dômes du complexe Madeleine-Trois Rivières, et occupée par d'anciennes bananeraies abandonnées (cf. figure 5).

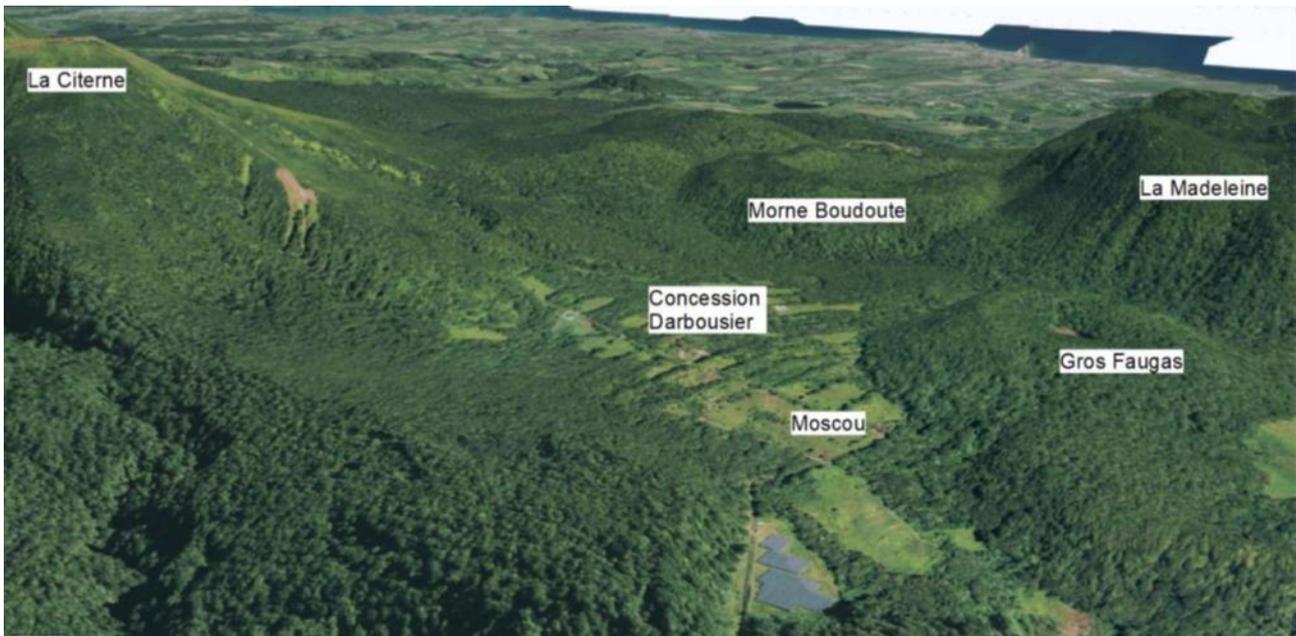


Figure 5 : Vue de la zone de Moscou depuis le nord-ouest (source : dossier).

Le coût de la campagne d'investigations de surface est estimé à 500 000 €. Il a été indiqué oralement aux rapporteurs que le coût total de la phase d'exploration, dans l'hypothèse de trois forages, serait de l'ordre de 25 M€.

1.3 Procédures

La société Albioma a déposé une première demande de PER, pour une durée de cinq ans, en septembre 2020. Cette demande a été sélectionnée par la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) en février 2022. Elle a fait l'objet d'une consultation du public par voie électronique, prévue par l'article L. 123-19-2 du code de l'environnement, pendant une durée d'un mois, du 16 décembre 2022 au 16 janvier 2023 inclus.

À l'issue d'une procédure contradictoire portant sur la délimitation d'une zone d'exclusion interdisant les forages autour du volcan de la Soufrière (cf. partie 3.4), une nouvelle demande a été déposée le 16 janvier 2024.

Postérieurement, le Conseil d'État a considéré dans ses décisions n° 468529, 468536 et 468537 du 12 juillet 2024³ que les octrois, extensions ou prolongations d'une concession minière sont considérés comme des 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 en septembre 2024 par une pièce complémentaire désignée « rapport environnemental » pour tenir compte de la nouvelle jurisprudence du Conseil d'État.

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 pourront le cas échéant faire l'objet d'une évaluation environnementale. Le pétitionnaire préparera à cette fin

³ <https://conseil-etat.fr/fr/arianeweb/CE/decision/2024-07-12/468529>.

pendant la phase d'étude de pré faisabilité une demande d'autorisation environnementale de travaux miniers (DAENV-TM) 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.

