

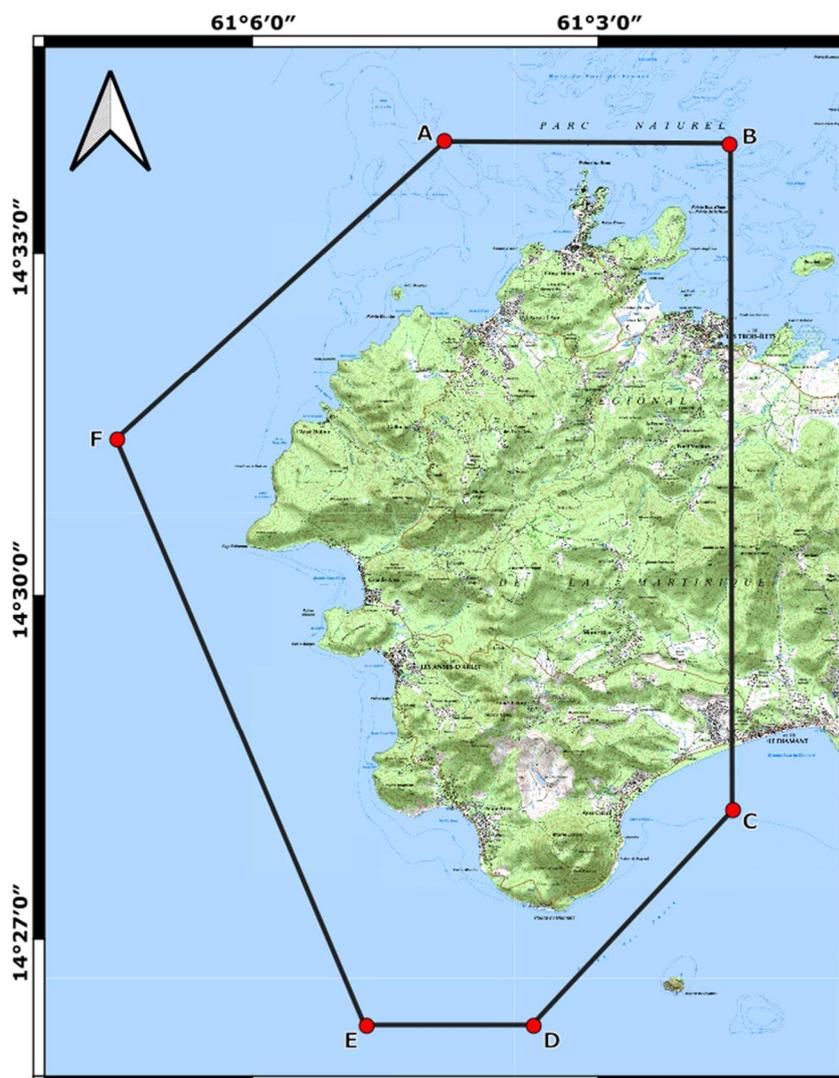


Demande de Permis Exclusif de Recherches de Gîtes Géothermiques

Permis « Pointe Sud-Ouest »

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

Juillet 2020



*Résumé Non Technique des éléments du Mémoire Technique et de la Notice d'Impact
du Permis Exclusif de Recherches « Pointe Sud-Ouest » visant les ressources géothermiques.*

DOCUMENT PUBLIC

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION, PRESENTATION DES PORTEURS DE PROJET ET GEOTHERMIE	5
1.1. Introduction	5
1.2. Présentation de Storengy SAS	6
1.3. Présentation de TLS Geothermics	6
1.4. La géothermie	7
2. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET ENJEUX	8
2.1. Géographie et implantation du projet	8
2.2. Synthèse des éléments relatifs aux enjeux liés au milieu naturel	10
2.3. Hydrogéologie	11
2.4. Impacts potentiels du projet	12
2.5. Impact sur la ressource en eau	14
2.5.1. Eaux superficielles	14
2.5.2. Eaux souterraines	15
2.6. Incidence sur le contexte réglementaire	15
3. GEOLOGIE DU PER	16
4. LES RESSOURCES GÉOTHERMIQUES ATTENDUES	20
4.1. La cible de Petite Anse	21
4.2. Les autres cibles potentielles du permis	21
4.3. Travaux prévus	21

Liste des Figures

Figure 1 : Principe d'une exploitation géothermique en domaine volcanique. Ici production d'électricité en surface au moyen d'une centrale vapeur ou à cycle binaire (Source illustration : BRGM)	7
Figure 2 : Limite géographique du PER sur fonds cartographique IGN 1/25000.....	8
Figure 3 : Localisation des communes concernées par le périmètre du permis et population	9
Figure 4 : Cartographies de synthèse présentant les enjeux principaux sur le territoire	10
Figure 5 : Localisation des principales formations potentiellement aquifères présentes en Martinique.....	11
Figure 6 : Machine de forage installée en 2014 sur le puits d'Arcueil (94)	13
Figure 7 : Carte géologique au 1/50000ème du permis dit " Pointe Sud-Ouest" d'après les cartes géologiques éditées par le BRGM	16
Figure 8: Echantillonnage dans le SO de la Martinique au sein de l'arc récent avec les âge correspondant (Germa, 2008)	17
Figure 9: Extrait de la carte géologique au 1/50000 de la Martinique (Westercamp et al., 1989) montrant les édifices volcaniques constituant l'axe Pointe Burgos – Rocher du Diamant.....	18
Figure 10: Topographie du PER (modèle Litto3D 5m) et failles cartées sur la carte géologique 1/50000. Les directions principales observées à l'échelle de la Martinique sont retrouvées. Une direction secondaire N140-165 est mise en évidence	19
Figure 11 : Modèle conceptuel du système géothermique de Petite Anse. Position de l'axe volcano-tectonique.....	20

1. INTRODUCTION, PRESENTATION DES PORTEURS DE PROJET ET GEOTHERMIE

1.1. Introduction

Les pétitionnaires ont la conviction que l'énergie géothermique a un rôle majeur à jouer à l'échelle de la planète dans la lutte contre le changement climatique et dans la transition énergétique. C'est une des seules énergies primaires qui ne dépend à long terme ni de la météo ni du changement climatique. Elle a un rôle important à jouer dans la production électrique des systèmes insulaires lorsque son potentiel est sous-jacent ou avéré.

La géothermie est une source alternative, non-intermittente et renouvelable d'énergie primaire permettant de produire chaleur et électricité. Les procédés de valorisation des fluides géothermiques employés de nos jours (comme les centrales à cycle binaire) ne sont pas émetteurs de gaz à effet de serre et de pollution atmosphérique. De plus, la géothermie électrogène est réputée « bon marché » dans les contextes insulaires tels que ceux de la Guadeloupe (exemple de la centrale de Bouillante) et de la Martinique, par rapport aux énergies primaires fossiles, importées. Le développement de cette énergie dans ces îles permettra de produire localement et durablement une électricité propre, sûre et moins chère.

L'inventaire des ressources, notamment par les données de flux de chaleur et gradients géothermiques, montre que le potentiel de la géothermie profonde et à haute température (>150°C) est prometteur en Martinique.

TLS Geothermics et Storengy, souhaitent au travers du Permis Exclusif de Recherches « **Pointe Sud-Ouest** », explorer et développer les connaissances du sous-sol local afin d'y développer une centrale géothermique électrique. Cette centrale électrique sera d'une puissance estimée autour de 10 MWe pour un doublet d'exploitation. Les développeurs du projet seront à l'écoute d'une éventuelle valorisation complémentaire de l'énergie thermique résiduelle (pour des applications de froid ou chaleur).

Afin d'atteindre cet objectif, une phase de complément d'exploration géologique et géophysique est prévue pour identifier ou valider des sites précis pour un forage d'exploration, qui seul pourra qualifier et quantifier la ressource géothermique.

TLS Geothermics et Storengy s'engagent dans la mesure du possible (hors éléments confidentiels), à tenir informés de ses projets les responsables locaux, élus ou personnels territoriaux, et les citoyens qui le désirent. Notre action et nos démarches s'inscriront en accord avec ces parties prenantes. La prise en compte des enjeux de l'environnement naturel et humain est importante pour les pétitionnaires.

La demande de permis s'accompagne d'un Mémoire Technique confidentiel à jour avec un bilan des avancées réalisées ces dernières décennies sur le secteur du PER concernant l'identification de ressources géothermiques.

La demande est aussi accompagnée d'une Notice d'Impact, un document public. **Le présent Résumé Non Technique reprend et résume ce document ainsi que les éléments essentiels des enjeux environnementaux décrits dans la Notice d'Impact.**

1.2. Présentation de Storengy SAS

Storengy hérite de l'activité historique de Gaz de France sur les stockages souterrains de gaz naturel : Storengy, un des leaders mondiaux dans son activité, exploite l'ensemble des titres de concessions de stockage d'ENGIE en France et en Europe.

Storengy est un opérateur historique du sous-sol, expérimenté et reconnu nationalement et internationalement.