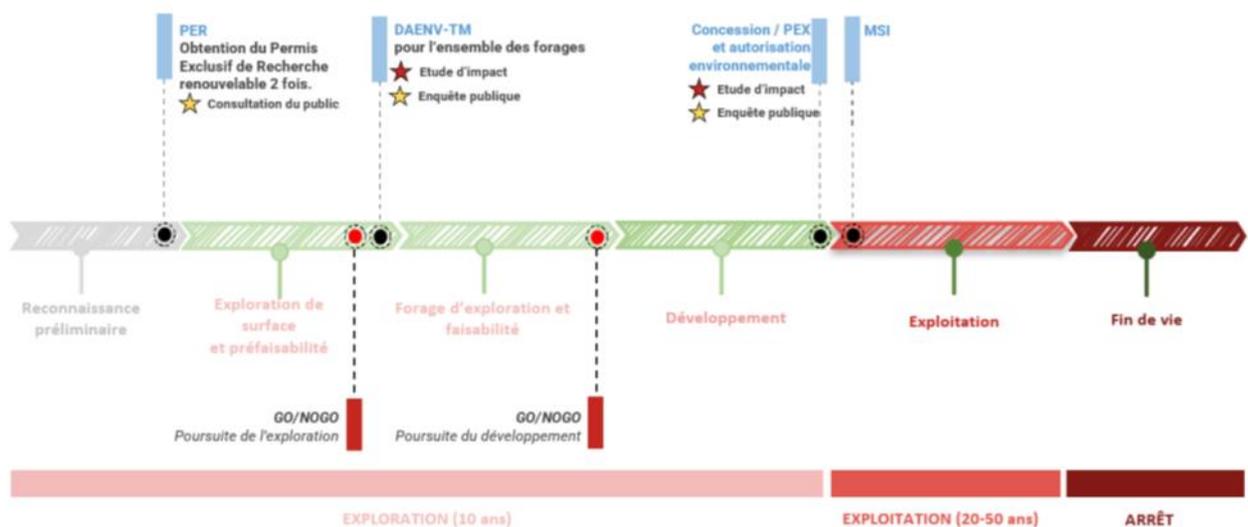


Figure 6 : Phasage d'un projet de géothermie et des différentes étapes d'autorisation associées à ce phasage (source : dossier).

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 réduction de la pollution atmosphérique et des émissions de gaz à effet de serre, par substitution d'une production d'électricité carbonée par la géothermie, source moins émissive,
- les risques induits par des forages et une exploitation dans un volcan actif.

2. Analyse de l'évaluation environnementale

Le pétitionnaire a produit avec sa demande initiale de PER en septembre 2020 une notice d'impact (conformément au code minier), complétée en septembre 2024 par un rapport environnemental.

La notice d'impact comprend une description de l'environnement du PER, la justification de la pertinence d'un projet de développement géothermique en Guadeloupe, la présentation des travaux envisagés, les impacts potentiels d'une campagne d'exploration de surface mais également ceux d'un programme de forage d'exploration et même les impacts potentiels d'une future centrale géothermique. La compatibilité d'un développement géothermique avec les documents de planification du territoire est examinée.

Le rapport environnemental comprend principalement une description des incidences probables identifiées au stade du PER et une présentation détaillée des mesures d'évitement, de réduction et de compensation (ERC) envisagées, principalement pour un programme de forages d'exploration et pour une future centrale géothermique, puisque les explorations de surface n'auront que des incidences négligeables (cf. infra). Ce document reste cependant très générique, ce qui n'est pas anormal à ce stade d'imprécision du projet et comporte très peu d'éléments spécifiques au territoire du Sud-Soufrière. Il n'actualise pas les éléments présentés dans le dossier de 2020, parfois un peu anciens.

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 géologique, qui consiste à parcourir la superficie du PER pour l'observation directe des affleurements visibles et la prise d'échantillons géologiques ne dépassant pas 10 dm³ environ, soit 20 cm x 20 cm x 20 cm ;
- la prospection géochimique des eaux, qui consiste à réaliser des mesures physico-chimiques (température, pH, conductivité...) et à prélever des échantillons d'eau de sources ou de puits existants d'un volume de quelques litres. La cartographie des teneurs en gaz des 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 pour l'extraction des gaz. Après mesure des gaz *in situ* à l'aide d'un analyseur portatif pendant quelques minutes, le tube est extrait et le trou rebouché ;
- et enfin la prospection géophysique, laquelle repose sur la méthode magnétotellurique (elle devrait être réalisée sur une zone importante du PER, avec une maille de 500 m) : elle consiste en un déploiement de quatre lignes électriques de 25 à 50 m de long en forme de croix au milieu de laquelle se trouve le dispositif d'enregistrement. Au bout de chaque ligne, une électrode est placée dans le sol à moins de 50 cm de profondeur, éventuellement sur un lit de boue de bentonite (boue inerte) pour améliorer la conductivité électrique dans les terrains très perméables où l'eau ne stagne pas. Ces trous sont environ de 20 cm de diamètre. Enfin, trois capteurs magnétiques de l'ordre d'1 m de long pour 10 cm de diamètre sont également enterrés dans des trous d'environ 30 cm de profondeur creusés à la pioche. Ils sont placés parallèlement aux lignes électriques et un est installé verticalement. Ils sont reliés au dispositif de mesure central par des câbles d'environ 15 m de long. Les séquences de mesure sont lancées pour une période de 24 à 48 h pendant laquelle le dispositif doit rester en place. Après la mesure, les électrodes et les capteurs sont déterrés, les trous rebouchés et le dispositif déplacé sur le site suivant.