Storengy conçoit, construit, développe, exploite et réalise la maintenance des sites de stockages souterrains de gaz naturel depuis plus de 60 ans en France dans des environnements géologiques variés (aquifère, cavités salines, déplété) à plus de 1000 mètres de profondeur dans le sous-sol sur 14 sites.

Storengy est positionnée sur l'ensemble des activités de stockage de gaz naturel et est capable d'intervenir dans chaque phase du process du stockage souterrain de gaz naturel, de l'étude préliminaire et de la qualification de sites potentiels, à la construction, l'opération et le développement des installations de surface. Les équipes de Storengy ont réalisé des études et projets couvrant des technologies et des environnements géologiques très variés.

Pour développer des solutions adaptées aux besoins de demain, les équipes de Storengy sont mobilisées dans le domaine du stockage d'air comprimé, du stockage de gaz naturel de synthèse et aussi dans le domaine de la géothermie.

Fort de son expertise sous-sol, Storengy a étendu son activité vers la géothermie depuis 2012 ; Storengy construit notamment depuis 2018 un réseau de chaleur par géothermie à Bordeaux, codéveloppe une centrale géothermique de production d'électricité en Italie, détient des licences d'exploration au Mexique, codéveloppe un projet de centrale géothermique en Guadeloupe, et codéveloppe avec TLS Geothermics des projets de géothermie profonde en France (Massif Central).

1.3. Présentation de TLS Geothermics

TLS Geothermics est un bureau d'ingénieries géosciences, explorateur et développeur de projets, crée en 2012. La société s'est engagée dans une approche innovante de la géothermie profonde et a noué plusieurs partenariats avec des laboratoires publics et universitaires dans des projets collaboratifs de recherche et développement en géologie et en géophysique.

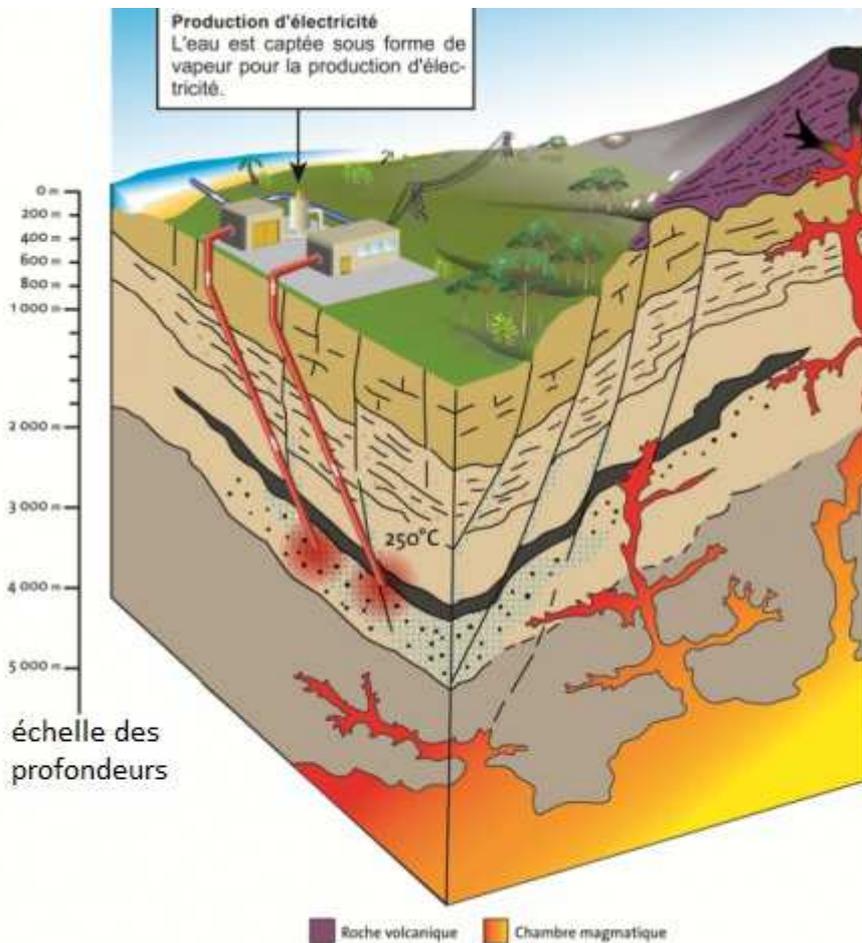
TLS Geothermics est une jeune entreprise innovante en géothermie profonde. Son équipe de 6 personnes est en croissance et met en œuvre des projets d'exploration ainsi que des activités de Recherche & Développement, seuls ou en partenariat. TLS Geothermics met en œuvre sur les terrains des activités d'exploration, de mesures et de modélisation en géologie, géochimie, et géophysiques.

Depuis 2014, TLS Geothermics finance ou a financé 3 thèses, 1 post-doctorat et de nombreux stages de masters et ingénieurs. L'entreprise participe et continue de participer à plusieurs projets collaboratifs avec des universités et instituts (contrats R&D, PIA3, ANR).

TLS Geothermics est titulaire de deux Permis Exclusifs de Recherches de Gîtes Géothermiques en France Métropolitaine, et codéveloppe ces projets en partenariat avec Storengy.

1.4. La géothermie

Le principe de l'exploitation géothermique consiste à pomper un certain débit d'eau chaude provenant d'un réservoir plus ou moins profonds (Figure 1). En surface les calories du fluide sont exploitées pour produire de la chaleur ou de l'électricité. Un puits pompe l'eau chaude, un second puits réinjecte l'eau refroidie dans son environnement d'origine.



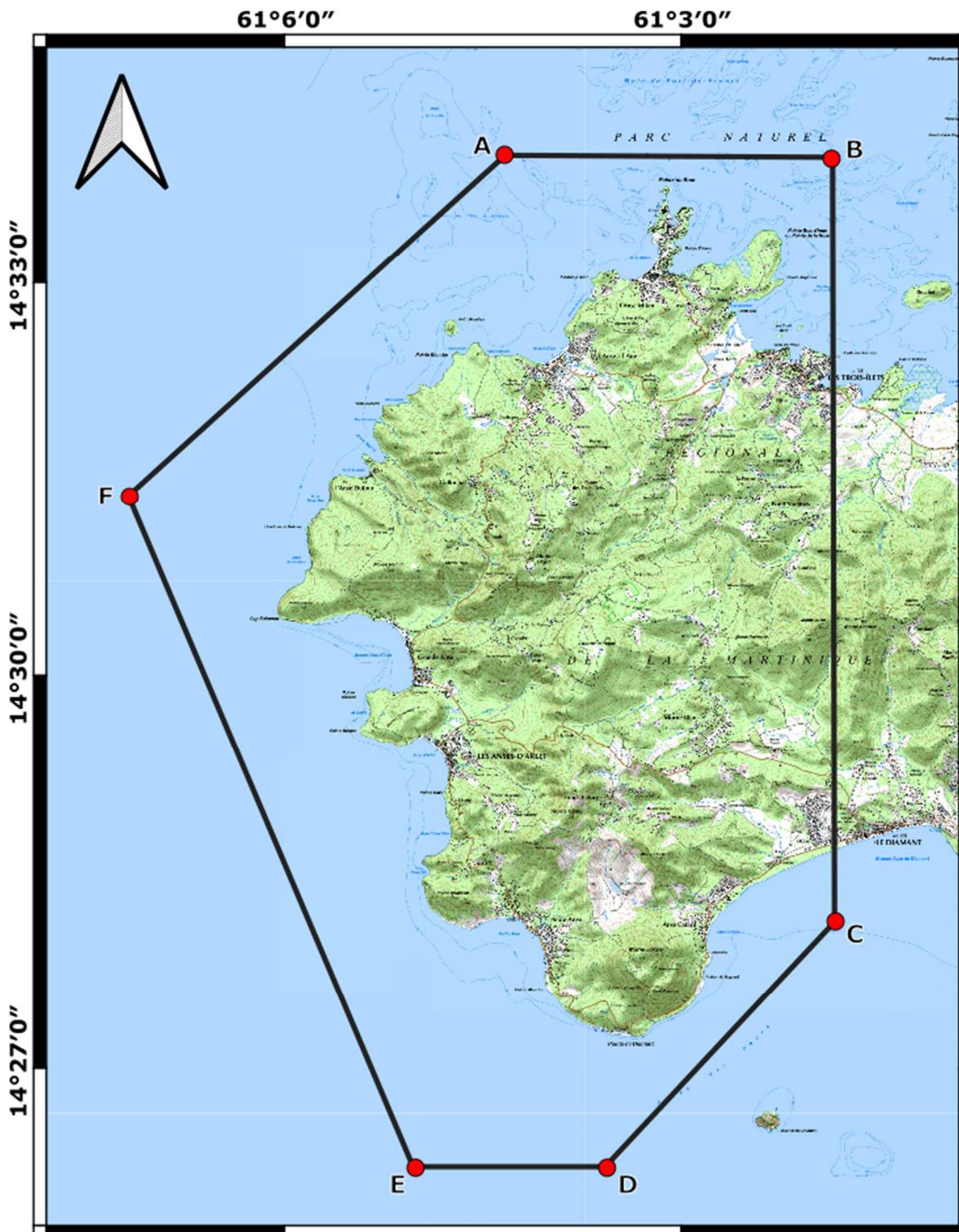
La géothermie de haute énergie

Figure 1 : Principe d'une exploitation géothermique en domaine volcanique. Ici production d'électricité en surface au moyen d'une centrale vapeur ou à cycle binaire (Source illustration : BRGM)

2. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET ENJEUX

2.1. Géographie et implantation du projet

Le permis se situe dans la collectivité territoriale de Martinique (CTM), le permis inclus les communes Les Trois-Ilets, Les Anses-d'Arlet et Le Diamant. (Figure 2).



La surface de l'ensemble de ces communes est de l'ordre de 82 km² au total. Les communes des Trois Ilets et du Diamant ne sont que partiellement intersectées par le périmètre sollicité, dont la surface s'élève à environ 108 km² et comprend une part du domaine maritime.

Points	WGF84	
	Latitude N	Longitude O
A	14°33'58"	61°04'20"
B	14°33'58"	61°01'50"
C	14°28'07"	61°01'50"
D	14°26'15"	61°03'34"
E	14°26'15"	61°05'02"
F	14°31'22"	61°07'11"

Tableau 1 : Coordonnées du périmètre du permis

Les éléments plus précis concernant le climat, la géographie, l'économie, l'occupation des sols, l'histoire, et les sites d'intérêts, le tourisme, les voies de communication, les réseaux électriques, activités agricoles et industrielles, et les installations industrielles identifiées du secteur du Permis sont contenus dans la Notice d'Impact.

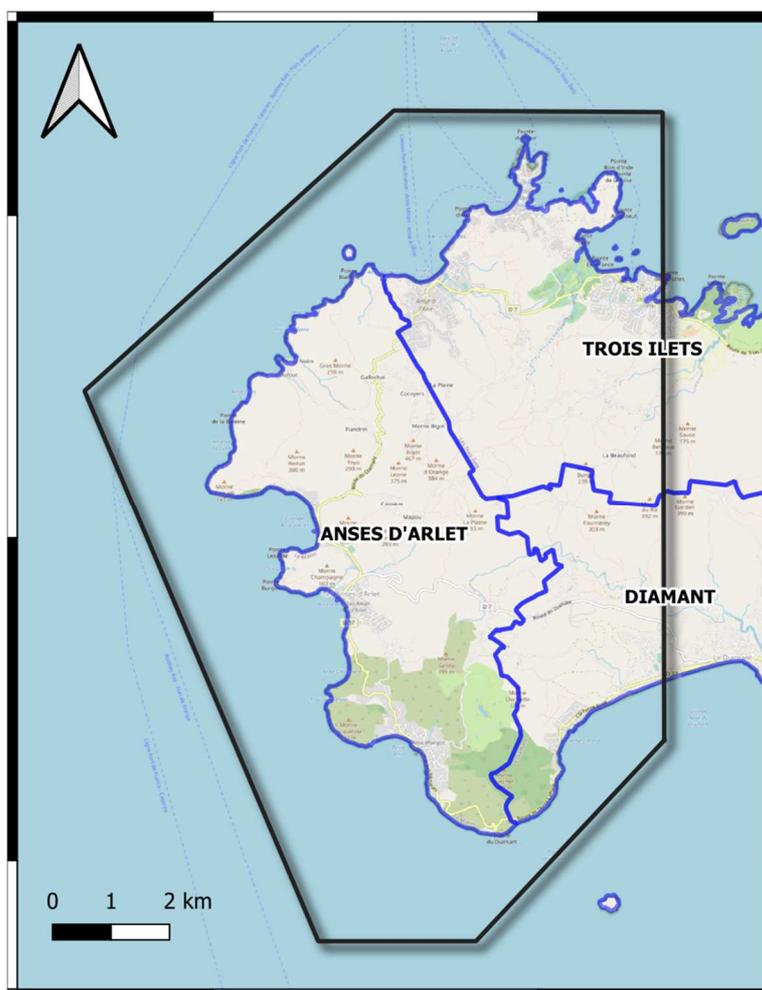


Figure 3 : Localisation des communes concernées par le périmètre du permis et population

2.2. Synthèse des éléments relatifs aux enjeux liés au milieu naturel

Une description et une cartographie sont disponibles dans la Notice d'Impact concernant les principaux enjeux identifiés sur les volets environnementaux et aléas : faune, flore, zones protégées, risques.

La cartographie de synthèse ci-dessous permet une appréhension des enjeux environnementaux du territoire (Znieff, IBO, arrêtés préfectoraux de biotope, ZNIEFF, parc et réserves...).

Il n'y a pas de zones Natura 2000, ni de zones Z.I.C.O. Des ZNIEFF 1 et 2 sont présentes pour un quart du territoire. Il n'y a pas de Réserve Naturelle ni parc National. Le Parc Naturel Régional de Martinique couvre l'ensemble du PER. Les aléas inondations, liquéfactions et mouvements de terrain sont présents et l'aléas sismiques est fort. Une partie du territoire mord sur le domaine maritime, lui-même couvert par un parc naturel marin.

Il conviendra donc de prendre en compte tous ces enjeux et risques lors du déploiement des travaux.

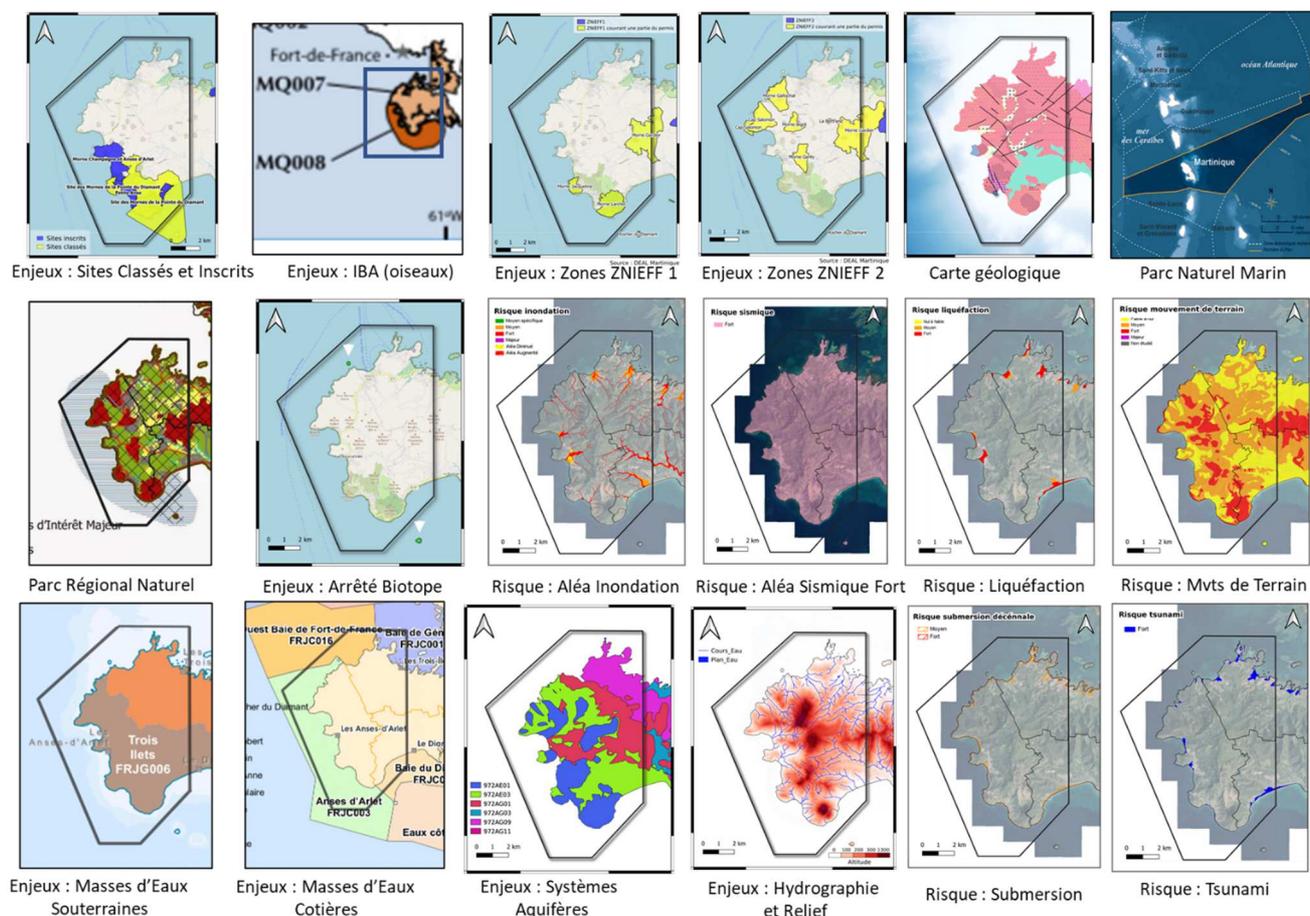


Figure 4 : Cartographies de synthèse présentant les enjeux principaux sur le territoire

2.3. Hydrogéologie

Compte tenu de la nature essentiellement volcanique des terrains qui composent son sous-sol, la Martinique ne présente pas de grands aquifères continus aux limites facilement identifiables, comme ceux des régions où îles à dominante sédimentaire. En effet, bien que le facteur « lithologie » soit déterminant quant aux propriétés hydrauliques d'une formation géologique, la très forte hétérogénéité des séries volcaniques, particulièrement celles mises en place en contexte aérien, ainsi que le rôle important joué par la fracturation contribuent à une très forte variabilité spatiale des propriétés hydrogéologiques. Le relief accusé ainsi que les effets de l'altération accentuent cette variabilité.