Dès lors, les incidences spécifiques au PER sont négligeables. Le rapport environnemental affiche toutefois, 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) et qualifie de mesure ERC des dispositions qui relèvent des étapes suivant l'exploration liée au PER (y compris la construction d'une centrale géothermique), et d'autres qui ne relèvent pas de la démarche ERC mais d'autres types d'obligations réglementaires (comme par exemple produire une étude d'impact sur les projets qui y sont soumis). Cette partie du rapport environnemental gagnerait à être toilettée.

Toutefois, si le PER se limite à un programme de recherches (puisque le permis n'entraîne pas systématiquement l'exploitation par la suite), il est important que les incidences possibles en phase d'exploitation soient décrites dès l'étape du PER lorsqu'elles sont connues, ce qui est l'objectif du rapport environnemental et de la notice d'impact, sans préjudice de leur actualisation ultérieure le cas échéant. La suite du présent avis porte essentiellement sur ces documents et formule donc des observations qui pourront être utilisées dans la suite du processus d'évaluation environnementale, le cas échéant.

2.2 Les incidences potentielles des étapes ultérieures

La notice d'impact et le rapport environnemental présentent 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 Albioma dans sa recherche de lieux pour les forages et l'exploitation éventuelle visent essentiellement les parcelles situées hors enjeux majeurs de biodiversité, périmètres protégés (conservatoire du littoral, espaces boisés classés, etc.), en retrait par rapport aux habitations et hors zone inconstructible ou incompatible eu égard aux plans de prévention des risques naturels (PPRN) et aux plans locaux d'urbanisme (PLU). La possibilité d'un approvisionnement en eau, et la proximité des réseaux routiers et électriques sont également considérées.

Le dossier présente les enjeux principalement à l'échelle de l'ensemble du PER, mais ne les décline pas sur le territoire en fonction de la cartographie des enjeux et des critères ci-dessus, notamment pour exclure les forages de certains secteurs compte tenu de leur sensibilité. Elle n'approfondit pas non plus l'analyse sur le secteur de Moscou, de dimensions beaucoup plus restreintes que le PER, que le dossier présente comme le secteur privilégié pour les forages d'exploration. Il a été indiqué oralement aux rapporteurs qu'il est en fait le seul secteur réellement envisagé à ce stade pour de tels forages (cf. partie 1.2). Ces deux analyses seraient pourtant des éléments utiles pour affiner l'évaluation environnementale au stade de la demande de PER et ultérieurement.

L'Ae recommande d'approfondir et d'actualiser, maintenant ou lors des prochaines étapes, l'analyse des enjeux environnementaux et des incidences potentielles en proposant des focus sur les secteurs à plus forts enjeux afin de les éviter en priorisant les secteurs à moindres enjeux pour l'implantation des forages, et d'affiner l'analyse sur le secteur de Moscou, cible privilégiée d'implantation des forages.

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 éventuels travaux de voirie et le raccordement électrique. 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

La notice d'impact présente la cohérence du PER avec les politiques énergétiques nationales notamment l'article 215 de la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 de transition énergétique pour la croissance verte, qui prévoit l'élaboration d'une stratégie nationale de développement de la filière géothermie dans les départements d'outre-mer. La cohérence avec les politiques locales est aussi examinée, en particulier avec le schéma régional climat air énergie (SRCAE) approuvé en 2012 et avec la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) 2016-2018 / 2019-2023 en vigueur⁴, qui prévoit d'augmenter de façon importante la part des énergies renouvelables, et en particulier de multiplier par cinq la puissance géothermique installée, de 14,5 MW à 78 MW en 2028. Le dossier ayant été élaboré en 2020 et non actualisé sur la situation du territoire, il n'évoque pas le projet de nouvelle PPE 2024-2028 / 2029-2033⁵, qui prévoit une puissance installée pour la géothermie de 25 MW en 2028 (incluant l'extension en cours de la centrale de Bouillante) et de 75 MW en 2033. Lorsqu'elle sera adoptée, il est attendu des prochaines étapes de l'évaluation environnementale qu'elle en tienne compte.

La compatibilité du PER avec le schéma d'aménagement régional (SAR) et le schéma de mise en valeur de la mer (SMVM) approuvés en 2011 est présentée. Ces schémas cartographient en particulier des espaces naturels à forte protection et les espaces remarquables du littoral : les Monts Caraïbes et une partie des espaces littoraux. Le dossier n'en tire pour autant pas la conclusion explicite que les forages devront éviter ces espaces. La compatibilité avec la charte du parc national de la Guadeloupe approuvé en 2014 est également examinée.

Les objectifs du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (Sdage) 2016-2021 sont présentés, mais pas ceux du Sdage 2022-2027 actuellement en vigueur. La compatibilité du PER est davantage affirmée que démontrée. Par exemple, si la nécessité de protection des aires de captage d'eau potable est rappelée, le dossier ne cartographie pas les captages existants et n'en déduit pas les secteurs où les forages devront être évités. La direction de l'équipement, de l'aménagement et du logement (Deal) signale par ailleurs que trois forages de prospection dans un objectif d'alimentation en eau potable sont en cours dans le périmètre du PER et devront également être pris en compte.

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 d'explicitier leurs conséquences sur les possibilités d'implantation de forages.

2.4 Analyse des solutions de substitution raisonnables permettant de répondre à l'objet du PER de Sud-Soufrière

Le dossier justifie l'intérêt du PER par les politiques énergétiques nationales et la PPE de la Guadeloupe qui viennent d'être rappelées.