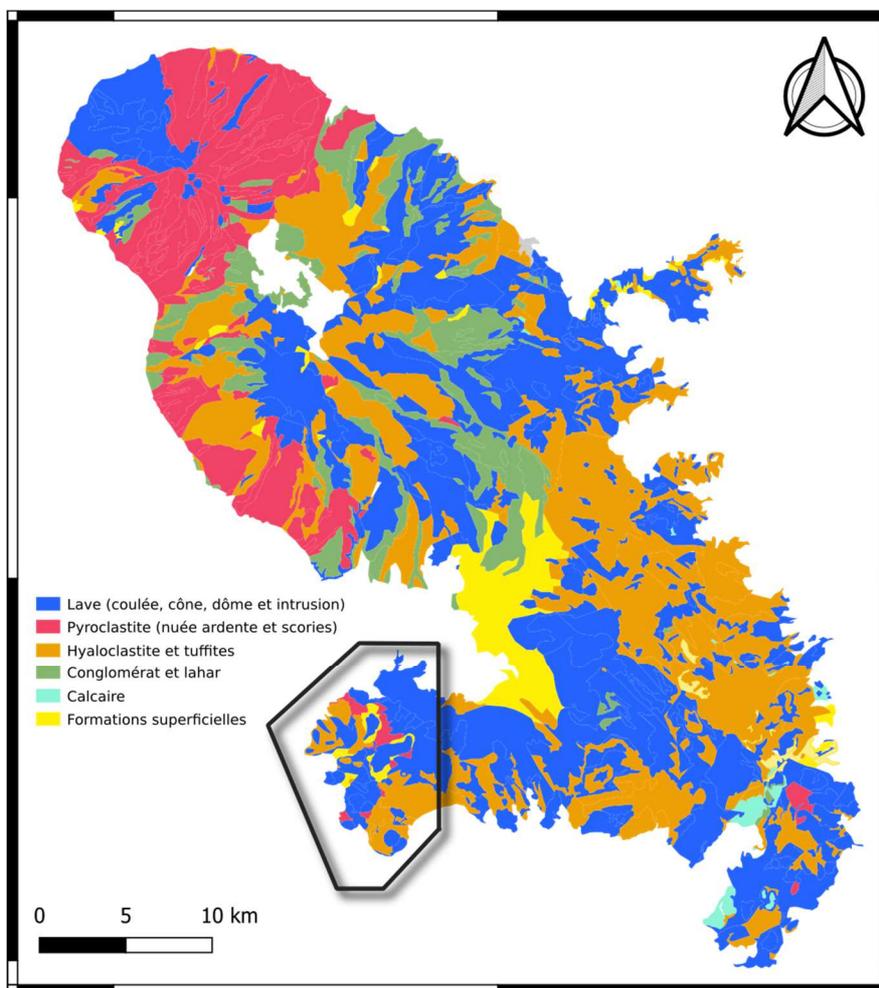


Figure 5 : Localisation des principales formations potentiellement aquifères présentes en Martinique

Une présentation des aquifères, des masses d'eaux de surfaces et souterraines, des systèmes aquifères et de leurs suivis, la qualité écologique et chimique des eaux, ainsi qu'une présentation des documents de planification au regard de l'enjeu de l'eau (SDAGE), sont dans la Notice d'Impact. La compatibilité du projet avec les documents du SDAGE est également étudiée.

Concernant l'état physico-chimique des cours d'eau et des masses d'eau, il n'y a pas d'éléments précis sur le secteur concerné par le PER. Concernant l'état qualitatif des masses d'eau souterraines, il est bon dans le secteur du PER. L'état quantitatif de ces masses d'eau souterraine est également bon, comme pour toute l'île.

2.4. Impacts potentiels du projet

Un tableau de synthèse des enjeux, impacts et mesures à considérer sur le territoire du permis sollicité figure en annexe 1 de la Notice d'Impact et reprend les thématiques liés aux impacts potentiels du projet.

La première phase du projet d'exploration va consister à des compléments d'études géosciences pour identifier les zones les plus pertinentes pour les travaux de recherche et de prospection. **Ces phases d'investigations géologiques et géophysiques n'ont pas d'impact sur l'environnement** (cf Annexe 1 notice d'impact). Les méthodes employées en acquisitions géophysiques sont des méthodes dites passives qui consiste à enregistrer les signaux naturels puis les traiter informatiquement pour en créer des modèles numériques 3D.

C'est le forage qui a le plus d'impact sur les milieux naturels et humains. Il est cependant très important de préciser que **la présente demande de permis de recherche n'autorise pas les travaux de forages.** En effet, la réalisation de forages nécessite un dossier de demande d'ouverture de travaux miniers dédié (DAOTM), qui comporte une étude d'impact et est soumis à enquête publique. Ce dossier DAOTM (différent de la demande de permis de recherche) fait l'objet d'une instruction administrative dédiée auprès des services préfectoraux. L'autorisation de ces travaux de forages est donnée par le préfet en fin de procédure. **La phase forage interviendra en fin de la période de recherche, à l'issue d'une procédure administrative dédiée, après étude d'impact et consultation du publique avec une instruction menée par les services de la préfecture, soit sur les années 4/5 du planning après l'obtention du permis de recherche au plus tôt.**

Nous décrivons toutefois dans les parties suivantes le principe de réalisation de ces forages en préambule. Les travaux liés au forage s'enchaînent en trois étapes résumées ci-dessous :

- Etape n°1, les travaux de génie civil préparatoires :
 - les plates-formes des puits sont conçues pour recevoir l'ensemble des équipements et permettre la circulation des engins de transport et de manutention par toutes conditions climatiques, ces travaux permettent de préparer le terrain à accueillir la machine de forage et ses modules.
 - La réalisation d'un avant trou de quelques dizaines de mètres est en général effectué pendant cette phase par une entreprise spécialisée et sous le contrôle de STORENGY, c'est une étape nécessaire avant l'installation de l'appareil de forage.
- Etape n°2, le forage_ : il sera réalisé à l'aide d'une machine de forage (ou rig de forage) qui sera sélectionnée en fonction de la profondeur et de l'architecture du forage.
 - Montage de la machine ;
 - Réalisation du forage : construction de l'ouvrage et réalisation des mesures (diagraphies, tests, prélèvement d'eau, éventuellement carottage) ;
 - Démontage de la machine.
- Etape n°3, les travaux de génie civil de fin de chantier_ : pour remettre en conformité la chaussée de la plate-forme.

Le fluide de forage est en général constitué d'un mélange d'eau et de bentonite (argile naturelle) et utilisé en circuit fermé et injecté par une pompe. Il assure la remontée des déblais produits par l'action des dents l'outil de forage. Il contribue au soutien des parois du puits et maintient en place, par pression hydrostatique, les fluides présents dans les terrains perméables.

Le puits est foré par intervalles (ou phases) de diamètres décroissants et concentriques. A la fin de chaque phase, un tubage en acier est mis en place dans le puits puis cimenté à l'extrados si possible jusqu'à la surface. En général, deux ou trois phases de forage sont nécessaires pour atteindre l'objectif fixé.

La machine est constituée de plusieurs modules, l'ensemble est démontable et transportable par la route sur des semi-remorques, d'un site à l'autre, en une cinquantaine de colis de quelques dizaines de tonnes pour les plus lourds. Des grues automotrices sont utilisées pour les opérations de montage et de démontage, et épisodiquement pendant la durée du chantier.



Figure 6 : Machine de forage installée en 2014 sur le puits d'Arcueil (94)

On notera que le forage ne sera réalisé qu'en cas de conclusions positives des études de géosciences et géophysiques préalables.

Le cas échéant, la réalisation du forage sera conditionnée à l'obtention d'une Autorisation d'Ouverture de Travaux conformément au **Code Minier**, au **décret n°2006-649 du 2 juin 2006** (art.3, art. 6 notamment), et au **décret n° 2016-1303 du 4 octobre 2016 relatif aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières, et abrogeant l'annexe intitulée « Titre Recherche par forage, exploitation de fluides par puits et traitement de ces fluides » du décret n° 80-331 du 7 mai 1980 portant règlement général des industries extractives** ; c'est une procédure instruite par les services de l'Etat (Préfecture et DEAL). Cette procédure comprend une étude d'impact qui fait partie intégrante du dossier de demande d'Autorisation d'Ouverture de Travaux et d'une étude d'incidence sur la ressource en eau.

Globalement, les opérations de forage sont très strictement encadrées et suivi par les DEAL (police des mines) et les préfetures. Une étude d'impact au titre du code de l'environnement est réalisée avant la demande d'autorisation. Lors de l'instruction de la demande d'autorisation de forage, une enquête publique est mise en œuvre permettant d'entendre et prendre en compte les questions des citoyens autour du projet.

Une étude des impacts sur le **milieu physique** (biens et patrimoine culturel, réglementations, implantation), le **milieu naturel** (paysage, écosystèmes, sols, circulation, air et climat), le **milieu humain** (bruit, circulation et flux, traitements, économie locale), et les **autres milieu et usages** (microsismicité, radioactivité naturelle) est faites dans la Notice d'Impact. Un volet d'étude des risques vis-à-vis de la santé humaine est également dans ce document.

2.5. Impact sur la ressource en eau

Les études amont, investigations géologiques et géophysiques n'ont pas d'impact sur l'environnement.

Les incidences des forages seront approfondies et développées dans le cadre d'une demande d'autorisation de travaux de forages et d'une étude d'impact dédiés.

L'Annexe 1 de la Notice d'Impact donne certaines orientations de mesures d'évitement, réduction et compensation (ERC).

Les Plans de Prévention des Risques (inondation, mouvements de terrain, technologique) seront systématiquement pris en compte dans l'élaboration des dossiers de demande d'ouverture de travaux miniers par forage et dans l'application des mesures ERC.

Les travaux se dérouleront strictement en dehors des périmètres de protection immédiate et rapprochée des captages et les prescriptions de périmètres de protection éloignés seront respectées.

2.5.1. Eaux superficielles

Les études amont, investigations géologiques et géophysiques n'ont pas d'impact sur l'environnement.

Les incidences des forages seront approfondies et développées dans le cadre d'une demande d'autorisation de travaux de forages et d'une étude d'impact dédiés.

Ci-dessous les thématiques abordés dans les dossiers de demande d'autorisation de travaux de forage :

Identification des effluents bruts

Pendant la phase de forage, les effluents suivants peuvent présenter un risque pour l'environnement, notamment en cas de déversement accidentel :

- ✓ les boues de forage,
- ✓ les déblais de forage ou cuttings des terrains traversés entraînés par la boue utilisée,
- ✓ les eaux de lavage de l'appareil de forage,
- ✓ les carburants ou lubrifiants utilisés pour le fonctionnement des moteurs thermiques,
- ✓ les effluents des installations sanitaires,
- ✓ les eaux pluviales ayant transité sur les aires techniques.

Mesures prises pour la protection des eaux superficielles (évitement et réduction)

En phase de forage, les précautions suivantes seront prises :

- ✓ A l'entrée en terre du forage, un tube métallique sera mis en place depuis la surface jusqu'à environ 35 m de profondeur ainsi qu'une cave étanche bétonnée isolant les terrains de surface de la boue de forage.
- ✓ En cours de forage, les eaux issues de l'activité de forage seront recyclées en circuit fermé et donc isolées des eaux de surface. En fin de chantier, les eaux de forage restantes seront envoyées dans des unités de traitement spécialisées.
- ✓ Les phases de forage seront réalisées avec une boue à base d'eau.
- ✓ Les déblais seront acheminés vers une benne étanche au départ du tamis vibrant et d'une centrifugeuse à l'aide d'une bande transporteuse, l'ensemble placé sur des bâches plastiques pour récupérer les égouttures.
- ✓ Les effluents liquides ou solides seront acheminés vers des filières de traitement adaptées, par des moyens de transport appropriés.

- ✓ La cuve à gasoil sera du type double paroi et posée sur rétention étanche et la zone de manipulation et de déchargement du gasoil spécialement aménagée pour éviter toute contamination.
- ✓ Les toilettes du chantier seront équipées d'une fosse étanche et vidangée périodiquement.

2.5.2. Eaux souterraines

Les études amont, investigations géologiques et géophysiques n'ont pas d'impact sur l'environnement.

Les incidences des forages seront approfondies et développées dans le cadre d'une demande d'autorisation de travaux de forages et d'une étude d'impact dédiés.

Ci-dessous les thématiques abordés dans les dossiers de demande d'autorisation de travaux de forage :

Identification des risques éventuels

Le territoire du permis fait l'objet d'un certain nombre de forages pour l'alimentation en eau potable. Les incidences potentielles des opérations d'un forage d'exploration sur la qualité des eaux souterraines sont les suivantes :

Contamination par la boue de forage,

- ✓ Mise en communication des aquifères sensibles avec la surface,
- ✓ Mise en communication des aquifères sensibles avec l'intérieur du puits par percement des cuvelages (contamination par cheminement d'eau salée ou autre).

Mesures prises pour la protection des eaux souterraines (évitement et réduction)

En premier lieu, on soulignera qu'aucuns travaux ne seront effectués au sein des périmètres de protection rapprochés des captages destinés à l'Alimentation en Eau Potable.

L'eau utilisée pour les opérations de tests sera au maximum recyclée et prélevée dans un puits dédié ou dans une nappe salifère non potable.

Au cours du forage, la protection des nappes d'eaux souterraines sera assurée par la pose successive de cuvelages cimentés, empêchant toute communication entre les couches rencontrées au cours du forage et l'intérieur du puits. De plus, le métal des tubages sera sélectionné de manière à offrir la protection anticorrosion la plus adaptée aux aquifères traversés. De cette manière, les cuvelages seront protégés à la fois contre la corrosion :

- ✓ externe (agression par les eaux des aquifères traversés), car elle sera fortement ralentie par la cimentation des tubages jusqu'en surface,
- ✓ interne, car les cuvelages des forages à l'intérieur du puits seront en contact uniquement avec le fluide géothermique.

Enfin, lors de l'abandon éventuel du puits, les bouchons de ciment seront mis en place à des cotes permettant d'assurer l'isolement des différents aquifères traversés. Le programme de bouchage sera préalablement soumis à l'approbation de la DEAL.

2.6. Incidence sur le contexte réglementaire

La Notice d'Impact présente les documents du SDAGE Martinique 2016-2021. Il comporte 4 orientations fondamentales qui incluent chacune plusieurs thématiques qui seront pris en compte dans le cadre de ce projet. Un tableau présente les mesures qui seront adoptées pour répondre à ces objectifs.

Un tableau présente quant à lui la compatibilité du projet avec le SDAGE.

3. GEOLOGIE DU PER

La géologie du PER « Pointe Sud-Ouest » est exclusivement composée de roches volcaniques ponctuées de rares formations sédimentaires superficielles (colluvions ou éboulement). On trouve des roches volcaniques appartenant à l'arc intermédiaire dans le NE du PER alors que le reste est composé de roches appartenant à l'arc récent. Les dépôts de l'arc intermédiaire sont essentiellement andésitiques. Les dépôts de l'arc récent sont quant à eux hétérogènes, variant d'un pôle basaltique à un pôle andésitique à dacitique. La plupart des édifices appartenant à l'arc récent s'alignent le long d'un axe volcano-tectonique orienté NO-SE et allant de la Pointe de Burgos au Rocher du Diamant, 2 km au large au SE de la péninsule des Trois Ilets.