⁴ <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/PPE%20Guadeloupe%20-%20Rapport.pdf>.

⁵ qui a fait l'objet de l'avis délibéré de l'Ae n° 2023-124 du 7 mars 2024 sur la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) 2024-2028 / 2029-2033 de Guadeloupe (971) : https://www.igedd.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/7_0240304_ppe_guadeloupe_delibere_cle553a48.pdf.

Il justifie aussi la pertinence du projet en ce qu'il permet une réduction de la dépendance du territoire aux variations du coût des énergies fossiles importées et des économies sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) liées à la production d'électricité à partir d'hydrocarbures.

En revanche, le dossier justifie très peu l'étendue et le périmètre du PER demandé. Les limites que le cœur du parc national et le PER mitoyen de Vieux-Habitants constituent sont claires. Le potentiel des secteurs proches de la Soufrière, au sud et à l'est, est identifié et présenté en détail compte tenu des sources hydrothermales existantes et des connaissances sur la géologie du massif volcanique et des failles qui le traversent (cf. partie 1), l'intérêt de mener les explorations de surface sur un périmètre élargi pour comprendre les caractéristiques du sous-sol et cerner la ressource est également exposé.

Cependant, rien ne vient étayer l'existence d'un potentiel dans les zones plus éloignées du volcan, en particulier le long du littoral. Le pétitionnaire a oralement indiqué que des forages exploratoires seraient improbables dans ces secteurs. On peut néanmoins s'interroger sur l'opportunité d'inclure dans le périmètre les Monts Caraïbes, les secteurs littoraux bénéficiant de protection à divers titres, et de manière générale les secteurs sur lesquels le SAR et le SMVM prévoient une protection forte des espaces naturels. Les rapporteurs ont été informés d'un projet de création d'une zone de préemption par le conservatoire du littoral sur 1 220 hectares d'espaces boisés des Monts Caraïbes, concernés par plusieurs zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (Znieff)⁶ et également reconnus comme espace remarquable du littoral et zone de protection forte au SAR (cf. supra).

L'Ae recommande de justifier l'extension du périmètre du permis de Sud-Soufrière aux secteurs littoraux les plus éloignés du volcan au sud et à l'est, et d'examiner la possibilité d'en exclure les secteurs bénéficiant de protections fortes des milieux naturels.

3. Prise en compte de l'environnement par le permis de Sud-Soufrière 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 n'a pas été mené pour le PER de Sud-Soufrière, alors que le site de forage est d'emblée pressenti sur le secteur de Moscou. 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.

⁶ L'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (Znieff) a pour objectif d'identifier et de décrire des secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation. On distingue deux types de Znieff : les Znieff de type I : secteurs de grand intérêt biologique ou écologique ; les Znieff de type II : grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes. Les Znieff peuvent être terrestres ou marines.

3.1 Milieu physique

3.1.1 Risques naturels

La Guadeloupe et, en particulier, le périmètre du PER de Sud–Soufrière sont soumis à de nombreux risques naturels, traduits dans le dossier départemental des risques majeurs (DDRM) et faisant l’objet de PPRN sur les communes concernées : mouvement de terrains, inondation, risque cyclonique, séisme, tsunami et activité volcanique. Une partie importante du territoire est classée inconstructible au titre de l’un ou l’autre de ces risques.

3.1.2 Pollution de l’air, atténuation du changement climatique et émissions de GES

Un programme régional de surveillance de la qualité de l’air (PRQSA) a été élaboré pour la période 2016–2021. L’association Gwad’air assure la surveillance de la qualité de l’air. Les effets de la pollution de l’air restent limités en Guadeloupe en raison notamment des conditions climatiques et météorologiques, la constance des alizés assurant une dispersion rapide des polluants hors de l’île.

Les indices « Atmo » pour 2018 sont cependant de moyen à très mauvais 19 % du temps. Outre les passages de brumes de sable du Sahara, les polluants sont principalement liés aux transports et à la production d’électricité par les centrales thermiques utilisant du charbon et du fioul lourd (NO_x et PM10). Selon le SRCAE, la diminution des polluants liés à la production d’électricité est une priorité. Le développement de la géothermie est une des réponses pour y parvenir.

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 Guadeloupe.

3.1.3 Ressource en eau

Le sud de l’île de Basse–Terre, notamment le périmètre du PER, reçoit des précipitations très abondantes, de 4 à 5 m/an en moyenne, moins de 2 m sur la côte, et jusqu’à 8 m à proximité du sommet de la Soufrière. Ces fortes précipitations alimentent de nombreux cours d’eau et permettent une recharge importante des aquifères.

La masse d’eau souterraine du sud de Basse–Terre est en mauvais état, de même que la majorité des cours d’eau, principalement du fait d’une pollution historique au pesticide chlordécone.

Comme évoqué précédemment, le dossier évoque certains points de captage d’eau potable, ainsi que l’exploitation des eaux thermales délivrées par les émergences de Capes et Dolé sur le territoire de la commune de Trois–Rivières par la Société des Eaux Thermales de Capes Dolé, mais ne cartographie pas les aires d’alimentation et périmètres de protection éventuels des captages. Une carte des usines d’eau potable est fournie, à une échelle trop petite et sans fond de carte, ce qui ne permet pas de les situer par rapport au projet.