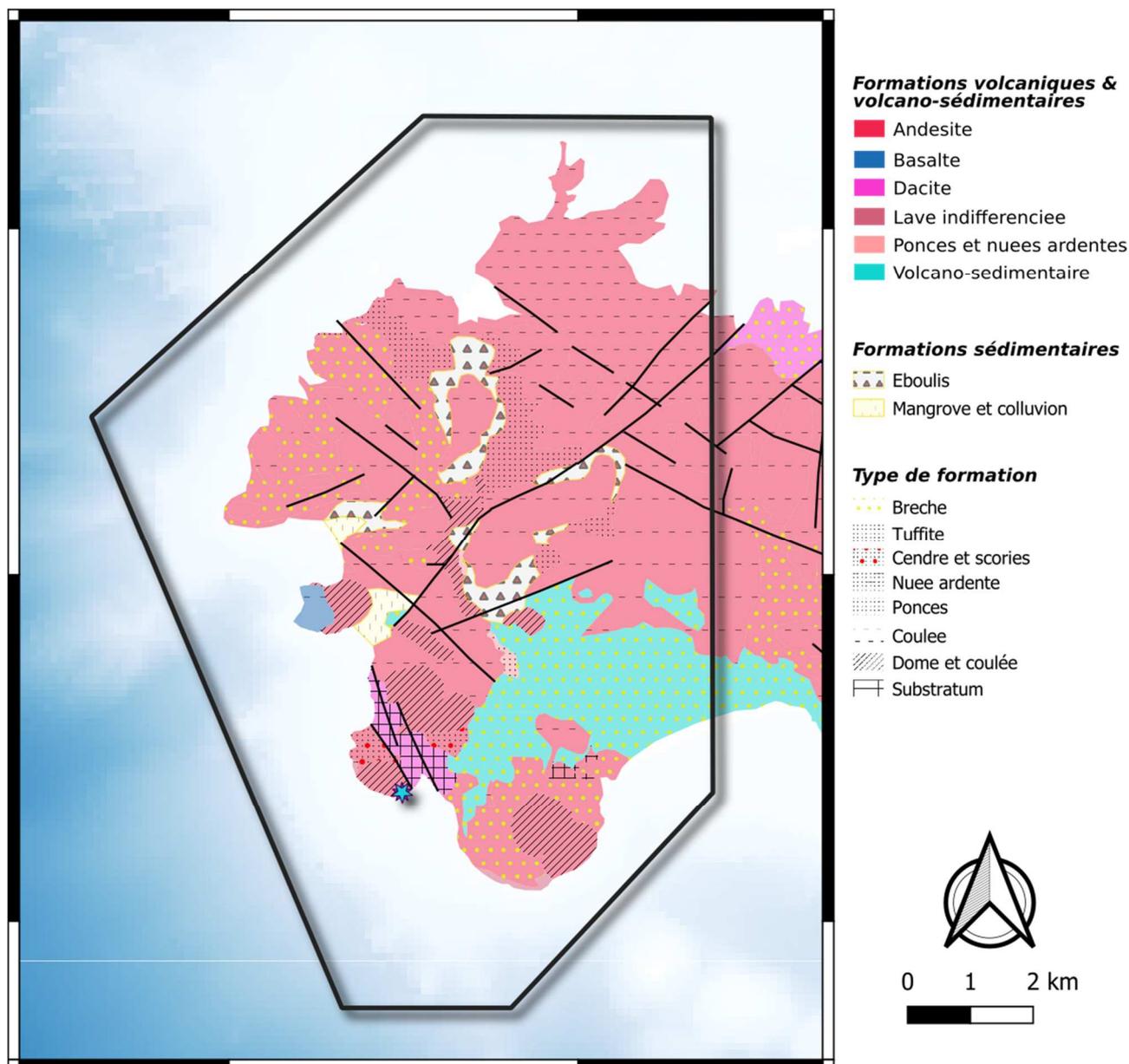


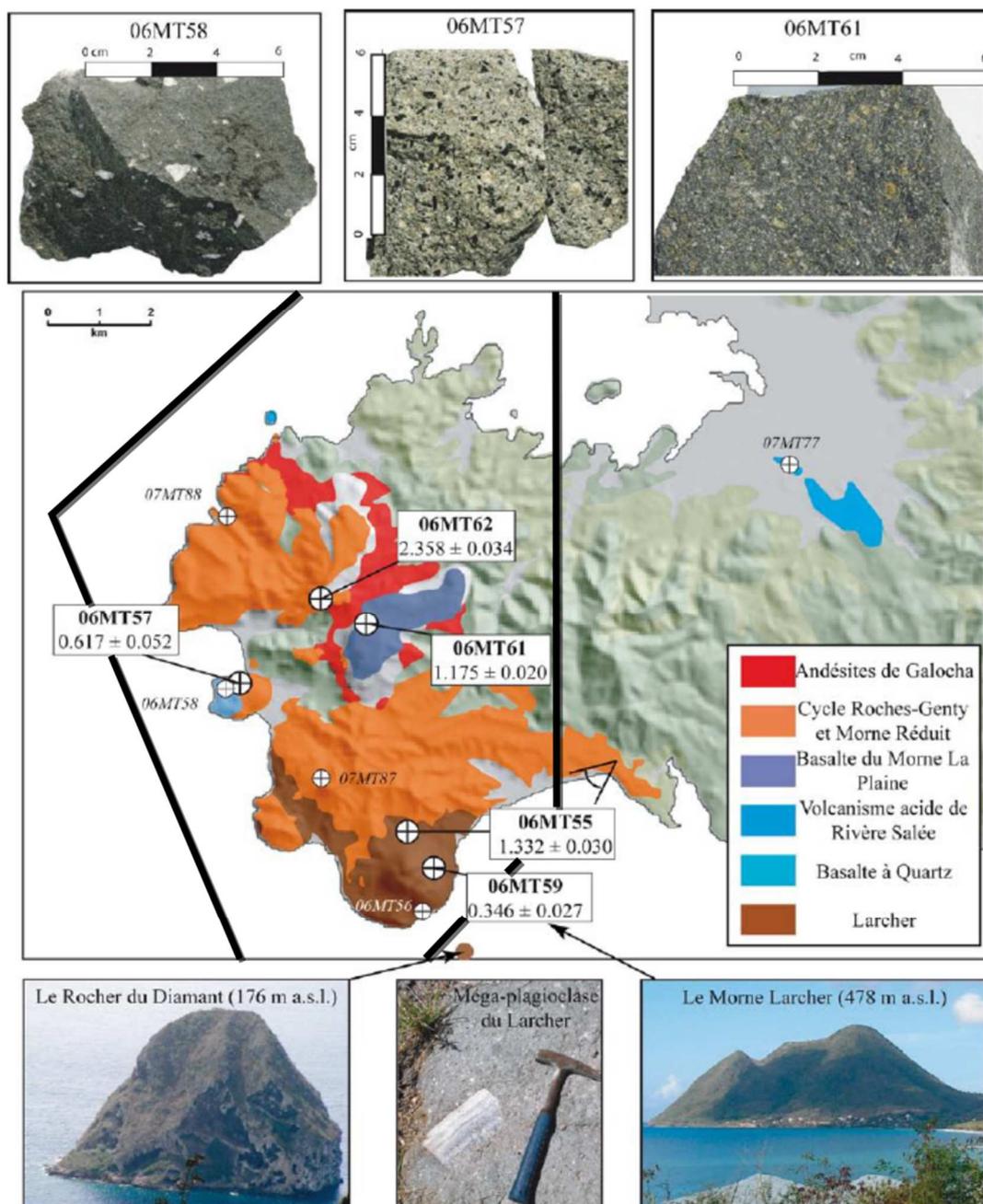
Figure 7 : Carte géologique au 1/50000ème du permis dit " Pointe Sud-Ouest" d'après les cartes géologiques éditées par le BRGM

Volcanisme de l'arc intermédiaire : axe Ducos-Pavillon

Les dépôts volcaniques de l'arc intermédiaire affleurent au NE du PER « Pointe Sud-Ouest ». Ils se caractérisent par une mise en place effusive en milieu aérien avec des laves principalement composées d'andésites porphyriques sombres à grains fins. Les âges correspondant à ces dépôts varient entre 7.1 ± 0.1 et 9.23 ± 0.14 Ma.

Volcanisme de l'arc récent : alignement de la presqu'île des Trois Ilets

L'extrémité de la péninsule des Trois Ilets est caractérisée par un volcanisme particulier. Une série d'édifices monogéniques alignés et contrôlés par une direction tectonique NO-SE se sont construits avec des dynamismes et des faciès pétrographiques variés.



Les laves du volcanisme de Trois Ilets sont variées, depuis les basaltes (47.7%) aux andésites (61.8%). Elles ont généralement un caractère hétérogène et témoignent de mélanges magmatiques entre un pôle basaltique et un pôle différencié andésitique à dacitique.