L’Ae recommande de cartographier les aires d’alimentation et les périmètres de protection de captage d’eau potable et de mieux en analyser les enjeux.

Le fluide utilisé pour les forages sera une boue à base d’eau et de bentonite qui nécessitera des volumes d’eau assez importants pour sa préparation. Les autres produits utilisés dans la composition des boues de forage ne sont pas cités mais devront l’être pour les étapes ultérieures.

La traversée de zones de pertes qui pourraient être rencontrées en cours de forage (où le fluide de forage se disperse dans la formation) accroîtrait les besoins d'alimentation en eau du chantier. Le dossier annonce que le réseau d'adduction en eau potable pourra être sollicité uniquement lorsque les besoins du forage seront faibles (5 à 10 m³/h), mais qu'en cas de pertes importantes dans le terrain, des volumes de plusieurs dizaines de m³/h pourront être nécessaires, et devront être couverts par des pompages en puits ou en rivière.

À ce stade, le dossier n'étudie pas quelles pourraient être les sources d'approvisionnement en eau ; il aurait pu dès à présent donner un éclairage sur la zone de Moscou. Il sera nécessaire d'étudier ce point dès avant les forages exploratoires en cas de poursuite du projet.

3.2 Milieux naturels

Sur le périmètre du PER de Sud-Soufrière, l'occupation des sols se répartit de façon à peu près égale entre territoires agricoles (45 %) et forêts et milieux semi-naturels (40 %), les territoires artificialisés étant minoritaires (15 %). Les milieux naturels, la flore, dont la très grande richesse est soulignée, la faune, qui compte une part notable d'espèces endémiques de la Guadeloupe ou des Petites Antilles, ne sont décrits qu'assez succinctement.

Le périmètre du PER évite le cœur du parc national de la Guadeloupe, mais se situe en totalité dans sa zone d'adhésion (dont la délimitation n'est pas à jour dans le dossier), à l'exception de la commune de Saint-Claude qui n'a pas souhaité l'intégrer. Il recoupe largement le périmètre de la réserve de biosphère « Archipel de la Guadeloupe ».

Le périmètre du PER recouvre le périmètre d'arrêté de biotope de la plage de la Grande Anse (lieu de reproduction de tortues marines dont la Tortue luth), et celui de six Znieff, dont cinq de type I et une de type II, des Monts Caraïbes.

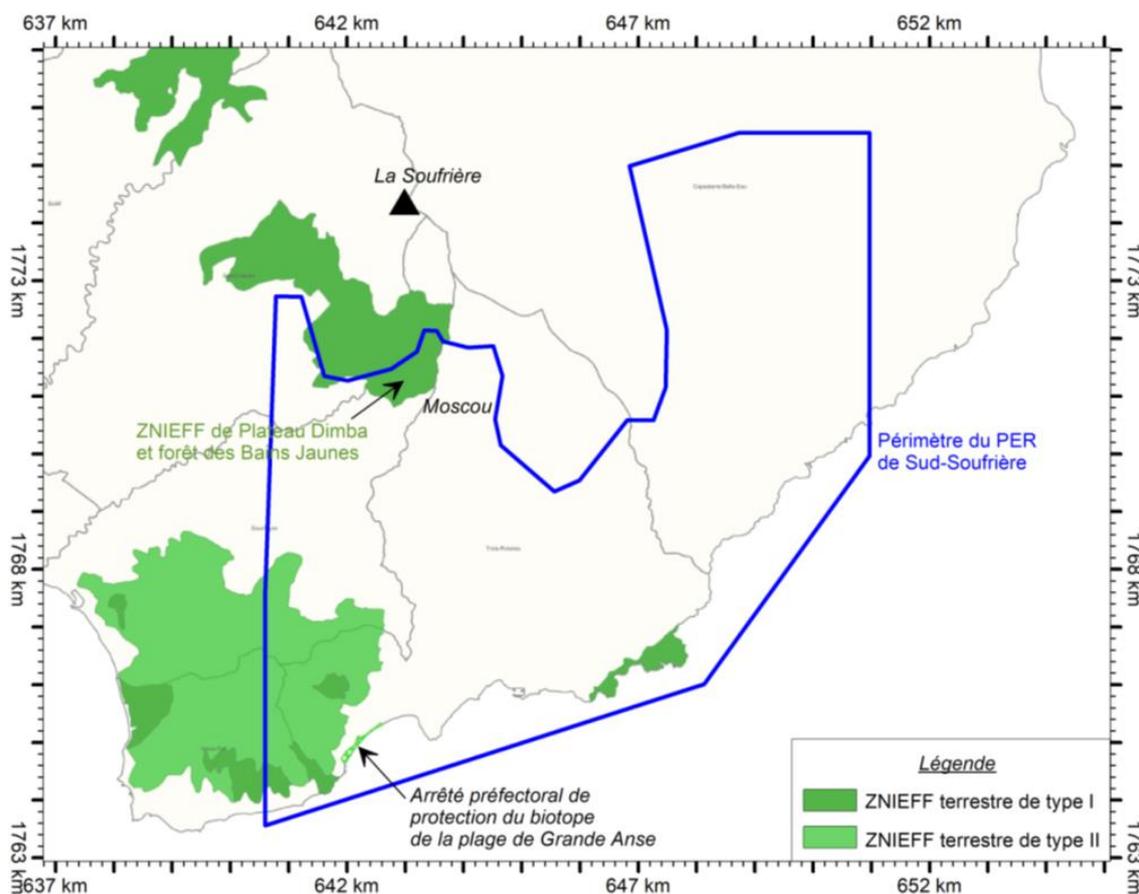


Figure 7 : Arrêté préfectoral de protection du biotope et Znieff répertoriés à l'intérieur du périmètre du PER de Sud-Soufrière (source : dossier). NB : sur l'ensemble des cartes de la notice d'impact de 2020, c'est le périmètre initial du PER qui est figure, et non pas le périmètre rectifié en 2022 excluant les zones marines.

Le dossier affirme qu'aucune Znieff n'est susceptible d'être affectée par les travaux d'un projet de géothermie, y compris la Znieff de Plateau Dimba et forêt des Bains Jaunes, située en rive droite de la rivière Grande Anse au niveau de Moscou, mais ne le démontre pas. Il sous-entend notamment qu'aucun forage ne sera effectué dans leur périmètre, mais ne l'écrit pas. Ces points seront à clarifier lors des futures étapes du projet.

La notice d'impact mentionne en outre quelques zones humides, limitées aux mares, étangs d'altitude et lits de cours d'eau. 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 afin de les identifier et de les délimiter.

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, et approfondir cet inventaire sur les secteurs présentant les plus forts enjeux, puis sur les secteurs de travaux. Il aurait pu utilement produire dès le stade du PER une analyse plus fine de la zone de Moscou.

3.3 Milieu humain et réseaux de transport

Le périmètre du PER présente une densité de population relativement élevée, de 200 à 300 habitants par km², mais les zones urbanisées sont concentrées à proximité du littoral et sur les basses pentes. Les secteurs situés en altitude ne sont pas urbanisés.

Le réseau viaire est également concentré à proximité du littoral. La route nationale 2 traverse cependant le périmètre d'est en ouest à distance de la côte. Quelques routes pénètrent dans les zones d'altitude, en particulier la route départementale (RD) 10 qui conduit jusqu'à la zone de Moscou. Le pétitionnaire souligne que l'existence d'un réseau routier est un critère important de choix des sites des forages, et que le réseau devra être apte à recevoir des équipements de forage de grande dimension, ce qui reste à vérifier s'agissant de la RD 10.

Dans la perspective de l'exploitation des forages, un raccordement au réseau électrique devra être assuré. Le périmètre est traversé par une ligne à haute tension (63 kV) qui fait le tour de Basse-Terre (cf. figure 8).

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. Dans cette perspective, il est nécessaire d'exposer la stratégie du pétitionnaire, car elle conditionne l'évitement ou non de la plus grande partie des impacts. Ainsi, il a été indiqué par oral aux rapporteurs que le raccordement électrique se ferait sous voirie, ce qui serait un choix pertinent vu les enjeux environnementaux traversés.

L'Ae recommande d'exposer la stratégie de raccordement au réseau électrique et de viabilisation des routes d'accès, afin de privilégier l'évitement des impacts et de préparer l'évaluation environnementale de ces composantes du projet.