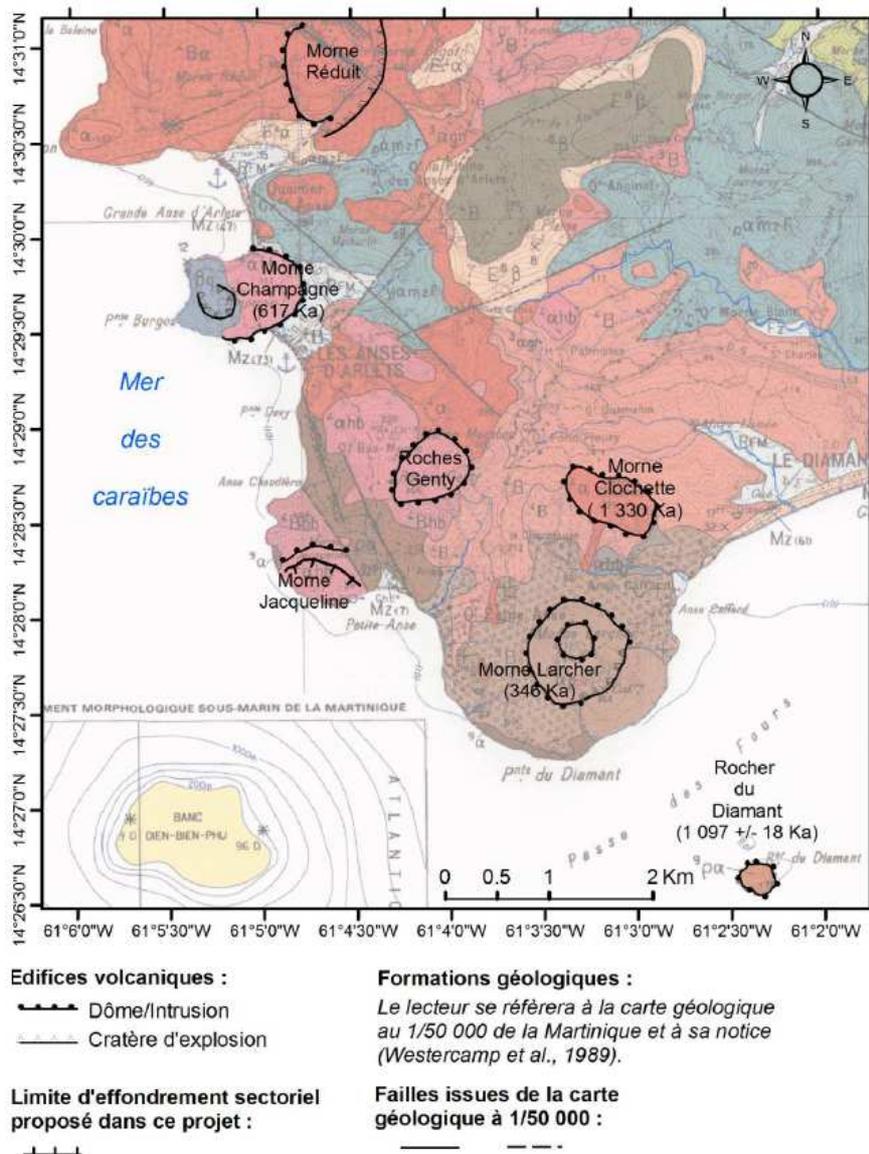


Figure 9: Extrait de la carte géologique au 1/50000 de la Martinique (Westercamp et al., 1989) montrant les édifices volcaniques constituant l'axe Pointe Burgos – Rocher du Diamant.

Ainsi, plusieurs petits volcans de dynamismes et pétrographies variés s'alignent le long d'un axe NO-SE, depuis la Pointe de Burgos jusqu'au Rocher du Diamant (Figure ci-dessus). On trouve parmi eux le Morne Champagne, les Roches Genty, le Morne Clochette et le Morne Jacqueline déjà décrit. Au sud, le Morne Larcher ($0,346 \pm 0,027$ Ma) est un stratovolcan constitué de lave massive et de produits pyroclastiques. La lave est une andésite porphyrique (25-40 %vol.) à plagioclase, clinopyroxène, amphibole et quartz (Figure suivante). Au large dans le prolongement SE, on trouve le Rocher du Diamant daté par la méthode K-Ar à 1.097 ± 0.018 Ma (Germa, 2008). Cet édifice représente la partie interne d'un dôme de lave essentiellement composé de dacite à quartz, hornblende et contenant des intrusions et enclaves de microdiorite quartzitique et d'andésite acide à amphibole. Ces amphiboles traduisent d'ailleurs des conditions plus homogènes et plus superficielles (2 kbars / 6km de profondeur) que celles des andésites hétérogènes du Morne Larcher (Gourgaud et Gerbe, 1991).

Les structures tectoniques et volcaniques

Les directions principales de failles observées sur le PER « Pointe Sud-Ouest » sont sensiblement les mêmes que les directions majeures à l'échelle de la Martinique. En effet, on retrouve les deux directions N040-060° et N110-140° (Figure 39). La direction NO-SE est principalement observée dans la partie Nord du PER. La direction NE-SO est quant à elle bien exprimée par la faille des Trois Ilets (Figure 38). Cette faille recoupe l'ensemble de la presqu'île des Trois Ilets et aurait contrôlé la mise en place du dôme dacitique de Gros-Ilet. Elle se poursuit au NE à travers la plaine du Lamentin où son rejet (couvert par des sédiments) est estimé à 140 m par Westercamp et al (1989) d'après des données de sondage géothermique.

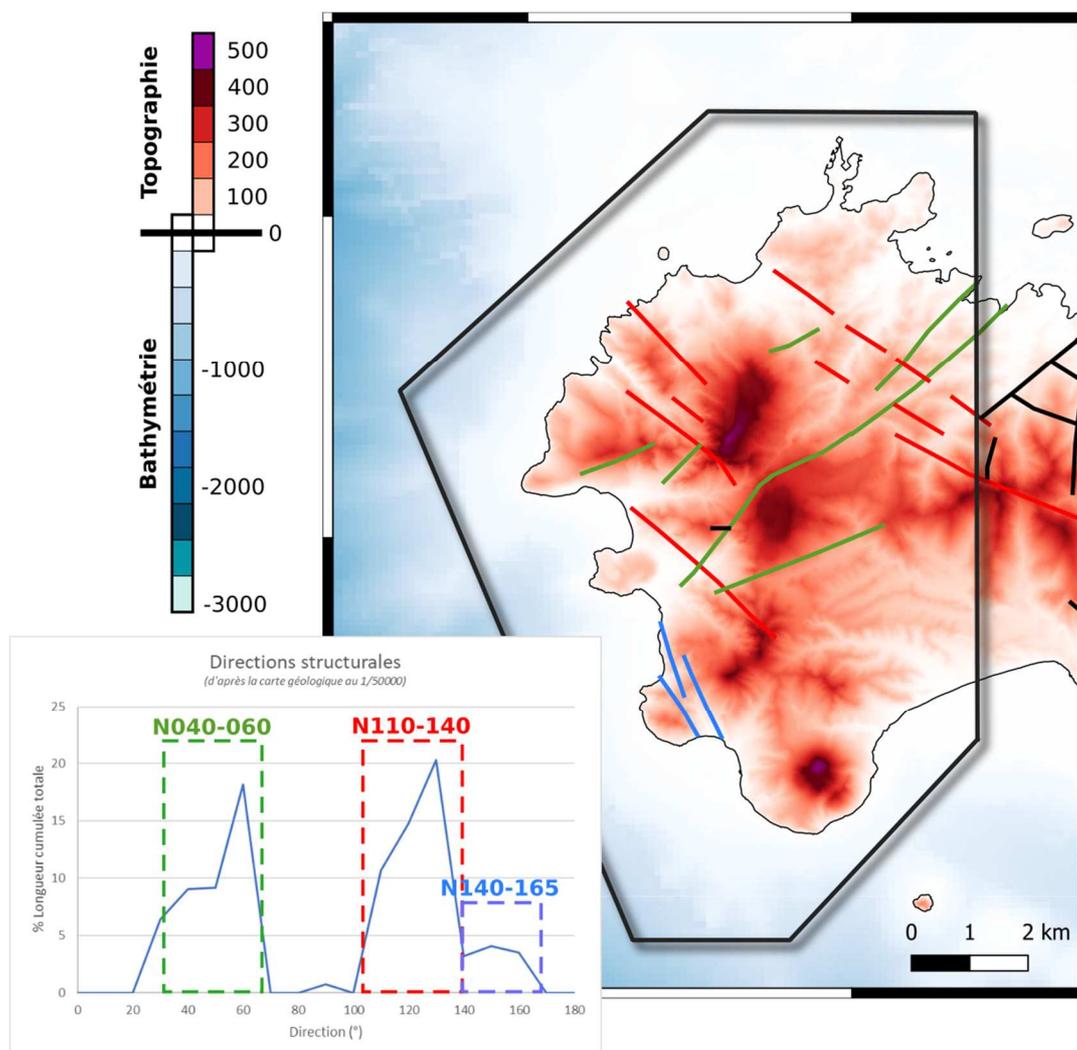


Figure 10: Topographie du PER (modèle Litto3D 5m) et failles cartées sur la carte géologique 1/50000. Les directions principales observées à l'échelle de la Martinique sont retrouvées. Une direction secondaire N140-165 est mise en évidence

Une direction de faille secondaire est observée à N140-165. Elle est peu exprimée dans les failles à l'échelle du PER (Figure ci-dessus). En effet, elle n'est remarquée qu'au niveau des formations dacitiques à quartz orientée NO-SE entre Petite Anse et les Anses d'Arlet. A noter que ces formations ont subi une importante fracturation et présentent des altérations hydrothermales fossiles. Des mesures complémentaires de terrain seraient nécessaires pour analyser la distribution de ce réseau de fracture et le relier à une ou plusieurs directions tectoniques. Car cette direction secondaire est bien marquée par les linéaments, surtout à l'échelle du PER mais aussi à l'échelle de la Martinique, ce qui montre qu'elle pourrait avoir une importance régionale.

4. LES RESSOURCES GÉOTHERMIQUES ATTENDUES

Au vu de l'ensemble des données présentées précédemment, une cible est bien identifiée comme pouvant correspondre à un système géothermique actif. Cependant, le manque d'informations profondes limite la compréhension globale du système. Il serait donc intéressant de mener une étude géophysique régionale pour mieux comprendre les phénomènes géologiques profonds à l'échelle de la Martinique.

De plus, l'essentiel des données acquises sur le PER « Pointe Sud-Ouest » a été initialement focalisé sur les émergences hydrothermales en surface des Eaux Ferrées. Ces sources ne sont pourtant qu'un épiphénomène d'un système géothermique. En outre, elles ne doivent pas masquer la possible présence d'autres systèmes géothermiques (ou d'extension du même système) ne montrant pas de manifestations de surface.