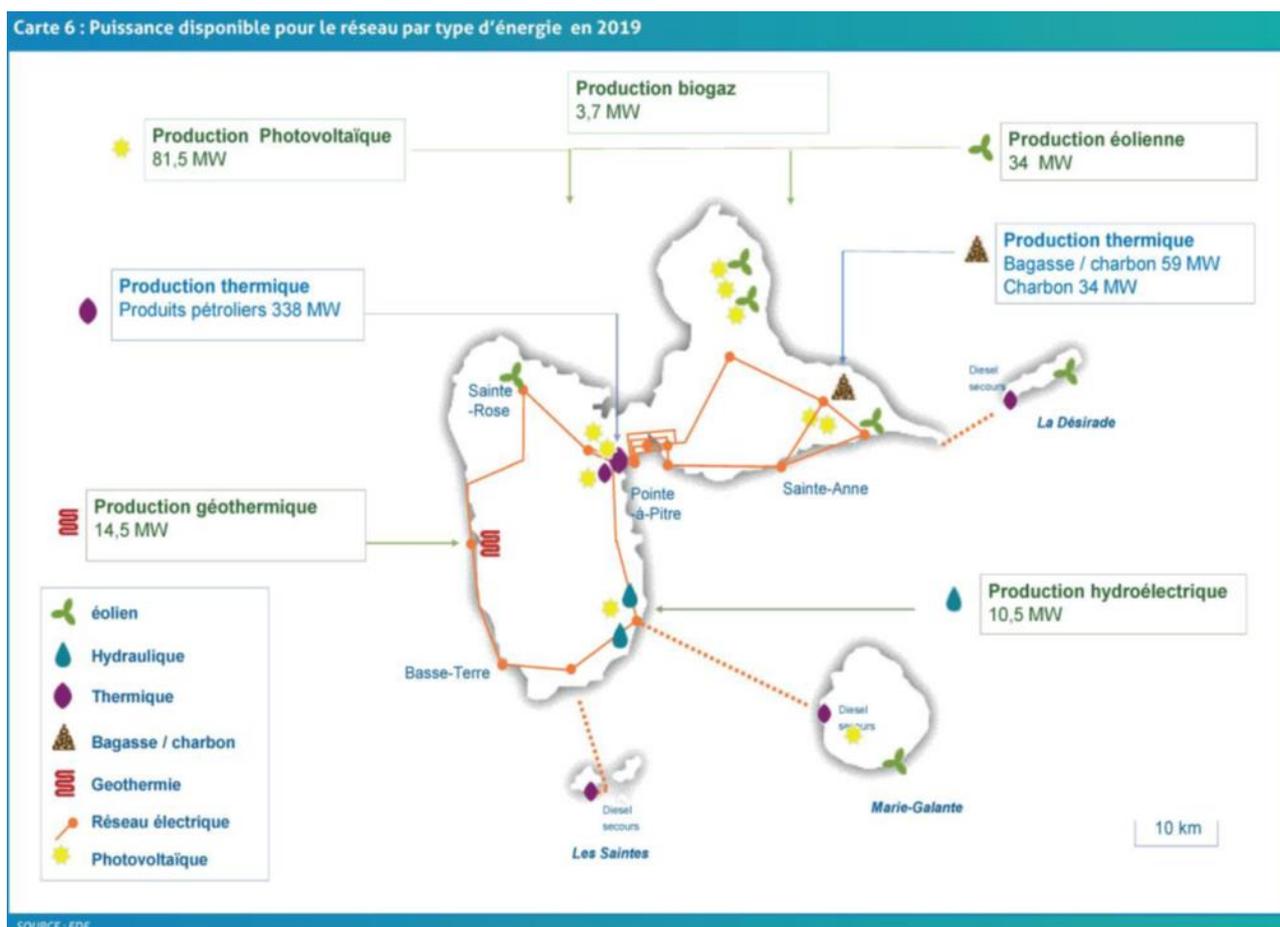


Figure 8 : Carte des lieux de production d'électricité et du réseau électrique à haute tension en 2019 (source : dossier).

3.4 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.

Le dossier présente les mesures générales d'évitement et de réduction qui seront prises pendant les opérations de forage, et indique que ce sujet sera traité par l'étude d'impact des forages à venir.

Dans le cadre du PER mitoyen de « Vieux-Habitants », la DGEC, sur avis du BRGM, a fait inscrire au cahier des charges annexé à la décision d'octroi du permis (arrêté ministériel du 10 mai 2016) une zone d'exclusion dans un rayon de 4 km autour du centre du sommet de la Soufrière, y interdisant tout forage. Cette exclusion était destinée à éviter que les travaux de forage :

- perturbent la surveillance volcanologique et sismique de la Soufrière par l'observatoire volcanologique et sismologique de la Guadeloupe (OVSG),
- déstabilisent le système hydrothermal de la Soufrière, avec comme conséquence le déclenchement possible d'une éruption phréatique.

L'exclusion était également motivée par l'acidité des fluides du système hydrothermal et les risques de corrosion des cuvelages métalliques des puits et des installations de surface et par le risque volcanique.

Appliqué au PER de Sud-Soufrière, ce même rayon de 4 km interdit tout forage sur le site de Moscou, qui est situé à environ 3 km du sommet et constitue la principale zone d'exploration visée par la société Albioma. Celle-ci a donc demandé, à l'issue d'une procédure d'expertise contradictoire qui a également concerné le PER de Vieux-Habitants, que le rayon soit réduit à 2 km.

Est joint au dossier un courrier de l'OVSG du 9 novembre 2018 qui préconise d'« *éviter de forer dans des zones de forte perméabilité verticale.* » et « *pour minimiser la possibilité d'intersecter un réservoir hydrothermal perché, le ou les forages d'exploration ne doivent pas être inclinés et dirigés vers la zone axiale de Soufrière (sous le dôme).* » Il indique que « *la foration doit être menée progressivement, par étapes, afin d'évaluer les perturbations apportées au milieu en tenant compte de possibles délais entre perturbation et activation du système hydrothermal.* » et « *La distance radiale de 4 km proposée pour la zone d'exclusion ne repose sur aucun critère scientifique. La zone d'aléa balistique de 2,5 km de rayon doit être respectée et peut être assortie d'une marge de sécurité en la portant à 3 km compte-tenu des incertitudes sur la structure du sous-sol.* »

Les services de l'État ont sollicité une nouvelle expertise du BRGM, produite en décembre 2023, qui souligne :

- la nécessité de maintenir une zone de protection proximale autour de la Soufrière,
- la possibilité de discuter de la forme de cette zone, « *mais une emprise rectangulaire pourrait être un peu plus appropriée et pertinente avec les indices de surface* »,
- l'intérêt de la production d'une imagerie structurale tridimensionnelle profonde du système hydrothermal et volcanique par méthode géophysique pour lever les incertitudes sur l'emprise spatiale du périmètre de protection.

La zone d'exclusion rectangulaire proposée est limitée au périmètre des sources hydrothermales directement connectées au système volcanique actif de la Soufrière. Le rapport incite « *à la plus*

grande prudence quant à l'exploitation proximale du système hydrothermal de la Soufrière de Guadeloupe en tant que ressource géothermale potentielle, et d'autant plus, qu'il s'agit d'un édifice actif, présentant une structure complexe, difficile à appréhender, et de fait, mal connue. »

Le rapport conclut ainsi :

« L'emprise du PER dit « Sud-Soufrière » (hors zone de protection maximale) intègre des zones proximales à la Soufrière de Guadeloupe au sein desquelles des risques de déstabilisation du système hydrothermal de la Soufrière de Guadeloupe, des risques volcaniques, de corrosion des équipements métalliques, de sismicité induite, d'impacts sur la surveillance multi-paramètres de l'OVSG/IPGP restent importants et doivent être considérés par le demandeur du PER « Sud-Soufrière ».

Plus spécifiquement au PER dit « Sud-Soufrière », son emprise englobe dans sa partie occidentale deux grandes structures géologiques d'importance qui pourraient contrôler (1) la mise en place du volcanisme récent en Guadeloupe, (2) la déformation de ces édifices récents et (3) leurs déstabilisations de flancs (e.g., Boudon et al., 1988⁷ ; Feuillet et al., 2002⁸, Mathieu et al., 2011⁹).

Une analyse fine de ces deux systèmes de failles afin de caractériser leurs géométries, leurs activités et leurs rôles dans l'évolution morphotectonique quaternaire du sud Basse-Terre, doit nécessairement être considérée par le demandeur du PER « Sud-Soufrière ». »

La société Albioma a fourni en janvier 2024 un « Mémoire pour la définition d'un périmètre d'exclusion propre au PER de Sud-Soufrière », fondé sur une « revue de littérature et une analyse de risques » qu'elle a conduites avec la CFG (Compagnie Française de Géothermie, filiale du BRGM). Ce mémoire conclut notamment à l'absence de lien structural direct de la zone de Moscou avec le volcan de la Soufrière et avec le fonctionnement de son système hydrothermal, et invoque plusieurs exemples d'exploitations géothermiques dans le monde situées à proximité de volcans actifs (en particulier des stratovolcans similaires à la Soufrière), pour lesquelles aucun impact n'a été relevé sur le volcanisme et les systèmes hydrothermaux. Il indique que les forages exploratoires ne sont pas susceptibles d'impact sur la surveillance volcanique et sismique du volcan de la Soufrière et sur la stabilité de son système hydrothermal. L'impact des travaux et de l'exploitation est estimé à un niveau « très faible ». Il conclut que la zone d'exclusion des forages pourrait être un cercle de rayon 2 km centré sur le sommet de la Soufrière.

Concernant le risque volcanique, notamment lié aux éruptions phréatiques (dernière éruption phréatique majeure en 1976-1977, temps de retour de 20 à 50 ans avec un regain de l'activité volcanique constaté depuis 2018), Albioma indique connaître le risque et l'assumer. Enfin, le risque de corrosion des équipements métalliques par des fluides acides, pressenti du fait de fumeroles très acides (présence d'acide chlorhydrique et d'acide fluorhydrique, pH des fumeroles compris entre - 0,84 et 1,3) au sommet de la Soufrière, est identifié et Albioma indique s'appuyer sur son expérience pour mettre en œuvre les solutions existantes, ou en cas de conditions extrêmes, renoncera à l'exploitation.

⁷ Carte géologique au 1/20 000^e du massif volcanique de la Soufrière et notice explicative, éditions BRGM, 1988.

⁸ *Arc parallel extension and localization of volcanic complexes in Guadeloupe, Lesser Antilles*, Journal of geophysical research, 2002 : https://www.ipgp.fr/~beaudu/soufriere/doc/2002_Feuillet_Manighetti_Tapponnier_JGR.pdf.

⁹ *The interaction between volcanoes and strike-slip, transtensional and transpressional fault zones : Analogue models and natural examples*, Journal of structural geology, 2011 : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0191814111000460>.

À ce stade, et au vu des expertises scientifiques, il revient à l'administration de décider quelle suite elle entend donner à la demande de réduction du périmètre d'exclusion sollicitée par Albioma, qui conditionne son investissement dans le projet puisque le secteur de Moscou est la principale cible visée. L'Ae souligne l'importance d'une complète information du public sur ce sujet. Après réalisation des forages exploratoires, l'évaluation environnementale des étapes suivantes en vue des forages, puis de l'exploitation devra développer l'information acquise et apporter des réponses précises et circonstanciées de nature à démontrer le respect des préconisations du BRGM et de l'OVSG.

3.5 Résumé non technique

Le résumé non technique offre une bonne synthèse du dossier et des incidences, avec les mêmes forces et faiblesses que le document principal. Il n'inclut pas les éléments relatifs aux risques liés au volcanisme (cf. partie 3.4).

L'Ae recommande de présenter dans le résumé non technique les éléments relatifs aux risques volcaniques et d'y tenir compte des conséquences des recommandations du présent avis.