Le système géothermique de Petite Anse doit donc être priorisé pour l'exploration. Mais son étude approfondie via un forage d'exploration, notamment pour en définir sa dimension et sa perméabilité, pourra apporter des informations importantes qui pourraient amener à reconsidérer le potentiel de zones plus au Nord dont :

- ✓ La continuité de l'axe volcano-tectonique NNO-SSE et de l'intrusion magmatique résistante vers le Nord ;
- ✓ L'intersection de cet axe avec les structures NNE-SSO, notamment la faille des Trois Ilets.

Les températures attendues entre 1 et 2 km de profondeur sont de l'ordre de 160 à 200°C. Elles doivent permettre la production d'électricité.

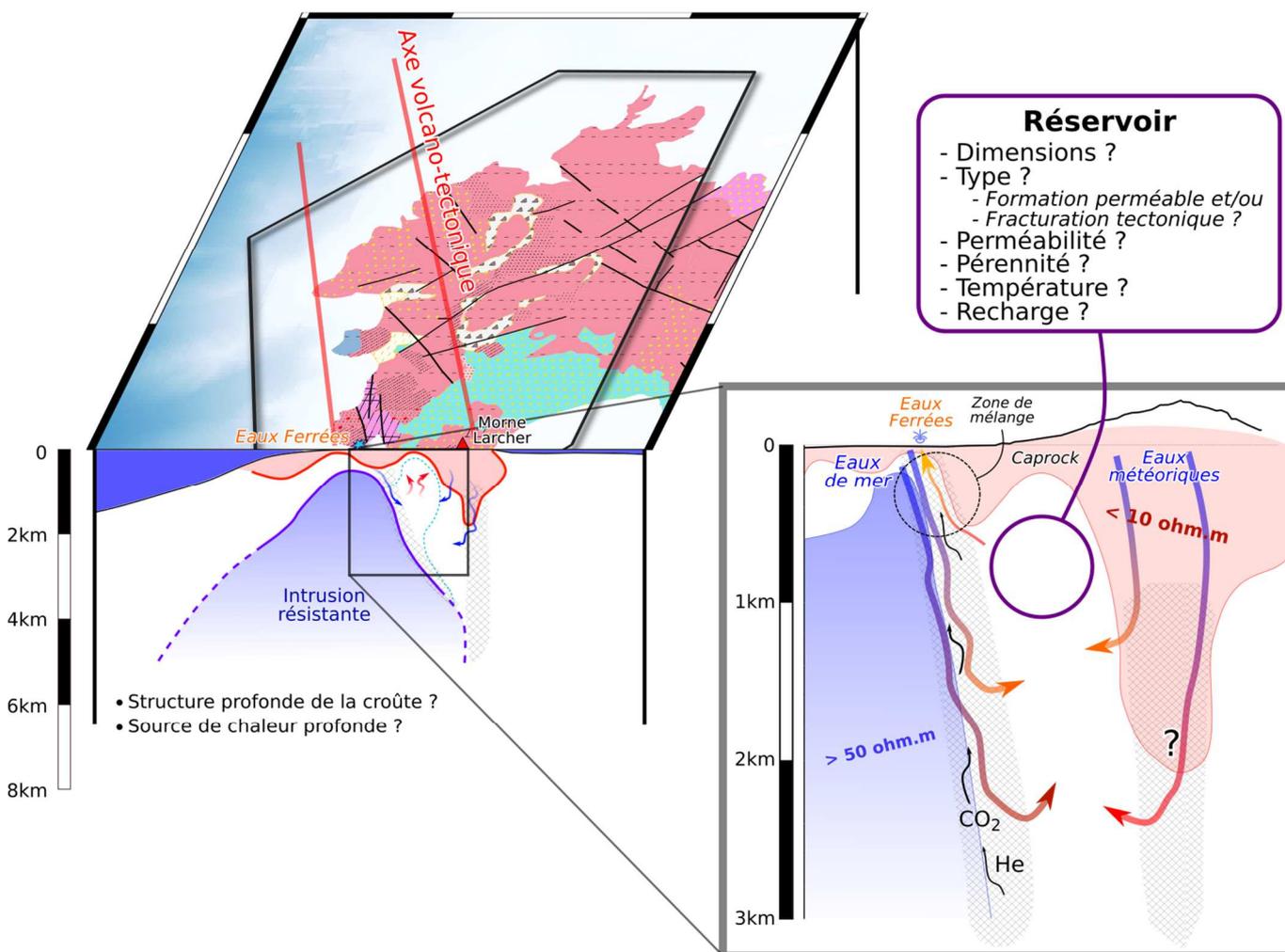


Figure 11 : Modèle conceptuel du système géothermique de Petite Anse. Position de l'axe volcano-tectonique.

4.1. La cible de Petite Anse

La zone de Petite Anse est la zone qui bénéficie des meilleures connaissances du PER. Elle montre une convergence d'indices géologiques, hydrogéologiques, géochimiques et géophysiques indiquant l'existence probable d'un système géothermal de circulations à haute température.

Ce système a d'abord été suggéré par la présence de la source des Eaux Ferrées dont les caractéristiques géochimiques montrent des interactions fluide-roche à haute température dans un réservoir profond alimenté par l'eau de mer et l'eau météorique. La température de ces interactions est estimée à 190-200°C. La présence d'altérations hydrothermales fossiles en surface et l'épaisseur du caprock conducteur observé sur les images MT semblent indiquer que ce système est actif depuis un certain temps.

Le système géothermique est localisé au sein d'un axe volcano-tectonique NNO-SSE où se concentre l'activité magmatique depuis 1,5 Ma. L'imagerie géophysique montre un corps résistant et relativement lourd parallèle à cet axe, interprété comme une intrusion magmatique.

Le Morne Larcher, situé à l'Est de cette zone, présente un conducteur allongé en Nord-Sud jusqu'à une profondeur relativement importante (2km). Ce conducteur est interprété comme le conduit volcanique de l'édifice, en partie altéré par des circulations fluides. La mise en place de ce conduit pourrait avoir été favorisée par la présence d'une structure Nord-Sud. Cette zone conductrice pourrait en tout cas marquer la bordure Est du système géothermique de Petite Anse.

4.2. Les autres cibles potentielles du permis

Le PER « Pointe Sud-Ouest » n'est pas seulement focalisé sur Petite Anse car le potentiel géothermique du reste du secteur du PER est aussi intéressant. En effet, le corps magmatique orienté NNO-SSE imagé par la géophysique se continue vers le Nord jusqu'à Grande Anse, associé à une couverture conductrice. Au-delà de l'imagerie géophysique, la zone de l'Anse d'Arlet correspond à l'intersection entre l'axe volcano-structural des Anses d'Arlet et la terminaison terrestre de la grande faille des Trois Ilets. Cette faille est un objet structural majeur correspondant à une des orientations principales structurant l'île de la Martinique. La faille des Trois Ilet se poursuit à terre jusque dans le Lamentin et semble avoir une expression importante dans la bathymétrie qui prouverait sa grande extension. Cette structure localise aussi la source de la Sucrierie montrant des dépôts de travertins. Les intersections structurales étant reconnues comme favorable à la perméabilité et à la circulation des fluides, cette zone devra donc être étudiée avec attention, notamment au regard des résultats obtenus sur la zone de Petite Anse.

A noter que des zones plus au Nord, toujours sur l'axe volcano-tectonique des Anses d'Arlet, au niveau du Morne Réduit montrent des évidences d'altérations hydrothermales. L'ensemble de la région du PER « Pointe Sud-Ouest » est donc à explorer pour en définir son potentiel géothermique.

4.3. Travaux prévus

De nombreux travaux ont été menés par le BRGM depuis plus de 15 ans en Martinique (nombreux rapports), notamment dans le secteur du PER « Pointe Sud-Ouest ». Cependant, les recherches doivent être complétées pour envisager précisément une zone pour un forage d'exploration et de qualification de la ressource notamment sur la cible de Petite Anses. Les autres cibles feront aussi l'objet de recherches.

La prospection géothermique se déroulera en quatre temps : après (1) la réalisation d'une synthèse des données et des connaissances disponibles, des (2) campagnes complémentaires géologiques, géophysiques et géochimiques

de terrain viseront à compléter le socle de données et de connaissances et (3) permettra de réaliser de nouveaux modèles géologiques et géophysiques 3D à différentes échelles sur le permis, puis de définir l'emplacement et réaliser (4) un forage d'exploration pour valider le potentiel géothermique de la zone la plus prometteuse.

Les campagnes d'acquisitions de données géophysiques (gravimétrie, bruits sismiques, micro-sismicité naturelle, et magnétotellurisme) confrontées aux modèles géologiques 3D antérieurs (BRGM) permettront d'imager le sous-sol grâce à des méthodes d'inversions conjointes 3D, qui ont été développées notamment par TLS Geothermics les années passées.

Le modèle géologique haute résolution résultant de ces modélisations conjointes servira de support le plus adapté pour implanter au mieux un forage.